

TAREC²

Transformacija pepela iz drvene biomase u građevne kompozite s dodanom vrijednošću

Istraživački projekt IP-2016-06-7701, Hrvatska zaklada za znanost

Voditeljica projekta:

prof.dr.sc. Nina Štirmer, dipl.ing.građ.

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet

Zavod za materijale

Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb

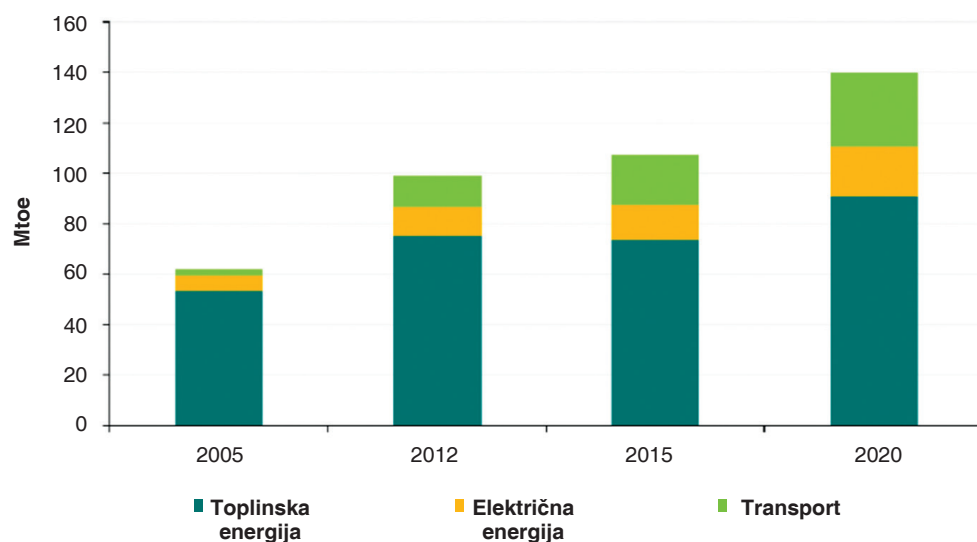
www.grad.hr/tarec



1. ENERGANI NA DRVNU BIOMASU

Energane na krutu i plinovitu biomasu predstavljaju jedan od najznačajnijih obnovljivih izvora energije u Europskoj uniji (EU) te se očekuje da će biti jedan od glavnih aktera pri dostizanju europskog plana za korištenje barem 20 % energije iz obnovljivih izvora do 2020.

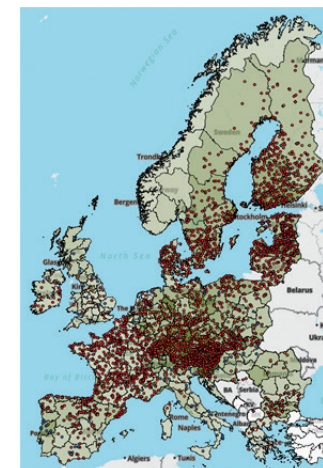
Korištenje biomase za ovu namjenu u EU bilježi značajni rast od 2005. godine (slika 1.) i prema predviđanjima nacionalnih akcijskih planova zemalja članica za obnovljive izvore energije (OIE), predviđa se da će se rast nastaviti sa 86,5 milijuna tona ekvivalentne nafte (Mtoe) u 2012. godini do 110,5 Mtoe u 2020. godini.



