



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

OTO 2017

26. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja”

**26th International Scientific and Professional Conference
"Organization and Maintenance Technology"**

**ZBORNİK
RADOVA**

**CONFERENCE
PROCEEDINGS**

Osijek, 26. svibnja 2017.

Osijek, 26th May 2017

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT)

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

26. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja“ - OTO 2017. - Zbornik radova

26th International Scientific and Professional Conference
"Organization and Maintenance Technology" - OTO 2017 -
Conference Proceedings

Zbornik radova sadrži radove koji su prošli dvostruku neovisnu recenziju. Organizator skupa nije ulazio u sadržaj radova i način izražavanja te oni predstavljaju odraz razmišljanja autora.

Each paper in the conference proceedings was reviewed by two 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).

Naziv/Title:

26. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja“ - OTO 2017. - Zbornik radova

26th International Scientific and Professional Conference "Organization and Maintenance Technology" - OTO 2017 - Conference Proceedings

Mjesto održavanja skupa/ The place of the meeting:

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT),
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek,
Adresa/Address: Kneza Trpimira 2B, HR-31000 Osijek, Croatia
Tel.: +385 (0) 31 224-600, Fax: +385 (0) 31 224-605, E-mail: etf@etfos.hr

Datum održavanja skupa/ Date of the meeting:

26. svibnja 2017./ 26th May 2017

Organizator skupa/ Organised by:

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT)/
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

Izdavač/Published by:

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT)/
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

Urednici/Editors:

Doc.dr.sc. Hrvoje Glavaš	- glavni urednik/ chief editor
Izv.prof.dr.sc. Tomislav Barić	- izvršni urednik/ executive editor
Doc.dr.sc. Emmanuel Karlo Nyarko	- tehnički urednik/ technical editor
Doc.dr.sc. Marinko Barukčić	
Doc.dr.sc. Tomislav Keser	
Izv.prof.dr.sc. Mirko Karakašić	

Naklada/Issue: 100

Tisak/Printed by: Biroprint d.o.o - Osijek

UDK klasifikacija/ UDK classification: Ljiljana Vučković Vizentaner, prof. dipl. knjižničar

ISBN: 978-953-6032-92-1

CIP zapis dostupan je u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140712028.

MEĐUNARODNI ZNANSTVENI ODBOR/ INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD:

Popis prema abecednom redu imena/List in alphabetical order

Prof.dr.sc. Andrej Štrukelj (Slovenia)	Prof.dr.sc. Lajos Jozsa (Hungary)
Akademik prof.dr.sc. Božo Udovičić (Croatia)	Prof.dr.sc. Mirsad Raščić (BiH)
Prof.dr.sc. Drago Žagar (Croatia)	Prof.emer.dr.sc. Safet Brdarević (BiH)
Izv.prof.dr.sc. Dražen Slišković (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Sebastijan Seme (Slovenia)
Izv. prof.dr.sc. Eleonora Desnica (Serbia)	Prof.dr.sc. Snježana Rimac-Drlje (Croatia)
Prof.dr.sc. Goran Martinović (Croatia)	Prof.dr.sc. Tihomil Rausnitz (Germany)
Prof.dr.sc. György Elmer (Hungary)	Prof.dr.sc. Vlado Majstorović (BiH)
Prof.dr.sc. Isak Karabegović (BiH)	Akademik prof.emer.dr.sc. Zijad
Izv.prof.dr.sc. Krno Miličević (Croatia)	Haznadar(Croatia)

ORGANIZACIJSKI ODBOR/ ORGANIZING BOARD:

Prof.dr.sc. Tomislav Mrčela	- predsjednik/ president
Doc. dr.sc. Hrvoje Glavaš	- zamjenik predsjednika/ vice president
Igor Sušenka, dipl.ing.el.	- tajnik/ secretary
Doc.dr.sc. Damir Blažević	
Mr.sc. Držislav Vidaković	
Prof.dr.sc. Zlatko Lacković	

UREDNIŠTVO/EDITORIAL BOARD:

Doc.dr.sc. Hrvoje Glavaš	- glavni urednik/ chief editor
Izv.prof.dr.sc. Tomislav Barić	- izvršni urednik/ executive editor
Doc.dr.sc. Emmanuel Karlo Nyarko	- tehnički urednik/ technical editor
Doc.dr.sc. Marinko Barukčić	
Doc.dr.sc. Tomislav Keser	
Izv.prof.dr.sc. Mirko Karakašić	

RECENZETSKI ODBOR/REVIEWS BOARD:

Doc.dr.sc. Goran Knežević	Prof.dr.sc. Marinko Stojkov
Doc.dr.sc. Irena Galić	Doc.dr.sc. Zlatko Tonković
Izv.prof.dr.sc. Marijana Hadzima-Nyarko	

RECENZENTI/REVIEWERS:

Popis prema abecednom redu imena/List in alphabetical order

Doc.dr.sc. Aleksandar N. Ašonja (Serbia)	Dr.sc. Ivica Petrović (Croatia)
Prof.dr.sc. Andrej Štrukelj (Slovenia)	Dr.sc. Janoš Šimon (Serbia)
Prof.dr.sc. Brdarević Safet (BiH)	Doc.dr.sc. Krešimir Fekete (Croatia)
Doc.dr.sc. Damir Blažević (Croatia)	Prof.dr.sc. Lidija Tadić (Croatia)
Prof.dr.sc. Damir Šljivac (Croatia)	Doc.dr.sc. Ljiljana Radovanović (Serbia)
Dr.sc. Daniela Dvornik Perhavec (Slovenia)	Izv.prof.dr.sc. Predrag Marić (Croatia)
Doc.dr.sc. Danijel Topić (Croatia)	Prof.dr.sc. Robert Cupec (Croatia)
Mr.sc. Držislav Vidaković (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Sebastijan Seme (Slovenia)
Izv. prof.dr.sc. Eleonora Desnica (Serbia)	Prof.dr.sc. Srete Nikolovski (Croatia)
Doc.dr.sc. Emanuel Karlo Nyarko (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Silva Lozančić (Croatia)
Izv.prof.dr.sc. Marija Šperac (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Tomislav Barić (Croatia)
Izv.prof.dr.sc. Marijana Hadzima-Nyarko (Croatia)	Doc.dr.sc. Tomislav Keser (Croatia)
Doc. dr.sc. Marinko Barukčić (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Tomislav Matić (Croatia)
Prof. dr. sc. Marinko Stojkov (Croatia)	Izv. prof. Uroš Klanšek (Slovenia)
Izv.prof.dr.sc. Mirko Karakašić (Croatia)	Dr.sc. Višnja Križanović Čik (Croatia)
Doc.dr.sc. Nenad Cvetković (Serbia)	Izv.prof.dr.sc. Zlata Dolaček Alduk (Croatia)
Doc. dr. sc. Goran Knežević (Croatia)	Prof. dr.sc. Zlatko Lacković (Croatia)
Dr.sc. Goran Rozing (Croatia)	Doc. dr.sc. Zlatko Tonković (Croatia)
Doc.dr.sc. Hrvoje Krstić (Croatia)	Prof.dr.sc. Zlatko Čović (Serbia)
Doc.dr.sc. Hrvoje Glavaš (Croatia)	Doc.dr.sc. Zvonimir Klaić (Croatia)
Doc.dr.sc. Ivana Šandrk Nukić (Croatia)	Izv.prof.dr.sc. Željko Hederić (Croatia)
Doc.dr.sc. Irena Ištoka Otković (Croatia)	Dr.sc. Žiga Zadnik (Slovenia)

