

# Obnovljivi materijali u građevinarstvu i ekološka gradnja

---

**Veršić, Antonela**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:252724>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Antonela Veršić**

**Split, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Obnovljivi materijali u građevinarstvu i  
ekološka gradnja**

**Završni rad**

**Split, 2022.**

***Sažetak:***

Svijet kojeg danas poznajemo izložen je brojnim štetnim djelovanjima, a okoliš je sve više zagađen. Kao posljedica svega toga neizbježne su i klimatske promjene odnosno globalno zatopljenje. Građevinarstvo je industrijska grana koja dosta šteti okolišu i proizvodi dosta otpada. Kako bi se smanjio štetan utjecaj građevinarstva na okoliš, u praksi se sve više počinju koristiti alternativni materijali kao dobra i ekološki prihvatljivija zamjena za tradicionalne materijale. Osim obnovljivih materijala u ovom se radu govori i o ekološkoj gradnji, odnosno gradnji koja za cilj ima uštedu energije, smanjenje otpada i očuvanje okoliša.

***Ključne riječi:***

obnovljivi materijali, građevinski materijali, održivost, zelena gradnja

## **SUSTAINABLE MATERIALS IN CONSTRUCTION AND ECOLOGICAL BUILDING**

***Abstract:***

The world we know today is exposed to numerous harmful effects and pollution of the environment is rapidly increasing. The consequence of all this is the inevitable climate change and global warming. Construction is the industry that damages environment and produces a lot of waste. In order to reduce harmful impact of construction on the environment, alternative materials are increasingly being used in practice as a good and more environment friendly substitute for traditional materials. In addition to renewable materials, this paper also discusses ecological construction, i.e. construction that aims to save energy, reduce waste and preserve the environment.

***Keywords:***

sustainable materials, building materials, sustainability, green building

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: ANTONELA VERŠIĆ

BROJ INDEKSA: 4685

KATEDRA: Katedra za organizaciju i ekonomiku građenja

PREDMET: Organizacija građenja

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: **Obnovljivi materijali u građevinarstvu i ekološka gradnja**

Opis zadatka: U radu je potrebno dati pregled obnovljivih materijala koji su pogodni za primjenu u građevinarstvu, osvrnuti se na njihove karakteristike i mogućnost primjene kroz prikaz primjene u različitim projektima. Također, potrebno je izraditi usporednu analizu korištenja ekološki prihvatljivih materijala sa tradicionalno upotrebljavanim.

U Splitu, rujan 2022.

Voditelj Završnog rada: izv. prof. dr. sc. Nives Ostojić-Škomrlj

## Sadržaj:

1. UVOD.....	1
2. PROBLEM.....	3
3. ANALIZA LITERATURE.....	5
4. MOGUĆNOST PRIMJENE ALTERNATIVNIH EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH MATERIJALA .....	9
4.1 ZELENI KROV .....	9
4.2 IZOLACIJA NA ZGRADAMA .....	11
4.3 “ZELENI“ DIZAJN INTERIJERA .....	15
4.4 “ZELENE“ ZGRADE.....	16
5. OBNOVLJIVI MATERIJALI.....	19
5.1. BAMBUS.....	20
5.2. KONOPLJIN BETON .....	20
5.3. OVČJA VUNA .....	21
5.4. PLUTO.....	22
4.5. RECIKLIRANI ČELIK .....	22
5.6 SLAMA.....	24
5.8 DRVO .....	25
5.9 KAMEN.....	26
5.10 BIOPOLIMERI U GRAĐEVINARSTVU .....	28
6. USPOREDBA KLASIČNIH I OBNOVLJIVIH MATERIJALA.....	29
7. ZAKLJUČAK.....	31
LITERATURA :.....	32

# 1. UVOD

Održiva gradnja poznata je kao zelena gradnja, a njezin temeljni cilj je otkriti održiva rješenja u svakoj fazi postojanja zgrade, od projektiranja, izgradnje, korištenja, održavanja, renoviranja i na kraju rušenja. Održiva gradnja omogućuje uštedu energije te istovremeno postaje ekološki prihvatljivija zbog smanjenja emisije ugljikovog dioksida. Kao primarni ciljevi održive gradnje ističu se ušteda energije, smanjenje otpada, sigurnost konstrukcije za korisnike iste, smanjenje onečišćenja tijekom procesa gradnje i tijekom vremena. Jasno je da se razvojem održive gradnje minimaliziraju štetni učinci na okoliš zbog čega se u zadnja dva desetljeća fokus sa standardne gradnje prebacuje na održivu. Upotreba održivih građevinskih materijala i njihovih proizvoda promiče očuvanje neobnovljivih resursa koji se smanjuju na globalnoj razini. Pojam “zelena građevina“ možemo objasniti pomoću njegovih temeljnih karakteristika:

- Za proizvodnju materijala koristi se otpad (industrijski ili poljoprivredni), što je jedan od načina smanjenja otpada.
- Proizvodna tehnologija temelji se na niskoenergetskom proizvodnom procesu koji ne zagađuje okoliš.
- U procesu proizvodnje ne sudjeluju formaldehid, halogena otapala ili aromatski ugljikovodici, te proizvod ne smije sadržavati živu i olovo.
- Krajnji proizvod, odnosno građevina, treba biti dobra za naše zdravlje, ali i sigurna za korištenje.
- Dijelovi građevine mogu se ponovno koristiti ili reciklirati bez stvaranja dodatnog otpada.

Definicija održivosti datira iz 1987. godine kada je Svjetska komisija u Izvješću o okolišu i razvoju objavila članak pod nazivom “Budućnost čovječanstva“ u kojem je “održivi razvoj zadovoljavanje trenutnih potreba razvoja čovječanstva, na temelju neoštećenja ljudskih, društvenih i ekonomskih interesa u budućnosti“.[1] Ovakvo gledište, za arhitektonsku i građevinsku industriju, znači racionalno korištenje resursa koji su nam dostupni kako bi ispunili svoje želje i potrebe te isto osigurali budućim ljudima na planeti. Kako i sam naziv članka govori, budućnost čovječanstva ovisi o našim postupcima u sadašnjosti. Upotreba obnovljivih materijala jedan je od načina kojim pridonosimo boljoj budućnosti i očuvanju okoliša koji je ionako dovoljno zagađen upravo zbog nezasićenosti ljudi i njihovih želja koje su, nažalost, u većini slučajeva štetne za okoliš i prirodu koja nas okružuje.

**Tablica 1.** Glavni utjecaji građevinske industrije i građevina na tri dimenzije održivog razvoja [2]

	<b>Okoliš</b>	<b>Društvo</b>	<b>Ekonomija</b>
• Vađenje i potrošnja sirovima, iscrpljivanje resursa	+		+
• Promjena namjene zemljišta, uključujući čišćenje postojeće flore	+	+	+
• Korištenje energije i s tim povezane emisije stakleničkih plinova	+		+
• Ostale unutarnje i vanjske emisije	+		+
• Estetska degradacija		+	
• Korištenje vode i stvaranje otpadnih voda	+		+
• Povećanje potreba prijevoza, ovisno o mjestu	+	+	+
• Stvaranje otpada	+		+
• Korupcija		+	+
• Poremećaj zajednica, uključujući neprikladni dizajn i materijale		+	+
• Zdravstveni rizici na radnim mjestima i zdravlje stanovnika zgrada		+	+



## 2. PROBLEM

Građevinski materijali i tehnologije evoluirali su kroz vjekove. Umijeće građenja zgrada započelo je korištenjem prirodnih materijala poput neobrađenog drveta, kamena, slame, lišća, zemlje. Ubrzo su se počeli javljati problemi vezani za trajnost prirodnih materijala, a kako je čovjek oduvijek težio napretku javila se potreba za pronalaskom trajnih građevinskih materijala. Pečenje opeke predstavlja jedan od najstarijih primjera korištenja toplinske energije za dobivanje trajnih materijala, a otkriće prirodnih anorganskih veziva poput pucolanskih materijala rezultiralo je vapneno-pucolanskim cementom te je kao rezultat toga izumljen portland cement. Portland cement, čelik, a kasnije i plastika donijeli su velike i revolucionarne promjene u građevinarstvu od početka 20. stoljeća. Pronalaskom novih i trajnih materijala te rastom populacije, povećala se i potražnja za gradnjom. U nekim dijelovima svijeta to je dovelo do uništavanja šuma i prirodnih staništa jer su se šume krčile i zemljišta uništavala kako bi se dobili novi tereni za gradnju. Posljedica takvih uništavanja nije samo smanjenje biološke raznolikosti, već i utjecaj na klimatske promjene zbog emisije ugljikovog dioksida.

Još jedan od problema današnjice je i prekomjerna eksploatacija sirovina poput nafte što dovodi do iscrpljivanja resursa. Građevinarstvo je velik potrošač prirodnih resursa, no isto tako je i velik proizvođač građevinskog otpada. Osnovni materijal u građevinarstvu je beton, njegovi neizostavni sastojci su cement, agregat i voda te svaki od njih ima velik utjecaj na okoliš. Proizvodnja cementa rezultira velikom potrošnjom energije i emisije ugljikovog dioksida (stakleničkih plinova). Istraživanja su pokazala kako se pri proizvodnji cementa oslobađa približno 7% ukupne emisije ugljikovog dioksida. Dakle, proizvodnjom betona neizostavan je štetan učinak na okoliš upravo zbog cementa. Neke razvijene zemlje razvile su ideju korištenja industrijskog i poljoprivrednog otpada u betonu umjesto 100 % cementa. To se pokazalo ekološki prihvatljivo, ali i ekonomično. Također, jedan od problema današnjice je i globalno zatopljenje zbog čega je potrebno smanjiti količinu ugljikovog dioksida u atmosferi. Zbog svega navedenog javila se potreba za promjenom načina na koji naša građevinska industrija danas djeluje. Pojavio se interes za razvoj i upotrebu novih građevinskih materijala koji su ekološki prihvatljivija alternativa tradicionalnom betonu i ostalim manje prihvatljivim građevinskim materijalima zbog štetnih utjecaja na okoliš prilikom njihove proizvodnje.

