

PRIRUČNIK ZA STEM EDUKATORE

UPOTREBA KONCEPTA ODGOVORNIH ISTRAŽIVANJA
I INOVACIJA U STEM OBRAZOVANJU



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

Banja Luka, 2023. godina

WBC-RRI.NET
Responsible Research and Innovation in the Western Balkans

Impresum

Univerzitet u Banjoj Luci u okviru projekta „Uključivanje odgovornih istraživanja i inovacija u zemljama Zapadnog Balkana (WBC-RRI.NET)" Horizont 2020 objavljuje Priručnik za STEM edukatore, sa ciljem unapređenja nastavnih praksi u srednjim školama uz upotrebu STEM metoda. Priručnik je namijenjen profesorima srednjih škola, koji žele da uvedu inovativni pristup u nastavne predmete uz upotrebu praktičnih primjera, a koji će podstaknuti učenike na kritičko razmišljanje, aktivno učenje i istraživački rad.

Autori:

doc. dr Dalibor P. Drljača
mr Slaviša Jelisić
mr Medina Garić
Branko Zlokapa, dipl. ek.
Nikola Bojić, dipl. ek.
dr Ognjenka Zrilić
prof. dr Suzana Gotovac Atlagić
prof. dr Smiljana Paraš
prof. dr Jasminka Hasić Telalović

Naslov:

Priručnik za STEM edukatore
Upotreba koncepta odgovornih istraživanja i inovacija u STEM obrazovanju

Urednik:

Milica Marić, dipl. politik.

Recenzenti:

dr Kristina Petrović
dr Siniša Marčić

Lektor i korektor:

dr Dragan Dragomirović

Grafički dizajn:

Ana Jovanović

Izdavač:

Univerzitet u Banjoj Luci

Štampa:

"PRINT SHOP" Istočna Ilidža

Tiraž: 100



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA



PRIRUČNIK ZA STEM EDUKATORE

UPOTREBA KONCEPTA ODGOVORNIH
ISTRAŽIVANJA I INOVACIJA U STEM OBRAZOVANJU

Univerzitet u Banjoj Luci

Banja Luka, 2023. godina

Uvod

Ovaj priručnik je nastao kao rezultat aktivnosti u projektu WBC-RRI.NET koji finansira Evropska komisija grantom br. 101006279 u okviru programa Horizon 2020. WBC-RRI.NET podstiče primjenu odgovornog istraživanja i inovacija (Responsible Research and Innovation - RRI) na teritorijalnom nivou u pet ekosistema istraživanja i inovacija i promoviše okvir upravljanja na više nivoa za upravljanje istraživanjem i inovacijama na zapadnom Balkanu.

Iako su se zemlje zapadnog Balkana poboljšale u pogledu performansi istraživanja i inovacija, istraživački i inovacijski naponi bi trebali biti dodatno poboljšani. Odgovorno istraživanje i inovacije razmatraju moguće namjerne ili nenamjerne rezultate istraživanja i inovacija, kao i njihovu primjenu u skladu sa sljedećim principima: rodna ravnopravnost i etika, naučno obrazovanje i uključivanje javnosti, te otvorena nauka i otvoreni pristup.

Odgovorno istraživanje i inovacije je inicijativa u potpunosti saglasna s osnovama društveno korisnog učenja koje je definisao Robert Sigmon 1979. godine. Njegova definicija društveno korisnog učenja kazuje da je to pristup iskustvenog učenja koji se temelji na „recipročnom učenju“. On smatra da se društveno korisno učenje dešava samo onda kada oni koji pružaju neku uslugu (učenici/studenti) i oni koji je primaju (članovi društvene zajednice) „uče“ iz tog iskustva, tj. postoji društvena korist iz date aktivnosti.

Na taj način se omogućava da znanje i vještine stečene učenjem budu primjenjeni na projekte koji rješavaju odgovarajuće društvene probleme. To znači da u ovom procesu učestvuju s jedne strane učenici, studenti i akademski radnici, a s druge članovi šire društvene zajednice. Recipročnim učenjem obje strane u stvarnosti unapređuju svoja znanja i vještine koje su do tada imali. Time se društveno korisno učenje može smatrati osnovom odgovornog istraživanja i inovativnosti, koji predstavljaju naredni korak u izgradnji kapaciteta za razvoj.

Svrha priručnika je da profesorima srednjih škola, uključenim u aktivnosti projekta WBC-RRI.NET, predstavi uobičajene primjere praksi koje su povezane sa konceptom odgovornih istraživanja i inovacija, a koje mogu da posluže kao praktični dio profesorima za realizaciju nastavnog časa u STEM (Science - nauka, Technology - tehnologija, Engineering - inženjerstvo, Mathematics - matematika) oblastima.

U prvom poglavlju priručnika su dati uopšteni ciljevi STEM učenja i kako se oni odnose u pogledu izgradnje takozvanih „mekih“ vještina kod učenika. Zatim se pažnja usmjerava na potrebu izmjena silabusa koji treba da omogućuje inovativniji

i fleksibilniji pristup STEM učenju i obrazovanju a u cilju postizanja odgovornog istraživanja i inovativnosti. Predstavljene su i mogući načini motivisanja učenika u STEM nastavnom procesu, posebno kroz kritičko razmišljanje i aktivno učenje. Poglavlje obuhvata i dobre prakse iz oblasti programiranja, robotike i 3D štampanja, primjenljive za realizovanje nastave informatike i stručnih predmeta.

Drugo poglavlje posvećeno je ekologiji i zelenim tehnologijama, sa primjerima dobrih praksi u oblasti upravljanja otpadom. Kroz upotrebu zelenih tehnologija koje uključuju opremu, sredstva za tehničke i tehnološke postupke podstiče se društvena odgovornost u području zaštite životne sredine.

Reciklaža metala iz elektronskog otpada tema je trećeg poglavlja i pruža ideju profesorima hemije da u školskim uslovima u laboratorijama izvrše demonstraciju ovog postupka. U tome će im pomoći navedeni primjeri nastali kroz saradnju sa domaćom industrijom.

Četvrto poglavlje daje konkretnu sliku procesa analize biodiverziteta na terenu, koja veoma jednostavno može da se primijeni u nastavi biologije u srednjim školama. Nadalje, daje prikaz eksperimentalnog rada sa živim organizmima i rada u biološkim laboratorijama, naglašavajući značaj odgovornog istraživanja i poštovanja etičkih principa u tom procesu.

Uvođenje principa rodne ravnopravnosti u oblast informacionih tehnologija tema je petog poglavlja. Inicijative i naponi za osnaživanje učenica i studentkinja da iskažu svoj talenat u tehničkim i prirodnim naukama, predstavljene su kroz organizovanje konferencija, škole inovatorstva i niz drugih alata sa istim ciljem: povećanje broja žena u ovim oblastima.

Nadamo se da će ovaj priručnik inicirati promjene u načinu izvođenja nastave kroz STEM metode u srednjim školama i time doprinijeti poboljšanju nastavnog procesa, lakšem i bržem savladavanju materije i prihvatanju principa odgovornog istraživanja i inovativnosti.

WBC-RRI.NET UNIBL i HRTD tim

POGLAVLJE I

STEM UČENJE I DOBRE PRAKSE U NASTAVI INFORMATIKE

doc. dr Dalibor P. Drljača¹
Univerzitetski klinički centar Republike Srpske

1. Ciljevi STEM učenja

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) obrazovanje i učenje utiče i na pravilan razvoj mozga. Poznato je da ljudski mozak najbolje funkcioniše stvaranjem veza uz postojanje i socijalnih emocija i različitih spoznaja. Upotrebom i kombinovanjem više čulnih iskustava (upotrebom više čula, ne samo čula vida ili samo čula sluha) maksimizira se uspostavljanje ovih veza, a proces učenja se podiže na viši nivo. Ovako kompleksan spoznajni angažman i integracija upotrebe više čula stimulišu razvoj mozga. Ovo je posebno važno uzevši u obzir različit pristup učenju i savladavanju materije od strane učenika. Što se STEM ranije uvede u učionicu, to se bolje postavljaju temelji za optimalno učenje i razvoj mozga.

Upotrebom više čula, STEM obrazovanje i učenje omogućavaju optimalan proces učenja koji se odvija kroz četiri faze:

- Apstraktna konceptualizacija – razmišljanje,
- Refleksivno opažanje – gledanje,
- Aktivno eksperimentisanje – činjenje, i
- Percepcija ili iskustvo – osjećanje.

STEM obrazovanje i učenje omogućavaju sticanje mnoštva opštegopotrebnih vještina tzv. 'mekih' vještina (engl. soft skills) kao što su:

- praktičnost,
- kritičko razmišljanje,
- rješavanje problema,
- kreativnost,
- inovativnost,
- saradnja,
- sklonosti prema istraživanju (radoznalost),
- vještine vođenja projekta i
- timski rad na rješavanju problema.

¹drljacad@gmail.com

Ciljevi STEM učenja povezuju se s unapređenjem obuke i stvaranjem mogućnosti za izgradnju karijere u STEM oblastima. Prosto rečeno, ovim nastojimo da kreiramo radnu snagu osposobljenu za različite STEM oblasti koja će svoju karijeru graditi i unapređivati u STEM oblastima po izboru.

Generalno se mogu definisati tri opšta cilja STEM učenja:

- Povećati broj učenika koji stiču diplome koje omogućavaju izgradnju karijere u STEM oblastima,
- Povećati učešće ženske populacije u STEM oblastima,
- Podići nivo STEM pismenosti za sve učenike u školama, ali i na fakultetima, radi nastavka karijere u STEM oblastima.

Oblast računarstva i informatike predstavlja okosnicu STEM-a i jednu od najvažnijih STEM oblasti u kojoj se danas bilježi rapidan rast interesovanja učenika i studenata. S tim u vezi, potrebno je intenzivirati i podići na viši nivo STEM obrazovanje u oblasti informatike na nivou osnovnog i srednjeg obrazovanja, posebno iz praktičnog ugla, kako bi se učenici što bolje pripremili za nastavak učenja na visokoobrazovnom nivou, odnosno na fakultetima.

U oblasti računarstva i informatike, učenici najviše interesovanja pokazuju za:

- Programiranje, u različitim programskim jezicima, ali najčešće su to PYTHON, JAVA, C++, C# i sl.
- Vještačku inteligenciju, odnosno robotiku, i
- 3D modelovanje i štampanje, odnosno efektivna upotreba CAD (Computer Aided Design) alata.

Na nastavnicima je da prate i svakodnevno ažuriraju svoja znanja, posebno iz ovih oblasti, kako bi učenicima na pedagoški ispravan i jednostavan način mogli približiti ove veoma kompleksne oblasti koje su bazirane na naprednim matematičkim i statističkim postulatima. Stoga, i nastavni planovi i programi, kao i pripreme nastavnika za časove se moraju brižljivo organizovati i pripremiti.

Posebno važan cilj predstavlja veći angažman i učešće učenica u STEM nastavi i STEM karijerama. Populacija učenica se rijetko opredjeljuje da nastavi karijeru u nekoj od STEM oblasti. Stoga je potrebno i od osnovne škole prilagoditi STEM nastavu na takav način da se učenice motivišu i animiraju da se uključe aktivnije u STEM nastavu i karijere.

Iako se informatika češće vezuje za učenike nego za učenice, neke od istorijskih pomaka u informatici su načinile upravo žene. Primjer je Avgusta Ada King, grofica od Lovlejsa (Augusta Ada King, The Countess of Lovelace, 1815-1852) koja je jedna od prvih matematičara u istoriji koji su tvrdili da mašine mogu raditi i više od pukog računanja. Ona je još 1840. godine publikovala prvi algoritam za analitičku mašinu za izračunavanje Bernulijevih brojeva što se smatra prvim objavljenim algoritmom ikada prilagođenim za implementaciju na računaru, a Ada Lovlejs se često navodi kao prvi računarski programer iz tog razloga. Francuski računarski naučnik Žan lbaja (Jean Ichbiah) iz kompanije CII Honeywell Bull i njegov tim su, pod ugovorom s Ministarstvom odbrane Sjedinjenih Država (US Department of Defence) od 1977. do 1983., napravili programski jezik nazvan u njenu čast ADA - kako bi zamijenio više od 450 programskih jezika koje je Ministarstvo odbrane koristilo u to vrijeme.

Još je jedna žena načinila podvig kao dio tima programera NASA koji su poslali astronaute na Mjesec. Margaret Hamilton je bila dio tima 1969. godine te je učestvovala u izradi softvera za Apolo svemirski program kao direktor programiranja računara za let Apola (Director of Apollo Computer Programming) čiji je zadatak bio programirati let lunarnog modula. Postoji još niz žena koje su učestvovala u velikim poduhvatima u informatici kao što su recimo timovi programera Bombe računara (1943) koji su direktno radili na dešifrovanju nacističke ENIGMA mašine ili ENIAC-a (1944) na čijem je razvoju i programiranju radilo čak šest žena.

WOMEN
SCIENCE

2. Silabusi kao smjernice

Silabusi za STEM u oblasti računarstva i informatike treba da prate najnovija postignuća koliko je god to moguće, kako bi se ostalo u toku sa savremenim dešavanjima. Upotreba internet tehnologija omogućava i nastavnicima i učenicima da koriste ove tehnologije za aktivno sticanje znanja i informacija potrebnih za realizaciju nastavnog procesa. Učenici se moraju naučiti koristiti internet tehnologije kao alat za rješavanje društvenih i drugih problema, a ne samo za pasivnu upotrebu.

S tim u vezi, silabusi moraju da budu okrenuti budućnosti, odnosno moraju da budu što je to moguće aktuelniji i da

se njima daju najsvježija znanja i vještine. Silabusi, kao i cjelokupan program koji se izučava, moraju biti i dovoljno fleksibilni na izmjene i dopune, te da omoguće primjenu inovativnih načina učenja i podučavanja. Silabusi nikako ne bi trebali da ograničavaju nastavnikov pristup animiranju učenika za aktivno učenje, već naprotiv da budu stimulativni u tom smjeru. Možemo reći da silabus treba da predstavi samo smjernicu o tome koje ciljeve i ishode učenja želimo postići izučavanjem date materije, kao i koje su to vještine i znanja koja će učenik usvojiti uspješnim polaganjem predmeta.

Silabus bi trebao uključivati:

1. opšte informacije o predmetu – naziv predmeta, nosilac/izvođač/predmetni nastavnik, godina u kojoj se predmet obrađuje, ograničenost brojem učenika (odnosno da li je predviđen rad u grupama ili ne), koliko je sati predviđeno za koji oblik nastave (kontakt časovi, e-učenje, domaći rad itd.);

2. ciljeve učenja – ciljevi bi trebali biti postavljeni u skladu s tzv. SMART metodologijom odnosno, da su mjerljivi, mudri, dostižni, relevantni i blagovremeni, a dovoljno je navesti 2-3 cilja učenja;

3. ishode učenja predmeta – ishodi učenja treba da budu usklađeni s ishodima cjelokupnog stručnog programa, a shodno mogućnostima, potrebno je definisati 4-8 ishoda koji ujedno predstavljaju i sastavni dio cjeline ishoda učenja za cijeli program;

4. preduslove potrebne za praćenje nastave – ukoliko postoji potreba da se predmet uslovi prethodnim savladavanjem neke materije, to je ovdje potrebno unijeti, npr. za programiranje 2 potrebno je da je učenik uspješno završio programiranje 1 i sl.; navesti takođe potrebne materijale i opremu za izvođenje nastave;

5. sadržaj predmeta – kratak opis osnovnog sadržaja prema planiranim časovima obrade;

6. obaveze učenika– definisati obaveze učenika u smislu izrade zajedničkog projekta, eseja, studije slučaja, domaće zadaće i sl.;

7. način vrednovanja rada učenika – što jasnije i detaljnije prikazati način vrednovanja rada učenika tokom nastave i domaće zadaće;

8. obavezna i dopunska literatura – popis obavezne i dopunske literature.

SILABUS PREDMETA: (pun naziv predmeta)

1. OPŠTE INFORMACIJE O PREDMETU:

1.1. Predmetni nastavnik	(ime i prezime nastavnika)
1.2. Školska godina	(u formi npr. 2022/23)
1.3. Očekivani broj učenika po grupi	(napisati maksimalan broj učenika u grupi)
1.4. Predviđeni broj kontakt časova	(koliko je časova planirano za obradu materije ukupno)
1.5. Planirani broj časova za e-učenje	(ako postoji potreba za e-učenjem, ako ne, onda plan u slučaju potrebe, npr. 15)
1.6. Planirani broj časova potreban za domaći rad	(sumarno)

2. CILJEVI UČENJA

2.1. Ciljevi predmeta	(opisati ciljeve učenja predmeta)
-----------------------	-----------------------------------

3. ISHODI UČENJA

3.1. Ishodi učenja predmeta	(opisati ishode učenja)
-----------------------------	-------------------------

4. PREDUSLOV ZA POHAĐANJE

4.1. Preduslov praćenja nastave	(napisati ako je potrebno ostvariti neki preduslov za praćenje nastave)
4.2. Potrebna oprema i materijali	(navesti potrebnu opremu i materijale)

5. SADRŽAJ PREDMETA

	1. čas (naziv i kratak opis)
	2. čas (naziv i kratak opis)

6. OBAVEZE UČENIKA	
6.1. Domaći rad	(opisati koliko često i kada tokom realizacije će biti planirano traženje izrade domaćeg rada)
6.2. Esej	(ako postoji, kada i koliko često)
6.3. Studija slučaja	(ako postoji, kada i koliko često)
6.4. Ostalo (navesti)	(ako postoji, kada i koliko često i koji oblik rada se traži od učenika, npr. poster ili PowerPoint prezentacije)
7. CILJEVI UČENJA	
7.1. Vrednovanje aktivnosti na času	(opisati način vrednovanja i skalu ocjena)
7.2. Vrednovanje domaćeg rada	(opisati način vrednovanja i skalu ocjena)
7.3. Vrednovanje ostalih oblika rada	(opisati način vrednovanja i skalu ocjena)
7.4. Ukupna ocjena	(opisati način vrednovanja i skalu ocjena)
8. LITERATURA	
8.1. Osnovna literatura	(navesti knjige)
8.2. Dopunska literatura	(navesti knjige)

3. Kako motivisati učenike za STEM učenje i obrazovanje?

3.1. Kritičko mišljenje i razmišljanje

Kritičko mišljenje predstavlja ključnu komponentu tzv. društveno korisnog učenja, a time i STEM učenja i obrazovanja. Upravo zahvaljujući kritičkom mišljenju i razmišljanju, omogućeno nam je da obavimo povezivanje teorije i prakse, da integrišemo iskustva i druga relevantna znanja kojim se onda stvara dodana vrijednost u kontekstu ishoda učenja. Stoga je za STEM edukaciju uopšte veoma važno razviti kod studenata kritički način razmišljanja i povezivanja činjenica, informacija i znanja.

Kritički, a ne kritizerski, način razmišljanja treba podsticati kod djece još u najranijoj dobi. Djeca su po prirodi radoznala i imaju istraživački duh, žele da otkrivaju nove stvari. Stoga, ovaj poriv ne treba suzbijati, već naprotiv jačati ga kritičkim razmišljanjem. Potrebno je pronaći nove načine rada s djecom omogućavajući im da kroz njihova pitanja i interesovanja savladaju predmetnu materiju koja je pred njima. Stoga je preporuka nastavnicima da ove vještine razmišljanja i djelovanja primijene u svom nastavnom procesu kao i da osmisle načine ilustrovanja, potvrde, proširenja, i/ili preispitivanja mjere predmetne materije, a s ciljem omogućavanja sistematskog analiziranja usvajanja informacija i motivisanja učenika na samostalan rad.

Kritičko mišljenje je moguće podsticati organizovanjem usmene rasprave pomoću koje učenici diskutuju iz vlastitog iskustva i znanja termine koji se izučavaju, predlažu rješenja za date probleme itd. Ovim načinom saradnje, učenici postaju aktivni subjekti izvođenja nastave, uključeni su u potpunosti i od njih se traži kritički osvrt na zadanu temu ili problem koji treba riješiti. Nastavnici mogu, zavisno od interesa i mogućnosti, proširiti ove rasprave upotrebom različitih foruma ili e-pošte. Postoji vjerovatnoća da će neki učenici 'profunkcionisati' kasnije, odnosno u njima ugodnijem, kućnom okruženju i/ili upotrebom foruma, dopisivanja (chat) ili komunikacije e-poštom dodatno razviti kritičko mišljenje i razmišljanje na datu temu ili zadatak. Ovaj način saradnje se može organizovati kao obavezni u formi domaće zadaće ili neobavezno, za one učenike koji žele da pokažu više znanja i koje data tema više interesuje. Svakako, nastavnik je taj koji mora donijeti pravilnu procjenu i odluku da li nastaviti s proširenjem grupnog rada ili ne?

S ciljem izvlačenja maksimalne koristi od ovakvog, proaktivnog načina rada učenika, potrebno je da nastavnik usmjerava učenike u svim fazama rada. Prije samostalnog rada, nastavnik mora da upozna učenika s okvirima odabrane metodologije i kako da je učenik primijeni. Takođe poželjno je da nastavnik omogući učeniku neki vid interakcije u slučaju potrebe za pojašnjenjem a koja se može pojaviti tokom izrade ili studije slučaja ili eseja, bilo putem e- pošte ili na neki drugi način. Usmena rasprava po izlaganju studije slučaja ili eseja može dodatno da pojašni ili unaprijedi sačinjena rješenja ili radove. Ono što je od kritične važnosti za cijeli proces jeste nastojanje da se do rezultata dođe vlastitim naporima uz prevenciju plagijarizma i kopiranja poznatih tekstova i/ili materijala od interesa. Učenicima treba dati do znanja da već postoje rješenja za date zadatke, ali da se od njih traži originalno, novo i inovativno rješenje, a ne kopiranje postojećih. Ukoliko se ovaj cilj postavi na samom početku i prije svega ukoliko to učenici shvate i prihvate, utoliko će njihova rješenja biti stvarno inovativna i interesantna.

Kritičko mišljenje je moguće podsticati i na individualnom nivou. Metoda kojom se postiže napredak u učenju i kritičkom mišljenju jeste kritičko proučavanje predmetne literature. Karakterističan primjer ovog tipa angažovanja učenika jesu studije slučaja ili izrada eseja na zadanu temu, gdje učenici moraju da se dodatno angažuju na pretraživanju postojećih izvora informacija, a s ciljem sastavljanja rada kojim će elaborirati svoje razmišljanje na zadanu temu ili problem.

U ovom slučaju, a shodno mogućnostima, moguće je da nastavnik odluči dodatno stimulirati učenike nuđenjem neke simbolične nagrade (npr. knjige i slično) onoj grupi ili pojedincu koji učini najveći napor u rješavanju problema ili opisu teme.

3.2. Aktivno učenje

Kako motivisati učenike da uče tokom časa? To je vjerovatno najteži zadatak svakog nastavnika, posebno STEM nastavnika koji moraju da predstave jako kompleksno gradivo.

Da bi učenici naučili dio materije tokom same realizacije časa, veoma je bitno da im se okupira pažnja i da budu **aktivno uključeni u realizaciju časa**. Ovo je moguće postići na više načina, ali je vjerovatno najjednostavniji način postavljati pitanja učenicima i tražiti od njih odgovore u bilo kom obliku. Takođe, nastavnik mora pratiti da li ga učenici pažljivo slušaju, jer na taj način se nastavnik uvjerava da ima pažnju učenika. Svakako, tome doprinosi minimiziranje svih eksternih dešavanja i pojava koje mogu da izazovu skretanje pažnje učenika, kao npr. prolazak vozila hitne pomoći uz sirene i sl. Znači, kako bi omogućili da učenici prate nastavu i

tokom nje savladaju dio gradiva, potrebno je da nastavnik bude u centru njihovog dešavanja za taj čas. S druge strane, svaki učenik mora biti u fokusu nastavnika i da prilagodi svoje izlaganje na način da bude prvenstveno interesantan za učenike, lako razumljiv i sistematičan. U tom smislu nastavnik može pomoći učenicima tako što će npr. na tabli pisati glavne natuknice ili teze, bilo da su u formi mape uma ili jednostavnih nabravanja. Cilj je da ove teze budu koncept za samostalno učenje i potpuno savladavanje materije ili dodatno pojašnjavanje određenih pojmova ili dijela materije.

Redovno pohađanje časova je takođe od ključne važnosti za savladavanje materije. Poželjno je da nastavnik prati izostanke učenika s njegove nastave kako bi znao da li određenu materiju treba djelimično ili u potpunosti ponovo izložiti, ili je potrebno učenicima koji su izostali dati dodatna pojašnjenja u vezi s tim. Za učenike je ključno da imaju kontinuitet učenja u STEM obrazovanju. Ovaj kontinuitet je imperativan jer se u STEM obrazovanju pojave i zakoni ili lekcije vezuju jedna na drugu, npr. u fizici, matematici ili programiranju. Stoga, zadatak nastavnika je da se prije početka časa uvjeri da su svi učenici, ili barem velika većina, usvojili u prethodnom periodu minimum znanja kako bi mogli razumjeti nastavak.

Poznavanje drugova ili prijatelja u razredu ili na času je takođe veoma važno u STEM obrazovanju budući da se u STEM obrazovanju primjenjuje dosta grupnog rada ili 'brainstorming'-a (u slobodnom, neslužbenom prevodu – mozganje, bombardovanje idejama, oluja mozga itd.). U nekim oblastima, grupni rad je veoma jak alat za usvajanje STEM znanja i vještina jer u grupnom radu postoji razlika u shvatanju predstavljene materije od učenika do učenika koje oni mogu da razmjenjuju i dopunjuju unapređujući time svoje inicijalno znanje i vještine.

Ako nastavnik načini interesantan pristup izučavanju predmetne materije, učenici **će rado i redovno prisustvovati nastavi bez kašnjenja na nju**. Ovo je ultimativni zadatak za nastavnika koji se teško realizuje i zahtjeva dosta pripreme, iskustva i poznavanje naprednih tehnika podučavanja, ali i pedagoškog rada s učenicima u datoj starosnoj dobi. Nastavnici trebaju da izađu iz okvira klasičnog držanja

časa na način da zainteresuju učenike za materiju, pa čak i da inovira način prenosa znanja u pozitivnom smislu, kako bi što više znanja učenici ponijeli sa časa, dok bi u radu kod kuće dato znanje dodatno proširili svojim dodatnim angažovanjem na pretraživanju i upotrebi dodatne literature i/ili dodatnih pomagala koja im omogućavaju bolje i kvalitetnije usvajanje znanja i vještina.

Nastavnici svojim radom i zalaganjem nastoje prenijeti obavezan fond znanja i vještina kako bi učenici dobili kompetencije i ishode učenja. Međutim, veoma često se zaboravlja da nastavnici, posebno u osnovnom i srednjem obrazovanju, imaju **kompetencije da učenike poduče aktivnom učenju**. STEM nastava je prepuna različitih termina, pojmova i definicija koje mogu biti jako nejasne ili nerazumljive učenicima. S druge strane, STEM nastava obiluje ilustracijama, dijagramima, tabelama, formulama i drugim elementima vizualnog predstavljanja znanja. Učenike treba motivisati da koriste ove elemente kako bi aktivno učili, jer višestrukim ponavljanjem i pisanjem formula ili nekog dijagrama, učenici će lakše naučiti dati element. Zbog toga, za aktivno učenje je veoma važno znati i čitati s razumijevanjem, odnosno nastavnici trebaju stimulisati učenike da svojim riječima definišu određene pojmove, a ne samo da napamet nauče definicije koje ne razumiju. U STEM obrazovanju i učenju, razumijevanje dolazi na prvo mjesto.

U literaturi je moguće pronaći više korisnih savjeta po pitanju aktivnog učenja, ali evo nekoliko koji su bitni za STEM obrazovanje i učenje:

- **učenje u grupi** s kolegama i prijateljima je uvijek interesantnije, ali je potrebna pažnja po pitanju ravnopravnog učešća u grupnom radu, odnosno pravilnoj podjeli zadataka u grupi;
- **redovno prisustvo nastavi i kontinuirano učenje** su veoma važni za aktivno učenje u STEM obrazovanju usljed kompleksnosti materije koje STEM oblasti obrađuju;
- učenicima treba, koliko je to moguće, **osigurati okruženje u kojem su oni voljni i spremni da uče**;
- **ne treba štediti na nastavnim učilima**, već je potrebno koliko je to god moguće više i boljih nastavnih učila obezbjediti kako bi se znanje u STEM oblastima prenijelo na najbolji i najefikasniji način;
- učenike ne treba opterećavati suvišnim i nepotrebnim znanjima i vještinama, već učenicima treba **jasno objasniti šta trebaju da nauče i zašto to trebaju da nauče, u čemu je važnost onog što trebaju znati**.

