

# Primjena "urban mining" koncepta u hrvatskom graditeljstvu

---

**Matović, Dora**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:625289>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-03**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET



DIPLOMSKI RAD

**Primjena „urban mining“ koncepta u hrvatskom  
graditeljstvu**

DORA MATOVIĆ

Zagreb, 2023.



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Diplomski sveučilišni studij**

**Zavod za organizaciju, tehnologiju i menadžment**

**Dora Matović**

**Primjena „urban mining“ koncepta u hrvatskom graditeljstvu**

**Diplomski rad**

**Zagreb, rujan 2023.**

## SADRŽAJ

1	Uvod.....	1
2	Koncept urbanog rudarenja.....	2
3	Urbano rudarenje u građevinskoj industriji .....	4
3.1	Gospodarenje građevinskim otpadom i otpadom od rušenja .....	4
3.2	Kružna ekonomija .....	5
3.3	Analiza životnog ciklusa .....	7
4	Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj .....	9
4.1	Zakonodavni okvir .....	9
4.2	Gospodarenje građevinskim otpadom.....	14
5	Primjena koncepta urbanog rudarenja .....	16
5.1	Primjena u svijetu.....	16
5.1.1	Amsterdam, Nizozemska .....	16
5.1.2	Toronto, Kanada .....	16
5.1.3	Torino, Italija .....	17
5.1.4	Singapur .....	19
5.2	Mogućnosti primjene u Republici Hrvatskoj .....	20
6	Primjer iz prakse .....	22
6.1	Opis projekta .....	22
6.2	Tehnički opis .....	22
6.3	Postupci rušenja, ponovne uporabe i recikliranja građevnog otpada.....	22
6.4	Primjena koncepta urbanog rudarenja.....	27
6.4.1	Drvo .....	28
6.4.2	Metali .....	29
6.4.3	Opeka .....	30
6.4.4	Analiza količina otpada.....	30
7	Zaključak.....	34

Literatura.....	35
-----------------	----



## TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta: **Dora Matović**

JMBAG: **0246062049**

Diplomski rad iz predmeta: **Tehnologija građenja 2**

Naslov teme  
diplomskog rada:

HR	<b>Primjena "urban mining" koncepta u hrvatskom graditeljstvu</b>
ENG	<b>Urban mining concept in Croatian construction industry</b>

Opis teme diplomskog rada:

U ovom diplomskom radu istražuje se "urban mining" koncepta i mogućnosti njegove primjene u hrvatskoj građevinskoj industriji. Prilikom straživanja fokus će biti potencijali primjene istoga pri čemu će se jedna od odabranih potencijalnih primjena obraditi do razine potencijalne primjene u praksi.

Datum: **06.04.2023.**

Komentor: **izv. prof. dr. sc. Lana Lovrenčić Butković**

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **doc. dr. sc. Zvonko Sigmund**

(Ime i prezime mentora)

  
(Potpis mentora)

## SAŽETAK

Građevinska industrija jedan je od najvećih zagađivača s obzirom na količine otpada. Koncept urbanog rudarenja podrazumijeva smanjenje nastanka, ponovnu uporabu i recikliranje otpada nastalog antropogenim utjecajem. Osim pravilnog gospodarenja građevinskim otpadom i otpadom od rušenja potrebno je i prevenirati nastajanje otpada. To je moguće postići prelaskom na kružnu ekonomiju i analizom životnog ciklusa građevine. Kružna ekonomija temelji se na zatvorenom ciklusu putovanja materijala od primarne sirovine koja se reciklira ili ponovno upotrebljava do sekundarne sirovine koja se u 2. ciklusu koristi za proizvodnju novih proizvoda. Analiza životnog ciklusa proučava ekološki i ekonomski aspekt životnog vijeka građevine te joj je cilj pronaći optimum između dva parametra. Građevinski otpad i otpad od rušenja definira se kao otpad nastao građenjem, održavanjem, rekonstrukcijom ili uklanjanjem građevine. Na primjeru iz prakse analizirane su količine otpada za drvo, metal i opeku. Analizom količina otpada od rušenja pokazuje se da je reciklirano 85-100 % drveta, 71,43-93,16 % metala i 60,41 % opeke. Postotci ukazuju na to da je ispunjen cilj Europske unije da se reciklira minimalno 70 % građevinskog otpada.

**Ključne riječi:** urbano rudarenje, kružna ekonomija, analiza životnog ciklusa, recikliranje, ponovna uporaba, građevinski i otpad od rušenja

## SUMMARY:

The construction industry is one of the biggest polluters in terms of waste volumes. The concept of urban mining implies the reduction, reuse and recycling of waste generated by anthropogenic influence. In addition to the proper management of construction and demolition waste, it is also necessary to prevent the generation of waste. This can be achieved by applying circular economy principles and analyzing the life cycle of a building. The circular economy is based on a closed-loop cycle from the primary raw material that is recycled or reused to the secondary resource that is used in the 2nd cycle to produce new products. Life cycle analysis takes into consideration the ecological and economic aspects of a building's lifetime and aims to find the optimum between the two parameters. Construction and demolition waste is defined as waste generated by the construction, maintenance, reconstruction or demolition of a building. The case study presents analysis of waste volumes for wood, metals and brick. The analysis of the volumes of demolition waste shows that 85-100 % of wood, 71.43-93.16 % of metal and

60.41 % of brick were recycled. The percentages indicate that the European Union's goal of recycling a minimum of 70 % of construction waste has been achieved.

**Key words:** urban mining, circular economy, life cycle analysis, recycling, reuse, construction and demolition waste



# 1 Uvod

Građevinska industrija u Republici Hrvatskoj proizvodi oko 24 % ukupne količine otpada. Povećani fokus na održivosti, primjeni kružne ekonomije i smanjenju utjecaja na okoliš imaju sve veći utjecaj na sve industrije pa tako i na građevinsku industriju. Koncept urbanog rudarenja ima za cilj smanjiti uporabu primarnih resursa te očuvanje okoliša. Budući da je građevinarstvo jedan od najvećih zagađivača, pridaje se sve više pažnje primjeni koncepta urbanog rudarenja u građevinskoj industriji.

U drugom poglavlju definiran je koncept urbanog rudarenja i njegov razvitak. U trećem poglavlju opisana je primjena koncepta urbanog rudarenja u građevinarstvu kroz tri načina pristupa. Urbano rudarenje u graditeljstvu moguće je primijeniti pravilnim gospodarenjem otpada, primjenom načela kružne ekonomije i analizom životnog ciklusa građevina. U četvrtom poglavlju prikazan je pregled trenutne zakonske regulative vezane za gospodarenje otpadom te statistički podaci o količinama građevinskog otpada prema vrsti i načinu obrade. Peto poglavlje opisuje istraživanja provedena u Amsterdamu, Torinu, Torontu i Singapuru koja su se fokusirala na isplativost primjene i mogućnosti primjene u praksi te mogućnosti primjene istih praksi u Republici Hrvatskoj. Posljednje poglavlje prikazuje primjer iz prakse s mogućnostima primjene koncepta urbanog rudarenja u hrvatskom graditeljstvu. Na primjeru obnove i prenamjene zgrada u kampus Hrvatskog katoličkog Sveučilišta prikazana je trenutna praksa u građevinarstvu te mogućnosti primjene koncepta urbanog rudarenja uz prednosti i izazove.

Cilj ovog diplomskog rada je prikazati mogućnosti primjene koncepta urbanog rudarenja u građevinarstvu u Republici Hrvatskoj u kontekstu važeće zakonske regulative.

## 2 Koncept urbanog rudarenja

Istraživanjima koja su provedena kroz godine razvile su se različite definicije vezane za gospodarenje otpadom s ciljem prelaska na kružnu ekonomiju te smanjenja korištenja prirodnih izvora materijala i resursa (Cossu i Williams, 2015). U nastavku slijede definicije ključnih pojmova vezanih za gospodarenje otpadom i pronalaska sekundarnih izvora resursa.

Rudarenje odlagališta otpada (eng. Landfill mining) predstavlja aktivnosti koje podrazumijevaju izvlačenje i obradu otpada koji su prethodno odloženi na deponije otpada (deponije komunalnog otpada, rudničke jalovine itd.). Urbano rudarenje (eng. Urban mining) proširuje rudarenje odlagališta otpada na vraćanje spojeva i elemenata iz bilo kojeg izvora antropogenog djelovanja uključujući građevine, infrastrukturu, industriju, proizvode (u upotrebi i izvan nje), okoliš koji je ljudsko djelovanje izmijenilo i dr. Zalihe materijala mogu biti značajan izvor resursa sa koncentracijom elemenata često usporedivom sa ili premašujući prirodne izvore. Što se tiče prirodnih izvora ključno je izvlačenje i obrada antropogenih izvora te akumuliranje ekonomskih beneficija. Iz tih razloga urbano rudarstvo u početku se najviše fokusiralo na električni i elektronski otpad (EE otpad) koji sadrži relativno visoke udjele visoko vrijednih i rijetkih zemljanih elemenata. Oporavak resursa podrazumijeva energiju koja može nastati obradom i gospodarenjem otpadom. Recikliranje materijala ima za cilj preraditi određene vrste otpada u materijale koji se mogu koristiti za proizvodnju novih proizvoda. Otpad od pakiranja (plastika, papir, limenke, staklo), biootpad, pepeo s rešetke ložišta, kanalizacijski otpad, iskorišteno ulje, automobilske gume, EE otpad i vozila na kraju uporabnog vijeka i dr. su otpad koji najčešće pripada u skupinu recikliranja materijala. Nakon obrade materijali se ponovno vraćaju u proizvodni proces (Cossu i Williams, 2015). Na slici 1 prikazano je područje opsega svakog od temeljnih pojmova.



*Slika 1 Grafički prikaz temeljnih definicija koje se odnose na oporavak, recikliranje i izvlačenje resursa iz otpada (Cossu i Williamns, 2015)*

### **3 Urbano rudarenje u građevinskoj industriji**

Koncept urbanog rudarenja u građevinskoj industriji definira se na više načina. Neki izvori stavljaju fokus na pravilno gospodarenje građevinskim otpadom i otpadom od rušenja, drugi smatraju da korištenje materijala koji prate načela kružne ekonomije doprinosi smanjenju utjecaja na okoliš, dok ga neki vide kao koncept koji se primjenjuje kroz cijeli životni ciklus građevine s početkom u fazi projektiranja (Ossio i dr., 2023).

#### **3.1 Gospodarenje građevinskim otpadom i otpadom od rušenja**

Gospodarenje građevinskim otpadom najčešće podrazumijeva primjenu 3R (eng. Reduce, reuse i recycle) prakse što uključuje smanjenje korištenja resursa, ponovnu uporabu i recikliranje otpada. Ključno je smanjiti količinu proizvedenog otpada. Ukoliko se otpad proizvede, nužno je odrediti načine ponovne uporabe materijala te ukoliko to nije moguće, važno je izabrati prikladan način recikliranja. Na kraju, posljednja opcija je trajno zbrinjavanje na odlagalištu otpada (Kabirifar, 2020). Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj opisano je u poglavlju 4.2.

Smanjenje iskorištavanja resursa je optimalna mjera gospodarenja otpadom zbog najmanje štetnog utjecaja na okoliš i zbog toga je ocjenjena kako najveći prioritet u razvijanju plana gospodarenja građevinskim otpadom i otpadom od rušenja. Ova praksa najbolja je za okoliš i najekonomičnije je rješenje smanjenjem količina otpada u građevinskim aktivnostima izborom standardiziranih dimenzija i količina materijala te smanjenjem ponavljanja istih aktivnosti uslijed pogrešaka pri izvođenju i lošeg rukovođenja radnika. Najveće prepreke u primjeni očituju se u lošoj komunikaciji među sudionicima te njihovim shvaćanjem 3R principa (Kabirifar, 2020).

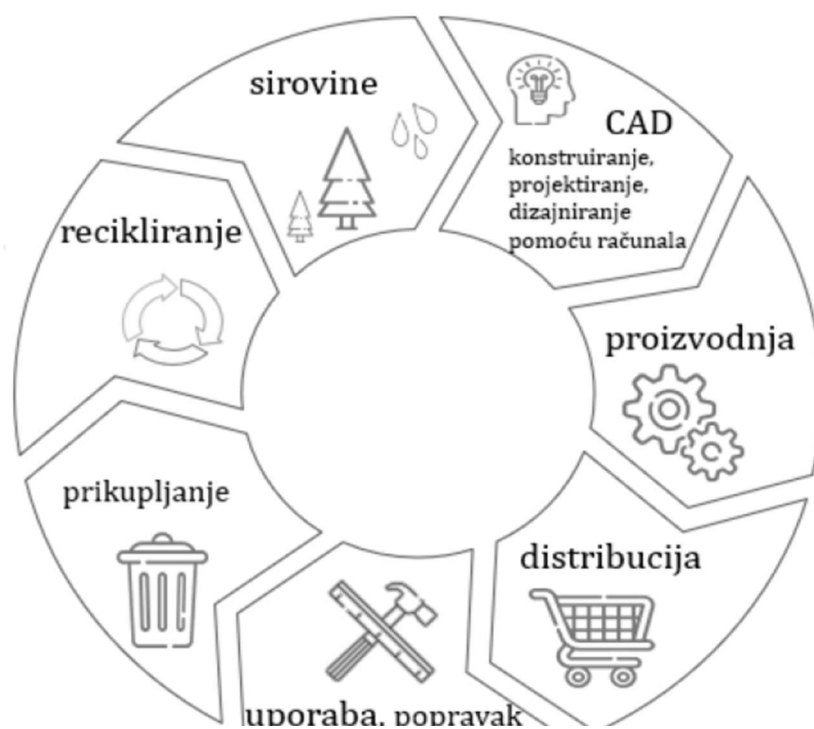
Ponovna uporaba građevinskog otpada je ponovno korištenje materijala za istu svrhu za koju su korišteni i ranije ili u drugačije svrhe. Ova praksa najefektivnija je strategija za smanjenje iskorištavanja prirodnih resursa, zaštite okoliša i smanjenja troškova, Također, najviše doprinosi smanjenju emisije stakleničkih plinova, pomaže u očuvanju okoliša za buduće generacije i omogućava iskorištavanje potpunog kapaciteta proizvoda. Međutim, u starim

građevinama korišteni su materijali koji se smatraju opasnim otpadom pa njihova ponovna uporaba nije dozvoljena (Kabirifar, 2020).

