

# TECHNE<sup>19</sup>

PULA  
SRPANJ  
2023

ČASOPIS ZA POLITEHNIČKU OBRAZOVNU TEORIJU I PRAKSU



# TECHNE 19

ČASOPIS ZA POLITEHNIČKU OBRAZOVNU TEORIJU I PRAKSU

PULA - SRPANJ 2023

#### **Osnivač i nakladnik | Founder and Publisher**

**TECHNE** Udruženje inženjera Pula  
52100 Pula, Josipa Voltića 14  
Tel. +385 98 213 931  
[www.techne.hr](http://www.techne.hr)  
[davor.miskovic@techne.hr](mailto:davor.miskovic@techne.hr)  
[radovan.jokic@techne.hr](mailto:radovan.jokic@techne.hr)

#### **Za nakladnika | For Publisher**

mr.sc. Davor Mišković

#### **Uredništvo | Editorial Board**

mr.sc. Radovan Jokić, Kristijan Matas, Milenko Jokić

#### **Uređivački odbor**

Prof. dr.sc. Imre Felde, Óbuda University Budapest,  
Prof. dr.sc. Wojciech Sitek, Politechnika Śląska Gliwice,  
dr.sc. Viktor Lovrenčić, C&G Ljubljana,  
Prof. dr.sc. Božo Smoljan, Sveučilište Sjever Koprivnica,  
dr.sc. Srđan Žutobradić,  
Doc. dr.sc. Dario Iljkić, RITEH Rijeka  
Prof. dr.sc. Sven Maričić, Sveučilište "Juraj Dobrila" Pula i  
mr.sc. Davor Mišković, Techne.

#### **Glavni urednik | Editor**

mr.sc. Radovan Jokić

#### **Grafički urednik | Editor**

Dražen Tomić

#### **Naslovnica | Cover**

Igor Zirojević

Časopis izlazi najmanje jedan puta godišnje.

**UDK** 33  
51/53  
62

**ISSN** 1333-2643

# SADRŽAJ

|                                                                    |                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Davor Mišković, Radovan Jokić                                      | <b>Uvodna riječ</b>                                                                                | 5  |
| Mirna Gržanić, Ivona Šironja,<br>Tomislav Capuder                  | <b>Energy community and local energy sharing in Croatia</b>                                        | 6  |
| Marko Andrijašević, Marija Čuljak,<br>Karlo Kobeščak               | <b>Dohvat i prikaz mjerenih podataka<br/>o potrošnji električne energije FER-a</b>                 | 14 |
| Lahorko Wagmann,<br>Srđan Žutobradić                               | <b>Energetska tranzicija i struktura tarifa za prijenos<br/>i distribuciju električne energije</b> | 26 |
| Rade Čuturilo                                                      | <b>Hrvatska regulativa o svjetlosnom onečišćenju</b>                                               | 38 |
| Branko Posedel                                                     | <b>Određivanje graničnih vrijednosti strujnih harmonika<br/>utisnutih u NN sabirnice ts SN/NN</b>  | 44 |
| Damjan Maletič, Ana Lovrenčić,<br>Viktor Lovrenčić, Matjaž Maletič | <b>Implementing an asset management system: issues,<br/>challenges, and benefits</b>               | 55 |
| Alida Perkov                                                       | <b>Komunalno gospodarstvo: temelji organiziranja u Austrijskoj Puli</b>                            | 66 |

---

## UVODNA RIJEČ

Evo još jedanput smo uspjeli, pripremili smo naš TECHNE i 19. put, veselimo se tome, jer nije lako – složit će se svatko tko je pokušao raditi nešto slično. A što smo to učinili? Dakle animirali smo ukupno 15 autora koji su se uključili i izradili po našoj ocjeni primjerene i zanimljive radove, trebalo je svim problemima unatoč, radove pregledati, možda ponegdje ispraviti, lektorirati, grafički urediti. Sve smo to učinili i evo ga – imamo i broj 19, naravno samo u pdf verziji kako smo već odavno i zaključili. Još puno veći broj autora nam je rekao da su spremni pisati, ali ne baš sad – pa vjerujemo da će nam pomoći u budućnosti. Zašto je to tako teško? Pa vjerojatno zato što autorima ne nudimo gotovo ništa, osim zahvale za napisani članak, te se vjerojatno može reći da je naš časopis, iz broja u broj skup članaka dobrih kolega koji pišu iz poštovanja jednih prema drugima – možda ni to nije loše !?, a možda u skoroj budućnosti ipak pronađemo rješenja i novu vrst motivacije za buduće autore.

Pred vama je broj 19 časopisa TECHNE, u kojem objavljujemo radove ukupno 15 autora, sa FER-a, iz HERA-e, HEP ODS-a, te iz redova naših članova, a opet imamo i jedan članak autora iz energetskog sektora Slovenije.

U prvom članku „ENERGY COMMUNITY AND LOCAL ENERGY SHARING IN CROATIA“ autori govore o nedavno uspostavljenoj paradigmi "Čista energija je u našim rukama" kojom se stimulira uključenost građana u lokalne obnovljive izvore energije te integracija izvora energije. U skladu s tim, rad se fokusira na modeliranje energetskih zajednica i različite vrste dijeljenja energije.

U članku „DOHVAT I PRIKAZ MJERENIH PODATAKA O POTROŠNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE FER-a“ autori sa FER-a i HEP ODS-a, govore o sve većoj potrebi za upravljanjem potrošnjom, kao i sve točnijem predviđanju potrošnje.

Članak „ENERGETSKA TRANZICIJA I STRUKTURA TARIFA ZA PRIENOS I DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE“ govori o energetske tranziciji, pojavi novih sudionika na tržištu električne energije kao što su aktivni kupci, energetske zajednice građana i zajednice obnovljivih izvora (dijeljenje energije), postrojenja za skladištenje energije, kao i punionice električnih vozila.

Članak „HRVATSKA REGULATIVA O SVJETLOSNOJ ONEČIŠĆENJU“ posvećen je profesor Slavku Krajcaru te podsjeća da je svako smanjenje otiska čovjekovog djelovanja na prirodu dobro i ne smije ga se dovesti u pitanje te da treba razgovarati o 'mjeri' pa je postizanje ravnoteže suprotnih strana uvijek kompromis.

Članak „ODREĐIVANJE GRANIČNIH VRIJEDNOSTI STRUJNIH HARMONIKA UTISNUTIH U NN SABIRNICI TS SN/NN“ specijalistički je rad u kojem su opisane metode održavanja kvalitete napona u čvorištima NN distribucijske mreže radi omogućavanja pravilnog rada opreme priključenih korisnika mreže.

Upravljanje imovinom je područje koje igra sve važniju ulogu u modernim proizvodnim sustavima, a članak pod naslovom „IMPLEMENTING AN ASSET MANAGEMENT SYSTEM: ISSUES, CHALLENGES, AND BENEFITS“ upravo daje uvod u upravljanje imovinom, te predstavlja ključna pitanja iz tog područja.

Od prethodnih radova temom donekle odskače rad „KOMUNALNO GOSPODARSTVO: TEMELJI ORGANIZIRANJA U AUSTRIJSKOJ PULI“ koji je na neki način uvod u nedavno pokrenuto istraživanje o komunalnoj djelatnosti na području puljštine od prapovijesti do danas, koje će rezultirati izradom monografije.

Zahvaljujemo se svima koji su pomogli stvaranju časopisa te vas pozivamo da već danas razmišljate o temama za jubilarni dvadeseti broj koji će izaći 2024. – dakle u godini u kojoj TECHNE Udruženje inženjera obilježava 30 godina postojanja.

Predsjednik:  
mr.sc. Davor Mišković

Glavni urednik:  
mr.sc. Radovan Jokić

# ENERGY COMMUNITY AND LOCAL ENERGY SHARING IN CROATIA

Mirna Gržanić, Phd, Ivona Šironja, Tomislav Capuder, Phd  
e-mail: mirna.grzanic@fer.hr

## Abstract

In order to decarbonize the power system at the final customer side, it is crucial to encourage the citizens engagement in the low-carbon technology investments. The recently established paradigm 'Clean energy is in our hand' focuses on citizens involvement in local renewable energy sources integration. In line with this, the paper focuses on modelling energy communities and different types of local energy sharing concepts based on the realistic measurement data to quantify the benefits of community energy. Different types of energy sharing models are distinguished in the paper: energy community of two business customers, energy community of a household and a business customer, and a collective self-consumption model. Calculations are based on a monthly net-metering approach and 15-min net metering approach due to both possibilities available in Croatia. The results show that local energy sharing reduces the period of investment in the photovoltaic system and increases the benefits for all involved entities enhancing the local welfare. This paper can serve as a benchmark case to incentivize citizens in joint renewable energy sources investments and local energy sharing because results are based on realistic load measurements, PV data and pricing policy in Croatia.

**Keywords:** collective self-consumption, energy community, local energy sharing

## 1. INTRODUCTION

To incentivize final customers to contribute to the local energy sharing concept, European directives promote energy community and collective self-consumption approach among the member countries. The Directive on common rules for the internal market for electricity (EU) 2019/944 [1] defines Citizen Energy Community (CEC) as a legal entity with an open and democratic participation. The decisions in CEC should be made only by members and stakeholders without energy sector based commercial activity. CEC can take any type of the following forms: an association, a cooperative, a partnership, a nonprofit organization or a small or medium-sized enterprise. Electricity sharing enables members or shareholders to be supplied with electricity from generating installations within the community without being in direct physical proximity to the generating installation and without being behind a single metering point. Energy sharing should not affect the collection of network charges, tariffs and levies related to electricity flows. The sharing should be facilitated in accordance with the obligations and correct timeframes for balancing, metering, and settlement. On the other hand, Renewable Energy Community (REC) is defined as a legal entity controlled by shareholders or members who are located in the proximity of renewable energy sources (RES) and include generation, energy efficiency, supply, aggregation, mobility, energy sharing, self-consumption, district heating and cooling [2]. The primary purpose of both types of communities is to provide social, economic, and environmental benefits to the members, rather than providing financial profits.

REScoop.eu is the European federation of citizen energy cooperatives with more than 1900 cooperatives and over a million involved citizens [3]. REScoop.eu promotes several energy democracy principles: voluntary and open membership, democratic member control, economic participation through direct ownership, autonomy and independence, education, training and information, cooperation among cooperatives and concern for community.

## 2. COLLECTIVE-SELF CONSUMPTION MODEL

Collective-self consumption or jointly acting renewable self-consumers are defined as a group of at least two cooperating renewables self-consumers who are located in the same building or multi-apartment block [4]the European Union (EU). To demonstrate the benefits of this type of local energy sharing, we assume that final customers in the same building decide to share the investment cost in the photo-voltaic (PV) system at their rooftop.

The focus of analyses was to demonstrate the return of investment period for each customer and annual electricity bill reduction based on realistic load measurement data collected from the Croatian Distribution System Operator (DSO). Electricity prices considered in analysis are taken from Croatian supplier HEP Elektra [5]. We distinguish two types of net metering, monthly net metering and 15 min net metering. The collective self-consumption analyzed in this paper contains 10 metering points (MP) with 19055,81 kWh annual electricity consumption. Solar production covers around 40% of annual electricity consumption. Based on the collected PV measurement data, we approximated the size of PV system at 7 kW to calculate the amount of the investment. The investment in the PV system can be shared among final customers based on proposed coefficients:

- Case 1: All participants invest the same amount of money, i.e., the investment cost is split equally.
- Case 2: Participants share the investment cost based on their annual consumption.
- Case 3: Participants share the investment cost based on their monthly consumption.

PV production is distributed among participants based on the selected investment cost sharing method. Annual electricity consumption for each MP is shown in Figure 1.

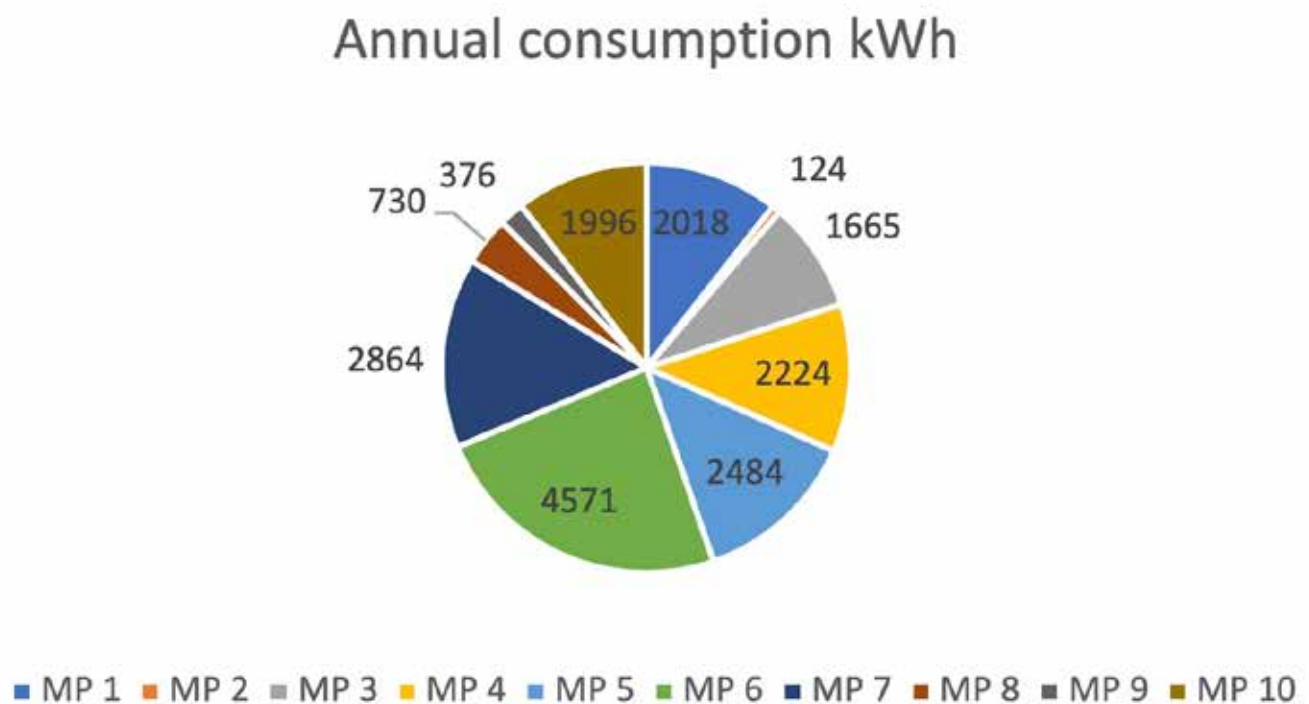


Figure 1. Annual electricity consumption for each MP

Figure 2 shows annual PV production allocated to each MP based on the proposed energy sharing cases.

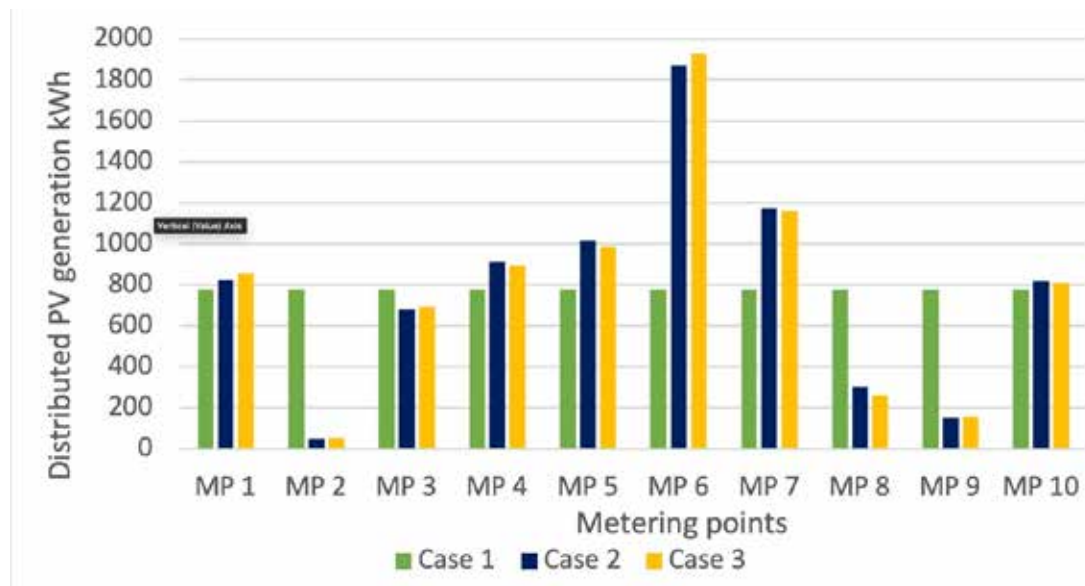


Figure 2. Allocation of PV production to each MP on the annual level

Figure 3 shows annual cost reduction for each MP with installed PV system on the building rooftop. As it can be seen from the Figure 3, annual cost reductions follow the allocated PV generation shown in Figure 2.

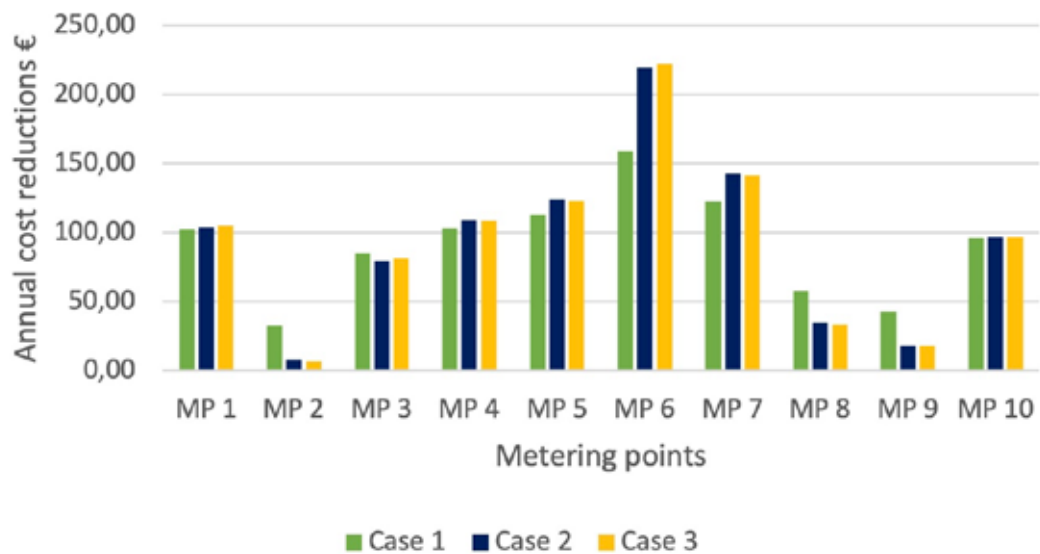


Figure 3. Annual cost reduction with installed PV system



### 3. BUSINESS CUSTOMERS IN ENERGY COMMUNITY

In this model we wanted to compare the benefits which the energy community brings to business customers. In Croatian city Križevci a 30 kW PV system was installed on the library rooftop as a part of COMPILE project [6]. The library joined energy community with the local kindergarten in order to share excess PV production. Figure 4 shows monthly consumption of the library and the kindergarten together with PV production from the library rooftop.

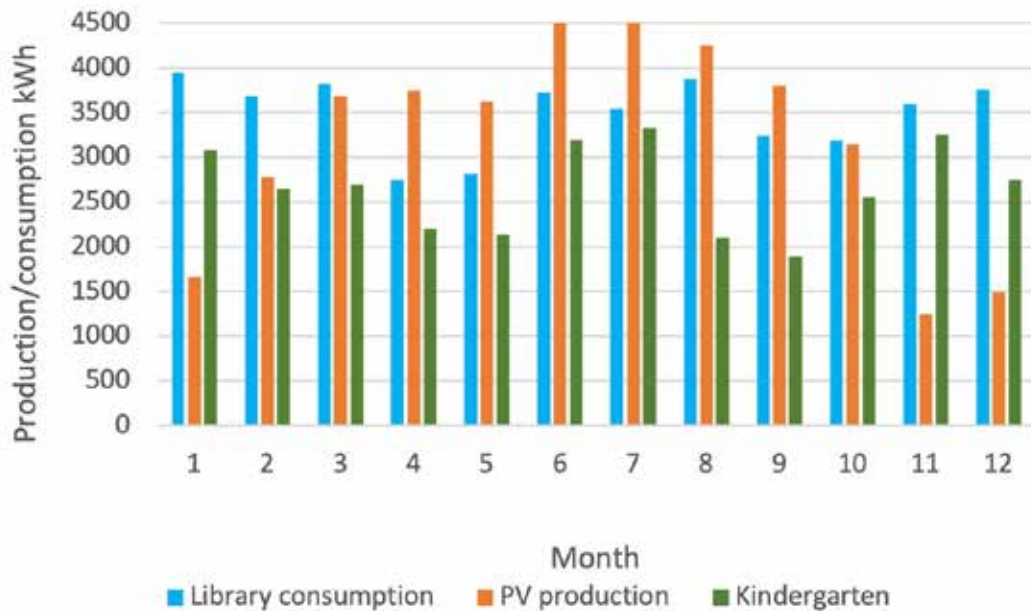


Figure 4. Monthly consumption and PV production

According to [7], for business customer in Croatia with excess onsite production, the price for selling energy to the supplier  $C_i$  is calculated as described with (1):

$$(1) \quad C_i = \begin{cases} 0.9 \cdot PKC_i, & \text{if } E_{pi} \geq E_{ii} \\ 0.9 \cdot PKC_i \cdot \frac{E_{pi}}{E_{ii}}, & \text{if } E_{pi} < E_{ii} \end{cases}$$

$E_{pi}$  is the total amount of energy withdrawn from the grid during the metering period,  $E_{ii}$  is the total amount of energy injected in the grid during metering period,  $PKC_i$  is the average price which final customer pays to the supplier for purchased energy (without network charges, RES incentives and tax). The analyses made in this paper are based on the electricity prices for business customers before the corrections from 1<sup>st</sup> of October [8], i.e., the prices used in these analyses are higher compared to the current period. For illustration purposes, we assume that library withdrawn 1300 kWh during high tariff (0.36 €/kWh) and 1000 kWh during low tariff (0.20 €/kWh). Total amount of energy injected to the grid is equal to 700kWh. The price  $PKC_i$  is calculated as shown in (2):

$$(2) \quad PKC_i = \frac{1300 \text{ kWh} \cdot 0.36 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} + 1000 \text{ kWh} \cdot 0.20 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}}{2300 \text{ kWh}} = 0.29 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Price for energy injected in the grid for the observed month is equal to  $0.9 PKC_i$  because  $E_{pi} \geq E_{ii}$  ( $2300kWh > 700kWh$ ). Price for energy trading between the library and the kindergarten can be in range between 0.261 and 0.36 to achieve beneficial p2p trading in high tariff. If excess PV production occurs during low tariff, the settlement process considers that this amount is injected into the grid directly. We distinguish 4 scenarios for library community trading based on different net metering approaches and tariff system. Table I shows the differences between these scenarios and the period of investment return in installed PV system in each scenario.

Table I Scenarios for library cost calculation in the community and period of investment return

| Scenario | Net-metering | Tariff system | Return of investment in years |
|----------|--------------|---------------|-------------------------------|
| SC1      | 15-min       | Flat prices   | 2.68                          |
| SC2      | Monthly      | Flat prices   | 2.48                          |
| SC3      | 15-min       | Two-tariff    | 2.52                          |
| SC4      | Monthly      | Two-tariff    | 2.29                          |

We also wanted to compare the cost for the kindergarten in several cases described below:

- Case 1: The kindergarten has flat electricity prices and pays only distribution network charges for the shared energy.
- Case 2: The kindergarten has a two-tariff option and pays only distribution network charges for the shared energy.
- Case 3: The kindergarten has flat electricity prices and does not pay any other charges.
- Case 4: The kindergarten has a two-tariff option and does not pay any other charges.
- Case 5: The kindergarten has flat electricity prices and pays distribution network charges for the shared energy together with RES incentives.
- Case 6: The kindergarten has a two-tariff option and pays distribution network charges for the shared energy together with RES incentives.
- Case 7: The kindergarten has flat electricity prices and pays only RES incentives for shared energy.
- Case 8: The kindergarten has a two-tariff option and pays only RES incentives for shared energy.

Table II shows annual cost reduction in for each case for the kindergarten for both 15-min and monthly net metering approach.

Table II Annual cost reduction in for the kindergarten under described cases and different net metering approach

| Net-metering approach | Cost reduction in € 15-min net metering | Cost reduction in € monthly net-metering |
|-----------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| Case 1                | 352                                     | 220                                      |
| Case 2                | 430                                     | 427                                      |
| Case 3                | 598                                     | 374                                      |
| Case 4                | 692                                     | 656                                      |
| Case 5                | 234                                     | 146                                      |
| Case 6                | 391                                     | 332                                      |
| Case 7                | 480                                     | 300                                      |
| Case 8                | 654                                     | 562                                      |

Higher cost reduction is achieved in a 15-min net metering approach because more energy is shared between the community and the library compared to the monthly net metering. The graphs below in Figure 5 show the percentage of produced energy at the library site used for self-consumption, for energy sharing and for grid injection in different net metering approaches.



Figure 5. Use of PV production in different net-metering approaches

#### 4. ENERGY COMMUNITY HOUSEHOLD – BUSINESS CUSTOMER

Energy communities are based on open and voluntary participation, while different participants can take part in community energy sharing. In this Section we wanted to explore the opportunities of an energy community with different types of final customers – a household and a business customer. Even though the electricity prices for business customers have been recently put under the government electricity measures scheme, in the last 8 months business customers have experienced drastic price increases. In order to find an adequate business model to reduce their electricity costs, a household-business customer energy community was introduced. We assume that a household invested in PV system and shares excess PV production with the kindergarten located just across the street. We distinguish 4 scenarios for a household as described in Table I. The annual household's cost reduction together with a period of investment return in 2.5 kW PV system for each scenario is shown in Table III:

Table III Annual cost reduction in % for a household in the energy community and return of investment in years

| Scenario | Cost reduction | Return of investment |
|----------|----------------|----------------------|
| SC1      | 67%            | 8.8                  |
| SC2      | 65%            | 8.3                  |
| SC3      | 80%            | 7.1                  |
| SC4      | 77%            | 7.4                  |

From Table III can be seen that the lowest period of investment return and cost reduction occur in SC3 – two-tariff 15-min net metering approach. This is a very interesting result and can be explained by the price differences between the household and the business customer. The household faces low prices for selling energy to the supplier (0.06 €/kWh in high tariff and 0.03 €/kWh in low tariff). As in the same time the business customer faces much higher prices for buying electricity, 0.35 €/kWh in high tariff and 0.21 €/kWh in low tariff, we can conclude that energy exchange between them will result in increased benefits for both sides. If the household has excess PV generation in high tariff, it can be traded with the business customer at any rate between 0.06 €/kWh and 0.35 €/kWh. This price is more beneficial to both of them compared to the price set by the supplier. In the settlement process in a 15-min net metering approach more energy is shared between community members.

## 5. CONCLUSION

In line with the recent trends in the low-carbon transition, the paper focuses on the diverse possibilities of local energy sharing based on realistic load and PV measurement data. The models are divided into three groups distinguishing energy communities with different types of involved members. The first group is focused on final customers in the household category who live in the same building or apartment complex and want to share the investment in the PV system. The second group analysis energy sharing between two business customers, while the third group focuses on the business customer-household energy community. The results show that the profitability of investment in PV for all observed groups is more profitable if the energy is shared locally. With the ongoing electricity crisis and sky-rocketing electricity prices, this opens the door for encouraging final customers to invest in PV system and become more self-sufficient and in the same time contribute to the local welfare.

## 6. ACKNOWLEDGEMENT

This work has been supported in part by the European Structural and Investment Funds under KK.01.2.1.02.0066 Electric Vehicle Charging Station with Integrated Battery Storage and in part by the European Union through the European Regional Development Fund Operational programme Competitiveness and Cohesion 2014–2020 of the Republic of Croatia under Grant KK.01.1.1.07 “Universal Communication and Control System for Industrial Facilities”.

## 7. LITERATURE

1. “DIRECTIVE (EU) 2019/944 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU.” Accessed: May 26, 2020. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN>.
2. EU, “Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources,” *Off. J. Eur. Union*, vol. 2018, no. L 328, pp. 82–209, 2018, [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>.
3. “REScoop.” <https://www.rescoop.eu/> (accessed Oct. 13, 2022).
4. D. Frieden, A. Tuerk, C. Neumann, S. D’Herbement, and J. Roberts, “Collective self-consumption and energy communities : Trends and challenges in the transposition of the EU framework,” 2020.

5. "HEP ELEKTRA d.o.o. - Tarifne stavke (cijene)." <https://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547> (accessed Oct. 14, 2022).
6. "Pilot site Križevci - Compile Project." <https://www.compile-project.eu/sites/pilot-site-krizevci/> (accessed Oct. 14, 2022).
7. "HEP ELEKTRA d.o.o. - Uvjeti otkupa za kupce s vlastitom proizvodnjom." <https://www.hep.hr/elektra/kupci/kupac-s-vlastitom-proizvodnjom-kategorija-kucanstvo/uvjeti-otkupa-za-kupce-s-vlastitom-proizvodnjom/1632> (accessed Oct. 14, 2022).
8. "Tarifne stavke za kupce kategorije poduzetništvo." [https://www.hep.hr/elektra/UserDocsImages/dokumenti/tarife/kucanstvo/Uredba\\_VladeRH\\_01102022/Tarife\\_stavke\\_zajamcena\\_od\\_01-07-2022\\_do\\_01-10-2022.pdf](https://www.hep.hr/elektra/UserDocsImages/dokumenti/tarife/kucanstvo/Uredba_VladeRH_01102022/Tarife_stavke_zajamcena_od_01-07-2022_do_01-10-2022.pdf) (accessed Oct. 14, 2022).

# DOHVAT I PRIKAZ MJERENIH PODATAKA O POTROŠNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE FER-A

Marko Andrijašević, Marija Čuljak, Karlo Kobeščak

e-mail: Marko.Andrijasevic@fer.hr ; Marija.Culjak@fer.hr ; Karlo.Kobescak@fer.hr

## Sažetak

Promjenom paradigme elektroenergetskog sustava u kojem se potrošači prilagođavaju proizvodnji, sve je više potrebna upravljiva potrošnja, a time se povećava i potreba za prikupljanjem podataka o potrošnji i proizvodnji, te predviđanjem potrošnje. Stoga je u ovom radu opisana izrada aplikacije za dohvat i prikaz mjerenih veličina na susretnoj točki između Fakulteta elektrotehnike i računarstva i HEP-ODS-a, koje je izvedeno preko dva paralelna transformatora 10/0.4 kV, svaki snage 1000 kVA, a zapravo predstavlja obračunsko mjerno mjesto (OMM). Podatci se dohvaćaju s pametnih multimetara Sentron PAC3200 pomoću Modbus TCP protokola preko aplikacije izrađene u LabVIEW programu te se spremaju u PostgreSQL bazu podataka, tako je omogućena jednostavnija buduća obrada podataka, njihova analitika i vizualizacija, s naglaskom na tehničke varijable poput faznih struja i napona, snage ili faktora izobličenja, te korištenje tih podataka u svrhu predviđanja buduće potrošnje.

**Ključne riječi:** Modbus TCP/IP, Sentron PAC3200, LabVIEW, aplikacija, baza podataka.

## 1. UVOD

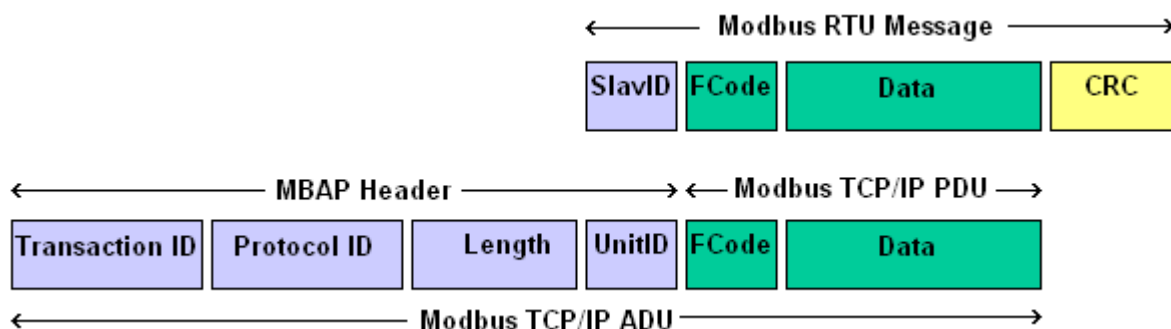
Elektroenergetski sustav, koji se sastoji od proizvodnje, prijenosa, distribucije i opskrbe potrošača električnom energijom, razvio se u najkompleksniji sustav koji danas postoji. Njegove specifičnosti su: potreba za stalnom ravnotežom proizvodnje i potrošnje električne energije, nemogućnost skladištenja električne energije (u znatnijim količinama), potrebna složena infrastruktura za prijenos te promjenjiva cijena električne energije. Iz navedenih specifičnosti elektroenergetskog sustava proizlazi i potreba za boljim praćenjem vlastite potrošnje koja može donijeti brojne koristi. Praćenjem potrošnje moguće je ustvrditi određene obrasce potrošnje te utjecati na njih s ciljem smanjenja cijene električne energije ili s ciljem pružanja usluga uravnoteženja sustava. Naime, današnja paradigma elektroenergetskog sustava traži sve više od potrošača da se prilagođavaju proizvodnji.