Ipak, treba izdvojiti i probleme koji se mogu očekivati ako se odlučimo za održivu gradnju. Prvi, a u većini slučajeva i najveći problem zbog kojeg ljudi okreću leđa održivoj gradnji je visoka početna investicija. Bez obzira na to što je povrat ulaganja relativno brz i tijekom vremena velik, početno ulaganje mora postojati i to za većinu predstavlja problem zbog kojeg se okreću konvencionalnim metodama gradnje. Još jedan od problema je i dulje vrijeme gradnje koje je usko povezano s nabavom materijala. “Zeleni“ materijali nisu dostupni na svim područjima što često rezultira dugim rokovima isporuke do određenog mjesta. Nedostatak predstavlja i izbor tehnologije gradnje koja nije jednaka za svaku građevinu kao i pronalazak stručnjaka na ovom području. Industrija održive gradnje relativno je nova pa samim time razvoj tehnologija koje se koriste u ovoj industriji još nije dovršen, a kako je tek nedavno doživjela veći razvoj usavršavanje i pronalaženje stručnjaka u ovom području predstavlja još jedan problem. Lokacija je jedan od razloga zbog kojeg opada entuzijazam kad je riječ o održivoj gradnji. Različite lokacije znače i različitu klimu, a sve tehnologije nisu jednako uspješne u različitim klimama.

### 3. ANALIZA LITERATURE

Provedena su brojna istraživanja i napisane brojne studije o održivoj gradnji i alternativnim materijalima u građevini, sve u svrhu smanjenja štetnog utjecaja na okoliš te na buđenje svijesti o zelenoj gradnji. Poznato je da su zgrade veliki potrošači energije te je nužno pronaći način da se gubitak energije smanji. Međutim, još uvijek postoje neke nedoumice kad je riječ o zelenoj gradnji i zelenim materijalima. Jedno takvo pitanje je o značenju termina zeleni materijal, odnosno koje to uvjete materijal treba zadovoljavati da bi ga proglasili zelenim. Prikazano je kako nailazimo na razne definicije zelenog materijala, točnije postoje različiti sustavi ocjenjivanja materijala s različitim kriterijima koje materijal treba zadovoljiti da bi ga proglasili zelenim. Neki su usredotočeni samo na krajnji rezultat pritom potpuno zanemarujući tijek proizvodnje materijala. Drugi su najviše posvećeni ekonomskim pitanjima dok varijable kao što transport materijala ili toksini koje bi mogao emitirati ne smatraju previše bitnima. Neki smatraju i da se materijal može proglasiti zelenim ako ima barem jedan pozitivan utjecaj na okoliš, iako se daljnjom analizom može pokazati kako su ti materijali zapravo štetni za okoliš. Veliki problem je i to što su organizacije koje se bave ocjenjivanjem često financirane od strane neke industrije materijala pa su organizacije često primorane materijale iz tih industrija proglasiti zelenim. Sve to dodatno otežava ionako kompliciran postupak ocjenjivanja materijala zbog čega je gotovo nemoguće složiti jedinstvenu definiciju zelenog materijala. Ipak, svaki materijal koji ima barem neke karakteristike održivog materijala bolji je za okoliš od tradicionalnih materijala. Kao najvažniji cilj zelenih materijala ističu se smanjenje potrošnje energije i poboljšanje energetske učinkovitosti. Postoji i kriterij za odabir materijala na temelju njihove cijene i svojstava te opis tehnologija koje se koriste u građevinarstvu, ali se stalno razvijaju i unaprjeđuju. Tehnologije se mogu razlikovati od regije do regije, ali postoje temeljna načela koja su jednaka za sve. To su učinkovitost dizajna, optimizacija rada i održavanja, poboljšanje kvalitete okoliša, učinkovitost materijala te smanjenje toksina i otpada. S estetskog stajališta tako projektirana zgrada je u skladu s prirodnim značajkama i resursima koji okružuju prostor zgrade. Treba istaknuti doprinos održivih građevinskih materijala u smanjenju degradacije okoliša i stvaranju boljih zgrada, točnije zgrada koje povoljnije utječu na zdravlje ljudi i okoliša. Materijali su bitna stavka kod gradnje zgrada, zbog toga pri projektiranju treba voditi računa o odabiru materijala. Treba odabrati ekološki prihvatljive materijale koji su dobra alternativa tradicionalnim materijalima. Odabir materijala bitna je stavka u konceptu održive gradnje.

Potreba za održivom gradnjom posebno je izražena u gusto naseljenim područjima poput Indije. Južnoazijsko tržište ima svijetle izgleda za budućnost zelene gradnje iako pred sobom ima brojne izazove. Kupci tek trebaju otkriti prednosti zelenih materijala u odnosu na konvencionalne. Zbog velikog broja ljudi, potrošnja energije je također velika te se zelena gradnja nameće kao jedino logično rješenje koje može riješiti postojeći problem. Glavni razlog okretanja zelenoj gradnji je mogućnost uštede 30-40 % energije uz smanjenje operativnih troškova i poboljšanja zdravlja. Zbog toga Indija ima veliki potencijal za zelenu gradnju.

Usporednom analizom zelene gradnje i tradicionalnog načina gradnje zgrade dolazi se do saznanja o prednostima zelene gradnje. Zbog povećanja broja stanovnika i poboljšanja kvalitete života ljudima je potreban veći broj kuća za stanovanje. Problem je što se te kuće grade na tradicionalan način i tako troše veliku količinu energije. Uvođenjem zelenih zgrada diljem svijeta moguće je smanjiti potrošnju energije i tako smanjiti zagađenje. Analizirajući oba pristupa gradnje, pokazalo se kako zelena gradnja doprinosi i regionalnom gospodarstvu jer se 20 do 50% građevinskih materijala proizvodi unutar regije. Također, zelenom gradnjom potiču se i stanovnici određene regije na racionalnu upotrebu energije i budi se svijest o okolišu, odnosno o očuvanju okoliša i smanjenja otpada upotrebom ekološki prihvatljivijeg materijala kao naprimjer dasaka od bambusa. Konvencionalni pristup zahtjeva manje početne investicije, ali dugoročno održiv pristup je isplativiji. Zgrade, kao jedne od najvećih potrošača energije i proizvođača stakleničkih plinova postaju veliki globalni problem i izravno utječu na globalno zatopljenje. Zelena gradnja temelji se na gradnji koja je ekološki odgovorna, održiva i resursno učinkovita tijekom cijelog životnog ciklusa zgrade. Kako su zgrade odgovorne za gotovo polovinu potrošnje energije, nužno je pronaći alternativni način gradnje kojim će potrebe stanovništva za gradnjom biti ispunjene, a istovremeno će se trošiti manje energije. Zelena gradnja je dobar izbor za taj problem. Predstavljena je studija implementacije zelenih zgrada iz perspektive graditelja zgrada. Trenutačni problem je oklijevanje kupaca da plate oko 30 % više početnih troškova te se ipak odlučuju za konvencionalne kuće. Prikazani su rezultati ispitivanja 22 sudionika kroz intervju licem u lice. Istraživanje je provedeno između listopada i prosinca 2012. godine, a svi ispitanici bavili su se građevinskim djelatnostima. Studija pokazuje da je 77 % sudionika upoznato s konceptom zelene gradnje i razumije njegove dobrobiti, dok ostalih 23 % shvaća zeleni stambeni koncept, ali ne shvaća u potpunosti njegove prednosti.[3] Dakle, rezultati ove studije prikazuju kako je zelena gradnja još uvijek relativno nov pojam te je potrebna suradnja svih djelatnika

građevinske industrije kako bi se probudila svijest o dobrobitima zelene gradnje. Vlada ima važnu ulogu u promicanju trenda zelene gradnje svojim financijskim poticajima za one koji se odluče na ovakav način gradnje. Postoje dvije glavne vrste poticaja, a to su unutarnji i vanjski poticaji. Vanjski poticaji su prisilni, odnosno čovjek nije sam motiviran za ovakvu vrstu poticaja. Primjer ovakvih poticaja su vladini poticaji te iako oni ne moraju nužno biti financijski, činjenica je da se nameću investitorima kroz uvjete koji se moraju ispuniti prije dobivanja povlastica. Unutarnji poticaji su poticaji koji proizlaze iz volje i želje sudionika i to su psihološki poticaji, odnosno investitori i drugi sudionici projekta odlučuju se za zelenu gradnju jer oni to žele, a ne jer im se to nameće. Potvrđeno je da obje vrste poticaja imaju značajnu ulogu u promicanju zelene gradnje iako nije još potpuno jasno koji je način učinkovitiji. Za sad je utvrđeno samo da vanjski poticaji dobivaju više kritika od unutarnjih. Činjenica da su potrebni poticaji kako bi se ljudi okrenuli održivoj gradnji govori o tome da ovakav način gradnje još uvijek nije potpuno prihvaćen. Dakle, održiva gradnja nije spriječena nedostatkom informacija ili tehnologija, već zato što je teško usvojiti nove metode rada u svrhu primjene novih tehnologija. Otpor koji se pruža primjeni novih tehnologija rezultat je straha od rizika i nepredviđenih troškova. Kao glavne prepreke zelenoj gradnji navode se mehanizmi upravljanja, ekonomija, novi procesi gradnje, nedostatak razumijevanja klijenta i temeljnog znanja o zelenoj gradnji. Najvažnije radnje za promicanje zelene gradnje su buđenje svijesti klijenata o prednostima zelene gradnje, usvajanje metode za upravljanje održivom gradnjom i razvoj novog tima za rad s korištenjem novih alata.