Postupak obrade građevinskog otpada u svrhu proizvodnje novih materijala naziva se recikliranje. Recikliranje je moguće na gradilištu ili u pogonima za obradu građevinskog otpada ovisno o uvjetima na gradilištu. Recikliranje građevinskog otpada ima pozitivan utjecaj na smanjenje emisije stakleničkih plinova i ostalih zagađivača okoliša skraćivanjem udaljenosti prijevoza materijala i potrebe za korištenjem novih sirovina. Osim ekoloških prednosti, stvaraju se nove poslovne prilike i ekonomske aktivnosti u drugim povezanim industrijama (Kabirifar, 2020).

### 3.2 Kružna ekonomija

Kružna ekonomija je socijalna, okolišna i ekonomska paradigma čija je svrha spriječiti iscrpljivanje resursa i potaknuti obnavljanje prirodnih resursa kroz kružni proces putovanja materijala te smanjiti gubitak energije u procesu. Ovaj model ne odbacuje ekonomski razvitak već ograničava iskorištavanje prirodnih neobnovljivih resursa u svrhu ostvarivanja profita kao što je to slučaj kod linearne ekonomije (Prieto-Sandoval i dr., 2016). Na slici 2 prikazan je



Slika 2 Prikaz principa kružne ekonomije (Lovrenčić Butković i Mihaljević, 2021)

ciklus toka materijala po principu kružne ekonomije. Linearna ekonomija zasniva se na konceptu *uzmi-napravi-odbaci* što ima negativan utjecaj na okoliš, društvo i gospodarstvo u svim industrijama (Lovrenčić Butković i Mihaljević, 2021). Prikaz koncepta linearne ekonomije prikazan je na slici 3.



Slika 3 Prikaz koncepta linearne ekonomije (Lovrenčić Butković i Mihaljević, 2021)

Primjena kružne ekonomije kod građevina podrazumijeva proces u kojem se građevinski materijali koriste za gradnju, uporabu, rušenje, ponovnu uporabu, recikliranje i povratak na početak procesa kao građevinskih materijala za gradnju (Gethsemane Akhimien i dr., 2021).

Dva su glavna principa za ostvarivanje kružne ekonomije. *3R* princip podrazumijeva smanjenje iskorištavanja resursa, ponovnu uporabu i recikliranje te je primjenjiv u cijelom lancu proizvodnje (Pieto-Sandoval i dr., 2016). Iako je *3R* princip najčešće korišten, moguće je i proširenje na *4R* (eng. Reduce, reuse, recycle, recovery). Uz smanjenje iskorištavanja resursa, ponovnu uporabu i recikliranje *4R* podrazumijeva i oporavak resursa. (Alizadeh i dr., 2023). Oporavak resursa podrazumijeva dobivanje resursa iz otpada, odnosno iskorištavanje sekundarnih sirovih materijala poput otpada metala i iskorištavanje istog kao primarnog resursa (Yazgan I dr., 2023).

„C2C“ (eng. Cradle to cradle) smatra otpad neiscrpivim izvorom resursa. Da bi *C2C* princip bio primjenjiv potrebno je sve materijale održavati čistim i razdvojenim s obzirom na vrstu otpada kako bi se mogli ponovno koristiti u idućem proizvodnom ciklusu (Europski regionalni razvojni fond, n.d.). *C2C* princip primjenjuje se slijedeći načela i smjernice pri koncipiranju proizvoda i usluga na način da će se na kraju svog životnog vijeka oni ponovno moći koristiti kao biološki i tehnološki resursi (Pieto-Sandoval i dr., 2016).

### 3.3 Analiza životnog ciklusa

Životni ciklus građevine sastoji se od nekoliko faza. Prema Obradović i Marenjak (2017) životni ciklus građevina sastoji se od šest faza: definiranja potreba, planiranja i projektiranja, izgradnje, uporabe te rušenja i recikliranja građevine. Analiza životnog ciklusa metodološki je okvir za predviđanje i procjenu utjecaja na okoliš proizvoda za vrijeme cijelog životnog ciklusa. Prva faza analize životnog ciklusa, koja podrazumijeva definiranje ciljeva i opsega, određuje svrhu studije, ograničenja sustava i odabir održivih funkcionalnih jedinica. Druga faza podrazumijeva prikupljanje podataka vezanih za sve relevantne ulazne i izlazne parametre životnog ciklusa. Treća faza, procjena utjecaja životnog ciklusa, koristi podatke prikupljene u prethodnoj fazi i naknadno predviđa potencijalne utjecaje na okoliš i procjenjuje korištene resurse u studiji. Posljednja faza podrazumijeva tumačenje rezultata, identificira značajne probleme, objašnjava ograničenja i pruža preporuke. Analiza životnog ciklusa građevina kompleksna je zbog njihove veličine, korištenja različitih materijala i njihova „proizvodnja“ nije jednoznačno određena s obzirom na jedinstvenost njihovih značajki (Rashid i Yussof, 2015).

Na kraj životnog ciklusa moguće je utjecati već u fazi planiranja primjenom principa projektiranja za demontažu. Projektiranje za demontažu podrazumijeva projektiranje novih građevina predviđajući i način njihove demontaže kada za to dođe vrijeme te na koji način će se komponente (grede, ploče, stupovi, zidovi) moći ponovno koristiti. Ovaj pristup uglavnom se odnosi na montažnu gradnju (Arora i dr., 2021). Projektiranje za demontažu predstavlja koncept planiranja i projektiranja građevina kako bi se proces demontaže građevine na kraju njenog životnog ciklusa olakšao. Demontaža podrazumijeva način uklanjanja građevine vodeći računa da se njeni dijelovi ili oprema koji su još funkcionalni očuva koliko je to moguće. Primjenom ovog koncepta smanjuje se potreba za korištenjem novih resursa, već postojeći se ponovno upotrebljavaju ili recikliraju što rezultira smanjenjem energije i doprinosi kružnoj ekonomiji. Za uspješnu primjenu potrebna je sva dokumentacija vezana za ugrađene materijale i opremu, projektiranje spojeva elemenata konstrukcije na način da su pri demontaži lako dostupni, svi materijali koji se ne mogu reciklirati ili ponovno upotrijebiti poput strojarских i električnih instalacija te sustav vodoopskrbe i odvodnje trebaju biti odvojeni, zatim korištenje standardnih dimenzija i forme konstruktivnih elemenata te projektiranje koje odražava pozitivnu praksu, produktivnost i sigurnost (Cruz Rios i dr., 2015). Primjena ovog koncepta

ima svoje prednosti, ali i izazove. Najveća prednost je dakako smanjenje korištenja novih resursa i doprinos kružnoj ekonomiji. Iako su neka istraživanja pokazivala potrebu za zapošljavanjem visokokvalificiranih radnika što bi rezultiralo većim troškovima u konačnici, novija istraživanja pokazuju da i nekvalificirani radnici mogu biti jednako efikasni pri ovom načinu uklanjanja građevina (Arora i dr., 2021; Cruz Rios i dr., 2015). Izazovi poput nedostatka zakonske regulative za ponovno uporabljene dijelove građevine, nedostatak tržišta i manjak povjerenja krajnjih korisnika pri korištenju takvih komponenti predstavljaju najveće izazove pri primjeni ove prakse. Također, udaljenost reciklažnih pogona može znatno utjecati na ekonomičnost primjene (Cruz Rios i dr., 2015).

U fazi uporabe građevine jedan od ključnih procesa je održavanje građevine. Održavanje građevina podrazumijeva skup aktivnosti kako bi se održao ili unaprijedio svaki dio građevine sa ciljem očuvanja vrijednosti i namjene imovine.

Posljednjoj fazi životnog ciklusa, rušenju i recikliranju, moguće je pristupiti na više načina u primijeni koncepta urbanog rudarenja. Tri su pristupa primjenjiva: demontaža, uklanjanje i rušenje. Demontaža je pažljivo planiranje i kontroliran proces demontaže građevine uz razdvajanje dijelova građevine i materijala za ponovnu uporabu. Uklanjanje građevine podrazumijeva proces rastavljanja i sažimanja građevine sa potencijalom za recikliranje i odlaganje otpada na odlagalištu otpada. Rušenje je proces uništavanja građevine sa minimalnim ili bez potencijala za ponovno korištenje resursa (pr. korištenje eksploziva) (Arora i dr., 2021).



## **4 Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj**

### **4.1 Zakonodavni okvir**

Budući da je Republika Hrvatska članica Europske unije (EU) podliježe svim zakonima i direktivama koje je propisao Europski Parlament i Vijeće pa tako i Direktivi o otpadu i stavljanju izvan snage određenih direktiva (2008/98/EZ). U svrhu provođenja politike sprječavanja nastanka i gospodarenja otpadom definirana je hijerarhija otpada što podrazumijeva sprječavanje nastanka otpada, pripremu za ponovnu uporabu, recikliranje, druge postupke uporabe (pr. energetska uporaba) i zbrinjavanje. Članice EU mogu odstupati od primjene hijerarhije poduzimanjem mjera koje imaju najbolji ukupni učinak za okoliš (Europski Parlament i Vijeće, 2008).

Gospodarenje građevnim otpadom u Republici Hrvatskoj regulirano je Pravilnikom o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16) i Zakonom o gospodarenju otpadom (NN 84/21).

Prema Pravilniku o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16) građevnim otpadom smatra se „sav materijal nastao građenjem, održavanjem, rekonstrukcijom ili uklanjanjem građevine, osim materijala koji se koristi za građevinske svrhe na tom gradilištu, kad se izdvoji od građevine odnosno kad prestane biti građevina koju se gradi, održava, rekonstruira tj. uklanja“ (NN 69/16). Vlasnikom građevnog otpada smatra se vlasnik ili korisnik građevine koja se nalazi na tom gradilištu i čijom je aktivnošću nastao otpad, investitor ukoliko je na njega ugovorom preneseno vlasništvo ili izvođač radova koji izvodi radove na gradilištu. Obveza je vlasnika da nastali građevni otpad preda ovlaštenoj osobi kako bi bio pravilno zbrinut ili odložen. Posjednik otpada obvezan je nastali otpad na gradilištu izdvojiti od ostalog otpada te ga skladištiti ovisno o vrstama otpada do predaje ovlaštenoj osobi na daljnje zbrinjavanje ili obradu.

Građevinski otpad dijeli se na opasni i neopasni otpad. Opasnim otpadom smatra se azbestni otpad, otpad koji sadrži PBC, otpad koji sadrži električne i elektroničke uređaje i opremu, elementi koji sadrže katran te ostali opasni otpad. Neopasni otpad je onaj koji čini minimalno

80% mase svog otpada nastalog na nekom gradilištu (NN 69/16). Prema Katalogu otpada građevinski otpad i otpad od rušenja objekata pripada u kategoriju 17 (NN 90/15). Svaka od kategorija podijeljena je na još nekoliko podgrupa. Podgrupa 17 01 dijeli se na još osam podgrupa: 17 01 beton, cigle, crijep/pločice i keramika, 17 02 drvo, staklo i plastika, 17 03 mješavine bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran, 17 04 metali (uključujući njihove legure), 17 05 zemlja (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija), kamenje i otpad od jaružanja, 17 06 izolacijski materijali i građevinski materijali koji sadrže azbest, 17 08 građevinski materijali na bazi gipsa, 17 09 ostali građevinski otpad i otpad od rušenja objekata. Detaljnija klasifikacija građevinskog otpada prikazana je na slici 3.

Prema Zakonu o gospodarenju otpadom (NN 69/16) proizvođač i posjednik otpada dužan je osigurati obradu otpada postupkom pripreme za ponovnu uporabu ili recikliranjem ukoliko je moguće, u suprotnom dužan je osigurati zbrinjavanje otpada na siguran način. Također, obveza je proizvođača i posjednika otpada da obradi vlastiti otpad ili obradu povjeri osobi kojoj je sukladno Zakonu dozvoljena obrada ili da otpad isporuči van granica Republike Hrvatske. Proizvođač mora ispuniti svoje obveze zbrinjavanja ili povjeravanja otpada unutar godine dana od nastanka otpada.