U ovom članku će biti prikazana izrada aplikacije za dohvat i prikaz mjerenih podataka o potrošnji električne energije Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu. Dobiveni će nam podaci dalje poslužiti za analizu, ali i za optimizaciju potrošnje te pružiti vrijedne informacije o isplativosti određenih investicija poput izgradnje solarne elektrane. Fakultet elektrotehnike i računarstva veliki je potrošač električne energije i preko dva paralelna transformatora spojen je na distribucijsku mrežu.

## 2. OPSEG RADA

### 2.1 Modbus protokol

Modbus je industrijski komunikacijski protokol koji služi za povezivanje automatiziranih elektroničkih uređaja u industrijskom okruženju. U početku je razvijen serijski Modbus RTU protokol, a popularizacijom Ethernet mreže pojavio se i Modbus TCP/IP protokol koji se naslanja na TCP protokol. Modbus TCP/IP spojno je orijentiran protokol koji omogućuje više neovisnih transakcija na jednoj vezi između klijenta i servera te velik broj istovremenih veza. Komunikacija između uređaja vrši se preko Modbus poruka. Modbus protokol definira jednostavan PDU (Protocol Data Unit) koji se sastoji od funkcijskog koda (engl. Function Code) koji identificira zahtjev serveru te od podataka koji se prenose. Modbus TCP dodaje MBAP (Modbus Application Protocol) zaglavlje i na taj način formira ADU (Application Data Unit).



Slika 1. Struktura Modbus RTU i Modbus TCP/IP poruke. Izvor: <https://www.simplymodbus.ca/TCP.htm>

Postoje dvije vrste podataka kojima Modbus komunicira.[1] Jedna vrsta su 16 bitni registri, a druga 1 bitni coils. Razlikuju se input i holding registri. Input registri predstavljaju digitalnu reprezentaciju analognog signala, dok holding registri služe za pohranjivanje podataka. Coils s druge strane, najčešće reprezentiraju stanja inputa/outputa. Sama transakcija poruka započinje zahtjevom klijenta prema serveru. Zahtjevi se šalju preko TCP/IP registriranog porta 502. Server kada primi zahtjev, odgovara na njega i šalje odgovor natrag prema klijentu, ako je došlo do pogreške dodaje se 0x80 na funkcijski kod zahtjeva.[2]

## 2.2 Odabir relevantnih podataka za prikaz

Iznimno je važno pravilno prepoznati i odrediti parametre koji će doprinijeti boljem razumijevanju potrošnje električne energije fakulteta te koji će u doglednoj budućnosti moći poslužiti za analize potrošnje i proizvodnje električne energije FER-a.

Pristup tim parametrima omogućava nam Sentron PAC3200 pametni multimetar za niskonaponsku distribuciju, kakvi su spojeni i na transformatore FER-a. Uređaj je sposoban za jednofazna, dvofazna ili trofazna mjerenja u dvožilnim, trožilnim ili četverožilnim sustavima s TN, TT i IT sustavima uzemljenja. Može se direktno spojiti na sustav niskog napona voltaže do 690 V. Uređaj također ima RJ45 ulaz kojim se može povezati na Ethernet. Moguće je i povezivanje pomoću Modbus TCP protokola nakon što se uspostavi TCP/IP konekcija putem uspostavljenog porta 502.[3] Uvidom u tehničku dokumentaciju i uspoređivanjem dostupnih mjerenih varijabli s potrebama FER-a kao potrošača, odlučeno je da će se dohvaćati podaci o:

- faznim vrijednostima napona
- faznim vrijednostima struja
- vrijednostima radne snage
- vrijednostima jalove snage
- vrijednostima prividne snage
- frekvenciji
- vrijednostima faktora ukupnog harmoničkog izobličenja za fazne napone (THD)
- vrijednostima faktora ukupnog harmoničkog izobličenja za fazne struje (THD)

Uz navedeno, računat će se ukupno potrošena dnevna energija. Također, spremat će se i vrijeme očitavanja.

Za inicijalni prikaz mjerenih podataka na sučelju odabran je jednostavan i razumljiv dizajn koji će prikazivati vrijednosti faznih struja i napona, ukupnu radnu, jalovu i prividnu snagu, frekvenciju i ukupnu dnevnu potrošenu energiju i izmjerenu vršnu snagu, a uz to će biti prikazan i graf dnevne potrošnje.

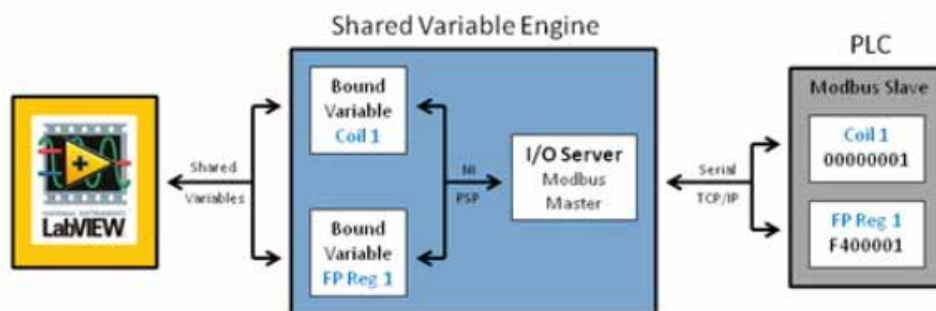
## 2.3 Izrada aplikacije u LabVIEW-u

### 2.3.1. O LabVIEW-u

Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench ili skraćeno LabVIEW, grafički je programski jezik za mjerenje, automatizaciju i vizualizaciju. Koristi se kao razvojni alat za aplikacije u mjeriteljstvu i testiranju, za dohvat podataka (DAQ), analizu i upravljanje instrumentacijom i procesima. Programsko okruženje sastoji se od dva dijela: *Front Panela* i *Block Diagrama*. *Front Panel* služi za interakciju programa s korisnicima, putem *Front Panela* korisniku se omogućava kontrola programa i unos podataka, a istovremeno se na *Front Panelu* prikazuju obrađeni podaci, na taj način, on simulira rad mjernih instrumenata. Program koji se izvršava, grafički je programiran u *Block Diagramu*. [4]

### 2.3.2. Izrada Modbus I/O Servera i dijeljenih varijabli (eng. Shared Variables)

LabVIEW sadrži vlasnički protokol za objavljivanje i pretplatu, National Instruments' proprietary publish-subscribe protocol (NI-PSP); taj protokol sastoji se od servera zvanog Shared Variable Engine (SVE) na kojem su spremljeni podaci, vremenske oznake te ostale informacije o dijeljenim varijablama. Shared Variable Engine također je i softversko radno okruženje (eng. framework), koje omogućuje slanje podataka preko mreže. Podaci se šalju preko već spomenutih dijeljenih varijabli (eng. shared variables), a mogu se slati između različitih programa, aplikacija ili računala.[5] LabVIEW Datalogging Supervisory Control (DSC) Module omogućava izradu I/O Servera. I/O Serveri dodatak su Shared Variable Engine radnom okruženju koji omogućuje komunikaciju s uređajima i aplikacijama koje ne koriste NI-PSP, drugim riječima I/O Server most je između dijeljenih varijabli u LabVIEW VI i podacima u OPC, Modbus ili EPICS protokolima.[6]

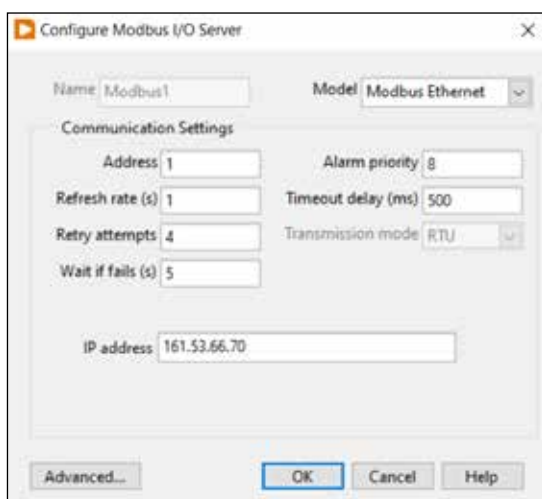


Slika 2. Odnos LabVIEW VI sa Shared Variable Engine okruženjem i Modbus uređajima

Izvor: <https://www.ni.com/en-rs/innovations/white-papers/12/how-labview-uses-i-o-servers.html>

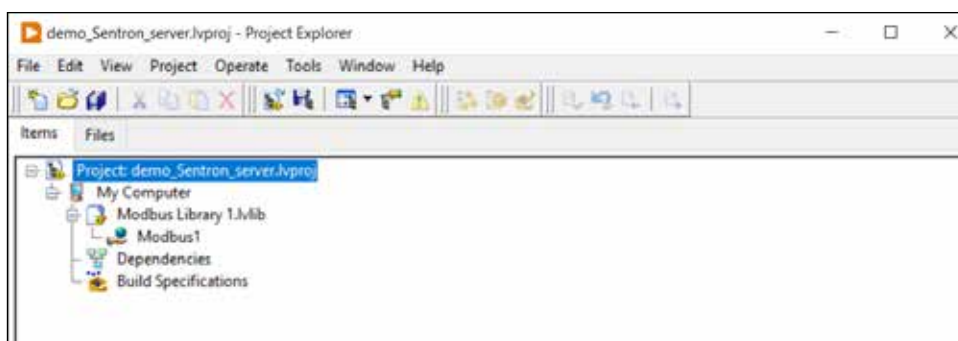
Zato je prvo kreiran Modbus I/O Server na računalo koje je klijent prema ostalim serverskim uređajima, u našem slučaju Sentron pametnim multimetrima. I/O Server kreira se iz Project Explorer prozora LabVIEW-a, desnom tipkom miša odabera se **My Computer – New – I/O Server**. U otvorenom prozoru odabere se željeni tip servera, u ovom slučaju Modbus. Potom se konfigurira Modbus I/O Server. Budući da je korišten Modbus TCP/IP protokol, odabire se Modbus Ethernet kao model te se upisuje IP adresa uređaja koji će biti Modbus Server, u ovom slučaju to je IP adresa Sentron PAC3200 pametnog multimetra. Konfiguracija jednog Modbus servera prikazana je na Slici 3. Kako FER koristi dva transformatora u paralelnom radu, potrebno je bilo konfigurirati dva takva servera za oba mjerna uređaja.





Slika 3. Konfiguracija Modbus Servera

Kreiranjem Modbus Servera automatski se u Project Exploreru kreirala i knjižnica (eng. Library). U ovom trenutku potrebno je cijeli projekt spremiti kako bi se spremila i novonastala knjižnica, koju je moguće preimenovati. Unutar te knjižnice sada se nalazi i Modbus I/O Server kako je to prikazano na Slici 4. |



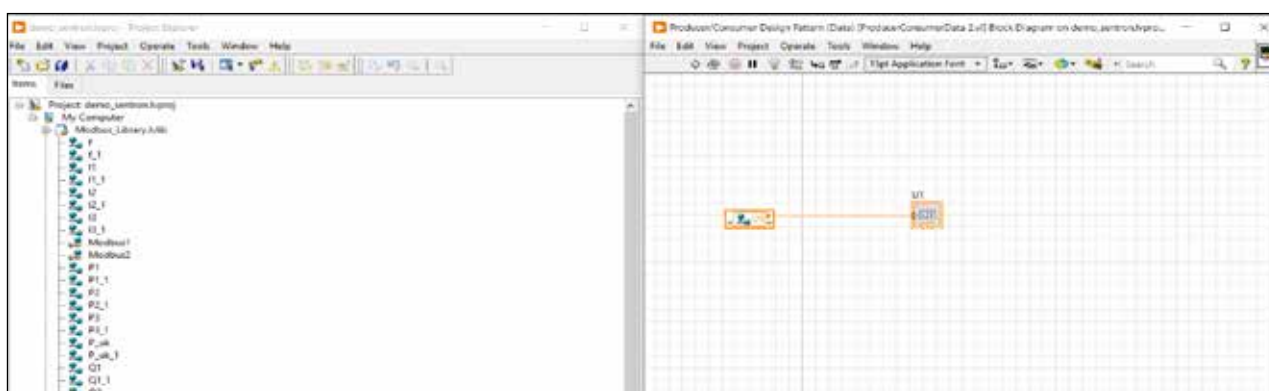
Slika 4. Izgled Project Explorera s kreiranim Modbus I/O Serverom

Potom se iz knjižnice kreiranog servera stvore dijeljene varijable koje se potom deployaju, tj. učine javnima i time pogodnima za korištenje u *Block Diagramu*. Kako bi se kreirale dijeljene varijable, potrebno je poznavati denotaciju koju koristi Modbus I/O Server.

Modbus I/O Server koristi šesteroznamenaste adrese. Adrese koje su peteroznamenaste, a to su i adrese input registara naših Sentron uređaja, moguće je pretvoriti u šesteroznamenaste tako da se između prve i druge znamenke umetne nula. Na primjer, peteroznamenasta adresa 41001 ekvivalentna je 401001 šesteroznamenastoj adresi. Također, Modbus I/O koristi i dodatno označivanje slovima sa sljedećim značenjem:

- **A** – označava polje
- **D** – označava 32-bitni unsigned integer (nepotpisani cijeli broj)
- **F** – označava 32-bitni floating broj (decimalni broj)
- **L** – označava duljinu polja
- **S** – označava 16-bitni signed integer (potpisani cijeli broj)
- **SD** – označava 32-bitni signed integer (potpisani cijeli broj)

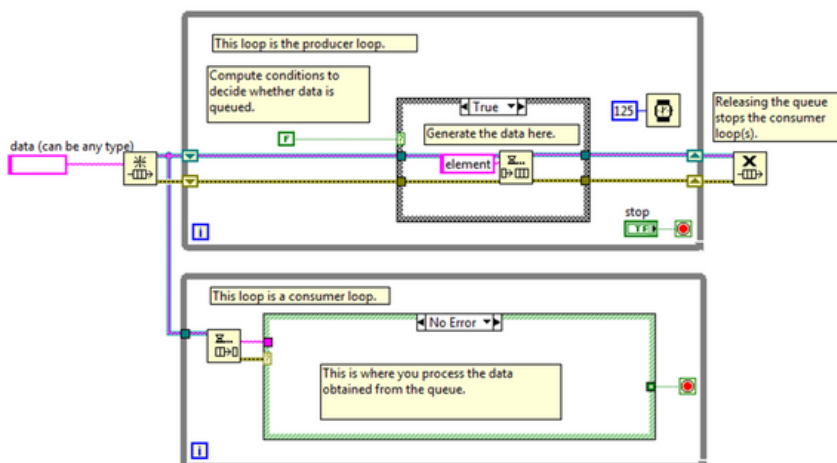
Sentron pametni multimetri spremaju podatke od interesa kao 32-bitne decimalne brojeve u holding registre. Zbog toga se prilikom stvaranja dijeljenih varijabli koriste F400001-F465534 varijable, na taj način, odabirom željene adrese, dobije se 32-bitni podatak spremljen na toj adresi (i susjednoj, ako se na adresama spremaju 16 bitni podaci). Dijeljene varijable stvaraju se tako da se desnom tipkom miša odabere kreirana knjižnica i zatim se odabere **Create Bound Variables**. U novonastalom prozoru produži se stablo od Project do Modbus1 kako bi se mogle odabrati željene adrese. Iz prethodno objašnjenih razloga, odabire se F400001-F465534 i **Add Range>>**, zatim se upišu adrese na kojima Sentron sprema željene podatke. Te adrese moguće je pronaći u tehničkoj dokumentaciji uređaja. Na primjer, vrijednost faznog napona faze 1, Sentron sprema u dva holding registra s Offsetom 1, to znači da je potrebno odabrati adresu F400002 kako bi se dobila tražena vrijednost. Varijabli se može odmah promijeniti ime odabirom **Custom-base name**. Konačno, potrebno je varijable učiniti javnima na način da se desnom tipkom miša odabere stvorena knjižnica (Modbus\_Library.lvlib u ovom slučaju) te **Deploy All**. Sada su stvorene varijable u kojima se nalaze dohvaćene vrijednosti sa Sentron PAC3200 uređaja postale javne i može ih se samo povući u *Block Diagram* i tamo koristiti kako je to prikazano na Slici 5.



Slika 5. Korištenje dijeljenih varijabli u Block Diagramu

### 2.3.3. Producer/Consumer petlja

Podatke je potrebno kontinuirano dohvaćati pomoću Modbus TCP/IP protokola, I/O Servera i dijeljenih varijabli, te kontinuirano obrađivati i prikazivati. U tu svrhu koristi se Producer/Consumer arhitektura koja omogućava čitanje i obradu podataka u dvije razdvojene petlje i na taj način osigurava istovremeno izvođenje više procesa s različitim brzinama iteracije. To svojstvo vrlo je korisno kod programa u kojima je potrebno čitati i obrađivati podatke jer je samo čitanje podataka relativno brz proces, dok je obrada podataka nešto sporiji. U LabVIEW-u postoji već gotov predložak Producer/Consumer arhitekture koji je prikazan na Slici 6. [7]

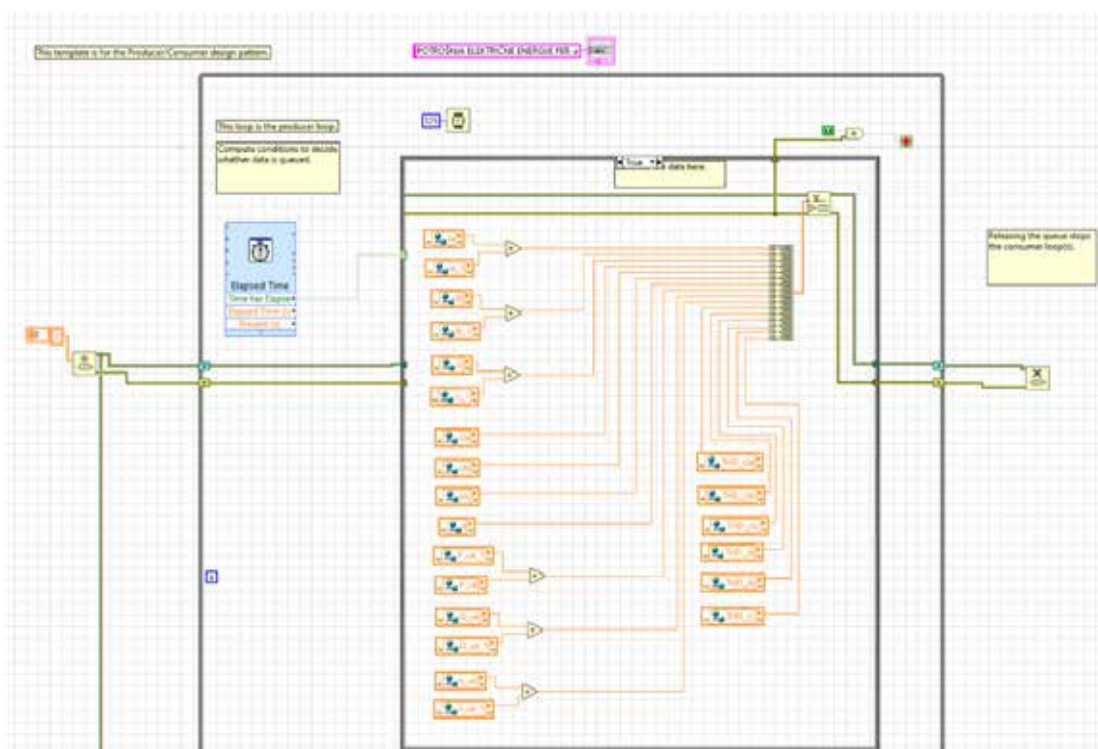


Slika 6. Prikaz općenite Producer/Consumer arhitekture

Izvor: <https://www.ni.com/en-rs/support/documentation/supplemental/21/producer-consumer-architecture-in-labview0.html>

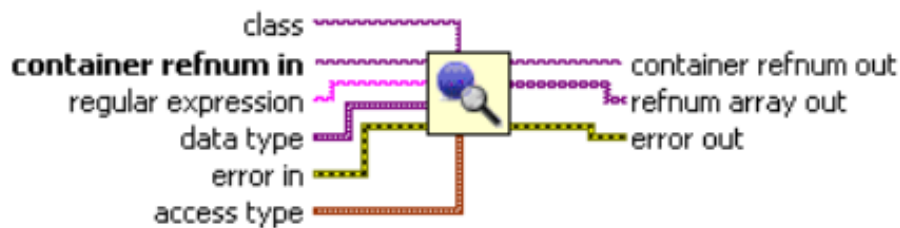
Producer/Consumer arhitektura sastoji se od dvije while petlje: podaci se u Producer petlji pomoću dijeljenih varijabli dohvaćaju s pametnih multimetara i umeću u red (eng. queue), a u Consumer petlji se ti podaci čitaju po principu FIFO (First In – First Out) te se obrađuju, prikazuju i spremaju u bazu podataka.

U prvoj verziji aplikacije podaci su se dohvaćali iz dijeljenih varijabli tako da su one samo umetnute u Case strukturu koja se izvršavala kada je ispunjen uvjet da je proteklo vrijeme od 1 sekunde. Podaci su se spremali u polje i zatim umetali na vrh reda funkcijom **Enqueue** te se tako slali Consumer petlji. Iz Slike 7. vidljiv je izgled te Producer petlje. Budući da je FER spojen na mrežu preko dva paralelna transformatora, potrebno je čitati podatke s oba transformatora te pritom vrijednosti struje i snage zbrojiti, a vrijednost napona dovoljno je očitati samo s jednog transformatora, kao i faktore ukupnog harmoničkog izobličenja. Ukupno se radi o 22 varijable. Već i s tim brojem varijabli program izgleda nezgrapan i neusklađen s paradigmom programiranja u LabVIEW-u, koja se temelji na Dataflow programiranju.



Slika 7. Izgled Producer petlje u prvoj verziji aplikacije

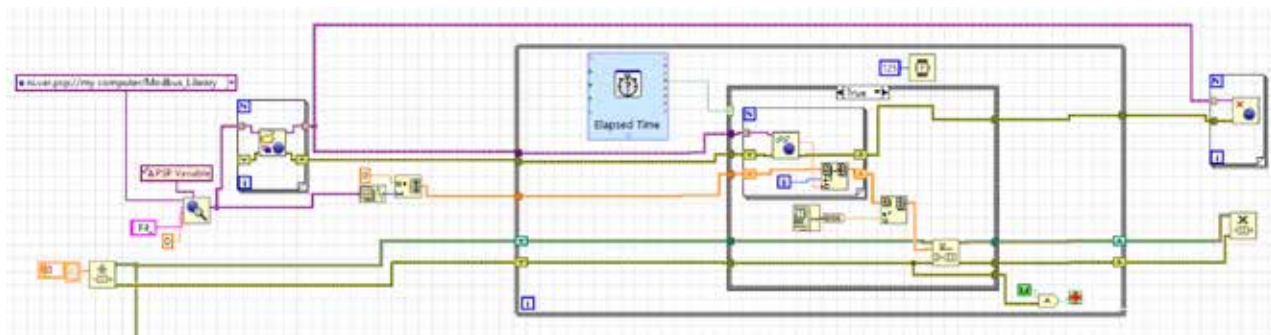
Zbog toga je bolje koristiti funkcije iz palete za rad s dijeljenim varijablama (Shared Variable Palette) koji se može pronaći u Data Communication funkcijama u LabVIEW-u.[8] Sada se pomoću funkcije **Shared Variable Container** dohvaća polje s referencama na dijeljene varijable(refnum array out) koje se nalaze u Modbus knjižnici koja predstavlja *container refnum in*. Class specificira koju vrstu varijabli želimo čitati, a u našem slučaju to su PSP varijable (Published Subscribe Protocol). Također je potrebno definirati i data type kao single precision float, jer tog su tipa (32 bitni) podaci koje se želi dohvatiti. Kada tip varijable ne bi bio definiran, on bi automatski bio postavljen na double precision float (64 bitni) i podaci ne bi bili ispravno dohvaćeni. Također, u Modbus knjižnici mogu se nalaziti i varijable koje nije potrebno dohvaćati, korištenjem *regular expression* definira se uzorak koji varijabla mora sadržavati da bi bila dohvaćena. Stoga su sve varijable preimenovane i dodan im je predmetak F4\_, te se to koristi kao *regular expression*.



Slika 8. Search Variable Container funkcija

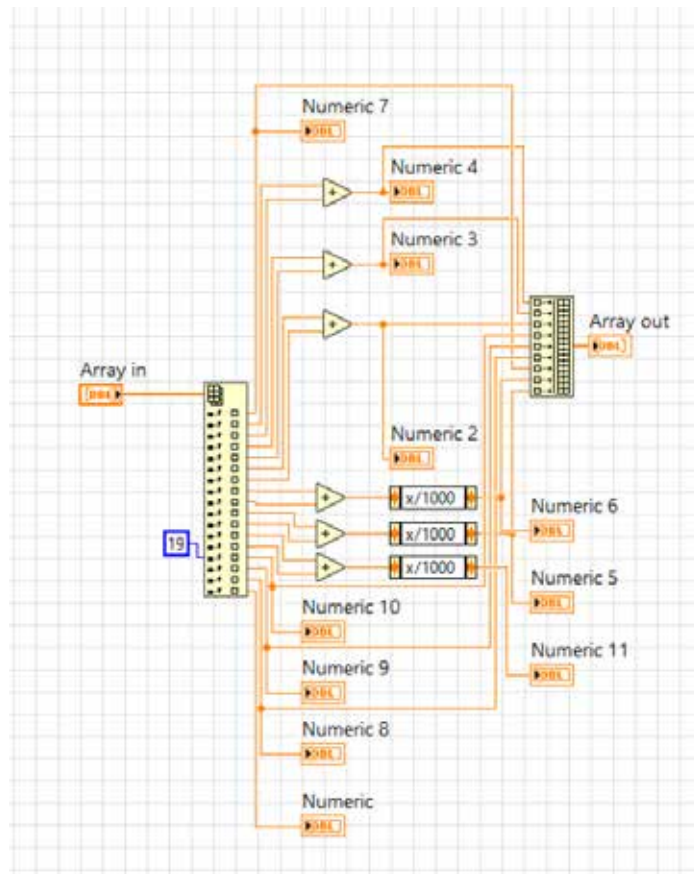
Izvor: [https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview/page/lvcomm/search\\_var\\_objects.html](https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview/page/lvcomm/search_var_objects.html)

Iz dobivenog polja referenci odredi se veličina i inicijalizira polje u koje će se spremati podatci, što je na slici 9 označeno brojem 1, a iz samog polja u for petlji označenoj brojem 2 pomoću funkcije **Open Variable Connection in Background** otvara se konekcija na varijablu s danom referencom koja se proslijeđuje dalje. Potom se u Producer while petlji, kada protekne 1 sekunda, u for petlji označenoj brojem 3 čitaju vrijednosti funkcijom **Read Variable** iz varijable čija se referenca dovodi na ulaz funkcije. Izlaz iz funkcije je vrijednost spremljena u varijabli koja se sprema u polje pomoću funkcije **Replace Array Subset**, tako da se vrijednost dodaje kao novi element s indeksom koji odgovara iteratoru iz for petlje. U tako nastalo polje dodaje se još i brožani zapis vremena te se cijelo polje sprema u red već spomenutom funkcijom **Enqueue**. Na kraju, potrebno je još zatvoriti otvorene konekcije, što se radi u for petlji označenoj brojem 4.



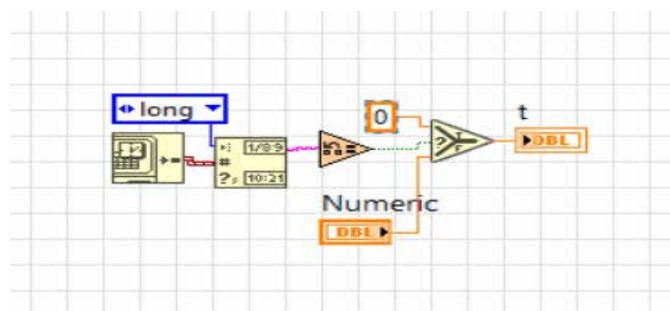
Slika 9. Novi izgled Producer petlje i dohvaćanja vrijednosti spremljenih u dijeljene varijable

U Consumer petlji prvo se funkcijom **Dequeue** uzima prvo polje iz reda, na taj način održan je vremenski kontinuitet dohvaćanja i obrade podataka. U tom polju sadržani su podatci koji su očitani u Producer petlji. Podatci se spremaju u bazu podataka kako je to objašnjeno u zasebnom poglavlju. Pomoću potprograma koji je prikazan na Slici 10., uzimaju se vrijednosti iz polja i zbrajaju se struje pojedinih faza s transformatora (jer su transformatori u paralelnom radu), a vrijednosti djelatne, jalove i prividne snage množe s 1000 kako bi bile izražene u kilovatima, tj. kilovoltamperima reaktivnim i kilovoltamperima. Također, stvara se polje s tim vrijednostima (zbrojenim strujama i snagama) koje se koristi kod spremanja podataka.



Slika 10. Izgled potprograma za manipulaciju vrijednostima

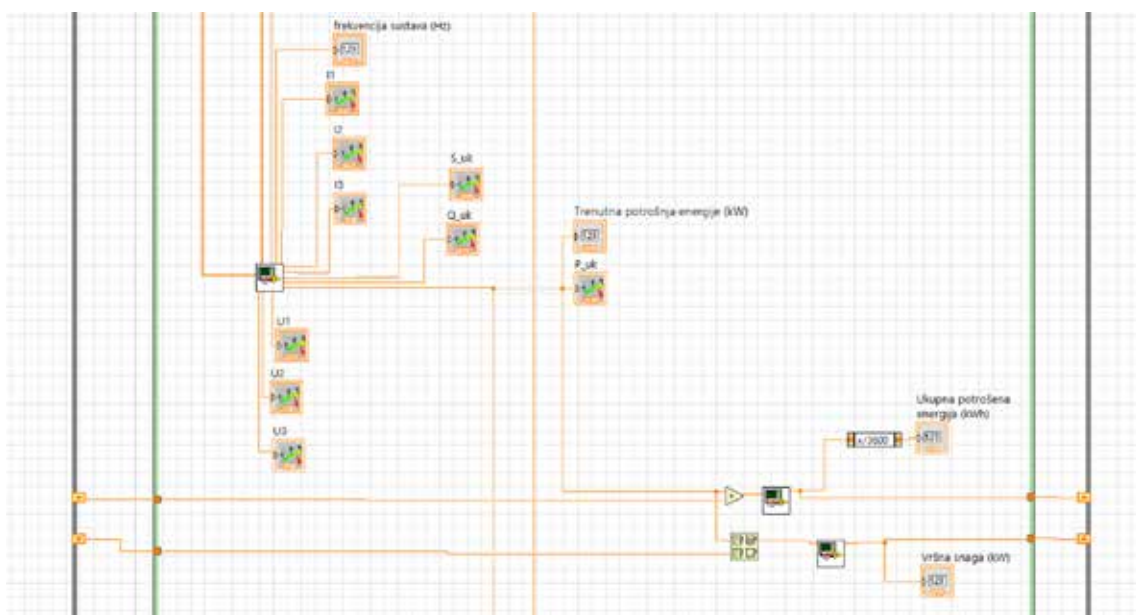
Podatci o vrijednostima faznih struja i napona grupiraju se po fazi i prikazuju pomoću funkcije **Meter**, koja simulira prikaz mjernih uređaja. Istom funkcijom prikazuju se i vrijednosti ukupne djelatne, jalove i prividne snage, a trenutna vrijednost djelatne snage je i dodatno naglašena zasebnim indikatorom. Uz to, prikazuje se i ukupna dnevna potrošena djelatna električna energija, dnevna vršna snaga te trenutna frekvencija sustava. Kako bi se resetirale dnevne vrijednosti, napravljen je potprogram za resetiranje prikazan Slikom 11. Potprogram očitava trenutno vrijeme te uzima string zapis datuma i provjerava je li se promijenio. Ako se datum promijenio, postavlja vrijednost nula, inače postavlja vrijednost koja je dovedena u potprogram.



