

WP2-A2. Komparativna studija kurikuluma usmjerena je na upravljanje otpadom u industriji arhitektonsko građevnog kamena i povezanim industrijama u zemljama sudionicama.



Ovo djelo je licencirano pod [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

"Financirano od strane Europske unije. Međutim, izneseni stavovi i mišljenja isključivo su autora i ne odražavaju nužno stavove Europske unije ili Europske agencije za obrazovanje i kulturu (EACEA). Ni Europska unija ni EACEA ne mogu biti odgovorni za njih."



Erasmus+



Centro Tecnológico
del mármol, piedra y materiales



Transilvania
University
of Brasov



Članovi konzorcija: Deutscher Naturwerkstein-Verband e.v. (DNV), Asociacion Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Universitatea Transilvania din Brasov (UNITbv), Klesarska skola (KSK).

Članovi konzorcija

Sadržaj

1. UVOD	5
2. UPRAVLJANJE OTPADOM U INDUSTRIJI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA. 5	
2.1. Uvod u upravljanje otpadom u industriji arhitektonsko-građevnog kamena ...	5
2.2. Utjecaj upravljanja otpadom na industriju i održivost okoliša	6
2.2.1. Ekološke I ekonomske koristi	7
2.2.2. Društvena odgovornost I zakonodavna usklađenost	7
2.3. Obrazovanje o upravljanju otpadom i stručna obuka	7
2.3.1. Strukovno obrazovanje I osposobljavanje (VET): Praktični i operativni pristup ...	8
2.3.2. Visoko obrzovanje: Strateško upravljanje I sveobuhvatna vizija	8
2.4. Uloga upravljanja otpadom u strukovnom obrazovanju	8
3. KURIKULUMI UPRAVLJANJA OTPADOM.....	9
3.1. NJEMAČKA	9
3.1.1. Upravljanje otpadom u strukovnom obrazovanju I osposobljavanju (VET).....	9
3.1.2. Upravljanje otpadom u visokom obrazovanju	11
3.2. ŠPANJOLSKA.....	12
3.2.1. Upravljanje otpadom u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju (VET).....	12
3.2.2. Upravljanje otpadom u visokom obrazovanju	13
3.3. RUMUNJSKA.....	14
3.3.1. Upravljanje otpadom u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju (VET).....	15
3.3.2. Upravljanje otpadom u visokom obrazovanju	16
3.4. HRVATSKA	17
3.4.1. Upravljanje otpadom u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju (VET).....	17
3.4.2. Upravljanje otpadom u visokom obrazovanju	19
4. ANALLIZA REZULTATA	20
4.1. NJEMAČKA	20
4.1.1. Upravljanje otpadom primijenjeno na industriju i održivost	21
4.1.2. Integracija upravljanja otpadom u industriju arhitektonsko-građevnog kamena	21
4.1.3. Naglasak na zakonodavstvu i usklađenosti	21
4.1.4. Završni projekti I studije slučaja	22

4.1.5.	Opći zaključci	22
4.2.	ŠPANJOLSKA.....	22
4.2.1.	Upravljanje otpadom primijenjeno na industriju i održivost	22
4.2.2.	Integration of Waste Management in the Ornamental Rock Industry	23
4.2.3.	Naglasak na zakonodavstvu i usklađenosti	23
4.2.4.	Završni projekti I studije slučaja	23
4.2.5.	Opći zaključci	23
4.3.	RUMUNJSKA.....	24
4.3.1.	Upravljanje otpadom primijenjeno na industriju i održivost	24
4.3.2.	Integracija upravljanja otpadom u industriju arhitektonsko-građevnog kamena 24	
4.3.3.	Naglasak na zakonodavstvu i usklađenosti	25
4.3.4.	Završni projekti I studije slučaja	25
4.3.5.	Opći zaključci	25
4.4.	HRVATSKA	25
4.4.1.	Upravljanje otpadom primijenjeno na industriju i održivost	25
4.4.2.	Integracija upravljanja otpadom u industriju arhitektonsko-građevnog kamena 26	
4.4.3.	Naglasak na zakonodavstvu i usklađenosti	26
4.4.4.	Završni projekti I studije slučaja	26
4.4.5.	Opći zaključci	26
5.	NAJBOLJE PRAKSE.....	27
5.1.	Uobičajene značajke učinkovitih kurikuluma upravljanja otpadom.....	27
5.1.1.	Jasan I dobro integriran pravni okvir.....	27
5.1.2.	Praktičan pristup aktualnim tokovima otpada	27
5.1.3.	Projekt-Učenje temeljeno na radu	28
5.1.4.	Međusektorska integracija kružnog gospodarstva i učinkovitosti korištenja resursa 28	
5.1.5.	Modularnost i orijentacija na cjeloživotno učenje	28
5.2.	Praznine i lekcije za projekt usmjeren na ukrasni kamen i kružnu ekonomiju	29
5.2.1.	Nedostatak sektorskog fokusa na aritektonsko-građevni kamen.....	29
5.2.2.	Fragmentacija između tehničkih, okolišnih i digitalnih vještina.....	29
5.2.3.	Nedovoljno korištenje projekata primijenjenih na sektor kamena	29
5.3.	Sažetak preporuka za RockChain	30
5.3.1.	Korištenje postojećih snaga	30



5.3.2.	Pružiti vidljivost sektoru kroz projekte i scenarije učenja	30
5.3.3.	Prevladati fragmentaciju između tehničkih, okolišnih i digitalnih vještina	30
5.3.4.	Koristiti modularne formate kompatibilne s strukovnim osposobljavanjem, sveučilištem i cjeloživotnim obrazovanjem	30
5.3.5.	Pozicioniranje arhitektonsko-građevnog kamena kao europskog pilotskog okruženja	30
6.	ZAKLJUČCI	31
7.	REFERENCE	32
	Njemačka – ponuda obuke, upravljanje otpadom i kontekst politike	33
	Hrvatska – ponuda obuke, upravljanje otpadom i kontekst politike	35
	Španjolska – ponuda obuke, upravljanje otpadom i kontekst politike	36
	Rumunjska – ponuda obuke, upravljanje otpadom i kontekst politike	37
	Izvori slika	39

1. UVOD

Ovaj dokument predstavlja nalaze aktivnosti WP2. A2, usmjeren na komparativnu analizu kurikuluma vezanih uz upravljanje otpadom unutar industrije arhitektonsko-građevnih stijena i njezinih povezanih sektora. Primarni cilj je mapirati i evaluirati postojeći obrazovni krajolik među sudjelujućim partnerskim zemljama i širim kontekstom Europske unije.

Kroz sveobuhvatan pregled nacionalnih izvještaja, ova studija identificira i uspješne obrazovne prakse i ključne praznine u kojima trenutni kurikulumi ne zadovoljavaju industrijske i ekološke potrebe. Ovi uvidi pružaju dokaznu osnovu za sljedeću fazu, WP2. O3: *"Definiranje ciljeva učenja i ishoda učenja kurikuluma,"* osiguravajući da predložena obuka bude utemeljena u specifičnoj stvarnosti sektora kamena.

2. UPRAVLJANJE OTPADOM U INDUSTRIJI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA

Upravljanje otpadom igra ključnu ulogu u sektoru arhitektonsko-građevnog kamena, ne samo kao pokretač poboljšanja industrijske održivosti, već i kao alat za smanjenje utjecaja aktivnosti na okoliš. Kao ekstraktivna industrija, količina otpada nastalog tijekom vađenja, obrade i završne obrade kamena je znatna. Ako se ti nusproizvodi ne upravljaju pravilno, mogu uzrokovati ozbiljnu štetu okolišu, poput uništavanja staništa, erozije tla i onečišćenja izvora vode.

Naprotiv, snažni sustavi upravljanja otvaraju vrata učinkovitijim strategijama oporavka. Kroz principe kružnog gospodarstva, materijali koji su se prije smatrali otpadom mogu se reciklirati i ponovno koristiti, postajući upotrebljivi resursi.

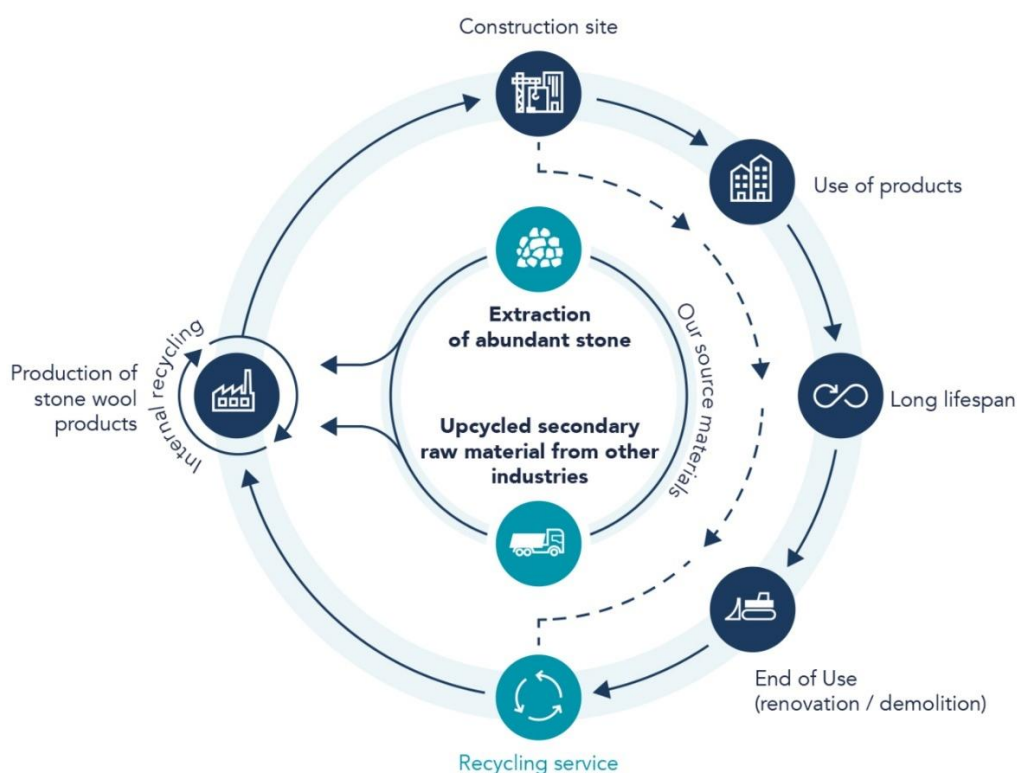
Na međunarodnoj razini, promovirane su razne mjere za poboljšanje shema upravljanja otpadom, razvijajući politike i najbolje prakse koje nastoje smanjiti nastanak otpada na izvoru, osobito u fazama vađenja i obrade. Ovakav pristup također potiče odgovorno korištenje nusproizvoda, integrirajući ih održivo u povezane sektore, poput građevinarstva i razvoja infrastrukture.

2.1. Uvod u upravljanje otpadom u industriji arhitektonsko-građevnog kamena

Upravljanje otpadom u sektoru arhitektonsko-građevnog kamena obuhvaća cijeli životni ciklus materijala, od smanjenja otpada u fazi vađenja do recikliranja i korištenja nusproizvoda. Glavne vrste otpada koje nastaju, poput kamene suspenzije, fragmenata

i fine prašine, predstavljaju značajan okolišni rizik ako se ne rukuju pravilno. Stoga se upravljanje u ovoj industriji temelji na tri strateška stupa:

- **Smanjenje otpada:** Ovaj korak je ključan od ranih faza, poput čišćenja i rezanja blokova, i zahtijeva primjenu optimiziranih tehnika. Korištenje visokopreciznih alata i opreme za rezanje koji povećavaju vrijednost obrade kamena povećava učinkovitost i smanjuje utjecaj na okoliš na izvoru.
- **Recikliranje i ponovna upotreba:** Otpad poput kamene kaše i fragmenata može se obraditi i pretvoriti u korisne materijale za gradnju, primjerice kao agregate, punila ili dodatke cementu. Ove prakse ne samo da smanjuju količinu otpada, već i pomažu u očuvanju prirodnih resursa i poboljšanju profitabilnosti procesa.
- **Održivo upravljanje:** To uključuje implementaciju sustava upravljanja okolišem temeljenih na međunarodnim standardima, osiguravajući odgovorno postupanje s otpadom. To omogućuje tvrtkama u sektoru da smanje svoj ekološki otisak i daju konkretan doprinos globalnim ciljevima održivog razvoja.



