

OPTIMIZACIJA U ODRŽAVANJU I OBNOVI OBJEKATA
OPTIMIZATION IN FACILITIES MAINTENANCE AND
RENOVATION

Dr. Daniela Dvornik Perhavec, univ. dipl. inž. grad.
Univerzitet u Mariboru, Fakultet za građevinarstvo, saobraćajno inženirstvo i
arhitekturu
Smetanova 17, 2000 Maribor

Goran Perhavec, univ. dipl. inž. grad.
Srednja građevinska škola i gimnazija Maribor
Smetanova 35, 2000 Maribor

REZIME

Republika Slovenija je po završetku 2016. godine imala 1.172.093 registrovanih objekata. Od ukupnog broja objekata, 20% (234.418) je izgrađeno između 1846. i 1949. godine, dok je 41% (480.558) izgrađeno prije 1969. godine. Danas se većina ovih objekata, raznovrsnih u stilu, veličini, spratnosti i materijalizaciji, održava na lokalnom nivou uz pomoć lokalnih organa samouprave i u skladu sa evropskim smjernicama za održavanje i obnovu. U radu će se prikazati model po kom je moguće uz pomoć informacionih tehnologija ustanoviti zajedničke karakteristike objekata, te na osnovu toga optimizovati proces održavanja i obnove postojećih objekata.

Ključne riječi: održavanje objekata, obnova objekata, informacione tehnologije

ABSTRACT

By the end of 2016, the Republic of Slovenia had 1,172,093 registered facilities. Of the total number of facilities, 20% (234,418) were built between 1846 and 1949, while 41% (480,558) were built before 1969. Today, most of these buildings, diverse in style, size, floor space and materialization, are maintained at the local level with the help of local self-governing bodies and in line with European guidelines for maintenance and renovation. The paper will show the model according to which is possible to establish common characteristics of objects with the help of information technologies, and based on this, optimize the process of maintenance and renovation of existing facilities.

Key words: facilities maintenance, facilities renovation, information technology

1. UVOD

Principi izgradnje poznati su od davnina. Pre mnogo godina su različite civilizacije gradile gradove, dvorce, utvrđenja, egipatske piramide i drugo. U početku nije bilo pisanih pravila o tome kako je ili se objekat izgrađuje, već se radilo na osnovu iskustva. U doba Rimljana osnovni principi izgradnje se sakupljaju i daju Cezaru kao smjernica za održavanje [1]. Pravila izgradnje u propisnoj formi su takođe nastali u dobi Austrougarskog carstva. Do 1782. godine, na današnjoj teritoriji Slovenije, ne postoje posebni propisi o izgradnji građevinskih objekata. U 1783 godini počeli su sa centralizacijom građevinskog područja, koja je obuhvaćala stambene zgrade, javne zgrade, škole, puteve, mostove, zidove, hidroelektrane, luke i sakralne objekte [2]. Metode i formulari za građenje pojedinačnog tipa zgrada određeni su u propisima - carskim dekretima. Godine 1786. prihvaćen je "Ingenious - Direktiva", kojom su utvrđeni standardi za pripremu planova izgradnje - "Normalpläne", koji uključuju standardne dizajne za pojedine vrste objekata [3]. Prvi priručnik, gdje su prikupljeni svi propisi za izgrađeni objekat nazvan je "Der practische Baubeamte", kojega je objavio u Beču, godine 1800 Matthew Fortunat Koller. Propisi uključuju cijene i troškove rada [3]. Jozef Maria Schemerl, značajan dizajner puteva je godine 1807 objavio je nekoliko vodiča za izgradnju puteva i inženjerskih objekata [3].

Prvi posebni propisi za izgradnju novih zgrada i rekonstrukcija, koji se primjenjivao na celoj teritoriji Štajerske (osim glavnog grada Graza) nazvan je "Graditeljstvo za teritoriju Štajerske" i usvojen je 1857. godine [4]. 1866. godine dopunjeni su pravilima izgradnje industrijskih objekata [5]. Ovaj propis je ostao na snazi još posle završetka I. svetskog rata i nije se promijenio do 1931. godine kada se primjenjuje "Zakon o građevinarstvu" [6]. Nakon toga 1933. godine na snazu stupaju "Opšta uputstva za donošenje propisa o sprovođenju kontrolnog plana i propisa o izgradnji" [7]. Nakon završetka II. Svetkog rata godine 1947 primljena je "Uredba o privremenim normama i privremenim tehničkim propisa u građevinarstvu" [8], koja važi za celu teritoriju SFRJ.

