

TRODIMENZIONALNI ISPIS LOGOTIPA TEHNIČKOG VELEUČILIŠTA U ZAGREBU OD ČOKOLADE

THREE-DIMENSIONAL PRINTING OF THE ZAGREB UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES LOGOTYPE FROM CHOCOLATE

Mihael Janeš¹, Brigitta Cafuta², Danijela Pongrac², Ognjen Mitrović², Darko Miloknoja²

¹Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10000 Zagreb, Hrvatska, Student

²Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10000 Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

Trodimenzionalni ispis razvio se iz želje za brzim kreiranjem vlastitog prototipa u realnom vremenu. Razvojem tehnologije te ljudskom domišljatošću pomiču se granice izrade te se počinju koristiti novi materijali. U radu se objašnjava i prikazuje proces trodimenzionalnog ispisa logotipa Tehničkog veleučilišta u Zagrebu (TVZ) od čokolade kao i kompletan način izrade projekta od njegovih početaka do krajnjih rezultata. Upotrebom čokolade prikazana je nova vrsta materijala za izradu trodimenzionalnog ispisa te njezine karakteristike u izradi određenog prototipa i određene modifikacije na standardnom trodimenzionalnom pisaču.

Ključne riječi: *trodimenzionalni ispis, čokolada, trodimenzionalni pisač*

ABSTRACT

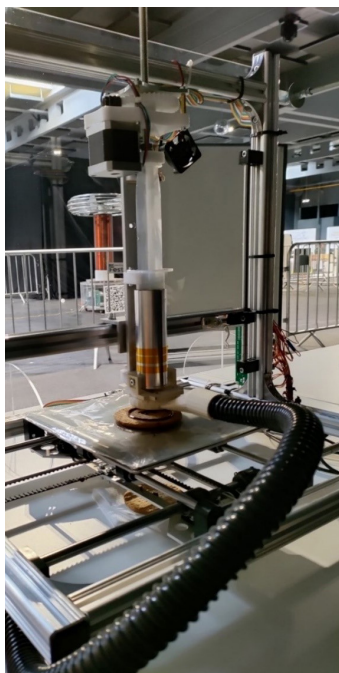
Three-dimensional printing developed from the desire to create one's own prototype quickly and in real time. As technology and human ingenuity evolve, the boundaries of production are pushed and new materials are used. The paper explains and shows the process of three-dimensional printing of the Zagreb University of Applied Sciences (TVZ) logotype from chocolate, as well as the complete method of creating the project from the beginning to the final result. The use of chocolate demonstrates a novel material for the production of three-dimensional prints and its properties in the production of a particular prototype and certain modifications on a standard three-dimensional printer.

Keywords: *three-dimensional printing, chocolate, three-dimensional printer*

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Kako bi ljudi jednostavnije mogli realizirati svoje ideje u stvarnost, pojavila se potreba za kreiranjem trodimenzionalnog (3D) pisača. Navedeno predstavlja dio Industrije 4.0 koja mijenja postojeće koncepte [1,2]. Napretkom tehnologije pojavljuju se kvalitetniji 3D pisači, a time se povećava paleta materijala za izradu prototipa. S obzirom da je čokolada izrazito zahtjevan materijal, željeli smo istražiti mogućnosti njezine primjene u 3D ispisu. Cilj ovog rada je pretvorba klasičnog 3D pisača u modificirani 3D pisač koji će kao materijal za ispis koristiti čokoladu. Pri tome bilo je potrebno uskladiti nove mehaničke komponente s već postojećim postoljem 3D pisača, te pronaći odgovarajuću čokoladu i podesiti parametre 3D ispisa. U narednom dijelu prikazat će se razvoj 3D pisača uz postojeća rješenja 3D ispisa. Nakon toga opisana je izrada modificiranog 3D pisača te njegova daljnja unapređenja i testiranje odgovarajuće smjese čokolade za 3D ispisivanje. Nadalje se razrađuje proces završnog ispisa TVZ logotipa od čokolade, te su predočena negativna i pozitivna iskustva, kao i nova saznanja do kojih se došlo tijekom istraživanja. U zaključku je sažet cijeli proces izrade i iskustvo u radu s modificiranim pisačem. U konačnici su predložena moguća poboljšanja i nadogradnja sustava u smislu proširenja područja primjene i daljnje automatizacije ispisa.