4. Primjeri dobre prakse

4.1. Oblast: 3D štampanje

NASTAVNA JEDINICA: Izrada pomagala za otvaranje vrata

ISHODI UČENJA

Učenici će:

- ✓ Razviti kontekstualnu spoznaju o prenosu virusa kao što je COVID-19.
- ✓ Razviti rješenje za prevenciju širenja virusa dodirivanjem površina.
- ✓ Načiniti simulaciju rješenja u CAD programu.
- ✓ Odštampati rješenje na 3D štampaču.

OBLIK RADA: frontalni i individualni

OPIS TOKA AKTIVNOSTI

UVODNI DIO ČASA (5 MIN)

Podsjetiti učenike na CAD (Computer Aided Design) programe kao npr. Blender, Tinkercad ili Fusion360 ili neki drugi CAD program (npr. AutoCAD, ukoliko škola posjeduje licencu).

Objasniti učenicima kontaktni način prenosa virusa u okruženju.

GLAVNI DIO ČASA (35 MIN)

Ovaj čas je baziran na rješenju pomagala za otvaranje vrata radi smanjenja rizika prenosa virusa. Rješenje je izradila kompanija PRINT LAB (<https://classroom.weareprintlab.com/courses/enrolled/879781>) odakle je moguće prije časa skinuti STL fajlove izrađene u Tinkercad-u.

Potrebna oprema:

- Računar sa instalisanim CAD softverom
- 3D printer s filamentom

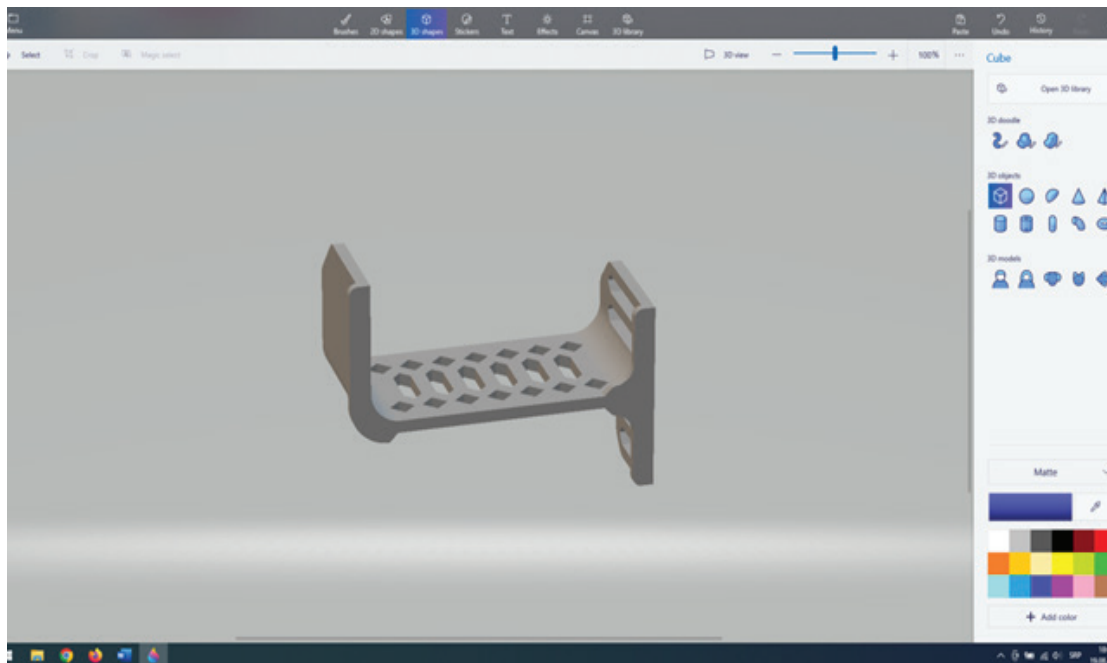
Objasniti učenicima zadatak izrade pomagala za smanjenje prenosa virusa preko često dodirivanih površina kao npr. kvaka na vratima. Objasniti učenicima izgled i funkcionisanje dodatka nazvanog ARMIE.



Slika 1. Izgled dodatka ARMIE

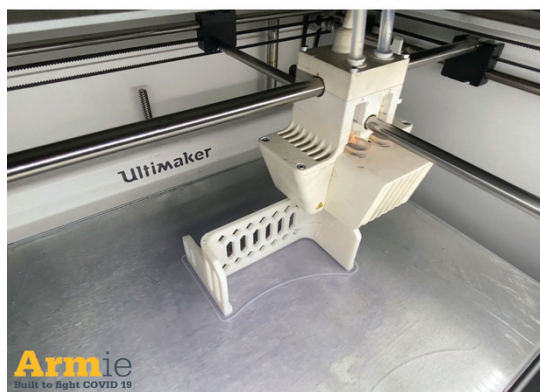
Zadatak 1. Konstruisati ARMIE u CAD softveru ili učitati preuzete fajlove i modifikovati po želji

U CAD softveru koji škola koristi načiniti konstrukciju ARMIE-a

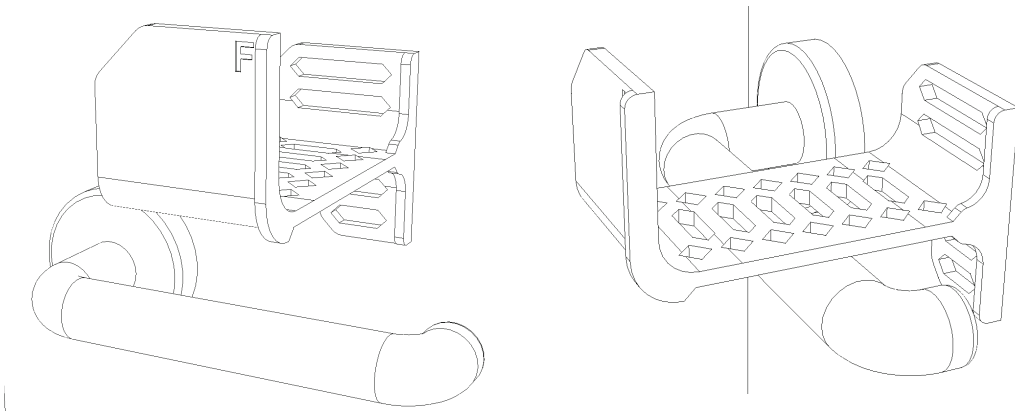


Slika 2. Konstrukcija ARMIE-a u CAD

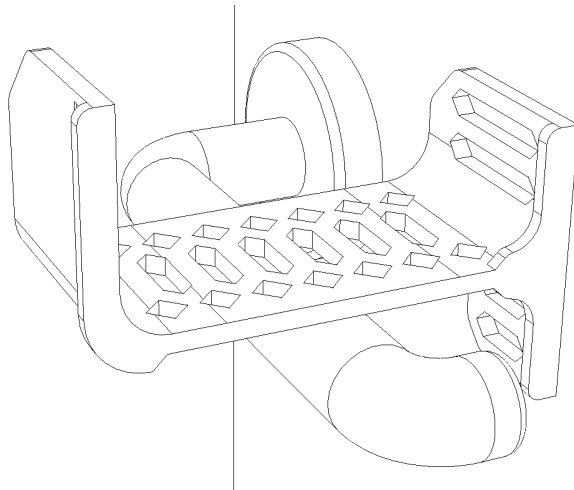
Učitati gotove ili vlastite fajlove za izradu ARMIE-a u softver 3D štampača. Korigovati greške, ako postoje, prije štampanja.



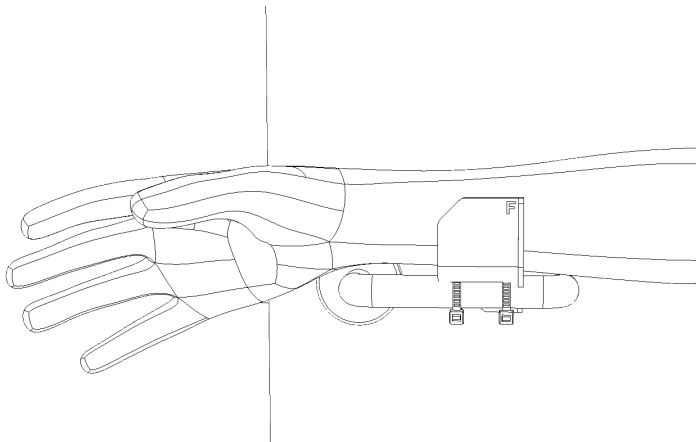
Slika 3. 3D štampanje ARMIE-a i instalisanje uz pomoć plastičnih vezica



Slika 4. Postavljanje ARMIE-a na kvaku vrata



Slika 5. Način provlačenja plastičnih vezica i njihovog fiksiranja za kvaku



Slika 6. Testiranje otvaranja vrata bez upotrebe šake

Diskutovati dato rješenje i njegovu primjenjivost na drugim mjestima u domaćinstvu ili na radnom mjestu.

4.2. Oblast: Programiranje

NASTAVNA JEDINICA: PROGRAMIRANJE – „FOR-NEXT“ PETLJA

CILJ:

Savladaavanje upotrebe „FOR-NEXT“ petlje u datom programskom jeziku.

ISHODI UČENJA

Učenici će:

- ✓ moći rješavati zadatke koristeći „FOR-NEXT“ petlju u programskom jeziku po izboru
- ✓ razvijati međusobnu vršnjačku saradnju
- ✓ iskustveno formirati stav i mišljenje o prednostima i nedostacima korištenja različitih programskih jezika

OBLIK RADA: frontalni i individualni

OPIS TOKA AKTIVNOSTI

UVODNI DIO ČASA (5 MIN)

Podsjetiti se pojma algoritam i kako se crtaju algoritmi.

- Definirati pojam i značaj naredbi ciklične strukture
- Opšta podjela naredbi ciklične strukture na:
 - Petlje koje se izvršavaju dok se ne ispuni neki uslov
 - Petlje koje se izvršavaju određen broj puta
- Objasniti „FOR-NEXT” petlju učenicima
 - Određen je broj koliko puta se izvršava petlja
 - Blok petlje počinje s FOR, a završava s NEXT
 - Unutar bloka se nalazi jedna ili više naredbi koje treba ponoviti
 - Varijabla koja se koristi u FOR petlji je uvijek numerička, a ponaša se kao brojač
 - Mora se koristiti ista varijabla u FOR i NEXT dijelu
 - Početna vrijednost mora biti manja ili jednaka od završne vrijednosti, ali ne mora biti jednaka 1

Objasniti učenicima osnovnu, generičku, strukturu 'FOR-NEXT' petlje:

```
FOR n=a TO b STEP c
    naredba 1
    ...
    naredba n
NEXT n
```

Gdje su:

n = varijabla („brojač”)

a = početna vrijednost

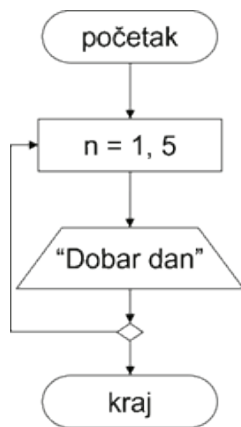
b = završna vrijednost

c = korak povećavanja (ako se ne navede onda je 1)

Primjer br. 1.

Načiniti program koji će na ekranu ispisati 5 puta „Dobar dan” koristeći „FOR” petlju i diskutovati izradu zadatka.

```
For N=1 to 5 step 1
Print „Dobar dan“
Next N
End
```



Kod:

```

FOR n = 1 TO 5
  PRINT "Dobar dan"
NEXT n
END
  
```

Ispis na ekranu:

```

Dobar dan
Dobar dan
Dobar dan
Dobar dan
Dobar dan
  
```

Primjer br. 2.

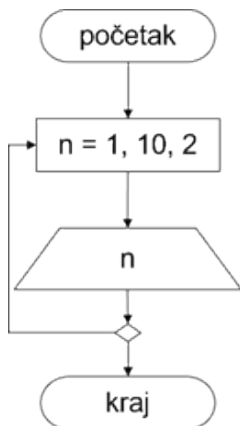
Načiniti program koji će ispisati neparne brojeve do broja 10.

For N=1 to 10 step 2

Print N

Next N

End



Kod:

```

FOR n = 1 TO 10 STEP 2
  PRINT n
NEXT n
END
  
```

Ispis na ekranu:

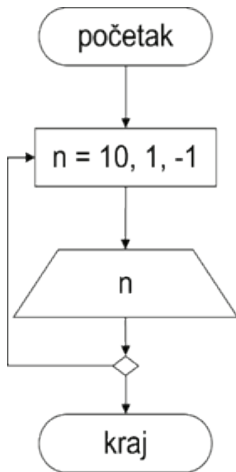
```

1
3
5
7
9
  
```


Primjer br. 3

Načiniti program koji će se ispisati brojevi od 10 do 1 (u opadajućem redoslijedu).

```
For N=10 to 1 step - 1  
Print N  
Next N  
End.
```



Kod:

```
FOR n = 10 TO 1 STEP -1  
  PRINT n  
NEXT n  
END
```

Ispis na ekranu:

```
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1
```

Primjer br. 4. Samostalan rad

Načinite program koji će ispisati sve parne brojeve od 1 do 100 i ispisati njihov zbir.

Kod:

```
zbir = 0  
FOR n = 2 TO 100 STEP 2  
  PRINT n  
  zbir = zbir + n  
NEXT n  
PRINT „Zbir brojeva je: "; zbir  
END
```

ZAVRŠNI DIO ČASA (5 MIN)

Debata o naučenom.

Ponavljjanje osnovnih termina.

Odgovori na pitanja i nedoumice učenika.

Domaća zadaća

Korištenjem „FOR-NEXT” petlje

1. Načiniti program koji će ispisivati sve parne brojeve od 50 do 100.
2. Načiniti program koji će ispisivati sve neparne brojeve od 100 do 1.
3. Načiniti program koji će izračunati sumu brojeva od 1 do 20.

4.3. Oblast: Robotika

NASTAVNA JEDINICA: Sastavljanje jednostavnog robota

CILJ:

Cilj ovog časa jeste naučiti osnovne gradivne elemente i dijelove jednostavnog robota iz dostupnog kita i početi sa usvajanjem znanja iz oblasti vještačke inteligencije.

ISHODI UČENJA:

Učenici će:

- ✓ Prepoznati i razlikovati osnovne dijelove robota.
- ✓ Objasniti način funkcionisanja robota i upravljanje na daljinu.
- ✓ Objasniti ulogu senzora i analizirati rezultate mjerenja senzora.
- ✓ Objasniti ulogu robota u zaštiti prirode i analizirati mjerenja u okolišu.

OBLIK RADA: frontalni i individualni

OPIS TOKA AKTIVNOSTI

UVODNI DIO ČASA (5 MIN)

Upoznati učenike s radom Nikole Tesle i prvim na daljinu upravljanim robotskim čamcem. Teslina ideja upravljanja robotom iskorišćena je u istraživanjima svemira za upravljanje robotskim roverima.

Robotika je naučno - tehnička disciplina, čiji je cilj izrada i unapređivanje robota, automatizovanih mašina kojima upravljaju računari, pomoću upravljačkog programa i informacija primljenih preko elektronskih osjetila - senzora.

Naziv nauke koja se bavi robotima smislio je pisac naučne fantastike Ajzak Asimov (Isaac Asimov) koji je takođe definisao osnovna tri zakona robotike, kojih bi se svi roboti trebali držati, a koji glase:

- Robot ne smije ozlijediti ljudsko biće ili nedjelovanjem dozvoliti da se to dogodi.
- Robot mora slijediti naredbe koje mu čovjek da, osim kad je to u suprotnosti s višim zakonom.
- Robot mora štiti svoju egzistenciju, osim kad je to u suprotnosti s višim zakonom.

GLAVNI DIO ČASA (35 MIN)

Pokazati i objasniti sastavne dijelove robota iz dostupnog kita:

- Micro-bit ili drugi dostupni kontrolor
- Elektromotor
- Senzori
- Baterije
- Žični sistem

ZAVRŠNI DIO ČASA (5 MIN)

Ponovo diskutovati prednosti i nedostatke upotrebe robota.

Literatura


1. Dawn A. Tamarkin, Mary A. Moriarty, and Vanessa A. Hill. "Guidebook for Studying and Learning in STEM", STCC Foundation Press, 2010.
2. Dalibor Paar. "Terenska nastava u suvremenom obrazovanju - Priručnik", ZIR - zajednica i razvoj, Hrvatska, 2020
3. Dalibor Paar "Terenska nastava u suvremenom obrazovanju - Kretanje robotika", ZIR - zajednica i razvoj, Hrvatska, 2020
4. STEM Smart Brief. . Improving STEM Curriculum and Instruction: Engaging Students and Raising Standards. Retrieved from <https://successfulstemeducation.org/resources/improving-stem-curriculumand-instruction-engaging-students-and-raising-standards>, 2017.
5. Teaching Council. (2016a). Droichead, An integrated induction framework for newly qualified teachers.(www.teachingcouncil.ie/en/Publications/Teacher-Education/Droichead-Policy.pdf, pristup 12.10.2022)
6. Veronika Brlek, Predrag Oreški (2020). "Edukativni roboti i njihova primjena u obrazovanju", Hrvatski sjever, vol. XV, br. 54
7. Kristian Mørk Puggaard and Line Bækgaard . "Handbook on how to make Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) more appealing to girls and young women", Nordic Council of Ministers, 2016.
<http://dx.doi.org/10.6027/ANP2016-752>
8. Andreea Zendler, Cornelia Seitz, Dieter Klautt. "Instructional Methods in STEM Education: A Cross-contextual Study", EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2018. <https://doi.org/10.29333/ejmste/91482>
9. Grupa autora. "Nastavne prakse za škole 21.vijek", British Council, Sarajevo, 2020.
10. Grupa autora. "Priručnik za edukatore o rodno odgovornom podučavanju", UNICEF, 2021.
11. National Science Foundation. "STEM Education for the Future - A visioning report", 2020.
12. Rongjun Chen, Yani Zheng, Xiansheng Xu, Huimin Zhao, Jinchang Ren and Hong-Zhou Tan."STEM Teaching for the Internet of Things Maker Course: A Teaching Model Based on the Iterative Loop", Sustainability, 12, 5758; 2020, doi:10.3390/su12145758
13. Thingiverse "Armie - Hands-Free Handle"
<https://www.thingiverse.com/thing:4255186>

POGLAVLJE II

EKOLOGIJA I ZELENE TEHNOLOGIJE

mr Slaviša Jelisić, mr Medina Garić, Branko Zlokapa, dipl. ek., Nikola Bojić, dipl. ek.,
dr Ognjenka Zrilić¹

LIR Evolucija



Cilj ovog poglavlja je doprinijeti jačanju svijesti o zaštiti životne sredine, istaći prednosti korištenja zelenih tehnologija, te ukazati na postojeće primjere dobrih praksi u regionu.

Prethodnih 200 godina intenzivnog industrijskog i ekonomskog rasta i razvoja nije se uzimala u obzir šteta prouzrokovana životnoj sredini. Zagađivanje životne sredine je dovelo do narušavanja flore i faune, degradacije ekosistema, enormnog povećanja otpada, te smanjenja prirodnih resursa. Da bi se uticalo na trendove degradacije životne sredine, potrebno je uhvatiti se u koštac sa postojećim ekološkim izazovima uz očuvanje prirodnih resursa, podsticanje zelene ekonomije, te motivisati radikalne promjene u sadašnjim obrascima proizvodnje i potrošnje.

Zelena ekonomija se definiše kao niskokarbonska, resursno efikasna i socijalno inkluzivna. U zelenoj ekonomiji rast zaposlenosti i prihoda podstiče javna i privatna ulaganja u ekonomske aktivnosti, infrastrukturu i imovinu koje omogućavaju smanjene emisije CO₂ i zagađenje, pojačanu energetska i resursnu efikasnost, te sprečavanje gubitka biodiverziteta i ekosistemskih usluga. Zelena ekonomija ima za rezultat poboljšanu društvenu odgovornost, uz značajno smanjenje rizika po životnu sredinu i ekološku degradaciju. Kao širi koncept, zelena ekonomija podrazumijeva zamjenu fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije kako bi se smanjilo zagađenje, potom, energetska efikasnost objekata i proizvodnih procesa kako bi se ostvarile energetske i finansijske uštede, te vraćanje u upotrebu materijala iz otpada u privredi i stvaranje energije iz otpada, i ostale promjene koje bi trebale smanjiti i zaustaviti štetne klimatske promjene i donijeti nove prilike za privredni razvoj. Zelena ekonomija podržava održivi razvoj uz društvene i ekološke promjene koje se trebaju odigrati kako bi se budućim generacijama omogućila zdrava i sigurna budućnost. Svaka država treba da ima plan razvoja zelene ekonomije sa definisanim prioritarnim oblastima uključujući upravljanje otpadom, upotrebu obnovljivih izvora energije, zelenu gradnju, održivu mobilnost i sl.

Cirkularna ekonomija je relativno nov koncept koji ima za cilj razdvajanje ekonomske aktivnosti od potrošnje resursa, tj. fokusira se na postizanje ekonomije sa „nula otpada“ u idealnom modelu. Za razliku od tradicionalnog industrijskog modela „uzmi – koristi

¹ognjenkaz@lir.ba

– baci”, cirkularna ekonomija bazira se na modelu „smanji – popravi – ponovo koristi – recikliraj”. U osnovi, cilj cirkularne ekonomije je sprečavanje nastanka otpada i zagađivanja u svim fazama životnog vijeka proizvoda. U zemljama koje su u početnoj fazi tranzicije ka zelenoj i cirkularnoj ekonomiji, efikasno upravljanje otpadom i povećanje stopa reciklaže su značajan element tih procesa. Resursno intenzivne ekonomije poput BiH imaju potencijal da primjenom modela cirkularne ekonomije ostvare značajne ekonomske koristi. U BiH ne postoji sistemski pristup cirkularnoj ekonomiji, ali je u posljednje vrijeme uočljiv porast inicijativa za promociju i podsticanje cirkularne ekonomije, uključujući i kreiranje regulatornog okvira.

Zelene tehnologije obuhvataju sredstva, opremu, tehničke i tehnološke postupke za zaštitu životne sredine ili sanaciju i remedijaciju već oštećenih ekosistema. Pojam zelenih tehnologija je veoma širok i obuhvata oblasti kao što su obnovljivi izvori energije, saobraćaj (biogoriva i gorive ćelije), te tehnološka područja kao što je elektronika (nove vrste mikročipova, „inteligentne” energetske mreže), elektronske komunikacije (telekonferencije, rad na daljinu izvan kancelarije), te energetske efikasne tehnologije (recikliranje, toplotne izolacije i sl). Zelene tehnologije imaju značajnu ulogu, pored smanjenja troškova, i za povećanje društvene odgovornosti u kontekstu zaštite prirode i okoliša. Radi se o tehnologijama kod kojih je proces proizvodnje ili lanac nabavke ekološki prihvatljiv.



Zelene tehnologije su široko primjenljive u brojnim područjima zaštite životne sredine. Neke od mogućnosti primjene u našem regionu su sljedeće:

- Prečišćavanje otpadnih voda kroz ključne tehnologije su membranska filtracija, mikrobne gorive ćelije, nanotehnologije, razvoj bioloških tretmana i prirodnih sistema za preradu. Svi ovi procesi se koriste za dobijanje pitke vode ili za značajno smanjenje prisutnosti zagađivača koji se ispuštaju u rijeke.
- Recikliranje otpada – izgradnja potrebne infrastrukture, sortirnice i reciklažnih centara, te organizacija sistema sortiranja i reciklaže je od značaja i za poslovne subjekte i za građane.
- Proizvodnja energije iz otpada - tehnološka rješenja za preradu otpada koja generišu energiju u formi pare, biogasa, tople vode ili električne energije.
- Korištenje sunčeve energije kroz ključne tehnologije su visokovakuumska cijev za vruću vodu, polipropilenski kolektor za toplu vodu, fotonaponski kolektor za proizvodnju električne energije i solarne ulične svjetiljke.

U kontekstu zelenih tehnologija, značajno je ukazati na oblasti upravljanja otpadom i obnovljivih izvora energije, s obzirom na veliki potencijal za unapređenje u ovim sektorima u Bosni i Hercegovini.

1. UPRAVLJANJE OTPADOM

Upravljanje otpadom podrazumijeva provođenje mjera za postupanje s otpadom vezano za sakupljanje, transport, skladištenje, tretman i odlaganje, uključujući nadzor nad pomenutim aktivnostima i brigu o postrojenjima za upravljanje otpadom. Redosljed prioriteta u upravljanju otpadom je hijerarhija upravljanja otpadom, a obuhvata sljedeće aktivnosti:

- a) Prevencija stvaranja otpada i smanjenje korišćenja resursa/količina i/ili opasnih karakteristika,
- b) Ponovna upotreba proizvoda za istu ili drugu namjenu,
- c) Reciklaža/ tretman otpada u cilju dobijanja sirovine za proizvodnju istog ili drugog proizvoda,
- d) Iskorišćenje vrijednosti otpada (kompostiranje, energetska iskorištavanje i sl.),
- e) Odlaganje otpada deponovanjem ukoliko ne postoji drugo odgovarajuće rješenje.



Otpad se može klasifikovati kao komunalni (kućni) otpad, komercijalni i industrijski otpad. U zavisnosti od svojstava/karakteristika koje utiču na zdravlje ljudi i životnu sredinu, otpad se može klasifikovati kao neopasan, inertan i opasan.

U našoj zemlji se još uvijek primjenjuje najnepopularniji sistem postupanja s otpadom, odnosno odlaganje na deponiju. U Bosni i Hercegovini je 2020. godine generisano 1.206 hiljada tona komunalnog otpada (odnosno 354 kg po stanovniku), pri čemu je 1.101 hiljada tona otpada dospjelo na kontrolisana odlagališta. Od toga je, kao opcija zbrinjavanja, trajno odloženo 98,9% otpada. Poređenja radi, u EU je 2020. godine prosječno generisano 505 kg komunalnog otpada po stanovniku, od čega je 47,8% reciklirano (Eurostat). Ovakvi podaci ukazuju na značajan nedostatak kapaciteta za sortiranje i recikliranje otpada u BiH. Pored nedostatka objekata i infrastrukture za sortiranje i reciklažu, ne postoje finansijski podsticaji kao motiv građanima da razvrstavaju svoj otpad, a svijest javnosti o značaju pravilnog upravljanja otpadom je još uvijek na niskom nivou.

Kada se radi o prekograničnom prometu neopasnog otpada, u 2020. godini iz BiH je izvezeno 812.323 tona, dok je uvezeno 29.029 tona neopasnog otpada. Ovaj podatak ukazuje da se iz otpada generisanog u BiH vrijednost dominantno stvara u drugim zemljama koje imaju bolju infrastrukturu, ali i prosječno veće cijene sirovina u odnosu na BiH. Generisani otpad koji nije sakupljen doprinosi stvaranju divljih deponija. Trenutno postoji više od 1.400 divljih deponija u BiH i procjene su da se njihov broj i dalje povećava, uprkos postojećim inicijativama za zatvaranjem takve vrste odlagališta. Kada se radi o industrijskom i opasnom otpadu, procjene iz 2018. godine ukazuju da se samo do 10% od ukupne količine tretira i koristi kao sekundarna sirovina.

2. PRIMJERI ZELENIH TEHNOLOGIJA U UPRAVLJANJU OTPADOM

Zaštita životne sredine, uticaj na klimatske promjene i nedostatak prirodnih resursa su ključni globalni izazovi našeg doba. BiH, kao i druge zemlje u razvoju, se suočava sa problemima kao što su visok stepen zagađenja vazduha, otpadnih voda, zemljišta, te rastućim količinama otpada. Zelene tehnologije, proizvodi i procesi, doprinose savladavanju navedenih izazova. Preduzeća koja poslovanje zasnivaju na

principu društvene odgovornosti poseban naglasak stavljaju na korištenje zelenih tehnologija u proizvodnim i uslužnim procesima. Zelena tehnološka rješenja sve više se implementiraju kao poslovne prakse u preduzećima što doprinosi zaštiti životne sredine, ali i imidžu preduzeća kao društveno odgovornog i ekološki osvještenog. U nastavku su primjeri dobrih praksi - zelenih tehnologijau oblasti upravljanja otpadom.

2.1. Izolacioni paneli od prirodne vune

Izolacioni paneli od prirodne vune su interesantan primjer zelene tehnologije koja ima veliki potencijal za iskorištenje u BiH. Upotreba vune kao prirodnog materijala je u značajnoj mjeri zapostavljena, a njen potencijal je uglavnom neiskorišten. Prema procjenama u BiH je dostupno oko 1.400 tona sirove strižene vune na godišnjem nivou, od čega se koristi samo oko 20 tona.