Posjednik otpada mora također mora ispuniti svoje obveze unutar godinu dana. Prilikom predaje otpada posjednik je dužan ispuniti Prateći list koji sadrži sve relevantne podatke o otpadu. Za transport bilo koje vrste otpada ispunjava se Prateći list za otpad prikazan na slici 4. U njemu su navedeni svi podaci o pošiljci otpada, pošiljatelju, prijevozniku, primatelju, posredniku ili trgovcu, toku otpada, obrađivaču te eventualne napomene i prilozima. Podaci o pošiljci otpada podrazumijevaju ključni broj, vrstu otpada, opasna (ukoliko postoje) i fizikalna svojstva, način pakiranja otpada, opis te porijeklo otpada. Pod tok otpada pripadaju podaci o vlasniku otpada pri predaji, polazištu i odredištu te količini otpada, podaci o vremenu predaje i načinu prijevoza otpada. Izuzeće od ove obveze imaju fizičke osobe (građani) koji predaju pošiljku otpada javnoj ili ovlaštenoj osobi, pravne ili fizičke osobe (obrtnici) koji predaju pošiljku komunalnog otpada, kada se pošiljka predaje proizvođaču proizvoda ili ju otkupljuje trgovac otpadom, kada se predaje otpad koji proizvode pomorski objekti ili nusproizvodi životinjskog podrijetla. U svrhu praćenja tokova otpada na teritoriju Republike Hrvatske obavezna je prijava u elektronički registar e-ONTO (NN 69/16). E-ONTO elektronički je

registar s mrežnom aplikacijom pomoću kojeg se evidentiraju tokovi otpada u Republici Hrvatskoj. Zakonski obveznici vođenja evidencije putem e-ONTO aplikacije su proizvođači otpadnog mulja nastalog na uređajima za pročišćavanje komunalnih voda, osobe koje obavljaju prekogranični promet otpadom za otpad koji podliježe i ne podliježe nostrifikacijskom

Ključni broj	Naziv otpada
17	Građevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija)
17 01	beton, cigle, crijep/pločice i keramika
17 01 01	beton
17 01 02	cigle
17 01 03	crijep/pločice i keramika
17 01 06*	mješavine ili odvojene frakcije betona, cigle, crijepa/pločica i keramike, koje sadrže opasne tvari
17 01 07	mješavine betona, cigle, crijepa/pločica i keramike koje nisu navedene pod 17 01 06*
17 02	drvo, staklo i plastika
17 02 01	drvo
17 02 02	staklo
17 02 03	plastika
17 02 04*	staklo, plastika i drvo koji sadrže ili su onečišćeni opasnim tvarima
17 03	mješavine bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran
17 03 01*	mješavine bitumena koje sadrže ugljeni katran
17 03 02	mješavine bitumena koje nisu navedene pod 17 03 01*
17 03 03*	ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran
17 04	metali (uključujući njihove legure)
17 04 01	bakar, bronca, mjed
17 04 02	aluminij
17 04 03	olovo
17 04 04	cink
17 04 05	željezo i čelik
17 04 06	kositar
17 04 07	miješani metali
17 04 09*	metalni otpad onečišćen opasnim tvarima
17 04 10*	kabelski vodiči koji sadrže ulje, ugljeni katran i druge opasne tvari
17 04 11	kabelski vodiči koji nisu navedeni pod 17 04 10*
17 05	zemlja (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija), kamenje i otpad od jaružanja
17 05 03*	zemlja i kamenje koji sadrže opasne tvari
17 05 04	zemlja i kamenje koji nisu navedeni pod 17 05 03*
17 05 05*	otpad od jaružanja koja sadrži opasne tvari
17 05 06	otpad od jaružanja koji nije naveden pod 17 05 05*
17 05 07*	kamen tučenac za nasipavanje pruge koji sadrži opasne tvari
17 05 08	kamen tučenac za nasipavanje pruge koji nije naveden pod 17 05 07*
17 06	izolacijski materijali i građevinski materijali koji sadrži azbest
17 06 01*	izolacijski materijali koji sadrže azbest
17 06 03*	ostali izolacijski materijali, koji se sastoje ili sadrže opasne tvari
17 06 04	izolacijski materijali koji nisu navedeni pod 17 06 01* i 17 06 03*
17 06 05*	građevinski materijali koji sadrže azbest
17 08	građevinski materijal na bazi gipsa
17 08 01*	građevinski materijali na bazi gipsa onečišćeni opasnim tvarima
17 08 02	građevinski materijali na bazi gipsa koji nisu navedeni pod 17 08 01*
17 09	ostali građevinski otpad i otpad od rušenja objekata
17 09 01*	građevinski otpad i otpad od rušenja objekata, koji sadrži živu
17 09 02*	građevinski otpad i otpad od rušenja koji sadrži poliklorirane bifenile (PCB) (npr. sredstva za brtvljenje koja sadrže PCB-e, podne obloge na bazi smola koje sadrže PCB-e, nepropusni prozorski elementi od izostakla koji sadrže PCB-e, kondenzatori koji sadrže PCB-e)
17 09 03*	ostali građevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući miješani otpad), koji sadrži opasne tvari
17 09 04	miješani građevinski otpad i otpad od rušenja objekata, koji nije naveden pod 17 09 01*, 17 09 02* i 17 09 03*

Slika 3 Klasifikacija prema katalogu otpada

postupku, prijevoznici otpada za opasni i neopasni otpad, osobe koje preuzimaju otpad u posjed a opasni i neopasni otpad. Svi obveznici dužni su voditi zapise o vrstama i količinama otpada koje uvoze i izvoze (MGiOR, n.d.).

DODATAK I

Obrazac PL-O

PRATEĆI LIST ZA OTPAD

POŠILJKA OTPADA (A)										BROJ PL-O					
KLJUČNI BROJ										KOMUNALNI <input type="checkbox"/>		OPASNI <input type="checkbox"/>		NEOPASNI <input type="checkbox"/>	
OPASNA SVOJSTVA HP 1 <input type="checkbox"/> HP 2 <input type="checkbox"/> HP 3 <input type="checkbox"/> HP 4 <input type="checkbox"/> HP 5 <input type="checkbox"/> HP 6 <input type="checkbox"/> HP 7 <input type="checkbox"/> HP 8 <input type="checkbox"/> HP 9 <input type="checkbox"/> HP 10 <input type="checkbox"/> HP 11 <input type="checkbox"/> HP 12 <input type="checkbox"/> HP 13 <input type="checkbox"/> HP 14 <input type="checkbox"/> HP 15 <input type="checkbox"/>															
FIZIKALNA SVOJSTVA prah <input type="checkbox"/> krutina <input type="checkbox"/> pastozno <input type="checkbox"/> mujevito <input type="checkbox"/> tekuće <input type="checkbox"/> plinovito <input type="checkbox"/> ostalo <input type="checkbox"/>															
PAKIRANJE OTPADA rasuto <input type="checkbox"/> posuda <input type="checkbox"/> kanta <input type="checkbox"/> kanistar <input type="checkbox"/> kontejner <input type="checkbox"/> bačva <input type="checkbox"/> kutija <input type="checkbox"/> vreća <input type="checkbox"/> ostalo <input type="checkbox"/>										BROJ PAKIRANJA					
OPIS															
PORJEKLO KOMUNALNOG OTPADA (ispunjava samo davatelj javne usluge)															
POŠILJATELJ (B)						TOK OTPADA (F)									
NAZIV:						IZVJEŠĆE: O OBRADI OTPADA: DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>									
OIB/B.P.:						NAMJENA: OPORABA <input type="checkbox"/> ZBRINJAVANJE <input type="checkbox"/>									
NKD RAZRED (2007):						POLAZIŠTE:									
KONTAKT OSOBA:						ODREDIŠTE:									
KONTAKT PODACI:						KOLIČINA: m <sup>3</sup> kg VAGANJE <input type="checkbox"/> PROCJENA <input type="checkbox"/>									
DATUM PREDAJE:						PREDAO:									
PRIVEOZNIK (C)						NAČIN PRIJEVOZA: cestovni <input type="checkbox"/> željeznički <input type="checkbox"/> morski <input type="checkbox"/>									
NAZIV:						zračni <input type="checkbox"/> unutarnjim plovnim putem <input type="checkbox"/>									
OIB:						REGISTARSKA OZNAKA:									
OVLAŠT ZA PRIJEVOZ:						PREUZE:									
KONTAKT OSOBA:						DATUM PREDAJE:									
KONTAKT PODACI:						PREDAO:									
PRIMATELJ (D)						PREUZE:									
NAZIV:						DATUM VAGANJA:									
OIB :50730247993						PREUZETA KOLIČINA: kg									
OVLAŠT ZA PREUZIMANJE:															
KONTAKT OSOBA:															
KONTAKT PODACI:															
POSREDNİK ILI TRGOVAC (E)						KONAČNI OBRADIVAČ (G)									
NAZIV:						NAZIV:									
OIB:						OIB:									
OVLAŠT:						OVLAŠT ZA OBRADU:									
KONTAKT OSOBA:						OBRADA ZAVRŠENA DANA:									
KONTAKT PODACI:						POSTUPAK OBRADU:									
						POTVRDIO:									
NAPOMENE I PRILOZI (H)															

Slika 4 Prateći list za otpad (HAOP, 2023)

Nakon predaje prikupljenog otpada ovlaštenoj osobi ovisno o vrsti otpada može se izabrati jedan od postupaka oporabe ili zbrinjavanja otpada. U tablici 1 navedeni su postupci zbrinjavanja otpada, a u tablici 2 navedeni su postupci oporabe otpada.

*Tablica 1 Popis postupaka odlaganja otpada (NN 69/16)*

D 1	Odlaganje otpada u ili na tlo (na primjer odlagalište itd.)
D 2	Obrada otpada na ili u tlu (na primjer biološka razgradnja tekućeg ili muljevitog otpada u tlu itd.)
D 3	Duboko utiskivanje otpada (na primjer utiskivanje otpada crpkama u bušotine, iscrpljena ležišta soli, prirodne šupljine itd.)
D 4	Odlaganje otpada u površinske bazene (na primjer odlaganje tekućeg ili muljevitog otpada u jame, bazene, lagune itd.)
D 5	Odlaganje otpada na posebno pripremljeno odlagalište (odlaganje u povezane komore koje su zatvorene i izolirane jedna od druge i od okoliša itd.)
D 6	Ispuštanje otpada u kopnene vode isključujući mora/oceane
D 7	Ispuštanje otpada u mora/oceane uključujući i ukapanje u morsko dno
D 8	Biološka obrada otpada koja nije specificirana drugdje u ovim postupcima, a koja za posljedicu ima konačne sastojke i mješavine koje se zbrinjavaju bilo kojim postupkom navedenim pod D 1 – D 12
D 9	Fizikalno-kemijska obrada otpada koja nije specificirana drugdje u ovim postupcima, a koja za posljedicu ima konačne sastojke i mješavine koje se zbrinjavaju bilo kojim postupkom navedenim pod D 1 – D 12 (na primjer isparavanje, sušenje, kalciniranje itd.)
D 10	Spaljivanje otpada na kopnu
D 11	Spaljivanje otpada na moru (ovaj je postupak zabranjen zakonodavstvom EU-a i međunarodnim konvencijama)
D 12	Trajno skladištenje otpada (na primjer smještaj spremnika u rudnike itd.)
D 13	Spajanje ili miješanje otpada prije podvrgavanja bilo kojem postupku navedenim pod D 1 – D 12 (ako nijedna druga oznaka D nije odgovarajuća, ova može obuhvatiti prethodne postupke prije odlaganja, uključujući prethodnu preradu, primjerice, među ostalim, sortiranje, drobljenje, sabijanje, peletiranje, sušenje, usitnjavanje, kondicioniranje ili odvajanje prije podvrgavanja bilo kojem od postupaka navedenim pod D1 – D12)
D 14	Ponovno pakiranje otpada prije podvrgavanja bilo kojem od postupaka navedenim pod D 1 – D 13
D 15	Skladištenje otpada prije primjene bilo kojeg od postupaka zbrinjavanja navedenim pod D 1 – D 14 (osim privremenog skladištenja otpada na mjestu nastanka, prije sakupljanja)

*Tablica 2 Popis postupaka oporabe otpada (NN 69/16)*

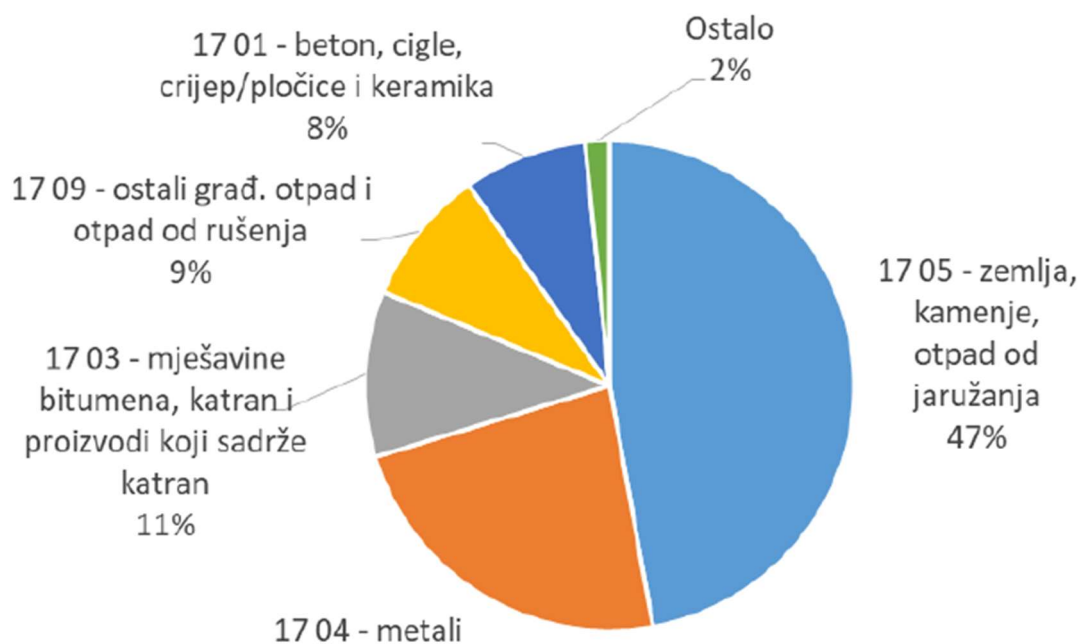
R 1	korištenje otpada uglavnom kao goriva ili drugog načina dobivanja energije
R 2	obnavljanje/regeneracija otpadnog otapala
R 3	recikliranje/obnavljanje otpadnih organskih tvari koje se ne koriste kao otapala
R 4	recikliranje/obnavljanje otpadnih metala i spojeva metala (ovaj postupak obuhvaća pripremu za ponovnu uporabu)
R 5	recikliranje/obnavljanje drugih otpadnih anorganskih materijala (ovaj postupak obuhvaća pripremu za ponovnu uporabu, recikliranje anorganskih građevinskih materijala, oporabu anorganskih materijala u obliku nasipavanja i čišćenje tla koje rezultira uporabom otpada)
R 6	regeneracija otpadnih kiselina ili lužina
R 7	oporaba otpadnih sastojaka koji se koriste za smanjivanje onečišćenja

R 8	oporaba otpadnih sastojaka iz katalizatora
R 9	ponovna prerada otpadnih ulja ili drugi načini ponovne uporabe ulja
R 10	tretiranje tla otpadom u svrhu poljoprivrednog ili ekološkog poboljšanja
R 11	upotreba otpada nastalog bilo kojim postupkom navedenim pod R 1 – R 10
R 12	razmjena otpada radi primjene bilo kojeg od postupaka uporabe navedenim pod R 1 – R 11
R 13	Skladištenje otpada prije bilo kojeg od postupaka uporabe navedenim pod R 1 do R 12 (osim privremenog skladištenja otpada na mjestu nastanka, prije sakupljanja).