Slika 1: Kružno gospodarstvo u sektoru arhitektonsko-građevnog kamena i građevinarstva.

2.2. Utjecaj upravljanja otpadom na industriju i održivost okoliša

Provedba učinkovitih strategija upravljanja otpadom donosi i ekonomske i ekološke koristi za industriju arhitektonsko-građevnog kamena. Usvajanje održivih mjera ne samo da smanjuje potrošnju sirovina, već i smanjuje utjecaj na okoliš, potičući učinkovitije procese u cijelom sektoru.

2.2.1. Ekološke i ekonomske koristi

Primjena tehnika za smanjenje otpada ključna je za sprječavanje degradacije tla uzrokovane nepravilnim odlaganjem kamenja, kao i za smanjenje onečišćenja vode uzrokovanog otjecanjem mulja. S ekonomskog stajališta, tvrtke koje primjenjuju principe cirkularnog gospodarstva—posebno kroz ponovnu upotrebu nusproizvoda kamena—mogu značajno smanjiti svoje operativne troškove, a istovremeno ostvariti dodatne prihode kroz reciklirane materijale. Ove prakse također smanjuju potrebu za odlagalištima otpada, što rezultira nižim troškovima i većom financijskom održivošću sektora.

2.2.2. Društvena odgovornost i zakonodavna usklađenost

S društvenog aspekta, održivo upravljanje otpadom omogućuje tvrtkama da pokažu svoju predanost društvenoj odgovornosti poduzeća (CSR) i zaštiti okoliša. Ovakav pristup jača institucionalni imidž i pozicionira sektor kamena kao sudionika posvećenog poštivanju međunarodnih ekoloških propisa.



Slika 2: Dijagram trostruke donje linije

2.3. Obrazovanje o upravljanju otpadom i stručna obuka

Specijalizirano obrazovanje i stručna obuka temeljni su stupovi transformacije industrije arhitektonsko-građevnog kamena. Imati osoblje spremno za usvajanje održivih praksi

Članovi konzorcija: Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V. (DNV), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Universitatea Transilvania din Brasov (UNITbv), Klesarska skola (KSK).

nije samo poželjno poboljšanje, već i ključna nužnost za dugoročnu održivost sektora. Stoga je ključno da obrazovni programi, kako strukovni tako i sveučilišni, sustavno integriraju sadržaj o upravljanju okolišem i smanjenju otpada. Ova obuka ključna je za pripremu stručnjaka koji će se suočiti s ekološkim i regulatornim izazovima specifičnim za ovaj sektor.

2.3.1. Strukovno obrazovanje I osposobljavanje (VET): Praktični i operativni pristup

U području tehničkog obrazovanja važno je ići dalje od općih koncepata i usredotočiti se na specifične radne vještine. Nastavni planovi trebaju se usredotočiti na tehničke vještine koje su izravno primjenjive u području, kao što su:

- **Optimizacija vađenja:** Korištenje naprednih rudarskih tehnika koje smanjuju stvaranje otpadnog materijala i nepotrebne pukotine na izvoru.
- **Učinkovitost obrade:** Obuka u preciznom podešavanju strojeva za rezanje i poliranje radi smanjenja proizvodnje mulja i fine prašine.
- **Valorizacija nusproizvoda:** Razvoj praktičnih vještina za klasifikaciju, obradu i ponovnu upotrebu otpada iz prerade kao sekundarnih materijala za gradnju.

2.3.2. Visoko obrzovanje: Strateško upravljanje I sveobuhvatna vizija

Na sveučilišnoj razini, programi inženjerstva i menadžmenta trebali bi usvojiti širi, sustavniji pristup. Kurikulumi iz okolišnog ili rudarskog inženjerstva, na primjer, trebali bi se baviti pitanjima specifičnima za sektor arhitektonsko-građevnog kamena, kao što su:

- **Dizajn temeljen na cirkularnoj ekonomiji:** Obuka za stvaranje zatvorenih sustava u kojima otpad iz jednog procesa postaje ulaz za drugi (npr. korištenje kamenog mulja u proizvodnji cementa).
- **Procjena utjecaja na okoliš (EIA):** Napredno znanje o usklađenosti s propisima, metodologijama analize životnog ciklusa (LCA) i dugoročnom praćenju okoliša u područjima kamenoloma.
- **Inovacije i tehnologija:** Integracija novih alata, poput digitalizacije i korištenja blockchaina, za praćenje tokova otpada i certificiranje održivosti kamenih proizvoda.

2.4. Uloga upravljanja otpadom u strukovnom obrazovanju

Strukovno obrazovanje i osposobljavanje (VET) ključna je karika u funkcioniranju sektora arhitektonsko-građevnog kamena. Igra ključnu ulogu u osiguravanju da radnici u sektoru ne samo da imaju teorijsko znanje, već i tehničke vještine potrebne za svakodnevnu primjenu specifičnih rješenja za upravljanje otpadom. Sustavna integracija tehnika smanjenja otpada i održivih strategija u kurikulumu omogućuje osposobljavanje

kvalificiranog osoblja za poticanje inovacija u okolišu i značajno poboljšanje učinkovitog korištenja resursa.

Pristup obuci trebao bi se usredotočiti na praktično učenje, osobito u korištenju održivih tehnologija za obradu kamena i upravljanje otpadom. Znanje o preciznom korištenju strojeva za rezanje i poliranje ključno je za smanjenje stvaranja sitnih čestica i mulja, što izravno doprinosi smanjenju utjecaja industrije na okoliš.

Istovremeno, obrazovanje mora ići dalje od tehničkog aspekta i poticati način razmišljanja usmjeren na održivost. Kada radnici razumiju ekološke posljedice svake faze procesa, od vađenja do završne obrade, postaju pokretači promjena, sposobni aktivno primjenjivati strategije smanjenja otpada kao prirodan dio svog svakodnevnog rada.

3. KURIKULUMI UPRAVLJANJA OTPADOM

3.1. NJEMAČKA

Njemačka kombinira jedan od najnaprednijih sustava upravljanja otpadom u Europskoj uniji s velikim brojem stvaranja otpada, osobito u građevinskom i ruševinskom sektoru. Prema najnovijim podacima, u 2022. godini proizvedeno je približno 207,9 milijuna tona građevinskog otpada od minerala. Od tog ukupnog broja, oko 58,7% činilo je tlo i kamenje, što ovaj otpad čini najplodnijom kategorijom u zemlji. Iako se više od 90% tih materijala oporavi, velik dio koristi se za svrhe niske vrijednosti, poput odlaganja na odlagališta, što naglašava potrebu za inovacijama u kvalitetnijim strategijama recikliranja i ponovne upotrebe prirodnog kamenog otpada.

Pravni okvir definiran je Zakonom o kružnom gospodarstvu (Kreislaufwirtschaftsgesetz), koji prilagođava Direktivu EU o otpadu njemačkom kontekstu. Ova regulativa uspostavlja strogu hijerarhiju od pet razina za upravljanje otpadom, dajući prioritet prevenciji, ponovnoj upotrebi i recikliranju nad oporabom energije i konačnim odlaganjem. Ovo regulatorno okruženje stvara veliku potražnju za stručnjacima obučenima za recikliranje, kružnu ekonomiju i zaštitu okoliša, osobito u sektorima koji rukuju velikim količinama mineralnog otpada, poput građevinarstva, agregata i vađenja prirodnog kamena.

Njemački obrazovni sustav odgovara na ovu potražnju kombinacijom dvostrukih strukovnih programa, tehničkih studija u specijaliziranim školama i sveučilišnih diploma usmjerenih na okolišne i industrijske teme.

3.1.1. Upravljanje otpadom u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju (VET)

U njemačkom sustavu dvostrukog strukovnog obrazovanja, zanimanja vezana uz upravljanje otpadom regulirana su na saveznoj razini i kombiniraju praktičnu obuku u

tvrtkama s teorijskim studijem u strukovnim školama. U sektorima arhitektonsko-građevnog kamena i građevinarstva, najvažniji programi usmjereni su na recikliranje mineralnog građevinskog otpada, materijale za iskopavanja i zaštitu okoliša u industrijskim uvjetima.

Tehničar za recikliranje i upravljanje otpadom (Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft)

- **Institucija:** Dvostruki sustav / Savezni institut za strukovno obrazovanje i osposobljavanje (BIBB)
- **Poveznica:** [BIBB profil](#)
- **Opis:** Nacionalno regulirana trogodišnja dvostruka naukovanja koja priprema tehničare za upravljanje i optimizaciju sustava upravljanja komunalnim i industrijskim otpadom. Polaznici uče prepoznavati, klasificirati i sortirati otpad, organizirati logistiku i primjenjivati zakone o zaštiti okoliša. Ažurirani profil izričito obrađuje odvojeno rukovanje i recikliranje mineralnog građevinskog otpada i agregata, čineći ga izravno relevantnim za vađenje kamenoloma i obradu prirodnog kamena.

Tehnički asistent za zaštitu okoliša

- **Ustanova:** Strukovna škola Butzbach (školski VET)
- **Poveznica:** [Berufliche Schule Butzbach Program](#)
- **Opis:** Dvogodišnji program s punim radnim vremenom koji obučava asistente za mjerenja i analize zraka, vode, tla i otpada. Kurikulum kombinira okolišnu kemiju i laboratorijsku praksu s karakterizacijom otpada i uzorkovanjem. Diplomanti su osposobljeni za rad u laboratorijima i odjelima za zaštitu okoliša eksploatacijskih tvrtki, nadzirući ležišta otpada iz kamenoloma i mulj.

Službenik za otpad tvrtke (Osnovni tečaj)

- **Institucija:** TÜV SÜD Akademie / Gospodarske komore (IHK)
- **Poveznica:** [TÜV SÜD Course](#)
- **Opis:** Njemački zakon zahtijeva da tvrtke koje intenzivno koriste otpad (uključujući kamenolome i prerađivače kamena) angažiraju službenika za otpad. Ovaj osnovni tečaj pruža zakonski propisano stručno znanje iz zakonodavstva o otpadu, dokumentacije i rukovanja opasnim otpadom. Izričito pokriva mineralni građevinski otpad, što ga čini neophodnim za upravitelje usklađenosti u sektoru kamena.

Nastavak stručnog obrazovanja za stručnjake za recikliranje i upravljanje otpadom

- **Institucija:** Savezni institut za strukovno obrazovanje i osposobljavanje (BIBB)
- **Poveznica:** [Dodatak BIBB certifikatu](#)
- **Opis:** Napredni tečajevi za certificirane tehničare s ciljem produbljivanja kompetencija u optimizaciji procesa i strategijama cirkularne ekonomije. Ovi programi usmjereni su na poboljšanje kvalitete recikliranja mineralnog otpada i

građevinskog otpada, podržavajući prijelaz s odlaganja na vrijednu ponovnu upotrebu nusproizvoda iz kamenoloma.

3.1.2. Upravljanje otpadom u visokom obrazovanju

Na sveučilišnoj razini, nekoliko institucija nudi specijalizirane diplome iz inženjerstva recikliranja i okolišnog inženjerstva. Iako se ti programi ne fokusiraju isključivo na arhitektonsko-građevni kamen, uključuju sveobuhvatne module o građevinskom otpadu i mineralnim materijalima, koji su ključni za održivo upravljanje otpadom nastalim u kamenolomima.

B.Eng. Recikliranje, okoliš i održivost

- **Institucija:** Magdeburško-Stendalsko sveučilište primijenjenih znanosti
- **Poveznica:** [Detalji programa](#)
- **Opis:** Sedmosemestralni studij usmjeren na inženjerstvo recikliranja i održivost. Poseban naglasak stavlja na građevinski i rušeci otpad, mineralne agregate i sekundarne sirovine. To ga čini vrlo relevantnim za projektiranje puteva za iskorištavanje kamenih ostataka iz vađenja.