Slika 11. Potprogram za resetiranje vrijednosti ako se promijenio datum

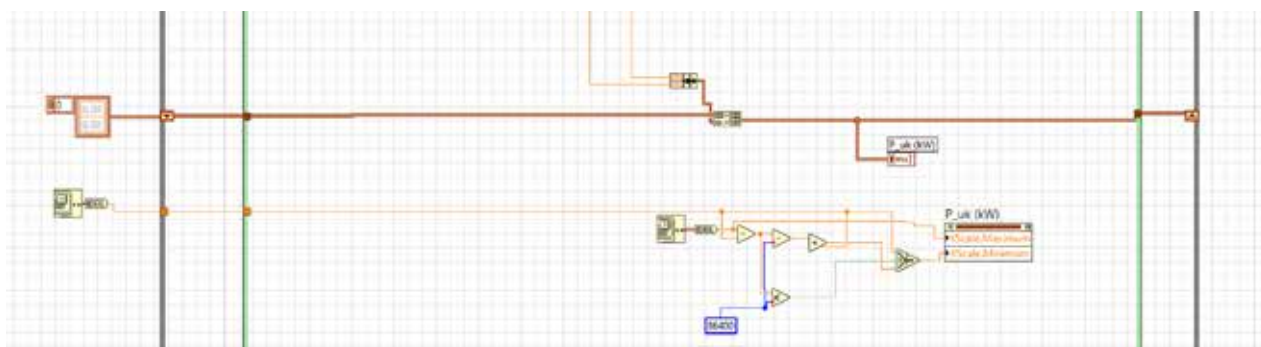
Koristeći shift registre čuvaju se vrijednost iz prethodne iteracije, koje se zatim koriste ili kako bi se odredila maksimalnu vrijednost ili kako bi se koristila u kumulativnom zbrajanju i na taj način dobila potrošena energija u kWh, koja se zatim dijeli s 3600 i time se dobiva izražena u kWh. Dio Consumer petlje za prikazivanje vrijednosti prikazan je na Slici 12.





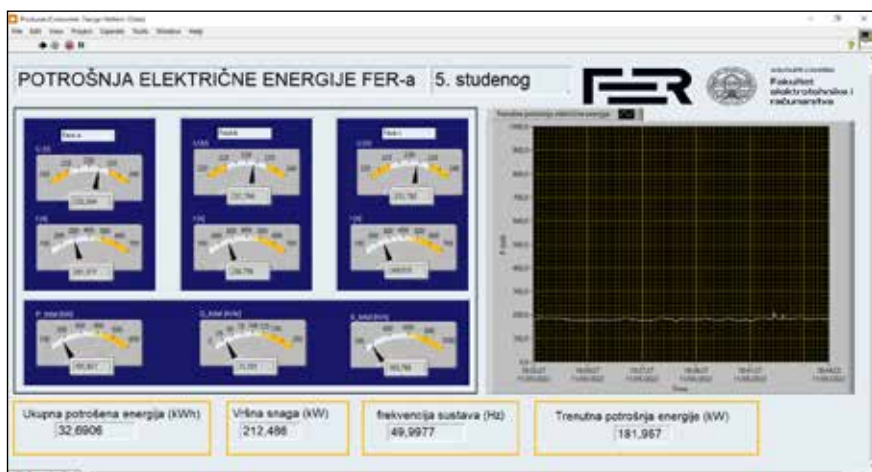
Slika 12. Dio Consumer petlje za prikazivanje mjerenih podataka

Trenutna potrošnja djelatne energije prikazuje se i grafom. Dovodi se polje clustera, a svaki cluster sadrži vrijeme očitavanja kao X-os i očitanu vrijednost djelatne snage za Y-os. Pomoću **Property Node** funkcije postavlja se X-os tako da prikazuje 24 satni raspon podataka. Stvaranje grafa prikazano je na Slici 13.



Slika 13. Dio Consumer petlje za prikazivanje podataka na grafu

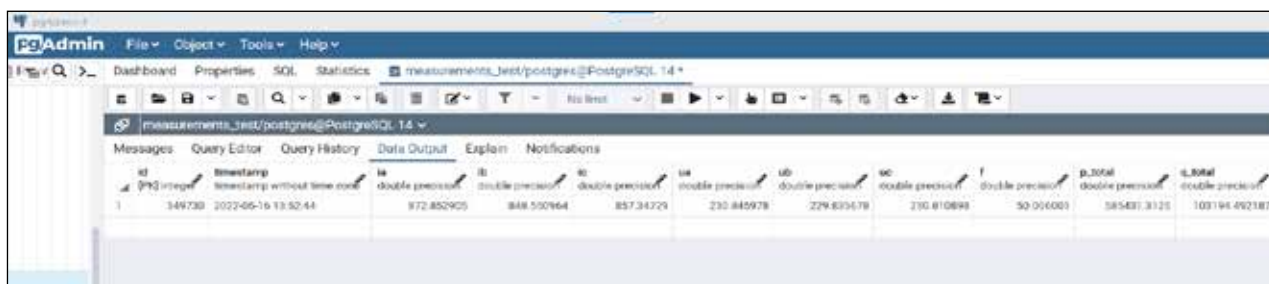
Izgled *Front Panela* prikazan je na Slici 14.



Slika 14. Izgled Front Panela aplikacije



Ili se može analizirati ovisnost snage o vremenskom trenutku. Vidljivo je iz Slike 17. kako je vršna snaga tog dana zabilježena u 13:52:44, kako je faza A bila najopterećenija, ali i da su svi naponi bili unutar dozvoljenih vrijednosti odstupanja.



| id | timestamp           | ia         | ib         | ic        | ua         | ub         | uc         | p_total   | s_total       |
|----|---------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|---------------|
| 1  | 2022-05-16 13:52:44 | 872.852905 | 848.550664 | 857.34329 | 230.845978 | 229.835178 | 230.810898 | 50.056003 | 103194.492187 |

Slika 17. Vremenski trenutak, fazne struje i naponi pri vršnoj snazi

### 3. ZAKLJUČAK

U današnjici velikih promjena i skokova cijene električne energije, praćenje vlastite potrošnje postaje neizbježan zadatak koji omogućava prepoznavanje obrazaca potrošnje. Takvi podaci pomažu u donošenju odluka o optimalnom utjecaju na smanjenje potrošnje električne energije. U ovom članku objašnjen je postupak izrade LabVIEW programa za dohvat i prikaz mjerenih veličina o potrošnji električne energije Fakulteta elektrotehnike i računarstva. Uspostavljena je Modbus komunikacija između pametnih uređaja Sentron PAC3200 koji mjere električne veličine na transformatorima kojima se FER napaja i serverskog računala smještenog u SG laboratoriju FER-a, kreiranjem Modbus I/O Servera u LabVIEW projektu. Zatim su kreirane dijeljene varijable i program temeljen na Producer/Consumer arhitekturi. U Producer petlji očitani podaci spremili su se u red, a u Consumer petlji su obrađeni. Na sučelju se u svakom trenutku u realnom vremenu prikazuju fazne vrijednosti struja i napona, ukupne vrijednosti djelatne, jalove i prividne potrošnje te se potrošnja djelatne snage prikazuje i u grafu. Također, prikazuje se i ukupna dnevno potrošena električna energija i dnevna vršna snaga te frekvencija sustava. Uz prikaz potrošnje FER-a, svi podaci se pohranjuju i u bazu podataka, iz koje će se moći izvlačiti podaci i koristiti za analizu i predviđanje potrošnje. Također, pohranom svih podataka omogućena je usporedba svih dnevnih potrošnja iz kojih se mogu zamijetiti određene razlike. Tako na primjer u slučaju implementacije novih izvora energije poput solarne elektrane na krov FER-a ili ugradnjom novih spremnika energije, postoji mogućnost praćenja koliko je smanjena potrošnja u određenom danu u usporedbi s prijašnjim zapisima.

### 4. LITERATURA

1. S. Yunita Bara'langi, F. Tangdililing, Modbus TCP protocol on the implementation of monitoring system using LabVIEW and power meter Schneider 810. Proceedings of ICCS 2014, str. 220. – 224., Makassar, Indonezija, 2014.
2. S. Banerji, Study and Development of a Data Acquisition & Control (DAQ) System Using TCP/Modbus Protocol, Project report, 2013. [Na internetu]
3. Dostupno: [https://www.researchgate.net/publication/247153019\\_Study\\_and\\_Development\\_of\\_a\\_Data\\_Acquisition\\_Control\\_DAQ\\_System\\_using\\_TCPModbus\\_Protocol](https://www.researchgate.net/publication/247153019_Study_and_Development_of_a_Data_Acquisition_Control_DAQ_System_using_TCPModbus_Protocol) [pristupano 17.3.2022.]



4. „Manual SENTRON Power Monitoring Device PAC3200“ Siemens [Na internetu]Dostupno:<https://support.industry.siemens.com/cs/document/26504150/manual-sentron-power-monitoring-device-pac3200?dti=0&lc=en-WW>  
[pristupano 18.3.2022.]
5. B. Poprocki, Primjena LabVIEW-a u prikupljanju, obradi i generiranju karakterističnih digitalnih signala. Završni rad. Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2016.
6. ni.com. Buffered Network – Published Shared Variables: Components and Architecture. <https://www.ni.com/en-rs/innovations/white-papers/20/buffered-network-published-shared-variables--components-and-arch.html>, 2021.  
[pristupano: 28.3.2022.]
7. ni.com. How LabVIEW Uses I/O Servers <https://www.ni.com/en-rs/innovations/white-papers/12/how-labview-uses-i-o-servers.html#h32>, 2021.  
[pristupano: 28.3.2022.]
8. ni.com. Producer/Consumer Architecture in LabVIEW <https://www.ni.com/en-rs/support/documentation/supplemental/21/producer-consumer-architecture-in-labview0.html>, 2021.  
[pristupano: 5.4.2022.]
9. ni.com. Reading and Writing Shared Variables Programmatically [https://www.ni.com/docs/enUS/bundle/labview/page/lvconcepts/sv\\_usingdynvarapi.html](https://www.ni.com/docs/enUS/bundle/labview/page/lvconcepts/sv_usingdynvarapi.html), 2022.  
[pristupano 20.10.2022.]

# ENERGETSKA TRANZICIJA I STRUKTURA TARIFA ZA PRIJENOS I DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Dr. sc. Lahorko Wagmann<sup>1</sup>  
Hrvatska energetska regulatorna agencija  
e-mail: lwagmann@hera.hr

Dr. sc. Srđan Žutobradić  
e-mail: szutobradic@gmail.com

## Sažetak

Energetska tranzicija podrazumijeva niz promjena u elektroenergetskom sustavu. Javlja se novi sudionici na tržištu električne energije kao što su aktivni kupci (vlastita proizvodnja i samoopskrba), energetske zajednice građana i zajednice obnovljivih izvora (dijeljenje energije), postrojenja za skladištenje energije, kao i punionice električnih vozila. Navedeni trendovi sigurno će mijenjati način korištenja elektroenergetskih mreža, a u nekim slučajevima i smanjivati količinu (volumen) prenesene energije u distribucijskoj i prijenosnoj mreži. Također, porast broja distribuiranih izvora utječe na uobičajeni smjer energije od visokog napona prema niskom naponu. Zbog navedenoga, klasični volumetrijski kaskadni pristup tarifama više ne može odgovoriti na sve izazove energetske tranzicije. U referatu će se predstaviti novi pogledi na načela određivanja tarifa, u skladu s trendovima koji se javljaju u članicama EU-a kao i s preporukama CEER-a i ACER-a.

**Glavne riječi:** energetska tranzicija, regulacija, tarife

## Abstract

The energy transition brings several changes in the power system. New participants in the electricity market are emerging, such as active customers (own production and self-sufficiency), energy communities of citizens and communities of renewable sources (energy sharing), energy storage plants, as well as charging stations for electric vehicles. These trends reduce the amount (volume) of energy transmitted in the distribution and transmission network. Also, an increase in the number of distributed sources affects the usual direction of energy from high voltage to low voltage. Due to the above, the classic volumetric cascade approach to tariffs can no longer respond to all the challenges of the energy transition. The paper will present new views on the principles of tariff setting, in line with trends emerging in EU member states as well as with the recommendations of CEER and ACER.

**Keywords:** energy transition, regulation, tariffs.

## 1. UVOD

Tarife za mrežu (prijenos i distribuciju) su naknade koje plaćaju korisnici mreže za uslugu korištenja mreže kako bi pokrili priznate troškove operatora prijenosnog sustava i operatora distribucijskog sustava. Tarifama za mrežu potiču se korisnici na korištenje mreže većom ili manjom količinom energije i iznosom snage. Kako bi korisnici mreže mogli odgovoriti na tarifne signale, moraju imati informaciju o količini potrošene energije i ostvarene snage, kao što i moraju moći reagirati na tarifni signal koji odražava relevantni trošak usluge. Ako navedeni preduvjeti nisu ispunjeni, korisnici mreže mogu koristiti mrežu na neučinkovit način.

Tarifa treba odražavati troškove koje korisnik mreže uzrokuje, a koji u određenom trenutku vremena ovise o raspoloživom kapacitetu mreže i o potrošenoj električnoj energiji. Ako je kapacitet mreže ograničen, dodatno opterećenje dovest će do potrebe za investicijama u pojačanje mreže. Raspoloživost kapaciteta mreže ovisi o potrošnji svih korisnika mreže i mijenja se tijekom dana u ovisnosti o ponašanju i navikama korisnika mreže. Navečer, tijekom vršnog opterećenja kada korisnici mreže kuhaju, gledaju

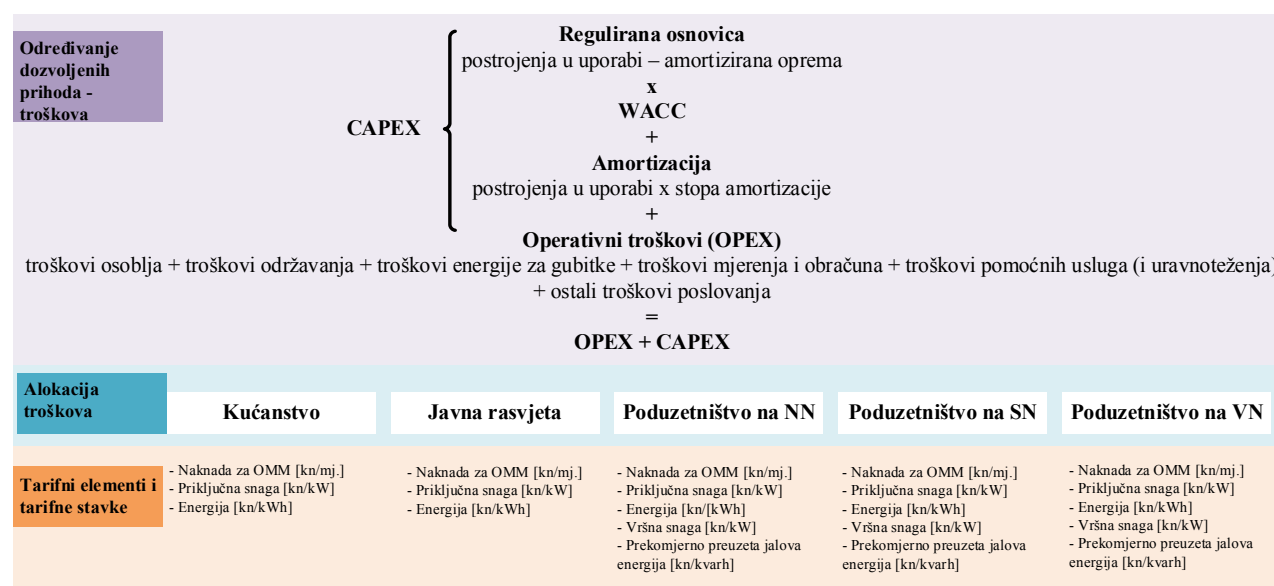
<sup>1</sup> Stavovi izneseni u referatu su osobna mišljenja autora, nisu obvezujući za poduzeće/instituciju u kojoj je autor zaposlen te se ne moraju nužno podudarati sa službenim stavovima poduzeća / institucije.

TV itd., manje je raspoloživog kapaciteta mreže nego tijekom noći, izvan vršnog opterećenja. Osim navedenog, u mreži se javljaju i gubici (ovisni o struji - promjenjivi i ovisni o naponu - stalni). Tarife koje odražavaju troškove koje korisnik mreže uzrokuje operatoru sustava preduvjet su za odgovarajući tarifni signal pa tako i za ekonomski učinkovit rezultat. Uvođenje naprednog mjerenja osigurava detaljnije informacije o vremenu korištenja mreže što omogućuje buduću primjenu tarifa koje u obzir uzimaju stvarni kapacitet mreže i primjenu usluga odziva potrošnje.

## 2. POSTUPAK ODREĐIVANJA TARIFA

Postupak određivanja tarifa za korištenje prijenosne/distribucijske mreže sastoji se iz tri glavna koraka, slika 1 :

- određivanje dozvoljenih godišnjih prihoda reguliranog subjekta,
- pridjeljivanje ukupnih troškova koji proizlaze iz dopuštenih godišnjih prihoda pojedinim kategorijama (i tarifnim modelima) krajnjih kupaca,
- određivanje tarifnih elemenata i tarifa po pojedinim tarifnim elementima kako bi se pokrili ukupni troškovi pridijeljeni svakoj kategoriji krajnjih kupaca.



Slika 1 Glavni koraci u postupku određivanja tarifa za korištenje prijenosne/distribucijske mreže, [1]

Kod pridjeljivanja troškova obično se koriste dvije vrste analiza, [1]:

- analiza troškova usluga (engl. cost of service),
- analiza marginalnih troškova usluga.

Analiza troškova usluga odnosi se na razdiobu troškova na kategorije krajnjih kupaca u ovisnosti o njihovom korištenju prijenosne/distribucijske mreže. Analiza marginalnih troškova usluga odnosi se na promjenu troškova tijekom vremena u ovisnosti o promjeni načina korištenja mreže pojedinim kategorijama krajnjih kupaca. Za obje analize potrebni su podaci o načinu korištenja mreže svake pojedine kategorije krajnjih kupaca kao što su:

- broj krajnjih kupaca u pojedinoj kategoriji,
- potrošnja,
- opterećenje tijekom dana,

- priključna (ugovorena) snaga,
- prekomjerno preuzeta jalova energija.

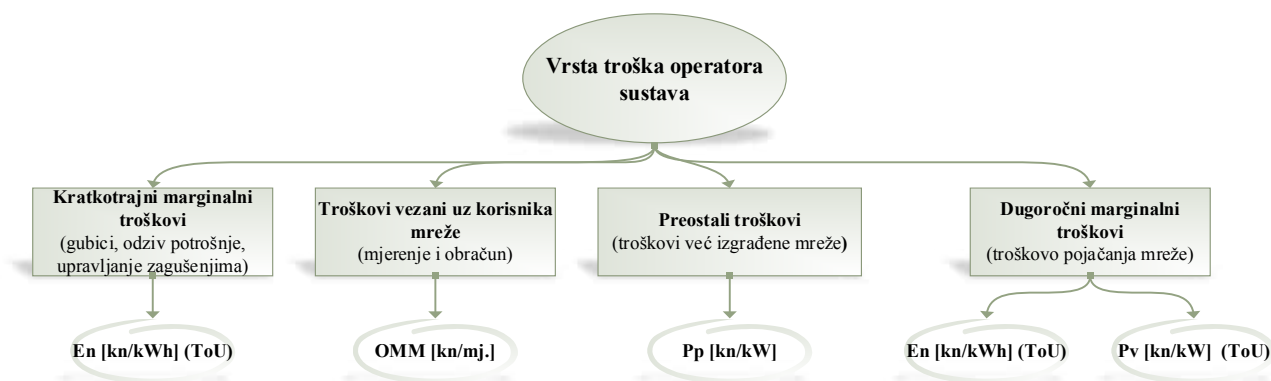
Analiza troškova usluga sastoji se iz dva djela: klasifikacije troškova i pridjeljivanje troškova na krajnje kupce, slika 2. Kod analiza marginalnih troškova usluga određuju se ukupni marginalni troškovi koji se pridjeljuju svakoj klasi troškova nakon čega slijedi alokacija troškova na kategorije krajnjih kupaca.

| Dozvoljeni prihodi - troškovi |                |                     |                     |                         |
|-------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| Klasifikacija                 |                |                     |                     |                         |
| Ovisni o opterećenju          |                | Ovisni o energiji   |                     | Ovisni o krajnjem kupcu |
| Alokacija                     |                |                     |                     |                         |
| Kućanstvo                     | Javna rasvjeta | Poduzetništvo na NN | Poduzetništvo na SN | Poduzetništvo na VN     |

Slika 2 Koraci u analizi troškova usluga, [1]

### 3. TARIFE KOJE ODRAŽAVAJU TROŠKOVE

Troškovi operatora sustava mogu se razvrstati u ovisnosti o tome kako utječu na usluge sustava, slika 3.



Slika 3 Vrste troškova operatora sustava, [2]

U kratkotrajne marginalne troškove pripadaju troškovi gubitaka, troškovi odziva potrošnje, troškovi otklanjanja zagušenja. Budući da su ovi troškovi ovisni o energiji trebalo bi ih pokriti tarifnim elementom radne energije ( $E_n$  [kn/kWh]) i to tarifom ovisnom o vremenu korištenja (ToU).

U troškove vezane uz korisnika mreže pripadaju troškovi vezani uz mjerenje i obračun. Budući da su ovi troškovi vezani uz broj korisnika mreže trebalo bi ih pokriti nekim vidom stalne (fiksne naknade) koja se plaća svakog mjeseca ( $OMM$  [kn/mj.]) i za svako obračunsko mjesto ( $OMM$ ).

Preostali troškovi vezani su uz troškove već izgrađene mreže odnosno troškovi koji nisu vezani uz potrošnju. Ovi troškovi mogu se pokrivati preko fiksne naknade određene u ovisnosti o priključnoj ili ugovorenoj snazi korisnika mreže ( $P_p$  [kn/kW]).

Dugoročni marginalni troškovi odnose se na troškove pojačanja mreže. Budući da su navedeni troškovi ovisni o budućem kapacitetu mreže trebalo bi ga pokriti dijelom tarifnim elementom obračunske vršne radne snage ( $P_v$  [kn/kW]) i dijelom tarifnim elementom radne energije ( $E_n$  [kn/kWh]), i to ovisni- ma o vremenu korištenja.

## 4. NAČELA DIZAJNA TARIFA

Osnovna načela za dizajn tarifa su, [2]:

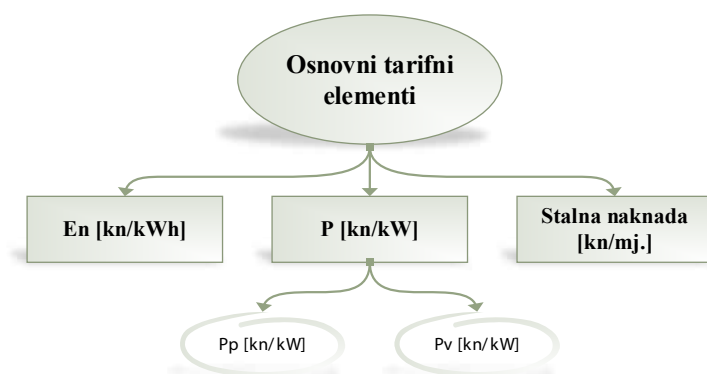
- odražavanje stvarnih troškova; tarifa treba odražavati troškove koje korisnik mreže uzrokuje operatoru sustava,
- poticanje učinkovitog korištenja mreže; tarife trebaju poticati korisnike mreže na učinkovito korištenje mreže,
- pokrivanje priznatih troškova; operatoru sustava trebaju se pokriti odgovarajući priznati troškovi,
- ravnopravnost korisnika mreže; korisnici mreže trebaju ravnopravno sudjelovati u pokrivanju troškova operatora sustava,
- transparentnost određivanja; metodologija i podaci za određivanje troškova trebaju biti transparentni i raspoloživi korisniku mreže,
- predvidljivost troškova korištenja mreže; korisniku mreže troškovi korištenja mreže trebaju biti predvidljivi tijekom određenog razdoblja,
- razumljivost i jednostavnost; tarife trebaju biti koliko je moguće razumljive i jednostavne za primjenu.

Navedena načela mogu biti kontradiktorna. Npr., načelo odražavanja stvarnih troškova može uzrokovati veliku vremensku promjenjivost tarifa, velike razlike tarifa u ovisnosti o dijelovima distribucijske mreže i zahtijevati složenu metodologiju primjene. Navedeno je u suprotnosti s načelima jednostavnosti, ravnopravnosti i transparentnosti. Uloga regulatora je pomiriti navedena načela u skladu s potrebama korisnika mreže, operatora sustava, opskrbljivača itd. Pritom je moguće koristiti multikriterijsku analizu za nalaženje ravnoteže u primjeni navedenih načela, [2].

## 5. DIZAJN TARIFA

Tradicionalno u EU prevladavaju tarifni modeli koji su zasnovani na tarifnom elementu energije (volumetrijski pristup). Energetska tranzicija i buduća značajna elektrifikacija (toplinske pumpe, punionice električnih vozila, međusektorska sprega - P2X itd.) uvode potrebu za kako za većim vrednovanjem snage kao tarifnog elementa tako i za poticanjem korisnika mreže na učinkovitije korištenje kapaciteta mreže. Načelo troškovne učinkovitosti zahtijeva da se troškovi kapaciteta mreže ogledaju u tarifnom modelu.

Tarife se u načelu odnose na tri osnovna elementa, energiju, snagu i stalnu naknadu, slika 4. Polazište je tarifa neovisna o vremenu korištenja. Međutim za određivanje tarife za tarifne elemente energije i snage mogu se koristiti različiti pristupi.



Slika 4 Osnovni tarifni elementi

Za manje krajnje kupce uobičajeno je korištenje volumetrijskog pristupa gdje se većina troškova operatora pokriva tarifom za energiju neovisnom o vremenu korištenja, dok se ostatak troškova operatora sustava pokriva stalnom naknadom. Međutim, takav pristup krajnjim kupcima ne daje ispravan cjenovni signal. Nadalje, s većom distribuiranom proizvodnjom volumetrijski pristup je sve manje prikladan za pokrivanje troškova, budući da aktivni kupci mogu smanjiti svoj račun, a da pritom troškovi operatora sustava ostanu isti.

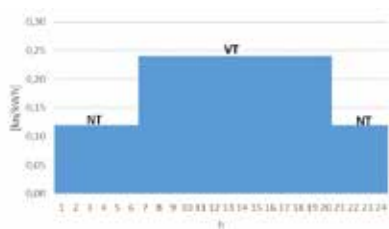
Struktura troškova operatora sustava, čiji veći dio se odnosi na fiksne troškove, a manji dio na varijabilne troškove, sugerira da bi se većina troškova trebala pokrivati iz stalne naknade i tarifnog elementa snage. Međutim, takvo načelo je vrlo teško provesti u praksi ako se uzme u obzir pravedno prijeljivanje troškova kategorijama krajnjih kupaca. Budući da krajnji kupac može prilagoditi korištenje snage, tarifni element snage ima ulogu smanjivanja budućih investicija u mrežu. Tarifni element snage može se javiti u vidu priključne snage i obračunske vršne radne snage. Obračunska vršna radna snaga je najveća vrijednost prosječne radne snage izmjerene u mjernim intervalima tijekom određenog razdoblja (doba dana, mjeseca ili godine). Priključna snaga odnosi se na snagu iz elektroenergetske suglasnosti odnosno na ugovorenu snagu za korištenje mreže. Primjerice, krajnji kupac može plaćati nižu tarifu za energiju u okvirima priključne (ugovorene) snage, a višu tarifu za energiju kada prekorači priključnu snagu.

## 5.1 Tarife ovisne o vremenu korištenja

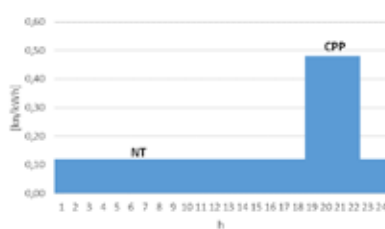
Tarife za energiju i snagu mogu se odrediti u ovisnosti o korištenju mreže (engl. time of use, ToU).

**Statičke ToU tarife**, slika 5 (a), određuju za određeno dulje razdoblje primjene različite iznose tarifa za određena razdoblja dana, mjeseca ili godine. Iako statičke ToU tarife uravnotežuju učinkovitost i jednostavnost primjene, ne oslikavaju stvarnu situaciju u pogledu kritičnog opterećenja mreže. Takve tarife unose rizik da se opterećenje većeg broja korisnika mreže premješta istodobno u određeno doba dana između dva susjedna sata u kojima se primjenjuje viša odnosno niža tarifa. Na taj način mogu se tijekom dana u mreži (sustavu) dogoditi novi sati s vršnim opterećenjima. Navedena situacija mogla bi se riješiti korištenjem automatizacije i upravljanjem potrošnjom, odnosno postupnim uključivanjem upravljive potrošnje.

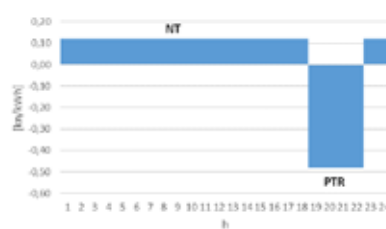
**Dinamičke ToU tarife** znače da se tarife za određeno doba dana određuju za kratko vrijeme unaprijed. Dinamičkim ToU tarifama može se (implicitno) promicati korištenje fleksibilnosti u cilju odgađanja ili izbjegavanja pojačanja mreže. Jedan način primjene dinamičkih ToU tarifa je korištenje viših (kritičnih) tarifa kod vršnog opterećenja (engl. *critical peak pricing*, **CPP**), slika 5 (b), ili korištenje nižih tarifa (engl. *peak time rebates*, **PTR**) ako krajnji kupac smanji potrošnju ispod svog referentnog opterećenja (engl. *baseline*), slika 5 (c). Cilj dinamičkih ToU tarifa je promoviranje učinkovitijeg korištenja mreže u situaciji pojave većeg udjela varijabilne proizvodnje OIE i novih obrazaca potrošnje (npr. punionice električnih vozila i toplinske crpke).



(a) Statičke ToU tarife



(b) Dinamičke ToU Tarife (CPP)



(c) Dinamičke ToU Tarife (PTR)

Slika 5 Tipovi ToU tarifa, [4]

Preduvjeti za primjenu dinamičkih ToU tarifa su:

- uvođenje naprednog sustava mjerenja koji omogućuje mjerenje potrošnje u kraćem ili jednakom intervalu obračuna odstupanja,
- pravovremena dostupnost mjernih podataka korisniku mreže kako bi mogao upravljati svojom potrošnjom,
- tehnološka rješenja za fleksibilno korištenje električne energije u okviru postrojenja i instalacija korisnika mreže,
- detaljni model predviđanja opterećenja (dijelova) distribucijske mreže kako bi se predvidjela kritična razdoblja za primjenu dinamičkih ToU tarifa,
- kvalitetna procjena dugoročno izbjegnutih troškova pojačanja mreže
- IT infrastrukturu za slanje cjenovnih signala, po mogućnosti po pojedinim dijelovima distribucijske mreže, kako bi se korisnicima mreže omogućila pravovremeni odziv.

Kod dinamičkih CPP tarifa cijena korištenja mreže značajno je viša u doba vršnog opterećenja mreže kada postoji mogućnost zagušenja. CPP tarifa primjenjuje se određeni ograničeni broj dana ili sati tijekom godine. Krajnji kupac može izbjeći plaćanje tako visoke tarife premještanjem potrošnje iz kritičnih sati ili dana u neko drugo vrijeme. Takav pristup daje jak poticaj za smanjenje potrošnje tijekom kritičnih sati, ali ne daje nikakav poticaj tijekom ostatka vremena. ToU CPP tarife daju krajnjim kupcima jači poticaj za odziv potrošnje od statičkih ToU tarifa. Uvođenje dinamičkih ToU tarifa otvoreno je pitanje kako krajnje kupce informirati o tarifama, kako odrediti tarife i kako ih integrirati u model regulacije. Nedvojbeno, primjena dinamičkih ToU tarifa je složena i uvodi nove dodatne troškove operatoru i regulatoru.

Ako se veliki dio troškova operatora sustava pokriva primjenom dinamičkih ToU tarifa, korisnici mreže koji ne mogu prilagoditi potrošnju u skladu s cjenovnim signalima dinamičkih ToU tarifa platit će višu naknadu za korištenje mreže. Zbog toga treba dobro odmjeriti omjer troškova operatora sustava koji će se pokriti dinamičkim i statičkim ToU tarifama. U načelu, za krajnje kupce s malom potrošnjom tarife bi trebale biti jednostavne i predvidljive (statičke ToU tarife), dok bi se za kupce s većom potrošnjom trebale razraditi i primijeniti dinamičke ToU tarife.

U sljedećoj tablici navedeni su prednosti i nedostaci pojedinih pristupa određivanju tarifa.

