

ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO MARIBOR



REFERATI

42. KOTNIKOVI DNEVI

**IZOBRAŽEVANJE S PODROČJA
MOČNOSTNE ELEKTROTEHNIKE
IN SODOBNIH ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ**

RADENCI, 2024

Posvetovanje:

42. KOTNIKOVI DNEVI
Radenci - Hotel Radin, 21. in 22. marec 2024

Organizator:

ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO MARIBOR
Glavni trg 17 b, 2000 Maribor

Predsednik ED:

mag. Gerhard ANGLEITNER

Urednik:

mag. Marjan ZORMAN

Avtorji referatov:

1. *mag. Rudi Zorko*
2. *dr. Ferdinand Gubina*
3. *mag. Mirko Javoršek*
4. *Jože. J. unk*
5. *Benjamin Zlodej*
6. *mag. Borut Dernovšek*
7. *Marko Kotnik*
8. *mag. Darko Koritnik*
9. *Andrej Orgulan, Aljaž Kovačič*
10. *mag. Drago Pavlič*
11. *dr. Primož Sukič*
12. *dr. Viktor Lavrenčič, Andrej Androjna, Ana Lovrenčič*
13. *Aleš Robnik*
14. *Andrej Špec, Matjaž Miklavčič*
15. *Matjaž Miklavčič*
16. *dr. Janez Ribič, Janez Podlipnik, dr. Jože pihler*

*Oblikovanje in računalniška obdelava
zbornika povzetkov in referatov:*

Bogomir VEBER

Elektronska oblika zbornika bo dosegljiva na [www. http://ed-mb.si/](http://ed-mb.si/)

Zbornik: www.ed-mb.si

Geslo za prenos zbornika: edmb2024!

***Vse pravice pridržane. Ponatis celote ali posameznih delov je dovoljen samo z dovoljenjem
organizatorja in vedno z navedbo vira***

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

621.3(082)

KOTNIKOVI dnevi (42 ; 2024 ; Radenci)

Izobraževanje s področja močnostne elektrotehnike in sodobnih električnih inštalacij [Elektronski vir] :
povzetki referatov / 42. Kotnikovi dnevi, Radenci, [21. in 22. marec 2024] ; [urednik Marjan Zorman] ;
[organizator] Elektrotehniško društvo Maribor. - E-zbornik. - Maribor : Elektrotehniško društvo, 2024

Način dostopa (URL): <http://ed-mn.si/>

ISBN 978-961-96584-1-3

1. Zorman, Marjan

COBISS.SI-ID 187170819



9 789619 658413



VSEBINA

1.	<i>mag. Rudi Zorko</i> POROČILO EZS IN DELO NA PREDPISIH	I
2.	<i>dr. Ferdinand Gubina</i> O NAČRTOVANJU PROIZVODNIH VIROV ELEKTRIČNE ENERGIJE IN MOČI V SLOVENIJI DO LETA 2050	II
2.	<i>mag. Mirko Javeršek</i> HIBRIDNI SAMOOSKRBNI SISTEMI V SODOBNIH DOMOVH	III
4.	<i>Jože. J. unk</i> TEHNIŠKA SLOVENŠČINA IN DNEVNI JEZIK	IV
5.	<i>Benjamin Zlodej</i> PREDRAZVOJ VAROVALČNEGA LOČILNEGA STIKALA «STV DO2» IN SIMULACIJA ŠIRJENJA OBLOKA	V
6.	<i>mag. Borut Drnovšek</i> PRAVA IZBIRA DIFERENČNE ZAŠČITE PRI UPORABI HIŠNIH POLNILNIC ZA ELEKTRIČNA VOZILA	VI
7.	<i>Marko Kotnik</i> ZASNOVA NIZKONAPETOSTNE ELEKTRIČNE INŠTALACIJE V PREDORU	VII
8.	<i>mag. Darko Koritnik</i> STOPENJSKA METODA GEOELEKTRIČNEGA SONDIRANJA ZEMLJE	VIII
9.	<i>Andrej Orgulan, Aljaž Kovačič</i> RAZSVETLJAVA IN INFORMACIJSKO MODELIRANJE GRADENJ (BIM)	IX
10.	<i>mag. Drago Pavlič</i> NOVOSTI PRI UPORABI PRAVILNIKA IN TEHNIČNE SMERNICE ZA NIZKONAPETOSTNE INŠTALACIJE	X
11.	<i>Dr. Primož Sukič</i> TEHNIČNE PASTI BATERIJSKIH HRANILNIKOV ENERGIJE	XI
12.	<i>Dr. Viktor Lovrenčič, mag. Andrej Androjna, Ana Lovrenčič</i> VARNOST IN ZDRAVJE VZDRŽEVALCEV – CILJ NIČ NEZGOD (LOTO – Lock Out/Tag Out = ZAKLENI/OZNAČI)	XII
13.	<i>Aleš Robnik</i> POŽARNA VARNOST OB NAMESTITVI SONČNE ELEKTRARNE – 2 POŽARNA PRESOJA OB NAMESTITVI SONČNE ELEKTRARNE NA OBJEKT	XIII
14.	<i>Andrej Špec, Matjaž Miklavčič</i> NOVI NAČINI OBRAČUNAVANJA OMREŽNINE	XIV
15.	<i>Matjaž Miklavčič</i> SPREMEMBE SONDSEE	XV
16.	<i>dr. Janez Ribič, Janez Podlipnik, dr. Jože Pihler</i> IZBIRA ZAŠČITE PRED DELOVANJEM STRELE PO STANDARDU SIST EN 62305-2	XVI

42. KOTNIKOVI DNEVI Radenci – Hotel Radin, 21. in 22. marec 2024

ORGANIZATOR:

ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO MARIBOR
Glavni trg 17 b, 2000 Maribor

NAMEN:

Posvetovanje - dopolnilno izobraževanje je namenjeno strokovnjakom elektroenergetike s področja vzdrževanja, projektiranja, investicijske dejavnosti, predavateljem strokovnih šol in zainteresirani javnosti.

Referenčne teme za leto 2024:

- ◆ *Alternativni viri električne energije in njihovo vključevanje v elektroenergetske sisteme,*
- ◆ *Novi standardi SIST na področju električnih instalacij in njihova uporaba v praksi,*
- ◆ *Problematika, izkušnje, pomanjkljivosti pri uporabi obstoječih veljavnih standardov,*
- ◆ *Predstavitev velikih tehnoloških projektov in novosti s področja električnih instalacij,*
- ◆ *Vpliv porabnikov na kakovost napetosti in toka v električnih instalacijah,*
- ◆ *Učinkovita raba inteligentnih električnih instalacij, dosedanje izkušnje, investitorjev,*
- ◆ *Uporaba in vpliv LED razsvetljave na električne instalacije,*
- ◆ *Delo pod napetostjo na nizkonapetostnih instalacijah in vzdrževanje,*
- ◆ *Ekologija na področju elektroenergetike, vplivi na okolje.*

Pobude za reševanje aktualne problematike iz razprav udeležencev in predavateljev posredujemo, v smislu zaključkov posvetovanja, ustreznim državnim institucijam.

Pooblaščen in nadzorni inženirji za udeležbo na posvetovanju pridobijo 5 kreditnih točk iz izbirnih vsebin skladno s Splošnim aktom o stalnem poklicnem usposabljanju pooblaščenih inženirjev.

Seznam in potrdilo udeležbe aktivnih in pasivnih pooblaščenih inženirjev na usposabljanju, bo organizator dostavil IZS.

V avli hotela prikaz proizvodnih programov s področja električnih inštalacij, merilnih inštrumentov in opreme za elektroenergetske naprave

ORGANIZACIJSKI ODBOR:

mag. Marjan Zorman
mag. Gerhard Angleitner
Bogomir Veber
mag. Darko Koritnik
Matjaž Miklavčič
Drago Černoga
Aleksander Obrecht

ČETRTEK, 21. 3. 2024

9.30 začetek posvetovanja

9.45 – 13.00 Predstavitev referatov

1. mag. Rudi Zorko

POROČILO EZS IN DELO NA PREDPISIH

2. dr. Ferdinand Gubina

O NAČRTOVANJU PROIZVODNIH VIROV ELEKTRIČNE ENERGIJE IN MOČI V SLOVENIJI DO LETA 2050

3. mag. Mirko Javeršek

HIBRIDNI SAMOOSKRBNI SISTEMI V SODOBNIH DOMOVIH

11.30 – 11.45 Odmor

4. Jože Unk

TEHNIŠKA SLOVENŠČINA IN DNEVNI JEZIK

5. Benjamin Zlodej

PREDRAZVOJ VAROVALČNEGA LOČILNEGA STIKALA «STV DO2» IN SIMULACIJA ŠIRJENJA OBLOKA

6. mag. Borut Drnovšek

PRAVA IZBIRA DIFERENČNE ZAŠČITE PRI UPORABI HIŠNIH POLNILNIC ZA ELEKTRIČNA VOZILA

13.00 – 15.00 kosilo

15.00 – 18.00 Predstavitev referatov

7. Marko Kotnik

ZASNOVA NIZKONAPETOSTNE ELEKTRIČNE INŠTALACIJE V PREDORU

8- mag. Darko Koritnik

STOPENJSKA METODA GEOELEKTRIČNEGA SONDIRANJA ZEMLJE

16.15 – 16.30 Odmor

9. Andrej Orgulan, Aljaž Kovačič

RAZSVETLJAVA IN INFORMACIJSKO MODELIRANJE GRADENJ (BIM)

10. mag. Drago Pavlič

NOVOSTI PRI UPORABI PRAVILNIKA IN TEHNIČNE SMERNICE ZA NIZKONAPETOSTNE INŠTALACIJE

11. Dr. Primož Sukič

TEHNIČNE PASTI BATERIJSKIH HRANILNIKOV ENERGIJE

PETEK, 22. 3. 2024

09.30 – 13.00 Predstavitev referatov

12. Dr. Viktor Lovrenčič, mag. Andrej Androjna, Ana Lovrenčič

VARNOST IN ZDRAVJE VZDRŽEVALCEV – CILJ NIČ NEZGOD (LOTO – Lock Out/Tag Out = ZAKLENI/OZNAČI)

13. Aleš Robnik

POŽARNA VARNOST OB NAMESTITVI SONČNE ELEKTRARNE – 2

POŽARNA PRESOJA OB NAMESTITVI SONČNE ELEKTRARNE NA OBJEKT

14. Andrej Špec, Matjaž Miklavčič

NOVI NAČINI OBRAČUNAVANJA OMREŽNINE

10.45 – 11.00 Odmor

15. Matjaž Miklavčič

SPREMEMBE SONDSEE

16. dr. Janez Ribič, Janez Podlipnik, dr. Jože Pihler

IZBIRA ZAŠČITE PRED DELOVANJEM STRELE PO STANDARDU SIST EN 62305-2

13.00 Zaključek posvetovanja



mag. Rudi Zorko, univ. dipl. inž.

generalni sekretar, Elektrotehniška zveza Slovenije

POROČILO EZS IN DELO NA PREDPISIH

Povzetek:

Članek podaja kratek pregled dejavnosti Elektrotehniške zveze Slovenije. V prvem delu je povzetek operativnih dejavnosti EZS v minulem obdobju. V tehnološki prehod nas sili nuja po sonaravnem razvoju družbe v svetovnem merilu. Pri tem imata elektrika in elektrotehnika še posebne izzive.

The article provides a brief overview of the activities of the Electrical Engineering Association of Slovenia. The first part contains a summary of the operational activities of EZS in the past period. The technological transition is a forced necessity for the natural development of society on a global scale. In this respect, electricity and electrical engineering also have special challenges.

Uvod

Elektrotehniška zveza Slovenije je letu 2023 proslavila 70 let delovanja. Istočasno je Elektrotehniški vestnik, ki ga izdaja EZS, tudi lansko leto beležil devetdeset let izhajanja. Leta 1933 ga je začela izdajati zadruga slovenskih elektro-obrtnikov.

Primerljivo s srednjeevropskimi državami, na primer z Avstrijo šteje njihova strokovna organizacija OVE 140 let od ustanovitve.

EZS opravlja pomembno vlogo povezovanja elektrotehnikov, zagotavljanja njihovega izobraževanja, spodbujanja in usmerjanja razvojno-raziskovalne dejavnosti, sodelovanja z gospodarstvom in promocije stroke.

V obdobju svojega delovanja je EZS opravila pomembno delo predvsem v slovenskem, z nekaterimi akcijami pa tudi v evropskem in svetovnem merilu. Njeno vlogo je formalno potrdilo Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport in ji z izdajo posebne odločbe podelilo status zveze, ki deluje v javnem interesu na področju znanosti in tehnologije.

EZS posveča veliko pozornost tudi razvoju slovenskega elektrotehniškega izrazja, pri čemer sodeluje s Slovensko akademijo znanosti in umetnosti ([SAZU](#)). V sodelovanju z upravnimi organi deluje na področju slovenske regulative in v sodelovanju s Slovenskim inštitutom za standardizacijo ([SIST](#)) na področju standardizacije. Pri aktivnostih na področju graditve objektov sodeluje z matično sekcijo elektroinženirjev v Inženirski zbornici Slovenije.

Rezultate strokovnega dela objavlja EZS v glasilih Elektrotehniški vestnik (objavljeni članki so v slovenskem ali angleškem jeziku), Vakuumist in Informacije MIDEM. Informiranju članov o tekoči dejavnosti EZS ter o dogajanju na področju elektrotehnike pri nas in v svetu pa so namenjene spletne strani EZS in društev.

V nadaljevanju sledi predstavitev dela EZS, ki je razdeljena na naslednja 3 poglavja, pri čemer so dodatno izpostavljeni izzivi, s katerimi se je EZS soočala v lanskem letu in kompetence ter dokazila, ki jih posamezniki pridobijo na osnovi izobraževanj:

A. DELO EZS V 2023

B. IZZIVI V LETU 2023

C. KOMPETENCE IN MIKRODOKAZILA

A. DELO EZS V 2023

Delo EZS temelji na sprejetem programu dela in predvidevanjih za tekoče obdobje. Elektrotehniška zveza Slovenije skupaj z društvi dela tudi v javnem interesu.

(storitve - publikacije, seminarji, poročila o meritvah in preskusih po posebnem naročilu, pravilniki, študije, prevajanje tehniških standardov, izrazoslovje, svetovanje,...)

EZS izvaja svoje delo v strokovnih odborih, območnih in strokovnih društvih, vodijo in nadzirajo pa ga organi društev in EZS. Za opravljanje strokovnih, finančnih, tehničnih in ostalih nalog ima EZS ustrezno strokovno službo.

A.1 PREGLED DEJAVNOSTI IN STORITEV

A.1.1 Osnova delovanja

Da bi svojo dejavnost čim bolj približala članom po vsej Sloveniji, jo je EZS organizirala tako, da se izvaja v strokovnih odborih, območnih društvih in v specializiranih strokovnih društvih, povezanih v Elektrotehniško zvezo Slovenije. Poleg tega EZS razvija stalno strokovne odnose z uporabniki storitev:

- udeleženci seminarjev, okroglih miz in delavnic,
- naročniki publikacij, pravilnikov, zbornikov, razlagalnih vsebin, vodil in zloženek in drugih publikacij,
- uporabniki v slovenščino prevedenih standardov,
- uporabniki pripravljenih in objavljenih pravilnikov in drugih podzakonskih aktov in z
- naročniki nadzora in pregleda električne varnosti.

A.1.2 Strokovna področja delovanja

Področja delovanja EZS lahko na kratko razdelimo na 4 strokovna področja:

1. Energetika
2. Telekomunikacije in informatika
3. Elektronika, avtomatizacija in merjenja
4. Tehnologije

V spodnji preglednici so predstavljena vsa področja dela EZS.

Preglednica 1: Področja dela EZS

1	INOVACIJSKA VOZLIŠČA	Delavnice, simpoziji, konference, posvetovanja, okrogle mize, predavanja EZS mladi: Tehnološki park
2	EZS AKADEMIJA, IZOBRAŽEVANJE	Pripravljalni seminarji za izpit, seminarji z opravljanem izpita, delavnice, izobraževanja za pridobitev strokovnih kompetenc Seminarji po SIST IEC 17024 za nove kompetence (mikrodokazila) Izpitni center EZS Izobraževanje o vsebini in uporabi standardov Izobraževanje o vsebini in uporabi Pravilnikov Izobraževanje o električni varnosti in varnem delu Upravljalci malih hidroelektrarn Obnovljivi viri in posebne inštalacije
3	ZALOŽNIŠTVO, STANDARDOTEKA, KNJIŽNICA, INTERNET, ARHIV	Periodične publikacije, Zborniki, EZS Priporočila, Priročniki, Vodila, Zloženke Knjižnica EZS, Standardoteka, Arhiv, E-mediji https://www.ezs-zveza.si ; https://ev.fe.uni-lj.si/ ; https://eglosar.si/ ; https://www.ezs-zveza.si/nneli/
4	TEHNIŠKI PREDPISI	Obnavljanje in novi predpisi, Tehniške smernice, navodila, EZS Priporočila, Priročniki PODROČJA: gradnja, energetika, zdravje in varstvo pri delu, zaščita in reševanje, kmetijstvo, zdravstvo, promet, uporaba, obratovanje, vzdrževanje, razgradnja, okolje
5	TEHNIŠKI STANDARDI IN TERMINOLOGIJA	Prevajanje in terminološko usklajevanje področnih in terminoloških standardov Sodelovanje s SIST, SAZU, podjetja, prevajalci, lektorji, uporabniki Terminološki standardi, slovarji, predlogi in definicije izrazov EZS Glosar: https://eglosar.si/

		Electropedia: www.electropedia.com
6	POTRDILA O KOMPETENCI OSEB CERTIFIKATI	Register preglednikov /prostovoljni/ kompetentnih oseb in podjetij – eTest NNELI Električna varnost - SIST 17024 kompetence, EX protieksplzijska zaščita Inženirska izkaznica ENG CARD http://www.engineering-card.si/
7	MREŽENJE	Sodelovanje s predstavniki drugih strok Sodelovanje s tujimi društvi/zvezami/združenji Koordinacija srednjih elektro šol, ...
8	ELEKTRIČNA VARNOST	Odbor za električno varnost Področje proizvodov in področje tehničnih storitev – Nevarni izdelek –RAPEX, Tržni inšpektorat, Inšpektorat za varstvo in zdravje pri delu, Inšpektorat za energetiko,... Storitve: inštalacije, vzdrževanje, servisiranje, obratovanje,... https://www.ezs-zveza.si/o-nas/strokovni-organi-ezs/
9	PROJEKTI	Inšpekcijski nadzor stavb in inženirskih objektov Geomagnetizem Zloženke, osveščanje o novih uporabnih tehnologijah
10	OBLIKOVANJE IN POSREDOVANJE STALIŠČ	Zavzemanje za razvoj in položaj elektrotehniške stroke in električno varnost – nadzor elektrotehniških storitev, pobuda obnove tehniških predpisov in priprava novih predpisov pri uporabi novih tehnologij z ozirom na podnebne spremembe in zeleni pristop.
11	EZS MLADI / EZS YOUNG NET	Navezovanje stikov in promocija elektrotehnike v šolstvu Eurel tekmovanje: International Management Cup, Dan elektrotehnike-Bistra, Mladi raziskovalci, Tehnološki park - mladi (Inotech)
12	TEHNIŠKA DEDIŠČINA	Spremljanje stanja – sodelovanje s Tehniškim muzejem Slovenije, iskanje predlogov za ohranitev spomina Zgodovina elektrogospodarstva Slovenije

		Zbirke: TMS Robotika https://www.ezs-zveza.si/delovna-podrocja/tehniska-dediscina/
13	DELO ORGANOV, SREČANJA, EKSKURZIJE, PREDAVANJA	Občni zbor, Izvršilni odbor, Predsedstvo, Sekretariat, Strokovni svet, Strokovni odbori, Projektne skupine Tematska predavanja, Strokovne ekskurzije, Letno srečanje elektrotehnikov Priznanja zaslužnim in častnim članom
14	ADMINISTRATIVNA OPRAVILA IN PODPORA	Koordiniranje dejavnosti, zbiranje in urejanje predlogov in pripomb, komuniciranje z deležniki, izdelava zapisnikov in poročil, obveščanje in korespondenca

A.1.3 Strokovni odbori EZS

EZS opravlja pomembno vlogo na področju elektrotehnike s povezovanjem in spodbujanjem inovacijskega in poslovnega sodelovanja elektrotehnikov. Organizira in podpira izobraževanje, aktivna je na področju priprave tehniških predpisov in pri prevajanju standardov. Strokovni odbori za protieksplzijsko zaščito, nizkonapetostne električne inštalacije, tehniško regulativo, električno varnost in slovensko terminologijo obravnavajo vsebine, ki so nujne za razvoj elektrotehnike in njeno rabo v vsakdanjem življenju.

Strokovni odbori EZS so:

- Strokovni svet EZS za tehniške predpise
- Odbor za tehniško regulativo
- Odbor za standardizacijo in terminologijo
- Odbor za protieksplzijsko zaščito
- Odbor za nizkonapetostne električne inštalacije in zaščito pred strelo (shema NNELI)
- Odbor Mladi EZS
- Odbor za energetiko
- Odbor za električno varnost

A.1.4 Društva

EZS – tehniško-inženirska organizacija povezuje 18 rednih članov, ki so strokovna in območna društva v slovenskem prostoru.

A.1.4.1 Strokovna društva

Slovensko društvo za inteligentne transportne sisteme, predsednik: mag. Robert RIJAVEC

www.sits.si

MIDEM - Strokovno društvo za mikroelektroniko, sestavne dele in materiale, predsednica: prof. dr. Barbara MALIČ

www.midem-drustvo.si

Slovensko društvo za elektronske komunikacije, predsednica: Vesna PRODNIK PEPEVNIK

www.drustvo-sikom.si

Slovensko društvo za razsvetljavo, predsednik: Peter ZELNIK

www.sdr.si

Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE - CIRED, predsednik: mag. Marko HRAST

www.cigre-cired.si

Slovensko društvo za geoelektriko, statično elektriko in strelovode Maribor, predsednik: prof. dr. Maks BABUDER

<http://sdgss.si>

Društvo avtomatikov Slovenije, predsednik: dr. Giovanni GODENA

www.drustvo-das.si

Slovenska sekcija IEEE, predsednik: izr. prof. dr. Jože GUNA

www.ieee.si

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, predsednica: dr. Alenka VESEL

<http://www.dvts.si>

Slovensko društvo za merilno procesno tehniko, predsednik: prof. dr. Janko DRNOVŠEK

A.1.4.2 Območna elektrotehniška društva

Elektrotehniško društvo Maribor, predsednik: mag. Gerhard ANGLEITNER

www.ed-mb.si

Elektrotehniško društvo Celje, predsednik: Jože TOMAŽIČ

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-celje/>

Elektrotehniško društvo Dolenjske, predsednik: Srečko KRIŽMAN

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-dolenjske-in-bele-krajine/>

Elektrotehniško društvo Koper, predsednik: Samo DROLČ

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-koper/>

Elektrotehniško društvo Ljubljana, predsednik: Anton AVČIN

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-ljubljana/>

Elektrotehniško društvo Nova Gorica, predsednik: Jurij JURŠE

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-nova-gorica/>

Elektrotehniško društvo Zasavje-Trbovlje, predsednik: Zoran ARTNAK

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-zasavje-trbovlje/>

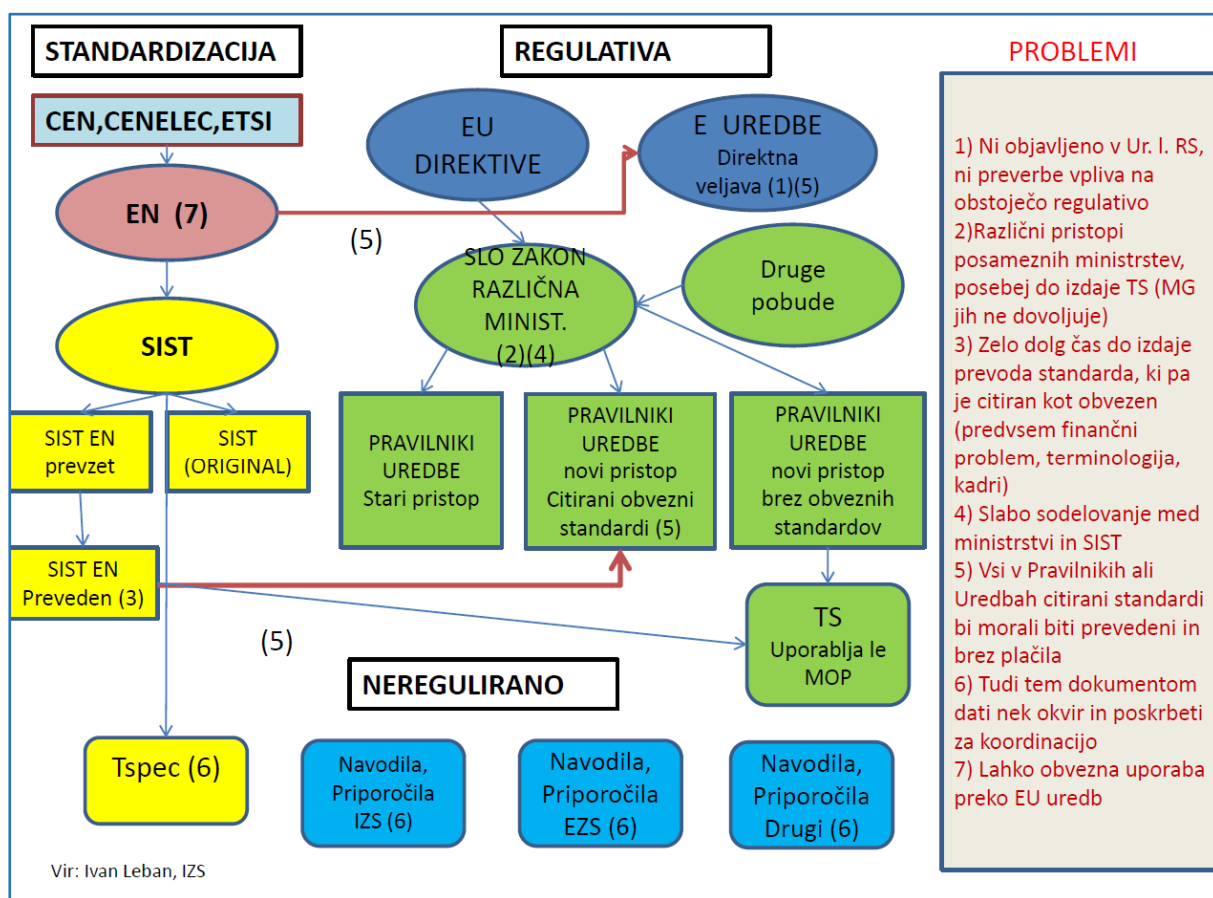
Elektrotehniško društvo Ravne, predsednik: Stanko VRČKOVNIK

<https://www.ezs-zveza.si/drustva/ed-ravne/>

Elektrotehniško društvo Slovenj Gradec, namestnik predsednika: Jure JORDAN

A.2 POVEZOVANJE

EZS imastatus organizacije v javnem interesu na področju raziskovalne dejavnosti. Velik poudarek pri delu daje EZS pri pripravi pravilnikov, razlagalnih dokumentov (EZS Priporočila) in prevajanju standardov. Izredno pomembno je, da se ne le industrija, temveč tudi druga področja dela uskladijo in sledijo (vsaj delno) miselnosti, da je treba delo prilagoditi tehniškemu napredku, ki pa v zadnjih letih skokovito narašča. Spodnja slika prikazuje povezave med standardizacijo in regulativo ter kako dokumenti medsebojno vplivajo na razvoj (vir: Ivan Leban).



Slika 1: Povezave med regulativo in standardizacijo

Kot je bilo zapisano Elektrotehniška zveza Slovenije deluje na večih področjih (energetika, telekomunikacije – informatika, elektronika, avtomatizacija, merjenja, tehnologije – industrija). Tako kot je električna energija potrebna na vseh področjih dela, saj si dneva brez uporabe elektrike ne znamo več predstavljati, se razširja tudi urejenost in zavedanje o pomembnosti urejenosti na vedno novih področjih. EZS je v preteklih letih sodelovala in še vedno sodeluje z različnimi upravnimi organi, pri pripravi pravilnikov, publikacij, razlagalnih dokumentih, in drugih dokumentov.

A.3 TERMINOLOGIJA

A.3.1 EZS Glosar

Področje dela EZS, Odbora za terminologijo, ki je tesno povezano s prevajanjem, je objava:

1. izrazov, usklajenih pri EZS,

2. izrazov, ki so objavljeni v standardih in
3. novih predlogov izrazov.

EZS je v ta namen, da ima vsa strokovna javnost brezplačen dostop do teh izrazov, pripravila spletni EZS glosar (<https://eglosar.si>).

EZS Glosar je spletni slovar tehniškega besedja, v katerem prevladujejo izrazi s področja elektrotehnike. Vsebuje izraze iz področnih in terminoloških standardov, direktiv in uredb, splošne in pravne izraze.

Trenutno ima EZS Glosar več kot 21.000 izrazov. Za mobilne telefone deluje tudi istoimenska mobilna aplikacija (pripravljena za 2 operacijska sistema: Android in iOS). Baza izrazov se redno dopolnjuje, popravlja in osvežuje na spletu. En del dejavnosti EZS Glosarja je tudi objava definicij iz standardov, ki so že objavljeni.

EZS Glosar trenutno vsebuje 21.068 izrazov (izrazi iz standardov, EU in slovenske zakonodaje, splošni izrazi), pri tem ima 3.953 izrazov dodane definicije, od tega:

- terminološki standardi (IEV): 1.247 (povezave na izraze),
- področni standardi: 469,
- področje zakonodaje: 492 (predvsem iz uredb in direktiv) in
- splošno področje: 1.791 (predvsem telekomunikacije in informatika).

A.4 INOVACIJSKA VOZLIŠČA

EZS, strokovna in elektrotehniška društva organizirajo delavnice, simpoziji, konference in posvetovanja, na katerih predstavijo trenutno stanje stroke in podajo smernice za naprej

A.4.1 Strokovna društva:

- **Slovensko društvo za inteligentne transportne sisteme**
 - [Simpozij](https://isep.si/) o elektroniki v prometu ISEP (<https://isep.si/>)
- **MIDEM - Strokovno društvo za mikroelektroniko, sestavne dele in materiale**
 - MIDEM [International](http://www.midem-drustvo.si) Conference on Microelectronics, Devices and Materials with the Workshop (www.midem-drustvo.si)
- **Slovensko društvo za elektronske komunikacije**
 - [Delavnica](http://www.drustvo-sikom.si) o telekomunikacijah VITEL (www.drustvo-sikom.si)
- **Slovensko društvo za razsvetljavo**
 - [Mednarodno](http://www.sdr.si) posvetovanje Razsvetljava (www.sdr.si)
- **Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE – CIRED**
 - [Mednarodni](http://www.cigre-cired.si) simpozij CIGRE, Nacionalna konferenca slovenskih elektroenergetikov (www.cigre-cired.si)
- **Slovensko društvo za geoelektriko, statično elektriko in strelovode Maribor**

- [Zaščita](http://sdgss.si) pred strelo in prenapetostmi (<http://sdgss.si>)
- **Društvo avtomatikov Slovenije**
 - [Avtomatizacija](http://www.aig.si) v industriji in gospodarstvu (www.aig.si)
- **Slovenska sekcija IEEE**
 - [Mednarodna](https://erk.fe.uni-lj.si/index.html) Elektrotehniška in računalniška konferenca (<https://erk.fe.uni-lj.si/index.html>)
- **Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije**
 - [Mednarodno](http://www.dvts.si) srečanje vakumistov (<http://www.dvts.si>)
- **Slovensko društvo za merilno procesno tehniko**

A.4.2 Območna elektrotehniška društva

- **Elektrotehniško društvo Maribor**
 - Kotnikovi [dnevi](http://www.ed-mb.si) (www.ed-mb.si)

A.5 MREŽENJE

A.5.1 Sodelovanje z strokovnimi organizacijami

EZS sodeluje z različnimi slovenskimi in tujimi organizacijami tako pri oblikovanju predpisov kot pri izobraževanjih, svetovanju idr.

A.5.1.1 Mednarodne strokovne organizacije

- EUREL - Zveza nacionalnih elektrotehniških združenj Evrope, TheConventionofNationalAssociationsofElectricalEngineersofEurope (EUREL)
V 2023 se je aktivno sodelovalo z EUREL – s promocijo dogodkov in predlogom predavateljev. Septembra 2023 je EZS organizirala generalne skupščino EUREL v Ljubljani. Istočasno je predala naprej predsedovanje EUREL.
- sodelovanje z IEEE-ComSoc na področju strokovnih posvetovanj in publikacij ter v tehničnih odborih, ki so nam strokovno blizu (izpolnjevanje pogodbe med IEEE-ComSoc in EZS-SIKOM).
- sodelovanje s ENGINEERS EUROPE (EuropeanFederationofNational Engineering Associations)
- Sodelovanje z ITU-T:
zastopanjeSlovenije v TSAG (Telecommunication Standardization Advisory Group);
- sodelovanje v ITU-T-SG20 (IoT and itsapplicationsincluding smart cities and communities).

A.5.1.2 Slovenske strokovne organizacije

Pomembni del mreženja predstavljajo naslednje povezave z organizacijami:

- SIZ, IZS, SIST, GZS, OZS, SVIZ, ED društva, podjetja, ministrstva, direktorati, Inšpektorati, fakultete, šolski centri, HELIS, MIC, SMEIT, ...

- Elektrotehniška zveza Slovenije nudi podjetjem pomoč pri razreševanju aktualnih strokovnih vprašanj.

Sodelovanje s strokami za izboljšanje problematike elektrotehniške zakonodaje:

- sodelovanje z GZS ZPU
- sodelovanje s SIST
- sodelovanje z IZS
- sodelovanje z Agencijo za komunikacijska omrežja in storitve RS – AKOS
- sodelovanje z Direktoratom za informacijsko družbo RS – DID Ministrstva za javno upravo
- sodelovanje z Direktoratom za energijo Ministrstva za infrastrukturo
- sodelovanje z Direktoratom za prostor Ministrstva za okolje in prostor
- sodelovanje z Direktoratom za notranji trg Ministrstva za gospodarski razvoj in tehnologijo
- sodelovanje z Direktoratom za zdravje in varstvo pri delu MDDSZ
- sodelovanje z Inženirsko akademijo Slovenije
- sodelovanje z Energetsko zbornico Slovenije

A.5.2 Področje izobraževanja

IZS; FE, Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo; SIST; Konzorcij Edison, MCPZ, OZS

A.5.3 Pomembne evropske strokovne organizacije za področje elektrotehnike

Elektrotehnika je zastopana s treh strani, ki vplivajo na razvoj:

- izvajalci
- industrija
- zveze ali združenja strokovnjakov.

V Evropi ta področja zastopajo EUREL, EuropeOn in Orgalim.

A.5.3.1 EUREL

EUREL je Zveza nacionalnih elektrotehniških združenj Evrope.

Cilji EUREL so:

- olajšati pretok in izmenjavo informacij
- spodbujanje razširjanje tehničnega, znanstvenega, raziskovalnega in drugega znanja za področja elektrotehnike
- poudariti pomen standardizacije za področja elektrotehnike.

Z izpolnjevanjem teh ciljev pomembno prispeva k napredku znanstvenih in tehničnih spoznanj v korist strokovne in splošne javnosti.

Predstavnica Slovenije v EUREL je Elektrotehniška zveza Slovenije.

B. IZZIVI V LETU 2023

B.1 POPLAVE

V letu 2023 so Slovenjo prizadele hude poplave. Posledica so bile velike škode na infrastrukturi, stanovanjski stavbah in drugih objektih.

EZS se je odzvala na vabilo gospodarsko interesnega združenja elektrodistribucije k sodelovanju pri diagnostiki stanja nizkonapetostnih električnih inštalacij v hišah, ki so bile poplavljene. Naloga se potem ni izvedla v predvideni obliki.

V zvezi s predvideno sanacijo stanovanjskih stavb smo v EZS pripravili dve vodili, ki sta osredotočeni na električno varnost po naravnih nesrečah, se posebej po popravah:

-  Električna varnost po poplavi (za lastnike in upravnike stavb)
-  Vodila preglednikom ob poplavah in drugih naravnih nesrečah (pooblaščen osebe za pregledovanje in ugotavljanje lastnosti električne inštalacije za varno uporabo)

Obe vodili smo dali na razpolago vsem zainteresiranim, poleg tega sta tudi prosto dostopni na spletni strani EZS.

B.2 IZZIVI ZA VEČJO IN ELEKTRIČNO IN POŽARNO VARNOST SONČNIH ELEKTRARN

B.2.1 Varnost fotonapetostnih elektrarn

B.2.1.1 Delavnica Preverjanje varnosti fotonapetostnih elektrarn

V letu 2023 je bilo več požarov pri sončnih elektrarnah. V to problematiko smo usmerili več strokovnjakov iz eTest sheme. Posebej je treba omeniti strokovno delavnico v Hočah pri Maribor. Delavnica je bila izvedena v skupni organizaciji EZS in podjetja SCHRACK. V tem primeru se je tako sodelovanje se je pokazalo za zelo primerno. Izmenjane so bile različne informacije in tudi konkreten primer fizične izvedbe enega dela inštalacije (razdelilne omare).

Delavnica v Hočah je obravnavala celoten postopek od prijave do priključitve, vzdrževanja, opuščanja dolžnih ravnanj in ukrepov, vzdrževanja, nepravilne izvedbe inštalacije, ...

B.2.1.2 SZPV strokovni posvet o preprečevanju požarov na sončnih elektrarnah

EZS se je povezala s Slovenskim združenjem za požarno varnost(SZPV). SZPV je pripravilo strokovni posvet o preprečevanju požarov na sončnih elektrarnah, na katerem je sodelovala EZS z referatom, ki je poudaril pomen pravilnega projektiranja in kakovostne izvedbe. Zavedati se je treba, da so zahtevne komponente sončne elektrarne tudi podvržene staranju. Zato je kot del preprečevanja požara nujen prvi pregled in obvezni periodični pregledi.

B.2.2 Napetost pri povezavi panelov

Glavni vzrok za nastanek požarne ogroženosti in nevarnosti zaradi električnega toka je visoka enosmerna napetost v nizu zaporedno vezanih foto napetostnih modulov. Zato je bil na to temo v zvezi s preprečevanjem požara organiziran poseben sestanek, pri katerem so sodelovali strokovnjaki, ki delujejo tako v Sloveniji kot tudi v tujini.

Napetostni nivoji na posamezni veji fotonapetostne elektrarne se višajo iz nekaj 10 V DC pa vse do 1500 V DC, nove smernice in standardi pa odpirajo že nove meje za razvoj tehnologij do 3000 V DC. Razumeti moramo, da so novorazvite tehnologije namenjene tudi nižanju stroškov večjih elektrarn, grajenih na degradiranih zemljiščih ali zagrajenih območjih, kjer morebitni obloki in požari ne povzročijo večje škode. Niso pa te iste rešitve primerne za vgradnjo na dele stavb ali objektov.

Z ustrezno izbiro tehnologij lahko zagotavljamo nizke napetosti do 120 V DC na veji fotonapetostne elektrarne tudi med delovanjem, s tem pa poskrbimo za električno in požarno varnost.

Na podlagi sestanka je pripravljeno naslednje razmišljanje, ki bo osnova za nadaljnje delo na tem področju:

V zadnjem času smo priča hitremu naraščanju pogostosti požarov stavb s sončnimi elektrarnami na strehah. Zaradi pospešenega investiranja v nove sončne elektrarne in njihovega staranja, je realno pričakovati, da se bo pogostost požarov močno povečala, če ne posodobimo tehničnih zahtev za sončne elektrarne na strehah. Vzrokov za požare, ki so posledica delovanja sončnih elektrarn na strehah je vsekakor več, brez dvoma pa je najpogostejši razlog za izbruh požarov visoka enosmerna napetost na strehah med delovanjem elektrarn s stringinverterji, ki je običajno razreda 1000V. Obstajajo konkurenčne tehnologije sončnih elektrarn z mikroinverterji, ki omogočajo izvedbo sončnih elektrarn z izjemno nizko enosmerno napetostjo, okrog 40V, in to tako med delovanjem, kot po izklopu sončne elektrarne. Medtem, ko visoka enosmerna napetost zaporedno vezanih sončnih panelov lahko povzroča preboje in obloke ter posledično požare, se pri nizki enosmerni napetosti vzporedno vezanih sončnih panelov praktično to ne more zgoditi. Nevarnost oblokov pri sončnih elektrarnah s stringinverterji in visoko enosmerno napetostjo se zelo povečuje s starostjo elektrarne, saj spoji zaporedno vezanih sončnih panelov z leti lahko že močno oksidirajo.

Zato gre naše razmišljanje v smeri, da se na strehah, za začetek vsaj javnih zgradb (vrtci, šole, druge javne ustanove), omeji dovoljena enosmerna napetost tudi med delovanjem sončnih elektrarn in s tem odpravi pomemben vzrok za požare. Sedaj je namreč enosmerna napetost na strehi pri samooskrbi omejena na 120V, vendar le takrat, ko je elektrarna izklopljena. Na ta način sicer omogočimo varen poseg gasilcev v primeru požara, nikakor pa ne odpravimo pomembnega potencialnega vzroka za nastanek požara.

Ustrezno ministrstvo in stroka morata pričeti z razpravo na temo izboljšanja požarne varnosti sončnih elektrarn na strehah objektov, ki bo iz dneva v dan bolj izpostavljena.

B.2.3 Vodila za sončne elektrarne

Odbor NNELI pri Elektrotehniški Zvezi Slovenije je pripravil naslednji dve vodili:

- Vodila investitorju, lastniku, izvajalcem del pri izgradnji, priklopu in prevzemu sončne elektrarne oziroma FE fotonapetostnega sistema
- Vodila preglednikom in pooblaščenim inženirjem pri izvajanju pregledov NNELI in ZPS ob priklopu in prevzemu sončne elektrarne

Vodili povzemata: zahteve zakonodaje, predpisov, smernic in standardov ter ključnih tehnologij v obliki, ki investitorju, lastniku in izvajalcu podajajo smernice ob izgradnji in kasnejšemu lažjemu vzdrževanju ter skrbi za električno in požarno varnost ter spremljanju kakovosti delovanja FE.

Vodili bosta tako kot vodili za poplave posredovani ustreznim organizacijam in bosta prosto dostopni na spletni strani EZS.

Za področje sončnih elektrarn je EZS že pred leti objavila *Vodilo za balkonske sončne PV naprave* v okviru zbirke Vodil za področje električne varnosti. Pred kratkim je bila izdana 2. prenovljena in dopolnjena izdaja tega vodila.

C. KOMPETENCE IN MIKRODOKAZILA

Stanje na trgu in specifičnost dela na vseh področjih je pokazalo, da osnovna izobrazba, ki bo posameznik pridobi z javnim šolanjem (srednja šola, višja in visoka šola) ne zadostuje. Zato se morajo posamezniki dodatno izobraževati za dela, ki jih opravljajo, saj lahko delodajalec le tako zagotovi, da je delo opravljeno kvalitetno in po ustreznem postopku.

Uvajanje novih znanj poteka s pomočjo kratkih seminarjev, preskusom pridobljenega znanja in podelitvijo »mikrodokazila« o dodatni usposobljenosti.

C.1 USPOSABLJANJE IN CERTIFICIRANJE MEDNARODNO PRIZNANIH KOMPETENC

Vsa usposabljanja temeljijo na katalogih strokovnih znanj, ki so pripravljene na podlagi zakonodaje (zakonov, pravilnikov, uredb in drugih predpisov), standardov in dolgoletnih izkušenj pripravilavcev katalogov.

EZS sodeluje tudi pri oblikovanju in pripravi standardov strokovnih kvalifikacij.

Za določena usposabljanja lahko posamezniki pridobijo strokovno kompetenco, ki jo prejmejo na podlagi preverjanja znanja (s pisnimi ali spletnimi izpiti), ki ga preveri strokovna komisija. Za uspešno opravljeno preverjanje znanja (opravljen izpit) posameznik prejme certifikat o usposobljenosti. Kompetence so tista znanja posameznika, ki mu omogočajo, da uspešno izvaja delovne naloge in rešuje probleme na določenem delovnem mestu ali delovnem področju.

C.1.1 Certifikat o usposobljenosti

Certifikat o usposobljenosti za določeno kompetenco je referenčna listina, s katero posameznik dokazuje, da je z opravljenim izpitom (aplikativno preverjanje znanja) pridobil ustrezna strokovna znanja in se seznanil z novostmi na področju tistega tehničnega predpisa ali standarda, ki ga pokriva kompetenca certifikata. Pogoji za izdajo certifikatov o usposobljenosti in načini preverjanja znanja so natančneje določeni v izpitnih katalogih, ki jih potrdijo delodajalske organizacije (združenja delodajalcev, zbornice ...).

Veljavnost certifikata o usposobljenosti je časovno omejena. Veljavnost se določi glede na pogostost tehničnih in tehnoloških sprememb, ki se ugotavljajo z rednim preverjanjem. Veljavnost certifikata o usposobljenosti ne more biti daljša od treh let in se lahko podaljša po postopku, ki velja za njegovo pridobitev.

Veljaven certifikat o usposobljenosti za določeno kompetenco je osnova za pridobitev dovoljenja za delo, ki na področju zagotavljanja električne varnosti pomeni osnovo pri prenosu odgovornosti med delavcem in delodajalcem.

V Sloveniji se pripravljajo kratki seminarji na elektro področju, s preskušanjem znanja in podelitvijo pridobljene kompetence v obliki mikrodokazil s potrebnimi podatki. Osnova je v zakonu o slovenski akreditaciji in standardu IEC 17024. Seveda morajo organizatorji izpolnjevati pravila in postavke za tako dejavnost.

C.1.2 Usposabljanja EZS za pridobitev kompetenc

EZS zaenkrat pripravlja naslednja usposabljanja za pridobitev kompetenc:

- Delo pod napetostjo (DPN) in delo v bližini delov pod napetostjo (BPN) – Nizkonapetostne inštalacije (nnELI)
 - ZRZ: D-5/008 DPN nnELI: Izvajalec del pod napetostjo in v bližini delov pod napetostjo nizkonapetostnih električnih inštalacij
 - ZRZ: D-5/007 BPN nnELI: Izvajalec del v bližini delov pod napetostjo nizkonapetostnih električnih inštalacij
- Podlaga za pripravo usposabljanja so:
 - Predpisi o zagotavljanju in uporabi delovne opreme
 - Pravilniku o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka.
 - EN 50191 – obratovanje električne preskusne opreme
- Električni stroji, oprema, razdelilniki in naprave
 - ZRZ: D-5/439 ESB: Zagotavljanje varnosti električnih razdelilnikov (SIST EN 61439-1)

- ZRZ: D-5/204 EVS: Zagotavljanje električne varnosti strojev (SIST EN 60204-1)
- ZRZ: D-5/274 EVO: Zagotavljanje električne varnosti varilne opreme (SIST EN 60974-4)
- ZRZ: D-5/678 EON: Zagotavljanje električne varnosti opreme in naprav (EN 60745, EN 60335-1, VDE 701/702, SIST EN 50678)

Podlaga za pripravo posameznega usposabljanja je standard, ki je zapisan na koncu usposabljanja v oklepaju.

Dolgoročno bo EZS predvidoma pripravljala usposabljanja tudi za naslednja področja:

- Delo pod napetostjo (DPN) in delo v bližini delov pod napetostjo (BPN)
 - Elektroenergetske inštalacije (eeELI)
- Električna varnost
 - Energetika, proizvodnja, prenos in distribucija
 - Nizkonapetostne električne in strelvodne inštalacije
 - Vozila z nnELI, električni avtomobili, predelana vozila z agregati, intervencijska vozila, avtodomi
 - Oprema in inštalacije v medicini in zdravstvu
 - Individualne ponudbe za podjetja in organizacije

C.2 USTREZNOST SLOVENSКИH IZRAZOV

Tako kot v tujini se tudi v Sloveniji vedno bolj pojavlja ustrezna umestitev in poimenovanje potrdil takšnih izobraževanj, saj so to izobraževanja, ki pokrivajo zelo ozko (mikro) področje širšega področja. Terminologija na tem področju zaenkrat še ni ustaljena, kljub temu pa Terminološka sekcija pri SAZU priporoča, da se za dokazilo o usposobljenosti takšnih usposabljanj uporablja izraz mikrodokazilo za usposobljenost pa izraz mikrokvalifikacija. Pri tem je treba opozoriti, da se termin mikrokvalifikacija uporablja za 'sposobnost za opravljanje določenega dela, usposobljenost' SSKJ² in ne za usposobljenost, ki jo udeleženec pridobi na kratkem seminarju.

VIRI

1. Elektrotehniška zveza Slovenije, interno gradivo
2. Elektrotehniška zveza Slovenije, <https://www.ezs-zveza.si>
3. ZRC SAZU, Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša, Mikrodokazilo, <https://isjfr.zrc-sazu.si/sl/terminologisce/svetovanje/mikrodokazilo>
4. Konzorcij Edison, <https://www.eedison.eu>



Prof.dr. Ferdinand Gubina

Elektrotehniška zveza Slovenije (EZS)

O NAČRTOVANJU PROIZVODNIH VIROV ELEKTRIČNE ENERGIJE IN MOČI V SLOVENIJI DO LETA 2050

Povzetek:

Članek podaja povzetek strokovnega posveta, ki sta ga pripravila Energetska zbornica Slovenije in Elektrotehniška zveza Slovenije dne 22.1.2024

1. Pomen moči v EES, ki jo je treba vsak trenutek pokrivati

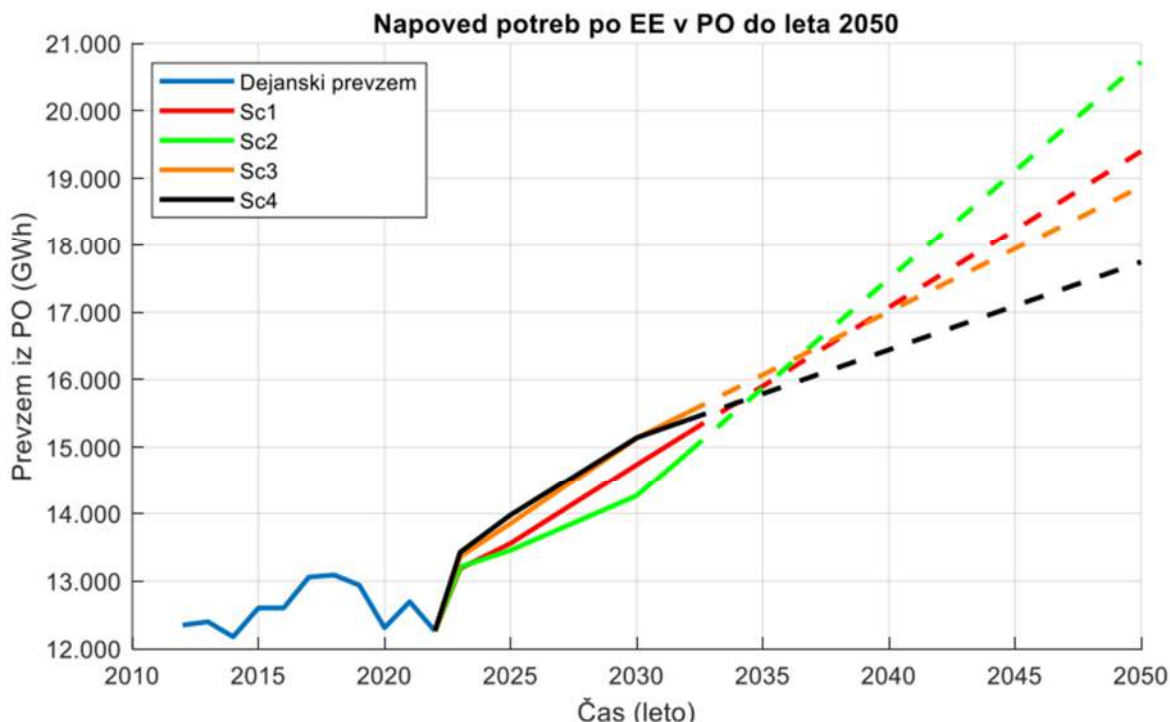
Slovenija je izdelala **Podnebni načrt** razvoja energetike RS, ki nekako ustreza zahtevam EU na tem področju, ker obravnava energente nafto in plin in delno tudi elektriko. Glede nafte in plina nimamo posebnega vpliva na delovanje na trgu razen glede skladiščenja, ki ima relativno malo omejitev, pri elektriki pa elektroenergetski sistem (EES) mnogo bistvenih omejitev:

1. električne energije ni mogoče trajno shranjevati,
2. frekvenca mora biti na +/- 0,2 % natančno regulirana od Portugalske do Grčije,
3. napetost mora imeti sinusno obliko in biti v predpisanih mejah +/- 10 %,
4. proizvesti mora dovolj jalove moči za magnetenje električnih strojev in prenosnih vodov
5. neprekinjenost dobave se stalno nadzira in mora biti v predpisanih mejah,
6. sistem mora obratovati stabilno in zagotavljati sigurno obratovanje.

Tega seveda **Podnebni načrt** ne obravnava.

Zato bi morali **IZDELATI NAČRT RAZVOJA ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA**, ki bo moral temeljiti na predvideni rasti porabe energije in oceni potrebne moči in do leta 2050. Zadnji načrt je bil izdelan pred 30. leti, nato pa smo se po uvedbi trga električne energije zanašali predvsem na trg ali pa izvedli delne rešitve. Razvoj elektroenergetskega sistema je pomemben zato, ker omogoča stalno in kakovostno oskrbo z elektriko za vse deležnike, vključno z industrijo in prebivalstvom. EES je pri tem poseben, **ker temelji na močeh, ki jih je treba vsak trenutek pokrivati**: namreč, vsak priključen element ima zahtevano moč, energije pa porabi, kot mu trenutno narekuje delovni proces.

Bilanca moči je temelj obratovanja elektroenergetskega sistema, izjemno pomembna je vsak trenutek razpoložljiva moč in ustrezna energija. Načrtovati je treba vire za temeljno in za prilagodljivo proizvodnjo električne energije glede na nihanje porabe. Bistvena težava je, da se postavljajo utemeljene zahteve po izločitvi fosilnih goriv in po obsežni uporabi obnovljivih virov (OVE). Okvir energentov je tako omejen na OVE, jedrsko energijo in delno na plin.



Slika 1 Prof. dr. Miloš Pantoš: Linearna ekstrapolacija na podlagi razvojnega načrta ELES do 2032

Zanašanje na trg je tvegano, ker trgovci z elektriko nimajo dovolj denarja za izjemno velike investicije v nove proizvodne vire in omrežje, ki jih nalaga zamenjava energentov. Zato v vseh državah pri načrtovanju močno sodeluje in ta proces usmerja država, da ne pride do redukcij in mrkov zaradi trajnega primanjkovanja virov električne moči.

To pa zahteva skrbno načrtovanje in izgradnjo proizvodnih in prenosnih elementov elektroenergetskega sistema na dolgi rok, torej za 30 let s periodičnimi popravki vsakih 10 let, ker se tehnologije proizvodnih virov s časom razvijajo in spreminjajo. Prav sprememba vodilnih energentov je žrtev **neizdelanih novih tehnologij** za shranjevanje viškov sončne energije.

Poraba elektrike bo zaradi umika fosilnih goriv samo naraščala, ker mora zagotoviti električno energijo v prometu, ogrevanju in industrijskih procesih. Največja izvoznika elektrike bosta leta 2030 Velika Britanija in Francija, nekoliko tudi še Romunija,

Slovaška in delno Avstrija. Slovenija bo izpostavljena pretoku moči na koridorju sever-jug, od Nemčije do Balkana, kar za seboj potegne potrebe po povečanju prenosnih zmogljivosti na slovenskih mejah. Slovenija bo verjetno morala občasno uvažati svojo elektriko, sicer pa bo uvoznica tudi Nemčija kljub ogromnim količinam neizkoriščene energije. Presežki sončne energije bodo namreč v času visoke sončne aktivnosti v poletnem času velik problem.

Energetski prehod na ogljično nevtrarno družbo bo najzahtevnejši projekt do sedaj tudi za slovensko industrijo, še posebej bo energetska intenzivna industrija nosila veliko breme. Problem za industrijo, ker so tehnologije za nadomeščanje fosilnih goriv – predvsem plina – še v razvoju.

2. Vloga jedrske energije

Slovenija potrebuje podnebno odporni elektroenergetski sistem (EES), na katerega so priključene proizvodne enote. Z vidika stabilnosti so potrebni tudi veliki agregati, kot je drugi jedrski blok (JEK 2).

Jedrska energija je edina nizkoogljična tehnologija, neodvisna od vremenskih vplivov, ki lahko stalno zagotavlja potrebno moč v elektroenergetskem sistemu. Vzporedno s proizvodnjo elektrike moramo pri jedrski reaktorjih reševati problem hlajenja, ker je na razpolago toplotna moč dvakrat večja od električne, npr. pri 2400 MW elektrike je toplotna moč vsaj 4800 MW, kar je lahko velik problem pri hlajenju z velikimi količinami vode.

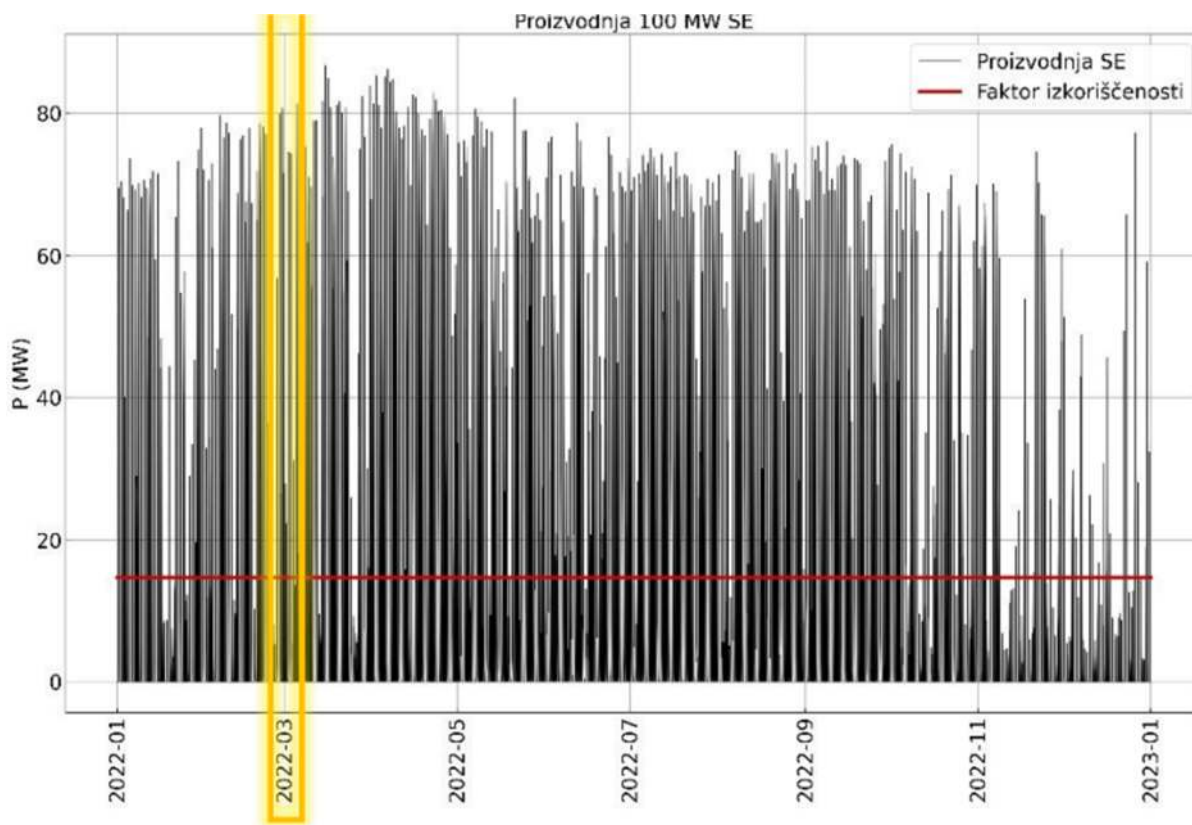
V zadnjem času se razvijajo malih modularni reaktorji (SMR), po moči nekajkrat manjši od danes dobavljivih agregatov jedrskih elektrarn. V načrtih so SMR, ki bi jih izdelovali serijsko **v tovarnah, ki bi dali električno nujno moč in toploto po mestih**. Razvoj gre tudi v smer zamenjave vode kot hladilnega sredstva s stabilnejšimi hladili (sol, natrij), ki bi izločili nevarni pobeg reaktorja. Izdelati je treba tudi nujne predpise za obratovanje in vzdrževanje. Ta tehnologija še torej ni nekaj časa (10 let) dosegljiva, upoštevati pa jo je treba pri načrtovanju, ker gradnja jedrskih reaktorjev traja veliko. Treba bo tudi vzgojiti ustrezno število strokovnjakov v ta namen.

V zadnjih letih so nekaj večjih enot rešilo kar nekaj izpadov delov elektroenergetskega sistema, ki potrebuje delež vztrajnostnih mas za stabilnost obratovanja v evropski interkonekciji. Agregat JE-2 je, kot je sedanji NEK pomemben element stabilnosti obratovanja našega EES.

3. Vloga OVE in HE

Cilje glede energetske varnosti in razogljičenja težko doseči brez novih naložb v OVE z fotonapetostnimi (FE) in vetrnimi elektrarnami (VE). Podnebni načrt je najprej predvideval inštaliranih 7000 MW sončnih elektrarn. Ker je izkoristek le okrog 12 % je to le 800 MW na leto. Pretvorba dela sončne energije v moč naleti na izkoristek pretvorbe, kar zmanjša količino energije. Da bi to dosegli je treba začeti gradnjo velikih sončnih elektrarn in se ne zanašati samo na proizvodnjo elektrike na privatnih strehah.

Sončna energija pa je amorfna, tj. ni uporabna npr. za pokrivanje konic ali vršnih moči, saj je na razpolago le 2000 ur, malo, glede na letnih 8760 ur. Največja proizvodnja je torej sredi dneva, ko je poraba elektrike ni največja in grozi, da bi morali sončne elektrarne izklapljati, kar je popoln nesmisel. Pretvorba dela sončne energije v moč naleti na izkoristek pretvorbe, kar zmanjša količino energije. Na žalost pa tehnologije shranjevanja elektrike zaostajajo za potrebami. Presežki sončne energije bodo namreč v času visoke sončne aktivnosti v poletnem času, pa tudi pozimi bi lahko povzročili veliko zavržene energije. Na razpolago so trenutni le akumulatorji in črpalne elektrarne (ČHE), ali pa proizvodnja vodika.



Slika 2 Proizvodnja SE v letu, kjer vidimo primanjkljaj od novembra do januarja

Sedanji akumulatorji lahko shranijo elektrike le največ dva tedna in se lahko uporabljajo v sončnem obdobju za pretvorbo električne energije v uporabno moč. November, december, januar in včasih tudi februar pa imajo lahko zelo malo sonca in akumulatorji lahko le skromno pomagajo.

Črpalne hidroelektrarne pa imajo tudi omejen, vendar bistveno daljši obseg trajanja shranjevanja. **Potrebovali bi več ČHE**, ki bi lahko ponudile moč v slabem obdobju proizvodnje OVE v zimskem obdobju. Del OVE pa je tudi dokončanje srednje- in spodnjesavske verige hidroelektrarn. Ti problemi zahtevajo dolgoročen načrt izgradnje EES.

4. Načrtovanje omrežja

OVE bodo vstopile v **distribucijska omrežja**, ki bodo morale prevzeti vsaj tretjino nove proizvodne moči. Način njihovega delovanja se zato povsem spremeni. Doslej je

tekla električna moč v distribucijskem omrežju večinoma v eno smer. Pojav SE v tem omrežju pa povzroča stalno menjavanje smeri toka moči in nihanje napetosti. Nujno je torej veliko investirati v ojačitve distribucijskega omrežja in ga tudi drugače načrtovati. Predviden obseg investicij na letni ravni se bo moral več kot podvojiti, če bomo želeli doseči načrtovane cilje. Prehod na nov sistem proizvodnje in oskrbe z elektriko bo tudi neizogibno drag.

Prenosno omrežja ima Slovenija močno, vendar znajo nihanja proizvodnje FE in VE v Evropi povzročiti prenos velikih izenačevalnih blokov moči med oddaljenimi lokacijami, predvsem v smeri sever - jug. To bo zahtevalo gradnjo velikih prenosnih vodov tudi skozi Slovenijo, ki je na križišču vzhodnega in zahodnega dela evropskega EES.

5. Tehnologija vodika

V strokovni in laični javnosti se vodik vse bolj izpostavlja kot potencialno osrednji medij za pretvorbo in shranjevanje energije obnovljivih virov. Električna energija, proizvedena z elektrarnami na obnovljive vire, se lahko z elektrolizo pretvori v vodik, začasno ali dolgoročno shrani in po presoji uporabi v energetiki, transportu ali industriji. Pretvorba je še posebej privlačna ob presežkih električne energije v sistemu in pri oblikovanju ugodnih cen na trgu z električno energijo. Čeprav je vodik predmet mnogih razprav in Slovenija že premore nekaj iniciativ, se nam za razliko od nekaterih drugih držav, konkretnjši demonstracijski projekti šele obetajo. Pojavljajo se že elektrarne na mešanico zemeljskega plina in vodika.

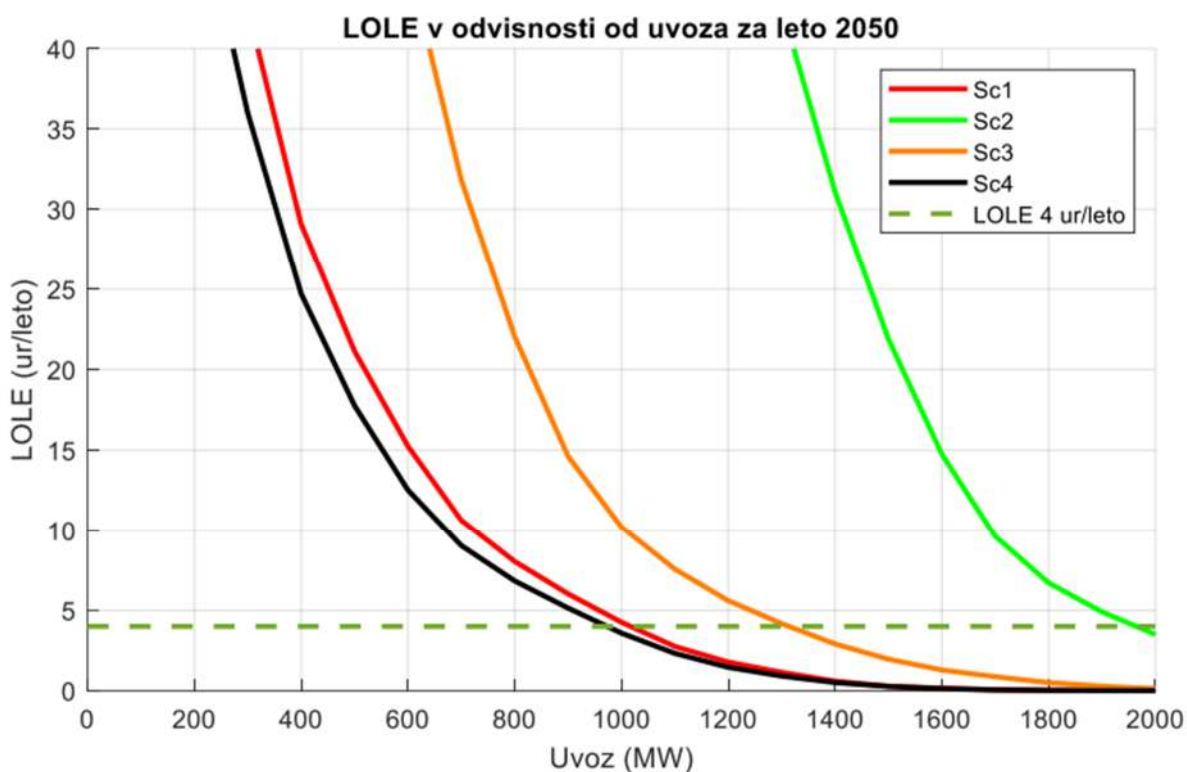
6. Pomen zanesljive in kakovostne oskrbe

Odpor prebivalstva proti OVE, tudi hidro in vetrnim elektrarnam, bo treba zmanjševati s pogovori o možnih rešitvah, prepričevanjem, da drugih virov trenutno ni na vidiku. Izgradnja je nujna, ker bi uvoz elektrike cene pognal nebo in si jo bo lahko privoščilo le malo ljudi. Pomisliti je treba na možne redukcije in mrke za industrijo in gospodarstvo, da ne govorimo o tele informatiki (telefoni, računalniki, internet), treba

se je odločiti pravi trenutek, ker gradnja novih postrojev vzame veliko časa in ne smemo zamuditi pravega časa za izgradnjo.

Potreben je za odprt podnebni in energetski dialog na vseh ravneh na strokovnih podlagah. Slišati je treba stroko, mnenje ljudi in cilje ustrezne oskrbe z elektriko s pametno politiko. Pri tem moramo slediti dogajanju v soseščini in po svetu. Odločitve nam morajo v prihodnjih letih in desetletjih zagotoviti ravnotežje glede podnebnih zahtev in zanesljivosti oskrbe. **Novih poceni proizvodnih virov ni pričakovati.**

Imeti pa je nujno dovolj zmogljivosti za pokrivanje potreb v primerih stiske z elektriko. **Ključna je energetska neodvisnost je v težkih političnih in podnebnih spremembah.** Potrebe po moči do leta 2050 in tveganje nepokrivanja odjema, glej sliko 3. Tu se kaže dejstvo, da sončne elektrarne same po sebi ne predstavljajo zanesljivega vira električne energije. Le s pomočjo hranilnikov električne energije moremo zagotoviti s sončnimi elektrarnami zanesljivo oskrbo, Vendar bi takšni hranilniki morali biti zmogljivi obratovati tudi mesec dni ali več. Pri simulacijah lahko ugotovimo, da pride do primanjkljaja ca. 2000 MW, kar je zelo velik primanjkljaj.



Slika 3 Prof. dr. Miloš. Pantoš: izgube napajanja (LOLE) za nabor načrtovanj izgradnje virov

7. Umeščanje v prostor

Doseganje ciljev zelenega prehoda pogojuje predvsem pohitritev in poenostavitev postopkov umeščanja novih proizvodnih virov – objektov v prostor, na nivoju posameznih inštitucij, ki se ukvarjajo z izdajanjem soglasij in mnenj, kot tudi na nivoju pripravljavcev potrebne dokumentacije (prostorsko umeščanje, projektiranje...) ob sodelovanju javnosti.

ZAKLJUČEK

Večanjem deleža obnovljivih virov zahteva nujno potrebna znatna vlaganja tudi v večje hranilnike električne energije. Pripravljati je nujno potencialne nove scenarije izgradnje ustreznih proizvodnih virov, ki bi zagotovili oskrbo industrije in prebivalstva brez zanašanja na stalni uvoz elektrike. Veliko nalog pa čaka tudi izobraževalno-raziskovalne institucije.

NUJNO JE TAKOJ IZDELATI NAČRT RAZVOJA EES DO LETA 2050.

Podnebni načrt, še manj pa trgovanje tega ne rešuje.



mag. Mirko Javeršek, uni. dipl. inž.. el.

ŠOLSKI CENTER KRANJ

HIBRIDNI SAMOOSKRBNI SISTEMI V SODOBNIH DOMOVIH

Povzetek:

Pretrasi na trgih surovin ter negotova dobava energentov in njihova velika cenovna nihanja, močno zaznamujeta čas v katerem živimo. Tako ne preseneča dejstvo, da vedno več gospodarskih družb in tudi gospodinjstev išče rešitve za samooskrbo z električno energijo in s tem vsaj delno neodvisnost od rasti cen.

Baterijski hranilniki predstavljajo ključno sredstvo za shranjevanje in upravljanje energije v sodobnih energetskih sistemih. Članek prinaša pogled na aktualni razvoj baterijskih hranilnikov, z osredotočenjem na tehnične inovacije, trajnostne vidike, ekonomske izzive ter perspektive za prihodnost.

V Sloveniji je bil pred leti uveden netmetering, ki deluje na podlagi delne samooskrbe s pomočjo fotonapetostnih elektrarn, pri čemer se pri obračunu upošteva razlika med proizvedeno in dejansko porabljeno energijo. Na ta način je zakonodajalec želeli spodbuditi k čim večji samooskrbi z električno energijo. V zadnjem času je mogoče opaziti porast gospodistev, ki se odločijo za samooskrbo z električno energijo, kar dokazuje tudi podatek, da so bila vsa sredstva Eko sklada, namenjena temu področju, porabljena že v prvem tromesečju leta 2023. Nepredvidljive cene energentov so ljudi spodbudile k iskanju rešitev za samooskrbo in s tem k neodvisnosti od rasti cen električne energije na trgu.

Zlasti energetsko zahtevne gospodarske družbe, so zaradi nepredvidljivega trga električne energije in njenih substitutov, primorane iskati še drugačne poti. Te rešitve so v času investicije izjemno drage, na daljše časovno obdobje pa nudijo več manevrskega prostora. Zavedati se moramo dejstva, da lahko konice pokrivamo z energijo iz baterijskih sistemov, ki jih bomo napolnili v času viškov energije, ko bo v ekstremnih primerih cena električne energije celo negativna. Ta praksa je v tujini povsem običajna. Spodnji primer je iz Kanade.

Ontario Electricity in Canada sold about 278 GWh of energy at negative prices to neighbours and paid about \$15 million dollars to do so. • That was with only about 1,400 MW of wind generation on-line. • With 7,500 MW of wind generation in 2022 and if demand growth continues to be weak, we will have a lot more surplus energy. The (negative) price went up!

Svet se premika proti večji uporabi obnovljivih virov energije, kar poudarja potrebo po učinkovitem shranjevanju energije. Baterijski hranilniki so postali ključni gradniki v tem prehodu, omogočajoč boljšo izrabo obnovljive energije in zagotavljanje stabilnosti energetskih sistemov

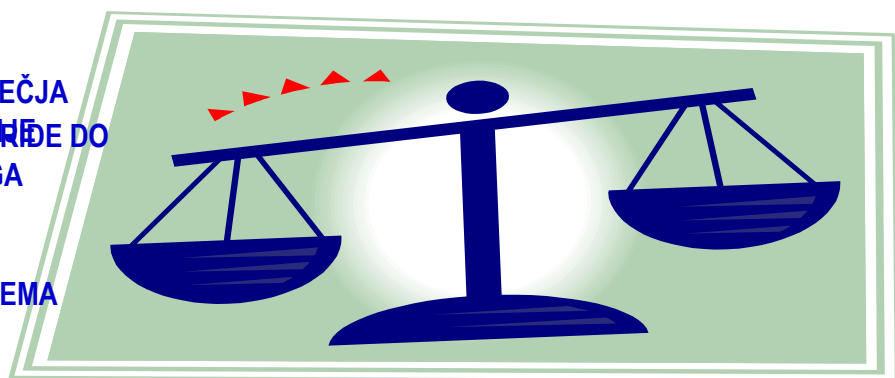
1. Uvod

Že od samih začetkov uporabe električne energije, se pojavlja težava, kako jo shraniti za kasnejšo uporabo. Brez shranjevalnih kapacitet morata biti proizvodnja in poraba v vsakem trenutku izravnani. Dokler proizvodnja električne energije ni odvisna od zunanjih dejavnikov načeloma ni večjih težav. Težave se pojavijo, ko proizvodnja električne energije postane odvisna od zunanjih dejavnikov, na katere nimamo vpliva. Obnovljivi viri namreč stohastično vstopajo v elektroenergetski sistem, neodvisno od trenutne proizvodnje in porabe električne energije. Ti viri so tudi prednostno dispečirani. To pomeni, da se odkupi vsa njihova proizvodnja.

Ker proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov (predvsem sončna) ni stalna ter tako odvisna od trenutnih razmer, predvsem vremena, so za premostitev proizvodnih lukenj potrebni sistemi za shranjevanje.

Evropski elektroenergetski sistem se razteza od Iberskega polotoka, preko Turčije, do Nordkappa na Norveškem. Po njem se "pretaka" električna energija s frekvenco 50 Hz. Frekvenca je, z izjemo manjših lokalnih odstopanj, v celotnem sistemu enaka. V primeru, da pride do večjih odstopanj med proizvodnjo električne energije in porabo, je v izogib električnemu mrku na področju, ki ne uspe zagotoviti uravnoveženje frekvence, potrebno aktivirati sistemske storitve.

**PORABA
ELEKTRIČNE
ENERGIJE JE VEČJA
POSLEDIČNO PRIDE DO
NEDOPUSTNEGA
ODSTOPANJA
FREKVENCE IN
RAZPADA SISTEMA**



Slika 1: Odvisnost frekvence od izravnave proizvodnje in porabe v realnem času

Torej, praktično v realnem času je potrebno dodajati (če je proizvodnja premajhna in odjem prevelik) ali zmanjševati (če je trenutna proizvodnja prevelika, ker se je zmanjšala poraba) injicirano moč v elektroenergetski sistem.

Sistemske storitve po večini še vedno izvajajo konvencionalni generatorji električne energije. Stalno prilagajanje proizvodnje električne energije, da bi uspešno sledili signalu operaterja prenosnega omrežja, jim lahko povečuje vzdrževalne stroške in zmanjšuje učinkovitost. Za določene bi bilo bolj smiselno obratovati na polni moči in prepustiti izvajanje sistemskih storitev napravam, ki so narejene za ta namen. Baterijski hranilniki so po drugi strani veliko hitrejši in fleksibilnejši. Konstantno spreminjanje moči delovanja (polnjenje/praznjenje) jim ne škoduje, saj je to njihov osnovni namen.

2. Kaj nam omogoča baterijski hranilnik

Pri velikih hranilnikih je bistvo v tem, da omogočajo nekaj urno obratovanje tudi ob morebitnih izpadih zunanega omrežja. To je še posebej pomembno pri proizvodnji železa in aluminija, kjer se talina nahaja v posebni elektro peči in bi v primeru prekinitve dobave električne energije nastala nepopisna škoda.

Pri zasebnih stanovanjskih hišah, pa hranilnik omogoča večjo samozadostnost in fleksibilnost ter cenovno optimizacijo, saj bodo postopoma tudi za gospodinske odjemalce uvedli tako imenovane dinamične tarife. To pomeni, da bo dnevni cenovni razpon električne energije lahko tudi v razmerju 1 proti 10.

Hranilnik električne energije, je tako v kombinaciji s sončnimi celicami optimalna rešitev na poti k samozadostnosti. Presežek dnevno pridelane električne energije se bo namreč shranjeval v hranilniku električne energije in ne bo šel v omrežje, kot je praksa pri netmeteringu. Shranjeno energijo uporabniki lahko izkoristijo za potrebe doma v nočnem času in času zmanjšane proizvodnje sončne elektrarne ter tako povečajo svojo preskrbljenost z lastnim virom električne energije ali na ta način povečajo lastno konično moč svojega priključka na električno omrežje.

Medtem ko smo v Sloveniji šele dobro začeli spoznavati sistem hranjenja električne energije v lastnih hranilnikih, je gradnja sončne elektrarne v kombinaciji s hranilnikom električne energije običajna praksa drugod po Evropi in svetu. V Nemčiji, na primer, so samo v lanskem letu postavili več kot 150 tisoč hranilnikov za gospodinske uporabnike.

Hranilnik tako deluje na način, da zajame in zadrži električno energijo, ki jo nato uporabnik uporabi v svojem domu, kadar jo potrebuje. Uporabnik lahko z njim napaja večje število naprav, ki jih v določenem času potrebuje v svojem domu. Po sončnem zahodu, ko fotovoltaični paneli električne energije ne proizvajajo, električno energijo za napajanje uporabnikovega doma zagotavlja baterijski hranilnik.