Tako u Sloveniji još danas imamo posla sa objektima, u kojima su pronađeni tragovi izgradnje različitih doba kao rimske zidine u Ljubljani, objekte koji su nastali zbog obrane pred Turcima, gradove, koji so nastali za vreme Aostrougarske, i zgrade koje smo gradili za vreme Jugoslavije i samostalne Slovenije.

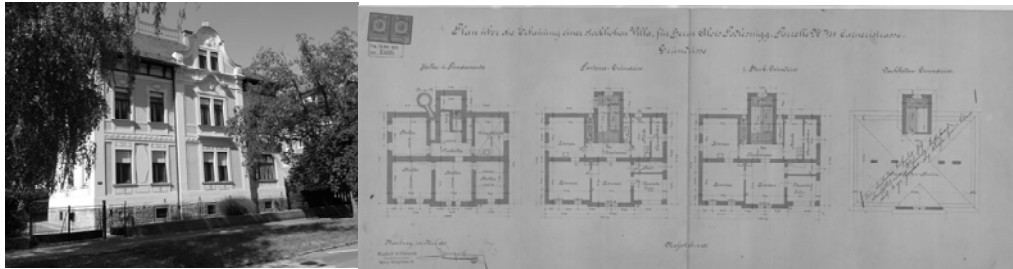
2. RAZLIČITE STAMBENE ZGRADE JEDNAKIH ZAKONITOSTI

Istorijske zgrade sadrže mnoštvo informacija, znanja, umjetnosti i zanata. Za vreme rekonstrukcije mnogo puta se otkriva i što se i ne očekuje i tako projekat troši više novaca i vremena. Obično nemamo na raspolaganju dovoljno vremena i novca za istraživanja. Faza istrage obično traje oko 9-12 mjeseci kako bi se dovršila dijagnostika zgrade [9]. Zato u projektima rekonstrukcija dolazi do mnogih neslaganja [10, 11]. Takodje se u Sloveniji novac koji je dostupan iz EU fondova, ne koristi dovoljno [12]. Iz statističkih podataka [13] Maribor ima 4508 zgrada koje su izgrađene prije 1918. godine, ali i mnogo manje projekata koji se nalaze u arhivi. Podaci se mogu prikupljati na različite načine, iz arhiva, iz javno i drugih dostupnih registara, katastra itd. A mnogo podataka nedostaje, nema digitalnih zapisa, nema svih projekata itd. A istovremeno, ti podaci nisu spremni za korištenje u druge svrhe, za dobivanje znanja i za upravljanje sa znanjem, i ne mogu se koristiti u sistemskom tretmanu projekata rekonstrukcije ili za održavanja zgrada [14].

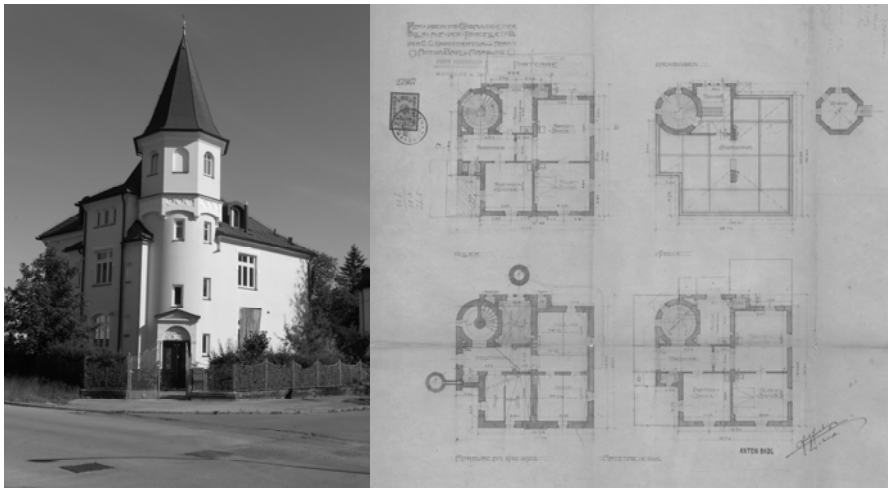
Šta imaju zajedno objekti na slici 2 i 4? Slika 1 prikazuje duljinu između dva objekta u Mariboru na adresi Aškerčeva 9 i Kajuhove ul. br. 12. Fotografije i tlocrti tih objekata su prikazani na slici 2 i 3 i slici 4 i 5.