Slika 1: Mehanizam za doziranje čokolade

Figure 1: Dosage mechanism of chocolate

Izvor: Rad autora

2. PRETHODNI RAD

2. RELATED WORK

Široki modeli primjene ugrađenih sustava dovode do razvoja 3D pisača. Ugrađeni sustavi omogućuju koncept brze izrade prototipa s ciljem skraćivanja vremena razvoja [3]. Takvi koncepti sve češće se primjenjuju u kućnoj upotrebi za rješavanje funkcionalnih i ponovljivih problema, gdje je moguće izraditi jednostavno mehaničko, električno i računarsko rješenje [4]. S obzirom da uz napredak ugrađenih sustava uvijek dolazi i potencijalni problem sigurnosti, mrežno poveziv ugrađeni sustav potrebno je pažljivo projektirati [5]. Povijest 3D pisača seže u 80-te godine prošlog stoljeća, čiji je razvoj započeo dr. Hideo Kodama, izradom idejnog patenta za 3D pisač, ali zbog nedostatka financija i vremena, realizacija nije bila moguća. Tragom njegovog rada, francuski znanstvenici nastavljaju razvoj 3D pisača, te autor Hull, uspješno realizira prvi patent 1988 godine. Od tada pa sve do danas razvile su se i druge tehnologije ispisa kao što su Stereolitografija, Laminated Object Manufacturing (LOM) Selected Laser Sintering (SLS) i Fused Deposition Modeling (FDM), čiji se temelji nalaze u 80-tim godinama prošlog stoljeća [6]. Autori Alimova i drugi, u svom radu donose pregled primjera upotrebe 3D pisača u proizvodnji hrane [7]. Prikaz koncepta izrade

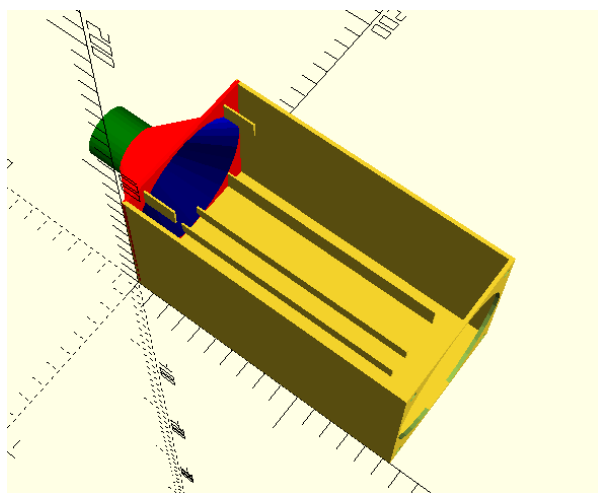
posebnog dijela 3D printera s ciljem ispisa materijala u obliku paste u svom radu prikazuje autor Jiang, gdje primjenjuje princip injekcije za istiskivanje čokolade. U radu su testirane različite vrste čokolade [8]. Koncept koji se zasniva na upotrebi pumpe za istiskivanje čokolade opisuju autori Raiapaksha i drugi, gdje se kao nedostatak izdvaja čišćenje sustava po završetku upotrebe [9]. Kouzani i drugi, prikazuju kroz primjere ukrašavanja u slastičarstvu, kako je 3D sustav ispisa primjenjiv i na druge vrste krema u slastičarstvu [10].

3. POKUSNA TESTIRANJA TRODIMENZIONALNOG PISAČA (3D)

3. TRIAL TESTING OF THE THREE-DIMENSIONAL PRINTER (3D)

Tijekom ovog istraživanja korišten je 3D pisač K8200 VELLEMAN. S obzirom da standardan 3D pisač koristi poseban sustav za topljenje plastike, isti se morao prenamijeniti za topljenje čokolade i doziranje, te je na njega ugrađen novi mehanizam koji sadrži prostor u obliku valjka. Za topljenje čokolade u tekuće stanje odabrana je profesionalna topilica koja u sebi ima ugrađen digitalni termometar. U topilici čokolada se topi pomoću vrućeg zraka pri čemu se temperatura određuje pomoću digitalnog zaslona na 34°C. Uzet je u obzir savjet profesionalnog slastičara da se čokolada ne smije zagrijavati na temperaturi većoj od 34°C jer u protivnom dolazi do koagulacije čokolade. Doziranje čokolade projektirano je tako da se čokolada nakon zagrijavanja ručno uvlači u injekcijsku špricu od 50 milimetara koja se zatim stavlja u predviđeni prostor. Kako bi mogli upravljati doziranjem, ugrađen je mali sustav s jednim elektromotorom koji prema uputama pritišće špricu s gornje strane (slika 1). Za precizno, odnosno tanko kapanje čokolade, na kraj injekcijske šprice stavljena je injekcijska igla promjera 4 milimetra. Zbog poznatog svojstva brzog hlađenja i stvrdnjavanja čokolade, ugrađen je i sustav s tri mala električna grijača koji su pričvršćeni na prostor u koji se stavlja injekcijska šprica. Grijači održavaju zadanu temperaturu čokolade konstantom. Da bi se spriječilo daljnje razlijevanje čokolade