Slika 1. Potrošnja biomase u zemljama EU za proizvodnju električne energije, toplinske energije i transport

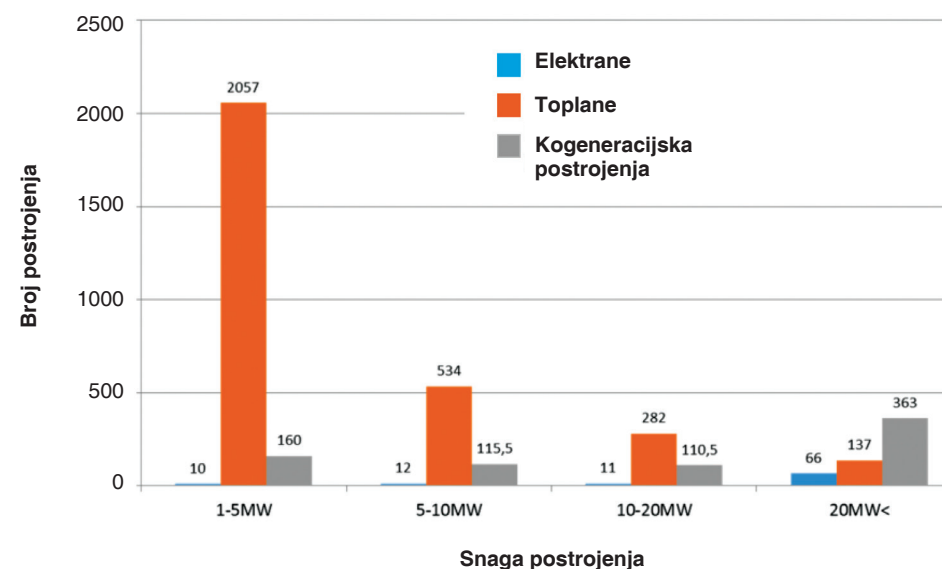
Izvor: European Commission, "Commission staff working document - State of play on the sustainability of solid and gaseous biomass used for electricity, heating and cooling in the EU," Brussels, SWD(2014) 259, 2014.

Projektom „Basis BioEnergy“ je do kraja ožujka 2016. godine utvrđeno postojanje sveukupno 4079 energana na biomasu u zemljama EU28 (slike 2 i 3).



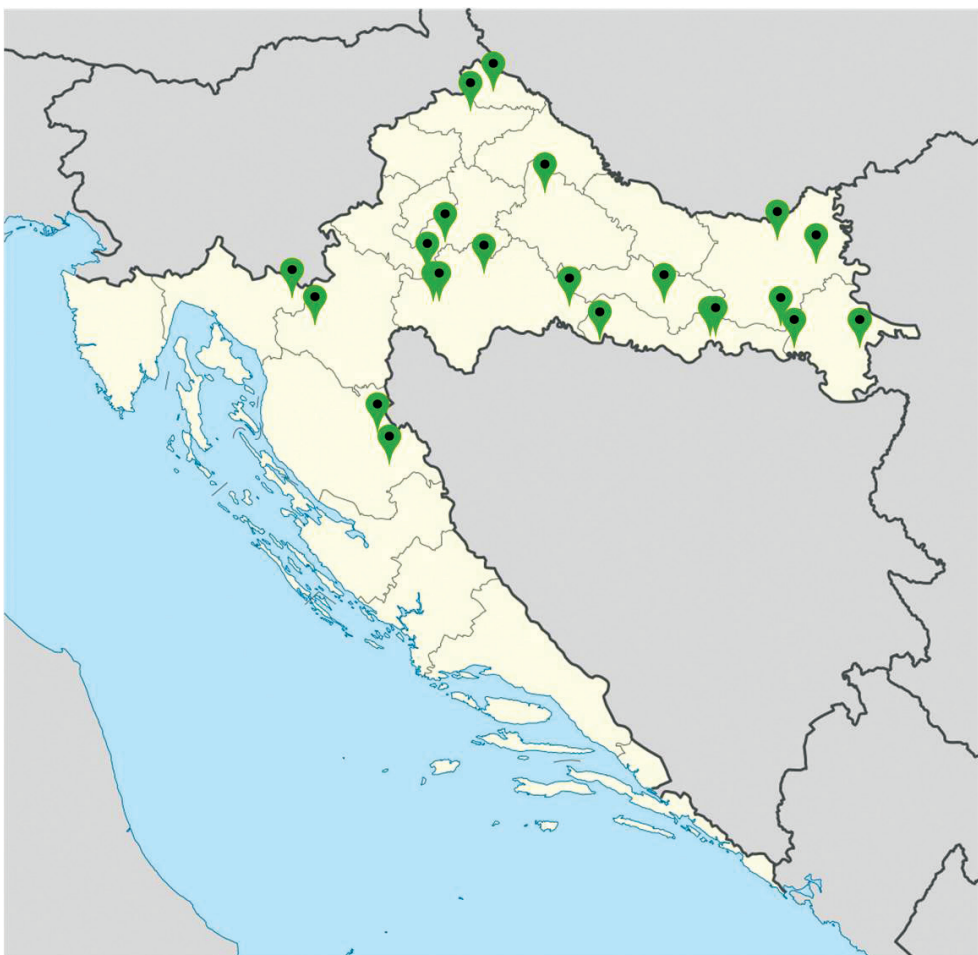
Slika 2. Lokacije energana na biomasu u EU