Slika 1. Duljina između Aškerčeva 9 i Kajuhove ul. br. 12 u Mariboru (vir: Google map)



Slike 2 i 3. Fotografija postojeće zgrade (autor fotografije: Daniela Dvornik Perhavec) i tlocrta za istu zgradu Aškerčeva 9 iz godine 1910 (vir: Pokrajinski Arhiv Maribor SI_PAM_0011-001-0006-003a.jpg).



Slike 4-5. fotografija postojeće zgrade (autor fotografije: Daniela Dvornik Perhavec) i tlocrta za istu zgradu Kajuhova 12 iz godine 1902 (vir: Pokrajinski Arhiv Maribor SI_PAM_0011-026-0014-005.jpg).

Da bi otkrili tu zagonetku, smo se zakopali u Regionalni Arhiv i počeli sa istraživanjem. U istraživanju je bilo pretraženih nekoliko desetak projekata. Istraživanje na početku nije dalo rezultata o zajedničkim karakteristikama tih objekata. Odlučili smo se, da pretražimo propise, zatim potrebne informacije pretvorimo u neku bazu i pronađene zakonitosti usporedimo sa podatcima iz projekata iz arhiva.

Počeli smo sa kućama izgrađenima oko 1900 godine sa jednim spratom i podrumom. Pregledali smo više od 50 starih projekata. Ograničali smo se na pravila koja definišu

strukturu zgrade i materijale, kao što su vrsta i debljina nosačkog zida, raspon dužine između nosačkog zida, broj sprata i material. Fraze poput "Opeka koja se koristi za zidanje malterom mora biti 290 mm dužine, 140 mm širine i 80 mm visine" ili "debljina nosačkog zida na višem spratu sa dužinom raspona <6,3, m mora biti 45 cm" pretvorili smo u tabelu odnosno u bazu podataka.

Na taj način smo pokušavali naći logiku i znanje za više uzorka građenja prije 100 i više godina. Bazu smo napravili u Access 2007 i koristili Microsoft SQL (Structured Query Language) i QBE (Query by Example) za obavljanje upita po različitim kriterijumima. Dobijene rezultate smo uporedili sa bazom podataka iz stvarnih građevinskih projekata koji se održavaju u Regionalnom arhivu u Mariboru.

Kako bi pristupili modeliranju i upotrebi algoritma umjetne inteligencije, smo morali sakupiti što više podataka i izgraditi podatkovne baze. Za stambene kuće K+P+1 napravili smo dvije baze RLDB (Ruls and Legislations database) i BDB (Buildings database). Zatim smo napravili modeliranje sa algoritmima umjetne inteligencije. Nad rezultatima smo bili jednostavno oduševljeni [15]. Počeli smo sa nadaljnjim istraživanjem in napravili još neke druge primjere, koje prikazujemo u tački 3. Rezultati istražnje bili su sledeći:

- kategorizirano iste zgrade imaju na ograničnom teritoriju i ograničnom vremenu izgradnje iste karakteristike,
- iste karakteristike se pokazuju u materialu, debljini zidova, konstrukcijskim elementima i slično,
- ako imaju zgrade iste karakteristike to znači, da možemo prenositi podatke i znanje na one za koje nemamo podataka i informacija o njima,
- procese sanacije i održavanja možemo optimizirati,
- rezultate možemo prenositi na sve ostale zgrade unutar države koja je za vreme izgradnje postojala.

3. ANALIZA ENERGETSKE POTROŠNJE VEZANE NA KARAKTERISTIKE OBJEKATA

3.1. Projekt E-NIZ

Između 2013 i 2015 godinu smo u okviru razvojno-istraživačkog projekta »E-nepremična inženjerijska zakladnica« - sklop tehničkog fakulteta Univerziteta u Mariboru (broj ugovora 1 / 2013-2016-DDP) za ciljno određene objekte obavili istraživački i razvojni dio. Cilj je bio povezivanje karakterističnih podataka zgrada i podataka o potrošnji toplotne energije uz upotrebu metoda umjetne inteligencije. Sklop Tehničkih fakulteta Univerziteta u Mariboru obuhvata 11 međusobno povezanih građevinskih objekata (od A do G2), izgrađenih u periodu 1964-2006.

