

ISSN 2706 - 4131

OTO 2019

**28. Međunarodni znanstveni skup
'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA
ODRŽAVANJA'**

**28th International Scientific Conference
'ORGANIZATION AND MAINTENANCE
TECHNOLOGY'**

**ZBORNİK
RADOVA**

**CONFERENCE
PROCEEDINGS**

Vinkovci, 12. 12. 2019.

Vinkovci, 12 December 2019

Panon – Institut za strateške studije - Osijek
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija - Osijek
Građevinski i arhitektonski fakultet - Osijek
Centar kompetencija d.o.o. za istraživanje i razvoj - Vinkovci

Panon – Think tank for strategic studies - Osijek
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology - Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture - Osijek
Competence Centre Ltd. for research and development - Vinkovci

**28. Međunarodni znanstveni skup
'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA ODRŽAVANJA'
OTO 2019.**

Zbornik radova

**28th International Scientific Conference
'ORGANIZATION AND MAINTENANCE TECHNOLOGY'
OTO 2019**

Conference Proceedings

Osijek - Vinkovci, 2019.

Izdavač / Publisher

Panon – Institut za strateške studije, Osijek / *Panon Think tank for strategic studies, Osijek*
<https://www.panon.eu>

Mjesto i datum održavanja konferencije / Venue and date of the conference

Vinkovci (Croatia), 12.12. 2019.

Organizacijski odbor / Organizing Board

Dr. sc. Ivan Ambroš – predsjednik / *Chairman*

Dr. sc. Milan Ivanović

Izv. prof. dr. sc Tomislav Keser

Mr. sc. Držislav Vidaković

Portal konferencije / Conference Web

<https://oto2019.panon.eu/>

Službeni jezici / Official Languages

Službeni jezici konferencije su hrvatski i engleski.

The official languages of the conference are Croatian and English.

Uredništvo / Editorial Board

Izv. prof. dr .sc. Marijana Hadzima-Nyarko - glavna urednica

Izv. prof. dr. sc. Damir Blažević

Doc.dr. sc. Krešimir Fekete

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš

Izv. prof. dr. sc. Mirko Karakašić - izvršni urednik

Grafička oprema / Design and layout

Alberta naklada - Osijek

Tisak / Printed by

INFOS - Osijek

Naklada / *Issue*: 100

ISSN 2706 - 4131

Kontakt / Contact

e-mail: panon.institut@gmail.com

Zbornik radova sadrži radove koji su prošli neovisne recenzije. Organizator konferencije nije ulazio u načine izražavanja te oni predstavljaju stavove i stil autora.

Each paper in the conference proceedings was reviewed by independent reviewers. The content of the conference proceedings does not reflect the official opinion of the conference organizers. Responsibility for the information and views expressed in the papers lies entirely with the respective author(s).

Međunarodni programski odbor / *International Programme Committee*

(Prema abecednom redu prezimena / *List in alphabetical order*)

Prof. dr. sc. Đuro Banaj (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Tomislav Barić (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Marinko Barukčić (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Damir Blažević
Izv. prof. dr. sc. Mirjana Bošnjak-Klečina (Croatia)
Prof. emer. dr. sc. Safet Brdarević (BiH)
Prof. dr. sc. Eleonora Desnica (Serbia)
Prof. dr. sc. György Elmer (Hungary)
Doc. dr. sc. Krešimir Fekete (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Irena Galić (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić (Croatia)
Ak. prof. dr. sc. Zijad Haznadar (Croatia)
Dr. sc. Milan Ivanović (Croatia)
Prof. dr. sc. Lajos Jozsa (Hungary)
Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Juric (Croatia)
Prof. dr. sc. Isak Karabegović (BiH)
Izv. prof. dr. sc. Mirko Karakašić (Croatia)
Doc. dr. sc. Mirko Köhler (Croatia)
Doc. dr. sc. Goran Knežević (Croatia)
Doc. dr. sc. Krešimir Lacković (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Silva Lozančić (Croatia)
Doc. dr. sc. Ivica Lukić (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Predrag Marić (Croatia)
Doc. dr. sc. Emmanuel Karlo Nyarko (Croatia)
Doc. dr. sc. Svilen Radoslavov Račev (Bulgaria)
Izv. prof. dr. sc. Ljiljana Radovanović (Serbia)
Prof. dr. sc. Mirsad Raščić (BiH)
Prof. dr. sc. Tihomil Rausnitz (Germany)
Izv. prof. dr. sc. Sebastijan Seme (Slovenia)
Prof. dr. sc. Damir Šljivac (Croatia)
Prof. dr. sc. Andrej Štrukelj (Slovenia)
Doc. dr. sc. Nataša Šuman (Slovenija)
Ak. prof. dr. sc. Božo Udovičić (Croatia)
Izv. prof. dr. sc. Damir Varevac (Croatia)
Mr. sc. Držislav Vidaković (Croatia)
Prof. dr. sc. Drago Žagar (Croatia)

Odabrani radovi prezentirani na OTO konferenciji bit će pozvani za objavu u proširenom obliku na engleskom jeziku u časopisima: *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek e-GFOS* (<http://e-gfos.gfos.hr>), *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems* (www.etfos.unios.hr/ijeces/) i *Journal of Energy* (<http://journalofenergy.com/>).

Predgovor predsjednika Organizacijskog odbora

Ideja i realizacija prvih skupova OTO započela je prije 28 godina na tadašnjem Elektrotehničkom fakulteta u Osijeku uz sudjelovanje inženjera iz Društva održavatelja Osijek (DOO). Od tada do danas skup OTO je izrastao u regionalni interdisciplinarni znanstveni skup – koji je od prvih godina organiziran u suradnji s gospodarstvom regije te Poljoprivrednim i Građevinskim fakultetom (iz Osijeka). Kako bi se održao kontinuitet - a nakon prestanka rada DOO - Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT) je preuzeo organizaciju ove znanstvene konferencije; tako su - uz pomoć kolega s drugih fakulteta Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku - uspješno održani skupovi OTO 2017. i OTO 2018. (u Osijeku). Na ove dvije konferencije je prezentirano 56 radova koji su prošli dvostruku recenziju Recenzentskog odbora sastavljenog od znanstvenika iz pet zemalja. Tako je organizacijski i programski načinjen značajan iskorak u odnosu na skupove iz prethodnih godina, a konferencija je dobila status međunarodnog znanstvenog skupa.