B.Eng. Tehnologija zaštite okoliša i recikliranja

- **Institucija:** Sveučilište primijenjenih znanosti Nordhausen
- **Poveznica:** [Detalji programa](#)
- **Opis:** Obučava inženjere u inženjerstvu okolišnih procesa i proizvodnji koja štedi resurse. Nastavni plan uključuje znanost o materijalima i tehnologije recikliranja. Studije slučaja često se bave mineralnim frakcijama i industrijskim nusproizvodima, omogućujući diplomantima razvoj rješenja za ponovno korištenje ostataka rezanja kamena u građevinskim materijalima.

M.Sc. Inženjerstvo i recikliranje okolišnih procesa

- **Institucija:** Sveučilište tehnologije Clausthal
- **Poveznica:** [Detalji programa](#)
- **Opis:** Napredni magistarski program koji pokriva tehnologije otpada, dizajn procesa i oporavak sekundarnih sirovina. Uključuje studije slučaja o recikliranju mineralnih materijala i industrijskih nusproizvoda koji se mogu izravno prenijeti na operacije prerade kamena.

M.Sc. Upravljanje otpadom i tretman kontaminiranih lokacija

- **Institucija:** Tehničko sveučilište u Dresdenu
- **Poveznica:** [Detalji programa](#)
- **Opis:** Fokusira se na održivo upravljanje otpadom i sanaciju kontaminiranih lokacija. Moduli pokrivaju dizajn odlagališta i upravljanje tokom materijala. Te se često bave mineralnim otpadom i tlom, što je relevantno za regije s intenzivnim eksploatacijom gdje su naslijeđena ležišta otpada problem.

M.Eng. Tehnologija okoliša i recikliranja

- **Institucija:** Sveučilište primijenjenih znanosti Nordhausen
- **Poveznica:** [Detalji programa](#)
- **Opis:** Produbljuje kompetencije u naprednim tehnologijama recikliranja i optimizaciji postrojenja. Njegov fokus na inženjerstvo materijala osposobljava diplomante za razvoj inovativnih lanaca recikliranja mineralnog otpada, uključujući pretvaranje ostataka kamenoloma u visokokvalitetne sekundarne sirovine.

3.2. ŠPANJOLSKA

Tijekom posljednjeg desetljeća, Španjolska je ostvarila značajan napredak u razvoju politika i propisa vezanih uz upravljanje otpadom i kružno gospodarstvo. Nacionalni okvir definiran je kroz Državni okvirni plan upravljanja otpadom (PEMAR) i njegovu novu verziju za razdoblje 2024.–2035., koji uspostavlja strateške linije za sprječavanje stvaranja otpada, poticanje recikliranja i promicanje korištenja sekundarnih sirovina u svim sektorima. Ti se planovi provode u okviru Zakona 7/2022 o otpadu i kontaminiranom tlu, koji jača proširenu odgovornost proizvođača (EPR) i postavlja strože ciljeve za građevinski i ruševni otpad (CDW).

Građevinske i ruševinske aktivnosti među glavnim su izvorima otpada u zemlji. Procjenjuje se da se godišnje proizvede oko 37 milijuna tona CDW-a. Unutar ove kategorije, sektor arhitektonsko-građevnog kamena i vađenja kamena doprinosi značajnim količinama otpada u obliku mulja za rezanje, iskopa i materijala za pokrivanje. Međutim, ovaj volumen također predstavlja priliku za povrat tog otpada kao sekundarnih agregata, komponenti za "zeleni beton" ili drugih inovativnih ekološki prihvatljivih proizvoda.

Španjolski obrazovni sustav odgovara na ove izazove kombinacijom tečajeva stručnog osposobljavanja, profesionalnih certifikata i specijaliziranih centara poput Escuela del Mármol de Fines (Škola mramora Fines). Na sveučilišnoj razini, diplome iz inženjerstva okoliša i rudarstva nude naprednu obuku prilagođenu potrebama sektora.

3.2.1. Upravljanje otpadom u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju (VET)

U Španjolskoj se stručna obuka vezana uz upravljanje otpadom uglavnom organizira putem stručnih certifikata. U slučaju industrije arhitektonsko-građevnog kamena postoje dva ključna područja obuke: s jedne strane, međusektorske kvalifikacije u upravljanju industrijskim otpadom, a s druge strane, specifične kvalifikacije za sektor ekstraktivne industrije.

Urbano i industrijsko upravljanje otpadom (Kod SEAG0108 - razina 2)

- **Institucija:** SEPE (Javna državna služba za zapošljavanje) / Razni pružatelji usluga

- **Poveznica:** [Detalji certifikata](#)
- **Opis:** Temeljna nacionalna kvalifikacija za operatere u upravljanju otpadom. Obuhvaća prikupljanje, transport i rad postrojenja za recikliranje. Profil kompetencije uključuje odvojeno rukovanje inertnim i građevinskim otpadom, što ga čini izravno primjenjivim na tvrtke uključene u obnovu kamenoloma i upravljanje mineralnim ostacima.

Pomoćne operacije u tvornicama za preradu prirodnog kamena (IEXD0308 - razina 1)

- **Institucija:** SEPE / Escuela del Mármol de Fines
- **Link:** [Detalji o specijalnosti](#)
- **Opis:** Ovaj certifikat definira osnovni operativni profil za tvornice za obradu prirodnog kamena. Moduli obuke uključuju rukovanje kamenim blokovima, rad s opremom za rezanje i osnovno održavanje. Ona pruža prirodnu ulaznu točku za integraciju tema poput smanjenja, segregacije i unutarnje reciklaže kamenih ostataka u učenje na radnom mjestu.

Itinerar obuke: Obrada prirodnog kamena i digitalne kompetencije

- **Institution:** Escuela del Mármol de Fines (National Reference Centre)
- **Link:** [CRN Piedra Natural](#)
- **Description:** The *Escuela del Mármol de Fines* (Almería) offers specialized itineraries combining technical stone cutting training with digital skills. As the National Reference Centre for the sector, its programs are explicitly aligned with industry needs, including the efficient use of raw materials and the responsible management of stone by-products.

Upravljanje građevinskim i ruševinskim otpadom

- **Institucija:** Stručna udruženja / Specijalizirani pružatelji usluga
- **Link:** [Primjer tečaja](#)
- **Opis:** Kratki VET tečajevi namijenjeni upraviteljima gradilišta i tehničarima. Bave se španjolskim i EU zakonodavstvom o CDW-u, izradi planova upravljanja otpadom i selektivnom rušenju. Za sektor prirodnog kamena, ovi tečajevi su ključni kako bi se osiguralo da se otpad na bazi kamena usmjerava u ovlaštene rute recikliranja, a ne na odlagališta.

3.2.2. Upravljanje otpadom u visokom obrazovanju

Na sveučilišnoj razini, zemlja nudi širok spektar diploma iz inženjerstva okoliša i rudarstva. Iako većina ovih programa ima multisektorski fokus, mnogi uključuju specijalizirane module o obnovi rudarstva i korištenju recikliranih agregata, znanje koje je izravno primjenjivo na lanac vrijednosti arhitektonsko-građevnog kamena.

M.Sc. u održivom rudarstvu (Máster Universitario en Minería Sostenible)

- **Institucija:** Politehničko sveučilište u Madridu (UPM)
- **Poveznica:** [UPM program](#)
- **Opis:** Službeni magistarski studij usmjeren na rudarske tehnologije i upravljanje okolišem. Nastavni plan obuhvaća procjenu utjecaja na okoliš, upravljanje rudarskim otpadom (jalovinom) i sanaciju eksploatacijskih lokacija. Studije slučaja često uključuju španjolske kamenolome, što čini kompetencije vrlo relevantnima za ponovnu upotrebu ostataka kamena i obnovu kamenoloma.

M.Sc. iz upravljanja otpadom i povrata resursa

- **Institucija:** Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
- **Poveznica:** [UAM program](#)
- **Opis:** Specijalizirani program za obuku stručnjaka za dizajniranje sustava za upravljanje otpadom s naglaskom na povrat resursa. Studenti proučavaju tehnologije za valorizaciju krutog otpada i mulja. Za sektor kamena, ovi se pristupi mogu primijeniti na obradu i ponovnu upotrebu mulja za rezanje i inertnog mineralnog otpada.

M.Sc. iz okolišnog inženjerstva

- **Institucija:** Politehničko sveučilište u Valenciji (UPV) i Sveučilište u Valenciji
- **Poveznica:** [Zajednički magistarski program](#)
- **Opis:** Pruža naprednu obuku u prevenciji i kontroli utjecaja na okoliš uzrokovanih industrijskim aktivnostima. Moduli uključuju dizajn odlagališta i procjenu životnog ciklusa (LCA). Ove knjige često se bave odlagalištima inertnog otpada za otpad iz kamenoloma, pružajući izravan most izazovima industrije arhitektonsko-građevnih stijena.

M.Sc. u kružnom gospodarstvu

- **Institucija:** Campus Iberus (Zaragoza, La Rioja, Lleida, Navarra)
- **Poveznica:** [Campus Iberus Program](#)
- **Opis:** Međusveučilišna magistarska obuka omogućuje upravljanje složenim tokovima materijala. Obuhvaća industrijsku simbiozu i metrike cirkularne ekonomije. Projekti se često bave građevinskim materijalima i mineralnim nusproizvodima, nudeći alate za dizajniranje kružnih poslovnih modela za prirodni kameni otpad (npr. umjetni grebeni ili 3D ispis).

3.3. RUMUNJSKA

Rumunjska je ostvarila značajan napredak u prilagodbi svog sustava upravljanja otpadom zahtjevima Europske unije; Ipak, i dalje ima jednu od najnižih stopa recikliranja komunalnog otpada u bloku. Godine 2022. proizvodnja komunalnog otpada iznosila je približno 303 kg po glavi stanovnika, znatno ispod prosjeka EU-27 (513 kg), ali većina otpada i dalje završava na odlagalištima, s stopama recikliranja od samo oko 12–14%, znatno ispod ciljeva postavljenih za 2025.

Neke nedavne inicijative, poput nacionalnog sustava depozita i povrata (SGR) za ambalažu za piće, pokrenutog krajem 2023., značajno su poboljšale prikupljanje ambalažnog otpada. Međutim, ti tokovi čine samo mali dio ukupnog volumena otpada i ne rješavaju otpad nastao gradnjom, rušenjem, rudarstvom i vađenjem kamenoloma. Istovremeno, Rumunjska posjeduje značajne resurse arhitektonsko-građevnog kamena čija eksploatacija i obrada stvaraju velike količine otpada: iskope, mulj i sitne čestice koje hitno treba povratiti prema kriterijima cirkularnog gospodarstva.

Ovi strukturni izazovi potaknuli su razvoj širokog spektra obrazovnih programa u strukovnom i visokom obrazovanju, usmjerenih na zaštitu okoliša. Iako većina ima pristup koji obuhvaća različite segmente, sadržaj o klasifikaciji otpada, integriranom upravljanju i tehnologijama recikliranja posebno je relevantan za upravljanje složenim mineralnim otpadom poput onog iz sektora arhitektonsko-građevnog kamena.

3.3.1. Upravljanje otpadom u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju (VET)

U Rumunjskoj se obuka iz upravljanja otpadom izvan sveučilišnog okruženja uglavnom organizira kroz specijalizacije akreditirane od strane ANC-a, povezane sa specifičnim kodovima zanimanja u Rumunjskom katalogu zanimanja (COR). Ovi tečajevi prvenstveno su namijenjeni upraviteljima okoliša i tehničarima koji rade u tvrtkama koje proizvode velike količine industrijskog otpada, poput kamenoloma i tvornica za preradu kamena.

Specijalist za upravljanje otpadom (COR 213310)

- **Institucija:** Različiti pružatelji usluga (akreditirani od strane ANC-a)
- **Poveznica:** [Detalji tečaja](#)
- **Opis:** Ova nacionalno akreditirana specijalizacija priprema stručnjake za koordinaciju aktivnosti upravljanja otpadom na razini organizacije. Kurikulum obuhvaća klasifikaciju otpada, dizajn internih shema prikupljanja i izvještavanje ekološkim vlastima. Za rudarske i kamenorezne operatere, ovaj profil je ključan za upravljanje tokovima mineralnog otpada i razvoj ruta recikliranja umjesto odlagališta.