Contents

1. Domagoj Bilandžija, Marinko Barukčić, Dalibor Buljić, Željko Hederić THE EXAMPLES OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD NUMERICAL CALCULATION IN CASE OF THE FAULTS IN ELECTRICAL DEVICES	1
2. Ivan Petrović, Marinko Stojkov, Ivan Samardžić, Ante Čikić: VALIDATION OF ARC WELDING EQUIPMENT	7
3. Eleonora Desnica, Danilo Mikić, Ivan Palinkaš DIAGNOSTICS OF ROLLING BEARINGS IN THE MECHANICAL AND TECHNICAL SYSTEMS	13
4. Ivan Korov, Goran Knežević, Vladimir Caha MAINTENANCE OF A LOW VOLTAGE DISTRIBUTION SYSTEM IN THE TEHNOLOGY OF LIVE-LINE WORKING	21
5. Ivan Mijić, Goran Knežević, Vladimir Caha POWER SYSTEM EQUIPMENT CLEANING IN THE TECHNOLOGY OF LIVE-LINE WORKIN	27
6. Branimir Perković, Tomislav Barić, Nenad Janković, Dalibor Kos, Hrvoje Glavaš MAINTENANCE OF GAS AND OIL DEVICES	33
7. Adam Martinek, Ivan Ostheimer, Luka Patrun APPLICATION OF COMPUTER PROGRAM THORIUM A+ FOR ASSESSMENT OF OPTIMAL ENERGY EFFICENCY MEASURES	43
8. Dino Obradović, Marija Šperac, Livio Međurečan, Marina Pavošević THE PROCEDURE AND THE PURPOSE OF ISSUING A CERTIFICATE OF OCCUPANCY FOR SPECIFIC STRUCTURES IN THE EDOZVOLA SYSTEM	53
9. Dino Obradović, Saša Marenjak THE ROLE OF MAINTENANCE IN THE LIFE CYCLE OF A BUILDING	61
10. Marko Dugandžić CONDITION BASED MAINTENANCE OF SUBSTATION WITH USE OF INTERNET TECHNOLOGY	69
11. Držislav Vidaković, Krešimir Pavelić APPLICATION OF IT IN BUILDING MAINTENANCE – ANALYSIS ON EXAMPLE OF THE NEW BUILDING OF THE CIVIL ENGINEERING FACULTY IN OSIJEK	77
12. Tatjana Mijušković-Svetinović, Božica Cvijančević INLAND FAIRWAY MAINTENANCE	85
13. Siniša Maričić, Mario Žeruk DEVELOPMENT OF BAČICA HYDROTECHNICAL SYSTEM	95
14. Tomislav Kordić, Hrvoje Marinac, Hrvoje Glavaš FIELD MEASUREMENT OF BUILDING SOUND INSULATION	103

15. Dalibor Buljić, Marinko Barukčić, Željko Špoljarić, Krešimir Miklošević OVERVIEW OF BATTERY STORAGE TECHNOLOGIES IN POWER GRIDS	113
16. Matej Žnidarec MAINTENANCE MANAGEMENT OF A BIOMASS POWER PLANT	119
17. Marija Šperac, Ivan Hrskanović, Željko Šreng MAINTENANCE OF GRAVITY SEWERAGE SYSTEMS	125
18. Hrvoje Stojčić, Mirko Karakašić, Hrvoje Glavaš CREATING A PARAMETRIC MODEL OF HAND CRANE WITH CAD SYSTEM FOR PARAMETRIC MODELING BASED ON FEATURES	133
19. Milan Ivanović, Dalibor Mesarić, Franjo Ambroš ESTABLISHMENT OF OFFICIALS FOR THE MANAGEMENT OF LOCAL BROADBAND AND THEIR MAINTENANCE IN THE REGION OF SLAVONIA AND BARANJA	141
20. Dinka Šafar Đerki, Krešimir Lacković MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM USING MODERN INFORMATION SYSTEM MAINTENANCE	151
21. Lacković Krešimir, Dinka Šafar Đerki INFORMATION AND COMMUNICATION PROCESS OF COST MANAGEMENT IN A COMPLEX PRODUCTION TECHNICAL SYSTEM	157
22. Matej Petko, Tomislav Barić MAINTENANCE OF ELEVATORS IN OSIJEK-BARANJA COUNTY	163
23. Hrvoje Dragovan, Želimir Kučibradić, Damir Nožica EVALUATION OF PAVEMENT CONDITIONS AND PROPOSALS FOR THE STRATEGY OF MAINTAINING STATE ROADS USING NEURAL NETWORKS	169
24. Borivoj Novaković, Ljiljana Radovanović, Jasmina Pekez, Mila Kavalić APPLICATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE ON PASSENGER VEHICLES BRAKING SYSTEMS	177
25. Igor Lukić, Mirko Karakašić, Milan Kljajin DESIGNING AND FUNCTIONAL ELABORATION OF CONCEPTUAL SOLUTION OF CONCEPTUAL VARIANT OF THE METAL CONSTRUCTION EAVE	183
26. Davor Beck, Damir Blažević, Hrvoje Dragovan DESIGNING DAYTIME LIGHTING FOR TUNNELS, REQUEST ANALYSIS, MODELING AND CALCULATION	193
27. Rebeka Raff BIOGAS COGENERATION UNIT FOR ELECTRICAL AND THERMAL ENERGY PRODUCTION	199
28. Josip Grgić, Saša Stokuća, Damir Blažević CAD/CAM TOOLS FOR ROAD LIGHTING DESIGN	207

Primjena IT kod održavanja građevina – analiza na primjeru nove zgrade Građevinskog fakulteta u Osijeku

Professional paper

Držislav Vidaković

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
dvidak@gfos.hr

Krešimir Pavelić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Građevinski fakultet Osijek
Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska
kreso@gfos.hr

Sažetak – Članak definira zadatke i organizaciju održavanja građevina (kao tehničkih sustava) javne namjene, te razmatra primjenu IT u tome. Opisane su značajke računalnih programa koji se koriste za podršku sustava održavanja i pojašnjeno je odlučivanje kod njihovog izbora. Sagledan je primjer informatizacije održavanja nove zgrade Građevinskog fakulteta u Osijeku i navedene su mogućnosti unaprjeđenja tog sustava održavanja.