Zaključnim razmatranjima Programskog i Organizacijskog odbora OTO konferencije (na osnovu prezentiranih radova i mišljenja sudionika) ukazano je na potrebu nastavka tradicije organiziranja OTO konferencije u drugim gradovima slavonsko-baranjske regije uz snažniju zastupljenost autora iz gospodarstva. Kako se tehnologije i organizacija održavanja šire iz domene industrijske i poljoprivredne proizvodnje i na poslove održavanja komunalne infrastrukture odlučeno je da organizaciju OTO konferencija preuzme think tank „Panon“ - institut za strateške studije Osijek - uz potporu FERIT-a i Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Osijek. Nadamo se nastavku uspješne suradnje u spajanju gospodarstva sa znanosti.

Dr. sc. Ivan Ambroš

President of the Organizing Board (Foreword)

The idea and realization of the first OTO meetings began 28 years ago at Faculty of Electrical Engineering in Osijek with the participation of engineers from the Maintenance Society Osijek (DOO). Since then, the OTO has grown into a regional interdisciplinary scientific conference - organized from the first years in cooperation with the economy of the Slavonija, Srijem and Baranja region, the Faculty of Agriculture and Faculty of Civil Engineering Osijek. In order to maintain continuity - and after the termination of the DOO - Faculty of Electrical Engineering, Computing and Information Technology Osijek (FERIT) has taken over the organization of this scientific conference; so they managed - with the help of colleagues from other faculties of University J.J. Strossmayer in Osijek – to successfully held OTO 2017 and OTO 2018 conference (in Osijek); at these conferences were presented 56 papers that have undergone a double review by a Review Committee composed of scientists from five countries. Thus, a significant step forward in terms of organization and programming compared to the meetings of previous years, and the conference was given the status of an international scientific conference.

The concluding discussions of the Program and Organizing Committee of the OTO Conference (based on the presented papers and the opinions of the participants) indicated the need to continue the tradition of organizing the OTO Conference in other cities of the Slavonija, Srijem and Baranja region with stronger representation of authors from the private sector. As the technology and maintenance organization are expanding from the industrial and agricultural production domain to the maintenance of municipal infrastructure, it has been decided to take over the organization of OTO conferences by the think tank Panon - Institute for Strategic Studies Osijek - with the support of FERIT, the Faculty of Civil Engineering Osijek and Competence Centre Ltd. for research and development - Vinkovci. We look forward to continuing the successful collaboration on connecting business with science.

Dr. sc. Ivan Ambroš

Sadržaj

| | |
|--|-----|
| 1. Utjecaj starosti poljoprivredne mehanizacije na troškove održavanja Domagoj Zimmer, Luka Šumanovac, Mladen Jurišić, Tomislav Jurić, Željko Barač, Ivan Vidaković, Drago Kraljević | 1 |
| 2. Konstrukcija alata za zavarivanje u cilju smanjenja deformacije stuba kabine voza Borivoj Novaković, Eleonora Desnica, Ljiljana Radovanović, Darko Žikić, Mića Đurđev | 5 |
| 3. Dijagnostika u održavanju poljoprivrednih strojeva Tomislav Pandurović, Drago Kraljević, Domagoj Zimmer | 9 |
| 4. Sprovođenje postupaka dijagnostike na sistemima vazduha pod pritiskom Ljiljana Radovanović, Borivoj Novaković, Mića Đurđev, Jasmina Pekez, Ivan Palinkaš | 17 |
| 5. Proračun struje kratkog spoja u srednjenaponskim mrežama sa priključenim obnovljivim izvorima energije Branimir Čošković, Krešimir Fekete, Slaven Kaluđer, Zorislav Kraus | 25 |
| 6. Izbor osobne zaštitne opreme za zaštitu od posljedica električnog luka Damjan Simonović, Goran Knežević | 31 |
| 7. Optimalni dizajn FN sustava za potrebe kućanstva temeljen na analizi isplativosti Željko Jeršek, Damir Šljivac, Matej Žnidarec, Hrvoje Glavaš | 37 |
| 8. Održavanje sustava rasvjete obrazovne ustanove uvažavanjem ekonomskih i energetske pokazatelja Ivica Čabraja, Dominika Crnjac Milić, Zvonimir Klaić, Hrvoje Glavaš | 45 |
| 9. Zelene infrastrukture – upravljanje i održavanje Marija Šperac, Dino Obradović | 53 |
| 10. Pomaci i oštećenja zgrada uzrokovani neodržavanjem Aleksandar Jurić, Vladimir Moser, Silva Lozančić | 61 |
| 11. Procjena oštetljivosti, održavanje i pojačanje konstrukcija u potresno aktivnim područjima Marijana Hadzima-Nyarko | 67 |
| 12. Održavanje vodoopskrbnog sustava Valpovo – Belišće Tatjana Mijušković - Svetinović, Vinko Blažević | 79 |
| 13. Održavanje višestambenih objekata Silva Lozančić, Mirjana Bošnjak Klečina, Aleksandar Jurić | 87 |
| 14. Karakteristike i područje primjene cjelovitog učinkovitog održavanja Držislav Vidaković, Nataša Šuman, Daniela Dvornik-Perhavec | 93 |
| 15. Osnovni elementi tehničke dijagnostike kao preventive u aktivnostima održavanja Zlatko Lacković | 101 |

| | |
|--|-----|
| 16. Važnost pristupa servisnim informacijama u postupku održavanja "novih" vozila | 107 |
| Mirko Mesić, Marina Peko, Hrvoje Glavaš | |
| 17. Organizacija i automatsko zakazivanje termina u više liječničkom/više uslužnom okruženju | 111 |
| Ivica Lukić , Erik Kiralj, Mirko Köhler | |
| 18. Projektiranje i održavanje informacijskog i komunikacijskog sustava za upravljanje pametnim objektom | 117 |
| Robert Šojo, Marina Peko, Krešimir Lacković | |
| 19. Društvene mreže i javni mediji kao izvor digitaliziranog baštinskog gradiva | 123 |
| Darko Mrkonjić | |
| 20. Edukacije iz područja klasične fotografije | 131 |
| Hrvoje Glavaš, Dalibor Mesarić, Đorđe Nešić | |
| 21. Ekonomičnost komunalnih djelatnosti održavanja komunalne infrastrukture jedinica lokalne samouprave | 139 |
| Antun Marinac, Marko Dumančić | |
| 22. Visokoškolska izobrazba za razvoj održivog turizma | 145 |
| Darko Mrkonjić, Vesnica Mlinarević | |
| 23. Marketinška uloga održavanja odnosa sa poduzetnicima kroz sustav digitalne komore | 153 |
| Marko Dumančić, Antun Marinac, Marko Piletić | |
| 24. Izgradnja pogona za kiseljenje 'Čepinskog kupusa' | 157 |
| Lara Liović | |
| 25. Komunalno zbrinjavanje otpada - stanje u gradovima slavonske regije | 163 |
| Milan Ivanović | |