Ovčija vuna se najbolje može iskoristiti kao izolacioni materijal. Vlakna vune predstavljaju odličan toplotni izolator, a omogućavaju i superiornu zvučnu zaštitu. Izolacija od prirodne vune je posebno praktična za škole, kancelarije i druge prostorije u kojima je važno održati koncentraciju i stvoriti zaštitu od buke. Termičke i zvučne karakteristike panela od prirodne vune su bolje od panela od mineralne vune, čime se može opravdati nešto viša cijena ovih proizvoda. Vuna ima svojstvo da apsorbira toksine iz drugih materijala u građevini koji nisu prirodni, kao i vodenu paru koja uzrokuje vlagu u zgradama, bez promjene svojih svojstava. Od posebnog značaja je da su vlakna ovčje vune zapaljiva tek na izuzetno visokim temperaturama što doprinosi otpornosti građevine na požare. Regulativa o zaštiti od požara propisuje ograničenja u upotrebi stiropora na objektima više spratnosti, čime je značajno povećan potencijal tržišta izolacionih panela od prirodne vune.

Vuneni izolacioni materijal ekološki je mnogo prihvatljiviji od konvencionalnih, umjetno proizvedenih izolacijskih materijala. Prednost panela od vune je i u mogućnosti reciklaže, čime se daje doprinos

cirkularnosti proizvoda. Nakon završetka životnog ciklusa građevine i odlaganja na deponiju, paneli od prirodne vune se brzo razgrađuju i ne zagađuju zemljište. Paneli od prirodne vune su značajni u kontekstu tranzicije građevinskog sektora na principe cirkularne ekonomije, kao jedan od elemenata „zelene“ izgradnje objekata. Upotreba materijala od vune doprinosi smanjenju korištenja panela od stiropora koji se dobija kao prerađevina fosilnih goriva i čija proizvodnja i odlaganje na deponije ima negativne efekte na životnu sredinu. Značajno je istaći i širi društveni efekat proizvodnje izolacionih panela od prirodne vune koji se ogleda u mogućnosti angažovanja mreže malih uzgajivača ovaca i neformalnog sektora kroz organizovano prikupljanje i otkup sirove strižene vune. Ovi modeli proizvodnje su značajni zbog davanja ekonomske vrijednosti prirodnoj sirovini koja se nedovoljno upotrebljava i u velikim količinama se odlaže kao otpad. Upotreba izolacionih panela od prirodne vune čiji proces proizvodnje je bez otpada, ne rezultuje visokim emisijama CO₂, te doprinosi smanjenju uticaja građevinskog sektora na životnu sredinu.



Slika 1. Izolacioni paneli od prirodne vune

2.2. Reciklaža elektronskog i električnog otpada

Ubrzan tehnološki razvoj posljednjih decenija doveo je do povećanog stvaranja električnog i elektronskog otpada. Ovaj otpad je problematičan zbog sve bržih i jeftinijih tehnologija koje podstiču potrošače na čestu zamjenu elektronskih uređaja što rezultuje sve većom količinom otpada. Moderni trendovi u dizajniranju i proizvodnji elektronske opreme doprinose vještačkom skraćanju ciklusa trajanja proizvoda i stvaranju elektronskog i električnog otpada te njegovog dugoročnog porasta.

Podaci istraživanja programa za okolinu Ujedinjenih nacija pokazuju da količina elektronskog otpada koji se proizvede svake godine iznosi 50 miliona tona, dok se samo 20% ovog otpada zvanično reciklira. Ogromne količine elektronskog otpada završavaju na deponijama, dok se manji dio otpada nezvanično reciklira uglavnom manuelnom metodom u zemljama u razvoju, pri čemu su radnici na reciklaži izloženi opasnim i kancerogenim materijama iz otpada. Elektronski i električni otpad sadrži visok udio komponenti proizvedenih od toksičnih materijala (npr. olovo, živa, hrom, kadmijum, berilijum, PVC, barijum), te njegovo tretiranje i zbrinjavanje može imati negativan uticaj na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Opasne materije iz ovog otpada odložene na deponijama kontaminiraju zemljište i podzemne vode, ugrožavajući lance ishrane i izvore vode. Elektronska i električna oprema plasirana na tržište BiH je 2018. godine iznosila 35.783 tona, što predstavlja oko 10,1 kg po stanovniku. Ukupno generirani električni

i elektronički otpad u BiH je 2018. godine iznosio 26.447 tona odnosno oko 7,5 kg po stanovniku, uz stalno rastući trend od 2005. godine.

Električni i elektronski otpad sadrži visok udio reciklabilnih i ponovo iskoristivih materijala (npr. gvožđe, bakar, aluminijum, srebro, zlato, rijetki metali) i ima veliki značaj kao izvor sekundarnih sirovina. Jedan od najvažnijih razloga recikliranja je očuvanje životne sredine i smanjivanje otpada na deponijama. Pored uticaja na zdravlje i zagađenje, neadekvatno upravljanje elektronskim otpadom dovodi do značajnog gubitka vrijednih sirovina, kao što su zlato, platina, kobalt i rijetkih zemnih metala. Procjene su da je čak 7% svjetskog zlata trenutno sadržano u elektronskom otpadu, te da tona elektronskog otpada sadrži 100 puta više zlata od tone zlatne rude. Kako bi se poboljšalo upravljanje elektronskim i električnim otpadom i povećala efikasnost resursa, neophodno je poboljšati prikupljanje, tretman i recikliranje otpada. Aktivnostima reciklaže elektronskog i električnog otpada se doprinosi zaštiti životne sredine, smanjivanju otpada na deponijama, a stvaraju se i mogućnosti uključivanja neformalnog sektora. Dodatna vrijednost se stvara kroz mogućnost upotrebe recikliranih materijala kao sekundarnih sirovina čime se doprinosi produženju vijeka upotrebe i trajanja proizvoda.

Preduzeće Lucius d.o.o. iz Viteza je 2013. godine uspostavilo „pilot“ projekat recikliranja električnog i elektronskog otpada u BiH. Preduzeće osjeduju posjeduje mašine i infrastrukturu za reciklažu matičnih ploča, kablova, elektromotora, industrijskih i kućnih uređaja, te opremu za odvajaju odvajanje plemenitih i obojenih metala. Najveći dio elektronskog i električnog otpada (oko 75%) uvoze iz inostranstva,

dok se ostatak nabavljaju na domaćem tržištu. Godišnje a godišnje prerade između 300 i 500 tona otpada. Nerazvijen sistem upravljanja električnim i elektronskim otpadom u BiH ograničava mogućnosti korištenja domaćeg otpada u procesima tretmana u preduzeću.

2.3. Reciklaža sekundarnih sirovina

U kontekstu upravljanja otpadom značajno je ukazati i na recikliranje sekundarnih sirovina kao što su papir, staklo, metal, plastika i guma, čime se značajno doprinosi smanjenju količina otpada na deponijama i dobija sirovina za proizvodnju novog proizvoda. Od ključnog značaja za proces reciklaže je odvojiti otpad prema vrstama. Najveće količine papira se koriste jednokratno nakon čega iskorišteni papir završava kao otpad. Prvi korak u korištenju starog papira za ponovnu upotrebu je prikupljanje i zatim sortiranje. Da bi papir bio kvalitetan kao sirovina za reciklažu treba da se skuplja odvojeno od ostalog otpada. Reciklirani papir se pretvara u nove proizvode (npr. novine, knjige, kancelarijski papir i sl.). Reciklaža papira omogućava značajnu uštedu energije jer se čak 50 % manje energije troši ukoliko se papir proizvodi preradom iz starog papira umjesto preradom drveta. Papir koji se ne smije reciklirati je kontaminirani papir iz zdravstvenih ustanova, higijenski papiri, papiri koji su bili u kontaktu sa hemikalijama ili hranom i sl. Takvi papiri se smatraju otpadom i zbrinjavaju najčešće spaljivanjem.

Staklo čini veliki dio kućnog i industrijskog otpada. Proces recikliranja stakla često uključuje razdvajanje stakla

prema boji. Staklo predstavlja idealan materijal za recikliranje jer se praktično može beskonačno reciklirati i ponovo upotrebljavati. Reciklažom stakla se doprinosi očuvanju prirodnih sirovina (upotrebom 1000 kg starog stakla uštedi se 700 kg pijeska, 200 kg kalcita, 200 kg sode), uštedi energije (utrošak energije pada za 2-3% za svakih 10% udjela starog stakla u smjesi), zaštiti životne sredine i smanjenju staklenog otpada na deponijama. Procjena je da svaka tona stakla reciklirana za proizvodnju novog stakla sačuva oko 315 kg ispuštenog CO₂ u odnosu na konvencionalni način proizvodnje stakla od pijeska.

Kada se radi o reciklaži metala, najčešće se reciklira željezo i aluminijum. Proizvodi od aluminijuma i željeza su u velikoj mjeri reciklabilni i iskoristivi, a njihovom reciklažom se može uštediti do 95% energije potrebne za proizvodnju novih materijala. Metali imaju visok procenat ponovne iskoristivosti, željezo čak do 100%.

U odnosu na metal ili staklo, proces recikliranja plastike je dosta kompleksniji zbog velike količine bojila, primjesa i dodataka u plastici, te različitih fizičko-hemijskih osobina pojedinih plastičnih materijala što negativno utiče na proces reciklaže. Jedan od problema pri preradi plastičnog otpada je identifikacija i sortiranje plastike prema vrstama. Sortiranje se može vršiti u reciklažnim centrima gdje se primjenjuju sistemi mehaničkog sortiranja ili prikupljeni plastični otpad razdvajaju radnici na pokretnoj traci. Pored ovoga, postoji i razdvajanje u domaćinstvima, koje doprinosi ukupnoj efikasnosti procesa reciklaže plastike.

Plastične mase se dijele na termoplastične i termoreaktivne. Termoplastične mase reaguju na promenu temperature i

zagrijavanjem omekšavaju, a hlađenjem se vraćaju u prvobitno stanje. Termoreaktivne mase na višim temperaturama prvo postanu plastične, a potom otvrdnu, te ne mogu omekšati, rastopiti se i ponovo se oblikovati. Uglavnom termoplastične mase su polimeri na bazi polivinilhlorida (PVC), polietilena (PE), polipropilena (PP), poliamida (PA), polistirola (PS), akrilobutadien stirola (ABS), poliuretana, polikarbonata i sl. Termoreaktivne mase su polieterske i epoksidne smole, aminoplasti, bakelit (fenoplasti) i sl.

Reciklažom sekundarnih sirovina se doprinosi zaštiti životne sredine te iskorištavanju otpada kroz prikupljanje, otkup i odvajanje upotrebljivih komponenti i dijelova raznih vrsta otpada od otpada koji se zbrinjava na deponijama. Odvojene upotrebljive komponente se ponovo iskorištavaju u različitim proizvodnim procesima.

Preduzeće Aida Commerce d.o.o. iz Sarajeva se bavi otkupom i reciklažom sekundarnih sirovina prvenstveno otpadnog željeza, aluminijuma, bakra, akumulatora i sl. Takođe vrši reciklažu PET ambalaže, plastike, papira, najlona, kartona, tretman otpadnih i zauljenih voda, te se bave zbrinjavanjem opasnog i neopasnog otpada, kao i medicinskog otpada. U toku 2021. godine, preduzeće je investiralo u proširenje kapaciteta, te izgradilo novo reciklažno dvorište u okviru kojeg se planira reciklaža električnog i elektronskog otpada u cilju jačanja ekološke svijesti građana i društva u cjelini. Otpad se prikuplja od fizičkih i pravnih lica koja dostavljaju otpad u već postojeće reciklažno dvorište, te dobijaju naknadu po kilogramu dostavljenog otpada. Tretman otpadnih voda obuhvata prečišćavanje do tehnički čiste vode koja može da se ispušta u sistem odvođenja voda, dok se

preostali otpadni mulj i emulzije izvoze radi dalje obrade ili zbrinjavanja u zemljama EU. Medicinski otpad se u preduzeću sterilizuje i tretira u prah koji je bezopasan za dalje odlaganje ili upotrebu u spalionicama u inostranstvu.

2.4. Reciklaža gume

Recikliranjem guma se omogućava stvaranje novih vrijednih proizvoda od otpadnih guma. Otpadne gume se mogu u potpunosti reciklirati, a njihove tehničke i hemijske karakteristike ih čine vrijednim sirovinama. Otpadne gume u sekundarnoj fazi obrade se mogu koristiti u obliku cijelih guma, komada, granulata ili u formi prašine. U fazi obrade, otpadne gume se sijeku na komade, te postepenim usitnjavanjem prolaze kroz postupak separacije pri čemu se odvajaju gumeni dijelovi od drugih materijala i sastavnih komponenti (npr. čelik, tekstil). Proces reciklaže gumenog otpada je 100% ekološki prihvatljiv, tj. prilikom recikliranja ne stvara se nikakva otpadna materija ni zagađenje.

Primjena granulata dobijenog procesom reciklaže gume je moguća u raznim sektorima, te su mogućnosti industrijske simbioze značajne. Granulat može da se koristi u saobraćaju (kao dodatak asfaltu radi veće sigurnosti kočenja, smanjenja buke, izrada saobraćajne infrastrukture/signalizacije, dijelova za automobile, pružnih prelaza), građevinarstvu (obloge za izolaciju krovova, zvučne barijere, vodootporne membrane, gumene cijevi), za sport i rekreaciju (podloge za sportske terene i igrališta), domaćinstva (gumeni proizvodi za domaćinstvo, zaštitni podni pokrivači, predmeti za hortikulturu) i sl. U Bosni i Hercegovini još uvijek nisu implementirana postrojenja za u potpunosti

ekološki prihvatljivu reciklažu guma fizičkom metodom odnosno mehaničkim usitnjavanjem. Ovim postupkom se ne stvara nikakva dodatna otpadna supstanca, a od značaja je da nema nikakvih propratnih emisija u životnu sredinu. U Bosni i Hercegovini su pokretane inicijative za reciklažu guma hemijskom metodom pirolize koje ima određene nedostatke u smislu da dolazi do stvaranja otpadnih gasova koje potom treba zbrinuti. Piroliza je toplotni hemijski proces razdvajanja makromolekula uz očuvanje veza između ugljenika i hidrogena uz visoku temperaturu bez prisutnosti kiseonika. Piroliza se uglavnom vrši pod pritiskom i temperaturom većom od 430 °C. Krajnji nusproizvodi procesa pirolize otpadnih guma su razni gasoviti proizvodi (CO₂), tekući (različita ulja) i čvrsti proizvodi (pepeo), te toplotni gubici.

Hlađenjem otpadnog gasa kondenzuje se tekućina, odnosno bioulje koje se kasnije može koristiti kao lož ulje ili dizel gorivo, za proizvodnju maziva te za proizvodnju ugljičnih vlakna. Preduzeće Eco-Recycling d.o.o. posluje od 2009. godine kao prva fabrika u Srbiji koja se bavi reciklažom otpadnih automobilskih i teretnih guma, te drugog gumenog otpada. Reciklažni kompleks se prostire na 54500 m², a obuhvata plato i odvojene otvorene boksove za skladištenje i manipulaciju otpadnim gumama (3600 m²), kao i proizvodne objekte (3200 m²) u kojima je instalirana moderna oprema za reciklažu otpadnih guma. Fabrika ima proizvodnu liniju za gumeni granulata kapaciteta prerade od 36.000 tona gumenog otpada godišnje, kao i liniju za proizvodnju najsitnijeg gumenog granulata dimenzija 0-1 mm, čistoće do 99%.

3. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Obnovljiva energija je termin koji se koristi kako bi se opisali energetski izvori obnovljivi prirodnim procesima u dovoljno kratkom vremenskom periodu tako da ih ljudi mogu koristiti manje ili više neograničeno. Za razliku od fosilnih goriva čije zalihe se iscrpljuju jer je brzina korištenja značajno veća od brzine nastajanja i za čije obnavljanje je potrebno više vijekova,

zalihe obnovljivih izvora se ne mogu istrošiti. Korištenjem obnovljivih izvora se doprinosi zaštiti životne sredine, jer su to izvori čiste energije koja ne zagađuje. Veliki broj zemalja u okviru energetskih politika podstiče izgradnju postrojenja obnovljivih izvora energije kako bi osigurale rast udjela obnovljivih izvora energije u energetskom miksu.

Obnovljivi izvori energije su:

- energija Sunca (solarna energija),
- energija vjetra,
- biomasa (obnovljivi organski materijal koji se može koristiti u proizvodnji energije),
- energija hidro-potencijala (rijeke, morski talasi),
- geotermalna energija (energija dobijena iz toplote unutrašnjosti Zemlje u obliku tople vode ili pare),
- ostali obnovljivi izvori energije (plima/oseka, biogoriva).

BiH ima značajne potencijale za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Procjene su da ukupan potencijal energije iz obnovljivih izvora može da zadovolji polovinu godišnjih energetske potrebe. Korištenjem biomase BiH bi godišnje mogla proizvesti 18 TWh, korištenjem geotermalnih izvora 40,5 GWh električne energije; hidro-potencijal iznosi 6,8 GW, vjetro-potencijal 2 GW, a potencijal solarne energije 33 MW godišnje.

U BiH se najviše koristi hidroenergija za proizvodnju električne energije, te biomasa u obliku ogrjevnog drveta, peleta, briketa i drvene sječke za proizvodnju toplotne energije. Korištenje hidropotencijala (oko 2440 MW) u odnosu na postojeći raspoloživi potencijal (oko 6126 MW) je približno 40%.

S obzirom da je više od 50% teritorije Bosne i Hercegovine pod šumom, biomasa drveta takođe ima značajan energetski potencijal. U Bosni i Hercegovini više od 50 proizvođača proizvede oko 300.000 tona peleta i briketa godišnje koji se uglavnom izvozi na EU tržište, gdje se prodaje po višoj cijeni u odnosu na lokalno tržište.

Godišnji prosjek insolacije na sjeveru Bosne i Hercegovine iznosi oko 1200 kWh/m² odnosno oko 3,5 kWh/m² dnevno. Kod upotrebe solarne energije treba razlikovati proizvodnju toplotne energije putem solarnih panela ili kolektora, te proizvodnju električne energije putem fotonaponskih panela. Kada je u pitanju proizvodnja toplotne energije, solarne energija se može koristiti za zagrijavanje potrošne vode, prostora, a takođe i u industriji (procesu sušenja). Korištenje solarne energije za proizvodnju toplotne energije je od značaja za veće potrošače u predjelima sa većim brojem sunčanih dana, ali ova tehnologija do sada u BiH nije imala značajniju primjenu. Kada se radi o

fotonaponskim panelima za proizvodnju električne energije, ovakvi sistemi su razvijeni kod nas. U BiH je već izgrađeno više od 140 fotonaponskih elektrana za proizvodnju električne energije.

U posljednje vrijeme se u BiH javlja interesovanje za korištenjem geotermalne energije. Neki od značajnih izvora geotermalne vode prema izdašnosti u FBiH nalaze se na Ilidži (100 kg/s), u Gračanici (100 kg/s), u Olovu (80 kg/s) i u Fojnici (162 kg/s), a u RS se nalaze se u Spreči (230 kg/s), Laktašima (100 kg/s), Banjoj Luci (90 kg/s) i Višegradu (80 kg/s). S obzirom na temperaturni nivo, najveće temperature geotermalne vode u FBiH pronađene su u Domaljevcu (92 °C), na Ilidži (57,5 °C) i u Kaknju (54 °C), a u RS u Bijeljini (75 °C), Bosanskom Šamcu (44 °C) i Tesliću (38 °C). U BiH najveći dio geotermalnih izvora spada u kategoriju niskotemperaturnih izvora sa temperaturama ispod 90 °C. Samo jedan izvor u čitavoj BiH spada u kategoriju srednetemperaturnih izvora (od 90 °C do 150°C), dok u BiH visokotemperaturnih izvora (iznad 150 °C) i nema, prema dosadašnjem nivou istraženosti. Iz potencijala geotermalne energije u BiH moguće je pokrivati različite potrebe za energijom; od toplote za grijanje i pripremu potrošne tople vode, preko rashladne energije za hlađenje do proizvodnje električne energije putem tehnologije za kogeneraciju koja omogućava korištenje niskotemperaturnih izvora energije kao što su geotermalne vode u BiH. Većina projekata geotermalnih elektrana kombinuju proizvodnju električne energije i direktnu primjenu toplote u druge svrhe, kako bi se poboljšala ekonomičnost projekta, ali i iskoristivost elektrane. Korištenjem geotermalne energije za grijanje prostora smanjuje se potrošnja konvencionalnih energenata (npr. fosilnih

goriva) što ima pozitivan uticaj na životnu sredinu. U posljednje vrijeme sve se više koriste i geotermalne toplotne pumpe koje zimi služe za grijanje prostora, ljeti za hlađenje, a tokom cijele godine za pripremu tople potrošne vode.

Razvoj obnovljivih izvora energije važan je iz više razloga: imaju važnu ulogu u smanjenju emisije ugljičnog dioksida

(CO₂) u atmosferu; obaveza BiH da zamjeni konvencionalne izvore energije s obnovljivim izvorima energije te na taj način poveća energetska održivost; pomaže u poboljšavanju sigurnosti distribucije energije na način da smanjuje zavisnost o uvozu energetskih sirovina i električne energije.

4. PRIMJERI ZELENIH TEHNOLOGIJA ZA KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA

U prirodi je energija često pohranjena u obliku koji se ne može neposredno koristiti, te se primarni oblici energije trebaju transformisati u korisne oblike energije koje direktno mogu koristiti krajnji potrošači energije.

Energetska tranzicija je dugoročan proces transformacije konvencionalnog energetskog sektora zasnovanog na korištenju fosilnih goriva ka sistemu baziranom na proizvodnji energije iz obnovljivih izvora, te povećanja energetske efikasnosti u cijelom lancu

proizvodnje, distribucije i potrošnje energije. Energetska tranzicija će imati značajan uticaj na poslovanje preduzeća u BiH. Pored rasta cijena električne energije koje će se negativno odraziti na poslovanje, preduzeća iz BiH su direktno pod uticajem energetske tranzicije koja se provodi u EU. Mapa dekarbonizacije energetskog sektora zemalja članica Energetske zajednice sa ključnom komponentom uvođenja mehanizma za plaćanje prava na emitovanje CO₂ je usvojena krajem 2021. godine.

Preduzeća iz BiH će prilikom izvoza robe u EU morati da deklarišu „karbonski otisak“ svojih proizvoda. Karbonski otisak je ukupna količina emitovanih gasova staklene bašte (eng. greenhouse gases - GHG) proizvedenih direktno ili indirektno

od strane pojedinaca, organizacija ili u toku procesa proizvodnje. Preduzeća će morati uvesti prakse efikasnog upravljanja energijom, poboljšanja energetske efikasnosti i korištenja obnovljivih izvora energije kako bi smanjila

„karbonski otisak“ proizvoda, te povećala produktivnost i konkurentnost. Utrošak energije i njeno korištenje su u direktnoj vezi sa konkurentnošću preduzeća. Da bi odgovorila na zahtjeve tržišta, lokalna preduzeća su zainteresovana da bolje upravljaju energijom, postanu energetska samoodrživa i snize troškove poslovanja. Zelene tehnologije su doživjele svoju

ekspanziju kroz povećano korištenje energije iz obnovljivih izvora. U nastavku su primjeri dobrih praksi - zelenih tehnologija u korištenju obnovljivih izvora energije.

4.1. Fotonaponska elektrana

Fotonaponske elektrane omogućavaju pretvaranje sunčeve energije u električnu i predstavljaju jedan od najelegantnijih načina korištenja energije Sunca. Fotonaponski sistemi mogu se podijeliti u dvije osnovne grupe: a) samostalni ili izolovani sistemi (eng. off-grid) u kojima se proizvedena električna energija čuva najčešće u baterijama ili akumulatorima te koristi za sopstvenu upotrebu; b) danas su sve rasprostranjeniji mrežni sistemi (eng. on-grid ili grid tied) koji proizvedenu električnu energiju predaju u elektroenergetski sistem.

Fotonaponski sistem se sastoji od više modula koje sačinjavaju solarne ćelije. U solarnoj ćeliji sunčeva svjetlost se pretvara u električnu energiju pomoću fotonaponskog efekta. Svjetlost uzrokuje otpuštanje određenih nosača naboja. Kretanjem tih čestica stvara se električna energija. Razlikuju se dvije vrste solarnih ćelija: monokristalne i polikristalne ćelije. Solarne ćelije su međusobno povezane u veće cjeline koje se nazivaju fotonaponske ploče ili fotonaponski moduli. Fotonaponske ploče osiguravaju mehaničku čvrstoću, i zaštitu solarnim

ćelijama od kontakta, vanjskih uticaja i korozije. Osim fotonaponskih ploča, ovaj sistem se sastoji se od pretvarača (inverter), baterije za skladištenje električne energije, regulatora punjenja baterije i dovoda energije potrošačima, zaštitnih uređaja, nosača modula i potrebnih električnih instalacija.

Investicija u fotonaponske panele doprinosi smanjenju troškova električne energije, osiguran je nesmetan proces proizvodnje, i obezbjeđena je energetska samoodrživost. Prema trenutnim cijenama, rok otplativosti je 6-7 godina, a uz predviđena povećanja cijena električne energije ovaj rok će se i skratiti. S druge strane, doprinosi se i očuvanju životne sredine s obzirom da se smanjuju emisije CO₂.

Kao primjer može poslužiti preduzeće Madi iz Tešnja, sa fotonaponskim panelima koji su instalirani na krovnoj površini od 5.500 m² koji omogućavaju proizvodnju električne energije dovoljnu da pokrije oko 15% godišnje potrošnje preduzeća. Prema trenutnoj procjeni, Madi će proizvoditi 1147 MWh električne energije godišnje, što će direktno doprinijeti smanjenju emisije CO₂ za oko 900 tona. Planirano je dodatno ulaganje u povećanje solarne

elektrane za još 1 MWh, koje bi omogućilo proizvodnju oko 30% potrebne električne energije iz vlastitih izvora. Preduzeće je izgradilo najveću solarnu elektranu u BiH za proizvodnju električne energije za vlastite potrebe. Podrška u implementaciji ovog projekta je dobijena kroz EU4AGRI projekat, u iznosu od 300.000 KM, dok je vrijednost investicije u ukupnom iznosu bila 600.000 KM.

4.2. Biogasna elektrana

Jedno od obećavajućih energetske rješenja je proizvodnja biogasa anaerobnom razgradnjom organskog otpada, naročito iskorištenjem organskog đubriva nastalog kod tova i uzgoja životinja, te drugih ostataka iz poljoprivredne proizvodnje. Za proizvodnju biogasa pogodan je svaki biorazgradivi materijal (stajnjak, biomasa, kanalizacijski mulj, organski komunalni otpad i sl.). Biomasa kao osnova, spada u sirovinu od koje se najviše očekuje u proizvodnji obnovljive energije. Proizvodnjom biogasa iz stajnjaka, farme mogu postati značajni proizvođači energije i smanjiti emisiju gasova staklene bašte sprečavajući odlazak metana u atmosferu.

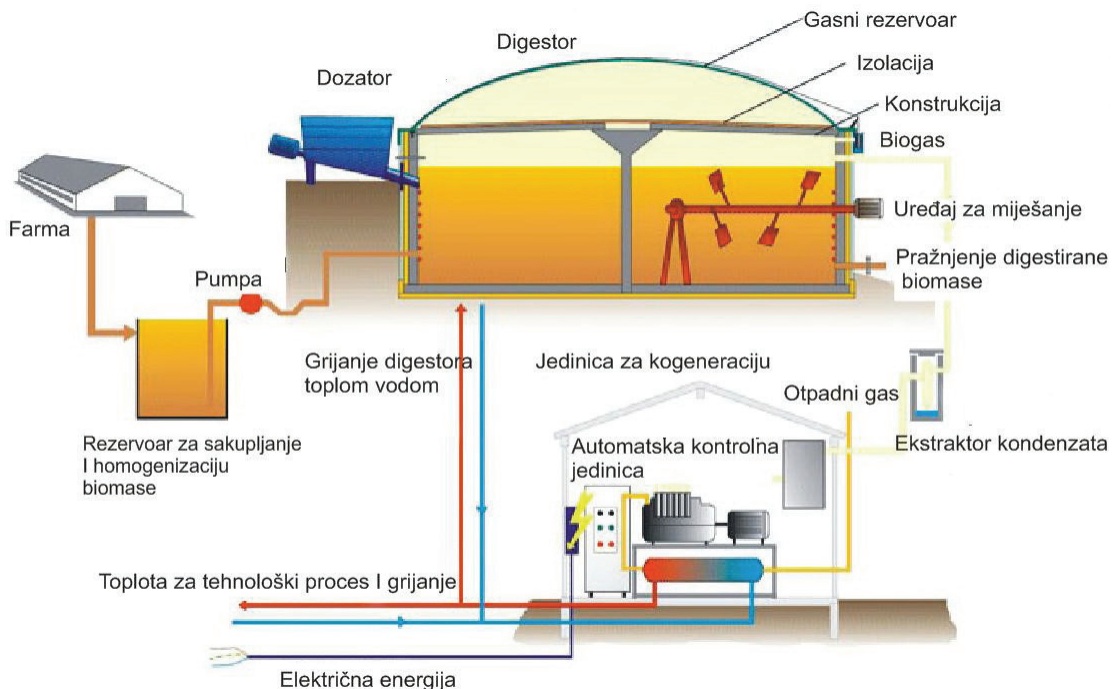
Anaerobna digestija je proces razgradnje organskog otpada u kome nastaje biogas. Biogas je zapaljivi gas proizveden biološkim procesom, odnosno procesom anaerobne razgradnje ili fermentacije na niskim temperaturama bez prisustva vazduha. Biogas, u gruboj analizi, sadrži 55-80% metana (CH_4), 20-40 % ugljen dioksida (CO_2), u tragovima sumporovodika (H_2S) i ostale primjese.