V tem trenutku ima med hranilniki energije primat ameriško podjetje Tesla, ki je lani predstavilo novo linijo modularnih hranilnikov Tesla Powerwall. Priznati pa je potrebno, da tudi domači proizvajalci sledijo razvoju in ob pomoči znanstvenih in raziskovalnih inštitucij, na trgu že predstavljajo svoje najnovejše dosežke (TAB, Moon, NGEN ...).

Modularnost je v tem primeru zelo pomembna, saj omogoča sestavljanje poljubne končne moči baterijskega hranilnika.

Zakaj se postavitve hranilnikov splača?

- Ker skladiščijo presežek električne energije, ki jo čez dan proizvede vaša sončna elektrarna, porabite pa jo v času zmanjšane proizvodnje sončne elektrarne.

- Ker največjo komperativno prednost predstavlja na novo razvita platforma. Gre v bistvu za virtualno elektrarno, ki povezuje vse porabnike v en navidezen energetske grozd, ki se ga krmili in optimira z enega mesta.
- Ker z vključitvijo v platformo lahko prejimate električno energijo po najnižjih cenah.
- Ker ne potrebujete nujno sončne elektrarne, da plačujete poceni električno energijo, dobavljeno iz platforme.

Hranilniki električne energije bodo še dodatno pripomogel k uravnavanju frekvence elektroenergetskega sistema, zmanjševanju neizravnosti bilančnih skupin ter kot prožnostna podpora drugim udeležencem elektroenergetskega trga, predvsem večjim porabnikom električne energije.

3. Možni načini aplikacije

Baterijski hranilniki so v osnovi baterije, ki jih poznamo že zelo dolgo. Najstarejše baterije za enosmerno napetost poznamo že skoraj 100 let. Razvoj je dolgo časa temeljil na dveh velikih skupinah uporabnikov. Največji trg je predstavljala zagonska baterija za zagon avtomobilskega zaganjača pri motorjih z notranjim izgorevanjem. Druga skupina pa so bile manjše baterije za prenosne uporabnike (baterije v merilnih instrumentih, v igračah, prenosnih radijskih aparatih in kasetofonih, itd...).

Baterije za hranilnike električne energije, pa so se v večjem obsegu začele pojavljati ob pojavu električnih avtomobilov. Velik problem pa predstavlja surovina, ki spada med redke zemlje in jo v naravi ni veliko. Gre za litij, kadmij, kobalt in druge redke zemlje. Nahajališča teh rudnin so pretežno v Afriki in na Kitajskem, tako, da so velike svetovne rudarske družbe že pokupile večino potencialnih lokacij. Tako cena, tudi zaradi velikega povpraševanja, zelo raste.

Za izdelavo velikih hranilnikov, je potrebno izbrati zelo zanesljive baterije, ki imajo vgrajeno vodno hlajenje s toplotno črpalko, saj je temperatura za sam hranilnik zelo pomembna. Tehnična raven sodobnih baterijskih hranilnikov je zelo visoka. Zato je za vse preostale proizvajalce na svetu velik izziv, da se približajo tem normativom. Glede na samo investicijo, to je od 9.500 evrov dalje za posamezen hišni hranilnik, uporabnik pričakuje brezhibno delovanje v življenjski dobi 25 let.



Slika 2: Hranilnik je mogoče namestiti na tla ali steno

Hranilnik deluje na način, da zajame in zadrži električno energijo, ki jo nato uporabnik uporabi v svojem domu, kadar jo potrebuje. Uporabnik lahko z njim napaja večje število priključkov oz. naprav, ki jih v določenem času potrebuje v svojem domu. Po sončnem zahodu, ko fotovoltaični paneli električne energije ne proizvajajo, električno energijo za napajanje uporabnikovega doma zagotavlja hranilnik.

1.1

1.2 Prednosti baterijskega hranilnika pridejo najbolj do izraza, če se odločimo za fotonapetostno elektrarno, oziroma, če imamo večji porabnik električne energije, kot je toplotna črpalka ali električni avto. V tem primeru pride do zamika med proizvodnjo in odjemom, ki ga baterijski hranilnik uspešno premosti.

Gradnja sončne elektrarne v kombinaciji s hranilnikom gospodinjstvom omogoča, da že danes začnejo hraniti presežke proizvedene električne energije in s tem prihranijo. Predstavlja korak v smer energetske varnosti in neodvisnosti. Omogoča shranjevanje in zagotavljanje rezervne električne energije, ki v okviru platforme pomaga doseči zastavljene cilje z različnimi prilagoditvami načina delovanja. Poleg tega v primeru izpada napajanja z električno energijo iz omrežja hranilniki ponujajo rezervno napajanje in tako ohranijo delovanje najnujnejših električnih aparatov. Z enim polnjenjem lahko napajamo hišo približno slabe tri ure.

Za povprečno gospodinjstvo je optimalna rešitev kombinacija sončne elektrarne in treh hranilnikov. Prednost hranilnikov je tudi v tem, da se jih preprosto dodaja, ko se poraba gospodinjstva poveča, saj so modularne izvedbe.

Uporaba kombinacije baterijskega hranilnika električne energije in sončne elektrarne zmanjša stroške dozdajšnje porabljene električne energije, omrežnine in preostalih prispevkov.



Slika 3: Demonstracijski pano z dvema baterijskima hranilnikoma in polnilnico za e-avto

4. Nove platforme energetske skupnosti

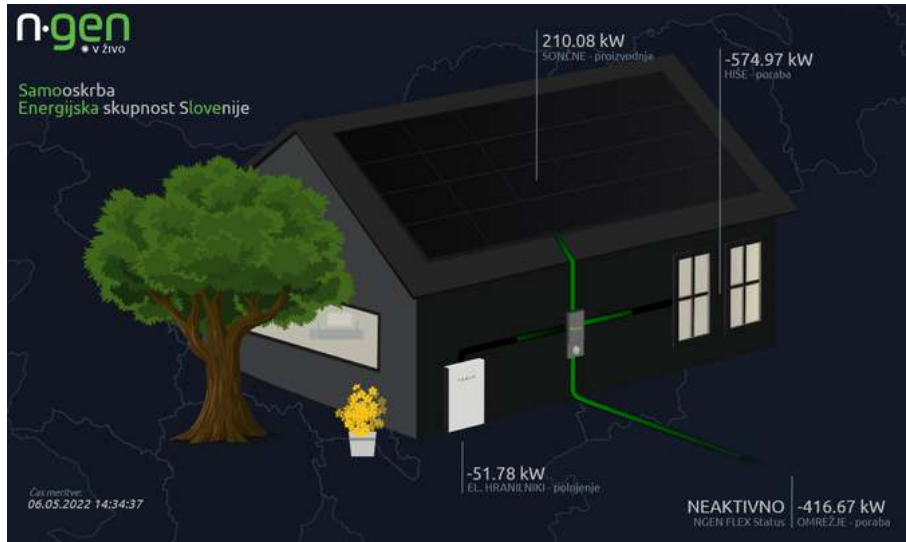
Kaj omogočajo nove platforme energetske skupnosti, najbolj nazorno pokaže spodnji primer.

Statistično opazimo, da je okrog 12. ure, ko je sonca največ, energije preveč. Cena elektrike takrat pade na najnižjo vrednost. Presežka elektrike se takrat ne da prodajati. S tem namenom so razvite platforme, saj tako lahko, kdorkoli uporablja hranilnik električne energije, čeprav nima sončne elektrarne, polni hranilnik s cenejšo energijo.

Hranilnik električne energije, ki je vključen v platformo, uporabniku torej omogoča, da se hranilnik v času energetskih presežkov lahko polni avtomatsko. Takrat je dosežena cena dobave električne energije v hranilnik bistveno nižja - mogoče je tudi do 80 % znižanje cene glede na tržne cene elektrike za gospodinjstva.

Vzemimo le konkreten primer, kjer so v letu 2022 so na primer v NGEN omogočili dobavo 5.000 kWh po ceni 0,01 evra/kWh + DDV.

Platforma je sprogramirana tako, da kadar so presežki električne energije, sistem sam sproži dovod elektrike v hranilnike oz. električne porabnike po izjemno nizki ceni.



Slika 4: Shema virtualne elektrarne - Energijska skupnost Slovenije

Slika prikazuje celotno skupnost gospodinjstev, ki so priključeni na energetske skupnosti Slovenije. Merjeni podatki odražajo realno stanje samooskrbe v vsakem trenutku.

Na spletni strani www.mojabaterija.si, lahko vsak v živo spremlja aktualno trenutno stanje vseh uporabnikov platforme energetske skupnosti.

Ljudje se danes prepogosto odločajo za gradnjo predimenzioniranih sončnih elektrarn in s tem puščajo presežke električne energije v omrežju. Smiselno je prilagoditi velikost sončne elektrarne potrebam gospodinjstva in dodati hranilnik, ki bo v prihodnosti dodal tudi energijo iz drugih sončnih elektrarn po zelo nizki ceni. Gre za kombinacijo celotnega sistema in prav zato je narejena ta platforma, kjer so meritve ponazorjene v realnem času. Šteje vsak kilovat. Presežki energije, ki so nam bili do zdaj nedostopni, so naenkrat postali popolnoma transparentni in dostopni. Bistveno je, da se naša platforma že navezuje na evropski sistem. Evropa stremi k temu, da bo imela en energetske trg.

V bližnji prihodnosti lahko računamo na to, da ko npr. v Nemčiji zapiha veter in v dveh sekundah se bodo aktivirali hranilniki, ker bo takrat cena elektrike izjemno ugodna.

Upoštevati moramo tudi, da se bodo uvajale spremembe pri obračunu moči tudi za gospodinjstva, takrat bodo hranilniki sčasoma začeli prevzemati vlogo izravnave električne energije na samem omrežju. Govorimo o t.i. dinamičnih tarifah, ki bodo natančno sledile dogajanju v omrežju in tako bo cena električne energije neposredno odvisna od trenutnih razmerij. Za končnega uporabnika to pomeni, da bo sončna elektrarna za povprečno gospodinjstvo brez hranilnika povsem nesmiselna.



Slika 5: Nadzorna soba energetske skupnosti, kjer se zbirajo podatki o delovanju sistema

1.3 Poudariti je potrebno, da so že razvite do uporabnika prijazne mobilne aplikacije. Tako lahko do sistema dostopate z aplikacijo na vašem telefonu, kjer uporabnik v živo spremlja svojo porabo električne energije, kaj dela hranilnik, kolikšno proizvodnjo sončne energije ima, celotno porabo objekta. Na grafih uporabnik preveri stanje uporabe za pretekle dni - kakšna je bila dejansko poraba iz hranilnika, koliko iz sončnih celic, koliko je bilo sodelovanja z omrežjem.

Poleg tega se da razbrati dejansko samozadostnost. Z aplikacijo je mogoče nastaviti, koliko energije želimo prihraniti za nujni primer izpada električne energije. Uporabnik lahko prek ukazov v mobilni aplikaciji nastavi, kdaj naj se hranilnik polni iz platforme. Hranilnik bo poskrbel, da bodo presežki električne energije shranjeni. Takoj, ko bo proizvodnja sončne energije manjša od uporabe, pa bo hranilnik sam začel dodajati energijo. Celoten uporabniški del je prijazen do uporabnika in enostaven ter na voljo tudi v slovenskem jeziku.



Slika 6: Možen dostop tudi z mobilno aplikacijo

Z mobilno aplikacijo boste v vsakem trenutku dostopali do proizvodnje in porabe električne energije v svojem domu ter nastavljali prioritete delovanja.

Električna omrežja, ki vključujejo shranjevanje energije iz obnovljivih virov, lahko zmanjšajo emisije ogljikovega dioksida, in sicer bolj kot omrežja, ki preprosto povečujejo energijo iz obnovljivih virov. Skladiščenje električne energije bi pomagalo učinkoviteje izkoriščati energijo, ki jo ustvarjajo viri, kot sta veter in sonce. S tem so električna omrežja manj odvisna od proizvodnje električne energije iz fosilnih goriv.

V podjetju Tesla, ki je ta trenutek pred ostalimi konkurenti, je poskrbljeno tudi za reciklažo baterij, ki se, potem ko odslužijo, uporabijo za izdelavo nove baterije, pri čemer je treba dodati do 20 odstotkov novih materialov.

5. Projekti večjih hranilnikov za industrijo

Prvi večji baterijski industrijski hranilnik že dve leti obratuje v podjetju ACRONI na Jesenicah.

Cilj je bil, da po uspešni vključitvi prvega hranilnika v sistem, nadaljujejo s povečevanjem mreže hranilnikov. Konec lanskega leta so se lotili priprave novega projekta za postavitev drugega, še zmogljivejšega hranilnika. Prva dela so se začela v maju, konec avgusta pa so bili izvedeni že prvi obratovalni testi baterijskega hranilnika. Gre za projekt baterijskega hranilnika v tovarni aluminija TALUM v Kidričevem.

Baterijski sistem s priključno močjo 15 megavatov in kapaciteto 30 megavatnih ur tako že obratuje v Kidričevem.

Novi hranilnik električne energije je tako še dodatno pripomogel pri uravnavanju frekvence slovenskega in evropskega elektroenergetskega sistema, zmanjševanju neizravnosti bilančnih skupin ter kot prožnostna podpora drugim udeležencem elektroenergetskega trga, predvsem večjim porabnikom električne energije. Celotna investicija v projekt, ki vključuje projektno dokumentacijo, izgradnjo infrastrukture in postavitev baterijskega hranilnika, je znašala 16 milijonov evrov.

Že od samih začetkov uporabe elektrike se pojavlja težava, kako jo shraniti za kasnejšo uporabo. Brez shranjevalnih kapacitet morata biti proizvodnja in poraba v vsakem trenutku izravnani. Dokler proizvodnja električne energije ni odvisna od zunanjih dejavnikov načeloma ni večjih težav. Težave se pojavijo, ko proizvodnja električne energije postane odvisna od zunanjih dejavnikov. Ker proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov (hidro, vetrna, sončna) ni stalna/v pasu in je odvisna od vremena, so za premostitev proizvodnih lukenj potrebni sistemi za shranjevanje.

Evropski elektroenergetski sistem se razteza od Iberskega polotoka, preko Turčije, do Nordkappa na Norveškem. Po njem se "pretaka" izmenični električni tok s frekvenco približno 50 Hz. Frekvenca je, z izjemo manjših lokalnih odstopanj, v celotnem sistemu enaka. V primeru, da pride do večjih odstopanj med proizvodnjo električne energije in porabo, je v izogib električnemu mrku po celotni Evropi, potrebno aktivirati sistemske storitve.

Sistemske storitve po večini še vedno izvajajo konvencionalni generatorji električne energije. Stalno prilagajanje proizvodnje električne energije, da bi uspešno sledili signalu operaterja prenosnega omrežja, jim lahko povečuje vzdrževalne stroške in zmanjšuje učinkovitost. Za določene bi bilo bolj smiselno obratovati na polni moči in prepustiti izvajanje sistemskih storitev napravam, ki so narejene za ta namen. Baterijski hranilniki so po drugi strani veliko hitrejši in fleksibilnejši. Konstantno spreminjanje moči delovanja (polnjenje/praznjenje) jim ne škoduje, saj je to njihov osnovni namen.



Slika 7: Baterijski hranilnik priključne moči 15 MW in kapacitete 30 MWh

Hranilniki električne energije bodo še dodatno pripomogel k uravnavanju frekvence slovenskega/evropskega elektroenergetskega sistema, zmanjševanju neizravnosti bilančnih skupin ter kot prožnostna podpora drugim udeležencem elektroenergetskega trga, predvsem večjim porabnikom električne energije.

Sistemske storitve po večini še vedno izvajajo konvencionalni generatorji električne energije. Stalno prilagajanje proizvodnje električne energije, da bi uspešno sledili signalu operaterja prenosnega omrežja, jim lahko povečuje vzdrževalne stroške in zmanjšuje učinkovitost. Za določene bi bilo bolj smiselno obratovati na polni moči in prepustiti izvajanje sistemskih storitev napravam, ki so narejene za ta namen. Baterijski hranilniki so po drugi strani veliko hitrejši in fleksibilnejši.

6. Projekti manjših hranilnikov za stanovanjske hiše

Razvite so programske rešitve, ki samostojno upravljajo vse naprave, vključene v portfelj. Programska rešitev je zgrajena skladno s sodobnimi standardi in kot taka že pripravljena za delovanje z EU platformami.

Za slovenski trg je s prodajo manjših hranilnikov Powerwall pripravljena optimirana samooskrbna rešitev za gospodinjstva, ki bodo tako lahko tudi aktivno sodelovala na energetske trgu. To jim bo lahko prineslo dodatne prihranke pri stroških električne energije in omogočilo, da postanejo del celovite rešitve. Uporaba manjših hranilnikov bo delno lahko pomagala reševati tudi težave s povečanjem priključne moči. Za vse zainteresirane so pripravljene paketi, ki vključujejo baterijski hranilnik in fotovoltaično elektrarno. Osnovni paket je sestavljen iz sončne elektrarne moči 6kW in hranilnika Tesla Powerwall z uporabno kapaciteto 13,5 kWh. Paket, vključno z montažo, je na trgu na voljo po ceni, ki bo znašala okrog 11.000 evrov, pri čemer je že všteta subvencija za sončno elektrarno.

Gradnja sončne elektrarne v kombinaciji s hranilnikom gospodinjstvom omogoča, da že danes začnejo hraniti presežke proizvedene električne energije in s tem prihranijo. Predstavlja korak v smer energetske varnosti in neodvisnosti. Omogoča shranjevanje in zagotavljanje rezervne električne energije, ki v okviru platforme pomaga doseči zastavljene cilje z različnimi prilagoditvami načina delovanja. Poleg tega v primeru izpada napajanja z električno energijo iz omrežja hranilniki ponujajo rezervno napajanje in tako ohranijo delovanje najnujnejših električnih aparatov. Z enim polnjenjem lahko napajamo hišo približno slabe tri ure. Za povprečno gospodinjstvo je optimalna rešitev kombinacija sončne elektrarne in treh hranilnikov. Prednost hranilnikov je tudi v tem, da se jih preprosto dodaja, ko se poraba gospodinjstva poveča, saj so modularne izvedbe.

Uporaba kombinacije baterijskega hranilnika električne energije Tesla Powerwall in sončne elektrarne, zmanjša stroške dozdajšnje porabljene električne energije, omrežnine in preostalih prispevkov.

Na trgu pa se pojavljajo tudi drugi ponudniki, med njimi hranilnik električne energije TAB power. Ta hranilnik električne energije se v kombinaciji z lastno sončno elektrarno preprosto spleča. Čisto in brezplačno elektriko, ki jo proizvede vaša sončna elektrarna, lahko namreč shranite in porabljate takrat, ko jo potrebujete, 24 ur na dan, in to tudi v primeru izpada električnega toka. Tedaj namreč sistem vzpostavi samostojno omrežje, ki zagotovi nadaljno oskrbo z električno energijo.



Slika 8: Hranilnik TAB je mogoče namestiti ob steno kot omaro

Na trgu pa se pojavljajo tudi drugi ponudniki, med njimi hranilnik električne energije TAB power. Ta hranilnik električne energije se v kombinaciji z lastno sončno elektrarno preprosto spleča.

Posebnost hranilnika električne energije TAB power je kompaktni dizajn in integracija s sistemom optiMOON za polnjenje električnih vozil. Podjetje TAB iz Mežice nudi 10 let garancije, pri kapaciteti pretoka 15 MWh.



Slika 9: Hranilnik TAB kot del notranjega interierja

Dimenzije hranilnika TAB power se razlikujejo glede na izvedbo. Osnovna izvedba je POWER base 3, z začetno kapaciteto 10 kWh in možnostjo povečave do 15 kWh.

Naslednja izvedba je POWER base 5, z začetno kapaciteto 20 kWh in možnostjo povečave do 25 kWh. Najmočnejša izvedba je POWER base 8, z začetno kapaciteto 30 kWh in možnostjo povečave do 40 kWh. Hranilnik se seveda izbere glede na individualne potrebe

7. Vpliv na lokalno in širšo okolico

1.3.1

Ponudniki baterijskih sistemov in platform svoje znanje in pridobljene izkušnje delijo tudi z drugimi podjetji v širši regiji. Na ta način želijo pomagati ustvariti mrežo povezanih sistemov v energetske omrežju v tem delu Evrope, ki bodo kos prihajajočim izzivom na prehodu v brezogljeno družbo.

Za slovensko tržišče individualnih gradenj je tako že sedaj na voljo zajeten izbor baterijskih sistemov oz. hranilnikov, ki v kombinaciji s fotonapetostnimi elektrarnami nudijo optimalno samooskrbno rešitev za gospodinjstva, ki bodo lahko tudi aktivno sodelovala na energetske trgu. To jim lahko prinese dodatne prihranke pri stroških električne energije in omogoča, da postanejo del celovite rešitve. Uporaba manjših hranilnikov lahko delno pomaga reševati tudi težave s povečanjem priključne moči.

Nikakor pa ne smemo spregledati dejstva, da predstavljajo baterije za hranilnike električne energije velik problem v smislu reciklaže po zaključeni uporabi.

Proizvajalci trdijo, da bo tehnologija razgradnje stekla sočasno z pojavom prvih sistemov, ki bodo namenjeni razgradnji in da bodo vgrajene materiale reciklirali in ponovno uporabili. Seveda je to teoretične obljuba. Veliko vprašanje pa je, kaj bo pokazala praksa.

Velik problem pa predstavlja tudi surovina, ki spada med redke zemlje in jo v naravi ni veliko. Gre za litij, kadmij, kobalt in druge redke zemlje. Nahajališča teh rudnin so pretežno v Afriki in na Kitajskem, tako, da so velike svetovne rudarske družbe že pokupile večino potencialnih lokacij. Tako cena, tudi zaradi velikega povpraševanja, zelo raste.

8. Zaključek s pogledom v prihodnost

Že od samih začetkov uporabe elektrike se pojavlja težava, kako jo shraniti za kasnejšo uporabo. Brez shranjevalnih kapacitet morata biti proizvodnja in poraba v vsakem trenutku izravnani. Dokler proizvodnja električne energije ni odvisna od zunanjih dejavnikov, načeloma ni večjih težav.

Težave se pojavijo, ko proizvodnja električne energije postane odvisna od zunanjih dejavnikov.

Ker proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov ni stalna in je odvisna od vremena, so za premostitev proizvodnih lukenj potrebni sistemi za shranjevanje.

Sistemske storitve po večini še vedno izvajajo konvencionalni generatorji električne energije. Stalno prilagajanje proizvodnje električne energije, da bi uspešno sledili signalu operaterja prenosnega omrežja, jim lahko povečuje vzdrževalne stroške in zmanjšuje učinkovitost. Za določene bi bilo bolj smiselno obratovati na polni moči in prepustiti izvajanje sistemskih storitev napravam, ki so narejene za ta namen. Baterijski hranilniki so po drugi strani veliko hitrejši in fleksibilnejši.

Za trg gospodinjskih odjemalcev prav tako obstaja možnost delne ali popolne samooskrbe, odvisno od velikosti vgrajenega sistema. Ta gospodinjstva bodo lahko tudi aktivno sodelovala na energetske trgu. To jim bo lahko prineslo dodatne prihranke pri stroških električne energije in omogočilo, da postanejo del celovite rešitve. Uporaba manjših hranilnikov bo delno lahko pomagala reševati tudi težave s povečanjem priključne moči.

Popolnoma na koncu ne spreglejmo glavne težave, ki jo predstavlja redka surovina za izdelavo baterijskih hranilnikov, ki spada med tako imenovane redke zemlje in jo v naravi ni veliko. Gre za litij, kadmij, kobalt in druge redke zemlje. Nahajališča teh rudnin so pretežno v Afriki in na Kitajskem, tako, da so velike svetovne rudarske družbe že pokupile večino potencialnih lokacij. Cena, tudi zaradi velikega povpraševanja, tako počasi, a nezadržno raste.

S trajnostnim razvojem postaja ključno vprašanje vzdržnost baterijskih hranilnikov. Raziskave se usmerjajo v razvoj okolju prijaznih materialov, recikliranje baterijskih komponent, zmanjševanje izpustov pri proizvodnji ter dolgoročno trajnost baterij. V tem kontekstu je pomembno raziskati celoten življenjski cikel baterijskih hranilnikov.

Ekonomska analiza vključuje kompleksen splet dejavnikov, vključno s stroški proizvodnje, življenjsko dobo baterij, subvencijami ter potrebo po vzpostavitvi tržnega okolja. Razvoj ekonomsko donosnih modelov predstavlja pomemben korak k širši implementaciji baterijskih hranilnikov v različne sektorje.

Nove raziskave se osredotočajo na izboljšanje trajnosti baterijskih hranilnikov. Recikliranje materialov, zmanjšanje uporabe redkih kovin ter trajnostna proizvodnja so ključne teme v tej domeni. Hkrati pa ekonomska analiza igra ključno vlogo pri širši implementaciji baterijskih hranilnikov v energetske sisteme.

Baterijski hranilniki so ključnega pomena za zagotavljanje stabilnosti in zanesljivosti energetskih sistemov. Pričakovati je nadaljnji napredek v tehnologiji, zmanjšanje stroškov, povečanje učinkovitosti ter prilagajanje baterijskih sistemov različnim potrebam potrošnikov in energetskih omrežij.

Povečanje vloge baterijskih hranilnikov zahteva boljše razumevanje njihove vloge v sodobnih energetskih sistemih. Izzivi vključujejo optimalno integracijo v omrežje, upravljanje s cikličnimi obremenitvami in razvoj standardov na tem področju.

Razvoj baterijskih hranilnikov je ključen element trajnostne energetike. S kombinacijo tehničnih inovacij, trajnostnih pristopov ter premišljenega

ekonomskega modeliranja lahko oblikujemo okolju prijazne in ekonomsko vzdržne rešitve za shranjevanje energije, ki bodo igrale ključno vlogo v prihodnjih energetskih sistemih.

Baterijski hranilniki energije imajo ključno vlogo v prehodu k bolj trajnostnemu energetskemu sistemu. Nadaljnje raziskave in inovacije na področju tehnologije, učinkovitosti, trajnosti in ekonomije, pa so nujne za uspešno implementacijo in širšo sprejetost baterijskih hranilnikov.



Jože J. Unk

TEHNIŠKA SLOVENŠČINA IN DNEVNI JEZIK

Povzetek:

Moje večno geslo je izrek mojega spoštovanega razrednika dr. Jožeta Mahniča "vrhunski strokovnjak, ki ne obvlada jezika, je klavrn paradoks"

Tako se tudi od slovenskih strokovnjakov pričakuje, da ob slovnično pravilni leposlovni slovenščini obvladajo tudi strokovno slovenščino!

Prevajanje mednarodnih standardov s področja elektroenergetike in elektronike, ki jih izdaja Mednarodna elektrotehniška komisija (IEC), teče na EZS neprekinjeno. Končne izdelke pošljemo Slovenskemu institutu za standardizacijo (SIST), kjer strokovne termine uskladimo – in take EZS objavi v svojem Glosarju, SIST pa objavi pri IEC.

V predavanju navajam zadnjih izrazov, na katere sem v zadnjih mesecih naletel pri lektoriranju standardov komisije IEC. Poleg tega dodajam še nekaj napačno uporabljenih tehniških in splošno dnevno uporabljenih pojmov.

Novi izrazi, tehniška slovenščina in dnevni jezik

"vrhunski strokovnjak, ki ne obvlada jezika, je klavrn paradoks"

Navajam nekaj izrazov, na katere sem v zadnjih mesecih naletel pri lektoriranju standardov komisije IEC. V nadaljevanju dodajam še nekaj napačno uporabljenih tehniških in splošno dnevno uporabljenih pojmov.

humidity freeze	zamrzovanje na vlagi
service reliability, <of an electric power system> (de: Versorgungszuverlässigkeit, <eines Elektrizitätsversorgungs-systems>, fr: fiabilité de l'alimentation, <d'un réseau d'énergie électrique>)	zanesljivost oskrbe <elektroenergetskega sistema>
dumbbell	veslasti vzorec
performance benchmarking	primerjalna analiza tehničnih lastnosti
disconnect	ločilno mesto
performance related maintenance	tehnično vzdrževanje
requirements for generators, RfG	zahteve za generatorje
battery energy storage system, BESS	baterijski hranilnik električne energije
static synchronous compensator, STATCOM	statični sinhronski kompenzator, STATCOM
static var compensator, SVC	statični kompenzator jalove energije, SVC
non-emergency (de: nicht notwendig??; fr: non urgente)	nenujen
operations and maintenance, O&M	obratovanje in vzdrževanje
remote diagnostic method	diagnostična metoda na daljavo, daljinsko diagnosticiranje
bulk electricity system, BES, bulk power system, composite system (de: Elektrizitätserzeugungs- und Übertragungssystem, Erzeugungs- und Übertragungssystem; fr: réseau de production-transport, système de production-transport)	veliko elektroenergetsko omrežje, kompozitni sistem
blackout, <in an electric power system> (de: weiträumiger Stromausfall, <in einem Elektrizitätsversorgungssystem>; Blackout, <in einem Elektrizitätsversorgungssystem> fr: coupure <dans un réseau d'énergie électrique>)	razpad omrežja <elektroenergetskega sistema>, razpad elektroenergetskega sistema
system collapse, <of an electric power system> (de: Netzzusammenbruch, <eines Elektrizitätsversorgungs-systems>; fr: écroulement de réseau, <d'un réseau d'énergie électrique>)	zrušitev omrežja <elektroenergetskega sistema>
emergency generator (fr: générateur de secours)	pomožni generator
voltage collapse (de: Spannungszusammenbruch; fr: écroulement de tension, effondrement de la tension)	rušenje napetosti, zrušitev napetosti
state of inability	stanje nezmožnosti

service time (de: Bediendauer; fr: temps de service)	trajanje storitve, strežni čas
holding time (de: Belegungsdauer; fr: durée d'occupation)	čas zasedenosti, trajanje zasedenosti
circuit group	vodovni snop
address information (fr: information d'adresse)	informacija o naslovu, naslovna informacija
busy hour (de: Spitzenstunde; fr: heure chargée, heure de pointe)	glavna prometna ura
principles and rules followed	načela in upoštevana pravila

Uporabljajte EZS Glosar, v katerem so izrazi in pojmi s področij elektroenergetike, elektronike, pa tudi izrazi s številnih drugih področij.

Nepravilnosti v strokovni govorici:

ugotavljanje skladnosti	→ ocenjevanje skladnosti (conformity assessment)
določati vsebnost	→ ugotavljati vsebnost
polnilna baterija	→ polnjljiva baterija (rechargeable battery)
klic v sili	→ nujni klic, - analogija z medicino: emergency first aid service, emergency medical treatment – nujna medicinska pomoč (NMP)
zasilna razsvetljava	nujna razsvetljava
upor – upornost – specifična upornost	→ upor – upor – upornost
nazivna vrednost	en: nominal value; fr: valeur nominale; de: Nennwert
naznačena vrednost	en: rated value; fr: valeur assignée; de: Bemessungswert
design	→ zasnova; snovanje
ločljivost (za finost slike)	kar je mogoče ločiti (spoj, vhodni podatki, ...) → razločljivost število slikovnih točk (pikslov) 'ločljivostjo' pa zmožnost, da se da nekaj spojenega ločiti
'tipalo' za senzor	senzor je 'zaznavalo', tipalo pa le vrsta zaznavala, ki daje podatke s tipanjem
ioniziren	sevanje, ki s svojim delovanjem na snov slednji daje energijo za tvorbo ionov – in ta snov je ionizirajoča
ionizirajoč	snov, ki tvori ione
mreža (net)	→ omrežje (network) - sistem smiselno povezanih točk, elementov, objektov (elektroenergetsko, telekomunikacijsko, računalniško, šolsko)
mreža	v ograji, pajkov, za ribolov
rokovanje ('handling')	rokovanje pomeni, da si nekomu podal roko ('handshake'); pravilno je 'ravnanje' (z napravo, orodjem ...)
megavatna ura (MWh)	megavat ura

Napake v dnevni govorici:

naslavljati	→ obravnavati
-------------	----------------------

stopi v veljavo	→ začne veljati
koristiti	→ uporabljati, črpati (nekomu koristiš, ne nekaj koristiš)
rokovati	→ ravnati (rokuješ se z nekom, podaš roko)
multimedija	→ multimediji (lat.: medium = medij, media = mediji)
na osnovi	→ na podlagi
izgradnja	→ graditev – snovanje, gradnja, obratovanje, vzdrževanje
razmak	→ razmik
tipski preskus (type test)	→ preskus tipa
odpornost na, pred	→ odpornosti proti
občutljivost na	→ občutljivost za
zaščita proti	→ zaščita pred
zaključek	→ sklep
najbolj optimalen	→ optimalen (= 'najboljši' (lat.: bonus-dober, melior-boljši, optimus-najboljši))
diskriminatoren	'diskriminiren' ali 'diskriminacijski' - slovenski izraz se tvori iz glagola ali samostalnika (diskriminirati, diskriminacija)
varstvo / varovanje / zaščita	po dogovoru se ščitijo naprave (nadtok, prenapetost, preboj, oblok, IP, podatki itd.), varujejo se lastnina, ljudje ipd., varstvo je pa splošen pojem (varstvo narave, kulturne dediščine ipd.)
na osnovi	→ na podlagi
v roku enega tedna	→ v enem tednu (le pri pravnih zadevah je 'rok' pomemben)

Hvala za vašo pozornost.

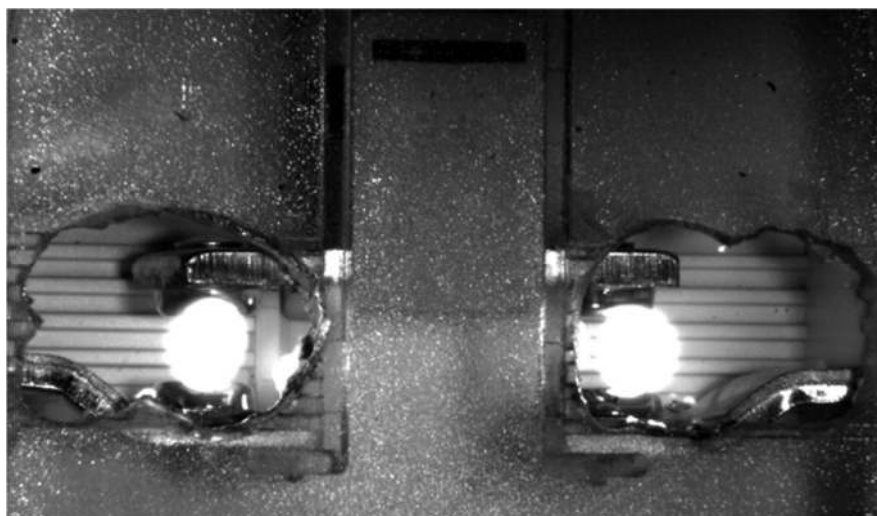
Benjamin Zlodej mag. inž.el.

R&D ETI d.o.o., Izlake, Slovenija

PREDRAZVOJ VAROVALČNEGA LOČILNEGA STIKALA «STV D02» IN SIMULACIJA ŠIRJENJA EL. OBLOKA

Predstavitev:

To delo opisuje varovalčno ločilno stikalo STV D02 in prehod v razvoj nove generacije z upoštevanjem smernic ter s pomočjo uporabe simulacijskih orodij. Simulacija električnega obloka je izvedena v programu COMSOL Multiphysics® z uporabo modula Plasma, ki temelji na statičnih razelektritvah (Equilibrium Discharges). Simulacijski 2D-osnosimetrični model prikazuje rezultate segrevanja medija med kontaktoma, Joulovega segrevanja, prevodnosti in drugih fiziklanih veličin.



Uvod:

Trendi v električnih omrežjih prihodnosti nakazujejo na povečano uporabo DC aplikacij, kot so fotovoltaika, baterijski hranilniki, polnilnice za električna vozila in še druge. Potreba po vse zmogljivejših DC aplikacijah rezultira v vse višjih napetostnih in tokovnih nivojih, kar predstavlja velik izziv za samo omrežje in za njegovo zaščito.

Trendi v prihodnosti se nagibajo k temu, da bi nekatere industrije namesto AC, uporabljale DC za napajanje celotnih kompleksov (Projekt DC-INDUSTRIE). Prednosti, ki se kažejo pri uporabi DC v industrijskih omrežjih so:

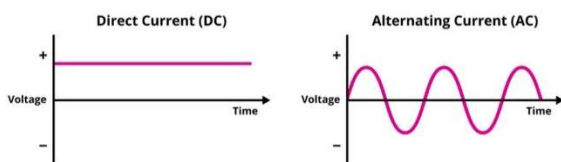
- manjše električne izgube
- enostavnejše krmiljenje in integracija obnovljivih virov energije
- nižji stroški vzdrževanja

Imajo pa seveda tudi nekatere slabosti, kot so:

- višji začetni stroški
- večje električne izgube na daljših razdaljah
- združljivost z AC (kompatibilnost)

Za električne zaščitne naprave to pomeni vse višje napetostne in tokovne nivoje in s tem izzive pri razvoju zanesljivih ter uporabnih naprav za prekinitev DC tokokroga.

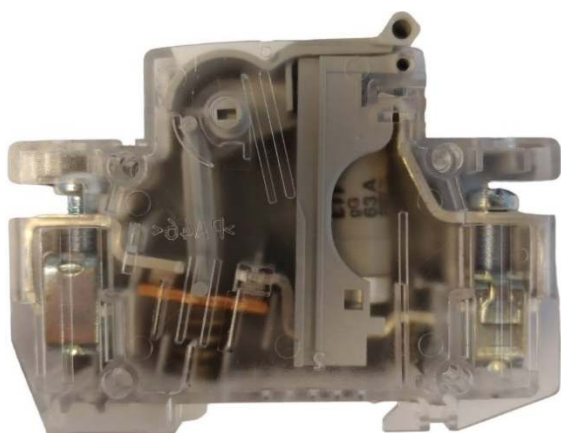
Prekinitev AC tokokroga je bistveno lažja kot prekinitev DC, saj vrednost toka in napetosti nihata med max in min vrednostjo I_n in U_n pri čemer tok prečka vrednost 0 A 2x v času ene periode (slika 1). Pri DC pa tok in napetost ne spreminjata svoje polaritete, imata ves čas "konstantno" vrednost, kar rezultira k temu, da ob izklopu električni oblok traja bistveno daljši čas.



Slika 1: Shematski prikaz oblike DC in AC

STV D02:

Varovalčno ločilno stikalo oz. ločilno stikalo z varovalko (STV D02), prikazano na sliki 2, je električna zaščitna naprava, namenjena zaščiti električnega tokokroga pred preobremenitvijo in kratkim stikom. Varovalčno ločilno stikalo združuje funkcijo stikala in varovalke, z namenom bolj varnega posluževanja naprave, saj ročica stikala vidno signalizira njegov položaj. STV D02 omogoča menjavo talilnega vložka brez nevarnosti neposrednega dotika delov pod napetostjo. Možno ga je uporabljati tudi kot glavno stikalo in tarifno varovalko v eni napravi, poleg tega pa se uporablja v hišnih, stanovanjskih in industrijskih inštalacijah ter distribucijskih omaricah. Vse njegove prednosti se kažejo tudi v praksi, saj ETI letno proizvede okoli 500.000 polov.



Slika 2: STV D02 s prozornim pokrovom

Njegova posebna zasnova omogoča prekinitev AC ali DC tokokroga pod napetostjo. Ob prekinitvi tokokroga pod napetostjo, se med sabo oddaljujočima kontaktoma pojavi električni oblok. Do nastanka obloka pride zaradi električnega preboja plina med dvema električno prevodnima medijema (kontaktoma), ki sta priključena na visoko napetost in skozi katera teče velik tok ter med katerima nastane zračna reža. Večanje razdalje med kontaktoma povečuje upornost medija med kontaktoma, zaradi česar se zmanjša pretok električnega toka, kar rezultira v segrevanju medija. Zaradi ekstremnega segrevanja medija prihaja do izparevanja kovine (kontaktov), kar rezultira k ionizaciji plina in s tem do nastanka plazme. Plazma je visoko prevoden plin, ki dopušča da se med kontaktoma vzpostavi električna vez. Električna vez omogoča da električni tok med kontaktoma še naprej teče, kljub temu, da sta kontakta med sabo fizično ločena, pri čemer lahko pride do nastanka iskre ali celo do obloka. Električni oblok je modrikast plamen, ki lahko doseže temperaturo več 10.000°C in ima čas trajanja bistveno daljši kot iskra. Ko enkrat nastopi pojav obloka med kontaktoma in če ga ne ustavimo dovolj hitro, se bo ustvaril samostojni krožni pojav, ki bo omogočal vzdrževanje obloka med kontaktoma. Visoka temperatura plazme povzroči, da se molekule zraka še naprej ionizirajo, kar ohranja plazmo. Električno polje med kontaktoma pomaga pospeševati elektrone v plazmi, kar ohranja oblok. Visoka temperatura kontaktov povzroči, da oddajajo elektrone, kar ohranja oblok.

Pri razvoju nove generacije STV D02 bomo z upoštevanjem trenutnih in novih trendov ter dosedanjega znanja in izkušenj razvili tehnično dovršeno napravo, ki bo presegla zmogljivosti obstoječih rešitev in ponudila izjemno varnost, zanesljivost in fleksibilnost. Nova generacija bo bazirala na stikalnem mehanizmu pri katerem posluževalec ročice stikala ne bo imel vpliva na čas in način prekinitve kontaktov. Poleg izboljšanega stikalnega mehanizma se bodo povišale tudi nazivne vrednosti za DC tokokroge in optimizirali kontakti z namenom manjšega segrevanja in daljše življenjske dobe električno prevodnih sestavnih delov.

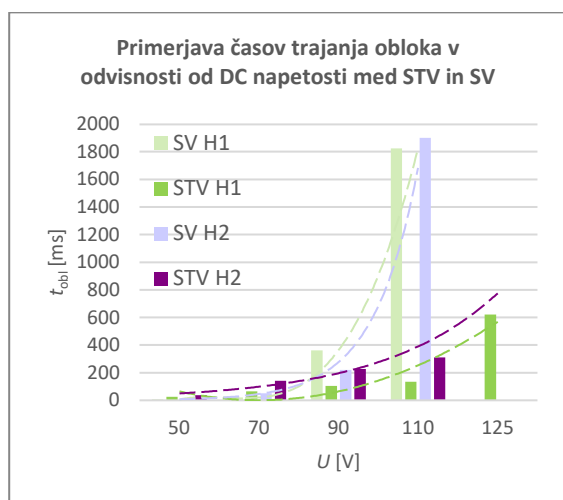
Testiranje in meritve:

Da bi čim boljše razumeli pojav obloka med kontaktoma in kateri parametri v kolikšni meri vplivajo nanj smo izvedli nekaj poskusov. Kot parametre smo si izbrali:

- Napetost (AC/DC)
- Tok (AC/DC)

- Hitrost prekinitve tokokroga (H1 in H2)
- 2 različna stikala (STV D02 / SV)

Izvedli smo vse možne kombinacije spremembe zgoraj omenjenih parametrov ob primerjavi rezultatov časa trajanja obloka, energije obloka in Joulov integral segrevanja in ugotovili naslednje: Prekinitev AC tokokroga rezultira v bistveno nižjih vrednostih kot prekinitev DC tokokroga. Postopno zviševanje napetosti se odraža v večjih vrednostih kot postopno zviševanje toka ob konstantni napetosti. Bolj hitra prekinitev tokokroga (H1) rezultira v nižjih vrednostih. Geometrija in material kontaktov, ki se razlikujeta pri obeh vrstah stikal prav tako vplivata na rezultate in sicer se je STV D02 bistveno boljše odrezal na preskusih kot SV. Na sliki 3 vidimo grafični prikaz časa trajanja obloka ob postopnem povečevanju DC napetosti pri obeh hitrostih in stikalih.



Slika 3: Primerjava Joulovih integralov segrevanja ob pojavu obloka na STV in SV pri $I_n = 63$ A DC ob postopnem povečevanju U_n pri različnih hitrostih izklopa (H1 in H2)

Simulacijski model:

Simulacijski model je izdelan v programu COMSOL Multiphysics, ki temelji na metodi končnih elementov (MKE) in omogoča modeliranje in analizo širokega spektra fizikalnih in inženirskih problemov. COMSOL je sestavljen iz večih modulov, posamezen modul pa ima še razširitve za specifična področja. Eden izmed teh je modul Plasma, ki je ena izmed razširitev modula elektromagnetizma in omogoča modeliranje statičnih ter dinamičnih razelektritev. Modul Plasma povezuje več medsebojno odvisnih fizikalnih pojavov, kot so mehanika tekočin, kemične reakcije, fizikalna kinetika, prenos toplote, gibanje delcev in elektromagnetizem.

Električni oblok je zelo kompleksen pojav električne razelektritve, simulacija le tega pa temelji na multifizikalni povezavi in na kompleksnih matematičnih enačbah, kot so Maxwellove enačbe in Navier-Stokesova enačba ter numeričnih metodah kot so metoda končnih elementov (MKE).

Simulacijski model statičnih razelektritev v 2D-osnosimetričnem prostoru, v katerega so povezane fizike:

- Električnega tokokroga (Electrical Circuit), ki predpisuje vrednosti toka in napetosti med kontaktoma.

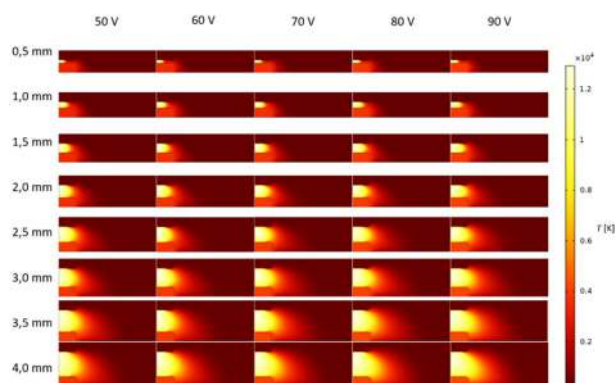
- Elektromagnetnega polja (Magnetic and Electric Fields), ki se uporablja za izračun magnetnega polja in porazdelitev inducirane toka med kontaktoma, na podlagi Maxwellovih enačb.
- Prenosa toplote (Heat Transfer in Fluids), ki ponuja funkcije za modeliranje prenosa toplote na osnovi kondukcije, konvekcije in radiacije.
- Laminarnega pretoka (Laminar Flow), ki rešuje funkcije za ohranjanje energije, mase in gibalne količine medija.

Prenos elektronov je modeliran s parom drift-difuzijskih enačb za izračun gostote in energije elektronov. Maxwellova in Navier-Stokesova enačba sta uporabljeni za opis gibanja molekul medija znotraj elektromagnetnega polja. Poissonova enačba se uporablja za izračun potenciala plazme, induktivno in valovno segrevanje plazme pa opisuje Amperov zakon.

Rezultati simulacije:

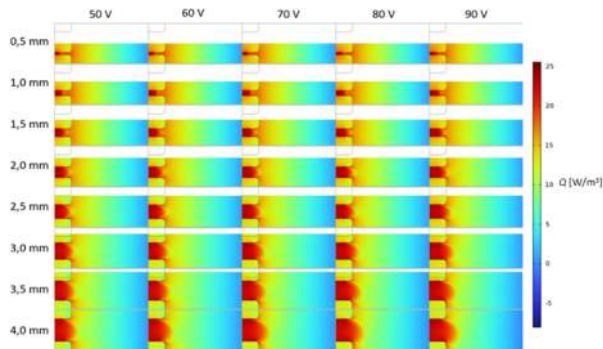
Vhodni podatki simulacijskega modela širjenja obloka so napetost, tok in geometrijske lastnosti električno prevodnih kontaktov. Modul Plasma omogoča izračun željenih vrednosti ter prikaz rezultatov razelektritve znotraj medija. Rezultate je mogoče predstaviti s pomočjo barvne porazdelitve, črt, plastnic in puščic oz. vektorjev. Na spodnjih slikah lahko vidimo rezultate porazdelitve temperature, Joulovega segrevanja in prevodnosti medija.

Na sliki 4 lahko vidimo temperaturno sevanje obloka v različnih pozicijah kontaktov in pri različnih napetostih. Opazimo lahko, da se s povečevanjem razdalje med kontaktoma oblok veča in posledično z njim tudi področje segretega plina. Višja potencialna razlika med kontaktoma pa povzroča, da se področje segretega plina veča vzdolž kontaktov po x-osi. Podrobnejši prikaz porazdelitve temperature v y-osi pa je prikazan na sliki 7.



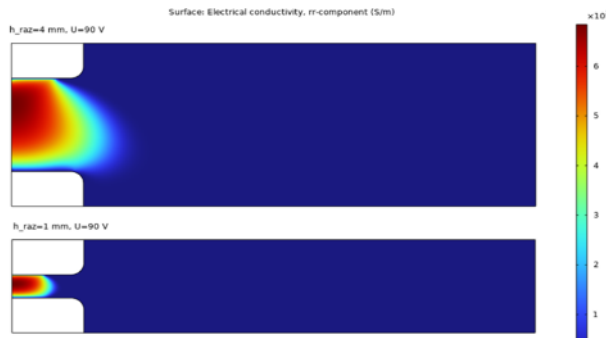
Slika 4: Barvni prikaz rezultatov segrevanja medija v [K] med kontaktoma pri različnih medsebojnih razdaljah in napetostih pri konstantnem toku.

Slika 5 prikazuje porazdelitev Joulovega segrevanja kontaktov in medija v logaritemskem merilu, pri čemer je med kontaktoma lepo razviden obločni lok. Podobno kot pri sevanju temperature lahko opazimo, da se s povečevanjem razdalje in zviševanjem napetosti med kontaktoma obločni lok večja.



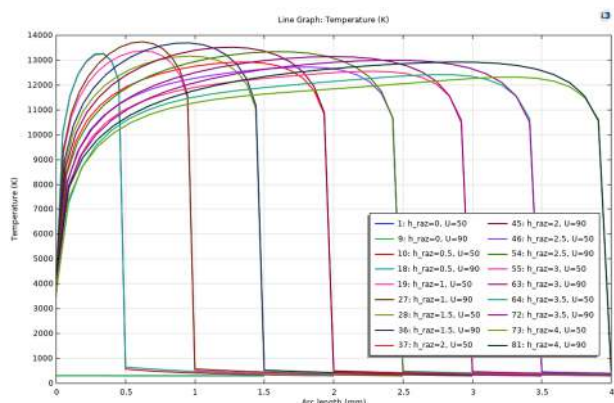
Slika 5: Barvni prikaz rezultatov Joulovega segrevanja v $[W/m^2]$ med kontaktoma pri različnih medsebojnih razdaljah in napetostih pri konstantnem toku.

Podobno kot temperaturno sevanje prikazano na sliki 6, se prevodnost medija spreminja z medsebojno razdaljo med kontaktoma in napetostjo. Večja medsebojna razdalja med kontaktoma rezultira v večjem prevodnem področju, znotraj katerega se vzpostavi električna prevodna vez, a se s tem znižuje vrednost električne prevodnosti.



Slika 6: Barvni prikaz električne prevodnosti medija v $[S/m]$ med kontaktoma na medsebojni razdalji 4 mm in 1 mm ter napetosti 90 V

Slika 7 prikazuje razporeditev temperature medija med kontaktoma v x-osi, ki je odvisna od medsebojne razdalje med kontaktoma in sicer manjša razdalja rezultira v višji max temperaturi, kljub temu pa je področje medija s povišano temperaturo manjše kot pri večji medsebojni razdalji. V vertikalni smeri med kontaktoma (y-os) pa se temperatura razporedi tako, da je najbolj vroča točka nekoliko višje kot središče med kontaktoma (bližje zgornjemu kontaktu), ki je v simulaciji izbran kot anoda (+ pol), saj se le ta malenkost bolj segreva kot katoda.



Slika 7: Prikaz spremembe temperature v [K] po vertikalni simetrali med kontaktoma (y-os) na različnih medsebojnih razdaljah pri napetosti 50 V in 90 V

Povzetek:

Simulacije se vse pogosteje uporabljajo pri razvoju izdelkov odklopnikov in v mnogih primerih nadomeščajo fizične poskuse, ki so zelo dragi, zamudni ali celo nemogoči. Pri razvoju in testiranju električnih zaščitnih naprav simulacije služijo le kot smernice oz. približki dejanskim rezultatom. Tako tudi simulacija obloka ne bo nadomestila poskusov, vsaj še ne trenutno. Simulacija obloka je relativno nova stvar, poleg tega pa je pojav obloka, kljub temu da se z njim soočamo že več kot 200 let, še ne povsem fizikalno popisan pojav. Simulacije električnega obloka bodo imele v prihodnosti velik pomen na razvoj naprav, ki se pri svojem delovanju soočajo s pojavom obloka. Omogočale bodo hitrejši in cenejši razvoj novih tehnologij, izboljšanje obstoječih naprav ter boljše razumevanje fizikalnih procesov, ki potekajo v obloku.



mag. Borut Drnovšek

borut.drnovsek@eti.si

ETI Elektroelement d.o.o.

PRAVA IZBIRA DIFERENČNE ZAŠČITE PRI UPORABI HIŠNIH POLNILNIC ZA ELEKTRIČNA VOZILA

Povzetek:

Ko govorimo o AC polnilnicah za električna vozila, ki so nameščene na stanovanjskih stavbah, pogosto vsi razmišljajo le o ceni in videzu same polnilnice, nihče pa ne razmišlja, ali ponujena naprava ponuja zaščito, ki jo predpisuje standard, in še posebej, ali ponuja pravilno oziroma zadostno diferenčno zaščito. Danes ima večina novozgrajenih stavb vgrajeno diferenčno zaščito tipa AC ali A z nazivnim diferenčnim tokom 30 ali 300mA. Eden največjih problemov, ki se lahko pojavijo je, da z nakupom AC polnilnice za električno vozilo "uničite" že nameščeno diferenčno zaščito v stavbi, saj se brez prave zaščite v sami polnilnici za električno vozilo ali v tokokrogu do polnilnice lahko zgodi, da obstoječa diferenčna zaščita postane slepa in zato ne opravlja svoje naloge. Ta članek prikazuje razliko med različnimi vrstami diferenčne zaščite in kaj je potrebno upoštevati pri namestitvi AC polnilnice za električna vozila. Opisani so vplivi izbire diferenčne zaščite na zaščito življenja in premoženja.

Ključne besede: AC in DC polnilnice električnih vozil, diferenčna zaščita, diferenčna zaščita tipa B, diferenčna zaščita tipa eV

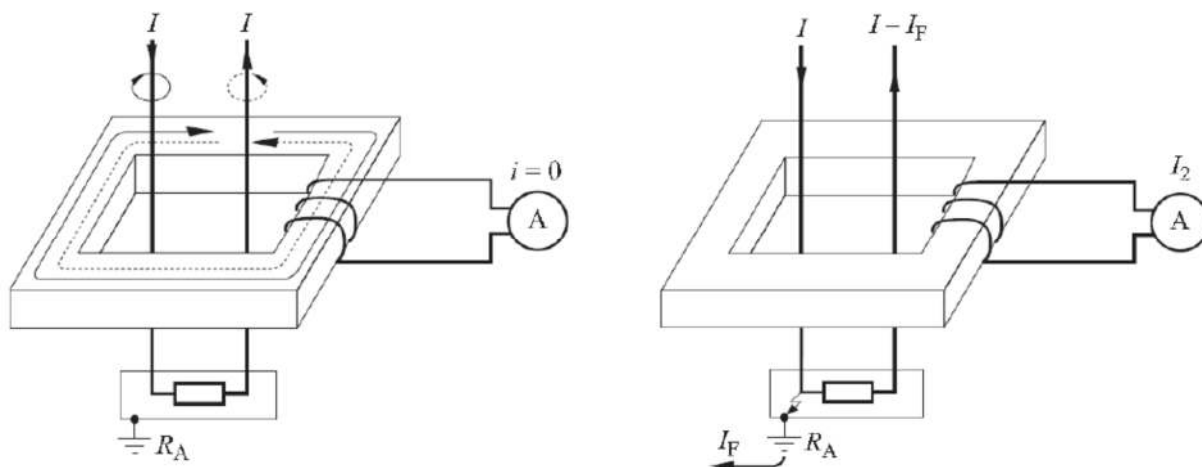
1. UVOD

Ker postaja varnost zaradi boljše zaščite ljudi in večje požarne varnosti vse pomembnejša, se dodatna zaščita nenehno razvija in izboljšuje. Diferenčna tokovna zaščita se priporoča za zaščito pred posrednim dotikom delov pod napetostjo, zaščito pred požarom in neposrednim dotikom do delov pod napetostjo v različnih vrstah električnih napeljav. Zaščitne naprave na diferenčni tok (Residual Current Circuit Breaker - RCCB) se uporabljajo v sistemih TN-S, TN-C-S, TT in IT, se pravi povsod kjer sta zaščitni in ničelni vodnik ločena.

Ko pa kupujemo polnilnico za električna vozila, ki jo bomo namestili na vidno mesto na hiši, običajno gledamo na dizajn ohišja, manj pozornosti pa namenjamo funkcionalnosti sistema in potrebni zaščiti, ki je vgrajena v to "lepo" ohišje. Proizvajalci polnilnic za električna vozila se praviloma zelo trudijo zniževati stroške, zato najcenejše variante polnilnic sploh nimajo vgrajene nikakršne zaščite na diferenčne tokove. Zato se lahko potem vprašamo: "Je ta najcenejša izbira na začetku tudi najcenejša na koncu?" V najslabšem primeru bo moral uporabnik potem investirati v rekonstrukcijo svoje obstoječe električne napeljave in v dodatno zaščito. V najslabšem primeru bodo morda morali vgraditi večjo omarico, saj se lahko zgodi, da v obstoječi zmanjka prostora za dodajanje zahtevanih zaščitnih naprav, da se doseže predpisana zaščita po standardu za polnilnice električnih vozil.

2. TIPI DIFERENČNE ZAŠČITE

Osnovni princip delovanja diferenčne zaščite je, da ko je vsota pritekajočih in odtekajočih tokov skozi primarno navitje enaka 0 (I Kirchhoffov zakon), se na sekundarni strani transformatorja ne inducira tok in aparat ne izklopi. V primeru, ko pa vsota pritekajočih in odtekajočih tokov skozi primarno navitje ni enaka 0, in se razlikuje za tok napake I_F , pa se v sekundarnem navitju inducira tok I_2 , ki preko elektromehanskega releja sproži aparat.

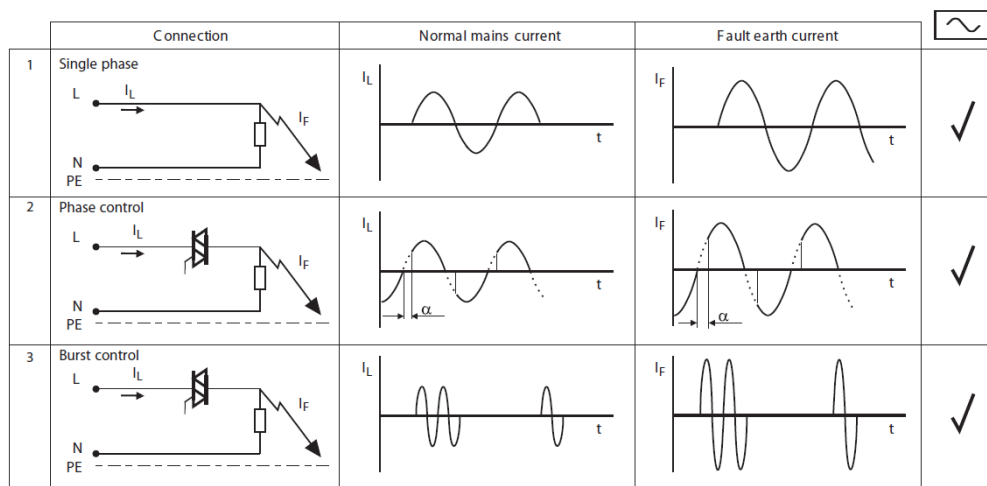


Slika 1. Osnovni princip delovanja diferenčne zaščite. Vir: EFI-manual, ETI 2014 [3]

Zaščitne naprave na diferenčne tokove se medsebojno razlikujejo glede na tipe zaznavanja diferenčnih tokov ter glede na čase proženja. Tehnične zahteve za diferenčno zaščito so zapisane v mednarodnih (IEC) in evropskih (EN) standardih. Glavni kriteriji pri izbiri kvalitetne diferenčne zaščite je poleg števila polov aparata, nazivnega toka aparata, nazivnega diferenčnega toka aparata, časa reagiranja (odklopa) aparata tudi tip diferenčne zaščite. Glede na tipe diferenčne zaščite razlikujemo aparate na AC tip, A tip, F tip, B tip, B+ tip in eV tip.

2.1. Tip AC

To je najosnovnejši tip diferenčne zaščite, ki pa je v nekaterih evropskih državah (Nemčija in UK) že prepovedan za uporabo kot osnovna diferenčna zaščita v električnih napeljavah. Ker ta tip reagira samo v primeru pojava čistega sinusnega diferenčnega toka, lahko pride do velikega problema v novejših zgradbah, kjer je v uporabi veliko različnih elektronskih naprav (računalniki, tiskalniki, LED televizorji, razni kuhinjski pripomočki, ...), saj ta tip aparata ne bo reagiral v primeru okvare na teh elektronskih napravah, kjer se pojavi pulzirajoči enosmerni diferenčni tok. Iz tega sledi, da se lahko AC tip diferenčne zaščite resnično uporabi samo v objektih, kjer ni vgrajena (uporabljena) elektronska tehnologija.

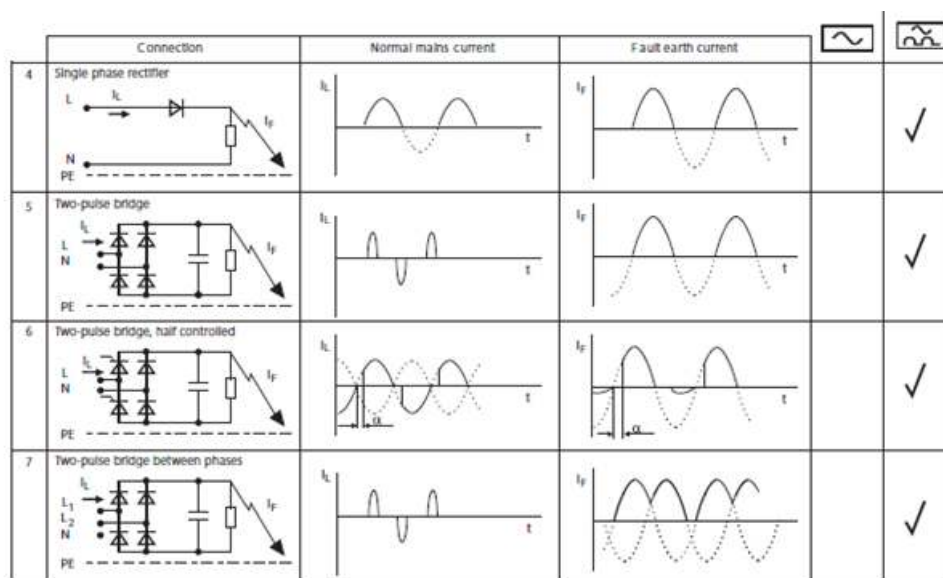


Slika 2. Pregled vseh možnih napak v usmerniških vezjih in ustreznost izbora AC tipa RCCB-ja.

Vir: EFI-manual, ETI 2014 [3]

2.2. Tip A

Glavna razlika med AC in A tipom diferenčne zaščite je, da A tip zazna, poleg čistih sinusnih diferenčnih tokov, tudi pulzirajoče enosmerne diferenčne tokove, ki se pojavijo ob napakah na elektronskih napravah. Skratka, ko govorimo o novejših zgradbah, oziroma renoviranju starejših zgradb, je potrebno uporabiti za diferenčno zaščito najmanj A tip zaščitnega diferenčnega aparata. V Sloveniji je že predpisano v TSG-N-002:2021 (tehnična smernica za nizkonapetostne inštalacije), da je za kopalnico potrebno vgraditi najmanj diferenčno zaščito tipa A z največjo občutljivostjo nazivnega diferenčnega toka 30mA. V Nemčiji pa, kot je bilo že omenjeno, je obvezna uporaba A tipa za osnovno diferenčno zaščito. Ta predpis je definiran v njihovem inštalacijskem standardu DIN VDE 0100-530:2018 [9].



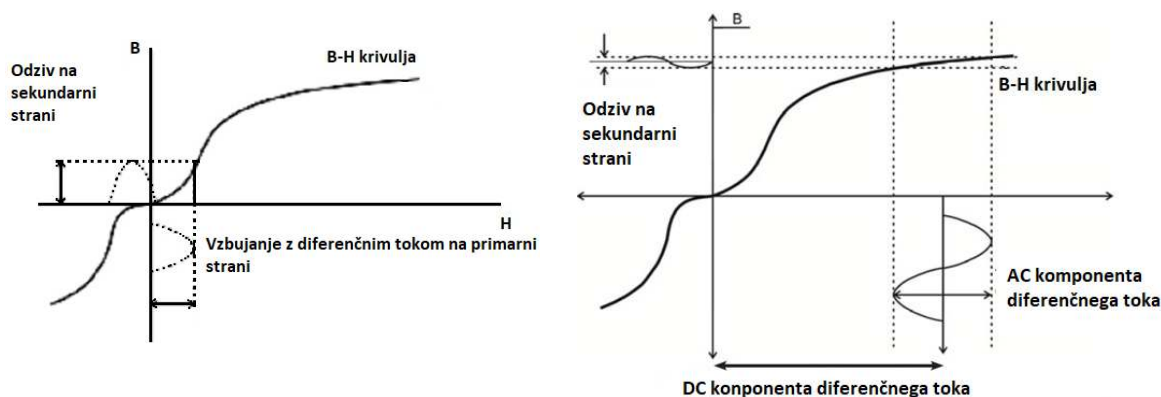
Slika 3. Pregled možnih napak v usmerniških vezjih in ustreznost izbora A tipa RCCB-ja.

Vir: EFI-manual, ETI 2014 [3]

2.3. Tip B

Vendar pa v nekaterih primerih tudi izbor A tipa diferenčne zaščite ni ustrezen. Vse več objektov ima na strehi montirano fotovoltaično elektrarno. V primeru, ko inverter nima vgrajene diferenčne zaščite, je potrebno na AC strani električne inštalacije vgraditi B tip diferenčne zaščite. V tem primeru je najboljšo, da se vgradi tip B z zakasnitvijo izklopa (S - selektivni tip) kot osnovna zaščita. S tem se doseže popolna selektivnost električne inštalacije. Selektivnost diferenčne zaščite se lahko doseže samo z zakasnitvijo izklopa in ne z različnimi nazivnimi vrednostmi diferenčnega toka aparatov.

V primeru, ko pride do neke napake na inverterju, lahko ta inverter spušča na AC stran električne inštalacije čisto enosmerno komponento diferenčnega toka, kar lahko povzroči ogromne probleme pri uporabi AC ali A tipa diferenčne zaščite. Kot je vidno na sliki 4, se v tem primeru izhodni signal, zaradi prisotnosti dovolj velike čiste enosmerne komponente diferenčnega toka, pomakne po B-H krivulji v področje nasičenja in je zaradi tega odziv na sekundarni strani transformatorja izredno majhen. V žargonu temu pravimo, da je aparat »zaslepljen«. Posledica te zaslepljenosti pa je seveda potem neodzivnost aparata, tudi v primeru, ko se poleg čiste enosmerne komponente diferenčnega toka pojavi še dodatno čisto sinusna oblika diferenčnega toka.



Čisti AC diferenčni tok

Čisti AC diferenčni tok, pomaknjen zaradi čiste DC komponente

Slika 4. Razlika odziva na sekundarni strani med prisotnostjo samo čistega sinusnega diferenčnega toka in ob prisotnosti dodatne čiste enosmerne komponente diferenčnega toka.

Vir: EFI-manual, ETI 2014 [3]

Zaradi tega je v vseh aplikacijah, kjer lahko pride to takšnih oblik diferenčnih tokov, obvezna uporaba B tipa RCCB-jev. V vsakem primeru je potrebno upoštevati tudi priporočilo, da se B tip RCCB-ja vedno uporabi kot prvi zaščitni element v zgradbi zaradi možnosti zaslepljenosti osnovne zaščite.

				AC	A	B, B+
	Connection	Normal mains current	Fault earth current			
8	Single phase with smoothing 					✓
9	Three-phase star 					✓
10	Six-pulse bridge between phases 					✓

Slika 5 Pregled možnih napak v usmerniških vezjih in ustreznost izbora B tipa RCCB-ja.

Vir: EFI-manual, ETI 2014 [3]

Ta tip diferenčne zaščite je potrebno uporabiti tudi na gradbiščih, saj so tam prisotne različne električne naprave, ki imajo vgrajene frekvenčne regulatorje, le-ti pa lahko v primeru okvare generirajo diferenčne tokove visokih frekvenc, tudi nad 1kHz.

2.4. Tip eV

eV tip je najnovejši tip diferenčne zaščite na tržišču in se uporablja za zaščito električnih inštalacij, kjer so vgrajene AC polnilnice za električna vozila. Ta tip diferenčne zaščite deluje kot navaden A tip diferenčne zaščite z dodatkom, da odklopi v primeru, če bo enosmerna komponenta diferenčnega toka presegla 6mA.

In zakaj ravno teh 6mA? To je zgornja vrednost čiste enosmerne komponente diferenčnega toka pri kateri mora navaden A tip še vedno izključiti v predpisanih mejah diferenčnega toka (AC ali A tip), ki je predpisan v standardu EN 61008-1 [4].

3. HIŠNE AC POLNILNICE ZA ELEKTRIČNA VOZILA

Pri polnilnicah za polnjenje električnih vozil, ki so montirane na stanovanjskih objektih, največkrat govorimo o močeh polnjenja do 22kW, kar seveda pomeni tokove do 32A v trifaznem sistemu. Na trgu pa najdemo največ polnilnic, ki imajo moči polnjenja do 11kW, kar pomeni polnjenje s tokovi do 16A v trifaznem sistemu. Najnovejše polnilnice so opremljene z Mode 3 načinom polnjenja in priključnim kablom tipa 2.

Običajno se takšne polnilnice vgradijo na objekte, ki imajo že potegnjeno električno inštalacijo, kar pomeni, da je obstoječa diferenčna zaščita tipa AC ali A z nazivnim diferenčnim tokom 100mA ali pa 300mA, v najslabšem primeru pa celo 500mA. V tem primeru moramo biti pozorni, kako bomo potegnili dodatno vejo električne inštalacije, na katero bo priključena polnilnica za polnjenje električnega vozila.

V standardu HD 60364-7-722:2019, ki je standard za napajanje električnih vozil, je v točki 722.531.2, kjer je govora o diferenčni zaščiti, jasno zapisano: "Če je polnilnica za polnjenje električnih vozil opremljena z vtičnico ali priključkom na vozilu v skladu s standardom IEC 62196 (vsi deli), je potrebno zadostiti zaščitnim ukrepom proti enosmernemu diferenčnemu toku, razen če tega že ne zagotavlja sama polnilna postaja za električna vozila." [1]

Ustrezni ukrepi za vsako priključno točko so:

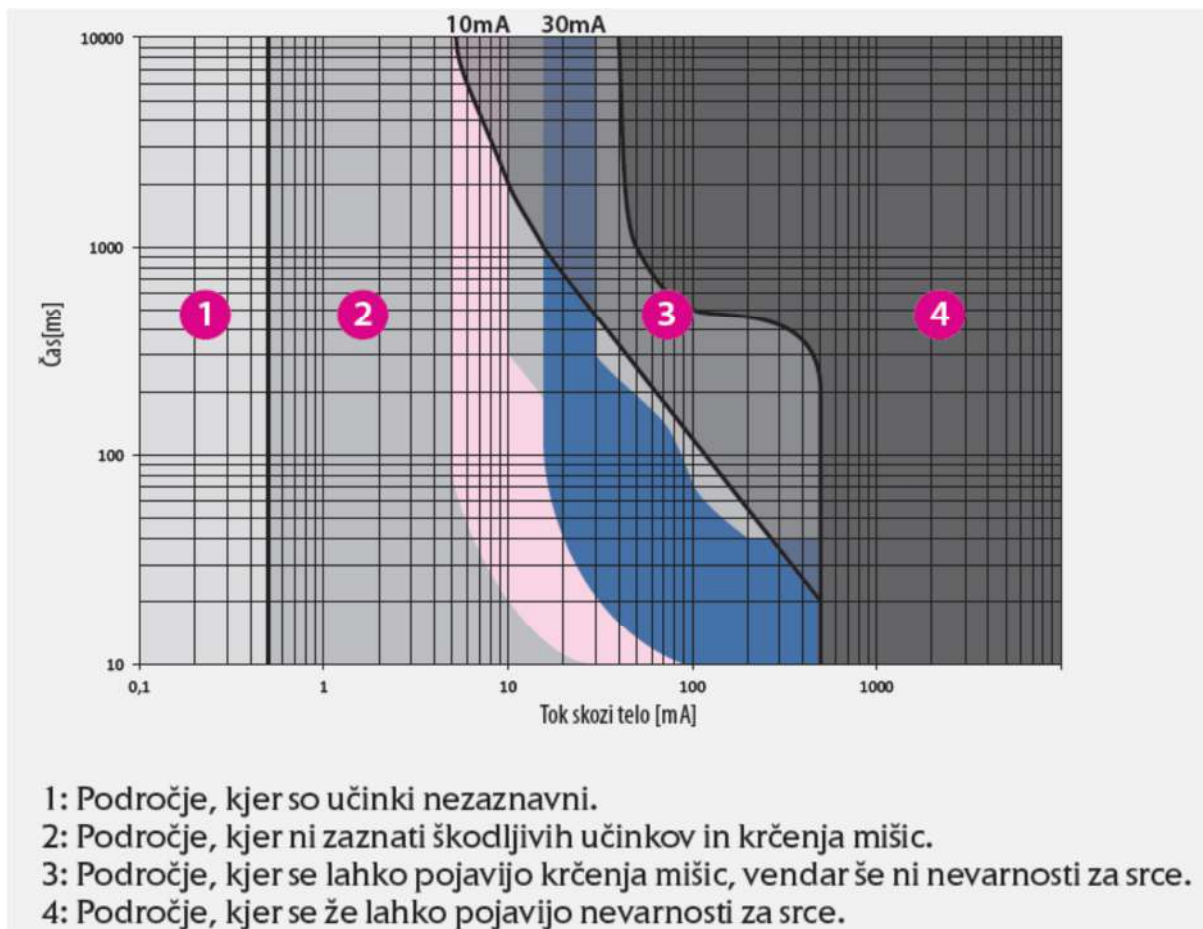
- Uporaba diferenčne zaščite tipa B
- Uporaba diferenčne zaščite tipa A skupaj z detektorjem diferenčnega toka (RDC-DD) ki ustreza standardu IEC 62955; ali
- Uporaba diferenčne zaščite tipa F skupaj z detektorjem diferenčnega toka (RDC-DD) ki ustreza standardu IEC 62955.

In namen standarda IEC 62955 (RDC-DD za uporabo z Mode 3 priključki za polnjenje električnih vozil) [2] je natančno določiti to vrsto naprave za zaznavanje, da bi se zagotovila pravilna funkcionalnost diferenčnega aparata tipa A ali F, v primeru pojava enosmernih diferenčnih tokov nad 6mA.

Naprava za diferenčno zaščito mora ustrezati enemu od sledečih standardov:

- IEC 61008-1: Standard za AC ali A tip diferenčne zaščite
- IEC 61009-1: Standard za AC ali A tip kombiniranega zaščitnega stikala (KZS)
- IEC 60947-2: Standard za nizkonapetostne stikalne in krmilne naprave
- IEC 62423: Standard za F i B tip diferenčne zaščite

Poleg vseh zgoraj navedenih zahtev je v isti točki zapisano, da nazivni diferenčni tok naprave ne sme presegati 30mA, kar pa je precej manj od običajne diferenčne zaščite, vgrajene v obstoječih električnih inštalacijah.



Slika 6. Vpliv toka na človeško telo

Vir: EFI-manual, ETI 2014 [3]

In zakaj je v standardu zapisano, da mora biti občutljivost manjša od 30mA? Odgovor na vprašanje se nahaja v vplivu diferenčnega toka na delovanje vitalnih delov človeškega telesa. Iz tega tudi sledi potem delitev tipov zaščitnih naprav na različne tipe zaščite, ki so:

- $\leq 30\text{mA}$: zaščita pri neposrednemu dotiku delov pod napetostjo – »dodatna zaščita«,
- $\leq 100\text{mA}$: zaščita pri posrednemu dotiku delov pod napetostjo – »osnovna zaščita«,
- $\leq 300\text{mA}$: protipožarna zaščita.

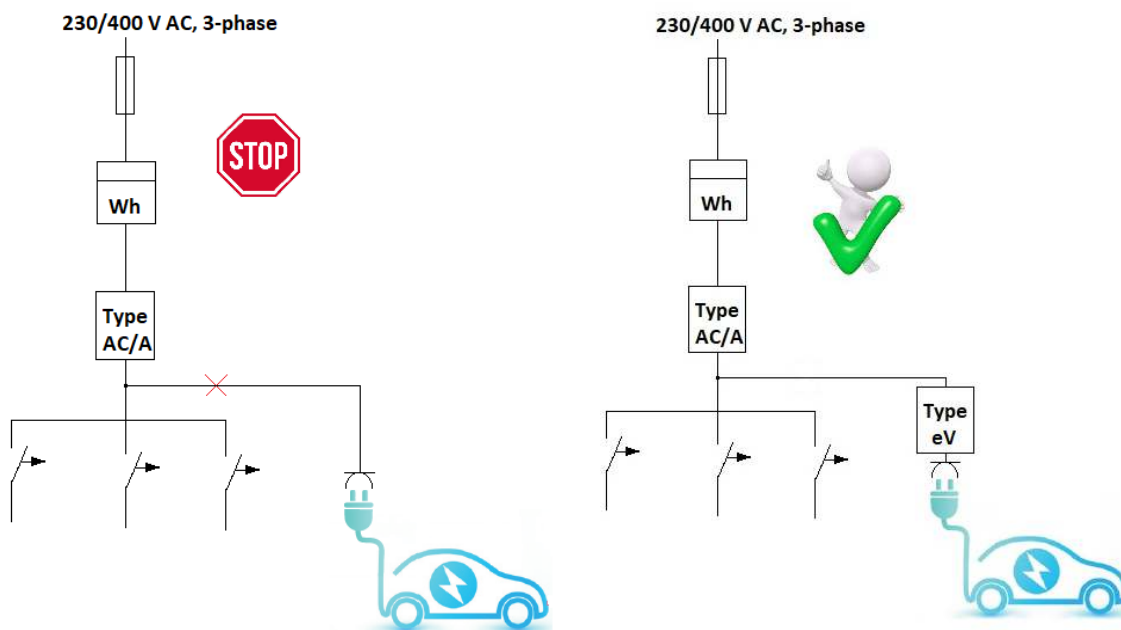
Vpliv toka na vitalne dele človeškega telesa je prikazan na sliki 6, kjer je možno videti, da človeško telo zazna diferenčne tokove, ki so večji od 30mA in so prisotni

daljše obdobje, več kot 300ms. In zaradi tega je v standardu HD 60364-7-722 predpisano, da morajo biti vse polnilnice za električna vozila zaščitene z napravami, katerih nazivni diferenčni tok ne presega 30mA, s čimer se s takšno napravo zagotavlja dodatna zaščita v primeru neposrednega ali posrednega dotika delov pod napetostjo. Dodatna zaščita je potrebna, ker ima človek neposredno možnost dotika s polnilnico za polnjenje električnih vozil in zaradi različnih možnosti rokovanj z vtikačem ki se priključi na električno vozilo.