Izvor: Basis Bioenergy Project, "Basisbioenergy.eu project results," 2016.



Slika 3. Broj energana na drvenu biomasu (sječku) u EU, izvor: Basis Bioenergy Project, "Basisbioenergy.eu project results," 2016.

Republika Hrvatska ima veliki potencijal iskorištenja drvene biomase nastale prilikom procesa gospodarenja šumama kao i ostataka industrijske prerade drva. **Slika 4** prikazuje postrojenja za koje je Hrvatski operater tržišta energije (HROTE) sklopio ugovor o otkupu električne energije, a još nisu puštena u pogon, a koja će koristiti biomasu kao gorivo.



Slika 4. Postrojenja za koje je HROTE sklopio ugovor o otkupu električne energije, a još nisu puštena u pogon, a koja će koristiti biomasu kao gorivo, imaju ukupnu predviđenu snagu od 85,823 MWe (ukupno 53 postrojenja s danom 25.8.2017.).

2. PEPEO OD DRVNE BIOMASE

Uobičajeno se tijekom izgaranja 1 tone drvene biomase proizvede 5 MWh energije, ali i 20 – 50 kg pepela s dna peći kao i letećeg pepela. Predviđa se da će u EU-28 primjena energije iz energana na drvenu biomasu u budućnosti utjecati na proizvodnju približno 600.000 tona pepela. Trenutno se 70 % pepela drvene biomase odlaže, 20 % se nastoji primijeniti kao dodatak tlu u poljoprivredi, a 10 % se koristi za ostale namjene.

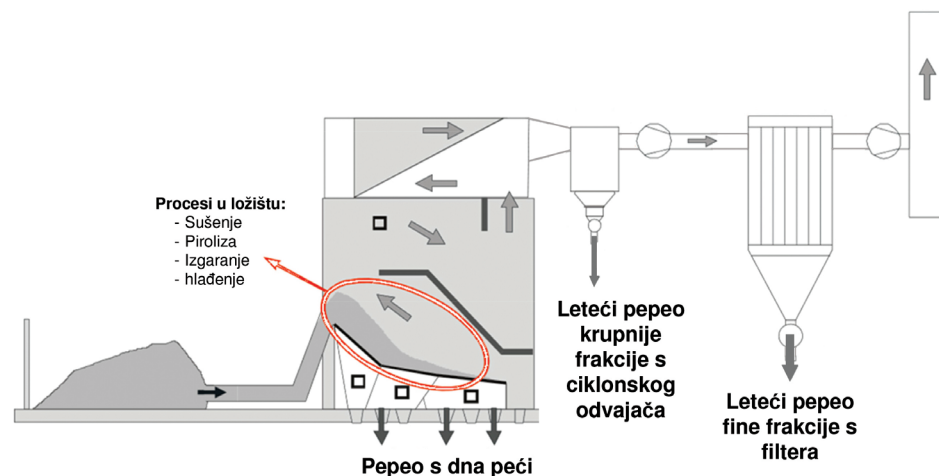
Trenutna praksa odlaganja pepela u Europi uzrokuje financijske i materijalne gubitke kao i činjenicu da predstavlja dodatno opterećenje za okoliš.