Ključne riječi – održavanje, nadzor, zgrada, računalni sustav, organizacija, unaprjeđenje

APPLICATION OF IT IN BUILDING MAINTENANCE – ANALYSIS ON EXAMPLE OF THE NEW BUILDING OF THE CIVIL ENGINEERING FACULTY IN OSIJEK

Abstract – The article defines the tasks and organization of maintenance of public buildings (as technical systems) and considers the application of IT in that area. Describe the characteristics of computer programs that are used to support system of maintenance and explained the decision with their choice. The article also gives the example of the maintenance computerization of the new Civil Engineering faculty building in Osijek and presents the possibilities of improving this maintenance system.

Keywords – maintenance, monitoring, building, computer system, organization, improving

1. UVOD

Prema nazivlju u održavanju europskog standarda EN 13306 održavanje je kombinacija tehničkih, administrativnih i upravljačkih aktivnosti tijekom životnog ciklusa neke stavke (zgrade, radne opreme i dr.) čiji je cilj da se ona sačuva ili povrati u stanje u kojem može obavljati potrebnu funkciju [1]. Vrlo pojednostavljeno, može se reći da je održavanje "upravljanje kvarovima" [2]. Održavanje zgrada može se definirati kao trajna aktivnost (ulaganje sredstava) za cijelo vrijeme uporabe zgrade, kojom se zgradi u cjelini i svim njezinim dijelovima osigurava razina služnosti u određenim dopustivim granicama [3].

Za projekte javnih građevina karakteristično je što ih isti investitor - vlasnik "vodi" od početka do kraja, tj. od projektne ideje, preko izrade projektne dokumentacije, izbora izvođača

radova i realizacije, te tijekom cijele faze uporabe do razgradnje. Obzirom na to, investitor ima interesa za sagledavanje i planiranje sveukupnih, cjeloživotnih troškova (prije i tijekom izvedbe građevine, te poglavito tijekom najdugotrajnije faze – uporabe i održavanja) s njihovom optimalizacijom. Za zgrade Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera već je provedeno istraživanje o troškovima uporabe i održavanja (koje snosi javni sektor) i mogućnosti njihove procjene [4].

Gospodarenje građevinama (zgrade, ceste, hidrotehničke građevine i drugo) objedinjuje upravljanje njihovom uporabom i upravljanje održavanjem (*Maintenance management*). Upravljanje održavanjem obuhvaća planiranje, organiziranje, vođenje i kontroliranje aktivnosti održavanja [5], a kod složenih sustava (čije dio mogu biti građevine) treba i povezati i izbalansirati funkcije kao što su: organizacija

održavanja, planiranje i vremenski raspored aktivnosti, minimalizacija troškova i kontinuirano unaprjeđivanje, ugovaranje poslova održavanja, pokretanje, ispunjavanje i praćenje radnih naloga te upravljanje brojom drugom dokumentacijom, osposobljavanje za održavanje, preventivne aktivnosti održavanja, prediktivno održavanje [6], otklanjanje kvarova do kojih dođe i drugo.

Danas se kod složenijih i važnijih sustava održavanje rijetko orijentira isključivo na otklanjanje kvarova koji nastupe, nego ih se nastoji prevenirati, u načelu tako da se osigura potrebna razina pouzdanosti i sigurnosti i da se minimaliziraju ukupni troškovi. Svi ti troškovi se kod zgrada mogu podijeliti na [7, 4]:

- troškove inspekcijskog održavanja,
- troškove preventivnog održavanja,
- troškove zamjene istrošenih materijala i elemenata,
- troškove reaktivnog održavanja.

Kod zgrada i drugih građevina osim reaktivnog djelovanja (tj. održavanja diktiranog kvarovima - *Breakdown maintenance*), primjenjivo je preventivno održavanje (*Preventive Maintenance*), prediktivno održavanje (*Predictive Maintenance*) (koje se temelji na stanju i zahtjeva praćenje u stvarnom vremenu - *Real time monitoring*), preveniranje održavanja (*Maintenance Prevention*) (projektiranje tako da oprema nema potrebe za održavanjem), održavanje usmjereno na pouzdanost (*Reliability Centered Maintenance*), odnosno poduzimanje inspekcijskih, tehničkih pregleda na osnovu rizika (*Risk Based Inspection*) i održavanje na osnovu rizika (*Risk Based Maintenance*) [8, 9], terotehnoško postupanje (*Terotechnology*) (uključivanje stručnjaka održavanja u sve faze životnog ciklusa opreme) i dr.

2. INFORMATIZACIJA ODRŽAVANJA

Dosadašnji razvoj održavanja i upravljanja s održavanjem bio je usko povezan s razvojem informatičkih tehnologija (IT) [10]. Suvremene strategije održavanja (uobičajeno nazivane 4. generacijom), nastale su na osnovu prethodnih, ali imaju različit odnos prema ukupnim troškovima, pouzdanosti i riziku te veću povezanost između projektiranja i funkcioniranja opreme. Također, one iziskuju puno više korištenja IT-a [9] i zapravo bez IT-a se ne mogu niti ostvariti.

Informatičke tehnologije imaju široku primjenu kod aktivnosti održavanja – od praćenja stanja opreme i tehničke dijagnostike do "oblaka" (*Cloud*) s podacima i najnovijeg, interneta stvari

(*Internet of Things*) gdje umreženi "pametni" uređaji međusobno djeluju interaktivno i omogućuju automatizaciju održavanja.