Proces anaerobnog razlaganja se dešava u dvije faze. U početku organski dio stajnjaka se razlaže u seriju masnih kiselina. Ova faza se naziva kiselinska faza, a odvija se uz pomoć kiselinskih bakterija. Druga faza se odvija uz pomoć posebne grupe bakterija koje proizvode metan i konvertuju kiseline u metan i ugljen dioksid. Bakterije koje proizvode metan su anaerobne i ne mogu djelovati u sredini u kojoj se nalazi kiseonik. One najbolje funkcionišu na temperaturi od 350 °C, pri čemu se dobija najveća količina gasa. Metanogene bakterije sporije rastu nego kiselinske bakterije i one su veoma osjetljive na pH sredine (optimalni pH je 6.8-7.4). Bakterije proizvođači kiselina rastu brže i stvaraju veću količinu isparljivih kiselina što je sadržaj organske materije u digestoru veći. Nakupljanje velike količine kiselina smanjuje pH, sprečavajući razvoj metanskih bakterija i zaustavljajući proizvodnju gasa. Zbog toga treba voditi računa o pH vrijednosti.

Proces proizvodnje biogasa se može realizovati u relativno jednostavnim postrojenjima primjenljivim u ruralnim područjima. Nakon više sedmica digestije iz digestora izlazi biogas i tečno-viskozna masa – tzv. digestat ili đubrivo.

Ovaj nusproizvod digestije prolazi kroz separacioni proces gdje se sa jedne strane izdvaja tečni a sa druge strane čvrsti digestat, pri čemu se oba koriste kao visokokvalitetna organska đubriva u poljoprivredi. Iz biogasa se može dobiti energija (električna, toplotna, gorivo za vozila). Biogasne elektrane obično proizvode električnu i toplotnu energiju

koju uglavnom koriste za vlastite potrebe. Funkcionalnost biogasne elektrane se ogleda u procesu industrijske simbioze, gdje nusproizvod jedne proizvodnje (npr. stajnjak), postaje glavni proizvod u jednoj novoj proizvodnji. Ovakva postrojenja doprinose zaštiti životne sredine u lokalnoj zajednici.



Slika 2. Primjer postrojenja za proizvodnju biogasa

Kao primjer može poslužiti preduzeće Gold MG iz Šamca, koje posjeduje prvo postrojenje ove vrste u BiH. Preduzeće posluje u sektoru poljoprivredne i stočarske proizvodnje. Kroz biogasnu elektranu preduzeće je od stajnjaka, čija je manipulacija ranije uzrokovala značajne novčane izdatke, dobilo četiri veoma konkurentna proizvoda na domaćem ali i

stranom tržištu, a to su: električna energija, toplotna energija, čvrsti stajnjak i tečni stajnjak. Na ovaj način su smanjeni troškovi za manipulaciju stajnjakom, otvoren je novi proizvodni pogon sa novim radnim mjestima i učinjen je značajan korak za zaštitu i očuvanje životne sredine.

4.3. Geotermalni sistem za grijanje/hlađenje

Prednost eksploatacije održivih i obnovljivih vodenih resursa – hidrogeotermalne energije je u lakom načinu korišćenja uz relativno jednostavnu tehnologiju. S obzirom da je njen glavni vid pojavljivanja prije svega u podzemnim vodama, ovakav vid energije lako se može koristiti i kao direktan izvor toplote i grijanja, a razvojem sistema toplotnih pumpi, mogućnosti višenamjenskog korišćenja ovih voda značajno su uvećane. Geotermalni potencijal kao obnovljiv izvor energije ima sve veću primjenu u praksi kad je riječ o grijanju, ali i o hlađenju objekata.

Značaj korišćenja geotermalne energije je višestruk:

- Koristi se lokalno raspoloživ energetski obnovljiv resurs kroz provjerenu tehnologiju;
- Povećanje samodovoljnosti i održivosti potrošnje energije;
- Redukcije u emisiji gasova CO₂, CO, SO₂ i drugih zagađivača – povećanje kvaliteta stanja životne sredine;
- Poboljšanje imidža u javnosti lokalne vlasti koja koristi obnovljive energetske resurse;
- Finansijska ušteda usljed smanjenja nabavke uvoznih fosilnih goriva;
- Uvođenje principa „održivog razvoja“, stavljanje opština na evropsku mapu gradova čija lokalna vlast primjenjuje ekološki pristup planiranja budućeg razvoja.

Toplotna pumpa je uređaj koji, po definiciji apsorbira toplotnu energiju sa jedne lokacije (spoljni izvori energije) i premješta je na drugu lokaciju (objekat koji se grije ili hladi). Za većinu kućnih i komercijalnih primjena, dva najbitnija režima rada su hlađenje i grijanje. Toplotna pumpa u osnovi radi na istom principu kao i kućni rashladni aparati (npr. frižider i klima). Razlika je samo u smjeru u kom se vrši predavanje toplotne energije. Zadatak uređaja je da automatski drži temperaturu u odgovarajućem opsegu, u objektu tokom godine, svejedno da li to hlađenje (tokom ljeta) ili grijanje (tokom zime). Princip rada toplotne pumpe je vrlo jednostavan. On se ogleda u korišćenju toplotne energije našeg okruženja. Geotermalna toplotna pumpa koristi energiju zemlje ili podzemnih voda tj. hidrogeotermalnu energiju niske entalpije, da bi vršila hlađenje ili grijanje nekog objekta. Pri tome se koristi jedan od osnovnih zakona termodinamike da se energija ne može ni stvoriti ni uništiti već samo promijeniti svoj oblik i mjesto postojanja. Toplotne pumpe ne proizvode energiju samostalno. Sama toplotna pumpa neće imati nikakvog dejstva ukoliko nije priključena na rezervoar energije tipa zemlje, vode ili vazduha. Toplotna pumpa će doprinijeti najboljem i najjeftinijem iskorišćenju energije. Rad toplotne pumpe je u potpunosti automatizovan i ubraja se među najsigurnije sisteme za grijanje i hlađenje. Sistem grijanja toplotnim pumpama sastoji se od izvora toplotne energije, same toplotne pumpe i sistema za distribuiranje i čuvanje toplotne energije.

Rad sistema se odvija u sljedećim fazama:

- Toplotna energija koja se uzima iz okoline (obično, temperature se kreću u intervalu $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$) ulazi u isparivač pumpe. U cijevi se nalazi gas koji preuzima tu energiju. Ovaj gas zadržava svoje stanje čak i na temperaturama ispod nule.
- Gas zatim ulazi u kompresor i podiže se na viši pritisak što dovodi do značajnog povećanja njegove temperature (uglavnom $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+95\text{ }^{\circ}\text{C}$, mada može i više).
- Unutar zatvorenog sistema izmjenjivač toplote vrši predavanje toplote gasa na sistem za grijanje.
- Zahvaljujući predavanju toplotne energije gas se vraća na prvobitnu temperaturu, a zatim dovodi do ekspanzionog suda i ventila, čime se pritisak vraća u početno stanje. Potom se gas vraća u isparivač gdje proces počinje ponovo.

Štednja energije i energetska efikasnost primjenom toplotnih pumpi se ogleda u tome, da je za prenos energije iz jednog prostora u drugi, potrebno uložiti oko jedne trećine prenesene energije. Odnosno, iz spoljašnjeg vazduha ili korišćenjem niskotemperaturne geotermalne energije (podzemna voda ili toplota zemlje) se može u grijani prostor ubaciti 20 kWh toplotne energije pri čemu se za to potroši oko 5 kWh električne energije za rad toplotne pumpe. Od 100% energije koju generiše toplotna pumpa 75% je besplatno jer dolazi iz okolnog okruženja, a samo 25% energije dolazi iz električnih izvora koji se plaćaju.

Postoje tri različita „rezervoara“ toplotne energije koje koriste toplotne pumpe: spoljašnji vazduh, zemlja i voda (podzemne vode).

Na osnovu toga imamo tri različita sistema eksploatacije: vazduh-voda, zemlja-voda i voda-voda:

- Sistemi voda-voda koriste geotermalnu energiju podzemnih voda. Ovo su najefikasniji sistemi za grijanje i hlađenje objekata pogotovo na terenima bogatim podzemnim vodama kao što su naši krajevi.
- Sistemi zemlja-voda koriste energiju iz energetskog potencijala zemlje putem sonde visokoenergetskog potencijala.
- Sistemi vazduh-voda koriste okolni vazduh kao izvor energije. Naši sistemi mogu da efikasno koriste energiju spoljašnjeg vazduha čak do temperature od $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ovi sistemi se koriste samo u situaciji kada je ostala dva nemoguće primijeniti, jer imaju najmanju efikasnost.

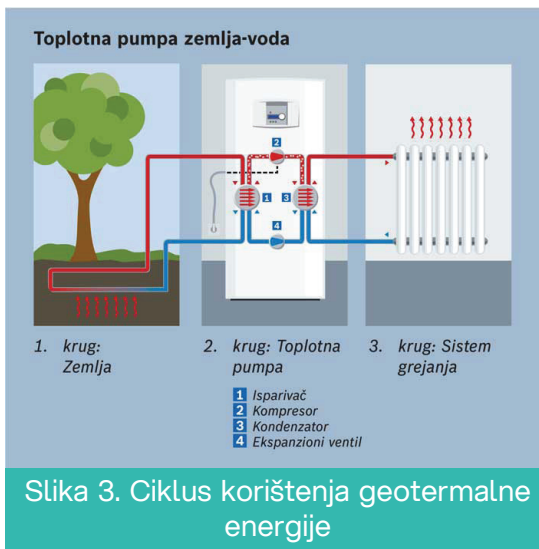
Korišćenje principa toplotnih pumpi je ekološki podobno jer izaziva nultu emisiju štetnih gasova. Ukoliko se energija dobija iz hidro ili energetski obnovljivih izvora, rad ovakvih sistema je potpuno ekološki čist. Instalisanje grijanja i hlađenja zasnovanog na toplotnim pumpama dovodi do smanjenja opterećenja energetskih sistema (elektrane, dalekovodi) i takođe smanjuje potrošnju fosilnih goriva. Sve ovo doprinosi smanjenju energetskih troškova i zaštiti životne sredine.

Kao primjer instalacije sistema podzemne toplotne pumpe (sistem zemlja-voda) može poslužiti objekat „Dom Mladih“ u Srpca. Na ovom objektu je izvršena i energetska rehabilitacija u cilju unapređenja energetske efikasnosti.

Objekat je izgrađen 1975. godine, a sastoji se od kancelarija u kojima je smješten Radio Srbac (88,29 m²) i višenamjenske sale površine 302,06 m². Za zagrijavanje i hlađenje kancelarija Radio Srpca prije investicije se koristila električna energija. Kada je riječ o višenamjenskoj sali, ona nije imala sistem grijanja niti hlađenja, a nije se ni koristila u odgovarajuće svrhe. Kompletna građevina je prije rekonstrukcije bila u veoma lošem stanju. Krov je propuštao, a nije postojala ni hidro ni termoizolacija. Zidovi objekta su izgrađeni od cigle bez toplotne izolacije. Prozori su bili drveni sa veoma lošim zaptivanjem. Radio Srbac se nalazi u javnom vlasništvu, tako da se troškovi grijanja pokrivaju iz opštinskog budžeta. Godišnja potrošnja električne energije za funkcionisanje kancelarije Radio Srpca iznosila je 19864 kWh odnosno oko 4030,00 KM. Za grijanje su korištene električne grijalice, dok su za hlađenje korištena dva klima uređaja, nominalne snage od po 2 kW. Višenamjenska sala

nije bila u upotrebi, te je potrošnja energije procjenjena na osnovu tadašnje potrošnje u kancelarijama radija i iskustvenih činjenica kada je riječ o potrošnji električne energije za zagrijavanje i hlađenje prostora. Na bazi ovih podataka, ukupna godišnja procjenjena potrošnja električne energije je bila 168393 kWh, što je predstavljalo trošak od oko 17460,00 KM. Energetska rehabilitacija objekta je obuhvatila rekonstrukciju krova uz postavljanje odgovarajuće hidro i termoizolacije (mineralna vuna, debljine 20 cm). Pored navedenog, postavljena je i izolacija zidova (toplotno-izolacioni fasadni sistem „demit“, debljine 16 cm). Izvršena je zamjena starih prozora i vanjskih vrata (energo-efikasni PVC prozori sa izolacionim staklom i okovima). Kada je riječ o konstrukciji samog objekta, nisu vršene nikakve korekcije, tako da nosivost i stabilnost građevine nije narušena.

U objektu je instalisan sistem podzemne toplotne pumpe sa vertikalno zatvorenim sistemom od tri geo-sonde i tri bušotine od po 100 metara. Ovaj sistem koristi glikol kao sredstvo za prenos toplote. Glikol cirkuliše kroz cijevi i geo-sonde u zemlji, te tako razmjenjuje energiju sa zemljom (grijući ili hladeći). Ugradnja sistema za grijanje i hlađenje je bila ograničena postojećom konstrukcijom objekta, te pozicijom, zauzetošću i svrhom grijanog prostora. Distributivni sistem grijanja i hlađenja je izveden tako da se kancelarijski prostor grije i hladi pomoću fenkijlera i radijatora, a višenamjenska sala koristi vazdušne distributivne kanale sa rekuperacijom. Ugrađena je toplotna pumpa nominalne snage 18 kW. Prema tadašnjim cijenama (2014. godina), zahvaljajući ugradnji sistema toplotne pumpe i za odgovarajuće izolovan objekat, procjenjena je ušteda energije od 101035,8 kWh godišnje odnosno ušteda od približno 10475,00 KM. Troškovi ugradnje



sistema podzemne toplotne pumpe sa grijanjem/hlađenjem su iznosili oko 78185,00 KM. Ovo dovodi do zaključka da je period otplate investicije za ugradnju sistema za grijanje/hlađenje bio približno 7,5 godina.

LIR Evolucija je u saradnji sa Opštinom Srbac implementirala instalaciju sistema toplotne pumpe i energetske rehabilitaciju objekta „Dom Mladih“ u okviru IPA Adriatic projekta „LEGEND - Nisko-entalpijski geotermalni energetske demonstracioni sistemi za energetske efikasne zgrade u jadranskom području“.



Slika 4. Izgled rekonstruisanog objekta „Dom mladih“ u Srpcu



Slika 5. Izvođenje radova na ugradnji sistema podzemne toplotne pumpe, objekat "Dom mladih" u Srpcu

5. Zaključak

Zelene tehnologije su posljednjih godina dobile na značaju u kontekstu jačanja društvene odgovornosti, potrebe da se odgovori na izazove modernog doba kao što su rastući stepen degradacije životne sredine, zagađenje, rastuće količine otpada nastalog uglavnom kao posljedica antropogenih aktivnosti, te procesa dekarbonizacije.

Energetska tranzicija se u značajnoj mjeri bazira na zelenim tehnologijama kojima se omogućava skladištenje energije i razvoj „pametnih“ mreža. Proces energetske tranzicije će imati značajan uticaj na cjelokupno društvo, posebno na korisnike energije, privredu i građane, koji će praktično i snositi troškove tranzicije.

Ubrzana ekološka degradacija dovodi do jačanja svijesti potrošača o uticaju koji mogu imati na zagađenje i očuvanje životne sredine, što svakako sa druge strane doprinosi stvaranju ekološki i društveno odgovornih proizvođača.

Zelene tehnologije su danas primjenljive u mnogobrojnim područjima, uključujući privatno i poslovno okruženje. Glavni cilj primjene zelenih tehnologija je očuvanje prirode i smanjenje negativnog uticaja ljudskih aktivnosti na životnu sredinu. Rastući broj preduzeća je zainteresovano za upotrebu zelenih tehnoloških rješenja u proizvodnim i uslužnim djelatnostima čime doprinose zaštiti prirodnog okruženja, ali i imidžu preduzeća kao društveno odgovornih i ekološki osvještenih, čime mogu steći konkurentsku prednost kako potrošači postaju svjesniji značaja zaštite životne sredine.

U našem regionu od posebnog praktičnog značaja su zelene tehnologije koje omogućavaju bolje upravljanje otpadom i smanjenje otpada, te zelena rješenja koja omogućavaju korištenje obnovljivih izvora energije. Primjena zelenih tehnologija za korištenje obnovljivih izvora energije doprinosi i energetske samoodrživosti što je od značaja u kontekstu energetske tranzicije i ostvarenja energetske ušteda.

Literatura

1. UNEP - UN Program za Životnu Sredinu: <https://www.unep.org/regions/asia-and-pacific/regional-initiatives/supporting-resource-efficiency/green-economy> (pristupljeno 24.08.2022.)
2. Agencija za Statistiku BiH: Javni odvoz i odlaganje komunalnog otpada 2020. Broj 1. 22.03.2022.
https://bhas.gov.ba/data/Publikacije/Saopštenja/2022/ENV_01_2020_Y1_2_BS.pdf
3. Agencija za Statistiku BiH: Prekogranični promet neopasnog otpada 2020. Broj 1. 20.04.2021.
https://bhas.gov.ba/data/Publikacije/Saopštenja/2021/ENV_09_2020_Y1_1_BS.pdf
4. European Environment Agency: Municipal waste management – Bosnia and Herzegovina. Country fact sheet. November 2021.
5. European Environment Agency, Municipal waste management – Bosnia and Herzegovina, Country fact sheet. September 2018.
6. Draganić, L., Suljić, V., Zlokapa, B., Muhović, A., Krupić, S., Pilav, S.: Studija slučajeva primjene poslovnih modela cirkularne ekonomije u BiH. Centar za politike i upravljanje, 2022.
http://www.cpu.org.ba/media/50946/Studija-Slucaja_Publikacija_280422.pdf
7. Veb-sajt preduzeća Wool-line d.o.o.: <https://vunenaizolacija.com/>
8. UNEP- UN Program za Životnu Sredinu: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/un-report-time-seize-opportunity-tackle-challenge-e-waste> (pristupljeno 09.09.2022)
9. Korajčević, Š., Babić-Džihanić, E., Hrbat, A., Sladoje, M.: Kemikalije i otpad u Programu 2030. Agencija za Statistiku BiH. ISSN 1840-1082, 2020. https://bhas.gov.ba/data/Publikacije/Metodologije/ENV_00_2020_MD_0_HR.pdf
10. Veb-sajt preduzeća Lucius d.o.o.: <https://lucius.ba/>
11. Veb-sajt preduzeća Aida Commerce d.o.o.: <https://aidacommerce.ba/>
12. Vebsajt preduzeća Eco-Recycling d.o.o.: <http://eco-recycling.rs/>
13. Gabeljić, S., Obnovljivi izvori energije u Bosni i Hercegovini: pitanje (ne)održivosti. *Acta geographica Bosniae et Herzegovinae* 10, 143-159, 2018.
14. Global Solar Atlas <https://globalsolaratlas.info/map>
15. Vebsajt preduzeća Madi d.o.o.: <https://www.madi.ba/>
16. EU4Agri članak: <https://eu4agri.ba/en/tesanjs-madi-installs-one-of-the-largest-solar-power-plants-in-bih-with-the-support-of-the-european-union/>, 2022. (pristupljeno 29.08.2022.)
17. Jelisić, S., Stanivuković, A., Gvero, P., Đukić, J.: Studija izvodljivosti proizvodnje biogasa na peradarskoj farmi u prnjavorskoj regiji, LIR Evolucija, 2009.
18. Veb-sajt preduzeća Gold MG: <https://gold-mg.com/>
19. Đukić, J., Jelisić, S., Zlokapa, B.: Praktični priručnik za ugradnju i korišćenje sistema geotermalne energije niske entalpije. LIR Evolucija, 2014.

POGLAVLJE III

ODGOVORNOST NAUKE U RAZVOJU ZELENIH TEHNOLOGIJA - pronaći ravnotežu između eksploatacije i očuvanja prirode

prof. dr Suzana Gotovac Atlagić¹

Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet

Reciklaža kao tema je širokog obuhvata i nesumnjivo jedna od najvažnijih tema za održivost savremenog društva. Posljednjih godina, mnoge nove tehnologije koje su razvijene u reciklaži različitih vrsta otpada nazivaju se popularno „zelene tehnologije“ U literaturi se sreću termini „zelena hemija“, „zeleno rudarstvo“, „zelena energija“ i mnogi drugi. Jedna od vrlo specifičnih i aktuelnih tema u reciklaži jeste reciklaža elektronskog otpada, spomenuta i u prethodnom poglavlju, pa je svakako važan fokus savremenih istraživanja i na iznalaženju „zelenih tehnologija“ u ovoj oblasti. To bi podrazumijevalo minimalnu upotrebu toksičnih hemikalija i minimalno korišćenje energije, kako bi proces reciklaže bio „zelen“. Cilj reciklaže metala iz elektronskog otpada svakako jeste smanjiti potrebu za rudarskom industrijom, pa u tom kontekstu dobija na značaju „zeleni“ smisao ovakvih istraživanja. Cilj ovog poglavlja je pružiti konkretnu ideju nastavnicima viših razreda osnovnih škola ili srednjih škola, kako je moguće u jednostavnim uslovima školskih laboratorija demonstrirati jednu od „zelenih“ tehnologija u oblasti reciklaže elektronskog otpada. To će biti postignuto kroz prikaz primjera dobre prakse u saradnji akademske istraživačke grupe sa Studijskog programa hemija, Univerziteta u Banjoj Luci sa domaćom industrijom upravo na razvoju metode za reciklažu elektronskog otpada. Osim što su definisani industrijskom saradnjom, takođe, ovi istraživački naponi uključuju i rad studenata na samoj inovaciji, zatim sticanje akademsko-stručnih bodova kroz izlaganje studenata na međunarodnim konferencijama, i konačno, njihovo uključivanje u pripremu patentne aplikacije. Osim toga, studenti su stekli važnu praktičnu obuku i praksu, koja je čak podržana iz međunarodnog programa, radeći u maloj industriji, što će biti istaknuto u tekstu. Ova saradnja i put do razvoja metode demonstracije za učenike, će biti opisani kako bi nastavnici stekli uvid u stanje domaće industrije i istraživačkih napora.

¹ suzana.gotovac.atlagic@unibl.org

Kao uvod u temu, važno je naglasiti, slično kao i u prethodnom poglavlju, da je održivost lanca sirovina za hemijsku industriju veoma važna tema posljednjih godina. Klasično rudarstvo se sve više zamjenjuje podizanjem efikasnosti sistema za reciklažu već upotrijebljenih materijala kojima je na neki način istekao rok trajanja. Neizostavan dio civilizacijskog razvoja je razvoj industrije vezane za elektronske uređaje. Njihovo korišćenje čini svakodnevni život lakšim i praktičnijim. Modernizacija tehnologije i proizvodnja elektronskih i električnih uređaja spadaju u najbrže rastuće industrije u svijetu. Sa brzim napretkom elektronskih proizvoda, posljednjih nekoliko godina su nastale ogromne količine otpadne električne i elektronske opreme (WEEE, skraćeno od Waste Electrical and Electronic Equipment). Otpadna električna i elektronska oprema obuhvata raznovrsnu opremu u vidu: monitora i televizora, računara, opreme za osvjetljenje, kućnih aparata, štampača i telefona.

Štampane elektronske ploče (PCB, skraćeno od Printed Circuit Boards) (Slika 1) smatraju se najvrijednijim komponentama u gotovo cjelokupnom elektronskom otpadu. Zbog prisustva korisnih metala u visokim koncentracijama kao što su Cu, Zn, Sn, Fe, Ni i Al, kao i toksičnih komponenti, plastike i keramike, njihovo nepravilno odlaganje dovodi do gubitka velikog broja korisnih supstanci, ali i do ugrožavanja životne sredine i zdravlja ljudi. Pored toga, značajna količina energije bi se uštedila ako bi se ovi metali reciklirali iz štampanih elektronskih ploča, umjesto da se ekstrahuju iz sirovih ruda. Iz svih ovih razloga, reciklaža elektronskog otpada bi mogla u budućnosti postati jedan od održivih načina nabavljanja metala kao sirovina za različite vrste hemijskih tehnologija, pa i nanotehnologija.

Bakar (Cu) je najšire korišćeni metal u elektronici, posebno u proizvodnji štampanih elektronskih ploča, zbog svojih dobrih provodničkih karakteristika. Bakar se može naći u elektronskim komponentama unutar složenih struktura, što otežava njegovu reciklažu sa visokim prinosom na kraju roka upotrebe otpadnih PCB-a (WPCB). Procijenjena količina Cu u PCB-ima predstavlja oko 22 masenih %, te se stoga WPCB smatraju adekvatnim izvorom za urbano rudarenje Cu. Urbano rudarenje je složen proces koji obuhvata povećanje iskorišćavanja raznih vrsta reciklabilnog materijala za dobijanje različitih supstanci što ima za posljedicu smanjenje potrebe za rudarenjem sirovina na udaljenim i opasnim mjestima iz primarnih ruda i, s druge strane, gomilanje otpada na deponijama.

U posljednjih deset godina istražuju se mnoge metode reciklaže WPCB. Ove metode uključuju napredne tehnike za ekstrakciju Cu koje su razvijene u svrhu ekološke

Slika 1. Štampana elektronska ploča (PCB)



1. Osnovno o e-otpadu

Elektronski otpad ili e-otpada, je termin koji se odnosi na otpad nastao iz svih elektronskih i električnih uređaja i njihovih dijelova bez namjere ponovne upotrebe. E-otpada se još naziva i WEEE - otpad električne i elektronske opreme. Obuhvata širok spektar proizvoda - skoro svaki kućni ili poslovni predmet sa strujnim kolima ili električnim komponentama sa napajanjem ili baterijom

Slika 2 prikazuje šest kategorija koje se smatraju WEEE, a te kategorije su:

- oprema za razmjenu temperature (oprema za hlađenje i zamrzavanje kao što su frižideri, zamrzivači, klima uređaji i toplotne pumpe),
- ekrani i monitori (televizori, laptopi, notebook računari i tableti),
- lampe (fluorescentne sijalice, volframove sijalice, kompaktne fluorescentne sijalice, sijalice visokog intenziteta i LED sijalice),
- velika oprema (mašine za pranje veša, mašine za sušenje veša, mašine za pranje sudova, električne peći, velike mašine za štampanje, oprema za kopiranje i fotonaponski paneli),
- mala oprema (usisivači, mikrotalasne pećnice, oprema za ventilaciju, tosteri, električni čajnici, električni aparati za brijanje, vage, kalkulatori, radio aparati, video kamere, električne i elektronske igračke, mali električni i elektronski alati, mali medicinski uređaji i mali instrumenti za praćenje i kontrolu) i
- mala IT i telekomunikaciona oprema (mobilni telefoni, GPS-ovi, džepni kalkulatori, ruteri, personalni računari, štampači, telefoni i čitači e-knjiga).



Slika 2. Primjeri električnog i elektronskog otpada iz različitih kategorija

U e-otpadu:

35-76% je kompjuterska oprema i televizori,
 22-54% je mala IT i telekomunikaciona oprema,
 18-25% je telefonska oprema i
 5-15% je drugi otpad.

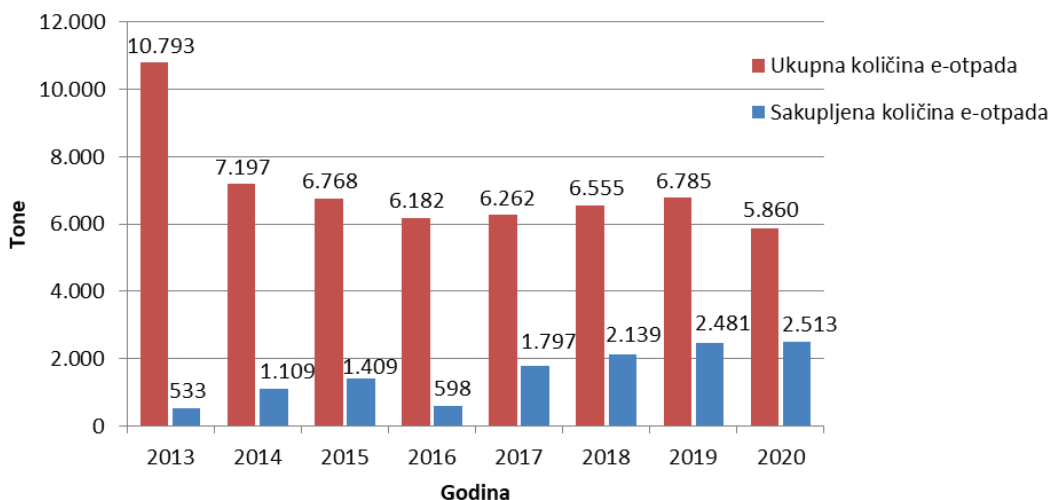
U 2019. godini u svijetu je proizvedeno 53,6 miliona tona e-otpada, što je 21% više u odnosu na 2014. godinu. Ukoliko se ovaj trend nastavi, taj broj bi, prema procjenama, mogao da dostigne 74,7 miliona tona do 2030. godine, što znači da količina e-otpada raste za oko 3-4% svake godine. To je skoro duplo više od cifre podatka iz 2014. godine, a sve to je podstaknuto većim količinama električne i elektronske potrošnje, kraćim životnim ciklusom uređaja i ograničenim opcijama

popravke. Osim toga, Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEP) procijenio je da se svake godine u svijetu generiše oko 45 miliona tona e-otpada. Sve veća količina ovog otpada primorala je vlade da nametnu ograničavajuće propise o odlaganju e-otpada. Slika 3 pokazuje primjer nelegalnih deponija e-otpada.