Contents

| | |
|--|-----|
| 1. The Influence of Agricultural Mechanization Age on Maintenance Costs | 1 |
| Domagoj Zimmer, Luka Šumanovac, Mladen Jurišić, Tomislav Jurić, Željko Barač, Ivan Vidaković, Drago Kraljević | |
| 2. Designing of Welding Tools to Reduce The Cabin Pillar Deformation | 5 |
| Borivoj Novaković, Eleonora Desnica, Ljiljana Radovanović, Darko Žikić, Mića Đurđev | |
| 3. Diagnostics in the Maintenance of Agricultural Machines | 9 |
| Tomislav Pandurović, Drago Kraljević, Domagoj Zimmer | |
| 4. Implementation of Diagnostics Procedures on Pressure Air Systems | 17 |
| Ljiljana Radovanović, Borivoj Novaković, Mića Đurđev, Jasmina Pekez, Ivan Palinkaš | |
| 5. Short-circuit Calculations in Medium Voltage Distribution Networks with Renewable Energy Sources | 25 |
| Branimir Čošković, Krešimir Fekete, Slaven Kaluđer, Zorislav Kraus | |
| 6. Selection of Personal Protective Equipment for Arc Flash Hazard | 31 |
| Damjan Simonović, Goran Knežević | |
| 7. Optimal Design of a Photovoltaic System for Household Needs Based on Cost-Benefit Analysis | 37 |
| Željko Jeršek, Damir Šljivac, Matej Žnidarec, Hrvoje Glavaš | |
| 8. Maintenance of the lighting system of educational institution based on economic and energy indicators | 45 |
| Ivica Čabraja, Dominika Crnjac Milić, Zvonimir Klaić, Hrvoje Glavaš | |
| 9. Green Infrastructure – Management and Maintenance | 53 |
| Marija Šperac, Dino Obradović | |
| 10. Movements and Damages to Buildings Caused by Non-maintenance | 61 |
| Aleksandar Jurić, Vladimir Moser, Silva Lozančić | |
| 11. Vulnerability Assessment, Maintenance and Strengthening of Structures in Seismically Active Areas | 67 |
| Marijana Hadzima-Nyarko | |
| 12. Maintenance of Valpovo / Belišće water supply system | 79 |
| Tatjana Mijušković - Svetinović, Vinko Blažević | |
| 13. Maintenance of Apartment Buildings | 87 |
| Silva Lozančić, Mirjana Bošnjak Klečina, Aleksandar Jurić | |
| 14. Characteristics and Field of Application of Total Effective Maintenance | 93 |
| Držislav Vidaković, Nataša Šuman, Daniela Dvornik-Perhavec | |
| 15. Basic Elements of Technical Diagnostics as Preventive Measures In Maintenance Activities | 101 |
| Zlatko Lacković | |

| | |
|--|-----|
| 16. The Importance of Access to Service Information in the Maintenance Process of "New" Vehicles | 107 |
| Mirko Mesić, Marina Peko, Hrvoje Glavaš | |
| 17. Information and Communication System Design and Maintenance for Smart Object Management | 111 |
| Robert Šojo, Marina Peko, Krešimir Lacković | |
| 18. Organization and Automatic Appointment Scheduling in Multi Doctor/Multi Services Environment | 117 |
| Ivica Lukić, Erik Kiralj, Mirko Köhler | |
| 19. Social Networks and Public Media as the Sources of Digitized Heritage Materials | 123 |
| Darko Mrkonjić | |
| 20. Education in the Area of Classical Photography | 131 |
| Hrvoje Glavaš, Dalibor Mesarić, Đorđe Nešić | |
| 21. Economical Municipal Activities of Maintaining Municipal Infrastructure of Local Self-Government Units | 139 |
| Antun Marinac, Marko Dumančić | |
| 22. Higher Education for development of Sustainable Tourism | 145 |
| Darko Mrkonjić, Vesnica Mlinarević | |
| 23. Marketing Role of Maintaining Relationships With Entrepreneurs Through the Digital Chamber System | 153 |
| Marko Dumančić, Antun Marinac, Marko Piletić | |
| 24. Construction of 'Čepin Cabbage' Pickling Plant | 157 |
| Lara Liović | |
| 25. Municipal Waste Management - Situation in Cities of the Slavonia Region | 163 |
| Milan Ivanović | |

ODRŽAVANJE SUSTAVA RASVJETE OBRAZOVNE USTANOVE UVAŽAVANJEM EKONOMSKIH I ENERGETSKIH POKAZATELJA

Maintenance of the Lighting System of Educational Institution Based on Economic and Energy Indicators

Professional paper

Ivica Čabraja^{1,2}, Dominika Crnjac Milić², Zvonimir Klaić², Hrvoje Glavaš²

¹ ET projekt d.o.o., Županijska 5, 34000 Požega, Hrvatska

² Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Hrvatska

E-mail: ivica@etprojekt.hr

Sažetak

Rad na primjeru sustava rasvjete obrazovne ustanove analizira energetske i ekonomske pokazatelje neophodne za donošenje odluka o održavanju. Zatečeno stanje rasvjete radnog prostora modelirano je programskom podrškom Relux. Provedeno je mjerenje sukladno HRN EN 15193:2017 te su rezultati mjerenja uspoređeni s modelom sustava. Izračunati su faktora boravka i faktora ovisnosti o dnevnom svjetlu. Na zatečenom sustavu određena je instalirana snaga, gustoća rasvjete i iznos brojčanog pokazatelja energije rasvjete u svrhu analize usklađenosti mernih rezultata s normom HR EN 12464-1. Na osnovi zatečenog stanja i optimalnog tehničkog rješenja iskazan je energetska ušteda i poboljšanje energetske učinkovitosti.