Službenik za zaštitu okoliša (COR 325710)

- **Institucija:** Različiti pružatelji usluga (akreditirani od strane ANC-a)
- **Link:** [Primjer tečaja](#)

- **Opis:** Fokusira se na šire odgovornosti vezane uz okoliš unutar tvrtki. Sudionici uče prepoznavati utjecaje na okoliš, osigurati usklađenost s dozvolama te pratiti emisije i otpad. U ekstraktivnim tvrtkama, diplomanti djeluju kao ključni posrednici između proizvodnih odjela i regulatornih tijela, osiguravajući usklađenost s okolišnim zakonima.

Službenik za upravljanje otpadom (stručni tečaj priznat od strane ANC-a)

- **Institucija:** Various Providers (ANC Accredited)
- **Poveznica:** [Detalji tečaja](#)
- **Opis:** Namijenjeno osoblju izravno odgovornom za svakodnevne operacije: sortiranje, označavanje i skladištenje. Obuka uključuje rumunjsko zakonodavstvo o otpadu i pravilnu primjenu kodova Europskog kataloga otpada (EWC). Ključno za izbjegavanje nekontroliranog odlaganja kamenih ostataka i osiguranje sljedivosti u kamenolomima.

Specijalist za upravljanje otpadom (online specijalizacija)

- **Institucija:** Avangarde Academy
- **Poveznica:** [Online tečaj](#)
- **Opis:** Potpuno online specijalizacija koja kombinira regulatorna ažuriranja s primijenjenim studijama slučaja. Obuhvaća Nacionalni plan upravljanja otpadom (PNGD) i tehnologije obrade. Fleksibilni format posebno je prikladan za inženjere u geografski raspršenim sektorima poput kamenoloma, koji trebaju integrirati suvremene prakse cirkularnog gospodarstva bez prekida u radu.

3.3.2. Upravljanje otpadom u visokom obrazovanju

Što se tiče visokog obrazovanja, nekoliko rumunjskih sveučilišta nudi specifične programe iz upravljanja otpadom i cirkularne ekonomije, uglavnom u okviru fakulteta za okolišno inženjerstvo. Ovi tečajevi pružaju naprednu obuku iz tehnologija tretmana i procjene životnog ciklusa, ključnih vještina za rješavanje izazova sektora arhitektonsko-građevnog kamena iz održive perspektive.

M.Sc. iz inženjerstva oporabe otpada

- **Institucija:** Sveučilište Babeş-Bolyai (Cluj-Napoca)
- **Poveznica:** [Magistarski program](#)
- **Opis:** Obučava stručnjake za inženjering prerade otpada u sekundarne resurse. Glavne teme uključuju karakterizaciju otpada, optimizaciju tehnologije recikliranja i pokazatelje cirkularnog gospodarstva. Njegov multidisciplinarni profil čini ga prikladnim za rješavanje složenih pitanja poput ponovne upotrebe kamene kaše u građevinskim materijalima.

M.Sc. u upravljanju otpadom, obradi i valorizaciji

- **Institucija:** Tehničko sveučilište Gheorghe Asachi u Iaşiju

- **Poveznica:** [Magistarski program](#)
- **Opis:** Fokusira se na napredno inženjerstvo upravljanja otpadom. Nastavni plan obuhvaća prevenciju, dizajn postrojenja za pročišćavanje i povrat sekundarnih sirovina. Diplomanti su spremni dizajnirati integrirane sustave za industrijski otpad, izravno primjenjive za optimizaciju valorizacije mineralnog otpada u rudarskim područjima.

B.Sc. iz inženjerstva okoliša

- **Institucija:** Sveučilište Babeş-Bolyai (Cluj-Napoca)
- **Poveznica:** [Preddiplomski program](#)
- **Opis:** Pruža široke temelje u znanostima o okolišu, kontroli onečišćenja i upravljanju otpadom. Studenti provode praktične projekte s lokalnim vlastima i tvrtkama. Izuzetno relevantno za planiranje sustava za otpad u građevinarstvu i rudarstvu, gdje inženjeri moraju osmisliti sheme nadzora i osigurati zakonsku usklađenost.

3.4. HRVATSKA

Hrvatska godišnje proizvede između 6 i 7 milijuna tona otpada, što je ekvivalentno otprilike 1,3–1,5 tona po stanovniku. Značajan dio tog otpada dolazi iz građevinskih, ruševinskih, rudarskih i kamenolomskih aktivnosti, osobito u obliku mineralnog otpada. Iako se zemlja poboljšala u pogledu selektivnog prikupljanja i recikliranja, odlagališta i dalje ostaju glavna metoda obrade komunalnog otpada, pa se pojačavaju naporu kako bi se ispunili europski ciljevi za recikliranje i smanjila upotreba odlagališta.

Plan upravljanja otpadom Republike Hrvatske 2023.–2028. jača mjere poput prevencije, odvojenog odvoza i recikliranja, istovremeno promičući osnivanje regionalnih centara za upravljanje otpadom, s posebnim naglaskom na građevinski otpad i minerale. Ova strategija posebno je relevantna za dobro uspostavljeni sektor nemetalnih minerala u Hrvatskoj, gdje povijesni kamenolomi arhitektonsko-građevnog kamena proizvode velike količine iskopa, mulja i mineralnog otpada koji se mogu izvući kao sekundarni sirovine.

U tom kontekstu, hrvatski obrazovni sustav nudi kombinaciju programa strukovnog obrazovanja i osposobljavanja (VET) u zaštiti okoliša i vađenju kamenoloma, uz mikrokvalifikacije za odrasle i raznovrsne programe visokog obrazovanja iz okoliša i građevinarstva.

3.4.1. Upravljanje otpadom u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju (VET)

Na razini strukovnog obrazovanja i osposobljavanja (VET), Hrvatska nudi programe osnovnog srednjoškolskog obrazovanja i kvalifikacije za odrasle, s naglaskom na zaštitu

okoliša i učinkovitost korištenja resursa. Iako većina kurikuluma ima pristup kroz presjek, stečene vještine, osobito u praćenju okoliša i logistici otpada, lako se mogu primijeniti u građevinarstvu i eksploataciji arhitektonsko-građevnog kamena.

Tehničar za zaštitu okoliša (Ekološki tehničar)

- **Institution:** Various VET Schools (e.g., Graditeljska, prirodoslovna i rudarska škola Varaždin)
- **Poveznica:** [Detalji profila](#)
- **Opis:** Četverogodišnja visokoškolska kvalifikacija (ISCED 3–4) koja priprema tehničare za nadzor i zaštitu okolišnih medija u industrijskim kontekstima. Studenti proučavaju zakonodavstvo o zaštiti okoliša, procjenu utjecaja i posvećene module o upravljanju otpadom (klasifikacija, prikupljanje, recikliranje). Ove kompetencije izravno su primjenjive na praćenje protoka prašine i mulja u postrojenjima za vađenje kamenoloma.

Stonemason / Stonemasonry Technician (Klesar / Klesarski tehničar)

- **Ustanova:** Klesarska škola Pučišća
- **Poveznica:** [PDF kurikuluma](#)
- **Opis:** Smještena na otoku Braču, ova specijalizirana škola nudi programe vađenja i obrade prirodnog kamena. Iako upravljanje otpadom nije samostalna tema, kurikulum uključuje rezultate vezane uz racionalno korištenje sirovina, minimiziranje gubitaka kamena i sigurno rukovanje muljem i otpadom, što je izravno relevantno za održivo upravljanje kamenolomom.

Mikrokvalifikacija za upravljanje otpadom (Gospodarenje otpadom)

- **Institucija:** Pružatelji obrazovanja odraslih (shema vaučera)
- **Poveznica:** [Detalji programa](#)
- **Opis:** Ova mikrokvalifikacija (približno 75 sati) provodi se u okviru nacionalnog programa vaučera za obrazovanje odraslih, pokriva hrvatsko i EU zakonodavstvo, klasifikaciju i osnovna načela cirkularnog gospodarstva. Cilja na radnike koji rukuju otpadom u građevinarstvu, komunalnim službama i poduzećima za preradu kamena.

Certificirani stručnjak za upravljanje otpadom i zaštitu okoliša

- **Institucija:** Seminari.hr / Verlag Dashöfer
- **Poveznica:** [Detalji tečaja](#)
- **Opis:** Napredni online tečaj za profesionalce kojima je potrebno operativno i regulatorno znanje. Obuhvaća integrirano planiranje sustava, upravljanje opasnim otpadom i najbolje dostupne tehnike recikliranja. Profil odgovara

potrebama upravitelja odgovornih za velike tokove mineralnog otpada u postrojenjima za vađenje minerala.

3.4.2. Upravljanje otpadom u visokom obrazovanju

Što se tiče visokog obrazovanja, hrvatska sveučilišta nude preddiplomske i diplomske programe iz okolišnog inženjerstva i građevinarstva, koji se posebno bave mineralnim otpadom, građevinskim i ruševinskim otpadom te pristupima cirkularnog gospodarstva s ciljem povrata vrijednosti iz tih materijala.

B.Sc. iz inženjerstva okoliša

- **Ustanova:** Sveučilište u Zagrebu, Fakultet geotehničkog inženjerstva (Varaždin)
- **Poveznica:** [Detalji programa](#)
- **Opis:** Pruža temeljne kompetencije u zaštiti okoliša, upravljanju otpadom i geotehnici. Moduli o upravljanju krutim otpadom i praćenju okoliša pripremaju studente za planiranje i nadzor sustava u rudarstvu i građevinarstvu, uključujući valorizaciju mineralnog otpada.

M.Sc. iz inženjerstva okoliša (smjer upravljanja okolišem)

- **Institucija:** Sveučilište u Zagrebu, Fakultet geotehničkog inženjerstva
- **Link:** [Detalji o pjesmi](#)
- **Opis:** Produbljuje analitičke i upravljačke kompetencije za održivo korištenje resursa. Napredni predmeti obuhvaćaju strategije kružnog gospodarstva, procjenu rizika i planiranje regionalne infrastrukture. Diplomanti su opremljeni za dizajniranje integriranih rješenja za protoke mineralnog otpada velikog volumena iz gradnje i kamenoloma.

Tečaj upravljanja otpadom (građevinarstvo)

- **Institucija:** Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku
- **Poveznica:** [PDF tečaja](#)
- **Opis:** Uvodi buduće građevinske inženjere u integrirane sustave upravljanja otpadom, s posebnim naglaskom na oporavak građevinskog i rušenog otpada. To diplomantima pruža znanje potrebno za uključivanje recikliranih agregata i kamenih nusproizvoda u infrastrukturne projekte.

Tečaj održivog upravljanja otpadom i recikliranja

- **Institucija:** Sveučilište Slavonski Brod
- **Poveznica:** [Detalji tečaja](#)
- **Opis:** Fokusira se na održivo upravljanje krutim otpadom i tehnologije recikliranja unutar programa Eko-inženjeringa. Studenti analiziraju sortirne linije i modele

kružne ekonomije, pripremajući se za uloge u industrijskim poduzećima koja ciljaju na povećanje povrata materijala, uključujući proizvode na bazi minerala.

Studije urbanog šumarstva i zaštite okoliša

- **Institucija:** Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
- **Poveznica:** [Detalji programa](#)
- **Opis:** Integrira ekološke znanosti s upravljanjem urbanim okolišem. Diplomanti doprinose planiranju zelene infrastrukture gdje se mineralni i građevinski otpad prepliću s širim ciljevima upravljanja krajolikom.

4. ANALIZA REZULTATA

Ovo poglavlje predstavlja komparativnu analizu obrazovnih programa i kurikuluma vezanih uz upravljanje otpadom u industriji arhitektonsko-građevnog kamena u zemljama sudionicama. Glavni cilj je procijeniti u kojoj mjeri su ti programi obuke usklađeni s ciljevima projekta, osobito promicanjem održivih praksi upravljanja otpadom unutar sektora.