Tablica 1 Prednosti i nedostaci pojedinih pristupa određivanju tarifa, [3]

| Tarifni element            | Fiksna naknada                                                                                       | Snaga                                                                      |                                                                                                                                                          | Energija                                                                                                                                                                                |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                                                                                      | Unaprijed                                                                  | Unazad                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |
| <b>Prednost</b>            | Jednostavnost, stabilnost, predvidljivost                                                            | Daje informaciju o cijeni kapaciteta mreže                                 | Daje informaciju o cijeni kapaciteta mreže<br>Odražava troškove kapaciteta                                                                               | Prihvatljiva krajnjim kupcima                                                                                                                                                           |
| <b>Nedostatak</b>          | Ne daje prikladan signal o dugoročnim troškovima i ne potiče energetska učinkovitost i fleksibilnost | Ograničeno odražava troškove kapaciteta mreže                              | Potrebno je napredno mjerenje<br>Kompleksnost<br>Manja predvidljivost<br>Manja prihvatljivost krajnjim kupcima                                           | Ne odražava troškove kapaciteta mreže<br>Može povećati neizvjesnost prihoda operatora sustava                                                                                           |
| Tarifa za snagu i energiju | Linearna (engl. flat)                                                                                | Nelinearna                                                                 | ToU                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                         |
|                            |                                                                                                      |                                                                            | Statička                                                                                                                                                 | Dinamička                                                                                                                                                                               |
| <b>Prednosti</b>           | Jednostavnost<br>Prihvatljivost krajnjim kupcima                                                     | Uravnotežuje ciljeve prihvatljivosti, učinkovitosti i odražavanja troškova | Smanjuje zagušenja u mreži<br>Odražava troškove kapaciteta mreže<br>Odražava vrijednost fleksibilnosti<br>Financijska korist uključenim krajnjim kupcima | Smanjuje zagušenje u mreži<br>Odražava troškove kapaciteta mreže<br>Financijska korist uključenim krajnjim kupcima<br>Omogućuje reakciju u kratkom vremenu u slučaju posebnih okolnosti |
| <b>Nedostaci</b>           | Manje odražava troškove<br>Previše potiče samoopskrbu                                                | Kompleksnost<br>Moguće nerazumijevanje kupaca                              | Predviđeno vršno opterećenje ne mora koincidirati sa stvarnim vršnim opterećenjem<br>Ne dopušta varijabilnost kod vršnog opterećenja                     | Potrebno je napredno mjerenje<br>Postoji rizik da svi krajnji kupci istovremeno reagiraju na cjenovni signal<br>Ne mogu svi kupci reagirati na cjenovni signal                          |



## 5.2 Tarife i fleksibilnost

Na pojedinačnoj razini fleksibilnost je odziv potrošnje aktivnog kupca potaknuta ToU tarifom (implicitna fleksibilnost) ili zahtjevom operatora sustava korisniku mreže (moguće u putem agregatora) za uslugom fleksibilnosti (eksplicitna fleksibilnost).

Direktiva 2019/944 u članku 32. obvezuje države članice na poticanje operatora distribucijskog sustava na korištenje fleksibilnosti. Potencijal korištenja eksplicitne fleksibilnosti ovisi o koristi koju potencijalni pružatelj usluge fleksibilnosti može ostvariti, a koja je razmjerna njegovoj potrošnji. U slučaju male potrošnje i potencijal za fleksibilnost je manji.

U slučaju statičkih tarifa lakše je procijeniti utjecaj primjene eksplicitne fleksibilnosti. S ugovorenom dovoljnom količinom i trajanjem usluge eksplicitne fleksibilnosti, operator sustava može odgoditi ili izbjeći troškove pojačanja mreže. Tako se smanjuju kapitalni troškovi, što znači i manje tarife za krajnje kupce, pod uvjetom da operativni troškovi, u koje ulaze troškovi nabave eksplicitne fleksibilnosti, ne narastu previše. Predvidivost statičkih tarifa olakšavaju pružatelju usluge fleksibilnosti određivanje cijene ponude usluge.

Dinamičke ToU tarife implicitno potiču fleksibilnost i imaju isti cilj kao i eksplicitna nabava usluga fleksibilnosti. Treba naglasiti kako kombinacija dinamičkih ToU tarifa i eksplicitne nabave usluga fleksibilnosti ne mora dovesti do boljeg rezultata u pogledu korištenja fleksibilnosti. Također, iskustva u primjeni dinamičkih ToU tarifa još nisu dovoljna kako bi se mogao izvući konačni zaključak. Za sada se čini kako je eksplicitna nabava usluga fleksibilnosti jednostavnija, posebno za potrebe redispečinga u slučajevima zagušenja. Određivanje dinamičkih ToU tarifa je kompleksno budući da u obzir treba uzeti zagušenja u mreži. U okolnostima promjenjivih dinamičkih ToU tarifa i posljedično promjenjive potrošnje krajnjih kupaca otežana je procjena za potrebama eksplicitnih usluga fleksibilnosti. Iz navedenog proizlazi kako je, za sada, kombinacija statičkih ToU tarifa i eksplicitna nabave fleksibilnosti pouzdaniji način za smanjenje troškova operatora sustava.

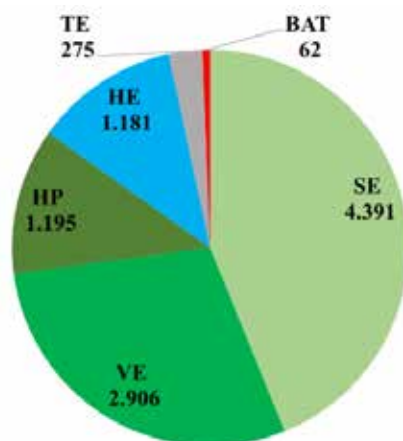
## 5.3 Razdioba troškova po naponskim razinama i između krajnjih kupaca i proizvođača

Nakon što se troškovi klasificiraju i raspodijele po tarifnim elementima tako da najbolje odražavaju troškove usluga, potrebno ih je pridjeljivati korisnicima mreže prema nekim pravilima. Uobičajen je kaskadni pristup prema kojem se troškovi pridjeljuju krajnjim kupcima u ovisnosti o naponskoj razini, ali ne i proizvođačima. Kaskadni pristup zasniva se na pojednostavljenom pogledu: „energija teče od najviše naponske razine prema nižim naponskim razinama”. U skladu s navedenim, troškovi operatora sustava alocirani su kroz tarife tako da krajnji kupac na niskom naponu snosi troškove mreže svoje i svih nadređenih naponskih razina. U sustavu sa značajnom distribuiranom proizvodnjom smanjuju se tokovi energije prijenosnom mrežom prema distribucijskoj mreži, a često može doći i do obrnutih tokova energije od distribucije prema prijenosu. Navedeno, otvara pitanje da li će krajnji kupci na prijenosu trebati snositi dio troškova distribucijske mreže. Također se otvara pitanje tarifa za predaju električne energije u mrežu (G-tarifa).

U posljednje vrijeme, što je vidljivo i u Republici Hrvatskoj, mreža se razvija i pojačava uglavnom zbog velikog broja zahtjeva za priključenje proizvodnih postrojenja. Primjer je popis redoslijeda projekata za priključenje na prijenosnu mrežu<sup>1</sup> od 15. svibnja 2021. godine na kojem se nalazi zahtjeva za 4,4 GW sunčanih elektrana, 2,9 GW vjetroelektrana, 1,2 GW hibridnih postrojenja (sunce i vjetar), 1,2 GW hidroelektrana itd. Realizacija navedenih projekata moguća je jedino uz ogromne investicije u pojačanje prijenosne mreže, a naročito 220 kV i 400 kV naponske razine.

---

<sup>1</sup> <https://www.hops.hr/lista-redoslijeda-projekata>



Slika 6 Tražene priključne snage prema popis redosljeda projekata za priključenje na prijenosnu mrežu

Postojeći duboki pristup priključenju prema kojem investitori u proizvodna postrojenja plaćaju 80% troškova stvaranja tehničkih uvjeta u mreži uzrokuje visoke troškove priključenja. Međutim, navedena pojačanja i dogradnju mreže treba netko platiti. Promjenom pristupa priključenju (plitki ili djelomično duboki) određeni dio ili svi troškovi pojačanja i dogradnje prijenosne mreže financirali bi se kroz povećanje tarife koju plaćaju krajnji kupci. U tom slučaju nužno je uvođenje G-tarife, kako bi se navedeni financijski teret pravednije raspodijelio. Također, treba imati u vidu da se u ovom slučaju uglavnom radi OIE koji računaju na nove sustave poticanja (poticanje zajamčenom cijenom i premijski model) koje troškove također djelomično snose krajnji kupci električne energije te da bi se investitore u OIE oslobađanjem troškova pojačanja mreže zapravo dva puta subvencioniralo. Međutim, Dodatak B Uredbe 838/2010 ograničava iznose G-tarifa za prijenos po pojedinim zemljama. Prema navedenoj Uredbi u Hrvatskoj je taj iznos ograničen na 0,5 €/MWh odnosno 0,38 lp/kWh. Primjera radi prosječna naknada za prijenosnu mrežu koju plaćaju svi kupci i na prijenosu i na distribuciji je u 2020. godini iznosila 8,3 lp/kWh.

#### 5.4. Postrojenja za skladištenje energije

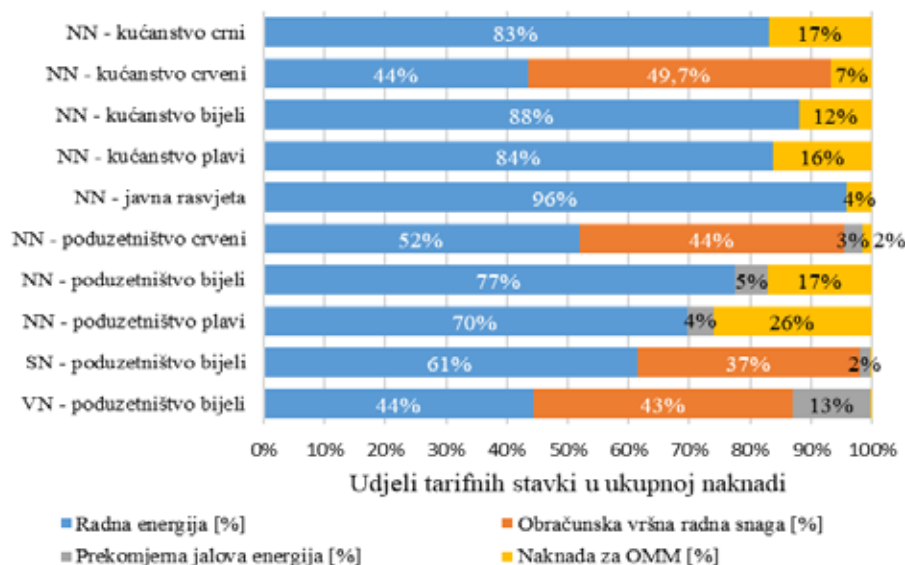
Veća raširenost postrojenja za skladištenje energije jedan je od preduvjeta veće integraciju OIE u elektroenergetski sustav, budući da omogućuje ravnotežu između promjenjive proizvodnje iz OIE i (najčešće) nefleksibilnog opterećenja. Postrojenje za skladištenje energije ima značajke kupca s proizvodnim postrojenjem odnosno, priključna snaga mu se određuje u smjeru predaje električne energije u mrežu i u smjeru preuzimanja električne energije iz mreže. Uredba 2019/943 propisuje kako se tarifama za mrežu ne smije ni pozitivno niti negativno diskriminirati postrojenje za skladištenje energije. Imajući navedeno u vidu, na postrojenja za skladištenje energije trebaju se primjenjivati odgovarajuće tarife za prijenos električne energije i za distribuciju električne energije kao i za krajnjeg kupca, u slučaju preuzimanja električne energije iz mreže, odnosno (ako postoji G-tarifa) kao i za proizvođača, u slučaju predaje električne energije u mrežu. Ako postoje koristi u pogledu mogućnosti odgode investicija u pojačanje mreže, ukupna naknada za korištenje mreže treba odražavati korist koju postrojenje za skladištenje energije pruža elektroenergetskom sustavu. S druge strane, za mrežu „neodgovarajući” pogon postrojenja za skladištenje energije može dovesti do potrebe za pojačanjem mreže. U tom smislu, tarifa treba nagrađivati pozitivan i kažnjavati negativan utjecaj na mrežu postrojenja za skladištenje energije. Više postrojenja za skladištenje energije javljat će se u slučaju eksplicitne nabave fleksibilnosti (financijske kompenzacije za traženu, aktiviranu i izmjerenu uslugu fleksibilnosti). CEER u [2] preporučuje izbjegavanje neto obračuna električne energije, kako kod aktivnog kupca tako i kod postrojenja za skladištenje energije. Budući da će se u početku vjerojatno više postrojenje za skladištenje energije javljati iza OMM-a aktivnog kupca, potrebno je revidirati tarifne modele koji se oslanjaju na tarifni element energije kako bi se ocijenilo pružaju li odgovarajuće poticaje za učinkovito korištenje mreže.

## 5.5. Mjesta za punjenje električnih vozila

Integracija velikog broja električnih vozila (EV) predstavlja veliki izazov zbog potrebe pojačanja distribucijske mreže, a posebno mreže niskog napona. Istovremeno, pojava EV-a, pod uvjetom naprednog režima punjenja i odgovarajućeg pristupa tarifama za mjesta za punjenje EV-a, omogućuje fleksibilnost, a time i veću integraciju OIE. Na primjer, u Njemačkoj postoji primjer jeftinijeg tarifnog modela za mjesta za punjenje EV-a pod uvjetom da operator sustava može upravljati mjestom za punjenje u smislu vremena potrošnje i vršne snage, a u cilju smanjenja istodobnosti opterećenja. U Hrvatskoj postoji sličan tarifni model (Crni) koji podrazumijeva isporuku električne energije za kategoriju kućanstvo, kod koje operator sustava daljinskim upravljanjem (MTU signalom) određuje vrijeme upotrebe električne energije (najmanje osam sati tijekom dana, najčešće za vrijeme trajanja niže dnevne tarife). Krajnji kupac iz kategorije kućanstvo mora imati odvojenu instalaciju za trošila (termoakumulacijske peći, bojleri i slično) koja koriste električnu energiju iz takvog modela. O sličnom tarifnom modelu „upravljane potrošnje“ može se razmisliti i za mjesta za punjenje EV-a za kategoriju kućanstvo i poduzetništvo. Osim navedenog, moguće je za takvu vrstu korisnika mreže primijeniti i ToU tarifu kao što je to slučaj u Italiji. Trenutačno se mjesta za punjenje EV-a u Hrvatskoj raspoređuju u odgovarajuće kategorije i tarifne modele u skladu s Općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom. Obračunska mjerna mjesta za mjesta za punjenje EV-a s priključnom snagom većom od 22 kW raspoređuju se u tarifni model Crveni koji ima tarifni element obračunske vršne radne snage. Kod razmatranja tarifa mjesta za punjenje EV-a važno je napomenuti da se svi korisnici mreže sa sličnim značajkama potrošnje trebaju tretirati jednako i da ne smije biti međusobnog subvencioniranja između kategorija i tarifnih modela (punjenje električnih vozila ne bi se trebalo subvencionirati preko tarifnih modela već ukoliko je potrebno izravno).

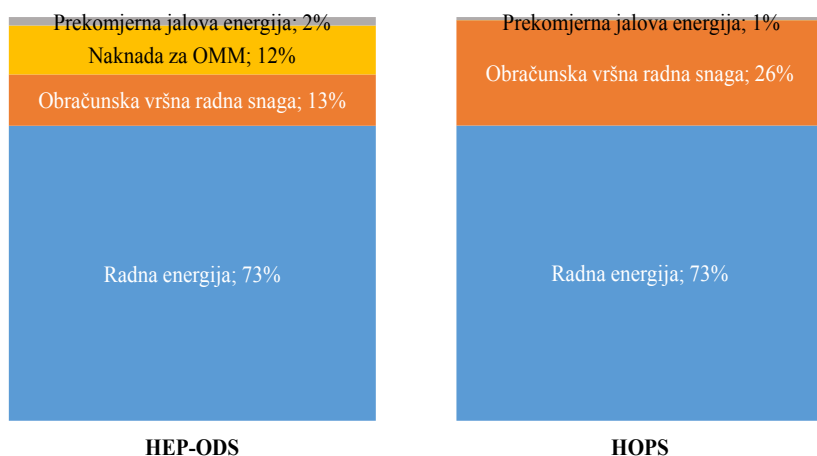
## 6. TARIFE U REPUBLICI HRVATSKOJ

U Republici Hrvatskoj udjeli tarifnih elemenata u ukupnoj naknadi za korištenje mreže (prijenosne i distribucijske) variraju u ovisnosti o kategoriji potrošnje i tarifnom modelu krajnjih kupaca, 7. Na niskom naponu krajnjim kupcima u tarifnim modelima bez tarifnog elementa obračunske vršne radne snage, dalekoj najveći udio ima tarifni element radne energije. Krajnjim kupcima na niskom naponu u tarifnom modelu crveni (kućanstvo i poduzetništvo) te krajnjim kupcima na SN i VN tarifni element snage značajnije sudjeluje u ukupnoj naknadi za korištenje mreže.



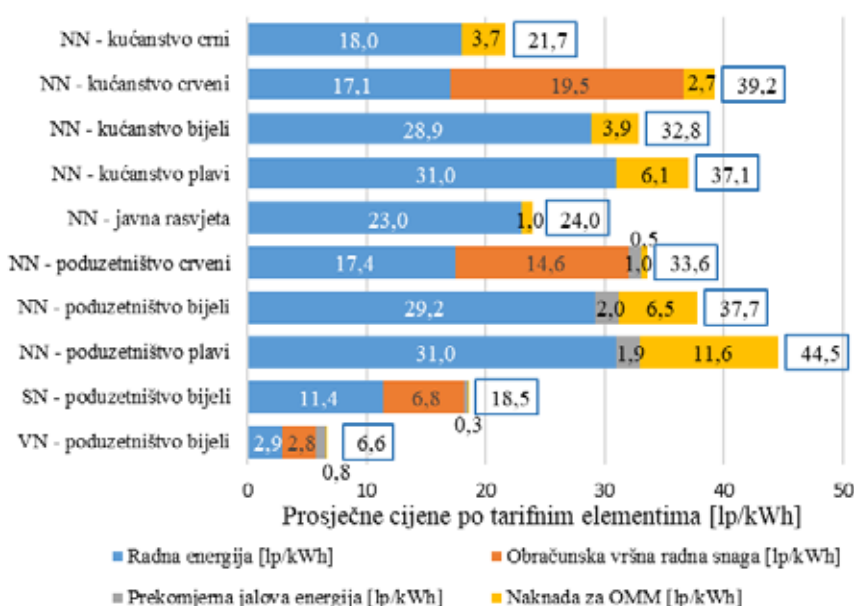
Slika 7 Udjeli tarifnih stavki u ukupnoj naknadi za korištenje mreže (prijenos i distribucija) u 2020. godini

U 2020. godini, ukupni prihodi HEP-ODS-a od tarifa, 3.052 milijuna kn, alocirani su na prihode od radne energije, 2.232 milijuna kn (73%), obračunske vršne radne snage, 388 milijuna kn (13%), naknade za OMM, 370 milijuna kn (12%) i prekomjerne jalove energije, 64 milijuna kn (2%), slika 8 (HEP-ODS). U 2020. godini, prihodi HOPS-a od tarifa, 1.291 milijun kn, alocirani su na prihode od radne energije, 944 milijuna kn (73%), obračunske vršne radne snage, 337 milijuna kn (26%) i prekomjerne jalove energije, 10 milijuna kn (1%), slika 8 (HOPS).



Slika 8 Udjeli u prihodu od tarifa za prijenos te tarifa za distribuciju u 2020. godini

Tarife za korištenje prijenosne mreže i za korištenje distribucijske mreže plaćaju samo krajnji kupci u skladu s kaskadnim modelom pridjeljivanja troškova operatora sustav. U skladu s navedenim, najnižu cijenu korištenja mreže plaćaju krajnji kupci na visokom naponu, nešto više cijenu plaćaju krajnji kupci na srednjem naponu, a najvišu cijenu korištenja mreže plaćaju krajnji kupci na niskom naponu, slika 9.

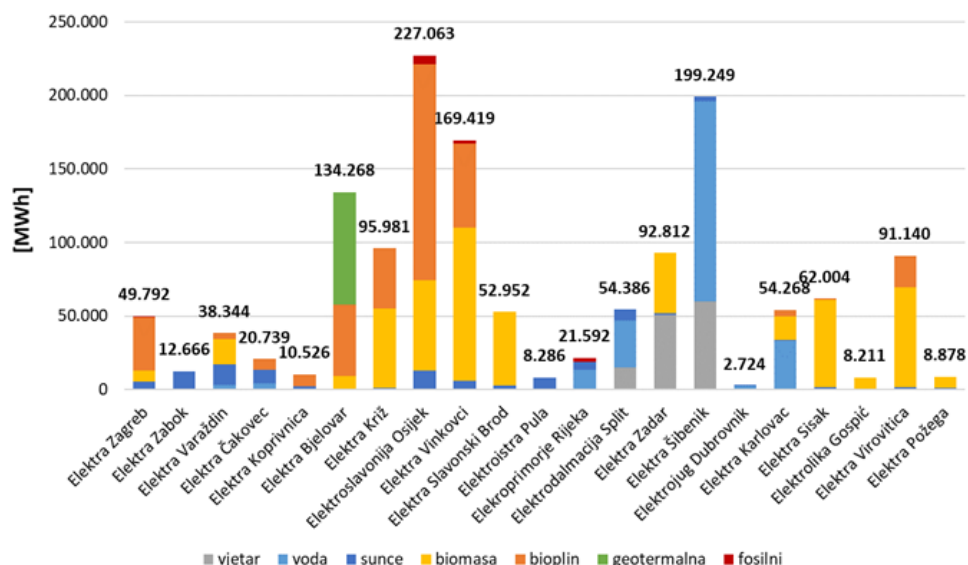


Slika 9 Prosječne cijene po tarifnim elementima za kategorije potrošnje i tarifne modele u 2020. godini

## 7. DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Na distribucijsku mrežu je zaključno s 2020. godinom bilo priključeno preko tri tisuće postrojenja za proizvodnju električne energije (distribuiranih izvora), ukupne priključne snage 432 MW. Posljednjih

godina porastao je udio proizvodnje električne energije iz distribuiranih izvora. Tako je u 2020. godini isporuka električne energije iz distribuiranih izvora iznosila 1.415 GWh, što je za oko 5% više u odnosu na 2019. godinu i oko 34% više u odnosu na 2018. godinu. Pritom je približno 94% proizvodnje distribuiranih izvora bilo iz obnovljivih izvora energije. Udio isporučene električne energije iz distribuiranih izvora u ukupnoj potrošnji elektroenergetskog sustava (17.272 GWh) u 2020. godini iznosio je 8,2%.



Slika 11 Proizvodnja elektrana po distribucijskim područjima HEP-ODS-a u 2020. godini

Na kraju 2020. godine 644 obračunskih mjernih mjesta je imalo status kupca s vlastitom proizvodnjom, s ukupnom priključnom snagom 79 MW (u smjeru isporuke u mrežu). U 2020. godini kupci s vlastitom proizvodnim postrojenjem su u mrežu predali 29 GWh električne energije. Uz to, 851 obračunsko mjereno mjesto je imalo status korisnik postrojenja za samoopskrbu (146 u 2019. godini), svi sa sunčanim elektranama unutar svojih instalacija, ukupne priključne snage oko 5 MW u smjeru isporuke u mrežu (1 MW u 2019. godini) te oko 11 MW u smjeru preuzimanja iz mreže (2 MW u 2019. godini). U 2020. godini korisnici postrojenja za samoopskrbu u mrežu su predali 1,9 GWh električne energije. Vidljiv je značajan porast u odnosu na 2019. godinu, kada je navedena kategorija uvedena u zakonodavstvo. Također, u 2020. godini 43 krajnja kupca su izgubila status korisnika postrojenja za samoopskrbu.

## 8. ZAKLJUČAK

Prilikom promišljanja odgovarajućih pristupa dizajnu tarifa u obzir treba uzeti načela navedena u poglavlju 4. ovoga rada. Ipak, najvažnije načelo koje bi trebalo slijediti je vrednovanje stvarnih troškova koje pojedini tip korisnika mreže uzrokuje. Regulator treba naći odgovarajuću ravnotežu u primjeni spomenutih načela koja se mogu i međusobno kositi. Tarife bi trebale odražavati činjenicu da mreža ima visoke stalne troškove i male kratkotrajne varijabilne troškove. Tarife bi trebale ciljati na smanjenje kako vršnog opterećenja tako i pojedinačnih vršnih opterećenja krajnjih kupaca. Tarifni elementi mogu biti energija, vrša i priključna snaga ili fiksna tarifa. Navedeni tarifni elementi mogu se koristiti u vidu statičke ili dinamičke ToU tarife. Dinamičke tarife zahtijevaju dovoljnu razinu automatizacije i prikladnije su za veće krajnje kupce. Korištenja eksplicitne fleksibilnosti treba razmatrati u kombinaciji s pristupom tarifama. U okolnostima promjenjivih dinamičkih ToU tarifa i posljedično promjenjive potrošnje krajnjih kupaca otežana je procjena za potrebama eksplicitnih usluga fleksibilnosti. Iz navedenog proizlazi kako je, za sada, kombinacija statičkih ToU tarifa i eksplicitne nabave fleksibilnosti najpovoljniji način za smanjenje troškova operatora sustava. U slučajevima velike integracije OIE i distribuirane proizvodnje

treba razmotriti i uvođenje G-tarife (na prijenosu i distribuciji). Kod tarifa za postrojenja za skladištenje energije važno je da mu se ne plati ili tereti ga se dva puta za istu uslugu koju daje mreži ili ju od mreže dobiva. Treba izbjeći neto obračun električne energije, kako kod aktivnog kupca tako i kod postrojenja za skladištenje energije. Kod razmatranja tarifa potrebno je u obzir uzeti i moguću pojavu velikog broja električnih vozila (EV). Također je važno napomenuti da se kod dizajniranja tarifa svi korisnici mreže sa sličnim značajkama potrošnje trebaju tretirati jednako i da ne smije biti međusobnog subvencioniranja između kategorija i tarifnih modela.

## 9. LITERATURA

1. *Electricity Distribution Network Tariffs, Principles and analysis of options*, the Brattle GROUP, April 2018, [14255\\_electricity\\_distribution\\_network\\_tariffs - the brattle group.pdf \(windows.net\)](#)
2. CEER paper on Electricity Distribution Tariffs Supporting the Energy Transition, CEER, 20 April 2020, <https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/fd5890e1-894e-0a7a-21d9-fa22b6ec9da0>
3. Brown, T., Faruqui, A., Lessem, N., *Electricity Distribution Network Tariffs, Principles and analysis of option*, The Brattle Group, April 2018, <https://ausnetservices.com.au/-/media/Files/AusNet/About-Us/Electricity-distribution-network/Brattle-paper-on-Network-Tariffs.ashx?la=en>
4. Lu, L. and Waddams, C., *Price, Designing distribution network tariffs that are fair for different consumer groups*, Centre for Competition Policy University of East Anglia, October 2018, [https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2018-099\\_designing\\_distribution\\_network\\_tariffs\\_that\\_are\\_fair\\_for\\_different\\_consumer\\_groups.pdf](https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2018-099_designing_distribution_network_tariffs_that_are_fair_for_different_consumer_groups.pdf)

# HRVATSKA REGULATIVA O SVJETLOSNOJ ONEČIŠĆENJU

Rade Čuturilo, prof  
e-mail: rade.cuturilo1@inet.hr

## Proslov

Članak je podsjetnik na našega istarskog i hrvatskog znanstvenika prof.dr.sc. Slavka Krajcara, najboljeg poznavatelja svjetlosnih problema u Hrvatskoj.

*"Rasvjetna struka ima jedan problem, a to je 'stručnost' na javnoj sceni. Instant-stručnjaci, smrt stručnosti i negativni stavovi prema znanosti su, na žalost, naša današnja stvarnost", upozorava predsjednik HDR-a. (Slavko Krajcar)*

Konačno, prof. Krajcar ističe da je svako smanjenje otiska čovjekovog djelovanja na prirodu dobro i ne smije ga se dovoditi u pitanje te da treba razgovarati o 'mjeri' pa je postizanje ravnoteže suprotnih strana uvijek kompromis. *"Kada prihvatite rad u Povjerenstvu, sastavljenog od strana 'prirodno' suprotnih interesa, svatko može kazati da je nezadovoljan. Pragmatičnost svakoga rada u povjerenstvima kaže: ako ste postigli rezultat gdje su svi najmanje moguće nezadovoljni, postigli ste dobar rezultat. Kada tako gledamo na Pravilnik, rekao bih da smo zadovoljni jer je postignuta ravnoteža, između potrebe čovjeka kao urbanog bića i zaštite živih bića na koje noćno svjetlo možebitno utječe",* ističe. Uz to, dodaje da nema rasvjetne struke čija namjera nije zaštita okoliša. Naprotiv, tvrdi on, njoj je interes najveći.

## Sažetak

U posljednjih nekoliko decenija svjetlost je jedna od glavnih tema znanosti, struke i javnosti. Nitko više ne sumnja u iskonsku biološku povezanost živih bića i svjetlosti ( prirodne i umjetne ). Ne znamo kakve će biti dugoročne biološke i zdravstvene posljedice [1] obzirom da smo potpuno izbacili iz upotrebe oblik svjetlosti koji je najbliži prirodnoj svjetlosti po spektru i boji a potpuno uveli diskontinuirani spektar kojemu čovjek i ostala bića nikada nisu bila izložena u tijeku evolucije.

Osvjetljavalo se sve, više i jače što još uvijek traje. Drži se, da je pojavom LED tehnologije došlo, ne do smanjenja globalnog širenja umjetne rasvjete, nego povećanja (od 1992.do 2017.) za 49 %, pa čak i 400% [2,3]. Iako se je odavno znalo o vezi boje i osvjetljenosti sa živim bićima, tome se nije pridavao veliki značaj, no snažna saznanja o takvoj povezanosti pojačala je dodjela Nobelove nagrade za fiziologiju unutrašnjeg biološkog sata živih bića [4]. Pojavljivalo se sve više potvrđenih znanstvenih radova koji su svjetlost povezivali sa zdravljem ljudi i ponašanjem životinja, poglavito kukaca, ptica i žaba. Svjetiljke su bile takve građe i montaže da su osvjetljavale i nebo i nepotrebna područja. To nije samo smetalo astronomima i ljubiteljima zvjezdanog neba, nego se i bespotrebno trošila energija. Uz sve to poznato dolazi spas sa LED svjetlosnim izvorima koje s visokotlačnim natrijevim svjetiljkama čine ( za sada ) najekonomičnije svjetlosne izvore.

Tako dolazimo do nepotrebnog prekomjernog osvjetljavanja i u vezi toga različito definiranog svjetlosnog onečišćenja, pobune ekoloških aktivista, astronoma, te stručnih i „stručnih“ prijedloga za uvođenjem reda u vanjskoj rasvjeti i konačno do smjernica, uredbi i zakona o svjetlosnom onečišćenju, čije ćemo bar neke pojedinosti kritički analizirati na primjeru hrvatskog Zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja i Pravilnika o zonama rasvjetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima[5,6], kao rijetkog zakona o svjetlosnom onečišćenju u svijetu ( u smislu da ga donosi parlament).

**Ključne riječi:** svjetlost, rasvjeta, onečišćenje, regulativa

## 1. UVOD

Ovaj informativno stručni članak ima svrhu, zadaću, cilj da nas upozna i ukaže na najnovija dostignuća i probleme interakcije vidljivog dijela elektromagnetskog spektra (svjetlosti) i živih bića ( bilja, životinja i ljudi) sa aspekta zakonske regulative djelomično u cijeloj Europi i posebno u Hrvatskoj. Zakonskom regulativom [5,6] bi se morale umanjiti eventualne štete po živi svijet zbog upotrebe novih tehnološki rješenja u svjetlosnoj tehnici. Sunčeva svjetlost, jedini izvor svjetlosti, koji je omogućio stvaranje života na Zemlji, život, rad, zdravlje, dala je ideju čovjeku da stvori sličan izvor umjetne rasvjete kako bi produžio dan i djelovao tijekom noći.



Pojava umjetne rasvjete veže se uz pojavu vatre a antropolozi se baš i ne slažu o vremenu pojave korištenja vatre i svjetlosti. Nesigurni su dokazi da se je umjetna rasvjeta vezana uz vatru pojavila prije 1,9 milijuna godina, ali se svi slažu da je to moguće prije 250.000 godina. Naš krapinski neandertalac je vjerojatno koristio vatru i svjetlost prije i 130 tisuća godina.