Ključne riječi: Energetska učinkovitost, HRN EN 12464-1, LENI, pametna rasvjeta, rasvijetljenost

Abstract

Paper analyzes maintenance decisions of the lighting system in educational institution based on energy and economic indicators. The current state of workspace lighting is modeled by Relux software. The measurement was performed in accordance with HRN EN 15193: 2017 and the results of the measurements were compared with the model of the constitution. Occupancy dependency factor and Daylight Dependency Factors were calculated. The installed system determines the installed power, the lighting density and the amount of the numerical indicator of the lighting energy to analyze the compliance of the measurement results with the standard HR EN 12464-1. Based on the current situation and the optimal technical solution, energy savings and improvement of energy efficiency were reported.

Keywords: Energy efficiency, HRN EN 12464-1, Illumination, LENI, Smart lighting,

1. Uvod

Potrebe za rekonstrukcijom sustava rasvjete obrazovne ustanove za odvijanje teorijske i praktične nastave učenika srednjoškolskog obrazovanja, Poljoprivredne škole u Požegi, dovela je do prilike za analizu energetske učinkovitosti konvencionalnog i naprednog sustava rasvjete. Konvencionalna rasvjeta koja je instalirana 80-tih godina prošlog stoljeća je izvedena bez proračunskih osnova i bez projekta. Svjetiljke su postavljane prema iskustvenim nahođenjima i potrebama u prostoru koji je svojevremeno mijenjao namjenu. Mjerenja su pokazala da radne površine nemaju rasvijetljenost sukladno normi HRN EN 12464-1:2011 (Svjetlo i rasvjeta, Rasvjeta radnih prostora, 1. dio: Unutrašnji radni prostori) [5]. Projektom rekonstrukcije i dogradnje zgrade u sklopu elektrotehničkih instalacija prove-

deni su proračuni rasvijetljenosti svih radnih prostora i određena optimalna rješenja za rasvjetu sukladno normi. Na osnovu snimke izvedenog stanja konvencionalne rasvjete obavljena su mjerenja instalirane snage s uključenim gubicima i određena je ukupna instalirana snaga konvencionalne rasvjete u zgradi. Prema rezultatima mjerenja proračunom je određeni iznos brojčanog pokazatelja energije rasvjete (LENI), [4]. Kod projektiranja instalacije rasvjete u ovakvim zgradama koje su pod povijesnom zaštitom potrebno je uskladiti se s zahtjevima arhitekta i konzervatorskog odjela. Količina dnevnog svjetla je ograničena postojećim vertikalnim otvorima (prozorima) kroz koje svjetlo ulazi. Ulaz dnevnog svjetla kroz prozore ovisan je o orijentaciji i zasjenjenju od strane vanjskih utje-

caja. Radni prostori u kojima se odvija teorijska ili praktična nastava imaju različite zahtjeve za osvjetljenjem na pojedinim plohamama za rad. Za radne površine na kojima se odvijaju poslovi bržih i preciznijih zahvata potrebne su više razine rasvijetljenosti, jednolikosti i sjajnosti. Projektiranjem instalacije pametne rasvjete potrebno je predvidjeti i uskladiti jednolikost rasvijetljenosti u odnosu na ulaz dnevnog svjetla

Upravljanje rasvjetom postavlja se u jedno ili više područja rasvjete. Područja rasvjete se raspoređuju prema potrebama u prostoru i ulazu dnevnog svjetla. Za sva-ko područje određuje se način detekcije i pozicija detektora za upravljanje rasvjetom. Detektori upravljanja rasvjetom su elementi sustava pametne rasvjete u obliku senzora pokreta i rasvijetljenosti koji reguliraju razinu umjetnog svjetla na zahtijevanoj površini. Regulacijom sustava rasvjete poboljšavaju se pokazatelji energetske učinkovitosti.

2. Metode mjerenja i proračuna rasvijetljenosti

Rasvijetljenost za zatečeno stanje konvencionalne rasvjete najtočnije je odrediti mjerenjem pomoću mjernog instrumenta. Mjerenja su izvršena (Luxmetrom prikazanim na sl. 1.) na radnim plohamama na kojima se obavljaju radnje teorijske ili praktične nastave. U uredskim prostorima mjerenje je provedeno na površinama radnih stolova. Rezultati mjerenja prikazani su u tab. 1.



Slika 1. Mjerni instrument TENMARS Lux/Fc Light Meter TM-201

Za postojeće stanje rasvjete potrošnju električne energije moguće je mjeriti na nekoliko načina:

- Ugradnjom brojila električne energije u pojedini strujni krug rasvjete, vatmetrom ugrađenim u strujni krug rasvjete ili integracijom vatmetra u sustav upravljanja rasvjetom.
- Pomoću sustava upravljanja prilagođenim za mjerenje potrošnje, registriranje vremena rada i intenziteta rasvjete, koji omogućuju dostupnost svih podataka u određenom formatu
- Mogućnost daljinskog mjerenja potrošnje – preporuča se za objekte koji imaju odvojenu instalaciju napajanja rasvjete.

Tablica 1.

Rezultati mjerenja rasvijetljenosti - prizemlje

| R. br. | Prostor | Maksimalna izmjerena rasvijetljenost [lux] | Minimalna izmjerena rasvijetljenost [lux] |
|--------|--------------|--|---|
| 1. | Učionica 6 | 150 | 47 |
| 2. | Učionica 7 | 123 | 32 |
| 3. | Spremište | 62 | 60 |
| 4. | Mikrob. Lab. | 180 | 120 |
| 5. | Učionica 8 | 190 | 20 |
| 6. | Učionica 9 | 322 | 39 |
| 7. | Učionica 11 | 266 | 70 |

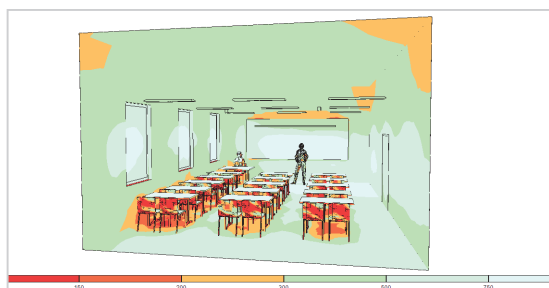
Kod projektiranja nekonvencionalne rasvjete koriste računalni simulacijski programski paketi. Najpoznatiji su, Relux i Dialux. Za potrebe rada upotrijebljen je Relux [3].