## 4.2 Gospodarenje građevinskim otpadom

Prema podacima Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja za 2021. godinu prijavljeno je ukupno 653 197 t nastalog otpada, od toga 1,7 % predstavlja opasan otpad. Otpad iz djelatnosti niskogradnje – Gradnja cesta i autocesta predstavlja najveći udio u građevnom otpadu (HAOP, 2021).

Postupcima oporabe R (isključujući nasipavanje) obrađeno je 58,5 % otpada, postupcima zbrinjavanja D 31,1 % , postupcima nasipavanja 10,0 % te ostalim postupcima 0,4 %. Pregledom podataka gospodarenja građevnim otpadom prema vrsti najveći je postotak obrađenog otpada iz podgrupe 17 05 zemlja, kamenje i otpad od jaružanja (47 %), potom 17 04 otpadni metali (23 %), slijedi podgrupa 17 03 mješavine bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran (11 %) te podgrupa 17 09 ostali građevni otpad i otpad od rušenja



Slika 5 Udio obrađenog otpada prema podgrupama (HAOP, 2021)

(9 %).Otpad iz podgrupe 17 01 beton, cigla, crijep, pločice i keramika činio je udio od 8 %, a otpad ostalih podgrupa činio je 1,5 % (HAOP, 2021). Navedeni podaci prikazani su na slici 5. U svrhu obrade građevnog otpada nabavljene su drobilice i izdane su nove dozvole za uređaje za gospodarenje otpadom na kojima se recikliraju miješani građevni otpad, šuta, frezani asfalt i drugi mineralni otpad.

Potresi u Gradu Zagrebu i Sisačko-moslavačkoj županiji 2020. godine rezultirali su velikim povećanjem količina građevnog otpada i otpada od rušenja. Aktivnosti uklanjanja otpada s javnih površina te krovova i fasada u Zagrebu dale su sveukupno 21 757 t građevnog otpada. Ukupna količina otpada procjenjuje se na 50 000 t. Iako je dio otpada obrađen i zbrinut većina je ostala uskladištena na lokaciji podružnice Zagrebačkih cesta – Reciklaža građevnog otpada (RGO) (HAOP, 2021). Ukupna količina materijala nastala kao posljedica potresa u Sisačko-moslavačkoj županiji iznosi oko 281 297 t (HAOP, 2022). Obrada materijala nastalog kao posljedica potresa u Sisačko-moslavačkoj županiji krajem 2020. godine provodila se na privremenim skladištima Mala Gorica u Petrinji, Kemokop d.o.o. u Sisku i Majski Trtnik u Glini. Na navedenim lokacijama inertni otpad, koji podrazumijeva beton, ciglu, crijep i kamen, obrađivao se mobilnim uređajem na nekoliko frakcija (HAOP, 2021). Obradeni materijal koristio se za nasipavanje puteva. Izdvojeni metali i drvo koristili su se kao sirovina. Za zbrinjavanje otpada uspostavljen je sustav sprječavanja nastanka otpada. To podrazumijeva segmentno uklanjanje građevina te odvajanje mineralnog otpada i njegova obrada na prethodno opisan način. Privremena skladišta primjereno su opremljena te služe za razvrstavanje otpada i njegovu mehaničku obradu. Od ukupnih 281 297 t prikupljenih na daljnje korištenje izdano je 146 355,2 t od čega je dio korišten za uređenje samih lokacija. Količina izdvojenog neiskoristivog materijala čini 15% ukupnih ulaznih količina. Dio materijala odmah je proglašen otpadom te je predan tvrtkama ovlaštenim za gospodarenje otpadom, a točne količine biti će objavljene u izvješću za 2022. godinu (HAOP, 2021).



## **5 Primjena koncepta urbanog rudarenja**

### **5.1 Primjena u svijetu**

#### **5.1.1 Amsterdam, Nizozemska**

Koutamanis i dr. (2018) istraživali su mogućnosti urbanog rudarenja rezidencijalnih kuća u Amsterdamu, točnije mogućnosti izvlačenja metala iz karakterističnih kuća stare gradske jezgre u Amsterdamu. Pregledom literature identificiran je glavni problem točnosti i razine detaljnosti podataka o količinama materijala ugrađenim u kućama. U svrhu validacije podataka iz pregleda literature proveden je polustrukturirani intervju sa šest stručnjaka iz područja rušenja i upravljanja građevinskim i otpadom od rušenja. Ispitanici navode kako prepoznaju vrijednost u izdvajanju metala te često mogu procijeniti potražnju na tržištu za specifične materijale. Cijevi za odvodnju, žice u sustavu električnih instalacija, radijatori i sl. imaju veliku preprodajnu vrijednost i najčešće se uklanjaju ručno pa postoji rizik od krađe navedenih komponenti ukoliko se gradilište ne osigura. Također, prepoznaju moguće opasnosti pri izdvajanju i rušenju komponenti koje sadrže azbest što urbano rudarenje čini neisplativim. Obveza razdvajanja otpada prema vrsti regulirana je zakonom no to se uglavnom odnosi na opasni otpad. Osim ekonomskih motiva za razdvajanje metala, sve češći motiv poduzeća je i ekološki aspekt. Neka poduzeća specijalizirana za rušenje postigla su dogovor za otkup otpada sa poduzećima u proizvodnom lancu kako bi se smanjila potreba za primarnim resursima. Budući da većinu zgrada u Amsterdamu posjeduju stambene zadruge koje imaju obvezu poznavanja povijesti određenih objekata, dokumentacija za procjenu količina i vrsta materijala ugrađenih u zgrade je lako dostupna. Također, korištenje BIM (eng. Building information modeling) tehnologije i GIS sustava te unaprjeđenje katastarskog plana uvelike olakšava procjenu tokova materijala na kraju životnog ciklusa građevina (Koutamanis i dr., 2018).

#### **5.1.2 Toronto, Kanada**

U istraživanju Erguna i Gorgolewskog (2015) analizirali su mogućnost ponovne uporabe opeke. Za određivanje količina dostupnih za ponovnu upotrebu promatrali su pet različitih karakterističnih veličina obiteljskih kuća u Torontu prema vremenskom periodu u kojem su građene. Nakon požara u Torontu 1904. godine upotreba drveta se smanjila te je opeka korištena kao alternativni materijal. Modeli su se odnosili na periode početak 20. st. do 1930, 1931-1960, 1961-1975, 1976-2000 i nakon 2001. godine. Nakon prikupljanja projektne



dokumentacije za kuće izrađeni su 3D modeli u softveru Bluebeam Revu. Pomoću softvera izračunate su količine opeke u pojedinom modelu te je procijenjena količina opeke koja se može ponovno upotrijebiti. Jedna od glavnih prepreka pri određivanju količina je korištenje vezivnog materijala. Na početku 20. stoljeća korišten je mort na bazi vapnenca, a 1950-ih industrija prelazi na korištenje cementnog morta. Vapnenački mort moguće je ukloniti s opeke uz puno manja oštećenja od cementnog morta s obzirom da cementni mort ima veća vezivna svojstva. Rezultati istraživanja pokazuju da najveći potencijal za ponovnu upotrebu ima opeka iz perioda početka 20.st. – 1930 i 1931-1960 upravo zbog vezivnog materijala. Također, Kuće s početka 20. stoljeća imaju najveći volumen opeke u usporedbi s modelima iz ostalih perioda. Rezultati istraživanja prikazani su u tablici 3 u nastavku. Još jedno od važnijih ograničenja predstavlja konzervatorska zaštita kuća u centru Toronta (Ergun i Gorgolewski (2015).

Tablica 3 Rezultati istraživanja

Vremenski period	Iskoristiva površina	Ukupna količina opeke	Količina opeke s mogućnosti ponovne uporabe
Početak 20. st.-1930	116	49,801	2941
1931-1960	102	130,657	2106
1961-1975	128	38,519	609
1976-2000	173	38,301	1219
Nakon 2000.	262	14,152	-

### 5.1.3 Torino, Italija

Istraživanje Blenginija (2009) promatra životni ciklus stambene građevine u Torinu, Italiji koja je uklonjena 2004 kontroliranim eksplozijama uz znanstveni nadzor *Politecnico di Torino*. Cilj istraživanja je usporediti alternativne načine za odlaganje otpada, određivanje gdje su uporaba resursa i utjecaja na okoliš izraženi i određivanje strategija za unaprjeđenje Prema ISO 14040 analiza životnog ciklusa sastoji se od 4 dijela: definicije cilja i opsega, inventara životnog ciklusa, analize utjecaja životnog ciklusa i interpretacije rezultata. Faza Definicije cilja i opsega studije podrazumijeva definiranje ciljeva studije, granica promatranog sustava, izvore podataka i funkcionalnih jedinica na koje se odnose prikupljeni podaci. Uzimajući u obzir sve podatke kao funkcionalna jedinica određen je 1m<sup>2</sup> neto podne površine u periodu od 1 godine. Granice sustava podijeljene su u tri faze: prije uporabe, u uporabi i kraj životnog ciklusa. Faza prije

uporabe odnosi se na proizvodnju i transport građevinskih materijala te izgradnju građevine. Količine su procijenjene iz originalnih nacрта građevine. Također, sanitarije kojima su se pozicije i dimenzije mogle odrediti iz nacрта su uključene. Iz analize su isključene vodovodne cijevi, bojleri i ostala strojarska oprema čije se količine nisu mogle procijeniti. Faza uporabe građevine podrazumijeva sve aktivnosti povezane s uporabom građevine kroz 40 godina koliki je uporabni vijek. To podrazumijeva ukupnu energiju korištenu za grijanje, hlađenje, korištenje vode, rasvjetu i kuhanje. Faza kraja životnog ciklusa obuhvaća uklanjanje građevine i odlaganje otpada. Prema dobivenim podacima manje od 1% otpada od rušenja je zbrinuto na odlagalištu otpada (plastika, izolacijski materijali, i sl.) dok je 99% pretvoreno u reciklirane materijale. Inertni materijali reciklirani su u agregat različitih frakcija smanjujući potrebu za primarnim izvorima resursa. Dio čelika odvojen je na gradilištu, a dio kasnije iz inertnog materijala i poslan u tvornicu čelika gdje je recikliran u armaturni čelik. Što se tiče faze kraja životnog ciklusa, promatran je alternativni scenarij gdje je sav otpad od rušenja zbrinut na odlagalište otpada. Inventar životnog ciklusa sastoji se od ukupnih okolišnih ulaznih utjecaja (materijali i energija) i izlaznih utjecaja (zrak, voda, emisije krutih goriva) za svaku od faza životnog ciklusa. Faza Analize utjecaja životnog ciklusa za cilj ima kvantificirati relativnu važnost svih okolišnih tereta identificiranih u prethodnoj fazi analiziranjem njihovih utjecaja na izabrane okolišne parametre. Za izradu modela promatrane građevine korišteni su softveri SimaPro 6 i Boustead Model 5 (Blengini 2009).

Rezultati istraživanja pokazuju da se izborom materijala, dizajnom značajki zgrade i izborom tehnologije građenja može znatno smanjiti opterećenje na okoliš koje se pripisuje nosivoj konstrukciji građevine. Također, znatno se može utjecati na fazu korištenja smanjenje zahtjeva za potrošnjom energije potrebnoj za grijanje i hlađenje. Izborom materijala pogodnih za recikliranje na kraju životnog ciklusa dodatno se može smanjiti ukupan utjecaj životnog ciklusa. Upravljanje krajem životnog ciklusa ima relativno male utjecaje na okoliš 0,2-2,6% u usporedbi s energetske opterećivanjem okoliša gdje potencijal za recikliranje iznosi 29% energije utrošene za proizvodnju i transport građevinskih materijala. Zaključno, recikliranje građevinskog otpada je isplativo promatrajući energetske i ekološke aspekte. S ekonomskog aspekta, svi troškovi recikliranja pripadaju u nadležnost privatnih poduzeća kojima je to primarna djelatnost i time se smanjuju troškovi zbrinjavanja otpada na odlagalištu otpada. Smanjenjem količina zbrinutih na odlagalištima smanjuje se i potreba za povećanjem površine

odlagališta što znatno doprinosi održivosti jer zemljišta postaju resurs koji je sve dragocjeniji (Blengini, 2009).