Svaki kontinent, država ili grad ima svoju svjetlosnu priču. Plinska rasvjeta koja je donijela poboljšanje vanjske rasvjete pojavila se uglavnom polovicom 19. stoljeća. Pravi razvoj svjetlosne tehnike i rasvjete počinje pojavom električne energije – pronalaskom Voltinog članka oko 1800. godine i uz njega vezanog otkrića električnog luka, tako da su negdje već oko 1870. godine vanjskom rasvjetom dominirale lučne svjetiljke. Pojavom svjetlosnih izvora sa žarnom niti, niskotlačnih i visokotlačnih živinih svjetiljki, natrijevih svjetiljki, halogenih žarulja i drugih varijacija spomenutih svjetlosnih izvora, osvjetljavalo se sve, što jače to bolje: zatvoreni prostori, ulice, ceste, trgovi, reklame, igrališta, spomenici kulture, vanjska gradilišta, željezničke postaje, skladišta.

Odlični svjetlotehničari stvorili su, razvili i držali se dobrih standarda, poznavali metode proračuna i uvjete pravilne rasvjete, karakteristike svjetlosnih izvora, radili odlične projekte rasvjete i znali ih realizirati. Pojavom svijetlećih dioda svi klasični spomenuti svjetlosni izvori su zabranjeni ili će se zabraniti osim visokotlačnih natrijevih svjetiljki (Na-VT). LED diode su čudo svjetlosne tehnike. Uz Na-VT svjetiljke imaju najveće svjetlosno iskorištenje (lm/W), minimalne dimenzije, ne stvaraju toplinu, daju različite boje svjetlosti, koje se mogu mijenjati (od 2200K do 6500 K) kao i emitirani svjetlosni tok (u lumenima), što sve omogućuje stvoriti rasvjetu prilagođenu čovjeku i ostalim živim bićima, donekle onakvu kakvu omogućuje sunce. Je li baš točno tako trebat će još mnogo istraživanja i rasprave.

## 2. METODOLOGIJA I RASPRAVA ( UKRATKO)

Hrvatsku zakonsku regulativu o svjetlosnom onečišćenju usporedit ćemo sa prijedlozima i rješenjima poznatih svjetskih institucija kao što su ICNIRP, ANSES, SCHEER, BAFU, SSK, BfS i drugima ( vidi značenje kratica na kraju članka ).

O svjetlosnom zagađenju govorilo se još polovicom prošlog stoljeća. Priču su započeli astronomi, obzirom da im rasvjeta većih gradova ometa astronomska promatranja. Danas je to samo jedan element onečišćenja. Ostali važniji elementi su utjecaj na migracije, razmnožavanje, prehranu i ugičanje noćnih životinja. Pri tome važnu zadaću, tvrdi se, igra boja svjetlosti, doduše koja, ne zna se točno.

Povezanost ljudi i svjetlosti je stoljećima poznata a Nobelovom nagradom 2017. dokazana [4], otkrićem fizioloških temelja unutrašnjeg ili biološkog sata. Čovjek je oduvijek narušavao pravilno funkcioniranje biološkog sata ( recimo radom u noćnim smjenama), ali ni do danas nema dovoljno znanstvenih dokaza o velikim zdravstvenim štetama što se zaključuje i iz međusobnog neslaganja velikih institucija kao što su ICNIRP [7] i dvije europske institucije, ANSES i SCHEER [8]. ANSES i SCHEER se čak ne slaže ni o vrsti boje koja bi mogla biti štetna za ljude i živa bića. Francuska institucija tvrdi da se radi o žutozelenoj boji a EU komisija ( SCHEER) o plavoj boji. Svakako, da ćemo iz toga morati izvući određene zaključke o znanstvenoj nesigurnosti i primjeni načela opreza koje u takvim situacijama pokreću europske institucije i države. Slijedeći element zagađenja je osvjetljavanje mjesta koja to nije potrebno, zatim ulaz svjetlosti u stanove ( što se može spriječiti) i najvažnije bespotrebno rasipanje i trošenje energije.

## 3. HRVATSKI ZAKON O SVJETLOSNOJ ONEČIŠĆENJU I PRAVILNIK O ZONAMA RASVJETLJENOSTI...

U svim zemljama svijeta je primijećeno prekomjerno korištenje svjetlosne energije pa je u skladu sa svojim znanjem, mogućnostima i savjetima stručnjaka, svaka zemlja poduzela određene mjere usmjerene na smanjenje nepotrebne osvjetljenosti, eventualnih negativnih utjecaja na živi svijet i sigurnost ljudi u vanjskom prostoru.

Od 32 zemlje Europe [9], 9 ih ima zakone ili uredbe, 14 zemalja nema zakonsku regulaciju i 9 ih primjenjuje članke iz drugih zakona i priprema regulativu. Slovenija je prva zemlja u EU koja je 2007. donijela Uredbu o svjetlosnom onečišćenju ( kratka, jasna, minimum brojčanih podataka, ograničava snagu po m<sup>2</sup> rasvjetne površine i jakost rasvjete za neke vanjske horizontalne i vertikalne površine, te zanimljivo maksimalno dopušteni iznos utroška energije po glavi stanovnika općine ili grada – 45 kWh/godišnje). Svakako pohvalno, ali treba li brzati i saznavati još više podataka i rezultata znanstvenih istraživanja prije realizacije zakonskih odredbi? Da, Slovenije je prva počela „Uredbu o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja” [10] realizirati, koristeći za svoj zakonski koncept vanjske rasvjete LED diode sa velikim udjelom plave svjetlosti i nemogućnosti promjene boje i svjetlosnog toka, što se kasnijim istraživanjima ne preporučuje za vanjsku rasvjetu ( osim preporuke Philipsovi stručnjaka). Tako izvedenu rasvjeta nije inspekcijski provjeravalo nadležno ministarstvo punih 12 godina, tako da izvrsna stručna revizija Računskog sodišća Republike Slovenije [11] u svojim zaključcima predlaže sve ispočetka, dakle bačen novac poreznih obveznika.

Obično odmah iza Slovenije Hrvatska je druga u EU koja donosi, ne Uredbu nego Zakon o svjetlosnom onečišćenju [5] ( Zakon ). Da bi se zakon realizirao mora se napraviti pravilnik utemeljen na zakonu, s uputama i brojčanim iznosima relevantnih parametara svjetlosti, kako što treba učiniti, kako i tko će provjeravati, daje se niz teško ostvarljivih detalja ( Pravilnik donosi naznačeno ministarstvo u suradnji sa ostalim ministarstvima ). Taj prvi zakon iz 2007. je propao, neupotrebljiv, izgubljeno vrijeme i novac da bi se 2019. napravio novi, a godinu dana kasnije PRAVILNIK O ZONAMA RASVIJETLJENOSTI, DOPUŠTENIM VRIJEDNOSTIMA RASVJETLJAVANJA I NAČINIMA UPRAVLJANJA RASVJETNIM SUSTAVIMA ( Pravilnik ).



Karta svjetlosnog onečišćenja Europe

ZNAČENJE BOJA: Žuta boja znači prirast svjetlosti, Crvena boja znači još jači prirast svjetlosti. Lila i plava znači smanjenje svjetlosti

Na početku Zakona je definirano „svjetlosno onečišćenje”, i temeljni pojmovi svjetlosne tehnike, doduše loše definirani kao da ih nisu radili stručnjaci rasvjetne tehnike. Odmah na početku može se uočiti neznanstveni pristup ( ciljevi - članak 2 ), obzirom da se postupa kao da su svi svjetlosni utjecaji na živi svijet i okoliš dokazani i znanstveno potvrđeni. Dovoljno je pogledati francuski [12] međunarodni [7] i europski [8] pristup, njemački pripremni materijal [13] za donošenje uredbe. da bi se uočila međusobna već spomenuta neslaganja. Uočljiv je snažan utjecaj astronomskih udruga [14], kojima je jedini cilj tamno nebo, tako da njihovi nestručni prijedlozi [14] unešeni u regulativu predstavljaju korak natrag u rasvjetnoj tehnici i dobrim dostignutim standardima.

U članku 7 [5] kaže se da „ Obvezna mjera zaštite od svjetlosnog onečišćenja je smanjenje emisije svjetlosti valnih duljina ispod 500 nm u okoliš koje izrazito nepovoljno utječu na ljudsko zdravlje, ekosustav te sigurnost u prometu u lošim vremenskim uvjetima” . Ostaje pitanje koje su točno to boje svje-

tlosti odnosno frekvencije, ima li potvrđenih znanstvenih dokaz da su to baš zaštitne boje živog svijeta ( obzirom na već isticanja neslaganja ), koliko i na koliko treba smanjiti osvjetljenost i najvažnije tko će to i kada provjeravati. Dakle, sve je to proizvoljno – papirno.

Philipsova istraživanja i realizacija kažu suprotno:

“Plavozeleni spektar svjetlosti dao bi najoptimalniji spektar koji je prilagođen pticama, a opet vrlo prihvatljivu razinu svjetlosti za ljude”, rekao je glasnogovornik Philipsa za *LED diode*, pozivajući se na rezultate Philipsove studije. “Učinak ovog spektra boja na ljudske oči je takav, da nakon što ste neko vrijeme izloženi ovom svjetlu, vaše se oči automatski prilagođavaju i ispravljaju tako da ljudi obično doživljavaju svjetlost kao bijelo svjetlo, baš kao što kamere imaju automatsku korekciju ravnoteže bijele boje.”

Ako Zg postavi Na -VT svjetiljke onda je moguća stručno-ekološka pogreška, obzirom da Philips na otoku Amelande izbacuje natrijeve visokotlačne svjetiljke. Hoće li to morati učiniti i Pula koja je ugradili preko 2200 Na-VT svjetiljki?

Primjena pravilnika je nemoguća misija. Tu je na jednom mjestu sakupljena cijela fotometrijska znanost i „znanost”. Provjera provedbe Zakona i Pravilnika je centralizirana, a to znači nema provjere. Slično kao što se dogodilo u Sloveniji. Mjerenja vrše samo ovlašteni mjeritelji a nadzor vrše državni inspektori, dakle izvještaje i rješenja čekat će se mjesecima.

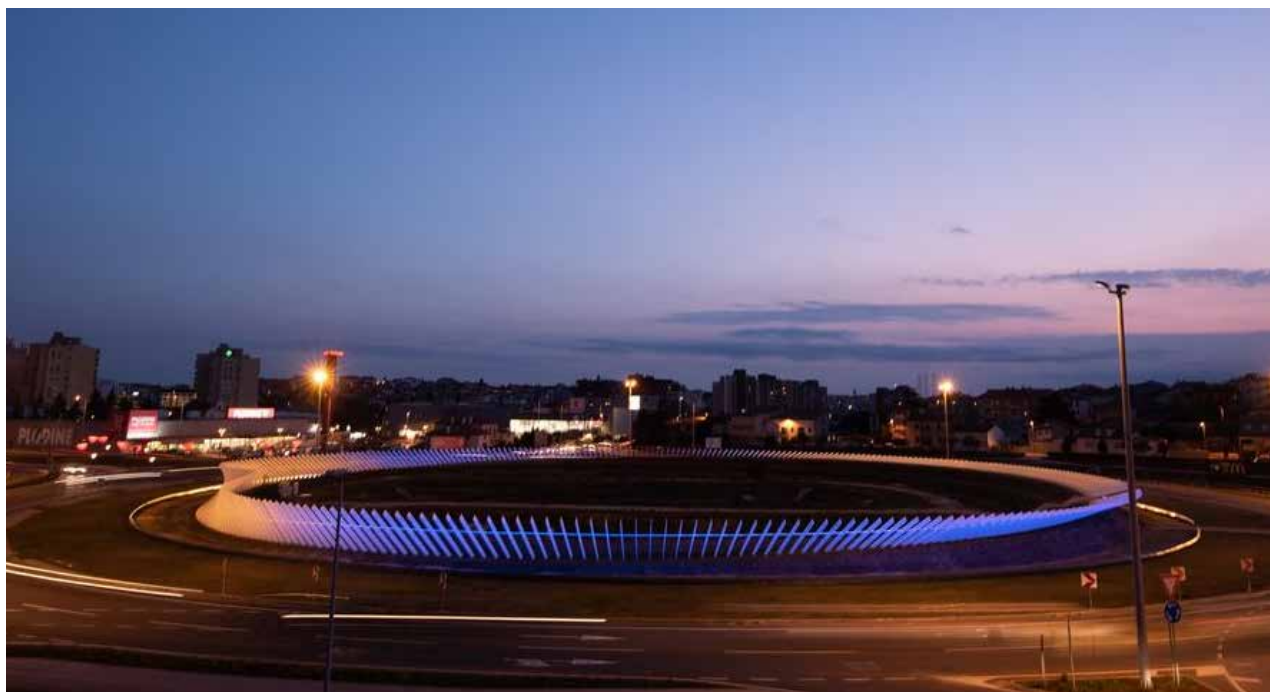
Svaka osvjetljena točka na fasadi neke zgrade može biti sporna.

Švicarska nema zakone nego se koriste članci iz drugih zakona a FOEN je zadužena da napravi smjernice za kantone i općine. Jedino ispravan put.

Problem rasvjete u Hrvatskoj treba decentralizirati i prebaciti na općine, gradove i županije, nešto kao švicarski model, koji izgleda najbolji. Županijama dati samo preporuke, rokove i svaka neka rješava problem prema svojim mogućnostima, stvarnom stanju na terenu, vrstama životinjskog svijeta, napretku znanosti, vlastitim istraživanjima, svatko najbolje poznaje stanje u svojem dvorištu.

Šteta da uz niz načela navedenih u zakonu, nije navedeno jedno od bitnih: europsko **načelo opreza** (Precautionary Principle), koje je neizbježno kada znanost nije u nešto sigurna ili nema dovoljno dokaza.

Zakon i Pravilnik više štite životinje nego ljude koji većinu vremena provode u zatvorenim prostorima čiju rasvjetu ovaj Zakon ne regulira a edukacija ljudi zanemariva.



Moderna rasvjeta kružnog toka u Puli

## 4. ZAKLJUČAK

Svakako je nužno štedjeti energiju i što manje osvjetljivati nebo i prostore kojima to nije potrebno. Rasvjeta i dalje mora ostati simbol sigurnosti građana, simbol grada i primjene NAČELA opreza, koje se koristi u kontroverznim situacijama kada znanost nije sigurna i nema dovoljno dokaza za neke hipoteze o štetnom utjecaju na živi svijet. Zakon (14/2019) staviti van snage i dati smjernice za javnu rasvjetu zasnovane za znanosti i struci. Inače će Zakon proći kao i slovenska uredba, koja je donijeta i ništa više osim materijalne štete, ugradnjom neupotrebljivih svjetlosnih izvora [11]. Sve prepustiti lokalnoj zajednici, i mjerenja vršiti u lokalnim okvirima a ne precijenjenim računima iz nekih većih centara. Zašto ne bi osposobljeni komunalni redari mogli kontrolirati rasvjetu (kako zakon i predlaže)? Koji oblik i vrstu rasvjete trebaju pojedina područja obzirom na zaštitu biljaka i životinje na tome području, treba više istražiti za dotično područje, slično njemačkim modelima [16]. Pretjeravanja u našim zakonima su ishitrena i učinjena pod utjecajem astronomskih udruga, ima rješenja i za njihove probleme, Treba više raditi i na edukaciji građana o upotrebi pravilne rasvjete, obzirom da su valjda više vremena u svome domu nego na ulici. Obzirom na kontradiktornosti zakona, velike investicije, roka prilagodbe od 12 godina i realne pretpostavke da će se zakon mijenjati, možemo očekivati da će se i svjetlosna tehnologija i nova znanstvena saznanja u tome vremenu promijeniti, pa ćemo sve početi ispočetka.

Prema ICNIRP [7] „Jedini dokazani štetni zdravstveni učinci LED dioda do sada su oni povezani s vremenskom modulacijom svjetla, što uključuje treperenje, stroboskopske rizike i one učinke koji mogu proizaći iz neprikladno instaliranih sustava rasvjete koji uzrokuju odsjaj. Potrebna su daljnja istraživanja o trendovima u umjetnoj rasvjeti”. Naglasak je na „DOKAZANI štetni učinci”.

Obzirom da se naglasak i namjera donošenja ovakvih zakonskih odredbi odnosi prvenstveno na očuvanje ljudskog zdravlja te biljnog i životinjskog svijeta jer se žele spriječiti poremećaji u prirodnim ciklusima (na pr. zbog jake rasvjete noći „nestaju” pa su životinje dezorijentirane), postavlja se dodatno pitanje: što iste a možda i jače efekte dezorijentacije živih bića (posebno ptica), utjecaja na ljude ne izazivaju i sve vrste elektromagnetskih polja uzrokovanih antenskim sustavima bežičnih komunikacija, elektroenergetike i vjetroelektrana, pa se ni zakonodavac ni građani, ni astronomi previše ne uzbuđuju?

## 5. IZVORI:

1. BfS - Wirkung - Wirkungen des Lichts
2. Light Pollution in USA and Europe: The Good, the Bad and the Ugly (arxiv.org)
3. Light pollution is on the rise: Worldwide, light up 49% over 25 years (usatoday.com)
4. Otkrili kako radi biološki sat - Večernji.hr (vecernji.hr) – Nobelova nagrada, komentar Primorca i Lauca
5. Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/2019)
6. Pravilnik o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima (NN.128/2020)
7. ICNIRPled2020.pdf
8. scheer\_o\_011\_0.pdf (europa.eu)
9. Light\_pollution\_reduction\_measures.pdf (mzp.cz) – EU

10. <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2007-01-4162/uredba-o-mejnih-vrednostih-svetlobnega-onesnaževanja-okolja>
11. Revizijsko poročilo: Učinkovitost preprečevanja svetlobnega onesnaževanja okolja (rs-rs.si)
12. Toxic" LEDs: does France ignore European experts? (europeanscientist.com)
13. AB-Arbeitsbericht-ab186.pdf
14. Održan prvi hrvatski kongres o svjetlosnom onečišćenju (astronomskisavez.hr)
15. UV-2117-D\_Lichtemissionen.pdf (Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen)

## 6. ZNAČENJE KRATICA I BOJA:

SCHEER - Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks

ANSES - The French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

NA-VT - Natrijeva visokotlačna svjetiljka

FOEN - Federal Office for the Environment

BAFU - Bundesamt für Umwelt

BfS - Bundesamt für Strahlenschutz

SSK - Strahlenschutzkommission

# ODREĐIVANJE GRANIČNIH VRIJEDNOSTI STRUJNIH HARMONIKA UTISNUTIH U NN SABIRNICE TS SN/NN

## ASSESSMENT OF EMISSION LIMITS OF HARMONIC CURRENT INSERTED IN LV BUSBAR

Branko Posedel  
Gospodarska Škola Buje  
e-mail: branko.posede53@gmail.com

### Sažetak

U cilju održavanja kvalitete napona u čvorištima NN mreže te omogućavanja pravilnog rada opreme priključenih korisnika mreže, operator sustava treba unaprijed odrediti granične razine pojedinih harmonika napona u tim čvorištima. Granične vrijednosti pojedinih harmonika napona u čvorištima NN mreže određene su metodologijom prikazanoj u normi HRN EN 61000-3-14. Tako određene vrijednosti moraju biti održane čvorištima NN mreže kod priključenja svih korisnika. Operator sustava održava tako određene granične vrijednosti napona viših harmonika u čvorištima NN mreže ograničenjem graničnih vrijednosti utisnutih struja viših harmonika u NN čvorišta kod priključenja novih korisnika mreže i ograničavanjem graničnih vrijednosti strujnih harmonika utisnutih u NN sabirnice TS SN/0,4 kV. U ovom radu prikazana je metoda određivanja graničnih vrijednosti strujnih harmonika koje mogu biti utisnute u NN sabirnice jedne gradske TS SN/0,4 kV.

**Ključne riječi:** struje viših harmonika, nelinearno opterećenje, povratno djelovanje, faktori harmonijskog izobličenja, razine emisije, snaga izobličenja, snaga tropolnog kratkog spoja

### Abstract

In order to maintain the quality of voltage in certain nodes of the LV network and enabling the proper operation of the equipment of connected customers, the system operator should determine in advance the limit levels of individual voltage harmonics in these nodes. Limit values of individual voltage harmonics in LV network nodes are determined by the methodology presented in the standard HRN EN 61000-3-14. Consequently, corresponding values must be maintained in all nodes when connecting all network users. The easiest way for the system operator to maintain such high voltage harmonic limit in nodes of LV network is by limiting the limit values of injected harmonic currents mission in LV nodes when connecting new network users and controlling the harmonics currents injected into the substation LV busbar. This paper presents a method for determining the emission limits of harmonics currents that can be imprinted in LV busbar

**Keywords:** higher harmonics currents, nonlinear load, return effect, factor of harmonic distortion, emission level, distortion power, short circuit power

## 1. UVOD

Generirani harmonici struja  $I_h$  novog korisnika mreže na frekvencijski ovisnoj impedanciji mreže  $Z_h$  stvaraju padove napona viših harmonika koji se superponiraju na opskrbeni napon i uslijed toga izobličuju valni oblik. Zbog sve veće zastupljenosti tih nelinearnih trošila u odnosu na ukupnu snagu priključenog korisnika, za očekivati je sve veće valno izobličenje opskrbenog napona. To povratno djelovanje na izobličenje valnog oblika napona ovisi o više parametara i definirano je relacijom:



$$\Delta THD_U = f(I, THD_I, Z_h) \quad (1)$$

gdje je:

$\Delta THD_U$  - dodatno izobličenje valnog oblika napona na mjestu priključka

$I$  - ukupna struja priključenog korisnika mreže

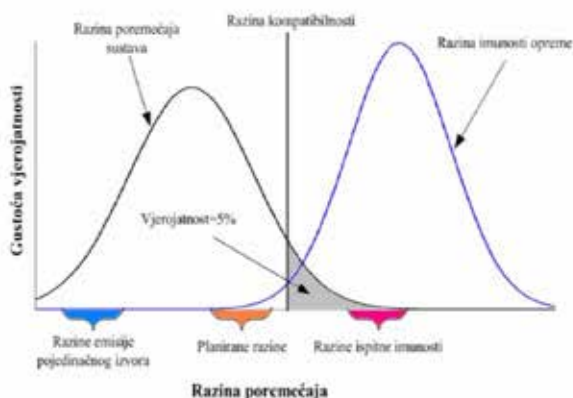
$THD_I$  - vrijednost faktora strujnog izobličenja izazvanog nelinearnim trošilima u instalaciji kupca

$Z_h$  - nadomjesna frekvencijski ovisna impedancija mreže u točki priključka

Viši harmonički članovi napona u čvorištima NN mreže nastaju kao zajedničko djelovanje svih nelinearnih uređaja priključenih kupaca na NN, SN i VN mreži. U NN mrežama poprimaju najveću vrijednost jer se tu geometrijski zbrajaju harmonički padovi napona na sva tri naponska nivoa ( $U_{hNN} + U_{hSN} + U_{hVN}$ ). Sumarni učinak svih nelinearnih uređaja priključenih na NN, SN i VN mreži na napone pojedinih harmonika u čvorištima NN mreže, mora biti manji ili jednak razini kompatibilnosti definiranoj u normi HRN EN 61000-2-2. Naponi viših harmonika u NN čvorištima  $U_{hNN}$ , koji su nastali samo zbog tokova viših harmonika struja nelinearnih trošila priključenih u ta čvorišta manji su za vektorske iznose  $U_{hVN} + U_{hSN}$ . Operator sustava pored ograničavanja injektiranih struja viših harmonika kod priključenja novih korisnika mreže, napone viših harmonika u NN čvorištima održava i kontrolom graničnih vrijednosti struja viših harmonika utisnutih u NN sabirnice TS SN/0,4 kV.

## 2. NORME IZ ELEKTROMAGNETSKE KOMPATIBILNOSTI

Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) i Europski komitet za elektrotehničku normizaciju (CENELEC) donijeli su općenit pristup normizaciji u elektromagnetskoj kompatibilnosti. U normama se uvodi stohastički pristup gdje ne postoji strogo određen limit pojedinog harmonika, već se propisuje da u normalnim pogonskim uvjetima, tijekom perioda od jednog tjedna, 95% 10-minutnih srednjih efektivnih vrijednosti svakog pojedinog harmonika napona mora biti manje ili jednako zadanim vrijednostima. Na slici 1. prikazana je gustoća vjerojatnosti poremećaja i imunosti opreme. Razina kompatibilnosti mreže, razine ispitne imunosti opreme i aparata te razine emisije pojedinog uređaja i granične razine povratnog djelovanja priključenog korisnika mreže određuju se normama. Norme koje određuju navedene razine su:



Slika 1. Gustoća vjerojatnosti poremećaja i imunosti opreme

### a. Norme za razine kompatibilnosti mreže

- HRN EN 61000-2-2, za NN mreže
- HRN EN 61000-2-12, za SN mreže
- HRN EN 61000-2-4, za industrijske mreže



### b. Norme za ograničenja emisije harmonika

- HRN EN 61000-3-2, ograničenje emisije harmoničkih struja za opremu (do 16 A)
- HRN EN 61000-3-12, ograničenje emisije harmoničkih struja za opremu ( $> 16\text{ A}$  i  $\leq 75\text{ A}$ )
- HRN EN 61000-3-14, određivanje graničnih vrijednosti emisija u NN mrežama
- HRN EN 61000-3-6, određivanje graničnih vrijednosti emisija u SN i VN mrežama
- IEEE 519, zahtjevi i preporučena praksa za kontrolu harmonika u električnim mrežama

### c. Norma za razinu imunosti

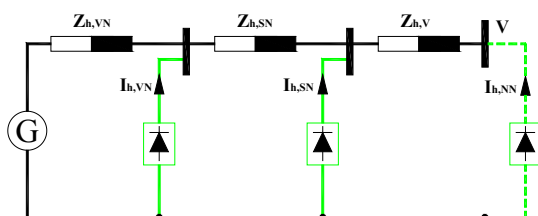
- IEC 61000-4-13, razina imunosti sukladno različitim kriterijima izvedbe električne opreme

## 3. ODREĐIVANJE GRANIČNIH VRIJEDNOSTI STRUJNIH HARMONIKA UTISNUTIH U NN SABIRNICE TS SN/NN

U ovom radu prikazan je način određivanja graničnih vrijednosti strujnih harmonika koje utiskuju svi nelinearni uređaji iz NN mreže u NN sabirnice jedne gradske TS SN/0,4 kV, nominalne snage 1 MVA. Jednofazni izvori strujnih harmonika, koji su priključeni na NN mrežu, zbog velikog broja, na razini TS SN/0,4 kV statistički se mogu promatrati kao simetričan izvor strujnih harmonika. Za određivanje graničnih razina utisnutih strujnih harmonika  $I_{hNN}$ , potrebno je odrediti granične iznose napona harmonika  $U_{hV}$  na NN sabirnicama i frekvencijski ovisnu Theveninovu impedanciju čvora „V” na NN strani transformatora. Nakon određivanja graničnih iznosa napona viših harmonika  $U_{hV}$  i frekvencijski ovisne Theveninove impedancije  $Z_{hV}$  u čvoru „V” za određeni harmonik, računaju se granične razine strujnih harmonika utisnute u NN sabirnice TS SN/0,4 kV.

### 3.1. Određivanje maksimalno prihvatljivog napona harmonika „ $U_{hNN}$ ” u čvorovima NN mreže

Da bi odredili maksimalno prihvatljive (granične) iznose napona harmonika  $U_{hV}$  na NN sabirnicama transformatora zbog utisnutih struja viših harmonika svih korisnika mreže  $I_{hNN}$ , moramo izračunati maksimalno prihvatljive (granične) iznose napona harmonika  $U_{hNN}$  u čvorištima NN mreže. Pored struja viših harmonika u NN mreži, na napone viših harmonika u čvorištima NN mreže doprinose i struje viših harmonika nelinearnih tereta utisnutih na visokom naponu  $I_{hVN}$  i srednjem naponu  $I_{hSN}$ . Na frekvencijski ovisnim impedancijama u čvorištima NN mreže vektorski se zbrajaju padovi napona viših harmonika sva tri naponska nivoa  $U_{hV} + U_{hSN} + U_{hVN}$  uzrokovani strujama  $I_{hVN}$ ,  $I_{hSN}$ ,  $I_{hNN}$ . Vektorska suma tako dobivenih napona viših harmonika u bilo kojem čvorištu NN mreže mora biti manja ili jednaka razini kompatibilnosti. Raspodjela utisnutih struja viših harmonika po naponskim nivoima prikazuje slika 2.



Slika 2. Raspodjela utisnutih harmonijskih struja po naponskim nivoima

Dakle, naponi viših harmonika u NN čvorištima, koji su nastali samo zbog tokova viših harmonika struja nelinearnih trošila priključenih u ta čvorišta manji su za vektorske iznose  $U_{hV} + U_{hSN}$ . U ovisnosti o karakteristikama mreže iznose  $(0,3 \dots 0,6) \cdot L_{hNN}$ . Maksimalno prihvatljiv iznos h-tog harmonika napona u bilo kojem čvorištu NN mreže zbog nelinearnih trošila priključenih u ta čvorišta ne smije prijeći iznos:

$$U_{hNN} = \sqrt[\alpha]{L_{hNN}^\alpha - (T_{hSN} \cdot L_{hSN})^\alpha} \quad (2)$$

Gdje je:

$U_{hNN}$  – granični napon h-tog harmonika u čvorištima NN mreže (%)

$L_{hNN}$  – razine planiranja h-tog harmonika napona u NN mrežama (%) - jednake su razini kompatibilnosti definirane normom HRN EN 6100-2-2

$L_{hSN}$  – razine planiranja h-tog harmonika napona u SN mrežama koje su definirane normom HRN EN 6100-3-6 (%)

$T_{hSN}$  – koeficijenti prijenosa valnog izobličenja napona iz SN u NN mrežu. U normi HRN EN 61000-3-14 definiran je za sve harmonike s vrijednošću „1“.

$\alpha$  – eksponent zbrajanja

Tablica I. Indikativne vrijednosti eksponenta zbrajanja

| red harmonika      | $\alpha$ |
|--------------------|----------|
| $h < 5$            | 1,00     |
| $5 \leq h \leq 10$ | 1,40     |
| $h > 10$           | 2,00     |

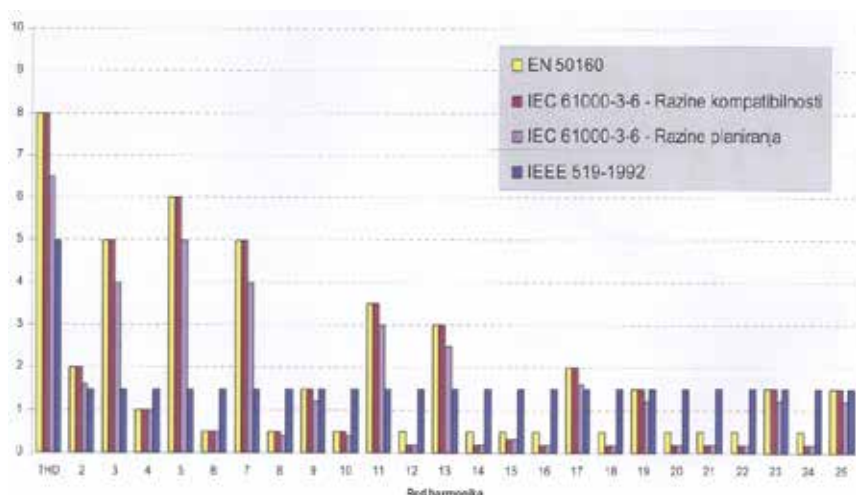
Maksimalno prihvatljivi (granični) naponi harmonika „ $U_{hNN}$ “ izračunati po jedndžbi (2) u bilo kojem čvoru NN mreže prikazani su u tablici II.

Tablica II. Granične vrijednosti naponskih harmonika u čvorovima NN mreže

| h  | $L_{hNN}$ (%) | $L_{hSN}$ (%) | $T_{hSN}$ | $\alpha$ | $U_{hNN}$ (%) |
|----|---------------|---------------|-----------|----------|---------------|
| 3  | 5,00          | 4,00          | 1,00      | 1,00     | 4,00          |
| 5  | 6,00          | 5,00          | 1,00      | 1,40     | 2,10          |
| 7  | 5,00          | 4,00          | 1,00      | 1,40     | 2,00          |
| 9  | 1,50          | 1,20          | 1,00      | 1,40     | 1,20          |
| 11 | 3,50          | 3,00          | 1,00      | 2,00     | 1,80          |
| 13 | 3,00          | 2,50          | 1,00      | 2,00     | 1,70          |
| 15 | 0,40          | 0,30          | 1,00      | 2,00     | 0,30          |
| 17 | 2,00          | 1,60          | 1,00      | 2,00     | 1,20          |

U elektroenergetskom sustavu HEP-ODS-a u SN mrežama nema četvrtog vodiča a time i nemogućnost tokova struja viših harmonika reda 3h. Iz tog su razloga koeficijenti planiranja  $L_{hSN}$  iz tablice II za harmonike reda 3h mnogo manje, što dovodi do većih vrijednosti graničnih napona viših harmonika reda 3h u čvorištima NN mreže.