Iz dosadašnjih istraživanja možemo zaključiti kako su neinformiranost ljudi i početna cijena održive gradnje najvažnija pitanja koja se javljaju kod investitora i izvođača. Iako su prednosti zelene gradnje i upotrebe obnovljivih materijala neupitne, još se čeka na njihovu globalnu primjenu. Odabir materijala bitna je stavka pri projektiranju, a odabirom obnovljivih materijala činimo uslugu okolišu i ljudskom zdravlju kroz cijeli životni vijek građevine. Svi sudionici građevinske industrije zajedno sa vladom trebali bi promicati održivu gradnju. Iako se sama definicija održivosti razlikuje u pojedinim regijama, koncept zelene gradnje svima je zajednički. Promatrajući provedena istraživanja i njihova otkrića vidljivo je da se posljednjih desetljeća intenzivnije razmišlja o obnovljivim materijalima i njihovoj primjeni u građevinarstvu. Problemi koji su bili prisutni prije 15-ak godina većinom su prisutni i sada, iako u manjoj mjeri. Nažalost, još uvijek je premalo stručnjaka na ovom području koji bi prenijeli svoje znanje i vještine te je zbog toga prostor za napredovanje ograničen. Predviđanja su kako će u budućnosti održiva gradnja uzeti

prednost nad tradicionalnim načinom gradnje zbog velikih onečišćenja i klimatskih promjena. Možemo reći kako građevinarstvo ima veliki potencijal za zelenu, odnosno održivu gradnju, no još uvijek ne možemo sa sigurnošću reći da će taj potencijal i ostvariti. Postoji dio ljudi koji shvaća i prihvaća dobrobiti koje ovakav način gradnje nosi sa sobom, ali oni su još uvijek u manjini. Sve dok je tako i dok se diljem svijeta ne probudi svijest o krucijalnoj važnosti zelene gradnje, nisu realna očekivanja za smanjenjem onečišćenja i klimatskih promjena na globalnoj razini.

## **4. MOGUĆNOST PRIMJENE ALTERNATIVNIH EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH MATERIJALA**

### **4.1 ZELENI KROV**

Zeleni krov nije novina u građevinarstvu, u prošlosti se koristio kao najjednostavniji zaklon od atmosferskih utjecaja, no svoju popularnost u urbanom okruženju stekao je tek u zadnjim desetljećima prošlog stoljeća. Zeleni krov pokriva krov zgrade zemljom i vegetacijom, obično iznad vodonepropusne membrane, drenažnog sloja i izolacije. Pogodan je za ravne krovove ili krovove s malim nagibom (do 20 stupnjeva). Vegetacija na krovu apsorbira prašinu i štetne plinove. Prednosti ovakvog krova u odnosu na tradicionalni su:

- Smanjenje rashladnog opterećenja zgrade sprječavanjem ulaska viška topline u zgradu
- Smanjenje emisije ugljikovog dioksida i toksičnih tvari u biomasi
- Smanjenje buke u zgradama
- Smanjenje otjecanja oborinskih voda zadržavanjem oborina
- Stvaranje staništa za biljke i životinje

Glavni nedostatak zelenog krova je visoka cijena njegove izvedbe, no uz sve prednosti koje nudi, te s obzirom na trenutnu situaciju u građevinarstvu i težnji za održivom gradnjom, možemo reći kako je zeleni krov ulaganje u bolju budućnost te kako se visoki početni troškovi isplate. Također, treba paziti na korijenje i spriječiti mogućnost prodiranja korijenja u niže slojeve, ali voditi računa i o djelovanju vjetra.

U Republici Hrvatskoj zeleni krovovi još nisu doživjeli svoj procvat u građevinarstvu, no za očekivati je da će u budućnosti postati sastavni dio zgrada u urbanom području.

Razlikujemo 2, odnosno 3 tipa zelenih krovova prema namjeni i karakteristikama. To su ekstenzivni, intezivni i poluintezivni.

### EKSTENZIVNI TIP

Ovaj tip krova zahtjeva minimalno održavanje, a svrha mu je pružanje lagane i prirodne vegetacije. Bilje koje se sadi na ovakvom krovu nije zahtjevno za održavanje, uglavnom je potrebno samo redovito zalijevanje (naprimjer mahovina ili sedumi). Prostor krova nije namjenjen za boravak ljudi, već ima samo estetsku i tehničku ulogu. U odnosu na ostala 2 tipa zelenih krovova, ekstenzivni tip je lakši i zahtjeva manje troškove izvedbe, ali i neke karakteristike zelenih krovova mogu biti manje izražene. Tako kontrola temperature, zadržavanje oborinske vode i poljoprivredni učinci mogu biti manji kod ovog tipa. Ekstenzivni krovovi ispuštaju najmanju količinu otrovnih tvari.

### POLUINTEZIVNI TIP

Ovaj tip kombinacija je ekstenzivnog i intenzivnog tipa krova. Ovakav krov zahtijeva povremeno održavanje, a sadi se uglavnom raslinje srednje visine.

### INTENZIVNI TIP

Intenzivni tip zelenih krovova poznat je i kao zeleni vrtovi. Ovaj tip služi za boravak ljudi te ima svojstva kao i svaka druga zelena površina. Također, ovaj tip je zahtjevniji za održavanje (zahtjeva stalno održavanje) i ugradnju. Krov može biti prekriven biljkama i drvećem visine do 4 metra zbog čega je potreban dublji sloj zemlje nego kod ekstenzivnog tipa. Njegova težina izravno utječe na konstrukciju jer se na njega mora gledati kao na dodatno opterećenje te ga je potrebno uzeti u obzir kod proračuna konstrukcije. Moguće je posaditi velik broj biljaka na ovom tipu krova, no ipak neće sve uspjeti jednako te je zbog toga dobro imati stručnjake koji će se brinuti o vegetaciji krova.



## 4.2 IZOLACIJA NA ZGRADAMA

Izolacijski potencijal zgrade bitan je faktor kada govorimo o potrošnji energije same zgrade. Toplinska izolacija vanjskih zidova zgrade jedan je od glavnih faktora za smanjenje emisije stakleničkih plinova i povećanje energetske učinkovitosti građevinske industrije. Općenito, izolacijski materijali imaju bitnu ulogu u projektiranju zgrade jer osim toplinske izolacije treba voditi računa i o zvučnoj izolaciji, vatrootpornosti, propusnosti vodene pare te utjecaju na okoliš i zdravlje ljudi. Sektor zgradarstva glavni je potrošač energije u građevinskoj industriji, njegov udio iznosi čak 40 % ukupne potrošnje energije u Europi, dok u Hrvatskoj taj postotak iznosi čak 42 % ukupne potrošnje energije.[4] Zbog toga ne čudi činjenica kako se osim tradicionalnih materijala uvode i alternativni, ekološki prihvatljiviji materijali za izolaciju vanjske ovojnice zgrada.

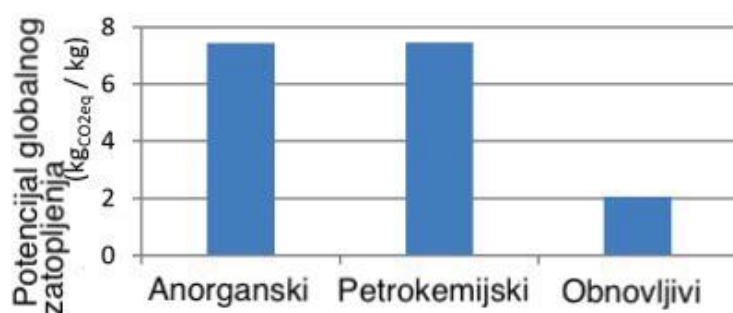
Neki od alternativnih materijala koji se koriste za izolaciju su:

- Ovčja vuna – Materijal posebno pogodan za zimsku toplinsku izolaciju. Među svojstvima se ističe njegova elastičnost zbog čega je dobar izbor za upotrebu kod plivajućih podova. Visoka vrijednost higroskopnosti (oko 35 %) ovčju vunu čini optimalnim regulatorom vlage.
- Konoplja - Materijali na bazi konoplje imaju veliku sposobnost upijanja znatne količine vode iz zraka što kao posljedicu ima povećanje toplinske vodljivosti. Kod primjene na zgradama, konoplja se obično miješa s poliesterskim vlaknima i usporivačima požara.
- Vlakno od jute – Problem u upotrebi ovog materijala je transport zbog štetnog učinka na okoliš ( biljka za vlakna se uzgaja u Indiji i Bangladešu ). Najčešće se komercijalno koristi kao elastični materijal u plivajućim podovima zbog elastičnosti vlakana.
- Kokosovo vlakno – Glavni razlog male zastupljenosti ovog proizvoda je prijevoz s istoka ( uzgaja se u Indoneziji, Indiji, Šri Lanki ). Ipak, kokosova vlakna proizvode se od nusproizvoda korištenjem male količine sintetičkih materijala i male količine energije. Danas su na tržištu dostupni paneli i role od kokosovih vlakana koji se koriste za zvučnu i toplinsku izolaciju.

- Reciklirana guma – U zgradama se uglavnom koristi za zvučnu izolaciju.
- Reciklirani karton – Kartonske ploče imaju dobru zvučnu izolaciju.