Najveći problem u slučaju e-otpada leži u njegovom ponovnom iskorišćavanju. Naime, u 2019. godini, samo 17,4% e-otpada je zvanično dokumentovano kao prikupljeno i reciklirano. Broj zemalja koje su usvojile nacionalnu politiku, zakone ili propise o e-otpadau porastao je sa 61 na 78 između 2014. i 2019. godine. Međutim, u mnogim zemljama, napredak regulative je spor, sprovođenje zakona u praksi je minimalno, a prikupljanje i odgovarajući način upravljanja e-otpadaom su svedeni na minimum.



Slika 3. Nelegalna deponija e-otpada



Slika 4. Grafički prikaz odnosa ukupne i sakupljene količine e-otpada u Bosni i Hercegovini

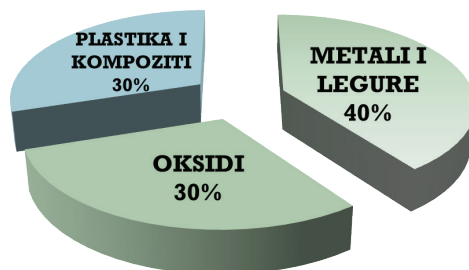
Prema Godišnjem izvještaju za upravljanje otpadom električnom i elektronskom opremom u Bosni i Hercegovini iz 2021. godine, kojeg izdaje Društvo „ZEOS ekosistem d.o.o.“ kao jedini ovlašćeni operater upravljanja otpadom električnom i elektronskom opremom u BiH, bilo je prisutno 5.859.573 kg prijavljenog e-otpada na prostoru cijele države. Od te količine, 2.512.863 kg je prikupljeno i reciklirano,

što čini 43% od ukupne količine e-otpada prijavljenog u BiH i rast od 3% u odnosu na 2019. godinu. Slika 4 daje grafički prikaz količina ukupnog registrovanog e-otpada, kao i sakupljena količina e-otpada u Bosni i Hercegovini, po godinama, od 2013. do 2020. godine. Vidljiv je eksponencijalni rast prikupljenog Štampane elektronske ploče (PCB) su jedna od glavnih komponenti u elektronici i značajno doprinose ukupnom

2. Više o štampanim elektronskim pločama (PCB)

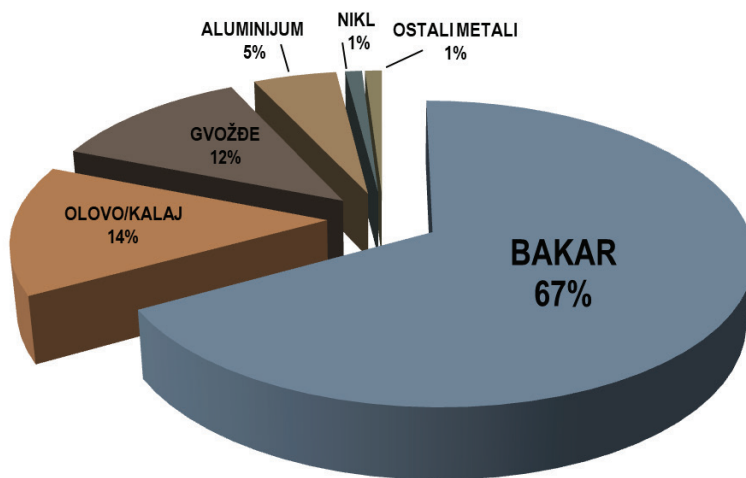
Štampane elektronske ploče (PCB) su jedna od glavnih komponenti u elektronici i značajno doprinose ukupnom elektronskom otpadu. PCB su glavne komponente u skoro svakom WEEE. Nasuprot štetnim posljedicama po ljudsko zdravlje i životnu sredinu, otpadni PCB bogat je resursima za višekratnu upotrebu, te istraživači i industrijski proizvođači pokazuju sve više interesovanja za njihovu nabavku

Uobičajeni sastojci PCB-a su keramika, metali i polimerni dijelovi. Različiti metali u PCB mogu se grupisati u pet glavnih kategorija: plemeniti metali (Au i Ag), metali platinske grupe (Pd, Pt, Rh, Ir i Ru), elementarni metali (Cu, Al, Ni, Sn, Zn i Fe), toksični metali (Hg, Be, In, Pb, Cd, As i Sb) i rijetki elementi (Te, Ga, Se, Ta i Ge). Oko 30% mase otpadnih PCB-a (WPCB) uključuje širok spektar plemenitih metala, na primjer, bakar, zlato i srebro, ali i platinu.



Slika 5. Dijagram zastupljenosti različitih sastojaka u PCB-u

Bakar je esencijalni metal u elektronskim uređajima. Ima najveći sadržaj u WPCB-ima među metalnim elementima koji se kreće od 10 do 30 masenih procenata. Štampane ploče sadrže i potencijalno opasne hemikalije kao što su usporivači plamena, PAH (policiklični aromatični ugljovodoni) i plastika. Slika 5 i Slika 6 pokazuju količinski sastav različitih sastojaka, kao i količinske procenete prisutnih metala u PCB-ima.



Slika 6. Dijagram zastupljenosti različitih metala u PCB-u

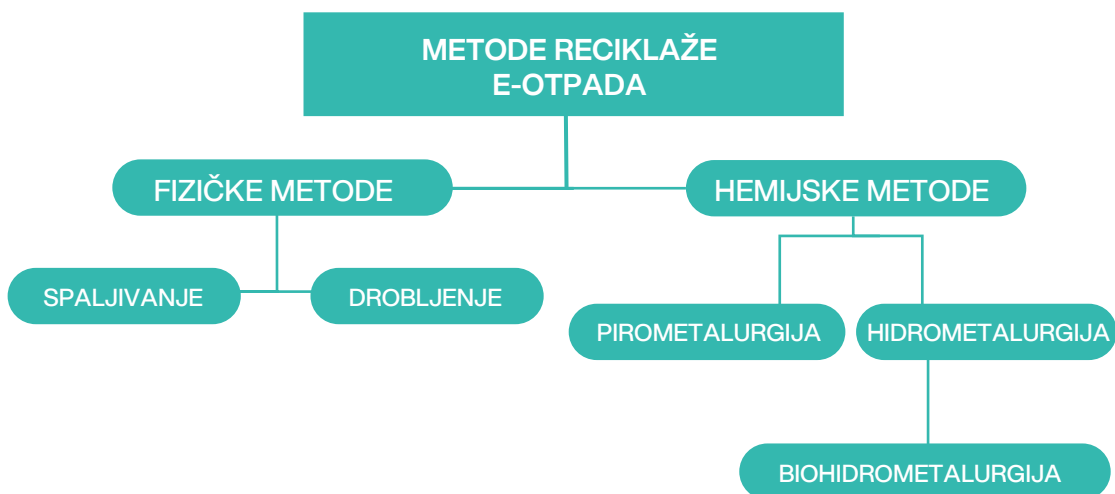
Prijavljeno je da plemeniti metali u PCB-u vrijede više od 80% ukupne vrijednosti ploče, iako je njihov sastav <1% u e-otpadu. WEEE je bogat složenom mješavinom metala, legura i polimetalnih jedinjenja i stoga se smatra boljim izvorom od primarnih ruda. Upravo zbog toga je dosadašnji, dominantno nelegalan pristup reciklaže PCB ploča, posebno u zemljama Afrike i južne i jugoistočne Azije, vodio primjeni izuzetno agresivnih hemikalija (posebno „zlatotopke“, Aqua regia) kako bi se došlo do ekstrakata plemenitih metala, naročito zlata i platine. To je svakako moguće, ali je kako prikazuje Slika 6, i tehnološki nelogičan put jer je bakar najviše prisutan.

Pristup našeg istraživanja je sljedeći: primjenom ekološki prihvatljivih rastvarača izvršiti ekstrakciju metala iz PCB ploča, ali selektivno bakra, kao najprisutnijeg. Tako dobijeni bakarni rastvor je onda moguće iskoristiti direktno za sintezu nanočestica bakarnog oksida, koji je veoma važan katalitički materijal. Primjenom praškastih nanočestica bakarnog oksida kao katalizatora („ubrzivača hemijske reakcije“) u industriji organskih spojeva, moguće je postići velike uštede u energiji koje idu i do preko 60% smanjenja potrošnje električne energije. Tako se dobija spoj dvije „zelene“ tehnologije. Jedna je da se na relativno bezopasan način ekstrahuje bakar i reciklira PCB ploča, a druga je da se iz toga dobijene nanočestice, koriste za povišenje enegetske efikasnosti.

3. Dosadašnji pravci reciklaže PCB ploča

Poznate su dvije glavne grupe metoda recikliranja PCB-a o pisane u dostupnoj literaturi, a koje se testiraju u različitim zemljama u manjim ili većim industrijama (Slika 7). Jedna od njih je grupa fizičkih metoda koje uključuju spaljivanje i drobljenje, što je jedna od najstarijih metoda reciklaže. U ovoj metodi, organski polimeri se uklanjaju spaljivanjem, nakon čega slijedi drobljenje koje ostavlja metale i keramiku za dalji oporavak i oplemenjivanje. Spaljivanje je metoda koja pomaže ekstrakciju komponenti metala i legura i ne nudi mogućnost ponovne upotrebe polimera. Takođe izaziva emisiju dioksina i furana koji predstavljaju ozbiljnu prijetnju životnoj okolini.





Slika 7. Šematski prikaz metoda reciklaže e-otpada

Druga, novija metoda je hemijska metoda koja uključuje mehaničku obradu praćenu pirolizom ili hidrometalurgijom PCB-a i drugog e-otpada. U ovom slučaju se PCB drobi u komade veličine oko jednog centimetra. Veliki komadi se zatim tretiraju toplotom i hemikalijama da bi se odvojili i ekstrahovali pojedinačni materijali. U ovom procesu, većina obnovljenih materijala sadrži više komponenti (zbog velike veličine čestica razbijenog otpada) što otežava ekstrakciju čistih faza koje bi mogle biti direktno upotrebljavane. Upravo ovo i jeste tema istraživanja koje je predstavljeno u nastavku ovog

rada, a koje se odvija na Univerzitetu u Banjoj Luci u saradnji sa drugim univerzitetima i industrijom u Bosni i Hercegovini. Pored tradicionalnih pirometalurških i hidrometalurških metoda reciklaže, prisutne su i biohidrometalurške metode, koje koriste različite mikroorganizme, kao što su bakterije i gljive ili proizvodi dobijeni od mikroorganizama, u biološkom ispiranju metala. Ovaj metod mogao bi postati obećavajući metod koji će se primjenjivati u budućnosti zbog smanjenih troškova ulaganja, manjeg uticaja na životnu sredinu i niske potrošnje energije.

4. Rezultati istraživanja

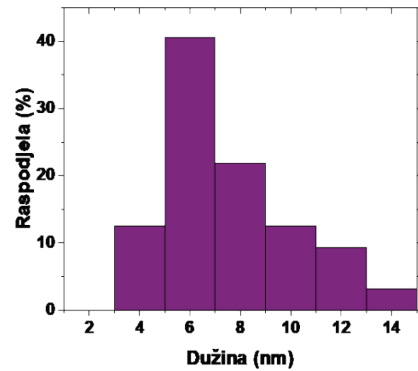
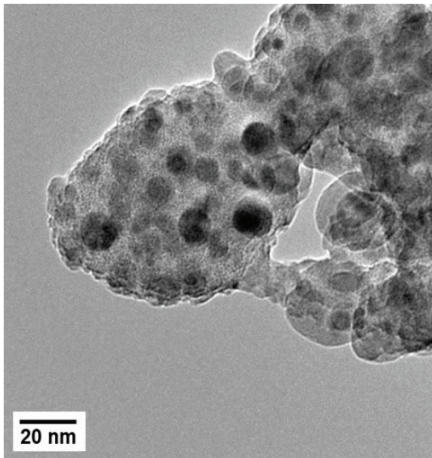
Početak istraživanja mogućnosti primjene ekoloških nanotehnologija u reciklaži elektronskih PCB ploča u Bosni i Hercegovini, otpočeo je praksom za studente u maloj industriji. Konkretno, praksa je ostvarena u maloj industriji „Prizma Komerc“ u Banjoj Luci.

Studenti su radili na upoznavanju sa klasama PCB ploča koje se javljaju na deponijama u Bosni i Hercegovini. Takođe je i grupa studenata, imala edukaciju u ovoj kompaniji (Slika 8). Studenti su upoznati sa dobrim razvojem lanca prikupljanja metalnog otpada, međutim, ukazano im je na nagomilavanje elektronskih PCB ploča koje u ovu kompaniju pristižu. Za sada se vrši samo deponovanje, ali je na mladim generacijama da usavrše lanac reciklaže ovog vrijednog sekundarnog resursa, a o čemu treba skrenuti pažnju i srednjoškolicima.



Slika 8. Stručna posjeta kompaniji „Prizma Komerc“ sa studentima

Naime, istraživanje studenata Studijskog programa hemija (PMF, UNIBL) pokazao je da je moguće sintetizovati izuzetno male čestice bakarnog oksida i to vrlo ujednačenog dijapazona prečnika (Slika 9), a takođe i da je samu ekstrakciju moguće izvršiti amonijačnim solima koje su ekološki prihvatljive.



Slika 9. Slika sa transmissionnog elektronskog mikroskopa sintetisanih nanočestica bakarnog oksida a (lijevo) i histogram raspodjele dijametara dobijenih čestica (desno)

U nastavku su prikazane fotografije koje pokazuju procedure primijenjene u radu i set rezultata sa poređenjima efikasnosti različitih amonijačnih soli u ekstrakciji bakra iz PCB ploča





Slika 10. Procedura usitnjavanja PCB ploča u svrhu ekstrakcije bakra

Uzorke je najprije neophodno usitniti uklonjenjem malih plastičnih pratećih dijelova i dijelova koji su očigledno od čelika ili aluminijuma, a zatim usitniti (na fakultetu je to bilo moguće uraditi na čeljusnoj drobilici i mlinu sa kuglama ali dovoljno je i samo ručnim alatom poput kliješta).

Na fakultetu su dobijene dvije serije uzoraka: sitni prah (vjerovatno pretežno dobijen usitnjavanjem polimernog dijela ploče) i krupniji komadi metala koji su bili zaliveni unutar polimerne mase. Na takav način su i posmatrani, i odvojeno ekstrahovani. Rezultati ekstrakcija su dali vrlo jasnu sliku oko toga koja amonijačna so je najefikasnija u ekstrahovanju bakra, a takođe vjerovatno i u kom dijelu uzoraka (vjerovatno krupnijem) se nalazi viši procenat sadržaja bakra (Tabela 1).

Tabela 1. Koncentracija bakra u uzorcima PCB-a

UZORAK	Koncentracija bakra (mg/L)
samljeveni (praškasti) PCB1 tretiran rastvorom amonijum-hlorida 1.1P	509,00
samljeveni (praškasti) PCB1 tretiran rastvorom amonijum-citrata 1.2P	30,20
samljeveni (praškasti) PCB1 tretiran rastvorom amonijum-karbonata 1.3P	36,20
samljeveni (praškasti) PCB2 tretiran rastvorom amonijum-hlorida 2.1P	2302,00
samljeveni (praškasti) PCB2 tretiran rastvorom amonijum-citrata 2.2P	2606,00
samljeveni (praškasti) PCB2 tretiran rastvorom amonijum-karbonata 2.3P	2626,00
samljeveni (praškasti) PCB3 tretiran rastvorom amonijum-hlorida 3.1P	2324,00
samljeveni (praškasti) PCB3 tretiran rastvorom amonijum-citrata 3.2P	2316,00
samljeveni (praškasti) PCB3 tretiran rastvorom amonijum-karbonata 3.3P	1018,40
nesamljeveni (krupni) PCB1 tretiran rastvorom amonijum-hlorida 1.1K	2824,00
nesamljeveni (krupni) PCB1 tretiran rastvorom amonijum-citrata 1.2K	1488,40
nesamljeveni (krupni) PCB1 tretiran rastvorom amonijum-karbonata 1.3K	1914,00
nesamljeveni (krupni) PCB2 tretiran rastvorom amonijum-hlorida 2.1K	1675,00

nesamljeveni (krupni) PCB2 tretiran rastvorom amonijum-citrata	1210,40
nesamljeveni (krupni) PCB2 tretiran rastvorom amonijum-karbonata	6490,00
nesamljeveni (krupni) PCB3 tretiran rastvorom amonijum-hlorida	1788,60
nesamljeveni (krupni) PCB3 tretiran rastvorom amonijum-citrata	9976,20
nesamljeveni (krupni) PCB3 tretiran rastvorom amonijum-karbonata	9976,20

Veoma važno za širinu rada je bilo i mišljenje kolega sa Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta Univerziteta u Tuzli kod kojih je rađeno savremeno mjerenje koncentracija bakra u rastvorima na indukovano kuplovanj plazmi.

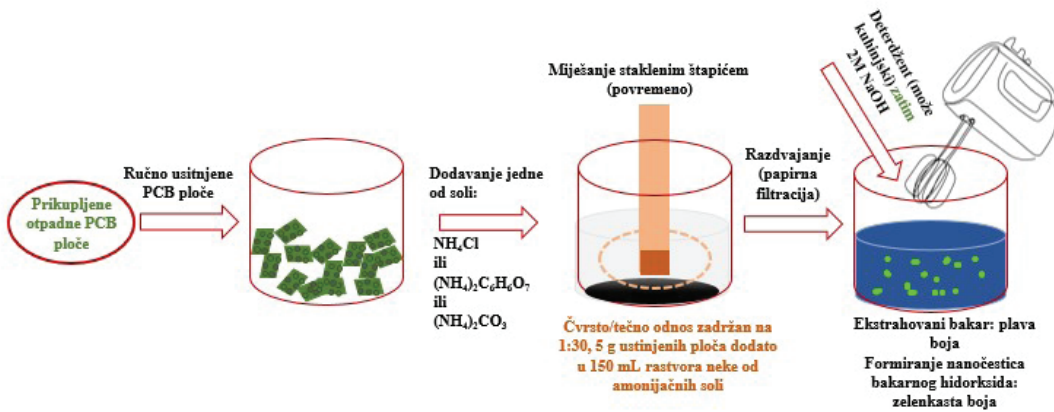


Slika 11. Rad studenata na Univerzitetu u Tuzli



U radu sa srednjoškolicima važno je istaći ove važne podatke, kako bi znali da, iako u Bosni i Hercegovini postoje ležišta bakra, to ne umanjuje značaj reciklaže. Naime, reciklaža bakra je svakako jeftinija i manje zahtjevna od rudarenja rude bakra i zato bi bilo pozitivno imati u Bosni i Hercegovini razvijen sistem prikupljanja kao i same reciklaže PCB ploča kao sekundarnog

resursa potencijalno bogatog bakrom. Na taj način, ističu, rudareni bakar bi mogao biti korišćen u „makro“ (metalurškim) aplikacijama, dakle, u tehnologijama koje proizvode krupnije predmete i provodnike, ali bi rastvori bakarnih jona dobijeni ekstrakcijom iz PCB ploča mogli donijeti investicije u nanotehnologijama u ovu zemlju.



Slika 12. „Toolkit“ mini-kurikulum za rad sa učenicima u osnovnim i srednjim školama (demonstracija reciklaže i nanohemije)

Konačno, ova ideja je razrađena i prezentovana kroz „toolkit“ alatku za rad sa učenicima u osnovnoj školi i to improvizacijom pomoću jednostavnih alatki poput kućnog samostojećeg miksera tako da će uskoro biti dostupna za demonstraciju u osnovnim školama u Bosni i Hercegovini (Slika 12). Ovo je omogućio projekat „RM@Schools“ iz programa EIT RM kojim je finansiran eksperimentalni rad studenata.

Konkretno, nastavnici hemije imaju priliku da prikažu mogućnost za razvoj procesa reciklaže u skladu sa gore opisanim rezultatima studenata. Za eksperiment nisu potrebni komplikovani uslovi niti skupe hemikalije, a bezbjednost rada je dosta visoka.

Koraci bi bili sljedeći:

- Učenike je moguće motivisati da pronađu stari odbačeni računar u svojoj kući ili kod prijatelja, rastave ga i prepoznaju PCB ploču.
- Preporučuje se da učenici rade nekoliko paralelnih ekstrakcija jer je za očekivati da će pronađene stare PCB ploče biti različitih tipova i samim tim različitog sadržaja bakra.
- Donesene ploče usitniti pomoću kliješta u malu parčad veličine približno 5-20 mm nepravilnog oblika.
- Pripremiti amonijačne soli koncentracija: 2M NH_4Cl , 0.5M $(\text{NH}_4)_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7$ i 0,5M $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Ovaj dio rada, takođe može poslužiti za vježbu stehiometrijskog preračunavanja i pripreme rastvora učenicima. Ukoliko školska laboratorija nema analitičku vagu, aproksimacija može biti i obična kuhinjska vaga sa dvije decimale.
- U nekoliko laboratorijskih čaša zapremine 250-500 ml (zavisno šta je dostupno) odvagati količinu usitnjenih PCB ploča tako da odnos čvrsto: tečno može biti 1:30 (1 g čvrstog materijala preliven sa 30 ml amonijačne soli).
- Pripremiti staklene štapiće i početi vrlo lagano miješanje. Kompleksi bakra će biti vrlo brzo vidljivi, međutim, preporučuje se da ekstrakcija traje do 15 dana pri čemu se učenicima može zadati zadatak da svaki dan na školskom odmoru dođu i promiješaju uzorke i fotografišu napredak ekstrakcije radi kasnijeg izvještaja i opisa postupka. Proces je vrlo progresivan i što uzorci duže stoje, duboka azurno plava boja kabarnih kompleksa je sve intenzivnija.
- Nakon što se dobije zadovoljavajuća dubina boje (oko 15 dana i dalje neće biti značajnije promjene), uzorke treba profilterisati kroz klasični laboratorijski ili kuhinjski plastični lijevak ali kroz filter papir. Biće dobijen bistar i jasan rastvor bakarnog kompleksa.
- U rastvor dodati približno 1 ml kuhinjskog deterdženta koji ne sadrži arome (u Bosni i Hercegovini primjer mogu biti klasični komercijalni deterdženti: Taš ili Tis), na svakih približno 250 ml rastvora bakarnog kompleksa. Promiješati lagano staklenim štapićem 3-4 minute radi disperzije.
- Ukoliko laboratorija ima na raspolaganju magnetnu miješalicu, ubaciti magnet prosječne veličine (npr. 30x6 mm) u rastvor deterdženta i bakarnog kompleksa.
- Ukoliko laboratorija nema magnetnu miješalicu, primijeniti ručni mikser sa stalkom. Ukoliko je korišćena velika laboratorijska čaša, mogu se koristiti obje lopatice miksera, ako je manja čaša u pitanju, fiksirati samo jednu lopaticu miksera.
- Miješati na vrlo laganoj rotaciji (magnetni mješač na 50 rpm a mikser na minimalnoj brzini „1“).
- Otpočeti kapati rastvor natrijumovog hidroksida (NaOH) koncentracije 2M. U ovom dijelu rada neophodan je oprez: korišćenje rukavica i naočari za učenike

zbog kaustičnosti rastvora. Međutim, takođe je ovo bitna prilika da se učenicima i demonstrira savjestan i bezbjedan rad u hemijskoj laboratoriji.

- Pipetom koja je dostupna u laboratoriji (staklena: trbušasta ili graduisana ili poluautomatska sa plastičnim vrhom) otpočeti kapanje natrijumovog hidroksida u rastvor bakarnog kompleksa i deterdženta. Nakon određene količine počće stvaranje bakarnog hidroksida koji je zelenkaste nijanse.
- Čestice koje se formiraju su u stvari upravo nanočestice bakarnog hidroksida. Nastavkom dodavanja baze moguće je dobiti i vrlo gust rastvor ovog jedinjenja. U ovom dijelu važno je istaći učenicima kako je nanotehnologija na dohvat ruke, i da su bili u mogućnosti da u svojoj školskoj laboratoriji proizvedu nanočestice.
- Proces demonstracije zaustaviti u određenom momentu kad nastali hidroksidni sloj bude gustine potaž supe.
- Dobijeni rastvori mogu se čuvati izvjesno vrijeme u zatvorenim klasičnim teglama ili namjenskim reagens bocama sa širokim grlom. S vremenom dolazi do preslagivanja micela molekula deterdženata koje definišu oblik nanočestica tako da je moguće diskutovati i posmatrati promjene.

5. SUMARNI REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kao što je kroz tekst prikazano, istraživačka ideja o tome da se elektronski otpad može koristiti kao resurs za nanotehnologije, a da se pri tome postigne smanjenje količine samog otpada postigla je više efekata u toku njene realizacije na Univerzitetu u Banjoj Luci. Zato je moguće stimulisati i učenike da imaju slobodu da istražuju i kreiraju ideju, te da se rukovode primjerima iz međunarodno publikovanih rezultata koji bi im se činili perspektivni.

Osim uvodnog dijela važno je učenicima donekle pričati i o važnosti primjenljivosti bakarnih nanočestica, konkretnije CuO (bakar oksidnih) jer je njihova primjena već veoma široka. Bakar oksid (CuO) jedan je od pametnih oksida prelaznih metala na nanoskali, posjeduje različite značajne osobine kao što su dobra elektrohemijska aktivnost, velika specifična površina, odgovarajući redoks potencijal i stabilnost u rastvorima. Primjenu ima u raznim oblastima kao što su kataliza, elektrohemija, senzori/biosenzori, energija i skladištenje, premazi i biocidna sredstva. CuO nanočestice su pokazale svoj potencijal i u farmakološkoj aktivnosti, posebno u antitumorskim terapijama. Identifikovani kao antimikrobni materijal, nanočestice bakra i nanočestice njegovih oksida su postale predmet proučavanja kako bi se koristile u biomedicinskim uređajima za sprečavanje bakterijske infekcije. Nedavni napredak u proizvodnji nanomaterijala sa željenim karakteristikama i biokompatibilnošću utrljao su put za razvoj naprednih analitičkih uređaja sa visokom selektivnošću, osjetljivošću i propusnošću od konvencionalnih bioanalitičkih

metoda baziranih upravo na bakarnim ili bakar oksidnim nanočesticama. Bakar je vrlo reaktivan i može obavljati razne funkcije katalitičke reakcije (oksidacionih stanja: Cu₀, Cu^I, Cu^{II}, i Cu^{III}), i ova karakteristika se može iskoristiti za dizajn konstrukciju medicinskih senzora treće generacije za fiziološki relevantne elektro-aktivne analite kao što su: glukoza, mokraćna kiselina, dopamin, askorbinska kiselina, L-cistein, PSA i mnogi drugi. Tematizujući ovakve primjene učenicima se može dati zadatak da prouče dostupne podatke, naučne ili naučno-popularne članke.