#### 5.1.4 Singapur

Arora i dr. (2021) provedli su istraživanje promatrajući zgrade predviđene za rušenje u Singapuru s ciljem prikupljanja kvalitativnih i kvantitativnih parametara isplativosti urbanog rudarenja iz perspektive stvarnih troškova i prakse. Istraživanje se fokusiralo na tri važna aspekta: planiranje, proces urbanog rudarenja i isplativost. Cilj istraživanja je odgovoriti na pitanje *Kako mjeriti isplativost urbanog rudarenja u vidu efikasnosti i troškova?*. Uzastopnim posjetima gradilištu praćena je kvaliteta izvedbe i razvoj količine zaliha uklonjenih dijelova građevine. Nadalje, sve komponente su izmjerene te je sastavljen inventar od ukupno 354 dijelova koji je podijeljen u pet kategorija: vrata, prozori, grilje, sanitarije, elektro i strojarska oprema (klima uređaji, bojleri, utičnice, prekidači, rasvjetna tijela). Sav materijal privremeno je skladišten u prizemlju objekata gdje je podijeljen u skupine prema vrsti materijala. Aktivnosti uklanjanja dijelova građevine vršila su dva polukvalificirana radnika koja ranije nisu imala iskustva u ovakvim poslovima. Radnici su stjecali vještinu vađenjem dijelova opreme, a na početku svakog radnog dana postavljen je jasan cilj koliko koje od komponenti trebaju ukloniti budući da se radi o višestambenoj zgradi. Radni dan se sastojao od 6,5 sati uklanjanja komponenti i 90 minuta sortiranja i prenošenja dijelova do privremenog skladišta. S obzirom na opseg projekta i broja utrošenih sati ljudskoga rada, promatrano je vrijeme za uklanjanje određene komponente, kako su se vještine radnika poboljšavale tijekom većeg broja uklanjanja komponenti i koji izazovi su se javljali s obzirom na vrste spojeva i način ugradnje određenih komponenti. Kao glavni kriterij u fazi planiranja identificirana su dva faktora: raspoloživost zaliha (ponuda) i zainteresiranost klijenata/kupaca (potražnja). Kako bi se osigurala dovoljna zaliha i potražnja bitna je suradnja svih interesnih sudionika u projektu. Još jedan od izazova je dobivanje dozvola za rušenje što može potrajati duži vremenski period. Za to vrijeme dovoljno je vremena za stvaranje inventara i rudarenja izabranih komponenti te njihov transport. Isplativost rudarenja komponenti procjenjuje se pomoći formule (1):

$$C_{UM} = C_{rad} \times T_{UM} + C_{transport} + C_{alat} \quad (1)$$

gdje  $C_{UM}$  predstavlja ukupnu cijenu rudarenja komponente

$C_{rad}$  predstavlja cijenu rada potrebnog za rudarenje

$T_{UM}$  predstavlja vrijeme utrošeno za rudarenje komponente

$C_{transport}$  predstavlja cijenu transporta određene komponente

$C_{alat}$  predstavlja cijenu korištenja određenog alata za rudarenje komponente.

S obzirom na različite komponente isplativost rudarenja je ocijenjena kao niska ili visoka. One komponente koje su ocijenjene sa visokom isplativosti pogodne su za rudarenje i smanjenje troškova rušenja objekta (Arora i dr., 2021).

## 5.2 Mogućnosti primjene u Republici Hrvatskoj

Istraživanja navedena u prethodnom poglavlju prikazuju primjenu koncepta urbanog rudarenja u različitom opsegu. Za primjenu koncepta navedene su brojne prednosti, ali i izazovi. Istraživanja su odabrana prema mogućnosti povezivanja s lokalnim uvjetima.

Neke od prednosti primjenjivih u Republici Hrvatskoj je korištenje BIM tehnologije što olakšava primjenu i precizniju analizu životnog ciklusa. Zapošljavanje polukvalificirane radne snage uvelike doprinosi primjenjivosti koncepta zbog trenutne situacije sa zapošljavanjem stranih radnika. Primjena koncepta urbanog rudarenja smanjenje troškove odlaganja otpada s obzirom da u Hrvatskoj u praksi vrijedi načelo „Zagađivač plaća“. Urbano rudarenje podrazumijeva manje korištenja mehanizacije što direktno znači manje emisije CO<sub>2</sub> što smanjuje štetne utjecaje na okoliš. Budući da većina građevina u Donjeg gradu Zagreba je sagrađena od opeke povećava se potencijal za ponovnu uporabu opeke umjesto recikliranja što rezultira smanjenjem količine otpada. Konzervatorska zaštita građevina u centru Zagrebu također je motivacija za primjenu urbanog rudarenja jer se ujedno štiti i kulturna baština, što je također i zakonska obaveza.

Svakako najveći izazov u primjeni je nedostatak zakonske regulative u ponovnoj primijeni rudarenih komponenti i materijala zbog nedostatka standardiziranog postupka recertifikacije materijala dobivenih urbanim rudarenjem. Nastavno, nedostatak povjerenja krajnjih korisnika

u korištenje recikliranih materijala ili komponenti utječe na tržište odnosno na nedostatak ili smanjenu potražnju takvih materijala. Također, ekonomski aspekt igra važnu ulogu pri izboru materijala jer reciklirani materijali često imaju veću cijenu od novih. Još jedan od izazova je što stare građevine koje su sada na kraju svog životnog ciklusa i uporabnog vijeka nisu projektirane za demontažu već kako bi bile što trajnije, što rezultira smanjenjem količina materijala koje se mogu dobiti urbanim rudarenjem i samim time urbano rudarenje čine ekonomski neisplativim. Neredovito i nepropisno održavanje postojećih građevina smanjuje mogućnost primjene zbog mogućeg broja nepoznanica pri pokretanju projekta.

Zaključno, izrada detaljnog plana rušenja uz primjenu koncepta urbanog rudarenja vrlo je važna za buduću primjenu uz donošenje zakonske regulative i standardizaciju procesa recertificiranja materijala te edukaciju industrije kako bi se stvorila potražnja na tržištu. Fokus na montažnu gradnju umjesto trenutno dominantne monolitne gradnje armiranobetonskih konstrukcija također će uvelike doprinijeti i olakšati primjenu. Trenutno najviše zastupljene zidane i armiranobetonske konstrukcije imaju velik potencijal za ponovnu uporabu i recikliranje uz odvajanje čelika iz armiranobetonskih elemenata što može imati pozitivan utjecaj na ekonomski aspekt projekta u vidu smanjenja troškova.

## **6 Primjer iz prakse**

### **6.1 Opis projekta**

Promatrano gradilište nalazi se u Zagrebu na adresi Ilica 244k (k.č. 2860/1, k.o. Črnomerec). Projekt je investicija Hrvatskog katoličkog Sveučilišta uz subvenciju EU fondova, a obuhvaća izgradnju Kampusa koji se sastoji od zgrada 2, 3, 15 i 17. Projektanti su Radionica statike d.o.o., ING-GRAD d.o.o. i Drugi format d.o.o. dok nadzor obavlja Institut IGH d.d. Sve zgrade sastoje se od podruma, prizemlja, 1. i 2. kata te potkrovlja. Radovi koji su se odvijali za vrijeme posjeta gradilištu obuhvaćali su radove rušenja i demontaže dimnjaka i krovišta na svim zgradama, uklanjanja žbuke, podnih obloga (parketa) i postojećih instalacija te rušenje postojećih pregradnih zidova. Radovi su započeli 7.11.2022. godine, a planirano trajanje radova je 18 mjeseci. Uz ING-GRAD d.o.o. kao izvođača radova kooperanti na projektu su Eneos d.o.o., ORCA GRUPA d.o.o. i VINTER GRADNJA d.o.o.

### **6.2 Tehnički opis**

Nosiva konstrukcija zgrada 2, 3, 15 i 17 sastoji se od temelja i zidova od opeke. Pregradni zidovi također su od opeke. Međukatne nosive konstrukcije sastoje se od drvenih grednika, ispune od šute, trstike i drvene oplata s gornje i donje strane, debljine 12-15 cm. Na dijelovima podruma nalaze se lukovi od opeke, međukatna konstrukcija debljine 18 cm. Krov je izveden kao četverostrešni krov od drvenih rogova, podrožnica i kontra letava na koje se polaže biber crijep.

### **6.3 Postupci rušenja, ponovne uporabe i recikliranja građevnog otpada**

U svrhu izgradnje gradilišne prometnice djelomično je uklonjen humus te je tlo zbijano vibrovaljkom kako bi se stvaralo što manje blata i mehanizaciji koja je trenutno na gradilištu omogućilo što lakše kretanje s obzirom na vremenske uvjete. Uz zbijanje dovezena je zemlja za posteljicu. Također, za potrebe postavljanja toranjskih dizalica uklonjen je dio drveća koje se nalazilo uz zgrade 2 i 3. Rušenje i demontaža dimnjaka izvodila uz korištenje malja i električnog pneumatskog čekića. Opeka koja je proizašla od rušenja dimnjaka i pregradnih zidova odvezena je na odlagalište otpada. Crijep s krovova je uklonjen ručno, a pomoću

motorne pile rezane su nosive grede krovišta. Zbog logističkih problema postavljanje toranjskih dizalica nije bilo moguće u trenutku demontaže krovišta pa su drvene grede rezane na manje komade kako bi se mogle ukloniti pomoću teleskopskog bagera za zahvatnom lopatom, a dio je pripremljen za transport kada se postave toranjske dizalice što je vidljivo na slici 6.



*Slika 6 Drvene grede krovišta*

Zbog izbora tehnologije građenja drvene grede nisu se mogle ponovno upotrijebiti za istu namjenu nego za potencijalnu prodaju toplani kao sirovina za grijanje. Žbuka sa nosivih i



pregradnih zidova te zidne i podne obloge u sanitarnim čvorovima uklanjaju se električnim pneumatskih čekićem, klasificiraju kao otpad te se odvoze na odlagalište otpada. Postojeće instalacije grijanja uklonjene su te se svrstavaju u kategoriju građevinskog otpada metali, a moguće je od njih preradom u talionici izraditi limove ili ograde te slične nekonstruktivne elemente. Sav preostali namještaj i predmeti koji su nađeni u zgradama prije početka gradnje pripadaju u kategoriju glomaznog otpada. Gospodarenje otpadom na gradilištu nije samo pitanje ispunjavanja zakonske obaveze već je i dio organizacije gradilišta pogotovo kada se radi o ovako velikom projektu. Sav otpad na gradilištu odvajanje je prema vrsti otpada te načinu njegove ponovne uporabe te lokaciji na koju će se voziti što je vidljivo na slikama 7, 8 i 9.



*Slika 7 Razvrstavanje otpada na gradilištu 1*





*Slika 9 Razvrstavanje otpada na gradilištu 2*



*Slika 8 Razvrstavanje otpada na gradilištu 3*



Sav humus uklonjen s površina za gradilišnu prometnicu i sva iskopana zemlja te usitnjeno granje odvezeni su na odlagalište koristeći kamion s usisnom granom. Kamion je prikazan na slici 10.



*Slika 10 Kamion sa usisnom granom*

## 6.4 Primjena koncepta urbanog rudarenja

Prema projektnoj dokumentaciji dostupnoj na uvid sav materijal nastao kao posljedica rušenja i demontaže klasificira se kao otpad te se sukladno važećim propisima odvozi i odlaže na odlagalište otpada ili obrađuje postupcima oporabe. Građevinski otpad i otpad od rušenja može se obraditi postupcima oporabe (AZO i MZOPUiG, 2008):

- u pogonima za biološki obradu – biološkom obradom tla
- pogonima za preradu
  - pogoni za razvrstavanje
    - miješani otpad od građenja i rušenja – R3/R4/R5
  - pogoni za mehaničku preradu
    - pogoni za preradu otpada od građenja i rušenja i cestogradnje – R5
    - prerada miješanog otpada od građenja i rušenja – R5
    - prerada željeznih i neželjeznih metala – R4
    - prerada drva za recikliranje ili energetske uporabu – R3
- Građevine za industrijsku proizvodnju i spaljivanje
  - Metalna industrija
    - Upotreba otpadnog metala u pogonima za sinteriranje, čeličanama i na mjestima proizvodnje neželjeznih metala – R4
    - Upotreba visoko kalorijskog otpada u visokim pećima kao izvora energije i redukcijskog agensa – R1
  - Drvena industrija – proizvodnja ploča od iverica itd. – R3
  - Proizvodnja građevinskih proizvoda – R5
  -

Navedeni postupci oporabe odnose se samo na materijale koji su detaljnije obrađeni u nastavku. Kao dominantni materijali što se tiče količina identificirani su drvo, metali i opeka. U nastavku slijedi analiza prema kategorijama otpada.

#### 6.4.1 Drvo

Postupak obrade R1 Korištenje otpada uglavnom kao goriva ili drugog načina dobivanja energije obuhvaća uporabu otpada kao goriva uz uporabu proizvedene topline koja se može ali i ne mora pretvoriti u električnu energiju. Ovaj postupak pripada u kategoriju energetske obrade otpada. Za spaljivanje otpada potrebno je otpad najprije pripremiti (obraditi, homogenizirati, samljeti, pakirati, itd.) ovisno o izabranoj tehnologiji spaljivanja. Uređaj za spaljivanje može biti uobičajeni industrijski uređaj poput rotacijske peći u cementari, kotlovnice i sl. ili zaseban objekt (AZO i MZOPUiG), 2008).