3.1. Rešitve z eV tipom diferenčne zaščite

Na levi strani slike 8 je prikazana najenostavnejša in najhitrejša priključitev polnilnice za električna vozila na obstoječo električno inštalacijo, ki pa je povsem napačna. Kot obstoječa osnovna diferenčna zaščita je vgrajena naprava tipa A ali AC z nazivnim diferenčnim tokom manjšim od 300mA, ki varuje lastnino proti požaru. V primeru, da nimamo dodatno vgrajenih naprav z nižjim nazivnim diferenčnim tokom, potem prikazana rešitev nudi resnično samo protipožarno zaščito. Če bi želeli imeti vgrajeno zaščito, ki bi nudila osnovno zaščito, potem je potrebno po standardu vgraditi vsaj aparat z nazivnim diferenčnim tokom manjšim od 100mA. Ko pa je govora o dodatni zaščiti, to je zaščita ki nudi zaščito ljudi in živali proti električnim sunkom (udarom), pa je potrebno imeti vgrajeno diferenčno zaščito z nazivnim diferenčnim tokom 30mA ali celo manj.

V primeru, da je v hiši vgrajena samo zaščitna naprava na diferenčni tok tipa A in je vgrajena tudi polnilnica za električna vozila, potem lahko nastane velik problem, če se pojavi čista enosmerna komponenta diferenčnega toka proti ozemljitvi, ki je večji od 6mA. V tem primeru se lahko zgodi, da bosta A ali AC tip diferenčne zaščite zaslepljena zaradi prehodnih pojavov opisanih na sliki 4. Zaradi tega, tudi če se na isti inštalaciji pojavi čista AC oblika diferenčnega toka, ki je lahko posledica direktnega dotika npr. s prstom dela pod napetostjo, A tip diferenčnega stikala ne bo reagiral, in bo zato lahko imela le-ta oseba velike težave, v najslabšem primeru lahko celo umre zaradi tokovnega udara.



Slika 7. Napačna (levo) in pravilna (desno) priključitev polnilnice za električna vozila na obstoječo inštalacijo.

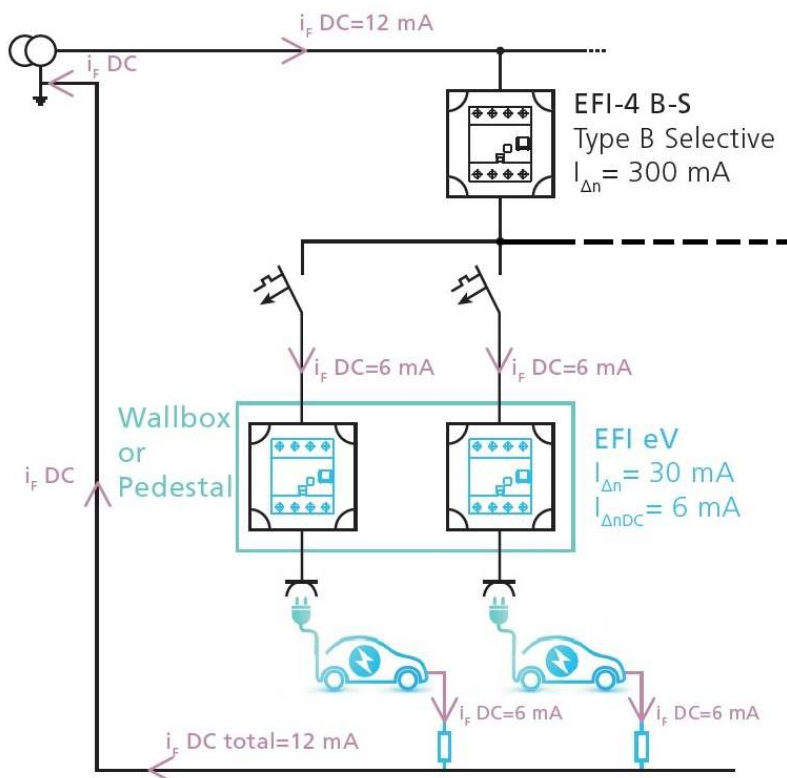
Vir: Avtorske slike Borut Drnovšek, 2019

Za pravilno zaščito je potrebno v tem primeru vgraditi, med A tipom diferenčne zaščite in polnilnico za električna vozila, eV tip diferenčne zaščite z nazivnim diferenčnim tokom 30mA, kot je to prikazano na desni strani slike 7.

V primeru vgradnje eV tipa diferenčne zaščite ni potrebno ničesar menjati na obstoječi električni inštalaciji, ker bo eV tip izklopil v primeru pojava čiste enosmerne komponente diferenčnega toka večjega od 6mA in bo A tip še vedno deloval, oziroma bo še vedno opravljal svojo nalogo in ščitil preostanek električne inštalacije, zaradi česar je tudi vgrajen. To velja, če je na obstoječo električno inštalacijo in na eno obstoječo diferenčno zaščitno stikalo tipa A priključena ena polnilnica za električna vozila. V primeru, da priključimo več polnilnic za električna vozila, pa je potrebno obstoječo inštalacijo že preurediti, saj seštevek možnih čistih enosmernih komponent diferenčnega toka že preseže 6mA, kar je meja za nemoteno delovanje A tipa diferenčne zaščite. V tem primeru je potrebno obstoječi A tip diferenčne zaščite zamenjati z B tipom.

B tip diferenčne zaščite mora izklopiti v mejah, ko čista enosmerna komponenta diferenčnega toka naraste nad $0,5I_{\Delta n}$ in je manjša od $2I_{\Delta n}$, kar je predpisano v standardu IEC 62423 [6]. V takšnem primeru bo naprava tipa B izključila samo, če je

čista enosmerna komponenta diferenčnega toka višja, kot je določena z nazivnim diferenčnim tokom. V tem primeru bo preostali del inštalacije ostal zaščiten in bo B tip diferenčne zaščite prožil v primeru, da se v tokokrogu pojavi AC tip diferenčnega toka.



Slika 8. Priklučitev večjega števila polnilnic za polnjenje električnih vozil v TT sistemu.

Vir: EFI eV, ETI 2019 [3]

3.2. Rešitev z B tipom diferenčne zaščite

V nekaterih evropskih državah elektrodistribucije predpisujejo kateri tip diferenčne zaščite mora biti vgrajen v samo polnilnico električnih vozil ali izven nje. V državah, kjer imajo večje število elektrodistribucij, se lahko zgodi, da je na tržišču prisotnih več različnih rešitev. Vsem državam pa je skupno, da je potrebno vgraditi rešitev, ki je predpisana v standardu IEC 60364-7-722.

V predhodnem poglavju je bila opisana najhitrejša in najcenejša rešitev, medtem ko bo pa v tem poglavju opisana rešitev z B tipom diferenčne zaščite.

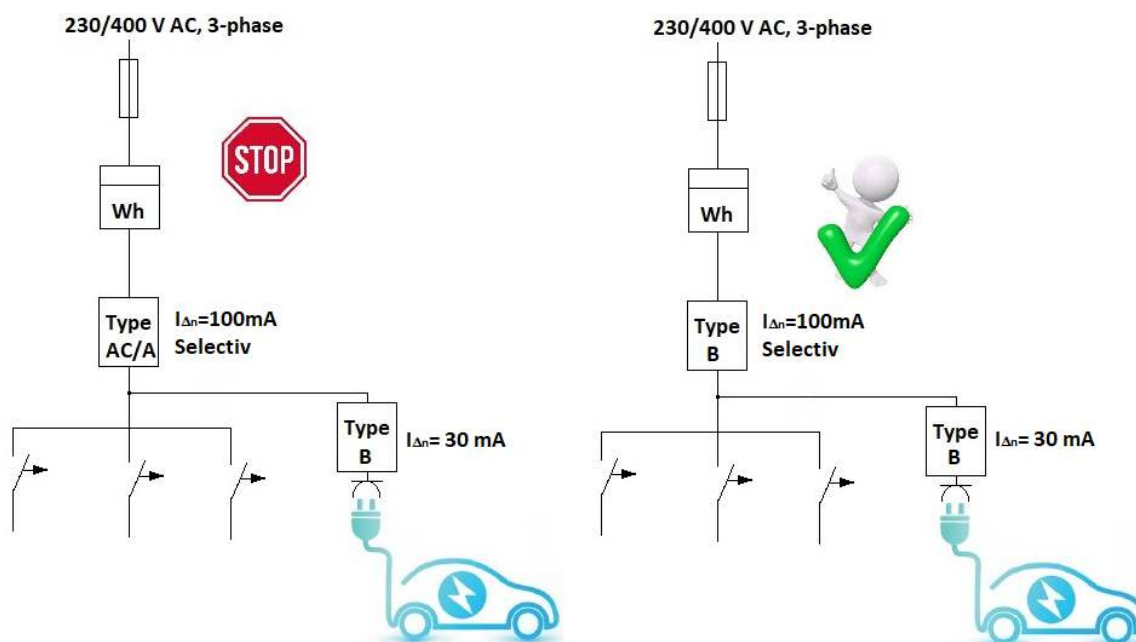
Razlika med eV tipom in B tipom je v proženju aparata, ko se pojavi čista enosmerna komponenta diferenčnega toka. Kot smo že omenili mora eV tip v primeru

pojava takšnega diferenčnega toka izključiti, če je diferenčni tok večji od 6mA. Proizvajalci, ki na trgu nudijo ta tip zaščitnih naprav imajo to mejo proženja nastavljeno na okoli 5mA. Medtem, pa je ta meja proženja za B tip definirana po standardu med $0,5I_{\Delta n}$ in $2I_{\Delta n}$, kar pomeni med 15mA in 60mA. V standardu za polnilnice električnih vozil je definirano da nazivna diferenčna zaščita ne sme biti večja od 30mA.

Kot je vidno že iz zgoraj opisanih mej proženja, B tip diferenčne zaščite nudi mnogo širše področje zaščite. Pri polnjenju nekaterih električnih vozil, se je lahko tako dogajalo, v primeru polnjenja na polnilnicah z vgrajenim eV tipom diferenčne zaščite, da je prihajalo do neželenih izklopov. Do tega je prihajalo ker je inverter v samem električnem vozilu, ki transformira izmeničen tok iz mreže v enosmerni tok, ki polni baterijo v vozilu, generiral proti ozemljitvi čisti enosmerni diferenčni tok, ki je bil večji od 6mA. Tedaj je nastal problem, ker uporabnik ni zaznal izklopa zaščitnega aparata in s tem prekinitve polnjenja baterije, in ko se je želel odpeljati z avtomobilom je ugotovil, da baterija sploh ni napolnjena. Takšne težave so se največ dogajale lastnikom oziroma koristnikom električnih vozil Renault Zoe. Ko so eV tip zaščite zamenjali z B tipom se tovrstnih težav z neželenim proženjem zaščitnega aparata ni več dogajalo.

V tem primeru je potrebno seveda biti pozoren na to, da se napravi zaščita tokokroga, kot je prikazano na sliki 9. Če se priključi B tip na obstoječo električno napeljavo, ki je že varovana z A tipom diferenčne zaščite, se lahko zopet pripeti, da bo prišlo do zaslepitve in glavni zaščitni aparat tipa A ne bo mogel nuditi svoje osnovne zaščite, če bo prišlo do neke napake v preostalem delu tokokroga.

Iz tega razloga je potrebno zamenjati glavni zaščitni diferenčni aparat z B tipom diferenčne zaščite, najboljša je, da se vgradi S-Selektivni tip z nazivnim diferenčnim tokom 100mA ali 300mA, preostali del električne napeljave pa se dodatno ščiti z A tipom diferenčne zaščite z nazivnim diferenčnim tokom 30mA ali še boljše, da dodatno vgradimo kombinirano zaščitno stikalo (KZS) isto z nazivnim diferenčnim tokom 30mA. V tem primeru bomo naredili resnično dobro in varno električno napeljavo, ki bo ščitila lastnino, ljudi in živali v primeru tokovnega udara.



Slika 9. Napačna (levo) in pravilna (desno) priključitev polnilnice za polnjenje električnih vozil.

Vir: Avtorske slike Borut Drnovšek, 2019

4. ZAKLJUČEK

V zadnjih letih se pojavlja čedalje več električnih vozil na cestah in posledično je potrebno ta vozila tudi nekje polniti. Obstajata dve vrsti polnilnic za električna vozila, javne in hišne. V primeru hišnih polnilnic je seveda govora o polnilnicah manjših polnilnih moči, kar pa seveda pomeni daljše polnjenje, a po drugi strani je to najcenejša oblika polnjenja električnih vozil. Cene polnilnic za polnjenje električnih vozil, ki se nudijo v segmentu hišnih polnilnic so lahko zelo različne in se gibljejo od nekaj 100€ pa vse do 1.000€ in več. Seveda je to odvisno od same funkcionalnosti polnilnice in pa od zaščite, ki je že vgrajena v sami polnilnici, saj dobra zaščita tudi nekaj stane.

Ko se odločimo, da bomo kupili in montirali hišno polnilnico za polnjenje električnega vozila je potrebno biti zelo pazljiv, da preverimo kaj ima polnilnica od diferenčne zaščite že vgrajeno, oziroma kaj bo potrebno spremeniti glede diferenčne zaščite v obstoječi električni napeljavi, da bomo imeli njen preostali del še vedno dobro zaščite v primeru pojava različnih velikosti in oblik diferenčnega toka. V tem primeru je dobro poznati standarde in smernice, saj brez dobrega tehničnega poznavanja smernic lahko napravimo veliko napako in mogoče zmanjšamo, v najslabšem primeru celo »uničimo«, osnovno ali dodatno diferenčno zaščito obstoječe električne napeljave.

Problem ni samo kadar gre nekaj vidno narobe, ampak se lahko pojavi tudi problem, ki sploh ni viden in to je primer induciranja (superponiranja) čistega enosmernega diferenčnega toka v izmeničnem tokokrogu. Najmanj kar se lahko zgodi je, da vsi zaščitni aparati na diferenčni tok postanejo zaslepljeni in zato zaradi te zaslepitve sploh ne bodo odreagirali v primeru pojava sinusnega diferenčnega toka. V takšnem primeru se lahko zgodi, da celotna stavba (hiša) ostane brez osnovne oziroma dodatne diferenčne zaščite in to brez kakršnegakoli opozorila.

V vsakem primeru se bodo električna vozila v prihodnosti smatrala tudi kot hranilniki energije, vendar je to že tema za kakšen drug članek.

LITERATURA

- [1] HD 60364-7-722: 2019 Low-voltage electrical installations – Part 7-722: Requirements for special installations or locations – Supplies for electric vehicles
- [2] IEC 62955: 2018 Residual direct current detecting device (RDC-DD) to be used for mode 3 charging of electric vehicles
- [3] Interno gradivo in Publikacije ETI ELEKTROELEMENT d.o.o Slovenija, EFI-manual, ETI 2014
- [4] EN 61008-1: 2012 Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules
- [5] EN 61009-1: 2012 Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules
- [6] IEC 62423: 2013 Type F and type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses
- [7] IEC 60947-2: 2016 Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers
- [8] IEC 61851-1: 2017 Electric vehicle conductive charging system – Part 1: general requirements
- [9] DIN VDE 0100-530 VDE 0100-530:2018 Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 530: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte



Marko Kotnik, univ. dipl. inž. el.

marko_kotnik@yahoo.com

Elektrotehniško društvo Maribor

ZASNOVA NIZKONAPETOSTNE ELEKTRIČNE INŠTALACIJE V PREDORU

Povzetek:

Na cestnem omrežju v Sloveniji je kar zajetno število sodobnih predorov, krajšajo nam razdalje, da hitreje pridemo do cilja. Na evropskem nivoju so v Direktivi 2004/54/ES zapisane minimalne varnostne zahteve za cestne predore.

Situacija na železniškem omrežju je drugačna. Število predorov je sicer veliko, a so praktično vsi še iz časov, ko je železnica prišla v naše kraje. Na evropskem nivoju so zahteve za varnost v železniških predorih zapisane v Direktivi 797/2016 in Uredbi o TSI v zvezi z varnostjo v železniških predorih 1303/2014.

V vseh predpisih je poudarek na varnosti. V smislu varnosti morajo biti izvedene tudi električne inštalacije v predoru. Predor je specifičen objekt, kjer se "prepletajo" električne inštalacije nizke napetosti in visoke/srednje napetosti.

Nizkonapetostne električne inštalacije v predorih je treba izvajati po zahtevah standardov. Predvsem pomembni so:

SIST HD 60364 - 4-41;

SIST HD 60364 - 4-442;

SIST HD 60364 - 4-444;

SIST HD 60364 - 5-54.

Osnova vseh navedenih standardov je standard SIST HD 60364 - 1. Pri načrtovanju in izvedbi nizkonapetostnih električnih inštalacij v predoru elektrificirane železniške proge je treba upoštevati še standard SIST EN 50122 - 1.

Referat obravnava nekatere kombinacije zahtev, ki jih podajajo zgoraj navedeni standardi.

UVOD

Cestno omrežje v Sloveniji je razvejano. Ceste so speljane tudi skozi predore. Predori so v glavnem na avtocestnem omrežju, nekaj jih je tudi na drugih cestah. Predori avtocestnega omrežja so sodobno urejeni. Enako je s predori, ki so se na ostalih cestah gradili v novejšem obdobju.

V času pisanja tega referata se gradi druga cev avtocestnega Karavanškega predora.

Situacija na železniškem omrežju je drugačna. Število predorov je sicer veliko, a so praktično vsi še iz časov, ko je železnica prišla v naše kraje.

V času pisanja tega referata sta na slovenskem železniškem omrežju dva sodobno urejena predora, obstoječi železniški predor Karavanke, med Jesenicami in Podrožco v Avstriji in novi predor Pekel na odseku železniške proge Maribor-Šentilj-državna meja. V tem obdobju se gradijo predori na 2. tiru železniške proge Divača-Koper.

Pri predorih je poudarek na varnosti. V smislu varnosti morajo biti izvedene tudi električne inštalacije v predoru. Predor je specifičen objekt, kjer se "prepletajo" električne inštalacije nizke napetosti in visoke/srednje napetosti.

Ob zasnovi posameznega objekta/predora je treba razmisliti o uporabi kombinacije zahtev, ki jih predpisujejo navedeni standardi. Ob upoštevanju Projektne naloge zahteve projektant zapiše v projektni dokumentaciji.

Velja opozoriti na daljše predore, kjer je treba napajanje z visoko/srednjo napetostjo voditi do transformatorskih postaj v predoru. Takšne naprave in električne inštalacije se navadno napajajo iz javnega distribucijskega omrežja. Pojavi se specifična situacija, ki jo je treba urediti z operaterjem distribucijskega sistema v Soglasju za priključitev.

REGULATIVA

Na evropskem nivoju so v Direktivi 2004/54/ES^{1]} zapisane minimalne varnostne zahteve za cestne predore. Vsebina direktive se je privzela v slovenski pravni red z Zakonom o cestah^{5]}.

Na osnovi Zakona^{5]} je Vlada RS sprejela Uredbo o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji^{7]}. Uredba je delno veljavna, stara in ni prilagojena sodobnim in inovativnim tehničnim rešitvam.

Na evropskem nivoju so zahteve za varnost v železniških predorih zapisane v Direktivi 797/2016^{2]} in Uredbi 1303/2014 o TSI v zvezi z varnostjo v železniških predorih^{3]} (TSI SRT). Vsebina direktive se je privzela v slovenski pravni red z Zakonom o varnosti v železniškem prometu^{6]}. Zakon v 109. členu razveljavlja 22 pravilnikov, 21 se jih preneha uporabljati. Lahko ugotovimo, da slovenska regulativa ne podaja nekih dodatnih zahtev za nizkonapetostne električne inštalacije v predorih. Upoštevati je treba evropsko Uredbo 1303/2014^{3]}, ki podaja določene zahteve za varnost v železniških predorih. Zahteve so navedene v nadaljevanju.

Zahteve za električno varnost na železniškem področju obravnava Uredba 1301/2014 o TSI v zvezi s podsistemom "energija"^{4]} (TSI ENE). Ta zahteva uporabo standarda SIST EN 50122 - 1^{8]}, ki postavlja nekatere strožje zahteve za izvedbo nizkonapetostnih električnih inštalacij na specifičnem območju elektrificirane železniške proge.

ZAHTEVE

Pri zasnovi električne inštalacije v predoru je treba upoštevati zahteve Študije požarne varnosti. Za železniške predore Uredba EU 1303/2014 o TSI SRT^{3]} eksplicitno navaja, da mora na eni ali na obeh straneh predora po celi dolžini predora potekati evakuacijska pot. Pot mora biti široka minimalno 80 cm. Nad potjo do višine 2,25 m nad tlemi ne sme biti ovire. V primeru nuje mora biti evakuacijska pot osvetljena z najmanj 5 lx.

Nekateri vodniki, ki se namestijo na obok predora, morajo biti ognjeodporni. Čas odpornosti mora predvideti Študija požarne varnosti. Za vse ostale kable in vodnike (npr. za izenačitev potencialov) mora veljati, da imajo izolacijo iz materialov, ki pri gorenju ne sproščajo strupenih plinov.

Vsak predor mora imeti varnostno napajanje. Uredba EU 1303/2014 o TSI SRT^{3]} govori o alternativnem sistemu za oskrbo z električno energijo. Nekateri sistemi v predoru se morajo ob izpadu omrežnega napajanja samodejno preklopiti, nekateri z zakasnitvijo, nekatere preklopi operater v nadzornem centru.

Električna inštalacija v predoru naj bo izvedena s sistemom TN-S ali TT. Izvedena mora biti izenačitev potencialov.

Na območju elektrificirane železnice mora biti ozemljilni sistem železniškega področja ločen od ozemljilnega sistema distribucijskega omrežja. Vodnik N distribucijskega omrežja ne sme biti nikjer spojen z ozemljilnim sistemom železniškega področja.

V predoru so komunikacijske naprave, podatkovni prenosni sistemi, varnostni sistemi itd.

Predor mora imeti nadzorni center, kjer se med ostalim stalno spremlja delovanje naprav.

ZAHTEVE STANDARDOV

Pri zasnovi nizkonapetostne električne inštalacije v predoru je treba upoštevati zahteve standardov. Predvsem pomembni so:

- SIST HD 60364 - 4-41;
- SIST HD 60364 - 4-442;
- SIST HD 60364 - 4-444;
- SIST HD 60364 - 5-54.

Osnova vseh navedenih standardov je standard SIST HD 60364 - 1. Pri načrtovanju in izvedbi nizkonapetostnih električnih inštalacij v predoru elektrificirane železniške proge je treba upoštevati tudi standard SIST EN 50122 - 1.

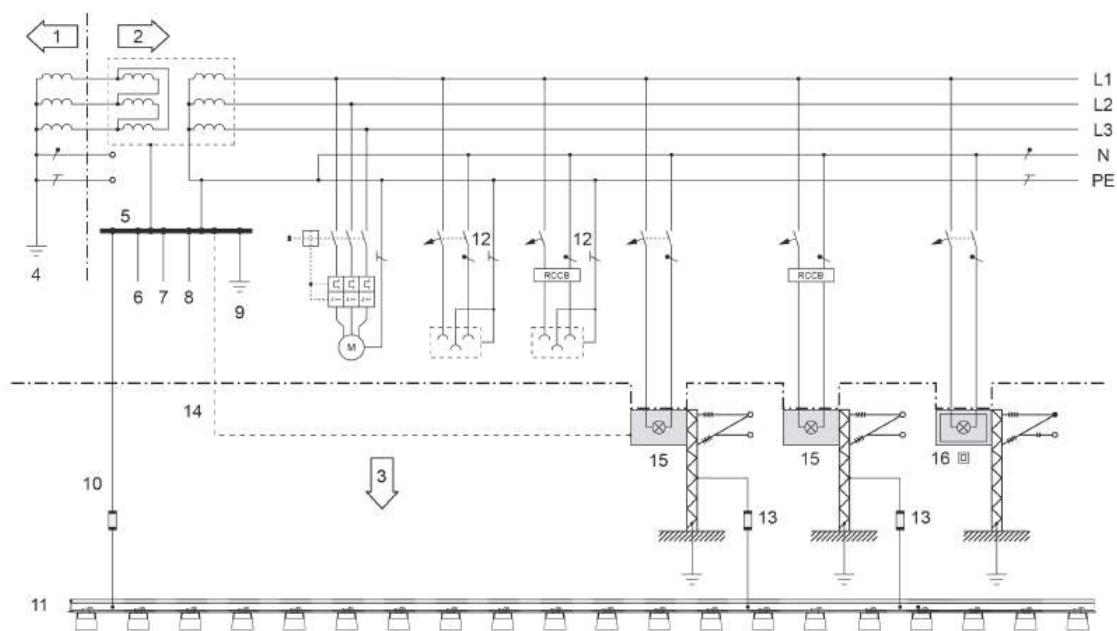
Prispevek ne obravnava ukrepov zaščite pred delovanjem strele.

Napajanje porabnikov

Sistem napajanja z električno energijo mora biti izveden tako, da oskrbuje vse naprave v predoru in na platojih pred portali predora.

Napajanje porabnikov predora je lahko izvedeno iz nizkonapetostnega (distribucijskega) omrežja. V glavnem se porabniki v predoru napajajo iz srednjenapetostnega distribucijskega omrežja. Pri dolgih predorih so transformatorske postaje tudi v predoru. Po standardu SIST EN 50122 - 1 slika 1 sicer prikazuje splošni princip napajanja sistema TN nizkonapetostne

električne inštalacije v območju železnice z enosmerno vleko, s tem tudi v predoru. Podobna situacija je tudi pri cestnem predoru. Tam odpadejo povezave, ki so na sliki 1 označene z 10, 13 in 14 in elementi 10, 11 in 13.



Slika 1

Pomen oznak:

- 1 Javno distribucijsko omrežje
- 2 Železniški sistem nizke napetosti, napajanje je lahko tudi z visoko/srednjo napetostjo
- 3 Območje voznega voda (OCLZ) in odjemnika toka (CCZ) (standard obe območji opiše v 4. poglavju)
- 4) Ozemljilni sistem javnega distribucijskega omrežja
- 5) Glavna zbiralka za izenačitev potencialov MEB/GIP (to je lahko tudi ozemljilo)
- 6) Povezava izpostavljenih prevodnih delov na GIP
- 7) Povezava cevnih komunalnih vodov na GIP
- 8) Povezava s sistemom zaščite pred strelo (če obstaja)
- 9) Ozemljilni sistem železniškega območja
- 10) Povezava GIP s povratnim vodom preko napetostnega omejitelja
- 11) Povratni vod in povezava s tirnicami
- 12) Pretokovne zaščitne naprave
- 13) Napetostni omejitel
- 14) Opcijsko: povezava GIP z izpostavljenimi prevodnimi deli v OCLZ in CCZ
- 15) Izpostavljeni prevodni deli
- 16) Oprema razreda II

Iz slike 1 se razbere:

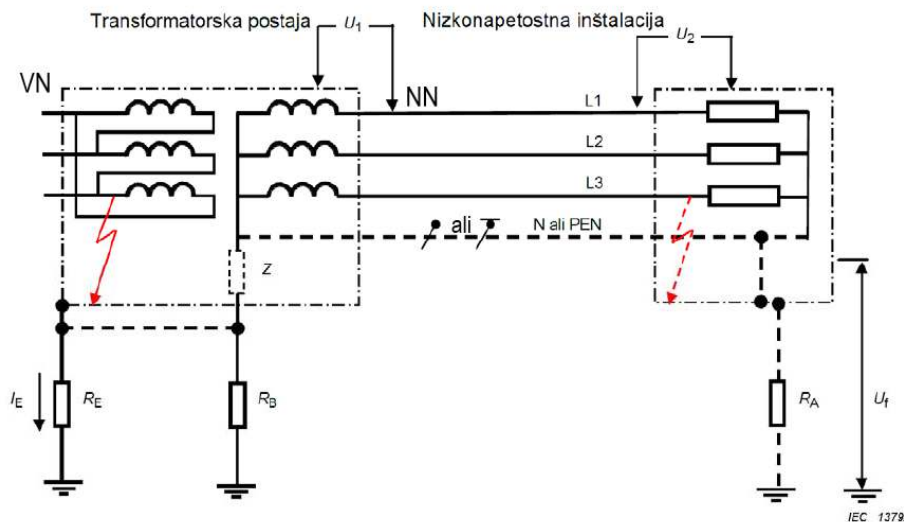
- a) Če se električna inštalacija napaja iz niskonapetostnega distribucijskega omrežja preko ločilnega transformatorja, je ločilni transformator edini porabnik. Na distribucijsko omrežje je priključen s sistemom TT inštalacije;

- b) Če se električna inštalacija napaja iz srednjenapetostnega omrežja, ločilni transformator na sliki 1 predstavlja kar distribucijski transformator. Treba je opozoriti, da se v tem primeru opleti srednjenapetostnih kablov med seboj povežejo, na ozemljilo železniškega območja se priključijo preko iskriča. Če je ozemljilo predora na neelektificirani progi ali cesti, je treba izvesti povezavo opletov kablov glede na zahteve operaterja distribucijskega sistema.

Kjer se nizkonapetostna električna inštalacija napaja iz srednjenapetostnega omrežja, se v primeru okvare pojavijo časne prenapetosti. Standard SIST HD 60364 - 4-442 podaja pravila in zahteve za varnost nizkonapetostnih električnih inštalacij pri naslednjih okvarah:

- stik v srednjenapetostnem sistemu z zemljo;
- prekinitev nevtralnega vodnika v nizkonapetostnem sistemu;
- kratek stik v nizkonapetostni električni inštalaciji.

Slika 2 shematsko prikazuje tipično shemo z možnimi zemeljskimi stiki v transformatorski postaji in nizkonapetostni inštalaciji ter prenapetostmi, ki se pojavijo v primeru okvar.



Slika 2

Pomen oznak:

- I_E del toka zemeljskega stika v srednjenapetostnem sistemu, ki teče skozi ozemljitveni sistem transformatorske postaje
- R_A upornost ozemljitvenega sistema izpostavljenih prevodnih delov opreme NN inštalacije
- R_B upornost ozemljitvenega sistema nevtralne točke NN omrežja, kjer sta ozemljitvena sistema transformator. postaje in nevtralne točke nizkonapetostnega omrežja električno neodvisni
- R_E upornost ozemljitvenega sistema transformatorske postaje
- U_f napetost okvare, ki se pojavi med izpostavljenimi prevodnimi deli in zemljo v času trajanja okvare
- U_1 stresna napetost med linijskim vodnikom in izpostavljenimi prevodnimi deli nizkonapetostne opreme transformatorske postaje v času trajanja okvare
- U_2 stresna napetost med linijskim vodnikom in izpostavljenimi prevodnimi deli nizkonapetostne opreme v nizkonapetostni električni inštalaciji v času trajanja okvare

Stresna napetost pri omrežni frekvenci je napetost, ki se pojavi na izolaciji nizkonapetostne opreme in prenapetostnih odvodnikov, ki so priključeni v nizkonapetostnem omrežju.

Pri zemeljskem stiku na visokonapetostni strani transformatorske postaje lahko na nizkonapetostno inštalacijo vplivajo naslednje vrste prenapetosti:

- napetost okvare pri omrežni frekvenci (U_f),
- stresna napetost pri omrežni frekvenci (U_1 ali U_2 na sliki 2).

Pogoje za medsebojno povezavo visokonapetostnega/srednjenapetostnega in nizkonapetostnega ozemljitvenega sistema podaja standard SIST EN 61936 - 1. Sistema morata biti medsebojno povezana, če se nizkonapetostni sistem v celoti nahaja znotraj območja, ki ga pokriva visokonapetostni ozemljitveni sistem.

Višina in trajanje napetosti okvare U_f (glej sliko 2) se izračuna s podatki iz tabele, ki jo navaja standard SIST HD 60364 - 4-442. Standard v obliki krivulje podaja dopustne vrednosti napetosti U_f glede na čas trajanja okvare. Izračunana vrednost napetosti U_f ne sme presegati teh vrednosti.

Normalno je vodnik PEN nizkonapetostnega omrežja povezan z zemljo v več kot eni točki. V tem primeru je skupna upornost proti zemlji zmanjšana.

Standard prav tako podaja algoritem za izračun vrednosti stresnih napetosti, ki obremenjujejo nizkonapetostno opremo v nizkonapetostni električni inštalaciji zaradi zemeljskega stika v visokonapetostnem sistemu.

Nevtralni vodnik v večfaznem sistemu se lahko prekine, kar povzroči, da so lahko osnovna, dvojna in ojačena izolacija ter tudi sestavni deli za naznačeno napetost med linijskim in nevtralnim vodnikom začasno preobremenjeni z napetostjo med linijskima vodnikoma.

Preučiti je treba možnost, da pride do kratkega stika med linijskim in nevtralnim vodnikom v nizkonapetostni električni inštalaciji, pri čemer se napetost med drugimi linijskimi vodniki in nevtralnim vodnikom lahko dvigne na vrednost $1,45 \times U_0$ za čas, daljši od 5 s.

Varnostno napajanje

Standarda SIST HD 60364 - 1 in SIST HD 60364 - 4-444 podajata zahteve za izvedbo varnostnega napajanja, oziroma napajanja z več viri. Najpogosteje se v praksi uporabljajo naslednji viri električne energije:

- akumulatorji;
- generatorji, katerih delovanje ni odvisno od normalnega napajanja;
- ločena napajanja iz omrežja, ki je neodvisno od normalnega napajanja.

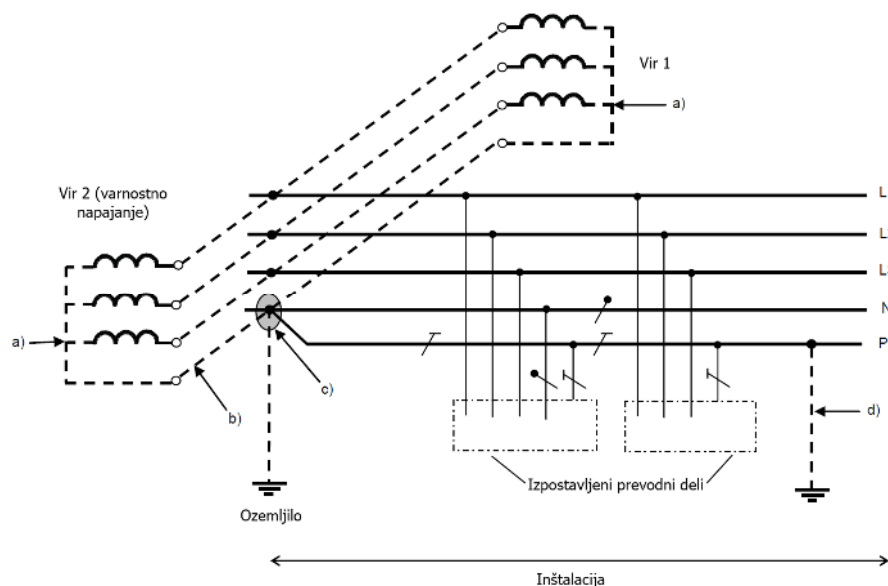
Dandanašnji se kot dodatni vir napajanja uporabljajo tudi fotonapetostni sistemi.

Pri zasnovi medsebojnih električnih vezav varnostnega napajanja z normalnim napajanjem je treba upoštevati točko standarda, ki obravnava sisteme z več napajanjem. Če je izvedba vezav napajanj inštalacije napačna, del obratovalnega toka teče po nepredvidenih poteh. Ti toki lahko povzročijo požar, korozijo ali elektromagnetne motnje.

Preučiti je treba situacijo, saj se mora v določenih primerih preklon iz enega vira napajanja na drugi vir napajanja izvesti s stikalno napravo, ki preklopi linijske vodnike in nevtralni vodnik.

Vedno je treba upoštevati zahtevo po ohranitvi zanesljivosti zaščitnih ukrepov.

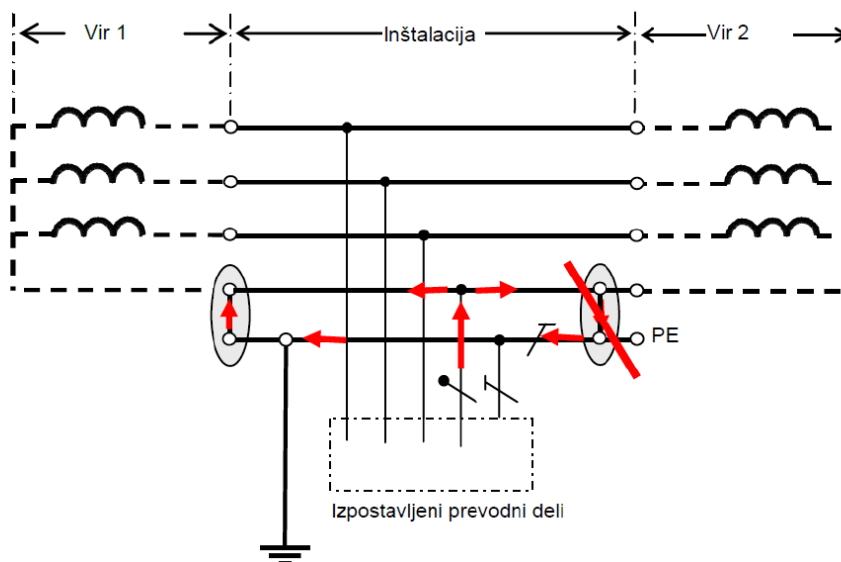
Slika 3 prikazuje sistem TN z več napajanjem.



Slika 3

- a) Ni neposredne povezave zvezdišča posameznega vira z zemljo;
- b) Vodnik, ki povezuje zvezdišča virov napajanja, mora biti položen izolirano;
- c) Med medsebojno povezanimi skupnimi točkami virov in zaščitnim vodnikom (PE) sme biti predvidena le ena povezava;
- d) V inštalaciji je lahko predvidena dodatna ozemljitev zaščitnega vodnika (PE).

Primer napačne vezave prikazuje slika 4.



Slika 4

Projektant mora tokokroge posameznega vira napajanja ustrezno dimenzionirati, za tokokroge je treba navesti značilne podatke.

Ozemljitve in izenačitev potencialov

V predoru je treba praviloma zasnovati in izvesti enoten ozemljilni sistem. Navadno se za ozemljilo uporabi železni trak, ki se ga položi v obliki mreže ob izvedbi talnega oboka predora. Ta isti ozemljilni sistem služi tudi za vse potrebne ozemljitve naprav na vseh platojih pred portali predora.

Vrsto, materiale in mere železnega traku je treba izbrati tako, da je ozemljilo korozijsko odporno in ima primerno mehansko trdnost za predvideno življenjsko dobo.

V določenih primerih se mora ozemljilni sistem v predorih razdeliti na omrežja ozemljil, ki med seboj niso povezana. To je odvisno od dolžine predora, izvedbe napajanja naprav v predoru in od sistema električne vleke v železniškem predoru.

Ozemljilo predora se uporabi tudi kot glavna zbiralka za izenačitev potencialov. Izenačitev potencialov je po standardu SIST HD 60364 - 4-41 sestavni del zaščite pred električnim udarom, kjer se kot ukrep zaščite pred električnim udarom predvidi samodejni odklop napajanja.

Standard zahteva, da se vsi izpostavljeni prevodni deli povežejo z zaščitnim vodnikom pod danimi pogoji za vsako vrsto ozemljitve sistema napajanja. Hkrati dotakljivi izpostavljeni prevodni deli morajo biti povezani na isti ozemljitveni sistem posamično, v skupinah ali skupno.

Glede na zgoraj navedeno je treba pri izvedbi ozemljila izdelati tudi ustrezno število izpustov ozemljitvenih vodnikov iz talnega oboka predora, ki bodo v kasnejši fazi izvedbe del služili za priklop vodnikov za izenačitev potencialov. Koliko izpustov in za katere naprave, oziroma izpostavljene prevodne dele je treba izpuste izvesti, mora določiti projektna dokumentacija.

V vsakem tokokrogu mora biti na voljo zaščitni vodnik, ki je na ozemljitveni sistem povezan preko povezave z ozemljitveno sponko ali zbiralko.

Pri zasnovi nizkonapetostne električne inštalacije v območju elektrificirane železniške proge, je treba izpolniti zahteve standarda SIST EN 50122 - 1. V standardu navedeni zaščitni ukrepi veljajo poleg določb, ki jih zahtevajo drugi ustrezni standardi, kot je serija SIST HD 60364. Standard SIST EN 50122 - 1 podaja dodatne zahteve za tiste napajalne sisteme in nizkonapetostne električne inštalacije, ki niso del električne vleke, so pa delno ali v celoti v območju nadzemnega voznega voda (OCLZ) ali območju odjemnika toka (CCZ). To lahko obsega distribucijska omrežja in železniške naprave. V posebnih okoliščinah lahko ti sistemi prenašajo neželene potenciale na velike razdalje, kar predstavlja nevarnost električnega udara. Zato je treba ta tveganja podrobno preučiti, kako in ali se sploh izvede električna povezava med železniškim sistemom in ozemljitvenim sistemom neželezniškega električnega (distribucijskega) sistema.

Zahteve standarda je treba upoštevati, kjer so deli električne inštalacije ali z njim povezani ozemljitveni sistem priključeni na povratni vod vleke in obsegajo:

- nizkonapetostne sisteme, pri katerih so deli napeljave ali njen pripadajoči ozemljitveni sistem priključeni neposredno na povratni vod železniške električne vleke ali prek naprave za omejevanje napetosti (VLD);
- železnice na enosmerni tok, pri katerih je očitno tveganje blodečega toka v ozemljeni kovinski konstrukciji;
- nizkonapetostne inštalacije v območju voznega voda (OCLZ) in/ali v območju odjemnika toka (CCZ).

Sistemi nizkonapetostnih električnih inštalacij lahko zagotavljajo oskrbo širokega spektra porabnikov, kot so:

- potrošniške naprave;
- sistemi železniške signalizacije in nivojskih prehodov;
- sistemi razsvetljave;
- pomožni sistemi;
- oprema za daljinsko upravljanje.

Tveganja za inštalacijski sistem in naprave nizkonapetostnih električnih inštalacij, ki izhajajo iz njihove bližine ali povezave z napajalnim sistemom električne vleke, lahko povzročijo čezmerne napetosti ali toke v sistemu nizkonapetostnih električnih inštalacij. Na primer, pokvarjen vozni vod ali pokvarjen, poškodovan odjemnik toka lahko prenese napetost voznega voda na sisteme nizke napetosti, ki se nahajajo v območju voznega voda (OCLZ) ali območju odjemnika toka (CCZ), ali če obstajajo prevodne povezave z inštalacijami v teh območjih. Prekomerni tok lahko nastane zaradi delov vlečnega povratnega toka, ki teče v sistemu nizke napetosti, to lahko preobremeni zaščitne vodnike ali vodnike PEN, lahko poslabša zaščitne ukrepe.

Izvesti je treba tudi povezavo izpostavljenih prevodnih delov električne vleke in elementov napajalnih sistemov, ki niso del električne vleke (NN inštalacije), če so delno ali v celoti znotraj območja voznega voda (OCLZ) ali odjemnika toka (CCZ) s povratnim vodom električne vleke, neposredno ali preko napetostnega omejitnika (VLD), odvisno od sistema vleke. Standard SIST EN 50122 - 1 v četrtem poglavju definira območje nadzemnega voznega voda (OCLZ) in območje odjemnika toka (CCZ).

Slika 1 podaja shematski prikaz izvedbe zgoraj opisanih zahtev. Osnovna zahteva ostaja, preprečiti je treba pojav previsoke napetosti dotika v primeru okvare na sistemu električne vleke ali v inštalacijskem sistemu električne inštalacije.

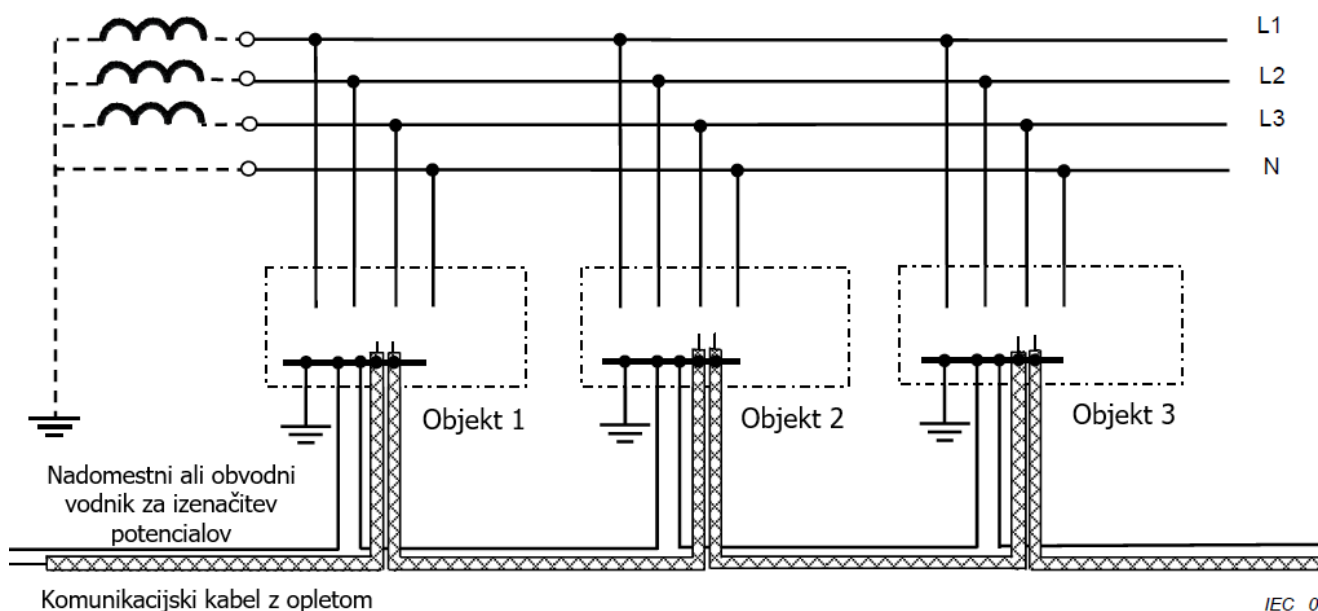
V predoru je veliko naprav, ki jih povezujejo signalni, podatkovni ali komunikacijski kabli. Da se z razmislekom zasnuje celotni inštalacijski sistem, se za ublažitev morebitnih elektromagnetnih motenj uporabi zahteve in priporočila, ki jih podaja standard SIST HD 60364 - 4-444. Elektromagnetni vplivi lahko motijo, tudi poškodujejo sisteme signalizacije, sisteme informacijskih tehnologij, komunikacijskih tehnologij, sisteme vodenja, upravljanja, nadzora itd. Vplivi strele, stikalni manevri, kratki stiki in ostali elektromagnetni pojavi lahko povzročajo prenapetosti in elektromagnetne vplive. Ti učinki so največji:

- kjer obstajajo kovinske zanke z veliko površino in
- kjer so različna električna ožičenja na skupnih trasah.

Elektromagnetne motnje in njihove vplive zmanjšujejo naslednji ukrepi:

- a) inštalacijski sistem se izvede tako, da so trase elektroenergetskih in signalnih kablov med seboj ločene in usklajene. Kabelske trase naj se križajo pod pravim kotom;
- b) za električne aparate, občutljive na elektromagnetne vplive, se priporoča uporaba prenapetostnih naprav in/ali filtrov, da izboljšamo njihovo elektromagnetno združljivost glede elektromagnetnih pojavov, ki se širijo po vodnikih;
- c) prevodni plašči (npr. armature, opleti, ekrani) kablov naj se spojijo na skupni sistem za izenačitev potencialov;
- d) elektroenergetski in komunikacijski kabli naj se zaključujejo v ločenih razdelilnikih;

- e) uporaba kablov s simetrično razporeditvijo vodnikov, da zmanjšamo toke, ki se zaradi induciranih napetosti pojavijo v zaščitnem vodniku;
- f) za električno povezavo med pretvorniki in frekvenčno krmiljenimi motorji se uporabijo večžilni kabli s simetrično razporeditvijo napajalnih vodnikov (na primer kabli z zaslonom in ločenimi zaščitnimi vodniki);
- g) uporaba signalnih in podatkovnih kablov, ki po navodilih proizvajalcev ustrezajo zahtevam elektromagnetne združljivosti;
- h) kjer se uporabljajo signalni in podatkovni kabli z zaslonom, naj se poskrbi za zmanjšanje okvarnega toka iz sistema za napajanje z električno energijo, ki teče skozi zaslon in žile ozemljenih signalnih ali podatkovnih kablov. Namesti se dodatni vodnik, kot obvodni vodnik, namenjen ojačanju zaslona; glej sliko 5;
- i) kadar je signalni ali podatkovni kabel z zaslonom skupen za več porabnikov, ki so nameščeni na večji medsebojni razdalji, je treba predvideti obvodni vodnik za izenačitev potencialov (slika 5). Obvodni vodnik mora imeti prerez najmanj 16 mm^2 , če je bakren ali ustrezno večjega v drugih primerih, skladno z zahtevami standarda SIST HD 60364 - 5-54;
- j) impedance povezav za izenačitev potencialov naj bodo čim nižje.

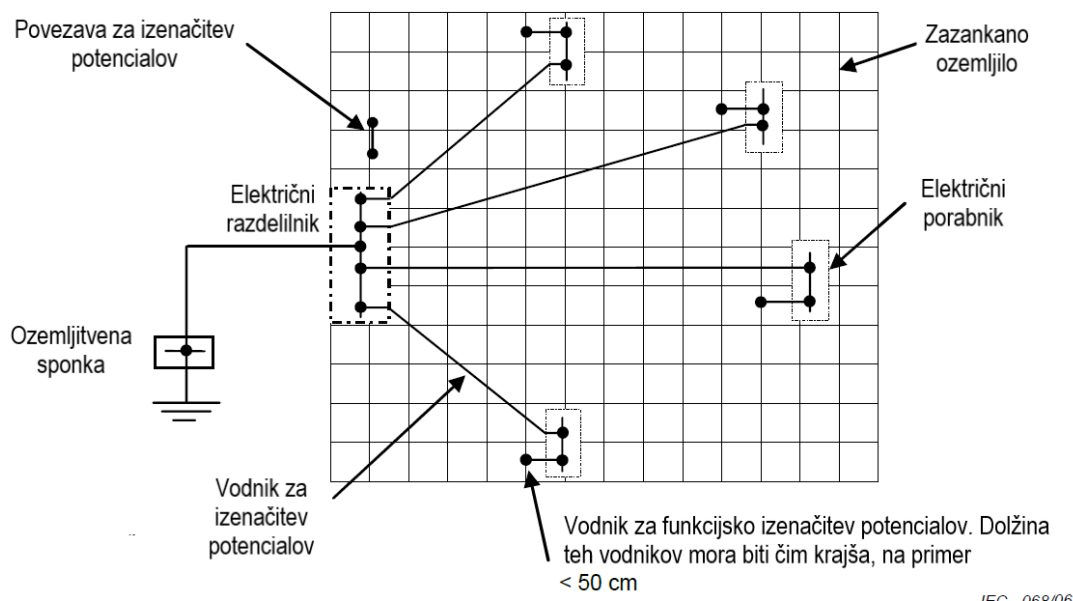


Slika 5

Posebno pozornost je treba posvetiti primerom, kjer sistemi ozemljenj v predoru med seboj niso povezani. V takih primerih se priporoča galvanska ločitev prevodnih povezav, kot npr.:

- optične povezave;
- uporaba opreme zaščitnega razreda II;
- uporaba ločilnih transformatorjev, ki morajo biti izdelani po zahtevah družine standardov SIST EN IEC 61558 - 2-x.

Standard natančneje opisuje tudi druge načine povezav za izenačitev potencialov. Slika 6 prikazuje uporabljen primer sistema za izenačitev potencialov, ki upošteva zahteve elektromagnetne združljivosti za različne vrste elektronskih sistemov.



Slika 6

Zahteve za vodnike za izenačitev potencialov

Ozemljitvene sestave in zaščitne vodnike, vključno z vodniki za izenačitev potencialov obravnava standard SIST HD 60364 - 5-54. Izenačitev potencialov se izvede zaradi varnostnih zahtev.

Standard navaja, da prerez vodnikov za zaščitno izenačitev potencialov za povezavo na glavno ozemljitveno zbiranko, v predoru je to ozemljilo, ne sme biti manjši od polovice prereza največjega zaščitnega ozemljitvenega vodnika v inštalaciji. Kadar se uporablja kombinacija zaščitnega in funkcijskega ozemljitvenega vodnika, mora izpolnjevati zahteve za zaščitni vodnik, tudi glede prereza. Tako izbran vodnik mora izpolnjevati tudi ustrezne funkcijske zahteve. To je pomembno na lokacijah kjer se "prepletajo" nizkonapetostne električne inštalacije in visokonapetostni postroji in oprema.

Kjer je zaščitni vodnik skupen dvema ali več različnim tokokrogom, standard SIST HD 60364 - 5-54 navaja, da prerez zaščitnih vodnikov ne sme biti manjši od vrednosti, določenih bodisi:

- v skladu z IEC 60949;
- po naslednji enačbi, ki se uporablja samo pri izklopnih časih, ki niso daljši od 5 s: je treba njegov prerez izračunati za najneugodnejši predvideni okvarni tok in glede na obratovalni čas okvare po enačbi:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

kjer so:

- S prerez zaščitnega vodnika ali vodnika za izenačitev potencialov v mm²
- I efektivna vrednost pričakovanega okvarnega toka pri okvari zanemarljive impedance, ki lahko teče skozi zaščitno napravo (glej IEC 60909-0), v amperih
- t izklopni čas zaščitne naprave za samodejni odklop, v sekundah
- k faktor, odvisen od materiala zaščitnega vodnika, izolacije in drugih delov ter začetnih in končnih temperatur (metoda za izračun faktorja k je v standardu)

Kot navaja standard 50122 - 1, je ustrezni prerez vodnika za zaščitno izenačitev potencialov pomemben znotraj območja nadzemnega voznega voda (OCLZ) in območja odjemnika toka (CCZ) na elektrificiranih železniških progah. Konstrukcije in oprema, ki se v celoti ali delno nahajajo v teh območjih, lahko pridejo v stik s pretrganim nadzemnim kontaktnim vodnikom pod napetostjo, nosilno vrvjo pod napetostjo ali delov pod napetostjo zlomljenega ali poškodovanega odjemnika toka.

Zaščitni vodniki morajo biti primerno dimenzionirani in zaščiteni pred mehanskimi poškodbami, kemičnim ali elektrokemičnim kvarjenjem ter elektrodinamičnimi in termodinamičnimi silami.

ZAKLJUČEK

V referatu predstavljena tematika želi prikazati kompleksnost zasnove nizkonapetostne električne inštalacije, ne le v predoru, na vsakem objektu. V standardih so zapisane vse zahteve zelo splošno. Zato jih je treba brati smiselno, zapisane zahteve pa uporabiti z razmislekom, glede na specifičnost objekta.

UPORABLJENA LITERATURA

- 1] Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2004/54/ES z dne 29. aprila 2004 o minimalnih varnostnih zahtevah za predore v vseevropskem cestnem omrežju;
- 2] Direktiva (EU) 2016/797 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 11. maja 2016 o interoperabilnosti železniškega sistema v Evropski uniji;
- 3] Uredba Komisije (EU) št. 1303/2014 z dne 18. novembra 2014 o tehnični specifikaciji za interoperabilnost v zvezi z „varnostjo v železniških predorih“ železniškega sistema Evropske unije;
- 4] Uredba Komisije (EU) št. 1301/2014 z dne 18. novembra 2014 o tehničnih specifikacijah za interoperabilnost v zvezi s podsistemom „energija“ železniškega sistema v Evropski uniji;
- 5] Zakon o cestah (Ur. List RS 132/22, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 – ZUNPEOVE);
- 6] Zakon o varnosti v železniškem prometu (Ur. List RS, št. 30/18 in 54/21);
- 7] Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji (Uradni list RS, št. 48/06, 54/09, 109/10 – ZCes-1 in 132/22 – ZCes-2);
- 8] Standardi:

SIST HD 60364–1, Nizkonapetostne električne inštalacije - 1. del: Temeljna načela, ocena splošnih karakteristik, definicije;

SIST EN 50122–1, Železniške naprave - Fiksni postroji - Električna varnost, ozemljitev in povratni vod - 1. del: Zaščitni ukrepi pred električnim udarom;

SIST HD 60364–4-41, Nizkonapetostne električne inštalacije - 4-41. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred električnim udarom;

SIST HD 60364–4-442, Nizkonapetostne električne inštalacije - 4-442. del: Zaščitni ukrepi – Zaščita nizkonapetostnih inštalacij pred časnimi prenapetostmi zaradi zemeljskega stika v visokonapetostnem sistemu in zaradi napak v nizkonapetostnem sistemu;

SIST HD 60364–4-444, Nizkonapetostne električne inštalacije - 4-444. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred napetostnimi in elektromagnetnimi motnjami;

SIST HD 60364–5-54, Nizkonapetostne električne inštalacije - 5-54. del: Izbira in namestitve električne opreme - Ozemljitve in zaščitni vodniki.



mag. Darko Koritnik

ICEM-TC

STOPENJSKA METODA GEOELEKTRIČNEGA SONDIRANJA ZEMLJE

Povzetek:

Specifična upornost zemlje in geoelektrični profil sta osnovna podatka za projektiranje ozemljil. Določanje teh parametrov temelji na podlagi meritev in zelo nepraktičnih grafičnih analiz. V članku delu je opisana novo razvita merilna metoda, ki bistveno olajša delo merilcev in poceni celotno meritev ter analizo geoelektrične sestave zemlje. V novo razviti Stopenjski metodi geoelektričnega sondiranja zemlje je uporabljenih več popolnoma novih pristopov in rešitev, s pomočjo katerih je metoda postala praktično uporabna.

Abstract:

Soil resistance and geoelectrical profile are the basic pieces of information for designing of earth systems. Determination of these parameters is based upon measurements and very unpractical graphical analyses. The paper describes a newly developed method that significantly facilitates the work of measurement engineers and technicians, as well as cheapens the entire measurement and analysis of geoelectrical composition of earth. The newly developed "Step Method of Geoelectrical Probing of Earth" includes several completely new approaches and solutions that make the method practically applicable.

1 UVOD

Ozemljila so tisti element elektroenergetskega omrežja, ki galvansko povezujejo neke umetno narejene in prirejene elemente (vodnike) z naravnim okoljem (zemljo). Meritve in izračuni osnovnih lastnosti umetno narejenih elementov (naprav, vodnikov...) so zaradi standardiziranih dimenzij in materialov relativno enostavni. Žal se narava ne ozira na naše standarde, zato so že meritve in izračuni najbolj osnovnih parametrov naravnih elementov zelo zapleteni. Tipični primer je meritev specifične upornosti zemlje.

Specifična upornost zemlje je najpomembnejši podatek, ki ga potrebujemo pri projektiranju ozemljil. Obstaja več merilnih metod, vendar je v večini primerov praktično uporabna le U-I metoda. Tako meritev toka kot meritev napetosti sta električni veličini, ki ju znamo izmeriti zelo natančno. Vendar ne vemo, kaj smo dejansko izmerili. Če bi bila zemlja popolnoma homogena in se specifična upornost ne bi spreminjala, potem bi U-I metoda dala zelo točne rezultate. Žal obstaja homogena zemlja le na papirju. V praksi se specifična upornost spreminja v vseh smereh. Bolj ali manj dober približek dobimo, če predpostavimo, da je zemlja sestavljena iz končnega števila vodoravnih, homogenih plasti torej predpostavimo večplastni model zemlje.

Razvili smo merilno metodo, ki v osnovi temelji na obstoječih metodah, tako da se delo merilcev na terenu ne bo bistveno spremenilo. Naša metoda omogoča optimalno postavitve merilnih sond, kar zmanjša število potrebnih meritev in s tem olajša delo merilcem. Prav tako je metoda narejena tako, da rezultate izračunamo že na terenu, torej ni potrebna naknadna analiza rezultatov.

2 Ponikalna upornost in specifična upornost zemlje

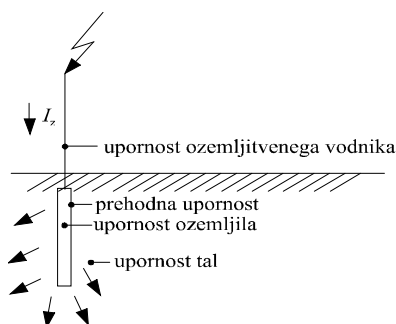
Pri obravnavi geoelektričnih lastnosti tal sta najpomembnejši veličini ponikalna upornost in specifična upornost zemlje.

2.1 Kaj je ponikalna upornost?

Pri obravnavi meritve geoelektričnega profila zemlje bomo večkrat naleteli na pojem ponikala upornost ozemljila.

Ponikalna upornost ozemljila je značilna lastnost ozemljila. Ozemljilo je naprava oz. konstrukcija, ki povezuje umetne prevodne dele z zemljo. Ponikalno upornost nekega ozemljila izračunamo tako, da padec napetosti na ozemljilu delimo z zemljostičnim tokom. Če natančneje pogledamo, ugotovimo, da sestoji iz:

- upornosti ozemljitvenega voda,
- upornosti ozemljila,
- prehodne upornosti,
- upornosti zemlje.

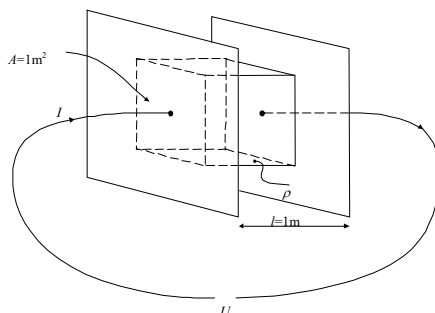


Slika 1: Posamezne upornosti, ki tvorijo ponikalno upornost

2.2 Kaj je specifična upornost zemlje?

Električna upornost zemlje je odvisna od geološke sestave oziroma kemičnih ter fizikalnih lastnosti zemlje. Predvsem prisotnost vlage v snovi vpliva na njihove fizikalno kemične lastnosti, posledično torej tudi na električno upornost zemlje.

Sposobnost prevajanja električnega toka opišemo s specifično upornostjo zemlje (ρ). Teoretično je ta podana za linearno homogen vodnik z definiranim presekom (na primer 1 m^2) in za definirano dolžino (primer 1 m). Specifična upornost zemlje je definirana za kocko kot kažemo na sliki:



Slika 2: Model za specifično upornost zemlje

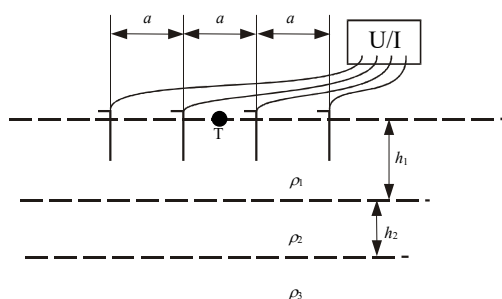
2.3 Navidezna specifična upornost

Izraz navidezna specifična upornost zemlje je nov izraz, ki smo ga uvedli za lažje razumevanje analize nehomogene zemlje. Pri meritvah specifične upornosti zemlje pogosto zajamemo vpliv več različnih vrst zemlje in prisotnih materialov. Rezultat takšne meritve je neka vrednost, ki predstavlja neko povprečje specifičnih upornosti vseh merjenih veličin. V tem primeru govorimo o navidezni specifični upornosti.

2.4 Meritev specifične upornosti s pomočjo štirih elektrod

Ta metoda se imenuje tudi Wennerjeva metoda. Wennerjeva metoda je metoda vertikalnega sondiranja, pri kateri se uporabljajo štiri točkaste elektrode postavljene v vrsti. V praksi se uporabljajo pomožne sonde, ki se zavijejo ali zakopljejo v zemljo do globine nekaj decimetrov. Uporaba sond namesto točkastih elektrod povzroči določen pogrešek merilne metode. Ta pogrešek je smiselno upoštevati, če so sonde na razdalji manjši od trikratne dolžine sond, za večje razdalje pa je nepomemben. Skozi zunanji dve sondi, t.i. tokovni sondi, vsilimo tok v zemljo, notranji dve t.i. napetostni, pa merita napetost, ki se pojavi zaradi vsiljenega toka. Če so sonde simetrično razporejene okoli točke T (točka sondiranja), lahko izračunamo navidezno specifično upornost zemlje po enačbi:

$$\rho_{\text{nav}} = \frac{U}{I} \cdot 2 \cdot \pi \cdot a \cdot \quad 1$$



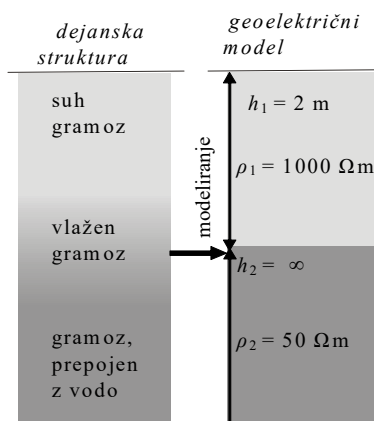
Slika 3: Metoda vertikalnega sondiranja

Če je zemlja homogena, bodo vrednosti navidezne specifične upornosti ρ_{nav} enake za vse razporeditve sond in bodo enake dejanski specifični upornosti zemlje. V primeru, ko se upornost spreminja z globino, navidezna specifična upornost ni več neodvisna od razporeditve sond.

$$\rho_{\text{nav}} = f(a) \quad 2$$

Z razmikanjem sond se povečuje volumen materiala (zemlje), ki vpliva na meritev. Globina, do katere opazujemo, je po grobi oceni enaka kot razdalja a . Vendar to ne velja, v kolikor se specifična upornost močno spreminja z globino.

Kot je bilo ugotovljeno, nam samo meritve specifične upornosti zemlje ne dajo ustrezne informacije o terenu. Potrebna je izdelava geoelektričnega modela zemlje. Na sliki 4 je narisani tipičen primer gramozne zemlje s podtalno vodo in način, kako se takšna zemlja modelira.



Slika 4: Rezultat modeliranja gramoznate zemlje s podtalno vodo

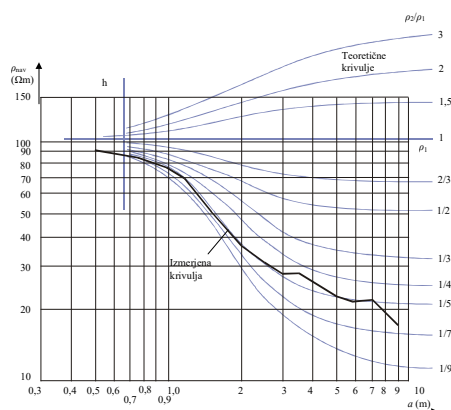
Za potrebe modeliranja potrebujemo meritve navidezne specifične upornosti, izmerjene po Wennerjevi metodi. Na ta način dobimo krivuljo izmerjenih vrednosti. Sedaj potrebujemo še krivuljo izračunanih vrednosti na podlagi modela. Za izračun potrebujemo parametre modela, to so specifične upornosti plasti in globine mejnih ploskev. V praksi obstajajo dve tipični skupini metod za geoelektrično modeliranje zemlje.

2.5 Grafična metoda določitve geoelektričnega modela zemlje

Princip določanja geoelektričnega profila temelji na primerjavi izmerjenih in teoretičnih krivulj. Za ta namen sta podani dve skupini teoretičnih krivulj za dve možnosti:

$$\rho_1 < \rho_2 \text{ in } \rho_1 > \rho_2.$$

Teoretične krivulje so narisane v logaritmičnem merilu, zato moramo tako narisati tudi krivulje izmerjenih navideznih specifičnih upornosti. V praksi se takšne primerjave delajo tako, da izmerjene vrednosti narišemo na prozorno folijo in postavimo na ustrezno teoretično krivuljo. Metoda je preprosta za dvoplastno zemljo, kar je prikazano na sliki 5. Model določimo s premikanjem izmerjene krivulje levo-desno in gor-dol, pod pogojem, da osi obeh logaritemskih sistemov ostanejo vzporedne. Končno rešitev določimo tako, da poiščemo tisto teoretično krivuljo, ki je najbolj podobna izmerjeni. Zaradi boljše preglednosti je koordinatni sistem teoretičnih krivulj podan le z osema (h in ρ_1). Izmerjeno krivuljo narišemo v koordinatni sistem v katerem je izrisana celotna mreža. Abscisa skupine teoretičnih krivulj (h) označuje v koordinatnem sistemu izmerjenih vrednosti globino meje med plastmi. Ordinata ρ_1 skupine teoretičnih krivulj predstavlja na ordinati izmerjenih vrednosti specifično upornost zgornje plasti. Specifična upornost spodnje plasti izračunamo iz razmerja ρ_2/ρ_1 tiste teoretične krivulje, kateri je izmerjena najbolj podobna.



Slika 5: Primer grafične metode določanja geoelektričnega profila zemlje

Rezultati:

debelina zgornje plasti je $h_1 \approx 0,68$ m

specifična upornost zgornje plasti $\rho_1 \approx 100 \Omega\text{m}$

spec. upornost spodnje plasti $\rho_2 \approx 100/5 \approx 20 \Omega\text{m}$

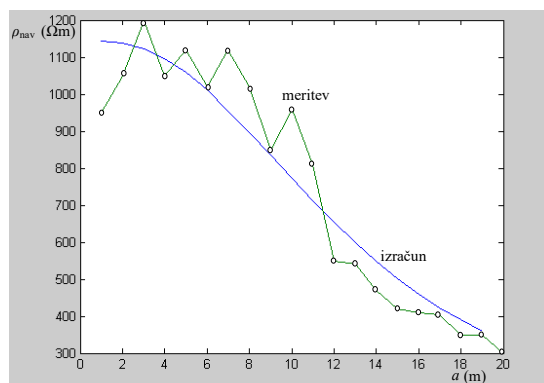
Na podoben način se določi tri ali večplastni geoelektrični model zemlje. Določitev triplastnega modela je še smiselna, večplastni model pa je praktično neuporaben.

2.6 Računska metoda določitve geoelektričnega modela zemlje

Tako kot grafična tudi računska metoda temelji na primerjavi izmerjenih in izračunanih krivulj. Iz krivulje navideznih specifičnih upornosti ni možno izračunati dejanskega profila zemlje po neki matematični enačbi. Možno je izračunati navidezne specifične upornosti, če je znan profil zemlje. Zato je potrebno pripraviti ustrezen algoritem, ki bo parametre modela (specifične upornosti posameznih plasti in globine mejnih ploskev) spreminjal tako dolgo in v takšni smeri, da bo končni rezultat modela čim bolj podoben dejanskemu geoelektričnemu profilu opazovane zemlje.

Za začetek potrebujemo neko oceno vrednosti parametrov modela. Na osnovi teh vrednosti izračunamo navidezne specifične upornosti in jih primerjamo z izmerjenimi. Nato spreminjamo parametre modela v tisto smer, ki nam zmanjšuje razliko med izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi. Že na prvi pogled se vidi, da je izračun profila zemlje možen le preko ene izmed metod optimiranja.

Na podlagi meritev dobimo krivuljo odvisnosti navideznih specifičnih upornosti (ρ_{nav}) od razdalje med sondami. S pomočjo primerne metode poiščemo model zemlje, ki bo čim bolj ustrezal dejanskim razmeram. Takrat si bosta krivulji najbolj podobni.



Slika 6: Primerjava izmerjene in izračunane krivulje odvisnosti specifične upornosti zemlje od razmika med sondami

3 Stopenjska metoda geoelektričnega modeliranja zemlje

Obstoječe metode so se zaradi svojih pomanjkljivosti v praksi uveljavile le na specifičnih področjih. Za širšo uporabo je potrebno narediti uporabnikom mnogo bolj prijazno metodo. To je bil naš osnovni namen pri razvoju popolnoma nove metode za določanje geoelektričnega modela zemlje. Zaradi načina delovanja smo jo poimenovali STOPENJSKA METODA GEOELEKTRIČNEGA MODELIRANJA ZEMLJE. Pri razvoju stopenjske metode geoelektričnega sondiranja smo upoštevali dobre in slabe lastnosti obstoječih metod. Nagibali smo se k temu, da ohranimo dobre lastnosti, slabe pa odpravimo oz. jih rešimo na drug način. Glavni poudarek smo vsekakor dali na poenostavitvi dela merilca in skrajšanju potrebnega časa za meritev in izračun.

3.1 Praktična uporaba stopenjske metode geoelektričnega sondiranja

Pri izdelavi omenjene metode smo upoštevali nekaj ključnih zahtev:

1. način dela merilcev mora biti čim bolj podoben njihovemu dosedanjemu delu,
2. namesto, da se merilec sam odloča kam bo postavil merilne sonde, ta podatek izračuna program na osnovi merilčeve ocene (prvi korak) oz. na osnovi predhodnega izračuna (v naslednjih korakih). Tako lahko z bistveno manjšim številom izvedenih meritev izvedemo izračun modela zemlje z enako natančnostjo,
3. rezultate geoelektričnega modela zemlje dobi že merilec na terenu. Tako lahko merilec takoj preveri smiselnost izračunanih rezultatov in po potrebi meritev ponovi v drugi smeri (ali na drugi lokaciji),
4. pri izračunu se merilec lahko odloči za nivo točnosti izračuna: od približnih – hitrih ocen, do točnih vendar počasnejših izračunov.

3.2 Način dela merilcev na terenu

Vhodni podatki pri novi metodi so rezultati meritev po Wennerjevi metodi. Tako smo ohranili popolnoma enako delo merilcev na terenu in omogočili uporabo že obstoječe merilne opreme, ki jo je potrebno dopolniti s preprostimi prenosnimi računalniki ali telefoni z ustrezno aplikacijo. Vsekakor bo metoda zares uporabna takrat, ko bo vse skupaj združeno v enem samem merilnem instrumentu.

3.3 Določanje merilnih mest

Določanje merilnih mest je za merilce najbolj izstopajoča sprememba. Pri obstoječih metodah je merilec razporeditev merilnih sond določil sam, nato izvedel vse meritve in na koncu bi naj iz tega izračunali model zemlje. Nova metoda to zaporedje popolnoma spremeni. Najprej merilec poda pričakovane vrednosti geoelektričnega profila zemlje. Te vrednosti lahko dobro oceni na podlagi znane geološke strukture zemlje in vrednosti specifične upornosti za posamezne materiale. Program mu nato določi merilne točke. Na podlagi rezultatov meritev navideznih specifičnih upornosti na teh razdaljah se izračuna prvi model profila, odstopanja izračunane in izmerjene krivulje ter negotovosti izračunanih rezultatov. Nato program svetuje na kateri razdalji naj merilec izvede naslednjo meritev. Nova razdalja je le priporočena vrednost, tako da lahko merilec od te razdalje tudi odstopa.

3.4 Izračuni modela na terenu

Wennerjeva metoda temelji na U/I metodi s štirimi sondami. Ta merilna metoda je zelo občutljiva na zunanje motnje, kot so motilne napetosti (blodeči tokovi), umetni prevodni deli v zemlji (kabli, ozemljila,...), vertikalne nehomogenosti v zemlji (velike skale, navpične plasti,...) in druge motnje. Vse te motnje lahko rezultate pokvarijo do take meje, da opazovanega terena ni mogoče predstaviti z modelom sestavljenim iz več vodoravnih plasti. Vpliv motenj se vidi šele pri izračunu modela, zato je zelo pomembno, da lahko merilec izračuna parametre modela že na terenu. Pristop, opisan v prejšnji točki omogoča sprotni izračun modela zemlje že med samo meritvijo. Na ta način lahko merilec sproti preverja smiselnost rezultatov izračuna. V kolikor vidi, da je izračunani model nerealen, lahko meritev ponovi v drugi smeri ali na drugi malo oddaljeni mikro lokaciji. Pri tem je smiselno začeti z grobo oceno modela na različnih lokacijah, natančno pa izračunati le na zanimivih mestih.

3.5 Stopnje izračuna

Ena izmed novosti, ki smo jih uvedli s stopenjsko metodo, je tudi več stopenj izračuna. S tem smo rešili problem potrebnega časa za izračun. Na razpolago so tri stopnje, z več podstopnjami. Prva stopnja je najhitrejša in omogoča merilcu izračun hitre ocene profila že med meritvijo. Druga in tretja stopnja sta namenjeni naknadnemu natančnemu izračunu in za to potrebujeta več časa. Ti dve stopnji se lahko izvedeta tudi kasneje in ne zahtevata več dodatnih meritev.

4 Testne meritve

Izvedenih je bilo več testnih meritev. Prikazali bomo tipično meritev, ki je bila izvedena na Dravskem polju ob naselju Osluševci. Na tem področju je zemlja gramoznata, ta gramoz je na neki globini prepojen s podtalnico. Merilno mesto smo izbrali v bližini vodnjaka, kjer smo izmerili globino podtalnice 3,8 m.

4.1 Določitev modela s stopenjsko metodo

Glede na znano strukturo zemlje pričakujemo dve plasti:

- zgornja plast (suhi gramoz) $\rho_1 \approx 500 \Omega\text{m}$ do globine $h_1 \approx 4 \text{ m}$,
- spodnja plast (gramoz prepojen s podtalno vodo) $\rho_2 \approx 50 \Omega\text{m}$.

Na podlagi teh parametrov je računalnik izračunal prve priporočene razdalje med sondami (a_p). Nato smo izmerili navidezne specifične upornosti (ρ_{nav}) pri dejanskih razdaljah (a_d).

Preglednica 1: Rezultati meritev navideznih specifičnih upornosti pri prvih priporočenih razdaljah za dvoplastni model

a_p (m)	a_d (m)	$\rho_{\text{nav}} (\Omega\text{m})$
0,5	0,5	53,06
8	8	124,09
4	4	102,48

Že na prvi pogled je jasno, da smo slabo ocenili model. Navidezna specifična upornost izmerjena na razdalji 0,5 m bi morala biti okoli $500 \Omega\text{m}$. V resnici pa je deset krat manjša. Glede na vremenske razmere, smo ocenili, da je zgornja plast zemlje razmočena. Zato smo izbrali troplasten model. Zgornjo plast smo razdelili na dve plasti: površinska plast je razmočena in ima specifično upornost $50 \Omega\text{m}$ ter sega do globine 1 m. Druga plast je pa suh gramoz ($500 \Omega\text{m}$), ki sega do globine 4 m. Globje smo predpostavili, da je gramoz prepojen s podtalno vodo. Na podlagi tega je računalnik določil še eno novo razdaljo med sondami, kjer smo izmerili navidezno specifično upornost.

Preglednica 2: Rezultati navideznih specifičnih meritev pri prvih priporočenih razdaljah za troplastni model

a_p (m)	a_d (m)	$\rho_{\text{nav}} (\Omega\text{m})$
0,5	0,5	53,06
8	8	124,09
4	4	102,48
2	2	81,01

Rezultate meritev navideznih specifičnih upornosti smo uporabili za izračun prvega geoelektričnega modela zemlje.

Preglednica 3: Rezultati izračuna geoelektričnega profila zemlje na podlagi 4 meritev s prvo stopnjo izračuna.

	$\rho_1 (\Omega\text{m})$	$\rho_2 (\Omega\text{m})$	$\rho_3 (\Omega\text{m})$	$h_1 (\text{m})$	$h_2 (\text{m})$
ocenjeni model	50	500	50	1	4
izračunani model 4 meritve	50	365	95	1,6	3,2

Na podlagi modela je računalnik predlagal novo razdaljo med sondami (5,4m) za peto meritev. Zaradi praktičnih razlogov smo meritev izvedli na razdalji 5,5m.