nakon izlaska iz injekcijske igle integriran je sustav za hlađenje. Za tu potrebu ugrađen je mali ventilator, koji se inače koristi za hlađenje procesora računala, a pozicioniran je s bočne strane sustava za doziranje čokolade. Kao površina za ispis željenog objekta od čokolade odabran je keks okruglog oblika, obzirom da je i logotip TVZ-a u obliku kruga. Keks se postavlja u podnožje pisača, koje je sačinjeno od ravne četvrtaste podloge obložene plastičnim folijom kako bi se olakšalo čišćenje nakon ispisa.



Slika 2: Pravokutni objekt za hlađenje čokolade

Figure 2: Rectangular object for cooling chocolate

Izvor: Rad autora

Za početno ispisivanje željenog objekta odabrana je ravna linija od 3 centimetra. Ona je konstruirana u programu OpenSCAD u kojem se pomoću kodnih naredbi izrađuje 3D objekt. Takav se objekt, u ovom slučaju ravna linija, spremi u STL (Standard Tessellation Language) oblik te se učitava u program Repetier-Host kojim se pokreće 3D pisač. Kako bi program dobio jasne naredbe ispisa pojedinog dijela 3D objekta, koristimo 3D slicer. On definira kako je 3D model građen te daje jasne upute 3D pisaču kako ispisivati koji dio. Prvo ispisivanje ravne linije zahtijevalo je podešavanje parametara pisača. Za pritisak postavljeno je okretanje mehanizma motorčića od 5 mm/s, a ispisivanje na 7 mm/s. U tim početnim testiranjima ispisa korištene su čokolade različitih sastava od mliječne do tamne. Paralelno s istraživanjem pogodnog uzorka čokolade osmišljen je i novi sustav za hlađenje čokolade iz injekcijske šprice. U tablici 1 prikazan je sastav provjerenih čokolada.

Tablica 1: Sastav provjerenih čokolada

Table 1: Composition of tested chocolates

Br. uzorka	Tip čokolade	% kaka	% kaka maslaca
1	Mliječna	33.6	36.2
2	Polutamna	54.5	36.6
3	Tamna	70.5	38.9

Izvor: Rad autora

Kroz testiranje prvi uzorak čokolade prilikom ispisa bio je iznimno tekući što je predstavljalo problem u stvrdnjavanju. Kod drugog uzorka uočen je gušći i konzistentniji ispis, dok najbolju razinu gustoće postigao je treći uzorak. U sva tri testa konačni ispis je i dalje bio nedovoljne gustoće te se nije mogao dovoljno stvrdnuti. Daljnjim testiranjem s trećim uzorkom dolazimo do smjese koja ima zadovoljavajuću gustoću, tj. tempo stvrdnjavanja, na način da smo otopljenju čokoladi dodali još 2.5% kaka maslaca u odnosu na ukupnu količinu čokolade. Razlog tome je idealna količina kaka maslaca koji čini čokoladu podatnijom. Tijekom istraživanja temperatura zraka okoline iznosila je 24°C, što je uzrokovalo razlijevanje čokolade. Stoga je osmišljen je novi sustav hlađenja potpuno neovisan i odvojen od 3D pisača. U novom sustavu, hladni zrak se direktno raspršuje ispod injekcijske igle iz koje izlazi otopljena čokolada. Prva konstruirana komponenta bio je 3D objekt koji će se pričvrstiti na valjkasti prostor pisača u koji inače dolazi injekcijska igla. Objekt je konstruiran u programu OpenSCAD, a sastoji se od uskog valjkastog otvora koji je sužen prema donjem dijelu. Na kraju suženog otvora dolazi okrugli objekt koji je s gornje strane zatvoren, dok je donja strana potpuno otvorena. Na okrugli objekt nadodana je konstrukcija s tri četvrtaste oblika koji služe kao mjesta za pričvršćivanje na 3D pisač. Takav gotovi objekt ispisan je uz pomoć 3D pisača od plastike. Druga i glavna komponenta novog sustava hlađenja je pravokutni objekt koji može zaprimiti dva zamrznuta uloška za prijenosni frižider i služi kao izvor hladnog zraka (slika 2) Kraj pravokutnog objekta završava užnjem u obliku stošca koji je povezan pomoću prijenosne cijevi za prvu komponentu pričvršćenu na 3D pisač. Kako bi zrak prolazio kroz prijenosnu cijev,