Projekat je bio postavljen sa namjenom razvijanja modela kojim bi opisali dosegljive karakteristike postojećih objekata i istovremeno pokušali uspostaviti korelaciju između karakteristika objekta i trošnje toplotne energije [16].

Za vrijeme trajanja projekta, naljeteli smo na sledeće prepreke:

- neobstojanje relevantnih (inženjersko korisnih) baza podataka,
- neustrežno arhivirani projekti iz kojih bi mogli dobiti podatke o zgradama,
- potrošnja toplotne energije po pojedinačnim sklopovima objekata i ne posebno za pojedine objekte.

Za izradu baze podataka bilo je potrebno pronaći građevinske projekte postojećih objekata,

što je predstavljalo više prepreka kao što smo mogli očekivati prije početka istraživanja. U prvoj fazi smo opisali karakteristike objekata J1 i J2. Kasnije smo dodali osnovne karakteristike i za ostale objekte. Na slici 6 prikazane su zgrade J1 i B, fotografija je snimljena sa Smetanove ulice.



Slika 6. Pogled na objekat J1 (lijevo) i objekat B (desno) (autor fotografije: Daniela Dvornik Perhavec)

Podatke smo rasporedili u tabele, gdje smo uzeli u obzir arhitektonski dizajn i tipologiju Tabula [17] i podatke o vanjskom omotu zgrade. Podatke o potrošnji toplotne energije objekata na području Tehničkih fakulteta dobili smo od dobavljača ELTEC Petrol d.o.o. Podatki se prikupljaju po pojedinim toplotnim podsistemima tabularno i grafički, sa indikacijom objekata za potrošnju toplotne energije pojedinih toplotnih podstanica (TOP 809, TOP 808 i TOP 807).

3.2. Projekat Energijska sanacija sportske dvorane Srednje građevinarske škole i gimnazije Maribor

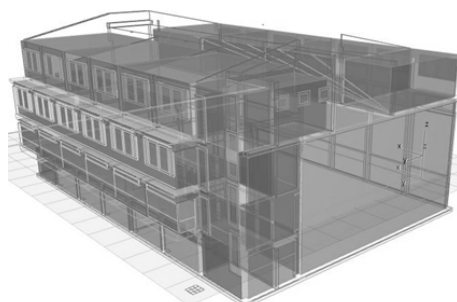
U sklopu projekta Mladi za napredak Maribora dva člana uz pomoć mentora izradili su istraživački rad sa nazivom „Energetska sanacija telovadnice Srednje građevinske škole in gimnazije Maribor“ [18]. Na slici 7 prikazana je sportska dvorana Građevinske škole i gimnazije u Mariboru, koja je izgrađena 1980 godine.



Slika 7. Slika sportske dvorane Građevinske škole i gimnazije Maribor (avtor foto: Goran Perhavec)

Cilj istraživanja bila je analiza energetske efikasnosti sportske dvorane Srednje građevinske škole i gimnazije Maribor. Energetska sanacija trenutno je u procesu. Dosad su sanirane dvije fasade dvorane. Pomoću postojećeg projekta za izgradnju objekta (PGD / PZI) su najprije izradili arhitektonski i energetske 3D model sportske dvorane. Koristili su računarski program ArchiCAD, koji je bio osnova za analitičko istraživanje. Napravili su termovizijsko snimanje i analizu postojećeg stanja. Izračun građevinske fizike je bio urađen sa ugrađenim programom Ecodesigner. Na slici 8 prikazan je energetske model dvorane sa podjelom na pojedine zone sa

različitim režimima grijanja i vremenom korišćenja prostorija.



Slika 8. Energetski model sportske hale (autor: Goran Perhavec)