Pepeo od drvene biomase (PDB)

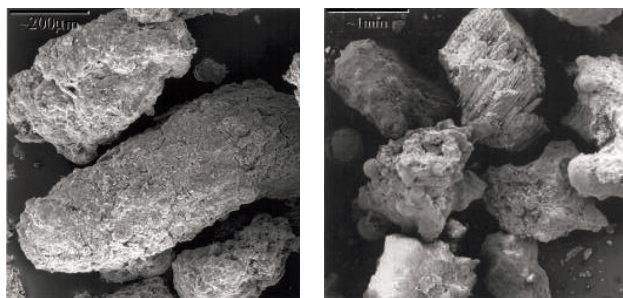
je neizgorivi kruti ostatak koji nastaje nakon potpunog izgaranja drvene biomase i koji sadrži najveći dio mineralnih frakcija koje potječu iz biomase. PDB je kompleksna mješavina anorganskog i organskog sastava koja se sastoji od velikog broja spojeva, heterogenog je sastava koji može znatno varirati.

U energanama mogu nastati tri vrste PDB-a (**slika 5.**) dobivenog tehnologijom izgaranja u nepokretnom sloju u ložištima s rešetkom, izgaranjem u mjehuričastom fluidiziranom sloju, te izgaranjem u cirkulirajućem fluidiziranom sloju:

- **pepeo s dna peći** (**slika 6.**) sakupljen s dna komore izgaranja ili ložišta s fluidizirajućim slojem
- relativno **krupni leteći pepeo** sakupljen u ciklonima ili kotlovima, i
- **sitni leteći pepeo** sakupljen u elektrostatičkom precipitatoru ili vrećastom filtru (**slika 7.**).

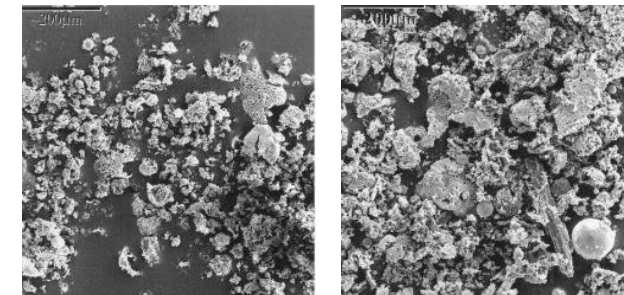


Slika 5. Shematski prikaz mjesta prikupljanja pepela na primjeru postrojenja s izgaranjem na rešetki, prilagođeno prema: F. Biedermann and I. Obernberger, "Ash-related Problems during Biomass Combustion and Possibilities for a Sustainable Ash Utilisation," in *Proceedings of the International Conference "World Renewable Energy Congress" (WREC)*, 2005, pp. 120–124.



Slika 6. Mikrografi pepela od drvene biomase – pepeo s dna peći

Izvor: R. T. Naik, R. N. Kraus, and R. Kumar, "Wood ash: a new source of pozzolanic material," 2001.



Slika 7. Mikrografi pepela od drvene biomase – leteći pepeo

Izvor: R. T. Naik, R. N. Kraus, and R. Kumar, "Wood ash: a new source of pozzolanic material," 2001.

Najveći utjecaj na količinu pepela od izgaranja drvene biomase (pod pretpostavkom da u postrojenjima dolazi do potpunog izgaranja) ima:

- vrsta drvene biomase
- tehnologija ložišta
- način prikupljanja biomase (onečišćenje itd.)
- uvjeti rasta drvene biomase.

Tablica 1. prikazuje skupine utjecaja koje doprinose kemijskom sastavu pepela od biomase.