Preglednica 4: Rezultati navideznih specifičnih meritev pri prvih priporočenih razdaljah za troplastni model in še eni dodatni meritvi

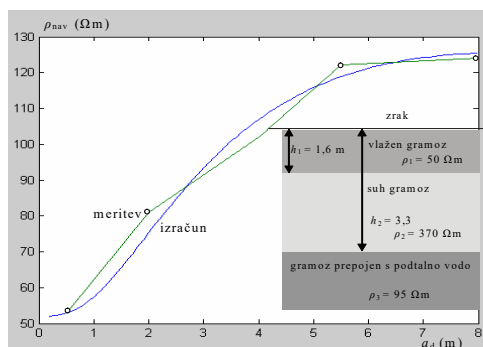
a_p (m)	a_d (m)	$\rho_{nav}(\Omega m)$
0,5	0,5	53,06
8	8	124,09
4	4	102,48
2	2	81,01
5,4	5,5	122,27

Izračunani model je enak kot prejšnji, torej nadaljnje meritve niso več potrebne.

Preglednica 5: Rezultati izračuna geoelektričnega profila zemlje na podlagi 5 meritev s prvo stopnjo izračuna.

	$\rho_1(\Omega m)$	$\rho_2(\Omega m)$	$\rho_3(\Omega m)$	$h_1(m)$	$h_2(m)$
ocenjeni model	50	500	50	1	4
izračunani model 4 meritve	50	365	95	1,6	3,2
izračunani model 5 meritev	50	365	95	1,6	3,2

Nato smo na podlagi izmerjenih navideznih specifičnih upornosti in rezultatov prve stopnje model še optimirali z 2 in 3 stopnjo in dobili rezultat prikazan na sliki:

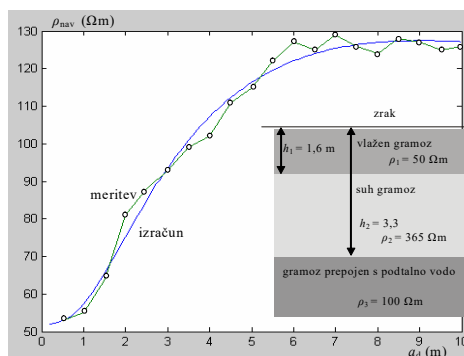


Slika 7: Rezultat izračuna geoelektričnega profila zemlje v Osluševcih in primerjava izmerjene in izračunane krivulje navidezne specifične upornosti

Primerjava izmerjene in izračunane krivulje kaže, da model prikazan na sliki 9 ustreza dejanski geoelektrični strukturi zemlje.

Izračun geoelektričnega modela zemlje na podlagi 20. meritev

Ker je bilo izmerjeno relativno malo točk, smo za kontrolo izmerili navidezne specifične upornosti na vseh razdaljah od 0,5 do 10 m s koraki dolgimi 0,5 in izračunali model.



Slika 8: Rezultat izračuna troplastnega geoelektričnega profila zemlje v Osluševcih

Če primerjamo rezultate izračunane na podlagi le 5 meritev (slika 7) in 20 meritev (slika 8) ugotovimo, da so praktično enaki. Torej je izbor optimalnih razdalj ustrezen in omogoča bistveno hitrejšo izvedbo meritev.

5 Sklep

Želeli smo razviti metodo geoelektričnega modeliranja zemlje, ki bi bila čim bolj enostavna in tudi cenovno dostopna široki strokovni javnosti. Pri tem smo naleteli na mnogo omejitev in zahtev, ki so zahtevale razna prilagajanja in kompromise. Razbremenili smo merilca in čim več njegovega dela naložiti računalniku in merilnemu inštrumentu. Prav tako smo metodo prilagodili merilcu in njegovemu dosedanjemu delu.

Za dosego tega cilja, je bila najprej narejena celotna analiza obstoječih metod meritev in geoelektričnega modeliranja. Pri tem smo ugotovili, da je na tržišču množica merilnih inštrumentov, ki znajo meriti navidezno specifično upornost po Wennerjevi metodi. Vendar proizvajalci merilnih inštrumentov ne pokažejo, kako se na podlagi izmerjenih rezultatov določi geoelektrični model zemlje. Zaradi tega prihaja večkrat do popolnoma napačne interpretacije rezultatov. Navidezna specifična upornost se pogosto enači s specifično upornostjo na globini enaki razdalji med sondami. To seveda ni res in projektiranje ozemljil z natančnimi metodami končnih elementov na podlagi takšnih vhodnih podatkov ni smiselno. Do tega je prišlo zaradi uporabnikom neprijaznih metod modeliranja in pritiska proizvajalcev ter trgovcev merilne opreme.

Izdelali smo metodo, ki predstavlja kompromis med natančnostjo izračuna in stroški. To metodo smo poimenovali *stopenjska metoda geoelektričnega modeliranja zemlje*.



Andrej Orgulan,
Aljaž Kovačič
UM FERI

RAZSVETLJAVA IN INFORMACIJSKO MODELIRANJE GRADENJ (BIM)

Povzetek:

Rezultati ankete o razširjenosti, uporabnosti in sprejetosti informacijskega modeliranja gradenj (Building Information Modelling – BIM) med projektanti električnih inštalacij v Sloveniji so dali nekaj zanimivih odgovorov in porodili kar nekaj vprašanj. Rezultati kažejo na dokaj zadržan odnos do uporabe BIM kot orodja in/ali okolja za projektiranje električnih inštalacij in še posebej razsvetljave.

Razlogi za zadržanost so v marsikaterem pogledu razumljivi, čeprav so v resnici navidezni. Okolje BIM je, kljub relativno dolgi prisotnosti pri načrtovanju gradenj, za marsikoga novo in se lahko na področju električne razsvetljave dojema kot še en model za prikaz rezultatov načrtovanja. Kljub velikemu napredku v podpornih tehnologijah BIM (standardizacija, procesorska moč, razpoložljivost računalniške strojne in programske opreme) je to okolje potencialno tako obsežno, da bo razvoj do množične uporabnosti informacijskih modelov še dolgo trajen.

V tem prispevku smo se osredotočili le na določene vidike uporabnosti BIM tehnologij, saj so prednosti na področju razvoja in izdelave projektov gradenj, njihova organizacija in spremljanje v poteku gradnje danes že dovolj očitne.

Razsvetljava notranjih delovnih mest ali v gospodinjstvih je v fazi projektiranja časovno gledano običajno med zadnjimi, tako kot je to tudi v času gradnje objektov. Vendar je nekatere lastnosti elementov razsvetljave nujno določiti že v prvih fazah projektiranja, saj so določene rešitve v objektu soodvisne. Razsvetljava, tako dnevna kot električna, vplivata na primer na potrebne kapacitete prezračevanja in ventilacije, ki pa se projektirata časovno gledano že v začetni fazi. Potrebna električna razsvetljava je odvisna od razpoložljive dnevne svetlobe, ta pa od velikosti in odprtih za dnevno svetlobo, kakor tudi od lege objekta in okolja v katerem ta stoji.

Opisan primer soodvisnosti vključuje delo strokovnjakov arhitekturne, gradbene, strojniške in elektro stroke, rešitve pa vplivajo na energetske učinkovitost gradnje, ki vključuje spet nov krog ekspertov. Okolje BIM teoretično ponuja idealne pogoje za sodelovanje različnih strokovnjakov.

V prispevku so opisani nekateri izzivi, ki jih prinašajo sodobne tehnologije in kakšni so trenutni in možni pristopi k njihovim rešitvam z obstoječimi orodji.

1 Uvod

Informacijsko modeliranje gradenj je temelj za delovno metodo, ki ustvarja in uporablja digitalne modele kot osnovo za dosledno ustvarjanje in upravljanje informacij in podatkov, pomembnih za življenjski cikel gradnje, kot tudi za skupno rabo ali posredovanje takih informacij in podatkov. To je ena izmed definicij, pogosto uporabljena tudi med politiki, zato tudi dokaj kompleksna. Preprostejša bi lahko bila, da je BIM gradnja realističnega modela objekta, tako v smislu izgleda, kot tudi njegovih fizikalnih lastnosti in medsebojnih povezav med posameznimi elementi.

Zmožnost gradnje kakovostnih, trajnostnih zgradb je neposredno povezana s kakovostjo načrtovanja. To še posebej velja za mehanske, električne in vodovodne (MEP) sisteme, ki imajo velik vpliv na ceno in energetske učinkovitosti zgradbe. Razsvetljava je del MEP sistemov v zgradbi, v osnovi del električne opreme, ki pa pomembno vpliva na bivanjsko ugodje uporabnikov in je zato predmet ločenega stebra zasnove informacijskega modela in energetske učinkovitosti stavb. Zasnova takšnih sistemov je sicer zahtevna in stroškovno intenzivna, vendar močno vpliva na kasnejše gradbene in operativne stroške ter znižuje skupni strošek investicije.

Razvoj BIM sega zgodovinsko skoraj do razširjene uporabe CAD okolij za načrtovanje gradenj, ki je tesno povezana z razvojem in dostopnostjo računalniške strojne opreme. Pomembnejše ločnice med Uporabo CAD in razvojem BIM segajo okrog leta 2000 z vpeljavo odprtokodnega sistema izmenjave podatkov IFC - (Industry Foundation Classes).

BIM je v nekaterih državah že zgodaj postal pogoj za sodelovanje na javnih razpisih:

- 2006 Danska: direktiva BIM, obvezna predložitev IFC za projekte javnega sektorja vrednost nad 5,5 milijona €
- 2007 Finska: Senaatti, obvezna predložitev BIM in IFC za vse nove projekte
- 2008 ZDA: General Service Administration & Army, BIM direktiva in obvezna predložitev
- 2010 Norveška: Staatsbygg, obvezna predložitev IFC in BIM za vse projekte
- 2012 Južna Koreja: razpisi javnega sektorja kot odprti projekti BIM/IFC
- 2013 Nizozemska: Najava direktive BIM
- 2013 Singapur: obveznost BIM za gradbene projekte
- 2014/15 Hong Kong: obvezen BIM za nove projekte
- 2016 ZK: BIM obvezen za projekte javnega sektorja vrednosti nad 5 milijonov €
- ...
- 2022? Slovenija: Gradbeni zakon (GZ-1 2022), Zakon o energijski učinkovitosti stavb - za projekte javnega sektorja (2017, 22)?

Spodbujanje rabe informacijskih modelov gradenj je zaznati tudi v postopku prenove Direktive o učinkoviti rabi energije v stavbah, začetna iniciativa pa sega v 2014 z Direktivo 2014/24/EU [1] Evropskega parlamenta in sveta o javnem naročanju [2].

2 Osnovne lastnosti Informacijskega modeliranja gradenj (BIM)

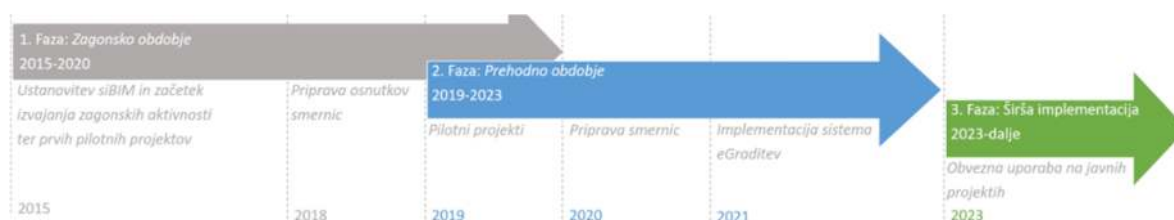
2.1 Zakonodaja in standardizacija BIM

Informacijsko modeliranje gradenj je informacijsko orodje in okolje za načrtovanje, modeliranje, gradnjo, vzdrževanje in upravljanje stavb v celotnem življenjskem ciklu.

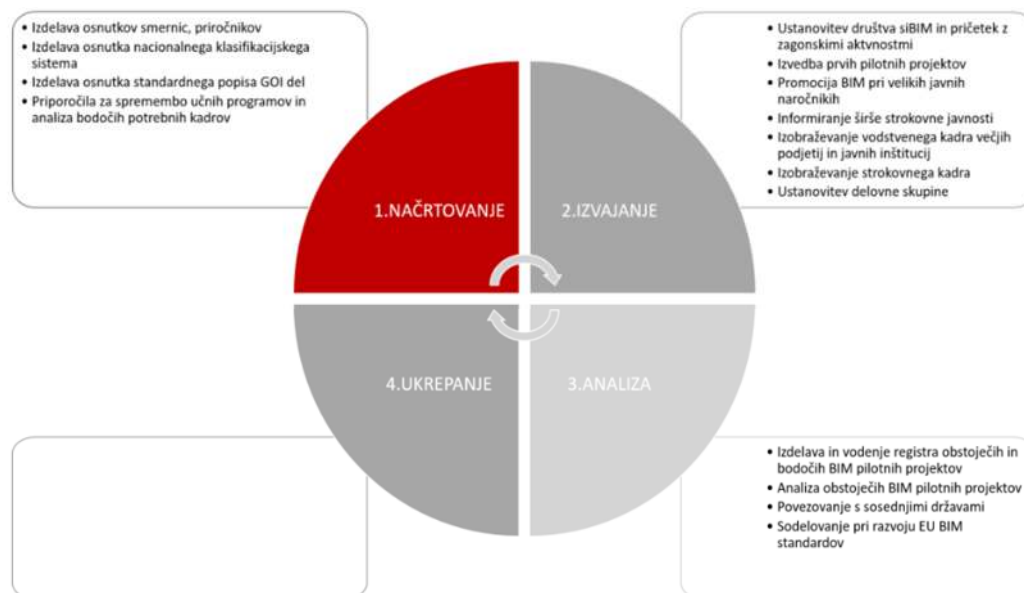
Modeliranje objektov v gradbeništvo je preraslo rabo za načrtovanje gradbenih objektov in je z rastjo računalniških zmogljivosti ter standardizacije informacijskih modelov postalo okolje, ki omogoča spremljanje obratovanja, vzdrževanja in upravljanje objektov, kakor tudi njihovo razgradnjo.

Zakon o javnem naročanju (ZJN-3) omogoča uporabo digitalizacije v gradbeništvo vendar z namenom, da ne prihaja do omejevanja konkurence. Uporabo BIM-a v javnem naročanju omogočata Direktiva 2014/24/EU in Direktiva 2014/25/EU o javnem naročanju iz leta 2014.

Akcijski načrt uvedbe digitalizacije na področju grajenega okolja v Republiki Sloveniji predvideva širšo implementacijo BIM okolja do leta 2023 [3].



1. Faza: Zagonsko obdobje (2015-2020)



Slika 1: Predvidene časovne faze uveljavitve BIM [3]

Na sliki 1 je prikazan predviden časovni potek uveljavitve BIM v Sloveniji. Področje javnega sektorja bi naj po priporočilih organov Evropske unije bilo prvo pri uvajanju in obvezni rabi BIM pri načrtovanju in izvajanju gradenj. Stanje uvajanja BIM v procese gradnje in uporabo informacijske platforme ter predvsem sprejemanja potrebne zakonodaje se v posameznih članicah EU zelo razlikuje. Slovensko združenje za informacijsko modeliranje gradenj siBIM zagovarja sistematični pristop, kar nekoliko podaljša čas uvajanja v prakso, vendar zagotavlja manj težav z združljivostjo posameznih tehnologij ali pristopov v obdobju izvajanja. Nemčija je ena izmed članic z največjo stopnjo uveljavitve informacijskega modeliranja gradenj, vendar jim marsikdo očita pomanjkanje urejenosti in združljivosti z ostalimi.

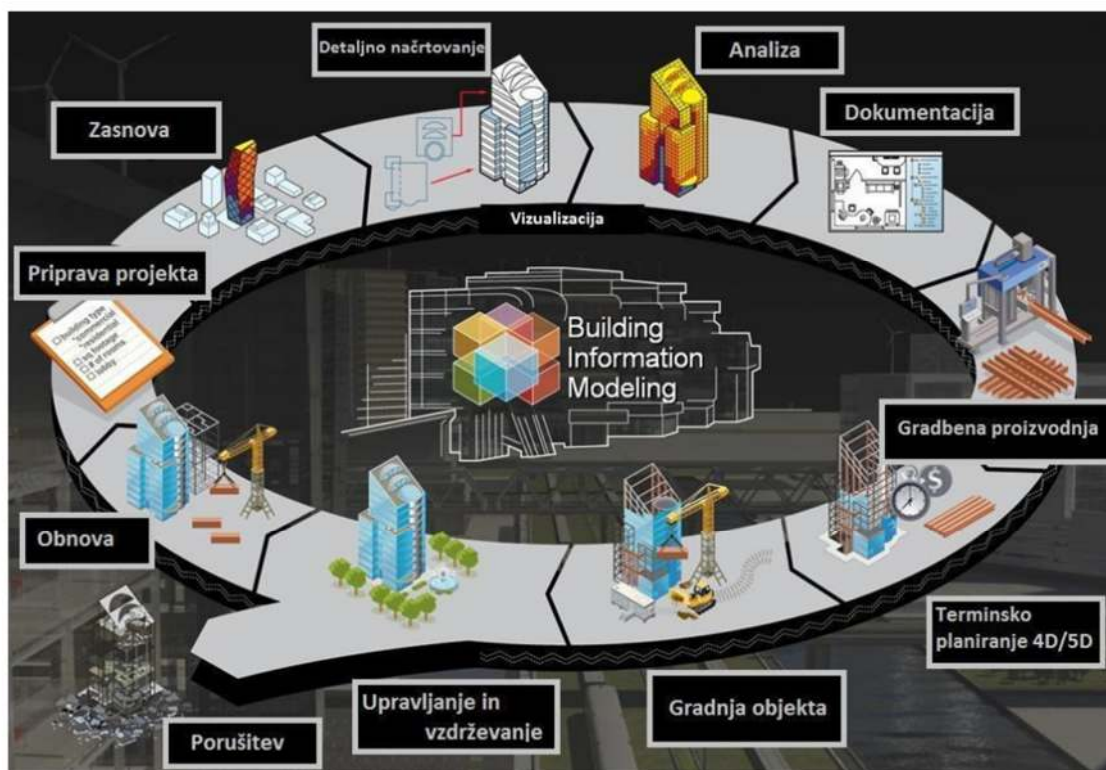
Mednarodna BIM standardizacija je kompleksen proces, ki pa je izjemnega pomena za uspešno izmenjavo podatkov in modelov med projektanti, izvajalci in ponudniki, saj pomaga zmanjšati začetno naložbo, stroške gradnje in vzdrževanja ter izboljša vsesplošno koordinacijo in medsebojno sodelovanje med posameznimi elementi.

Porast rabe informacijskega modeliranja gradenj je vodila v razvoj nabora standardov ISO 19650, ki je mednarodni standard za upravljanje informacij v celotnem življenjskem ciklu zgrajenega sredstva z uporabo informacijskega modeliranja gradenj. Obsega 5 delov:

- **ISO 19650-1:2018** opisuje koncepte in načela za upravljanje informacij na stopnji zrelosti v skladu s serijo ISO 19650.
- **ISO 19650-2:2018** določa zahteve za upravljanje informacij v obliki procesa upravljanja v okviru faze dobave sredstev in izmenjave informacij znotraj nje z uporabo informacijskega modeliranja stavb.
- **ISO 19650-3:2020** določa zahteve za upravljanje informacij v obliki procesa upravljanja v kontekstu operativne faze sredstev in izmenjave znotraj nje z uporabo informacijskega modeliranja stavb.
- **ISO 19650-4:2022** določa podroben postopek in merila za odločanje pri izvajanju izmenjave informacij, da se zagotovi kakovost nastalega informacijskega modela projekta ali modela informacij o sredstvih. Podrobno opisuje izvajanje konceptov in se uporablja za kakršno koli izmenjavo informacij v fazah dostave, ki jih zajema standard ISO 19650-2 in operativnih fazah, ki jih zajema standard ISO 19650-3.
- **ISO 19650-5:2020** določa načela in zahteve za varnostno usmerjeno upravljanje informacij na stopnji zrelosti v skladu s serijo ISO 19650, ter varnostno-usmerjeno upravljanje občutljivih informacij.

V zadnjih letih je vrsto standardov s področja BIM izdal tudi CEN, na primer lastnosti za razsvetljavo (CEN/TS 17623:2021 – Lastnosti BIM za razsvetljavo – Svetilke in senzorske naprave), električnih inštalacij in drugo [4].

V prehodnem obdobju se bodo morali razvijalci posvetiti združljivosti informacijskih tehnologij, ki so trenutno še vedno razdeljene na nekaj industrijskih in odprtododnih standardov. Kot običajno so v začetnih obdobjih uveljavitve kompleksnih rešitev bolj zastopane uveljavljene industrijske rešitve, vendar se na nivoju upravljanja in vzdrževanja običajno za uporabnika bolje izkažejo mednarodno standardizirane rešitve.



Slika 2: Življenjski cikel objekta [4]

Trenutno stanje standardizacije informacijskih modelov je primerno za načrtovanje, gradnjo in spremljanje gradnje, na področju spremljanja obratovanja še ni zagotovljena široka poveztljivost z obstoječimi rešitvami vodenja in upravljanja z energijo.

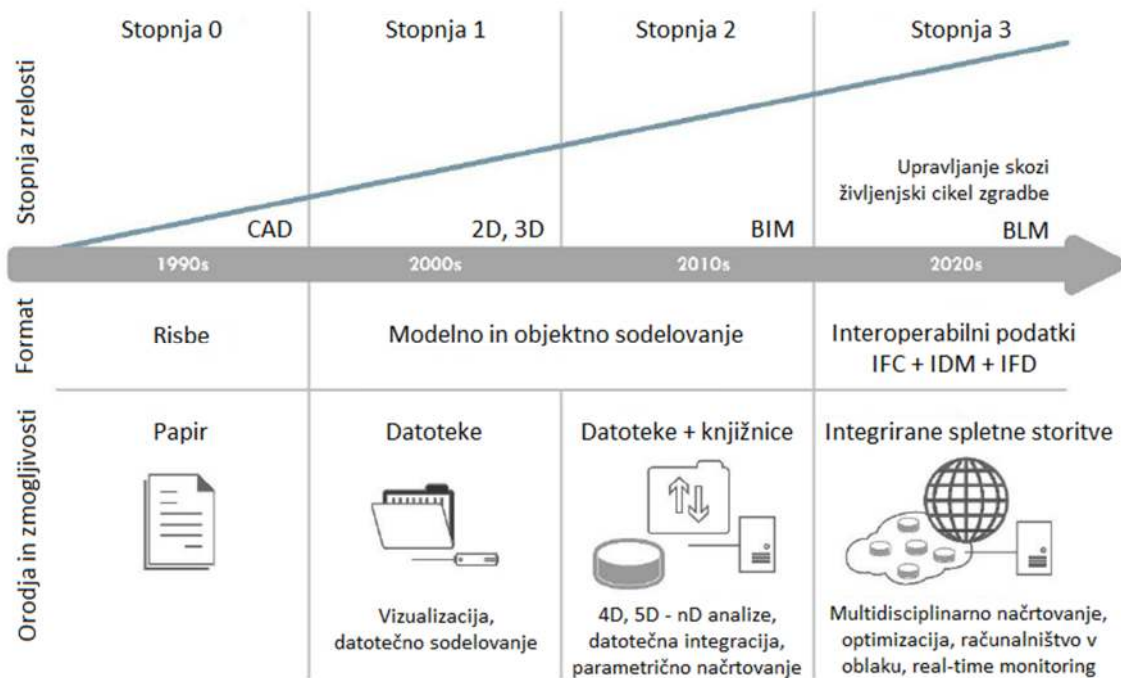
Na sliki 2 so prikazane posamezne faze v življenjskem ciklu objekta. V prehodnem obdobju uveljavljanja informacijskega modeliranja gradenj se največ pozornosti posveča samemu procesu gradnje, od pristopa k načrtovanju, do časovne izvedbe gradnje. Glede na vključenost življenjskih obdobij objektov se v terminologiji uporablja izraz dimenzija, ki ima podobno vlogo kot sloj pri geografskih informacijskih sistemih GIS. Sloj, ki je najzanimivejši za uporabo pri energetskega upravljanju je 6. sloj – upravljanje in vzdrževanje, ki je šele v začetni fazi uvajanja, saj ni ključen za samo izvedbo gradnje.

Vključitev energetskega upravljanja v skupni informacijski model objekta prinaša vrsto možnosti in prednosti, ki jih s kasnejšim modeliranjem težko dosežemo, kot so na primer vključitev optimizacije toplotnih lastnosti ovoja objekta in grelnih elementov, njihovo vzdrževanje v daljšem obdobju, ki je prilagojeno staranju elementov objekta in podobno.

2.2 Zrelost BIM modela

Z opredelitvijo stopnje zrelosti BIM modela na celovit način opišemo uporabo BIM v življenjskem ciklu gradnje [5] od 0 do 3, kjer je Stopnja 0 uporaba CAD 2D risb in stopnja 3 integriranost v življenjski cikel gradnje.

Na sliki 3 je prikazan potek stopenj zrelosti BIM modela skozi zgodovino.



Slika 3: Prikaz stopenj BIM zrelosti [8]

2.3 Stopnja razvitosti BIM elementov

Stopnja razvitosti oziroma podrobnosti LOD (angl. Level of Development) je splošno stanje informacijskega modela na določeni točki v procesu načrtovanja. To ne vključuje le grafičnih objektov, ampak tudi podatke, povezane s predmeti [3]. Stopnja razvitosti je določena z natančnostjo oziroma detajliranostjo geometrijskih in ne geometrijskih atributov. Uporabljajo se stopnje razvitosti od LOD 100 (osnovne informacije) do LOD 500 (podrobnosti in informacije potrebne za višje dimenzije).

2.4 BIM dimenzije?

BIM modeliranje ne pomeni, da se izdelata samo 3D model zgradbe, ki pripomore k lažji vizualizaciji objekta. Model vključuje dodajanje informacij v zvezi s fazami načrtovanja, gradnje in vzdrževanja. Dimenzije BIM 3D, 4D, 5D, 6D, 7D uporabijo osnovne podatke in dodatne informacije, povezane z modelom, tako da uprizorijo večjo raven razumevanja gradbenega projekta. Dodajanje dodatnih informacij omogoča inženirjem izvajanje simulacij in

analiz, s pomočjo katerih določijo kako bo projekt izveden, koliko bo stal in kako ga bo potrebno vzdrževati. Dimenzije BIM, ki se nanašajo na nivoje informacij so [7]:

- **3D – modeliranje.** Vsebuje geometrijske in grafične informacije.
- **4D – terminski plan.** Omogoča pregled zaporedja gradnje s pomočjo gantogramov in časovnic. Skozi celoten potek gradnje so v 3D vizualizaciji predstavljena vsa sproti izvedena dela.
- **5D – stroškovna analiza.** Omogoča vodenje stroškov in oceno stroškov celotne gradnje, na osnovi nadzora količin v 3D modelu.
- **6D – trajnost in energetska učinkovitost.** Omogoča študije okoljskih, ekonomskih in družbenih vplivov.
- **7D – vzdrževanje in obratovanje.** Omogoča načrtovanje in povezavo z orodji za upravljanje periodičnih vzdrževalnih del v celotnem življenjskem ciklu objekta.

3 BIM in razsvetljava

Vključenost razsvetljave v informacijski model gradnje je možna preko vtičnikov posameznih proizvajalcev programske opreme za izračune in modeliranje razsvetljave kot so Relux, Dialux in podobni, s pomočjo osnovnih elementov izračuna, ki jih omogočajo krovni programi za BIM podprto projektiranje ali preko izvoza potrebnih informacij informacijskega modela v ločene programe in uvoza rezultatov v skupni BIM.

Vsak od pristopov ima svojo vlogo v procesu BIM in vsak pristop ima svoje prednosti in slabosti.

V rabi različnih stopenj in procesov v različnih BIM dimenzijah informacijskega modela gradenj ima razsvetljava večkratno vlogo:

- Prvi izračuni so potrebni za določitev potrebne instalirane moči za razsvetljava, ki jo potrebujejo v zgodnjem procesu projektiranja drugi strokovnjaki za dimenzioniranje prezračevalnih, ogrevalnih in hladilnih elementov gradnje. Za te namene je okvirno primeren že osnovni izračun v krovnem programu (Revit, Archicad, Allplan, BIM 360, ipd).
- Nekatera BIM okolja imajo vgrajene svoje programske jezike za avtomatiziranje izračunov (Dynamo za Revit omogoča tudi skripte v Pythonu), ki so na primer uporabna za izračune vpliva dnevne svetlobe čez dan. Arhitekti so navdušeni nad podobnimi opcijami zaradi velikih možnosti predstavitve objektov.
- Izračuni razsvetljave za potrebe razsvetljave delovnih mest so obvezni del vsakega projekta. Za zahtevnejše izračune se uporabljajo certificirani programi kot so Relux in Dialux, tako za splošno, kot zasilno razsvetljava.
- V BIM dimenziji 5 se uporabljajo posebni programi za vodenje tehničnih sistemov v stavbah in njihovo vzdrževanje. Elementi za razsvetljava so običajno že vključeni v centralni nadzorni sistem (CNS) ali sistem za avtomatizacijo v stavbah (BAS), ki

uporablja informacijski model. Le redka okolja CNS in BAS trenutno podpirajo OpenBIM. Ena izmed možnosti je EPLAN ali uporaba podatkovnih vmesnikov BIM in BAS.

- Energetski menedžment je skoraj nujna v sodobnih kompleksnih stavbah. Spremljanje podatkov o bivanjskem okolju in rabe energije vodi k večji energetski učinkovitosti in velikih prihrankih pri obratovanju stavbe v vsej življenjski dobi. Sprotni izračuni dnevne in električne razsvetljave ter rabe energije so pri tem v veliko pomoč.
- Uporaba energetskega menedžmenta omogoča tudi enostavno in natančnejšo izračunavanje energijskih nalepk in vodenja energetskih pregledov za stavbe.

Najpogostejši so v trenutnem razvoju BIM okolij izračuni razsvetljave delovnih mest in modeliranje zunanje podobe objektov.

Najobičajnejši pristop k izračunu razsvetljave je s pomočjo izvoza podatkov v certificirani program kot sta na primer Relux in Dialux, izračun vseh parametrov v teh programih in uvozom rezultatov v BIM okolje. Zadnje posodobitve obeh programov omogočajo tudi izdelavo dinamičnih fotorealističnih podob objekta s pomočjo žarkovnih modelov.

4 RAZISKAVA O UPORABNOSTI IN RAZŠIRJENOSTI BIM PROJEKTIRANJA V SLOVENIJI

Ena najpomembnejših novosti Gradbenega zakona je vpeljava obvezne uporabe BIM za objekte javnega naročanja in državno pomembni objekte. Pogoji za projektiranje takšnih objektov so zelo specifični, saj se objekti lahko razlikujejo v mnogo dejavnikih, kot npr.: namembnost, velikost, tehnične, varnostne, kulturno varstvene in okoljske zahteve... Vsi ti dejavniki vplivajo na zahtevnost projektiranja in izdelavo BIM modelov zahtevane stopnje zrelosti, kakor tudi ustrezne uporabe stopenj razvitosti vključenih atributov v posameznih fazah projektiranja. Le takrat je smiselna uporaba vseh naprednih funkcij BIM projektiranja, ki pripomorejo k kakovostnejšim objektom in prikažejo vse ponujene prednosti BIM.

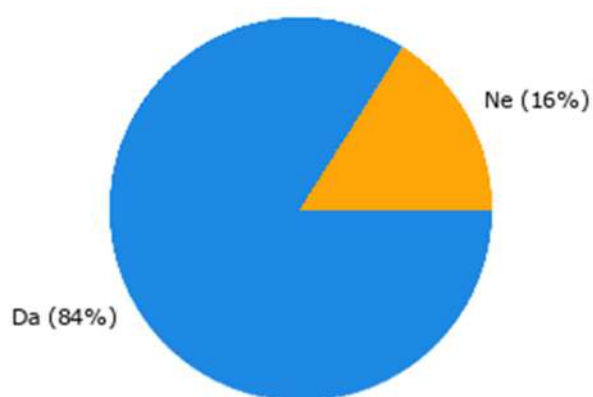
Zaradi omenjenih dejstev se poraja nekaj vprašanj: ali je BIM tehnologija v Sloveniji ta trenutek že primerna za razširjeno uporabo, ali jo slovenski projektanti že v celoti izkoriščajo pri izdelavi projektov, ali je BIM tehnologija že dovolj razvita za sodelovanje vseh udeležencev projekta in ali se ob vpeljavi kakršnih koli novosti pojavljajo pomisleki.

Anketa se je izvajala v mesecu maju in juniju, 2023. Bila je posredovana 91 anketirancem, od katerih smo prejeli 56 ustrezno izpolnjenih anket. V anketi so sodelovali slovenski strokovnjaki iz vseh strok gradbenega sektorja (v nadaljevanju respondenti), ki so na svojem področju vsakodnevno aktivni. Respondenti so člani manjših in večjih podjetij oziroma organizacij, ki delujejo v Sloveniji, nekateri pa tudi v tujini.

4.1 Vprašanja in odgovori iz ankete

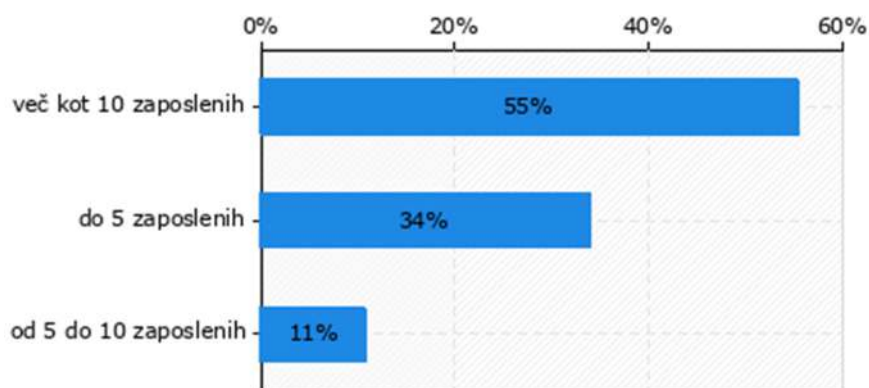
Respondente smo razdelili v dve skupini: na tiste, ki so BIM modeliranje že uporabljali in tiste, ki ga zaenkrat še niso. Poudariti je treba, da je večji del vprašanj bil namenjen respondentom, ki so BIM modeliranje že uporabljali. Respondenti, ki se z BIM modeliranjem še niso srečali, so odgovorili samo na splošna vprašanja, katera zajemajo mnenje o sprejetju novega gradbenega zakona in o prednostih ter ovirah BIM tehnologij. S tem začetnim vprašanjem smo nemudoma dobili odgovor o trenutni splošni razširjenosti BIM modeliranja v praksi.

Odgovori na vprašanje, če so se v organizaciji že srečali z informacijskim modeliranjem gradenj - BIM kažejo, da je 84 % vprašanih že uporabljalo BIM modeliranje (slika 4)



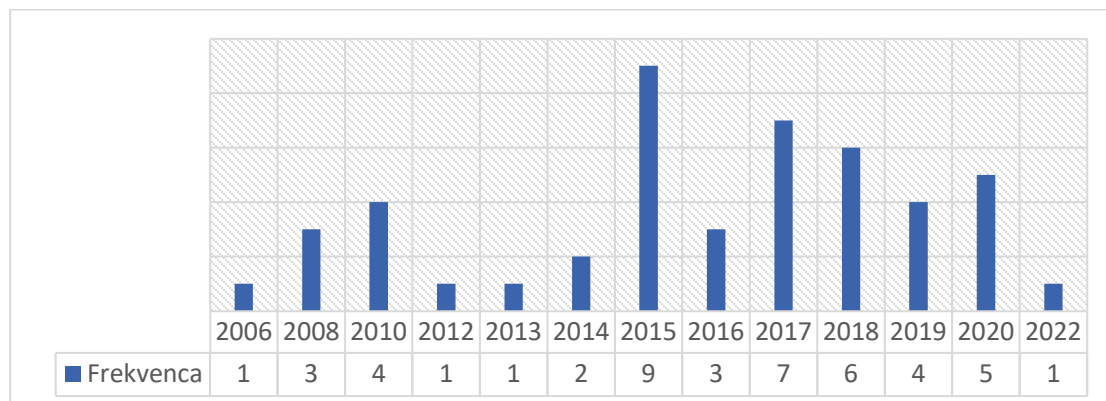
Slika 4: Ali ste se že srečali z informacijskim modeliranjem gradenj - BIM?

Pred izvedbo ankete je bilo pričakovati, da so večja projektantska podjetja bolj pripravljena za delo v BIM, kar se je z odgovori respondentov tudi potrdilo. Zanimivo pa je, da večina respondentov, ki so pri prvem vprašanju odgovorili z »NE« prihaja iz podjetij z več kot desetimi zaposlenimi.



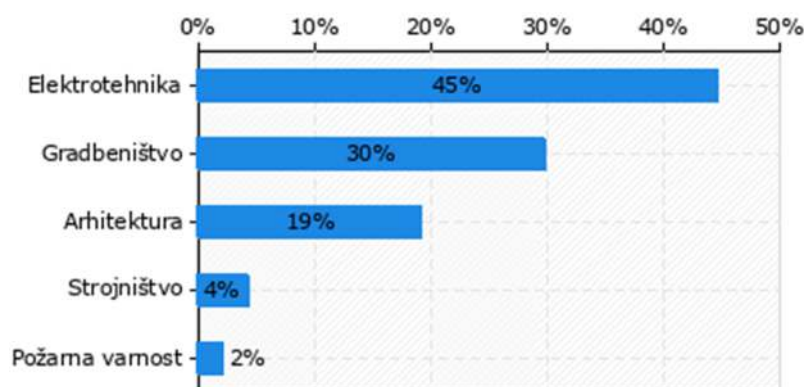
Slika 5: Velikosti podjetij (organizacije) anketirancev

Ker je nov gradbeni zakon oziroma del, ki se nanaša na BIM vstopil v veljavo v drugi polovici leta 2022, je bilo odprto vprašanje ali je s tem vlada prisilila projektante k obvezni uporabi BIM podprtega projektiranja? Na podlagi dobljenih rezultatov prikazanih na sliki 6, se je izkazalo, da je večina respondentov samoiniciativno že kar nekaj let pred uvedbo novega zakona začela uporabljati BIM kot orodje za projektiranje.



Slika 6: : Kdaj ste se prvič srečali z informacijskim modeliranjem gradenj - BIM?

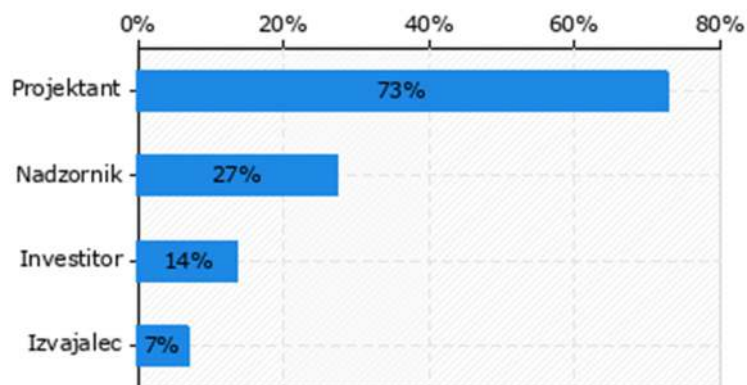
Gradbeni sektor je razvejan na več strokovnih področij, katera so enakovredna in hkrati medsebojno odvisna za uspešno izvedbo končnega projekta. Ena izmed glavnih prednosti BIM podprtega projektiranja je medsebojno sodelovanje, za kar je potrebna uporaba BIM pri vseh udeležencih gradnje. Rezultati 4. vprašanja podajajo odgovore o razširjenosti uporabe BIM po gradbenih strokah, kjer je opaziti, da v tem segmentu prevladujejo strokovnjaki elektro in gradbene stroke.



Slika 7: V kateri strokovni del projekta ste bili vključeni?

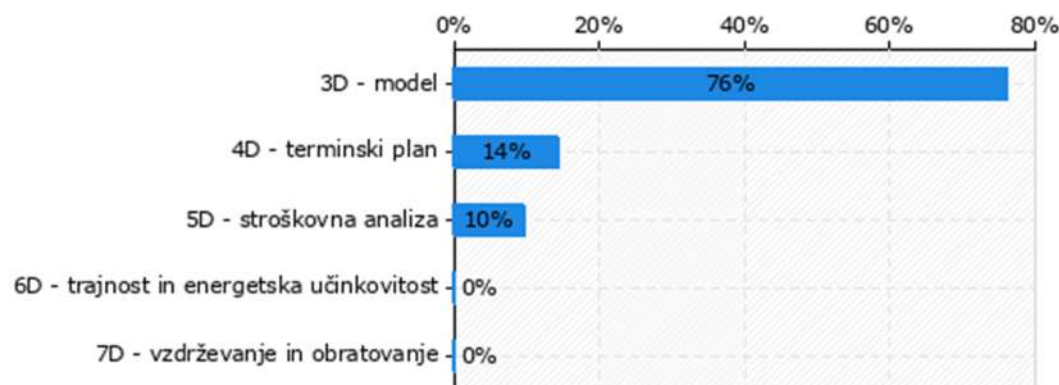
Na sliki 8 so prikazane vloge respondentov v BIM procesu. Ker je večina respondentov projektantov in strokovnih nadzornikov, je razumljivo največji delež vprašanih prav v teh dveh

vlogah. Presenetljivo nizek odstotek predstavljajo izvajalci, za katere je bilo pričakovati nekoliko višji delež. Delež investitorjev je v določeni meri po pričakovanjih, saj je znano, da se ti zaenkrat še ne odločajo za izvedbo projektov z uporabo BIM. Zadosten razlog za to lahko pripišemo višjim cenam projektov, ki so v primeru BIM projektiranja precej višje in pa nepoznavanju ugodnosti, ki jih BIM model ponuja končnemu uporabniku.



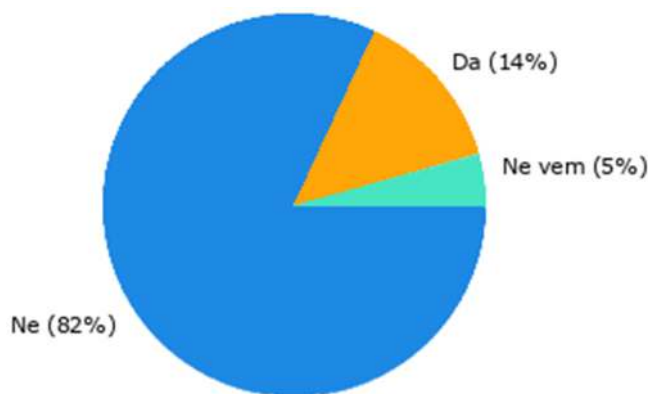
Slika 8: V kakšni vlogi ste se že srečali z BIM modeliranjem?

Celotni proces BIM projektiranja je veliko več kot samo 3D model, česar se po mnenju respondentov še vedno zaveda premalo udeležencev gradbeno, obrtnih in inštalacijskih del. Namen 6. vprašanja je bilo prikazati obsežnost in razširjenost uporabe BIM modeliranja, kjer je po pričakovanjih velika večina, kar 76 %, v svoji karieri že izdelala 3D model, ki pa je le osnovna funkcija te tehnologije. Prav tako so respondenti že uporabljali 4D (14 %) in 5D (10 %) modeliranje. Ti dimenziji sta že naprednejši in zahtevata nekoliko več povezanih podatkov za kakovostno končno izvedbo. Dimenziji 6D in 7D sta še nekoliko kompleksnejši in delujeta na velikih količinah podatkov, vendar le ti prinašata nove funkcionalnosti končnemu modelu. Nepričakovan je rezultat anketnega vprašanja, da še noben od vprašanih respondentov ni nikoli uporabil 6D in 7D modeliranja.

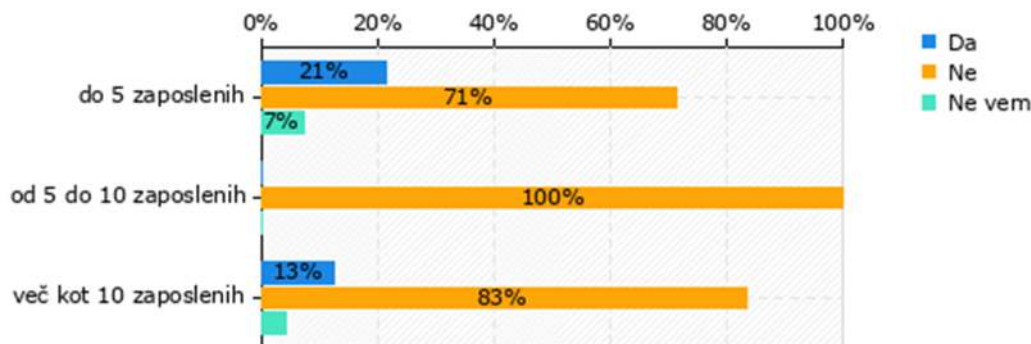


Slika 9: Do katere stopnje oziroma dimenzije ste že uporabljali BIM modeliranje?

Slovenija oziroma Ministrstvo za infrastrukturo je sodelovalo pri izdelavi Priročnika za uvedbo informacijskega modeliranja gradenj v evropskem javnem sektorju [21], ki podpira digitalno revolucijo v gradbeništvu. Spodbuditi želijo širšo uporabo BIM tehnologije v podporo inovacijam in trajnostni rasti. Zaradi tega nas je zanimalo trenutno stanje uporabe BIM v slovenskem gradbenem sektorju. Dobljeni rezultati so osupljivi, saj kar 82 % respondentov meni, da BIM tehnologija v tem trenutku še ni dovolj razširjena za aktivno sodelovanje udeležencev pri izdelavi projekta, obenem pa podpirajo dejstvo, da je uporaba BIM za izvedbo kompletnega projekta smiselna le ob razširjeni rabi vseh udeležencev.



Slika 10 : Ali menite, da je BIM tehnologija v Sloveniji že dovolj razširjena za sodelovanje vseh udeležencev projekta (projektant, nadzor, izvajalec in investitor)?

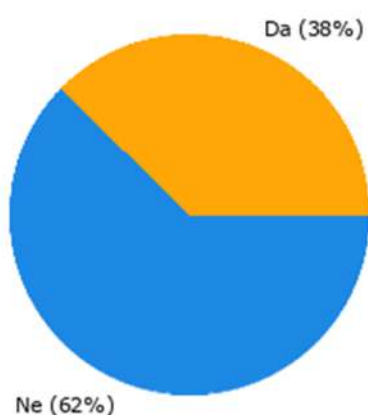


Slika 11: Odgovori na vprašanje s slike 10 glede na velikost podjetja

Zanimala nas je tudi odvisnost prejšnjega vprašanja glede na velikost podjetja v katerem delujejo respondenti. Zanimivo je, da ne glede na velikost podjetja so respondenti v veliki večini mnenja, da za aktivno uporabo vseh udeležencev v izvedbo projekta BIM tehnologija ni dovolj razširjena, čeprav bi bilo pričakovati, da v večjih podjetjih z zadostnim številom strokovno usposobljenega kadra temu naj ne bi bilo tako.

Konec leta 2021 je v veljavo vstopil nov gradbeni zakon (GZ-1), kjer je navedeno, da vsa projektna dokumentacija iz četrtega odstavka 9. člena (Uradni list RS, št. 199 / 2021), mora biti po 01. 06. 2022 izdelana s pomočjo informacijsko podprtega projektiranja (BIM orodja). Na sliki 12 so odgovori na vprašanje, če menijo, da je ta zakon v Sloveniji glede na trenutno stanje primeren oziroma smiseln?

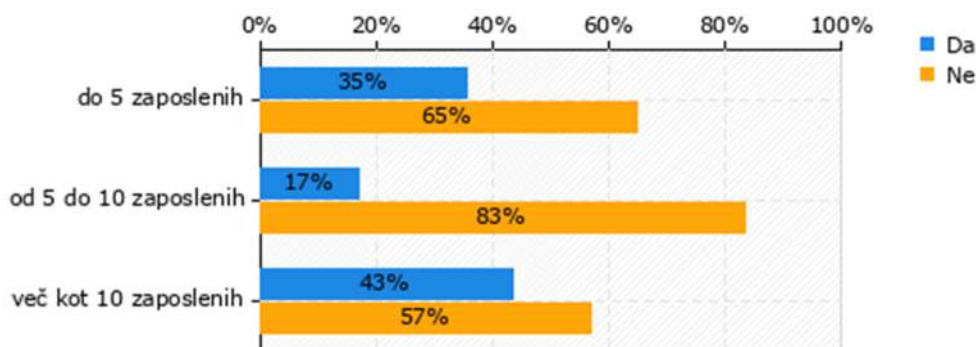
Uvajanje BIM projektiranja je v zadnjih letih vsaj v teoriji zelo priljubljeno. Mnoge države si to želijo prenesti tudi v vsakodnevno prakso, kar pa zahteva dodelan postopek. Za uresničitev popolne uveljavitve BIM projektiranja so potrebna natančna zakonska določila in smernice, prav tako pa tudi sama programska oprema BIM tehnologije mora zagotavljati kakovostne procese in natančne podatke vseh ponujenih produktov. Glede na vse dvome, ki se še zaenkrat pojavljajo smo želeli izvedeti ali se z novo veljavnim zakonskim določilom strinjajo strokovnjaki. Rezultati kažejo na to, da so mnenja še vedno razdvojena, vendar je nekoliko višji delež (62 %) respondentov, ki meni, da ta zakon v Sloveniji glede na trenutno stanje še ni primeren. Respondenti, ki se z uvedbo novega zakona ne strinjajo so svoj odgovor ustrezno argumentirali. Eden od poglobitnih razlogov je, da je pri BIM projektiranju potrebno natančno definirati vse produkte, kar po njihovem mnenju pomeni, da tak projekt ne more biti predmet javnega naročila. BIM projektiranje za gradbeno inženirske objekte je možno v fazi PZI projekta, ko je javno naročilo ali postopek izbire izvajalca in produktov že zaključeno. Drug pomemben razlog pa je, da bi morala biti zahteva po BIM projektiranju usklajena z zahtevnostjo in tipom projekta; Polemike se pojavljajo tudi glede same BIM tehnologije, za katero velik del respondentov meni, da še zmeraj ni dovolj poznana in razširjena v praksi. Trdijo tudi, da žal še vedno velika večina misli, da je 3D modeliranje enakovredno procesu BIM projektiranja. Omenjajo, da zraven tega prav tako nastajajo težave zaradi nekompatibilnosti različnih BIM programskih orodij in pomanjkljivosti pri knjižnicah BIM simbolov oziroma izgledov elementov. Obenem so respondenti enotnega mnenja, da investitorji ne poznajo prednosti, ki jim jih nudi BIM model. Hkrati pa ne znajo ceniti vloženega dela in ga niso pripravljeni plačati.



Slika 12: Ali menite, da je ta zakon GZ-1 v Sloveniji glede na trenutno stanje primeren oziroma smiseln?

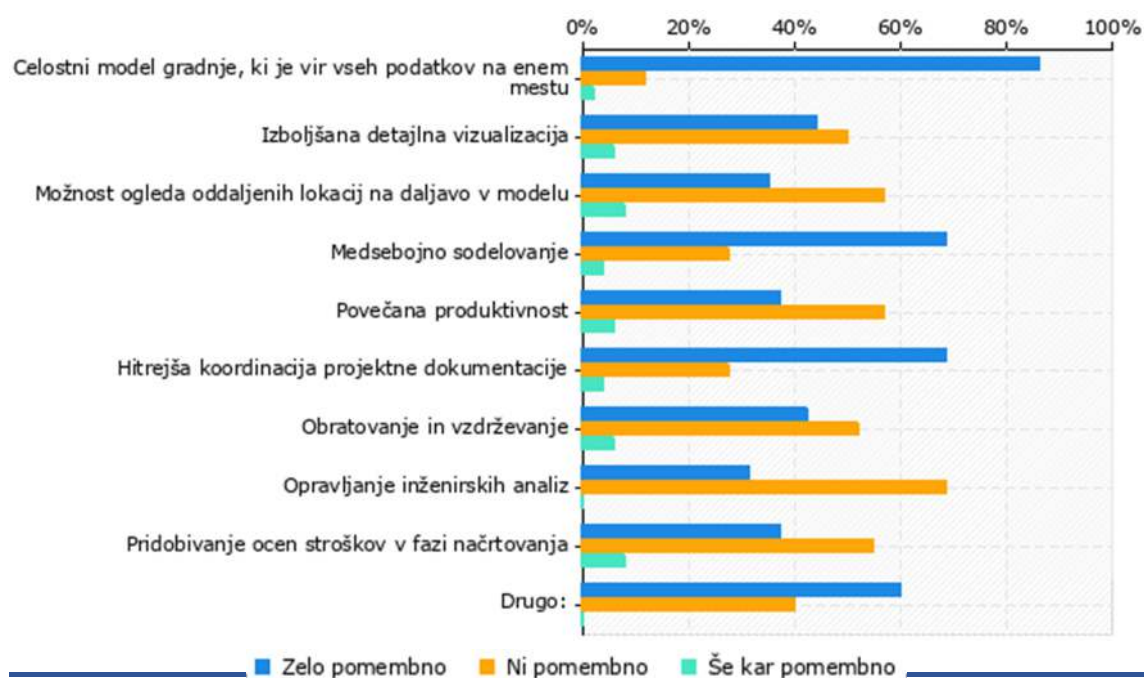
Pri tem vprašanju nas je zanimala odvisnost glede na velikost podjetja v katerem delujejo respondenti. Razvidno je, da ne glede na število zaposlenih prevladuje ne strinjanje z uvedbo

novega zakona. Največji delež respondentov, ki podpirajo uveljavljen zakon v trenutnih razmerah je članov podjetij z več kot 10 zaposlenimi ter najmanjši v podjetjih z od 5 do 10 zaposlenimi.



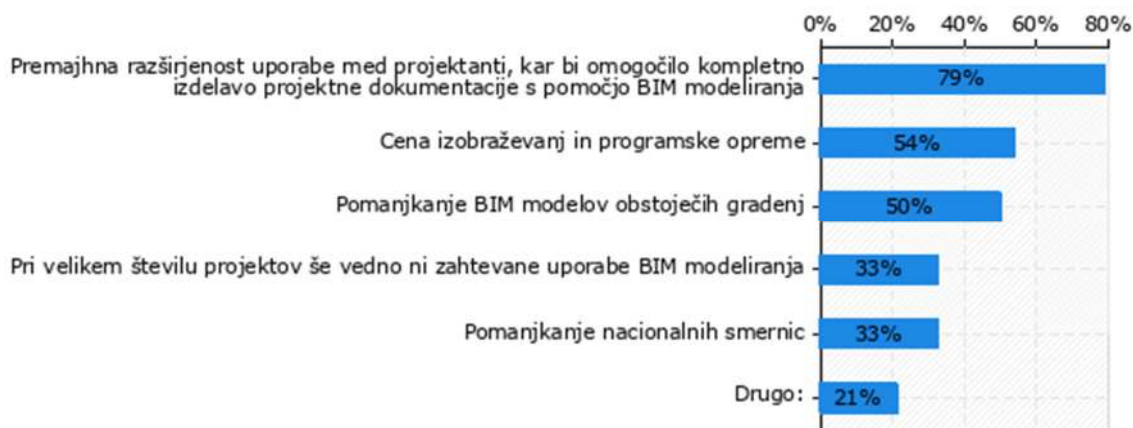
Slika 13: Razdelitev odgovorov na prejšnje vprašanje po velikosti podjetja.

Tehnologija BIM in k temu ustrezno podprta orodja nudijo številne napredne funkcionalnosti, ki jih lahko ovrednotimo kot prednosti pred klasičnim 2D projektiranjem. Jasno je, da je nabor inteligentnih procesov specifičen za posamezne stroke, katere omogočajo avtomatizacijo postopkov, samodejne izračune, simulacije, vizualizacije, itd. Iz tega razloga so v 9. vprašanju poudarjene samo splošne prednosti uporabe BIM projektiranja, katere veljajo za vse BIM uporabnike. Do navedenih prednosti so respondenti izrazili svoja stališča, ki so zanimiva. Po pričakovanjih je več kot 80 % respondentov zatrdilo, da je ena najpomembnejših prednosti ta, da celostni model gradnje zagotavlja vse podatke na enem mestu. Druge pomembne prednosti še vidijo v medsebojnem sodelovanju, hitrejši koordinaciji projektne dokumentacije ter usklajevanju in sprejemanju odločitev na modelu in ne več med potekom gradnje. Nepričakovano je, da precej velik delež respondentov meni, da opravljanje inženirskih analiz, možnost opravljanja in vzdrževanja zgradb ter pridobivanje ocen stroškov v fazi načrtovanja ne spadajo pod najpomembnejše prednosti uporabe BIM, kar v teoriji predstavlja konkretno prelomnico v digitalizaciji gradbeništva in s tem povezano zeleno gradnjo.



Slika 14: Kaj so po vašem mnenju najpomembnejše prednosti uporabe BIM projektiranja?

Rezultati vprašanja o ovirah za vpeljavo BIM so prikazani na sliki 15 in prikazujejo katere so največje ovire za vpeljavo kakovostne, praktične in predvsem razširjene uporabe BIM projektiranja. Razvidno je, da se kar 79 % respondentov strinja z dejstvom, da v tem trenutku v slovenskem gradbenem sektorju še ni zadostne uporabe BIM tehnologij. Relativno velik delež respondentov pripisuje razlog temu, da je cena izobraževanj in same programske opreme previsoka (54 %) in da obstaja premalo BIM modelov obstoječih gradenj (50 %), kar znatno oteži in podaljša izvedbo rekonstrukcij v primeru BIM projektiranja. 33 % respondentov meni, da je za uspešno vpeljavo BIM trenutno na voljo premalo nacionalnih smernic, prav tako 33 % respondentov zatrjuje, da pri velikem številu projektov še vedno ni zahtevane uporabe BIM modeliranja. Kot druge razloge so respondenti navedli, da je med projektanti premalo znanja in volje učenja novih stvari oziroma vpeljave novih procesov. Mnenje, ki najbolj bode v oči in pojasnjuje vso situacijo v praksi, je pomanjkanje zavedanja investitorjev o prednostih končnih BIM modelov, ki jim jih le ti zagotavljajo, saj je BIM za projektante le orodje za doseganje od investitorjev zahtevanih ciljev.



Slika 15: Kaj so po vašem mnenju največje ovire za vpeljavo BIM projektiranja v Sloveniji?

5 Sklep

Iz dobljenih rezultatov anketnega vprašalnika smo ugotovili, da je tehnologija BIM med slovenskimi projektanti v veliki meri že poznana, vendar je uporaba v večini omejena samo na izdelavo 3D modela. Omenjeno je možno pripisati nekompatibilnosti in omejitvam zmogljivosti različnih BIM orodij, ter neozaveščenosti investitorjev, ki ne zahtevajo uporabe BIM v naročenih projektih. Prav tako so še odprta vprašanja glede nacionalnih smernic, ki trenutno še niso natančno in enoumno določene, vendar pa bo zaradi hitrega svetovnega razvoja

in postopoma vedno večjih zahtev po uporabi v prihodnje tudi ta problem odpravljen. Izkazalo se je, da je v tem trenutku BIM do določene mere že v aktivni uporabi, s čimer so se predstavile vse izhodiščne prednosti pred tradicionalnimi praksami projektiranja. Respondenti so potrdili, da so ključne prednosti informacije, ki so dostopne vsem udeleženi v skupnem celostnem modelu gradnje, kar hkrati omogoča izmenjavo informacij, sodelovanje vseh vpletenih udeležencev projekta ter usklajevanje in sprejemanje odločitev na izdelanem modelu in ne med potekom gradnje, kar bistveno zniža obseg dodatnih nepredvidenih del in s tem povezanimi stroški.

Z diplomskim delom smo spoznali informacijsko modeliranje gradenj in praktično uporabnost tega, s čimer smo dobili konkreten vpogled v kompleksnost omenjene tehnologije. Na osnovi tega ugotavljamo, da je za prehod iz tradicionalnega CAD projektiranja in učinkovito uporabo BIM projektiranja potrebno uvesti spremembe ne le samo pri miselnosti projektantov, temveč tudi v poslovanje podjetja. Iz rezultatov anketnega vprašalnika pa lahko sodimo, da je BIM na pravi poti, da v bližnji prihodnosti nedvomno postane neizogibno orodje za projektiranje.

6 Viri:

- [1] Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC Text with EEA relevance, vol. 094. 2014. Accessed: Mar. 10, 2024. [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/24/oj/eng>
- [2] "Zeleno JN." Accessed: May 28, 2020. [Online]. Available: <https://ejn.gov.si/sistem/zeleno-jn.html>
- [3] "Akcijski nacrt uvedbe digitalizacije na področju grajenega okolja v RS." Accessed: Mar. 10, 2024. [Online]. Available: https://www.sibim.si/f/docs/dokumenti/Akcijski_nacrt_uvedbe_digitalizacije_na_podroczju_grajenega_okolja_v_RS_7_5_2018.pdf
- [4] M. Poljansek, "Building Information Modelling (BIM) standardization," JRC Publications Repository. Accessed: Mar. 10, 2024. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109656>
- [5] EUBIM Taskgroup. Priročnik za uvedbo informacijskega modeliranja gradenj v evropskem javnem sektorju. Dostopno na: <http://www.eubim.eu/handbook-selection/slovenian-handbook/>
- [6] Z. Marc, K., Medved S, P., Štravs, B., Tibaut, A., Žibert, M., "Priročnik za pripravo projektne naloge za implementacijo BIM-pristopa za gradnje," Inženirska zbornica Slovenije, 2018.
- [7] SIST EN ISO 16739:2020 - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema, ITeh Standards.
- [8] BIMObject. Dostopno na: <https://www.bimobject.com/en> [08. 08. 2023]
- [9] Gradbeni zakon (GZ-1). Ur. l. RS, 199/2021, str. 25.



mag. Drago Pavlič, univ.dipl.inž.el.

drago.pavlic@esotech.si

Esotech d.d.; IZS- MSE

NOVOSTI PRI UPORABI PRAVILNIKA IN TEHNIČNE SMERNICE ZA NIZKONAPETOSTNE INŠTALACIJE

Povzetek:

Na področju nizkonapetostnih električnih inštalacij smo v letu 2021 dobili nov Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21-GZ-1) in pripadajoč tehnično smernico TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije. Tako pravilnik, kakor tudi smernica upoštevata zahteve Gradbenega zakona iz leta 2017. Predhodna izdaja smernice iz leta 2013 je bila zaradi spremenjenih razmer, zakonodajnih zahtev in pa precejšnjih sprememb na področju nizkonapetostnih električnih inštalacij, še posebej glede na zadnje stanje tehnike na tem področju in strokovne trende ter potrebe uporabnikov, zastarela. Zatorej je bil neizbežen korak, ki je vodil k pripravi in izdaji novega Pravilnika in Tehnične smernice, katere javna obravnava je potekala že v letu 2019, žal pa je pristojno ministrstvo oba dokumenta izdalo šele v letu 2021, tik pred izdajo novega Gradbenega zakona GZ-1 (Uradni list RS, št. 199/21).

Namen prispevka je prikazati določene ključne spremembe v pravilniku, še posebej pa spremembe in dopolnitve tehnične smernice, kjer so podani poudarki na nova poglavja v smernici, kot je na primer energijska učinkovitost električnih inštalacij, kakor tudi novosti na področju uvajanju novih tehnologij v inštalacije stavb, kot so fotonapetostne elektrarne in polnilnice električnih vozil. V prispevku bo obravnavano in opozorjeno tudi na ključne bistvene novosti, povezane s standardi, prav tako pa bodo podana tudi opozorila na novosti glede predpisov, povezanih tudi z predpisi na področju nizkonapetostnih električnih inštalacij, ki so bili sprejeti od leta 2021 do danes, vključno s spremembo gradbene zakonodaje, ki jih predmetni pravilnik in pa še posebej tehnična smernica ne upošteva.

.V samem zaključku prispevka bo tudi predstavljeno, v katero smer gre razvoj predpisov s področja nizkonapetostnih električnih inštalacij, kajti v postopku priprave je glede na hiter razvoj novih tehnologij, ki prihajajo v uporabo, vzpodbujanju uporabe obnovljivih virov energije in učinkoviti rabi energije, ponovna posodobitev tako pravilnika kakor tudi smernice za nizkonapetostne inštalacije.

1. UVOD

Zaradi spremenjenih razmer, zakonodajnih zahtev in pa precejšnjih sprememb na področju nizkonapetostnih električnih inštalacij, še posebej glede na zadnje stanje tehnike na tem področju in strokovne trende ter potrebe uporabnikov, je bil neizbežen korak, ki je vodil k pripravi sprememb Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. [41/09 in 2/12, v nadaljevanju pravilnik](#)) in [pripadajoče tehnične smernice](#); TSG-N-002:2013 Nizkonapetostne električne inštalacije (v nadaljevanju tehnična smernica). V letu 2017 je bila sprejeta nova zakonodaja s področja graditve objektov v najširšem pomenu. Glede na to, da se je ta zakonodaja začela uporabljati v letu 2018, je bilo v vmesnem času sprejetih kar nekaj podzakonskih aktov. S sprejetjem Gradbenega zakona je bila nujno potrebna prenova tehnične smernice kakor tudi nadrejenega pravilnika.

Poleg tega so nujne spremembe obravnavanih dokumentov pogojevale spremenjene razmere v elektroenergetskem sistemu, ki so večinoma posledica vse večjih zahtev po proizvodnji elektrike iz obnovljivih virov, varčni in učinkoviti rabi električne energije in zahtev po integraciji novih tehnologij (električni avtomobili, razpršena proizvodnja iz obnovljivih virov, elektrifikacija ogrevanja s toplotnimi črpalkami, hranilniki energije,...), ki so skozi sprejem nove zakonodaje s tega področja postale stalnica uvajanja sprememb na področju nizkonapetostnih električnih inštalacij, saj uvajanje novih tehnologij zahteva nove koncepte načrtovanja in obratovanja nizkonapetostnih inštalacij in omrežij ter s tem posledično nove tehnološke rešitve.

Namen prispevka je prikazati določene ključne spremembe v pravilniku, še posebej pa spremembe in dopolnitve tehnične smernice s poudarkom na uporabi zahtev in usmeritev, zapisanih v veljavnih standardih, na katere se sklicuje tehnična smernica. V prispevku so prikazane tudi nekatere novosti, ki so uveljavile od sprejema obravnavanih dokumentov do danes.

2. PRAVILNIK ZA NIZKONAPETOSTNE ELEKTRIČNE INŠTALACIJE- KLJUČNE NOVOSTI TER SPREMEMBE

Gradbeni zakon (Uradni list RS, št. [61/17](#)) je bil sprejet v letu 2017, ki pa se je začel uporabljati s 1. junijem 2018. Gradbeni zakon je posegel neposredno tudi v Pravilnik za nizkonapetostne električne inštalacije, saj če pogledamo samo prehodne določbe tega zakona, lahko ugotovimo, **da je sprejeti zakon v 122. členu razveljavil 15. člen** Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 41/09 in 2/12), ki je pojasnjeval in opredelil inšpekcijski nadzor. Z ukinitvijo tega člena so bile tudi ukinjene naloge inšpekcije in inšpektorjev, pristojnih za energetiko, ter inšpektorjev, pristojnih za požarno varnost. Hkrati je Gradbeni zakon **v 123. členu podaljšal** veljavnost izvršilnih predpisov, med drugim tudi Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 41/09 in 2/12).

Glede na dejstvo, da se standardi spreminjajo hitreje (včasih v povprečju na pet ali več let, sedaj že na dve leti oziroma na določenem tehnološkem področju še hitreje), kot pa je možnost

spreminjati smernice, je bilo pravzaprav nujno pristopiti k posodobitvi smernice in prav tako tudi v naslovu imenovanega pravilnika. Dejstvo je tudi, da je bilo od leta 2013 (ko sta bila sprejeta pravilnik in smernica) postavljenih kar nekaj novih sodobnih rešitev v povezavi z novimi tehnologijami, predstavljenih v standardih, ki jih je bilo treba vsaj v minimalnem obsegu vključiti v prenovljeno tehnično smernico, kar pa je omogočal posodobljeni pravilnik. Pravilnik in smernica sta bila usklajena in v javni obravnavi že leta 2019, nato pa je Ministrstvo za okolje in prostor 27. avgusta 2021 v Uradnem listu RS, št. 140/21, objavilo **Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah** (hkrati tudi Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele, ki pa ni predmet tega prispevka). Sočasno z objavo pravilnika sta izdani tudi dve prenovljeni smernici: Tehnična smernica za graditev TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije in Tehnična smernica za graditev TSG-N-003:2021 Zaščita pred delovanjem strele (ki je ne obravnavamo v tem prispevku).

2.1. GRADBENI ZAKON IN SPREMEMBE VELJAVNEGA PRAVILNIKA

S sprejemom Gradbenega zakona-GZ (Uradni list RS, št. 61/17 z dne 2. 11. 2017) in njegovih dopolnitev, je nastala potreba po prenovi Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije, ki je bil takrat v veljavi (iz leta 2012). Gradbeni zakon je namreč v 123. členu, ki govori o podaljšanju veljavnosti izvršilnih predpisov, izdanih na podlagi prvega odstavka 24. člena tega zakona v svojem 122. členu podaljšal navedeni pravilnik do sprejema novega pravilnika, izdanega na podlagi tega zakona. Gradbeni zakon namreč v 24. členu opredeljuje **podrobnejšo določitev bistvenih in drugih zahtev**, ki jih pristojni minister predpiše v ustreznih predpisih. Ti predpisi se lahko sklicujejo na standarde ali tehnične smernice oziroma določijo, da velja domneva skladnosti z zahtevami predpisa, če ustreza zahtevam v njem navedenih standardov ali tehničnih smernic. Gradbeni zakon v svojem 15. členu, ki govori o **bistvenih in drugih zahtevah za objekte**, med drugim v povezavi z električnimi inštalacijami navaja: varnost pred požarom, varčevanje z energijo in še posebej varnost pri uporabi. Pri tem v 17. členu, ki podaja zahteve glede varnosti pred požarom, izrecno navaja, da morajo biti v objektih nameščeni oziroma vgrajeni ustrezni sistemi in naprave ter oprema za gašenje požara. Če se sprašujemo, kje se skriva bistvena zahteva, to je zahteva glede **električne varnosti**, ki mimogrede v zakonu pod tem pojmom sploh ne prepoznamo, lahko ugotovimo, da je v 19. členu, ki govori o **varnosti pri uporabi** zapisano, da morajo biti objekti varni pred električnim udarom, čezmernim elektromagnetnim vplivom, vžigom možne eksplozivne atmosfere, čezmernim segrevanjem inštalacijskih elementov in elektroenergetskih sistemov, električnimi kratkimi stiki in preskoki, pod- in prenapetostnimi vplivi ter drugimi nevarnostmi. Prav tako morajo biti objekti opremljeni s sistemom zaščite pred strelo tako, da odvede atmosfersko razelektrenje v zemljo, pri čemer ne povzroča nevarnosti za požar, da omeji okvare sistemov in naprav ter zagotavlja dovolj nizke napetosti dotika in koraka z ustrezno izenačitvijo potenciala. Torej se tukaj skriva nabor ukrepov z vidika elektrotehnike, ki bi jih preprosto lahko imenovali električna varnost. V 21. členu Gradbeni zakon postavi zahtevo, da morajo objekti zaradi varčevanja z energijo in ohranjanja toplote ter čim večje rabe obnovljivih virov energije zagotavljati **učinkovito rabo energije in rabo obnovljivih virov energije** na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah ter drugih tehničnih sistemov, povezanih s sistemi stavbe. Čim večji del energije za delovanje sistemov v stavbi mora biti zagotovljen iz obnovljivih virov

energije. S tem je Gradbeni zakon dal osnovo za uvajanje **novih tehnologij** tudi v **Pravilnik za nizkonapetostne električne inštalacije**.

Glede na vse spremembe, ki so se zgodile v času od leta 2012 dalje na področju standardov, napredek novih tehnologij, zahteve po obnovljivih virih energije tudi v stavbah, je bilo torej nujno pristopiti tudi k spremembi pravilnika in posledično tudi k spremembi tehnične smernice.

V nadaljevanju Gradbeni zakon v 24. členu opredeljuje tudi metode in postopek, v katerem se dokaže, da projekt, v katerem je projektant uporabil rešitve zadnjega stanja gradbene tehnike, zagotavlja vsaj enako stopnjo zanesljivosti kot projekt, pripravljen z uporabo tehničnih smernic in obveznih ali priporočenih standardov. V ta namen je bil pripravljen predlog sprememb, na osnovi katerih je bil v letu 2021 izdan **Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21-GZ-1)**.

2.2. KLJUČNE SPREMEMBE IN NOVOSTI PRAVILNIKA

Ministrstvo za okolje in prostor je 27. avgusta 2021 v Uradnem listu Uradni list RS, št. 140/21, objavilo Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah. Pravilnik prinaša kar nekaj sprememb, med drugim določa zahtevnost električnih inštalacij, opredeli področje preverjanja izvedenih električnih inštalacij in podaja zahtevo po obveznem preverjanju izdelane projektne dokumentacije za izvedbo, če niso bili pri projektiranju upoštevani ukrepi, navedeni v pripadajoči tehnični smernici. Pomembno novost, ki je predpisana v pravilniku, je obveza investitorja, da mora pred pričetkom izvajanja zagotoviti imenovanje izvajalca preverjanja.

Pravilnik že takoj v 1. členu, ki govori o vsebini in uporabi pravilnika podaja **prvo pomembno spremembo**, da pravilnik določa zahteve in načine, s katerimi se zagotavlja varnost nizkonapetostnih električnih inštalacij in **trajno vgrajenih naprav**. Te namreč s tehnološkim razvojem postajajo neločljivi del objekta oziroma stavbe, kar pa bistveno spremeni pogled na načrtovanje električnih inštalacij.

Glede na to, da je v Pravilniku navedeno, da se le ta uporablja pri projektiranju in gradnji novih stavb. Ko se uporablja pri rekonstrukcij ter vzdrževanju in spremembi namembnosti obstoječih stavb, je podana zahteva, da se uporablja pod pogoji iz četrtega in petega odstavka 15. člena Gradbenega zakona. Poleg tega pravilnik podaja, da se zahteve smiselno uporabijo tudi za gradbeno inženirske objekte ter druge gradbene posege.

Pri pojmu trajno vgrajenih naprav pravilnik v 4. členu posebej opredeli izraz in je dodano, **da naprave in oprema lahko proizvajajo in shranjujejo električno energijo**, kar je tudi podrobno opredeljeno v tehnični smernici. S tem se opredeljujejo nove tehnologije, ki jih mora upoštevati tako Pravilnik kot tehnična smernica. Zaradi systemske zahtevnosti novih tehnologij, so bila vključena določila, vezana na preverjanje električnih inštalacij v stavbah. Prav tako je v tem členu dodana opredelitev električnih inštalacij, ki jih Pravilnik **loči na zahtevne in manj**

zahtevne nizkonapetostne električne inštalacije. Pri tem je potrebno poudariti, da prej veljavni pravilnik delitve na zahtevne in manj zahtevne inštalacije sploh **ni imel**, delitev je bila namreč urejena na ravni tehnične smernice, ki pa po svoji naravi ni dokument za normativno ureditev, zato je to razlikovanje sedaj uvedeno v novi pravilnik. Zahtevne inštalacije so lahko v neki stavbi omejene tudi na električno zaključeno celoto, kar je smiselno s praktičnega vidika pri izvajanju preverjanja.

Pravilnik navaja, da so **zahtevne** nizkonapetostne električne inštalacije stavb ali tudi **njihove zaključene celote** sledeče:

- kompletne električne inštalacije v stavbah z eksplozijsko ogroženimi prostori ali v tistih delih stavbe in tokokrogih, ki jih določa elaborat eksplozijske ogroženosti;
- električne inštalacije izvedene s sistemom ozemljitve IT;
- priključni napajalni dovodni, odvodni in krmilni tokokrogi z napravo za proizvodnjo ali pretvorbo električne energije v stavbah z napravo za proizvodnjo ali pretvorbo električne energije;
- električne inštalacije stavb ali tiste njene električno zaključne celote, ki se lahko po prekinitvi ali izpadu napajanja iz omrežja, kratko ali dolgotrajno napajajo iz lastnega vira električne energije;
- glavni električni razvod inštalacij, in povezanih delov ozemljitvenega sistema, kjer so tokokrogi varovani z zaščitno napravo z naznačenim tokom 63 A ali več.

V pravilniku je jasno opredeljeno, da so **stavbe z napravo za proizvodnjo ali pretvorbo električne energije** stavbe, v katerih so trajno priključene električne inštalacije v posredni povezavi z omrežjem s proizvodnim virom električne energije, namenjenem za **lastno potrošnjo ali oddajanje energije** v električno omrežje.

Pri tem jih pravilnik našteje in sicer: električni agregati, fotonapetostne naprave, obnovljivi viri energije, vodne naprave, vetrne naprave, bioplinarne, hranilniki električne energije in UPS naprave z nazivno navidezno močjo več kot 41 kVA pri 400 V ali 15 kVA pri 230 V.

V strokovnih krogih se je pojavila pri uporabi dilema, ki jo je predstavljala postavljena vejica za UPS napravami. Ministrstvo je podalo uradno pojasnilo, da ne vejica napačno postavljena oziroma je odveč, saj naštete moči veljajo samo za UPS naprave. Napaka bo tudi odpravljena v novem pravilniku, ki je v pripravi, več o tem pa kasneje. Vgrajevanje proizvodov in prej naštetih naprav je skladno s 5. členom pravilnika dovoljeno samo ob pogoju **izpolnjevanja zahtev** veljavnih predpisov o **dajanju proizvodov na trg**.

V pravilniku je tudi jasno opredeljeno **preverjanje** električnih inštalacij v stavbah, ki zajema vizualni pregled, preskuse in meritve električnih inštalacij. Podrobno so posamezne aktivnosti opisane v tehnični smernici.

Vse ostale električne inštalacije, ki ne sodijo med zahtevne nizkonapetostne električne inštalacije, pravilnik uvršča med manj zahtevne,

V pravilniku **ostaja enaka** zahteva glede prepovedi strožjih zahtev glede varnosti ob izdaji soglasja o priključitvi in izvedbi priključitve objekta na distribucijsko omrežje s strani systemskega operaterja distribucijskega omrežja (SODO, ki je danes pripojen ELES-u), kakor tudi **ostaja prepoved** predpisovanja vrste in izvedbe zaščite pred električnim udarom, temveč mora operater navesti le podatek o tem, kateri od navedenih sistemov električnih inštalacij se sme priključiti na njegovo omrežje (TN ali TT ozemljitveni sistem).

Opredeljena je **uporaba tehnične smernice**, kjer je pravilnik v 8. členu ponovno opredelil izdajo tehnične smernice TSG-N-002 Nizkonapetostne električne inštalacije s strani pristojnega ministrstva. Pri tem tehnična smernica določa priporočene gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev tega pravilnika, pri čemer navaja, da če so pri projektiranju, izvedbi in vzdrževanju električnih inštalacij v stavbah v celoti uporabljeni ukrepi oziroma rešitve, navedeni v tehnični smernici ali v dokumentih, na katere se smernica sklicuje, velja **domneva o skladnosti z zahtevami** iz tega pravilnika.

Seveda pa pravilnika še vedno v 9. členu dopušča in omogoča uporabo rešitev (pri projektiranju, izvedbi ali vzdrževanju) v skladu z **zadnjim stanjem gradbene tehnike**, pri čemer mora biti zagotovljena izpolnitev zahtev pravilnika in vsaj enaka stopnja varnosti, kot če bi uporabili tehnično smernico. Pri tem je potrebno upoštevati tudi zahteve Gradbenega zakona. Velja opozoriti, da je bilo veliko polemike glede izraza »stanje gradbene tehnike«, kjer je bilo podanih kar nekaj predlogov in obrazložitve, da se v tem izrazu opusti pojem gradbene, torej bi se uporabljal samo izraz »stanje tehnike«.