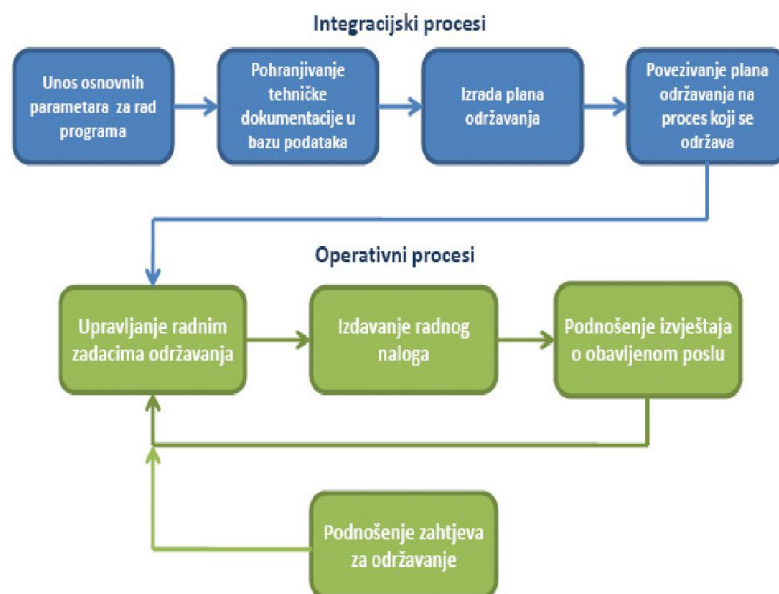
Računalni sustavi za upravljanje održavanjem opreme postoje od 70-tih godina 20. st. (kasnih 70-tih godina prvi *online* računalni sustav održavanja) [11]. Računalni sustav za upravljanje održavanjem (*Computerized maintenance management systems* – CMMS) ima nezamjenjivu ulogu u upravljanju širokim rasponom informacija o radnoj snazi za poslove održavanja, zaliham rezervnih dijelova (inventaru) i planiranju popravaka i drugih aktivnosti održavanja, kao i njihovom praćenju zajedno s pripadnim troškovima. Njihova sposobnost za upravljanje informacijama održavanja doprinosi kvalitetnijoj komunikaciji i sposobnosti donošenja odluka u funkciji održavanja. Pristupačnost informacija i komunikacijske veze koje pruža CMMS daje mogućnost unaprjeđenja rezultata održavanja, bolju komunikaciju o potrebnim popravcima (bržu reakciju) i prioritetu radova, te bolju koordinaciju i bliže radne odnose između održavanja, proizvodnje i inženjeringa [8]. Koriste se i za planiranje i izradu vremenskog rasporeda narudžbi i radnih naloga (osnovnih dokumenata kod obavljanja poslova održavanja) i upravljanje ukupnim radnim opterećenjem za održavanje. CMMS se može primjenjivati za automatizaciju preventivnog održavanja. Takvi računalni sustavi imaju potencijal za jačanje izvješća i kapaciteta analize, kao npr. o uspješnosti procesa održavanja. Uz to, to je i IT platforma za međusobnu integraciju s procesnim sustavima za nadzor i upravljanje pogonom te sustavima i opremom za praćenje i dijagnostiku stanja. Kvalitetni CMMS mora omogućavati formiranje evidencije objekata održavanja, evidenciju stanja održavanih tehničkih sustava/podsustava s klasifikacijom kritičnosti objekata i opreme za odvijanje poslovnih procesa, evidenciju kvarova (povijest opreme) i njihovu analizu (s razlogom nastanka), kreiranje, ažuriranje i arhiviranje sve dokumentacije održavanja u e-obliku, upravljanje radnicima, materijalima, alatima i drugom opremom za održavanje, definiranje potrebnih mjera zaštite na radu kod provođenja određenih aktivnosti održavanja, izvješćivanje i analizu ključnih pokazatelja učinkovitosti sustava održavanja te korištenje sustava na mobilnim uređajima [12].

Ako se radi o složenom tehničkom sustavu CMMS je ključan za postizanje djelotvornog održavanja i upravljanja imovinom, ali da bi ispunio svoju funkciju njegova uspostava mora biti sveobuhvatna.

Informacijski sustavi koji se danas najčešće koriste za podršku upravljanja s održavanjem fizičkom imovinom poznati su pod nazivom *Enterprise Asset Management* i nastali su nadogradnjom i razvojem funkcionalnosti prve generacije CMMS-a, pa se taj naziv i danas koristi kao sinonim. U posljednje vrijeme je najzastupljeniji model SaaS (*Software as a Service*) koji minimalizira naručiteljeva ulaganja u informacijsko-komunikacijske resurse (serverski kapaciteti, sistemski softver, IT stručnjaci), jer se sustav koristi u "oblaku", a pristupa mu se s računala putem jednog od popularnih web pretraživača ili mobilnog uređaja [12].

Suvremeni računalni sustavi (kakav je npr. univerzalni alat za upravljanje radnim osobljem i poslovima održavanja *ELMAP Maintenance Management System – MMS*) uvode dvostruku povijesnu evidenciju radova - i prema opremi i

prema funkciji (mjestu montaže). Potrebni parametri za rad programa su podaci kao što su: osobe/korisnici aplikacije, jedinice mjere, tehnički elementi, funkcijski elementi, građevine, procesne varijable, predlošci održavanja, partneri i proizvođači. Tehnička dokumentacija u bazi podataka vezuje se uz tehnički/funkcijski element ili građevinu. Plan održavanja pojedinog tehničkog elementa u pravilu daje proizvođač opreme, a taj plan je potrebno prilagoditi u tabličnom kalkulatoru programa, te se kao takav unosi u bazu informatičkog sustava. Računalni program daje prikaz trenutnog statusa radnih zadataka (na čekanju, u provedbi ili izvršen), a radni zadaci s popisa nekog radnog naloga, s definiranim datumima i izvršiteljima zadataka, mogu se pregledavati i uređivati [13]. Slika 1 pokazuje poslovne procese kod računalnog programa *ELMAP MMS*.



Slika 1. Proces kod programa *ELMAP MMS* [13]