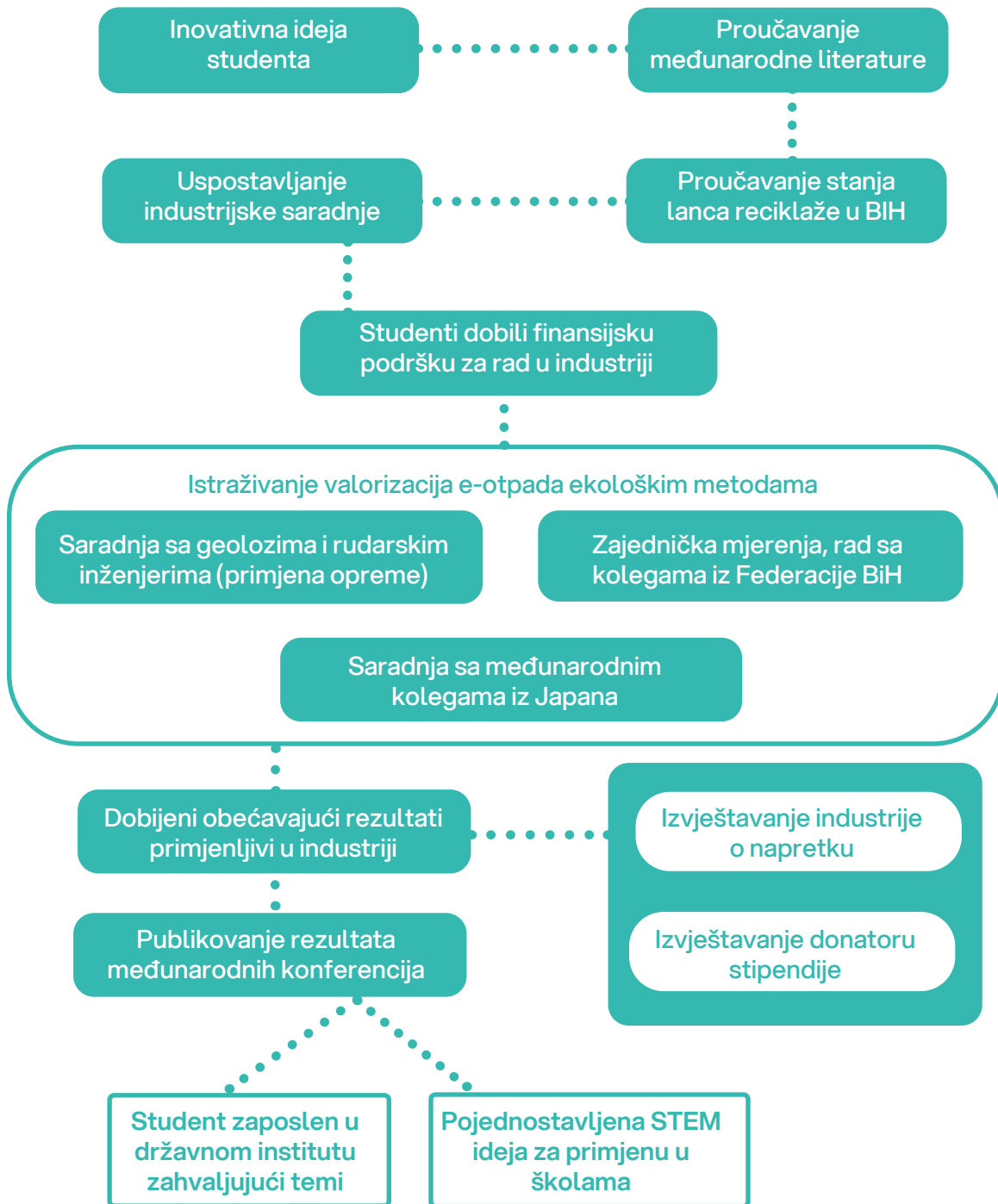
Međutim, s obzirom da ovdje opisana metoda prije svega prikazuje jeftinu i održivu metodu za proizvodnju bakar oksidnih nanočestica iz elektronskog otpada, nastavnici u srednjim školama mogu obratiti pažnju da u Bosni i Hercegovini mora biti posvećena pažnja promociji ove vrste reciklaže.

Ovim eksperimentom je moguće upravo da se i mlađe generacije zainteresuju za problematiku reciklaže, nanotehnologija i hemije i hemijskih tehnologija uopšte.

Dodatno na samu demonstraciju može učenicima biti zadato da prouče i stanje podataka u domaćim statističkim godišnjacima i uopšte javno dostupnoj literaturi i podacima koje međunarodni akteri prikupljaju o Bosni i Hercegovini te da se ideja svake godine razvija dalje.

Brojni benefiti istraživanja ove važne teme, koji su otpočeli istraživanjem studenata, skretanjem teme na važnost zelenih tehnologija u reciklaži e-otpada, preko ostvarenih međunarodnih programa podrške za same studente, te i za projekat koji je doveo do direktne podrške i školama, prikazuje Slika 13.

Sumarno, u skladu sa naslovom ovog poglavlja, učenicima se može zadati i više sličnih tema za istraživanje mogućnosti reciklaže metalnih materijala, selektivno, na način koji će konzumirati mnogo manje energije nego klasično rudarstvo. Upravo je konzumacija energije i zagađenje koje ona povlači, s obzirom na dominaciju fosilnih goriva u pokretanju rudarske opreme, i veći problem nego samo rudarstvo. Naime, nakon što bude završena eksploatacija određenih rudarskih nalazišta, moguće je u visokom procentu rekultivisati zemljište i obnoviti prirodu, međutim, činjenica da je rudarska industrija upravo grana koja troši najviše energije na svijetu je zabrinjavajuća. Zato je svaka metoda reciklaže poput i ovdje prikazane metode za reciklažu elektronskog otpada u svrhe nanotehnologije, dobrodošla, potencijalno će pomoći u budućnosti da se dođe do balansa između umjerene eksploatacije prirodnih resursa ali i nastojanja da se očuva priroda koliko god je moguće savjesnim korišćenjem i ponovnom upotrebom gdje god je to moguće.



Slika 13. Šema interakcija i benefita različitih faza istraživanja

Literatura

1. Bigum, M., Brogaard, L., & Christensen, T. H. Metal recovery from high-grade WEEE: A life cycle assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 207–208, 8–14. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.10.001>
2. Fornalczyk, A., Willner, J., Francuz, K., & Cebulski, J. E-waste as a source of valuable metals. *Archives of Materials Science and Engineering*, 63(2). 2013.
3. Forti, V., Balde, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University/United Nations Institute for Training and Research, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association. 2020. <https://collections.unu.edu/view/UNU:7737>
4. Huang, K., Guo, J., & Xu, Z. Recycling of waste printed circuit boards: A review of current technologies and treatment status in China. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2), 399–408. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.08.051>
5. Mrazovac Kurilić, S., & Nikolić Bujanović, L. THE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE ENVIRONMENT AND TECHNOLOGIES PROCEEDINGS. University „Union-Nikola Tesla”, Belgrade, Serbia. 2022. <https://www.unionnikolatesla.edu.rs/uploads/files/Nauka/Izdavastvo/Konferencije/2022/zbornik%20UNION%202022.pdf>
6. Nekouei, R. K., Pahlevani, F., Rajarao, R., Golmohammadzadeh, R., & Sahajwalla, V. Direct transformation of waste printed circuit boards to nano-structured powders through mechanical alloying. *Materials & Design*, 141, 26–36. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.12.032>
7. Ongondo, F. O., Williams, I. D., & Whitlock, G. Distinct Urban Mines: Exploiting secondary resources in unique anthropogenic spaces. *Waste Management*, 45, 4–9. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.05.026>
8. Perkins, D. N., Brune Drisse, M.-N., Nxele, T., & Sly, P. D. (2014). E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health*, 80(4), 286–295. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>
9. Ramanayaka, S., Keerthanan, S., & Vithanage, M. 2 - Urban mining of E-waste: Treasure hunting for precious nanometals. In M. N. V. Prasad, M. Vithanage, & A. Borthakur (Eds.), *Handbook of Electronic Waste Management* (pp. 19–54). Butterworth-Heinemann. 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00023-1>
10. RM@Schools – Raw MatTERS Ambassadors at Schools. (2021-2024). <https://rm-schools.isof.cnr.it/>
11. Tatariants, M., Yousef, S., Sakalauskaitė, S., Daugelavičius, R., Denafas, G., & Bendikiene, R. Antimicrobial copper nanoparticles synthesized from waste printed circuit boards using advanced chemical technology. *Waste Management*, 78, 521–531. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.016>, 2018.

12. Tesfaye, F., Lindberg, D., Hamuyuni, J., Taskinen, P., & Hupa, L. Improving urban mining practices for optimal recovery of resources from e-waste. *Minerals Engineering*, 111, 209–221. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.06.018>
13. Tiwary, C. S., Kishore, S., Vasireddi, R., Mahapatra, D. R., Ajayan, P. M., & Chattopadhyay, K. Electronic waste recycling via cryo-milling and nanoparticle beneficiation. *Materials Today*, 20(2), 67–73. 2017 . <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2017.01.015>
14. Todorović, Ž. Potential for Production of Metallic Nanoparticles from the PCB recycle Process [Graduation thesis]. University of Banja Luka. 2022.
15. Willner, J. (n.d.). Leaching of selected heavy metals from electronic waste in the presence of the At. Ferroxidans bacteria.
16. Zeos eko-sistemi. (2022). ZEOS eko-sistem <https://www.zeos.ba/bs/1/home>

POGLAVLJE IV

2

ODGOVORNOST U BIOLOŠKO-NAUČNIM ISTRAŽIVANJIMA JE USLOV ZA OPSTANAK ŽIVOG SVIJETA

prof. dr Smiljana Paraš¹

Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet

Svi ljudi koji žive na planeti Zemlji bez obzira na njihov uzrast, pol, nacionalnost, obrazovanje ili društveni status dužni su neprestano da budu njeni odgovorni čuvari. Najranjivija komponenta naše planete je živi svijet koji je naseljava i on je od nastanka ljudskih civilizacija predmet istraživanja. Neolitski ljudi uspješno su domestifikovali brojne vrste divljih životinja, ljudi iz civilizacija Maja i Inka savršeno su domestifikovali i ukrštali mnogobrojne vrste biljaka, tradicionalni ljekari kineskih civilizacija vrijedno su opisivali živi svijet i njegova ljekovita svojstva, dok su prirodnjaci među starim Grcima prvi popisivali, klasifikovali i sistematizovali sve vrste organizama koji su u to doba živjeli na našoj planeti Zemlji. Sve ove aktivnosti ljudi u prošlosti samo su primjer prisustva svijesti o velikom značaju suživota sa živim svijetom bez obzira na način života koji vode.

Opstanak najvećeg broja vrsta živih organizama na Zemlji danas je ugrožen i svakodnevno smo svjedoci njihovog potpunog i bespovratnog nestanka. Današnjica modernog razvoja ljudske vrste dovela je i do transformacije brojnih ekosistema sa visokim biodiverzitetom. Mnoge biljne i životinjske vrste nemaju nikakvu šansu da ponovo slobodno žive na našoj planeti bez obzira na postojanje brojnih nacionalnih i međunarodnih sporazuma i direktiva o zaštiti biodiverziteta. Nisu samo biolozi sposobni i obavezni za čuvanje živih vrsta organizama na Zemlji, oni su samo edukovani da misiju zaštite prenose na sve, pogotovo na učenike u osnovnim i srednjim školama.

¹ smiljana.paras@pmf.unibl.org

Etički odgovorni naučni radnici u svom radu primjenjuju Direktivu 2010/63/EU za zaštitu životinja koje se koriste u naučne svrhe. Komisija Evropske unije osnovala je radnu grupu za kreiranje ove Direktive, razvoj njenog zajedničkog okvira za sve zemlje članice i one koje to nisu i za obrazovanje i osposobljavanje stručnjaka koji bi ispunjavali zahtjeve Direktive. Glavni ciljevi Direktive 2010/63/EU za zaštitu životinja koje se koriste u naučne svrhe su edukacija svih subjekata uključenih u korišćenje svih vrsta životinja u naučne svrhe i briga o tim životinjama bez obzira da li su gajene u laboratorijama ili žive u prirodi. Ova direktiva samo nekoliko godina od početka primjene doživljava proširenje i dobija nove članove i amandmane. Naučna svijest se proširila i danas Direktivu 2010/64/EU moraju da poštuju i svi naučnici iz bioloških, medicinskih i farmakoloških oblasti koji rade eksperimente u laboratorijama na mikroorganizmima, kulturama tkiva i ćelija.

Neke zemlje Evrope primjenjuju proširenu verziju ove Direktive i na istraživanja koja za test organizam imaju biljke i alge i tako pokazuju koliko je biodiverzitet naše planete Zemlje ugrožen i kako ga treba što jače čuvati.

1. Naučni rad na terenu

Moderna biološko-naučna istraživanja primarno iziskuju veliki broj analitičkih laboratorijskih metoda za kvalitativno i kvantitativno dokazivanje radnih hipoteza naučnika. Međutim, ova činjenica nikako ne smije da isključi neizostavnu povezanost naučnika svih profila sa okolinom, što se u biologiji naziva rad na terenu. Bez obzira da li se kontroliše broj krupnih sisara ili prisustvo endemičnih vrsta biljaka na određenom području, ili se utvrđuje učestalost genskih alela ili prisustvo proteina receptora u mikroorganizmima, svaka od ovih analiza počinje u prirodi da bi se kasnije preselila u specijalizovane laboratorije. Prvo okruženje za upoznavanje značaja biodiverziteta na planeti Zemlji svakako je prostor koji nas okružuje svakodnevno. Zato učenici prvo trebaju da nauče

da posmatraju prirodu oko sebe, da prepoznaju živi svijet u njoj, kvalitetno bilježe viđeno, da uočavaju procese koji dovode do promijena u prirodi, kako bi kasnije mogli da ih prate.

Komisija EU za zaštitu biodiverziteta preporučuje osposobljavanje učenika i studenata na specijalizovanim kursovima, da bi naučili da na terenu kvalitetno analiziraju predstavnike živog svijeta. Takođe, ista komisija obavezuje osposobljene učesnike u zaštiti biodiverziteta da međusobno saraduju i pomažu jedni drugima, kao i da se nesmetano kreću kroz sve zemlje članice EU jer biljne i životinjske vrste ne znaju za državne granice. U skladu sa ovako visoko postavljenim standardima u okruženju, edukatori u našoj zemlji bili bi

profesori biologije u srednjim i nastavnici biologije u osnovnim školama. Zato što je najbolje u najranijem uzrastu kod djece izgraditi pristup pametnog posmatranja i analiziranja živog svijeta u prirodi i reagovanja na eventualne štetne efekte po njega.

Nastavne aktivnosti i edukacija učenika iz svih oblasti biologije počinju njihovim boravkom u prirodi van urbanizovanog prostora. Prostor za naučno-biološku analizu najbolje je pronaći na periferiji, odnosno u okruženju naselja gdje učenici pohađaju školu, kako ne bi imali problema oko dolaska. Na nekoliko časova prije odlaska na teren učenike bi njihovi profesori i nastavnici pripremili za rad i ponašanje na terenu. Profesori bi upoznali učenike sa odgovornošću koju imaju prema prirodi i predstavili im ciljeve i zadatke. Zadatak bi bio da svaki od učenika na terenu prepozna i zabilježi sve prisutne biljne i životinjske vrste, ako ne umije adekvatno da ih prepozna onda mora da ih nacрта ili uslika. Svaki od učenika trebao bi i da uslika analizirani teren u što širem kadru, kako bi kasnije mogao da prati njegovu promjenu kroz vrijeme. Kasnije u učionici zajedno sa profesorom vršila se bi se analiza prikupljenog materijala u obliku podataka i slika i pravio bi se spisak svih pronađenih vrsta biljaka i životinja pronađenih na terenu. Rad na terenu treba ponavljati svakih mjesec dana, ali

ovog puta sa učenicima podijeljenim u grupe jer su se na prvom terminu rada na terenu već upoznali sa načinom rada analize biodiverziteta. Učenici se podijele u osam grupa i svakog mjeseca analizu vrši po jedna grupa, do kraja školske godine. U mjesecu maju tekuće školske godine pravi se album fotografija sa terena po mjesecima i uočavaju se njegove promjene kroz vrijeme. Isto tako pravi se sumarna tabela svih biljnih i životinjskih predstavnika koji su pronađeni i opisani za devet mjeseci terenskog rada i oni zajedno predstavljaju dio biodiverziteta obuhvaćenog ovim učeničkim radom na terenu. Sistematizacija rezultata istraživanja i pisanje izvještaja sa terena izuzetno su bitni jer je uvijek moguće da se sa njima pristupi većim bazama podataka za ista ili slična istraživanja na tom istom odabranom ili drugom prostoru. Podaci o prisustvu biljnih i životinjskih vrsta mogu da se pohrane u baze podata za neka buduća istraživanja ako su prvi koji se objavljuju. Takođe, podaci mogu da budu nastavak već ranije započetih istraživanja o biodiverziteta svih pronađenih vrsta ili samo odabrane vrste organizama.



Ovdje je veoma važno napomenuti da su iskustvo mnogih profesora, kao i moja lična, ali i učenika koji su prošli kroz analizu biodiverziteta na terenu pozitivna. Naime terenski rad kao specifičan oblik nastave za učenike je koristan, jer učenici izuzetno dobro pamte činjenice predstavljene im van učionice. Zaključke ovakvih bioloških naučnih radova sa terena učenici sami donose i kasnije ih veoma dugo pamte, skoro do kraja cjelokupnog školovanja. Rezultati dobijeni na kraju ovakvog istraživanja u cijeloj naučnoj zajednici su startni podaci za dalja istraživanja za sve šira i veća područja. Pored toga oni su i konkretne činjenice koje pokazuju kako se biodiverzitet jednog područja mijenja kroz vremenski period. Ovakva biološko-naučna istraživanja biodiverziteta su veoma popularna danas u svijetu, jer nisu agresivna i opasna, mnogo su interesantna učenicima i daju veoma reprezentativne i vidljive rezultate.

Učenici se upoznaju sa konkretnim problemima na terenu koji dovode do nestanka živih vrsta jer ih vide direktno na odabranom prostoru. Rad na terenu pomaže u komunikaciji među učenicima i razmjenjivanju njihovih stavova, pogotovo danas kad mladi sve manje razgovaraju o naučnim temama. Kvalitetno formiranje grupa učenika u okviru jednog odjeljenja može samo pozitivno da utiče na njihov međusobni odnos timskog rada i stvaralački potencijal. Timski rad u prirodi dovodi i do aktivnog uključivanja u rad i saradnju i učenika koji su introvertni i nesnalažljivi u cilju povećanja njihovog zbližavanja sa drugarima. Odgovornost u analizi podataka nakon terenskog rada je velika i nju snosi profesor jer mora da isključi nedokumentovane i nasumične podatke. Podaci ostaju u školskim, lokalnim ili međunarodnim bazama podataka zauvijek i služiće u budućnosti za razumijevanje svih efekata koji danas dovode do promijena biodiverziteta.



Slika 1. Naučno-biološki rad studenata i profesora na terenu

2. Naučni rad sa živim organizmima

Za biološko-naučna istraživanja otvoren prostor prirode i školske učionice često nisu dovoljni i tada se ona organizuju na nivou in vivo. Termin in vivo znači da su za pronalaženje određenih zakonitosti u prirodi ili u živim organizmima potrebna istraživanja direktno na tačno određenim predstavnicima biljaka, životinja ili mikroorganizama u laboratorijskim uslovima ili u kontrolisanim uslovima u prirodi. Za naučni rad sa živim organizmima potrebni su kabineti za biologiju u školama, koji vrše ulogu bioloških laboratorija pri fakultetima ili institutima. Laboratorijski uslovi na nivou nastave koja se obavlja u srednjim i osnovnim školama ne podrazumijevaju uvijek visokoorganizovane kabinete, prostorije sa skupom i raznovrsnom opremom. Baš suprotno jer za kvalitetne i inovativne biološko-naučne eksperimente najčešće je potrebno malo laboratorijskog posuđa, hemikalija, živog materijala i interesantan dizajn.

Rezultati dobijeni iz eksperimenata o uticaju različitih hemijskih i bioloških agenasa na razne biljne vrste uvijek su veoma korisni i neiscrpni za nauku. U svakom od ovih eksperimenata može da se kombinuje veliki broj biljnih vrsta sa isto toliko velikim brojem agensa. Kombinacije su beskonačne i nikad se ne zna koja će od njih pružiti objašnjenje neke nove biološke zakonitosti ili dati konkretan odgovor na pitanje kako funkcioniše rad živog sistema. Dizajn eksperimenta je jednostavan. Potrebno je nekoliko grupa klijanaca iste biljne vrste, posuda za njihov rast, prostorija gdje će se čuvati, agens kojim bi se tretirali i svakodnevna briga učenika o test biljkama. Učenici bi kontrolisali uslove eksperimenta i bilježili promjene na biljkama. Očekivane promjene su u obliku promjene veličine nadzemnih i podzemnih biljnih organa, kao i promjene veličine cijele biljke što je moguće kvantifikovati jednostavnom mjernom savitljivom trakom.

Promjene mogu biti i u dužini života biljaka u eksperimentu. Najbolje je odabrati za pripremu klijanaca sjemene kulture biljaka koje se koriste u ishrani jer su pristupačne i nisu skupe, kao što su na primjer sjeme graška, kukuruza ili žita. Mogu da se koriste sjemena svih biljnih vrsta iz prirode, kako različite drvenaste vrste iz šuma ili cvjetnice sa livada, tako i vrste koje naseljavaju planine ili korovske vrste koje preživljavaju u zelenim zonama gradova. U slučaju uzimanja sjemena iz prirode mora strogo da se povede računa da u eksperimentu učestvuje samo jedna biljna vrsta, odnosno da nema nekoliko njih koje liče jedna na drugu. U takvom slučaju rezultati dobijeni u eksperimentu ne bi bili validni. Vremenski period tretiranja biljne vrste agensom takođe je veoma bitna stavka svakog eksperimenta. U određivanju njegove dužine savjet je da se konsultuju literaturni podaci iz naučnih radova već objavljenih na istu ili sličnu temu, jer mogu da daju najbolje okvire. Nije dobro ako se agens koristi prekratko ali ni predugo jer se onda gubi smisao cijelokupne ideje o njegovom najboljem efektu na biljne organizme.

Zavšetak rada u laboratoriji na biljkama samo je jedna polovina posla jer podaci skupljeni u toku eksperimenta na njegovom kraju moraju da se sistematizuju i adekvatno protumače. U ovom dijelu biološko-naučnog rada učenici se susreću sa korišćenjem softverskih programa za analizu podataka koji su danas veoma pristupačni i jednostavni za korišćenje, a svaki profesor i nastavnik ih je savladao u okviru diplomskih studija. Često je poželjno na kraju eksperimenta uključiti dodatne analize u analiziranju kvaliteta biljnog tkiva nakon dejstva agensa, što svakako mogu da urade učenici na PMF-u uz pomoć profesora i asistenata iz određene oblasti. Dodatne analize su određivanje koncentracije hlorofila u zelenim organima biljaka, detekcija prisustva agensa u biljci pomoću sprektrofotometra, mjerenje koncentracije proteina u biljnim tkivima pomoću elektroforeze ili određivanje kvaliteta i brojnosti biljnih ćelija na svjetlosnom mikroskopu velikog uvećanja.



Slika 2. Eksperimentalne biljke na PMF-u

Danas postoji sve veća tendencija za zamjenu životinja u biološko naučnim istraživanjima sa njihovim modelima, modelima njihovih organa, tkiva, pa čak i samih ćelija. Modeli podrazumijevaju korišćenje visokokvalitetnih softverskih programa koji simuliraju ponašanje i fiziološke odgovore životinja na stimuluse iz prirode. Takođe, modeli životinja za eksperimentalne i edukativne svrhe su plastične i robotizovane replike pravih životinja prilagođene za učenje njihove morfologije i anatomije, kao i simulacija fiziologije lokomotornog, kardiovaskularnog i digestivnog sistema.

Za postizanje naučnih ciljeva modeli često nisu dovoljni jer su ograničeni i predvidivi, tad je neophodno, i tada je opravdano, odgovorno i etički uključiti životinju u eksperiment, kao test organizam. Potrebno je veliko znanje i iskustvo osoba koje rade sa eksperimentalnim životinjama koje su razne vrste beskičmenjaka i kičmenjaka. Osobe koje rade sa eksperimentalnim životinjama moraju da budu dobro obučene i da imaju strpljenje prema njima. Zato osobe koje nisu radile sa eksperimentalnim životinjama i vodile brigu o njima u laboratorijskim ili prirodnim uslovima u okviru naučnih eksperimenata moraju da prođu stručnu obuku i osposobljavanje osposobljavanje prije nego što počnu sa radom.



Slika 3. Student PMF-a u naučno-biološkoj analizi koncentracije hlorofila u biljkama

Pored njih u radu sa životinjama koje se koriste za biološko-naučne eksperimente nerijetko su uključeni i veterinari, ljekari i farmakolozi u zavisnosti od eksperimentalnog tretmana. EU svake godine organizuje timove osposobljenih stručnjaka za brigu o životinjama koje se koriste u eksperimentalne svrha koji edukuju kolege u njihovim laboratorijama ili u prirodnim uslovima i vrše monitoring primijenjenih znanja.



Slika 4. Eksperimentalna životinja, pacov Wistar soj u svom kavezu, u vivarijumu na PMF-u



Potrebna je visoka odgovornost u in vivo eksperimentima, zbog očuvanja biodiverziteta u prirodi. Rad sa biljkama, životinjama i mikroorganizmima koji se uzimaju iz prirodnih uslova može da utiče na njihovu brojnost. Veliki je uspjeh naučnika u pronalaženju novih lijekova i ljekovitih jedinjenja, u testiranju hrane ili napitaka ili u detekciji gena koji dovode do teških oboljenja kod ljudi ali nekontrolisana eksploatacija i nerealna očekivanja od živih organizama mogu da dovedu do njihovog uništenja zauvijek. Biljke, životinje i mikroorganizmi imaju svoja životna ograničenja i zato je prisustvo etičkih komiteta i odbora za zaštitu životinja koje se koriste u naučne svrhe veliki. Etički odbori često prave zabrane za pristup biološkim resursima i glavna su prepreka potencijalnim naučnim otkrićima i testiranjima već postojećih. Etički odbori zasnovani na osnovu Direktive 2010/63/EU vrše nadzor nad svim eksperimentima

koje naučnici planiraju da obave na živim organizmima u laboratorijama ili prirodi. Ako dizajn naučne studije krši bilo koji uslov ovog kodeksa ona se zabranjuje i eksperimentalni rad na životinjama se nikad ne obavlja. Najznačajniji uslovi kodeksa su da se eksperimentalna životinja ne koristi ako na bilo koji drugi način može da se ispita ili dokaže zakonitost i ako životinja pati u eksperimentu ili trpi bol, stres i trajno oštećenje. Dizajn naučne studije mora tačno i precizno da sadrži metode rada, očekivane rezultate za svaku etapu u radu, ispunjavanje naučno dokazanih zakonitosti, postizanje praktičnog ishoda i nadzor za sve vrijeme eksperimentalnog dijela rada. Naučna studija nikako ne smije da sadrži planirane improvizacije, rizik po eksperimentalne životinje i naučno nezasnovane metode.

Sticanje iskustva u radu sa eksperimentalnim životinjama nikad nije konačan proces jer bez obzira na preduzete sve mjere iz protokola etičkih komiteta o zaštiti eksperimentalnih životinja uvijek postoje problemi koji se javljaju, konkretno u vivarijumima ili u prirodnim staništima životinja. U biološko-naučnim istraživanjima najčešći eksperimentalni test organizmi su albino pacovi Wistar soja koji se gaje u akreditovanim vivarijumima.



Slika 5. Studenti PMF-a u naučno-biološkoj analizi riba iz Vrbasa

Uslovi u kojima pacovi žive moraju da zadovolje visokopropisane standarde, u suprotnom rezultati bioloških studija neće biti validni i nigde neće biti prihvatljivi. Sve eksperimentalne životinje koje se koriste u naučno-biološkim istraživanjima moraju da imaju sve iste uslove za život i napredovanje. Eksperimentalni pacovi se u vivarijumima gaje u kavezima od pleksiglasa sa metalnom rešetkom na vrhu koja na sebi nosi pojilicu za vodu i hranilicu za specijalno paletiranu hranu za eksperimentalne glodare. Dno svakog kaveza je pokriven šuškom, piljevinom, koja je takođe specijalno napravljena za gajenje eksperimentalnih pacova.

Ova šuška se mijenja svakih pet dana u periodu trajanja eksperimenta isto kao i u periodu kad pacovi nisu u eksperimentu već služe za kreiranje legla koja će ući u eksperiment. Ritam svjetlosti i mraka u vivarijumu mora da prati isti u prirodi u periodu kad su eksperimentalni pacovi u tretmanu. Uvijek u dizajnu eksperimenta postoji jedna grupa pacova koji su kontrolna grupa i oni nisu u tretmanu predviđenim eksperimentom, i druga, ili više drugih grupa pacova koji su u tretmanu. Tretman eksperimentalnih pacova može da bude različit: mogu da se zrače jonizujućim ili nejonizujućim zračenjima ukoliko se testiraju uređaji koji će biti u ljudskoj okolini; mogu da se poje raznim hemijskim agensima; novim tipovima lijekova ili da testiraju najbolju dužinu upotrebe lijekova koji su već u ljudskoj upotrebi; da se hrane aditivima; tretiraju raznim

preparatima na biljnoj bazi; dalje, mogu da udišu vazduh zagađen raznim hemijskim elementima ili slobodnim radikalima; mogu da u svojim kostima, mišićima ili koži nose određen broj dana implantat napravljen sa ciljem da regeneriše povrijeđeno mjesto; ili da prekomjerno koriste u ishrani namirnice bogate mastima ili šećerima kako bi se dokazao njihov štetan efekat. Pacovi mogu da testiraju supstance na biljnoj bazi u sprječavanju infarktne stanja; testiraju razne produkte djelatnosti biljnih ćelija na regeneraciju ljudskih tkiva i tako dalje jer nabranje tretmana je beskonačan niz i zavisi samo od krajnjeg cilja naučnika.