Uspoređujući sadržaj obuke, stečene vještine i primijenjene metodologije, ova analiza nastoji istaknuti dobre prakse koje promiču održivost i učinkovitost u upravljanju otpadom nastalim tijekom vađenja i obrade kamena. Osim toga, ispituje kako različiti nacionalni obrazovni sustavi odgovaraju na specifične ekološke izazove koje ova industrija donosi.

Studija također identificira značajne praznine, tj. područja u kojima trenutni programi ne odgovaraju na stvarne potrebe sektora niti adekvatno rješavaju određene ekološke probleme. Ovi nalazi čine temelj za niz preporuka usmjerenih na poboljšanje budućeg stručnog obrazovanja.

Konačni cilj je osigurati da nove generacije stručnjaka budu spremne aktivno doprinostiti kružnom gospodarstvu, upravljanju okolišem i održivom razvoju kroz cijeli lanac vrijednosti arhitektonsko-građevnog kamena.

4.1. NJEMAČKA

Njemačka je jedan od najistaknutijih europskih lidera u upravljanju otpadom. Njegova obrazovna ponuda duboko je integrirana u čvrst okvir kružnog gospodarstva, potkrijepljen zakonodavstvom koje daje prednost kvalitetnom recikliranju nad jednostavnim odlaganjem.

4.1.1. Upravljanje otpadom primijenjeno na industriju i održivost

Njemački obrazovni ekosustav u upravljanju otpadom širok je i usko povezan s proizvodnim sektorom. Dvostruko strukovno obrazovanje uključuje zanimanja poput *Fachkraft für Kreislauf und Abfallwirtschaft* (tehničar za recikliranje i upravljanje otpadom), koji kombinira prakse u tvrtkama s tehničkom obukom u specijaliziranim školama. Osim toga, postoje školski programi usmjereni na zaštitu okoliša.

Uz to, tu su i visoko specijalizirani preddiplomski i diplomski studiji, poput inženjerstva okolišnih procesa i inženjerstva recikliranja, koji razvijaju napredne vještine u tehnologijama obrade otpada, učinkovitosti korištenja resursa i procjeni životnog ciklusa (LCA). Za potrebe ovog projekta, Njemačka predstavlja jasan primjer kako zreo obrazovni sustav može podržati ambiciozne politike kružnog gospodarstva.

4.1.2. Integracija upravljanja otpadom u industriju arhitektonsko-građevnog kamena

Unatoč snazi sustava, industrija arhitektonsko-građevnog kamena nije posebno usmjerena, već se svrstava u širu kategoriju građevinskog i mineralnog otpada. Naučnici i studenti stječu znanje o rukovanju zemljom, kamenjem i ruševinama kao dio standardnih operacija, uglavnom vezanih uz proizvodnju agregata ili recikliranje betona.

Te se vještine lako mogu prenijeti na upravljanje materijalom za pokrivanje, kamenim isklesanjima i nusproizvodima kamenoloma. Međutim, kurikulumi rijetko obrađuju sektorske aspekte poput estetske vrijednosti pronađenog kamena, tehničkog rukovanja finim muljem ili razvoja visokovrijednih proizvoda od kamenog otpada. S obzirom na snažnu industrijsku i istraživačku strukturu zemlje, postoji veliki potencijal za razvoj naprednih lanaca vrijednosti, ako programi obuke uključuju studije slučaja usmjerene na arhitektonsko-građevni kamen.

4.1.3. Naglasak na zakonodavstvu i usklađenosti

Njemački sustav snažno naglašava pravne i organizacijske aspekte upravljanja otpadom. Ključni element je zakonski zahtjev da mnogi objekti imaju *Betriebsbeauftragte:r für Abfall* (Upravitelja otpada poduzeća). Ova profesionalna osoba odgovorna je za usklađenost s propisima, dokumentaciju, interne revizije i odnose s vlastima.

Programi obuke i osvježenja za ovu ulogu osiguravaju detaljno poznavanje Zakona o kružnom gospodarstvu (KrWG) i važećih tehničkih propisa. U slučaju kamenoloma i postrojenja za preradu kamena, ova brojka predstavlja ključni stup usklađenosti, iako iz perspektive projekta postoji prostor za razvoj ove uloge: prelazak s pukog poštivanja propisa na aktivno promicanje cirkularnosti, istraživanje novih mogućnosti industrijske simbioze kamenog otpada.

4.1.4. Završni projekti I studije slučaja

Sveučilišta primijenjenih znanosti (*Fachhochschulen*) u Njemačkoj aktivno promiču učenje temeljeno na projektima i teze koje se razvijaju u suradnji s industrijom. Mnogi studenti inženjerstva okoliša i recikliranja već rade na temama vezanim uz nusproizvode minerala i dizajn postrojenja za obradu.

Uključivanje sektora arhitektonsko-građevnog kamena u ovaj kontekst ne bi zahtijevalo velike promjene kurikuluma, već bolju definiciju pristupa i tema. Suradnja s industrijskim udrugama mogla bi dovesti do projekata koji analiziraju održivost novih proizvoda od kamenog otpada, optimiziraju lance obrade ili procjenjuju digitalne alate, uključujući blockchain, za praćenje kružnih tokova materijala.

4.1.5. Opći zaključci

Njemačka je vrlo zrelo obrazovni standard, osobito kada je riječ o recikliranju mineralnog otpada. Glavni izazov nije nedostatak vještina, već odsutnost jasne povezanosti sa specifičnostima sektora arhitektonsko-građevnog kamena.

Za razvoj kurikuluma RockChaina, njemačka stručnost pruža napredni tehnički sadržaj o recikliranju mineralnog otpada, optimizaciji procesa i regulatornim modelima. S druge strane, projekt može ponuditi nužnu sektorsku perspektivu, ističući arhitektonsko-građevni kamen kao vrijedno područje primjene ovih vještina. Ovo međusobno obogaćivanje, kombinirajući sustavno iskustvo Njemačke s usmjerenim istraživanjem kamenog otpada, pridonijet će europskom kurikulumu koji je tehnički ambiciozan i usklađen s industrijskom stvarnošću.

4.2. ŠPANJOLSKA

Analiza obrazovnog krajolika u Španjolskoj otkriva čvrst, ali donekle fragmentirani ekosustav. Sastoji se od interdisciplinarnih stručnih certifikata usmjerenih na urbani i industrijski otpad, specijalizirane strukovne obuke u ekstraktivnim industrijama te širokog spektra magistarskih studija iz okolišnog inženjerstva i cirkularne ekonomije.

4.2.1. Upravljanje otpadom primijenjeno na industriju i održivost

Zajedno, ovi programi obrađuju ključne tehničke vještine vezane uz hijerarhiju otpada, tehnologije obrade, prevenciju onečišćenja i strategije cirkularne ekonomije primjenjive na sektore koji zahtijevaju mnogo resursa. Međutim, veza između ovih općih vještina i specifičnih izazova održivosti u lancu vrijednosti arhitektonsko-građevnog kamena (kao što su upravljanje reznim muljem, reznicama ili materijalima za pokrivanje) ostaje uglavnom implicitna u kurikulumima, bez diferenciranog ili specijaliziranog pristupa.

4.2.2. Integration of Waste Management in the Ornamental Rock Industry

Izravna integracija u sektor najvidljivija je u specijaliziranim institucijama poput Fines Marble School, ili u specifičnim certifikatima poput IEXD0308 (Pomoćne operacije u tvornicama za preradu prirodnog kamena). U tim slučajevima obuka se odvija u stvarnim prostorima za obradu kamena, gdje je upravljanje otpadom dio ishoda učenja, integrirano s sadržajem o učinkovitosti u korištenju materijala, industrijskoj higijeni i sigurnosti na radu.

Nasuprot tome, opći strukovni i sveučilišni programi obično tretiraju kamen kao podkategoriju građevinskog i rušenog otpada (CDW) ili kao inertni industrijski otpad. Stoga, iako učenici stječu prenosive vještine, ne stječu potpuno razumijevanje životnog ciklusa arhitektonsko-građevnog kamenog otpada, niti njegovog potencijala za oporavak izvan osnovnog drobljenja agregata.

4.2.3. Naglasak na zakonodavstvu i usklađenosti

I strukovno obrazovanje i visoko obrazovanje u Španjolskoj pridaju veliku važnost zakonodavstvu o zaštiti okoliša. Certifikati poput *SEAG0108* i specijalizirani tečajevi iz CDW-a posvećuju značajno vrijeme proučavanju španjolskih i europskih propisa, proširene odgovornosti proizvođača (EPR) i planiranja upravljanja otpadom. Slično tome, sveučilišni studiji daju prednost okvirima procjene utjecaja na okoliš (EIA).

Ovaj regulatorni pristup pruža čvrste temelje za sektor poput arhitektonsko-građevnog kamena, koji posluje pod propisima o gustom rudarstvu i zaštiti okoliša. Međutim, nedostaje specifična obuka o tome kako ove opće obveze prevesti u konkretne protokole za upravljanje materijalima za rezanje mulja ili kamenoloma. Osim toga, primjena digitalnih alata, poput sljedivosti putem blockchaina za poboljšanje transparentnosti i usklađenosti, još nije dio trenutnog kurikulumu.

4.2.4. Završni projekti i studije slučaja

Većina magistarskih studija iz inženjerstva okoliša ili cirkularne ekonomije uključuje završni projekt ili diplomski rad, često razvijen u suradnji s tvrtkama. Ovi projekti predstavljaju veliku priliku — još uvijek uglavnom neiskorištenu — za povezivanje obrazovanja s izazovima s kojima se sektor suočava.

Trenutno se studije slučaja fokusiraju na urbani otpad, otpadne vode ili generičke CDW. Usmjeravanje ovih projekata na teme poput oporavka mulja, ekološkog dizajna kamenih proizvoda ili korištenja kamenog otpada kao sekundarne sirovine moglo bi značajno povećati relevantnost i specijalizaciju programa. To bi stvorilo profil diplomanta upoznatog sa specifičnim tokovima otpada u sektoru vađenja i obrade kamena.

4.2.5. Opći zaključci

U Španjolskoj već postoje mnogi elementi potrebni za izgradnju naprednog kurikulumu upravljanja arhitektonsko-građevnim kamenim otpadom, iako su trenutno raspršeni:

- Interdisciplinarna stručna obuka u upravljanju otpadom.
- Nacionalni referentni centar specijaliziran za prirodni kamen (Marble School).
- Visokorazinski sveučilišni programi iz inženjerstva i cirkularne ekonomije.

Međutim, veza između tih elemenata i specifičnih tokova materijala u sektoru arhitektonsko-građevnog kamena još je slaba. Za RockChain projekt ovo predstavlja jasnu stratešku priliku: dizajnirati modularni kurikulum koji djeluje kao most. Ovaj kurikulum trebao bi povezati postojeće generičke vještine s specifičnim sadržajem specifičnim za sektor, digitalnom sljedivošću (blockchain) i inovativnim načinima dodavanja vrijednosti.

Umjesto da duplicira postojeće ponude, RockChain bi se trebao usredotočiti na međusobno povezivanje ovih raspršenih snaga, prilagođavajući ih stvarnim potrebama sektora arhitektonsko-građevnog kamena.

4.3. RUMUNJSKA

4.3.1. Upravljanje otpadom primijenjeno na industriju i održivost

Programi obuke o upravljanju otpadom u Rumunjskoj imaju izrazito praktičan pristup i usmjereni su na usklađenost s propisima. ANC-akreditirani tečajevi strukovnog osposobljavanja, poput Specialist în managementul deșeurilor i Responsabil de mediu, usmjereni su na primjenu važećeg zakonodavstva, razvoj planova upravljanja otpadom za tvrtke i logističku organizaciju prikupljanja.

Na sveučilišnoj razini, magistarski studiji poput Ingineria valorificării deșeurilor nude strateškiju viziju, obuhvaćajući tehnologije liječenja i pokazatelje kružnog gospodarstva. Zajedno, ovi programi pripremaju stručnjake za upravljanje integriranim sustavima u industrijskim okruženjima, uključujući tešku industriju gdje je mineralni otpad značajan.