Proračun rasvijetljenosti daje rezultate na referentnoj, odnosno radnoj površini koju odredimo prema zahtjevima radnog prostora. Visinu referentne površine definiramo u postavkama za određivanje karakteristika prostora u kojem određujemo područje vrednovanja i zahtjeve za proračun. Za svaki pojedini prostor bitno je postaviti željene vrijednosti za radne površine i prostore sukladno EN 12464-1, 8.2011, [5] koja određuje zahtjeve za predmetne proračune. Rezultati proračuna dobivaju se u oblicima tabličnog prikaza, izoluxs krivulja (sl. 2) i pseudo boja (sl. 3).



Slika 2. Proračun rasvjete u Relux-u – prikaz izoluks krivulja

U koliko u radnim površinama postoje zahtjevi za dodatnim izračunima, kao npr. na vertikalnim ploham, primjerice zidovima gdje su instalirane školske ploče, pokazni ili oglasni panoi, u karakteristikama prostora određuje se zahtjev za izračun rasvijetljenosti na dodatnim mjernim površinama. Rezultate izračuna dobijemo u trodimenzionalnom prikazu izračuna prikazanom pseudo bojama (sl. 3).



Slika 3: Proračun rasvjete u Relux-u – 3D prikaz pseudo boja

3. Brojčani pokazatelj energije rasvjete (LENI)

Primjena upravljanja rasvjetom projektira se prema pretpostavkama o dostupnoj količini dnevnog svjetla, korištenju prostora i starenju rasvjetnih instalacija kako bi se kroz predviđeni period vijeka trajanja i garancije instalacije uspjela održati projektirana rasvijetljenost prostora. Važno je uskladiti potrebe budućih korisnika prostora u smislu komfora, zdravlja i zaštite na radu s energetskim potrebama zgrade. One se određuju putem brojčanog pokazatelja energije rasvjete – LENI kako bi se postigli što bolji rezultati na energetskoj učinkovitosti rasvjete. Važno je odabrati vrstu rasvjete s obzirom na izvor svjetlosti koji mogu bitno utjecati na iznos pokazatelja koji se odre-

đuje na osnovu godišnje potrošnje energije za rasvjetu u odnosu na ukupnu korisnu površinu prostora. Energija vanjske rasvjete se ne uzima u obzir nego isključivo energija unutarnje rasvjete. Proračuni su izrađeni sukladno normi EN 15193:2017 [6], u kojoj su dane preporuke i upute za procjenu ukupne količine električne energije rasvjete u razdoblju od jedne godine. Navedena norma se koristi za izradu energetskih certifikata postojećih i projektiranih zgrada javne namjene u slijedećim kategorijama: uredske zgrade, sportske i obrazovne ustanove, bolnice, hoteli, restorani, maloprodajni i veleprodajni centri i tvornički pogoni. Procijenjena vrijednost se koristi prvenstveno za određivanje brojčanog pokazatelja LENI [4], a u normi su uz jednadžbe za proračun detaljno opisani svi utjecajni koeficijenti o kojima značajno ovisi procijenjeni iznos. Krajnji rezultat pokazuje koliko je energetski učinkovito projektno rješenje rasvjete zgrade, ovisno o potrebama zgrade prema [1].

Brojčani pokazatelj energije potrebne za rasvjetu zgrade prikazan je izrazom (1) [4]:

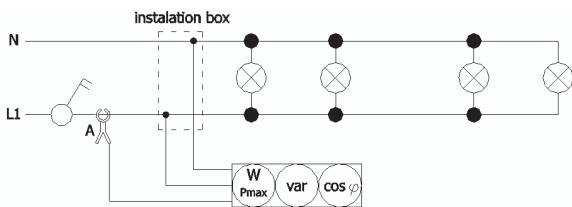
$$LENI = \frac{W}{A} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{god}} \right) \quad (1)$$

Gdje je:

- W – ukupna godišnja električna energija potrebna za rasvjetu zgrade (kWh/god.)
- A – ukupna korisna površina zgrade (m^2)

3.1. Mjerenje i određivanje gustoće instalirane snage u prostoru

Izlazne snage rasvjete u svakom prostoru dobivene su mjerenjem snage na ulaznim čvorovima instalacije rasvjete u prostoriju. S obzirom da instalacija nije poznata i nema projektne dokumentacije nije moguće izvršiti mjerenje rasvjete na etaži ili u cijeloj zgradi. Zbog toga je provedeno mjerenje po funkcionalnim jedinicama zgrade, tj. prostorijama (sl.3). Mjerenje je provedeno instrumentom METREL Eurotest 615 57 (sl. 4) na način da je u instalacijskoj razvodnoj kutiji na spojevima dolaznog faznog vodiča i nulvodiča spojene hvataljke instrumenta, a strujna kliješta postavljena na prekidaču zbog ograničenog prostora i kratkih vodiča u razvodnoj kutiji.



Slika 3. Mjerna točka snage rasvjete prostorije

Ukupna površina korisnog prostora A , može se jednostavno izračunati ili podacima iz arhitektonskih snimaka ili mjerenjem ploštine u prostoru. Za predmetnu zgradu korisna ploština dobivena je na osnovu arhitektonskog snimka izvedenog stanja. Nazivna instalirana snaga P_i i mjerena snaga rasvjete pojedine prostorije P_m .