Planirane razine naponskih harmonika iz norme HRN EN 61000-3-6 (1996) za SN mrežu i usporedba sa normom za kvalitetu napona EN 50160 i normom IEE 519 prikazane su na slici 3.



Slika 3. Usporedba planiranih vrijednosti viših harmonika napona (%)

### 3.2. Određivanje graničnog napona harmonika „UhV“ na NN sabirnicama TS SN/0,4 kV

Na temelju određenih vrijednosti graničnih napona harmonika  $U_{hNN}$  u čvorištima NN mreže, mogu se odrediti i granični iznos struja viših harmonika koje korisnik mreže (postojeći ili novi) može injektirati u priključeno čvorište. Da bi se održali naponi pojedinih harmonika  $U_{hNN}$  u svim čvorištima NN mreže, mora biti napon pojedinog harmonika  $U_{hV}$  na NN sabirnicama u TS SN/0,4 kV za određeni iznos manji. Granična razina napona pojedinog harmonika  $U_{hV}$  zbog injektiranih struja viših harmonika  $I_{h,NN}$  svih korisnika mreže u NN sabirnice dat je izrazom :

$$U_{hV} = K_{hV} \cdot U_{hNN} \quad (3)$$

Gdje je:

$U_{hV}$  – Granični iznos napona harmonika na NN sabirnicama TS SN/0,4 kV (%)

$K_{hV}$  – faktor redukcije napona harmonika reda – h

Vrijednost reduksijskog faktora ovisi samo o karakteristikama NN mreže i to:

- tip NN mreže (zračna, kabela)
- kapacitet NN mreže ( snaga TS SN/0.4 kV)
- broj NN izlaza
- presjek i duljina NN izlaza
- snazi nelinearnih trošila i njihovim položajima u NN mreži

Redukcijski faktor definiran je izrazom:

$$K_{hV} = \frac{U_{hV}}{\max(U_{hNN})} \quad (4)$$

Gdje je:

$U_{hV}$ - Granični iznos napona harmonika na NN sabirnicama TS SN/0,4 kV (%)

$\max(U_{hNN})$  - maksimalni iznos h-tog harmonika napona u čvorištu NN mreže. Obično je to čvor na kraju najdužeg NN izlaza.

Vrijednosti reduksijskih faktora razlikuju se za razne konfiguracije NN mreža a njihove vrijednosti računa operater sustava. U nedostatku dovoljno pouzdanih podataka mogu se koristiti vrijednosti iz tablice III. Ove su vrijednosti dobivene simulacijskim proračunima tipičnih konfiguracijama NN mreža.

Tablica III. Vrijednosti redukcijских faktora  $K_{hV}$

| KhV                  | $h = 3 * n$ | $h \neq 3 * n$ |
|----------------------|-------------|----------------|
| za zračne NN mreže   | 0,20        | 0,50           |
| za kableske NN mreže | 0,20        | 0,65           |

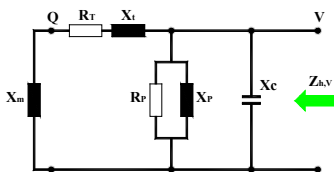
Iz tako odabranih redukcijских faktora, granične razine naponskih harmonika na NN sabirnicama transformatora  $U_{hV}$  izračunate po jednadžbi (3) prikazane su u tablici IV.

Tablica IV. Granične vrijednosti naponskih harmonika na NN sabirnicama

| h      | 3    | 5    | 7    | 9    | 11   | 13   | 15   | 17   |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| UhV(%) | 0,80 | 1,40 | 1,30 | 0,30 | 1,20 | 1,10 | 0,10 | 0,80 |
| KhV    | 0,20 | 0,65 | 0,65 | 0,20 | 0,65 | 0,65 | 0,20 | 0,65 |

#### 4. MODEL MREŽE U FREKVENCIJSKOM PODRUČJU

Jednofaznih izvori strujnih harmonika zbog njihovog velikog broja, na razini TS SN/0,4 kV modeliraju se kao simetričan izvor pa se za proračun harmonijskih struja u frekvencijskom području koristi fazni model mreže (slika 4)



Slika 4. Nadomjesna shema faznog modela mreže

Gdje je:

$X_m$  – reaktancija SN mreže

$R_T, X_T$  – uzdužna impedancija transformatora

$R_P, X_P$  – parametri opterećenje transformatora

$X_C$  – bazna kompenzacija transformatora

V – NN sabirnice

$Z_{h,V}$  – Theveninova frekvencijski ovisna impedancija

##### 4.1. Model ekvivalentne SN kableske mreže

Kabelska SN mreža modelirana je frekvencijski ovisnom uzdužnom reaktancijom. Gradska kabelska 10(20) kV mreža napaja se iz TS 110/10(20) kV. U ovom konkretnom slučaju snage trolnog kratkog spoja SN mreže 10(20) kV u priključnim točkama TS SN/0,4 kV imaju vrijednost od 36.3 do 100 MVA. Za proračun uzeta je najnepovoljnija vrijednost od 36.3 MVA. Frekvencijski ovisna reaktancija i admitancija SN mreže reducirana na naponu 0,4 kV je:

$$X_{h,m} = jh \cdot \frac{U_{n,1}^2}{S_K} \cdot \left( \frac{U_{n,2}}{U_{n,1}} \right)^2 \quad Y_{h,m} = \frac{1}{X_{h,m}}$$

Gdje je:

$j$  – imaginarna jedinica

$X_{h,m}$  – reducirana vrijednost reaktancije 10(20) kV mreže na napon 0,4 kV ( $\Omega$ )

$Y_{h,m}$  – admitancija 10(20) kV mreže reducirane na napon 0,4 kV (S)

$h$  – red višeg harmonika

$U_{n,1}$  – napon SN mreže, (kV)

$U_{n,2}$  – napon NN mreže, (kV)

#### 4.2. Model dvonamotnog transformatora

Dvonamotni transformator zbog malog utjecaja poprečne admitancije modeliramo uzdužnom impedancijom. Apsolutna vrijednost uzdužne impedancije je:

$$Z_T = \frac{u_K \cdot U_{n,2}^2}{100 \cdot S_n} (\Omega)$$

gdje je:

$u_K$  – napon kratkog spoja transformatora, (%)

$S_n$  – nazivna snaga transformatora, (MVA)

Uz zanemareni skin efekt, djelatna komponenta uzdužne impedancije nadomjesne sheme transformatora ne ovisi o frekvenciji i iznosi:

$$R_T = \frac{P_{cu} \cdot U_{n,2}^2}{S_n^2} \cdot 10^{-3} (\Omega)$$

$P_{cu}$  – gubici u bakru namota transformatora (kW)

$S_n$  – nominalna snaga transformatora (MVA)

Vrijednost frekvencijski ovisne reaktancije transformatora je:

$$X_{h,T} = jh \cdot \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

#### 4.3. Model kondenzatorske baterije bazne kompenzacije transformatora

Snaga kondenzatorske baterije  $Q_c$  za baznu kompenzaciju jalove snage transformatora iznosi 10% nominalne snage transformatora [4]. Za proračun modelira se frekvencijski ovisnom kapacitivnom admitancijom koja iznosi:

$$Y_{h,c} = \frac{jh \cdot Q_c}{U_{n,2}^2}$$

#### 4.4. Model opterećenja transformatora

Opterećenje trafostanice u nadomjesnoj shemi mreže modelira se kao poprečna, frekvencijski ovisna impedancija paralelno spojenih otpora ( $R_p$ ) i reaktancije ( $X_p$ ) (slika 4.), čija vrijednost opada s porastom opterećenja. Zbog utjecaja veličine opterećenja na Theveninovu impedanciju, izračunate su poprečne vodljivosti za minimalno i maksimalno opterećenje transformatora. Poprečne admitancije za minimalno i maksimalno opterećenje transformatora iznose:

$$\text{minimalno} \quad Y_{h,\min} = \frac{P_{\min}}{U_{n2}^2} - j \frac{Q_{\min}}{h \cdot U_{n2}^2} \quad \text{maksimalno} \quad Y_{h,\max} = \frac{P_{\max}}{U_{n2}^2} - j \frac{Q_{\max}}{h \cdot U_{n2}^2}$$

Gdje je:

$P_{\min}; Q_{\min}$  - minimalno opterećenje transformatora, (MW ; MVar)

$P_{\max}; Q_{\max}$  - maksimalno opterećenje transformatora, (MW ; MVar)

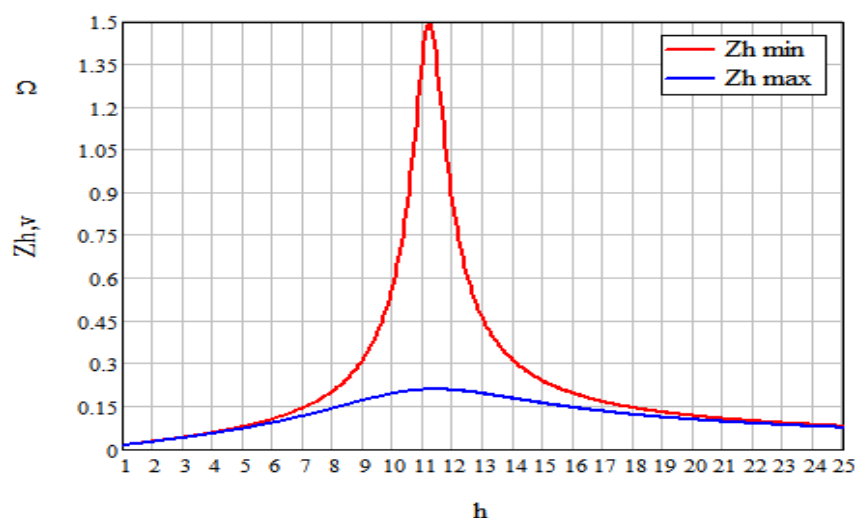
#### 4.5. Theveninova impedancija u čvoru „V“

Kompleksna vrijednost frekvencijski ovisne Theveninove impedancije u čvoru „V“ za jednopolno modeliranu mrežu prikazanu na slici 3. je:

$$\text{minimalno opterećenje} \quad Z_{h,\min} = \frac{1}{\frac{1}{X_{h,m} + (X_{h,T} + R_T)} + Y_{h,\min} + Y_{h,c}}$$

$$\text{maksimalno opterećenje} \quad Z_{h,\max} = \frac{1}{\frac{1}{X_{h,m} + (X_{h,T} + R_T)} + Y_{h,\max} + Y_{h,c}}$$

Na slici 5. prikazane su apsolutne vrijednosti Theveninove impedancije u čvoru „V“ za minimalno i maksimalno opterećenje transformatora iz praktičnog primjera proračuna.



Slika 5. Apsolutne vrijednosti Theveninove impedancije u čvoru „V“

#### 4.6 Vrijednosti graničnih razina strujnih harmonika injektiranih u NN sabirnice

Određivanje graničnih razina strujnih harmonika izvršen je programskim paketom Mathcad. Dijeljenjem graničnih vrijednosti naponskih harmonika  $U_{hV}$  sa frekvencijski ovisnom Theveninovom impedancijom ( $Z_{h,\min}$  i  $Z_{h,\max}$ ) dobijemo granične razine strujnih harmonika, koje emitiraju svi nelinearni uređaji u niskonaponske sabirnice jedne TS SN/0,4 kV i oni iznose:

$$I_{h,NN}(\min) = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_{hV}}{100 \cdot Z_{h,\min}} \quad (5)$$

$$I_{h,NN}(\max) = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_{hV}}{100 \cdot Z_{h,\max}} \quad (6)$$

Gdje je:

$U_n$  - nazivni napon nn mreže (V)

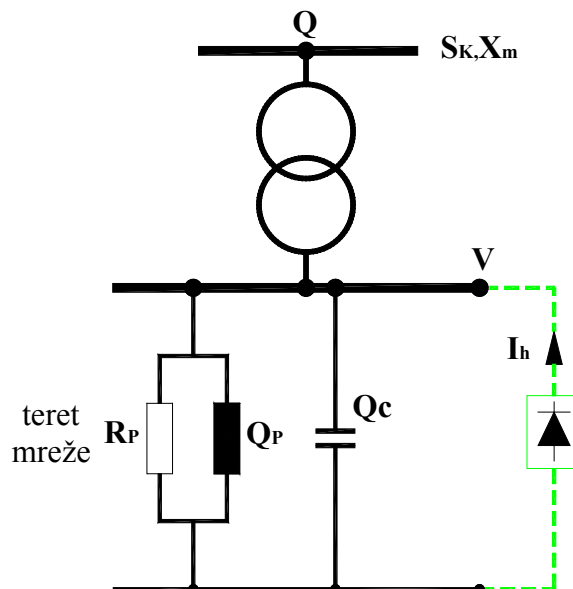
$Z_{h,\min}, Z_{h,\max}$  - minimalne i maksimalne frekvencijski ovisne impedancije ( $\Omega$ )

$I_{h,NN}(\min), I_{h,NN}(\max)$  – granične vrijednosti struja harmonika kod minimalnog i maksimalnog opterećenja transformatora (A)

## 5. PRAKTIČAN PRIMJER ODREĐIVANJA GRANIČNE RAZINE STRUJNIH HARMONIKA

Proračun je izvršen na stvarnoj mreži operatora sustava. Kabelska SN mreža 10(20) kV na koju je priključena gradska TS 10(20)/0,4 kV napaja se iz TS 110/10(20) kV. NN mreža je kabelska. Slika 6. prikazuje model mreže za proračun.

- snaga trolnog kratkog spoja SN mreže u čvoru „Q“ je  $S_K = 36.3$  MVA
- podaci transformatora:  $S_n = 1$  MVA,  $U_k = 6\%$ ,  $P_{CU} = 10,5$  kW,  $U_{n1}/U_{n2} = 10/0,4$  kV
- snaga kondenzatorske baterije temeljne kompenzacije:  $Q_C = 100$  kvar
- opterećenje transformatora:  $P_{\min} = 0.1 \cdot S_n \cdot \cos(\phi)$ ;  $Q_{\min} = 0.1 \cdot S_n \cdot \sin(\phi)$   
 $P_{\max} = 0.8 \cdot S_n \cdot \cos(\phi)$ ;  $Q_{\max} = 0.8 \cdot S_n \cdot \sin(\phi)$   
 $\cos(\phi) = 0,94$ ;  $\sin(\phi) = 0,34$



Slika 6. Prikaz mreže za primjer iz proračuna

Rezultati izračuna graničnih razina strujnih harmonika izračunatih po jednadžbama (5) i (6) prikazani su u tablici V.



Tablica V. Vrijednosti rezultata proračuna

| h  | Pmin, Qmin |         |          |          | Pmax, Qmax |         |          |          |
|----|------------|---------|----------|----------|------------|---------|----------|----------|
|    | Zh (Ω)     | UhV (%) | IhNN (A) | IhNN (%) | Zh (Ω)     | UhV (%) | IhNN (A) | IhNN (%) |
| 3  | 0,04       | 0,80    | 45,30    | 3,10     | 0,04       | 0,80    | 47,30    | 3,30     |
| 5  | 0,08       | 1,40    | 41,20    | 2,80     | 0,07       | 1,40    | 45,10    | 3,10     |
| 7  | 0,14       | 1,30    | 20,90    | 1,40     | 0,12       | 1,30    | 26,00    | 1,80     |
| 9  | 0,31       | 0,30    | 2,20     | 0,15     | 0,17       | 0,30    | 4,10     | 0,30     |
| 11 | 1,34       | 1,20    | 2,10     | 0,14     | 0,21       | 1,20    | 13,30    | 0,90     |
| 13 | 0,47       | 1,10    | 5,40     | 0,40     | 0,19       | 1,10    | 13,80    | 0,90     |
| 15 | 0,24       | 0,10    | 0,90     | 0,06     | 0,16       | 0,10    | 1,40     | 0,09     |
| 17 | 0,17       | 0,80    | 11,10    | 0,80     | 0,13       | 0,80    | 13,90    | 1,00     |

Udio izračunatih graničnih razina strujnih harmonika  $I_{hNN}$  u izobličenju valnog oblika napona na NN sabirnicama iznosi :

$$THD_U(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{17} U_{hV}^2}}{U_{n2} / \sqrt{3}} \cdot 100 = 2,75$$

a to je približno 35% od razine kompatibilnosti koja iznosi 8%. Preostali dio do razine kompatibilnosti doprinose nelinearna trošila priključena na mreži srednjeg (SN) i visokog (VN) napona. Operator distribucijskog sustava dozvoljava priključak novih nelinearnih uređaja u NN mrežu do graničnih vrijednosti injektiranih struja  $I_{hNN}$  u NN sabirnice TS SN/0,4 kV.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu predložena je metoda izračuna granične razine strujnih harmonika koje utiskuju svi nelinearni uređaji iz NN mreže u sabirnice jedne gradske TS 10(20)/0,4 kV snage 1 MVA. Održavanje valnog oblika a time i napona pojedinih harmonika u čvorištima NN mreže na graničnoj razini  $U_{hNN}$  obveza je operatera. Tu obvezu operator sustava održava kontrolom graničnih razina struja koje korisnik mreže može injektirati u priključeno čvorište. Metodologija izračuna graničnih struja viših harmonika koje korisnik mreže može injektirati u priključeno čvorište određena je normom HRN EN 61000-3-14. Navedenu normu odredio je operator sustava u svojim mrežnim pravilima. Operator sustava kontrolom i ograničenjem injektiranih struja harmonika  $I_{hNN}$  u NN sabirnice neposredno održava napone pojedinih harmonika u čvorištima NN mreže na graničnoj razini  $U_{hNN}$  i određuje ukupnu snagu nelinearnih uređaja koja mogu biti priključena na NN mrežu TS SN/0,4 kV.

## 7. LITERATURA

1. B. Posedel, M. Jerman, "Fluorescentna rasvjeta kao izvor viših harmonika u poslovnim zgradama", HO-CIRED, svibanj 2008.
2. prof. Max Grady, "Understanding Power System Harmonics" University of Texas at Austin September 2000
3. Lahorko Wagman, "Stohastički proračun strujnih harmonika u razdjelnim mrežama", Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu FER, Zagreb 2010.

4. B. Posedel, P. Posedel, "Tehno-ekonomska kompenzacija jalove snage distributivnih transformatorov SNN/NN", HRO-CIGRE, studeni 2013.
5. HRN EN 61000-3-14 „Electromagnetic compatibility (MC), Part 3-14: Assessment of emission limits for harmonics, interharmonics, voltage fluctuations and unbalance for the connections of disturbing installations to LV power systems.
6. HRN EN 61000-3-6 „Electromagnetic compatibility (MC), Part 3: Limits, Section 6: „ Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems.

# IMPLEMENTING AN ASSET MANAGEMENT SYSTEM: ISSUES, CHALLENGES, AND BENEFITS

Ph.D. Damjan Maletič, B.Sc Ana Lovrenčič, Ph.D. Viktor Lovrenčič, Ph.D. Matjaž Maletič  
Correspondence address: Ph.D. Damjan Maletič Assistant Professor, University of Maribor,  
Faculty of Organizational Sciences,  
Kidričeva c. 55a, 4000 Kranj, Slovenia,  
e-mail: damjan.maletic@um.si.

## Abstract

Asset management is an area that plays an increasingly important role in modern production systems. A holistic and systematic approach is required for the successful implementation of the asset management system (AMS). This paper provides an introduction to asset management, explains the AMS with a focus on the requirements of ISO 55001, discusses the importance of the role of asset management in today's organizations with a primary focus on the challenges organizations face in implementing the AMS. It also presents the key issues in asset management. Relevant research on asset management is also presented. This paper argues that organizations that want to improve the value of their assets, or organizations that manage assets more effectively, can leverage an AMS that complies with international standards. In summary, an AMS creates an environment for more efficient management, coordination and activity in asset management. In this way, an AMS provides better risk management and ensures that asset management objectives are continuously achieved.

**Keywords:** asset management, asset management system, ISO 55001

## 1. INTRODUCTION

The field of asset management is increasingly becoming an approach that enables organisations to more effectively achieve business goals and achieve better organisational efficiency and effectiveness [1], [2]Greece, Poland, Slovakia, Slovenia, Sweden, and Turkey. Although, the field of asset management evolved decades ago, the technical specifications PAS 55 [3] and then the recent international standard ISO 55001 [4]Switzerland","publisher":"International Organization for Standardization (ISO gave more attention to this field. Throughout the industrial evolution, the term asset has been associated with various fields. Asset management has been used to describe a number of different aspects of asset management. Especially in the financial sector, the term asset is widely used [5]. In this context, the focus is on stocks, funds, and other forms of assets [6]. In general, however, assets can be understood as any asset that represents value to an organisation. This means that it also includes any physical assets that the organisation has (e.g. machinery, equipment, buildings, etc.). It should be noted that physical assets play a strategic role in organisations that are exposed to dynamic interactions with the market and intense competition, as they are actively involved in the process of producing products or services that can help the organisation maintain its competitive position in the market [5]. In fact, success in the market is closely related to the organisation providing higher quality products or services to customers or working at lower costs [7]. One of the ways an organisation can achieve this is by establishing an asset management system (AMS). Although, ISO does not track the number of organisations that have established a standardised AMS in accordance with ISO 55001, it is nevertheless evident that an increasing number of organisations have validated their AMS through certification in accordance with the requirements of ISO 55001 [8]. Asset management can be understood as the coordinated activities of an organisation aimed at creating value from its assets [9]. Systematic asset management, therefore,

helps balance costs and risks and enables effective decision making that helps organisations create value from assets and achieve business objectives [2], [10], [11]. ISO 55001:2014, therefore, provides organisations with a common language and a sound decision-making framework that enables a consistent approach to asset management. It is consistent with other standards from ISO (e.g. [12]Switzerland", "publisher": "International Organization for Standardization (ISO) as well.

Asset management is becoming an increasingly important area of research [1], [2], [10], [11], [13], [14]Greece, Poland, Slovakia, Slovenia, Sweden, and Turkey. There has also been an increase in scientific publications in the area of asset management (Figure 1).

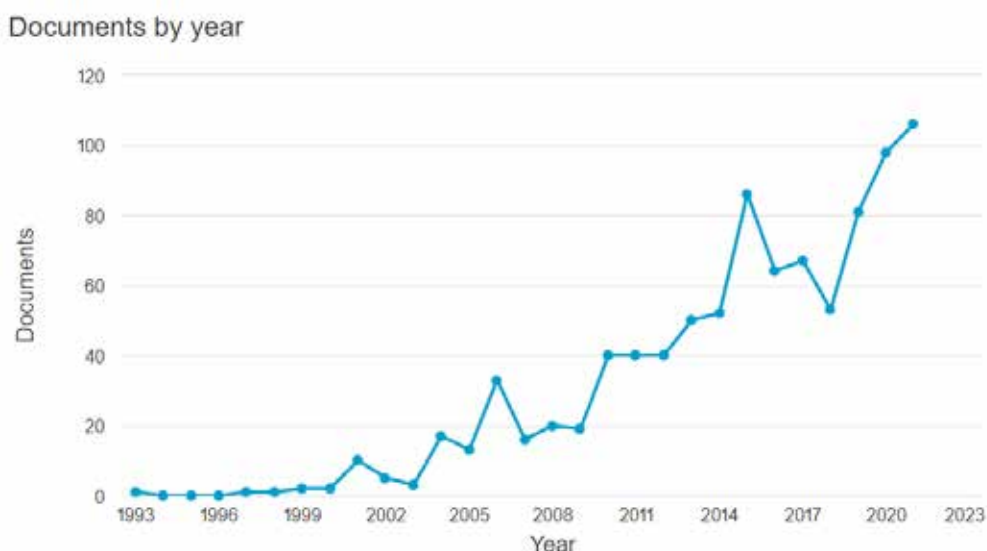


Figure 1. Number of articles published related to management of engineered physical assets (1990–2021) (source: Scopus. Search string: "asset management" AND "physical assets").

Some of the key research findings in the area of asset management are presented below (Table 1).

Table 1: Overview of selected scientific publications

| Reference                       | Methodology                         | Areas of asset management studied                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maletič, et al., 2022 [11]      | An empirical study                  | The authors investigated the motives and barriers that organisations face when implementing an asset management system. The construct of asset management is presented and validated.                                                           |
| Alsayouf et al., 2021 [15]      | An empirical study                  | The authors examined the impact on the overall performance of the organisation through key performance indicators (KPIs) in the area of asset management. The study is based on organisations that have an ISO 55001 compliant system in place. |
| Maletič et al., 2020 [2]        | An empirical study                  | The authors examined the link between asset management practices and operational performance. Validation of the asset management construct is presented as well.                                                                                |
| Trindade et al., 2019 [14]      | Literature review/conceptual design | The authors discuss the concept of value, risk management and opportunities from an asset management perspective.                                                                                                                               |
| Maletič et al., 2018 [1]        | An empirical study                  | The authors examined the link between asset management practices and the sustainability performance. Validation of the asset management construct is presented as well.                                                                         |
| Amadi-Echendu et al., 2010 [16] | Literature review/conceptual design | The authors present the main areas of management, introducing the concept of asset management for engineered physical assets.                                                                                                                   |
| Schuman & Brent, 2005 [17]      | Literature review/conceptual design | A model of asset life management from a process industry perspective is proposed and discussed.                                                                                                                                                 |

Efficient management of an organisation's production, asset management, and other processes is key to the economic viability and long-term success of organisations in many industries. Indeed, effective and efficient asset management is very important to achieve organisational efficiency and effectiveness [2]. In addition, manufacturing companies are under great pressure due to the requirement to reduce their production costs [18] time-based preventive maintenance, condition-based maintenance, and predictive maintenance. Asset management is therefore becoming an integral part of the strategic thinking of both owners and managers of physical assets. Consequently, from this perspective, asset management plays an increasingly important role in optimising a company's profitability [1], [2], [17] Greece, Poland, Slovakia, Slovenia, Sweden, and Turkey.

## 2. THEORETICAL BACKGROUND

### 2.1 Fundamentals of an AMS

An AMS enables an organisation to effectively manage, coordinate, and implement its asset management activities. The system thus provides better risk management and ensures that asset management objectives are met [9]. The foundations of an AMS can be understood as a collection of tools, including policies, plans, business processes, and information systems that, when integrated, ensure that asset management activities are carried out [9]. The ISO 55000 states that an asset is an object, thing or entity that has potential or actual value to the organisation. The value depends on the organisation and its stakeholders. It can be tangible or intangible, financial or non-financial. Asset management supports value creation while balancing financial, environmental and social costs, risk, service quality and performance in relation to assets [9]. Determining the right balance between cost, efficiency and effectiveness, and the associated risk, is therefore critical. The key concepts of asset management are defined in Figure 2.

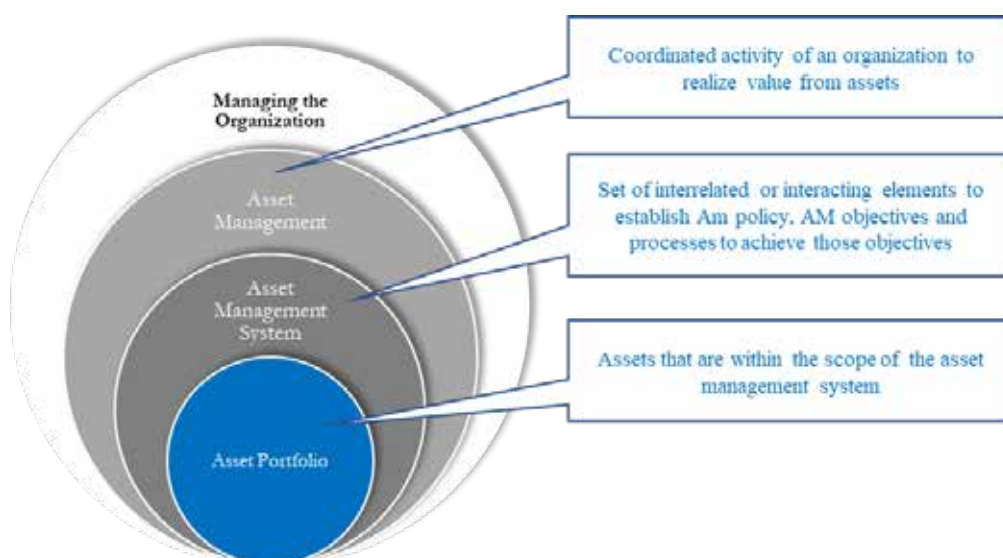


Figure 2. The link between asset management and asset management system (adopted from [19])

ISO 55001 outlines the overarching requirements for developing an AMS framework. The purpose of asset management is to translate an organisation's objectives into asset-related decisions, plans, and activities using a risk-based approach [9]. An organisation should use a strategic asset management plan (SAMP) to guide the establishment of asset management objectives and describe the role of the AMS in achieving those objectives. The AMS requirements described in ISO 55001 are grouped in a manner consistent with the definition of an AMS (i.e. elements of the AMS):

- Context of the organisation (ISO 55001, clause 4);
- Leadership (ISO 55001, clause 5);
- Planning (ISO 55001, clause 6);
- Support (ISO 55001, clause 7);
- Operation (ISO 55001, clause 8);
- Performance evaluation (ISO 55001, clause 9);
- Improvement (ISO 55001, clause 10).

When developing asset management system, one should first ensure that the basic asset management documents are in place, namely:

- An asset management policy;
- A strategic asset management plan (SAMP) and
- Asset management plans.

The following figure (Figure 3) shows the main ISO 55000 themes.

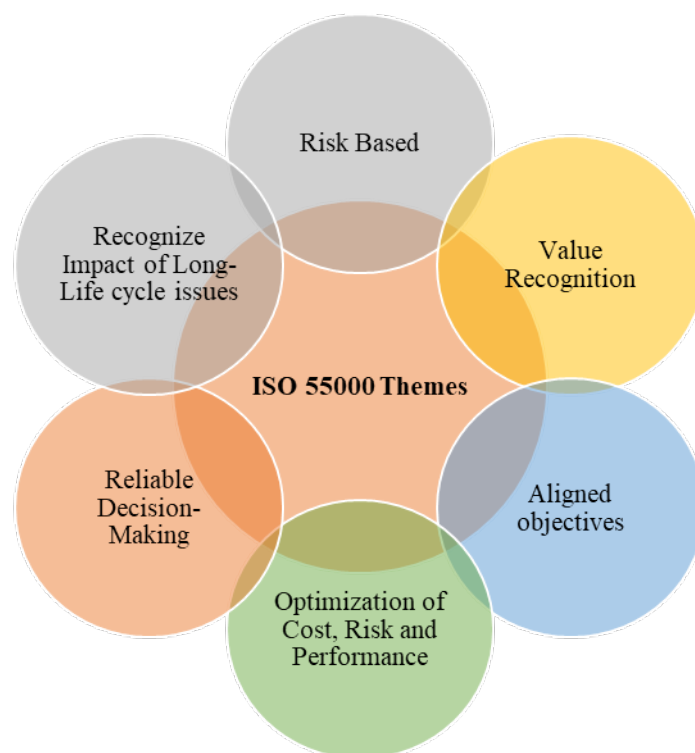


Figure 3. ISO 55000 themes (adopted from [20])

As stated in ISO 55000, an organisation should consider its internal and external context when establishing an AMS. Top management is responsible for developing asset management policy, asset management objectives, and linking them to the organisation's goals. In addition, the principles by which the organisation intends to use asset management to achieve its objectives are established by the organisation as asset management policy. The approach to implementing these principles shall be defined and documented by the organisation in the SAMP. Coordination and use of resources (e.g., information, its production and documentation, competency requirements, etc.) are also important asset management activities. Risk assessment and risk management from a change management perspective are important activities within the performance element (see ISO 55001, Section 8). Assessing the perfor-

mance of assets, asset management, and the AMS should be an ongoing process in an organisation as well as a process of continuous improvement [2].

## 2.1 Introduction to the concept of value

There are several conceptualizations of value creation that come from different fields [21]. Some examples of conceptualizations of value creation are related to exchange, utility, and labour theory of value [22], [23], as well as marketing and finance [24], [25]. Recently, there has also been a growing trend toward using the concept of value co-creation [26] with each dimension having four components. The elements of customer participation behavior include information seeking, information sharing, responsible behavior, and personal interaction, whereas the aspects of customer citizenship behavior are feedback, advocacy, helping, and tolerance. The scale is multidimensional and hierarchical, and it exhibits internal consistency reliability, construct validity, and nomological validity. This study also shows that customer participation behavior and customer citizenship behavior exhibit different patterns of antecedents and consequences.”,“collection-title”:“Advancing Research Methods in Marketing”,“container-title”:“Journal of Business Research”,“DOI”:“10.1016/j.jbusres.2012.02.026”,“ISSN”:“0148-2963”,“issue”:“9”,“journalAbbreviation”:“Journal of Business Research”,“language”:“en”,“page”:“1279-1284”,“source”:“ScienceDirect”,“title”:“Customer value co-creation behavior: Scale development and validation”,“title-short”:“Customer value co-creation behavior”,“volume”:“66”,“author”:[{“family”:“Yi”,“given”:“Youjae”},{“family”:“Gong”,“given”:“Taeshik”}],“issued”:{“date-parts”:[[“2013”,9,1]]}”}-,“schema”:“https://github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json”} .