4.3.2. Integracija upravljanja otpadom u industriju arhitektonsko-građevnog kamena

Trenutno nijedan od analiziranih programa nije posebno usmjeren na sektor arhitektonsko-građevnog kamena. Ovaj sektor obrađen je neizravno, unutar općih modula o industrijskom ili rudarskom otpadu. Iako profesionalni profili obučeni u Rumunjskoj teoretski imaju potrebne vještine za upravljanje otpadom poput mulja ili kamenih isječaka, nedostatak konkretnih primjera stvara prazninu u znanju.

Bez specifične obuke specifične za sektor, diplomanti vjerojatno nisu upoznati s relevantnim tehničkim aspektima, poput specifičnog reološkog ponašanja kamenog mulja ili estetskih ograničenja recikliranih proizvoda. Integracija studija slučaja povezanih s lokalnim iskustvima značajno bi poboljšala primjenjivost obuke u sektoru.

4.3.3. Naglasak na zakonodavstvu i usklađenosti

Strukovno obrazovanje u Rumunjskoj stavlja značajan naglasak na nacionalno i europsko zakonodavstvo o zaštiti okoliša, poput Zakona 211/2011. Studenti moraju pokazati detaljno poznavanje dozvola, obveza izvještavanja i važećih propisa. Za rudarske tvrtke to pruža čvrstu osnovu za usklađenost s propisima.

Međutim, iz perspektive sektora arhitektonsko-građevnog kamena, postoji prilika da se ide dalje od osnovne usklađenosti. Kurikulumi bi mogli uključivati sadržaj o najboljim dostupnim tehnikama (BAT) za obnovu rudarskih lokacija i dugoročno praćenje otpada iz kamenoloma, aspekte koji se često zanemaruju u općenitijim kolegijima.

4.3.4. Završni projekti I studije slučaja

Magistarski programi često uključuju projekte primijenjenih istraživanja, često u suradnji s lokalnim upravama. Trenutno se ti projekti uglavnom fokusiraju na komunalni ili opasni otpad. Preusmjeravanje dijela ovog akademskog napora na izazove s kojima se sektor suočava (na primjer, optimizacija obrade mulja u radionicama rezanja mramora) stvorilo bi vrijednu bazu znanja usklađenu s ciljevima projekta RockChain.

4.3.5. Opći zaključci

Rumunjska ima gust i koherentan obrazovni sustav upravljanja otpadom, s jakim tehničkim i pravnim komponentama. Međutim, industrija arhitektonsko-građevnog kamena još nije vidljiva kao kontekst obuke. Za projekt poput RockChaina, zemlja nudi čvrstu bazu vještina, ali s jasnom potrebom za sektorskom kontekstualizacijom.

Uključivanje digitalnih alata i korištenje stvarnih demonstracijskih lokacija moglo bi pretvoriti kameni otpad, koji se danas smatra nevidljivom industrijskom prijetnjom, u privlačno područje tehničkog učenja i primijenjenih inovacija.

4.4. HRVATSKA

4.4.1. Upravljanje otpadom primijenjeno na industriju i održivost

Hrvatska nudi koherentan obrazovni ekosustav koji kombinira programe stručnog obrazovanja za više srednje škole, mikrokvalifikacije za odrasle i sveučilišne diplome iz inženjerstva zaštite okoliša. Ovi programi obrađuju ključne teme poput nadzora, sortiranja otpada i regionalnog planiranja.

S obzirom na to da nacionalna politika daje prioritet smanjenju odlaganja mineralnog otpada, obrazovna ponuda je dobro usklađena s ciljevima održivosti. To je omogućilo sve većem broju tehničara da se obučavaju kako bi razumjeli otpad ne samo kao problem odlaganja, već i kao dio šireg cirkularnog pristupa.

4.4.2. Integracija upravljanja otpadom u industriju arhitektonsko-građevnog kamena

Hrvatska se među partnerskim zemljama ističe po školi specijaliziranoj za ručnu obradu kamena, Klesarska škola Pučišća, smještenoj u regiji s bogatom tradicijom arhitektonsko-građevnog kamena. Početna stručna obuka pruža dubinsko znanje o svojstvima i obradi kamena. Međutim, sadržaj o upravljanju otpadom integriran je u svim segmentima, primjerice u racionalnoj upotrebi materijala, a ne kao specifični moduli.

S druge strane, sveučilišni programi iz inženjerstva okoliša razvijaju napredne vještine u upravljanju građevinskim otpadom. Veza između zanatske obuke u kamenoklesarstvu i tehničkog pristupa okolišnom inženjerstvu još uvijek je uglavnom neiskorištena. Sektor bi znatno profitirao od zajedničkih projekata koji se bave oporavkom kamenog otpada i obnovom kamenoloma.

4.4.3. Naglasak na zakonodavstvu i usklađenosti

Programi obuke poput *Gospodarenje otpadom* posvećuju značajnu pažnju hrvatskom i europskom zakonodavstvu, pripremajući stručnjake za rad u centrima za reciklažu i suradnju s inspekcijskim tijelima. Ovaj pravni pristup jača regulatornu usklađenost u kamenolomima. Međutim, trenutna obuka rijetko se bavi novim pitanjima poput praćenja temeljenog na podacima, materijalnih putovnica ili korištenja blockchaina za praćenje kamenih nusproizvoda kroz cijeli lanac vrijednosti.

4.4.4. Završni projekti I studije slučaja

Sveučilišni programi često uključuju praktične projekte. Uz manje prilagodbe, to bi moglo uključivati ukrasne kameno-proizvodne regije, poput Brača ili Istre, kao žive laboratorije. Studenti su mogli analizirati tokove otpada i mulja kako bi dizajnirali kružne krugove u suradnji s lokalnim općinama. U strukovnom osposobljavanju, uvođenje malih projekata o smanjenju otpada u školskim radionicama pomoglo bi internalizaciji kružnog gospodarstva kroz svakodnevnu praksu.

4.4.5. Opći zaključci

Hrvatska donosi jedinstvenu vrijednost projektu: kombinaciju specijaliziranog stručnog obrazovanja u klesarstvu i solidnog visokog obrazovanja iz okolišnog inženjerstva. Glavna slabost nije nedostatak sadržaja, već odsutnost eksplicitnih veza između obuke za zanate i sustavnog upravljanja otpadom.

Strateška prilika za RockChain leži u stvaranju "mostova" za obuku, gdje studenti kamenorezaca i inženjerstva okoliša surađuju u zajedničkim jedinicama za učenje. Ova suradnička metodologija iskoristila bi snage oba svijeta za stvaranje stvarnih primjera sektorskih inovacija, usklađenih s ciljevima europskog kružnog gospodarstva.

5. NAJBOLJE PRAKSE

Komparativna analiza programa obuke za upravljanje otpadom u Njemačkoj, Španjolskoj, Rumunjskoj i Hrvatskoj otkriva nekoliko zajedničkih elemenata koji karakteriziraju najučinkovitije prijedloge u strukovnom obrazovanju (VT), visokom obrazovanju i cjeloživotnom obrazovanju. Istovremeno se uočavaju trajni nedostaci u industriji arhitektonsko-građevnog kamena, osobito u pogledu integracije cirkularnog gospodarstva i digitalne sljedivosti tokova otpada.

5.1. Uobičajene značajke učinkovitih kurikuluma upravljanja otpadom

Analiza identificira pet temeljnih stupova koji definiraju trenutni standard kvalitete u obrazovanju o upravljanju otpadom među partnerskim zemljama

5.1.1. Jasan I dobro integriran pravni okvir

U sve četiri zemlje, najjači programi povezuju upravljanje otpadom s rigoroznim regulatornim okvirom. Studenti se obučavaju za razumijevanje i primjenu hijerarhije otpada, proširene odgovornosti proizvođača (EPR) i postupaka izdavanja okolišnih dozvola.

- **Rumunjska i Njemačka:** Akreditirani profili (poput stručnjaka za upravljanje otpadom ili upravitelja zaštite okoliša) čine pravnu usklađenost i dokumentaciju ključnim elementima učenja.
- **Španjolska i Hrvatska:** Strukovno osposobljavanje i sveučilišni programi sustavno integriraju nacionalno zakonodavstvo i europske direktive, poput Okvirne direktive o otpadu, u tehničke module.

Utjecaj: Diplomanti se obučavaju za dizajn sustava koji su u skladu s propisima u industrijskim uvjetima, što je ključna vještina u strogo reguliranim sektorima poput rudarstva i prerade kamena.

5.1.2. Praktičan pristup aktualnim tokovima otpada

Učinkoviti programi izbjegavaju tretiranje otpada kao apstraktnog pojma, fokusirajući se umjesto toga na specifične kategorije poput industrijskog otpada, građevinskog i rušenog otpada (CDW) te rudarskog otpada.

- **Njemačka i Španjolska:** Fokus na mineralni otpad, recikliranje agregata i upravljanje otpadom.
- **Rumunjska:** Magistarski studiji inženjerstva bave se složenim tokovima poput industrijskog mulja i opasnog otpada.
- **Hrvatska:** Povezuje građevinarstvo s planiranjem regionalnih centara za upravljanje otpadom.

Utjecaj: Stečene vještine (kao što su klasifikacija otpada, segregacija i logistika) izravno se prenose na težak i glomazni otpad tipičan za industriju arhitektonsko-građevnog kamena (sterilni materijali, rezovi, mulj).

5.1.3. Projekt-Učenje temeljeno na radu

Ponavljajuća snaga je kombinacija teorije i prakse.

- **Visoko obrazovanje:** U svim zemljama programi uključuju diplomske ili završne projekte razvijene u suradnji s tvrtkama ili javnim subjektima.
- **Strukovno osposobljavanje:** Dvostruki sustavi (kao u Njemačkoj) ili obuka na radnom mjestu (Španjolska, Hrvatska) omogućuju učenje u stvarnim okruženjima. U Rumunjskoj kolegiji akreditirani od strane ANC-a uključuju primijenjene zadatke poput planova upravljanja otpadom za tvrtke.

Utjecaj: Ovaj pristup nudi izravan put do RockChaina. Postojeći okviri lako se mogu prilagoditi kako bi uključili praktične slučajeve usmjerene na arhitektonsko-građevni kamen.

5.1.4. Međusektorska integracija kružnog gospodarstva i učinkovitosti korištenja resursa

Kurikulumi se mijenjaju s vizije usmjerene na odlaganje otpada u onu koja otpad smatra upotrebljivim resursom.

- **Inženjering:** Promovira se analiza protoka materijala i procjena životnog ciklusa (LCA).
- **Strukovna obuka:** Mnogi tečajevi uključuju sadržaj o učinkovitosti korištenja resursa i korištenju sekundarnih sirovina.

Utjecaj: Iako se arhitektonsko-građevni kamen rijetko izričito spominje, konceptualni alati za tretiranje otpada kao resursa već postoje. To otvara put uvođenju kružnih krugova usmjerenih na kamene nusproizvode (poput recikliranih agregata ili materijala za restauraciju).

5.1.5. Modularnost i orijentacija na cjeloživotno učenje

Zajednička strukturna značajka je raznolikost obrazovnih formata, što olakšava cjeloživotno obrazovanje.

- **Specifični certifikati:** Španjolska, Rumunjska i Hrvatska nude certifikate namijenjene stručnjacima i menadžerima za zaštitu okoliša.
- **Obavezno cjeloživotno obrazovanje:** U Njemačkoj se početna obuka nadopunjuje obaveznim osvježavajućim tečajevima za upravitelje otpadom u tvrtkama.

Utjecaj: Ova fleksibilnost podržava cjeloživotno učenje i omogućuje iskusnim tehničarima da unaprijede svoje vještine bez napuštanja tržišta rada. Ovo potvrđuje

RockChainov pristup: dizajniranje fleksibilnih jedinica za obuku koje se lako mogu integrirati i u strukovno obrazovanje i u visoko obrazovanje.