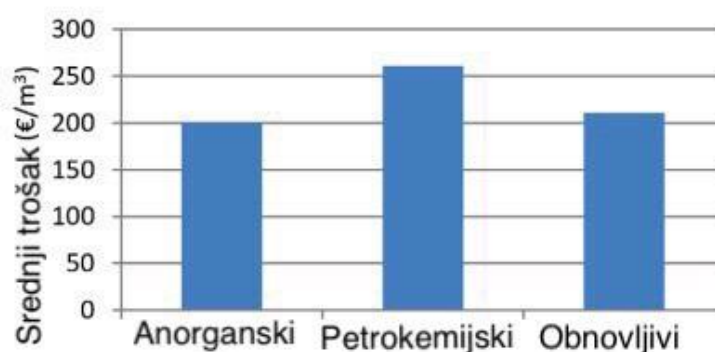
U slijedećim dijagramima prikazana su svojstva obnovljivih izolacijskih materijala u usporedbi s anorganskim i petrokemijskim materijalima koji se koriste u istu svrhu. [5]

### POTENCIJAL GLOBALNOG ZATOPLJENJA



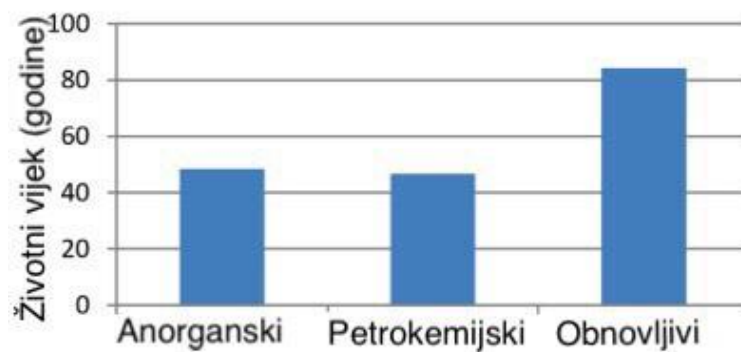
**Slika 3.** Srednja vrijednost potencijala toplinskog zatopljenja obnovljivih materijala u odnosu na konvencionalne materijale

### TROŠKOVI IZVEDBE



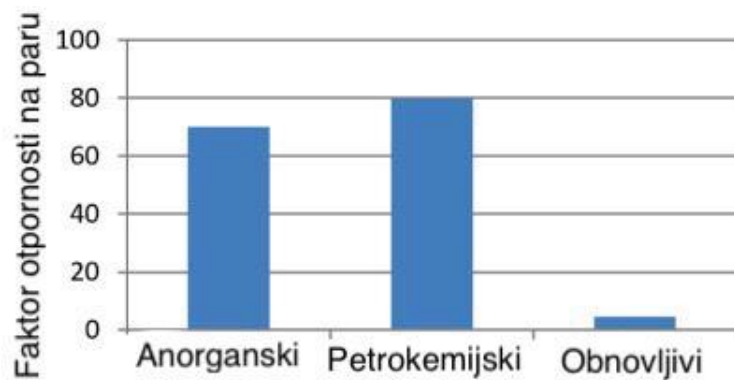
**Slika 4.** Prosječna vrijednost troškova po izolacijskom materijalu za obnovljive materijale u odnosu na konvencionalne materijale

## KORISTAN ŽIVOTNI VIJEK



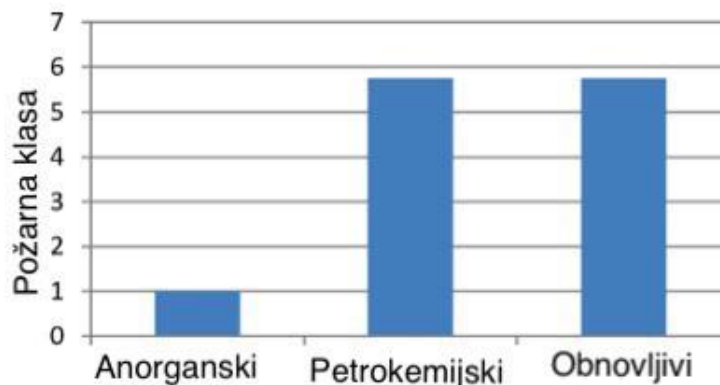
**Slika 5.** Koristan životni vijek obnovljivih materijala u odnosu na konvencionalne materijale

## FAKTOR OTPORNOSTI NA PARU



**Slika 6.** Faktor otpornosti na paru obnovljivih materijala u odnosu na konvencionalne materijale

## OTPORNOST NA VATRU



**Slika 7.** Otpornost na vatru obnovljivih materijala u odnosu na konvencionalne materijale

Iz prikazanih dijagrama vidimo kako su obnovljivi materijali dobar izbor za izolacijski materijal na zgradama, u usporedbi s ostalim materijalima imaju mali potencijal globalnog zatopljenja, troškove izvedbe približno jednake ili niže u odnosu na neobnovljive materijale, ali i dugi koristan životni vijek. Pružaju mali otpor prema propuštanju vodene pare te imaju visoku vatrootpornost. Konvencionalne materijale možemo podijeliti u dvije skupine, anorganske poput staklene vune i perlita, i petrokemijske kao što su poliuretan, ekspanzirani polistiren ( EPS ) i ekstrudirani polistiren ( XPS ).

### 4.3 “ ZELENI“ DIZAJN INTERIJERA

Zeleni dizajn velika je promjena u dizajnu interijera jer u fokusu više nije samo estetika prostora i njegova funkcionalnost, već i ekološki učinak na okoliš. Upotreba obnovljivih građevinskih materijala za uređenje interijera osnova je zelenog dizajna. Zeleni ili eko – dizajn zasniva se na 5 osnovnih načela :

- NAČELO SIGURNOSTI
- EKOLOŠKO NAČELO
- NAČELO UŠTEDE ENERGIJE
- NAČELO ESTETSKE PRIHVATLJIVOSTI
- EKONOMSKO NAČELO

Iako bi svi principi trebali biti zadovoljeni, ne možemo reći da su svi jednako važni. Posebno treba istaknuti načelo sigurnosti, odnosno potrebu za sprječavanjem narušavanja ljudskog zdravlja i okoliša upotrebom određenih materijala. Upotreba materijala za uređenje interijera izravno utječe na kvalitetu zraka u tom prostoru. U urbanom društvu ljudi provode i do 90 % vremena u zatvorenom prostoru pa loša kvaliteta zraka može bitno utjecati na njihovo zdravlje i produktivnost. Osim toga dugoročni boravak u takvom prostoru sa sobom nosi brojne rizike, poput oboljenja od astme, tumora ili alergija. Zbog toga posebnu pažnju treba obratiti na izbor materijala za podove, stropove, zidove i namještaj posebice ako se radi o velikim prostorima poput ureda gdje namještaj zauzima većinu površine prostorije.

Materijali koji se preporučuju za korištenje u eko- dizajnu su:

Za podove – Pločice i proizvodi od kamena

Puno drvo – bez poliuretanske završne obrade

Pluto – bez poliuretanske završne obrade

Beton – bez poliuretanske završne obrade

Za namještaj – Proizvodi od punog drveta (ormari , stolovi, komode ... )

Rabljeni proizvodi

Osim korištenja zelenih materijala, pojam eko - dizajna vežemo uz težnju za početnom kontrolom emisije štetnih plinova umjesto neprestanog čišćenja stalno onečišćenog zraka. Odnosno, odabirom odgovarajućih materijala štetne plinove svodimo na minimum. Smanjenje korištenja tekstila i tepiha također je jedna od odlika zelenog dizajna. Korisno je i ljepila zamijeniti čavlima ili vijcima, a proizvodi za održavanje i čišćenje bi trebali biti na bazi vode umjesto nekog kemijskog otapala. Pogodniji su materijali koji ne zahtijevaju završnu obradu za postojanost i dugovječnost, a dodatkom sobnih biljaka u prostoriju dodajemo i svježi izvor kisika u unutrašnju okolinu.

#### **4.4 “ZELENE“ ZGRADE**

Pojam zelenih građevina predstavlja sve ono čemu ekološka, odnosno zelena gradnja teži. Cilj je produžiti životni vijek zgrade upotrebom obnovljivih materijala, uz smanjenje otpada i potrošnje energije. Pri projektiranju ovakvih građevina u obzir se trebaju uzeti i neizravni faktori koji utječu na održivost. U neizravne faktore ubrajamo izgradnju cesta do zgrade i njihovo održavanje, vodovodni i kanalizacijski sustav, trgovine, benzinske postaje i javni prijevoz u neposrednoj blizini zgrade. Dakle, kako bi zgrada bila održiva, nemoguće je usmjeriti pažnju samo na jedan fokus već je potrebno sagledati širu sliku. Potrebno je definirati lokaciju u gradu gdje postoje uvjeti za gradnju održive zgrade, razumjeti ograničenje ekosustava, biti upoznat sa gustoćom naseljenosti i ukupnim stanovništvom grada, osigurati učinkovitu infrastrukturu za dugoročno upravljanje, identificirati kulturne i društvene probleme zajednice, zahtijevati korištenje, ponovnu upotrebu i recikliranje lokalnih materijala te izbjegavati uvozne kad je to moguće i surađivati s lokalnim dobavljačima kako bi se osigurao kvalitetan materijal za gradnju. Održivost zgrada ocjenjuje se na više načina, a najpoznatiji u svijetu danas je LEED certifikat Američkog savjeta za zelenu gradnju. LEED certifikat ( Leadership in Energy and Environmental Design / Vodstvo u energetske i okolišnom dizajnu ) ocjenjuje održivost naselja i zgrada ( postojećih i novoizgrađenih ). Razine su certificiran, srebrni, zlatni i platinasti, a dodjeljuje se za kuće, postojeće i novoizgrađene zgrade, interijer i naselja. Certifikat

ocjenjuje dizajn i gradnju koristeći bodovni sustav kategoriziran u pet područja:

- Energija i atmosfera
- Održivost mjesta
- Kvaliteta unutarnjeg okoliša
- Materijali i sredstva
- Čistoća vode

LEED certifikat najčešće se dodjeljuje za trgovačke centre i poslovne zgrade.

Razine certifikata i ustav bodovanja pri dodjeli LEED certifikata: [6]

40-49 bodova – CERTIFICIRAN

50-59 bodova – SREBRNI

60-79 bodova – ZLATNI

80- 110 bodova – PLATINASTI

U svijetu je posljednjih desetljeća zaživjela zelena gradnja, pa više nije tolika rijetkost pronaći zelenu zgradu. Ipak, kada se one povežu s vrhunskom arhitekturom i dizajnom dobivamo prava umjetnička, ali i višenamjenska djela. Primjer takve zgrade je projekt Bosco Verticale arhitekta Stefana Boerija koji se nalazi u Milanu u Italiji te služi kao prostor za stanovanje. Sličan primjer možemo pronaći i u Sydneyu u Australiji gdje je arhitekt Jean Nouvel projektirao zgradu pod nazivom One Central Park, također stambene namjene.