Na kraju su izradili izračun buduće potrošnje toplotne energije i ušednju toplotne energije za pojedinačne mjere koje su predložili za dovršetak energetske sanacije i dostizanje energetske efikasnosti zgrade u skladu sa propisima.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Klasifikacija parametra u modelima, koje smo nabrojali je bila izvršena sa različitim softverskim alatima. Jednostavna grupiranja mogu se obaviti pomoću tabelarnih programa kao Excel i obaviti analizu sa pomoću Excel pivot tabela. Prednost Excel pivot table leži u analizi brzine i pristupačnosti, s druge strane, specijalizirani alati su mnogo složeniji, ali dozvoljavaju skalabilnost, zajedničko i istovremeno grupiranje, ciklične regeneracije i slično [19]. Osim toga prednost Excel pivot table je intuitivnost i velika fleksibilnost analitičke obrade korisničkih podataka [20]. Excel pivot table inače ne uključuju alate za data mining. Napredan i složen softverski alat za data mining je WEKA (akronim za: Waikato Environment for Knowledge Analysis), koji je dizajniran i razvijen na University of Waikato u Novi Zelandiji. WEKA je napisan u programskom jeziku Java i predstavlja skup alata i algoritama, s kojima analiziramo podatke i prognoze modela. Dizajniran je tako da omogućava brzo i fleksibilno testiranje na novim skupovima podataka i pruža potpunu podršku procesu rukovanja podacima, uključujući pripremu podataka i vizualizaciju. Svi WEKA algoritmi čitaju ulazne podatke u istom formatu, u tipu datoteke ARFF (atribut - odnos File Format).

Softver WEKA sadrži sve algoritme učenja i standardne metode data mining, kao što su klasifikacija, regresija, grupisanje podataka, pravila asocijativne i izbor atributa. Koristili smo verziju 3.6.13.

Iz modela Stambene zgrade izgrađene između 1857. i 1933 možemo nakon klasifikacije na osnovu veličine građevinskog materijala odrediti razdoblje u kojem je izgrađena zgrada i sumirati podatke na osnovi atributa sa kojima su opisivani primjerki.

Iz modela projekata E-NIZ su rezultati pokazivali, da tip fasade i volumen zgrade najviše utičuju na potrošnju energije. Naravno, pouzdanost rezultata je u skladu sa bazom podataka. Sveobuhvatnija baza podataka dati će tačnije rezultate. Rezultat nas je pomalo iznenadio, jer ima zgrada velike prozore na sjeverni i južni strani objekata. Nakon sanacije prozora uvijerili smo se, da je rezultat bio tačan i sama sanacija prozora nije bistveno uticala na potrošnju energije.

Iz modela Energijske sanacije sportske dvorane Srednje građevinarske škole, klasifikacija nije bila napravljena jer u bazi društvenih objekata nemamo ni jedne ovakve hale. U okviru energetske sanacije javnih zgrada (vrtiči) u Republici Sloveniji u periodu 2011-2015, na više

od 50 javnih zgrada uspostavljen je energetska monitoring [21]. Shema sistema je trinivojska: fizički nivo (senzori, mjerači), skupljanje tih podataka i prenos podataka na upravni nivo (obrada i prikaz podataka). Korišćenjem rudarenja podataka prema podacima o potrošnji energije i unutrašnjim temperaturama, stečeni su novi uvidi o mogućnostima uštede energije uz poboljšano upravljanje energijom.

5. ZAKLJUČAK

U javnosti poznate su baze podataka od banaka ili trgovačkih centara i drugih pružalaca usluga (kao što su transakcije baze podataka, baza podataka o potrošačkim navikama, baza podataka turističkih paketa). Za sada, građevinska baza podataka u digitalnom obliku, koja bi bila korisna za inženjersku namjeru, je u izgradnji i u budućnosti bi trebala biti neiscrpni (beskrajni) izvor historijskog znanja.

Cilj izgradnje baze podataka jeste jednostavniji i brži način za sticanje znanja o objektu bez dugotrajnog studija literature, građevinske dokumentacije i drugih istraživanja. Mnogo puta dešava se, da su crteži i dozvole za izgradnju, kroz dugačku historijsku eru bili izgubljeni.

Informacione tehnologije omogućavaju brži i bolji pristup informacijama nego u prošlosti a u isto vrijeme se na brzi način tako prikupi neophodno znanje. Za konačni uspjeh trebamo drugačiji pristup rekonstrukciji, sanaciji i održavanju i na taj način koristiti metodologije koje omogućavaju korištenje informacione tehnologije i sistema za upravljanje znanjem [22].

Teorija sistema je od uvek trebala da bude integralni alat za sve nauke, sa ciljem dijaloga između naučnih disciplina. Međutim, projekat energetske sanacije je samo jedna od mogućnosti da kombiniramo široku područje raznih naučnih disciplina [23]. Organizovanjem i dodavanjem podataka mogli bismo uključiti naučne, tehničke i društvene komponente u projektu i za potrebe različitih projekata izvlačiti to što je nužno za strateško donošenje odluka.