Tablica 2. Korisna ploština – prizemlje

| № | Prostor | Ploština [m ²] | P_i [W] | P_m [W] |
|---------|--------------|----------------------------|-----------|-----------|
| 1. | Učionica 6 | 80 | 1124 | 1686 |
| 2. | Učionica 7 | 58,2 | 634 | 951 |
| 3. | Učionica 8 | 58,2 | 634 | 951 |
| 4. | Učionica 9 | 60,4 | 692 | 1038 |
| 5. | Učionica 11 | 24,6 | 346 | 519 |
| 6. | Mikrob. Lab. | 20,7 | 288 | 432 |
| 7. | Spremište 1 | 20,7 | 288 | 432 |
| 8. | Spremište 2 | 7,4 | 75 | 75 |
| 9. | Ulazni hall | 17,8 | 144 | 216 |
| 10. | Hodnik | 84,7 | 720 | 1080 |
| 11. | WC ženski | 14,3 | 144 | 198 |
| Ukupno: | | 448 | 5089 | 7578 |

Prema primjeru tab. 2 Izračunate su vrijednosti i za etažu podruma:

$$A = 402 \text{ m}^2, \quad P_i = 3775 \text{ W}, \quad P_m = 4837 \text{ W}$$

i kata:

$$A = 451 \text{ m}^2, \quad P_i = 2460 \text{ W}, \quad P_m = 3540 \text{ W}.$$

Ukupna električna energija W_t potrebna za rasvjetu [4] u promatranom vremenskom razdoblju i prostoru procjenjuje se prema jednadžbi:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} = \quad (\text{kWh}) \quad (2)$$

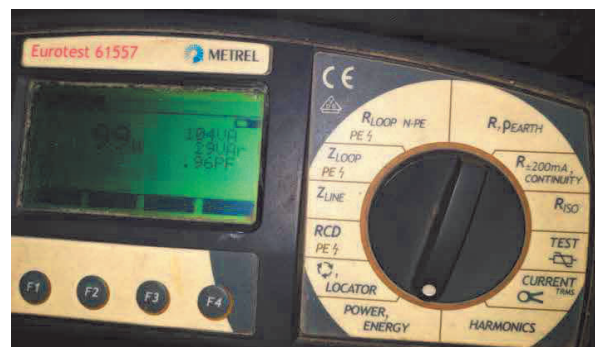
gdje je:

- $W_{L,t}$ – procijenjena električna energija rasvjete zgrade u promatranom vremenu
- $W_{P,t}$ – procijenjena parazitna električna energija potrebna za potrošače koji ne pridonose rasvijetljenosti prostora

Procjena potrošnje električne energije može se napraviti za bilo koje vremensko razdoblje (satno, dnevno, tjedno, mjesečno ili godišnje) sukladno vremenskom intervalu procjene koeficijenta koji utječu na procjenu.

3.2. Procjena korištene godišnje energije za postojeću rasvjetu na analiziranom primjeru

Prema podacima iz snimka izvedenog stanja rasvjete (tab. 2) prikazana je ukupna instalirana snaga rasvjete P_n za pojedinu prostoriju. Nazivna snaga svjetiljke P_i dobivena je mjerenjem vrijednosti izlazne snage svjetiljke. Oznaka i_s je broj svjetiljki određene vrste u zgradi. Mjerenja su vršena za svaku vrstu svjetiljke koja ima prigušnicu. Razlog mjerenja samo te vrste svjetiljki su gubici u zavojnici i prigušnicama. Mjerenjem su dobiveni rezultati izlazne radne, prividne i jalove snage kao i faktora snage (sl. 4).



Slika 4. Mjerenje snage svjetiljke 2x36W

Tablica 3 Vrste postojećih svjetiljaka i instalirana snaga

| R.br. | Oznaka | $\cos \varphi$ | i_s (kom) | P_s [W] | P_n [W] |
|---------------------------|--------|----------------|-------------|-----------|-----------|
| 1. | A | 0,96 | 22 | 99 | 2268 |
| 2. | B | 0,96 | 13 | 54 | 731 |
| 3. | C | 0,96 | 33 | 108 | 3712 |
| 4. | D | 0,96 | 3 | 54 | 168 |
| 5. | E | 0,96 | 32 | 216 | 7200 |
| 6. | F | 0,97 | 7 | 87 | 634 |
| 7. | G | 1 | 19 | 75 | 1425 |
| 8. | H | 1 | 1 | 160 | 160 |
| 9. | I | 1 | 12 | 40 | 480 |
| $\sum_1^9 P_{uk} = 16778$ | | | | | |

Izvor [2]

Instalirana snaga rasvjete za pojedinu vrstu svjetiljke može se izračunati preko izraza (3):

$$P_i = \frac{i_s \cdot P_s}{\cos \varphi} \quad (3)$$

Vrsta svjetiljke:

A – 2x36W, IP65

B – 2x18W, IP65

C – 2x36W, OPAL

D – 1x36W

E – 4x36W

F – 1x58W

G – 75W, E27, žarna nit

H – 4x40W, E27, luster

I – 1x40W, E14, zidna svjetiljka

Uz navedene veličine (tab.3) važno je odrediti faktore koji su utjecajni koeficijenti za dobivanje procijenjenog iznosa, kao što su:

F_C – faktor konstantnosti osvjetljenosti

F_O – faktor okupiranosti prostora

F_D – faktor ovisnosti umjetne rasvjete o dnevnom osvjetljenju

t_D – radno vrijeme rasvjete za razdoblje dana (h)

t_N – radno vrijeme rasvjete za razdoblje noći (h)

t_o – godišnji rad rasvjete $t_o = t_D + t_N$ (h)

t_y – broj sati u godini (8760 h)

t – radno vrijeme

Iznos faktora F_C , F_O i F_D prema tab. 6 HRN EN F1: $F_C = 1$; $F_O = 1$; $F_D = 1$

$$W_{L,t} = \frac{(P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)]}{1000} = \frac{(16778 \cdot 1) \cdot [(1800 \cdot 1 \cdot 1) + (200 \cdot 1)]}{1000} = 33556 \text{ kWh} \quad (4)$$

$$W_{P,t} = \frac{P_{pc} \cdot [t_y - (t_D \cdot t_N)]}{1000} =$$

$$\frac{0 \cdot [8760 - (1800 \cdot 200)]}{1000} = 0 \text{ kWh} \quad (5)$$

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} =$$

$$33556 + 0 = 33556 \text{ kWh} \quad (6)$$

4. Procjena godišnje potrošnje energije projektirane rasvjete

Projektirana rasvjeta za razliku od postojeće konvencionalne rasvjete ima faktor snage $\cos \varphi = 1$, zbog čega instalirana snaga inosi:

$$P_i = i_s \cdot P_s \quad (7)$$

U tab. 4 navedeni nazivi i karakteristike rasvjete koje prema Relux proračunu zadovoljavaju zahtjeve rasvijetljenosti i ispunjavaju uvjete iz norme HRN EN 12464-1[5].