## MATERIJALI ZA ZELENE ZGRADE

**Tablica 2.** Tradicionalni i održivi materijali te njihova primjena [7]

	TRADICIONALNI MATERIJALI	ZELENI/ODRŽIVI MATERIJALI
IZOLACIJA	ploča od pjene	vuna,vuneno vlakno
KONSTRUKCIJA	beton,metal,opeka	kamen,bala slame, drveni okviri
PODOVI	beton,pločice, drveni laminat	bambus,kamen, pluto, drvo

U tablici iznad prikazani su održivi materijali koji se mogu koristiti u gradnji zgrada kao alternativa tradicionalnim materijalima. Vuna je dobar izbor za izolaciju jer ima veliku otpornost na požar te je prozirna pa upija i otpušta vlagu bez smanjenja toplinske učinkovitosti, vunena vlakna pružaju veliku toplinsku i zvučnu izolaciju, a zbog svog prirodnog porijekla vunena vlakna su održiva te se mogu reciklirati i ponovno upotrijebiti. Oba materijala su netoksična.

Bale slame su dobre kao konstrukcijski materijal jer je za njihovu proizvodnju potrebna mala količina energije i pri ispravnom održavanju imaju dugi vijek trajanja, a uz to su i potpuno biorazgradive. Kamen ima najduži životni vijek od svih materijala, te njegova upotreba ne iziskuje veliku količinu energije, također postoji široki izbor kamena koji se može koristiti kao građevinski materijal. Drvo, odnosno drveni okviri pogodni su za konstrukcije zbog svojih visokih toplinskih svojstava, izdržljivosti i dugog životnog ciklusa.

Bambus je prirodni i ekološki prihvatljiv materijal koji se može reciklirati, vodootporan je i ima fleksibilan stil dizajna. Pluta zahtijeva malo održavanja, ima dugi životni vijek pa su podovi od pluta dugotrajniji od prosječnih drvenih podova. Drveni podovi su dugotrajni, laki za čišćenje i održavanje, a drvo kao materijal omogućuje niz dizajna podova. Kamen je dobar vodič topline što ga čini pogodnim za podno grijanje, zbog izdržljivosti i održivosti kamena kameni podovi imaju dugi vijek trajanja.



## 5. OBNOVLJIVI MATERIJALI

Utjecaj na okoliš sveprisutna je tema današnjice na koju sve više sektora gospodarstva obraća pozornost prilikom donošenja svakodnevnih poslovnih i privatnih odluka. Građevinarstvo je posebno izloženo kad je riječ o ovoj temi jer je dobro poznat štetan utjecaj građevinarstva na prirodne resurse i okoliš općenito. Brojni ekološko prihvatljivi materijali pojavili su se na tržištu kako bi se smanjio štetan utjecaj gradnje. Odabir obnovljivih materijala za gradnju jedan je od težih zadataka jer je uključivanje ekoloških aspekata građevinskih materijala i tehnologija uglavnom izvan mogućnosti projektanta i njegovog tima. Interakcija građevinskih materijala s okolišem nije dovoljno istražena, a otežava je visoka razina varijabli i varijacija. Zbog toga je često teško procijeniti koji je materijal održiv, a koji nije. Primarna karakteristika održivog materijala njegova je ekološka prihvatljivost, te to treba biti materijal kojeg dobivamo iz obnovljivih izvora. Bitna je njegova održivost tijekom cijelog vijeka trajanja, korištenje manje energije pri proizvodnji, a kroz cijeli životni ciklus takvi materijali ne smiju ispuštati štetne tvari koje mogu nepovoljno utjecati na zdravlje i udobnost ljudi. Ako projektant odabere ovakav materijal za svoj projekt tada govorimo o održivoj gradnji.

Održiva gradnja brine i o prikladnosti materijala za određenu klimu, neki materijali su pogodni za hladniju i sušnu klimu, ali se razgrađuju u toplijim i vlažnijim područjima. U konačnici, ne postoji materijal koji je savršen, no neki su održiviji od drugih.

U nastavku je popis nekih od održivih materijala koji danas imaju široku primjenu u građevinarstvu:

- Slama
- Bambus
- Nepečena opeka
- Reciklirana plastika
- Nabijena zemlja
- Zelenilo (biljke i trava)

Održive, odnosno ekološki prihvatljive materijale možemo podijeliti na one koje koristimo u nosivim konstrukcijama kao što su bambus, reciklirani čelik, drvo... te one koje koristimo za završne radove poput slame, pluta, kamena, ovčje vune...

## **5.1. BAMBUS**

Stručnjaci za održivost slažu se da je bambus je jedan od najboljih ekološki prihvatljivih materijala na planeti, a potrebne su mu oko 3 godine da dosegne zrelost. Bambus je višegodišnja trava koja se nastavlja širiti i rasti bez potrebe za ponovnom sadnjom nakon žetve, također pažnju plijeni i njegova impresivna sposobnost samoregeneracije. Prevladava diljem svijeta, na svim kontinentima osim Europe i Antarktike.

Bambus ima visok omjer čvrstoće i težine i veliku izdržljivost, njegova tlačna čvrstoća veća je od drveta, betona ili cigle dok mu je vlačna čvrstoća usporediva s čelikom. Još jedna prednost mu je mala težina koja uvelike olakšava transport materijala. Nedostatak je što zahtijeva tretman protiv insekata i truleži jer neobrađeni bambus sadrži škrob koji privlači insekte te može nabubriti i popucati kada upije vodu. Bambus je popularan materijal u građevinarstvu, materijali od bambusa koriste se za razne konstrukcije, od skela do nebodera.

## **5.2. KONOPLJIN BETON**

Konopljin beton je lagan materijal, mješavina konoplje, vapna i vode. Služi za građenje zidova s toplinskim svojstvima zbog komponente konoplje u mješavini. Konoplja osigurava izolaciju zgrade kada je u tekućem obliku, a kada se osuši oblikuje se u čvrstu strukturu koja omogućava prolaze za žice i vodovod. Prednost konopljinog betona je ta što je prilagodljiv u hladnoj klimi, točnije može se ugraditi unutar zidova, a da mu za to nije potrebna izolacija zgrade na vanjskim zidovima kao što je slučaj s običnim betonom ili materijalima na bazi drva. Koristi se za gradnju samoizolacijskih zidova, krovova i estriha te je prilagodljiv u svim vrstama građevinskih projekata (od novogradnje do renovacije). U početku se konopljin beton lijevao ručno, a kasnije su na tržište stigla specifična mehanička projekcijska rješenja, čime su procesi postali mnogo učinkovitiji. Njegova upotreba u građevinskoj industriji raste zbog sposobnosti smanjenja emisije stakleničkih plinova.

### 5.3. OVČJA VUNA

Ovčja vuna je potpuno prirodni materijal, za razliku od izolacije od stakloplastike ili poliuretanske pjene u spreju koje se obično koriste kao izolacijski materijal. Ne razgrađuje se brzo kao ostali prirodni izolacijski materijali kao što je slama te se u odnosu na ostale prirodne izolacijske materijale brže regenerira, može se lakše dobiti pa je samim time i zastupljenija. Ovčja vuna nije potpuno nov materijal u građevinarstvu, ali širu primjenu dobila je tek razvojem održivog gospodarstva. U Europi 3 države prednjače u ovčarstvu, a to su Ujedinjeno Kraljevstvo, Španjolska i Rumunjska s gotovo 10 milijuna ovaca, dakle vune ima dovoljno za potrebe građevinarstva.[8]

Toplinska izolacija, odnosno toplinski izolacijski materijal za cilj ima smanjenje prijenosa topline koja nastaje na razini ovojnice zgrade. Odabir toplinskog izolacijskog materijala ovisi o nizu faktora kao što su reakcija na vlagu, utjecaj na okoliš, toplinska vodljivost, isplativost.

Još uvijek se kao izolacijski materijali najčešće koriste mineralna vuna i polistiren. U tablici su usporedno prikazana određena svojstva polistirena i ovčje vune.

**Tablica 3.** Procijenjena svojstva toplinskih izolacijskih materijala [8]

Materijal	Gustoća		Faktor otpora difuzije vodene pare $\mu$ [-]	Požarna klasa	Upijanje vode [%]	GWP [kgCO <sub>2eq</sub> /kg]	ODP [-]
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]					
Polistiren	15-35	0.031-0.043	20-70	E	2-3	<5	0
Ovčja vuna	10-25	0.038-0.054	1.0-3.0	E	35	0	0

Glavna razlika između ova dva materijala je u porijeklu. Ovčja vuna je potpuno prirodni materijal, proizvodi ju domaća ovca koja svake godine obnavlja svoje runo, zbog toga vuna dolazi iz obnovljivih izvora. Sirovina za proizvodnju polistirena je sirova nafta, dakle to je neobnovljivi izvor energije. Sličnost ovih materijala je što se oba mogu reciklirati, vuna može ponovno služiti kao termoizolacija ili se koristiti u neku drugu svrhu, a polistiren koji je termoplastični materijal može se ponovno koristiti ili reciklirati. Neki od pokazatelja za procjenu utjecaja određenog materijala na okoliš su potencijal globalnog zatopljenja (GWP) i potencijal onečišćenja ozona (ODP). Vrijednosti GWP i ODP koje se odnose na vunu imaju vrijednost 0, dok je kod polistirena ODP jednak 0, a vrijednost GWP je manja od 5.

## 5.4. PLUTO

Pluto je, poput bambusa brzorastući resurs. Njegova prednost je što se bere sa živog stabla, odnosno s kore drveta. Stabla pluta koja se redovito beru pohranjuju 3 do 5 puta više ugljikovog dioksida od stabala koja ostaju neubrana. Pluto je lagan, izdržljiv, vodootporan, elastičan, otporan na vatru i s odličnim izolacijskim svojstvima, a može se i ponovno koristiti. Struktura mu je sastavljena od sitnih stanica ispunjenih plinom čineći tako veliku razliku između volumena i težine materijala, točnije više od polovice njegovog volumena čini zrak. Navedena svojstva čine pluto vrlo korisnim građevinskim materijalom koji se primjenjuje u izradi podova, izolacijskih ploča, radnih ploča, akustičnih zidnih obloga i završnoj obradi, također može se koristiti pri izradi zelenog krova za izolaciju, odvodnju i zadržavanje vode.