Postupak obrade R3 Recikliranje/obnavljanje otpadnih organskih tvari koje se ne koriste kao otapala (uključujući kompostiranje i druge procese biološke pretvorbe otpada) podrazumijeva proizvodnju organskih tvari npr. polimera, gume, papira, celuloze, prirodnih i umjetnih vlakana, želatine, komposta i sl. U postupku se primjenjuju tehnološka načela mehaničkih operacija (sortiranja, klasiranja, mljevenja, pranja, sušenja, prosijavanja), drugih fizikalnih operacija (isparavanja, destilacije, kristalizacije, itd.) kemijskih operacija (neutralizacije, hidrolize i dr.) te bioloških procesa (kompostiranja, enzimske hidrolize, fermentacijskih procesa, itd.). Kao rezultat primjene ovog postupka proizvode se organske tvari koje su po kvaliteti i obliku pogodne za ponovnu uporabu (AZO i MZOPUiG), 2008).

Otpad koji pripada u kategoriju otpada 17 02 04 plastika, staklo i drvo koje je onečišćeno otpadnim tvarima nastao na gradilištu će se energetske oporabiti budući da se uglavnom radi o otpadu koji je tretiran zaštitnim premazima i lakovima (okviri i krila prozora, okviri i krila unutarnje stolarije). Otpad koji pripada u kategoriju otpada 17 02 01 drvo (dijelovi krovne konstrukcije) obrađuju se postupkom R3. Osim prethodno navedenih postupaka uporabe moguće je ponovna uporaba za istu svrhu (zadržavanje postojeće krovne konstrukcije i zamjena pojedinih elemenata koji su oštećeni) no zbog potrebnih ojačanja koja se izvode u čeliku i kasnije se preslaguju u čeličnu krovnu konstrukciju to nije učinjeno na ovome projektu.

## 6.4.2 Metali

Prema smjernicama (AZO i MZOPUiG, 2008) postupkom obrade R4 Recikliranje/obnavljanje otpadnih metala i spojeva metala obrađuje se otpad koji sadrži kovine ili njihove spojeve sa svrhom proizvodnje čistih kovina, njihovih spojeva ili slitina. Sav otpad koji sadrži nemetalne primjese izdvaja se te dalje obrađuje odgovarajućim postupcima R ili D. Moguća je primjena postupaka ručnog izdvajanja, drobljenje i mljevenje otpada, magnetska separacija željeznih sastojaka otpada, separacija na temelju gustoće, oblika, elektrostatičkih svojstava, kemijskom sastavu, različitim talištima ili vrelištima pojedinih kovina i izdvajanje kovina iz keramičkih podloga. Nakon izdvajanja metalni otpad prerađuje se pirometalurškim postupcima, elektrometalurškim postupcima, hidrometalurškim postupcima ili elektrolizom. Nakon obrade dobiva se kovina jednake kvalitete kao i kovina dobivena iz rudače.

Osim postupka R4 moguća je primjena postupka R5 Recikliranje/obnavljanje drugih otpadnih anorganskih materijala. Postupak podrazumijeva proizvodnju anorganskih tvari za daljnju uporabu. Tehnološka načela obuhvaćaju mehaničke operacije (drobljenje, mljevenje, sortiranje, sijanje, pranje, sušenje, itd.), druge fizikalne operacije poput isparavanja, destilacije i kristalizacije, kemijske operacije (neutralizaciju, prokuhavanje i sl.) te hidrolizatermičke operacije (pečenje, sintetiranje, pretaljivanje, i sl.). Rezultat obrade postupkom R5 je proizvodnja anorganskih tvari koje su oblikom i kvalitetom pogodne za daljnju uporabu (AZO i MZOPUiG, 2008).

Sav otpad koji pripada u kategoriju 17 04 metali tretira se ranije navedenim postupcima kako bi se dobila nova sirovina za izradu konstruktivnih i nekonstruktivnih elemenata poput armaturnih šipki i mreža, žlijebova i limova te bravarije. Metali kao takvi vrlo su pogodni za recikliranje zbog svoje velike preprodajne vrijednosti i mogućnosti dobivanja materijala visoke kvalitete. Upravo zbog toga otpad u ovoj kategoriji uklapa se u načela kružne ekonomije i smanjuje se potreba za primarnim resursima te se iskorištava njihov maksimum.

### **6.4.3 Opeka**

Za uporabu opeke koristi se postupak uporabe R5 Recikliranje/obnavljanje drugih otpadnih anorganskih materijala opisan ranije. Otpad se prerađuje u pogonima za mehaničku obradu (drobljenje, mljevenje, sortiranje, sijanje, pranje, sušenje, itd.). Ovim postupkom uporabe dobiva se materijal smanjenje kvalitete u odnosu na građevinski materijal koji je ranije imao konstruktivnu svrhu.

Otpad koji se klasificira prema katalogu otpada u kategoriju 17 01 02 opeka najčešće se obrađuje kao inertni materijali u reciklažnim pogonima mehaničkim postupcima te se kasnije koristi kao reciklirani agregat ili u izradi betonske galanterije te nekonstruktivnih elemenata. Još jedan od mogućih načina je ponovna upotreba u izvornom obliku za zidanje pregradnih zidova. Na ovom projektu to nije bio slučaj zbog izbora drugačije tehnologije građenja (gipskartonskih zidova) koji omogućavaju veću modularnost s obzirom na namjenu građevine (studentski dom i obrazovna ustanova).

### **6.4.4 Analiza količina otpada**

U svrhu pisanja diplomskog rada dani su ponudbeni troškovnici koji obuhvaćaju radove rušenja i demontaže. U nastavku slijedi analiza količina otpada za zgradu 2.

Količine otpada drveta, metala i opeke koje se mogu reciklirati dane su u tablici 4, a cijeli troškovnik dan je prilogu 1. U usporedbi s ukupnim količinama otpada moguće je reciklirati 85-100 % drveta, 71,43-93,16 % metala i 60,41 % opeke. Pri izračunu količina za recikliranje otpada od drva uzete su u obzir stavke troškovnika koje obuhvaćaju demontažu unutarnje stolarije i bravarije. Zbog stavke koja objedinjuje 2 različite vrste materijala pretpostavlja se da je 80 % navedenih količina stolarija, a 20 % navedenih količina čini bravarija. Budući da se dio prozora u stavci 1.1. pažljivo uklanja i ponovno ugrađuje ti podaci ne ulaze u izračun postotka recikliranog otpada. Drugi dio analize odnosi se na demontažu krova i međukatne konstrukcije tj. drvenih grednika. Stavka troškovnika demontaže drvenih grednika međukatnih konstrukcija obuhvaća samo etaže 2. kata i potkrovlja dok su se ostale međukatne konstrukcije uklanjale zajedno sa slojevima pa su tako uračunate u količine otpada za opeku. Iznos od 100 % dobiven je pod pretpostavkom da je otpad od drvenih elemenata odvojen iz ostalog otpada

(pokrov biber crijepom, slojevi međukatne konstrukcije). Rušenje međukatnih konstrukcija ostalih etaža svrstano je u ukupnu količinu otpada od opeke s obzirom da se radi o opečnim svodovima. Recikliranje metala iznosi 71,43-93,16 % što prikazuje omjer demontiranih metalnih elemenata uz oduzimanje onih koji će biti ponovno montirani. Postotak od 60,41 % dobiven je omjerom količina otpada nastalim rušenjem pregradnih i nosivih zidova od opeke i probijanjem otvora sa količinama otpada nastalih rušenjem podgleda i slojeva poda međukatnih konstrukcija te uklanjanja žbuke i keramičkih pločica na zidovima. Postotak ukazuje na potencijalu količinu koja je mogla biti reciklirana no otpad od opeke zajedno sa šutom odvezen je na odlagalište otpada. Količina otpada prema izdvojenim stavkama troškovnika umanjena je za 10 % budući da uključuje žbuku i keramičke pločice koje su se nalazile na zidovima.

Postotci recikliranog otpada ukazuju na to da je ispunjen cilj Europske unije koji nalaže uporabu minimalno 70 % količina građevinskog otpada što je dobar pokazatelj za budući cilj da se do 2030. godine reciklira minimalno 90 % otpada.

Tablica 4 Popis količina recikliranog otpada

ZGRADA 2											
	DRVO	jedinica mjere	količina		METAL	jedinica mjere	količina		OPEKA	jedinica mjere	količina
1.1.	Pažljiva demontaža sandučatih drvenih prozora, dim 130/230	kom	12	2.1.	Pažljiva demontaža metalnih držača za zastavu s uličnog pročelja	kom	2	3.1.	Rušenje pregradnih zidova debljine do 20 cm građevina uključeno sa žbukom i keramikom	m2	750
1.2.	Demontaža dotrajalih drvenih i metalnih prozora i vrata jednokrlni prozor 75/45 dvokrlna ulazna vrata 135/240	kom	7 1	2.2.	Demontaža metalnih nosača, metalnog ormarića s pročelja i drugih elemenata koji više nisu uporabi	kom	3	3.2.	Rušenje dimnjaka u potkrovlju širine 45 cm	m3	33
1.3.	Demontaža i rušenje unutarnje stolarije i bravarije s pripadnim dovratnicima otvori <= 2 m2 otvori 2m2-5m2	kom	46 29	2.3.	Demontaža antena koje više nisu u porabi	kom	3	3.3.	Rušenje nosivih zidova uključeno sa žbukom i keramikom na zidovima podrum debljina 40-72 cm prizemlje debljina 54-66 cm 1. kat debljina 54-66 cm 2. kat debljina 54-66 cm potkrovlje debljina 45-50 cm	m3	90 80 100 95 28



1.4.	Demontaža drvene konstrukcije kosog krovništva	m2	490	2.4.	Pažljiva demontaža metalnih ukrasa s krova	kom	2	3.4.	Otvaranje slijepog prozora u zidu od opeke debljine 45 cm	m3	10
1.5.	Demontaža i uklanjanje međukatne konstrukcije P3 i P4 - drveni grednik	m2	1095	2.5.	Limeni krvni horizontalni i vertikalni žljebovi s obujmicama/kukama	m´	195	3.5.	Zarezivanje utora u zidovima od opeke radi izvedbe AB stupova i greda	m3	11
				2.6.	Limeni opšav razvijene širine do 60 cm	m´	350	3.6.	Rušenje i uklanjanje međukatne konstrukcije S1 između podruma i prizemlja - opečni svod s traverzama, debljina opeke 12 cm	m2	145
				2.7.	Limeni odušnik do visine 150 cm	kom	2				
				2.8.	Kovani ukrasi u obliku stilizirane rešetke s ostakljenog dijela ulaznih vrata dim. 110x40 cm	kom	2				
				2.9.	Pažljiva demontaža ograde stubišta	m´	40				
		kom	m2			kom	m´				m3
	Ukupno:	68	1585		Ukupno	10	545		Ukupno:		552,96
	Ukupno troškovnik:	80	1585		Ukupno troškovnik:	14	585		Ukupno troškovnik:		915,34
	<b>Postotak recikliranog otpada:</b>	<b>85</b>	<b>100,00</b>			<b>71,43</b>	<b>93,16</b>				<b>60,41</b>

## 7 Zaključak

Urbano rudarenje koncept je koji promiče shvaćanje gradova kao rudnika budućnosti. Rezultat antropogenog djelovanja uz sve prednosti rezultira i velikim nedostatkom – velikim količinama otpada. Primjena koncepta urbanog rudarenja za cilj ima smanjenje količina otpada te smanjenje iskorištavanja primarnih resursa, a to je moguće na nekoliko načina: pravilnim gospodarenjem građevinskim otpadom, primjenom načela kružne ekonomije te analizom cijelog životnog ciklusa građevina.

Primjena načela kružne ekonomije sve je učestalija u svim industrijama pa tako i u građevinskoj industriji. Smanjenje količina otpada jedno je i od ciljeva održivog razvoja, ali i jedan od prioriteta u primjeni koncepta urbanog rudarenja. Jedan o glavnih uvjeta za primjenu svakako je stvaranje potražnje na tržištu uz fokus na detaljno planiranje rušenja i demontaže građevina na kraju njihovog životnog vijeka. S obzirom na velik broj obnova od potresa koje su trenutno u tijeku javlja se velik potencijal za implementaciju koncepta urbanog rudarenja. Svakako jedna od najvećih prepreka u primjeni je nedostatak standardiziranog procesa recertifikacije oporabljenog otpada zbog trenutno važeće zakonske regulative koja zahtjeva tehnički list i garanciju svojstava svih ugrađenih materijala u nove građevine. Iz primjera drugih zemalja vidljivo je da Hrvatska zaostaje za ostalima u pogledu recikliranja građevinskog otpada.

Studija slučaja Hrvatskog katoličkog sveučilišta ukazuje na to da je trenutna situacija u praksi takva da se izvođači uglavnom pridržavaju zakonskih obaveza kada je u pitanju uporaba i zbrinjavanje građevinskog otpada no ne pridaju važnost planiranju smanjenja količina otpada. Izmjenom i dopunom trenutne zakonske regulative te dodatnom edukacijom stručnjaka u industriji mogućnosti za primjenu koncepta urbanog rudarenja znatno će se povećati.