Tablica 4. Vrste novih svjetiljaka i instalirana snaga

| R.br. | Oznaka | i_s (kom) | P_s [W] | P_n [W] |
|-------|--------|-------------|-----------|--------------------------|
| 1. | A1 | 8 | 39 | 312 |
| 2. | A2 | 103 | 37 | 3399 |
| 3. | A3 | 11 | 90 | 990 |
| 4. | A4 | 27 | 25 | 675 |
| 5. | A5 | 10 | 33 | 330 |
| 6. | A6 | 35 | 18 | 630 |
| 7. | A7 | 1 | 45 | 45 |
| 8. | A8 | 46 | 34 | 1564 |
| | | | | $\sum_1^8 P_{uk} = 7945$ |

Izvor [2]

Vrsta svjetiljke:

A1 – LED 39W, 5200lm

A2 – LED 37W

A3 – LED 90W

A4 – LED 25W, 3200lm

A5 – LED 33W, 4400lm

A6 – LED 18W, 2400lm

A7 – LED 45W

A8 – LED 34W

Za efikasnije upravljanje rasvjetom i dodatnim uštedama uključivanje rasvjete vrši se putem upravljačkih jedinica u obliku tipkala i senzora pokreta i prisutnosti. Uz opću rasvjetu u zgradi je obavezna i sigurnosna rasvjeta za osvjetljavanje i označavanje evakuacijskih putova.

Tablica 5. Vrste elemenata parazitnog opterećenja i njihova instalirana snaga

| R.br. | Oznaka | i_s (kom) | P_s [W] | P_n [W] |
|-------|--------|-------------|-----------|---------------------------|
| 1. | S1 | 56 | 1,7 | 95,2 |
| 2. | P1 | 44 | 3 | 132 |
| 3. | P2 | 19 | 1 | 19 |
| | | | | $\sum_1^3 P_{uk} = 246,2$ |

Izvor [2]

Vrsta svjetiljke:

S1 – upravljačka jedinica tipkala

P1 – sigurnosna svjetiljka-osvjetljavanje, 3W LED

P2 – sigurnosna svjetiljka-označavanje, 1W LED

$$W_{L,t} = \frac{(P_n \cdot F_c) \cdot [(t_D \cdot F_0 \cdot F_D) + (t_N \cdot F_0)]}{1000} =$$

$$\frac{(7945 \cdot 0,9) \cdot [(1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8) + (200 \cdot 0,9)]}{1000} =$$

10554,14 kWh (8)

$$W_{P,t} = \frac{P_{pc} \cdot [t_y - (t_D + t_N)] + (P_{em} \cdot t_e)}{1000} =$$

$$\frac{95,20 \cdot [8760 - (1800 + 200)] + (151 \cdot 8760)}{1000} =$$

1966,31 kWh (9)

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} = 10554,14 + 1966,31 =$$

$$= 12520,45 \text{ kWh} \quad (10)$$

5. Projekcija investicije i isplativost

Kalkulacija odnosa potrošnje električne energije u (kWh) za predmetnu zgradu (tab.6) u slučaju „konvencionalne“ i „pametne“ rasvjete. Izračun financijskih troškova se bazira na porastu cijene od 5% godišnje, te na konstantnoj potrošnji kroz 10 godina.

Troškovi konvencionalne rasvjete (tab.6) određeni su prema (11) i (12):

$$T_{kr,2018} = C_{konv} \cdot W_{konv}$$

$$= 1,08 \cdot 33556$$

$$= 36.401,55 \text{ kn} \quad (11)$$

$$T_{kr,2019} = T_{kr,2018} \cdot 1,05 = 36.401,55 \cdot$$

$$1,05 = 38.221,63 \text{ kn} \quad (12)$$

Za svaku slijedeću godinu umnožava se prethodna godina sa povećanjem od 5% povećanja cijena u svakoj godini. Koeficijent 1,05 je umnožak za povećanje

od 5%. Tako da će za zadnju predviđenu godinu 2028. iznositi prema (13).

$$T_{kr,2028} = T_{kr,2027} \cdot 1,05 = 56.470,75 \cdot$$

$$1,05 = 59.294,29 \text{ kn} \quad (13)$$

Istim postupkom određuju se troškovi za:

T_{pr} za pametnu rasvjetu i godišnje uštede U_{god} samo se uzimaju vrijednosti (tab. 6.) za pametnu rasvjetu i godišnje uštede.

Gdje je:

C_{konv} – cijena električne energije prema tarifnom modelu nadležnog distributera sa uračunatim PDV-om u kunama

W_{konv} – godišnja potrošnja električne energije konvencionalne rasvjete u kWh

Za kumulativne uštede po godinama zbrajaju se uštede iste godine i kumulativne uštede prethodne godine, prema jednadžbi (14):

$$U_{kumul,2019} = U_{god,2019} + U_{kumul,2018} =$$

$$24.023,44 + 22.879,08 =$$

$$46.902,52 \text{ kn} \quad (14)$$

Postotne uštede na električnoj energiji -

$$W_{\%} = \left(\left(1 - \frac{W_{tns}}{W_{tps}} \right) \cdot 100\% = \right.$$

$$\left. \left(1 - \frac{12520,45}{33556} \right) \cdot 100 = 63\% \quad (15) \right.$$

Gdje je:

W_{tns} – potrošnja električne energije novog stanja rasvjete u godini

W_{tps} – potrošnja električne energije postojećeg stanja rasvjete u godini

Tablica 6. Kalkulacija odnosa potrošnje električne energije

| Godišnji trošak rasvjete | | | |
|--------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------|
| | Cijena (kn/kWh) | El. energija (kWh) | Porast cijene godišnje - 5% |
| Konv. | 1,08 | 33.556,00 | |
| Pametna | 1,08 | 12.520,45 | Razlika u potrošnji (15) – 63% |

| G_{pp} | G_k | T_{kr} (kn) | T_{pr} (kn) | U_{god} (kn) | U_{kumul} (kn) |
|----------|-------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| 0. | 2018. | 36.401,55 kn | 13.522,08 kn | 22.879,47 kn | 22.879,08 kn |
| 1. | 2019. | 38.221,63 kn | 14.198,19 kn | 24.023,44 kn | 46.902,52 kn |
| 2. | 2020. | 40.132,71 kn | 14.908,1 kn | 25.224,61 kn | 72.127,13 kn |
| 3. | 2021. | 42.139,34 kn | 15.653,50 kn | 26.485,84 kn | 98.612,97 kn |
| 4. | 2022. | 44.246,31 kn | 16.436,18 kn | 27.810,13 kn | 126.423,1 kn |
| 5. | 2023. | 46.458,63 kn | 17.257,99 kn | 29.200,63 kn | 155.623,73 kn |
| 6. | 2024. | 48.781,56 kn | 18.120,88 kn | 30.660,66 kn | 186.284,39 kn |
| 7. | 2025. | 51.220,63 kn | 19.026,93 kn | 32.193,69 kn | 218.478,08 kn |
| 8. | 2026. | 53.781,67 kn | 19.978,27 kn | 33.803,38 kn | 252.281,46 kn |
| 9. | 2027. | 56.470,75 kn | 20.977,18 kn | 35.493,55 kn | 287.775,01 kn |
| 10. | 2028. | 59.294,29 kn | 22.026,04 kn | 37.268,22 kn | 325.043,23 kn |

Sveukupno ušteda: 1.792.430,70 kn

Izvor [2]

Parametri su sljedeći: Potrošnja električne energije (konvencionalna): 33556 kWh prema (6) Potrošnja električne energije (pametna): 12520,45 kWh prema (10), Vremenski horizont izračuna: 10 godina. Cijena el. energije prema tarifnom modelu nadležnog distributera je 0,96 kn/kWh + PDV 13%. Godišnji porast cijena el. energije od 5% određen je na osnovu podataka nadležnog distributera o porastu cijena električne energije za tarifni model predmetne zgrade i na osnovu računa električne energije u proteklih 10 godina, u periodu od 2007. do 2017. cijena električne energije je porasla za 52,62%, što procijenjeno na navedeni period prosječno iznosi 5,26% godišnje. Porast je zaokružen na 5% i s tim porastom određena je projekcija porasta za idućih 10 godina. Prema uvidu u račune električne energije, cijena 2007.godine je bila 0,56 kn/kWh + PDV 22% što je bruto 0,70 kn/kWh.

Kao što je prikazano (tab. 6.) pametna rasvjeta rezultira s 63% uštede u potrošnji u odnosu na konvencionalnu. Tako svaka godina generira određenu uštedu, što ku-

mulativno iznosi 1.792.430,70 kn nakon 10 godina upotrebe.

6. Zaključak

Analizom postojeće konvencionalne rasvjete u javnoj obrazovnoj ustanovi, utvrđeno je da postojeća rasvjeta ne udovoljava zahtjevima iz Norme HRN EN 12464-1:2011. Mjerenja su pokazala do deset puta manju rasvijetljenost u odnosu na zahtjevanu. Arhitektonskim snimkom izvedenog stanja dobivena je stvarna slika prostorija za projektiranje energetski učinkovite rasvjete i izračuna brojčanog pokazatelja energije rasvjete (LENI). Točnom površinom i visinama prostorija možemo izvesti proračune rasvijetljenosti rasvjete i LENI. Računalnim programom Relux izrađen je proračun rasvijetljenosti kojim se utvrđuje usklađenost rasvjete sa zahtjevima Norme. Računalnom podrškom Relux možemo točnije odrediti koeficijenta faktora ovisnosti umjetne rasvjete o dnevnom osvjetljenju F_D . Faktor F_D definiran je EN 15193:2017. Način točnijeg određivanja faktora F_D možemo dobiti da iz dobivenog izračuna rasvijetljenosti pojedinog prostora isključimo

umjetnu rasvjetu i u ponovnom izračunu uključimo izračun samo dnevne svjetlosti. Omjer srednje rasvijetljenosti dnevne svjetlosti E_m i nazivne rasvijetljenosti zadanog prostora određuje F_D . Moguće su dvije varijante gdje je srednja rasvijetljenost dnevnog svjetla veća od potrebne nazivne rasvijetljenosti prostora i obrnuto. Za dokaz te teorije potrebna su mjerenja na praktičnom primjeru za koje je potrebno vrijeme od najmanje jedne godine. Kroz brojčani pokazatelj energije rasvjete i procjene potrošnje električne energije projektirane rasvjete došlo se do rezultata uštede u električnoj energiji kao i financijske uštede. Prema izračunu razlika uštede u električnoj energiji iznosi 63% na godišnjoj razini dok su financijske uštede vidljive kroz vremenski period od 10 godina.

Literatura

- [1] Stojkov, M.; Šljivac, D.; Topić, D.; Trupinić, K.; Alinjak, T.; Arsoski, S.; Klaić, Z.; Kozak, D.: Energetska učinkovitost rasvjete, Josip Juraj Strossmayer Sveučilište u Osijeku, Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Osijek, 2015.
- [2] Čabraja, I.; Ekonomski isplativa i energetska učinkovita pametna rasvjeta-diplomski rad, Josip Juraj Strossmayer Sveučilište u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2017.
- [3] Čabraja, I., Glavaš, H., Tačković, K., Petrović, I., Analiza rasvjete unutarne radnog prostora i usklađenosti sa HRN EN 12464-1, Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Osijek 2016.
- [4] Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva za rasvjetu u zgradama, Zagreb, rujan 2012.g., [http://www. encert- eihp.org /wp-content/ uploads/2014/11/5- Algoritam_ Rasvjeta-2012_09.pdf](http://www.encert-eihp.org/wp-content/uploads/2014/11/5-Algoritam_Rasvjeta-2012_09.pdf)
- [5] HRN EN 12464-1:20011 Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori
- [6] HRN EN 15193-1:2017 Energetska svojstva zgrade—Energetski zahtjevi za rasvjetu—1.dio:Specifikacije, Modul M9