Tablica 1. Skupine utjecaja koje doprinose kemijskom sastavu pepela od biomase

Skupina utjecaja	Proces formiranja	Mjesto formiranja	Vrijeme formiranja
Primarna	Prirodni	Biomasa	Prije i tijekom rasta biljke te nakon sječe
Sekundarna	Antropogeni (tehnogeni)	Tehnologija izgaranja	Tijekom izgaranja
Tercijarna	Prirodni	Postrojenje za transport i deponija pepela	Tijekom transporta i skladištenja pepela

Izvor: S. V. Vassilev, D. Baxter, L. K. Andersen, and C. G. Vassileva, "An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase-mineral and chemical composition and classification," *Fuel*, vol. 105, pp. 40–76, 2013.

3. PROCIJENJENA KOLIČINA PEPELA OD DRVNE BIOMASE U HRVATSKOJ

U postrojenjima s ložištima s rešetkom, pepeo s dna peći predstavlja 60 – 90 % ukupne mase pepela, dok leteći pepeo krupnije frakcije predstavlja 2 – 20 %, a finiji leteći pepeo samo 2 – 15 % ukupne mase generiranog pepela.

Ako se promatra procijenjena ukupno instalirana snaga u postrojenjima na biomasu u srpnju 2017. godine od 46,815 MWe i 138,287 MWt energije, može se procijeniti potrošnja drvne biomase u ovakvim elektranama (*Tablica 2.*).

Procjena izrađena tijekom projekta TAREC² je da se u Hrvatskoj u srpnju 2017. godine za proizvodnju električne i toplinske energije u energanama na biomasu koristi **otprilike 400.000 t drvne biomase godišnje**.

Također, procjena je da će za postrojenja za koje je HROTE sklopio ugovor o otkupu električne energije, a još nisu puštena u pogon, a koja će koristiti biomasu kao gorivo (85,823 MWe) biti potrebno osigurati oko **900.000 t drvne biomase godišnje**.

S obzirom na dostupne podatke o instaliranoj snazi energana na biomasu u Hrvatskoj, procjenjuje se da se u Hrvatskoj godišnje proizvede između 4.000 t i 20.000 t PDB-a, pri čemu se kao najvjerojatnija količina procjenjuje **12.000 t PDB-a godišnje**.

S obzirom na procjenu budućeg razvoja proizvodnje energije iz biomase te maksimalnog potencijala potrošnje biomase u Hrvatskoj (zanemarujući potencijalno mogući dodatni uvoz biomase za zadovoljenje potreba), prema realnom scenariju proizvodnje, procjenjuje se da se u Hrvatskoj **može očekivati proizvodnja od 45.900 t PDB-a godišnje**.

Tablica 2. Procjena trenutne i buduće godišnje proizvodnje PDB-a u Hrvatskoj

Procjena godišnje potrošnje drvne biomase	Procijenjena godišnja količina PDB-a		
	Optimistični scenarij 1 % udjela pepela	Realni scenarij 3 % udjela pepela	Pesimistični scenarij 5 % udjela pepela
400.000 t/god (s obzirom na instaliranu snagu postrojenja od 46,815 MWe u srpnju 2017.)	4.000 t/god	12.000 t/god	20.000 t/god
900.000 t/god (s obzirom na ukupnu snagu postrojenja s kojima je HROTE sklopio ugovor o otkupu električne energije do veljače 2016. od 85,823 MWe)	9.000 t/god	27.000 t/god	45.000 t/god
830.000 t/god Ukupni potencijal drvne mase Hrvatskih šuma d.d.	8.300 t/god	24.900 t/god	41.500 t/god
1.530.000 t/god Ukupni potencijal drvne biomase u Hrvatskoj	15.300 t/god	45.900 t/god	76.500 t/god

4. KOLIČINE PEPELA PRIJAVLJENE U REGISTAR ONEČIŠĆAVANJA OKOLIŠA

Prema Pravilniku o katalogu otpada (NN 90/15), pod ključnim brojem 10 definiran je „Otpad iz termičkih procesa“, odnosno 10 01 otpad iz termoelektrana i ostalih postrojenja u kojima se odvija sagorijevanje (osim 19).