## 4.5. RECIKLIRANI ČELIK

Najrecikliraniji građevinski materijal na svijetu je čelik, a oko 40 % njegove ukupne proizvodnje temelji se na recikliranom otpadu. Proizvodnja čelika čini oko 9 % ukupne potrošnje energije i emisije ugljikovog dioksida, ta brojka uvelike ovisi o količini recikliranog čelika jer se proizvodnja čelika od recikliranog materijala može izvesti uz mnogo manje energije i emisije ugljikovog dioksida.

Čelik je proizveden od najzastupljenijeg elementa na Zemlji, željeza, te se kao takav može beskonačno mnogo puta koristiti i reciklirati bez narušavanja njegovih svojstava. Promatrajući karakteristike čelika, treba izdvojiti njegov zavidan omjer čvrstoće i težine zbog kojeg sam čelik ima mogućnost ostvarivanja najzahtjevnijih, izvanrednih i oku ugodnih konstrukcija. Čelične konstrukcije imaju niz prednosti među kojima se ističe manja štetnost za okoliš zato što se proizvodnja, testiranje i certificiranje provode u nadziranom i kontroliranom tvorničkom okruženju. U takvom okruženju mogu se osigurati i nadzirati visoki standardi kvalitete za svaku komponentu zasebno. Ovakva proizvodnja dovodi do bržeg djelovanja na licu mjesta, odnosno na samom gradilištu, smanjuje se i otpad na gradilištu, a zbog manjeg broja isporuka odnosno bržeg transporta, smanjuje se i

emisija ugljika povezana sa samim transportom. Čelik nije zapaljiv te je kao takav dobar odabir u područjima sklonim potresu i drugim prirodnim katastrofama jer je manja vjerojatnost njegove deformacije, a dobra je opcija za područja pogođena uraganima zbog njegove dovoljne stabilnosti da izdrži jake vjetrove.

Kao najbitnije karakteristike čelika, koje ga čine toliko traženim materijalom, možemo istaknuti:

- *Mogućnost višekratne upotrebe*; s obzirom na to da su čelični okviri zapravo komplet dijelova mogu se lako rastaviti i ponovno sastaviti. Vijčani spojevi omogućavaju lako ponovno korištenje dijela konstrukcije ili konstrukcije u cijelosti, koja ostaje u odličnom stanju.
- *Brzina*; čelične konstrukcije se postavljaju relativno brzo, pritom se stvaraju veliku gužvu i otpad na gradilištu. Sam čelik je tih za podizanje, relativno je čist i ne zahtijeva puno dostave na gradilište. Zbog svega toga ekonomski je isplativ, što je bitno za održivi razvoj.
- *Sigurnost*; istraživanja već niz godina pokazuju kako je čelik najsigurniji građevinski materijal, u prilog tome ide činjenica da se komponente konstrukcije proizvode u sigurnom, tvornički kontroliranom okruženju.
- *Nema otpada*; ako projektant odabere čelik za svoju građevinu može biti siguran da je mala vjerojatnost da će taj čelik ikad postati otpad. Čelik uvijek ima svoju vrijednost te je slanje čelika na odlagalište uvijek posljednja stvar. Cilj svakog projektanta i građevinskog inženjera je smanjiti količinu otpada tijekom gradnje, a odabir čeličnih konstrukcija je najučinkovitiji i najjednostavniji način smanjenja otpada.

## 5.6 SLAMA

Poznato je da se slama kao građevinski materijal koristi još od paleolitika, no u modernoj gradnji slama je relativno nov materijal. Upotreba slame u modernoj gradnji počela je prije nešto više od 100 godina, a danas je upotreba konstrukcija od bala slame odobrena kodeksom. Uvođenjem slame u gradnju današnjice znatno je smanjena količina spaljene slame te se tako pomaže u smanjenju globalnog zagrijavanja. Sve se više ljudi i građevinskih tvrtki odlučuje za korištenje slame ponajviše zbog nedostatka ostalih resursa kao što je drvo. Slame još uvijek ima u izobilju, lako je dostupna te ekološki i cjenovno prihvatljiva. Još neke od prednosti slame su njezina vatrootpornost što ju čini odličnim materijalom za gradnju u područjima sklonim šumskim požarima, dobra zvučna izolacija, gradnja sa slamom se može odvijati dosta brzo jer su bale slame velike i jednostavne za montažu, bale slame su dovoljno velike i teške da se odupru jakim vjetrovima, ali i dovoljno fleksibilne da se ne uruše pri potresu. Ipak, postoje neke poteškoće i nedostaci u gradnji slamom. Bitna stavka je odabir vrste slame, preporučeno je korištenje pšenice ili raži, nadalje slama kao sezonski proizvod ima znatno ograničen vremenski prostor za gradnju slamom. Još jedan nedostatak je to što se bale slame ne smiju močiti ako nisu pravilno obložene zaštitnim materijalom te zbog toga nisu najbolji izbor u klimatski vlažnim područjima. Problem predstavljaju i insekti koje slama privlači, a stupanj “zaraženosti“ ovisi o količini vlage, ostacima krupnih zrna te vremenu koje je slame provela prije baliranja.

## 5.8 DRVO

Drvo je obnovljivi materijal koji doprinosi održivosti u građevinskoj industriji. Iako činjenica da je za upotrebu drva nužno prethodno krčenje šume ne ide u prilog prethodnoj rečenici, potrebno je situaciju sagledati iz drugog kuta. Korištenje umjetnih materijala kao što su beton ili čelik ima za posljedicu stvaranje stakleničkih plinova i onečišćenje okoliša, a to je veća šteta od one koju uzrokuje korištenje drva. Upotreba drva umjesto umjetnih materijala smanjuje štetan utjecaj na okoliš i ekonomski je prihvatljivija zbog manjih troškova izgradnje i rada općenito.

**Tablica 4.** Prikaz količine oslobođenoga CO<sub>2</sub> i uložene energije koja se oslobodi pri proizvodnji jedinice građevnoga materijala: primjer 1 m<sup>2</sup> zidnog elementa [9]

1 m <sup>2</sup> zidnoga elementa	Drvena kuća	Kuća od opeke
Težina (kg)	71	273
Energija (MJ)	271	876
Emisija CO <sub>2</sub> (kg)	-50	58

Bitni razlozi upotrebe drva u građevinarstvu su ekološka prednost, mala težina, dobra građevno-fizikalna svojstva, velika čvrstoća paralelno s vlaknima, manja potrošnja energije, laka obrada, trajnost, požarna i potresna sigurnost, mala osjetljivost na temperaturne promjene, veća uporabna površina pri jednakim vanjskim gabaritima građevine. Napredak u građevinskoj industriji omogućuje široku uporabu drva, od malih nestambenih zgrada do višekatnih zgrada dugog raspona. Drvene konstrukcije odlikuju se brojnim prednostima zbog čega predstavljaju dobar izbor u gotovo svim klimatskim područjima. Drvene kuće se preko zime lako griju, a ljeti su ugodne za boravak. Pri projektiranju drvom u obzir treba uzeti i estetsku vrijednost drva, drvo odiše svojom rustikalnošću i tradicijskim izgledom, ali je isto tako među omiljenim materijalima u modernoj arhitekturi. Činjenica da pomoću drva možemo postići izgled koji smo zamislili, zbog njegove velike mogućnosti oblikovanja, čini ga neizostavnim dijelom uređenja interijera i eksterijera. Kako je drvo prirodni materijal, treba uzeti u obzir i njegove nedostatke kao što su skupljanje i bubrenje, truljenje, utjecaj gljiva i insekata, zapaljivost i anizotropija. Zbog suvremene tehnologije građenja ne treba previše brinuti o navedenim nedostacima jer je moguća njihova sanacija odstranjivanjem oštećenih dijelova drva i

upotrebom kemijskih sredstava.

Još uvijek mala upotreba drva u gradnji proizlazi iz neznanja ljudi o drvetu i njegovim karakteristikama. Predrasude o dugotrajnosti drva, njegovoj masivnosti, vlazi i utjecaju insekata odbijaju ljude i investitore od ovog materijala, no najveća predrasuda je da je drvo zapaljiv materijal koji lako gori. Naime, drvo u požaru stvara zaštitni pougljeni sloj koji ima mali koeficijent toplinske vodljivosti te tako štiti unutarnje slojeve drva od visokih temperatura. Brzina stvaranja pougljenog sloja obično iznosi od 0,5 do 1,0 mm/min. Kako bi se šira javnost osvijestila i shvatila dobrobiti koje drvo kao materijal pruža potrebno je sustavno obrazovanje stručnjaka u području graditeljstva koji će poticati njegovu primjenu.

## **5.9 KAMEN**

Kamen je jedan od prvih građevinskih materijala koji se kroz povijest koristio gotovo za sve oblike građevina. O njegovoj izdržljivosti najbolje govori činjenica da su kamene građevine izgrađene prije nekoliko tisuća godina postojane i danas. Kamen ima gotovo sve karakteristike zelenog materijala; njegova proizvodnja i održavanje ne zahtijevaju kemikalije ili tvari štetne za okoliš, može služiti kao dobra toplinska izolacija za grijanje ili hlađenje objekta, a njegova trajnost je veća od većine drugih materijala koji se koriste danas. Također, kamen se može ponovno upotrijebiti za istu ili potpuno različitu svrhu. Najzastupljenije vrste kamena u građevini su granit, vapnenac, pješčenjak i mramor, a neke od njihovih funkcija prikazane su u tablici.