na početak pravokutnog objekta pričvršćen je prethodno korišteni ventilator za hlađenje. Na slici 3 može se vidjeti konačno rješenje sustava hlađenja, narančasti pravokutni objekt u kojemu su pohranjena dva zamrznuta uloška, crna cijev koja provodi zrak do injekcijske šprice i završni bijeli objekt kroz koji zrak izlazi van.



Slika 3: Sustav hlađenja čokolade

Figure 3: Chocolate cooling system

Izvor: Rad autora

injekcijske šprice otopljena smjesa čokolade se usisava iz topilice. Napunjena šprica umeće se u prostor na 3D pisaču, te se s gornje strane lagano pritišće mehanizmom za doziranje. Na podlogu pisača postavlja se keks, koji je prethodno premazan tankim slojem topljene čokolade kako bi se bolje učvrstio i spriječilo micanje tijekom ispisa. Na računalo se koristio 3D slicer koji je služio kako bi se programski kodovi za crtanje 3D objekta pretvorili u naredbe za 3D pisač. Zatim se namještaju parametri ispisa. Za pritisak postavljeno je okretanje mehanizma motorčića od 5 mm/s, dok je brzina ispisivanja postavljena na 7 mm/s. Ploča na kojoj je učvršćen keks, pomicala se za 8,5 mm/s. Grijač koji je postavljen na cijev s injekcijskom špricom, namješten je na 34°C kako bi se čokolada održavala na standardnoj temperaturi. Uključen je sustav hlađenja te je ispis mogao započeti, brzina ispisa regulirana je na 8.4 mm/s. Valja napomenuti kako je zbog duljine trajanja ispisa, logotip bio visine 5 milimetara. Takav je ispis u prosjeku trajao oko 10 minuta. Svako povećanje visine loga značilo je i produljenje duljine trajanja ispisa. U početnim testiranjima visina loga je sezala do 3 centimetra u zrak. Takav je ispis zahtijevao dulji vremenski period rada (slika 4).

4. TRODIMENZIONALAN (3D) ISPIS LOGOTIPA TEHNIČKOG VELEUČILIŠTA U ZAGREBU OD ČOKOLADE

4. THREE-DIMENSIONAL (3D) PRINTING OF THE ZAGREB UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES LOGOTYPE FROM CHOCOLATE

Nakon što je odabrana odgovarajuća smjesa čokolade te je konstruiran efikasan sustav hlađenja, pristupili smo izradi 3D logotipa TVZ-a. Kao i ostale komponente, i on je konstruiran u programu OpenSCAD, a dobiveni 3D objekt potom se učitava u program Repetier-Host. Nakon što su zadovoljeni svi preduvjeti, krenulo se s konačnim ispisom logotipa. Na početku topilica čokolade zagrije se na 34°C, a zatim se stavi tamna čokolada. U zagrijanu čokoladu dodaje se kakao maslac u 2,5% udjelu u odnosu na količinu čokolade. Pomoću



Slika 4: TVZ logotip

Figure 4: TVZ logotip

Izvor: Rad autora

Kroz ovo istraživanje možemo izvući zaključke o pozitivnim i negativnim čimbenicima pri primjeni čokolade kao materijala u 3D ispisu. Jedna od negativnih stvari je utjecaj vrste i sastava čokolade kao i omjera kakao maslaca na izlaznu teksturu ispisa. Druga negativna stavka je vezana uz temperaturu zagrijavanja čokolade koja mora tijekom cijelog procesa ostati konstantna tj. ne veća od 34°C što dovodi do koagulacije čokolade ili manja što uzrokuje prerano skrućivanje. Kao zadnja negativna stvar može se navesti i toplina okoline u kojoj se izrađuje 3D objekt od čokolade, jer treba osigurati prostor u kojemu temperatura zraka nije viša od 22°C, obzirom da na većim temperaturama čokolada postaje topljiva. Pozitivne strane mogu daleko više nadmašiti one negativne. Ovakav sustav pogodan je za ispis različitih objekata od čokolade prema vlastitim željama, što uz dodatne nadogradnje sustava može proširiti njegovu primjenu kako u amaterskom pa tako i u profesionalnom slastičarstvu. Jednom kada se svladaju osnove, rad s programom za konstruiranje 3D objekata nije zahtjevan kao i rukovanje s 3D pisačem.