S obzirom na kemijski sastav PDB-a, tehnologiju izgaranja (u ložištima s rešetkom ili u fluidiziranom sloju (BFB ili CFB) te vrstu PDB-a koji se promatra (pepeo s dna peći ili leteći pepeo), PDB se može klasificirati kao otpad pod sljedećim ključnim brojevima:

- 10 01 01 „Taložni pepeo, šljaka i prašina iz kotla (osim prašine iz kotla navedene pod 10 01 04*)“
- 10 01 03 „Lebdeći pepeo od izgaranja treseta i neobrađenog drva“
- 10 01 14* „Šljaka s rešetki ložišta, šljaka i prašina iz kotla od suspaljivanja, koje sadrže opasne tvari“
- 10 01 15 „Pepeo s rešetke ložišta, talog i prašina iz kotla od suspaljivanja, koji nisu navedeni pod 10 01 14*“
- 10 01 24 „Pijesak nastao pri transportu krutih materijala pomoću tekućine“.

*Napomena: U slučaju opasnog otpada, ključnom broju pridružuje se znak **

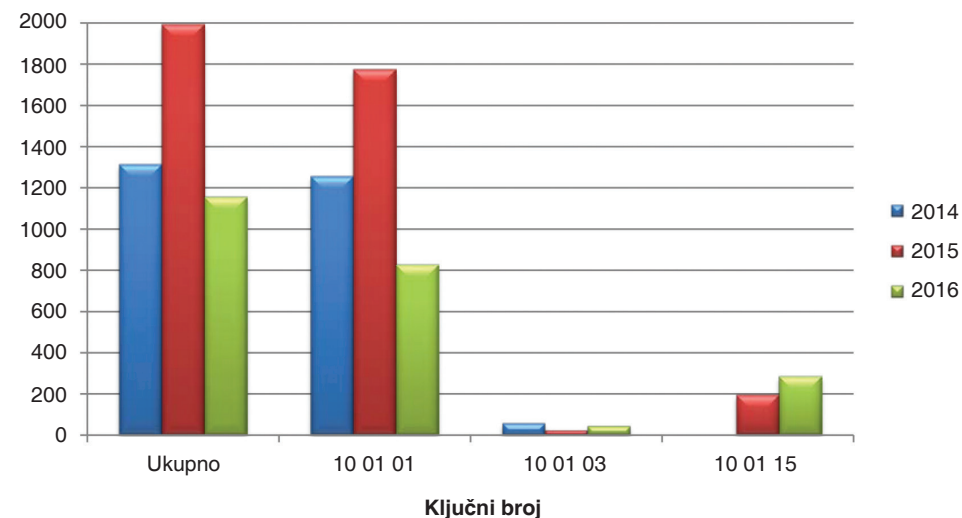
Ovisno o kemijskom sastavu, pokazalo se da PDB može imati i nepovoljan utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi.

Uvidom u Registar onečišćavanja okoliša (ROO), utvrđeno je da u razdoblju od 2014. do 2016. godine nije bilo prijavljenih količina otpada pod ključnim brojevima 10 01 14* i 10 01 24.

Od gore navedenih ključnih brojeva, najveću prijavljenu količinu čini ključni broj 10 01 01 (slika 8.), prosječno 1288 t/ godišnje, dok je otpad pod ključnim brojem 10 01 03 u posljednje tri godine bio zastupljen s prosječno 41 t/godišnje.

Godine 2014. nije bilo prijavljenog proizvedenog otpada pod ključnim brojem 10 01 15, a u naredne dvije godine bio je zastupljen s prosječno 241 t/ godišnje.

Podaci se odnose na pepeo koji su u ROO prijavile energane, tvrtke koje se bave preradom i obradom drva (pilane, proizvodnja namještaja, parketa i stolarije), te druge tvrtke za koje se pretpostavlja da u svojim proizvodnim procesima koriste drvnu biomasu kao gorivo.