The concept of value has been explored in different contexts, and consequently there are different definitions of the concept. For instance, the standards of ISO 56000 [27] define value as the benefits derived from meeting the needs and expectations of stakeholders in relation to the resources used. The term value sometimes refers to a unit of (numerical) data, such as the result of a measurement, while in other cases it refers to principles or norms of behaviour, such as those contained in the concept of culture. The ISO 55000 recognises that value can be tangible or intangible, financial or non-financial, and includes the treatment of risk and liability as we discussed above. It can be positive or negative at different stages of an asset's life cycle. The main purpose of the asset management standards series is to help organisations create value from their assets. Accordingly, an organisation's assets are there to provide value to the organisation and its stakeholders. The value perceived by internal stakeholders results from the value created by the organisation. Every organisation must consider the needs and expectations of its stakeholders. Stakeholder satisfaction can be considered as a strategic tool of an organisation that has a positive impact on profitability [10]. It is also very important how external stakeholders perceive the value created. Of course, each organisation must define what constitutes value in terms of achieving its organisational goals. These goals must reflect the needs and expectations of stakeholders, such as investors, customers, regulators, employees, the local community, etc. So, on the one hand, there is the value that the organisation creates with its assets and, on the other hand, the value perceived by key stakeholders (Figure 4).

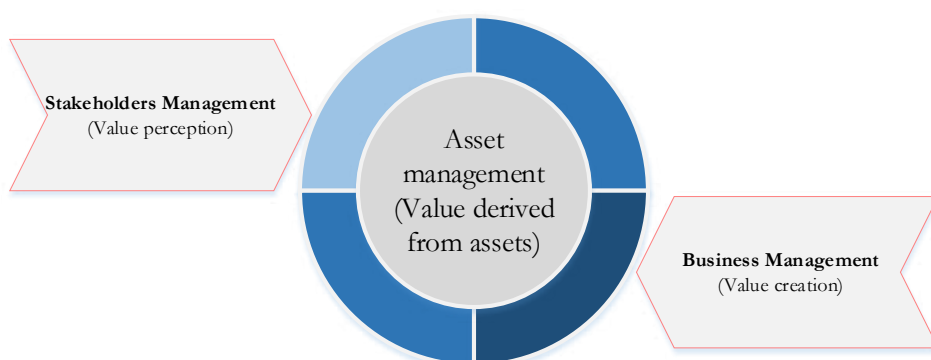


Figure 4: Conceptual framework for creating value from assets (adapted from [10])



As already mentioned, value creation comes from understanding the needs and expectations of stakeholders and is linked to the strategic objectives of the organisation. In doing so, it is important that the organisation identifies the drivers and enablers of value [28].

## 2.2 Risk management

The benefits of asset management are many and include risk management, especially in terms of reducing financial losses, improving health and safety, goodwill and reputation, reducing environmental and social impacts, etc. [9].

The organisation should ensure that risks associated with asset management are considered as part of the risk management approach, including contingency planning. The organisation can use a risk assessment approach and different risk assessment techniques (Figure 5), as seen in the risk management standard ISO 31000 [29].

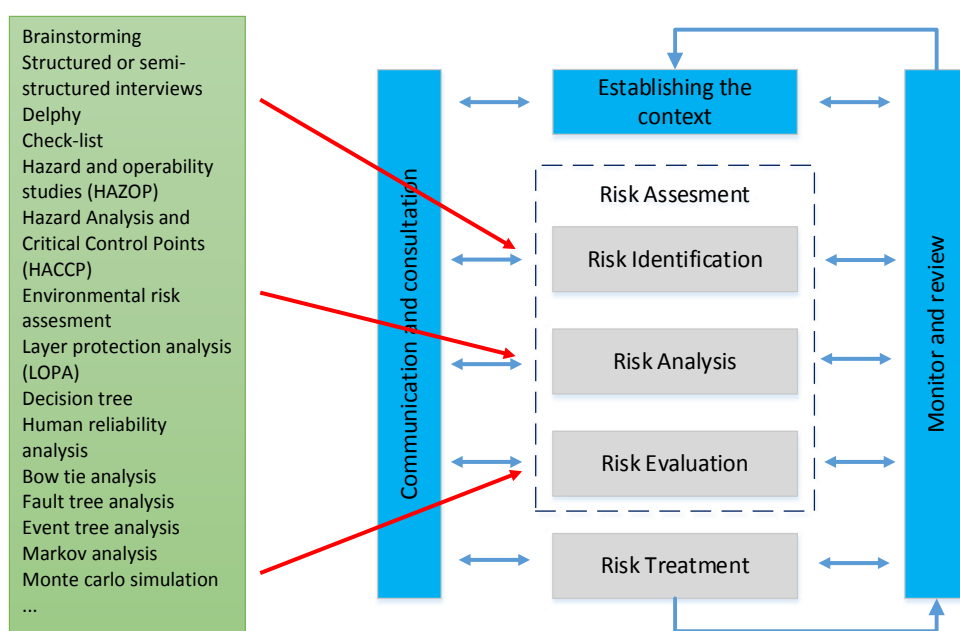


Figure 5: Risk management approach to (adapted from [29])

## 2.3 Financial and non-financial aspects of asset management

One of the key outputs of the asset management planning process is an estimate of the cash flows required to enhance the value of assets and support the achievement of business objectives. These cash flows can be capital expenditures (capex) and operating expenditures (opex). In many organisations, financial and non-financial functions are not sufficiently aligned. One reason is that financial functions tend to be more backward-looking (e.g. financial accounting and financial reporting) and less forward-looking [30]. At the same time, non-financial functions that are forward-looking (e.g. planned maintenance) are often poorly aligned with financial functions because those performing these functions often do not identify all aspects of the financial implications of their activities. It should also be mentioned that the asset level is often not equally understood/defined by all departments. To this end, there needs to be a clear definition of what an asset is, with the level above representing the asset system and the level below representing the component. Unity of granularity is very important as financial and non-financial information relates to the same level between all departments. The latter is defined in section 7.4 of the standard ISO/TS 55010 [30].

So, what are the guidelines for aligning financial and non-financial functions in asset management? First, it should be noted that standard ISO/TS 5501 provides guidance and as such does not provide an

interpretation of existing requirements of the ISO 55001 or add new requirements to those currently included ISO 55001. An example of the finance-related requirements listed therein:

- Clause 4.2 requires an understanding of the requirements and expectations of stakeholders to consider the recording and reporting of financial and non-financial information;
- Clause 6.2.1 requires financial requirements to be considered when setting asset management objectives;
- Clause 6.2.2 requires planning for the achievement of asset management objectives to be integrated into other organisational activities, including finance functions;
- Clause 6.2.2 also requires the financial implications to be identified and documented;
- Clause 7.5 on information requires organisations to establish requirements to harmonise financial and non-financial terminology relevant to asset management and to ensure consistency and traceability between financial and technical data and other relevant non-financial data where necessary to meet legal requirements;
- Clause 9.1 states that requires organisations to assess and report on the asset management performance, including financial performance.

### 3. ASSET MANAGEMENT IN RESPONSE TO EVERYDAY CHALLENGES

Managers and business owners are the ones who decide what is important and what can wait. Improving asset management could be a strategic direction for all types and sizes of organisations in the near future. And why? Asset management can provide many benefits by reducing costs, increasing operational efficiency, improving investment management, risk management, and asset life management [2], [11], [15] PAM plays a key role in asset-intensive organizations and is also considered as a principal actor within Industry 4.0. Therefore, this paper aims to examine the PAM core practices and the performance implications of integrating these practices into business, in particular by assessing their impact on operational performance. Survey data were collected from managers in 138 international and local organisations. The data was analysed using Partial Least Squares Path Modeling (PLS-PM).

Asset management is still evolving as a scientific discipline, but the activities that we recognise as part of the concept have long been present in practise. It can be stated that asset management includes a range of activities that take into account all stages of the life cycle of assets, from planning to final disposal, mainly in terms of achieving the organisation's business objectives, taking into account technical aspects, compliance with legal frameworks and other aspects [31]. Thus, the field of asset management enables organisations to better cope with the challenges of daily life [32]:

- Silo effect - a lack of communication and collaboration between departments often results in companies failing to create enough value throughout their lifecycle. Asset management eliminates this effect as cross-departmental collaboration is essential to this concept.
- Short-termism - Often, day-to-day decision making is clouded by a long-term orientation, meaning a focus on short-term results comes at the expense of long-term interests. A long-term focus that considers uncertainty and risk can be quite beneficial to an organisation. Asset Management considers the entire lifecycle of assets, which means thinking ahead from the planning stage. In this way, the organisation's goals can be better achieved.
- Individual treatment of tangible assets - in organisations, often only individual tangible assets are treated individually. However, practise shows that the greatest benefit can be achieved by taking a more holistic view and looking at assets as a system. In this case, asset management assists us as it encourages organisations to take a holistic view and use this approach to create an overall

system (including appropriate strategies, plans, objectives, consideration of risk and safety issues, etc.) that enables the achievement of the organisation's strategic goals.

- Short-term commitment - good ideas can become short-term "fads" for a variety of reasons. A new idea can cause the momentum of previous approaches to be lost, which is especially evident when the project leader changes. In addition, we can be excited by new ideas, but enthusiasm quickly wanes when they become part of our daily work. In addition, still doing all the mundane tasks we have done in the past can add to the burden. If we want to demonstrate continuous improvement in asset management, we need to set up a system where the improvement of an activity results in that activity becoming a new existing activity, creating a continuous improvement process (e.g. PDCA).

#### 4. BENEFITS OF AN AMS

An AMS is used to realize organizational benefits through well-coordinated strategies and plans based on observed performance and changes in the organization's environment [33]. The relationship between asset management practices and organizational performance is an important topic, as researchers (e.g. [1], [2], [15], [34]Greece, Poland, Slovakia, Slovenia, Sweden, and Turkey) have argued that the ultimate goal of asset management is to realize the value of an organization's assets. As such organizations can expect many benefits from implementing AMS, such as:

- A common language for the organisation to communicate effectively;
- Collaborative behaviour - breaking down silos internally, externally and in the supply chain;
- A better understanding and alignment of risks and assurance that they are being managed appropriately;
- Awareness and understanding of how assets support business objectives;
- Structured decision making that balances performance, risk, and cost and helps align short- and long-term business objectives;
- Ensuring performance, learning and continuous improvement;
- Increased internal and external stakeholder confidence in the organisation's capabilities and future performance;
- Significantly improved financial performance.

#### 5. CONCLUSIONS

The purpose of this paper is to introduce the field of asset management, the current standards in this area, and to answer some of the challenges and opportunities that organisations face when implementing an AMS. As outlined in this chapter, asset management enables an organisation to create value from its assets in achieving its organisational objectives. It also helps the organisation to address a number of challenges, such as ageing assets, extending the useful life of assets, end-user demands for appropriate service levels at lower costs and risks. In conclusion, an AMS creates an environment for more effective management, coordination and activities in asset management. In doing so, the system provides better risk management and ensures that asset management objectives are continuously achieved. As such, it plays an important role in managing the life cycle of an asset as a whole, considering both economic and physical performance and risk measurements, and considering the broader strategic and human dimensions of the asset management environment with the goal of improving resource efficiency and effectiveness. The following steps are recommended when establishing an AMS (Figure 6).

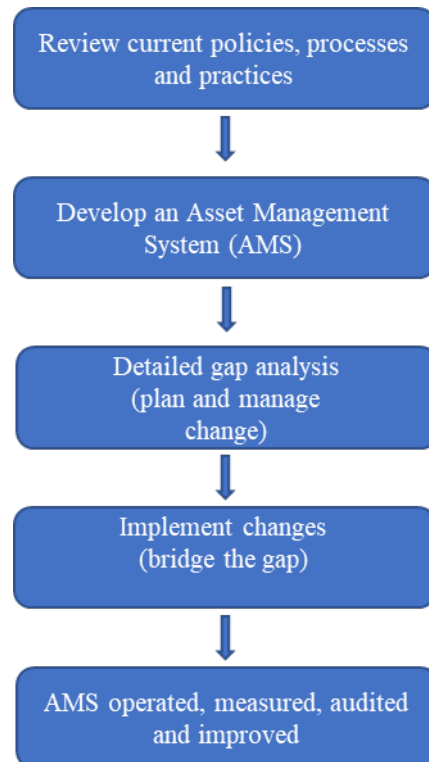


Figure 6. The roadmap to establish an AMS

## 6. REFERENCES

1. D. Maletič, M. Maletič, B. Al-Najjar, and B. Gomišček, "Development of a Model Linking Physical Asset Management to Sustainability Performance: An Empirical Research," *Sustainability*, vol. 10, no. 12, Art. no. 12, Dec. 2018, doi: 10.3390/su10124759.
2. D. Maletič, M. Maletič, B. Al-Najjar, and B. Gomišček, "An Analysis of Physical Asset Management Core Practices and Their Influence on Operational Performance," *Sustainability*, vol. 12, no. 21, Art. no. 21, Jan. 2020, doi: 10.3390/su12219097.
3. BSI PAS 55-1, "Asset Management. Part 1: Specification for the optimised management of physical assets," British Standards Institution, London, UK, 2008.
4. ISO 55001, "Asset management — Management systems — Requirements," International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2014.
5. J. P. Liyanage, "Smart Engineering Assets Through Strategic Integration: Seeing Beyond the Convention," in *Asset Management: The State of the Art in Europe from a Life Cycle Perspective*, T. Van der Lei, P. Herder, and Y. Wijnia, Eds. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012, pp. 11–28. doi: 10.1007/978-94-007-2724-3\_2.
6. D. Ghosh, *Capital markets and financial assets: Decisions on acquisition and issuance of securities*. LAP Lambert Academic publishing, 2010.
7. M. Porter, *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press, New York, 1985.

8. ISO/TC 251, "Known Certified Organizations." <https://committee.iso.org/sites/tc251/social-links/resources/known-certified-organizations.html> (accessed Mar. 16, 2022).
9. ISO 55000, "Asset management — Overview, principles and terminology," International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2014.
10. N. Almeida, M. Trindade, D. Komljenovic, and M. Finger, "A conceptual construct on value for infrastructure asset management," *Utilities Policy*, vol. 75, p. 101354, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.jup.2022.101354.
11. D. Maletič, N. M. Almeida, B. Gomišček, and M. Maletič, "Understanding motives for and barriers to implementing asset management system: an empirical study for engineered physical assets," *Production Planning & Control, Accepted for publication*, 2022.
12. ISO 9001, "Quality management systems – Requirements (ISO 9001:2015)," International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2015.
13. D. Komljenovic, G. Abdul-Nour, and J.-F. Boudreau, "Decision-Making in Asset Management Under Regulatory Constraints," in *Asset Intelligence through Integration and Interoperability and Contemporary Vibration Engineering Technologies*, Cham, 2019, pp. 323–332. doi: 10.1007/978-3-319-95711-1\_32.
14. M. Trindade, N. Almeida, M. Finger, and D. Ferreira, "Design and Development of a Value-Based Decision Making Process for Asset Intensive Organizations," in *Asset Intelligence through Integration and Interoperability and Contemporary Vibration Engineering Technologies*, Cham, 2019, pp. 605–623. doi: 10.1007/978-3-319-95711-1\_60.
15. I. Alsyouf, M. Alsuwaidi, S. Hamdan, and M. Shamsuzzaman, "Impact of ISO 55000 on organisational performance: evidence from certified UAE firms," *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 32, no. 1–2, Art. no. 1–2, Jan. 2021, doi: 10.1080/14783363.2018.1537750.
16. J. E. Amadi-Echendu *et al.*, "What Is Engineering Asset Management?," in *Definitions, Concepts and Scope of Engineering Asset Management*, J. E. Amadi-Echendu, K. Brown, R. Willett, and J. Mathew, Eds. London: Springer, 2010, pp. 3–16. doi: 10.1007/978-1-84996-178-3\_1.
17. C. A. Schuman and A. C. Brent, "Asset life cycle management: towards improving physical asset performance in the process industry," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 25, no. 6, Art. no. 6, Jan. 2005, doi: 10.1108/01443570510599728.
18. L. Wang, J. Chu, and J. Wu, "Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process," *International Journal of Production Economics*, vol. 107, no. 1, pp. 151–163, May 2007, doi: 10.1016/j.ijpe.2006.08.005.
19. The IAM, "Asset Management - an anatomy," 2015.
20. Life Cycle Engineering, "ISO 55000 for Leaders: Developing an Asset Management Policy," 18:37:13 UTC. Accessed: Nov. 10, 2022. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/LifeCycleEngineering/iso-55000-for-leaders-developing-an-asset-management-policy>
21. D. P. Lepak, K. G. Smith, and M. S. Taylor, "Value Creation and Value Capture: A Multilevel Perspective," *AMR*, vol. 32, no. 1, pp. 180–194, Jan. 2007, doi: 10.5465/amr.2007.23464011.

22. P. C. Dooley, *The labour theory of value*. Routledge, 2005.
23. J. N. Sheth, B. I. Newman, and B. L. Gross, "Why we buy what we buy: A theory of consumption values," *Journal of Business Research*, vol. 22, no. 2, pp. 159–170, Mar. 1991, doi: 10.1016/0148-2963(91)90050-8.
24. D. Klonowski, *Strategic entrepreneurial finance: From value creation to realization*. Routledge, 2014.
25. A. Payne and S. Holt, "Diagnosing Customer Value: Integrating the Value Process and Relationship Marketing," *British Journal of Management*, vol. 12, no. 2, pp. 159–182, 2001, doi: 10.1111/1467-8551.00192.
26. Y. Yi and T. Gong, "Customer value co-creation behavior: Scale development and validation," *Journal of Business Research*, vol. 66, no. 9, pp. 1279–1284, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.jbusres.2012.02.026.
27. SIST EN ISO 56000, "Innovation management – Fundamentals and vocabulary (ISO 56000:2020)," International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2021.
28. GFMAM, "The Value of Asset Management to an Organization," 2016.
29. ISO 31000, "Risk Management – Guidelines," International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2018.
30. ISO/TC 251, "ISO/TS 55010:2019 Asset Management — Guidance on alignment of asset management, finance and accounting." <https://committee.iso.org/sites/tc251/home/projects/published/isots-55010.html> (accessed Mar. 17, 2022).
31. J. E. Amadi-Echendu, "Managing physical assets is a paradigm shift from maintenance," in *2004 IEEE International Engineering Management Conference (IEEE Cat. No.04CH37574)*, Oct. 2004, vol. 3, pp. 1156–1160 Vol.3. doi: 10.1109/IEMC.2004.1408874.
32. J. Woodhouse, "Asset Management: Joining up the jigsaw puzzle – PAS 55 standards for the integrated management of assets," *Maint. Eng.*, no. Sept/Oct, pp. 12–16, 2007.
33. ISO/TC 251, "Understanding the benefits of an ISO 55001 Asset Management System," 2019.
34. E. S. Lima, P. McMahon, and A. P. C. S. Costa, "Establishing the relationship between asset management and business performance," *International Journal of Production Economics*, vol. 232, p. 107937, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107937.

# KOMUNALNO GOSPODARSTVO: TEMELJI ORGANIZIRANJA U AUSTRIJSKOJ PULI

Dr.sc. Alida Perkov  
e-mail: perkov.alida@gmail.com

## Sažetak

Proglašenje Pule glavnom ratnom lukom Austrijskog carstva sredinom 19. stoljeća multiplikativno se odrazilo na demografsku ekspanziju i prateću potrebu za organiziranjem suvremene komunalne infrastrukture primjerene rastućem standardu. Pulu je trebalo urediti, uljepšati i prilagoditi novim potrebama. Valjalo je stvoriti nove, ugodnije ambijente za sve građane, osobito za pridošlice iz razvijenih krajeva naviklih na viši standard. Grad je postepeno rješavao probleme sa komunalnom infrastrukturom, osobito sa vodoopskrbom i kvalitetom vode. Izdašne investicije iz carske riznice u građansku Pulu, potpomognute su investicijama iz regionalnih i gradskih izvora, postepeno su osuvremenjivale grad sukladno tadašnjim standardima..

**Ključne riječi:** Pula, vodoopskrba, elektrifikacija, plinifikacija, gradski prijevoz, tržnica, gradsko groblje.

## 1. UVOD

Pod komunalnim gospodarstvom podrazumijeva se obavljanje komunalnih djelatnosti, a naročito pružanje javnih komunalnih usluga od interesa za fizičke i pravne osobe, financiranje gradnje i održavanja objekata te uređaja komunalne infrastrukture kao cjelovitoga sustava, te održavanja komunalnog reda na području općina i gradova.<sup>1</sup> Te su usluge toliko bitne za javnost da bi svaki prekid u njihovoj opskrbi izbacio normalan život zajednice iz pogona. Gospodarska poduzeća osnovana za pružanje takvih usluga poznata su kao javna komunalna poduzeća. Njih povezuje nekoliko osnovnih obilježja. Prije svega javne komunalne usluge vrlo su važne za ekonomsko blagostanje zajednice. Zadovoljavaju naše osnovne potrebe. Na primjer, opskrba vodom, plinom, električnom energijom, transportom i komunikacijom bitni su svima za civiliziran i udoban život. Stoga je potrebno da se te usluge pružaju redovito, ujednačeno i adekvatno.<sup>2</sup> Drugo obilježje je monopolski položaj<sup>3</sup> jer bi postojanje više tvrtki sa istom djelatnošću dovelo do dupliciranja napora i materijala, rasipanja novca i resursa. Javna komunalna poduzeća zahtijevaju veliki fiksni kapital i moraju poslovati s fiksnim troškovima. Stoga uvijek postoji prirodna tendencija prema monopolu koja se regulira zakonom. Kako bi se izbjegle nezakonitosti uvedena je stroga kontrola poslovanja. Donose se posebni zakoni i utvrđuju pravila kako bi se zajamčilo zadovoljavajuće funkcioniranje javnih komunalnih poduzeća. Temelji suvremenog komunalnog organiziranja vidljivi su još u Austrijskoj Puli, s bogatim povijesnim naslijeđem prethodnih epoha.

## 2. KOMUNALNO GOSPODARSTVO PRIJE AUSTRIJSKE PULE

Naselja se uvijek formiraju oko mjesta opskrbe pitkom vodom, pa tako i antička Pula. Svoj je doprinos razvoju gradske vodoopskrbe antičke Pule natpisom komemorirao i Lucije Menacije Prisk<sup>4</sup>. Spomenik je datiran u 2. stoljeće te donosi nešto više podataka pa je tako Lucije Menacije Prisk, uz druge počasti i titule, nazvan i patronom kolonije. Taj je naslov nesumnjivo zaslužio jer je donirao 400 tisuća sestercija za izgradnju i održavanje vodovoda. Čini se da je glavna cisterna na vrhu brežuljka služila kao svojev-

<sup>1</sup> Zakon o komunalnom gospodarstvu NN 68/18, 110/18, 32/20

<sup>2</sup> Sindhuja S. Public Utilities: Meaning, Characteristics and Problems <https://www.businessmanagementideas.com/notes/management-notes>

<sup>3</sup> Pod monopolom podrazumijevamo odsutnost konkurencije ili prevlast jednog prodavača na određenom tržištu.

<sup>4</sup> Bužanić, Domagoj: Epigrafska svjedočanstva o antičkoj vodoopskrbi hrvatskog Jadrana, VAHD 113–2, 2020. – 2021., 333–350

stan *castellum divisorium* i cijevima distribuirala vodu sekundarnim cisternama na padinama brežuljka. Osim što su bile distributivne namjene, te bi cisterne regulirale i hidrostatski tlak u cijevima.<sup>5</sup>

U srednjovjekovnoj Puli prve odredbe o komunalnom gospodarstvu nalaze se u gradskome Statutu iz 1431. g.<sup>6</sup> Pula je u to vrijeme bila mala zajednica s oko 2.000 stanovnika, koja se trebala pridržavati pravila za osiguranje izvršavanja komunalnih poslova. Primjerice za održavanje zgrada, vlasnik se morao izjasniti je li voljan sam kuću popraviti, te bi mu općinska vlast odredila dan za početak obnove i rok za završetak radova, pod prijetnjom novčane kazne. Održavanje javnih putova bila je obveza samih građana. Nadstojnici su bili obvezni brinuti se da se stiješnjenim javnim cestama i međama pulske Općine održava širina i da se čiste bar jednom godišnje. Općinska vlast u srednjovjekovnoj Puli posebnu pažnju pridaje očuvanju gradskog izvora – Nimfeja i gradskih bunara – osobito ljeti. Što se otpadnih voda tiče, nadstojnici su bili obvezni brinuti da vlasnici posjeda svake godine, kad god zatreba, pročiste jarke na Maloj Poljani, od Kamenitoga mosta na Velikoj Poljani pa sve do obale, kao i da se održavaju čistima jarci Velike Poljane, kako bi voda otjecala na obalu, i to pod kaznom od stotinu solda po svakom nadstojniku. Također nadstojnici su trebali voditi brigu da se nečist ili smeće ne gomila ili baca na obalu do njihovih vrata, nego da se baca u more pod prijetnjom kazne od četiri solda po svakom prekršitelju. Zbog velike opasnosti od požara u gradu je bilo zabranjeno skupljati i držati po kućama sijeno i slamu, osim uz odobrenje gradskih vlasti. Općinske vlasti morale su skrbiti i o grobljima i grobnicama na području grada. Općinske vlasti detaljno su propisale tržišni red – način i cijene prodaje različitih vrsta mesa, ribe, obveze krčmara u prodaji vina, a posebno je interesantna odredba o higijeni prilikom prodaje mlijeka.

### 3. RAZDOBLJE AUSTRIJSKE PULE

Preko četiri stoljeća nakon srednjovjekovnog gradskog Statuta, Pula kao glavna ratna luka Austrijskog carstva krenula je u snažnu vojno-industrijsko-demografsku preobrazbu, uz prateće iznimno izdašne investicije iz carske riznice. Prema zacrtanom konceptu, koji je razradio Karl Moering (kasniji feldmaršal), i pedantnom planu izgradnje, uz korekcije koje su uvjetovali ubrzani industrijski razvitak, grad je izrastao u najveću i najkompletniju glavnu pomorsku bazu na Sredozemlju. U njoj su izgrađeni nužni znanstveni, duhovni, zdravstveni, obrambeni, tehnički, pomorski, hidrografski, brodograđevni, operativni, stambeni, skladišni, školski i drugi elementi za funkcioniranje grada i siguran boravak brodova u luci. Pri tome je osnovno geslo tadašnjeg cara Franje Josipa I. i njegova admiraliteta bilo: "Die Stadt mueste sich mit der Marine identifizieren" – "Grad se mora poistovjetiti s mornaricom"<sup>7</sup> S obzirom na specifičan nagli porast stanovništva u tadašnjoj Puli, uz održavanje postojećih zgrada (kijih je bilo jako malo) krenula je ponajprije agresivna ekspanzija stanogradnje. Država je morala sagraditi brojne stanove za časnike, inženjere, državne službenike i radnike Arsenala. Jer novi stanovnici nisu donijeli u Pulu samo vojsku i industriju, već i novu kulturu življenja i na taj je način pretvorili u urbano središte srednjoeuropskog ugođaja. Primjerice, od 1885. do 1912. izgrađeno je 427 stanova za radnike i 64 za dočasnike.<sup>8</sup> Prema Dobriću, godine 1872. u pulskom tjedniku na njemačkom jeziku *Neptun* opisano kako je tekla izgradnja novog dijela grada: *Otkad je Pula postala glavna ratna luka vodeća tijela uprave Mornarice trebala su se pobrinuti i za odgovarajući smještaj za pripadnike Mornarice na kopnu, jer to prijašnji siromašni grad sa zgradama koje su se gotovo same od sebe rušile nije bio u stanju osigurati za naglo rastuću 'mornaričku koloniju'. Ogromne svote novaca utrošene su za izgradnju i uređenje stanova za časnike, činovnike i radnike. S vremenom je nastao jedan novi grad s vojarnama, školama, bolnicama, vlastitim vodovodom za osiguranje pitke vode za grad i mornaričku koloniju, s podizanjem higijenskih prilika sadnjama biljaka i presušivanjem bara s ciljem da se iskorijene uzročnici malarije koja je ovdje ranije vladala – sve je to izgrađeno novcem iz mornaričko-erarske vreće.*<sup>9</sup>

5 Bužanić, ibid.

6 Statuta communis Polae: Latin et Croatice = Statut Pulske općine: latinski i hrvatski, Pula: Povijesni muzej Istre, Grad Pula, 2000.

7 PEROVIĆ, Branko (2006.), Luka Pula austrougarskog doba (Odsjaj grada u zaljevu 1850. – 1918.), u: Iz povijesti Pulske luke [ur. Černi, M.], Lučka uprava Pula: 70-191.

8 DOBRIĆ, Bruno, Nakladništvo, tiskarstvo i novinstvo na njemačkom jeziku u Puli od druge polovine 19. stoljeća do 1918. godine, str. 31, doktorski rad (rukopis).

9 DOBRIĆ, Bruno, isto.



I godinama kasnije, list *Polaer Tagblatt* (1911. i 1912. g.) piše o lošoj financijskoj situaciji u Puli zbog prethodnih velikih općinskih zaduženja za izgradnju lokalne infrastrukture i zbog nastavka doseljavanja u grad<sup>10</sup>, što je dodatno opterećivalo gradska komunalna poduzeća. Struja i plin namijenjeni gradskoj rasvjeti često se isključuju,<sup>11</sup> pojavljuju se i štrajkovi u tim poduzećima, a sve to izaziva nezadovoljstvo građana i Mornarice. Isto tako i pulski tjednik *Südösterreichische Nachrichten* pisao je o komunalnim problemima Pule: o teškoćama opskrbe vodom, nedostatku higijene, nedovoljnoj uređenosti grada, i mnogih nepopločanih ulica.<sup>12</sup>

### 3.1 Vodoopskrba i odvodnja

Polazište urbanog razvoja je naravno opskrba pitkom vodom. Premda organizirana vodoopskrba u Istri datira još od rimskoga doba, druga polovina 19. stoljeća vezana je uz intenziviranje potrebe za vodoopskrbom uslijed porasta životnog standarda, broja stanovništva u gradovima te jačanja svjesnosti o higijeni i suzbijanju zaraznih bolesti. Voda je naravno smatrana strateškim resursom, te je u tom smislu već 1864. godine za Markgrofoviju Istru donesen akt o opskrbi vodom za potrebe života i poljoprivrede.<sup>13</sup>

Za Pulu je važan preduvjet bila izgradnja vodovoda i sanacija malaričnog područja od Pragranda do Valle del Buso. Pulski Vodovod je dovršen 1861., a 1876. dodatno je proširen. Osim arsenala opskrbljivao je Mornaričku vojarnu, bolnicu i zgrade u Sv. Polikarpu i na Monte Zaru. Zatim se 1862. gradi i uređuje kanalizacijski sustav u povijesnoj gradskoj jezgri i arsenalu.<sup>14</sup> Pula je bila podijeljena na tri grada u gradu: Arsenal, područje jugozapadno od Arsenala naseljeno oficirima, i područje sjeveroistočno od Arsenala naseljeno pretežito domicilnim stanovništvom. Promjene u komunalnoj infrastrukturi su se tako ponekad dešavale u jednom od te tri cijeline. Primjerice 19. kolovoza 1871. uvedena je plinska rasvjeta duž cijelog arsenala.<sup>15</sup> Također se radilo na proširenju vodovodne mreže na cijelu Pulu. Širenjem arsenala rasla je potreba, odnosno potrošnja vode. Dotadašnja cisterna zapremnine 316 m<sup>3</sup>, nije bila dostatna. Stoga je na Kaštelu započeta gradnja nove veće cisterne, dok su uz izvor vode postavljene također nove crpke.

Revolucionarne, radikalne i učinkovite mjere isušivanja močvarnog zemljišta u samoj Puli, uz liječenje oboljelih, pokrenuli su mornarički liječnici K. u. k. flote pod vodstvom sanitetskog pukovnika infektologa Augusta Jileka,<sup>16</sup> od 1868. do 1870. godine.<sup>17</sup> Time se, uz pomoć institucija, počeo rješavati ozbiljan problem malarije, koja je bitno utjecala na neučinkovitost u obavljanju gospodarskih djelatnosti. Godine 1884. Ministarstvo unutarnjih poslova izdalo je zakon kojim se osnovala sanitarna komisija za grad Pulu, sastavljena od jednog liječnika kojeg određuje Namjesništvo, jednog liječnika kojeg određuje Ratna mornarica i jednog liječnika iz Pulskog kotara (*distretto*), više liječnika iz grada Pule, više stručnjaka iz područja poljoprivrede, građevinarstva i komunalnog uređenja, a sve radi suzbijanja malarije.<sup>18</sup> Stoga melioraciju u gradu Puli možemo smatrati izravnim utjecajem institucija na gospodarsku učinkovitost.