5. ZAKLJUČAK

5. CONCLUSION

Nakon početnih testiranja i određenih poteškoća, valjalo je istražiti moguća rješenja kako bi na kraju dobili željene rezultate. Pisač je modificiran u dvije faze. Prva faza uključivala je promjenu kompletnog sustava za topljenje plastike u sustav za doziranje i topljenje čokolade. Druga faza bazirala se na otkrivanju novog i kvalitetnijeg sustava hlađenja čokolade, kako bi ista nakon završetka ispisa, ostala u željenom obliku. Tu su se ispreplele grane elektrotehnike, strojarstva, informatike te računarstva. Na kraju, kao možda najbitnija stavka, bilo je testiranje i otkrivanje nove čokolade pogodne za ispis s trodimenzionalnim pisačem. Krajnji cilj izrade logotipa TVZ-a od čokolade je postignut čime je dokazano moguće korištenje trodimenzionalnog pisača i određene kvalitete čokolade do ispisa željenog oblika. Unaprijeđena je tehnologija trodimenzionalnog ispisa, te su industriji i slastičarstvu pružena moguća nova rješenja. Stoga primjena ovakve

vrste trodimenzionalnog pisača u industriji i slastičarstvu omogućava ispis 3D objekata prema potrebama tržišta. Uz to kupac ima mogućnost odabira željenog oblika, koji se uz pomoć 3D pisača ispisuje.

Tijekom ovog istraživanja razvile su se nove ideje oko poboljšanja odnosno unapređenja trodimenzionalnog pisača. Umjesto mehaničkog sklopa, može se postaviti infracrveni senzor s obzirom da je bitna preciznost ispisa. Takav bi senzor u milimetar mogao postaviti željenu visinu ispisa čime bi se poboljšala kvaliteta ispisa. Rješenje za nekontrolirano curenje čokolade iz šprice, moguće je ukloniti postavljanjem senzornog mehanizma koji se koristi u industriji prilikom punjenja tekućine. Nakon završetka ispisa, mehanizam bi automatski zatvorio dovod čokolade čime bi se spriječilo njezino daljnje curenje. Dodatno mogao bi se automatizirati proces topljenja i punjenja čokolade u špricu, prema sličnom modelu koji je primijenjen u nadogradnji sustava hlađenja.

6. REFERENCE

6. REFERENCES

- [1.] J. Wan, H. Cai and K. Zhou, "Industrie 4.0: Enabling technologies", Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things, pp. 135-140, 2015.
- [2.] Dodig, Ivica; Cafuta, Davor; Kramberger, Tin; Cesar, Ivan A Novel Software Architecture Solution with a Focus on Long-Term IoT Device Security Support Applied Sciences, 11 (2021), 11; 4955, 24 doi:10.3390/app11114955
- [3.] Cafuta, Davor; Dodig, Ivica; Sruck, Vlado An Approach to Embedded Internet System Development // Proceeding of Mipro 2006, Computers in Technical Systems, Intelligent Systems / Budin, Leo ; Ribarić, Slobodan (ur.).Rijeka: Studio Hofbauer, 2006. str. 68-73
- [4.] Lukec, Mario; Dodig, Ivica; Kapelac Gulić, Jelena; Cafuta, Brigitta; Mitrović, Ognjen IMPLEMENTACIJA HRANILICE ZA KUĆNE LJUBIMCE

UPRAVLJANE POMOĆU MREŽNE
APLIKACIJE I UGRAĐENOG
SUSTAVA // Polytechnic and design, Vol.
8 (2020), No. 3; 140-147 doi:10.19279/
TVZ.PD.2020-8-3-02