**Tablica 5.** Vrste kamena i njihova najčešća upotreba u građevinskoj industriji [10]

	VAPNENAC	GRANIT	PJEŠČENJAK	MRAMOR
Oblaganje zgrada		x	x	x
Opći građevinski radovi	x		x	
Ukrasni radovi i rezbarenje		x	x	x
Zidanje otporno na vatru	x		x	

Usprkos svim prednostima kamena, njegova se upotreba u građevinarstvu smanjuje, a neki od glavnih razloga su :

- Danas su dostupni alternativni materijali koji su lakše dostupni, zastupljeniji i prikladniji
- Kamenje nije jeftino, te postoje brojne ekonomičnije zamjene za kamen
- Obrada kamena je dugotrajan proces pa i gradnja kamenom dugo traje

Danas se kamen u građevinarstvu koristi kao lomljeni kamen za željezničke pruge, za izgradnju cesta, kao kamena prašina koja je zamjena za pijesak, kao kamene ploče za krovne te podove pločnika i zgrada, kao blokovi pri gradnji zgrade, kao lukovi, nadvoji, stupovi, zidovi, oslonci i stupovi mostova, koristi se i u proizvodnji vapna i cementa.

## 5.10 BIOPOLIMERI U GRAĐEVINARSTVU

Sve veća zabrinutost za okoliš i buđenje svijesti o održivoj, odnosno ekološkoj gradnji potaknuli su upotrebu biopolimera u inženjerskim djelatnostima. Biopolimeri imaju široku upotrebu u građevinskoj industriji, točnije upravo je građevinarstvo postalo glavno područje primjene biopolimera. Imaju široko područje primjene, od mostova i visokogradnje, stambenih zgrada i dvorana do sudjelovanja u izgradnji vodovodne i kanalizacijske mreže. Zbog velike zabrinutosti oko proizvodnje ekološki štetnih kemikalija, posljednjih desetljeća razvio se progresivan pristup za ispitivanje mogućnosti uporabe ekološki prihvatljivijih materijala u industrijskim djelatnostima. Brojna istraživanja pokazala su kako su upravo biopolimeri pogodni dodatak materijalima jer poboljšavaju njihova svojstva, a pritom ne zagađuju okoliš. Biopolimeri su zauzeli svoje mjesto u građevinarstvu te se i u budućnosti može očekivati njihova značajna upotreba. Zbog svoje niske cijene, biopolimeri će teško naći konkurenta na tržištu. Osim ekonomske, važna je i ekološka prednost biopolimera. Brojni korisnici u konačnici daju prednost biopolimerima u odnosu na sintetske proizvode jer su ekološki prihvatljiviji. U razvijenim državama, kao što je Njemačka, razmatra se mogućnost uvođenja obavezne dokumentacije za sve materijale koji se koriste u novim građevinama. Ako dođe do toga, prednost će dobiti eko-materijali te će upotreba biopolimera još više narasti. Biopolimeri će imati korist i od novog izazova građevinske industrije kojemu je cilj osigurati visokokvalitetne, ekonomične, ali i ekološki prihvatljive dodatke materijalima. Očekuje se da proizvodi u budućnosti trebaju biti netoksični, s niskom emisijom ugljikovog dioksida i štetnih plinova te biti potpuno sigurni za zdravlje ljudi i okoliša.

## 6. USPOREDBA KLASIČNIH I OBNOVLJIVIH MATERIJALA

Zelena gradnja uz brojne prednosti ima i jedan nedostatak, a to je cijena njezina izvođenja. Kao i u svim područjima života, tako i u građevinarstvu prefiks „eko“ predstavlja nešto skuplji proizvod kojemu je isti alternativa. Iako je karakterizira visoka početna cijena, zelena gradnja dugoročno je isplativa investicija. Većina uloženog novca vrati se vrlo brzo kroz niže troškove za energente i održavanje. Jednostavnije rečeno, ukupni trošak izgradnje i održavanja zgrade sagrađene na tradicionalan način veći je od troška zelene zgrade zbog prednosti zelene gradnje. Prednosti proizlaze iz činjenice da zelena gradnja manje zagađuje okoliš i šteti ljudima, čime se uvelike umanjuju zdravstveni troškovi kao što su bolovanja, izostanci s posla i hospitalizacija. O ovakvim društvenim aspektima rijetko se govori iako su bitan čimbenik u troškovima i trebalo bi ih uzeti u obzir pri projektiranju i odabiru materijala. Cijena zelene građevine ovisi i o LEED certifikatu, odnosno koliko bodova je građevina zavrijedila. Viša razina certifikata znači i veću cijenu građevine.

U tablici prikazane su neke od karakteristika zelene gradnje u odnosu na tradicionalni način građenja.

**Tablica 6.** Prednosti zelene gradnje u odnosu na tradicionalnu gradnju [11]

26 %	manje energije
30 %	manje otpada u zatvorenom prostoru
50 %	manje otpada
33 %	manje emisije CO <sub>2</sub>
30 %	manje upotrebe vode

Sljedeća tablica prikazuje usporedbu obnovljivih i alternativnih materijala.

**Tablica 7.** Usporedba obnovljivih i alternativnih materijala [12]

PARAMETRI USPOREDBE	TRADICIONALNI MATERIJALI	ALTERNATIVNI MATERIJALI
Podovi	Betonski podovi	Drveni podovi
Beton	Koristi se cement i druge tvari štetne za okoliš	Koristi se 'zeleni beton' od recikliranih materijala
Cilj	Ne postoje ekološki ciljevi	Cilj je smanjiti onečišćenje okoliša
Pojačanja	Željezna pojačanja	Pojačanja od bambusa
Zidni sustav	Zidovi od opeke	Zidovi od slame

Tradicionalni odnosno konvencionalni građevinski materijali najviše se koriste u građevini za gradnju zgrada, kuća, spomenika, građevina različitih namjena... Njihov najveći nedostatak je ekološki faktor, točnije oni negativno utječu na okoliš, a samim time i na ljudsko zdravlje. Među konvencionalnim materijalima valja istaknuti cement, staklo, čelik i gips. Proces proizvodnje cementa također štetno utječe na okoliš što znači da su ovi materijali štetni za okoliš i prije njihove direktne upotrebe na građevinama. Iako se ovi problemi do sada nisu uočavali ili barem nisu bili toliko izraženi jer je okoliš bilo u boljem stanju, danas je okoliš previše ugrožen i pitanja globalnog zatopljenja i otapanja ledenjaka postala su realnost.

Alternativni materijali ekološki su prihvatljivija verzija građevinskih materijala koji su popularnost stekli zbog ekološke situacije u svijetu i potrebe za zelenom odnosno održivom gradnjom. Kao što i sam naziv govori alternativni materijali pružaju alternativu tradicionalnim materijalima, primjerice betonske međukatne konstrukcije možemo zamijeniti drvenim međukatnim konstrukcijama, a zidove od opeke onima od slame. Osim povoljnog utjecaja na okoliš ističu se i s jednostavnim održavanjem, a na dugoročno su i vrlo ekonomični, za razliku od konvencionalnih materijala koji u početku predstavljaju povoljnije ekonomsko rješenje, ali vrlo brzo u troškovima preteknu alternativne materijale.

## 7. ZAKLJUČAK

Održivost materijala i građevina sagrađenih od istih neophodna je za očuvanje svijeta u kojem živimo. Fokus industrije i građevine više nije samo obaviti zadani cilj, naprimjer sagraditi zgradu, već se razmišlja kako sagraditi zgradu, a pritom smanjiti štetan utjecaj na okoliš. Posljednjih godina okoliš je pretrpio previše i posljedice toga počinju se osjećati, a u budućnosti one će biti sve izraženije. Iako brojni znanstvenici tvrde kako je već prekasno za spas uništenog okoliša, ipak možemo dati doprinos za bolje sutra. Jedan od načina za to je upotreba obnovljivih, odnosno održivih građevinskih materijala koji osim ekološke imaju i brojne druge prednosti. Danas postoji niz građevinskih materijala koji se koriste u građevinarstvu i pružaju dobru alternativu tradicionalnim materijalima. Takvi materijali mogu se koristiti u svim fazama gradnje, primjenjuju se kao materijali za nosive konstrukcije, za zidove i obloge, završne radove, ali i uređenje interijera koji je bitan faktor za estetiku prostora. Zbog svega navedenog pravi razlog za upotrebu tradicionalnih materijala umjesto održivih zapravo i ne postoji. Ulagач, odnosno investitor ima pravo izbora načina gradnje i materijala za svoju građevinu, no trebao bi uzeti u obzir sve faktore, od ekoloških do ekonomskih. Građevinski sektor, kao veliki potrošač energije, ali i proizvođač građevinskog otpada pod posebnih je povećalom kad su u pitanju održiva gradnja i očuvanje okoliša. Stanje u građevinarstvu već je puno bolje nego što je to bilo u prošlom desetljeću, no još uvijek postoji dosta prostora za napredak. Početni korak u tom napretku trebao bi biti educiranje građevinskih stručnjaka o ekološkoj gradnji i njezinim prednostima. Također, ekološka gradnja više ne bi trebala biti nešto što izaziva čuđenje i određenu vrstu divljenja, već bi trebala postati svakodnevna alternativa tradicionalnom načinu gradnje. Hrvatska po tom pitanju još uvijek kaska za ostatkom razvijene Europe i svijeta, no svijetla predviđanja za naredne godine govore kako bi trend zelene gradnje i uporabe obnovljivih materijala trebao doživjeti procvat i u Hrvatskoj.

## LITERATURA :

[1]Pan Feng: Brief discussion of green buildings,2011. ,Procedia Engineering

Dostupno na adresi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811049319>

Datum pristupa dokumentu: 23.4.2022.

[2] Khan R., Jabbar A., Ahmad I., Khan W., Mirza J., Khan A. N.: Reduction in environmental problems using rice-hush ash in concrete, svibanj 2012., Construction and building materials

Dostupno na adresi:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061811006581>

Datum pristupa dokumentu: 24.4.2022.

[3] Ezanee M. Elias, Chong Khai Lin: The Empirical Study of green buildings (residential) implementation: Perspective of house developers, 2015.,Procedia Environmental Sciences

Dostupno na adresi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029615002959>

Datum pristupa dokumentu: 9.7.2022.

[4] Ivana Šandrak Nukić: Učinkovito upravljanje potrošnjom energije u javnim zgradama kao odrednica energetske održivosti gospodarstva, 27. Studenog 2019.