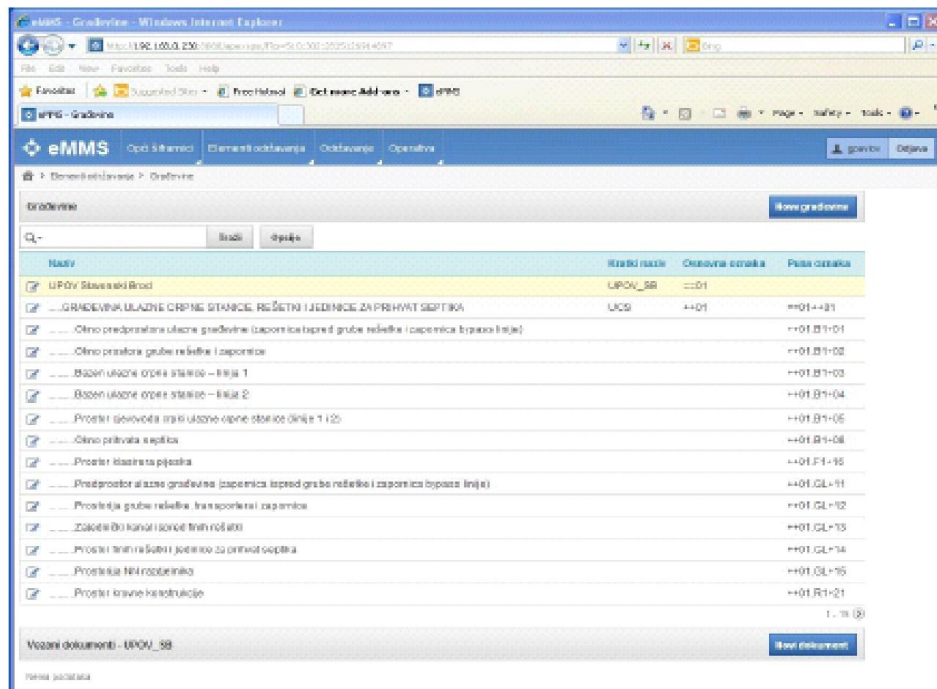
Lokalna računalna mreža (*Local Area Network – LAN*), mreža širokog područja (*Wide Area Network – WAN*) i uredska računalna tehnologija omogućuju CMMS-u lokalni pristup ili pristup na daljinu, što razmjenu informacija čini lakšom, posebice za tvrtke koje imaju dislocirane pogone (koji mogu biti smješteni diljem svijeta), a isto vrijedi i za upravljanje s većim brojem građevina razmještenih na većim udaljenostima. Tako se može osigurati bolja informiranost i s tim brže definiranje potreba održavanja i koordiniranje i odlučivanje u svezi održavanja (kao npr. određivanje prioriteta aktivnosti održavanja). Primjer primjene

CMMS-a kod održavanja građevina vidi se na slici 2.

Rast tržišta dobavljača različitih programskih rješenja za upravljanje održavanjem povećava mogućnosti korisnika, ali i komplicira istraživanje i analizu kod odlučivanja o najpovoljnijem izboru, obzirom na njihove specifične potrebe. Zato se kod izbora za nabavu za njihovo pozicioniranje, u odnosu na četiri osnovne vrste ("Izazivača", "Lidera", "Igrača u nišama" i "Vizionara"), može kao alat koristiti Gartnerov (vodeća svjetska tvrtka za istraživanje IT i savjetodavne usluge u svezi

toga) “magični kvadrat” pokazan na slici 3. On pruža brzu edukaciju o programskim rješenjima mogućih dobavljača i njihovoj sposobnosti zadovoljavanja trenutnih i budućih potreba krajnjih korisnika (odražava njihove vlastite poslovne ciljeve, potrebe i prioritete), kao i

jednostavno razumijevanje pozicije koju trenutno na tržištu zauzima pojedini dobavljač. Tako se može usporediti pojedine dobavljače u izvršavanju zacrtane vizije u budućnosti, što je jako važno za donošenje odluke o izboru i nabavi optimalnog rješenja [14, 15].



Internet preglednik

Navigacijska traka

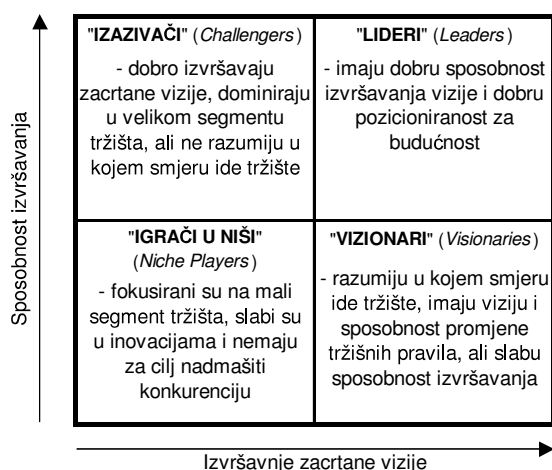
(sadrži: Opće šifranike, Elemente održavanja, Održavanje i Operativu)

Glavna tablica

s popisom elementata građevine za održavanje (s kratkim nazivom/oznakom)

Tablica vezanih dokumenata

Slika 2. Izgled glavne tablice programa ELMAP MMS za održavanje crpne stanice i jedinice za prihvrat septika u Slavonskom Brodu (prema [13])



Slika 3. Gartnerov “magični kvadrat” s karakteristikama četiri vrste dobavljača CMMS rješenja (prema [14, 15])

Obzirom na navedeno, izvjesno je da se pravilnim korištenjem softverskih rješenja prilagođenih usvojenoj strategiji održavanja mogu postići unaprjeđenja u organizaciji i

upravljanju te tako ostvariti uštede, naročito glede raspoloživosti opreme i racionalizacije zaliha i nabave roba, usluga i radova. Primjena ovakvih računalnih sustava za održavanje u svijetu raste već dugi niz godina, a korist je najizraženija u djelatnostima kod kojih je održavanje ključno za poslovne procese i gdje je raspoloživost tehničkih sustava presudna za odvijanje proizvodnje i pružanje usluga [12].

No, prilikom uvođenja CMMS-a treba voditi računa o preprekama koje se u praksi često javljaju. Istraživanje koje su *Reliabilityweb.com*, *CMMScity.com* i *Maintenance-benchmarking.com* proveli 2003. godine na više od 600 sudionika širom svijeta pokazalo je da čak 57% implementacija CMMS sustava nije ostvarilo očekivani prinos na investicije, a osnovne prepreke uspješnoj implementaciji bile su nedostatak odgovarajuće strategije održavanja, nedostatak jasno određenih ciljeva uvođenja CMMS-a, pogrešan izbor softverskog paketa, izostanak integracije računalnih aplikacija, nekorektnost podataka i nedostatak odgovornosti djelatnika [16].

3. ODRŽAVANJE NOVE ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U OSIJEKU

3.1. ORGANIZACIJA I ZADACI SLUŽBE ODRŽAVANJA JAVNE ZGRADE

Projektanti propisuju održavanje buduće građevine (proizvođači za ugrađenu opremu), izvođači nakon završetka gradnje sastavljaju pisanu izjavu o izvedenim radovima i o uvjetima održavanja građevine, a njihovi vlasnici su zaduženi za održavanje i moraju osigurati uvjete za sigurnu uporabu [17]. Kod javnih zgrada s održavanjem se u pravilu bavi tehnička služba u koordinaciji s upravom. Hrvatski zakoni, pravilnici i norme propisuju niz pregleda i ispitivanja i perioda u kojima se oni moraju poduzimati na javnim zgradama, kao što je zgrada Građevinskog fakulteta u Osijeku (ispitivanje gromobranske instalacije, pregled i ispitivanje zaštite od električnog udara, ispitivanje izolacijskog otpora električne instalacije, ispitivanje neprekinutosti vodiča, ispitivanje panik rasvjete, ispitivanje proptupožarnog tipkala za daljinsko isključivanje glavne sklopke, pregled i ispitivanje funkcionalnosti stabilnog sustava za gašenje požara, ispitivanje vatrogasnih aparata, ispitivanje toplinske podstanice, pregled klimatizacijskih uređaja, ispitivanje telefonske instalacije, ispitivanje strojeva - uređaja s povećanim opasnostima i drugo, ovisno o zgradi i njenoj opremi) [18].