O važnosti vodoopskrbe u sušnoj Istri svjedoči Naredba Ministarstva poljoprivrede o čuvanju dokumentiranih mapa s planom vodotoka.<sup>19</sup> Osobito je problem kulminirao u brzorastućoj Puli, što je motiviralo vodeće političke strukture za sustavno rješavanje. Suvremeni način vodoopskrbe datira od 1860. otkad se pulski vodovod razvija po veličini mreže i u tehnološkome smislu.

10 *Polaer Tagblatt*, 3. rujna 1913., 2577.

11 *Polaer Tagblatt*, 23. siječnja 1912., 2075.

12 *Südösterreichische Nachrichten*, 18. travnja 1910., 8.

13 18. Gesetz, wirksam für die Markgrafschaft Istrien, über die Versorgung mit dem für die Bedürfnisse des Lebens und der Landwirthschaft erforderlichen Wasser, LGBl 18/1864, 91, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=ikt&datum=18640004&seite=00000091> [pristupljeno 2. kolovoza 2014.].

14 KRIZMANIĆ, Atilio: Utjecaj smještaja arsenala na prostorni razvitak Pule, str. 158.

15 D. Winkler, Od spremišta za jedra do kovačnice oružja, str. 14 – 16.

16 JILEK, August (1819 – 1898) češki sanitetski liječnik, napisao je knjigu *Über das Verhalten der Malariafieber in Pola*, Wien: k. k. Hof- u. Staatsdruckerei, 1881.

17 RUDELIĆ, Ivan, *Povijest medicine u južnoj Istri u okviru svjetskih zbivanja*, Pula: Ars medica, 1997., 93.

18 33. Legge del 27 Agosto 1884, concernente l'istituzione d'una Commissione sanitaria nella città di Pola, LGBl 33/1884, 106, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=ikt&datum=18840104&seite=00000106> [pristupljeno 22. siječnja 2014.].

19 25. Ordinanza del Ministero per l' agricoltura di concerto coi Ministeri dell' interno, della giustizia e del commercio, concernente l' ordinamento e la tenuta del libro delle acque colla raccolta di mappe idrauliche e di documenti. Valevole pel Margraviato d' Istria, LGBl 25/1873, 12. kolovoza 1873., 63, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=ikt&datum=18730104&seite=00000063> [pristupljeno 2. siječnja 2014.].

Tablica 9. Godine uključenja pulskih crpilišta u sustav u doba Habsburške Monarhije<sup>20</sup>

| Crpilište      | Godina uključenja | Crpilište | Godina uključenja |
|----------------|-------------------|-----------|-------------------|
| Karolina       | 1860.             | Škatari   | 1907.             |
| Tivoli         | 1897.             | Fojbon    | 1907.             |
| Valdragon III. | 1907.             | Karpi     | 1908.             |
| Valdragon IV.  | 1907.             | Jadreški  | 1909.             |
| Valdragon V.   | 1907.             | Šišan     | 1911.             |

Pravo na vodu pratila je i pripadajuća zakonska regulativa. Tako Istarski sabor izglasava 14. studenog 1864. Zakon za opskrbu pitkom vodom za život i poljodjelsku ekonomiju,<sup>21</sup> koji je potaknuo pojedinačne inicijative za regulaciju opskrbe. Po navedenom zakonu svaka je općina dužna omogućiti opskrbu pitkom vodom kućanstva i poljodjelsku ekonomiju (čl. 1.). U slučajevima da ne postoji izvor, općina je dužna omogućiti opskrbu iz cisterna (čl. 2.). Stoga su u svim dijelovima Istre postojala lokalna rješenja vodoopskrbe: lokve, cisterne, bunari<sup>22</sup> i manji lokalni vodovodi.<sup>23</sup>

Nakon gradnje modernog Arsenala u Puli, količina vode iz Nimfeja, gradske cisterne iz 1792. kraj katedrale te privatnih cisterna i studenaca više nije zadovoljavala potrebe u sve napuščenijem gradu; stoga je Austrijska mornarica morala izgraditi novi vodovod i koristiti se izvorom na Nimfeju, čiji je prostor grad mornarici ustupio besplatno.<sup>24</sup> Građani su se iz toga sustava opskrbljivali tekućom vodom preko javnih slavina (tzv. *fontanelle*), podignutih na četirima mjestima. Godine 1876. izgrađena je nova vodosprema (1.627 m<sup>3</sup>) u dvorištu utvrde. Gradske su vlasti i mornarica našli nove izvore, pa je 1897. izgrađen drugi vodovod s vodospremom na Monte Ghiru.<sup>25</sup>

S institucijskog stajališta važno je napomenuti da je investicija u vodovodnu mrežu bila značajna stavka grada Pule, koja je, zajedno s ostalim investicijama u gradsku infrastrukturu, nadilazila gradske kreditne sposobnosti. Tako je, stupivši na dužnost, pulski podestat (gradonačelnik) Lodovico Rizzi o investicijama u gradsku infrastrukturu rekao: *Ukoliko se budemo mogli osloniti na sudjelovanje države, posao ćemo moći dovršiti bez prevelikoga opterećenja poreznih obveznika*.<sup>26</sup> Međutim, grad se morao oslanjati na vlastiti proračun pa je podignut zajam od 55.000 kruna za plinaru, 232.000 kruna za radove na vodovodu i 92.000 kruna za proširenje električne centrale.<sup>27</sup> Stoga je za pokrivanje tih i drugih troškova uvedeno dodatno oporezivanje.<sup>28</sup> U Austrijskoj mjesečnoj publikaciji za građevinski sektor do 1911. godine objavljeno je opširno izvješće o vodoopskrbi Pule, te se najavljuje investicija u vodovod u okolna mjesta Pule: Fažana, Brijuni, Peroj, Galijana, Loborika, Valtura, Šišan, Medulin, Pomer i Premantura. Za izgradnju vodovodne mreže za mjesta Škatari, Šikići, Jadreški i Šišan procjenjuje se iznos od oko 90 tisuća kruna, u što je uključena i izgradnja za Medulin i Ližnjan. Mjesta Valtura, Loborika i Muntić, prema navodima Waagena, morati će sačekati sljedeće investicijsko razdoblje.<sup>29</sup>

Plan vodoopskrbe Puljštine 1910. godine<sup>30</sup>

<sup>20</sup> Izvor: Arhivski podatci Vodovoda d. o. o. Pula, obrada: Alida Perkov.

<sup>21</sup> 18. Gesetz vom 14. November 1864, wirksam für die Markgrafschaft Istrien, über die Versorgung mit dem für die Bedürfnisse des Lebens und der Landwirtschaft erforderlichen Wasser, LGBl, 14. prosinca 1864., 91, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=ikt&datum=18640004&seite=00000091> [pristupljeno 2. siječnja 2014.].

<sup>22</sup> BOŽIČEVIĆ, Srećko, KOS, Zorko, *Vodoopskrba*, Zagreb: Istarska enciklopedija, LZMK, 2005., 886.

<sup>23</sup> Porečki gradski vodovod izgrađen je 1908. godine temeljem osnovnih postavki bečkih hidrogeologa, prema: Elena Uljanić-Vekić, *Rješavanje vodoopskrbnog pitanja u Poreču*, referat sa znanstvenog skupa povodom 150. obljetnice Istarskog sabora, 2011., (priopćenje).

<sup>24</sup> KRIZMANIĆ, Atilio, *Prostorni razvitak austrijske Pule*, Pula tri tisućljeća mita i stvarnosti, Pula: C.A.S.H., 2005., 149.

<sup>25</sup> Isto.

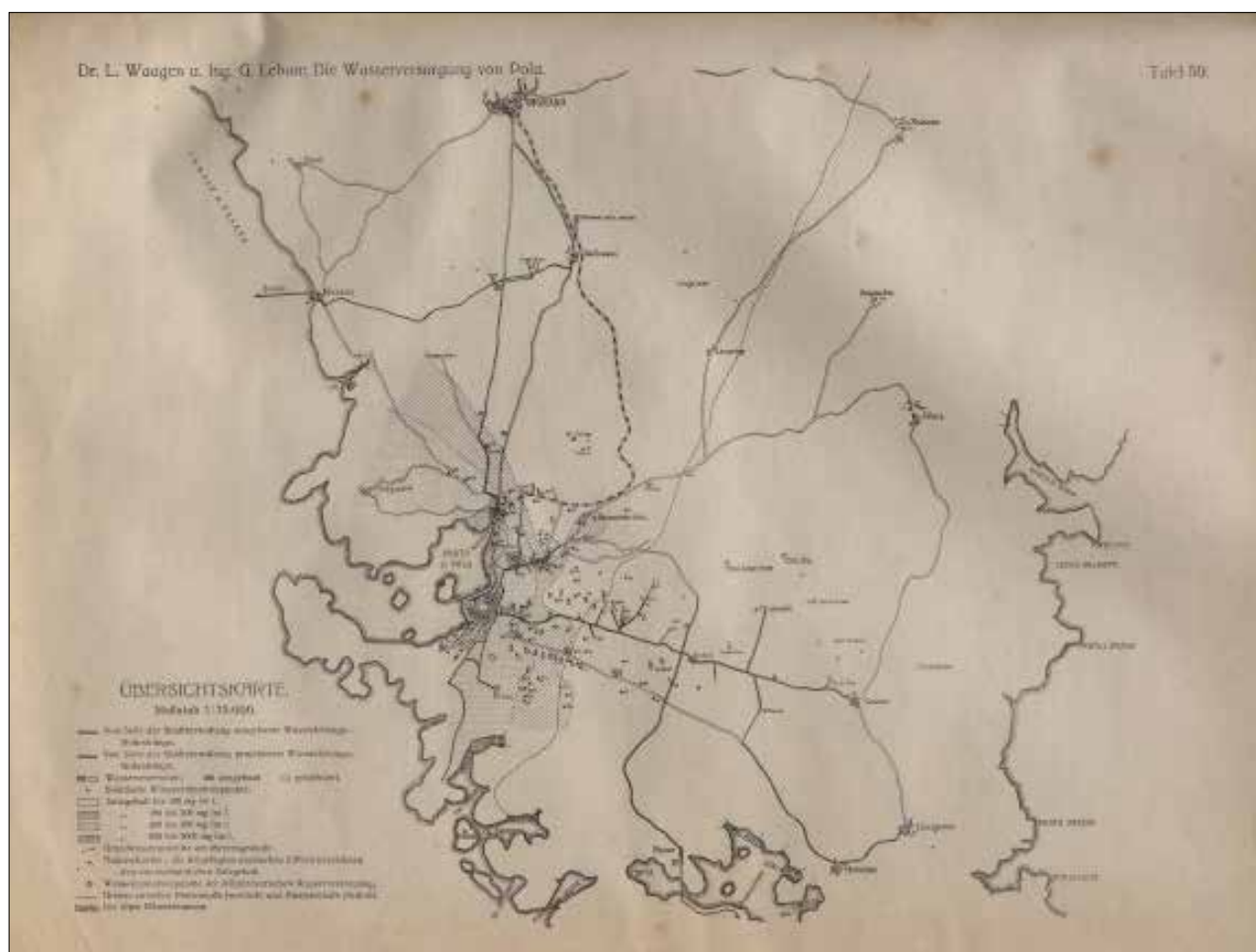
<sup>26</sup> BENUSSI, Bernardo, *Povijest Pule u svjetlu municipalnih ustanova do 1918. godine*, Pula: ZN Žakan Juri, 2002., 598.

<sup>27</sup> Isto, 668.

<sup>28</sup> Isto, 669.

<sup>29</sup> WAAGEN, Lukas: Mitteilungen über Entwürfe und Ausführungen von Bauten und Allgemeinen Erörterungen. Die Wasserversorgung von Pula. Österreichische Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst, Ien: 1919, str 447.

<sup>30</sup> WAAGEN, Lukas: Österreichische Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst, Wien: 1919., slikovni prilozi (Bildteil) str.117.



### 3.2 Elektrifikacija Pule i Istre

Elektrifikacija Pule i Istre zbog vojnostrateških razloga započela je relativno rano. Korištenje električne energije za vlastite potrebe započelo je u Arsenalu 1890. godine. No prije toga, 1883. tvrtka „Marchesi Piero“ u Vodnjanu koristi se parnim lokomobilom s generatorom istosmjerne struje za vlastite industrijske potrebe (ponajviše za uljare) i rasvjetu pogona, a ujedno je prva u Istri uvela električnu rasvjetu. Već 1889. Marchesi ugrađuje drugi lokomobil i počinje službeno distribuirati električnu energiju za rasvjetu ulica i javnih lokala. Centrala je proizvodila i distribuirala električnu energiju sve do 1928., kada dolazi do izgradnje dalekovoda 10 kV Pula – Vodnjan.<sup>31</sup>

Između 1900. i 1904., lokalni izvori za proizvodnju električne energije postojali su u Puli i u sljedećim objektima: hotel „Imperial“, kavana „Miramare“, hotel „Riviera“, Mornarički dom „Casino“, Vodovod „Karolina“ i „Fojbon“.

Prva električna rasvjeta u javnom prostoru u Istri proradila je 30. ožujka 1905. u kavani „Secession“ Edoarda Cerlenizze u ulici Barbacani (danas Anticova); imala je četrdesetak žarulja i isto toliko plinskih rasvjetnih tijela. Javna rasvjeta s dvjema probnim armaturama i žaruljama sa žarnom niti puštena je u pogon 22. prosinca 1906. kraj Zlatnih vrata u Puli nasuprot ljekarne Rodinis, što je označilo početak primjene novoga sustava javne i postupno napuštanje plinske rasvjete.<sup>32</sup> U ostalome dijelu Istre, pojedini mlinovi i uljare imali su također vlastite pogone za opskrbu električnom energijom. Opatija i Volosko elektrificirani su 1896. (Poduzeće „Albert Jordan“ iz Beča). Na Brijunima se od 1898. za gospodarske potrebe koristi električna energija iz električne centrale s lokomobilnim parnim strojem 25 KS i generatorom istosmjerne struje, napona 110 V. Godine 1897. Ministarstvo željeznica zadužilo je inženjera Rudolfa Urbanickog iz Linza za izradu preliminarne tehničke dokumentacije u svezi s tramvajskim po-

31 MIŠKOVIĆ, Davor i dr., *50 godina Elektroistre*, Pula: HEP, DP Elektroistra, 2000., 9.

32 BRAJKOVIĆ, Denis, *Elektrifikacija*, Istarska enciklopedija, Zagreb: LZMK, 2005., 204.

strojenjem sa životinjskom ili električnom vučom u gradu Puli. Budući da je prihvaćen prijedlog tramvaja na električni pogon, projektnu dokumentaciju prve javne elektrane izradio je *Aktiengesellschaft Fur elektronische Unternehmungen* iz Beča. Već je 24. travnja 1904. krenuo u Puli prvi električni tramvaj, a 26. travnja iste godine uvedena je električna rasvjeta iz javne mreže.<sup>33</sup> Ubrzana modernizacija kopirala je standarde Beča. Valja napomenuti da je obveza električnog brojila zakonski utvrđena već 1903. godine.<sup>34</sup>

### 3.3 Plinifikacija

Gradski je plin prepoznat kao važan infrastrukturni element, stoga je već 1875. regulirana njegova uporaba.<sup>35</sup> Godine 1871. dioničko društvo Pollak Reiseivitsz & Co. pušta u pogon prvu gradsku plinaru s dnevnim kapacitetom od 5000 kubičnih metara dnevno<sup>36</sup>. Korištenje gradskog plina uvedeno je relativno rano: uz Pula (u korištenju od 1871. do 1968.), tu je i Poreč (1907. – 1956.), Rovinj (1904. – 1960.) i Pazin (1907. – 1930.).<sup>37</sup> Plinara u Rovinju bila je sagrađena 1904. godine s oko 4 km plinovodne mreže, dok je plinara u Poreču bila daleko manjeg kapaciteta sa svega 100 metara plinovodne mreže.<sup>38</sup> Plinara u Puli izgrađena je 28. kolovoza 1871., u današnjem središtu grada, proizvodnoga kapaciteta 5.000 m<sup>3</sup>/dan rasvjetnog plina. No za grad u ekspanziji kao što je Pula to je bilo malo. Od 3. svibnja 1900. Plinaru je preuzela gradska uprava, a nagli razvoj grada Pule do Prvog svjetskog rata i orijentacija u korištenju proizvedenoga plina, osim za potrebe rasvjete i za potrebe grijanja, uvjetovala je izgradnju većega proizvodnog postrojenja plinare na novoj lokaciji u zaljevu Veruda.<sup>39</sup> Tako je 1912. puštena u pogon veća plinara kapaciteta 15 tisuća kubnih metara dnevno koja se koristila tehnologijom proizvodnje plina na bazi suhe destilacije kamenoga ugljena dopremanog iz drugih dijelova Monarhije. Preko razvodne gradske plinske mreže u dužini od oko 50 km bilo je opskrbljeno oko 1.700 do 1.800 domaćinstava grada Pule.<sup>40</sup>

### 3.4 Gradski prijevoz

Iako je ključan čimbenik za razvoj grada međunarodna prometna povezanost<sup>41</sup>, komunalna infrastruktura obuhvaća gradski prijevoz. Tramvaj je na prijelazu stoljeća, što se Markgrofovije Istre tiče, funkcionirao u Puli, Opatiji i Piranu.<sup>42</sup> Nastanak javnoga gradskog prijevoza u Puli povezan je s naglim razvojem grada u drugoj polovini 19. stoljeća, kada se nametnula potreba adekvatnoga rješavanja prijevoza putnika. Pulski tramvaj koji je pušten u promet 24. ožujka 1904., značajan je zbog institucijske intervencije<sup>43</sup>; naime za njega je Ministarstvo željeznica 1887. naručilo izradu idejnog rješenja konjskoga ili električnog tramvaja.<sup>44</sup> Osim toga, gradska uprava raspisala je obveznice za 2.700.000 kruna za ostvarenje izgradnje električnoga tramvaja.<sup>45</sup> Na taj se način izravno investicijom koju je pokrenuo grad Pula utjecalo na kvalitetu života, ali i na kvalitetu odlaska i dolaska na radno mjesto. Nakon trideset godina redovitog prometovanja tramvaj je ukinut 16. travnja 1934. godine i zamijenjen autobusima. Za razliku

33 MIŠKOVIĆ, Davor i dr., *50 godina Elektroistre*, 9.

34 170. Notificazione del Ministero del commercio, concernente l' ammissione definitiva dei tipi di contatori elettrici XLVIII, XLVIII a, LXII, LXIV, LXVII, LXVIII, LXIX, LXX e LXXI all' autenticazione ufficiale di saggio a l' ammissione del tipo contatore LXI (efr. B. L. I. Nro. 112 ex 1903) all' impiego in impianti a corrente rotatoria difasica, RGBI 170/1903, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rit&datum=19030004&seite=00000590> [pristupljeno 2. siječnja 2022.]

35 76. Ordinanza dei Ministri del commercio e dell' interno, in seguito alla quale la professione del condurre tubi pel gas infiammabile e del costruire allestimenti d' illuminazione, quando sia esercitata a modo d' industria viene compress fra le industrie alligate ad una concessione, RGBI 76/1875, 178, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rit&datum=18750004&seite=00000178> [pristupljeno 22. srpnja 2022.].

36 GONAN, Lina, *Arhitektura Austro-Ugarske mornarice u Puli*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Filozofski fakultet, Odsjek za povijest umjetnosti, str 13., 2014.

37 MIŠKOVIĆ, Davor i dr., *50 godina Elektroistre*, 9.

38 VLAČIĆ, Emilio, *Ekonomska struktura Istre 1918. godine* (odlomak iz veće studije, *Ekonomski odnosi u Istri 1918 – 1941*), Pula: Istarski mozaik, 1965., str. 13.

39 ORBANIĆ, Giuseppe, *Plinare*, Zagreb: Istarska enciklopedija, LZMK, 2005., 598.

40 VLAČIĆ, Emilio, *Ekonomska struktura Istre 1918. godine*..., 13.

41 Lloydove su parobrodске linije povezivale Pulu s ostalim krajevima, rabije teže dostupnim. Tako je primjerice parobrod na liniji iz Trsta obilazio luke u Piranu, Novigradu, Poreču i Rovinju, da bi u popodnevnom satima pristajao u Puli, od kuda bi u konačnici isplovio prema Rijeci. (<http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=132>)

42 ORBANIĆ, Josip, *Promet u Istri*, 46–48.

43 92. Notificazione del Ministero delle ferrovie, concernente la concessione di due linee ferroviarie piccole a scartamento normale da esercitarsi a trazione elettrica a Pola, RGBI 92/1904, 203, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rit&datum=19040004&seite=00000203> [pristupljeno 22. srpnja 2014.].

44 ORBANIĆ, Josip, *Promet u Istri*, 46.

45 BENUSSI, Bernardo, *Povijest Pule u svjetlu municipalnih ustanova do 1918. godine*, 600.

od gradske investicije u Puli, tramvaji u Opatiji<sup>46</sup> izgrađeni su 1908. investicijom privatnoga kapitala Dioničkog društva *Električni tramvaj Matulji – Opatija – Lovran*, dok je u Izoli 1912. tramvaj<sup>47</sup> financiran iz proračuna općine Piran.<sup>48</sup>

Časopis *Illustrierte Österreichische Riviera-Zeitung* je pisao o pulskom električnom tramvaju, osnovanom 1904. godine, kao o suvremenom prijevoznom sredstvu koje će imati važnu ulogu u turističkoj promidžbi grada. Naime, kako se navodi u članku, gostima koji su prvi put posjećivali Pulu vožnja tramvajem omogućila je brzo upoznavanje gradskih znamenitosti (amfiteatra, spomenika carici Elizabeti, Slavoluka Sergijevaca, luke i Arsenala, katedrale, Mornaričkog kasina i kazališta).<sup>49</sup>

Prije Prvog svjetskog rata u Istri je djelovalo dvanaest željezničkih i tramvajskih društava: *Carsko kraljevske austrijske državne željeznice* za prugu Divača – Pula, Kanfanar – Rovinj, Hrpelje – Kozina – Trst; *Društvo južne željeznice* za prugu Sv. Peter – (Pivka) – Rijeka; lokalna željeznica Opatija – Veprinac; *Opatijsko željezničko i maloželjezničko društvo* u Voloskom; električna mala željeznica Opatija – Planinarska kuća na Učki; električna mala željeznica Lovran – Učka; električni tramvaj Matulji – Opatija – Lovran; električni tramvaj Preluk – državna granica kod Kantride; električna lokalna željeznica Savudrija – Umag.<sup>50</sup> Mnoge su željeznice izgubile na značaju te su dotrajale ili su razmontirane, ne djelujući više kao prometno sredstvo u Istri.

### 3.5 Gradska tržnica Pula

U okviru trgovine važnu ulogu u maloprodaji zauzima pulska tržnica, „trbuh“ najvećega istarskoga grada. Radovi na izgradnji gradske tržnice započeli su u veljači 1902. godine pod nadzorom arhitekta Pokornog iz poduzeća Jakoba Ludwiga Münza, te Ivančića i Gina Weisa iz gradskoga građevinskog odjela. Tržnica je svečano inaugurirana 1. prosinca 1903.g.. U to vrijeme bio je to jedinstven primjer moderne arhitekture s uporabom mnogo željeza i stakla, a prema projektu inženjera L. Nobisa. U podnožju tržnice s jedne je strane bila ribarnica, a s druge ledara. Kat je bio rezerviran za prodaju voća i povrća, dok su ispred bile male kućice za prodaju gotove hrane.<sup>51</sup>

Trgovcima je bilo na raspolaganju 86 prodajnih mjesta – fiksnih stolova, od toga 12 za mesare i ostalo za voće i povrće. Prvi i drugi svjetski rat utjecali su na zamiranje tržnice.

Tržnica se izgradila iz proračunskoga novca grada Pule, kao i još neki drugi infrastrukturni objekti. Bečka tvrtka Münz utrošila je prema Benussiju 250.000 kruna, a naknadno su troškovi bili povećani za 77.368 kruna.<sup>52</sup> Polukružne željezne konstrukcije proizvedene su u željezari Witkowice. Investicijom je, osim poboljšanjem infrastrukture, grad Pula osigurao urednu opskrbljenost lokalnog stanovništva, a istodobno je omogućio poljoprivrednim proizvođačima da organizirano prodaju svoje proizvode, ali se tu našlo i uvozne robe.<sup>53</sup>

### 3.6 Gradsko groblje

Do polovice 19. stoljeća pokapanja u gradu Puli obavljala su se unutar gradskih zidina. Kako bi se spriječio širenje epidemije uzrokovane nehygijskim uvjetima, zakapanja su se počela odvijati izvan gradskih zidina tek sredinom 19. stoljeća, a ideja potječe od Dr. Vincenza Benini-a iz 1799. Međutim, ra-

46 66. Notificazione del Ministero delle ferrovie, concernente la parziale modificazione della concessione per la ferrovia piccola a scartamento ridotto da esercitarsi a trazione elettrica da abbazia Mattuglie per Volosca e Abbazia a Lovrana, RGBI 66/1907, 365, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rit&datum=19070004&seite=00000365> [pristupljeno 22. srpnja 2014.].

47 132. Notificazione del Ministero delle ferrovie, concernente la concessione di una ferrovia piccola a scartamento ridotto da esercitarsi a trazione elettrica da Pirano a Portorose, RGBI 132/1912, 621, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rit&datum=19120004&seite=00000621> [pristupljeno 22. srpnja 2014.].

48 ORBANIĆ, Josip, nav. dj., 47–48.

49 *Illustrierte Österreichische Riviera-Zeitung*, 15. travnja 1904., br. 1.

50 ORBANIĆ, Josip, nav. dj., 49.

51 Pulski dnevnik „Il giornaleto di Pola“ piše o potrebi uvođenja pravila ponašanja za posjetitelje povodom otvaranja zgrade Tržnice: ... *Al mercato nuovo saranno affisse le tabelle indicanti la direzione della salita e della discesa... venne deliberata la proibizione di gettare sul terrazzo le bucce d'arranci...* (Il Giornaleto di Pola, 5. travnja 1903.)

52 BENUSSI, Bernardo, *Povijest Pule u svjetlu municipalnih ustanova do 1918. godine*, 667.

53 Tako primjerice časopis Brioni Insel-Zeitung preporučuje dobru kavu u *Kaffeehaus* u sklopu pulske tržnice (Brioni-Insel-Zeitung nr. 35./1.10.1910., str. 5).

zvoj Pule, (Napoleonovo doba), donosi i promjenu administrativne obveze da isključivo crkva sahranjuje pokojnika, pa tako gradske vlasti postaju nadležne za tu djelatnost. Kako bi se higijensko zdravstveni uvjeti u gradu održali u dopuštenim, tada novopropisanim normama, 1846. donešena je odluka o gradnji novoga gradskog groblja, koje neće biti u središtu grada, već izvan njega. Za novu lokaciju izabrano je obližnje brdo Monte Ghiro, a sa prvim ukopima počelo se 1848. godine. Sukladno činjenici da je stopa smrtnosti bila visoka, već 1910. godine dolazi do prvog proširenja groblja. U sustav komunalne infrastrukture ulazi i Mornaričko groblje u Puli, bivše austrougarsko Carsko i kraljevsko mornaričko groblje (Kaiserlich und Königlich Marinefriedhof), otvoreno 1862. nedaleko od uvale Valkane.

Za njegovo je uređenje Ministarstvo rata kupilo 4.000 m<sup>2</sup> zemljišta. Prva su se pokapanja obavljala u skupne grobnice, a 1870. zbog higijenskih je razloga odobreno pojedinačno pokapanje. Na groblju se nalazi crkvice sv. Nikole.

Naknadnim proširivanjem groblja obuhvaća 22.039 m<sup>2</sup>. Tijekom Prvoga svjetskog rata na njemu su pokopane žrtve brodske nesreće parobroda Baron Gautsch (1914.) i članovi posade potopljenih bojnih brodova Szent István i Viribus Unitis (1918.) te preminuli od teške epidemije gripe posljednje ratne zime (1917./18.). Zbog toga su se morale urediti skupne grobnice, a na kraju rata više nisu bila moguća daljnja pokapanja. U svibnju 1918. planirala se gradnja drugoga mornaričkoga groblja, ali to nije ostvareno. Na Groblju je pokopano 12 austrougarskih admirala (zapovjednik Ratne mornarice Anton Bourguignon von Baumberg 1879. i dr.) i jedan turski admiral.

### 3.7 Ostale investicije u komunalnu infrastrukturu

Od ostalih investicija u pulsku komunalnu infrastrukturu, koji su omogućili posao građevinskoj operativi ističu se gradska bolnica (izgrađena 1894.; obnovom 1903. postala je pokrajinska), pučke škole, ženski licej. Međutim to su investicije koje nisu izravno vezane uz komunalno gospodarstvo, osim uz graditeljski sektor. No tražen je i zajam za kanalizaciju i popločavanje cesta (440.000 kruna), dodatnih 25.000 kruna za električnu centralu, 55.000 kruna za plinaru, 232.000 kruna za vodovod, a sve na teret poreznih obveznika.<sup>54</sup> Prenapregnute investicije za pulsku gradsku blagajnu dovele su do „očajnog stanja javnih financija usprkos stalnim povećanjima poreza...”<sup>55</sup>, u nastojanju da infrastruktura prati potrebe grada u ekspanziji.

Mornarički park prvi je pulski (i istarski) javni perivoj i uređen 1863. pod imenom Maksimilijanov park. Nalazi se pri kraju zidina arsenala u podnožju Monte Zara. Zauzima površinu od 12 000 četvornih metara od kojih je 4 700 uređeno stazama, a ostatak je pod biljnim pokrovom. Iz karata iz sedamdesetih godina 19. stoljeća da se zaključiti kako je bio oblikovan kao pravilna četverokuta površina razdijeljena vijugavim stazicama.<sup>56</sup> Sve do 1914. u parku su sadene biljke iz cijelog svijeta koje su donosili moreplovci, pa je perivoj postao prava zbirka egzotičnog bilja.

O izgledu i stanju grada iz druge polovice 19. stoljeća, kojim se dijelom dotiče i komunalne infrastrukture, doznajemo iz pera poručnika linijskog broda Josefa Lehnerta, koji, između ostalog, piše: „Ipak mora se priznati, da se je u zadnjem desetljeću (koncem 1870.-tih godina, op.aut.) puno toga uradilo kako bi Pula postala ljepšom i prikladnijom za stanovanje. U to, svakako, treba uračunati i lijepo popločane ulice, plinsku rasvjetu, perivoje koje je podigla Ratna mornarica gdje je to ikako moguće, a onda i dobre željezničke veze.”<sup>57</sup>

Svi su ovi zahvati primjer kako militarizacija može pridonijeti razvoju neke sredine, ali u isto vrijeme učiniti njezino gospodarstvo u potpunosti ovisno o njezinoj vojnoj funkciji.

54 BENUSSI, Bernardo, *Povijest Pule u svjetlu municipalnih ustanova do 1918. godine*, 668.

55 Isto, 636.

56 MANDIĆ Bulić, Tatjana (2000.), *Najstariji javni park u Istri : pulski Mornarički park, Franina i Jurina*, knj. 53: 126-130, Pula 2000.

57 ŽERAČICA Emil Kazimir, *Daleka mora: Pula i pomorski pothvat 1874. – 1876.*, Istarsko književno društvo „Juraj Dobrila”, Pazin, 1990., str. 14 – 21.



#### 4. ZAKLJUČAK

Proces industrijalizacije postepeno je potaknuo poboljšanje životnih uvjeta i doseljavanje stanovništva iz unutrašnjosti Monarhije. Grad Pula se od sredine 19. stoljeća nakon razdoblja antike ponovno uzdiže, i od malog, zapuštenog i malaričnog mjestašca postepeno prerasta u jedan razvijeni europski grad. Od-luka o gradnji glavnog središta Carske i kraljevske ratne mornarice obilježila je povijest grada.

Naime rastom i razvojem mornarice raste i Pula. Grad i njegovi građani , civilno i vojno stanovništvo, živjeli su u simbiozi sa brodogradilištem, na obostranu korist. Razvoj komunalne infrastrukture bila je povezana povratnom spregom na rast i širenje grada Pule.

**Povezujemo svjetove,  
gradimo budućnost.**

Connecting worlds,  
building the future.



**DALEKOVOD  
PROJEKT**

[www.dalekovod.hr](http://www.dalekovod.hr)



# C&G

skupina

## Celovite rešitve v energetiki

[www.c-g.si](http://www.c-g.si)

Člani C&G skupine

**C&G**  
C&G d.o.o. LJUBLJANA

**SiPRO**  
■ INŽENIRING ■

**elmont**