Dostupno na adresi:<https://hrcak.srce.hr/file/347759>

Datum pristupa dokumentu: 5.5.2022.

[5] Durakovic B., Yildiz G.,Yahia M. E.: Comparative performance evaluation of conventional and renewable thermal insulation materials used in building envelopes

Dostupno na adresi:<https://hrcak.srce.hr/file/340548>

Datum pristupa dokumentu: 7.5.2022.

[6] Humbert S., Abeck H., Bali N., Horvath A.: Leadership in Energy and Environmental Design, 2007., Life Cycle Management

Dostupno na adresi:<https://escholarship.org/content/qt01n0q8bx/qt01n0q8bx.pdf>

Datum pristupa dokumentu: 20.5.2022.

[7] Usman Aminu Uman i Mohd Faris Khamidi: Sustainable building material for green building construction, conservation and refurbishing, prosinac 2012.

Dostupno na adresi:<https://opamss.org.sv/wp-content/uploads/2020/03/Sustainable-Building-Material-for-Green-Building-Construction-Conservation-and-refurbishing.pdf>

Datum pristupa dokumentu: 16.7.2022.

[8] Denes O., Florea I., Manea D. L.: Utilization of sheep wool as a building material, 2019., Procedia Manufacturing 3

Dostupno na adresi:

[https://www.researchgate.net/publication/332595258\\_Utilization\\_of\\_Sheep\\_Wool\\_as\\_a\\_Building\\_Material](https://www.researchgate.net/publication/332595258_Utilization_of_Sheep_Wool_as_a_Building_Material)

Datum pristupa dokumentu: 29.4.2022.

[9] Manja Kitek Kuzman: Drvo kao građevinski material budućnosti,2009.

Dostupno na adresi:<https://hrcak.srce.hr/file/79618>

Datum pristupa dokumentu: 28.4.2022.

[10] Klemm A., Wiggins D.: Sustainability of natural stone as a construction material, 2016., Sustainability of Construction Materials (Second Edition)

Dostupno na adresi:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081003701000123>

Datum pristupa dokumentu: 20.6.2022.

[11] V. Sumateja Reddy: Sustain construction: Analysis of its costs and financial benefits, 2016.,Internacional Journal of Innovative Research in Engineering & Management

Dostupno na adresi:

[https://www.researchgate.net/publication/312249507\\_Sustainable\\_Construction\\_Analysis\\_of\\_Its\\_Costs\\_and\\_Financial\\_Benefits](https://www.researchgate.net/publication/312249507_Sustainable_Construction_Analysis_of_Its_Costs_and_Financial_Benefits)

Datum pristupa dokumentu: 2.7.2022.

[12] Balramdas, Prakash meher, Snehasish behara, Bibik rath, Shreetam dash,Paramjeet choudhary: A comparison between normal buildings and green buildings-A case study approach, svibanj 2012., Internacional Research Journal of Engineering and Technology  
Dostupno na adresi:

[https://www.academia.edu/34700941/A\\_comparison\\_between\\_Normal\\_buildings\\_and\\_Green\\_buildings\\_A\\_case\\_study\\_approach](https://www.academia.edu/34700941/A_comparison_between_Normal_buildings_and_Green_buildings_A_case_study_approach)

Datum pristupa dokumentu:15.7.2022.

[7] Usman Aminu Uman i Mohd Faris Khamidi: Sustainable building material for green building construction, conservation and refurbishing, prosinac 2012.

Dostupno na adresi:<https://opamss.org.sv/wp-content/uploads/2020/03/Sustainable-Building-Material-for-Green-Building-Construction-Conservation-and-refurbishing.pdf>

Datum pristupa dokumentu: 16.7.2022.



## OSTALI IZVORI

Xiaoqing Yu, Mao Lin, Li Jia, Yusong Lu, Na Wei: Discussion on Green Building Materials, 2012., Advanced Materials Research

Dostupno na adresi: <https://www.scientific.net/AMR.568.265>

Datum pristupa dokumentu: 9.4.2022.

N.Štrimer: Utjecaj građevinskog materijala na okoliš, Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Požegi, 1(2012), str. 293-311

X Li, Y Zhang: Problems and countermeasures of green building development in cold areas, 2018., IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

Dostupno na adresi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/399/1/012030/pdf>

Datum pristupa dokumentu: 13.4.2022.

Cody Fithian i Andrea Sheets: Determining the true definition of green, 2009., Green Building materials

Dostupno na adresi: [https://soa.utexas.edu/sites/default/disk/preliminary/preliminary/9-Fithian\\_Sheets-Green\\_Building\\_Materials.pdf](https://soa.utexas.edu/sites/default/disk/preliminary/preliminary/9-Fithian_Sheets-Green_Building_Materials.pdf)

Datum pristupa dokumentu: 13.7.2022.

Shiva Ji: Green Building Materials and their Common Use in Everyday Life, siječanj 2016.

Dostupno na adresi:

[https://www.researchgate.net/publication/291345604\\_Green\\_Building\\_Materials\\_and\\_their\\_Common\\_Use\\_in\\_Everyday\\_Life](https://www.researchgate.net/publication/291345604_Green_Building_Materials_and_their_Common_Use_in_Everyday_Life)

Datum pristupa dokumentu: 15.7.2022.

Mridu Chakrabarty, Nitin Lekhwani: Green Building Materials Market-Growth, Trend and Opportunity: South Asian Perspective, siječanj 2016., International Journal of Environmental Science and Development

Dostupno na adresi:

[https://www.researchgate.net/publication/282394040\\_Green\\_Building\\_Materials\\_Market-Growth\\_Trend\\_and\\_Opportunity\\_South\\_Asian\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/282394040_Green_Building_Materials_Market-Growth_Trend_and_Opportunity_South_Asian_Perspective)

Datum pristupa dokumentu: 17.7.2022.

Varma K., Chaurasia M., Shukla P., Ahmed T.: Green Building Architecture: A Literature Review on Designing Techniques, veljača 2014., Internacional Journal od Scientific and Research Publications

Dostupno na adresi: <https://www.ijsrp.org/research-paper-0214/ijsrp-p26103.pdf>

Datum pristupa dokumentu: 10.7.2022.

Olubunmi O. A., Xia P. B., Skitmore M.: Green building incentives: A review, siječanj 2016., Renewable and Sustainable Energy Reviews

Dostupno na adresi:

[https://www.academia.edu/21570458/Green\\_building\\_incentives\\_A\\_review](https://www.academia.edu/21570458/Green_building_incentives_A_review)

Datum pristupa dokumentu: 25.6.2022.

Hakkien T., Belloni K.: Barriers and drivers for sustainable building, 2011., Building research and information

Dostupno na adresi: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000289405200004>

Datum pristupa dokumentu: 28.5.2022.

Blackhurst M., Hendrickson C., Matthews H. S.: Cost Effectiveness of Green Roofs, prosinac 2010., Journal of Architectural Engineering

Dostupno na adresi:

[https://www.researchgate.net/publication/239426950\\_Cost\\_Effectiveness\\_of\\_Green\\_Roofs](https://www.researchgate.net/publication/239426950_Cost_Effectiveness_of_Green_Roofs)

Datum pristupa dokumentu: 20.4.2022.

Bianchini F. i Hewage K.: How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials, kolovoz 2011., Building and Environment

Dostupno na adresi: <https://ceyes.eu/wp-content/uploads/2021/04/Bianchini-and-Hewage-How-green-are-the-green-roofs-Lifecycle-analysis-of-green-roof-materials.pdf>

Datum pristupa dokumentu: 19.4.2022.

Schiavoni S., D'Alessandro F., Bianchi F., Asdrubali F.: Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis, rujan 2016., Renewable and Sustainable Energy Reviews

Dostupno na adresi:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116301551>

Datum pristupa dokumentu: 5.5.2022.

Ming Ni: Research on application of green concepts in interior design, 2017., Advances in Social Science

Dostupno na adresi:<https://www.atlantispress.com/proceedings/icesame-17/25877469>

Datum pristupa dokumentu: 7.5.2022.

Kirsty Mate: Using Materials for Sustainability in Interior Architecture and Design, studeni 2007., Journal of Green Building

Dostupno na adresi:<https://meridian.allenpress.com/jgb/article/2/4/23/199982/Using-Materials-for-Sustainability-in-Interior>

Datum pristupa dokumentu: 9.5.2022.

Boyle C. A.: Sustainable buildings, ožujak 2005., Engineering Sustainability 158

Dostupno na adresi:

<http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucessjb/S3%20Reading/boyle%202005.pdf>

Datum pristupa dokumentu: 16.5.2022.

Vigovskaya A., Aleksandrova O., Bulgakov B.: Life cycle assessment of a LEED certifies building, 2018., IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

Dostupno na adresi:<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/2/022007>

Datum pristupa dokumentu: 21.6.2022.

Bjorkman B., Samuelsson C.: Chapter 6- Recycling of Steel, 2014., Handbook of Recycling

Dostupno na adresi:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123964595000064>

Datum pristupa dokumentu: 15.4.2022.

Mark Gorgolewski: The implications of reuse and recycling for the design of steel buildings, veljača 2011., Canadian Journal of Civil Engineering

Dostupno na adresi:

[https://www.researchgate.net/publication/237189064\\_The\\_implications\\_of\\_reuse\\_and\\_recycling\\_for\\_the\\_design\\_of\\_steel\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/237189064_The_implications_of_reuse_and_recycling_for_the_design_of_steel_buildings)

Datum pristupa dokumentu: 15.4.2022.

Užar Josip: Drvo - material u suglasnosti s prirodom, 2013.

Dostupno na adresi: <https://hrcak.srce.hr/file/161418>

Datum pristupa dokumentu: 4.6.2022.

University of Stuttgart – Biopolymers as construction material of the future?, svibanj 2010.

Dostupno na adresi: <https://www.biooekonomie-bw.de/en/articles/pm/university-of-stuttgart-biopolymers-as-construction-material-of-the-future>

Datum pristupa dokumenta: 12.4.2022.