Nova zgrada Građevinskog fakulteta (slika 4) u kampusu Sveučilišta J. J. Strossmayera ima neto površinu 9.659 m² (uz učionice, kabinete, komunikacijske prostore i garsonjere ima i laboratorije u kojima su strojevi). Zgrada je u uporabi manje od godinu dana (od lipnja 2016 godine), pa zamjena njezinih materijala i elemenata zbog istrošenosti, odnosno isteka njihovog uporabnog vijeka nije još aktualna, ali se obavljaju radovi popravaka koji spadaju u obveze izvođača zbog dvogodišnjeg ugovornog jamstva za otklanjanje nedostataka.



Slika 4. Zgrada Građevinskog fakulteta u sveučilišnom kampusu u Osijeku

Za aktivnosti redovitog održavanja zaduženi su djelatnici kojima je to u opisu radnog mjesta (voditelj odjela tehničkih poslova, domar, djelatnici u IT odjelu, spremačice, djelatnik zadužen za obavljanje poslova i unaprjeđenje

stanja zaštite od požara i drugi), a za propisane periodične preglede elemenata zgrade i neke specijalizirane poslove (npr. održavanje dizala i održavanje specijaliziranih komponenti IT sustava u dijelu zgrade) zaduženi su vanjski suradnici (ugovoren je *outsourcing*) koji imaju za to odgovarajuće stručno-tehničke sposobnosti. Vrlo je bitna i suradnja svih djelatnika koji sudjeluju u aktivnostima održavanja zgrade s ostalim djelatnicima u zgradi, a poglavito s upravom.

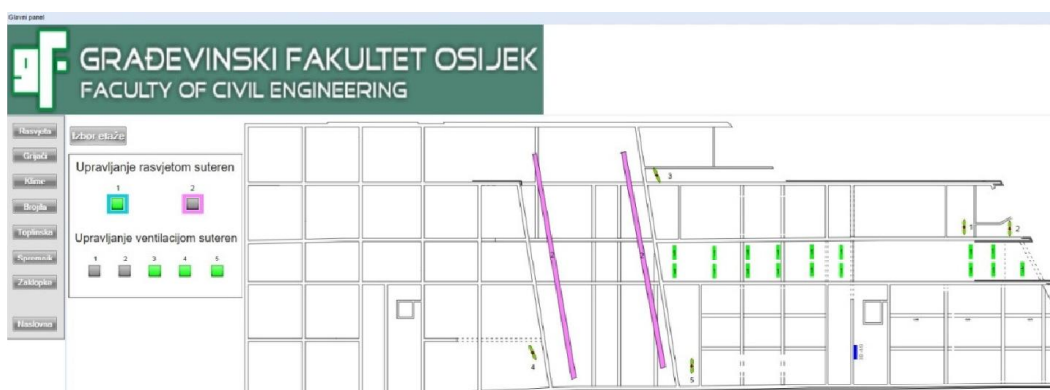
3.2. KORIŠTENJE CENTRALNOG NADZORNO- UPRAVLJAČKOG SUSTAVA

Djelatnici zaduženi za poslove održavanja sustava zgrade Građevinskog fakulteta u Osijeku redovito provjeravaju i nadziru stanje u zgradi pomoću Centralnog nadzorno-upravljačkog sustava (CNUS) koji je preuzet zajedno s novom zgradom. CNUS osim nadzora samih podsustava služi i u svrhu signalizacije i označavanja njihovih neispravnih komponenti. Senzori, zaklopke, brojila i spremnici, povezani su sa samim nadzornim računalom i grafički, odnosno brojčano pokazuju stanje u realnom vremenu. Ako nadležne osobe dobiju dojavu od drugih djelatnika o nepravilnostima ili na računalnoj aplikaciji primjete kvar, odnosno određene anomalije dužni su reagirati u skladu s tim, te tako omogućiti da zgrada može biti neprekidno u uporabi sa svim svojim funkcijama, uz što manje kvarova i ometanja korisnika. Uz to, potrebno je voditi i dokumentaciju o radu i nadzoru tehničkog sustava zgrade s uočenim nepravilnostima, načinu otklanjanja i vremenskim periodima redovnih održavanja sustava (mjesečno, polugodišnje, godišnje itd.) sa svrhom stvaranja baze podataka i njegovog održavanja.

CNUS obuhvaća svih šest etaža zgrade (podrum, suteran, prizemlje i tri kata) i ravni krov. Podsustavi CNUS-a se dijele na:

- "Rasvjetu" (s ventilacijom sanitarija),
- "Grijače",
- "Brojila" (električne energije),
- "Klima komore",
- "Toplinsku stanicu",
- "Zaklopke" (za regulaciju protoka ventiliranog zraka).

Nakon ulaska u podsustav "Rasvjeta" korisnik, tj. nadzornik bira etažu za koju želi provjeriti stanje, te izvršiti korekcije ili upravljanje podsustavima. Na slici 5 prikazan je suteran fakultetske zgrade, s mogućnošću paljenja rasvjete (oznake sa brojem 1), te ventilacije (oznake 1-5 sa slikama ventilatora).