Glede na ugotovitve prakse pri uporabi pravilnika, je bil **dodan 10. člen, ki opredeljuje izvajalca preverjanja**, katerega naloge so opredeljene v 11. in 13. členu pravilnika. Tako je v tem členu opredeljeno, **da naloge, povezane s preverjanji električnih inštalacij** smejo opravljati le posamezniki s pridobljeno nacionalno poklicno kvalifikacijo (NPK) za preverjanje zahtevnih električnih inštalacij in nacionalno poklicno kvalifikacijo za preverjanje manj zahtevnih električnih inštalacij. Prav tako je pravilniku v tem istem členu opredeljeno tudi **preverjanje električnih inštalacij pri eksplozijsko ogroženih objektih oziroma prostorih**. Te naloge lahko opravljajo le posamezniki s pridobljeno NPK za preverjanje zahtevnih električnih inštalacij ob prisotnosti pooblaščen osebe lastnika za delo v eksplozivnem okolju. Posebej so opredeljeni pogoji za opravljanje nalog preverjanja električnih inštalacij državljanov drugih držav.

Izjemno pomembna novost v pravilniku je tudi **v imenovanju izvajalca preverjanja**, kjer je v 11. členu pravilnika določeno, **da mora Investitor pred pričetkom izvajanja del** zagotoviti imenovanje izvajalca preverjanja. Tega se morajo zavedati tudi nadzorni inženirji pri gradnji objektov, kajti le ti so dolžni sodelovati s preglednikom, pri tem pa so dolžni tudi preveriti raven pridobljene poklicne kvalifikacije. To obvezo seveda lahko pogodbeno prenese na izvajalca gradnje, pri tem pa to ne zmanjša njegove obveznosti. To določilo je v pravilnik dodano zaradi ne vključevanja elektrotehniške stroke v začetna gradbena dela, kar pa je žal še vedno kar pogosta praksa na gradbiščih. Ustrezno ozemljevanje in izenačevanje potencialov, ki poteka v zgodnji fazi gradnje je namreč ključno za ustrezno izvedene varnostne ukrepe pred električnim udarom. Če nadzorni inženir za elektroinštalacijska dela ne opozori na izpolnitev obveze naročnika, je soodgovoren za kršitev.

Pri gradnji istega objekta izvajalec preverjanja ne more biti hkrati v vlogi nadzornika. Prav tako je opredeljena novost, da **mora izvajalec preverjanja za novo izvedene električne inštalacije** ob sodelovanju nadzornika **v vseh fazah gradnje opraviti** vizualni pregled, preskus in meritve vgrajenih električnih inštalacij in ne samo po končanih delih, kot je bilo opredeljeno v pravilniku iz leta 2012. Izvajalcu preverjanja je izrecno dana naloga, da preveri skladnost električnih inštalacij s tem pravilnikom in njihovo varnost, pri tem pa mora podati oceno združljivosti na električne inštalacije priključenih naprav, opreme in strojev. V praksi namreč investitor na izveden in zaključene električne inštalacije naknadno priključi naprave, nihče pa nato ne preveri združljivost teh naprav z izvedenim stanjem inštalacij.

Izvajalec preverjanja mora sestaviti **zapisnik** na način, kot je določen v tehnični smernici. **Zapisnik je obvezna priloga dokazila o zanesljivosti objekta.**

Redna in izredna preverjanja električnih inštalacij spadajo skladno s 13. členom pravilnika med vzdrževanje objekta. Tako je v 13. členu pravilnika, ki obravnava redna in izredna preverjanja, uvedenih tudi nekaj sprememb. Pri tem je omejil **redno preverjanje zahtevnih električnih inštalacij v stavbah na osem let.**

Redna preverjanja električnih inštalacij v **stavbah z eksplozijsko ogroženimi prostori** ali v tistih **delih** stavbe in tokokrogih, ki jih določa **elaborat eksplozijske ogroženosti** je treba izvajati v rokih, ki niso daljši od **treh let**, redna preverjanja električnih inštalacij v prostorih s **korozivno agresivno in potencialno eksplozivno atmosfero** je treba izvajati v rokih, ki niso daljši od **dveh let**, redna preverjanja električnih inštalacij v stavbah za **proizvodnjo in hranjenje eksploziva** pa je treba izvajati v roku, ki ni daljši od **enega leta**.

V stavbah, kjer se **skladišči eksplozivi** oziroma imajo prostore s **potencialno eksplozivno atmosfero**, je treba **najmanj enkrat letno izvesti vizualni pregled**, v stavbah za **proizvodnjo in hranjenje eksploziva** je treba izvesti **vizualni pregled najmanj na vsakih šest mesecev**.

Pravilnik je poskušal zajeti v periodiko tudi starejše stavbe, zato je predpisal, da je v stavbah ali električno zaključenih celotah v stavbah z vgrajeno osnovno zaščito pred električnim udarom s samodejnim odklopom napajanja, **v dvožilni izvedbi z ničenjem**, potrebno izvajati preverjanja električnih inštalacij v rokih, ki **niso daljši od osmih let**. Velja poudariti, da pojem ničenja ni obrazložen niti v pravilniku in niti v tehnični smernici, zato je bilo na to temo tudi kar nekaj strokovnih polemik, pri čemer pa je MOP zavzel svoje stališče. Za bralce prispevka velja povedati, da je izvedba z ničenjem bila objavljena v Tehničnem predpisu za izvajanje elektroenergetskih inštalacij v zgradbah v Uradnem listu SFRJ, št. 43/66, kjer je bila v 7. poglavju podrobno opisana in se kasneje v novejših predpisih (iz leta 1988 in 2009) ni več uporabljala. Seveda pa se ti predpisi še zmeraj uporabljajo za tiste stavbe, ki so na njihovi podlagi bile pridobile gradbena dovoljenja.

Prav tako velja poudariti, da mora biti redno preverjanje električnih inštalacij v stavbah ali električno zaključenih celotah, ki imajo na nizkonapetostno inštalacijo **priključene naprave za proizvodnjo in hranjenje električne energije**, **izvajano v rokih, ki niso daljši od 8 let**, saj sodijo med zahtevne inštalacije.

Redno preverjanje manj zahtevnih električnih inštalacij pa je treba izvajati v roku, ki ni daljši od 16 let.

Prav tako **se izredno preverjanje** opravi **po priključitvi novih naprav za proizvodnjo in hranjenje električne energije**, ki lahko vplivajo na varnost. Opravi se na električno zaključnih celotah električnih inštalacij, na katerih je bil poseg izveden.

Pri vseh teh preverjanji se preveri varnost električnih inštalacij in **sestavi zapisnik** v obsegu in na način, kot je to določeno v tehnični smernici. Zapisnik mora podati jasno in nedvoumno **oceno ugotovljenega stanja** preverjene električne inštalacije. Če izvajalec preverjanja ugotovi nepravilnosti na električnih inštalacijah, ki predstavljajo ali bi lahko predstavljali nevarnost, v zapisnik vnese **seznam nepravilnosti**, doda lahko tudi predlog potrebnih ukrepov za sanacijo stanja.

Navedba podlage za projektiranje (15. člen) ostaja praktično enaka, s tem da je v pravilniku zahteva usklajena z veljavno gradbeno zakonodajo. **Projektant mora** namreč v projektni dokumentaciji **izrecno navesti**, ali je dokumentacija za izvedbo gradnje izdelana na podlagi tehnične smernice ali na podlagi **zadnjega stanja gradbene tehnike** (9. člen pravilnika).

Sprememba pa se pojavi v 16. členu, ki govori o **obveznosti preverjanja dokumentacije** za izvedbo gradnje. Gradbeni zakon in njegovi podzakonski akti so namreč ukinili pojem revizija, zato se je v tem členu pojavil pojem preverjanja dokumentacije za izvedbo gradnje oziroma električne inštalacije stavbe. Namreč, v kolikor projektant projektira električne inštalacije stavbe v skladu z 9. členom tega pravilnika, je treba **opraviti preverjanje tistega dela dokumentacije** za izvedbo gradnje, ki se nanaša na nadzor brezhibnosti in računske pravilnosti tistih sestavin načrta, ki določajo električne inštalacije stavbe, s katerimi se dokazuje, da predložena dokumentacija **izpolnjuje zahteve** tega pravilnika **z najmanj enakovredno ravno**, kot če bi bila uporabljena tehnična smernica.

Postavljeni so pogoji, kdo lahko izvede to preverjanje in je posebej poudarjeno, da za potrebe projektanta lahko preverjanje opravi **le pooblaščen inženir elektrotehniške stroke**, ki **ni sodeloval pri projektiranju** obravnavane stavbe oziroma električnih inštalacij. S tem so opredeljene poslovne relacije med projektantom in pooblaščenim inženirjem, ki opravlja preverjanje. V obvezi projektanta je **priprava zapisnika** in s podpisom zapisnika o preverjanju potrdi, da projekt izpolnjuje zahteve tega pravilnika. **Zapisnik** je priloga projektne dokumentacije za izvedbo gradnje.

3. TEHNIČNA SMERNICA TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije- NOVOSTI IN RAZLOGI ZA SPREMEMBE

Gradbeni zakon je v svojem 36. členu opredelil, da se s tehničnimi smernicami za graditev objektov za določene vrste objektov natančno opredelijo:

- priporočene tehnične rešitve, s katerimi se doseže izpolnjevanje bistvenih zahtev za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje objektov

- izbrane ravni oziroma razredi gradbenih proizvodov in materialov, ki se smejo vgrajevati in način njihove vgradnje,
- pravila za klasificiranje in razvrščanje objektov.

Glede na to, da so električne inštalacije nepogrešljiv gradnik stavb in drugih objektov, kjer z nizko napetostjo, ki je še vedno nevarna, delajo tako laiki, kakor tudi strokovnjaki, je **Pravilnik za nizkonapetostne električne inštalacije** podal v 7. členu zahtevo za zagotovitev varnosti električnih inštalacij, obenem pa v 8. členu omogoča uporabo te smernice kot eno od možnosti za izpolnitev zahtev, ki so podane v 7. členu pravilnika.

V Sloveniji smo se že pri prvi izdaji smernice leta 2009 odločili, da samo uporaba standardov ne bo dovolj, saj smernica nakazuje potrebne rešitve, potrebne za prakso in izvajalce, medtem ko pa so za preciziranje posebnih zahtev še vedno na voljo standardi in njihove vsebine, kajti brez njih danes projektanti praktično ne morejo izdelati kvalitetnih projektnih rešitev glede na množico novih tehnologij, ki se vključujejo v nizkonapetostne električne inštalacije in imajo direkten vpliv na njihovo ustrezno dimenzioniranje.

Neizpodbitno dejstvo je, da se standardi spreminjajo hitreje, kot pa je možnost spreminjati smernice, zato je bilo s stališča stroke nujno treba pristopiti k posodobitvi v naslovu tega poglavja imenovane smernice. Dejstvo je tudi, da se je od leta 2013, ko je bila sprejeta do leta 2021 veljavna tehnična smernica TSG-N-002, uveljavilo kar nekaj novih sodobnih rešitev v povezavi z novimi tehnologijami, predstavljenimi v standardih, ki so bile vsaj v minimalnem obsegu vključene v prenovljeno tehnično smernico.

V tehnični smernici iz leta 2013 je že v uvodnem poglavju (poglavje 0.1.1 Zakonska podlaga za izdajo tehnične smernice) zapisan sklic na neveljaven Zakon o graditvi objektov, kar je bil še en razlog več, da je bila prenova smernice nujna. Tako so se v tehnični smernici iz leta 2021 posodobila sledeča poglavja, tudi posledično zaradi sprejetja novega Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije:

- **poglavje 0.1.1;** Zakonska podlaga za izdajo tehnične smernice

Pravna narava in uporaba tehnične smernice je obravnavana v 24. in 26. členu gradbenega zakona. V 24. členu je določeno, da predpise o bistvenih zahtevah izdaja minister, pristojen za graditev, če pa gre za posebne vrste objektov ali dele bistvenih zahtev pa jih smejo določiti tudi ministri, v katerih delovno področje spadajo takšne vrste takšnih objektov ali bistvene zahteve. Isti člen določa tudi razmerje med predpisi in smernicami, ko **določa, da se smejo gradbeni tehnični in drugi predpisi sklicevati na standarde ali tehnične smernice oziroma določijo, da velja domneva o skladnosti z zahtevami predpisa, če ustreza zahtevam v njem navedenih standardov ali tehničnih smernic**. Če je v gradbenem tehničnem predpisu določena domneva o skladnosti iz prejšnjega odstavka, se s temi predpisi opredelijo tudi metode in postopek, v katerem se dokaže, da projekt, v katerem je projektant uporabil rešitve zadnjega stanja gradbene tehnike, zagotavlja vsaj enako stopnjo zanesljivosti kot projekt, pripravljen z uporabo tehničnih smernic in obveznih ali priporočenih standardov.

- **poglavje 0.1.2;** Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah - Pravni okvir delovanja smernice

Gradbeni predpis, ki za stavbe podrobneje opredeljuje del **bistvenih zahtev** »varnost pred požarom« in »varnost pri uporabi« (kjer se skriva električna varnost), je Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 140/21). V tem pravilniku so opisane zahteve za električne inštalacije, kar smo opisali že v prejšnjem poglavju tega prispevka.

- **poglavje 0.1.3;** Pravne posledice (ne)uporabe tehnične smernice

V tehnični smernici so zapisani gradbeni ukrepi oziroma rešitve zgolj kot **priporočen način** za izpolnitev v pravilniku predpisanih zahtev. Upoštevanje priporočenih tehničnih ukrepov je podlaga za ustvaritev domneve o izpolnjenosti zahtev pravilnika. Pri tem je treba izhajati iz dejstva, da so ukrepi za **zagotavljanje varnosti električnih inštalacij** praviloma medsebojno povezani in njihovega končnega učinka ni mogoče obravnavati izključno na podlagi analize vsakega ukrepa posebej, torej brez upoštevanja rezultatov celotnega izbrane zasnove zagotavljanja varnosti. Zato **mora projektant pri izbiri ukrepov** po tej tehnični smernici in njihovem kombiniranju z ukrepi, navedenimi v različnih referenčnih (podpornih) dokumentih, vedno poskrbeti za **njihovo medsebojno usklajenost**.

Vidimo lahko, da so pravne posledice nanašajo zgolj na projektante, pri čemer pa glede na vzdrževanje in preverjanja ni zaslediti sankcioniranja za nemarno ali tudi nemalokrat nevarno izvajanje in preverjanje električnih inštalacij, ki se v praksi prepogosto dogaja.

KLJUČNE SPREMEMBE IN NOVOSTI TEHNIČNE SMERNICE

Od sprejetja tehnične smernice v letu 2013, pa do leta 2021, je bilo na področju predpisov in standardov ter drugih dokumentov sprejetih cela vrsta novih dokumentov, ki so v predlogu prenovljene Tehnične smernice v poglavju **0.2 Referenčni dokumenti** tudi navedeni.

Tukaj velja povedati, da je upoštevano stanje **veljavnosti predpisov na dan izdaje** te tehnične smernice. **Spremembe**, povezane z izdajo novih predpisov in s tem povezanimi razveljavitvami mora vsak uporabnik te smernice sam spremljati preko Uradnega lista Republike Slovenije oziroma Uradnega lista Evropskih skupnosti za pravne akte ES.

3.1. REFERENČNI DOKUMENTI

V poglavju **0.2.1 Predpisi** so med drugimi navedeni naslednji novi pomembnejši predpisi (v tem članku ne naštevamo predpisov, ki so samo dopolnjeni, so pa sicer zajeti v seznamu v smernici, poleg tega so navedeni novejši predpisi, sprejeti po letu 2021, ki še niso zajeti v smernici in so navedeni v **poševni pisavi*):

- Gradbeni zakon (Uradni list RS, št. 61/17 in 72/17- popr.),
- *** Gradbeni zakon GZ-1** (Ur. list RS, št. 199/2021), uporaba od 1.6.2022, ki je zamenjal GZ
- Energetski zakon (Uradni list RS, št. 17/14 in 81/15),

- ***Energetski zakon** (Uradni list RS, št. 60/19 – uradno prečiščeno besedilo, 65/20, 158/20 – ZURE, 121/21 – ZSROVE, 172/21 – ZOEE, 204/21 – ZOP in 44/22 – ZOTDS)
- Uredba o razvrščanju objektov (Uradni list RS, št. 37/18),
- *** Uredba o razvrščanju objektov** (Ur. list RS, št 96/2022) in pripadajoča tehnična smernica TSG-V-006:2022
- Pravilnik o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (Uradni list RS, št. 39/16),
- Pravilnik o elektromagnetni združljivosti (Uradni list RS, št. 39/16),
- Pravilnik o tehniških normativih za zaščito nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj (Uradni list RS, št. 90/15),
- Pravilnik o protieksplzijski zaščiti (Uradni list RS, št. 141/16),
- Pravilnik o podrobnejši vsebini dokumentacije in obrazcih, povezanih z graditvijo objektov (Uradni list RS, št. 36/18),
- *** Pravilnik o projektni in drugi dokumentaciji ter obrazcih pri graditvi objektov** (Ur. list RS, št 30/2023)- objavljen 10.3.2023....prične veljati 15 dan po objavi
- Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 17/19),
- *** Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 17/19, 197/20 in 121/21 – ZSROVE)**
- Pravilnik o tehničnih zahtevah naprav za samooskrbo z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 01/16, 46/18 in ***121/21- ZSROVE**),
- Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj (Uradni list RS, št. 90/15),
- *** Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj (Uradni list RS, št. 202/21)**
- Uredba o vzpostavitvi infrastrukture za alternativna goriva v prometu (Uradni list RS, št. 41/17),
- Sistemska obratovalna navodila za distribucijsko omrežje električne energije (Uradni list RS, št. 41/11 in 17/14 – EZ-1),
- *** Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (Uradni list RS, št. 7/21 in 41/22)**
- In še kar nekaj pomembnejših pravilnikov.

V nadaljevanju navajam še pomembnejše predpise, ki pa še niso zajeti v tehnični smernici, bili pa so sprejeti od pričetka veljavnosti obravnavane tehnične smernice pa do leta 2024 in jih je prav tako potrebno upoštevati pri projektiranju in izvajanju projektov:

- **Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije** (Uradni list RS, 43/22)
- **Zakon o oskrbi z električno energijo** (ZOEE) (Uradni list RS, 172/21, 121/22 - ZUOKPOE, 158/22 - ZNPOVCE)
- **Zakon o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije** (ZUNPEOVE) (Uradni list RS, 78/23)
- Akt o spremembah in dopolnitvah Sistemskih obratovalnih navodil za distribucijski sistem električne energije (Uradni list RS, št. 41/22)
- **Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije** (ZSROVE) (Uradni list RS, št. 121/21, 189/21, 29/22 - ZUOPVCE, 121/22 - ZUOKPOE, 158/22 - ZNPOVCE)
- **Pravilnik o tehničnih zahtevah za priključitev proizvodnih naprav električne energije na distribucijsko omrežje in o izvajanju 5. člena Uredbe Komisije (EU) št. 2016/631 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje** (Uradni list RS, št. 97/21)

- **Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah** (Uradni list RS, št. 70/22, 161/22 in 129/23)
- **Pravilnik o tehničnih zahtevah za priključitev in obratovanje vtične proizvodne naprave na obnovljive vire energije** (Uradni list RS, št. 161/2022 z dne 23.12.2022),

Vsi ti zakoni in podzakonski akti imajo v posameznih členih zapisane zahteve, ki jih mora upoštevati, tako naročnik, kot projektant in izvajalec pri vključevanju novih tehnologij v nizkonapetostne električne inštalacije.

V nadaljevanju so v poglavju **0.2.2 Standardi** navedeni standardi, ki jih je potrebno upoštevati pri uporabi tehnične smernice. Pri tem velja povedati, da so standardi navedeni po nedatiranem sistemu, kar pomeni, da morajo uporabniki tehnične smernice vedno upoštevati zadnje veljavne standarde, ki so navedeni, kajti pri nedatiranih dokumentih velja najnovejša izdaja dokumenta (vključno z morebitnimi spremembami). Za primer navajam nekaj novih in pomembnejših standardov, ki jih v stari, sedaj neveljavni smernici ni bilo ali pa so pomembno spremenjeni (niso pa naštet standardi, ki so samo spremenjeni, so pa sicer zajeti v seznamu v smernici):

- SIST EN 50110-1; Obratovanje električnih inštalacij - 1. del: Splošne zahteve
- **SIST HD 60364**; Nizkonapetostne električne inštalacije- **vsi deli** posodobljeni,

Pri tem še posebej izpostavljam sledeče poddele: ki so novi ali pa posodobljeni od leta 2021 in se nanašajo na nove tehnologije, ki so vključene v smernico;

- SIST HD 60364-8-1; Nizkonapetostne električne inštalacije - 8-1. del: Energijska učinkovitost,
- SIST HD 60364-8-2; Nizkonapetostne električne inštalacije - 8-2. del: Električne inštalacije proizvajalcev- odjemalcev,
- SIST HD 60364-7-710; Nizkonapetostne električne inštalacije – 7-710. del: Zahteve za posebne inštalacije ali lokacije – Medicinski prostori
- SIST HD 60364-7-712; Električne inštalacije zgradb – 7-712. del: Zahteve za posebne inštalacije ali lokacije – Fotonapetostni (PV) sistemi
- SIST HD 60364-7-722; Električne inštalacije zgradb – 7-722. del: Zahteve za posebne inštalacije ali lokacije – Napajanje električnih voz
- SIST-TP IEC/TR 61439-0; Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav - 0. del: Navodila za specificiranje sestavov,
- **SIST EN 61439**; Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav- vsi deli,

Tudi vsi ti deli so posodobljeni in nosijo novejšo letnico izdaje prenovljenih in dopolnjenih delov standarda, več o tem pri poglavju o razdelilnikih.

- SIST EN 50549-1; Zahteve za vzporedno vezavo generatorskih postrojev z javnim razdelilnim omrežjem - 1. del: Priklop na nizkonapetostno razdelilno omrežje - Generatorski postroji do vključno tipa A,
- SIST EN 50549-1-2; Zahteve za vzporedno vezavo generatorskih postrojev z javnim razdelilnim omrežjem - 1. del: Priklop na nizkonapetostno razdelilno omrežje - Generatorski postroji do vključno tipa B,
- SIST EN 50575; Elektroenergetski, krmilni in komunikacijski kabli - Kabli za splošno uporabo za gradbena dela glede na zahteve za odpornost proti požaru,

- SIST EN **61851-1**; Sistem za polnjenje električnih vozil prek kabla - 1. del: Splošne zahteve,
- SIST EN 61851-21; Sistem za polnjenje električnih vozil prek kabla - 21. del: Zahteve električnega vozila pri kabelski priključitvi na izmenično/enosmerno napajanje,
- SIST EN 61851-22; Sistem za polnjenje električnih vozil prek kabla - 22. del: Postaja za kabelsko polnjenje električnega vozila z izmeničnim tokom,
- SIST EN 61851-23; Sistem za polnjenje električnih vozil prek kabla - 23. del: Postaja za kabelsko polnjenje električnega vozila z enosmernim tokom,
- SIST EN **62446-1**; Fotonapetostni sistemi- Zahteve za preskušanje, dokumentiranje in vzdrževanje- 1. del: Sistemi, priključeni na omrežje- Dokumentacija, prevzemni preskusi in nadzor,
- SIST EN 62446-2; Fotonapetostni sistemi- Zahteve za preskušanje, dokumentiranje in vzdrževanje- 2. del: Sistemi, priključeni na omrežje- Vzdrževanje fotonapetostnih sistemov,
- SIST EN IEC 62485-2; Varnostne zahteve za sekundarne baterije in baterijske naprave- 2. del: Nepremične baterije,
- SIST EN 1838; Razsvetljava – Zasilna/nujnostna razsvetljava,
- SIST EN 60947-1; Nizkonapetostne stikalne naprave – 1. del: Splošna pravila,

Za projektiranje in gradnjo novih električnih inštalacij se vedno upošteva zadnje stanje tehnike, ki je zapisano v zadnji verziji standardov, kar mora biti tudi navedeno v projektni dokumentaciji. Odstopanja od zahtev pravilnika, njemu pripadajoče smernice oziroma standardov, morajo biti potrjena in dokumentirana.

Novost je dodana v poglavju **0.2.3 Smernice in drugi dokumenti**, kjer so poleg smernic dodana tudi priporočila EZS in sicer;

- Priporočilo EZS; Agregati za rezervno napajanje; EZS TPR-02-2013,
- Priporočilo EZS; Uporaba premičnih agregatov za zasilno nadomestno napajanje družinskih hiš in kmetij; EZS TPR-5-2018

Opozoriti velja, da je v strokovnih krogih potekala tudi razprava ali v smernico vključiti tudi Prostorsko tehnično smernico TSG-12640-001: 2008 za zdravstvene objekte. Ugotovljeno je bilo, da je Ministrstvo za zdravje v letu 2018 objavilo javni razpis za izbiro izvajalca za prenovu te smernice, ki je bila v času priprave še v izdelavi, zato je bil med referenčne dokumente vključen samo standard **SIST HD 60364-7-710**; Nizkonapetostne električne inštalacije – 7-710. del: Zahteve za posebne inštalacije ali lokacije – **Medicinski prostori**.

Bralca prispevka velja opozoriti, da je bila tudi v letu 2021 sprejeta tehnična smernica **TSG-12640-002:2021, Tehnična smernica za graditev za zdravstvene stavbe**, ki sestoji iz splošnih zahtev, zahtev za splošno bolnišnico z do 400 posteljami, zdravstveni dom in urgentni center. Med drugim v smernici poglavje **Električni instalacijski sistem** obravnava zahteve na področju elektrotehnike na področjih zagotavljanja elektroenergetskega napajanja, varnostnega napajanja, elektroenergetskih sestavov, procesne avtomatizacije, izvedbe sistema glede na tip prostora, zaščito pred nevarnimi tokovi skozi telo, zahteve za energetske napajanje prostorov in naprav, ukrepe proti vplivom energetskih naprav na merilno opremo, ozemljitve in prednapetostno zaščito, splošno razsvetljavo, razvoj in napajanje šibkotočnih

inštalacij, šibkotočne naprave, preverjanje ustreznosti električnega instalacijskega sistema in obratovanje ter vzdrževanje.

Poglavje **Preverjanje ustreznosti, pregledi, preizkusi in meritve** je precej obširno obdelano, podana je tudi periodika, ki je podrobno razdelana, vendar ni povsem usklajena z zahtevami za nizkonapetostne inštalacije.

Velja opozoriti, da pripravljavci te zdravstvene smernice tudi niso v celoti upoštevali izrazoslovja, uveljavljenega na področju nizkonapetostnih električnih inštalacij, kakor tudi smernica ni v celoti usklajena s predpisi s področja nizkonapetostnih električnih inštalacij v stavbah. Med referenčnimi dokumenti so naštet predpisi, ki so v času izdaje smernice že novejši ali pa celo niti **ne obstajajo** kot npr: Tehnična smernica TSG-N-002:2019, Nizkonapetostne električne inštalacije. Tudi tukaj je pričakovati kar nekaj dopolnitev in popravkov te smernice pri novi izdaji. Bi pa za predstavitev te smernice predvsem glede poglavja Zahteve za električne inštalacije, kakor tudi v vseh odmkov v povezavi z električnimi inštalacijami in napravami **morali v prihodnje nameniti kakšen prispevek s strokovnih krogov**, ki zastopajo elektrotehnično stroko v Sloveniji z namenom opozoriti izdajatelja (Ministrstvo za zdravje in MOPE), da bo upoštevanje zahtev iz te smernice povzročalo vsem vpletenim v investicijske procese ravno zaradi množice neskladij veliko težav.

3.2. IZRAZI V TEHNIČNI SMERNICI IN NAMEN

Pri opredeljevanju pomena izrazov (poglavje **0.3 Pomen izrazov**) je bil podrobno opredeljen izraz »električna inštalacija« in sicer z dodatnim (sodobnim) izrazom »informacijsko komunikacijska inštalacija (IKI)«, ki je splošni izraz za električne povezave in opremo praviloma male napetosti, namenjeno prenašanju podatkov upravljanju, prenašanju avdio / video signalov povezavi naprav informacijske tehnologije, signalizaciji, idr. in ni neposredno povezana z električno inštalacijo (in nadomešča oziroma razširja v preteklosti splošen izraz »šibkotočna inštalacija«). V pravilniku je v 11. členu uporabljen izraz »**ocena združljivosti**«, zato je bilo nujno potrebno ta izraz pojasniti v tehnični smernici in pomeni pregled skladnosti izvedenih priključkov na električno inštalacijo objekta z oziroma na projektne rešitve oziroma projektna izhodišča.

Prav tako je bilo treba v sami smernici pojasniti izraz »**električno zaključena celota**«, ki se pojavlja v tehnični smernici. Izraz je pojasnjen takole: »Električno zaključena celota inštalacije pomeni tisto, kar obsega PID (projekt izvedenih del).« Glede na pripombe pri uporabi v praksi, bo potrebno ta izraz v prenovljeni smernici bolj natančno opredeliti. Pred preverjanjem električne inštalacije v objektu mora namreč lastnik objekta zagotoviti posnetek obstoječega stanja električnih inštalacij. To je bistvena novost, ki naj bi odpravila težave preglednikov v praksi.

Med izrazi so podrobno pojasnjeni tudi naslednji izrazi: **elektroenergetska naprava, naprava za proizvodnjo električne energije, hranilnik električne energije, razdelilnik** itd. Med njimi je tudi nekaj novih izrazov s področja e-mobilnosti. Na novo je pojasnjen tudi izraz »**polnilno mesto**«, ki pomeni vmesnik, preko katerega je mogoče polniti eno električno vozilo ali zamenjati baterijo enega električnega vozila.

Pojasnjena sta tudi izraza »**običajno polnilno mesto**« in »polnilno mesto visoke moči«. Običajno polnilno mesto pomeni polnilno mesto, ki omogoča prenos električne energije na

električno vozilo z močjo, ki je manjša ali enaka 22 kW, razen naprav z močjo, manjšo ali enako 3,7 kW, ki so nameščene v zasebnih gospodinjstvih in niso dostopne javnosti. **Polnilno mesto visoke moči** pa pomeni polnilno mesto, ki omogoča prenos električne energije na električno vozilo z močjo, večjo od 22 kW.

V poglavju **1. Namen in področje uporabe** je posebej dodatno opredeljeno, kje se Tehnična smernica ne uporablja in sicer je dodano za drugo električno opremo od priključnih sponk naprej. S tem je bilo dodatno pojasnjeno, katera električna oprema je predmet obravnave po tej smernici in kje je meja.

3.3. ZAHTEVE ZA PROJEKTIRANJE IN IZVEDBO

Nekaj korekcij oziroma dopolnitev je bilo izvedeno tudi v poglavju **3. Zahteve za projektiranje in izvedbo nizkonapetostnih električnih inštalacij**. V splošnem delu tega poglavja sta podani dve dodatni zahtevi in sicer:

- Za projektiranje električne inštalacije je treba upoštevati pogoje, kot jih poda upravljavec distribucijskega omrežja. Med pogoji je podan tudi sistem ozemljitve, s katerim distributer zagotavlja varno delovanje nizkonapetostne inštalacije tudi v primeru kratkih stikov na visokonapetostni strani napajalnega sistema. Nevarna napetost, ki se v omenjenem primeru lahko pojavi na nizkonapetostni strani, je predmet distributerja in nanjo s projektom nizkonapetostnega dela električne inštalacije ni mogoče vplivati in tudi preglednik ne more oceniti vpliva na rezultat preverjanja.
- V nizkonapetostni električni inštalaciji, na katero so priključene naprave za proizvodnjo in shranjevanje električne energije, je pri določitvi in dimenzioniranju zaščite pred električnim udarom in preobremenitvami vodnikov treba upoštevati **spremenjene pretoke električne energije, različna obratovalna stanja**, v katerih deluje inštalacija ter predvsem okvare, ki se lahko v nizkonapetostni električni inštalaciji pojavijo. To je z vidika projektiranja novost, ki jo bodo pri svojem delu morali upoštevati projektanti in bo do dimenzioniranja postala precej zahtevnejša.

Poglavje je obširno z vrsto napotkov in ima uvedenih nekaj novosti. Posebej je na mestu opozorilo o dopolnitvi podpoglavja **3.2.3 Dimenzioniranje vodnikov**, kjer je bila dodana zahteva za upoštevanje preobremenitve in okvarnih stanj v primerih, ki se lahko pojavijo, kadar so na nizkonapetostno električno inštalacijo **priključene naprave za proizvodnjo in shranjevanje električne energije**. Prav tako je v smernici podan napotek, da podrobnejše zahteve za najmanjše prereze vodnikov opisuje standard SIST HD 60364-5-52, zahteve za izvajanje ozemljitev pa opisuje standard SIST HD 60364-5-54.

V poglavju **3.6.2 Napisne ploščice na razdelilnikih** je podana navedba vsebine napisne ploščice, poleg tega pa je podana zahteva, da je pred izdajo izjave o skladnosti za razdelilnik in najpozneje pred začetkom njegovega obratovanja treba preveriti oznake na sestavu, dokumentacijo, identifikacijo naprav in sestavnih delov, kar za razdelilnik poda njegov proizvajalec.

V tehnični smernici so v ključnih poglavjih za načrtovanje:

- 4. Zaščita pred električni udarom,
- 5. Zaščitna in obratovalna (funkcijska) ozemljitev,
- 6. Zaščita pred preobremenitvijo vodnikov,
- 7. Zaščita pred toplotnim učinkom in prenapetostjo,

izvedene le manjše korekcije, ki so vezane na spremembo v standardih, napake v do sedaj veljavni smernici ali pa dodatna pojasnila.

3.4 ELEKTRIČNI RAZDELILNIKI

Precejšnjo prenovu je doživelo poglavje **8. Električni razdelilniki**, saj je bil upoštevan standard SIST EN 61439 z vsemi njegovimi deli. Nizkonapetostni sestavi- električni razdelilniki so najpomembnejši del vsake inštalacije, saj se z njihovo pomočjo dosega potrebno varnost, požarno varnost, funkcionalnost, razpoložljivost in komunikacijsko dostopnost vgrajenih sistemov v celotni življenjski dobi.

V smernici je **pojasnjena razlika med proizvajalcem (izvirnim) sestava in izdelovalcem sestava (inštalater)**. Če je predizdelan razdelilnik vgrajen in uporabljen po navodilih proizvajalca (izvirnega), potem zanj veljajo specifikacije, kot jih podaja in zanje garantira proizvajalec, v primeru dodelav oziroma predelav takega razdelilnika, nepravilne vgradnje ali nepravilne uporabe pa za pravilno delovanje razdelilnika odgovarja inštalater/izdelovalec sestava. Ne glede na proizvajalca, izdelovalca ali inštalaterja morajo razdelilniki v predvidenem okolju ustrezati konstrukcijskim zahtevam in lastnostim, ki so v sprejeti smernici natančno navedene. V nizkonapetostne inštalacije se lahko vgrajujejo samo nizkonapetostni sestavi, ki izpolnjujejo zahteve veljavne evropske in slovenske zakonodaje, kar se izkazuje z ustreznimi izjavami o skladnosti. Vsak vgrajen NN sestav mora imeti **preverjeno zasnovo**, kosovno preverjanje in ustrezno **EU izjavo o skladnosti**. Preverjanje zasnove je po standardu mogoče s preizkušanjem, s primerjavo z referenčno zasnovo in ocenitvijo.

Prav tako je pojasnjeno, da je glede na področje uporabe za razdelilnike treba pri zahtevah upoštevati osnovni standard SIST EN 61439-1 in del (2 do 7) iz skupine standardov, ki obravnava posamezno področje uporabe. Celotno področje NN sestavov je zelo obširno in kompleksno in trenutno obsega osem veljavnih delov standarda družine 61439 oziroma skupno skoraj 500 strani. Vsi standardi so navedeni med referenčnimi dokumenti tehnične smernice.

Poglavje o NN razdelilnikih v tehnični smernici je dejansko glede na obsežno tematiko precej skromno in lahko rečem, da so zahteve neposrečeno skoncentrirane na manj kot dve strani teksta, kar nakazuje, da bo pri prenovi tehnične smernice potrebno za prakso temu poglavju dati več konkretne vsebine, povzete po standardih. Za kakršno koli resno delo je namreč zato potrebno uporabljati standarde. Osnovni standard SIST EN 61439-1 je bil izdan v slovenskem jeziku in ima vsebinsko in terminološko vrednost. Zelo koristno je tudi priporočilo 61439-0, ki je prav tako izdano v slovenščini in pomaga pri razumevanju celotne problematike NN razdelilnikov.

Ne bo odveč, če opozorim, da prenovljeni standard **SIST EN IEC 61439-1:2021** vsebuje bistvene spremembe glede na predhodno izdajo, ki niso zajete v tehnični smernici, saj nadomešča SIST EN 61439-1:2012, ki je bil v smernici upoštevan:

- na skupno 155 straneh ima 11 poglavij, 14 dodatkov (od A do N), 14 slik in 34 preglednic,

- podaja razjasnitev, da se pretvorniški sistemi, stikalni napajalniki, UPS, pogoni z nastavljivimi vrtljaji, preverjajo po standardih za te proizvode vendar, če so vgrajeni v sestav, se preverjajo tudi po skupini standardov IEC 61439-1,
- uvedba »skupnega naznačenega toka« za tokokroge znotraj obremenjenega sklopa in preusmeritev preverjanja dviga temperature na to novo karakteristiko,
- uvaja dodatne zahteve za enosmerne tokokroge,
- uvedba koncepta razreda I in razreda II sestavov, glede na zaščito pred električnim udarom,
- za vsak razdelilnik sta potrebna **samo dva standarda** za določitev vseh zahtev in postopkov ugotavljanja skladnosti: 61439-1 (osnovni standard) in poseben standard, če ni delov 3 in naprej, velja del 2 tega standarda,
- v dodatku C (informativni) je podloga v kateri so navedene zahteve za vnos v pogodbo med proizvajalcem in naročnikom. Na ta način se zagotovijo potrebne informacije za načrtovanje, izvedbo in uporabo sestava (informacije o električnem sistemu, kratkostični zmogljivosti, zaščiti pred električni udarom, okolju v katerem bo sestav nameščen, načinu obratovanja, vzdrževanju in možnih nadgraditvah, tokovni zmogljivosti),
- vpeljeni so nekateri novi izrazi, gleda na prejšnjo izdajo standarda,
- poglavja 7. 1.1, 7.1.2 in 7.1.4 so združena v novo poglavje 7.1 Klimatski pogoji,
- dodano je novo poglavje »8.5.9 Power factor correction banks«, kjer je za baterije za korekcijo faktorja moči zahtevano, da morajo izpolnjevati zahteve standarda IEC 61921:2017, pri čemer se mora preverjanje izvesti skladno s standardi skupine 61439,
- v poglavju 9.2. Temperature rise limits, so zahteve za meje segrevanja nekoliko bolj podrobno opisane kot v predhodni izdaji,
- pri preverjanju dielektričnih lastnosti se kot alternativa preskusu z zdržno napetostjo omrežne frekvence v skladu z 10.9.1 in 10.9.2 lahko preveri izolacijska upornost z merjenjem pri sestavih z naznačenim tokom do 630 A (v prejšnji izdaji je bila zahteva do 250 A) , kjer se uporabi naprava za merjenje izolacije vsaj 500 V enosmerno. Rezultat je zadovoljiv, če je izmerjena izolacijska upornost med tokokrogi in izpostavljenimi prevodnimi deli vsaj 1000 Ω/V na tokokrog, glede na napajalno napetost do zemlje teh tokokrogov.

Prav tako ne bo odveč, če opozorim, da prenovljeni standard **SIST EN IEC 61439-2:2021** tudi vsebuje bistvene spremembe glede na predhodno izdajo, ki niso zajete v tehnični smernici, saj nadomešča SIST EN 61439-2:2012, ki je bil v smernici upoštevan:

- zahteve za sestave za uporabo v fotovoltaičnih inštalacijah, označene kot fotovoltaični sestavi (PVA). Posebne značilnosti, posebni pogoji delovanja in zahteve za PVA so vključeni v informativnih dodatkih DD, EE in FF. Posebej obsežen je dodatek DD, ki na 9. straneh podaja zahteve za PVA. V dodatku EE je podloga v kateri so navedene zahteve za vnos v pogodbo med proizvajalcem in naročnikom, v dodatku FF pa je v tabela s seznamom preverjanj za preverjanje zasnove,
- razjasnitev zahtev za forme sestava in dodatno zahtevo, ko je forma višja od , morajo biti vsi deli znotraj funkcionalne enote, ki ostanejo pod napetostjo, ko je funkcionalna enota izklopljena, najmanj stopnje IPXXB,

- uskladitev s strukturo standarda SIST EN IEC 61439-1:2021,
- preverjanja segretka;
 - (i) preverjanje segretka sestavov z naravnim hlajenjem in tokokrogi z naznačenim tokom nad 1600 A s kombinacijo primerjave z referenčno zasnovo in izračuna,
 - (ii) preverjanje segretka sestavov z aktivnim hlajenjem in naznačenimi tokovi do 1600 A,
- upoštevanje IP zaščite v primerih aktivnega hlajenja,
- za lažje razumevanje so specifični izrazi in definicije ki se nanašajo sestave za fotovoltaične inštalacije podani tudi v dodatku DD, splošni izrazi in definicije pa v poglavju 3. Ta del po novem podaja tudi dodatne zahteve za sestave PSC (Power Switchgear and controlgear assemblies), ki so namenjeni za uporabo kot del električne opreme strojev in se lahko uporabljajo poleg zahtev iz standarda IEC 60204-1 (SIST EN 60204),
- Za PSC sestave, ki so lahko napajani iz več kot enega vira je v poglavju 6.2.2 podana zahteva, da mora biti na sestavu oznaka ki označuje, da je PSC sestav napajan iz več kot enega vira in da so lahko deli v sestavu še vedno pod napetostjo, razen če so vsi viri napajanja izolirani.

Nekaj splošnih zahtev in tudi novih pojmov za NN razdelilnike, pa je opisanih v tehnični smernici.

3.5. ENERGIJSKA UČINKOVITOST ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ

Obravnavana tehnična smernica ima povsem novo poglavje **9. Energijska učinkovitost električnih inštalacij**, ki vsebuje zahteve in priporočila za energijsko učinkovitost.

V skrbi za okolje ter za čim ugodnejše razporejanje in upravljanje z viri energije in potrošniki ter zaradi uporabe razpršenih virov energije, ki so vezani na javno nizkonapetostno električno omrežje tudi preko električnih inštalacij končnih porabnikov, je treba to upoštevati tudi pri projektiranju novih nizkonapetostnih električnih inštalacij ali projektiranju predelav obstoječih. V smernici so zajeta področja, kjer se projektira energijsko učinkovitost, in sicer so to:

- električne inštalacije bivališč,
- električne inštalacije poslovnih prostorov,
- industrijske električne inštalacije in
- infrastrukturne električne inštalacije.

Pri projektiranju energijsko učinkovitih električnih inštalacij smernica predvideva naslednja izhodišča:

- energijski profil bremena (delovna in jalova energija),
- razpoložljivost lokalnih virov (sončne elektrarne, vetrne turbine, generatorji itd.) in shranjevanje,
- znižanje izgub energije pri električnih inštalacijah,
- razporeditev tokokrogov glede na energijsko učinkovitost (mreže),
- uporaba energije na podlagi zahtev uporabnikov,
- struktura tarif v ponudbi dobavitelja električne energije,

s tem, da se zadrži kakovost uslug in lastnosti električne inštalacije.

Podrobnejše zahteve za upravljanje energijske učinkovitosti električnih inštalacij so podane v **SIST HD 60364-8-1**.

Tehnična smernica v obravnavanem poglavju obravnava potrošnika, ki je hkrati tudi proizvajalec električne energije. Uvaja se pojem »prosumer«, ki pomeni

potrošnika/proizvajalca (PEI). Pri tem je električna inštalacija potrošnika/ proizvajalca (PEI) lahko priključena na javno električno omrežje ali pa ni.

Poraba in proizvodnja energije iz obnovljivih virov (kot sta sončna in vetrna elektrarna) sta prekinjajoči, zato se v smernici **priporoča uporaba lokalnih hranilnikov** električne energije s kapaciteto, ki omogoča otočno ali ločeno delovanje. Podrobnejše zahteve za PEI so podane v SIST HD 60364-8-2.

Smernica daje tudi napotke za **lokalne proizvodne nizkonapetostne vire električne energije**, ki se delijo po tipih, zahteve pa so podane v normativnih dokumentih SODO. Smernica se tukaj sklicuje neposredno na Uredbo o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije in Uredbo o manjših napravah za proizvodnjo električne energije, ki bi naj določali najvišjo skupno moč obnovljivih virov. Žal smernica ne zajema zahtev iz **Pravilnika o tehničnih zahtevah za priključitev in obratovanje vtične proizvodne naprave na obnovljive vire energije**, ki govori o tem, da se vtična proizvodna naprava se lahko priključi samo na notranjo inštalacijo gospodinskega odjemalca, ki je izvedena v skladu z zahtevami iz predpisa, ki ureja zahteve za nizkonapetostne inštalacije v stavbah. Vtična proizvodna naprava lahko v distribucijsko omrežje električne energije v kateremkoli trenutku oddaja delovno moč, ki je enaka ali manjša od 600 W. V primeru uporabe tovrstne naprave mora gospodinski odjemalec mora 14 dni pred pričetkom obratovanja vtične proizvodne naprave obvestiti distribucijskega operaterja.

Obvestilo mora vsebovati naslednje podatke:

- datum predvidene priključitve vtične proizvodne naprave;
- številko merilnega mesta;
- »ES – izjavo o skladnosti« ali drug dokument proizvajalca, v katerem so podatki o vtični proizvodni napravi ali njenih komponentah, in navedeni standardi za napravo;
- kopijo navodila za montažo in priključitev, iz katerega je razvidno, da je vtična proizvodna naprava v skladu s standardoma SIST EN 62109-1 in SIST EN 62109-2 in ne zahteva vgradnje RCD tipa B. Če je treba v skladu z navodili namestiti oznake oziroma opozorila, mora biti podano katere in kje.

3.6. PRAVILNO IN NEMOTENO DELOVANJE ELEKTRIČNIH NAPRAV

Poglavje 10. **Zagotavljanje pravilnega in nemotenega delovanja električne opreme** podaja zahtevo, da morajo naprave in oprema v sistemu električnih inštalacij ustrezati **Pravilniku** o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej. Celotno poglavje je prenovljeno in ima vključenih kar nekaj sprememb oziroma dopolnitev. Tako je v celoti prenovljeno podpoglavje **10.5 Naprave za kompenzacijo jalove energije** (prej Močnostni kondenzatorji) v katerem je še posebej opredeljeno sledeče:

- Naprave za kompenzacijo jalove energije; **pred in po priključitvi** je treba s pomočjo ustreznih meritev ugotoviti harmonsko vsebnost napetosti in toka na mestu priključitve v različnih obratovalnih stanjih omrežja in naprav priključenih vanj.

- filterne kompenzacije; **pred priključitvijo** je treba preučiti impedančno karakteristiko celotnega omrežja do napajalnega transformatorja in na podlagi tega določiti ustrezno vrednost dušilke, da ne bo povzročala neugodnih resonančnih stanj v omrežju.
- Kadar so v napravah za kompenzacijo jalove energije vključene naprave za zmanjšanje vpliva harmonskih komponent (filterna kompenzacija), je treba upoštevati z njimi povzročeno **višjo napetost** na priključkih pri izbiri naznačene napetosti naprave za kompenzacijo jalove energije.

Naprave, ki jih vgrajujemo v elektro inštalacije in so del nizkonapetostnih električnih inštalacij, morajo biti elektromagnetno združljive za predvideno okolje. Za tiste naprave oziroma opremo, ki zaradi svojega delovanja povzročajo previsoke motnje, kot so **harmonski tokovi in flikerji**, je treba z ustreznimi ukrepi zagotoviti, da te motnje ne presegajo predpisanih mej in ne motijo drugih naprav v omrežju. Mejne vrednosti teh dveh pojavov obravnavajo standardi:

- Za naprave z naznačenim tokom, manjšim ali enakim 16 A fazno;
 - o SIST EN 61000-3-2: EMC- Meje vrednosti za oddajanje harmonskih tokov
 - o SIST EN 61000-3-3: EMC- Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja
- Za naprave z naznačenim tokom, večjim kot 16 A fazno in manjšim ali enakim kot 75 A fazno;
 - o SIST EN 61000-3-12: EMC- Meje vrednosti za oddajanje harmonskih tokov
 - o SIST EN 61000-3-11: EMC- Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja

V ta namen je dodano novo podpoglavje **10.6 Posebne zahteve**, v katerem je opredeljeno, kdaj je treba vgraditi posebno napravo za omejevanje števila vklopov. V tem poglavju je zapisano, da je to napravo treba vgraditi za opremo z naznačenim tokom do 16 A, ki ne ustreza zahtevam standarda SIST EN 61000-3-3 in ni priključena pod posebnimi pogoji in to:

- | | |
|---|----------------|
| - za enofazni priključek z zagonskim tokom do 18 A: | 6 vklopov/uro, |
| - za enofazni priključek z zagonskim tokom do 24 A: | 3 vklopi/uro, |
| - trifazni priključek z zagonskim tokom do 30 A: | 6 vklopov/uro, |
| - trifazni priključek z zagonskim tokom do 40 A: | 3 vklopi/uro. |

Če taka oprema prenese preizkus, mora biti v njenem navodilu podana v skladu z zahtevami standarda SIST EN 61000-3-3 **najvišja dovoljena impedanca napajalnega omrežja**. Ta vrednost je navedena v soglasju za priključitev oziroma se je treba dogovoriti z distributerjem. Smernica opozarja, da je primer take opreme **toplotna črpalka**, česar pa se projektanti in izvajalci premalo zavedamo in bo v prihodnje treba ogrevanju s pomočjo toplotnih črpalk posvetiti več pozornosti, tudi glede nizkofrekvenčnega hrupa, ki pa ni predmet te smernice in v Sloveniji za to področje ni reguliran. Smernica nas tudi tukaj opozarja, da je treba upoštevati posebne zahteve normativnih dokumentov SODO.

3.7. POSEBNI PRIMERI ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ

Posebni primeri električnih inštalacij in zahteve za njihovo izvedbo so podane v poglavju 11. **Zahteve za posebne primere električnih inštalacij in lokacij** in so precej obsežno predstavljeni, pa vendar je na koncu poglavja vrsta primerov posebnih električnih inštalacij zgolj naštet, detajli o zahtevah pa so zapisani v pripadajočih standardih.

V splošnem delu je priporočilo, da se v vseh prostorih, predvsem v bolnišnicah in v zdravstvenih domovih, kjer je nevarnost za življenje in zdravje ljudi zaradi električnega udara in prekinitev napajanja z električno energijo zelo velika, inštalacija izvede z IT sistemom, z neprekinjenim rezervnim napajanjem in z zaščito pred električnim udarom s samodejnim odklopom napajanja v primeru druge okvare, z zaščitno napravo na preostali tok, katerega obratovalni preostali tok ne presega 10 mA.

Že podpoglavje **11.2.1 Zasilna razsvetljava** je precej posodobljeno ter jasno opredeli, da se zasilna razsvetljava deli na varnostno razsvetljavo in nadomestno razsvetljavo. Pri tem je **varnostna razsvetljava** tisti del zasilne razsvetljave, ki osebam omogoča varen umik iz prostora ali stavbe ali omogoča osebam, da pred umikom končajo potencialno nevaren delovni proces, sestavlja jo:

- varnostna razsvetljava evakuacijske poti (poti rešitve),
- protipanična varnostna razsvetljava,
- varnostna razsvetljava posebej ogroženih delovnih mest.

Nadomestna razsvetljava je tisti del zasilne razsvetljave, ki omogoča, da se normalne dejavnosti nadaljujejo bistveno nespremenjene po izpadu splošne razsvetljave; nadomestna razsvetljava se napaja iz ločenega vira.

Kapaciteta akumulatorske baterije mora brez pomoči omrežja zagotoviti najmanj neprekinjeno delovanje varnostne razsvetljave skladno z elaboratom požarne varnosti oziroma kot je navedeno v **TSG-1-001 Požarna varnost v stavbah**. S tem je to področje sedaj usklajeno tudi s področjem in zahtevami iz požarne varnosti.

Prav tako je v podpoglavju **11.2.3 Delovanje električne inštalacije v primeru požara**, podana zahteva, da se upošteva veljavni Pravilnik o požarni varnosti v stavbah in tehnično smernico za graditev TSG-1-001 Požarna varnost v stavbah ter tam navedene podporne dokumente in posebej izpostavljena zahteva, da je v požarno ogroženih prostorih predvidena vgradnja RCD-stikal, katerih naznačeni tok je **največ 0,1 A** (prej 0,3 A).

Pri obravnavi posebnih prostorov je v podpoglavju **11.3.1 Kopalnice** podana zahteva, da se dopolnilna zaščita pred električnim udarom izvede z uporabo ene ali več zaščitnih naprav na preostali (diferenčni) tok najmanj tipa A (do sedaj smernica ni imela te zahteve), katerih naznačeni obratovalni preostali tok ni večji od 30 mA. Pri posebnih prostorih je vključenih še nekaj sprememb, ki jih bo treba pri projektiranju ali izvajanju upoštevati.

V poglavju 11.3. **Posebni prostori** je za **kopalnice** podana zahteva, da se dopolnilna zaščita pred električnim udarom izvede z uporabo ene ali več zaščitnih naprav na preostali (diferenčni) tok **najmanj tipa A** (do sedaj smernica nima te zahteve), katerih naznačeni obratovalni preostali tok ni višji od 30 mA. Pri posebnih prostorih je predlaganih še nekaj sprememb za različne vrste prostorov, ki so vključene v smernico, kot na primer **nestanovanjske kmetijske stavbe**, kjer so v tabeli 5 podani najdaljši izklopni časi zaščite s samodejnim izklopom napajanja na mestih, kjer se zadržuje živina, in na mestih, ki so neposredno povezana s tujimi prevodnimi deli na kraju, kjer se redi živina.

Obnovljivi viri energije so danes neizogibni in zaradi sprememb koncepta pretoka moči pri končnem porabniku ter razvojem tehnologij, ki se vključujejo in povezujejo v nizkonapetostne električne inštalacije, je bilo dodano v tehnično smernico celotno novo podpoglavje **11.3.7 Vgrajene fotonapetostne naprave in fotonapetostna napajalna omrežja**, v katerem so podane usmeritve za izvedbo tovrstnih tehnologij in inštalacij. Pri namestitvi in inštalaciji kablov je treba upoštevati standarde serije SIST HD 60364, posebej pa standard SIST HD 60364-7-712, ki med drugim navaja naslednje zahteve:

- kable na enosmerni strani je treba izbrati in položiti tako, da je tveganje za kratki stik in zemeljski stik minimalno, kar se lahko izvede z:
 - enožilnimi kabli z nekovinskim plaščem,
 - izoliranim (enožilnim) vodnikom, položenim v izolirano elektroinštalacijsko cev ali kanal,
 - vodnik mora biti odporen na UV-sevanje (na primer H07RN-F);
- zaščita pred električnim udarom se izvaja s posebno pozornostjo, ker se šteje, da je oprema na enosmerni strani pod napetostjo tudi, če je izmenična stran ločena od omrežja oziroma je pretvornik ločen od enosmerne strani.

Posebej je v smernici opredeljeno, da morajo izmenični tokokrogi imeti **vgrajeno zaščito RCD tipa B** v skladu s SIST EN 62423, **razen če je**:

- v pretvorniku izvedena vsaj enostavna ločitev med enosmerno in izmenično stranjo
- ali če je v inštalaciji izvedena vsaj enostavna ločitev med pretvornikom in RCD z ločenim navitjem v transformatorju
- ali če je pretvornik v skladu s SIST EN 62109-1 in ni zahteve po RCD tipu B, kar mora biti napisano v navodilih proizvajalca pretvornika.

Za fotonapetostne naprave, katerih del so tudi NN sestavi oziroma razdelilniki, je potrebno poudariti, da je v standardih **SIST EN IEC 61439-1:2021** in **SIST EN IEC 61439-2:2021** naveden zadnji datum (dow), do katerega morajo biti iz nacionalne zakonodaje umaknjeni dokumenti, ki so v nasprotju z zahtevami teh dveh standardov, to je 21.5.2024, kar pomeni, da bodo zahteve za razdelilnike za fotonapetostne naprave navedene v dodatkih AA, EE in FF standarda SIST EN IEC 61439-2:2021 postale obvezujoče za proizvajalce teh sestavov. Pri pregledih izvedenih fotonapetostnih sistemov, predvsem na področju samooskrbe stroka ugotavlja, da ti sestavi (razdelilniki) večkrat ne izpolnjujejo vseh predstavljenih zahtev v standardu. Namen tega opozorila je opozoriti strokovno javnost in izvajalce, da je potrebno te sestave oziroma razdelilnike po zahtevah prej navedenih standardov obravnavati kot posebni primer sestavov močnostnih stikalnih in krmilnih naprav in jih kot takšne temu primerno načrtovati, preverjati in vgrajevati v fotonapetostne sisteme.

Zaradi varnosti vzdrževalcev, inšpektorjev, distributerjev, gasilcev in reševalcev je v smernici poudarjeno bistveno, da je na objektih označena prisotnost fotonapetostne inštalacije v stavbi. Tako so v smernici opredeljeni oblika znaka, velikost znaka in lokacija namestitve.

Posebej nas smernica usmerja na standard **SIST EN 62446-1**: Osnovne minimalne zahteve za sistemsko dokumentacijo, prevzemne preskuse in nadzor, katerega vsebina je premalo prepoznana in se v praksi skoraj ne uporablja, še posebej ne pri manjših samooskrbnih fotonapetostnih napravah. Ta standard v dveh delih podaja zahteve za:

- dokumentacijo sistema, ki mora uporabniku podati informacije o fotonapetostnem sistemu, priključenem na omrežje;
- preverjanje (pregled in preskušanje), z informacijami pričakovanimi za prvo (ali periodično) preverjanje nameščenega sistema.

Zahteve za dokumentacijo sistema obsegajo minimalno dokumentacijo, ki naj se zagotovi po namestitvi na omrežje priključenega sistema, in so ključni podatki uporabniku, vzdrževalcu in pregledniku o sistemu, ki morajo biti podani v navodilih za obratovanje in vzdrževanje.

Podrobno so zahteve opredeljene in opisane v 4.poglavju standarda v naslednjih točkah:

1. Podatki o sistemu

- a. Osnovne informacije (št projekta, naznačena moč, podatki o modulih, razsmernikih, datum namestitve, datum predaje v obratovanje, ime stranke, lokacija)
- b. Informacije o načrtovalcu sistema
- c. Informacije o inštalaterju sistema

2. Načrt ožičenja

- a. Fotonapetostno polje (tip(i) in število modulov, nizov, število modulov v nizu, priključitev na razsmernike)
- b. Informacije o PV nizu (tip, nazivni podatki o kablu, nadtokovni zaščiti in blokirnih diodah).
- c. Električne podrobnosti o polju (mesto, tip(i), nazivni podatki o: nadtokovni zaščiti, DC odklopnem ločilniku, kombinirani omarici polja, kablu in drugih elektronskih vezjih -npr. zaznava obloka).
- d. Izmenični sistem (mesto, tip(i), nazivni podatki o: ločilniku, nadtokovni. in RCD zaščiti, če je uporabljena).
- e. Ozemljitev in prenapetostna zaščita (mesto, tip(i), nazivni podatki o: vseh ozemljitvenih vodnikih, povezavah na LPS in prenapet, zaščitnih napravah)

3. Razpored nizov (načrt razporeditve PV sistema za sisteme z več kot tremi nizi)

4. Sezname podatkov (najmanj za vse tipe PV modulov in razsmernikov).

5. Informacije o mehanski izvedbi (dokumentacija, če je vgradna struktura izvedba po naročilu)

6. Sistemi za nujna stanja (dokumentacija o sistemih vezanih na PV sistem, naprimer požarni, dimni alarmi,...).

7. Informacije o delovanju in vzdrževanju

- a. postopki za preverjanje pravilnega delovanja PV sistema,
- b. kontrolni seznam, kaj se izvede v primeru izpada sistema,
- c. postopki zaustavitve/ ločevanja v izrednih razmerah,
- d. priporočila za vzdrževanje in čiščenje (če je predvideno),
- e. nasveti za prihodnja gradbena dela (na primer krovski dela),
- f. garancijska dokumentacija za module in razsmernike (začetek in trajanje garancije),
- g. garancijska dokumentacija o izvedenih obrtniških deli ali odpornosti tesnjenja proti vremenskim pojavom.

8. Rezultati preskusov in podatki o prevzemu

V podpoglavju **11.3.8** so zapisane zahteve tudi za **prenosne fotonapetostne naprave**, ki so lahko priključene v eno vtičnico kot prenosne sončne elektrarne z vtičem, in sicer največje skupne moči na merilno mesto, ki je določena v normativnih dokumentih SODO (sprejet je bil SONDSEE in pa že v tem prispevku opisan Pravilnik). Lastnik mora o namestitvi take naprave javiti operaterju distribucijskega omrežja v smernici podane informacije.

Število električnih avtomobilov v EU in Sloveniji se povečuje, kar pomeni pozitiven trend in spodbuja gradnjo električnih polnilnih postaj za počasno in hitro polnjenje, tako javnih kot zasebnih. Z razvojem e-mobilnosti je bila stroka enotna in je v smernico vključila novo

podpoglavje **11.3.9 Polnilnice električnih avtomobilov**, katere električne inštalacije smernica uvršča med posebne vrste inštalacij.

Pri projektiranju polnilnic električnih avtomobilov v stavbah morajo pooblaščen inženirji poleg zakonodaje, razvojnih načrtov in navodil upoštevati tudi navedena ključna izhodišča, ki jih je potrebno preveriti in vključiti v **projektne rešitve**:

- način izvedbe polnilnic električnih vozil (lokacije, trase, priklop na elektro omrežje, umestitev v prostor, število parkirnih mest itd) glede na razpoložljive dejavnike in omejitve za obravnavano stavbo,
- možnost priključevanja polnilnic električnih vozil na obstoječo in ali novo infrastrukturo
- potrebno priključno moč (obstoječa ali nova) za polnjenje električnih vozil in upoštevati napredno polnjenje avtomobilov na električni pogon s prilagajanjem odjema polnilnic električnih vozil,
- možnost vključevanja koncepta V2G (odjem elektrike in pretok v omrežje),
- izbor tehnoloških rešitev, primernih za obravnavano stavbo v skladu z veljavno zakonodajo, direktivami in standardi (za AC in morebiti DC polnilna mesta),
- požarno varnost polnilnic električnih vozil,
- zahteve lokalne skupnosti in soglasodajalcev.

V smernici je podana zahteva, da je pri izvedbi posebnih električnih inštalacij – polnilnic električnih avtomobilov treba upoštevati zahteve standarda **SIST HD 60364-7-722**, kateri v svoji zadnji verziji v primerjavi s predhodno izdajo vključuje naslednje pomembne tehnične spremembe:

- predstavitev zahtev za električne inštalacije, ki vključujejo sisteme za brezžično napajanje(prenos električne energije);
- pojasnitev zahtev glede zaščitnega ukrepa nameščanja zunaj dosega z namenom, da se omogoči uporaba tokovnih odjemnikov na javno dostopnih področjih;
- uvedba zahtev, ki obravnavajo primer, kjer lahko EV deluje kot vir vzporedno z drugimi viri.

Pri tem se posebne zahteve tega standarda uporabljajo za:

- tokokroge, ki so namenjeni napajanju električnih vozil z energijo,
- tokokroge, ki so namenjeni odjemu elektrike iz električnih vozil.

Tokokrogi, ki jih standard obravnava, se končajo na **priključnem mestu**, v smernici pa je navedenih nekaj teh zahtev:

- pri običajni uporabi se vsaka posamezna priključna točka uporablja z nazivnim tokom,
- vse priključne točke se lahko uporabljajo sočasno, zato mora biti faktor razpoložljivosti dovodne inštalacije enak 1, ta faktor se lahko zmanjša pod pogojem, da je na voljo nadzor polnjenja bremena,
- pri TN-sistemu mora biti končni tokokrog, ki oskrbuje priključno točko, v TN-S-izvedbi,
- **uporaba naprav za zaščito pred električnim udarom** s samodejnim odklopom napajanja,
 - o zaščitna naprava na preostali tok, ki ščiti vsako priključno točko kot dodatna zaščita, mora biti najmanj tipa A z naznačenim preostalim tokom največ 30 mA,
 - o če je polnilna postaja opremljena z vtičnico ali priključkom za vozila, skladnim s SIST EN 62196, mora biti zagotovljen zaščitni ukrep proti enosmernemu okvarnemu toku, razen če tega zagotavlja polnilna postaja. Za vsako priključno točko morajo biti naslednji uporabljeni ukrepi:
 - uporaba naprave za zaščito s preostalim tokom tipa B,

- uporaba naprave za zaščito s preostalim tokom tipa A skupaj z napravo z zaznavanjem enosmernega preostalega toka (RCD-DD) ustrezno s SIST EN 62955 ali
- uporaba naprave za zaščito s preostalim tokom tipa F skupaj z napravo z zaznavanjem enosmernega preostalega toka (RCD-DD) ustrezno s SIST EN 62955,
- v IT-tokokrogih za polnjenje električnih vozil je treba uporabiti nadzorovalnik izolacijske upornosti (IMD), ki je skladen s SIST EN 61557-8, razen v tokokrogih, ki imajo samodejni odklop napajanja ob prvi napaki. Pri tem so podane zahteve za zvočno ali svetlobno opozorilo IMD.

V smernici so podane tudi zahteve za **preverjanje** polnilnih postaj. Pri tem mora vizualni pregled polnilne postaje izvajati lastnik najmanj enkrat na teden, pri tem preveri:

- opremo, da nima vidnih poškodb, ki bi lahko ogrozile njeno varnost,
- pravilno delovanje polnilne postaje, da ni indikacij delovnih okvar ali motenj.

V nadaljevanju so smernici v poglavju **10.3.10 Druge posebne vrste električnih inštalacij** podane splošne zahteve, med drugim tudi za hranilnike električne energije, kjer pa žal ni podanih nobenih dodatnih zahtev, zapisanih v smernici. Glede na to, da postajajo hranilniki glede na razmere v elektroenergetskem sistemu, sploh z množično gradnjo fotonapetosnih naprav, pomemben tehnološki preskok v načrtovanju, bo potrebno v prenovljeni tehnični smernici v prihodnje vključiti tudi ta del v smernico. Konec leta 2023 je namreč prenehala veljati Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 17/19, 197/20 in 121/21 – ZSROVE. Že od leta 2022 dalje pa velja Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 43/22), ki prinaša tudi nov obračun omrežnine in dajatev ter ukinja koncept "netiranja" prevzetih in oddanih količin v omrežje za naprave, ki vstopijo v sistem samooskrbe v letu 2024 in se tudi vključujejo hranilniki električne energije v sistem. Prav tako **Zakon o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (ZUNPEOVE)** spodbuja uvajanje naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije v kombinaciji z napravami za shranjevanje električne energije. Na splošno lahko možnosti uporabe baterijskih hranilnikov električne energije razdelimo na tri področja:

- podpora vključevanju obnovljivih virov energije,
- podpora pri oskrbi z električno energijo,
- podpora pri obratovanju elektroenergetskega sistema.

Vse to bo, kot je že zapisano, potrebno vključiti v posodobljeno verzijo tehnične smernice.

3.8. PREVERJANJE ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ

Posebna pozornost pri prenovi smernice je bila namenjena poglavju **12. Preverjanje nizkonapetostnih električnih inštalacij**, saj je dodano celotno novo podpoglavje **12.1.1 Pristojnosti preglednika**. Predvsem je tukaj novost zahteva, da mora biti preglednik izbran ob začetku gradnje. Pristojnosti preglednika so podane celovito in široko, medtem ko so **odgovornosti preglednika** (podpoglavje **12.1.2**) podane samo v štirih alinejah. Verjamem, da bo v prihodnje treba tudi to poglavje razširiti, natančneje in bolj jasno opredeliti tudi

odgovornosti ter opredeliti sankcioniranje nestrokovnega ali celo malomarnega izvajanja preverjanja, kar je v praksi velikokrat primer.

V nadaljevanju je korigirano in dopolnjeno podpoglavje **12.2 Vizualni pregled**, medtem ko sta podpoglavji **12.3 Preskusi** in **12.4 Meritve** v sprejeti tehnični smernici ločeni. Še posebej je v slednjem opredeljena meritev kakovosti električne energije v skladu s SIST EN 50160, ki pa ima predvideva vedno le polne 7 dni trajajoče meritve po sebi lastnih metodah, kar pa ni povsem usklajeno z zahtevami iz smernice in bo to potrebno korigirati v prihodnje;

- za manj zahtevne električne inštalacije v objektih za bivanje, kjer se izvedejo trenutne meritve pri obremenitvi do deklarirane priključne moči; meritev trenutnega stanja osnovnih parametrov nima nikakršne povezave s SIST EN 50160, razen da se morda oceni, da je napetost znotraj 230 V +/- 10%. Pri tem ni naveden nasvet, kako praktično doseči pri preskušanju kakovosti električne energije nazivno obremenitev pri na primer prvem preverjanju nove inštalacije stanovanjskega bloka ali industrijskega objekta.
- za manj zahtevne električne inštalacije v objektih za opravljanje dejavnosti ali objektih z znatnim vplivom na odjem, kjer se izvedejo meritve v trajanju en delovni dan v tednu z 1-minutnim intervalom, ob zagonu vseh močnejših porabnikov; meritve 24 ur v intervalu 1 minute standard EN 50160 prav tako ne pozna, poleg tega se zahteva meritev flikerja, kjer standard govori o spremljanju 10-minutne in 2-urne vrednosti, V smernici bi morala biti podana informacija o tem, kako izmeriti 10-minutni fliker z intervalom beleženja 1 minute.
- za zahtevne električne inštalacije se izvedejo meritve v trajanju enega tedna z 10-minutnim intervalom, ob najneugodnejšem režimu dela.

Za vse te primere so v smernici navedeni zahtevani postopki in zahtevane merilne metode, ki jih je treba izvesti.

Novost je tudi dodano podpoglavje **12.5 Vzdrževalni pregled**, v katerem je navedeno, kdo lahko opravlja te preglede in kaj je treba vizualno pregledati in kako je z vodenjem evidence o pregledih.

V zadnjem podpoglavju smernice **12.7 Zapisnik o preverjanju** pa so podrobno podane usmeritve glede zapisnika, obenem pa zahteva, da ima zapisnik o preverjanju najmanj vsebino, kot je določena v standardu SIST HD 60364-6.

4. POGLED V PRIHODNOST IN SKLEP

Že iz predstavljenega članka je razvidno, da sprejem prenovljenih dokumentov prinaša veliko novosti, a še zdaleč niso zajete vse. Dejstvo, da se v tehniki in tehnologiji dnevno dogajajo spremembe in uvajajo nove tehnologije, ki so največkrat zapisane v standardih, je bilo nujno, da je resorno ministrstvo sprejelo prenovljen pravilnik in pripadajočo tehnično smernico s področja nizkonapetostnih električnih inštalacij. Sprejemanje pravilnikov zgolj s citiranjem standardov ne sme postati praksa, vsaj ne na obravnavanem področju, sploh pa še v tem primeru, ko standardi niso niti vsi prevedeni, kaj šele dostopni. Zavedati se moramo, da standardi v obravnavani smernici vsebujejo veliko strani strokovnega besedila, kar je za uporabnika (od monterja do projektanta in drugih) lahko zelo visoka ovira pri uveljavljanju strokovnosti. Pri tem niso vključeni standardi s področja informacijsko komunikacijskih

inštalacij (**SIST EN 50310**, **SIST EN 50173** s svojimi šestimi deli in **SIST EN 50174**), ki tudi podajajo zahteve v navezavi z NN električnimi inštalacijami in jih bo potrebno v prihodnje vključiti v tehnično smernico. Prat tako velja opozoriti na standard **SIST IEC 62548**, ki je bil v letu 2023 prenovljen in je v fazi sprejemanja in je temelji standard glede zahtev za načrtovanje fotonapetostnih naprav. Več o tem in novostih, ki jih bo v prihodnje in pri prenovi potrebno upoštevati, bo opozorjeno na sami predstavitvi na posvetovanju.

Velja tudi opozoriti, da je v času uporabe pravilnika in smernice bil sprejet nov Gradbeni zakon GZ-1, ki v svojem poglavju Bistvene zahteve (25. člen do 32. člen) dopolnjuje naziv šeste bistvene zahteve in sicer se dodaja „in raba obnovljivih virov energije“.

Med drugim pri varnosti pred požarom jasneje navede, da se zahteve glede delitve v požarne sektorje ter zahteve glede vgradnje sistemov za požarno javljanje in alarmiranje, nanašajo na večje objekte in objekte z več uporabniki. Prav tako je podana zahteva v poglavju, ki govori o varnosti pri uporabi, da se vsebina uskladi z novima pravilnikoma o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah in o zaščiti pred delovanjem strele (pri čemer dodaja nevarnost prekinitve napajanja).

Tako potekajo **intenzivna strokovna usklajevanja s ciljem prenove in posodobitve veljavnih pravilnikov ter prenova obeh tehničnih smernic kot posledica zahtev po zagotavljanju električne varnosti in kot odziv na hiter tehnološki razvoj kompleksnih električnih inštalacij in opreme. Pri tem sodelujejo različne inštitucije pod koordinacijo EZS.** Pri tem velja strokovno javnost sezniniti, da je v pripravi posodobitev obeh navedenih pravilnikov, ki bosta združena v en pravilnik in bo zajemal in reševal vse dileme, ki so se pojavile pri uporabi veljavnega pravilnika, vključeval pa bo tudi vse zahteve glede tehničnih novosti nastali v tem obdobju. Izkušnje namreč kažejo, da sta varnost in zanesljivost nizko napetostnih električnih inštalacij in sistema zaščite pred strelo neločljivo povezana, zato je seveda treba na novo oblikovati in opredeliti skupne vsebine, kakor tudi posamezne specifikke.

Še posebej bo to razvidno v prenovljenih tehničnih smernicah, ki sta tudi v postopku posodobitve. Namreč hitro napredujoč tehnološki razvoj in vse bolj kompleksne električne inštalacije z vedno večjim naborom raznovrstnih priključenih naprav terja sprotno ažuriranje vsebin pravilnikov in tehničnih smernic. Hkrati se je spremenil gradbeni zakon, ki je podal nekaj novih vidikov in zahtev, tem pa se morajo prilagoditi tudi podzakonski akti.

Pri oblikovanju vsebin se soočamo s pomembnim izzivom, saj usklajevanja potekajo od odstavka do odstavka, pri čemer ne smemo pozabiti na električno varnost. Poleg nove definicije pojma »nizkonapetostnih električnih inštalacij« potekajo intenzivna usklajevanja pri prenovi kriterijev in opredelitvi zahtevnih inštalacij, določanju periodike pregledov, opredelitvi koncepta "električno zaključena celota", potrebni dokumentaciji za izvedbo pregledov in obsegu preverjanj idr. Usklajevanja potekajo že krepko več kot leto dni, in pričakujemo, da bo novi združeni pravilnik zaključen in objavljen v letu 2024, to je pričakovanje avtorja prispevka.

5. VIRI IN LITERATURA

- [1] Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah, Uradni list RS, št. [140/21](#).
- [2] [Tehnična smernica](#) TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije.
- [3] [Gradbeni zakon, Uradni list RS, št. 61/17 in 72/17- popr.](#)
- [4] Gradbeni zakon (Uradni list RS, št. [199/21](#), [105/22](#) – ZZNŠPP in [133/23](#))
- [5] [Zakoni in predpisi, navedeni v tehnični smernici.](#)
- [6] [Standardi, navedeni v tehnični smernici in omenjeni v prispevku.](#)
- [7] [Zapisniki usklajevalnih sestankov delovne skupine za prenovu pravilnika in tehnične smernice.](#)



Dr. Primož Sukič, prof. dr. Gorazd Štumberger

p.sukic@um.si

UM FERi

TEHNIČNE PASTI BATERIJSKIH HRANILNIKOV ENERGIJE

Povzetek:

Zeleni prehod povečuje število razpršenih virov s tem pa prinaša nove izzive v električnem omrežju in pri odjemalcih električne energije. S splošnim dvigom cene električne energije v naslednjih letih in dnevno dinamiko cen energije ter omrežnine in lastno soproizvodnjo bodo odjemalci postali motivirani za uporabo baterijskih hranilnikov energije za premostitev dnevnih nihanj.

Na Evropskem trgu je že sedaj leta 24 na voljo nekaj ducat različnih baterijskih hranilnikov energije za domačo uporabo in prav tako za industrijsko uporabo. Kot pri vseh drugih rešitvah so tudi tukaj na voljo različne tehnologije in različne kvalitete. Problem pa je ker so trenutno še tehnologije precej nove, prisotne so kratek čas, zato primanjkuje v tem prehodnem pojavu splošnega znanja.

Vsi vemo da so baterije občutljive na temperaturo, a mimogrede koliko je baterija za hišno uporabo, uporabna pri temperaturi celic 14,9°C? Zakaj so problematične nizke temperature, zakaj visoke napetosti? Kako prepoznati dobro baterijo, kako slabo? Kolikšna je življenjska doba baterije? Kako se dimenzionira baterijski sistem?

V prispevku bodo odgovorjeni jedrnatih odgovori na ta vprašanja.

.

Zeleni prehod povečuje število razpršenih virov s tem pa prinaša nove izzive v električnem omrežju in pri odjemalcih električne energije. S splošnim dvigom cen električne energije v naslednjih letih in dnevno dinamiko cen energije ter omrežnine in lastno soproizvodnjo bodo odjemalci postali motivirani za uporabo baterijskih hranilnikov energije za premostitev dnevnih nihanj.

Na Evropskem trgu je že sedaj leta 2024 na voljo nekaj ducat različnih baterijskih hranilnikov energije za domačo uporabo in prav tako za industrijsko uporabo. Kot pri vseh drugih rešitvah so tudi tukaj na voljo različne tehnologije in različne kvalitete.

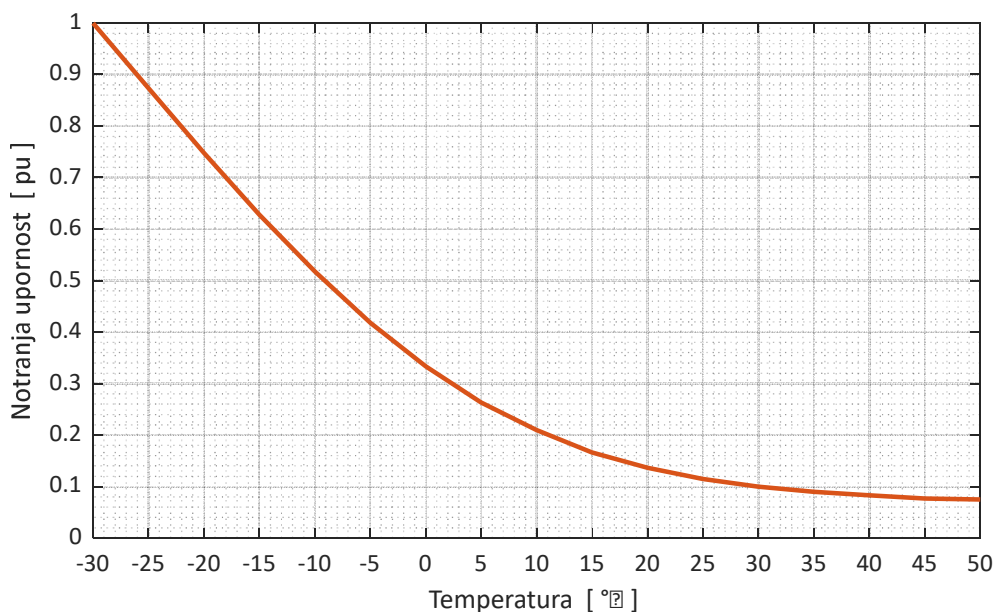
Zato ni čisto trivialno izbrati baterijo oziroma baterijski hranilnik energije BHE, ki bo dolga leta brez komplikacij služil svojemu namenu, sploh ker nekateri prodajalci oglašujejo baterije z idealiziranimi podatki. Izbira neustrezne baterije, pa lahko povzroči v najboljšem primeru nedoseganje zelenih parametrov, v najslabšem pa uničenje same baterije in njene okolice.