Slika 8. Proizvedene količine pepela prijavljene u Registar onečišćavanja okoliša (ROO)

Izvor podataka: obrasci PL-PPO 2014, PL-PPO 2015, PL-PPO 2016, ROO 2017, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu

Potrebno je osigurati strogo kontrolirano:

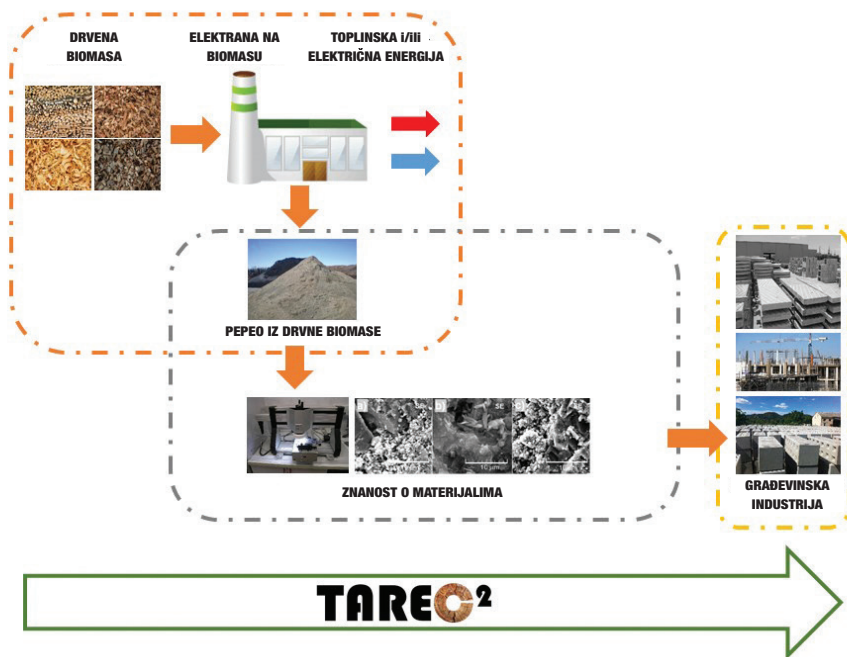
1. prikupljanje biomase kao goriva za proizvodnju električne i toplinske energije
2. odlaganje ili uporabu proizvedenog PDB-a.

Cilj projekta TAREC² je primijeniti pepeo drvene biomase (PDB) u građevnim kompozitima s dodanom vrijednošću.

Implementacijom projektiranja na osnovi uporabnih svojstava, projekt TAREC²

- istražuje utjecaj: različitih faktora u termičkoj obradi drvene biomase
- provodi detaljnu karakterizaciju raspoloživih pepela na drvnu biomasu
- određuje njihovu kompatibilnost s cementom, i posebno s drugim sporednim cementnim materijalima

kako bi se za svaki nusproizvod odredila najprikladnija i najprihvatljivija primjena u građevinskom sektoru.



Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet:

Prof.dr.sc. Nina Štirmer, voditeljica projekta, Tel. +385 1 4639 298, email: ninab@grad.hr

Suradnici: Prof.dr.sc. Ivana Banjad Pečur, Prof. emerita Dubravka Bjegović, Izv.prof.dr.sc. Ivan Gabrijel

Doc.dr.sc. Ana Baričević, Doc.dr.sc. Marija Jelčić Rukavina, Doc.dr.sc. Bojan Milovanović

Doc.dr.sc. Marijana Serdar, Ivana Carević, dipl.ing.građ.

Technische Universität Darmstadt Institut für Werkstoffe im Bauwesen:

Prof.dr.sc. Eduardus Koenders, Dr.sc. Neven Ukrainczyk

REGEA: Mr.sc. Velimir Šegon

Holcim (Hrvatska) d.o.o. : Virna Višković Agušaj, dipl. ing. kemije, Ivan Rimac, dipl. ing. kem. tehn.

Istraživački projekt **“Transformacija pepela iz drvene biomase u građevne kompozite s dodanom vrijednošću”** (IP-2016-06-7701) financira Hrvatska zaklada za znanost