## Literatura

Agencija za zaštitu okoliša (AZO) i Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (MZOPUiG) (2008) 'Upute za određivanje postupaka oporabe (R) i (D)'

Alizadeh M., Kashef A., Wang Y., Wang J., Okudan Kremer G.E., Ma J. (2023), 'Circular economy conceptualization using text mining analysis', *Sustainable Production and Consumption*, vol. 35, str. 643-654,

Arora M., Raspall F., Fearnley L., Silva A. (2021) 'Urban mining in buildings for a circular economy: Planning, process and feasibility prospects', *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 174

Blengini G. A. (2009) 'Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy', *Building and Environment*, vol 44, str. 319-330

Cossu R., Williams I. D. (2015), 'Urban mining: Concepts, terminology, challenges', *Waste Management*, vol. 45, str. 1-3

Cruz Rios F. (2015) 'Design for Disassembly and Deconstruction – Challenges and Opportunities', *International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction*, mjesto, vrijeme održavanja, Elsevier Ltd. Str. ?

Europski Parlament i Vijeće (2008) Direktiva 2008/98/EZ o otpadu i stavljanju izvan snage određenih direktiva, *Službeni list Europske unije*, str. 99-126

Europski regionalni razvojni fond (n.d.) 'Cradle to cradle' *Sustainability Guide* [Online] Dostupno: <https://sustainabilityguide.eu/methods/cradle-to-cradle/> (Pristupljeno: 3.7.2023.)

Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP) (2021) 'Izvješće o gospodarenju građevnim otpadom u 2020. godini', HAOP, Zagreb [Online] Dostupno: [https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021\\_otpad/Izvjescja/OTP\\_2021\\_Gradjevni\\_izvjescje\\_2020.pdf](https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjescja/OTP_2021_Gradjevni_izvjescje_2020.pdf) (Pristupljeno: 15.1.2023.)

Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP) (2023) 'Obrasci', HAOP [Online] Dostupno: <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/otpad-registri-oneciscavanja-i-ostali-sektorski-pritisci/gospodarenje-otpadom-6> (Pristupljeno: 4.7.2023.)

Kabirifar K., Mojtahedi M., Wang C., Tam V. (2020) 'Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review', *Journal of Cleaner Production*, vol. 263

Koutamanis A., Reijn B, Bueren E., (2018) 'Resources, Conservation and Recycling', *Urban mining and buildings: A review of possibilities and limitations*, vol. 138, str. 32-39

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (MGiOR) (n.d.) 'e-ONTO' *Azo.hr* [Online]. Dostupno: <https://eonto.azo.hr/#/Ulaz> (Pristupljeno: 1.7.2023.)

Lovrenčić Butković L., Mihaljević M. (2021) 'Poznavanje koncepta kružne ekonomije u građevinskom sektoru' *Ekonomska misao i praksa*, vol. 2

Obradović D., Marenjak S. (2017) 'Uloga održavanja u životnom ciklusu građevine', 26. *Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja“ - OTO 2017. – Zbornik radova*, Osijek, 26. svibnja 2017., Osijek, Fakultet elektrotehnike i računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, str. 61-68

Ossio F., Salinas C., Hernández H. (2023) 'Circular economy in the built environment: A systematic literature review and definition of the circular construction concept', *Journal of Cleaner Production*, vol. 414

Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16)

Pravilnik o katalogu otpada (NN 90/15)

Prieto-Sandoval V., Jaca Garcia C., Ozazabal Goenaga M. (2016) 'Circular Economy: An economic and industrial model to achieve the sustainability of society', *22<sup>nd</sup> International Sustainable Development Research Society Conference*, Lisabon, Portugal, 13-15 srpnja 2016, School of Science and Technology, Universidade Nova de Lisboa

Rashid A., Yusoff S. (2015) 'A review of life cycle assessment method for building industry', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 45

Yazgan O, Ozturkolgu Y., Ozkan-Ozen Y. D. (2023) 'Construction and demolition waste management in urban transportation: A case study for performance Evaluation' *International journal of sustainable construction engineering and technology*, vol. 14, br. 1, str. 121-133

Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/21)

## POPIS SLIKA

Slika 1 Grafički prikaz temeljnih definicija koje se odnose na oporavak, recikliranje i izvlačenje resursa iz otpada (Cossu i Williamns, 2015) .....	3
Slika 2 Prikaz principa kružne ekonomije (Lovrenčić Butković i Mihaljević, 2021) .....	5
Slika 3 Klasifikacija prema katalogu otpada .....	11
Slika 4 Prateći list za otpad (HAOP, 2023) .....	12
Slika 5 Udio obrađenog otpada prema podgrupama (HAOP, 2021) <b>Pogreška!</b>	<b>Knjižna</b>
<b>oznaka nije definirana.</b>	
Slika 6 Drvene grede krovišta.....	23
Slika 7 Razvrstavanje otpada na gradilištu 1 .....	24
Slika 8 Razvrstavanje otpada na gradilištu 3 .....	25
Slika 9 Razvrstavanje otpada na gradilištu 2 .....	25
Slika 10 Kamion sa usisnom granom.....	26

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1 Popis postupaka odlaganja otpada (NN 69/16).....	13
Tablica 2 Popis postupaka uporabe otpada (NN 69/16) .....	13
Tablica 3 Rezultati istraživanja.....	17
Tablica 4 Popis količina recikliranog otpada.....	32

## **POPIS PRILOGA**

Ponudbeni troškovnik rušenja i demontaže

## PRILOG 1

### PROJEKT OBNOVE ZGRADE ZA CJELOVITU OBNOVU ZGRADE ILICA 244 KAMPUSA HRVATSKOG KATOLIČKOG SVEUČILIŠTA

poz	opis	jedinica mjere	količina
-----	------	-------------------	----------

#### II. RUŠENJA I DEMONTAŽE

##### NAPOMENE:

Cijena stavke obuhvaća dobavu i dopremu potrebnog materijala za izvedbu stavke, radnu skelu, te sav potrebni rad i spojni materijal.

##### OPĆI UVJETI

**Sve demontaže i rušenja vršiti pažljivo, da ne bi došlo do oštećenja postojeće konstrukcije i elemenata koji ostaju u funkciji. Konstrukciju i elemente koji ostaju u funkciji treba posebno zaštititi od radova u neposrednoj blizini.**

Radovi se izvode u svemu prema projektu i detaljima projektanta, a sve radnje vezano za stabilnost konstrukcije potrebno je usaglasiti s nadzornim inženjerom nakon provjere postojećeg stanja.

Sva rušenja, probijanja, bušenja i dubljenja treba u pravilu izvoditi ručnim alatom, s osobitom pažnjom.

Sve otvore na pročelju treba odmah nakon postave skele zaštititi PVC folijom debljine min 0,20 mm, kako prilikom obijanja žbuke ne bi došlo do oštećenja.

Nakon provedenih pripremnih radova, rušenja na pročelju vrše se prema unaprijed utvrđenom redosljedu dogovorenim s nadzornim inženjerom investitora.

Skidanje – obijanje žbuke vrši se do nosivog dijela zida, uključujući čišćenje sljubnica skobama i uz stalno kvašenje vodom zbog manjeg prašenja.

Sve elemente s pročelja (tablice s kućnim brojem, tablu s natpisom i sl.) treba skinuti i privremeno – do završetka radova kada će se ponovno postaviti – pohraniti na gradilištu ili mjestu koje se dogovori s nadzornim inženjerom investitora. Izvoditelj će snositi troškove ukoliko se navedeni elementi oštete ili otuđe.

Prije početka radova treba ispitati sve instalacije koje se nalaze na pročelju ili krovu građevine, te ih po stručnoj osobi zaštititi u skladu s propisima.

Prije rušenja i demontaže potrebno je s nadzornom službom običi gradilište kako bi se ustanovila potrebna rušenja u pojedinim stavkama.

##### JEDINIČNA CIJENA STAVAKA OBUHVAĆA:

- dobavu i dopremu potrebnog materijala, sav rad i alat
- zaštitu zgrade od mogućeg procurijevanja. U protivnom sva eventualna šteta i njena sanacija idu na teret izvođača radova.

PROJEKT OBNOVE ZGRADE ZA CJELOVITU OBNOVU ZGRADE ILICA 244  
KAMPUSA HRVATSKOG KATOLIČKOG SVEUČILIŠTA

poz	opis	jedinica mjere	količina
-	<p>Prostor je potrebno čistiti za vrijeme izvođenja radova kao i definitivno očistiti prije predaje investitoru na korištenje.</p> <p>- kompletno rušenje, uključivo sve pripremno-završne radove sadržane u faktorskim troškovima.</p>		
1	<p>Pažljiva demontaža metalnih držača za zastavu s uličnog pročelja.</p> <p>Demontirati pažljivo jer se nakon obnove ponovno postavljaju</p>	kom	2,00
2	<p>Demontaža različitih elemenata, koji više nisu u uporabi, s pročelja, kao što su metalni nosači, metalni ormarić itd...</p>	kom	3,00
3	<p>Demontaža različitih antena, koje više nisu u uporabi, s krova.</p>	kom	3,00
4	<p>Pažljiva demontaža metalnih ukrasa s krova.</p> <p>Demontirati pažljivo jer se nakon obnove ponovno postavljaju</p>	kom	2,00
5	<p>Ručno obijanje cjelokupne (100%) stare trošne žbuke debljine 2,5-4 cm sa ravnih ploha pročelja, nakon konzervatorskih istraživanja.</p> <p>Rad izvoditi pažljivo naročito u blizini dekoracija od opeke kako se ne bi oštetili dekorativni elementi.</p> <p>Zid pročelja je od opeke.</p> <p>Nakon obijanja žbuke zid očistiti čeličnim četkama, a reške skobama do dubine od 2 cm. Potom cijelu površinu otprašiti i isprati vodom.</p> <p>Nosiva konstrukcija se ne smije oštetiti.</p>	m2	1535,00
6	<p>Pažljivo skidanje kamenog sokla, te naknadna montaža nakon izvedbe hidroizolacije podnožja.</p>	m2	50,00
7	<p>Skidanje postojećeg pokrova crijepom do drvene konstrukcije komplet sa spojnim vijcima i završnim elementima.</p> <p>Obračun prema kosoj površini krova.</p>	m2	600,00
8	<p>Skidanje postojećeg pokrova eternitom do drvene konstrukcije komplet sa spojnim materijalom i završnim elementima.</p> <p>Obračun prema kosoj površini krova.</p>	m2	110,00
9	<p>Demontaža postojećih limenih krovnih horizontalnih i vertikalnih žljebova s obujmicama/kukama.</p> <p>Obračun po m'.</p>	m1	195,00



PROJEKT OBNOVE ZGRADE ZA CJELOVITU OBNOVU ZGRADE ILICA 244  
KAMPUSA HRVATSKOG KATOLIČKOG SVEUČILIŠTA

poz	opis	jedinica mjere	količina
10	Demontaža postojećih limenih opšava razvijene širine do 60 cm.	m1	350,00
11	Demontaža postojećeg limenog odušnika. visina do 150cm	kom	2,00
12	Otvaranje slijepog prozora u zidu od opeke debljine 45cm.  Vršiti pažljivo da se ne oštete ukrasi od fasadne opeke i vanjska betonska klupčica.	m3	10,00
13	Pažljiva demontaža sandučastih drvenih prozora. Prozori se demontiraju radi postave čelične konstrukcije pridržanja fasadnih zidova. Nakon uklanjanja čelične konstrukcije prozori se ponovno postavljaju. Obračun po komadu. dim prozora 130/230, st 1	kom	12,00
14	Demontaža dotrajalih drvenih i metalnih prozora i vrata, uključivo sav horizontalni transport na gradilišnu deponiju.  Prethodno izvođač treba uzeti sve potrebne mjere i detalje potrebne za izradu novih stavaka. Obračun po komadu. - jednokrlni prozor dim 75/45 - dvokrlna ulazna sjeverna vrata dim 135/240	kom kom	7,00 1,00
15	Pažljiva demontaža postojećih kovanih ukrasa u obliku stilizirane rešetke s ostakljenog dijela ulaznih vrata koja se demontiraju.  Ukrasi dimenzije do 110x40cm se ugrađuju na nova vrata.	kom	2,00
16	Utovar, prijevoz kamionima i istovar otpadnog materijala, ambalaže i sl. na gradsku deponiju udaljenu 15 km. Uključivo svi troškovi prijevoza i komunalna naknada deponiju. Obračun po m3 otpada u rastresitom stanju.	m3	72,00
<b>II. RUŠENJA I DEMONTAŽE UKUPNO:</b>			

poz	opis	jedinica mjere	količina
-----	------	-------------------	----------

## RADOVI OBNOVE UNUTAR GRAĐEVINE

### C) GRAĐEVINSKI RADOVI

#### I. DEMONTAŽE I RUŠENJA

##### NAPOMENE:

Cijena stavke obuhvaća dobavu i dopremu potrebnog materijala za izvedbu stavke, radnu skelu, te sav potrebni rad i spojni materijal.

##### OPĆI UVJETI

Sve demontaže i rušenja vršiti pažljivo, da ne bi došlo do oštećenja postojeće konstrukcije i elemenata koji ostaju u funkciji. Konstrukciju i elemente koji ostaju u funkciji treba posebno zaštititi od radova u neposrednoj blizini.

**Prije uklanjanja međukatnih konstrukcija potrebno je izvesti pridržanje fasadnih zidova za vrijeme izvedbe. Nakon postavljanja čelične konstrukcije pridržanja uklanjaju se međukatne konstrukcije.**

Radove izvoditi uz najstrože pridržavanje svih propisa zaštite na radu.

##### JEDINIČNA CIJENA STAVAKA OBUHVAĆA:

- ručni prijenos otpadnog materijala od demontaža i rušenja na gradilišnu deponiju
- Sav otpadni materijal potrebno je sortirati prema vrsti
- dobavu i dopremu potrebnog materijala, sav rad i alat
- dobavu, dopremu, postavu, održavanje i demontažu radne skele
- Prostor je potrebno čistiti za vrijeme izvođenja radova kao i definitivno očistiti prije predaje investitoru na korištenje.