V nadaljevanju so podani podatki ki veljajo za tehnologijo litij železove baterije LFP, ki so trenutno najpogostejše za domačo in industrijsko uporabo. Zato je pod izrazom baterija mišljena LFP baterija.

Temperatura

Vsi vemo da so litijeve baterije občutljive na nižje temperature. Tega se dobro zavedajo tisti, ki že uporabljajo električni avtomobil, saj pri nizkih temperaturah nimajo enakega dosega kot pri višjih temperaturah. Torej zanima nas zakaj je temu tako.

Litijevim baterijam se pri nizkih temperaturah zniža zmogljivost, saj se jim s temperaturo spreminja kemijska aktivnost in s tem notranja upornost, ta relacija je obratno sorazmerna. Višja kot je temperatura baterije, nižja je notranja upornost in nižja kot je temperatura baterije, višja je notranja upornost, kot kaže s 1.



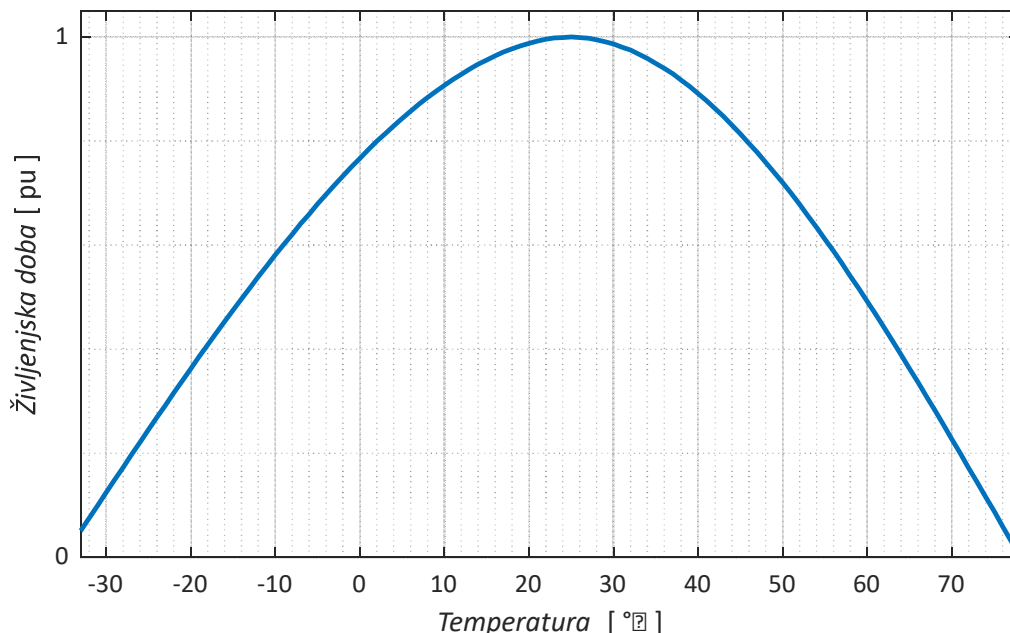
Slika 1: Vpliv temperature na notranjo upornost

Pri neki vrednosti toka, se pri nizkih temperaturah napetost bolj sesede, kot pri višjih temperaturah. To ima za posledico nižjo moč praznjenja, in ker se pri isti tokovni obremenitvi napetost bolj sesede, le ta hitreje doseže spodnjo napetostno omejitev in dobimo manj energije iz baterije, kot pri višjih temperaturah. Čeprav je energija še v bateriji, je pri istem toku ne moremo dobiti iz nje.

Nizke temperature pa tudi vplivajo na polnjenje litijevih baterij. Ne samo, da se jih zaradi višje notranje upornosti ne more polniti z isto amplitudo toka, temveč se pri polnjenju pri nizkih temperaturah pojavijo tudi degenerativni procesi, ki baterijam skrajšujejo življenjsko dobo. Prihaja do pojava imenovanega »Lithium plating«, kjer se litij prenaša na anodo, s tem pa je razpoložljivega litija za shranjevanje energije zmeraj manj. Nižja kot je temperatura in višja kot je amplituda toka bolj izrazit je pojav. Za »Lithium plating« ni potrebna zgolj nizka temperatura ampak se lahko pojavi tudi pri višjih temperaturah, če je amplituda toka visoka. Ker se litij neposredno odlaga na anodi, se lahko sčasoma poškoduje struktura baterije, kar skrajša njeno življenjsko dobo in poveča tveganje za kratke stike znotraj baterije, kar lahko vodi v pregrevanje ali celo požara [1], [2].

Drugi problem je delovanje baterij pri višjih temperaturah, kar povzroči večjo kemično aktivnost, s katero pa se pospeši degradacija baterije, to je elektrolita in materiala obeh elektrod. Slednje vodi do hitrejšega upada kapacitete baterije in skrajšanja njene življenjske dobe. Pri visokih temperaturah lahko pride do degradacije ali razgradnje obstoječe SEI (Solid Electrolyte Interphase) plasti, kar lahko povzroči izpostavljenost delov anode elektrolitu in s tem dodatno rast SEI. To poveča notranjo upornost, hkrati pa lahko porabi tudi litijeve ione, ki bi sicer bili uporabljeni za elektrokemične reakcije, s čimer dodatno zmanjšuje kapaciteto baterije. Visoka temperatura lahko tudi povzroči neenakomerno rast SEI plasti, kar lahko privede do neenakomerne porazdelitve litijevih ionov v bateriji. To lahko vodi v lokalizirano pregrevanje in poveča tveganje za mehanske poškodbe [3], [4].

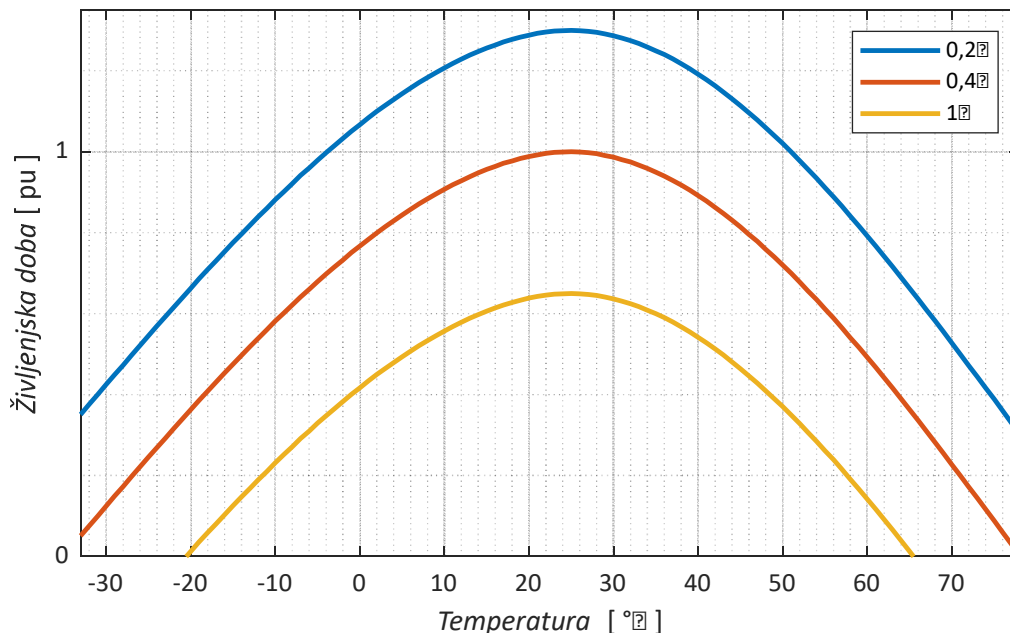
Slika 2 kaže vpliv temperature na življenjsko dobo baterij v normirani enoti. Idealna temperatura za litij-železove baterije LFP je 25°C [5]. Pri tej temperaturi doživlja baterija najmanj degenerativnih procesov. Odmik od te temperature v katero koli smer povečuje degenerativne kemične procese, ki ji skrajšujejo življenjsko dobo [6].



Slika 2: Vpliv temperature na življenjsko dobo baterije.

Zaradi navedenih razlogov proizvajalci večjih baterijskih hranilnikov energije, kot so na primer kontejnerske izvedbe, kjer je zahtevana daljša življenjska doba, zelo skrbijo, da je temperatura pri nazivnih obremenitvah znotraj idealnega območja, ki znaša $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, kar pomeni med 22°C in 28°C .

Proizvajalec baterij poda življenjsko dobo baterij pri določeni temperaturi, ki je običajno 25°C. Življenjska doba je navedena v številu ciklov ali pa v skupni oddani energiji v njeni življenjski dobi v MWh in omejitvi v letih, na primer 10 let. Zelo pomemben podatek poleg temperature je tok pri katerem je proizvajalec navedel življenjsko dobo. Pogosto ta znaša za litij-železove baterije med 0,2C in 0,5C. C-faktor je relacija med kapaciteto, časom praznjenja, in tokom.



Slika 3: Vpliv temperature na življenjsko dobo baterije

Slika 3 kaže vpliv temperature in toka baterij na njihovo življenjsko dobo. Ta izris služi razumevanju relacij, saj so v realnosti dejanske vrednosti za vsako baterijo drugačne. Če je na primer proizvajalec navedel življenjsko dobo pri 0,4C, bomo pri uporabi baterije z nižjim tokom na primer 0,2C, tej isti bateriji podaljšali življenjsko dobo. Če baterijo polnimo in praznimo z višjo amplitudo toka, na primer 1C, ji bomo skrajšali življenjsko dobo.

Tako ima lahko ista baterija v eni aplikaciji na primer 3000 ciklov v drugi aplikaciji z večjo obremenitvijo pa zgolj 2000 ciklov, v tretji aplikaciji z še večjo obremenitvijo pa na primer zgolj 900 ciklov. Iz tega sledi, da je število ciklov, oziroma življenjska doba, zmeraj stvar dimenzioniranja, saj je lahko ta vrednost za isto baterijo 500 ciklov ali pa 7000 ciklov, odvisno od obremenitve. To znajo prodajalci dobro izkoristi, zato je poleg podatkovnega lista še bolj pomembno branje garancijske izjave.

Napetost

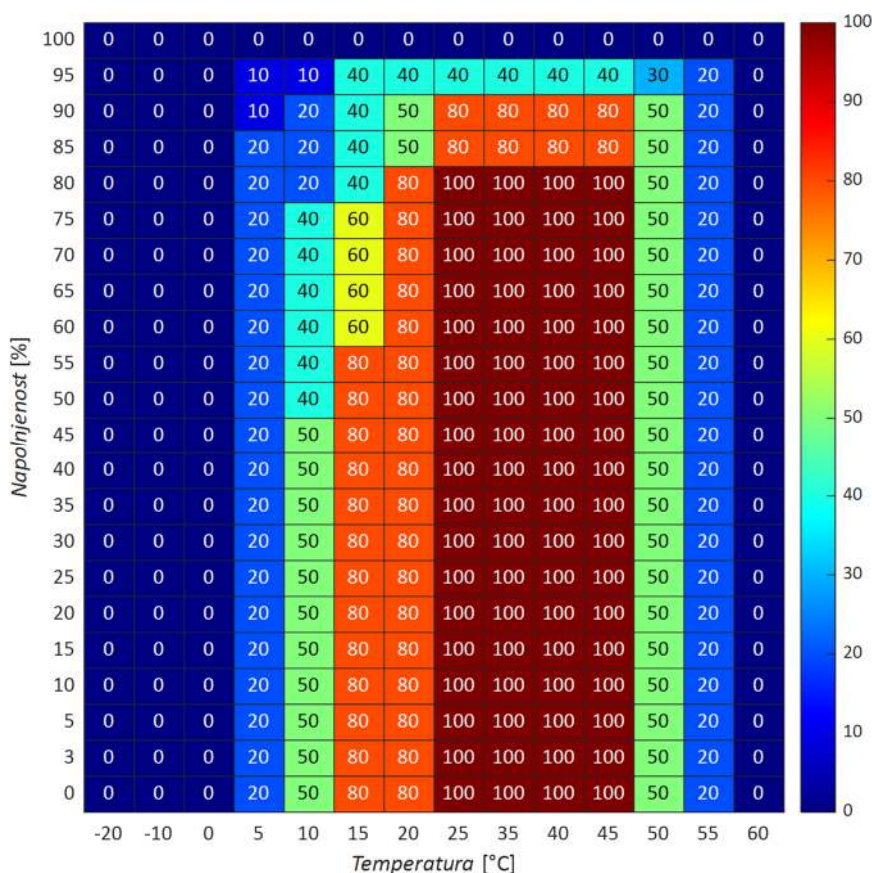
Visoka stopnja napolnjenosti baterije lahko znatno vpliva na življenjsko dobo litij-ionskih baterij. Ti učinki izhajajo iz več ključnih mehanizmov, povezanih s kemičnimi procesi znotraj baterije. Če je baterija popolnoma napolnjena torej je na zgornjih vrednostih napetosti napolnjenosti pospeši degradacija elektrod in elektrolita. To je deloma posledica večje obremenitve materialov in pospešene kemične reakcije, ki lahko povzročijo hitrejšo razpadanje in staranje materialov. Dolgotrajno izpostavljanje visoki napetosti lahko privede do korozije in oksidacije katodnih materialov, kar vodi v strukturne spremembe materiala in izgubo aktivne mase. To neposredno vpliva na zmanjšanje kapacitete baterije in njene sposobnosti, da ohranja napolnjenost.

Visoka napetost lahko spodbudi dodatno rast SEI plasti na anodi, kar lahko sčasoma vodi do večje notranje upornosti baterije. To ne samo zmanjšuje učinkovitost baterije, ampak tudi povečuje porabo

litijevih ionov, ki niso več na voljo za shranjevanje energije, kar zmanjšuje skupno kapaciteto baterije. Visoka napetost lahko poveča verjetnost termične izgube nadzora »Thermal runaway«, saj so materiali pod večjo obremenitvijo, kar lahko vodi do neželenih eksotermnih reakcij in do preboja med plastmi.

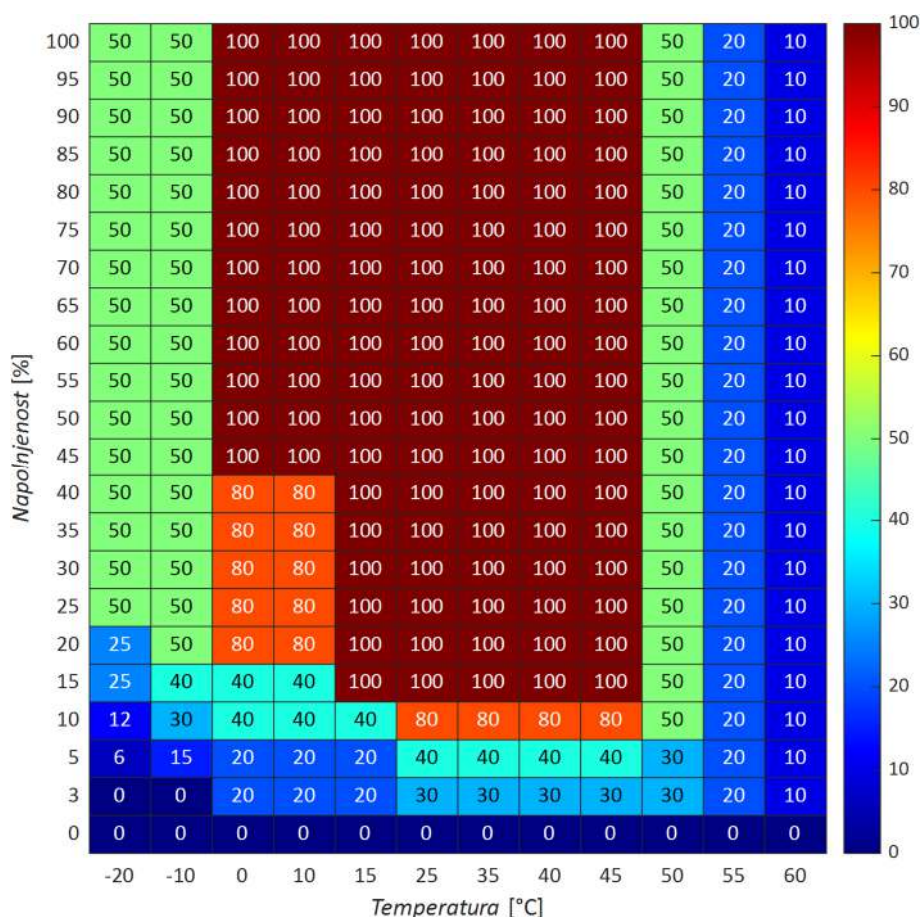
Prav tako ima negativne posledice, če dolgotrajno vzdržujemo baterijo pri zelo nizki napetosti, saj se lahko s tem povzroči, da baterija vstopi v stanje globokega praznjenja, kar je za njo škodljivo, saj lahko dolgotrajna izpostavljenost nizkim napetostim povzroči ireverzibilno spremembo na strukturi elektrod. Pri zelo nizkih stopnjah napolnjenosti lahko, pri ponovnem polnjenju (zlasti pri nizkih temperaturah), pride do pojava »Lithium plating«, kjer se litij prenaša na anodo. Prenos litija zmanjša kapaciteto baterije in poveča notranjo upornost, kar negativno vpliva na njeno zmogljivost in življenjsko dobo.

Torej, če želimo bateriji podaljšati življenjsko dobo, je za daljši čas ne puščamo izpraznjene ali pa čisto napolnjene. Zaradi teh razlogov se v industrijskih aplikacijah žrtvuje del kapacitete in se nikoli ne prazni na mejno spodnjo vrednost napetosti in ne polni na zgornjo mejo napetosti, ki jo je določil proizvajalec, temveč se posledično izbere ožji razpon napolnjenosti SO₂ (State Of Charge), da se bateriji podaljša življenjsko dobo, na primer v razponu SO₂ od 15% do 90%. Za daljšo hranjenje je primerno, da je baterija napolnjena na 40-50 %.



Slika 4: Maksimalne vrednosti toka polnjenja v % pri različnih temperaturah in napolnjenosti

Vse baterije imajo vgrajen elektronski sklop BMS (Battery Management System), ki skrbi za varno delovanje samih vgrajenih celic. Slednje pomeni, da morajo biti napetost, temperatura in tok znotraj določenih vrednosti. BMS neprestano pošilja pretvorniku podatke o maksimalni vrednosti toka polnjenja in praznjenja baterije, kot kažeta sliki 4 in 5.



Slika 5: Maksimalne vrednosti toka praznjenja v % pri različnih temperaturah in napolnjenosti

Če so vrednosti toka podane na slikah 4 in 5 presežene, BMS odklopi baterijo od pretvornika. Različne baterije imajo različne omejitve zato se lahko mejne vrednosti rahlo razlikujejo od podanih.

Ožje zahteve za omejitve toka ima polnjenje baterije, zato v praksi določa omejitve dnevne uporabe pri sistemih za domačo uporabo, kjer običajno niso aktivno ogrevane oziroma hlajene. Če so baterije nameščene zunaj, jih pozimi večino časa ne moremo uporabljati, če pa so v ogrevani stavbi pa predstavljajo veliko varnostno tveganje.

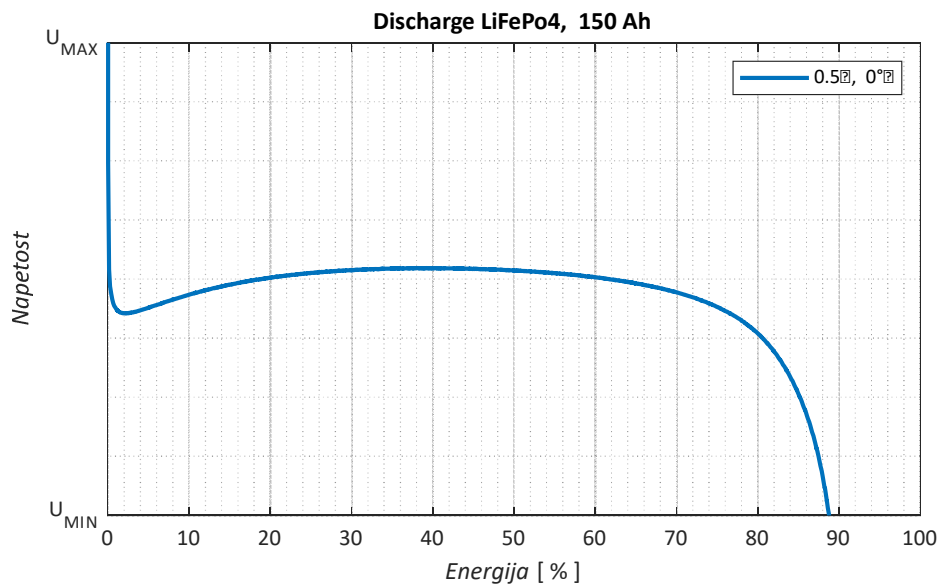
Dobra baterija

Vsi bi radi izbrali dobro baterijo, a kako prepoznati dobro baterijo, oziroma baterijski modul. Najučinkovitejša metoda je meritev praznjenja modula pri nazivnih vrednostih, ki jih je proizvajalec navedel v podatkovnem listu in pri nižani temperaturi. Pogosto je temperatura za katero je proizvajalec navedel podatke in grafe 25°C in tok 0,5C. Dobljene rezultate meritev primerjamo z podatki in grafi iz podatkovnega lista.

Naše izkušnje kažejo, da v nekaterih primerih dokaj neznanih proizvajalcev baterijskih modulov že pri osnovni meritvi prihaja do razhajanj med meritvami in podatki, ki jih je podal proizvajalec. Takšnim baterijam se je treba izogniti, saj obstaja velika verjetnost, da so narejene s celicami z izmeta ali pa še huje, s celic starih modulov kot »obnovljene«. Takšne celice lahko predstavljajo veliko varnostno tveganje.

Naslednji preizkus je meritev padca napetosti praznjenja polne baterije. Naredi se s stopnično spremembo iz 0 A na 1 A. Ta test traja zgolj nekaj sekund, da se odvije prehodni pojav. Bolj kot se napetost sesede slabša je baterija.

Naslednja meritev je ponovitev obeh opisanih meritev a pri nižani temperaturi 0 °C ali nižje, s premostitvijo BMS-a. Če je proizvajalec navedel kapaciteto pri nižani temperaturi, naredimo meritev pri isti temperaturi. Nižja kot je dobljena energija iz baterije in bolj kot poteki napetosti po obliki in vrednostih odstopajo od podatkov na podatkovnem listu, slabša je baterija. Slika 6 kaže primer poteka napetosti praznjenja **slabe** baterije. Pri nižani temperaturi in 0,5 A se napetost zaradi velike notranje upornosti sesede, za več kot polovico delovnega razpona. Baterija je tudi izrazito termično občutljiva. Zaradi velike notranje upornosti se pospešeno greje, kar ji rahlo izboljša lastnosti. Zato se ji, ko se ogreje, zviša napetost. Tega pojava pri novih dobrih baterijah ni. Na zadnje pa še je viden upad oddane razpoložljive energije napram meritvi pri 25 °C. Zgolj v opombo, tudi pri 25 °C baterija ni dosegala nazivnih vrednosti, kot so bile podane v podatkovnem listu.



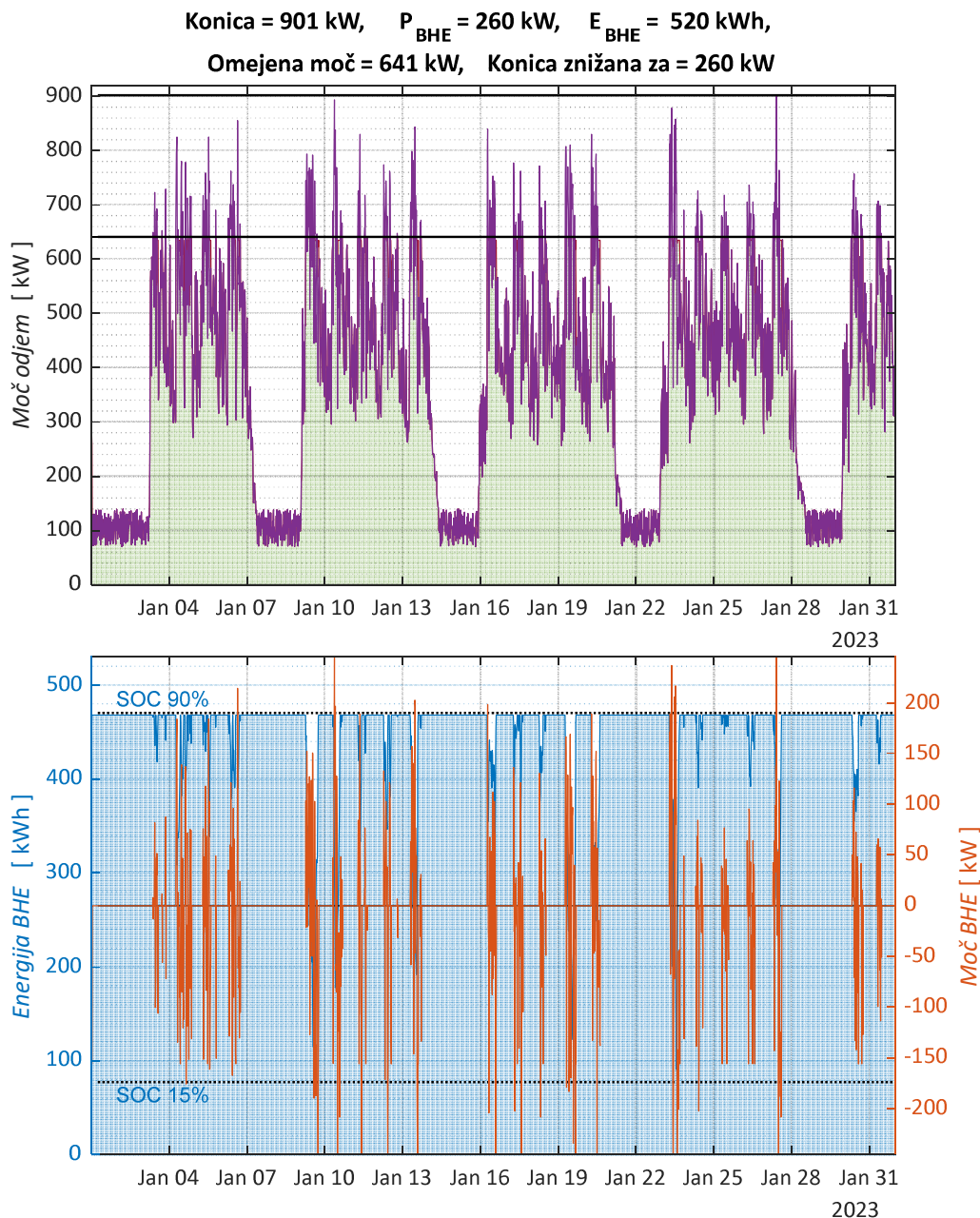
Slika 6: Primer poteka napetosti praznjenja slabe baterije

Naše izkušnje kažejo, da so velike razlike med različnimi baterijskimi moduli na trgu. Nekaj je takšnih, ki so skladni z navedbami v podatkovnih listih. Žal je precej tudi takšnih, ki ne odražajo stanja podanega v podatkovnih listih. Za doseganje želene življenjske dobe je potrebna ustrezna izbira in nastavitev delovanja baterije s pretvornikom. V kritičnih aplikacijah je nujno izvesti meritve in preveriti ustreznost baterijskih modulov.

Dimenzioniranje baterijskega hranilnika

Za začetek je potrebno definirati kaj pričakujemo od baterije. Potrebno je definirati moč in časovno komponento, življenjsko dobo. Ker v večino aplikacijah želimo, da baterija deluje z želeno močjo tudi proti koncu življenjske dobe, je potrebno baterijo ustrezno predimenzionirati. Zato je potrebno izbrati ustrezen η -faktor, mejo praznjenja SOH_{LOW} in mejo polnjenja SOH_{HIGH} . To storimo na podlagi proizvajalčeve karakteristike upadanja kapacitete vgrajenih celic. Da lahko izračunamo potrebno kapaciteto BHE je treba izvesti izračune in simulacije na podlagi zahtev in dejanskih števnih meritev.

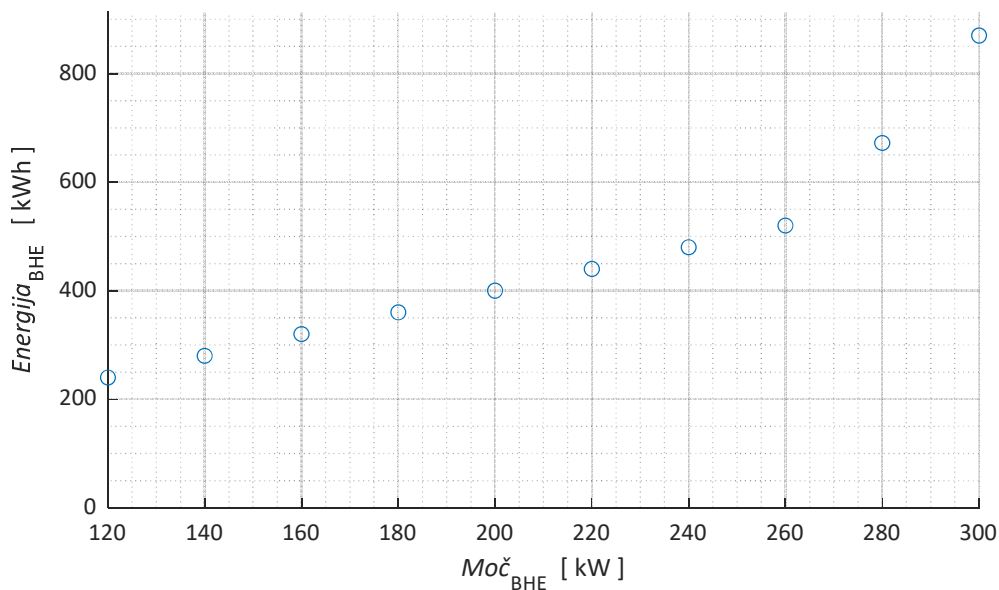
Slika 7 kaže števčne meritve industrijskega odjemalca in simulacijo delovanja BHE za potrebe nižanja konične moči. Vhodni podatki za BHE so maksimalni tok 0,5 $\square$, SO $\square$ _{LOW} = 15% in SO $\square$ _{HIGH} = 90%. Nato pa z razvitim algoritmom izračunamo maksimalno moč, preden je potrebna energijska kapaciteta BHE spremeni naklon.



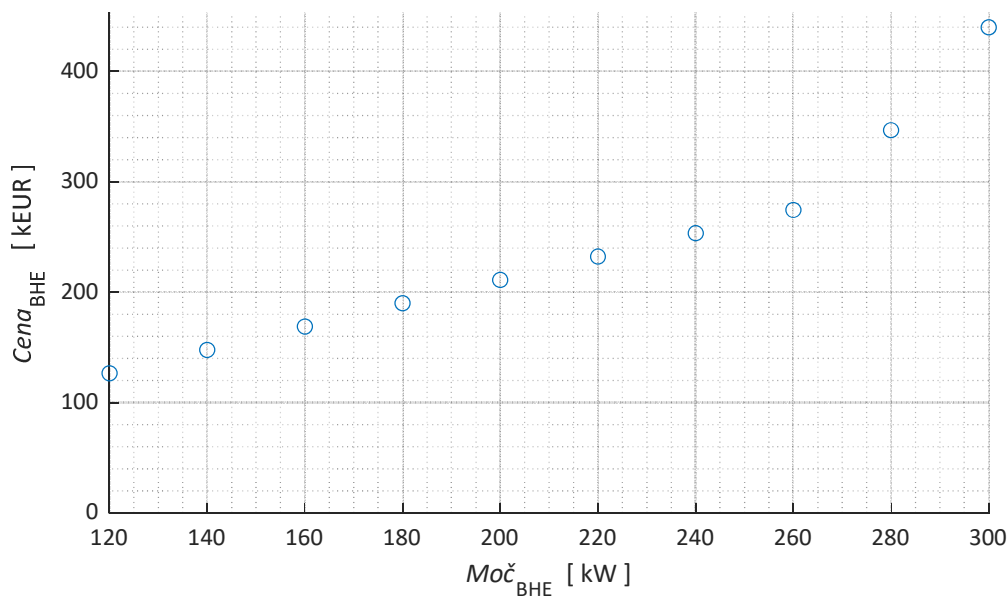
Slika 7: Števčne meritve s simulacijo delovanja baterijskega hranilnika energije.

Slika 8 kaže rezultat različnih vrednosti moči in potrebne energijske kapacitete BHE za zagotavljanje želene moči. Do moči 260 kW in energijske kapacitete 520 kWh je razmerje med močjo in energijsko kapaciteto BHE linearno. Pri zagotavljanju večje moči pa potrebna energijska kapaciteta ne narašča več linearno z močjo. Strmina podane karakteristike (slika 8) se spremeni in za prirastek enote moči je potreben bistveno večji prirastek energijske kapacitete BHE kot pri nižjih močeh. Sicer bi se zgodilo, da se bi hranilnik spraznil in ne bi bilo mogoče znižati konične moči. Rezultat simulacije kaže, da je za potrebe nižanja konične moči obravnavanega industrijskega odjemalca primeren BHE moči 260 kW in

energijske kapacitete 520 kWh. Ker se baterijskih hranilnikov s takšnimi parametri ne prodaja je najbližji dobavljiv BHE moči 250 kW in energijske kapacitete 500 kWh.



Slika 8: Rezultati simulacij v različnih točkah moči in potrebne energije za zagotavljanje zelene moči.



Slika 9: Cena BHE za zagotavljanje zelene moči BHE

Preden gremo v investicijo je potrebno vedeti tudi koliko nas bo stal zeleni BHE. Slika 8 podaja vrednosti moči in potrebne energijske kapacitete BHE, na sliki 9 pa je podana okvirna cena BHE brez pripravljalnih in montažnih del.

Sklep

Baterijski hranilniki energije nam lahko delno pomagajo reševati težave, ki jih prinaša tako imenovani zeleni prehod. Zaradi relativno novih tehnologij je na trgu žal precej rešitev, ki so manj primerne in v

nekaterih primerih celo nevarne. S časom se bo pokazalo, katere rešitve so ustrezne in katere niso. Do takrat pa bo potrebno pridobivati čim več znanja. S čim boljšim razumevanjem delovanja novih tehnologij in preverjanjem dejanskih lastnosti BHE bomo plačevali nižjo ceno kot bi jo sicer, če bi nasedali nepreverjenim podatkom oglaševalcev.

Viri

- [1] Q. Liu , B. Shen in Y. Gao , „Understanding undesirable anode lithium plating issues in lithium-ion batteries,” *The Royal Society of Chemistry*, 2016.
- [2] X. Lin, K. Khosravinia in W. Lu, „Lithium Plating Mechanism, Detection, and Mitigation in Lithium-Ion Batteries,” *Progress in Energy and Combustion Science*, Izv. 87, 2021.
- [3] G. Liu in W. Lu, „A Model of Concurrent Lithium Dendrite Growth, SEI Growth, SEI Penetration and Regrowth,” *Journal of The Electrochemical Society*, p. 164, 2017.
- [4] M. Frankenberger, M. Trunk, S. Seidlmayer, A. Dinter, J. Dittloff, L. Werner, R. Gernhäuser, Z. Revay, B. Märkisch in R. Gilles, „SEI Growth Impacts of Lamination, Formation and Cycling in Lithium Ion Batteries,” *Batteries*, Izv. 21, p. 6, 2020.
- [5] K.-Q. Zhu, H.-H. Lin in K.-Q. Zhu, „Cycle life analysis of series connected lithium-ion batteries with temperature difference,” *Journal of Power Sources*, Izv. 263, pp. 75-84, 2014.
- [6] M. Loveridge, J. Tan in D. Greenwood, „Temperature Considerations for Charging Li-Ion Batteries: Inductive versus Mains Charging Modes for Portable Electronic Devices,” *ACS Energy Letters*, pp. 1086-1091, 2019.



dr. Viktor Lovrenčič, univ.dipl.inž.el.
viktor.lovrencic@c-g.si

Ana Lovrenčič, mag.inž.el
ana.lovrencic@c-g.si

C&G d. o. o. Ljubljana, Riharjeva 38, 1000 Ljubljana

, mag. Andrej Androjna, univ.dipl.inž.str.²
andrej.androjna@quantum-consulting.si

– QUANTUM Consulting, Zgornja Slivnica 3C, 1293 Šmarje - Sap

VARNOST IN ZDRAVJE VZDRŽEVALCEV – CILJ NIČ NEZGOD (LOTO – Lock Out/Tag Out = ZAKLENI/OZNAČI)

Povzetek:

Vzdrževanje je dejavnost, ki je prisotna povsod. Vpliva na vsa delovna mesta v vseh gospodarskih panogah ter na zaposlene na vseh ravneh. Vzdrževanje se torej ne nanaša samo na delavce, katerih delovne naloge vključujejo vzdrževanje. Že več kot dve desetletji aktivno spremljamo »Kampanje za zdravo delovno okolje«, ki jih vodi EU-OSHA in so vodilne dejavnosti ozaveščanja.

Njihovo sporočilo je: »Varnost in zdravje pri delu – skrb vsakogar. Dobro za vas. Dobro za posel«. EU-OSHA s pripravo prosto dostopnih praktičnih priročnikov prispeva k promociji. Posebno pozornost je pritegnila zanimiva kampanja »2010-2011 Varnost pri vzdrževalnih delih«, kjer je bil poudarjen pomen varnega vzdrževanja kot bistvenega za dobro delovno prakso, pri kateri so upoštevani vsi vidiki varnosti in zdravja pri delu. Čeprav med posameznimi gospodarskimi panogami obstajajo razlike (na primer glede na posamezne vrste strojev, ki se uporabljajo), so bila v tej kampanji opredeljena splošna načela varnega vzdrževanja, ki veljajo za najrazličnejša delovna okolja v Evropi. Evropski oz. slovenski predpisi in standardi predpisujejo delodajalcu obvezo izdelave ocene tveganja. Tako je CENELEC/SIST TC/DPN izdal novo verzijo standarda SIST EN 50110-1:2023 Obratovanje električnih postrojev, ki podpira idejo »nič nezgod« med električarji. .

Že nekaj let so avtorji referata aktivni v delovni skupini CEN TC319 WG15, ki pripravlja standard, prEN 17975 Vzdrževanje – Proces obvladovanja tveganj energij in fluidov pri vzdrževalnih dejavnostih – Smernice. Ta standard LOTO – Lock Out/Tag Out = ZAKLENI/OZNAČI) odpira novo področje zagotavljanja varnosti vseh strok pri vzdrževanju kompleksnih objektov, strojev in naprav. Končni cilj predpisov in standardov je seveda »nič nezgod« oz. prispevati k zmanjšanju števila nezgod ali obolevanj zaradi neustreznega izvajanja vzdrževanja.

Ključne besede: varno delo, vzdrževanje, ocena tveganja, LOTO, zakleni, označi, nič nezgod

1. UVOD

Avtorji referata se velik del svoje poklicne poti srečujejo s procesi v vzdrževanju, pri čemer se aktivno ukvarjajo tudi z varnostjo in zdravjem vzdrževalcev na elektro in strojnem področju. V zadnjem obdobju so aktivno vpeti v izdelavo novega evropskega standarda »LOTO« v okviru delovne skupine CEN/TC 319/WG 15 - SAFETY AND MAINTENANCE (CEN - The European Committee for Standardization oz. Evropski komite za standardizacijo), in sicer prEN 17975 Maintenance - Energies and fluids risks control process for maintenance tasks – Guidance, oz. Vzdrževanje - Proces nadzora tveganj, povezanih z energijami in fluidi, pri vzdrževalnih opravilih - Napotki (v nadaljevanju LOTO) [1].

Trenutno potekajo zadnja usklajevanja teksta prEN 17975 LOTO [1] ob pričakovanju izdaje tega novega standarda v drugi polovici leta 2024. Zanimivo, da je nenačrtovano sočasno s to akcijo je objavljen tudi najnovejši standard SIST EN 50110-1:2023 Obratovanje električnih postrojev - 1. del: Splošne zahteve (Operation of electrical installations - Part 1: General requirements). Sprejet je v odboru SIST/TC DPN - Delo pod napetostjo, ki je v zadnji izdaji nadgradil oz. razširil standard objavljen leta 2013, ki je bil preveden leta 2015 [2].

Standard SIST EN 50110-1:2023 [2] opredeljuje varno delo električarjev (elektro vzdrževalcev), ki ga osnutek prEN 17975 dosledno citira, ko gre za »varnost pred električno energijo«, saj so LOTO zahteve ozko povezane s petimi varnostnimi (zlatimi) pravili pri delu v breznapetostnem stanju!

Oba standarda obravnavata tehnična odbora SIST/TC VZD (Vzdrževanje) oz. SIST/TC DPN (Delo pod napetostjo). Avtorji sodelujejo v obeh tehničnih odborih ter tako kompetentno predstavljajo vsebino in zahteve obeh standardov.

Angleška kratica LOTO (Lock Out/Tag Out = ZAKLENI/OZNAČI) se sicer dobesedno nanaša na zaklepanje in označevanje strojev, naprav in opreme za potrebe vzdrževalnih posegov (uveljavljena različica je tudi LOTOTO, ki pomeni Lock Out/Tag Out/Try Out = ZAKLENI/OZNAČI/PREIZKUSI). Gre za izjemno pomembno temo, katere dosledna uporaba v praksi je dostikrat prihranila tudi življenja vzdrževalcev. Avtorji želijo promovirati obravnavano problematiko med vodji in izvajalci vzdrževanja, z namenom doseganja cilja »nič nezgod« (Zero Accidents) pri izvajanju vzdrževanja. Rezultati raziskav in strokovna promocija varnosti in zdravja pred nevarnostjo električne energije, ob cilju »nič nezgod« pri delu na električnih inštalacijah, so predstavljeni v številnih znanstvenih in strokovnih prispevkih, tudi na Kotnikovih dnevih v Radencih, še posebej ob uvajanju dela pod napetostjo v slovensko prakso preventivnega vzdrževanja električnih inštalacij in postrojev na nizkonapetostnih in srednjenapetostnih postrojih [3-12].

Bodočim uporabnikom standarda prEN 17975 so predstavljena osnovna navodila, ki pomagajo upravljati tveganja, povezana z energijami in fluidi med vzdrževalnimi dejavnostmi na napravah oz. strojih pri vzdrževanju. Vsak delodajalec mora v skladu s splošnimi pogoji v podjetju:

- ✓ določiti korelacijo med procesi in standardnimi praksami;
- ✓ določiti vloge in odgovornosti oseb, ki sodelujejo v procesu.

Standard prEN 17975 se nanaša na koncepte, definicije, pravila, priporočila in najboljše prakse, povzete iz nacionalnih in mednarodnih standardov, ki zajemajo dejavnosti za zagotavljanje varnosti delavca glede energij in fluidov. Ta dokument obravnava upravljanje tveganj, povezanih z energijami in fluidi (praški, plini, tekočine); opozoriti je treba, da nekatere pokrivajo posebni predpisi ali standardi. Okoljska tveganja, povezana z energijami in fluidi, niso zajeta v tem dokumentu.

Priporočila, navedena v standardu, so bila pripravljena z namenom zagotavljanja varnosti in zdravja delavcev v bližini nevarnih energij in tekočin med izvajanjem opravil vzdrževanja, nastavitvev, spreminjanja formatov, ne glede na industrijo. Priporočila se nanašajo na posamezne aktivnosti in se uporabljajo pred, med in po operaciji vzdrževanja za:

- ✓ energije, ki jih dovajajo, zadržujejo, prenašajo ali sproščajo procesi, proizvodi in fluidi;
- ✓ tveganja pomanjkanja vitalnih elementov za delavca (npr. zrak za dihanje);
- ✓ tveganja, povezana s prisotnostjo nevarnih fluidov oz. tekočin za delavca in okolico.

Na koncu uvoda omenimo, da so bile objavljene številne predstavitve standarda SIST EN 50110-1 tudi v Radencih ter da ob originalni angleški verziji obstaja tudi slovenska veljavna izdaja v letu 2015 (predhodna verzija je bila izdana v letu 2010, v letu 2024 bo TC/DPN začel s prevodom najnovejše verzije SIST EN 50110-1:2023). Ta standard je skrbno predstavil evropske izkušnje na področju varnega dela električarjev. Že vrsto let tečejo aktivnosti posodobitve Pravilnika o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka [13] iz leta 1992. Tudi v Radencih smo že sprejemali sklepe in pošiljali pobude na ministrstvo (MDDSZEM) glede posodobitve tega pravilnika [13] ter vključevanje standarda SIST EN 50110 (glej Poročilo o 33. posvetovanju o močnostni elektrotehniki in sodobnih električnih inštalacijah KOTNIKOVI DNEVI, 5.4.2012).

2. VARNOST IN ZDRAVJE VZDRŽEVALCEV – CILJ NIČ NEZGOD

Prav je, da poudarimo, da se v svetu, še posebej v ZDA, uspešno promovira koncept vzdrževalnih del brez nezgod oziroma »nič poškodb« že več kot tri desetletja. Kampanja CII (Construction Industry Institute, Huston, Texas) in njihov projekt »Zero Accidents Techniques«, ki so ga razvijali nekaj let (1989–1993) in lansirali leta 1993 (Hinze in Wilson, 2000) vodi k cilju »zero injury«. Idejo vzdrževanja lahko povežemo s konceptom »Zero Defects«, ki ga je oblikoval guru kakovosti Crosby že leta 1980 in je dal osnovo za projekt CII »zero injury«, ki jo podpira integriran sistem vodenja ISO 9001, ISO 45001 (prej OHSAS 18001) in ISO 55001 [12].

Agencija EU-OSHA (Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu, European Agency for Safety and Health at Work) ustanovljena leta 1994 v Bilbao v Španiji, ima za cilj, da bi s spodbujanjem varnostne kulture postala evropska delovna mesta bolj varna, zdravju prijazna in produktivnejša. EU-OSHA že več kot dve desetletji aktivno vodi »Kampanje za zdravo delovno okolje«, ki so bile prej imenovane »evropski tedni varnosti in zdravja pri delu« in se izvajajo od leta 2000. Te kampanje so vodilne dejavnosti ozaveščanja in glavni način širjenja sporočila delavcem po vsej Evropi. Njihovo sporočilo je: »Varnost in zdravje pri delu – skrb vsakogar. Dobro za vas. Dobro za posel«. Te kampanje so zdaj največje tovrstne na svetu. EU-OSHA s pripravo prosto dostopnih praktičnih vodnikov in orodij prispeva k njihovi promociji in zanimiva kampanja »2010-2011 Varnost pri vzdrževalnih delih« [14] je pritegnila posebno pozornost.

Vzdrževanje je dejavnost, ki je prisotna povsod. Vpliva na vsa delovna mesta v vseh gospodarskih panogah ter na zaposlene na vseh ravneh. Vzdrževanje se torej ne nanaša samo na delavce, katerih delovne naloge vključujejo vzdrževanje. V omenjeni kampanji je bil poudarjen pomen varnega vzdrževanja kot nečesa, kar je bistveno za dobro delovno prakso, pri kateri so upoštevani vsi vidiki varnosti in zdravja pri delu. Čeprav med posameznimi gospodarskimi panogami obstajajo razlike (na primer glede na posamezne vrste strojev, ki se uporabljajo), so bila v tej kampanji opredeljena splošna načela pravilnega vzdrževanja, ki veljajo za najrazličnejša delovna okolja v Evropi. Cilji kampanje [14]:

- ✓ ozaveščanje o pomembnosti vzdrževalnih del za varnost in zdravje delavcev, tveganjih, povezanih z vzdrževanjem, in potrebi po varnem vzdrževanju;

- ✓ ozaveščanje o pravnih in drugih obveznostih delodajalcev v zvezi z varnostjo pri izvajanju vzdrževalnih del in o njihovi gospodarski upravičenosti;
- ✓ spodbujanje enostavnega, strukturiranega pristopa k upravljanju varnosti in zdravja pri vzdrževalnih delih na podlagi ustrezne ocene tveganja („pet osnovnih pravil za varno vzdrževanje“).

Končni cilj je prispevati k zmanjšanju števila vzdrževalcev, ki se poškodujejo ali zbolijo zaradi neustreznega ali nezadostnega vzdrževanja – zdaj in v prihodnosti [14].

Aktualnost problematike varnosti in zdravja pri delu (VZPD) je dokazljiva preko domače (IRSD - MDDSZEM) in evropske statistike (European statistics on Accidents at Work, ESAW) o delovnih nezgodah in smrtnih nesrečah pri delu. Statistika o nezgodah je orodje opozarjanja na tveganja (resnost in frekvenca dogodka) in del kampanje varnega dela pri vzdrževanju. Predhodno smo že zapisali, da si EU-OSHA pomaga s podatki, ki jih obdeluje Eurostat oziroma Evropska statistika o nezgodah pri delu (European statistics on Accidents at Work, ESAW). Znova naj poudarimo, da Eurostatovi podatki iz petih držav EU kažejo, da je po podatkih za leto 2006 vsaj 15–20 % vseh nezgod in 10–15 % nezgod s smrtnim izidom povezanih z vzdrževalnimi dejavnostmi [14,15].

Torej omenjene kampanje EO-OSHA in uveljavitev priporočil standardov prEN 17975 LOTO ter SIST EN 50110-1 ob doslednem spoštovanju zahtev nacionalnih predpisov na področju varnosti in zdravja pri delu tudi v Sloveniji vodijo k cilju »nič nezgod«.

3. KAJ JE LOTO?

LOTO – Lock Out/Tag Out = ZAKLENI/OZNAČI je postopek, ki učinkovito preprečuje neželene sprostitve nevarnih energij in nepričakovane zagone pri vzdrževanju, zagonih, zaustavitvah, čiščenju, kontroli in drugih posegih v delovna sredstva ter električne in strojne inštalacije. Zagotavlja zelo visok nivo varnosti vseh udeleženi v procesih ter preprečuje nastanek škode na delovni opremi in inštalacijah. Sistem ima za podjetja zelo ugodne učinke, zato se hitro širi ter je apliciran v vedno večjem številu svetovnih in domačih podjetij ter njihovih podružnicah [16].

ZAKLENI/OZNAČI je postopek, ki v prvi vrsti varuje zaposlene pred poškodbami, neželeni vklopi oz. sprostitve energije pa imajo velikokrat za posledico tudi poškodbe opreme (strojelom), kar pomeni velike stroške in zastoje v delovnih procesih. Gre za načrtovan sistem, s katerim zelo učinkovito ločimo opremo od nevarnih energetskih virov in sprostimo shranjeno potencialno energijo za potrebe varnega vzdrževanja. Na fizičnem nivoju oprema tipično zajema obešanko, ključ in opozorilno tablico ter po potrebi še zaklepno napravo. Ta je potrebna, kadar energetski izolator (stikalo, ventil ipd.) ni prirejen za zaklepanje. Sistem tako hkrati opozarja in mehansko preprečuje nenamerne vklope, odpiranja in druge načine sproščanja nevarne energije [17].

LOTO je varnostni sistem, s katerim imajo vsi posamezniki, ki delajo na istem vezju ali opremi, lastno osebno ključavnico. Zahteva, da vsak delavec izpolni formular z njihovim imenom in opisom dela, ki ga opravljajo. Če se hkrati obdeluje več lokacij, mora delavec za vsako uporabiti ločeno ključavnico [18].

Standardni postopek LOTO se začne s prepoznavanjem vseh potencialnih virov energije za sredstvo, na kateri se dela. Določeno sredstvo se napaja le z enim samim stikalom, drugo pa lahko vključuje kondenzatorje ali rezervne baterije, ki jih je treba izprazniti ali odklopiti, da se prepreči nehotena dobava električne energije. Preden pooblaščen delavec izklopi linijo ali vezje, mora biti izvajalec popolnoma obveščen o vrsti in obsegu dela, ki ga je treba opraviti. Izvajalec mora biti seznanjen tudi z

nevarnostmi energije, ki jo je treba izklopiti, in metodo za nadzor moči. Osnovni koraki postopka LOTO lahko vključujejo naslednje [18]:

- ✓ Priprava na zaustavitev: vsi delavci v območju so obveščeni o izklopu energije in postopku zaklepanja/označevanja.
- ✓ Izklop stroja: Stroj ali oprema, priključena na servisirano linijo ali vezje, je izklopljena.
- ✓ Izolacija stroja: vsa stikala, odklopne naprave ali izolacijske naprave, potrebne za nadzor naprave, morajo biti nameščene in aktivirane tako, da je oprema izolirana od vira energije (napajanje se izklopi).
- ✓ Vsak delavec, ki bo delal na stroju, uporabi blokado in oznako za blokado. Vsaka ključavnica in oznaka mora prikazati ime osebe, ki je zaklenila opremo. Ključavnice in oznake morajo biti standardizirane po barvi, obliki ali velikosti.
- ✓ Shranjena energija: vsa shranjena energija (kot je električna, shranjena v kondenzatorjih ali baterijah, tlak v cevovodih, komprimiran zrak, potencialna energija zaradi gravitacije itd.) mora biti izolirana.
- ✓ Preverjanje izolacije: preveriti, ali so bili vsi viri energije odklopljeni in oprema ne bo delovala.
- ✓ Ob zaključku dela na napravi in pred odstranjevanjem ključev in oznak obstajajo tudi posebni koraki. Delavci morajo pregledati delovno območje, da zagotovijo, da so bili vsi predmeti odstranjeni s stroja. Vsi delavci na območju morajo biti opozorjeni, da bo energija vklopljena. Ohraniti morajo varno razdaljo od servisiranega stroja, če pride do kakršne koli težave ob vklopu.
- ✓ Za dokončanje postopka LOTO se vse stikalne ključavnice in blokirne naprave (kot je ustrezno) odstranijo s stikal za izključitev ali izolacijske naprave, kar pomeni, da zadnji delavec daje pooblastilo za ponovno napajanje opreme.

4. RAZVOJ LOTO PROCESA V SVETU

Razvoj LOTO procesa je povezan s spoznavanjem tveganj ali, drugače povedano, z nivojem zavedanja nujnosti urejanja posameznega področja dejavnosti in s ciljem nič nezgod pri vzdrževanju. Splošen nivo kulture in zavedanja pomena VZPD v posameznih državah je gonilo oblikovanja novih zahtev in ukrepov ter nenazadnje publiciranja standardov in predpisov. V posameznih državah posamezna združenja in celo zavarovalnice na osnovi statistike nezgod oblikujejo oceno tveganja ter spodbujajo publikacijo standardov in predpisov s ciljem oblikovanja dodatnih zahtev oz. ukrepov VZPD ter tako zmanjšanja števila nezgod.

Lahko z gotovostjo zapišemo, da so prvi operativni primeri uvajanja LOTO prisotni na področju dela na električnih inštalacijah oz. postrojih. Zelo dolgo so že poznani standardi in predpisi pred nevarnostjo električnega toka, ki predpisujejo pet »zlatih« oz. varnostnih pravil pri delu v breznapetostnem stanju. Ti predpisi in standardi (npr. SIST EN 50110-1) ustvarjajo temelje za podporo kulture »nič nezgod« med elektriki.

Z zavedanjem o nevarnostih pri delu s stroji oz. s predpisanimi zahtevami o varnosti strojev se je ukrepanje in strategija varnosti s področja elektrike razširila tudi na druge nevarne energije in tekočine.

Raziskava podatkov o razvoju LOTO pripelje do ZDA, saj je nedvomno nosilka razvoja in na splošno promotor naprednih rešitev na področju VZPD. V ZDA stroka (npr. OSHA - Occupational Safety and Health Administration) že več kot tri desetletja promovira in oblikuje strategijo LOTO, kar so potrdili z izdajo zveznega predpisa 29 CFR 1910.147 The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout) že septembra 1989.

Praktično sočasno je EGS sprejela Direktivo Sveta 89/655/EGS z dne 30. novembra 1989 o minimalnih varnostnih in zdravstvenih zahtevah za uporabo delovne opreme delavcev pri delu (Ur. l. št. 393 z dne 30. 12. 1989, str. 13, z vsemi spremembami), ki ureja obveznosti delodajalca in delavca v zvezi z delovno opremo, ki se uporablja pri delu. Predhodno je bila sprejeta (okvirna direktiva) Direktiva Sveta 89/391/EGS z dne 12. junija 1989 o uvajanju ukrepov za spodbujanje izboljšav varnosti in zdravja delavcev pri delu, ki je osnova za vse naslednje EU direktive VZPD. Tej direktivi so sledile vse članice EGS in kasneje EU, med njimi tudi Slovenija po polnopravnem članstvu 1. 5. 2004.

Direktiva Sveta 89/655/EGS posebej zahteva od delovne opreme, in sicer v točkah (LOTO):

- 2.14 Vsa delovna oprema mora biti opremljena z jasno prepoznavnimi sredstvi za izolacijo od vseh lastnih virov energije. Ponovna povezava mora biti taka, da za delavce ne predstavlja tveganja.
- 2.15 Delovna oprema mora imeti opozorila in oznake, ki so bistvenega pomena za zagotovitev varnosti delavcev.

Ob omenjanju direktive 89/655/EGS, ni možno mimo evropskih naporov na področju varnosti strojev, saj so od samih začetkov oblikovanja Evropske skupnosti (Evropska skupnost za premog in jeklo (ESPJ) leta 1951; Evropska gospodarska unija (EGS) leta 1958 in Evropska unija (EU) leta 1992) sledili varni uporabi delovne opreme (»delovna oprema« je vsak stroj, aparat, orodje, naprava in druga oprema, ki se uporablja pri delu). Sočasno je potekal prehod iz tradicionalnega (starega) pristopa (med leti 1958 in 1985) preko začetkov novega pristopa ("New approach") v letu 1985 do novega zakonodajnega okvira v letu 2008, ko je v evropskem pravnem redu prišlo do sprememb na področju novega pristopa v zvezi s prostim pretokom blaga. Uredba (ES) št. 764/2008 o medsebojnem priznavanju (določitvi postopkov za uporabo nekaterih nacionalnih tehničnih pravil za proizvode, ki se zakonito tržijo v drugi državi članici), je vnesla zahteve za spremembe v nacionalnih predpisih na področju varnosti strojev.

Problematika varnosti strojev presega obseg referata in je naštetu le nekaj osnovnih predpisov in standardov, ki zagotavljajo varnost strojev z oceno tveganja v fazi proizvodnje in s periodičnimi pregledi v fazi uporabe (zahteve predpisov VZPD):

- ✓ Direktiva 2001/95/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 3. decembra 2001 o splošni varnosti proizvodov (Besedilo velja za EGP);
- ✓ Direktiva 2001/45/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. junija 2001 o spremembah Direktive Sveta 89/655/EGS o minimalnih varnostnih in zdravstvenih zahtevah za uporabo delovne opreme delavcev pri delu (druga posebna direktiva v smislu člena 16(1) Direktive 89/391/EGS) (Besedilo velja za EGP);
- ✓ Direktiva 2006/42/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 17. maja 2006 o strojih in spremembah Direktive 95/16/ES (preoblikovano);
- ✓ Uredba (EU) 2023/1230 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 14. junija 2023 o strojih in razveljavitvi Direktive 2006/42/ES Evropskega parlamenta in Sveta ter Direktive Sveta 73/361/EGS (v celoti začne uporabljati od 14. januarja 2027)
- ✓ Zakon o splošni varnosti proizvodov (ZSVP-1) (Ur. l. RS, št. 101/03);
- ✓ Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in ugotavljanju skladnosti, ZTZPUS-1 (Ur. l. RS, št. 17/11);
- ✓ Pravilnik o varnosti strojev (Ur. l. RS, št. 75/08, 66/10, 17/11 – ZTZPUS-1 in 74/11);
- ✓ Seznam standardov katerih uporaba ustvarja domnevo o skladnosti strojev z zahtevami Pravilnika o varnosti strojev (Ur. l. RS, št. 120/2008);
- ✓ Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) (Ur. l. RS, št. 43/11);
- ✓ Pravilnik o varnosti in zdravju pri uporabi delovne opreme (Uradni list RS, št. 101/04 in 43/11 – ZVZD-1).

Leta 2003 je bil sprejet ameriški standard ANSI/ASSE Z244.1-2003 Control of Hazardous Energy - Lockout/Tagout and Alternative Methods ter leta 2010 mednarodni standard ISO 12100:2010, Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction.

Evropska standardizacija je leta 1999 prvič sprejela pomemben standard EN 50110-1:1999 - Operation of electrical installations ter kasneje drugo izdajo leta 2007, tretjo izdajo leta 2013 ter nazadnje četrto izdajo 2023, ki je v Sloveniji poznan kot SIST EN 50110-1:2013 Obratovanje električnih postrojev. Ta standard ureja VZPD električarjev in določa pet varnostnih pravil:

- ✓ popolna izključitev,
- ✓ zavarovanje pred ponovnim vklopom,
- ✓ preverjanje breznapetostnega stanja,
- ✓ izvedba ozemljitve in kratkostičenja,
- ✓ zagotovitev zaščite pred bližnjimi deli pod napetostjo.

OPOMBA: Nacionalni predpisi so veliko pred sprejetjem standardom SIST EN 50110-1 predpisali uporabo petih varnostnih pravil, tudi slovenski leta 1992 (glej 28. člen Pravilnika o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1)).

Kanada je sledila vzoru ZDA, saj je prepoznala urejanje LOTO področja kot država visokih standardov VZPD. Kanadčani so leta 2013 objavili prvo verzijo standarda Z460-13 Control of hazardous energy - Lockout and other methods ter drugo in tretjo izdajo leta 2018 in 2020. Vsa kanadska zdravstvena in varnostna zakonodaja nalaga delodajalcu splošno dolžnost, da sprejme vse razumne previdnostne ukrepe, izvajanje tega standarda dobre prakse pa se običajno šteje za znak potrebne skrbnosti.

Nenazadnje je prvi evropski standard na temo LOTO - francoski standard objavljen decembra 2017, in sicer NF X60-400 Maintenance - Mise en sécurité des intervenants lors des opérations de maintenance - Processus de maîtrise des énergies - Mise en sécurité des équipements et des installations avant intervention de maintenance (Maintenance - Securing of workers during maintenance operations - Process control of energies). Ta standard je na pobudo francoskih strokovnjakov spodbudil razpravo v CEN o oblikovanju novega EN standarda. SIST je podprl to iniciativo, kar je po več letih razprave in dela pripeljalo do predloga prEN 17975 LOTO v okviru delovne skupine CEN/TC 319/WG 15.

Nenazadnje tudi standard SIST EN ISO 12100:2011 Varnost strojev - Splošna načela načrtovanja - Ocena tveganja in zmanjšanje tveganja (ISO 12100:2010) in SIST EN ISO 14118:2018 Varnost strojev - Preprečevanje nepričakovanega zagona (ISO 14118:2017), ki preko ocene tveganja in zahtev, da je že pri projektiranju potrebno zagotoviti, da bo nepričakovan zagon stroja onemogočen. Ravno tako nalaga proizvajalcu stroja, da v navodilih poda natančne usmeritve za postopke izvajanja in preverjanja odstranitve oz. blokade virov energije.

5. LOTO V SLOVENIJI

Slovenski bralci imajo verjetno vsaj določene praktične izkušnje s sistemom LOTO v svojih podjetjih, ali pa so se z njim srečali ob obisku drugih tovarn. Spoznavanje LOTO sistema ali t.i. »isolation and tagging« sega v zgodnja 90. leta prejšnjega stoletja v Jedrski elektrarni Krško, kjer je sistem odlično razvit in se nenehno izpopolnjuje. Tudi ostali aspekti VZPD so v JEK na izjemno visokem nivoju in so lahko vzor marsikateremu podjetju.

Cementarna v Trbovljah (v lasti francoskega LAFARGE od leta 2002) je uvedla t.i. »sistem ključev«. Električarji so po obsežni modernizaciji in avtomatizaciji proizvodnje spoznali francosko filozofijo zaklepanja in označevanja električne opreme v fazi vzdrževanja. Poudariti je potrebno, da je ta sistem vzpostavljen na osnovi internih tehničnih specifikacij skupine LAFARGE, saj še ni bilo vzpostavljene francoske oz. evropske standardizacije LOTO.

V zadnjem času je opaziti uporabo LOTO postopov v vse več slovenskih podjetjih, pri čemer še vedno prednjačijo tista, ki so del mednarodnih skupin. Sistem LOTO je vzpostavljen na različnih nivojih kompleksnosti od nivoja posameznega stroja do celovitega sistema v tovarni oz. proizvodnji.

V praksi pa opažamo, da se ob uvedbi LOTO postopkov veliko pozornosti posveča izolaciji električne energije, premalo pa ostalim virom energije in fluidov, katerih izločitev je ravno tako zelo pomemben predpogoj za varno vzdrževanje.

Novo priložnost za prispevek k promociji LOTO procesa se je pojavila v Franciji, v Parizu, maja 2019, ko so člani Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS) na sestanku EHSEC (European Health, Safety and Environment Committee) pri EFNMS (European Federation of National Maintenance Societies) francoski kolegi seznanili s pobudo, da bi izdelali nov evropski standard LOTO, saj so želeli pozitivne izkušnje z uporabo NF X60-400 prenesti v evropsko okolje.

Ta pobuda je bila predstavljena našemu tehničnemu odboru SIST/TC VZD Vzdrževanje in obvladovanje premoženja, ki je podprl ustanovitev nove delovne skupine v okviru CEN (European Committee for Standardization). Tako sta člana SIST/TC VZD aktivno sodelovala v TC319/WG15 pri pripravi novega EN standarda za LOTO (delovni osnutek januar 2024: Pr EN XXXXX (WI00319029):2023 Maintenance — Risk control processes of energies & fluids risks for maintenance activities - Guidance), kar je tudi predmet predstavitve v nadaljevanju.

6. NOV STANDARD prEN 17975 LOTO

Standard prEN 17975 LOTO v pripravi je zasnovan precej široko. Uporabnikom daje smernice in priporočila za zmanjšanje oz. odpravo tveganj, povezanih z energijami in fluidi pri vzdrževalnih opravilih na aktivnih postrojih. Na njegovi osnovi si bodo organizacije lahko po lastni presoji razvile standardne prakse ter opredelile vloge, odgovornosti in pristojnosti sodelujočih v LOTO procesu.

V okviru definicij standard opredeljuje izrazje, povezano z viri energij, tveganji in nevarnimi pojavi, organiziranostjo in z ljudmi, ki v procesu sodelujejo. Pojasnjuje povezave med viri energij in vzdrževalnimi procesi, vzpostavlja ločnico med opravili vzdrževanja in obratovanja, ter jasno pokaže »sive cone«, ki pogosto nastajajo med odgovornostmi vzdrževalcev in operaterjev glede LOTO postopkov.

Veliko pozornosti je posvečeno analizi tveganj, metodologiji in posebnostim, ko gre za vzdrževanje, ter vrstam nevarnosti, ki jih je potrebno nasloviti v okviru LOTO postopka. Na osnovi analize tveganj se v skladu s predlagano metodologijo izbere ustrezno kategorijo procesa:

- okrepljena osamitev (reinforced isolation),
- standardna osamitev,
- nevtralizacija energij in fluidov oz.
- delo pod posebnimi pogoji.

V nadaljevanju je podrobno opredeljena vsaka od kategorij procesov s potrebnimi tehničnimi in administrativnimi koraki. Opisane so tipične naprave za osamitev energij, npr. ventili, prirobnice, zatiči, zaklepi, električna stikala ipd. Posebej je poudarjeno, da softversko upravljane naprave ni zadovoljivo za izvajanje osamitev. Standard se dotika tudi uporabe kriogenih (zamrzovanje cevovodov), ekspanzijskih in napihljivih čepov.

Glede na to, da se v praksi neredko srečujemo s stroji, ki so bili izdelani pred uveljavitvijo direktive o strojih, oz. z objekti in sistemi, ki v osnovi niso bili projektirani in/ali zgrajeni na način, ki bi omogočal izvedbo zahtevane kategorije LOTO procesa, standard za takšne primere podaja različne nadomestne ukrepe za odpravo ali zmanjšanje tveganj.

Na Diagramu 1 je prikazan poenostavljen temeljni koncept standarda.



Diagram 1: Poenostavljen temeljni koncept standarda

Predlagana so različna organizacijska določila z namenom opredelitve LOTO procesa in njegove vključitve v obstoječo politiko VZPD, priprave operativnih postopkov LOTO sistema ter za zagotavljanje virov in kadrovskih kompetenc za dosledno izvajanje. Standard navaja tudi potrebno izdajanje dovoljenj za delo in povezavo z delovnimi nalogi vzdrževanja.

V prilogah nastaja precej dodatnih koristnih informacij in podlog, vključno s tipičnimi obrazci za nadzor in označevanje naprav po LOTO postopku, ki jih bodo uporabniki lahko prilagodili svojim potrebam.

Četudi je bilo v okviru TC319/WG15 precej truda vloženega v skrajšanje in poenostavitev standarda, bo končna verzija vseeno dokaj obsežna, saj skuša določene segmente res podrobno predstaviti. Vsekakor bo smiselno, da bodo uporabniki v svoja okolja privzeli ustrezne vsebine na praktičen in učinkovit način, s čimer bodo lahko bistveno zmanjšali tveganja glede VZPD, ki nastajajo pri izvajanju vzdrževalnih opravil.

Standard trenutno v fazi predloga vsebuje 7 točk v obsegu 53 strani ter priloge A-H v obsegu 41 strani oz. skupno kar 94 strani.

Za električarje je pomembna opomba:

Elektrika (izmenični in enosmerni tok) - Ne pozabite, da so električna tveganja zajeta v EN 50110-1: — normalno napajanje,

- rezervno napajanje (baterija, UPS, generator itd.),
- drugi viri: kondenzator, dolg kabel, induktivnost, antena itd.,
- strela (meteorološka).

Ta standard ne bi smel preseči obstoječih standardov, ki pokrivajo posebno tveganje, zlasti glede obratovanja na električnih strukturah in inštalacijah/postrojih v okolici (zajeto v EN 50110-1).

Kompetence in usposabljanje za energije in tekočine ne nadomeščajo kompetenc in usposabljanja, opredeljenih v drugih specifičnih standardov, še posebej EN 50110-1 (delovanje na "električnem omrežju in inštalacijah" ter v električnem okolju).

Nepopoln seznam virov in pojavov energij in fluidov (Priloga C - informativno):

Med vzdrževalnimi dejavnostmi je treba skrbeti za seznam energij in fluidov ter virov in pojavov energije in fluidov. So viri glavnih nevarnosti, ki jih je treba upoštevati (energije, fluidi, izdelki ... ki so viri nevarnih pojavov).

Ta seznam pomaga določiti – ne da bi bil celovit – obseg nevarnosti, ki se v tem standardu imenujejo "energije in fluidi". Pomaga pri prepoznavanju dobavljene, shranjene in preostale energije, ki ni očitna. Tukaj so navedeni fluidi in izdelki s fizikalno-kemijskimi in/ali biološkimi lastnostmi, ki so neposredno ali posredno škodljivi (npr. reakcija z drugo tekočino, razslojevanje gostote itd.).

Akustično sevanje:

- zvočni hrup za delavca nad 80 dB A,
- ultrazvok,
- infrazvok.

Elektrika (izmenični in enosmerni tok) zajeta v EN 50110-1

Vnetljiva ali eksplozivna snov:

- kemijska reakcija,
- potencialno eksplozivno ozračje, kot sta eksplozija plina in eksplozija prahu.

Ionizirajoče sevanje:

- zaprt ali nezaprt vir,
- rentgenski žarki,
- alfa žarki,
- beta žarki,
- gama žarki,
- nevtronsko sevanje.

Svetlobno sevanje:

- sončno sevanje,
- umetna svetloba,
- koherentna svetloba (laser).

Elektromagnetni:

- elektromagnet,
- elektromagnetna polja.

Mehanski – kinetični in potencialni:

- viseče breme,
- drog pnevmatskega ali hidravličnega cilindra s pogonsko obremenitvijo,
- shranjevanje energije in tekočin (sistem na osnovi vzmeti, nestabilna obremenitev med razstavljanjem kinematike itd.),
- notranje sile,
- kinetične energije in tekočine (rotacijski stroji, mešalniki...),
- vztrajnost gibov,
- veter (meteorološki),
- hidravlični prenos moči: dobava in distribucija (zunanje omrežje ali notranji generator do opreme),
- pnevmatski rezervoar zrak-olje,
- prezračevalni kanal in cev,

- inverzija smeri vrtenja,
- cevi in komora cilindra, ki ostaja pod tlakom (npr. postopek rezanja).

Neionizirajoče sevanje:

- ultravijolično,
- infrardeči,
- mikrovalovna pečica.

Pritisk:

- razlika v tlaku v tokokrogih,
- tlak ali razbremenitev prostorov,
- pnevmatika: dobava in distribucija (zunanje omrežje ali notranji generator do opreme),
- rezervoar, vgrajen v predmet,
- cevi in komora valja, ki ostaja pod tlakom.

Toplotna:

- dobava in distribucija visokotemperaturne vode ali pare,
- termo-hidravlični sistemi pod tlakom,
- dobava in distribucija tekočin pri zelo nizkih temperaturah (dušik, amonijak, ogljikov dioksid, tekočina
- hladilno sredstvo, utekočinjen plin, hladen prenos toplote, ledena voda itd.),
- staljena kovina,
- goli plamen,
- adiabatna ekspanzija ali stiskanje,
- endotermna in eksotermna reakcija (npr. mešanica kemičnih izdelkov).

Biološki:

- onesnaževalci v zraku,
- legionela,
- kvas,
- plesni,
- virusi,
- nevarne beljakovinske verige (npr. prioni).

Kemični:

- dobava in distribucija reagentov,
- kontinuiteta počasne reakcije,
- kemični izdelki,
- naftni proizvodi itd.,
- ekstremen PH (kisli ali bazični),
- nevaren plin (npr. ogljikov monoksid),
- anoksični plin (npr. dušik, CO₂),
- PCB (poliklorobifenil)
- mešanica kemičnih izdelkov (vključno s proizvodi, ki jih prinaša samo vzdrževanje npr. za čiščenje izdelka).

Fizično:

- azbest,
- nanodelci.
- delci urana.

Voda:

- pitna voda,
- dež (meteorološki).

Mehanika – izdelek

- dobava in distribucija izdelkov (gravitacijsko dovajanje, pod pritiskom itd.),
- skladiščni silos za razsute izdelke,
- mehanski prevoz ali prevoz izdelkov.

Trenutno je prEN 17975 LOTO v fazi usklajevanja in predvideva se, da bo končni predlog standarda pripravljen v prvem kvartalu 2024, tako da je, glede na ustaljene postopke v okviru CEN, uraden izid pričakovati v drugi polovici leta 2024.

Glede na to, da sta električna in EN 50110-1 sestavni del prEN 17975 LOTO bo podrobna predstavitev nove izdaje SIST EN 50110-1:2023 predmet drugega referata, saj presega okvir obravnavane problematike (nova verzija obsega 55 strani).

7. LOTO IN PROCES DELOVNEGA NALOGA

Včasih se v praksi srečujemo s situacijami, ko imajo organizacije sicer sprejete LOTO postopke, vendar njihova uporaba ni neposredno vključena v tok procesa delovnega naloga (DN).

V Diagramu 2 so prikazane poenostavljene faze tega procesa:

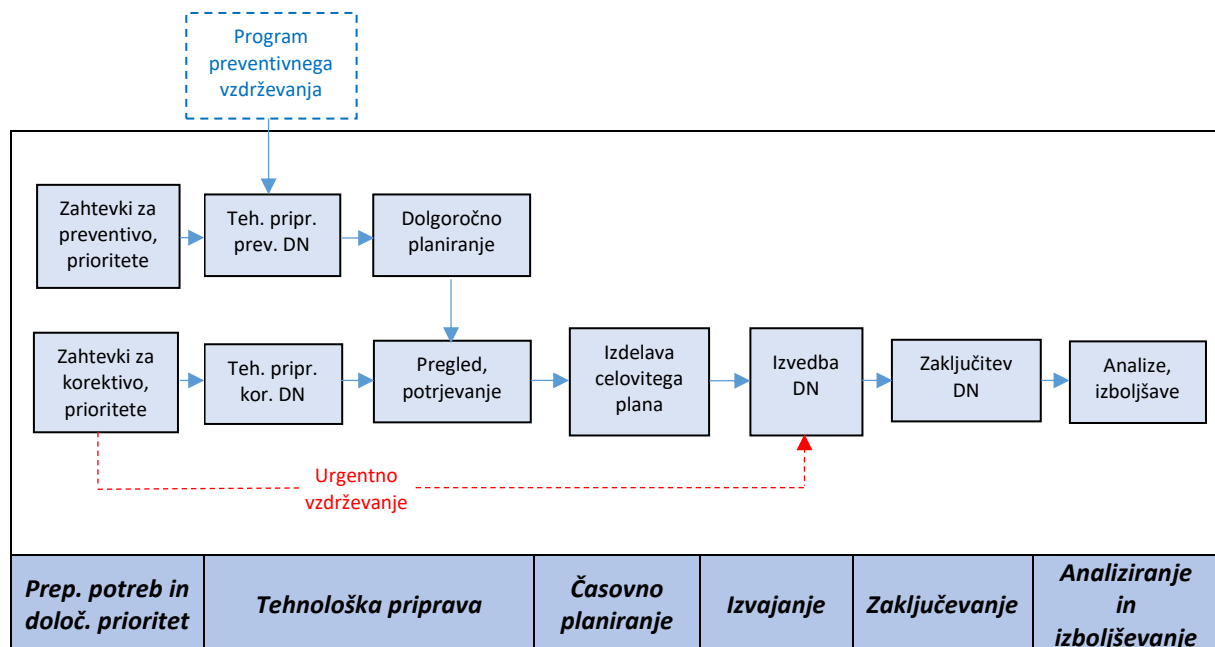


Diagram 2: Glavne faze procesa DN (Androjna, 2020, prilagojeno po Road 2 Reliability)

Kot je nakazano v standardu SIST EN 13460:2009 Vzdrževanje - Dokumentacija za vzdrževanje in kot potrjuje tudi dobra industrijska praksa, je priprava vseh potrebnih navodil, obrazcev in posledična izvedba celovitih ukrepov VZPD, sestavni del procesa DN. To pomeni, da mora tehnolog oz. inženir vzdrževanja v fazi tehnološke priprave DN, poleg tehnično-tehnoloških navodil in opredelitve virov, navesti vse potrebne zahteve VZPD, vključno s konkretnimi zahtevami za LOTO in delovnimi dovoljenji [19]. Priprava DN mora biti dovolj dobra, da lahko usposobljeni vzdrževalci varno, učinkovito in kakovostno izvedejo svoje delo [20 - 24].

Konkretna izvedba predpisanih LOTO ukrepov je predmet faze izvedbe DN, ravno tako se ob zaključku te faze, v skladu s predpisanimi navodili, odstrani vse LOTO ukrepe. To je običajno potrebno še pred izvedbo testiranj po vzdrževanju, s katerimi potrdimo, da je bila izvedba uspešna in da se stroj lahko vrne v obratovanje. Navadno je to tudi točka primopredaje med vzdrževanjem in proizvodnjo.