5.2. Praznine i lekcije za projekt usmjeren na ukrasni kamen i kružnu ekonomiju

Unatoč pozitivnim aspektima identificiranim u nacionalnim obrazovnim programima, analiza ističe tri ključna nedostatka koja izravno opravdavaju postojanje projekta RockChain:

5.2.1. Nedostatak sektorskog fokusa na aritektonsko-građevni kamen

Većina obrazovnih programa zauzima sektorski neutralan pristup, klasificirajući otpad u široke kategorije poput "*građevinskog i rušenog otpada*" ili "*industrijskog otpada*". Čak i u zemljama s jakom tradicijom prirodnog kamena, poput Španjolske ili Hrvatske, sadržaj rijetko obrađuje tehničke izazove specifične za taj sektor. Posebno, opći kolegiji obično ne uključuju:

- Specifične fizičke i okolišne karakteristike mulja nastalog pri rezanju kamena (kao što su filtracijski kolači).
- Upravljanje otpadom iz kamenoloma kao dugoročnom ekološkom i krajobraznom obvezom.
- Dizajn recikliranih ili hibridnih proizvoda od kamenog otpada, poput umjetnog kamena.

Iako postoje specijalizirane škole, okolišni aspekti obično se obrađuju implicitno, bez konsolidacije kao strukturirano područje obuke s indikatorima inovacija.

5.2.2. Fragmentacija između tehničkih, okolišnih i digitalnih vještina

Ponavljajuća slabost je nedostatak povezanosti između ključnih disciplina, što stvara efekt "silosa". Trenutno se tri osnovna skupa vještina podučavaju zasebno:

- Tehničko: Rezanje, prerada i rad u kamenolomu (stručna obuka).
- Okoliš: Hijerarhija otpada i rute oporavka (inženjering).
- Digitalno: Sljedivost i nadzor podataka (IT).

Programi vađenja kamenoloma rijetko su povezani s okolišnim inženjerstvom, a gotovo nijedan od mapiranih programa ne integrira digitalne alate za sljedivost, poput blockchaina, u nastavu upravljanja otpadom. To ograničava sposobnost diplomiranih studenata da dizajniraju integrirana rješenja, gdje se tehnička učinkovitost i ekološka transparentnost međusobno pojačavaju.

5.2.3. Nedovoljno korištenje projekata primijenjenih na sektor kamena

Iako je učenje temeljeno na projektima široko korištena metodologija, slučajevi usmjereni na arhitektonsko-građevni kamen su rijetki. Završni projekti uglavnom se odnose na komunalni otpad ili otpadne vode.

To predstavlja propuštenu priliku: sektor kamena nudi složene i višedimenzionalne probleme koji obuhvaćaju krajobraz, materijale i kružnost, idealne za interdisciplinarni studentski rad.

5.3. Sažetak preporuka za RockChain

Na temelju utvrđenih najboljih praksi i nedostataka, predlaže se sljedeći plan razvoja kurikuluma RockChain:

5.3.1. Korištenje postojećih snaga

Nema potrebe počinjati ispočetka. Pravni, tehnološki i kružni temelji gospodarstva koji već postoje u partnerskim zemljama trebali bi se ponovno koristiti i izričito povezati s tokovima otpada specifičnim za sektor arhitektonsko-građevnog kamena (mulj, iskopi, jalovina i otpad od rušenja na bazi kamena).

5.3.2. Pružiti vidljivost sektoru kroz projekte i scenarije učenja

Pretvoriti učenje temeljeno na projektima u specifične izazove za sektor, koristeći stvarne ili simulirane podatke iz kamenoloma i postrojenja za preradu kao osnovu za zadatke, studije slučaja ili ozbiljne igre.

5.3.3. Prevladati fragmentaciju između tehničkih, okolišnih i digitalnih vještina

Definiranje ishoda učenja koji istovremeno integriraju:

- Znanje o procesima (vađenje i prerada kamena).
- Upravljanje okolišem (hijerarhija otpada, rute oporavka).
- Digitalna sljedivost (snimanje podataka, osnovni blockchain koncepti).

5.3.4. Koristiti modularne formate kompatibilne s strukovnim osposobljavanjem, sveučilištem i cjeloživotnim obrazovanjem

Strukturiranje RockChain kao skup kratkih, kumulativnih modula koji se lako mogu integrirati u cikluse strukovnog osposobljavanja, sveučilišne programe i obrazovanje odraslih, dodajući vrijednost bez potrebe za reformom postojećih kurikuluma.

5.3.5. Pozicioniranje arhitektonsko-građevnog kamena kao europskog pilotskog okruženja

Iskorištavanjem komplementarnih snaga Njemačke, Španjolske, Rumunjske i Hrvatske kako bi se kameni sektor predstavio kao model inovacija u kojem se u okviru Erasmus+ konteksta mogu testirati načela cirkularnog gospodarstva, naprednih tehnologija upravljanja otpadom i digitalne sljedivosti.

6. ZAKLJUČCI

Usporedni pregled programa obuke za upravljanje otpadom u Njemačkoj, Španjolskoj, Rumunjskoj i Hrvatskoj otkriva promjenjiv obrazovni krajolik, ali onaj koji još uvijek ima značajne strukturne praznine u sektoru arhitektonsko-građevnog kamena.

S jedne strane, upravljanje otpadom je dobro uspostavljena disciplina: postoje dvostruki profesionalni profili iz recikliranja i okoliša, akreditirane specijalizacije te širok raspon preddiplomskih i diplomskih studija iz inženjerstva. S druge strane, ova ponuda ostaje uglavnom horizontalna: organizirana je oko općih kategorija poput urbanog ili građevinskog otpada, s malo specifičnih referenci na materijalne tokove i operativne stvarnosti arhitektonsko-građevnog kamena.

Jedan od najvažnijih nalaza je nesklad između tehničke ispravnosti sustava upravljanja otpadom i odsutnosti specifičnog sadržaja u planovima obuke. Partnerske zemlje dobro poznaju ključne pojmove poput hijerarhije otpada, regulatorne usklađenosti i kružnog gospodarstva. Međutim, te vještine rijetko dosežu profesionalne profile najbliže sektoru: operaterima kamenoloma, radnicima u prerađivačkim pogonima ili menadžerima u malim i srednjim srednjim poduzećima.

Problem nije nedostatak obuke, već njezina neusklađenost: postojeći programi su previše opći ili akademski da bi se bavili specifičnim izazovima poput upravljanja muljem, kamenolomskog otpada ili prerade ostataka.

S metodološkog stajališta, sve analizirane zemlje jasno pokazuju sklonost kombiniranju teorije i prakse. Sustavi dvostrukog strukovnog obrazovanja omogućuju učenje u stvarnim radnim kontekstima, a sveučilišni studiji zahtijevaju dovršetak primijenjenih projekata.

Ovaj pristup idealan je za sektor poput arhitektonsko-građevnog kamena, gdje je otpad vidljiv, obilan i složen. Aktivnosti poput planiranja tretmana mulja ili dizajniranja strategija za obnovu kamenoloma idealni su scenariji za obuku za rad temeljen na projektima i učenje temeljeno na igrama ili simulacijama.

U svim zemljama obuka stavlja snažan naglasak na zakonodavstvo i dokumentaciju. Stručnjaci uče tumačiti propise, voditi evidenciju i komunicirati s vlastima. Ova regulatorna osnova otvara stratešku priliku: isti principi koji podupiru regulatornu usklađenost mogu se proširiti i na korištenje digitalnih sustava sljedivosti.

Stoga se trenutna obuka usmjerena na "dokumentarnu usklađenost" može razviti prema digitalnoj transparentnosti, uključujući alate poput blockchaina za praćenje kamenog otpada i recikliranih materijala.

Stalna prepreka je što su mnogi napredni programi iz upravljanja otpadom namijenjeni fakultetskim ili inženjerskim profilima. Postoji malo strukturiranih ponuda za tehničke ili

srednje menadžerske profile, iako su oni ti koji svakodnevno donose odluke o upravljanju otpadom u kamenolomima ili pogonima.

Kako bismo aktivirali kružni potencijal sektora, ključno je prilagoditi programe obuke u pogledu jezika, trajanja i zahtjeva za pristupom kako bi bili zaista dostupni tim operativnim profilima.

Ova analiza sugerira da najbolja strategija za RockChain nije replicirati ono što već postoji, već nadopuniti i preusmjeriti postojeće programe. Izazov je prevesti snage svake zemlje u konkretne lekcije za sektor arhitektonsko-građevnog kamena:

- Podignji svijest o kamenom otpadu kao problemu.
- Izravno povezivanje principa kružnog gospodarstva s lancem vrijednosti "od kamenoloma do tržišta".
- Integracija digitalne sljedivosti na način koji je koristan i razumljiv za operatere.

Na taj način, RockChain može popuniti stvarnu prazninu u obuci u postojećim sustavima, istovremeno usklađujući se s trendovima i prioritetima javnih politika identificiranim u ovom komparativnom pregledu.

7. REFERENCE

- Afonso, P., Bessa, T., Bernardo, E., & Novais, R. (2023). A novel approach for the reuse of waste from the natural stone industry in composite materials. *Sustainability*, 16(1), 64. <https://doi.org/10.3390/su16010064>
- Careddu, N., & Siotto, G. (2019). Dimension stones in the circular economy world. *Resources Policy*, 63, 101412. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101412>
- Lozano-Lunar, A., Pérez-Tapia, G., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez, J. R., & Merino-Lechuga, A. M. (2025). Use of ornamental rock mining waste as secondary raw material for sustainable self-compacting mortar production. *Journal of Building Engineering*, 111, 113305. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.113305>
- Marras, G., Carcangiu, G., Meloni, P., & Careddu, N. (2022). Circular economy in marble industry: From stone scraps to sustainable water-based paints. *Construction and Building Materials*, 341, 127807. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127807>
- Moreira, A. M. M., Ribeiro, M. J., Ferreira, A., & Novais, R. (2022). Ornamental stone processing waste as a secondary raw material in sustainable building products: A review. *Sustainability*, 14(23), 16071. <https://doi.org/10.3390/su142316071>

- Peñaranda Barba, M. A., Alarcón Martínez, V., Gómez Lucas, I., & Navarro Pedreño, J. (2021). Mitigation of environmental impacts in ornamental rock and limestone aggregate quarries in arid and semi-arid areas. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(4), 565–586. <https://doi.org/10.22034/giesm.2021.04.06>
- Simão, L., Souza, M. T., Ribeiro, M. J., Montedo, O. R. K., Hotza, D., Novais, R. M., & Raupp-Pereira, F. (2021). Assessment of the recycling potential of stone processing plant wastes based on physicochemical features and market opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128678. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128678>
- Vagnon, F., Ghezzi, A., & Pellicelli, M. (2020). New developments for the sustainable exploitation of ornamental stones: A systematic review. *Sustainability*, 12(22), 9374. <https://doi.org/10.3390/su12229374>
- United Nations Environment Programme (UNEP), & International Solid Waste Association (ISWA). (2015). *Global waste management outlook*. UNEP. <https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook>

Njemačka – ponuda obuke, upravljanje otpadom i kontekst politike

- Berufliche Schule Butzbach. (2024). *Nachhaltige Umweltschutztechnik – Staatlich geprüfte:r Umweltschutztechnische:r Assistent:in* [Programme description]. Berufliche Schule Butzbach. <https://berufsschule-butzbach.de/hoehere-berufsfachschule/umweltschutztechnik/>
- Bundesagentur für Arbeit. (2024). *Recycling, Umwelt und Nachhaltigkeit (B.Eng.), Hochschule Magdeburg-Stendal* [Study profile]. Bundesagentur für Arbeit. <https://web.arbeitsagentur.de/studienwahl>
- Bundesinstitut für Berufsbildung. (2021). *Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft / Umwelttechnologe:in für Kreislauf- und Abfallwirtschaft* [Occupation profile]. BIBB. <https://www.bibb.de/en/berufeinfo.php/profile/abl01>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). (2020). *Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)* [Circular Economy Act, consolidated version]. BMUV. <https://www.bmu.de/gesetz/kreislaufwirtschaftsgesetz-krwg>
- Cedefop. (2021). *Vocational education and training in Europe – Germany* (Cedefop ReferNet VET in Europe reports). Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2801/936711>