Eksperimentalni pacovi su veoma pogodne životinje za eksperimentalna istraživanja iz razloga što zakonitosti koje se na njima uoče mogu da se primijene i na ljudski organizam, malih su dimenzija, lako se gaje, kratak im je period reprodukcije i detaljno su im poznate anatomija i fiziologija, što je preduslov u kvalitetnoj interpretaciji dobijenih naučnih rezultata. Odgovornost u naučno-biološkim istraživanjima na živim organizmima je velika jer su ponovni isti eksperimenti skoro nemogući i skupi. Zato u dizajnu eksperimenta koji je u saglasnosti sa etičkim kodeksima mora na sve da se pazi, pogotovo na broj organizama koji se koriste u eksperimentu jer ne smije da bude ni veliki jer je to nije etički, ali ni mali jer podaci neće da budu naučno prihvatljivi. Najmanji broj organizama, da bi biološka studija naučno bila priznata, je šest po svakoj eksperimentalnoj grupi.

Pored eksperimentalnih pacova biološko-naučna istraživanja često koriste beskičmenjake i kičmenjake ulovljene u njihovim prirodnim staništima kao što su rijeke, jezera, šume, mora, livade i dr. Ove jedinke služe kao test organizmi za analizu njihove morfologije, anatomije i fiziologije, ali i sredina u kojima žive. Popularni test organizmi u našoj sredini koji se love u prirodi su ribe, riječni rakovi, zmije, leptiri i krpelji.

Preko njih naučnici na Univerzitetu u Banjoj Luci dolaze do podataka o njihovoj brojnosti i rasprostranjenosti ali i o kvalitetu sredina u kojima su izlovljeni. Ovakva eksperimentalna istraživanja na kičmenjacima i beskičmenjacima ulovljenim na određenom području u prirodi veoma su primjenljiva u nauci. Naime, u ovim eksperimentalnim studijama sve jedinke

imaju isto okruženje u prirodi na koje naučnici ne mogu i ne trebaju da utiču, pripadnici su iste vrste sa istim genetičkim fondom, prilagođavaju se istim promjenama sredine oko sebe i imaju ih u svim starosnim kategorijama. Naučne studije najčešće se zasnivaju na lovljenju, prebrojavanju, morfološkom opisivanju, obilježavanju, uzimanju produkata ekskretornih organa i tjelesnih tečnosti primjeraka životinja iz prirode. Ako je potrebno u okviru studije jedan broj jedinki moguće je odnijeti do naučno-biološke laboratorije gdje bi se uradile dodatne analize. Odgovornost od strane naučnika u ovakvim eksperimentima prema životinjama je ogromna jer moraju maksimalno da se potrudu da po završetku eksperimenta vrate jedinke u prirodu odakle su ih i ulovili.

3. Naučni rad u biološkim laboratorijama



Svaki dobro organizovan prostor u kojem se izvode ogledi, eksperimenti i analize na eukariotskim i prokariotskim organizmima i ćelijama, kao i na subćelijskim strukturama predstavlja biološku laboratoriju. Biološke laboratorije moraju da obezbijede sredinu za siguran tok eksperimenta, nepromijenjene uslove za tretman na tkivima, ćelijama ili njihovim subćelijskim komponentama i slobodan pristup svim metodama koje se koriste u analizama. Slobodan pristup metodama znači da učesnici u laboratorijskim istraživanjima moraju prije početka eksperimenta da se upoznaju sa svim literaturnim referencama koje metode opisuju. Najčešće se konačni odgovori na postavljene hipoteze u svakom naučno-biološkom istraživanju dobiju ako se analiziraju produkti životne djelatnosti samih ćelija. Ova činjenica često zna da obeshrabi mlade naučnike koji nemaju pristup modernim i visokoopremljenim biološkim laboratorijama. Međutim, danas kad živimo u dobu u kojem postoje otvorene i uslužne specijalizovane laboratorije, svaki učenik ili student može da bude naučnik samo ako ima dobru ideju za eksperiment. Važno je da se naglasi da nijedna ideja koja pomaže ili otkriva biološke zakonitosti nije loša.

Bitno je samo ideju dobro razraditi u smislu dizajna eksperimenta, materijala i metoda i očekivanih rezultata i onda je prenijeti nastavniku ili profesoru. Ideje iz glava mladih ljudi trebaju što više da se slušaju i po mogućnosti testiraju. Zato je svaki kabinet biologije ili učionica u kojoj se odvija nastava biologije ujedno i laboratorija za biološka istraživanja, bez obzira na njenu opremljenost. Oprema nije presudna po školama jer ona postoji na fakultetima našeg Univerziteta u Banjoj Luci, kao što na istom mjestu postoji i kadar nastavnika i asistenata koji su uvijek spremni da izađu u susret novim i interesantnim naučnim idejama u biologiji.

Najčešće biološke ideje koje studenti predlažu nastavnom osoblju fakulteta za rad u laboratorijama su: testiranje antimikrobne aktivnosti raznih tipova antibiotika; provjeravanje protektantskih osobina produkata životne djelatnosti biljaka; primjena novih vještački sintetisanih materijala i materijala iz prirode na eukariotske ćelije; genotoksični efekti različitih agenasa iz prirode na ćelije i tkiva; štetne posljedice brojnih hemijskih i bioloških supstanci na fiziologiju biljnih i životinjskih ćelija; dokazivanje toksičnih efekata teških metala iz vode, zemljišta i vazduha na organske sisteme živih organizama; kvalitete hrane i pića koji se koriste u ishrani ljudi i životinja; prisustvo i učestalost hromozomskih aberacija u kariotipovima ljudi i životinja; reakcija tkiva na implantate koji će u budućnosti služiti u rekonstruktivnoj medicini; sigurna dužina korišćenja lijekova za smirenje na sisare; prisustvo i prednosti antioksidativnog šoka u biljnim tkivima; testiranje novih lijekova za zaštitu krvnih sudova u infarktnom stanju; detekcija novih biljnih i životinjskih vrsta na nivou gena iz prirode; prikazivanje promjene u ćelijskoj aktivnosti nakon uticaja svih tipova zračenja; hibridizacija biljnih i životinjskih vrsta na nekom području; učestalost malignih transformacija ćelija u svim organima ljudskog



Slika 6. Studenti analiziraju uzorke na stereolupama na PMF-u

tijela itd. Ove kao i mnoge druge ideje za eksperimente i testove sprovedene su na Univerzitetu u Banjoj Luci i dokaz su da nijedna od njih nije neostvariva. Zato su nabrojane ideje samo skice i iskre pokretačice za neka buduća istraživanja koja će biti inicirana od strane učenika osnovnih i srednjih škola.



Svako bezrazložno bacanje i uništavanje biološkog materijala je ekonomski neisplativo i neetično. Nadzor obučene osobe pored svih učesnika u svakom biološkom istraživanju je bitan i neizostavan jer su metode veoma osjetljive, oprema često skupa, a i sam rad može da bude opasan po učenike jer se nerijetko koriste hemikalije koje mogu da izazovu povrede. Svi rezultata naučno-biološkog istraživanja u obliku tabela, grafika, mikrografija, forografija, digitalnih ili analognih zapisa sa korišćenih aparata su jednako vlasništvo svih njegovih autora.

Učenike treba ohrabrivati u idejama i usmjeravati njihove ideje prema naučno-biološkom konceptu rada. Treba im na samom početku objasniti aspekt odgovornosti rada u biološkoj laboratoriji i etički aspekt u istraživanju. Odgovoran laboratorijski rad podrazumijeva da uslovi dizajna i sprovođenja biološkog eksperimenta moraju da budu potpuno poznati, objektivni i transparentni, razumljivi i jasni bez dvosmislenosti. Nikako ne treba koristiti improvizacije i eksperimentalne pokušaje za koje se ne zna ni potencijalni ishod, a rizik za sve učesnike treba smanjiti na minimum.

Količine primijenjenih svih supstanci, agenasa ili hemijskih jedinjenja moraju da budu maksimalno tačne kako bi uvijek i u svako doba bilo ko kasnije iz naučne ili nenaučne zajednice mogao da eksperiment u potpunosti ponovi i ako je potrebno provjeri njegovu tačnost. U eksperimentalnom radu moraju da budu jasni polazni kriterijumi jer će samo tako rezultati biti pouzdani i validni. Etičnost u laboratorijskim biološkim istraživanjima podrazumijeva da se svi organizmi i sav biološki materijal koriste na pravi način i u najmanjoj mogućoj mjeri. Bitno je kvalitetno odrediti najveći broj pokušaja u eksperimentu za postizanje odgovarajućih standarda i rezultata.

Korišćenje bilo kog oblika rezultata naučne studije bez dozvole i saglasnosti svih učesnika je povreda etičkog kodeksa o radu u biološkoj laboratoriji na živim organizmima i biološkom materijalu i povlači za sobom velike posljedice. Odgovorna laboratorijska biološko-naučna istraživanja prezentovana su u radu naučnika i studenata na PMF-u Univerziteta u Banjoj Luci na testiranju biokompatibilnog materijala na laboratorijskim pacovima. U vivarijumu na PMF-u uzgajani su i tretirani eksperimentalni pacovi po svim kriterijumima etičkog kodeksa za uzgoj, tretiranje i brigu eksperimentalnih životinja.



Slika 7. Asistentica zasijava podloge za uzgoj mikroorganizama na PMF-u

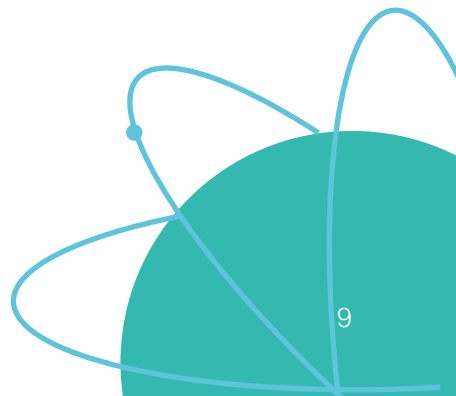
Pacovima iz tretirane grupe ugrađivani su implantati ALBO-OS-a u koštano tkivo i oni su ih nosili dva mjeseca. ALBO-OS je biokompatibilni materijal koji ima ulogu vještačke kosti, sintetisan od kalcijuma, silicijuma i fosfora, ima veliku čvrstinu i koristi se da nadopuni i zamijeni koštani defekt. Nakon završetka eksperimentalnog dijela istraživanja u citološkoj laboratoriji PMF-a analizirani su presjeci koštanog tkiva koje je bilo u kontaktu sa ALBO-OS materijalom. Sve metode i analize istraživanja koje nisu bile dostupne na našem Univerzitetu ustupile su nam kolege sa drugih univerziteta iz naše zemlje i okruženja.

Saradnja kolega sa više univerziteta u našem slučaju, ispitivanja biokompatibilnosti ALBO-OS materijala, se produžila i nakon završetka ovog istraživanja što je bio još jedan benefit u biološko-naučnim studijama. Na sreću i zadovoljstvo cijelog tima istraživača laboratorijski rad je dokazao da je novosintetisana vještačka kost potpuno biokompatibilna i da nije štetna za prirodnu kost pacova u koju je bila ugrađena. Korišćenje bilo kog oblika rezultata naučne studije bez dozvole i saglasnosti svih učesnika je povreda etičkog kodeksa o radu u biološkoj laboratoriji na živim organizmima i biološkom materijalu i povlači za sobom velike posljedice. Odgovorna laboratorijska biološko-naučna istraživanja prezentovana su u radu naučnika i studenata na PMF-u Univerziteta u Banjoj Luci na testiranju biokompatibilnog materijala na laboratorijskim pacovima. U vivarijumu na PMF-u uzgajani su i tretirani eksperimentalni pacovi po svim kriterijumima etičkog kodeksa za uzgoj, tretiranje i brigu eksperimentalnih životinja. Pacovima iz tretirane grupe ugrađivani su implantati ALBO-OS-a u koštano tkivo i oni su ih nosili dva mjeseca. ALBO-OS je biokompatibilni materijal koji ima ulogu vještačke kosti, sintetisan od kalcijuma, silicijuma i fosfora, ima veliku

čvrstinu i koristi se da nadopuni i zamijeni koštani defekt. Nakon završetka eksperimentalnog dijela istraživanja u citološkoj laboratoriji PMF-a analizirani su presjeci koštanog tkiva koje je bilo u kontaktu sa ALBO-OS materijalom. Sve metode i analize istraživanja koje nisu bile dostupne na našem Univerzitetu ustupile su nam kolege sa drugih univerziteta iz naše zemlje i okruženja. Saradnja kolega sa više univerziteta u našem slučaju, ispitivanja biokompatibilnosti ALBO-OS materijala, se produžila i nakon završetka ovog istraživanja što je bio još jedan benefit u biološko-naučnim studijama.

Na sreću i zadovoljstvo cijelog tima istraživača laboratorijski rad je dokazao da je novosintetisana vještačka kost potpuno biokompatibilna i da nije štetna za prirodnu kost pacova u koju je bila ugrađena.

U formiranju radnih grupa učenika koji učestvuju u radu u naučnoj naučno-biološkoj laboratoriji bez obzira na dizajn eksperimenta uvijek treba angažovati učenice i učenike podjednako. Na ovaj način će se, sa jedne strane, omogućiti radnim grupama da u potpunosti iskoriste različite vještine učesnika koje već posjeduju. Dok će se, sa druge strane, pojačati njihova međusobna komunikacija u toku razmjenjivanja ideja, kontroli rada i rješavanju problema nastalih u toku rada u laboratoriji. Učenike treba upoznavati sa činjenicom da je rad u nauci otvoren i slobodan, da podstiče njihovu kreativnost i formira ih kao buduće naučnike i osobe uopšte, ali moraju se uvijek upozoravati i da je istraživački rad odgovoran, etički i obavezujući da se stečena znanja i vještine prenose na buduće naraštaje.



Literatura

1. Alfaro, V.: Specification of laboratory animal use in scientific articles: current low detail in the journals' instructions for authors and some proposals. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*. Vol. 27:495-502, 2005.
2. Asakura, K., Bogo, M., Good, B., & Power, R.: Teaching Note—Social Work Serial: Using video-recorded simulated client sessions to teach social work practice. *Journal of Social Work Education*, vol. 54(2), 397–404, 2018.
3. Baird, S. L.: Conceptualizing anxiety among social work students: Implications for social work education. *Journal of Social Work Education*, vol. 35(6), 2016.
4. Flecknell, P. P.: Pain – assessment, alleviation and avoidance in laboratory animals, 2018. <http://altweb.jhsph.edu/publications/anzccart/issue8.htm>
5. Lassen, J., Gjerris, M., Sandoe, P.: After Dolly--ethical limits to the use of biotechnology on farm animals. *Theriogenology*. vol.65:992-1004, 2006.
6. Schuppli, C. A., Fraser, D., McDonald, M.: Expanding the three Rs to meet new challenges in humane animal experimentation. *Altern Lab Anim*. vol.32:525-532, 2004.
7. Evropska komisija: Direktiva 2010/63/EU o zaštiti životinja koje se koriste u znanstvene svrhe. Okvir za obrazovanje i osposobljavanje. Skrb o životinjama u svrhu bolje znanosti, 2020. https://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/pdf/guidance/education_training/hr.pdf
8. Evropska komisija: Direktiva 2010/63/EU o zaštiti životinja koje se koriste u znanstvene svrhe. Sprovođenje projekata. Skrb o životinjama u svrhu bolje znanosti, 2020, www.ec.europa.eu/environmental/chemicals/lab_animals/pdf/guidance/project_evaluation/hr.pdf
9. Evropska komisija: Direktiva 2010/63/EU o zaštiti životinja koje se koriste u znanstvene svrhe. Kontrola korišćenja eksperimentalnih životinja. Skrb o životinjama u svrhu bolje znanosti. 2020. www.ec.europa.eu/environmental/chemicals/lab_animals/pdf/guidance/inspections/hr.pdf
10. Bragg, J. E., Adamson, T., McBride, R., Miller-Cribbs, J: Preparing Students for Field Education Using Innovative Field Labs and Social Simulation. *Field Educator*. vol. 10(2), 2020.
11. Ben-Porat, A., Gottlieb, S., Refaeli, T., Shemesh, S., & Zahav, R. R. E.: Vicarious growth among social work students: What makes the difference? *Health and Social Care in the Community*, vol. 28(2), 2019.
12. Costello, M., Huddleston, J., Atinaja-Faller, J., Prelack, K., Wood, A., Barden, J., & Adly, S.: Simulation as an effective strategy for interprofessional education. *Clinical Simulation in Nursing*, vol. 13(12), 624–627. 2017.
13. Deal, K. H., Bennett, S., Mohr, J., & Hwang, J.: Effects of field instructor training on student competencies and the supervisory alliance. *Research on Social Work Practice*,

vol. 21(6), 712–726, 2011.

14. Dettlaff, A., & Wallace, G.: Promoting integration of theory and practice in field education: An instructional tool for field instructors and field educators. *The Clinical Supervisor*, vol. 21(2), 145–160, 2012.

15. Haynes W.: Bonferroni correction. In W. Dubitzky, O. Wolkenhauer, K. H. Cho, & H. Yokota (Eds.), *Encyclopedia of systems biology*. Springer, 2013.

16. Lee, M., & Fortune, A. E.: Do we need more “doing” activities or “thinking” activities in the field practicum? *Journal of Social Work Education*, vol. 49, 446–660, 2013.

17. Logie, C., Bogo, M., Regehr, C., & Regehr, G.: A critical appraisal of the use of standardized client simulations in social work education. *Journal of Social Work Education*, vol. 49(1), 66–80, 2014.

18. Lu, Y. E., Ain, E., Chamorro, C., Chang, C.-Y., Feng, J. Y., Fong, R., Garcia, B., Hawkin, R. L., & Yu, M.: A new methodology for assessing social work practice: The adaptation of the Objective Structured Clinical Evaluation. *Social Work Education*, vol. 30(2), 170–185, 2011.

19. Schneller, D. P., & Brocato, J.: Facilitating student learning, the assessment of learning, and curricular improvement through a graduate social work integrative seminar. *Journal of Teaching in Social Work*, vol. 31(2), 178–194, 2011.

20. Wilcox, J., Miller-Cribbs, J., Kientz, E., Carlson, J., & DeShea, L.: Impact of simulation on student attitudes about interprofessional collaboration. *Clinical Simulation in Nursing*, vol. 13(8), 390–397, 2017.

21. Wilson, A. B., Brown, S., Wood, Z. B., & Farkas, K. J.: Teaching direct practice skills using Web-based simulations: Home visiting in the virtual world. *Journal of Teaching in Social Work*, vol. 33, 421–437, 2013.

POGLAVLJE V

RODNA DIMENZIJA U STEM OBRAZOVANJU

prof. dr. Jasminka Hasić Telalović¹
Univerzitet Sarajevo School of Science and Technology

1. Bosna i Hercegovina i STEM obrazovanje

U posljednje vrijeme je tema STEM-a zasluženno dobila više prostora u javnoj komunikaciji. Ovo poglavlje tretira jednu specijalnost u okviru STEM oblasti u kojoj je tradicionalno udio žena manji i gdje su prepoznati određeni rodni stereotipi kao i sporije napredovanje žena, a ta specijalnost su kompjuterske nauke (računarstvo). Vještine u kompjuterskim naukama nam omogućavaju zanimljive poslove i odlične uslove rada kako u Bosni i Hercegovini, tako i u regiji i svijetu. Projekcije za budućnost su takve da će te vještine i dalje ostati cijjenjene i omogućavati poslove budućnosti koji su tek u nastajanju.

Trenutno, udio žena koje na univerzitetu završavaju studij kompjuterskih nauka (ICT – Information and Communication Technologies) je 34%, a udio svršenica trećeg ciklusa obrazovanja u svim STEM oblastima je 44.5%. Ove brojke pokazuju da je interes djevojaka za STEM i kompjuterske nauke značajan, ali kada pogledamo statistike uposlenja svršenica ovih specijalizacija, primjećujemo da žene sporije napreduju kako u industriji, tako i u akademskoj

zajednici. Dolazi do dobro opisanog fenomena „cjevovoda koji curi“ (leaky pipeline) što u krajnosti rezultira da broj žena na vodećim pozicijama, posebno kada su kompjuterske nauke u pitanju, znatno opada kako pozicije imaju veću prestiž i moć.

Razlozi zbog koji se ženski talent gubi i nedovoljno koristi u društvu nisu objektivni već su bazirani na ukorijenjenim društvenim normama koje se vrlo često ispoljavaju podsvjesno. EU društvo je ozbiljno shvatilo ovaj problem i problem jednakopravnosti spolova se adresira u vidu niza politika kao i uključivanju gendera u sve sfere djelovanja društva. I uz ovakve napore, trenutno je procijenjeno da će EU trebati 60 godina da dodje do jednakopravnosti. Svjetski ekonomski forum daje procjenu za cijeli svijet i ona iznosi 136 godina.

Tema uspostavljanja rodne jednakopravnosti u BiH je uglavnom vezana za europske integracije.

¹ jasminka.hasic@ssst.edu.ba

2. Rodna jednakopravnost

Rod i rodna ravnopravnost bili su jedan od deset najkorišćenijih pojmova u 21. vijeku, a postizanje rodne ravnopravnosti je postavljeno kao društveni cilj od strane mnogih agencija koje se bave ekonomskim i političkim razvojem.

Praćenje rodni odnosa je od vitalnog značaja. Bez kontinuiranog uvida u stanje rodni odnosa, ne mogu se kreirati politike i mjere koje imaju za cilj promicanje rodne ravnopravnosti. Stoga je imperativ uspostavljanje redovnog procesa praćenja rodni odnosa u zajednici, s ciljem identifikacije različitih oblika rodne neravnopravnosti, njihovog porijekla i posljedica. Sva statistička praćenja i administrativna evidencija treba da omoguću rodnu disagregaciju podataka. Osim toga, izvještaji o praćenju različitih trendova trebali bi imati za cilj uvođenje rodno osjetljivog pristupa.

Rodna analiza je ključna u svim oblastima djelovanja i njene rezultate treba uzeti u obzir prilikom rješavanja poteškoća.

Rodna analiza ili procjena rodni odnosa treba da se sprovede u svakoj instituciji, univerzitetu, mehanizmu donošenja odluka, sadržaju politike ili strukturi budžeta.

Rodna ravnopravnost se može dešifrovati i raščlaniti u svakom njenom segmentu, posebno kada je u pitanju njen odnos prema nauci i tehnologiji. S tim u vezi, termin koji bi trebalo primjenjivati je gender mainstreaming. U teoriji, gender mainstreaming je definiran kao integracija rodne perspektive u politiku koja ima za cilj postizanje ravnopravnosti između žena i muškaraca kao sveobuhvatnog principa koji treba uzeti u obzir u svim odlukama, u svakoj fazi procesa kreiranja politike, od strane svih uključenih aktera. Četvrta svjetska konferencija o ženama 1995. godine je usvojila gender mainstreaming kao kritičan i strateški pristup za postizanje obaveza u pogledu rodne ravnopravnosti.

Željena rodna ravnopravnost definirana je svojim ciljevima koji uključuju:

- jednake mogućnosti za karijeru za žene i muškarce;
- pravedna raspodjela neplaćenog i plaćenog rada, plata i dnevnica među ženama i muškarcima;
- jednakost žena i muškaraca u pogledu političke zastupljenosti i učešća;
- unapređenje rodni uloga i standarda za žene i muškarce, eliminisanje ograničavajućih standarda;
- iste lične slobode za žene i muškarce, zaštita od svih oblika agresije.

2.1. Principi rodne ravnopravnosti

U teoriji, *gender mainstreaming* bi se mogao predstaviti u *ciklusu gender mainstreaming-a*, gdje bismo trebali definirati alate: alate za planiranje, alate za provjeru i alate za djelovanje. U okviru ciklusa uvođenja rodne ravnopravnosti, važno je voditi se prema sljedećih pet principa:

1. Načelo rodno osjetljivog jezika definiše da tekstovi koji se odnose ili se obraćaju i ženama i muškarcima moraju učiniti žene i muškarce podjednako vidljivim.
2. Rodno specifično prikupljanje i analiza podataka definiše da se svi prikupljeni podaci moraju analizirati i prezentovati prema spolu, osim toga, društvene dimenzije, kao što su starost, etnička pripadnost, prihod i nivo obrazovanja također treba da se odraze tamo gdje je to moguće.
3. Princip jednakog pristupa uslugama i njihovog korištenja navodi da se usluge i proizvodi moraju procjenjivati u pogledu njihovog različitog djelovanja na žene i muškarce.
4. Četvrti princip kaže da postoje obavezujući ciljevi za uravnotežen odnos spolova na svim nivoima donošenja odluka.
5. Ravnopravan tretman je integrisan u procese upravljanja. Princip pojašnjava da su ciljevi koji se odnose na ljude definisani u smislu pune jednakosti i da su postignuti ciljevi stoga predstavljeni prema spolu.

Da bi *gender mainstreaming* bio efikasan za neki proces, što znači da utiče na rodnu ravnopravnost, važno je razmotriti ovih svih pet principa.

2.2. Ciklus uvođenja rodne ravnopravnosti

Ciklus **gender mainstreaminga** počinje definiranjem alata za proces koji želimo pokrenuti. Da bismo definirali alate, moramo uzeti u obzir rodnu statistiku, rodnu analizu, procjenu rodno uticaja i konsultacije sa interesnim grupama za rodnu ravnopravnost. Alati nam daju početnu generičku analizu koja daje smjer za specifične alate koje je potrebno dizajnirati posebno za proces koji želimo pokrenuti. Alati za planiranje uključuju rodno budžetiranje, nabavke i rodne

indikatore, a odnose se na proces planiranja faze implementacije. EIIGE (Evropski institut za rodnu jednakopravnost) je strukturirao tačke obuke o rodnoj ravnopravnosti, transformacije rodno osjetljivih institucija i podizanja svijesti o rodu sa ciljem da osigura da svi koji su uključeni budu svjesni relevantnih ciljeva i planova. Alati za provjeru uključuju rodno praćenje i evaluaciju s ciljem provjere da li se ciljevi i mjere ostvaruju. Nakon što postavimo i uspostavimo sve alate i tačke za datu instituciju, odjel, tim ili proces,

u mogućnosti smo da shvatimo i krenemo u pravcu postizanja rodne ravnopravnosti u našoj instituciji, odjelu, timu ili procesu.

I ciklus **gender mainstreaminga** kao i ovi principi daju nam propisanu generičku polaznu tačku i konkretne korake koji mogu pokrenuti procese uvođenja rodne ravnopravnosti. Da bismo postigli uspjeh, moramo uzeti u obzir sve različite aspekte koji se odnose na proces na koji primjenjujemo **gender mainstreaming**.

3. Gender mainstreaming u kompjuterskim naukama

Računarstvo (kako još nazivamo kompjuterske nauke) je jedno od akademskih polja koje se kontinuirano bori za postizanje rodnog pariteta. Kao rezultat toga, brojni alati širom svijeta su dizajnirani da adresiraju pitanje privlačenja i zadržavanja ženskog talenta u računarstvu. U ovom poglavlju cilj nam je objasniti primjenu i uticaj ovih alata na organizaciju događaja koji okupljaju mlade osobe a s ciljem učenja i promoviranja računarstva. Uslov za uspješnu implementaciju gender mainstreaminga-a u okviru nekog događaja je da su osobe upoznate sa problematikom i uticajem koji gender može da ima na nauke u kojima su žene manjina (poput računarstva).

Dobar način da se započne ova problematika je da samotestiramo tako što ćemo da provjerimo koliko mi sami donosimo odluke na osnovu automatskih odluka koje smo internalizirali a

koje su često bazirane na predrasudama. Način na koji se možemo testirati je da uzmemo test koji se nalazi na:

<https://implicit.harvard.edu/implicit/takeatest.html>

Na ovom linku možete naći veći broj testova ali onaj koji je od posebnog značaja za ovu problematiku je tzv. „Gender-Science” koji često otkriva da ljudi uspostavljaju vezu između kako društvenih nauka i žena tako i tehničkih/prirodnih nauka i muškaraca.

Nakon ovog prvog inicijalnog osvještenja o ljudskoj pristrasnosti i predrasudama koje mi svi nosimo, potrebno je raditi na tome da se žene osnažuju u tehničkim/prirodnim naukama i da se uvezuju radi podrške i promicanje ženskog talenta koji vrlo često, iako je jak i kreativan, ne bude iskorišten u društvu.