6. REFERENCE

- [1] Vitruvius P. M., Ten books of Architecture, Zagreb, Golden marketing: Institut of Civil Engineering Croatia, 1999.
- [2] Pokrajinski arhiv Maribor: Načrti okrožnih inženirjev in mestnih zidarских mojstrov na slovenskem štajerskem (1786 -1849); Zgodovinski arhiv Celje, 2008.
- [3], Cizelj-Zajc, I. Gradbeni red za Štajersko. glasilo Arhivskega društva in arhivov Slovenije, 1991.
- [4] Deželno vladni list: Stavbni red za Štajersko (Building order for the territory of Styria), Graz, 1857.
- [5] Cizelj Zajc I., Baue der Industrieobjekte (On line), <http://www.sistory.si/publikacije/prenos/?urn=SISTORY:ID:8948#page=57> 1866 (accessed Jan. 28, 2014).
- [6] Službeni list Kraljevine banske uprave dravske banovine. Gradbeni zakon, Volume II. Nmb. 47, Ljubljana, 1931.
- [7] Službeni list Kraljevine banske uprave Dravske banovine. Splošna navodila za izdelavo uredbe o izvajanju regulacijskega načrta in gradbenega pravilnika. (25.. februar 1933), Ljubljana 1933.
- [8] Službeni list FNRJ. Uredba o privremenim normama i privremenim tehničkim propisima u građevinarstvu. V Službeni list FNRJ (18.april 1947 izd.), Građevinska knjiga, Beograd, 1956.
- [9] Wang H.-J., Chiou C.-W., Juan Y.-K., Decision support model based on case-based reasoning approach for estimating the restoration budget of historical buildings, Expert Systems with Applications, Elsevier, 2007.
- [10] Dvornik Perhavec D., Conservation of cultural heritage – disorders, deficiencies and building project. 3th international conference GNP 2010, Civil engineering-Science and Practice, pp. 1245-1250, Žabljak, Faculty of Civil Engineering, University of Montenegro, 2010.
- [11] Harvett, C. M., A study of uncertainty and risk management practice relative to perceived

- project complexity. Bond University to the Institute of Sustainable Development and Architecture, 2013.
- [12] Dvornik Perhavec D., Rebolj D., Effective approach to the reconstruction of historical buildings, Slovenian Society of Civil Engineers, Ljubljana, 2012.
 - [13] Geodetska uprava Republike Slovenije. Register nepremičnin, Ljubljana, 2015.
 - [14] Dvornik Perhavec D., Šuman N., Journal of Civil Engineering and Architecture. Historical Building Renovation as a Construction Project, Volume 7, 2013.
 - [15] Dvornik Perhavec, D., Vidaković, D. Is it time for new approach on historic building preservation or conservation project?. V: Construction pathology, rehabilitation technology and heritage management, 6th REHABEND Congress, Burgos (Spain), May 24th-27th, 2016. Santander: University of Cantabria, Civil Engineering School. 2016.
 - [16] Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo.), E-NIZ. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, 2015.
 - [17] Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., IEE Tabula, številka pogodbe IEE/08/495/SI2.528393, Ljubljana: Narodna Univerzitetna knjižnica. 2009-2012.
 - [18] Hanzelič, A., & Štuhec, A. Energetska prenova telovadnice Srednje gradbene šole in gimnazije Maribor. Maribor, 2018.
 - [19] Puckering, G. Can Excel Oivot Tables be considered as a data mining tool) Dostopno na <https://www.quora.com/Can-Excel-Pivot-Tables-be-considered-as-a-sata-mining-tool>, 2016.
 - [20] Dierenfeld, H. & Merceron, A. Learning Analytics with Excel Pivot Tables. 1st Moodle Research Conference, Heraklon, Crete-Grece, 2012.
 - [21] Praper, P., Integriran monitoring kot orodje za učinkovito in ekonomično energetska upravljanje javnih stavb, magistrska naloga, Maribor: Univerza v Mariboru. 2016.
 - [22] Dvornik Perhavec D., Rebolj D., Šuman N., Journal of cultural heritage. Systematic approach for sustainable conservation, Elsevier, 2014.
 - [23] Drack M., Apfalter W., Is Paul a Weiss and Ludwig von Bertalanffy's system thinking still valid today? Systems Research and Behavioral Science, Volume:24, Issue: 5, Sept - Okt., 2007.