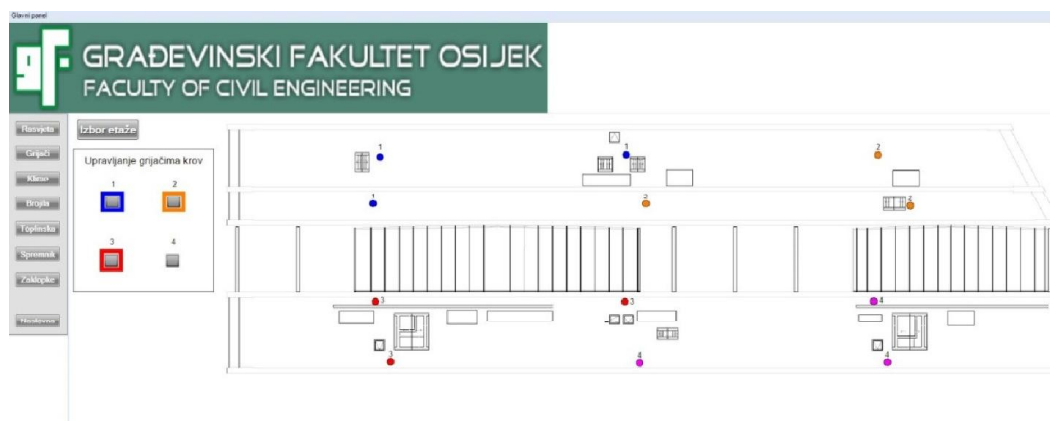


Slika 5. Prikaz iz CNUS-a za instalacije rasvjete i ventilaciju u suterenu zgrade

U slučaju da rasvjeta ne radi na određenim pozicijama, sustav crvenom bojom prikazuje ta mjesta. Isto tako, animacija ventilatora pokazuje njihovo stanje, točnije, da li su u pogonu ili ne. Upravljanje rasvjetom i ventilacijom obavlja se putem menija s lijeve strane slike.

Sekcija "Grijači" u CNUS aplikaciji (slika 6) je namijenjena krovnim grijačima koji po zamisli

projektanata služi za otapanje leda na kritičnim mjestima. Pošto bi led svojim nastankom i djelovanjem mogao dovesti do oštećenja i kvarova, djelatnici zaposleni u sustavu održavanja trebaju obratiti pozornost na to, pogotovo u zimskim mjesecima kada je pojava leda bitno prisutna, te reagirati i paliti grijače po potrebi. Poželjno je i praćenje vremenske prognoze za dan unaprijed kako bi se spriječilo zaleđivanje preko noći ili tijekom vikenda kada je smanjen nadzor zgrade.



Slika 6. Prikaz aplikacije CNUS-a za krovne grijače

Podsustav "Brojila" omogućuje uvid u trenutno stanje potrošnje električne energije što može ukazivati na eventualne probleme u radu.

Podsustavima "Klima komore" i "Toplinska stanica" uključuje se i isključuje sustav klima komora i radijatorskog grijanja i podnog grijanja (u prizemlje zgrade). Prvi podsustav omogućuje nadzor klima komora te uočavanje nepravilnosti u radu, odnosno neispravnosti pojedinih komponenti sustava. To pravovremeno upućuje na potrebu preventivnog reagiranja i servisiranja. Podsustavom CNUS-a "Toplinska stanica" (slika 7) provjeravaju se temperature radijatorskog grijanja, tlak u polaznom razdjelniku kao i sama protočnost ventila. Ukoliko protočnost pada, treba provjeriti sustave zbog pojava mehaničkih nečistoća, kamenca i slično.



Slika 7. Podsustav CNUS-a za grijanje fakultetske zgrade

Nadzorom volumnih zaklopki za regulaciju protoka ventiliranog zraka u cijeloj zgradi vidi se njihovo stanje, te ispravnost ili neispravnost, koja direktno utječe na protok i kvalitetu zraka.

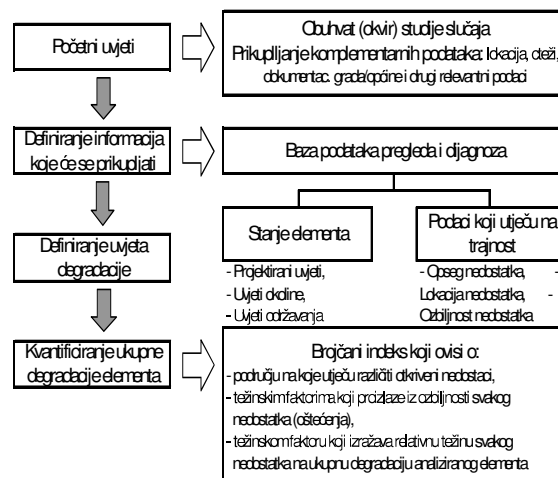
3.3. MOGUĆNOSTI UNAPRJEĐENJA SUSTAVA ODRŽAVANJA

Preseljenjem Građevinskog fakulteta u novu zgradu koja ima suvremenije tehničke karakteristike (ugrađeni materijali i oprema) u odnosu na dvije prethodno korištene zgrade (starosti veće od 55 i 35 godina i neto površina 2.300 m² i 1.640 m²) povećane su i promijenjene potrebe za održavanjem, a u tehničkom odjelu je zaposlena samo jedna nova osoba. Obzirom na oko 3 puta veću površinu nove zgrade povećane potrebe za održavanjem moguće je zadovoljiti angažiranjem većeg broja osoba zaduženih za poslove održavanja i/ili povećanjem efikasnosti održavanja koje se može postići i informatizacijom procesa. Iz toga proizlazi i potreba za dodatnim obrazovanjem i obučavanjem djelatnika za poslove održavanja. Njihovo cjeloživotno obrazovanje biti će potrebno i zbog neupitnog razvoja tehnologija (poglavito IT) za vrijeme predviđenog uporabnog vijeka zgrade i zbog mogućnosti daljnjeg unaprjeđivanja sustava održavanja.

Za održavanje bi bila korisna uporaba nekog CMMS rješenja, s tim da se nabavi pristupi tek nakon razmatranja vlastitih specifičnih zahtjeva, definiranja kriterija izbora i istraživanja ponude na tržištu. Za fakultetsku zgradu s opremom nije potreban CMMS kao za proizvodni pogon i dislocirane objekte održavanja, ali svakako bi trebalo da ima mogućnost praćenja i bilježenja kvarova i njihovih popravaka, kao i poduzetih aktivnosti preventivnog održavanja (uključujući preglede). Također, bilo bi poželjno da taj računarni sustav promptno, u realnom vremenu putem mobilnih uređaja izvešćuje nadležne djelatnike o problemima u zgradi, jer u njoj ne postoji 24 satna nadzorna služba.

U narednom vremenu, sa starenjem zgrade biti će sve više potrebe za popravcima, a s tim onda i za višekriterijskim odlučivanjem o prioritetu obavljanja aktivnosti održavanja, jer raspoloživi resursi za to su uvijek ograničeni. Da bi donošenje odluka bilo što racionalnije preporuča se usvajanje sustava za potporu odlučivanju (u formi računalnog programa) s definiranjem aktivnosti i kriterija (od sigurnosti za korisnike koja je primarna, do utjecaja na troškove, estetskog dojma i drugo), kako npr. predlažu autori u radu [3]. Primjenjivu metodologiju analize stanja pojedinih elemenata zgrade (npr. fasade, krova, podova,

vodovodnih instalacija, kanalizacije itd.) pokazuje slika 8.