- [5.] Cafuta, Davor; Dodig, Ivica; Žigman, Dubravko An Approach to Secure Network Service Using the Embedded System // 31th International Convention Computers in Technical Systems, Proceedings Vol V. / Čišić, Dragan ; Hutinski, Željko ; Baranović, Mirta ; Mauher, Mladen ; Dragšić, Veljko (ur.). Opatija: Croatian Society for Information and Communication Technology, 2008. str. 79-83
- [6.] Savini, A. & Savini, G.G.. (2015). A short history of 3D printing, a technological revolution just started. 1-8. 10.1109/HISTELCON.2015.7307314.
- [7.] M. Alimanova, A. Zhodygarayev, A. Tursynbekova and D. Kozhamzharova, "Overview of a low-cost self-made 3D food printer," 2017 13th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICECCO.2017.8333332.
- [8.] H. Jiang, "A Design of the Extrusion System for Chocolate 3D Printing," 2021 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC), 2021, pp. 223-223, doi: 10.1109/ISEC52395.2021.9764074.
- [9.] R. R. A. K. N. Raiapaksha, B. L. S. Thilakarathne, Y. G. Kondarage and R. De Silva, "Design and development of pump based chocolate 3D printer," 2021 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE), 2021, pp. 190-194, doi: 10.1109/SCSE53661.2021.9568345.
- [10.] A. Z. Kouzani, S. Adams, R. Oliver, Y. Y. Nguwi, B. Hemsley and S. Balandin, "3D printing of a pavlova," 2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON), 2016, pp. 2281-2285, doi: 10.1109/TENCON.2016.7848435.

AUTORI · AUTHORS



● **Mihael Janeš** - Rođen 26.04.2000. u Zagrebu. Završio je opću gimnaziju u Garešnici 2019. i iste je godine upisao preddiplomski stručni studij informatike na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. 2022. godine završava isti studij te upisuje specijalistički diplomski studij digitalne ekonomije. Za vrijeme studentskih dana aktivno volontira u Klinici za dječje bolesti u Zagrebu. Rukometni je sudac Hrvatskog rukometnog saveza te aktivni član Udruge hrvatskih rukometnih sudaca. Područja interesa su mu elektroničko poslovanje, prototipiranje proizvoda, SEO optimizacija, inovacije u informatici te projektno programiranje.

Korespondencija · Correspondence

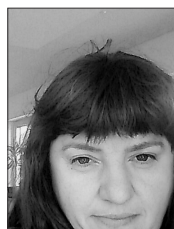
mjanesh@tvz.hr



● **Brigitta Cafuta** - Diplomirala je 2017. godine na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu, u istoj godini upisuje doktorski studij na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu. Zaposlena na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu u zvanju predavača na kolegijima: Operacijski sustavi, Elektroničko poslovanje i Metodologija poslovnih procesa.

Korespondencija · Correspondence

brigitta.cafuta@tvz.hr



● **Danijela Pongrac** - Diplomirala je 1998. godine na Filozofskom Fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Na Tehničkom Veleučilištu u Zagrebu (TVZ) radi od 2006. godine kao voditelj stručnog obrazovanja mrežnih tehnologija i administrator ispitnog centra u Centru za cjeloživotno obrazovanje. Od 2007 radi kao asistent u izvođenju laboratorijske nastave za kolegije iz mrežnih tehnologija i aplikativnih programa. Od 2012. radi kao predavač na predmetima iz područja organizacije i informatizacije ureda, Informatičko računarskog odjela. Od 2018.

nastavlja poslijediplomski doktorski studij na Filozofskom fakultetu, odjel Informatičke i komunikacijske znanosti. Od 2021. izabrana je u naslovno zvanje predavača za područje tehničkih znanosti, polje računarstvo pri Visokoj školi za informacijske tehnologije. Tijekom svog rada na TVZ-u sudjelovala je na stručnim i znanstvenim skupovima, na kojima je izradila nekoliko stručnih članaka iz područja mrežnih tehnologija, analize podataka i strojnog učenja, te znanstvenih publikacija iz područja upravljanja znanjem.

Korespondencija • Correspondence

d.pongrac@tvz.hr

• **Ognjen Mitrović** - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 5, No. 2, 2017.

Korespondencija • Correspondence

ognjen.mitrovic@tvz.hr



• **Darko Miloknoja** - Profesor tehničke kulture i informatike u osnovnoj školi od 1992. godine. Završio Prirodoslovno matematički fakultet, smjer prof. proizvodno tehničkog obrazovanja. Napredovao u zvanje učitelja mentora 2017. godine a 2022. godine promoviran u zvanje učitelja savjetnika. Aktivan član udruga koje promiču tehničku kulturu: Društva pedagoga tehničke kulture grada Zagreba i Hrvatskog saveza pedagoga tehničke kulture. Redovni član županijskih komisija za natjecanje u tehničkoj kulturi i povremeni član na državnoj razini. Od 2020. godine voditelj aktiva učitelja tehničke kulture grada Zagreba. Od 2017. godine povremeno radim kao asistent na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu.

Korespondencija • Correspondence

darko.miloknoja@tvz.hr