- European Environment Agency. (2025a). *Municipal waste management – Germany country profile 2025*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/de-municipal-waste-factsheet.pdf>
- FEANI. (2024). *Environmental Process Engineering and Recycling – Technische Universität Clausthal* [Programme listing]. European Engineering Education Database. <https://www.feani.org/education-database/environmental-process-engineering-and-recycling>
- Hochschule Magdeburg-Stendal. (2025). *Recycling, Umwelt und Nachhaltigkeit (B.Eng.)* [Bachelor programme]. Hochschule Magdeburg-Stendal. <https://studieren.h2.de/studiengaenge/bachelor/recycling-umwelt-und-nachhaltigkeit>
- Hochschule Nordhausen. (2023). *Umwelt- und Recyclingtechnik (B.Eng.)* [Bachelor study programme]. Hochschule Nordhausen. <https://www.hs-nordhausen.de/studium/bachelor/umwelt-und-recyclingtechnik>
- Hochschule Nordhausen. (2025). *Environmental and Recycling Technology (M.Eng.)* [Master study programme]. Hochschule Nordhausen. <https://www.hs-nordhausen.de/studium/master/environmental-and-recycling-technology>
- Industrie- und Handelskammer Lahn-Dill. (2022). *Betriebsbeauftragte für Abfall – Fortbildungen* [Waste officer training courses]. IHK Lahn-Dill. <https://www.lahn-dill.ihk.de>
- Kreislaufwirtschaft Bau. (2024). *Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2022* [Monitoring report on mineral construction waste]. Initiative Kreislaufwirtschaft Bau. <https://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-14.pdf>
- Kultusministerkonferenz. (2013). *Rahmenlehrplan für den Bildungsgang Umweltschutztechnische Assistentin / Umweltschutztechnischer Assistent* [Framework curriculum]. KMK. <https://www.kmk.org/dokumentation/rechtsvorschriften/berufliche-schulen.html>
- Technische Universität Clausthal. (2024). *Environmental Process Engineering and Recycling (M.Sc.)* [Master programme]. Technische Universität Clausthal. <https://www.tu-clausthal.de/studieninteressierte/studienangebot/master/environmental-process-engineering-and-recycling>
- Technische Universität Dresden. (2025). *Abfallwirtschaft und Altlasten (M.Sc.)* [Master in Waste Management and Contaminated Site Treatment]. Technische Universität Dresden. [Članovi konzorcija: Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V. \(DNV\), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales \(CTM\), Universitatea Transilvania din Brasov \(UNITbv\), Klesarska skola \(KSK\).](https://tu-</div><div data-bbox=)

dresden.de/bu/umwelt/uw/ressourcen/studium/studiengaenge/abfallwirtschaft-und-altlasten-msc

- TÜV SÜD Akademie. (2023). *Betriebsbeauftragter für Abfall – Grundlehrgang* [Basic course for company waste officers]. TÜV SÜD Akademie. <https://www.tuvsud.com/de-de/store/akademie/seminare-umwelt/abfall/betriebsbeauftragter-abfall-grundlehrgang>
- Umweltbundesamt. (2025). *Bauabfälle – Statistisch erfasste Mengen mineralischer Bauabfälle 2022* [Official statistics on mineral construction waste]. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de>
- Wegmann, V. (2023). *Waste management in Europe* [Report]. European Public Service Union. https://www.epsu.org/sites/default/files/article/files/Waste%20Management%20in%20Europe_EN.pdf

Hrvatska – ponuda obuke, upravljanje otpadom i kontekst politike

- Government of the Republic of Croatia, Ministry of Economy and Sustainable Development. (2023). *Waste management plan of the Republic of Croatia for the period 2023–2028*. <https://mingor.gov.hr/UserDocImages//UPRAVA%20ZA%20GOSPODARENJE%20OTPADOM//Plan%20gospodarenja%20otpadom%20Republike%20Hrvatske%20za%20razdoblje%202023.-2028..pdf>
- Republic of Croatia. (2021). *Zakon o gospodarenju otpadom* [Act on Waste Management, Official Gazette 84/2021, 143/2023]. Narodne novine. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1550.html
- European Environment Agency (EEA). (2024). *Croatia – Waste prevention country fact sheet 2024*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/country-profiles-on-waste-prevention-2025/hr-waste-prevention-factsheet-final.pdf>
- European Environment Agency (EEA). (2025). *Croatia – Municipal waste management country profile 2025*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/hr-municipal-waste-factsheet.pdf>
- Ministry of Economy and Sustainable Development. (2020). *State of the environment report of the Republic of Croatia 2020* [Chapter on waste and circular economy]. <https://mingor.gov.hr/UserDocImages//UPRAVA%20ZA%20ZA%20C5%A0TITU%20>

[OOKOLI%C5%A0A/Izvj%C5%A1%C4%87e%20o%20stanju%20okoli%C5%A1a//Izvjescje o stanju okolisa za 2020.pdf](#)

- Ministry of Environment and Energy, & World Bank. (2019). *Inputs to the National Waste Management Plan and implementation of EU waste directives* [Technical background document]. World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/418811580369661687/croatia-inputs-to-the-national-waste-management-plan-and-implementation-of-eu-waste-directives>
- AWaRe / AWASTER Project Consortium. (2022). *AWASTER – Resources from waste: Circular solutions for construction and demolition waste in Italy–Croatia* [Interreg Italy–Croatia project]. <https://www.italy-croatia.eu/web/awaster>
- Klesarska škola Pučišća. (2024). *Kurikulum Klesarske škole Pučišća 2024/2025* [School curriculum]. <https://www.klesarskaskola.hr/kurikulum>
- Klesarska škola Pučišća. (2024). *Uporaba novih tehnologija u gospodarenju otpadom iz kamene industrije* [Curriculum note on blockchain, IoT and Big Data in stone-industry waste management]. <https://www.klesarskaskola.hr>

Španjolska – ponuda obuke, upravljanje otpadom i kontekst politike

- España. (2008). *Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición*. *Boletín Oficial del Estado*, 38, 7724–7736. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/02/01/105/con>
- España. (2022). *Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular*. *Boletín Oficial del Estado*, 85, 1–132. <https://www.boe.es/eli/es/ley/2022/04/08/7/con>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2020). *España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular*. https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-espanola-economia-circular/espanacircular2030_tcm30-506003.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2015). *Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016–2022*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/pemar2016-2022_tcm30-703894.pdf
- European Environment Agency (EEA). (2025). *Spain – Municipal waste management country profile 2025*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and->

[recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/es-municipal-waste-factsheet.pdf](#)

- Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE). (2009). *Certificado de profesionalidad SEAG0108 Gestión de residuos urbanos e industriales* [Real Decreto 1377/2009, de 28 de agosto]. *Boletín Oficial del Estado*, 228, 78491–78530. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2009/08/28/1377/con>
- Ministerio de Educación. (2011). *Real Decreto 384/2011, de 18 de marzo, por el que se establece el título de Técnico Superior en Educación y Control Ambiental y se fijan sus enseñanzas mínimas*. *Boletín Oficial del Estado*, 89, 35272–35323. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/03/18/384/con>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional, & MITECO. (2021). *Técnico Superior en Educación y Control Ambiental – Ficha del título y perfil profesional* [Formación profesional de grado superior]. <https://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano/catalogo/general/99/998615/ficha.html>
- Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE). (2020). *Familia profesional Seguridad y Medio Ambiente – Especialidades formativas y certificados relacionados con gestión de residuos (SEAG0211, SEAG0212, SEAG024PO, SEAG027PO, etc.)*. <https://www.sepe.es/HomeSepe/Personas/formacion/certificados-profesionalidad/que-es/certificados-seguridad-y-medio-ambiente.html>
- Comunidad Autónoma de Galicia. (2019). *Programas SEAG024PO, SEAG026PO, SEAG027PO, SEAG028PO – Gestión de residuos urbanos, industriales y peligrosos* [Catálogo de especialidades formativas TR302A]. <https://ficheiros-web.xunta.gal/transparencia/2019/11/21/14/19/10/tr302a.pdf>

Rumunjska – ponuda obuke, upravljanje otpadom i kontekst politike

- ANC. (n.d.). *CURS – Specialist in managementul deșeurilor – COR 213310* [Accredited specialization]. Autoritatea Națională pentru Calificări (ANC). <https://cursanc.ro>
- Avangarde Academy. (n.d.). *Curs online – Specialist management deșeuri* [Online specialization course]. Avangarde Academy. <https://avangardeacademy.ro>
- Babeș-Bolyai University. (n.d.-a). *Ingineria valorificării deșeurilor (IVD)* [Waste Recovery Engineering master's programme]. Facultatea de Știința și Ingineria Mediului. <https://enviro.ubbcluj.ro>
- Babeș-Bolyai University. (n.d.-b). *Dezvoltarea sustenabilă și managementul mediului / Sustainable Development and Environmental Management* [Master's

programme]. Facultatea de Știința și Ingineria Mediului.
<https://enviro.ubbcluj.ro>

- Bălănică Dragomir, C. M., & Coadă, M. T. (2025). Evaluating the sustainability of municipal waste management in Romania. *The Annals of "Dunărea de Jos" University of Galați. Fascicle IX, Metallurgy and Materials Science*, 48(1), 43–46.
<https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/mms/article/view/6980>
- Camera de Comerț, Industrie și Agricultură Timiș. (n.d.). *Program formare profesională autorizat – Responsabil de mediu (COR 325710)* [Environmental officer training]. CCIAT. <https://www.cciat.ro>
- ECOSIMPLU SRL. (n.d.). *Responsabil de mediu – COR 325710; Specialist în managementul deșeurilor – COR 213310* [Training courses]. ECOSIMPLU SRL.
<https://ecosimplu.ro>
- EEA. (2013). *Municipal waste management in Romania* [Country fact sheet]. European Environment Agency.
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/managing-municipal-solid-waste/romania-municipal-waste-management>
- EEA. (2025a). *Romania – municipal waste factsheet 2025*. European Environment Agency.
<https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/ro-municipal-waste-factsheet.pdf>
- EEA. (2025b). *Romania – waste prevention factsheet 2025*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/country-profiles-on-waste-prevention-2025/ro-waste-prevention-factsheet-final.pdf>
- EuroAcademia. (n.d.). *Curs responsabil de mediu (cod COR 325710)* [Environmental officer course]. Fundația EuroAcademia.
<https://euroacademia.ro>
- Gheorghe Asachi Technical University of Iași. (n.d.). *Master Managementul, tratarea și valorificarea deșeurilor* [Master's in Waste Management, Treatment and Valorisation]. Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului "Cristofor Simionescu". <https://www.ch.tuiasi.ro>
- Glia Center. (n.d.). *Curs responsabil cu gestiunea deșeurilor* [Waste management officer course]. Glia Center. <https://gliacenter.ro>
- Meda Consulting. (n.d.-a). *Curs specialist în managementul deșeurilor (cod COR 213310)* [Waste management specialist course]. Meda Consulting.
<https://medaconsulting.ro>

- Meda Consulting. (n.d.-b). *Curs responsabil de mediu (cod COR 325710)* [Environmental officer course]. Meda Consulting. <https://medaconsulting.ro>
- Năstase, C., Chasovschi, C., & State, M. (2019). Municipal waste management in Romania in the context of the EU: A stakeholders' perspective. *Technological and Economic Development of Economy*, 25(5), 850–876. <https://doi.org/10.3846/tede.2019.10295>
- UpTraining. (n.d.). *Curs specialist în managementul deșeurilor (COR 213310)* [Waste management specialist course]. UpTraining. <https://uptraining.ro>

Izvori slika

- **Slika 1**

Rockpanel. *How recyclable Rockpanel products contribute to a circular economy*. <https://www.rockpanel.com/uk/product-benefits/sustainability/how-recyclable-rockpanel-products-contribute-to-a-circular-economy/>

- **Slika 2**

Triple bottom line diagram (interconnection of the elements of the Triple Bottom Line concept). https://www.researchgate.net/figure/The-interconnection-of-the-elements-of-the-Triple-Bottom-Line-concept_fig1_329185478