Zaradi velikih pritiskov na zagotavljanje razpoložljivosti, je v praksi pogosta tendenca po poenostavljenih LOTO korakih, ali celo njihovi opustitvi, saj so le-ti navadno razumljeni kot ovira pri hitri odpravi napak in ponovni vzpostavitvi proizvodnje. Zato je potrebno posebno pozornost posvetiti urgentnemu oz. takojšnjemu korektivnemu vzdrževanju (rdeča črtkana črta na diagramu 2), saj to običajno poteka brez tehnološke priprave, pogosto celo brez DN. Vsekakor se priporoča uveljavitev pravila, da brez DN ni vzdrževalnega posega. Torej se DN izdaja za vse posege, tudi za urgentne, pri tem pa naj vsebuje vsa nujno potrebna VZPD navodila, vključno z LOTO. Tveganja za poškodbe so namreč bistveno višja pri urgentnih posegih, kot pa pri opravilih, ki so ustrezno in pravočasno tehnološko pripravljena ter časovno planirana. Smiselno je natančno opredeliti ravnanje in ravni odločanja v primeru urgentnih posegov, da ti niso v celoti prepuščeni delovodjem in operativnim ekipam vzdrževanja.

Skratka, ob uvajanju ali prenovi LOTO procesa je priporočeno, da se ta neposredno poveže s procesom DN, tudi v smislu konkretnih zahtevanih vnosov v računalniški program podpore vzdrževanja (Computerized Maintenance Management System ali Enterprise Asset Management System). Nekateri tovrstni programi imajo te možnosti že vgrajene, pri drugih so na voljo dodatni namenski moduli oz. jih je mogoče prilagoditi. Programom, ki teh možnosti nimajo, se raje izognemo, oz. kot minimum skušamo vsaj osnovne korake za VZPD in LOTO vključiti v vrstice operativnih opravil vzdrževanja.

8. ZAKLJUČEK

Proces LOTO je vsekakor smiselno vpeljati v vsa okolja, kjer se izvajajo vzdrževalna opravila, saj bistveno zmanjšuje tveganja za poškodbe oz. nezgode pri delu ali celo smrtne primere izvajalcev. Novi standard bo s smernicami znatno olajšal napore posameznikov in organizacij, ki se bodo odločile za njegovo implementacijo.

Vsekakor je smiselno izvajanje postopkov LOTO, poleg ostalih zahtev VZPD, neposredno vključiti tudi v proces DN vzdrževanja. Kot rečeno v uvodu: »Dobro za vas, dobro za posel«. Promocija standarda in uvajanje v praksi bo postopoma dvigalo varnostno kulturo in se bo družba bližala cilju »nič nezgod« in zato je smiselna ta in druge promocije standarda [25,26].

LITERATURA:

- [1] CEN PREN 17975(MAIN) Maintenance - Energies and fluids risks control process for maintenance tasks – Guidance <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/97e26d92-8eb7-4e34-83fb-251a47fa21bb/pren-17975>
- [2] SIST EN 50110-1:2023 Obratovanje električnih postrojev - 1. del: Splošne zahteve (Operation of electrical installations - Part 1: General requirements Osnova: EN 50110-1:2023)
- [3] V. Lovrenčič, Varnost in zdravje pred nevarnostjo električne energije: Cilj »nič nezgod« pri delu na električnih inštalacijah, Elektrotehniška revija ER, št. 1/2013, marec 2013
- [4] V. Lovrenčič, Varnost in zdravje pred nevarnostjo električne energije, »Nič nezgod« pri vzdrževanju električnih inštalacij, Revija Vzdrževalec, št. 151-152, februar – april 2013
- [5] V. Lovrenčič, B. Ružič, Varnost in zdravje pred nevarnostjo električne energije: Cilj »nič nezgod« pri delu na električnih inštalacijah, Elektrotehniška revija ER, št. 2/2013, julij 2013

- [6] M. Pečovnik, V. Lovrenčič, B. Ružič, Vprašanja varnosti in zdravja pri delu na električnih inštalacijah, 35. Kotnikovi dnevi, 20. - 21.3.2014, Radenci
- [7] V. Lovrenčič, B. Gomišček, Live Working as an Example of the Zero Accidents Philosophy, ENERGETIKA, št.12/2014, Praga, Češka republika
- [8] V. Lovrenčič, B. Gomišček, Live Working as an Example of Electrical Installation Maintenance with the Zero Accidents Philosophy, 11. International conference on live maintenance ICOLIM 2014, 21.5. – 23.5.2014, Budapest, Madžarska
- [9] V. Lovrenčič, G. Opaškar, SIST EN 50110-1:2013 obratovanje električnih inštalacij - 1. del: splošne zahteve, , 36. Kotnikovi dnevi, 26.-27.3.2015, Radenci
- [10] V. Lovrenčič, L. Zupanc, S. Krištoferc, B. Ružič, B. Bajde Gabrovšek, Ali potrebujemo nov pravilnik na področju varnosti in zdravja pred nevarnostjo električnega toka?, 37. Kotnikovi dnevi, 24.-25.03.2016, Radenci
- [11] A. Lovrenčič, V. Lovrenčič, G. Štern, P. Vintar, Varovanje električarjev pred električnim oblokom - ocena tveganja v distribucijski in industrijski transformatorski postaji, 41. Kotnikovi dnevi, 24.03.2023, Radenci
- [12] V. Lovrenčič. „Učinki dela pod napetostjo kot metode vzdrževanja električnih inštalacij“, Doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Maribor, Slovenija, marec 2018, Kranj
- [13] Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1)
- [14] EU-OSHA, Kampanje za zdravo delovno okolje, Dosegljivo 12. 02. 2024 na: <https://osha.europa.eu/sl/healthy-workplaces-campaigns>
- [15] EU-OSHA - Safe maintenance in practice. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Dosegljivo 12. 02. 2024 na: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/safe-maintenance-TEWE10003ENC/view>
- [16] Zvezni predpis ZDA: 29 CFR 1910.147 The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout), 1.9.1989. Dosegljivo 12. 02. 2024 na: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147>
- [16] NEXUM. Dosegljivo 12. 02. 2024 na: <https://www.nexum.si/lockout-tagout>
- [17] Elektrospoj. Dosegljivo 12. 02. 2024 na: <https://www.elektrospoj.si/lockout/tagout-brady-sistem-resuje-zivljenja.html>
- [18] UNITINAL. Dosegljivo 12. 02. 2024 na: <https://sl.unitinal.com/postopek-zaklepanja-oznacevanja-loto-postopek/>
- [19] A. Androjna, Proces delovnega naloga v vzdrževanju. Vzdrževalec - revija Društva vzdrževalcev Slovenije. ISSN 1318-2625. - Št. 193/194 (2020), str. 12-16, št. članka 1134
- [20] A. Androjna, M. Ilić, D. Maletič, Izboljšave, procesni pristop in projekti v vzdrževanju. Vzdrževalec - revija Društva vzdrževalcev Slovenije. ISSN 1318-2625. - Št. 187/188 (2019), str. 20-26, št. članka 1112
- [21] A. Androjna, Z. Račič, Providing maintenance services to nuclear power plants: The role of safety culture. Journal of energy technology. ISSN 1855-5748. - Vol. 4, iss. 4 (Oct. 2011), str. 11-23

- [22] A. Rožman, A. Androjna, The Role of Occupational Health and Safety in Complex Outage Services to NPPs. 8th International Conference on Nuclear Option in Countries with Small and Medium Electricity Grids, 16-20 May 2010, Dubrovnik, Croatia
- [23] A. Androjna (ur.), B. Rosi (ur.), Celostno obvladovanje vzdrževanja = Maintenance management. Tržič: Učila International, 2008. 403 str., ilustr. ISBN 978-961-00-0607-7.
- [24] A. Androjna, A. Rožman, Varnost in zdravje pri delu v okviru kompleksnih vzdrževalnih projektov = Occupational health and safety within complex maintenance projects. V: PALČIČ, Iztok (ur.). Projektni forum 2007, Podčetrtek, 13.-15. junij 2007. Projektna odličnost : zbirka predavanj. Ljubljana: Slovensko združenje za projektni management, 2007, str. 199-208.
- [25] V. Lovrenčič, A. Androjna, Varnost vzdrževalcev na prvem mestu (LOTO – Lock Out/Tag Out = zakleni/označi), Osamitev opreme, odstranitev virov energije, zaklepanje in označevanje pri vzdrževanju, Elektrotehniška revija ER, št. 2/2021, julij 2021
- [26] Agencija POTI, VARNO VZDRŽEVANJE v proizvodni in infrastrukturni dejavnosti – LOTO (Lock out / Tag out = Zakleni / Označi). Osamitev opreme, odstranitev virov energije, zaklepanje in označevanje pri vzdrževanju s ciljem nič nezgod



Aleš Robnik, dipl. inž. str.

IVD Maribor

POŽARNA VARNOST OB NAMESTITVI SONČNE ELEKTRARNE – 2 POŽARNA PRESOJA OB NAMESTITVI SONČNE ELEKTRARNE NA OBJEKT

1. OPIS SITUACIJE IN STAVBE, NA KATERI BO ZGRAJENA SONČNA ELEKTRARNA
2. OPIS SONČNE ELEKTRARNE
3. OCENA POŽARNE VARNOSTI
4. UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)
5. UPOŠTEVANI PREDPISI, TEHNIČNE SMERNICE, STANDARDI, DRUGA LITERATURA IN OSTALI DOKUMENTI
6. ZAKLJUČEK
7. PRILOGE

OPIS SITUACIJE IN STAVBE, NA KATERI BO ZGRAJENA SONČNA ELEKTRARNA

CC-SI klasifikacija objektov 125 – industrijske in skladiščne stavbe, idr. (poslovne, trgovske, nadstrešnice, eno-stanovanjske, več-stanovanjske, travniki, ...)

CC-SI klasifikacija sončna elektrarna 23020 - Elektrarne in drugi energetski objekti

Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti → požarno zahtevni objekti??

23. člen Zakona o varstvu pred požarom (dokazati → z fotonapetostno elektrarno ne bo zmanjšala PV)

Energetski zakon in podzakonski akti t.j. Uredba o manjših napravah za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije ali s soproizvodnjo z visokim izkoristkom → za sončno elektrarno z nazivno močjo do vključno 1 MW se izdelava strokovna presoja (načrt > 1MW) požarne varnosti, IPV PZI

Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS 140/21 in 199/21-GZ-1), TSG-N-002:2021: Nizkonapetostne električne inštalacije,

Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Ur. l. RS 140/21 in 199/21-GZ-1) TSG-N-003:2021: Zaščita pred delovanjem strele,

SZPV 512, izdaja 02/16, Smernica o požarni varnosti sončnih elektrarn (Ali je to zadnje stanje tehnike – 1 stran ????)

Požarna varnost ob namestitvi sončne elektrarne - 2

Požarna presoja / načrt ob namestitvi sončne elektrarne na objekt



Aleš Robnik dipl.inž.str.

IVD Maribor, Valvasorjeva ulica 73, 2000 Maribor

Email: cpv@ivd.si; tel: 02 421 60 40; gsm +386 41 332 556

KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

1. OPIS SITUACIJE IN ŠTAVBE, NA KATERI BO ZGRAJENA SONČNA ELEKTRARNA
2. OPIS SONČNE ELEKTRARNE
3. OCENA POŽARNE VARNOSTI
4. UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)
5. UPOŠTEVANI PREDPISI, TEHNIČNE SMERNICE, STANDARDI, DRUGA LITERATURA IN OSTALI DOKUMENTI
6. ZAKLJUČEK
7. PRILOGE



Investitor:	Zavarovalnica Sava d.d. ¹ Cankarjeva ulica 3, ¹ 2000 Maribor
Naročnik:	Zavarovalnica Sava d.d. ¹ Cankarjeva ulica 3, ¹ 2000 Maribor
Objekt:	FOTONAPETOSTNA ELEKTRARNA ¹ Poslovna stavba Zavarovalnica Sava
Vrsta projekta:	PZI
Vrsta gradnje:	NOVA GRADNJA
Vsebinska mapa:	PRESOJA POŽARNE VARNOSTI
Projektant:	IVD Maribor Valvasorjeva ulica 73 ¹ 2000 Maribor
Klasifikacija objekta CC-SI:	23020 - Elektrarne in drugi energetski objekti
Številka projekta:	
Šifra projekta:	/a
Številka elaborata:	CPV - 30370/2022 A
Datum:	april 2022
Izvod št.:	0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

¹ Vodja centra požarne varnosti ¹
Janko Merc, dipl. inž. str. ¹

KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

OPIS SITUACIJE IN STAVBE, NA KATERI BO ZGRAJENA SONČNA ELEKTRARNA

CC-SI klasifikacija objektov 125 – industrijske in skladiščne stavbe, idr. (poslovne, trgovske, nadstrešnice, enostanovanjske, več-stanovanjske, travniki, ...)

CC-SI klasifikacija sončna elektrarna 23020 - Elektrarne in drugi energetski objekti

Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti → požarno zahtevni objekti??

23. člen Zakona o varstvu pred požarom (dokazati → z fotonapetostno elektrarno ne bo zmanjšala PV)

Energetski zakon in podzakonski akti t.j. Uredba o manjših napravah za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije ali s sproizvodnjo z visokim izkoristkom → za sončno elektrarno z nazivno močjo do vključno 1 MW se izdelava strokovna presoja (načrt > 1MW) požarne varnosti, IPV PZI

Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS 140/21 in 199/21-GZ-1), TSG-N-002:2021:

Nizkonapetostne električne inštalacije,

Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Ur. l. RS 140/21 in 199/21-GZ-1) TSG-N-003:2021: Zaščita pred delovanjem strele,

SZPV 512, izdaja 02/16, Smernica o požarni varnosti sončnih elektrarn (Ali je to zadnje stanje tehnike – 1 stran ????)

KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

OPIS SONČNE ELEKTRARNE

Projekt IDZ / PZI (sestava; moduli - veje, podkonstrukcija, razsmerniki, optimizatorji, daljinski nadzor, izračuni, načrti, statična presoja, NPV, ...)

Lastnosti sončne elektrarne z njeno maksimalno kapaciteto po IDZ /PZI (primer)

- Instalirana moč elektrarne: 119,68 kWp
- Število panelov: cca 352 (posamezni 340 Wp)
- Število optimizatorjev: 176
- Število razsmernikov 2 kos

Opis obstoječega objekta (gabariti, streha, fasada)



KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

OCENA POŽARNE VARNOSTI

Elementi SE kot vir za nastanek požara

1. moduli – steklo/plastika, steklo/steklo
2. Kabli – dvojna izolacija, samougasljivi, dimenzionirani, mehanska zaščita
3. Razsmerniki, elektro omare
4. Izenačevanje potencialov, strelovodi

Možni vzroki za nastanek požara

- poškodovana izolacija kablov FV panelov do razsmernikov,
- slabi stiki na priključkih kablov (konektorjih) FV panelov,
- preobremenjene električne napeljave, napake razsmernikov,
- Neustrezna izvedba glede na navodila, poškodbe panelov,
- udar strele,
- uporaba iskrečnega orodja ali odprtega plamena (vzdrževalna dela)
- Zunanji vplivi (narava, živali, sosednji ogenj, letéči ogenj, poplava, ...)
- Varnostni odmiki (nevarne snovi EX cone, rezervoarji, cevovodi)



KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)

Širjenje požara na sosednje objekte ali prostore

- na strehi ali fasadi objekta (požarna delitev)
- Vgrajeni sistemi APZ
- Varnostna razsvetljava (ali jo potrebujemo?)
 - naprava za javljanje požara (kdaj ja in kdaj ne)
 - stabilni gasilni sistemi (ja ali ne)



KAZALO VSEBINE PRESOJE

POŽARNE VARNOSTI

UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)

Širjenje požara po stavbi

- konstrukcija objekta (po kateri zakonodaji je objekt izveden)
- streha na kateri je SE (idealno A1 ali A2 po EN 13501-1 **ter z zunanje strani odporni na letiči ogenj** $B_{ROOF}(t1)$ po EN (priporočilo za končni sloj $B_{ROOF}(t3)$ po EN 13501-5) → RoofNAV (kaj pa v primeru **-Bitumenska parna izolacija ??**)
- konstrukcija SE (A1 ali A2 po EN 13501-1, obtežba, kaj je z vetrom)
- moduli (standardi, izjave o lastnostih, zahteve za vgradnjo s strani proizvajalcev)



KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)

Evakuacijske poti in obstoječe odprtine v strehi

- minimalni odmik (fasada, odprtine, jaški, naprave, požarni zidovi; ___ m)
- dostopi na streho (stopnišča, lestve, koliko, kje ???)
- Dostopi na tleh (travniki, hribi, brežine, ipd.)



Bild 3: nicht erlaubte Verlegung von Leitungen über eine Brandwand (Quelle VGH)



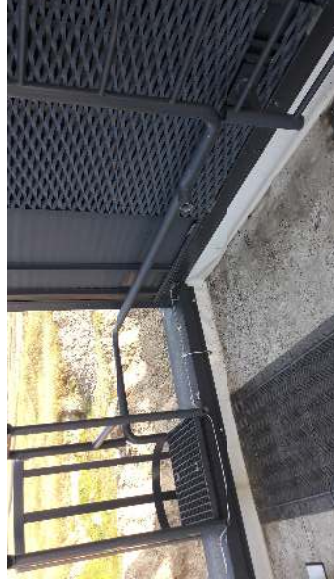
Bild 4: Verlegung von Leitungen über eine Brandwand mittels Brandschutzkanal (Quelle VGH)

KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)

Naprave za gašenje in dostop gasilcev

- mobilna oprema za gašenje (gasilniki (razred A – CO₂, voda, prah)) DIN VDE 0132 – gašenje nizkonapetostne opreme)
- hidrantno omrežje (javno, interno); kako dobiti vodo na streho??? Suhi dvžni vod za gašenje v skladu z DIN 14461-2
- notranji mokri vodi (EURO hidranti, suhi vodi (zunanj, notranji v skladu z
- intervencijske poti in postavljene površine (pričakovati gašenje preko gasilske lestve)



Strahlrohr	Niederspannung (N)	Hochspannung (H)
DIN 14365-CM	$\leq \text{AC } 1 \text{ kV oder } \leq \text{DC } 1,5 \text{ kV}$	$> \text{AC } 1 \text{ kV oder } > \text{DC } 1,5 \text{ kV}$
Sprühstrahl	1 m	5 m
Vollstrahl	5 m	10 m
Kurzzeichen	N-1-5	H-5-10

KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)

Ukrepi za preprečitev nastanka okvar in požarov na sončni elektrarni

1. Električne instalacije

- izvedba SE v skladu z navodili proizvajalca, pravilna izvedba električnih kablov, izolacij, prenapetostne zaščite, nadtokovna zaščita, vgradnja optimizatorjev, samodejni – varnostni izklop, CE

2. Gradbeni ukrepi

- nosilna konstrukcija, podkonstrukcija – zračenje pod moduli, statika, obtežbe na strehi
- razporeditev SE (polja, odmiki za poti, prehodi, dostop gasilcev, vzdrževalcev)
- statična presoja (veter, padavine, toča, idr.)



KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)

Ukrepi za preprečitev nastanka okvar in požarov na sončni elektrarni

3. Tehnični ukrepi za montažo sestavnih delov SE

- moduli (optimalno razred A/B po IEC 61730-2 oz. UL790, ločilno stikalo na enosmerni strani (kaj pa če ga ni – optimizatorji, mikroinverterji, kratkostična povezava posameznih nizov)
- kabelske police, posebni kabli

Razsmerniki (IEC, EN standardi, postavitve zunaj, v objektu)



KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM (BISTVENE ZAHTEVE POŽARNE VARNOSTI)

Ukrepi za preprečitev nastanka okvar in požarov na sončni elektrarni

4. Strelovodna instalacija

5. Organizacijski ukrepi

- označitve kablov, tras, stikala, doze
- enopolna shema, namestitev razsmernika, navodila za vzdrževanje in obratovanje, navodila za zasilni izklop
- ustrezna označitve objekta

Izdelen požarni načrt (dostaviti gasilski enoti, ki je pristojna na področju postavitve SE, požarni red z vsemi potrebnimi podatki)

Strokovno usposobljen kader na objektu (šolanje, poimensko imenovanje)

Pogodba o vzdrževanju in servisiranju s strani izvajalca ali proizvajalca (če ne gre v stečaj, likvidacijo, ipd.)



KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

UPOŠTEVANI PREDPISI, TEHNIČNE SMERNICE, STANDARDI, DRUGA LITERATURA IN OSTALI DOKUMENTI

1. VdS 2095: 2022-05; Richtlinien für automatische Brandmeldeanlagen, Planung und Einbau,
2. VdS 3145:2017-11 (02); Photovoltaikanlagen
3. VdS 6023 : 2023-02 Photovoltaik-Anlagen auf Dächern mit brennbaren Baustoffen
4. FM Global Data Sheet 1-15: ROOF MOUNTED SOLAR PHOTOVOLTAIC PANELS, revision **Januar 2024**
5. NEC 70: National Electrical Code, 2023 Edition,
6. SIST HD 60364-7-712, Zahteve za posebne inštalacije ali lokacije – Sončna fotonapetostna napajalna omrežja,
7. SIST EN 61215-1:2017 - Prizemni fotonapetostni (PV) moduli – Ocena zasnov in odobritve tipa, 1. del
8. Vsa potrebna SLO zakonodaja za elektro stroko, projektiranje in izvedbo



Pooblaščen inženirji požarne varnosti → s podpisom jamčijo, da projektna dokumentacija (DPP DGD, PZI, PID) izpolnjuje zahteve predpisov s področja požarne varnosti in istočasno 2. bistveno zahtevo 25. člena GZ glede na namen, vrsto, velikost, zmogljivost, predvidene vplive in druge značilnosti objekta

KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

PRILOGE

- grafične priloge
- Izkaz požarne varnosti

S	Nacrtovani sklopi (PZD) s	Izvedeni sklopi (PZD) s	
		Utrugi	Datuma in področja
zabele za namestitve razmerneke in izreda prostora	Examinirani morajo ustrežati zahtevam SIST EN 61109 in SIST EN 50524. Dokazila so ustrežni certifikati. Pri montaži je potrebno upoštevati navodila IEC 60364-7-712. Razmerneke je potrebno namestiti v eno od obeh evakuacijskih poti in dostopov za gašilce. Pri izbiri vrste razmerneke je potrebno upoštevati razmere v okolju v kateri bo namestitev (temperatura, vlaga, razmere in tlorisna površina).	Ustrezno izvedeno	19.01.2023
	Examinirani in zbirne omare morajo biti zaščene pred vremenskimi vplivi in ustrežne IP zaščite		

POŽARNI NACRT SONČNE ELEKTRARNE

STIMULA ORIENTIRAN OMAŠEVA

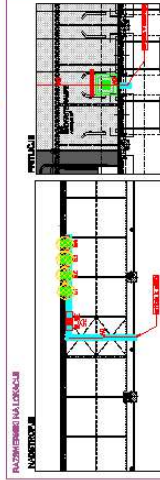
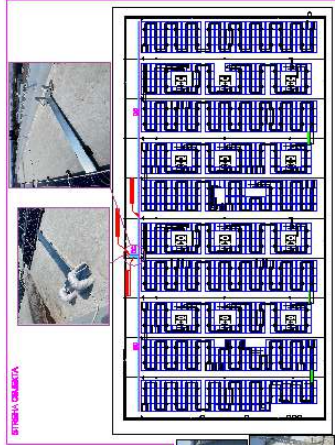


OSTROVAKARNOVA

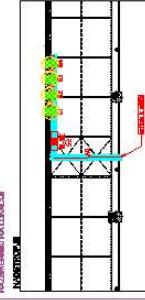


SE OMAHEN ZADOBROVA – 452, 625 kW

STIMULA ORIENTIRAN OMAŠEVA



NAŠTAVENJE VARNOSTI



VARNOSTI	
1. Varnostna skupina	1. Varnostna skupina
2. Varnostna skupina	2. Varnostna skupina
3. Varnostna skupina	3. Varnostna skupina
4. Varnostna skupina	4. Varnostna skupina
5. Varnostna skupina	5. Varnostna skupina
6. Varnostna skupina	6. Varnostna skupina
7. Varnostna skupina	7. Varnostna skupina
8. Varnostna skupina	8. Varnostna skupina
9. Varnostna skupina	9. Varnostna skupina
10. Varnostna skupina	10. Varnostna skupina

VARNOSTI	
1. Varnostna skupina	1. Varnostna skupina
2. Varnostna skupina	2. Varnostna skupina
3. Varnostna skupina	3. Varnostna skupina
4. Varnostna skupina	4. Varnostna skupina
5. Varnostna skupina	5. Varnostna skupina
6. Varnostna skupina	6. Varnostna skupina
7. Varnostna skupina	7. Varnostna skupina
8. Varnostna skupina	8. Varnostna skupina
9. Varnostna skupina	9. Varnostna skupina
10. Varnostna skupina	10. Varnostna skupina

VARNOSTI	
1. Varnostna skupina	1. Varnostna skupina
2. Varnostna skupina	2. Varnostna skupina
3. Varnostna skupina	3. Varnostna skupina
4. Varnostna skupina	4. Varnostna skupina
5. Varnostna skupina	5. Varnostna skupina
6. Varnostna skupina	6. Varnostna skupina
7. Varnostna skupina	7. Varnostna skupina
8. Varnostna skupina	8. Varnostna skupina
9. Varnostna skupina	9. Varnostna skupina
10. Varnostna skupina	10. Varnostna skupina



KAZALO VSEBINE PRESOJE POŽARNE VARNOSTI

ZAKLJUČEK

Ob upoštevanju in ustrezni izvedbi ukrepov varstva pred požarom (bistvene zahteve požarne varnosti), ugotavljamo, da se požarna varnost obstoječega objekta ob namestitvi sončne elektrarne ne bo zmanjšala v smislu tretjega odstavka 23. člena Zakona o varstvu pred požarom

najpomembnejši ključ: ZAVEST!



VPRAŠANJA ???

Hvala za pozornost!
Lep ter prijeten dan še naprej ☺



ALEŠ ROBNIK dipl.inž.str.

IVD Maribor, Valvasorjeva ulica 73, 2000 Maribor

Email: ales.robnik@ivd.si; gsm +386 41 332 556



Andrej ŠPEC, univ.dipl.inž.el.,

ELES, d.o.o.

Matjaž MIKLAVČIČ, univ.dipl.inž.el.,

ELES, d.o.o.

NOVI NAČINI OBRAČUNAVANJA OMREŽNINE

Povzetek:

V članku bodo predstavljene pravne podlage, oblike skupnosti, način njihove ustanovitve in umestitev proizvodnih naprav v prostor in na omrežje ter registracija skupnosti pri elektrooperaterju.

Predstavljene bodo glavne razlike pri načinu obračunavanja električne energije in prispevkov s poudarkom na novem načinu obračuna omrežnine. Konec leta 2022 je Agencija za energijo sprejela Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje (Uradni list RS, št. 146/22, 161/22, 50/23, 71/23 in 117/23) določila nov način za obračunavanje omrežnine uporabnikov sistema, ki se bo začel uporabljati 1.7.2024 in bo znatno vplival tudi na način obračuna omrežnine v skupnostih.

V članku bodo predstavljeni osnovni pojmi za obračun uporabe omrežja, ki jih uporabnik sistema mora poznati, da se bo lahko prilagodil novemu sistemu obračuna. Predstavljeni bodo praktični primeri, ki omogočajo prilagojeno tarifno postavko omrežnine za člane skupnosti in glavne razlike glede na obstoječi sistem obračunavanja. V zaključku bo predstavljeno kaj lahko pričakujejo potencialni člani in investitorji od novega načina obračuna, saj je poleg časovne komponente porabe in proizvodnje zelo pomembno, kje v omrežju so člani skupnosti in proizvodni viri.

Prednosti novega načina obračunavanja za skupnosti

Uvod

Agencija za energijo (v nadaljevanju agencija) je z Aktom o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje (Uradni list RS, št. [146/22](#), [161/22](#), [50/23](#), [71/23](#) in [117/23](#), v nadaljevanju Akt o omrežnini) določila nov način obračunavanja omrežnine.

Uporabniki elektroenergetskega sistema plačajo omrežnino za električno energijo, ki jo prevzamejo iz sistema na svojem prevzemno-predajnem mestu. Za oddano električno energijo v omrežje se omrežnina ne plačuje.

Uporabniki plačujejo omrežnino mesečno kot vsoto postavk za prevzeto količino električne energije (EUR/kWh) in obračunsko moč (EUR/kW).

Prevzeta električna energija se obračunava znotraj višje(VT) in nižje (MT) dneve tarifne postavke. VT se obračunava od ponedeljka do petka od 6.00 do 22.00, MT v preostalem času. Ob sobotah, nedeljah in dela prostih dnevih velja MT ves dan.

Uporabniki na nizki napetosti brez merjenja moči (priključna moč do 43 kW) se lahko odločijo za obračun omrežnine po enotni dnevni tarifni postavki (ET), ki je časovno neodvisna.

Obračunska moč se za končne uporabnike na nizki napetosti s priključno močjo do 43 kW določi na podlagi nazivne vrednosti omejevalca toka, pri ostalih je merjena.

Obračunska moč se pri uporabniku na visoki napetosti ali srednji napetosti, ki ima priključno moč večjo od 43 kW, določi kot povprečje treh največjih 15-minutnih povprečnih moči v obračunskem mesecu v urah konične obremenitve omrežja znotraj VT. Ure konične obremenitve omrežja določi sistemski operater in jih objavi na svojih spletnih straneh¹.

Obračunska moč se pri uporabniku na nizki napetosti, ki ima priključno moč večjo od 43 kW in se z merilno napravo evidentirajo 15-minutne meritve, ugotavlja kot povprečje treh največjih 15-minutnih povprečnih moči v obračunskem mesecu znotraj VT.

Novi način obračunavanja omrežnine

Novi način obračunavanja omrežnine se prične uporabljati s 1. julijem letos in bo veljal za vse uporabnike na sistemu, ki so opremljeni z naprednimi merilnimi napravami.

Bistvena novost je uvedba petih časovnih blokov in t.i. dogovorjene obračunske moči, pri tem velja poudariti, da bodo znotraj posameznega dneva lahko nastopili zgolj trije časovni bloki – torej eden več kot pri dosedanjem obračunu. Kateri trije časovni bloki veljajo v določenem dnevu pa je odvisno od sezone in od tega ali gre za delovni ali dela prost dan. Višja sezona je določena za mesece november, december, januar in

¹ https://www.eles.si/ure_koo

februar. Nižja sezona za mesece marec, april, maj, junij, julij, avgust, september in oktober.

Dogovorjena obračunska moč ne more biti večja od priključne moči uporabnika in se določi za posamezni časovni blok, pri čemer mora biti dogovorjena obračunska moč v naslednjem časovnem bloku enaka ali višja od dogovorjene obračunske moči za prejšnji časovni blok. Npr. dogovorjena obračunska moč časovnega bloka 3 ne more biti manjša od dogovorjene obračunske moči v časovnem bloku 3.

Dogovorjeno obračunsko moč posameznega uporabnika sistema s priključno močjo enako ali manjšo od 43 kW določi operater sistema, na katerega je uporabnik sistema priključen, in sicer za posamezni časovni blok od 1 do 4 kot povprečje treh konic posameznega časovnega bloka v obdobju zadnje višje sezone pred določitvijo dogovorjene obračunske moči. Za dogovorjeno moč v časovnem bloku 5 Akt o omrežnini določa samo pogoj, da je lahko enak ali večji od časovnega bloka 4.

Dogovorjeno obračunsko moč posameznega uporabnika sistema s priključno močjo nad 43 kW določi operater sistema, na katerega je uporabnik priključen, in sicer za posamezni časovni blok na podlagi uporabnikovih doseženih 15-minutnih moči posameznega časovnega bloka v zadnjih 12 mesecih pred določitvijo dogovorjene obračunske moči.

Pri tem akt določa pravila za določitev minimalne dogovorjene obračunske moči, ki so vezana na priključno moč uporabnika iz soglasja za priključitev.

Minimalna dogovorjena obračunska moč za časovni blok 1 uporabnika sistema se določi:

- za enofazni priključek uporabnika sistema s priključno močjo enako ali manjšo od 43 kW, kot 31 % priključne moči iz soglasja za priključitev, vendar ne manj kot 2,0 kW;
- za trifazne priključke s priključno močjo enako ali manjšo od 43 kW, kot 27 % priključne moči iz soglasja za priključitev, vendar ne manj kot 3,5 kW za uporabnike sistema s priključno močjo do vključno 17 kW;
- za trifazne priključke s priključno močjo enako ali manjšo od 43 kW ter za uporabnike sistema na nizki napetosti s priključno močjo enako ali manjšo od 43 kW, ki bodo povečali vrednost priključne moči nad 43 kW, kot 34 % priključne moči iz soglasja za priključitev, za uporabnike sistema s priključno močjo nad 17 kW;
- za uporabnike sistema s priključno močjo nad 43 kW kot 25 % priključne moči.

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

Slika 1: Časovni bloki

Dogovorjeno obračunsko moč uporabnika sistema določi elektrooperater za posamezni časovni blok najkasneje do konca meseca maja za prihodnje koledarsko leto in z njo seznani uporabnika sistema z računom za omrežnino za mesec junij, julij, avgust in september oz. dobavitelj v primeru, da uporabnik prejema enotni račun. Uporabnik sistema lahko moč, s katero ga je seznail elektrooperater ali dobavitelj, spremeni tako, da elektrooperaterju posreduje novo dogovorjeno obračunsko moč za posamezne časovne bloke.

Vsaka (15-minutna) prekoračitev se obračuna kot t.i. presežna moč. Način izračuna mesečnega zneska omrežnine določata 15. in 16. člen Akta o omrežnini. Uporabnikom sistema s priključno močjo enako ali manjšo od 43 kW se v obdobju od 1. julija 2024 do 30. junija 2026 omrežnina za presežno moč ne obračunava in je uporabnik sistema ni spremenil.

Skupnosti

Zakonodaja predvideva različne načine združevanja uporabnikov sistema v skupnosti.

Energetska skupnost državljanov, ki se ustanovi kot zadruga in je omejena na distribucijsko omrežje. Je tehnološko nevtralna (proizvodnja iz obnovljivih virov ni pogoj za njeno ustanovitev). Nadzorujejo jo družbeniki/člani (fizične osebe, lokalni organi, mala podjetja). Določena je s 24. členom Zakon o oskrbi z električno energijo (Uradni list RS, št. [172/21](#), v nadaljevanju ZOEE).

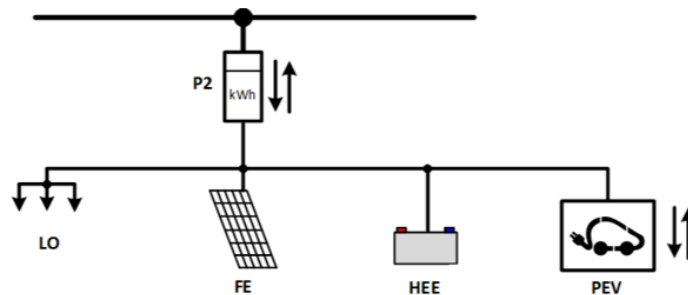
Skupnost OVE, ki se ustanovi kot pravna oseba. Namenjena je izkoriščanju obnovljivih virov, nadzorujejo družbeniki/člani (fizične osebe, lokalni organi, mikro mala ali srednja podjetja), ki so v bližini projektov na področju obnovljivih virov. Pravne osebe lahko v skupnosti sodelujejo samo, če v okviru skupnosti ne opravljajo svoje osnovne dejavnosti). Določena je z 2. podpoglavjem V. poglavja Zakona o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. [121/21](#), [189/21](#) in [121/22](#) – ZUOKPOE, v nadaljevanju ZSROVE).

V *skupnostna samooskrba* se lahko povežejo vsi končni odjemalci priključeni na distribucijsko omrežje. Skupnost se ustanovi na podlagi obligacijskega prava ali tako da se ustanovi skupnost OVE. Določena je s 1. podpoglavjem V. poglavja ZSROVE.

Priključitev proizvodne naprave in registracija skupnostne samooskrbe

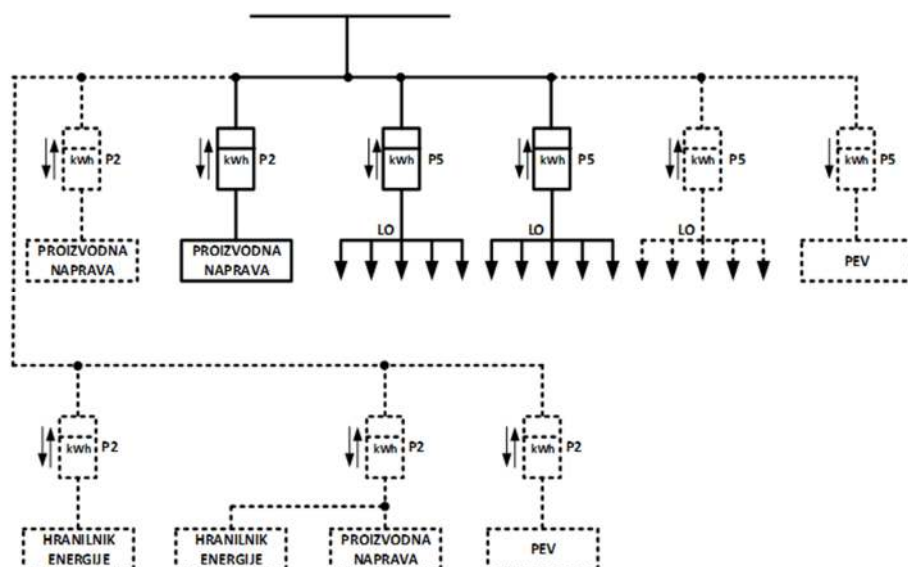
Vse proizvodne naprave, ki se priključujejo na distribucijsko omrežje morajo izpolni zahteve glede skladnosti z omrežjem. Zahteve za zagotavljanje skladnosti se delijo na tri področja:

- glede varnosti skladno s Pravilnikom o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (Uradni list RS, št. [39/16](#), Pravilnik LVD)
- glede elektromagnetne združljivosti skladno s Pravilnik o elektromagnetni združljivosti (Uradni list RS, št. [39/16](#) in [9/20](#), Pravilnik EMC) in
- zahteve po Uredbi Komisije (EU) 2016/631 z dne 14. aprila 2016 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje (*UL L 112 z dne 27. 4. 2016, str. 1*, Uredba RfG) in Sistemskih obratovalnih navodilih za distribucijski sistem električne energije (Uradni list RS, št. [7/16](#) in [41/22](#), SONDSEE).



Slika 2: Individualna samooskrba

Proizvodna naprava za potrebe skupnostne samooskrbe mora biti priključena neposredno na distribucijsko omrežje (s samostojnim prevzemno predajnim mestom).



Slika 3: Skupnostna samooskrba

Registracija skupnosti se izvede pri elektrodistribucijskem podjetju na obrazcu s katerim se določi odgovorna oseba skupnosti in ključ delitve proizvedene električne energije, ki skladno s 1. točko prvega odstavka Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. [43/22](#), v nadaljevanju Uredba o samooskrbi ZSROVE) predstavlja način izračuna količinskih deležev proizvodnje, ki pripadajo vsakemu posameznemu prevzemno-predajnemu mestu iste skupnostne samooskrbe oziroma lastniku naprave za samooskrbo (če med člane skupnostne samooskrbe ni razdeljena vsa proizvedena električna energija) in so navedeni na peto decimalno natančno, pri čemer mora biti vsota vseh deležev iste skupnostne samooskrbe enaka 1.

SOGLASJE ZA REGISTRACIJO SKUPNOSTNE SAMOOSKRBE

Podpisani odjemalci merilnih točk, vključenih v skupnostno samooskrbo, s podpisom tega Soglasja dovoljujemo, da je na obrazcu navedeni pooblaščenec skupnostne samooskrbe na osnovi soglasja vseh solastnikov (soglasje v 100 %), pooblaščen za komunikacijo z kombiniranim operaterjem v zvezi z izvajanjem skupnostne samooskrbe in za spremembe podatkov iz tega obrazca. Prav tako soglašamo, da podpisani pooblaščenec sklene novo pogodbo o uporabi sistema, prevzema vse obveznosti iz naslova upravljanja skupnostne samooskrbe ter v svojem imenu ureja vse zadeve za navedeno skupnostno samooskrbo, skladno s tretjim odstavkom 11. člena ZOEE (Uradni list RS, št. 172/21), in sicer vse do imenovanja novega pooblaščenca.

PODATKI O LASTNIKU NAPRAVE ZA SAMOOSKRBO:	
Naziv – Priimek in ime:	
*Kraj – Ulica, hišna številka:	
Številka in naziv pošte:	
Davčna številka:	
Matična številka:	(samo za pravne osebe)
Kraj in datum:	
**Podpis in žig:	
*Naslov stalnega prebivališča ali sedeža podjetja za pravne osebe.	
**Žig je obvezen samo za pravne osebe, ki poslujejo z žigom.	
Podpisnik s podpisom tega obrazca jamči za resničnost in pravilnost zgoraj navedenih podatkov.	

NAPRAVA ZA SKUPNOSTNO SAMOOSKRBO:	
Naziv merilnega mesta naprave-skupnostne samooskrbe:	
Številka merilnega mesta naprave za samooskrbo DIS-SMM:	-
ali številka merilnega mesta naprave za samooskrbo GS1: 3831115800	
Ključ delitve proizvedene električne energije lastnika naprave za samooskrbo:	
Številka merilne točke GSRN: 3831115801	
POOBLAŠČENEC SKUPNOSTNE SAMOOSKRBE	
Naziv – Priimek in ime:	
*Kraj – Ulica, hišna številka, pošta:	
Številka in naziv pošte:	
Davčna številka:	
Matična številka: (samo za pravne osebe)	
Kraj in datum:	**Podpis in žig:
*Naslov stalnega prebivališča ali sedeža podjetja za pravne osebe.	
**Žig je obvezen samo za pravne osebe, ki poslujejo z žigom.	
Podpisnik s podpisom tega obrazca jamči za resničnost in pravilnost zgoraj navedenih podatkov. V primeru več naprav se zagotovi več obrazcev.	

Slika 4: Obrazec za registracijo skupnosti²

Pooblaščenca oseba skupnostne samooskrbe za komunikacijo z distribucijskim operaterjem sporoča distribucijskemu operaterju podatke za izvajanje skupnosti ob vsaki spremembi ključa delitve proizvodnje. Lastnik proizvodne naprave za skupnostno samooskrbo je lahko tretja oseba.

Umestitev proizvodne naprave za potrebe skupnostne samooskrbe v prostor

Uredba o manjših napravah za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije ali s soproizvodnjo z visokim izkoristkom (Uradni list RS, št. [14/20](#), [121/21](#) – ZSROVE in [132/23](#)) dopušča namestitvev proizvodne naprave brez gradbenega dovoljenja za proizvodne naprave v soproizvodnje z visokim izkoristkom in vetrne elektrarne priključne moči do 50 kW ter sočne elektrarne priključne moči do 1 MW, ki

² <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/65a/7bc/302/65a7bc3021c2e893861544.pdf>

izpolnjujejo pogoje za montažo in priključitev manjših proizvodnih naprav iz omenjene uredbe. Če pogojev iz omenjene uredbe proizvodna naprava, ne izpolnjuje je potrebna pridobitev gradbenega dovoljenja.

Način obračuna električne energije, prispevkov in dajatev pri skupnostni samooskrbi

Letni obračun je dopusten samo za naprave za samooskrbo malih poslovnih (s priključno močjo odjema na nizki napetosti manjšo 43 kW) in gospodinskih odjemalcev za katere je bila podana vloga za izdajo soglasja do konca leta 2023 in ki bodo registrirane v sistem letnega obračuna (priključene na omrežje) do konca leta 2024. V skupnostno samooskrbo po letnem obračunu se lahko povežejo odjemalci, ki odjemajo električno energijo prek dveh ali več merilnih mest, ki sta oziroma so priključena na nizkonapetostno omrežje iste transformatorske postaje kot naprava oz. naprave za samooskrbo.

Samooskrba skladno z ZSROVE in Uredbo o samooskrbi ZSROVE je dopustna za vse odjemalce priključene na distribucijsko omrežje, pri tem pa ni časovne omejitve glede vložitve vloge za izdajo soglasja za priključitev. Priključna moč naprave ali vseh naprav (v primeru več naprav) za individualno samooskrbo ne sme presegati 0,8-kratnika priključne moči odjema prevzemno-predajnega mesta, na notranjo napeljavo katerega je ta naprava priključena.

V posamezno skupnostno samooskrbo se lahko najmanj dve prevzemno-predajni mesti preko katerih se odjema proizvedena električna energija iz distribucijskega omrežja in najmanj ena proizvodna naprava.

Odjemalec sklene pogodbo o samooskrbi, ki je vrsta pogodbe o dobavi električne energije, sklenjene med dobaviteljem in odjemalcem, ter mora poleg obveznih sestavin, določenih z zakonom, ki ureja oskrbo z električno energijo, vsebovati tudi določbe o odkupu presežka proizvedene električne energije iz obnovljivih virov iz samooskrbe. Obračunsko obdobje za odkup električne energije z zakonodajo ni določeno in je stvar pogodbenega odnosa med odjemalcem in dobaviteljem.

Odjemalec vključen v skupnostno samooskrbo tako prejema električno energijo od dobavitelja in iz skupnostne samooskrbe.

Prispevek za zagotavljanje podpor OVE in SPTE se odjemalcem s samooskrbo ZSROVE obračuna na razliko med obračunsko močjo prevzemno-predajnega mesta in deležem priključne moči naprave za samooskrbo, ki pripada odjemalcu, skladno s ključem delitve. [Višina prispevka OVE in SPTE³](https://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/prispevek-za-obnovljive-vire/) je objavljena na portalu energetika Ministrstva za infrastrukturo.

³ <https://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/prispevek-za-obnovljive-vire/>.

Odjemalci s skupnostno samooskrbo ZSROVE ne plačajo prispevka za energetska učinkovitost ([prispevek URE](#))⁴, ki se sicer obračunava na prevzeto električno energijo iz omrežja.⁵

Odjemalci s samooskrbo ZSROVE plačujejo prispevek za delovanje operaterja trga, ki je določen z Uredbo o podelitvi koncesije in načinu izvajanja gospodarske javne službe dejavnost operaterja trga z elektriko (Uradni list RS, št. [39/15](#), [121/21](#) – ZSROVE in [172/21](#) – ZOEE).

Za imetnike naprav za samooskrbo z električno energijo nastane obveznost za obračun [trošarine za količino električne energije](#)⁶, določeno v višini razlike med dobavljeno električno energijo s strani dobavitelja in v distribucijsko omrežje oddano električno energijo iz naprave za samooskrbo z električno energijo, kot to določa šesti odstavek 90. člena Zakona o trošarinah (Uradni list RS, št. [47/16](#), [92/21](#), [192/21](#) in [140/22](#)).

Na neto seštevek postavk se na vsakem računu obračuna tudi DDV po 22-odstotni davčni stopnji.

Novi način obračuna omrežnine v skupnostni samooskrbi

Vrednosti omrežnine za moč in omrežnine za energijo so določene z Aktom o določitvi tarifnih postavk za omrežnine (Uradni list RS, št. [118/23](#), v nadaljevanju Akt o določitvi tarifnih postavk).

Omrežnina za moč se odjemalcem v skupnosti obračuna skladno z aktom o omrežnini na enakih osnovah kot ostalim odjemalcem. Upoštevajo se časovni bloki, dogovorjena in v primeru prekoračitve dogovorjene moči se obračuna tudi presežna moč.

Kot dosežena moč se upošteva razlika evidentirana iz 15-minutnih meritev prevzema in dodeljene količine proizvedene delovne energije iz skupnosti po obračunskih intervalih v časovnem bloku.

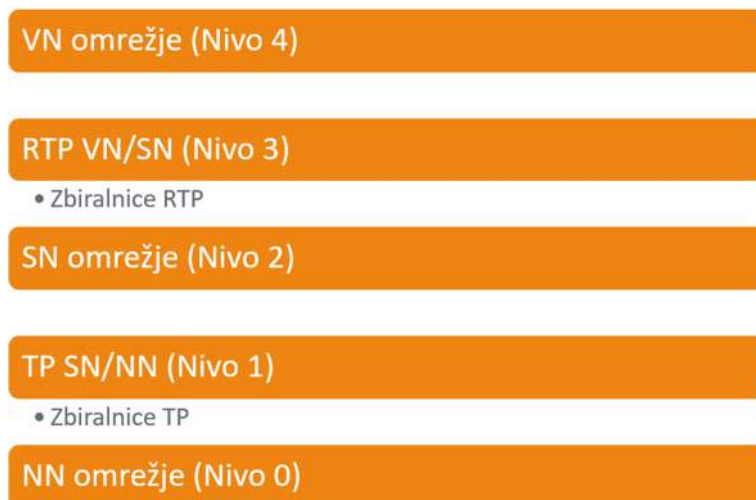
To v praksi pomeni, da delež moči pri proizvodnji, ki pripada določenemu prevzemno-predajnemu mestu zmanjšuje doseženo moč odjemalca.

Pri obračunu **omrežnine za energijo** se upošteva delež uporabe javnega distribucijskega sistema med prevzemno-predajnimi mesti proizvodnih naprav skupnosti in prevzemno predajnimi mesti končnih odjemalcev, ki so vključeni v to skupnost. Pri določitvi deleža uporabe javnega distribucijskega omrežja se uporabi poenostavljen kaskadni model omrežja.

⁴ <https://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/prihranki-energije/prispevek-za-energetska-ucinkovitost/>.

⁵ Tretji odstavek 39. člena Zakona o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. [121/21](#), [189/21](#) in [121/22](#) – ZUOKPOE).

⁶ https://edavki.durs.si/EdavkiPortal/openportal/CommonPages/Opdynp/PageD.aspx?category=obrazec_tro_e3



Slika 5: Kaskadni model omrežja

Prilagojena tarifna postavka za energijo (za značilen primer priključitve člana skupnosti j), ki odraža stroške uporabe omrežja, po obračunskih intervalih v časovnem bloku b , za distribucijsko omrežje, glede na lokacijo prevzemno-predajnega mesta končnega odjemalca in proizvodnih naprav skupnosti se označi z $TEC_{j,b}^E$. Možnih je 10 različnih prilagojenih tarifnih postavk omrežnine za energijo (j je od 1 do 10).

Pri tem nujno ne pomeni, da je prilagojena tarifna postavka z večjim indeksom j tudi vrednostno večja od tiste z manjšim indeksom j , ampak je vrednost tarifne postavke odvisna od deleža uporabe javnega distribucijskega omrežja. Dejanske vrednosti so določene z 2. členom Akta o določitvi tarifnih postavk. Če prevzemno-predajno mesto člana skupnosti ne izpolnjuje pogojev za prilagojeno tarifno postavko omrežnine za energijo uporabnik plačuje celotno omrežnino za energijo (enako kot ostali končni odjemalci).

Značilni primer priključitve (j)	Časovni blok	Tarifna postavka za energijo [EUR/kWh]
1	1	0,00000
	2	0,00000
	3	0,00000
	4	0,00000
	5	0,00000
2	1	0,00519
	2	0,00519
	3	0,00519
	4	0,00519
	5	0,00000
3	1	0,01169
	2	0,01106

	3	0,01131
	4	0,01127
	5	0,00000
4	1	0,01295
	2	0,01224
	3	0,01248
	4	0,01246
	5	0,00000
5	1	0,00655
	2	0,00615
	3	0,00635
	4	0,00612
	5	0,00000
6	1	0,00783
	2	0,00739
	3	0,00757
	4	0,00733
	5	0,00000
7	1	0,00452
	2	0,00417
	3	0,00433
	4	0,00409
	5	0,00000
8	1	0,00580
	2	0,00541
	3	0,00555
	4	0,00530
	5	0,00000
9	1	0,00131
	2	0,00129
	3	0,00128
	4	0,00126
	5	0,00000
10	1	0,00035
	2	0,00035
	3	0,00035
	4	0,00035
	5	0,00000

Tabela 1: Prilagojene tarifne postavke omrežnine □a energijo □a člane skupnosti

Najbolj ugodna je prilagojena tarifna postavka omrežnine za energijo $TEC_{1,b}^E$, ki je skladno z Aktom o določitvi tarifnih postavk v vseh časovnih blokih enaka in znaša 0 EUR/kWh. Do te prilagojene tarifne postavke je upravičen končni odjemalec v

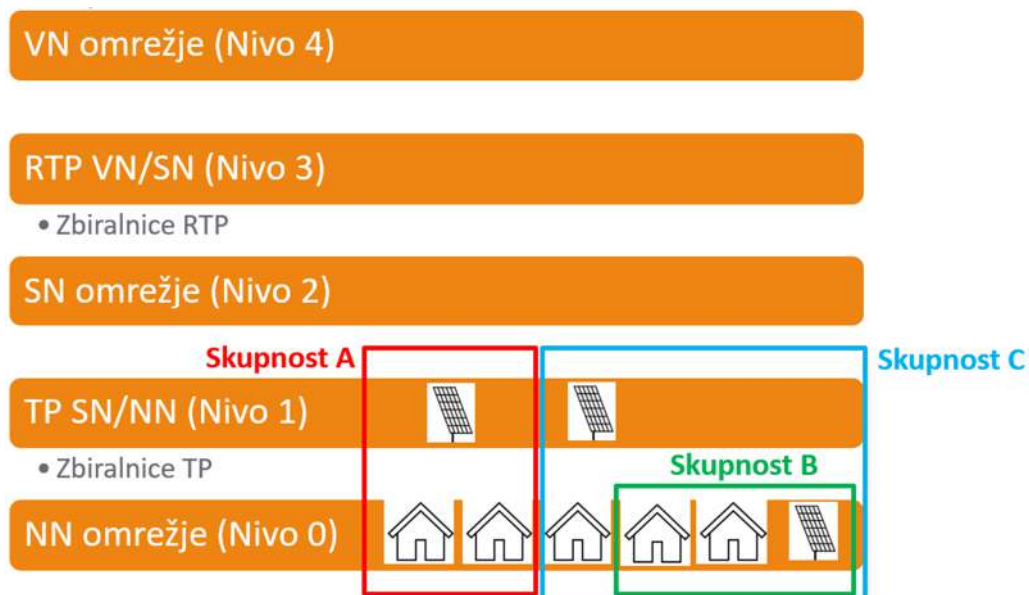
skupnosti v kateri je vsaj ena proizvodna naprava skupnosti priključena znotraj iste večstanovanjske stavbe oz. stavbe z več posameznimi deli. Enako velja za končnega odjemalca v skupnosti, kjer je vsaj ena proizvodna naprava skupnosti priključena na nizkonapetostne zbiralnice iste TP kot je priključen odjemalec. Končni odjemalec priključen na srednjo napetost in kjer je vsaj ena proizvodna naprava skupnosti priključena na srednjenapetostne zbiralnice iste RTP je prav tako upravičen do $TEC_{1,b}^E$.

Prilagojeno tarifno postavko omrežnine za energijo $TEC_{2,b}^E$ plačujejo končni odjemalci priključeni na nivo 0, vsaj ena proizvodna naprava pa je priključena na nivo 0 ali 1 iste transformatorske postaje iz srednjenapetostnega na nizkonapetostni nivo.

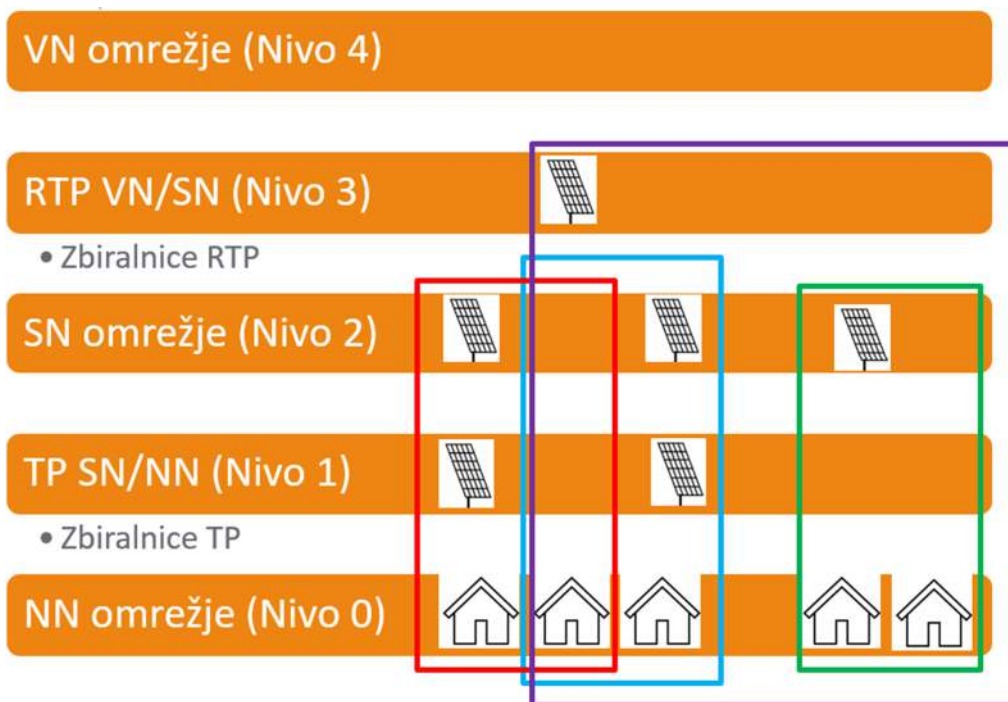
Prilagojeno tarifno postavko omrežnine za energijo $TEC_{3,b}^E$ plačujejo končni odjemalci priključeni na nivo 0, vsaj ena proizvodna naprava pa je priključena na nivo 0, 1, 2 ali 3 iste razdelilne transformatorske postaje iz visokonapetostnega na srednjenapetostni nivo.



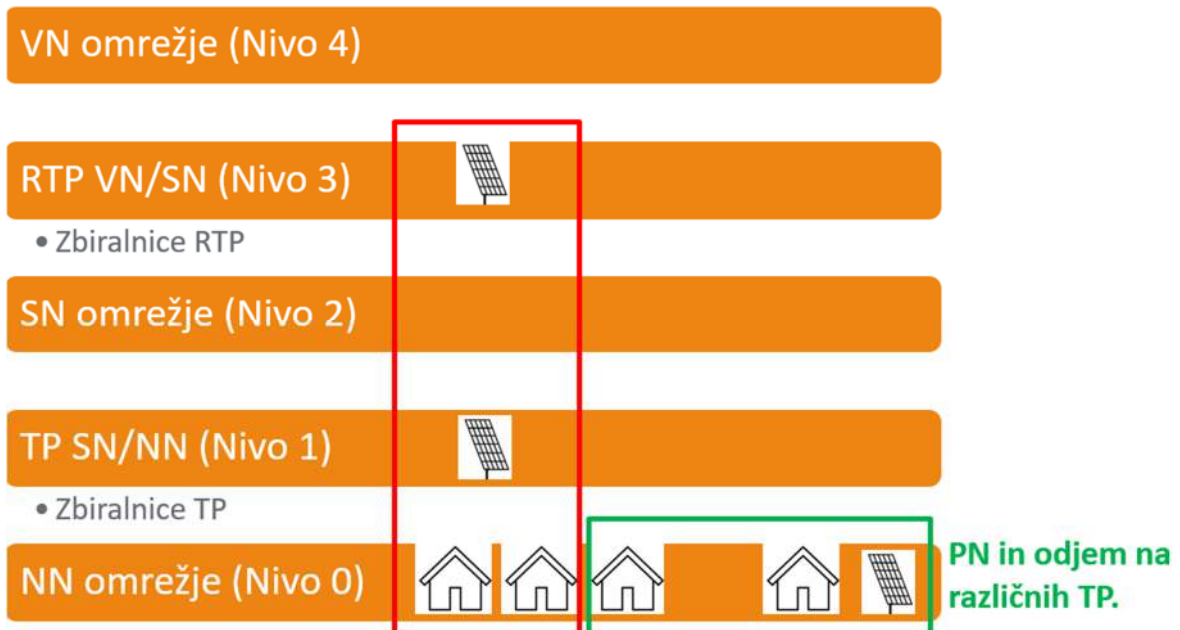
Slika 6: Primeri skupnosti s prilagojeno tarifno postavko omrežnine za energijo ($TEC_{1,b}^E$)



Slika 7: Primeri skupnosti s prilagojeno tarifno postavko omrežnine φ_a energijo ($TEC_{2,b}^E$) – ista TP

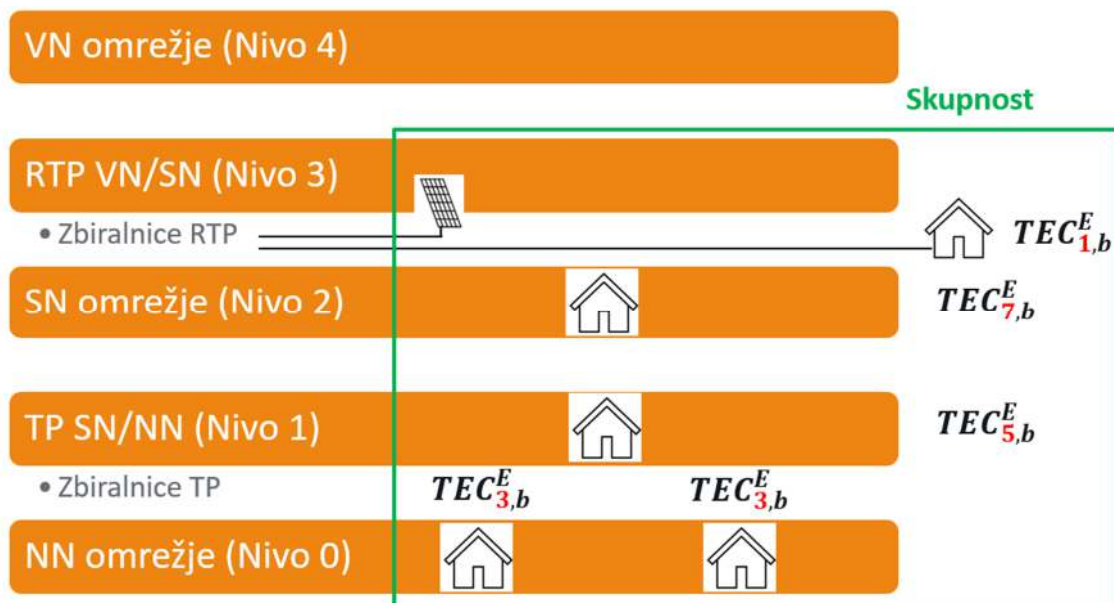


Slika 8: Primeri skupnosti s prilagojeno tarifno postavko omrežnine φ_a energijo ($TEC_{3,b}^E$)

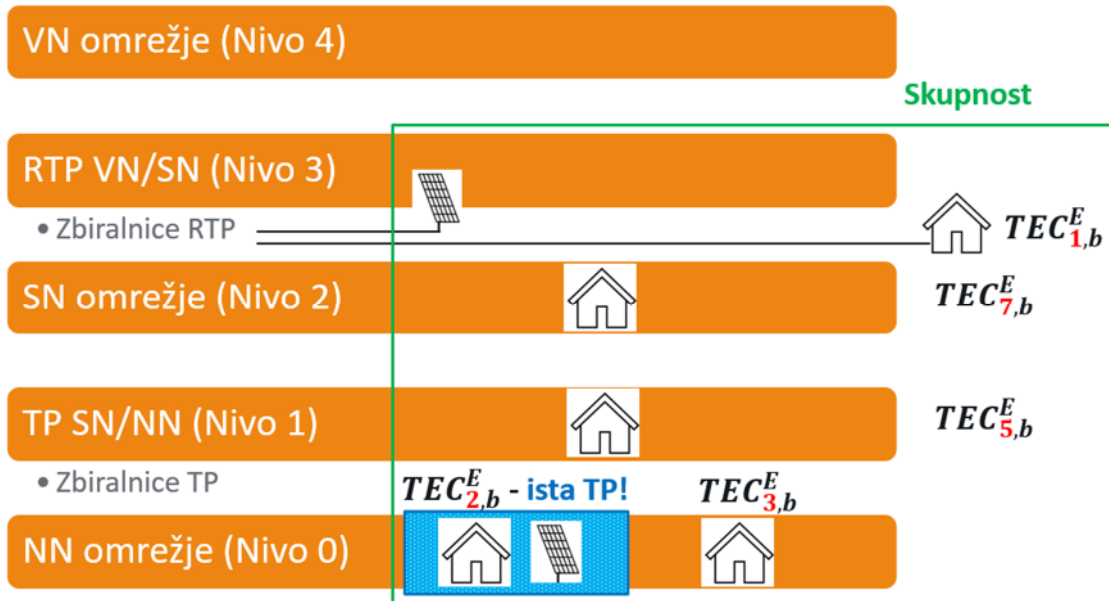


Slika 9: Primeri skupnosti s prilagojeno tarifno postavko omrežnine za energijo ($TEC_{3,b}^E$)

Kot vidimo iz navedenih primerov je možno zagotoviti nižjo prilagojeno tarifno postavko za omrežnino za energijo preneseno iz skupnosti z ustreznim »približanjem« proizvodne naprave odjemalcu glede na kaskadni model.



Slika 10: Skupnost na isti RTP



Slika 11: Skupnost na isti RTP □ dodatno proizvajno napravo

Slika 10 in Slika 11 prikazujeta primer kjer se z vključitvijo dodatne proizvodne naprave zniža omrežnina za preneseno energijo za končnega odjemalca (naprava in odjemalec sta označena z modro barvo) iz prilagojene tarifne postavke omrežnine za energijo $TEC_{3,b}^E$ na prilagojene tarifne postavke omrežnine za energijo $TEC_{2,b}^E$.

Zaključek

Akt o omrežnini predvideva prilagojene tarifne postavke omrežnine za energijo, ki predstavljajo spodbudo, da se skupnosti oblikujejo s smeri čim manjše uporabe omrežja. Zato je pri izvedbi skupnosti pomembno, da se optimalno porazdelijo proizvodne naprave in člani skupnosti, ki bodo proizvedeno energijo iz te skupnosti porabljali. S priključitvijo dodatnih proizvodnih naprav bližje določenim članom skupnosti, lahko le-tim omogočimo ugodnejšo prilagojeno tarifno postavko omrežnine za energijo.



Matjaž MIKLAVČIČ, univ.dipl.inž.el.,
ELES, d.o.o.

SPREMEMBE SONDSEE

Povzetek:

Ker osnutek sprememb Sistemskih obratovalnih navodil za distribucijski sistem električne energije – SONDSEE v zadnjem letu ni bil sprejet in objavljen, je ta prispevek zamišljen kot nadaljevanje prispevka iz leta 2023. Zaradi navedenega dejstva bodo v članku najprej predstavljene spremembe nastale v zadnjem letu, ki se nanašajo na področje priključevanja uporabnikov sistema. V nadaljevanju bodo predstavljena ureditev področja izvajanja storitev prožnosti, ki jih lahko uporabniki sistema s svojimi napravami (toplotnimi črpalkami, proizvodnimi napravami in/ali hranilniki električne energije, polnilnicami EC, ...) nudijo distribucijskemu operaterju, na katerega omrežje so priključeni, oziroma tretjim osebam.

SPREMEMBE SISTEMSKIH OBRATOVALNIH NAVODIL DISTRIBUCIJSKEGA SISTEMA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Avtor: Matjaž Miklavčič, univ.dipl.inž.el.

Pojasnilo:

Prispevek z navedeno vsebino je bil predstavljen na zadnjih Kotnikovih dnevih leta 2023 z upanjem, da bodo SONDSEE s prilogami sprejeta in objavljena še v letu 2023. Ker se to ni izvršilo, bo ta prispevek smiselno nadaljevanje prispevka iz preteklega leta z določenimi ponovljenimi navedbami iz lanskoletnega prispevka zaradi boljše predstavitve vsebine, pri čemer so v tem prispevku predstavljene spremembe nastale v zadnjem letu in pa podrobneje storitve prožnosti za distribucijskega operaterja in posebne storitve za tretje osebe (operaterja prenosnega omrežja in bilančne skupine).

Veljavna Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (v nadaljevanju: SONDSEE) so navodila, ki jih je družba SODO d.o.o. pripravila na podlagi javnega pooblastila danega v 144. členu Energetskega zakonu EZ-1 (Ur.l.RS 17/14,... in 60/19 - UPB) in so bila 20.1.2021 objavljena v Ur.l.RS 7/21. Veljati so začela naslednji dan po objavi v Uradnem listu, uporabljati pa so se 1.3.2021. Dne 23.3.2022 so bile v Ur.l.RS 41/22 objavljene spremembe in dopolnitve SONDSEE.

SONDSEE s prilogami določajo sistem obratovanja za elektroenergetsko distribucijsko omrežje, opredeljujejo storitev distribucije električne energije po distribucijskem omrežju, sistemske storitve na distribucijskem omrežju, obratovanje in razvoj distribucijskega omrežja, tehnične pogoje za priključitev na distribucijsko omrežje, odnose med distribucijskim operaterjem, uporabniki sistema in ostalimi deležniki na trgu z elektriko, merjenje električne energije, merilne naprave, enotno evidenco merilnih mest, enotno evidenco merilnih točk in načine zagotavljanja podatkovnih storitev ter obračun, način zaračunavanja in plačevanja uporabe distribucijskega elektroenergetskega sistema. Ta SONDSEE ne veljajo za male in zaprte distribucijske elektroenergetske sisteme.

Dokument sestavljajo naslednja poglavja:

- I. SPLOŠNE DOLOČBE
- II. OBRATOVANJE DISTRIBUCIJSKEGA SISTEMA
- III. NAČRTOVANJE RAZVOJA DEES
- IV. VZDRŽEVANJE SISTEMA
- V. PRIKLJUČEVANJE UPORABNIKOV SISTEMA NA DISTRIBUCIJSKI SISTEM
- VI. RAZMERJA MED UDELEŽENCI NA TRGU ENERGIJE (ELEKTROOPERATERJI, OPERATER TRGA, DOBAVITELJI, ODJEMALCI, PROIZVAJALCI, IZVAJALCI ENERGETSKIH STORITEV)
- VII. MERJENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE
- VIII. ODJEM IN ODDAJA ELEKTRIČNE ENERGIJE
- IX. DOGODKI NA MERILNEM MESTU IN MERILNI TOČKI
- X. PRIPRAVA OBRAČUNSKIH PODATKOV, OBRAČUN IN POSREDOVANJE
- XI. ODŠKODNINE
- XII. PREHODNE IN KONČNE DOLOČBE

ter priloge:

Priloga 1 – Seznam slovenskih standardov uporabljenih v SONDSEE

Priloga 2 – Tipizacija merilnih mest

Priloga 3 – Navodilo za presojo vplivov naprav na omrežje

Priloga 4 – Tipizacija omrežnih priključkov uporabnikov sistema in NN priključnih omaric

Priloga 5 – Navodila za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav in hranilnikov priključenih na distribucijsko omrežje

Priloga 6 – Navodilo za zavarovanje obveznosti dobavitelja

V nadaljevanju bodo za potrebe tega prispevka podrobneje predstavljene glavne spremembe vsebine. Pravna podlaga za te spremembe sta predvsem:

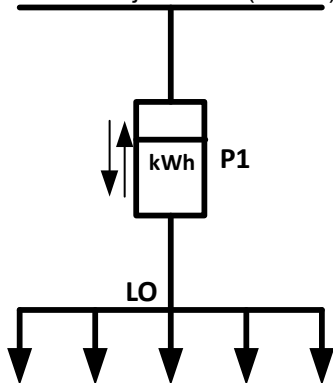
- Zakon o oskrbi z električno energijo (Ur.l.RS 172/21 – ZOEE), ki se ukvarja z organizacijo oskrbe z električno energijo, izvajanjem gospodarskih javnih služb s področja električne energije, priključevanjem uporabnikov sistema na omrežje,...
- Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (Ur.l.RS 121/21 in 189/21 – ZSROVE), ki se ukvarja z izrabo OVE, samooskrbo, priključevanjem proizvodnih naprav na OVE,... ter podzakonski akti spreti na njihovi podlagah. Spremembe in dopolnitve SONDSEE, ki jih je smiselno izpostaviti, so:

1 Priključne sheme

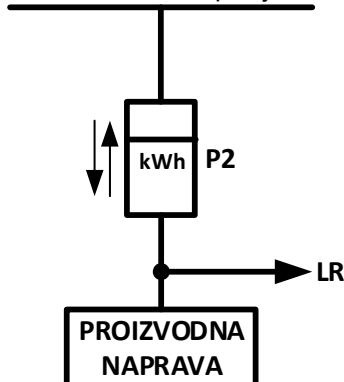
S sprejemom veljavnih SONDSEE so se začele uporabljati 3 glavne priključne sheme PS.1, PS.2 in PS 3 s svojimi podvariantami.

Priključna shema PS.1 je namenjena za priključevanje:

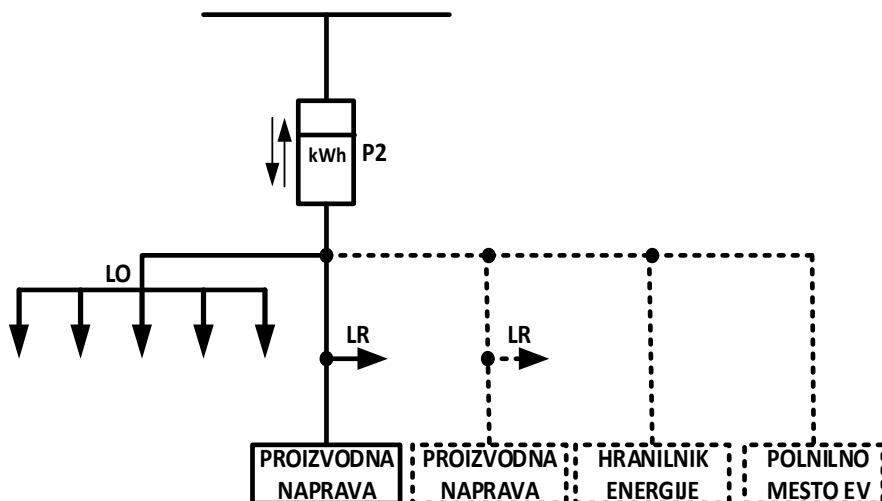
a) končnih odjemalcev (PS.1a)



b) PN, HEE in PEV, priključenih direktno na distribucijsko omrežje (PS.1b)



c) kombinacijo predhodnih uporabnikov (PS.1c)



Podrobneje so pogoji za posamezno določeni v 78-81. členu veljavnih SONDSEE

Uporaba priključne sheme PS.1c za proizvodne naprave je možna ob naslednjih pogojih:

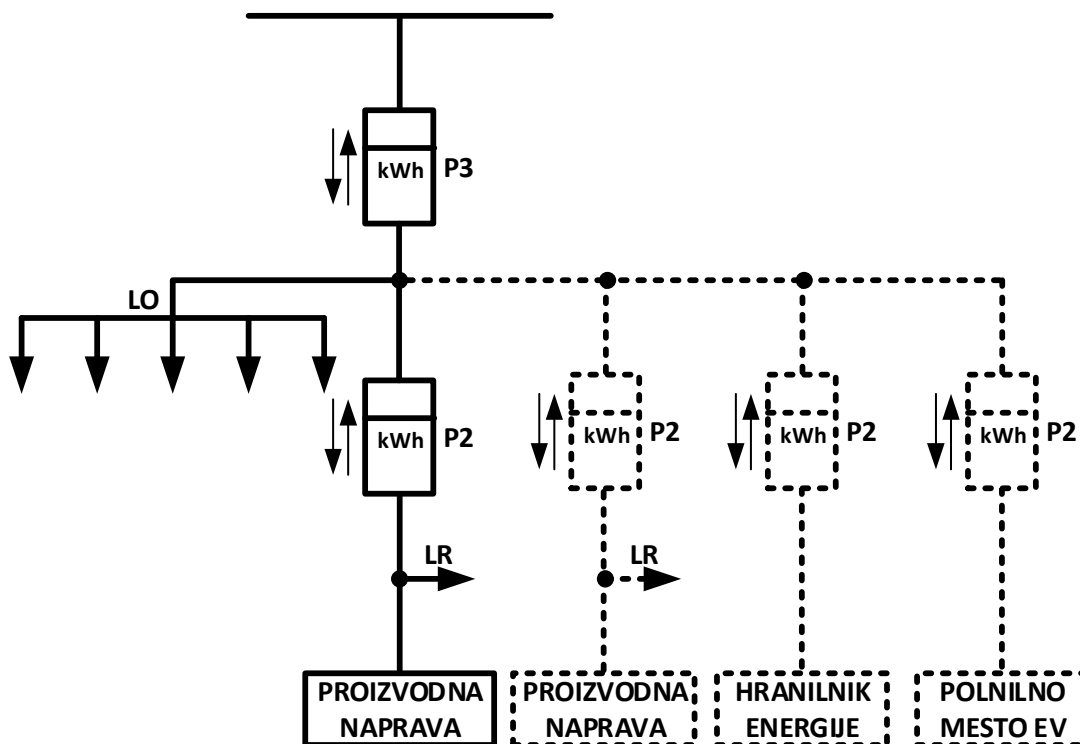
- ko je ob postavitvi proizvodne naprave prisoten lasten odjem ali ne;
- ko sta lastnik proizvodne naprave in lastnik lastnega odjema ista pravna ali fizična oseba;
- ko lastnik proizvodne naprave ne bo zaprosil za podporo proizvedeni električni energiji oziroma se strinja, da je osnova za določitev podpore izmerjena energija na števcu P2 oddana v javno omrežje;
- ko se lastnik proizvodne naprave strinja, da bo prejemal potrdilo o izvoru za energijo na osnovi količin električne energije izmerjenih na števcu P2, ki je bila oddana v javno omrežje.

Uporaba priključne sheme PS.1c za HEE in PEV je možna ob naslednjih pogojih:

- ko je ob postavitvi HEE ali polnilnega mesta EV prisoten lasten odjem ali ne;
- ko sta lastnik HEE ali polnilnega mesta EV in lastnik lastnega odjema ista pravna ali fizična oseba;
- ko bo storitve HEE ali polnilnega mesta EV koristil samo lastnik lastnega odjema;
- ko lastnik polnilnega mesta EV ne bo želel izbrati drugega dobavitelja kot ga ima izbranega za lastni odjem.

Glavna sprememba v novih SONDSEE glede priključne sheme PS.1c bo ta, da navidezna priključna moč oddaje v distribucijsko omrežje (vsota vseh proizvodnih naprav, HEE ali polnilnih mest EV) ne bo smela presegati 80% navidezne priključne moči odjema. Sama inštalirana moč (vsota) vseh proizvodnih naprav in/ali HEE in/ali polnilnih mest EV bo lahko poljubno večja od navidezne moči odjema, pri čemer bo pa lastnik proizvodnih naprav, HEE in PEV moral navedene naprave in svoj odjem tako upravljati, da v nobenem primeru ne bo presežena dovoljena moč oddaje v distribucijsko omrežje. Ob tem bo moral zagotoviti ustrezno selektivnost glede zaščit za svojo proizvodno napravo in/ali HEE in/ali PEV. S tako rešitvijo odpadejo težave glede preverjanja in zagotavljanja prenosne zmogljivosti priključka na distribucijsko omrežje ter težave z določanjem tokovnih merilnih transformatorjev.

Priključna shema PS.2 je namenjena za registracijo podpor za proizvodne naprave, sistemskih storitev, ki jih uporabniki distribucijskega sistema nudijo distribucijskemu operaterju, in posebnih storitev, ki jih uporabniki distribucijskega sistema nudijo sistemskemu operaterju, agregatorju, dobavitelju in drugim tretjim osebam.



Podrobneje so pogoji za posamezno določeni v 82-85. členu SONDSEE

Uporaba priključne sheme PS.2 za proizvodne naprave je možna ob naslednjih pogojih:

- ko je ob postavitvi proizvodne naprave prisoten lasten odjem ali ne;
- ko sta lastnik proizvodne naprave in lastnik lastnega odjema različni pravni ali/in fizični osebi, pri čemer mora lastnik lastnega odjema biti tudi lastnik merilnega mesta P3
- ko bo lastnik proizvodne naprave zaprosil za podporo proizvedeni električni energiji oziroma se ne strinja, da je osnova za določitev podpore izmerjena energija na števcu P3 oddana v javno omrežje
- ko se lastnik proizvodne naprave ne strinja, da bo prejemal potrdilo o izvoru za energijo na osnovi količin električne energije izmerjenih na števcu P3, ki je bila oddana v javno omrežje.