Slika 8. Metodologija koja se može koristiti u sustavnoj analizi stanja degradacije elemenata zgrade (prema [19])

Obvezno treba imati na umu da uvođenje CMMS-a i novih postupaka održavanja iziskuje odgovarajuću pripremu i dovoljnu ustrajnost u integraciji u organizacijsku strukturu.

4. ZAKLJUČAK

Često su glavni problemi koji utječu na djelotvornost inicijativa za unaprjeđenje održavanja slabo bilježenje ponašanja i primjera održavanja, kao i slabo izvješćivanje o tome, slabo upravljanje rezervnim dijelovima i nedjelotvorno provođenje unaprjeđenja održavanja. To se može pripisati neodgovarajućem korištenju računalnih sustava i minimalnoj ulozi IT-a za razvrstavanje problema u svezi održavanja [8]. Primjena CMMS-a, poboljšanjem prijenosa informacija i stvaranjem odgovarajuće baze podataka, može značajno doprinijeti unaprjeđenju organizacijskih performansi i sposobnosti odlučivanja u svezi održavanja. Zato se za postizanje značajnih unaprjeđenja održavanja preporuča primjena djelotvornog računalnog sustava za upravljanje održavanjem, a baze podataka o održavanju trebalo bi voditi za cijelo Sveučilište (ili barem za nove zgrade u Kampusu kao slične primjere).

Ulaganje u održavanje je investicija u budućnost tvrtke, tehničkog sustava ili građevine. Već je sada potrebno razmišljati o unaprjeđenju sustava održavanja nove fakultetske zgrade

(kako bi se što više očuvala vrijednost investicije koja je bila veća od 117 milijuna kuna) u čemu će IT nesumnjivo imati veliku ulogu.

Svaki građevinski projekt, zajedno sa svojom okolinom, je jedinstven i ne postoji jedna strategija održavanja niti jedan infomacijski sustav koji bi bili optimalni za svaku građevinu. Da bi odlučivanje o njihovom izboru bilo racionalno potrebno je prethodno razmotriti sve troškove (cjeloživotne) i mogućnosti koje dugoročno zadovoljavaju potrebe sustava zgrade sa svim njenim predviđenim funkcijama.

Organizaciju provedbe održavanja treba dobro isplanirati i u odnosu na to pratiti ostvarene rezultate i efekte koje daje primjenjena IT, te po potrebi ažurirati plan i organizaciju, kao i mijenjati primijenjeni računalni sustav i drugu IT opremu.

LITERATURA:

- [1] CEN EN 13306, "Criteria for design, management and control of maintenance services for buildings", 2010.
- [2] J. Knezevic, "Increasing Profitability and Reliability through Failure Management", Održavanje i eksploatacija, Br. 4, 2016, str. 5-39.
- [3] A. Cerić, M. Katavić, "Upravljanje održavanjem zgrada", Građevinar, Vol. 53, No. 2, 2000, str. 83-89.
- [4] H. Krstić, S. Marenjak, "Analiza troškova održavanja i uporabe građevina", Građevinar, Vol. 64, No. 4, 2012, str. 293-303.
- [5] J. C. Schemerhorn, "Management", 9th Ed., John Wiley New York, 2007.
- [6] T. Wireman, "Benchmarking Best Practices in Maintenance Management", 2nd Ed., Industrial Press Inc. New York, 2010.
- [7] S. Marenjak, M.A. El-Haram, R.M.W. Horner, "Procjena ukupnih troškova u visokogradnji", Građevinar, Vol. 54, No. 7, 2004, str. 393-401.
- [8] P.S. Ahuja, "Total Productive Maintenance", Handbook of Maintenance Management and Engineering, str. 417-458, Springer-Verlag London, 2009.
- [9] D. Vidaković, H. Glavaš, K. Pavelić, "Mogućnosti primjene suvremenih strategija održavanja za složene tehničke sustave", Zbornik radova 7nd International Natural Gas, Heat and Water Conference, Osijek, Hrvatska, 28-30. rujna 2016, str. 243-253.
- [10] D. Vidaković, "Koncepti održavanja tehničkih sustava temeljeni na analizi rizika od otkaza", Zbornik radova 25th International Scientific Meeting Organisation and Technology of Maintenance, Osijek, Hrvatska, 22. travnja 2016, str. 111-122.
- [11] N.F. Azahar, A.O. Mydin, "Potential of Computerized Maintenance Management System in Facilities Management", Analele Universitet Eftime Murgu, Resita, Vol. 21, No. 1, 2014, str. 51-59.
- [12] K. Brckan, T. Ivanček, "Upravljanje održavanjem uz podršku suvremenog *Asset Management* informacijskog sustava", Održavanje i eksploatacija, Br. 1, 2016, str. 11-13.
- [13] L. Fahrenwald, "Univerzalni alat za sustavno upravljanje radnim osobljem i poslovima održavanja – *ELMAP Maintenance Management System*", Materijali s izlaganja na seminaru Računarski sistemi za potporu procesima održavanja- CMMS, Zenica, BiH, 8. travnja 2014. http://www.elmap.hr/images/download/6_103_eMMS_prezentacija.pdf (pristup: 2016)
- [14] D. Lisjak, K. Brckan, "Problematika odabira CMMS sustava", Zbornik radova 3. Konferencija Održavanje 8. travnja, Zenica, BiH, 11-13. lipnja 2014, str. 249-256.
- [15] Gartner Inc, Gartner Magic Quadrant, http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/research_mq.jsp (pristup: 2017)
- [16] T. O'Hanlon, Computerized Maintenance Management and Enterprise Asset Management – Best Practices, CMRP, Reliabilityweb.com, 2005, http://www.maintenance.org/fileSendAction/fcType/0/fcOid/399590942962615745/filePointer/399590942964782479/fodoid/399590942964782477/cmms_best_practices.pdf (pristup: 2017)
- [17] "Zakon o gradnji", Narodne novine, Br. 153, 2013 i Br. 20, 2017.
- [18] B. Bognar, D. Vidaković, P. Završki, "Planiranje održavanja javnih zgrada", Zbornik radova 17. Znanstveno-stručnog skupa, Organizacija i tehnologija održavanja, Osijek, Hrvatska, 9. svibnja 2008, str. 107-118.
- [19] A. Silva, J. de Brito, P. L. Gaspar, "Methodologies for Service Life Prediction of Buildings - With a Focus on Façade Claddings", Springer International Publishing Switzerland, 2016.