- |    |  |     |      |
|----|--|-----|------|
| 1. | Dobava i postavljanje ograde oko gradilišta<br>Dužina cca 150m   | kpl | 1,00 |
| 2. | Izvedba <b>pripremnih radova prije početka radova</b> (plan rušenja, kontrola i određivanje točnih geodetskih visina, provjera mjera i veličina postojeće konstrukcije, kontrola priključaka instalacija) i drugi pripremnih radova koje je potrebno izvesti kako bi se mogao definirati opseg radova, potrebni zahvati na objektu, te izraditi plan aktivnosti, te osigurati sve uvjete za siguran rad. |     |      |

PROJEKT OBNOVE ZGRADE ZA CJELOVITU OBNOVU ZGRADE ILICA 244  
KAMPUSA HRVATSKOG KATOLIČKOG SVEUČILIŠTA

poz	opis	jedinica mjere	količina
	Radove je obvezan izvršiti izvođač radova prije nego pristupi izvođenju, a naročito se odnose na pregled konstruktivnih elemenata koji se zadržavaju i ostalih važnih elemenata koje odredi stručna osoba, kako bi se ocijenilo stanje i potrebna sanacija ili zamjena, a što je zbog nemogućnosti pristupa kod snimanja objekta bilo nemoguće točno utvrditi.		
	BRP građevine 2120m <sup>2</sup>	kpl	1,00
3.	Izvođenje prekida (umrtvljivanja/otpajanja) svih postojećih priključaka na javnu infrastrukturu (struja, vodovod, kanalizacija, plin, telefon) prije početka rušenja. Prilikom ovih radova obavezno konzultirati predstavnike komunalnih poduzeća.		
	elektroenergetski priključak	kom	1,00
	vodovod	kom	1,00
	kanalizacija	kom	1,00
	telefon	kom	1,00
	toplovod	kom	1,00
4.	Demontaža i iznošenje postojećeg namještaja i opreme, te pripadajućih instalacija iz zgrade.	h	80,00
5.	Demontaža postojeće instalacije grijanja, hlađenje i ventilacije uključujući: - Ispuštanje vode iz cijevnog sistema grijanja prije demontaže postojeće instalacije grijanja. - Kompletna postojeća instalacija toplinske stanice, komplet sa izmjenjivačima, razdjelnicima, pumpama, ekspanzijskim posudama, spremnicima, zapornom, sigurnosnom i pokaznom armaturom, te cjevovodima sa toplinskom izolacijom i ovjesnim materijalom. - Kompletna postojeća instalacija grijanja, komplet sa radijatorima, armaturom, razvodnim cjevovodima sa toplinskom izolacijom i ovjesnim materijalom. - Transport demontirane opreme na mjesto koje odredi investitor. Vrijednija oprema odvozi se na skladište, a bezvrijedna i dotrajala na deponij. Takse za deponiranje u cijeni stavke	kpl	1,00
6	Demontaža i rušenje cjelokupne unutarnje stolarije i bravarije uključivo s pripadnim dovratnicima, maskama i sl. Obračun po komadu.		
	otvori ≤ 2m <sup>2</sup>	kom	46,00
	otvori 2m <sup>2</sup> - 5m <sup>2</sup>	kom	29,00
7	Rušenje svih pregradnih zidova građevina uključeno sa žbukom i keramikom na zidovima. Zidovi od opeke debljine do 20 cm. Obračun prema m <sup>2</sup> uklonjenih zidova.	m <sup>2</sup>	750,00

PROJEKT OBNOVE ZGRADE ZA CJELOVITU OBNOVU ZGRADE ILICA 244  
KAMPUSA HRVATSKOG KATOLIČKOG SVEUČILIŠTA

poz	opis	jedinica mjere	količina
8	Rušenje dimnjaka u potkrovlju. Dimnjaci od opeke ukupne širine 45 cm. Obračun po m3 uklonjenih zidova.	m3	33,00
9	Rušenje svih nosivih zidova građevina uključeno sa žbukom i keramikom na zidovima u poziciji izvedbe ojačanja. Stavka obuhvaća sve mjere osiguranja stabilnosti (podupiranja skele i sl.) svih konstruktivnih i nekonstruktivnih elemenata na koje uklanjanje utječe bez obzira na duljinu raspona i visinu podupiranja Maksimalna visina podupiranja 350 cm Zidovi od pune opeke Obračun po m3 uklonjenih zidova.		
	PODRUM zid debljine 40-72 cm	m3	90,00
	PRIZEMLJE zid debljine 54-66 cm	m3	80,00
	1.KAT zid debljine 54-66 cm	m3	100,00
	2.KAT zid debljine 54-66 cm	m3	95,00
	POTKROVLJE zid debljine 45-50 cm	m3	28,00
10	Pažljiva razgradnja i skidanje drvene konstrukcije kosog krovišta. Pretpostavljeni dijelovi su: letve, rogovi, področnice, stupovi, ruke, klješta, kosnici, vezne grede i nadzidnice kompletno do nivoa podne konstrukcije potkrovlja. Obračun prema tlocrtnoj površini krova.	m2	490,00
11	Obijanje postojeće unutarnje dotrajale produžne žbuke debljine 3 cm s nosivih zidova koji se ne uklanjaju. Stavka podrazumijeva i rušenje i skidanje sokla od teraca visine 15 cm sa zidova gdje se isti nalazi. Stavka obuhvaća i čišćenje podloge i sljubnica čeličnim četkama od svih ostataka žbuke. Sljubnice se čiste do dubine 3,0 cm Nosiva konstrukcija se ne smije oštetiti. Obračun po m2 zida	m2	2250,00
12	Pranje zidova vodom pod tlakom nakon uklanjanja žbuke. Obračun po m2 zida	m2	2250,00
13	Rušenje svih slojeva poda 1. i 2. kata P3 do nosive konstrukcije - drvenog grednika Pretpostavljena debljina slojeva 12 cm - Završna obloga parket ili terazzo, šuta, daščana oplata) Pri rušenju slojeva poda treba paziti da se ne oštete obodni zidovi koji se zadržavaju Obračun po m2 površine poda	m2	730,00
14	Rušenje svih slojeva poda potkrovlja P4 do nosive konstrukcije - drvenog grednika		

PROJEKT OBNOVE ZGRADE ZA CJELOVITU OBNOVU ZGRADE ILICA 244  
KAMPUSA HRVATSKOG KATOLIČKOG SVEUČILIŠTA

poz	opis	jedinica mjere	količina
	<p>Pretpostavljena debljina slojeva 12 cm - Završna obloga opeka, šuta, daščana oplata)</p> <p>Pri rušenju slojeva poda treba paziti da se ne oštete obodni zidovi koji se zadržavaju</p> <p>Obračun po m2 površine poda</p>	m2	365,00
15	<p>Rušenje svih slojeva podgleda stropa prizemlja, 1. i 2. kata do nosive konstrukcije - drvenog grednika.</p> <p>Pretpostavljena debljina slojeva 4 cm daščana oplata i trstina i žbuka</p> <p>Obračun po m2 površine stropa</p>	m2	1095,00
16	<p>Rušenje i uklanjanje međukatne konstrukcije P3 i P4 - drveni grednik</p> <p>Pretpostavljena dimenzija greda presjek 20/20 cm duljina do 7 m postavljene na osnom razmaku 80-100 cm</p> <p>Stavka obuhvaća sve mjere osiguranja stabilnosti (podupiranja skele i sl.) svih konstruktivnih i nekonstruktivnih elemenata na koje uklanjanje utječe bez obzira na duljinu raspona i visinu podupiranja</p> <p>Obračun po m2 površine poda/stropa</p>	m2	1095,00
17	<p>Rušenje svih slojeva poda prizemlja S1 do nosive konstrukcije - opečni svod s traverzama</p> <p>Pretpostavljena debljina slojeva 12 cm - Završna obloga parket ili terazzo, šuta)</p> <p>Pri rušenju slojeva poda treba paziti da se ne oštete obodni zidovi koji se zadržavaju</p> <p>Obračun po m2 površine poda</p>	m2	145,00
18	<p>Rušenje svih slojeva poda prizemlja P2 pod na tlu.</p> <p>Pretpostavljena debljina slojeva 18 cm - Završna obloga parket ili terazzo, šuta)</p> <p>Pri rušenju slojeva poda treba paziti da se ne oštete obodni zidovi koji se zadržavaju</p> <p>Obračun po m2 površine poda</p>	m2	145,00
19	<p>Obijanje žbuke s podgleda stropa podruma P2 do nosive konstrukcije - opečni svod s traverzama</p> <p>Pretpostavljena debljina žbuke 3 cm</p> <p>Pri rušenju slojeva poda treba paziti da se ne oštete obodni zidovi koji se zadržavaju</p> <p>Obračun po m2 površine poda</p>	m2	145,00
20	<p>Rušenje i uklanjanje međukatne konstrukcije S1 između podruma i prizemlja - opečni svod s traverzama</p> <p>Pretpostavljena visina traverzi 16 cm i svod od pune opeke debljine 12 cm</p> <p>Obračun po m2 površine poda/stropa</p>	m2	145,00
21	Rušenje i uklanjanje poda podruma P1		

PROJEKT OBNOVE ZGRADE ZA CJELOVITU OBNOVU ZGRADE ILICA 244  
KAMPUSA HRVATSKOG KATOLIČKOG SVEUČILIŠTA

poz	opis	jedinica mjere	količina
	<p>Pretpostavljena debljina slojeva 15 cm - Završna obloga cementni estrih, betonska ploča, hidroizolacija, betonska ploča)</p> <p>Obračun po m2 površine poda</p>	m2	145,00
22	<p>Skidanje i vraćanje četverostrešne kape tornja bez rastavljanja uz pomoć dizalice</p> <p>Gurtne za podizanje konstrukcije postavljaju se u razini stropnih greda na spoju stropnih greda i grebenskih rogova te se međusobno povezuju te se na vrhu dizalice spajaju u dvije točke sve prema uputi statičara</p> <p>Stavka uključuje povezivanje i učvršćivanje zida ispod krova gurntom sve prema uputi statičara</p> <p>Pretpostavljena težina kape tornja do 4000kg</p> <p>Kapa se odlaže u blizini građevine, na poziciju koju odredi investitor, te se po završetku radovo ojačanja i sanacije vraća nazad.</p> <p>Stavka uključuje sav potreban rad i materijal</p> <p>dim tornja 6,88x5,09x8,33 m</p>	kpl	1,00
23	<p>Probijanje postojećih stropova na mjestu prolaska stupova za pridržanje fasade.</p> <p>Međukatna konstrukcija debljine 45 cm (parket, šuta, daščana oplata, drveni grednik, daščana oplata, trstina i žbuka)</p> <p>Prodori dimenzije 40/40 cm</p>	kom	6,00
24	<p>Uklanjanje kolničke konstrukcije u debljini 10-15 cm</p> <p>U stavku uključeno i pažljivo rezanje asfalta na rubovima zahvata na mjestima budućeg spoja s novim asfaltom.</p> <p>Obračun po m2 površine</p>	m2	125,00
25	<p>Zarezivanje utora u zidovima od opeke radi izvedbe AB stupova i greda</p> <p>Zarezivanje izvoditi prema projektu konstrukcije i uputi projektanta na licu mjesta (potrebno je izvesti „cik-cak“ vezu)</p> <p>Zasjecanje vršiti pažljivo tako da se ne ošteti ostatak konstrukcije.</p> <p>Stavka uključuje osiguranje konstrukcije na mjestu zarezivanja</p> <p>obračun po m3</p>	m3	11,00
26	<p>Pažljiva demontaža ograde stubišta.</p> <p>Obračun po m' ograde</p>	m1	40,00
27	<p>Razgradnja postojećih prefabriciranih stuba unutarnjeg stubišta recentnije izvedbe sa završnom obradom od terrazza.</p>		

PROJEKT OBNOVE ZGRADE ZA CJELOVITU OBNOVU ZGRADE ILICA 244  
KAMPUSA HRVATSKOG KATOLIČKOG SVEUČILIŠTA

poz	opis	jedinica mjere	količina
	<p>Stube se jednom stranom oslanjaju na čeličnu traverzu a drugom stranom su upete u zid od opeke. širina stube 32 cm, visina stube 15 cm, širina kraka 150cm</p> <p>Jedna stuba ima 0,05m<sup>3</sup>. obračun po komadu</p>	kom	72,00
28	<p>Izrada šablona za izvedbu vučenih profilacija. Šablone izraditi za sve vučene profilacije. Šablone će pregledati i odobriti predstavnik GZZSKP. Postupak uključuje čišćenje i eventualnu rekonstrukciju profilacije do izvorne forme te uzimanje uzoraka na očišćenim i retuširanim izvornim dijelovima. Obračunava se 1 komplet šablona za grubu i finu žbuku, bez obzira na broj pomoćnih šablona zbog duljine profilacije ili izrade posebne šablone za grubu žbuku.</p>	kpl	1
-	profilirani vijenac pr vrhu zida predvorja r.š. 50 cm	kpl	1
29	<p>Odvoz otpadnog materijala i šute na gradski deponij. Pretpost. dužina transporta do 15 km. Stavka uključuje odvajanje i razvrstavanje otpada. U cijenu stavke uključen ručni utovar, prijevoz, istovar, čišć. prom. površina, te naknada deponiju. Obračin po m<sup>3</sup> materijala u zbijenom stanju - faktor rastresitosti treba uključiti u jediničnu cijenu.</p>	m <sup>3</sup>	1866,00
<b>I. DEMONTAŽE I RUŠENJA UKUPNO:</b>			