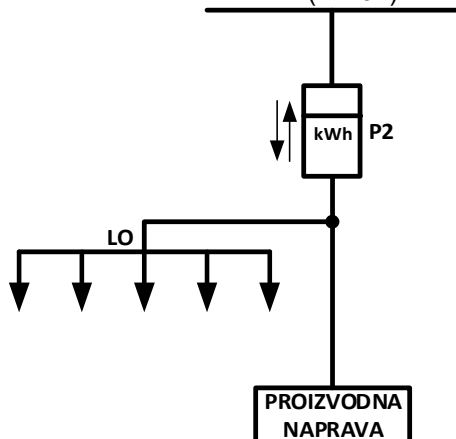
Uporaba priključne sheme PS.2 za HEE in PEV je možna ob naslednjih pogojih:

- ko je ob postavitvi HEE ali polnilnega mesta EV prisoten lasten odjem ali ne;
- ko sta lastnik HEE ali polnilnega mesta EV in lastnik lastnega odjema različni pravni ali/in fizični osebi, pri čemer mora lastnik lastnega odjema biti tudi lastnik merilnega mesta P3
- ko bo lastnik HEE ali polnilnega mesta EV storitve le-teh nudil tudi tretjim osebam
- ko bo lastnik polnilnega mesta EV želel izbrati drugega dobavitelja kot je izbran na merilnem mestu P3.

Glavna sprememba v novih SONDSEE glede priključne sheme PS.2 bo ta, da navidezna priključna moč oddaje v distribucijsko omrežje (vsota vseh proizvodnih naprav, HEE ali polnilnih mest EV) ne bo smela presegati 80% navidezne priključne moči odjema. Sama inštalirana moč (vsota) vseh proizvodnih naprav in/ali HEE in/ali polnilnih mest EV bo lahko poljubno večja od navidezne moči odjema, pri čemer bo pa lastnik proizvodnih naprav, HEE in PEV moral navedene naprave in svoj odjem tako upravljati, da v nobenem primeru ne bo presežena dovoljena moč oddaje v distribucijsko omrežje. Ob tem bo moral zagotoviti ustrezno selektivnost glede zaščit za svojo proizvodno napravo in/ali HEE in/ali PEV. S tako rešitvijo odpadejo težave glede preverjanja in zagotavljanja prenosne zmogljivosti priključka na distribucijsko omrežje ter težave z določanjem tokovnih merilnih transformatorjev.

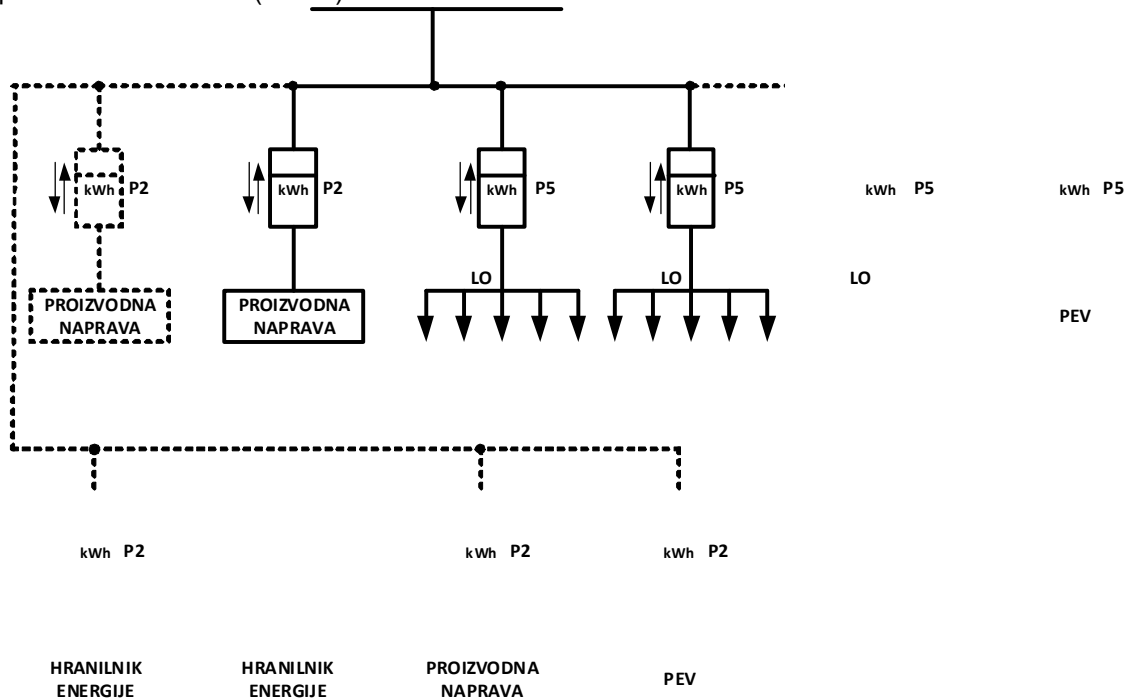
Priključna shema PS.3 je namenjena za priključevanje:

- a) individualne samooskrbe (PS.3a)



Pogoj za individualno samooskrbo je, moč naprave za samooskrbo ne sme biti večja od 80% priključne moči na merilnem mestu.

- b) skupnostne samooskrbe (PS.3b)

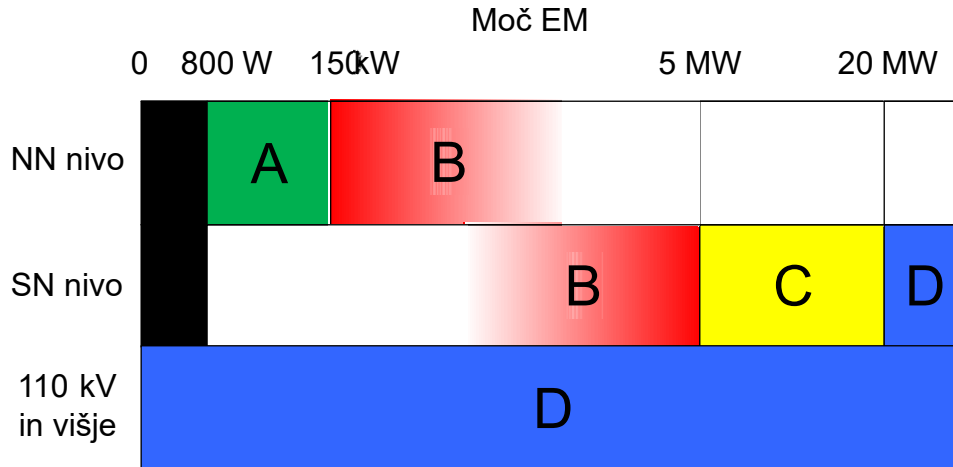


Podrobneje to vsebino opredeljujeta Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Ur.l.RS 42/22 – po ZSROVE (po novem)) in Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Ur.l.RS 17/19 in 197/20 – po EZ-1 (po starem)).

2 Priključevanje proizvodnih naprav

Sam nastanek in vsebina zahtev glede priključevanja proizvodnih naprav so bile predstavljene v lanskoletnem prispevku. Za osvežitev omenjam dva dokumenta prenosnega operaterja:

- a) Dokument z mejami za posamezne tipe proizvodnih naprav oziroma elektroenergijski modul glede na moč veljaven v Sloveniji



Osnovni gradnik je proizvodni modul, ki pretvarja bilo katero vrste energije (vodno, vetrno, toplotno, enosmerno električno,...) v izmenično električno energijo. Deli se na sinhrono povezani energijski modul (sem spada sinhronski generator) in modul v proizvodnem polju (sem spadajo vsi ostali generatorji – asinhronski generator, frekvenčni pretvornik (razsmerniki, inverterji, hibridni inverterji, ...), ...

Tip elektroenergijskega modula (A, B, C ali D) se določi na podlagi njegove delovne moči, ki jo lahko elektroenergijski modul odda v distribucijski sistem.

Tip proizvodne naprave (A, B, C ali D) sestavljen iz več elektroenergijskih modulov enake vrste elektroenergijskih modulov (velja za module v proizvodnem polju), ki sestavljajo to proizvodno napravo, se določi na podlagi vsote delovnih moči vseh elektroenergijskih modulov enake vrste, ki jo lahko proizvodna naprava odda v distribucijski sistem. Vsak sinhrono povezan energijski modul je svoja proizvodna naprava. Podrobneje je določanje opredeljeno v Prilogi 5 Navodila za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav.

- b) Dokument s posameznimi zahtevami za elektroenergetsko omrežje v Sloveniji

RAZRED A:

- obratovanje v določenem območju frekvenc
- zmanjšanje delovne moči pri povišani frekvenci
- zdržnost pri spremembah frekvence
- podatkovni vhod, ki omogoča prenehanje oddajanja delovne moči v 5 sekundah po prejemu ukaza

RAZRED B:

- vse zahteve za razred A in še:
- zmanjšanje delovne moči na ukaz
- obratovalne sheme, zaščita in merjenje
- FRT karakteristika
- zmožnost ponovne priključitve
- zmožnost glede jalove moči
- injekcija jalovega toka ob motnjah v omrežju

RAZRED C:

- vse zahteve za razred B in še:
- nadzor nad delovno močjo
- frekvenčni odziv
- nadzor
- avtomatski izklop iz omrežja
- možnost zagona iz breznapetostnega stanja
- stabilno obratovanje v celotnem območju nastavitvev
- zaščita pred pobegom
- hitra ponovna sinhronizacija
- zahteve glede inštrumentov in monitoringa
- limite za spreminjanje delovne moči
- simulacijski modeli
- večje zmožnosti glede jalove moči

RAZRED D:

- vse zahteve za razred C in še:
- širše napetostne in časovne obratovalne meje
- sinhronizacija na zahtevo
- dodatne zahteve glede FRT karakteristike

Glavna sprememba, ki je nastala v zadnjem letu, je določena nova karakteristika jalove moči J-N3, ki je po novem funkcija trenutne napetosti $Q=f(U)$. Obstoječa karakteristika jalove moči J-N3 iz veljavnih SONDSEE kot funkcija trenutne moči in napetosti $Q=f(P,U)$ je postala karakteristika jalove moči J-N4 in je predvidena za uporabo v proizvodnih napravah, ki bodo nudile sistemske storitve.

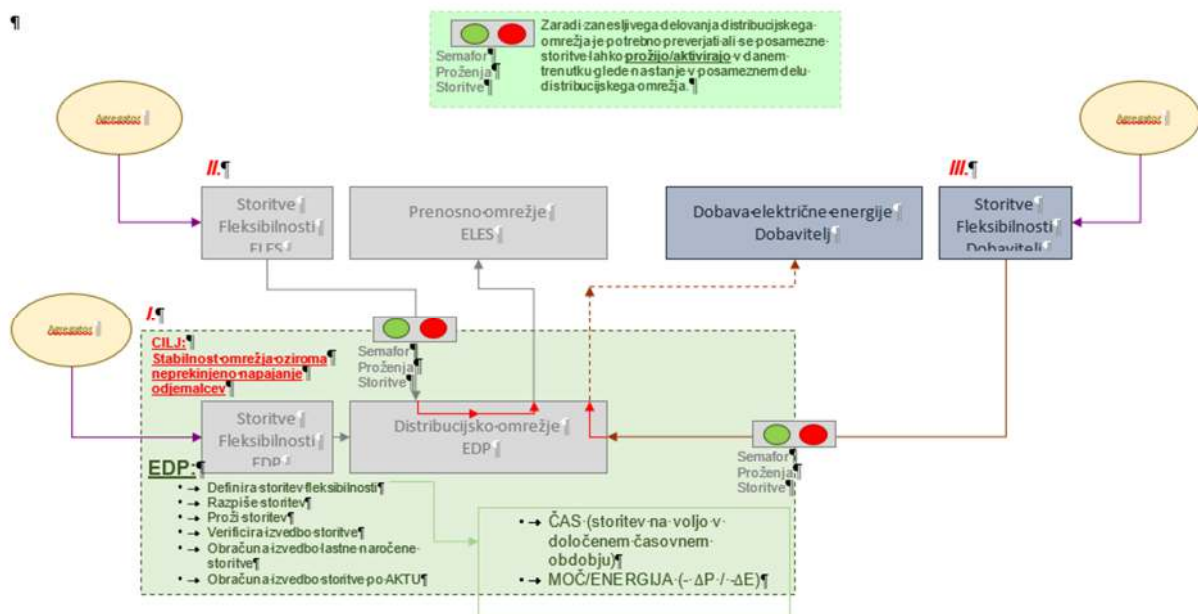
3 Storitve prožnosti

Storitve prožnosti so nove storitve, ki jih lahko uporabniki sistema nudijo posameznemu elektrooperaterju ali svojemu dobavitelju. Distribucijski operater jih deli na storitve prožnosti v DEES, ki jih uporabniki sistema priključeni na distribucijski sistem nudijo distribucijskemu operaterju, in

posebne storitve, ki jih uporabniki sistema priključeni na distribucijski sistem preko agregatorjev nudijo prenosnemu operaterju in ostalim tretjim osebam (npr. dobaviteljem...). Električno omrežje postaja vedno bolj obremenjeno, obenem se konvencionalni viri kot so termoelektrarne na premog počasi zaradi varovanja okolja zapirajo. Iz tega razloga oba elektrooperaterja, vsak iz svojih razlogov, vedno bolj iščeta storitve, ki jih potrebujeta pri uporabnikih sistema priključenih na distribucijskem sistemu. Distribucijski operater lahko glede na stanje distribucijskega elektroenergetskega sistema (DEES) išče naslednje storitve:

- regulacijo napetosti na lokalnem delu DEES,
- upravljanje preobremenitev lokalnega dela DEES,
- upravljanje zmogljivosti lokalnega dela DEES,
- upravljanje lokalnega otočnega obratovanja v primeru napake v lokalnem delu DEES.

Celoten prikaz nudenja teh storitev (storitev prožnosti v DEES in posebnih storitev) je razviden in spodnje slike:



Uporabnik priključen na distribucijsko omrežje nudi obe vrsti storitev z:

- nadzorovano povečano ali zmanjšano porabo delovne in jalove energije končnega odjemalca
- nadzorovanim časovnim premikom obremenitve (moči) končnega odjemalca
- nadzorovano povečano ali zmanjšano proizvodnjo delovne in jalove energije proizvodne naprave
- nadzorovano spremenljivo proizvodno delovno in jalovo moč proizvodne naprave
- nadzorovanim polnjenjem in praznjenjem naprave za shranjevanje električne energije
- nadzorovanim polnjenjem in praznjenjem električnega vozila na polnilnici

Za področje storitev prožnosti v DEES so sedaj v spremembah SONDSEE določena osnovna pravila za naslednje:

- produkte prožnosti in njihov opis
- objava potreb po storitvah prožnosti
- postopek naročanja in izvajanja storitev prožnosti v DEES

- registracija vira prožnosti in kvalifikacija ponudnika storitve prožnosti
- obračun in določitev osnovnice
- objava in izmenjava podatkov

Produkti prožnosti in njihov opis

Produkti prožnosti, ki jih definira distribucijski operater in jih bo naročal, se oblikujejo glede na potrebe DEES, pri čemer se mora upoštevati tudi tehnološka nevtralnost in tehnične zmožljivosti virov prožnosti, tehnične zmožnosti ponudnikov storitev, vključno s komunikacijskimi zmožnostmi. Produkti prožnosti se definirajo na podlagi končnega nabora atributov storitev prožnosti. Seznam atributov, ki jih je možno uporabiti za definicijo produkta, in opis produktov prožnosti je podan v SONDSEE Prilogi 7 – Navodilo za storitve prožnosti na DEES, ki jih uporablja distribucijski operater. Distribucijski operater lahko glede na potrebe in ponudbo oblikuje tudi druge produkte prožnosti, dokler so le-ti lahko nedvoumno opisani z atributi iz navedene Priloge 7

Objava potreb po storitvah prožnosti

Distribucijski operater najmanj enkrat letno objavi nezavezujoče predvidene dolgoročne potrebe po storitvah prožnosti v DEES za dobo do naslednjih 5 let. V objavo predvidenih dolgoročnih potreb distribucijski operater vključi tudi podatke o mestu in načinu objav razpisov za konkretne potrebe po prožnosti ter pogoje sodelovanja na razpisih. Objava predvidenih dolgoročnih potreb vključuje tudi minimalne pogoje za vire in ponudnike storitev prožnosti v skladu z zahtevami predvidenih produktov prožnosti in nezavezujočo oceno maksimalne še sprejemljive cene za produkt prožnosti.

Postopek naročanja in izvajanja storitev prožnosti v DEES

Distribucijski operater naroča storitve prožnosti na organiziranih trgih prožnosti v skladu s pravili organizatorja trga s prožnostjo in po potrebi tudi z lastnimi transparentnimi in nediskriminatornimi postopki izven trgov prožnosti, v kolikor na organiziranih trgih ne dobi ustrezne ponudbe storitev prožnosti. Za nakup storitve prožnosti izven organiziranega trga prožnosti distribucijski operater objavi povpraševanje oziroma razpis. Povpraševanje oziroma razpis distribucijski operater objavi javno najmanj na svoji spletni strani ali pa dodatno posreduje potencialnim ponudnikom tudi direktno v elektronski obliki.

Distribucijski operater sklene pogodbe s ponudniki storitev prožnosti, ki skupaj dosežejo najnižjo ceno za zahtevan obseg storitev prožnosti pod pogojem, da na razpisu pridobi ponudbe v obsegu, ki še omogoča doseganje neto koristi z uporabo prožnosti po ceni, ki je enaka ali nižja od najvišje še ekonomsko upravičene cene. Distribucijski operater sklepa pogodbe samo s ponudniki storitev, ki so uspešno opravili kvalifikacijski postopek. Ponudnik storitev, ki ima sklenjeno pogodbo za produkt za moč, je dolžan oddati tudi ponudbo za produkt za energijo, skladno s strani distribucijskega operaterja zakupljeno zmožljivostjo oziroma kot to definirajo pogoji sodelovanja v razpisu.

Registracija vira prožnosti in kvalifikacija ponudnika storitve prožnosti

Pred ponujanjem storitve prožnosti v DEES je treba vir prožnosti registrirati v nacionalnem registru prožnosti. Registracijo opravi distribucijski operater na podlagi zahteve uporabnika sistema. V zahtevi uporabnik sistema ali njegov pooblaščenec navede tudi storitve prožnosti in produkte, ki jih želi ponujati. Pri registraciji lahko distribucijski operater določi stalne obratovalne omejitve, ki se lahko razlikujejo od pogojev v SZP in so odvisne od trenutnega in predvidenega stanja omrežja v točki priključitve vira prožnosti. Distribucijski operater lahko registracijo pogojuje z določenimi minimalnimi pogoji, kot je potrebna hitrost odziva, dejanska razpoložljiva moč prožnosti ter podobno na MM, kjer se meri prevzem in predaja električne energije v distribucijsko omrežje.

Za ugotovitev zanesljivosti izvajanja storitev prožnosti, distribucijski operater izvede postopek kvalifikacije ponudnika storitev prožnosti. Kvalifikacijski postopek se izvede za vsak posamezni produkt prožnosti, za katerega se ponudnik storitev prožnosti prijavlja. V kolikor produkt prožnosti ne zahteva kvalifikacijskega postopka, kar definira distribucijski operater v razpisu, zadostuje vpis ponudnika storitve prožnosti v nacionalni register prožnosti. Rezultat kvalifikacijskega postopka je vpis ponudnika storitev v nacionalni register prožnosti. Ponudnik se vpiše v register prožnosti za dobo, ki je odvisna od produkta prožnosti, vendar ne za več kot 5 let. Po tem času je potrebna obnovitev kvalifikacije. Postopek registracije vira in kvalifikacije storitev prožnosti je opisan v Prilogi 7.

Obračun in določitev osnovnice

Obračun izvedene storitve prožnosti izvede ponudnik storitve prožnosti mesečno, če se distribucijski operater in ponudnik storitve prožnosti ne dogovorita drugače, na osnovi števnih meritev električne energije na MT, kjer se storitev prožnosti opravlja, pri čemer se uporabljajo 15-minutni merilni podatki. Izvaja se na osnovi izračunane osnovnice in dejanske izmerjenega odjema/proizvodnje za vsako MT oziroma vir prožnosti posebej, kjer se nudi storitev prožnosti. Metodologija za izračun osnovnice mora biti določena v razpisu.

Objava in izmenjava podatkov

Distribucijski operater vsaj enkrat letno objavi anonimizirane podatke o letni realizaciji iz naslova storitev prožnosti v smislu spodbujanja nudenja storitev prožnosti. Pri tem prikaže podatke vsaj po kategorijah produktov in povezavi na posamezen element omrežja. Poročila morajo biti objavljena v obliki pdf dokumentov vsaj na spletni strani distribucijskega operaterja.

Podatki o virih prožnosti in ponudnikih storitev prožnosti ter drugi podatki se hranijo v nacionalnem registru prožnosti. Distribucijski operater in ponudnik storitve prožnosti izmenjujeta podatke preko nacionalnega registra prožnosti oziroma druge platforme za izmenjavo podatkov. Ti podatki so na voljo tudi drugim deležnikom skladno z njihovimi pristojnostmi. Izmenjuje se naslednje:

- podatki o virih prožnosti in ponudnikih storitev prožnosti
- podatki o aktivacijah posameznih virov prožnosti z navedbo vira prožnosti, začetka aktivacije in trajanja aktivacije
- informacije o obratovalnem stanju omrežja na prevzemno predajnem mestu povezanem z virom prožnosti z možnostjo določitve začasnih omejitev (semafor), ki se posodablja s 15-minutno časovno resolucijo ter informacijo o trenutnem statusu vira prožnosti;
- števnice meritve iz MT za določitev osnovnice skladno s potrjeno metodologijo
- merilni podatki med trajanjem aktivacije storitve prožnosti
- števnice meritve z MT o izvedenih storitvah prožnosti

Podrobneje posamezna zgoraj opisan poglavja določa Prilogi 7 – Navodilo za storitve prožnosti na DEES, ki jih uporablja distribucijski operater. V njem se produkti za storitve prožnosti za potrebe distribucijskega operaterja razvrščajo v dva razreda:

A. Produkt za delovno in/ali jalovo moč

Produkt za zagotavljanje moči oziroma rezervacijo virov prožnosti (npr. zakupljen za sezono vnaprej ali več, ko se pričakujejo težave v sistemu), zakupljen za storitve prožnosti po določeni ceni razpoložljivosti (cena za moč), ki se nato aktivira, ko distribucijski operater potrebuje storitev.

B. Produkt za delovno energijo

Produkt za zagotavljanje energije, zakupljene po ceni za energijo.

Nadalje je posamezen produkt prožnosti ločen na korektivni in prediktivni produkt prožnosti odvisno od namena uporabe produkta prožnosti. Navodilo določa attribute, s katerimi se definira posamezni produkt prožnosti za sledeče storitve:

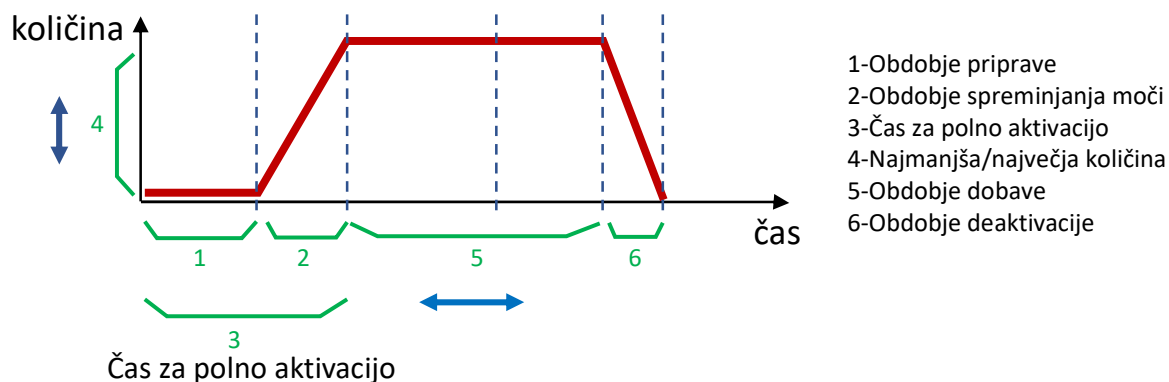
- a) Upravljanje prezasedenosti: Storitve vključuje dva produkta in sicer »Upravljanje prezasedenosti s produktom za moč« in »Upravljanje prezasedenosti s produktom za energijo«.
- b) Regulacija napetosti: Storitve se nanaša na izogibanje povečanja ali zmanjšanja napetosti v distribucijskem sistemu preko dovoljenih toleranc. Navodilo opredeljuje dva produkta za regulacijo napetosti, in sicer »Jalova moč za regulacijo napetosti« in »Delovna moč/energija za regulacijo napetosti«.

Vsak produkt je opisan z atributi, ki so vključeni v splošni seznam atributov. V tem trenutku so bili prepoznani naslednji atributi, s katerimi se lahko opiše posamezni produkt prožnosti:

Atribut	Opis
Časovno obdobje	Čas trajanja izvajanja storitve.
Obdobje proženja	Meseci, dnevi v mesecu, ure v dnevu.
Obdobje priprave	Obdobje med predložitvijo zahtevka s strani distribucijskega operaterja in začetkom obdobja spreminjanja moči.
Obdobje spreminjanja moči	Pomeni časovno periodo, ki poteka od določene začetne točke in v kateri se vhodna in/ali izhodna moč poveča ali zmanjša, dokler se ne doseže zahtevana moč.
Čas za polno aktivacijo	Obdobje med zahtevo za aktivacijo s strani distribucijskega operaterja in ustrezno polno dobavo zadevnega produkta.
Najmanjša/največja količina	Količina moči, ki jo je mogoče spreminjati. Moč (ali sprememba moči), ki je ponujena in bo dosežena ob koncu časa za polno aktivacijo. Najmanjša količina predstavlja najmanjšo moč za eno ponudbo. Največja količina predstavlja največjo moč za eno ponudbo. V primeru produkta za energijo je količina enaka moči pomnoženi z obdobjem dobave.
Najkrajše in najdaljše trajanje obdobja dobave	Najmanjša/največja dolžina obdobja dobave, v katerem ponudnik storitev prožnosti zagotovi polno zahtevano spremembo dobavljenе moči ali polno zahtevano spremembo odjema moči iz sistema.
Obdobje deaktivacije	Pomeni obdobje spreminjanja moči od popolne dobave do želene vrednosti ali od popolnega odjema nazaj do želene vrednosti.
Ločljivost ponudbe	Najmanjši prirastek obsega ponudbe.
Obdobje veljavnosti	Pomeni obdobje, v katerem je mogoče aktivirati ponudbo za energijo ponudnika storitev prožnosti, če so upoštevane vse značilnosti produkta. Obdobje veljavnosti je opredeljeno s časom začetka in s časom konca.

Atribut	Opis
Način aktivacije	Pomeni način aktivacije produkta prožnosti za energijo, ročno ali avtomatsko, odvisno od tega, ali ponudnik storitve prožnosti na zahtevo distribucijskega operaterja sproži storitev ročno ali pa se ta sproži avtomatsko na način zaprte zanke v obdobju veljavnosti (distribucijski operater pošlje nastavitve za delovno/jalovo moč).
Cena za moč	Cena za razpoložljivost prožnosti (praviloma izražena v € /kW /uro razpoložljivosti)
Cena za energijo	Cena za dejansko zagotovljeno prožnost: dobavljena energija (praviloma izražena v EUR/kWh)
Deljivost	Pomeni možnost distribucijskega operaterja, da uporabi samo del ponudb za energijo ali ponudb za moč, ki jih ponudi ponudnik storitev prožnosti, bodisi v smislu aktivacije moči bodisi v smislu trajanja.
Lokacija	Ta atribut določa katere lokacijske podatke je treba vključiti v ponudbo. Primer lokacijskega podatka je merilno mesto (MM), GPS koordinate in podobno.
Obdobje okrevanja	Najkrajše trajanje med koncem obdobja deaktivacije in naslednjo aktivacijo.
Agregacija dovoljena	Ta atribut določa, ali je dovoljena združena ponudba moči ali energije več enot prek agregatorja.
Simetrični/asimetrični produkt	Ta atribut določa, ali so dovoljeni samo simetrični produkti ali tudi asimetrični produkti. Pri simetričnem produktu morata biti količina regulacije navzgor in količina regulacije navzdol enaka.
Maksimalno/minimalno število aktivacij	Največje/najmanjše število aktivacij v določenem časovnem obdobju (na dan, mesec ali sezono).

Sam potek aktivacije produkta je razviden iz naslednje slike:



Kot je bilo že predhodno navedeno, so v samem navodilu podrobneje opisani posamezni postopki registracije vira prožnosti, izvedbe razpisa za dobavo storitve prožnosti, kvalifikacijskega postopka in samega proženja naročene storitve prožnosti.

Registracijo vira prožnosti je distribucijski operater dolžan opraviti v 30 dneh po oddaji zahteve uporabnika omrežja. Uporabnik omrežja mora v zahtevi za registracijo vira prožnosti navesti naslednje podatke:

1. Osnovni obseg podatkov: lokacija vira prožnosti (merilno mesto), moč in energija prožnosti, in potencialne produkte prožnosti, katere bo vir prožnosti zagotavljal.
2. Razširjen obseg podatkov: osnovni obseg podatkov in dodatno omejitve zmogljivosti, hitrost odziva, način aktivacije, vrsto vira prožnosti (uporabljena tehnologija - aktivni odjem, baterija, sončna elektrarna itd.) in opcijsko agregatorja (v kolikor ima uporabnik sistema z njim sklenjeno pogodbo).

Ob registraciji se ti podatki zapišejo v nacionalnem registru prožnosti. Ob tem se vsakemu viru prožnosti pripiše trenutna razpoložljivost, ki je odvisna od razpoložljivosti samega vira prožnosti, in od stanja v omrežju (stalne in začasne obratovalne omejitve)

Sledi postopek razpisa, v katerem distribucijski operater v razpisu objavi vsaj:

1. zahtevane podatke za oddajo ponudbe;
2. zahtevane dokumente za oddajo ponudbe;
3. predvidene produkte prožnosti z njihovimi lastnostmi v obliki atributov;
4. način in roke za izbiro ponudnikov storitev prožnosti;
5. rok za oddajo ponudb;
6. metodologijo za izračun osnovnice;
7. določila v zvezi z obračunom storitve prožnosti in zagotavljanjem merilnih podatkov;
8. način komunikacije med ponudnikom storitve prožnosti in distribucijskim operaterjem;
9. način aktivacije virov prožnosti;
10. predviden kvalifikacijski postopek in morebitne tehnične teste (test komunikacije, test aktivacije);
11. morebitno najvišjo še sprejemljivo ponudbeno ceno;
12. osnutek bilateralne pogodbe.

Ponudnik storitve prožnosti mora v ponudbi navesti vse zahtevane podatke in dokumente ob tem pa navesti tudi predvidene vire prožnosti, s katerimi bo zagotavljal storitev prožnosti. Rok za oddajo ponudb ne sme biti krajši od 30 dni. Po zaključenem razpisu bo distribucijski operater v maksimalnem roku 30 dni izvedel postopke za sklenitev bilateralnih pogodb. Postopki vključujejo kvalifikacijski postopek, pozive za dopolnitev nepopolnih ponudb in morebitno pogajanje s ponudnikom storitev prožnosti.

Ustreznost zagotavljanja storitve prožnosti preveri distribucijski operater s postopkom kvalifikacije produkta, ki je odvisen od vrste produkta prožnosti in potreb distribucijskega operaterja. Tehnične zahteve za kvalifikacijo produkta so določene z razpisom za izvajanje storitev prožnosti, ki ga objavi distribucijski operater. Če oceni, da je potrebno, distribucijski operater izvede tehnične teste, s katerimi se dokaže, da vir prožnosti in ponudnik storitve prožnosti izpolnjujeta zahteve razpisanega produkta prožnosti. V kvalifikacijskem postopku se izmenjujejo naslednje informacije:

- Identifikacijska številka - edinstven identifikacijski znak z uporabo standardnih identifikacijskih shem (GS1; EIC), ki ponudnika nedvoumno določi (določi distribucijski operater);
- Ime in priimek fizične osebe oz. naziv pravne osebe in odgovorna oseba;
- Navedbo virov, ki bodo sodelovali pri nujenju storitve prožnosti;
- Način komunikacije med distribucijskim operaterjem in ponudnikom storitve prožnosti;
- Način aktivacije virov prožnosti – ročna/avtomatska;
- Smer prožnosti – dve možni smeri:

- Navzgor (pozitivna aktivacija): zmanjšuje moč porabe oziroma zvišuje moč proizvodnih virov;
- Navzdol (negativna aktivacija): zvišuje moč porabe oziroma zmanjšuje moč proizvodnih virov;
- Informacija o lokaciji – identifikator merilnega mesta (ali več identifikatorjev merilnih mest, v primeru agregatorja);
- Maksimalna moč – največja moč prožnosti, ki se lahko ponudi;
- Omejitve zmogljivosti - npr. najdaljše trajanje aktivacije, čas med zaporednimi aktivacijami itd.

Rezultat kvalifikacijskega postopka je dokument, ki vsebuje ugotovitve kvalifikacijskega postopka in časovno veljavnost kvalifikacije. Dokument se posreduje ponudniku storitev prožnosti. Na podlagi dokumenta se vir prožnosti vpiše v nacionalni register prožnosti. V dokumentu morajo biti navedeni vsi relevantni podatki in začetek veljavnosti kvalifikacije. V primeru, da kvalifikacijski postopek ni uspešen, se vir prožnosti ne vpiše v nacionalni register prožnosti. Dokument je podlaga za sklenitev bilateralne pogodbe med distribucijskim operaterjem in ponudnikom storitve prožnosti in za morebitno sodelovanje na prihodnjih razpisih.

Po sklenitvi pogodbe sledi proženje same storitve prožnosti s strani distribucijskega operaterja, ko jo ta potrebuje. Naročeno storitev prožnosti distribucijski operater proži s pošiljanjem signala za proženje ponudnikom storitev prožnosti. Proženje produkta je lahko ročno ali avtomatsko, kar distribucijski operater opredeli v razpisu za izvajanje storitve prožnosti, pri čemer spodbuja avtomatski način proženja. Ročno proženje pomeni, da oseba na fizični lokaciji proži vir prožnosti ročno na podlagi prejetega prožilnega signala. Distribucijski operater sporoča signal za ročno proženje praviloma z uporabo elektronske komunikacije. Avtomatsko proženje se izvaja prek strojne komunikacije, na podlagi vnaprej določenih pravil in izmenjave standardiziranih sporočil, kar distribucijski operater definira v razpisu. V primeru avtomatske aktivacije ponudnik storitev prožnosti pošlje nazaj potrditev o sprejemu signala za proženje v obliki standardiziranega dokumenta, kot je definirano v razpisu. Za tem ponudnik storitev prožnosti pošlje ustrezen signal nacionalnemu registru prožnosti in s tem spremeni status razpoložljivosti (stanja aktivnosti) vira prožnosti.

Po izvedeni storitvi prožnosti sledi obračun, kot je opisan v samih SONDSEE.

4 Ostale večje spremembe

Prva večja sprememba SONDSEE so dodane nove priloge in sicer:

- Priloga 7 – Navodilo za storitve prožnosti na DEES, ki jih uporablja distribucijski operater
- Priloga 8 – Navodilo standardizirani merilni in obračunski podatki
- Priloga 9 – Seznam standardnih in ostalih podatkovnih storitev
- Priloga 10 – Navodilo za vzporedni dostop do podatkov
- Priloga 11 – Navodilo za določanje stalnih obratovalnih omejitev
- Priloga 12 – Tehnične zahteve za merilno in komunikacijsko opremo
- Priloga 13 – Navodila za nadomeščanje merilnih in obračunskih podatkov

Vsebina nove Priloge 7 je bila predstavljena v prejšnjem poglavju.

Priloga 8 – Navodilo standardizirani merilni in obračunski podatki določa vsebino in način izmenjave opisanih podatkov med posameznimi 7deležniki v sistemu. Podrobnejše tehnične specifikacije glede šifrantov teh podatkov bodo objavljeni v posebnem dokumentu na spletnih straneh izvajalca GJS distribucijskega operaterja in elektrodistribucijskih podjetij.

Priloga 9 – Seznam standardnih in ostalih podatkovnih storitev opisuje seznam storitev, ki jih distribucijski operater zagotavlja posameznim deležnikom, ki so priključeni na DEES (uporabniki sistema) ali izvajajo določene storitve za te uporabnike sistema (dobavitelji, ponudniki drugi storitev (na pr. storitev prožnosti na DEES).

Priloga 10 – Navodilo za vzporedni dostop do podatkov določa postopke, na kakšen način bodo uporabniki sistema ali njihovi pooblaščenec lahko s svojimi napravami preko I1 porta dostopali do podatkov na števcih, ki merijo prevzeto ali oddano energijo teh uporabnikov sistema. Podrobnejše tehnične specifikacije za dostop do I1 porta glede vrsto števca, ki je nameščen pri posameznemu

uporabniku sistema, bodo objavljeni v posebnem dokumentu na spletnih straneh izvajalca GJS distribucijskega operaterja in elektrodistribucijskih podjetij.

Priloga 11 – Navodilo za določanje stalnih obratovalnih omejitev postopek in omejitve za vire prožnosti, ki nudijo te storitve tretjim osebam,

Priloga 12 – Tehnične zahteve za merilno in komunikacijsko opremo določa zahteve za merilno in komunikacijsko opremo, ki se na podlagi načrta uvedbe naprednega merilnega sistema vgrajuje na merilna mesta uporabnikov sistema.

Priloga 13 – Navodila za nadomeščanje merilnih in obračunskih podatkov določa pravila nadomeščanje merilnih in posledično obračunskih podatkov, če je teh izpadlih podatkov (15-minutnih) manj kot 10%. V takem primeru se ti podatki po postopku opisanem v navodilu ustrezno nadomeščajo.

Naslednja večja sprememba je določitev, kaj so storitve za podredne meritve. To so storitve, ki omogočajo sprejem in izmenjavo merilnih podatkov, ki izhajajo iz merjenja količin energije in moči s števecv in merilnih naprav nameščenih na dodatnih merilnih mestih (podredne meritve). Distribucijski operater preko svojega naprednega merilnega sistema v okviru enotne vstopne točke nacionalnega podatkovnega vozlišča omogoča storitve za podredne meritve na naslednji način:

- podatki se sprejemajo ter izmenjujejo na ravni ene ali več merilnih točk povezanih z enim ali več ločenih merilnih mest, ki so vzpostavljena za specifičen namen in jih distribucijski operater vzpostavi posebej za ta namen, skladno z določili poglavij o Enotni evidenci merilnih mest in Enotni evidenci merilnih točk, v obsegu potrebnem za izvajanje storitev iz tretje alineje tega člena
- podatki morajo biti standardizirani skladno s Prilogo 8 teh SONDSEE
- v izmenjavi podatkov s tretjimi osebami distribucijski operater omogoča izmenjavo podatkov skladno s Prilogo 9 iz **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** člena teh SONDSEE – storitve A1, B1 in B2, ki pomenijo izmenjavo 15-minutnih podatkov med distribucijskim operaterjem in uporabnikom sistema oziroma njegovim pooblaščenecem
- v enotni evidenci merilnih točk se v ta namen smiselno vodijo osnovni podatki, in
- podatki se lahko uporabljajo za različne namene, vsaj za namen izvajanja prožnosti, zajema podatkov redundantnih meritev k meritvam števca priključenega na distribucijsko omrežje, deljene dobave, ostalih storitev tretjih oseb in izmenjavo podatkov.

Podatki podrednih meritev izvirajo iz opreme in sistemov, ki niso del NMS distribucijskega operaterja. Distribucijski operater odgovarja samo za storitve za podredne meritve, ki jih izvaja v okviru nacionalnega podatkovnega vozlišča. V podatke, ki ne izhajajo iz NMS distribucijskega operaterja in jih zagotavljajo tretje osebe, distribucijski operater ne posega, validira in nadomešča, ter jih deležnikom zagotavlja v okviru izvajanja storitev za podredne meritve.

Večja sprememba je tudi dopolnitev SONDSEE z možnostjo deljene dobave. Deljena dobava pomeni, da ima uporabnik na svojem merilnem mestu več dobaviteljev, katerih posamezni deleži se mora sešteti v ena. Druga možnost deljene dobave pa je drug dobavitelj na števcu P2 v okviru priključne sheme PS.2. V dopolnitvah so določeni postopki menjave dobavitelja na takšnem merilnem mestu z več dobavitelji ter ob

Za zaključek je smiselno izpostaviti, da s sprejemom in objavo sprememb SONDSEE in prilog ti dokumenti ne bodo ostali nespremenjeni nekaj let. Na podlagi določenih informacij se bodo na podlagi že sprejetih sprememb in dopolnitev EU zakonodaje s tega področja že v letošnjem letu spreminjala (dopolnjevala) ZOEE in ZSROVE. Prav tako se bosta do konca tega leta spremenila EU Uredbi o zahtevah za generatorje in za priključevanje uporabnikov sistema. Iz teh razlogov se bo družba ELES, d.o.o., kot operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega omrežja ustreznih sprememb in dopolnitev SONDSEE, za katere se predvideva, da bodo sprejeti in veljavni najkasneje z 1.7.2024, lotila že v drugi polovici tega leta.

5 Viri:

- Veljavni SONDSEE (marec 2022) objavljen v Ur.l.RS 7/21 in 41/22
- Osnutek SONDSEE (februar 2024) posredovan v soglasje na AGEN
- Spletna stran distribucijskega operaterja družbe SODO d.o.o. <https://sodo.si/sl/kdo-smo/zakonodaja/sondsee/obvestila-o-sondsee>



**dr. Janez Ribič,
Janez Podlipnik,
dr. Jože Pihler**

IZBIRA ZAŠČITE PRED DELOVANJEM STRELE PO STANDARDU SIST EN 62305-2

Povzetek:

Slovenija se nahaja na stičišču treh tipov podnebja: zmerne celinskega, gorskega in submediteranskega. Zato je na tem področju veliko število nevihtnih dni in posledično udarov strele. Udar strele v objekt lahko povzroči ekonomsko in materialno škodo. V skrajnem primeru lahko povzroči tudi poškodbe ali izgubo človeških življenj. Standard SIST EN 62305-2 ponuja celovit postopek izbire ukrepov za omejitev škode ob upoštevanju še sprejemljivega tveganja. V članku bo opisan postopek, zbiranje ustreznih ukrepov za zmanjšanje tveganja pod sprejemljivi nivo. Opisani bodo splošni ukrepi izbire zaščitnega nivoja za strelovodno in prenapetostno zaščito, izbire načina zaščite pred elektromagnetnim impulzom strele (oklopljanje kablov in prostorov) in sistem izenačitve potencialov v objektu. Z izbranimi zaščitnimi ukrepi so določeni minimalni tehnični pogoji za zaščito pred delovanjem strele. V nadaljevanju se bomo osredotočili na izbiro ustreznega strelovoda s programskim orodjem SHIELD na osnovi izbranih zaščitnih ukrepov. Prikazane bodo tudi ekonomske prednosti takšne izbire strelovoda. V zaključku bodo predstavljene osnovne prednosti in zahteve predlaganega postopka izbire zaščitnih ukrepov za zaščito pred delovanjem strele.

Ključne besede: zaščita pred delovanjem strele, standardizacija, programsko orodje SHIELD, strelovod, prenapetostna zaščita, tveganje.

1 Uvod

Tehnična smernica TSG-N-003:2013 [1] z naslovom Zaščita pred delovanjem strele obravnava ukrepe za zaščito pred delovanjem strele za objekte. Je del skupine smernic za gradnjo objektov. Smernica določa, da morajo biti vse zahtevne in manj zahtevne stavbe opremljene s sistemom zaščite pred strelo. Izjema so enostanovanjske in dvostanovanjske stavbe, katere ni obvezno opremiti s sistemom zaščite pred strelo. Smernica predpostavi, da se sistem izbira po zadnjem stanju tehnike. V splošnem prikaže osnovne gradnike sistema zaščite pred strelo in razloži določene pojme. Med drugim predpisuje, da projektiranje, nameščanje in delovanje sistema zaščite pred delovanjem strele temelji na družini standardov SIST EN 60305 (deli od 1 do 4). To pomeni, da je uporaba teh standardov obvezna v vseh fazah načrtovanja sistema zaščite pred delovanjem strele. S stališča izbire sistema zaščite pred strelo, je najbolj pomemben standard SIST EN 620305-2 [2]. Osnovna tema tega članka bo izbira sistema zaščite pred strelo.

Prejšnji pravilnik za gradnjo strelovodov iz leta 1968 [3] je bil podrobno opisan v diplomskem delu [4]. Po njem se je izbiralo strelovod po pravilih, ki jih je določal. Za izbiro strelovoda ni bil potreben izračun. Ni podrobno obravnaval prenapetostne zaščite naprav. Ta pravilnik je imel osnovo v DIN standardih. Smernica [1] ima prilogo Karto največjih vrednosti gostote strel [5]. Gostota strel proti zemlji na letnem nivoju je v Sloveniji različna [5]. V vzhodni Sloveniji je večinoma manjša od 4 udarov strel na km² in leto. V zahodni Sloveniji pa naraste tudi na čez 10 strel proti zemlji na km² in leto. V Julijcih pa je gostota strel najvišja v Evropi. Dejansko je zaradi teh nevarnosti zelo smiselna uporaba sistema zaščite pred strelo.

Standard SIST EN 620305-2 [2] iz leta 2006 je preveden v slovenski jezik (verzija iz leta 2012 je aktualna) in obravnava vodenje tveganja ter se uporablja za ocenitev tveganja na zgradbah ali napeljavah zaradi udara strele proti zemlji. S postopki, ki jih obravnava, se izberejo potrebni ukrepi za učinkovito zaščito zgradb pred delovanjem strele. Postopek je obsežen in terja uporabo določenih programskih orodij, ki olajšajo izbiro ukrepov. Podrobnejše informacije postopka izbire v smernici niso navedene. Podrobno ga obravnava standard [2]. Izbira zaščitnih nivojev je le začetni del postopka izbire sistema zaščite pred strelo. Ko izberemo ustrezni zaščitni nivo oziroma, če ugotovimo, ali je zaščita sploh potrebna, sledi nadaljnja obravnava primera.

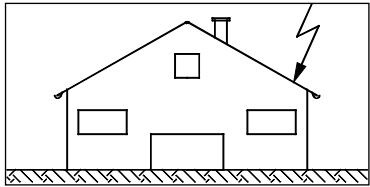
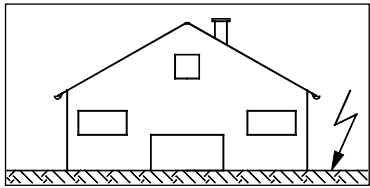
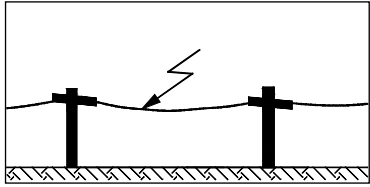
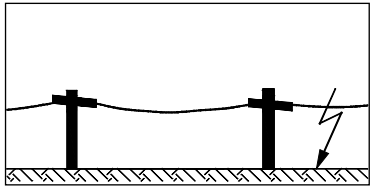
Uporabimo standard SIST EN 62305-3 [6], ki obravnava vsa pravila za namestitev strelovoda. Priporoča metodo kotaleče krogle kot prednostno metodo. Je splošno sprejeta metoda. Metoda zaščitnega kota, ki se bolj uporablja pri načrtovanju daljnovodov, je le aproksimacija metode kotaleče krogle z določenim premerom, ki ustreza predlaganemu zaščitnemu nivoju sistema zaščite pred strelo. Avtor je v diplomskem delu [7] s programskim orodjem Autodesk AutoCAD uporabil metodo kotaleče se krogle za razporeditev lovilnega sistema za PV elektrarno na strehi. Kroglo smo postavili na streho, kjer smo določili največje vrednosti dotikanja krogle. S tem smo na preprost način določili razporeditev lovilnega sistema. Programsko orodje SHIELD podjetja Hermi ponuja nadgradnjo tega postopka. Model krogle kotalimo kjer koli na strehi. Odtis določa položaj lovilnega in odvodnega sistema na strehi. S tem tudi zadostimo pogojem minimalnega zaščitnega nivoja.

Sistem notranje zaščite pred strelo izberemo na podlagi postopka, ki ga predpisuje standard SIST EN 62305-4 [8]. V članku bo ta postopek kratko opisan. Izberemo prenapetostno zaščito in ukrepe za zaščito pred prenapetostmi.

V drugem poglavju bomo na kratko opisali osnovne pojme iz teorije v družini standardov SIST EN 62305. Predstavili bomo tudi potrebne podatke za izbiro zaščitnega nivoja sistema zaščite pred strelo. V tretjem poglavju bomo predstavili skrajšan postopek za izbiro zaščitnih nivojev po [2]. V četrtem poglavju bomo opisali postopek razporeditve lovilnega sistema strelovoda s programskim orodjem SHIELD. Članek bomo zaključili z izsledki raziskave.

2 Osnovne sistema zaščite pred strelo za stavbe

Sistem zaščite pred delovanjem strele na stavbi mora biti nameščen z namenom, da ob udaru strele v stavbo ali bližino odvede atmosfersko razelektritev v zemljo brez škodljivih posledic, ki bi lahko pomenile požara ali pojav iskrenja, omeji okvare električnih in telekomunikacijskih sistemov na najmanjšo možno mero in na koncu napetosti dotika in koraka zmanjšati na najmanjšo možno mero. Če želimo izvajati zaščito pred delovanjem strele, je treba najprej predstaviti določene osnove, na katerih temelji sistem zaščite pred strelo. Slika 1 kaže osnovne podatke o viru in vrsti škode, ki jo povzroči udar strele. Hkrati pa pokaže tudi izgube, ki pri tem nastanejo.

Mesto udara strele	Vir škode	Vrsta poškodbe	Vrsta izgube
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 L1 L2, L3, L4 L1 L2, L4
	S2	D3	L1 L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 L1 L2, L3, L4 L1 L2, L4
	S4	D3	L1 L2, L4

Slika 1: Viri in vrste škode ter vrste izgub ob udaru strele

Obravnavamo udar strele v objekt (S1), v bližino objekta (S2) v vod, ki je povezan z objektom (S3) in v bližino voda, ki je povezan z objektom (S4). Vod lahko predstavlja energetski ali telekomunikacijski (TK) vod, vodovod, plinovod in podobno. Udar strele lahko povzroči tri poglavitne vrste škode: poškodbe živih bitij (ljudi, pašne živine zaradi električnega udara) D1, fizične poškodbe (segrevanje - požar, mehanske poškodbe) D2 in izpade električnih in elektronskih sistemov (dielektrični preboj izolacije zaradi prenapetosti) D3. Posledično lahko udar strele povzroči štiri vrste izgub: izgubo človeškega življenja ali poškodbe L1, izgubo v javni oskrbi L2, izgubo kulturne dediščine L3 in ekonomsko izgubo L4. Zunanji sistem zaščite pred delovanjem strele (LPS) je zunanji LPS oziroma strelovod. Je namenjen prestrzanju, odvajanju in porazdelitvi toka strele v ozemljitveni sistem. Pri tem se v stavbi ne sme pojaviti škoda. Sestavljen je iz lovilnega in odvodnega sistema ter ozemljitvene ga sistema. Lovilni sistem je sestavljen iz lovilnih palic in lovilne mreže. Odvodni sistem odvaja in ustrezno porazdeli tok strele na večje število poti v ozemljitveni sistem. Ozemljitveni sistem ustrezno porazdeli tok strele v zemljo. Strelovod je lahko izoliran. To pomeni, da je cel strelovod do ozemljitvenega sistema izoliran od vseh kovinskih delov v stavbi na izolirni razdalji. Neizoliran strelovod pa je povezan s kovinskimi deli stavbe, ki so lahko deli odvodnega sistema. Notranji

sistem zaščite pred delovanjem strele je pravzaprav notranji sistem zaščite pred elektromagnetnim udarom strele – LPMS. Vključuje prenapetostne zaščitne naprave, sistem izenačitve potencialov kovinskih delov znotraj stavbe, oklopljanja prostorov in oklopljanja kablov. Dodatni zaščitni ukrepi so sistemi zaščite pred požarom. Oba sistema zaščite pred delovanjem strele sta enakovredna.

Postopek izbire sistema zaščite pred delovanjem strele je obsežen in kompleksen. Zahteva temeljito analizo stavbe, ki jo obravnavamo:

- vse izmere stavbe in razdelitev prostorov,
- namembnost prostorov,
- razdelitev prostorov na zaščitne cone zaščite pred delovanjem strele,
- namen stavbe,
- napeljave v stavbi (električne in TK inštalacije, alarmi, centralna kurjava, plinovod, vodovod, kanalizacija,...),
- vodi, ki so povezani s stavbo (energetski vodi, TK vodi, plinovod, kanalizacija, vodovod),
- okolica in izpostavljenost stavbe,
- ozemljitveni sistem,
- oklopljenost prostorov,
- tla v in okolici stavbe,
- materiali v stavbi
- zaščita pred požarom,
- število oseb v stavbi,
- oklopljenost kablov,
- pritikline na strehi,
- morebitna sončna elektrarna na strehi,
- število udarov strel na danem območju,
- zavarovanje,
- povezave energetskih in TK dovodov z drugimi objekti do transformatorske postaje,
- vrsta energetskih vodov,
- obstoje zank v napeljavah,
- vrsta električnih in TK inštalacij in
- dolžine vodov, ki so povezani s stavbo.

3 Določitev zaščitnih ukrepov za zaščito pred delovanjem strele za stavbe po standardu SIST EN 62305-2

Je del družine standardov SIST EN 62305-1 do SIST EN 62305-4. Uporablja se za ocenitev tveganja v zgradbah zaradi udara strele proti zemlji. Na osnovi tega izračuna se izbirajo ustrezni ukrepi, da se tveganje zmanjša. Vključuje tveganja, da strela udari v objekt (indeksi A, B in C), v bližino objekta (indeks M), v napeljavo (indeksi U, V in W) in v bližino napeljave (indeks Z). V splošnem velja, da je zgradba ustrezno zaščitena pred delovanjem strele, če velja relacija (1), kar pomeni, da je skupno tveganje, ob izbranih ukrepih za zmanjšanje tveganja pred delovanjem strele, manjše od sprejemljivega tveganja.

$$R < R_T \tag{1}$$

Sprejemljivo tveganje je tveganje, ki ga določi ustrezni državni organ in predstavlja sprejemljivo tveganje za nekaj. Sprejemljivo tveganje za nastanek poškodb in/ali izgube človeškega življenja, sprejeto na državnem nivoju, znaša $R_T = 10^{-5}$. To pomeni, da je sprejemljivo tveganje dovoljeno za poškodbo ali smrt ene osebe na leto na 100.000 prebivalcev Slovenije. Skupno tveganje R je sestavljeno iz parcialnih tveganj. Standard postavlja štiri skupna tveganja, ki se zapišejo z indeksi od 1 do 4. R_1 predstavlja skupno tveganje za poškodbo ljudi, R_2 skupno tveganje izgube v javni oskrbi, R_3 tveganje izgube kulturne dediščine in R_4 skupno tveganje ekonomskih izgub. Parcialno tveganje se izračuna po enačbi (2).

$$R_x = N_x \cdot P_x \cdot L_x \quad (2)$$

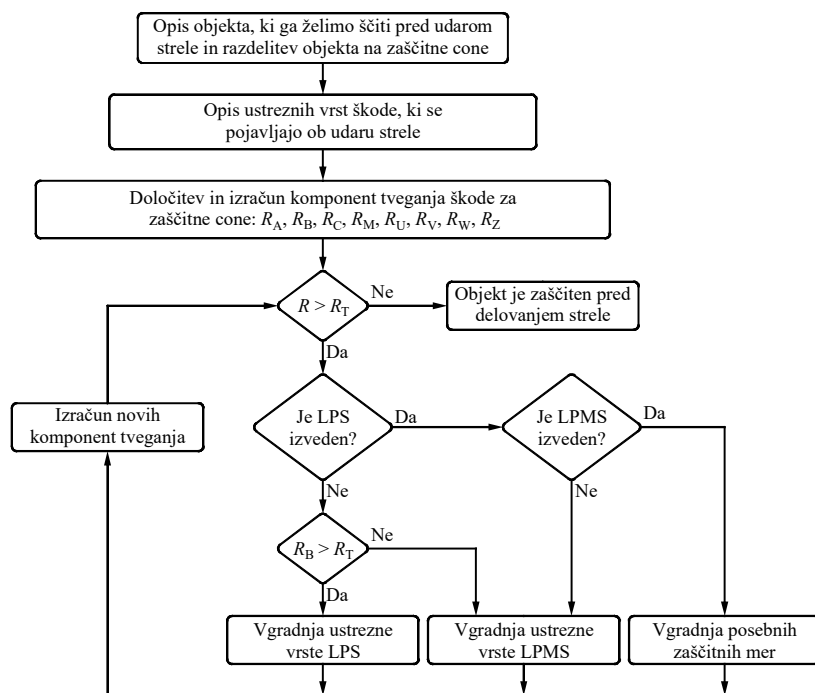
N_x predstavlja število nevarnih dogodkov na leto, P_x verjetnost nastanka škode na objektu in L_x posledična izguba ob dogodku, ko strela udari in že povzroča učinke na objektu. Velja, da so vse tri spremenljivke verjetnosti dogodka (udar strele). Tveganje je tako verjetnost poškodbe človeka (1), izgube javne oskrbe (2), izgube kulturne dediščine in pojava ekonomskih izgub (4). Vse komponente za izračun parcialnih tveganj so podane v preglednici 1. Nevarni dogodki, ki se izračunajo so tisti, za udar strele v objekt, v bližino objekta, v vstopajočo napeljavo v objekt in v bližino vstopajoče napeljave v objekt. Nevarni dogodek za udar strele v objekt (transformatorska postaja, telefonska centrala), ki je povezan z vstopajočo napeljavo v obravnavani objekt ni opisan. Za komponente tveganj imamo tri grupe: za poškodbe živih bitij (indeksa A in U), za fizične poškodbe, kot je požar (indeksa B in V) in za izpade notranjih sistemov (indeksi C, M, W in Z).

Preglednica 1: Pregled komponent za izračun skupnega tveganja

Simbol	Označba
Povprečno letno število nevarnih dogodkov zaradi udarov strele	
N_D	– v objekt
N_M	– v bližino objekta
N_L	– v vod, povezan z objektom
N_I	– v bližino vstopajočega voda v objekt
Verjetnost, da bo udar strele v objekt povzročil	
P_A	– poškodbe živih bitij
P_B	– fizične poškodbe
P_C	– izpad notranjih sistemov
Verjetnost, da bo udar strele v bližino objekta povzročil	
P_M	– izpad notranjih sistemov
Verjetnost, da bo udar strele v vod, povezan z objektom povzročil	
P_U	– poškodbe živih bitij
P_V	– fizične poškodbe
P_W	– izpad notranjih sistemov
Verjetnost, da bo udar strele v bližino voda, povezanega z objektom povzročil	
P_Z	– izpad notranjih sistemov
Izgube zaradi	
$L_A = L_U = r_A \cdot L_I$	– poškodb živih bitij
$L_B = L_V = r_P \cdot r_{fh} \cdot L_I$	– fizičnih poškodb
$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O$	– izpada notranjih sistemov

Najprej razdelimo objekt na določeno število zaščitnih con. Za vsako zaščitno cono se izračuna vseh osem komponent tveganja. Problem so vstopajoče napeljave. To sta energetska napajalni vod (kablovod ali daljnovod) in telekomunikacijski kablovod(a) (lahko sta tudi dva ločena – telefonski in kabelski TV). Za ostale napeljave, ki so povezane z zgradbo (vodovod, plinovod, idr.), se predpostavi, da so njihovi cevovodi galvansko dobro povezani z glavno zbiralko za izenačenje potencialov, in se jih kot napeljave pri izračunu s tem povezanim tveganjem ne upošteva. Potrebno jih je računati ločeno za vse komponente. Te komponente tveganj izračunamo najprej za primer, ko ni izvedenih nobenih zaščitnih ukrepov za vse zaščitne cone.

Izračuna se skupno tveganje za vse zaščitne cone in se primerja s sprejemljivim. Če je to večje od sprejemljivega je potrebno izvesti določene ukrepe za zmanjšanje tveganja za udar strele. Ponovno se izvede izračun skupnega tveganja za vse zaščitne cone. To se potem primerja s sprejemljivim. Postopek izbire zaščitni ukrepov se vrši tako dolgo, dokler ni tveganje manjše od sprejemljivega in je podan na sliki 2.



Slika 2: Postopek izbire zaščitnih ukrepov za objekte za zaščito pred delovanjem strele za zaščitne cone

3.1 Primer modela za izračun tveganj ob udaru strele

Kot za primer v standardu, izhajamo iz vhodnih podatkov. Začetni vhodni podatki so podani v preglednici 2.

Preglednica 2: Vhodni podatki za podeželsko hišo po standardu

L_b [m]	W_b [m]	H_b [m]	H_a [m]	ρ_z [Ω m]	$H_{s(T)}$ [m]	$L_{(P)} = L_{(T)}$ [m]
15	20	6	0	500	6	1000

Kot je razvidno iz preglednice 2, ne vključujemo sosednjega objekta (a), ki je povezan z napeljavo, ki vstopa v obravnavani objekt (b). Ti podatki so osnova za izračun možnih zbirnih površin za objekt in napeljavi (energetska in telekomunikacijska). Na osnovi teh podatkov lahko izračunamo zbirne površine za možne udare strel pri objektu (preglednica 3).

Preglednica 3: Pregled zbirnih površin objekta in vodov

A_d [m ²]	A_M [m ²]	$A_{I(P)}$ [m ²]	$A_{I(T)}$ [m ²]	$A_{I(T)}$ [m ²]	$A_{I(T)}$ [m ²]
2,58E+03	2,14E+05	2,20E+04	5,59E+05	3,54E+04	1,00E+06

Ob znani gostoti strel proti zemlji $N_g = 4 \text{ 1/(km}^2 \cdot \text{leto)}$ (Celje), lahko izračunamo pričakovano letno število nevarnih dogodkov za možne udare strel (preglednica 4). Bolj natančne rezultate lahko dobimo iz informacijskega sistema SCALAR.

Preglednica 4: Pričakovano letno število nevarnih dogodkov

N_g [1/(km ² ·leto)]	N_d [1/leto]	N_M [1/leto]	$N_{i(P)}$ [1/leto]	$N_{i(P)}$ [1/leto]	$N_{i(T)}$ [1/leto]	$N_{i(T)}$ [1/leto]
4	1,03E-02	8,45E-01	8,78E-02	2,24E+00	1,41E-01	4,00E+00

Želimo se zaščititi pred pojavom poškodb ali smrti ljudi. Iz nabora vseh možnih ukrepov izberemo strelovod z zaščitnim nivojem IV z verjetnostjo za pojav škode $P_B = 0,2$. Tveganje za pojav mehanskih poškodb (požara) ob direktnem udaru strele v objekt je ob namestitvi strelovoda z zaščitnim nivojem IV je v tem primeru $R_B = 2,06 \cdot 10^{-7}$. Za energetski in telekomunikacijski vod, ki sta priključena na stavbo izberemo ukrep za namestitev prenapetostne zaščite na vstopu v objekt začetnega zaščitnega nivoja III-IV z verjetnostjo $P_{V(P)} = P_{V(T)} = 0,03$. Kritični tveganji v tem primeru znašata $R_{V(P)} = 2,63 \cdot 10^{-7}$ in $R_{V(T)} = 4,24 \cdot 10^{-7}$. Skupno tveganje je pod mejo še sprejemljivega tveganja in znaša $R_1 = 8,94 \cdot 10^{-7}$. Vse te podatke pokažemo na sliki 3 v programskem okolju MS Excel.

Z izbiro zaščitnega nivoja IV za strelovod je po [6] določen polmer kotaleče krogle za metodo kotaleče krogle. Za ta zaščitni nivo je $R = 60$ m. Določena je tudi priporočena minimalna razdalja med odvodi po obodu stavbe in znaša $d_{\min} = 20$ m. Po [8] je strelovod z zaščitnim nivojem IV sposoben prestreči strelo z minimalnim tokom $I_{\min} = 15,7$ kA. Verjetnost prestrežanja pa je $P = 0,84$. Za ostale zaščitne nivoje so vsi ti pomembni podatki podani v preglednici 5.

Preglednica 5: Pomembni podatki za projektiranje strelovoda določenega zaščitnega nivoja

Zaščitni nivo strelovoda	Polmer kotaleče krogle R [m]	Minimalna razdalja med odvodi $d_{\min}$ [m]	Minimalni tok prestrežanja $I_{\min}$ [kA]	Minimalna verjetnost prestrežanja strele P []
I	20	10	2,8	0,99
II	30	10	5,4	0,97
III	45	15	10,1	0,91
IV	60	20	15,7	0,84

Podatki iz preglednice 5 so osnova za oblikovanje strelovoda po metodi kotaleče krogle s programskim orodjem SHIELD.

Tveganje R_A					
N_d	P_A	L_A	$R_A = N_d \cdot P_A \cdot L_A$		
1,03E-02	0,01	1,00E-09	1,03E-13		
Tveganje R_B					
N_d	P_B	L_B	$R_B = N_d \cdot P_B \cdot L_B$		
1,03E-02	0,2	0,0001	2,06E-07		
Tveganje R_C					
N_d	P_{SPD}	P_C	L_C	$R_C = N_d \cdot P_C \cdot L_C$	
1,03E-02	0,03	0,03	0,1	3,09E-05	
Tveganje R_M					
N_M	P_{SPD}	P_{MS}	P_M	L_M	$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M$
8,45E-01	0,03	0,9	0,03	0,1	2,54E-03
Tveganje R_U za energetski vod					
$N_{L(P)}$	$P_{SPD(P)}$	$P_{LD(P)}$	$P_{U(P)}$	L_U	$R_{U(P)} = N_{L(P)} \cdot P_{U(P)} \cdot L_U$
8,78E-02	0,03	1	0,03	1,00E-09	2,63E-12
Tveganje R_U za telekomunikacijski vod					
$N_{L(T)}$	$P_{SPD(T)}$	$P_{LD(T)}$	$P_{U(T)}$	L_U	$R_{U(T)} = N_{L(T)} \cdot P_{U(T)} \cdot L_U$
1,41E-01	0,03	1	0,03	1,00E-09	4,24E-12
Tveganje R_V za energetski vod					
$N_{L(P)}$	$P_{SPD(P)}$	$P_{LD(P)}$	$P_{V(P)}$	L_V	$R_{V(P)} = N_{L(P)} \cdot P_{V(P)} \cdot L_V$
8,78E-02	0,03	1	0,03	1,00E-04	2,63E-07
Tveganje R_V za telekomunikacijski vod					
$N_{L(T)}$	$P_{SPD(T)}$	$P_{LD(T)}$	$P_{V(T)}$	L_V	$R_{V(T)} = N_{L(T)} \cdot P_{V(T)} \cdot L_V$
1,41E-01	0,03	1	0,03	1,00E-04	4,24E-07
Tveganje R_W za energetski vod					
$N_{L(P)}$	$P_{SPD(P)}$	$P_{LD(P)}$	$P_{W(P)}$	L_W	$R_{W(P)} = N_{L(P)} \cdot P_{W(P)} \cdot L_W$
8,78E-02	0,03	1	0,03	0,1	2,63E-04
Tveganje R_W za telekomunikacijski vod					
$N_{L(T)}$	$P_{SPD(T)}$	$P_{LD(T)}$	$P_{W(T)}$	L_W	$R_{W(T)} = N_{L(T)} \cdot P_{W(T)} \cdot L_W$
1,41E-01	0,03	1	0,03	0,1	4,24E-04
Tveganje R_Z za telekomunikacijski vod					
$N_{I(P)}$	$P_{SPD(P)}$	$P_{LI(P)}$	$P_{Z(P)}$	L_Z	$R_{Z(P)} = (N_{I(P)} \cdot N_{L(P)}) \cdot P_{Z(P)} \cdot L_Z$
2,24E+00	0,03	0,02	0,02	0,1	4,30E-03
Tveganje R_Z za telekomunikacijski vod					
$N_{I(T)}$	$P_{SPD(T)}$	$P_{LI(T)}$	$P_{Z(T)}$	L_Z	$R_{Z(T)} = (N_{I(T)} \cdot N_{L(T)}) \cdot P_{Z(T)} \cdot L_Z$
4,00E+00	0,03	0,02	0,02	0,1	7,72E-03
SKUPAJ				$R_I = 8,94E-07$	

Slika 3: Komponente tveganja za nastanek poškodb z vgradnjo strelovoda in prenapetostne zaščite na oba voda ob vstopu v objekt, kot posnetek v MS Excel

4 Izbira razporeditve strelovoda s pomočjo programskega orodja SHIELD

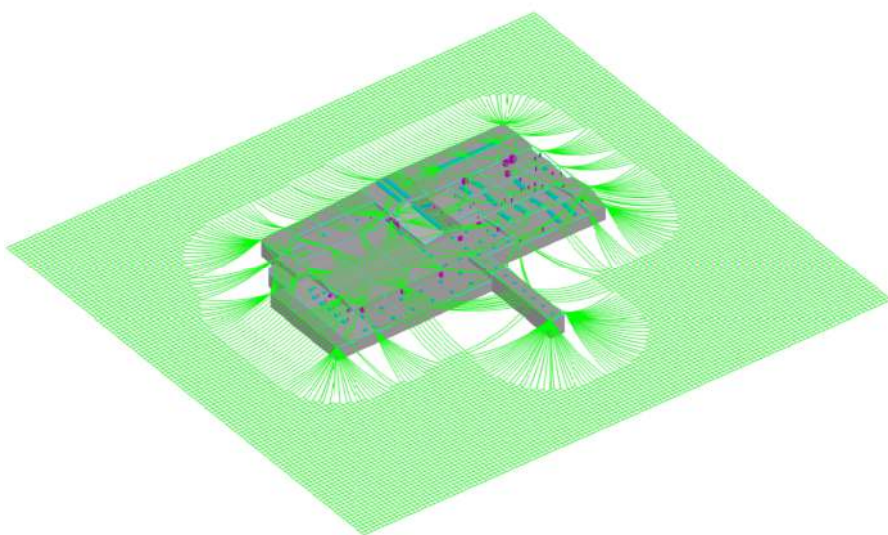
Za objekte enostavnih oblik je mogoče načrtovati lovilni sistem zaščite pred strelo po metodi zaščitnega kota lovilne mreže. V kolikor pa so oblike objektov komplicirane, z različnimi nadgradnjami na strehi ali fiktivnimi eksplozijsko ogroženimi področji, pa pravilno projektiranje zaščite pred strelo predstavlja problem. Ta problem je tridimenzionalen, kar pomeni, da bo najučinkovitejša metoda za načrtovanje lovilnega sistema zaščite pred strelo uporaba metode kotaleče krogle. Glede na to, da je večina objektov načrtovanih s pomočjo računalnika, je simulacija kotaljenja s pomočjo računalnika logična izbira.

Program SHIELD je računalniški program, ki simulira kotaljenje krogle. Za razliko od kotaljenja krogle po maketi objekta (slika 4), simulacija kotaljenja krogle poteka po vnaprej določenem lovilnem sistemu, s čimer določimo ščiteno področje lovilnega sistema. Deli objekta, ki eventuelno niso zaščiteni, tako 'štrlijo' izven tega področja.

Ker praviloma zaščito pred strelo načrtujemo izkustveno, to pomeni, da lahko izbrano zaščito dejansko preverimo, oz. z uporabo izračuna ščitenega prostora lovilne instalacije predviden sistem zaščite pred strelo tudi optimiramo (slika 5).

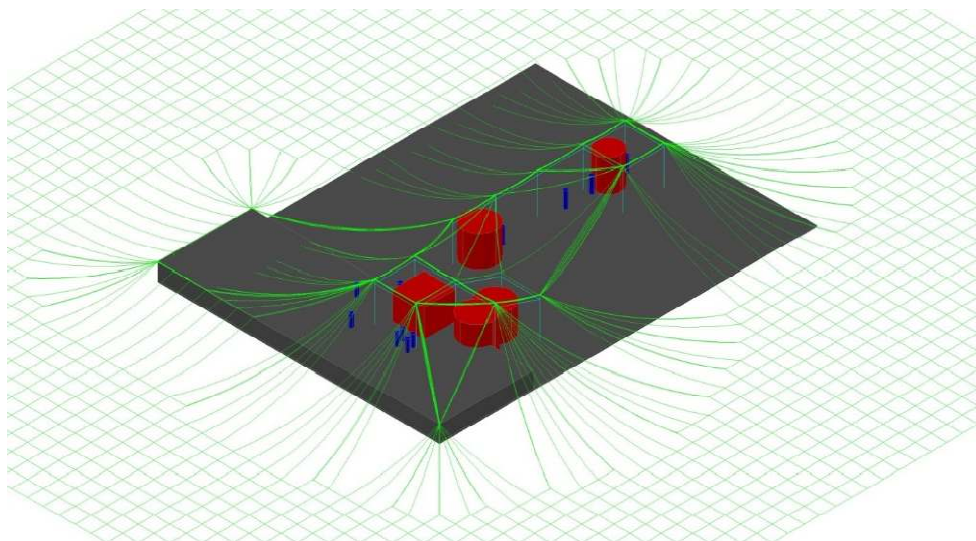


Slika 4: Določanje ščitenega prostora po metodi kotaleče krogle s kotaljenjem krogle po maketi objekta



Slika 5: Izračun ščitenega področja kot rezultat uporabe programa SHIELD

Poseben problem predstavljajo eksplozijsko ogrožena področja, kadar se le ta nahajajo na izpostavljenih delih objekta. To so fiktivna področja, kjer nas lahko občutek za postavitve lovilne instalacije zlahka prevara. Z načrtovanjem s pomočjo simulacije kotaljenja krogle, pa dobimo točen in zanesljiv rezultat, ki zagotavlja ustrezno in tudi optimalno rešitev (slika 6).



Slika 6: Izračun ščitenega področja za Eksplozijsko ogrožena področja s pomočjo programa SHIELD

5 Izbira elementov sistema notranje zaščite pred delovanjem strele

Notranji sistem izbiramo na drugačen način kot strelvod. Vemo, da moramo namestiti prenapetostno zaščito na meji med zaščitnima conama – na vhodu energetskega in telekomunikacijskega voda v stavbo. Iz preglednice 6 lahko izberemo prenapetostne zaščitne naprave [9]. Prikazuje pomembne podatke za vse razrede prenapetostnih zaščitnih naprav. Drugi morebitni ukrepi so težje izvedljivi. Sistem izenačenja potenciala je tako že del električnih inštalacij. Oklopljanje prostorov pa je smiselno le pri novogradnjah ali večjih posodobitvah stav.

Preglednica 6: Pomembni podatki za projektiranje notranjega sistema zaščite pred delovanjem strele

Zaščitni nivo notranje zaščite pred delovanjem strele	Minimalna verjetnost odvajanja strele P [%]	Oznaka prenapetostne zaščite po IEC	Zdržna napetost U_w [kV]	Zmogljivost odvajanja I_{od} [kA]
IV	0,03	I	6	do 50
III	0,03	II	4	5
II	0,02	III	2,5	5
I	0,01	-	1,5	-

6 Zaključki

V članku smo obravnavali izbiro zaščite pred delovanjem strele. Izbira se vrši na osnovi standardov SIST EN 62305-1 do SIST EN 62305-4. Izbira je kompleksna in zahteva obširen zbir vseh možnih podatkov o stavbi. Zahteva koordinacijo gradbene in elektrotehnične stroke, če hočemo pridobiti vse podatke in se odločiti za pravo izbiro sistema zaščite pred strelo. Ročna izbira sistema zaščite pred delovanjem strele ja sicer možna, a le za preproste objekte in v poenostavljeni obliki. Za kompleksne stavbe in morebiti za posebne namene (na primer ex-izvedbe) pa je tehnično rešitev sicer možno le z uporabo programskih orodij. Z uporabo aplikacije v MS Excel izberemo nivo zaščite in zaščitne ukrepe. S tem zadostimo minimalnim

tehničnim zahtevam standarda in tehnike. Za ustrezno razporeditev lovilnega sistema pa je nujna uporaba programskega orodja SHIELD. S njim glede na tehnične zahteve najboljše razporedimo lovilni sistem po celotnem obodu stavbe kakršne koli oblike. Standard za kompleksnejše stavbe ponuja poenostavitve oblike, da s standardnimi postopki pridemo do ustrezne razporeditve lovilnega in odvodnega sistema (primer cerkve). S temi poenostavitvami ne zadostimo vsem zahtevam standarda.

Prednosti takšnega pristopa projektantov so med drugim tudi optimalna poraba materiala in stroškovno učinkovita rešitev, ki ustreza tudi zahtevam standarda. Prikazani postopek je primeren za projektiranje strelovoda. Za izbiro notranjega sistema zaščite se poslužujemo še vedno klasičnega postopka. Pri novogradnjah v fazi načrtovanja gradnje lahko določene ukrepe načrtujemo (na primer oklopljanje prostorov stavbe), kasneje pa ne. Pri obstoječih gradnjah je ta ukrep, ki ga je možno kot ukrep izbrati, stroškovno neučinkovita rešitev. Prenapetostne zaščitne naprave izberemo potem iz kataloga za določen razred zaščite, ki smo ga izbrali. Prikazani postopek v celoti sledi zagrevam družine standardov SIST EN 62305 in tudi smernice.

Tehnična smernica TSG-N-003 določa izjemo za enostanovanjske stavbe. Za njih izbira in izvedba zaščite pred delovanjem strele ni obvezna, razen, če ni kako drugače opredeljena (zavarovanje). V primeru pa, ko za samooskrbo na strehi stavbe namestimo sončno elektrarno pa je uvedba sistema zaščite pred strelo, obvezna. Proizvodna enota na stavbi, ki je priključena na omrežje docela spremeni namembnost stavbe.

7 LITERATURA

- [1] Tehnična smernica TSG-N-003:2013, Zaščita pred delovanjem strele obravnava gradnjo ukrepov za zaščito pred delovanjem strele za objekte, 2013.
- [2] SIST EN 62305-2:2012, Zaščita pred delovanjem strele - 2. del: Vodenje rizika (IEC 62305-2:2010, spremenjen), 2012.
- [3] Tehniški predpisi za strelovode, (Ur. l. SFRJ 13/68) Elektrotehniška zveza Slovenije, 1968.
- [4] Janez Ribič, Primerjava jugoslovanskega predpisa in evropskega standarda za strelovodne inštalacije, diplomska naloga univerzitetnega študijskega programa, Maribor 2002.
- [5] Karta največjih vrednosti gostote strel: https://www.uradni-list.si/files/RS_-2009-028-01192-OB%7EP002-0000.PDF
- [6] SIST EN 62305-3:2011, Zaščita pred delovanjem strele - 3. del: Fizična škoda na zgradbah in nevarnost za živa bitja (IEC 62305-3:2010, spremenjen) 2012.
- [7] POVŠE, Gašper, 2019, Grafični pristop k izbiri zaščite pred delovanjem strele za sončne elektrarne : diplomsko delo [na spletu]. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.
- [8] SIST EN 62305-1:2011, Zaščita pred delovanjem strele - 1. del: Splošna načela (IEC 62305-1:2010, spremenjen).
- [9] SIST EN 62305-4:2011, Zaščita pred delovanjem strele - 4. del: Električni in elektronski sistemi v zgradbah (IEC 62305-4:2010, spremenjen), 2011.

BELEŽKA

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