3.1. Žene u nauci o podacima (WiDS)

Jedan od globalnih primjera takvih alata je inicijativa Women in Data Science (WiDS) koja je potekla sa Univerziteta Stanford, SAD. Cilj ove inicijative je da inspiriše i educira naučnike koji se bave naukom o podacima širom svijeta, bez obzira na spol, ali i da podrži žene u ovoj oblasti. WiDS je prvi put organizovan kao jednodnevna tehnička konferencija na Stanford Univerzitetu u novembru 2015. Ovih dana, WiDS je globalni pokret koji obuhvata niz inicijativa širom svijeta:

- konferencija sa preko 150 događaja širom sveta u više od 60 zemalja, koja je doprla do 100.000 učesnika, kako lično tako i onlajn;
- datathon, izazov za rješavanje problema društvenog utjecaja;
- niz podcasta, koji emituju rad svjetskih lidera u nauci o podacima, uz izlaganja njihovih iskustava i naučenih lekcija;
- program edukacije koji podstiče srednjoškolce da proučavaju nauku o podacima, vještačku inteligenciju (AI) i srodna polja računarskih nauka.

3.2. WiDS Sarajevo

WiDS Sarajevo konferencija je prvi put organizirana 10. marta 2020. godine kao jednodnevna naučna konferencija o podacima. Sastojala se od šest tehničkih razgovora koje su održale žene naučnice iz oblasti nauke o podacima iz akademske zajednice, industrije i vlade. Također je uključivala panel koji se sastojao od šest akademskih radnica, ali i predstavnica industrije koji su razgovarali o potencijalima za karijeru naučnika iz oblasti

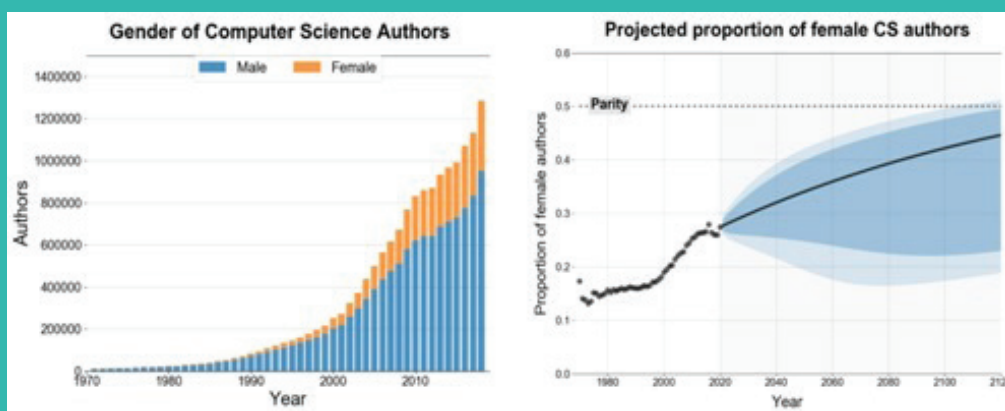
upravljanja podacima u regionu, kao i o izazovima sa kojima se posebno žene mogu suočiti u ovom procesu. Konferencija je održana uživo 10. marta 2020. godine. Sveukupno je prisustvovalo preko 60 učesnika i učesnika, a rezultati konferencije su distribuirani u medijima (uključujući društvene mreže). Ovaj događaj je bio veoma uspješan u promociji rada naučnica u ovoj oblasti, kao i stvaranju mreže koja je uključivala veliki broj žena.

3.3. Naučne konferencije u kompjuterskim naukama


Nejednakost spolne zastupljenosti je dobro proučavana tema u istraživanjima i visokom obrazovanju općenito. U studijama je potvrđeno da eksplicitne i implicitne rodne predrasude mogu uticati na različite faze akademske karijere kao što su izbor univerzitetskog polja studija, dobijanje kredita za istraživačku publikaciju, pristup mentorstvu, mogućnosti saradnje, napredovanje u vidu promocije, kao i objavljivanje i citiranje. Uticaj ovih faktora može, u nekim naučni oblastima, rezultirati u neuravnoteženoj zastupljenosti spolova. Jedna od takvih studijskih oblasti je računarstvo.

Brojni radovi su analizirali autorstvo radova iz računarstva u odnosu na rod i pokazali da je rodna razlika istrajna i relativno velika.

U istraživanju *Gender Gap in Natural Language Processing Research: Disparities in Authorship and Citations* je urađena autorska analiza korpusa literature Semantic Scholar koja je obuhvatila 19 studijskih područja (jedno od njih je i računarstvo). Računarstvo je imalo jednu od najnižih zastupljenosti žena. Pored toga, ova analiza predviđa kada će biti postignut paritet (barem 45% autorki). Predviđanje je da će to biti 2124. godine sa gornjom granicom intervala pouzdanosti od 95%, a 2065. godine sa donjom granicom izvan raspona projekcije.



Slika 1. (lijevo) Udio muškog i ženskog autorstva u publikacijama iz informatike (desno) istorijski udio ženskog autorstva (do 2020. godine) i projekcija pomoću ARIMA modela sa intervalom povjerenja od 80% i 95%.



Ukupni trendovi su uglavnom pozitivni, a jaz se smanjuje, ali bez intervencija postizanje pariteta bi predugo trajalo. Zato je važno osmisliti intervencije koje će poništiti faktore unesene eksplicitnim i implicitnim rodnim predrasudama. Iako je ovo primjer iz visokog obrazovanja i nauke, on je rezultat procesa koji se dešavaju mnogo ranije, od prvih naših interakcija u društvu. Stoga je jako bitno da se demistificiranje ovih procesa počne dešavati što ranije u školskim aktivnostima.

4. Organizacija škole inovatorstva za srednjoškolce

Oснаživanje žena je jako bitno ali da bi se dugoročno stvari promijenile potrebno je osvijestiti cijelo društvo. Procesi koji dolaze od strane institucija su odozgo prema dole (*top-down*), preskriptivni, vrlo često su tromi, i vrlo rijetko imaju mogućnost da značajno utiču na modernizaciju sticanja znanja u učionicama, kabinetima i laboratorijama.

Stoga je potrebno pokrenuti procese odozdo prema gore (*bottom-up*) jer oni mogu biti puno efikasniji i pokrenuti stvarne promjene u zajednicama. Jedan od bitnih načina iniciranja stvarnih promjena je organizacija događaja koji uključuju i djevojčice i dječake istovremeno. Upute za primjenu *gender mainstreaming-a* koje su opisane u nastavku su rezultat višegodišnje implementacije jednosedmične škole inovatorstva koja je bazirana na programiranju.

Osim gender mainstreaming-a, cilj ovih programa je potaknuti inovativnost kod mladih kao i podignuti njihove tehničke vještine u programiranju. Kao jedno od mogućih rješenja za primjenu principa agilnosti u obrazovanju može se koristiti učenje bazirano na projektu. Više o ovoj temi, uključujući i praktične savjete, možete naći u Maida 2001 i Markham 2003. S obzirom da učenici i studenti trebaju steći znanja, vještine i kompetencije, potrebno je upotrijebiti drugačije strategije da bi krajnji ishod u učenju bio efikasan. Najizazovniji dio je sticanje kompetencija i za taj dio, učenje bazirano na projektu je najkorisnije. Ovaj koncept, koji podrazumijeva stvaranje okruženja za učenje u kojem se studenti/učenici nadovezuju na postojeća znanje istraživanjem i otkrivanjem, je stekao popularnost tokom 20. vijeka Boss 2011.

4.1. Poziv za prijavu

Raznolikost podstiče inovacije. Stoga nam je u cilju da privučemo što raznolikiju grupu učesnica i učesnika. Određeno je da 50% učesnica budu srednjoškolke a drugih 50% srednjoškolci. S obzirom da se program održavao u glavnom gradu (Sarajevu), broj učesnica i učesnika iz ovog grada je bio limitiran na 10%.

Evaluacija prijavljenih je odrađena prema sljedećim kriterijima:

1. uspjeh u školi,
2. učešće u vannastavnim aktivnostima,
3. geografsko porijeklo (nastojalo se skupiti učesnika iz što više različitih mjesta iz BiH).

U prvom mahu, imali smo jako puno aplikanata (i više od kapaciteta) dok je broj aplikantica bio nedostatan. Da bi smo uspjeli u naumu da imamo pola učesnica, bilo je potrebno da mnogo više reklamiramo program i par puta produžavamo rok za prijavu ali smo istrajali na ovom principu. Kada smo na kraju uporedili broj bodova koji su u prosjeku dobili aplikanti i aplikantice, vidjeli smo da su aplikantice u prosjeku dobijale više bodova. Ovo je moguće da potvrđuje više puta ustanovljen obrazac da ženske osobe imaju manje samopouzdanja da se prijave na pozive u okviru kojih će se njihova stručnost evaluirati. Još jedno moguće objašnjenje je da, s obzirom da živimo u patrijarhalnoj kulturi, roditelji ženskoj djeci rjeđe dopuštaju da putuju same pogotovo izvan mjesta stanovanja.

4.2. Nastavno osoblje

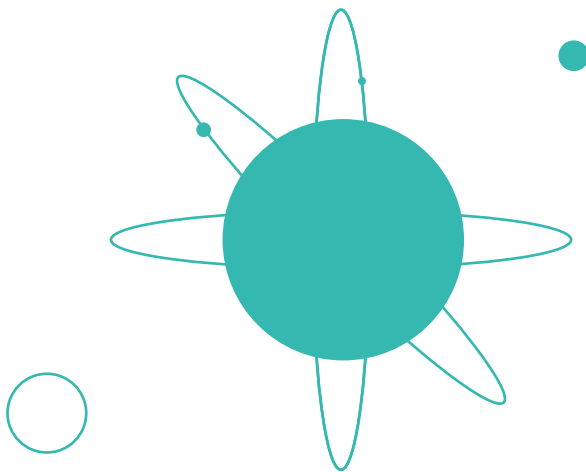
Glavni kriterij za formiranje nastavnog osoblja je bila akademska izvrsnost. Osim toga, uveli smo neke zahtjeve u pogledu spola i raznolikosti dosadašnjeg iskustva (primarno akademsko ili industrijsko). Ovaj dio je jako bitan jer i srednjoškolke i srednjoškolci trebaju imati iskustvo i sa ženskim i muškim nastavnim osobljem.

4.3. Kurikulum programa

Glavna obilježja programa koja adresiraju postavljene izazove su sljedeća:

1. bazna znanja se stiču u četiri prijedpodneva gdje su polaznice i polaznici predstavljeni,
2. sa temama u programiranju koje su im neophodne da završe projekat,
3. inspirativna i osobna predavanja od ljudi koji su napravili izvrsne karijere u IT industriji ili akademiji se održavaju u toku četiri dana poslije pauze za ručak,
4. peti dan je rezerviran za pripremu prezentacije i prezentaciju projekta,
5. polaznice i polaznici su raspoređeni u randomizirane grupe u kojima je otprilike pola žena a pola muškaraca,
6. svi sadržaji programa podržavaju gender mainstreaming i engendering knowledge,
7. u toku programa polaznicama i polaznicima su dostupne adekvante mentorice i mentori koji su tu da pomognu ako dođe do izazova koji polaznice i polaznici ne mogu sami adresirati,
7. pozitivna ali radna atmosfera je nešto što se prožima kroz cijeli program.

Na kraju ovako organizovanog programa, sve grupe su imale uspješno završen prototip projekta. Ovaj program škole inovatorstva za srednjoškolce je jako uspješan i polaznice i polaznici ga često navode kao prekretnicu u njihovom životu i poimanju njihovog profesionalnog puta. S obzirom da su sredstva za implementaciju ovih programa bila obezbjeđena, program je je bio besplatan i otvoren svim srednjoškolcima iz BiH.



5. Zaključci

Ovo poglavlje približava temu rodne jednakopravnosti u STEM oblastima sa posebnim naglaskom na kompjuterske nauke koje se stereotipno smatraju „muškim zanimanjem“. Također su potcrtani metodologija i aktivnosti koje se koriste da bi se unaprijedila rodna jednakopravnost. Jedna od naučinkovitijih metoda je tzv. gender mainstreaming.

Ljudska vrsta ima izazov u vidu rapidnih tehnoloških promjena koje utiču na svaki vid života a samim tim i na radnu sredinu i obrazovanje. Da bismo što efikasnije adresirali izazove ovodolazećeg okruženja, potrebno je da iskoristimo sav talent koji postoji u zajednici - kako muški tako i ženski. Da bi osoba bila produktivna u modernom radnom okruženju potrebno je da ima vještine i kompetencije koje se ne razvijaju u tradicionalnom obrazovanju gdje je obrazac sticanja znanja odozgo prema dole i zadaci koji se daju učenicama/studenticama su jako preskriptivni. U radnoj sredini, vrlo često, ne postoje deskriptivni koraci kako da se riješi neki zadatak nego se od uposlenice očekuje kreativnost i rješenje problema. Potrebno je modernizirati pristup obrazovanju da bi učenice/studentice stekle potrebne vještine za zanimanja budućnosti. Kombinovanje adresiranja ovih izazova, uz gender mainstreaming, omogućava višestruko obrazovanje polaznica i polaznika. U ovom poglavlju je naveden primjer škole inovatorstva za učenice i učenike srednjih škola, koji može poslužiti kao matrica za razvijanje kako primjene gender mainstreaming-a u srednjim i osnovnim školama tako i učenja baziranog na projektu. Naučene lekcije iz osnovnih i srednjih škola omogućiće pozitivne efekte u visokom obrazovanju i nauci gdje, što se tiče računarstva, ženski talent još uvijek ostaje nedovoljno iskorišten.

Literatura

1. The World Bank, Gender Dana Portal
<https://genderdata.worldbank.org/indicators/se-ter-grad-fe-zs/?fieldOfStudy=-Science%2C%20Technology%2C%20Engineering%20and%20Mathematics%20%28STEM%29&view=bar> (Accessed on Oct 20th 2022)
2. European Institute for Gender Equality, Gender Equality Index 2020
<https://eige.europa.eu/publications/gender-equality-index-2020-report/gender-equality-will-be-reached-over-60-years-current-pace> (Accessed on October 21st 2022)
3. World Economic Forum
<https://www.weforum.org/agenda/2021/04/136-years-is-the-estimated-journey-time-to-gender-equality/> (Accessed on October 21st 2022)
4. EIGE page, What is gender mainstreaming, <https://eige.europa.eu/gender-mainstreaming/what-is-gender-mainstreaming> (Accessed on February 20th 2021)
5. UN WOMEN Fourth World Conference on Women,
6. <https://www.un.org/womenwatch/daw/beijing/fwcwn.html> (Accessed on February 20th 2021)
7. City of Vienna: Gender mainstreaming - objectives,
<https://www.wien.gv.at/english/administration/gendermainstreaming/objectives/index.html> (Accessed on February 20th 2021)
8. EIGE page, Gender Mainstreaming Cycle, <https://eige.europa.eu/gender-mainstreaming/what-is-gender-mainstreaming> (Accessed on February 20th 2021)
9. EIGE page, Gender mainstreaming - definition, <https://eige.europa.eu/gender-mainstreaming/what-is-gender-mainstreaming/policy-cycle#define> (Accessed on February 20th 2021)
10. Babović, M., Vuković, O., Subotički, I.: Rodna ravnopravnost na lokalnom nivou, priručnik. pp.19-25. SeConS - Grupa za razvojnu inicijativu, Beograd (2013).
11. Women in data science Homepage, <https://www.widsconference.org> (Accessed on February 25th 2021)
12. Robnett, R.D.: Gender bias in STEM fields: variation in prevalence and links to STEM self-concept. *Psychology of Women Quarterly*. <https://doi.org/10.1177/0361684315596162> 2015.
13. Feldon, D. F., Peugh, J. L., Maher, M. A., Roksa, J., Tofel-Grehl, C.: Time-to-Credit Gender Inequities of First-Year PhD Students in the Biological Sciences, *CBE life sciences education* 16, ar 4. issue 1. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-08-0237> (2017).
14. Decastro, R., Griffith, K. A., Ubel, P.A., Stewart, A.J., Jagsi, R.: Mentoring and the career satisfaction of male and female academic medical faculty. *Academic medicine: journal of the Association of American Medical Colleges* 89(2), 301–11. <https://doi.org/10.1097/ACM.000000000000109> (2014).
15. Moss-Racusin, C. A., Dovidio, J.F., Brescoll, V.L., Graham, M.J., Handelsman, J.: Sci-

- ence faculty's subtle gender biases favor male students. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Tilghman, S., 109, 16474–9. Issue 41. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211286109> (2012).
16. Schluter, N.: The glass ceiling in NLP. In Riloff, E., Chiang, D., Hockenmaier, J., Tsujii, J. Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. <https://doi.org/10.18653/v1/D18-1301> (2018).
17. Elsevier: Gender in the global research landscape. Technical Report, (2017).
18. Clifton, S.M., Hill, K., Karamchandani, A.J., Autry, E.A., McMahon, P.J., Sun, G.: Mathematical model of genderbias and homophily in professional hierarchies. *Chaos* 29, 023135. Issue 2. <https://doi.org/10.1063/1.5066450> (2019).
19. Mattauch, S., Lohmann, K., Hannig, F., Lohmann, D., Teich, J.: A bibliometric approach for detecting the gender gap in computer science. *Commun. ACM* 63, 74–80. (2020).
20. Saif, M.: Gender Gap in Natural Language Processing Research: Disparities in Authorship and Citations. In Jurafsky, D., Chai, V., Schluter, N., Tetreault, J. Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Association for Computational Linguistics, 7860–7870. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl-main.702> (2020).
21. Wang LL, Stanovsky G, Weihs L, Etzioni O. Gender trends in computer science authorship. arXiv preprint arXiv:1906.07883. (2019).
22. Ammar W, Groeneveld D, Bhagavatula C, Beltagy I, Crawford M, Downey D, Dunkelberger J, Elgohary A, Feldman S, Ha V, Kinney R. Construction of the literature graph in semantic scholar. arXiv preprint arXiv:1805.02262. (2018).
23. Maida, Carl A. “Project-based learning: a critical pedagogy for the twenty-first century.” *Policy Futures in Education* 9, no. 6 (2011): 759-768.
24. Markham, Thom. Project based learning handbook: A guide to standards-focused project based learning for middle and high school teachers. Buck Institute for Education, 2003.
25. A Boss, S. (2011) Project-based learning: A short history. Edutopia. <http://www.edutopia.org/project-based-learning-history> (Accessed on October 1st 2020)

Sadržaj

POGLAVLJE I

STEM UČENJE I DOBRE PRAKSE U NASTAVI INFORMATIKE.....	7
1. Ciljevi STEM učenja.....	7
2. Silabusi kao smjernice.....	10
3. Kako motivisati učenike za STEM učenje i obrazovanje?.....	13
3.1. Kritičko mišljenje i razmišljanje.....	13
3.2. Aktivno učenje.....	15
4. Primjeri dobre prakse.....	17
4.1. Oblast: 3D štampanje.....	17
4.2. Oblast: Programiranje.....	21
4.3. Oblast: Robotika.....	25

POGLAVLJE II

EKOLOGIJA I ZELENE TEHNOLOGIJE.....	28
1. Upravljanje otpadom.....	31
2. Primjeri zelenih tehnologija u upravljanju otpadom.....	32
2.1. Izolacioni paneli od prirodne vune.....	33
2.2. Reciklaža elektronskog i električnog otpada.....	34
2.3. Reciklaža sekundarnih sirovina.....	35
2.4. Reciklaža gume.....	36
3. Obnovljivi izvori energije.....	37
4. Primjeri zelenih tehnologija za korištenje obnovljivih izvora.....	39
4.1. Fotonaponska elektrana.....	40
4.2. Biogasna elektrana.....	41
4.3. Geotermalni sistem za grijanje/ hlađenje.....	43
5. Zaključak.....	47

POGLAVLJE III

ODGOVORNOST NAUKE U RAZVOJU ZELENIH TEHNOLOGIJA - pronaci ravnotežu između eksploatacije i očuvanja prirode.....	49
1. Osnovno o e-otpadu.....	51
2. Više o štampanim elektronskim pločama (PCB).....	54
3. Dosadašnji pravci reciklaže PCB ploča.....	55
4. Rezultati istraživanja.....	57
5. Sumarni rezultati istraživanja.....	64

POGLAVLJE IV

ODGOVORNOST U BIOLOŠKO-NAUČNIM ISTRAŽIVANJIMA JE USLOV ZA OPSTANAK ŽIVOG SVIJETA.....	69
1. Naučni rad na terenu.....	70
2. Naučni rad sa živim organizmima.....	73
3. Naučni rad u biološkim laboratorijama.....	78

POGLAVLJE V

RODNA DIMENZIJA U STEM OBRAZOVANJU.....	84
1. Bosna i Hercegovina i STEM obrazovanje.....	84
2. Rodna jednakopravnost.....	85
2.1. Principi rodne ravnopravnosti.....	86
2.2. Ciklus uvođenja rodne ravnopravnosti.....	86
3. Gender mainstreaming u kompjuterskim naukama.....	87
3.1. Žene u nauci o podacima (WiDS).....	88
3.2. WiDS Sarajevo.....	88
3.3. Naučne konferencije u kompjuterskim naukama.....	89
4. Organizacija škole inovatorstva za srednjoškolce.....	90
4.1. Poziv za prijavu.....	91
4.2. Nastavno osoblje.....	91
4.3. Kurikulum programa.....	92
5. Zaključci.....	93

RECENZIJJE

“Priručnik za STEM edukatore“ je zamišljen kao niz cjelina iz različitih oblasti koje spadaju u STEM (nauka, tehnologija, inženjerstvo i matematika). Ovo je smislen i svrsishodan pristup koji može biti od koristi srednjoškolskim nastavnicima. Obrađene cjeline su interesantne i veoma važne imajući u vidu šire globalne trendove sve izraženijeg nedostatka kreativnih i školovanih pojedinaca u pomenutim oblastima. Trenutno stanje u BiH – kao i u širem regionu – ukazuju na sistemski nedostatak školovanog STEM kadra što će značajno inhibirati mogućnosti održivog razvoja privrede u budućnosti. U tom smislu, Priručnik bi trebalo posmatrati kao pokušaj unapređenja trenutnog stanja koje bi škole mogle sistemski usvojiti. Priručnik je dobro zamišljen i može biti od velike koristi nastavnicima u srednjim školama.

*dr Siniša Marčić
Savjet za regionalnu saradnju (RCC)*

“Priručnik za STEM edukatore” predstavlja prvu kolekciju STEM pristupa i aktuelnih tema EU Green Deal strategije u regionu. Svako poglavlje uključuje STEM primere sa savetima za prilagođavanje različitim uslovima i mogućnostima, koji spajaju kontekstualno učenje sa stvarnim STEM temama kako bi podstakli učenje i pokrenuli kreativne pristupe planiranju, instrukciji i proceni. Namenjen je profesorima i nastavnicima sa ciljem da ih podstakne na razumevanje STEM pristupa obrazovanju, i navede da isprobaju razne STEM aktivnosti kako bi uvideli koliko to može biti lako, i da podele i ohrabre druge profesore i nastavnike srednjih i osnovnih škola i visokoobrazovnih institucija da se angažuju. U priručniku su prikazani uspešni primeri iz prakse, odnosno razvojni putevi od ideje do inovacije u različitim STEM oblastima. Ovaj pristup nastoji da podstakne radoznalost i interesovanje kroz istraživanje, otkrivanje i praktično učenje. Zasnovan je na konceptu da nije dovoljno znati o nauci ili informatici, ili bilo kom drugom predmetu, već mora doći do pomaka ka stvarnoj mogućnosti primene nauke ili informatike u smislen način. Ovakav pristup inicira nova otkrića koja kada se valorizuju na tržištu postaju inovacije, a ovaj priručnik prikazuje niz uspešnih primera u region, koji su u saglasnosti sa strateškim ciljevima EU. Priručnik daje pregled STEM pristupa koji se realizuje u mnogo različitih oblika i veličina: može biti složen ili jednostavan; može se primeniti u predviđenom prostoru ili se materijali mogu samo doneti za tu priliku; može podrazumevati duboko ispitivanje ili jednostavno otkrivanje; može biti kompletan projekat ili jednokratan izazov; može uključivati sofisticirane mašine ili jednostavni alat. Priručnik prikazuje STEM koncept iz individualne, institucionalne i nacionalne perspektive. Cilj mu je da pruži zajedničko razumevanje onoga što STEM može postići u obrazovanju kroz identifikaciju temeljnih kompetencija i perspektiva, kao i uspostavljanje osnove STEM znanja. Ovo je prvi sveobuhvatan pokušaj prikupljanja i kodifikacije evropskih pristupa STEM-u u obrazovanju u regionu i, kao takav, rad je istraživački i ne treba ga smatrati iscrpnim. Priručnik ima za cilj da podstakne dijalog o percipiranoj prirodi STEM-a, njegovim principima i parametrima, istovremeno pružajući inspiraciju onima koji žele da razviju i uvedu sopstvene STEM pristupe. Prikazuje osnove u transdisciplinarnom radu, što pruža studentima znanje i razumevanje potrebno za poslove

budućnosti. Priručnik opisuje pristup saradnje i fokus na grupni rad omogućavajući pojedincima da sarađuju i zajedno uče, kao i da prošire svoje perspektive i znanja. Ovakav pristup stimuliše kritičko razmišljanje što otvara puteve inovacijama. U zavisnosti od postavke STEM aktivnosti priručnik daje primere inovacija koje dovode do jačanja privrede. Međutim, STEM se može odvijati van tržišne ekonomije i formalnih poslova, sa mekšim prednostima koje se odnose na šire okvire izazova i stvaranje novih rešenja. Praktikum prikazuje STEM razmišljanje i praksu koji su korišćeni za rešavanje složenih izazova, kao i za negovanje tehnika kao što je vizuelizacija podataka za promovisanje razumevanja teških tema. Poseban osvrt u svim segmentima praktikuma dat je kroz prizmu rodne ravnopravnosti u pogledu značaja podjednakog uključivanja učenika i učenica u STEM aktivnosti. Pored toga, ukazano je i na važnost rodno odgovornog podučavanja sa posebnim osvrtom na obrazovanje devojčica za zanimanja 21. veka.

*dr Kristina Petrović
Institut BioSens
Univerzitet u Novom Sadu*

O WBC-RRI.NET projektu

Uključivanje odgovornih istraživanja i inovacija u zemljama Zapadnog Balkana ili WBC-RRI.NET Horizont 2020 projekt ima za cilj da podstakne primjenu principa odgovornih istraživanja i inovacija (RRI) na teritorijalnom nivou na zapadnom Balkanu, posebno u četiri regiona i jednom državnom nivou istraživanja i inovacija. Kroz projektne aktivnosti gradi se kapacitet i razvoj inovativnih načina povezivanja nauke sa društvom uzimajući u obzir principe odgovornih istraživanja, a to su: rodna ravnopravnosti i etika, naučno obrazovanje i uključivanje javnosti, kao i otvorena nauka/otvoreni pristup.

Projekat podstiče razumijevanje svih stubova odgovornih istraživanja i inovacija, podižući aktivan dijalog u širem makro-regionu i podstičući razumijevanje svih stubova i RRI principa u holističkom okviru. Principi RRI imaju ulogu pokretača zajedničkog učenja i širenja inovacija na teritorijalnom nivou, uključujući strategije pametne specijalizacije (S3) u zemljama Zapadnog Balkana.

Projekat koordinira Univerzitet u Novom Sadu (Srbija) i uključuje partnere sa Zapadnog Balkana i iskusne ekspertske organizacije EU. Prednosti za sve aktore biće razumijevanje i primjena principa otvorene nauke, etike, javnog angažovanja (građanske nauke), naučnog obrazovanja i rodne ravnopravnosti u svakodnevnoj praksi istraživanja i inovacija. Važan aspekt je cilj da se RRI principi primijene u cijelom regionu Zapadnog Balkana i da se smanji jaz između vodećih zemalja Evropske unije i Zapadnog Balkana.

Sadržaj ovog teksta isključiva je odgovornost autora i ne odražava nužno mišljenje Evropske unije.



WBC-RRI.NET projekat je dobio sredstva iz programa Evropske unije za istraživanje i inovacije Horizon 2020 prema sporazumu o grantu br. 101006279.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

371.3::0/9

ПРИРУЧНИК за СТЕМ

Priručnik za STEM edukatore : upotreba koncepta odgovornih
istraživanja i inovacija u STEM obrazovanju / [autori Dalibor P.
Drljača ... [et al.]] ; [urednik Milica Marić]. - Banja Luka :
Univerzitet, 2023 ([S.l. : s.n.]). - 95 стр. : граф. прикази, табеле ;
25 cm

Dostupno i na: <https://wbc-rri.net/>. - Dostupno i na:
<https://sova.unibl.org/>. - Dostupno i na: <https://zenodo.org/>. -
Dostupno i na: <https://otvoreneinovacije.ba/>. - Текст дјелимично
штампан двостубачно. - Тираж 100. - Библиографија: стр. 94-
95.

ISBN 978-99976-49-32-4

COBISS.RS-ID 138231041

