



Implementacija temeljnih postavki održivosti i cirkularne ekonomije u građevinarstvu

Doc.dr.sc. **Marijana Serdar**, dipl.ing.građ.

Zavod za materijale

Građevinski fakultet

Sveučilište u Zagrebu

mserdar@grad.hr

■ Građevinska industrija:

- gradnja
- infrastrukturne građevine (ceste, željeznice, brane, mostovi)
- specijalni građevinski radovi (rušenje, popravci, završni radovi)



14%

■ 2009 u EU-27 građevinska industrija je:

- sačinjavala 15.3 % poslovanja u ne-financijskom poslovnom sektoru,
- zapošljavala 11.0 % radne snage
- stvarala 9.2 % prihoda

<http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcs.asp?Cl=27&Lg=1&Co=43>

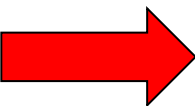
CJELOŽIVOTNI VIJEK



EMISIJA



ENERGIJA



PROJEKTIRANJE

KORIŠTENJE
PRIRODNIH RESURSA



PROIZVODNJA
MATERIJALA



KONSTRUKCIJA

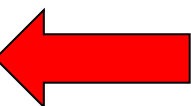


UPORABA

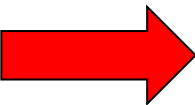
OPTEREĆENJA TIJEKOM
UPORABE



OTPAD



ENERGIJA



RUŠENJE

RUŠENJE



DEGRADACIJA
KONSTRUKCIJE



DEGRADACIJA
MATERIJALA



- Gospodarstvena djelatnost koja je u skladu sa zemljinim ekosustavom
- Osnovni princip održivog razvoja - korištenje što manje prirodnih resursa i stvaranje što manje po Zemlju štetnih otpada
- Zaštita okoliša i ušteda energije postaju svjetski problemi u svim poljima tehnologije

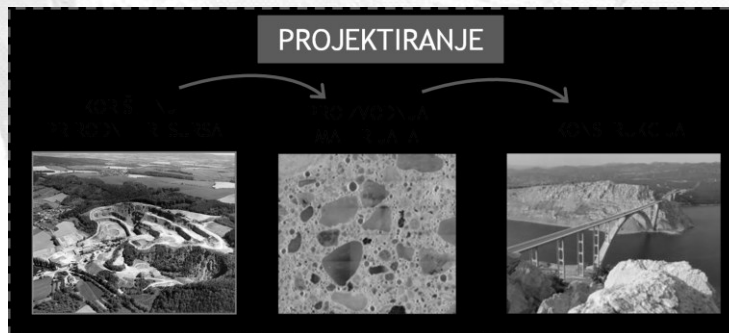
„Humanity has the ability to make development sustainable - to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of the future generations to meet their own needs.“

(UN World Commission on Environment and Development, 1987)





FAZA PROJEKTIRANJA

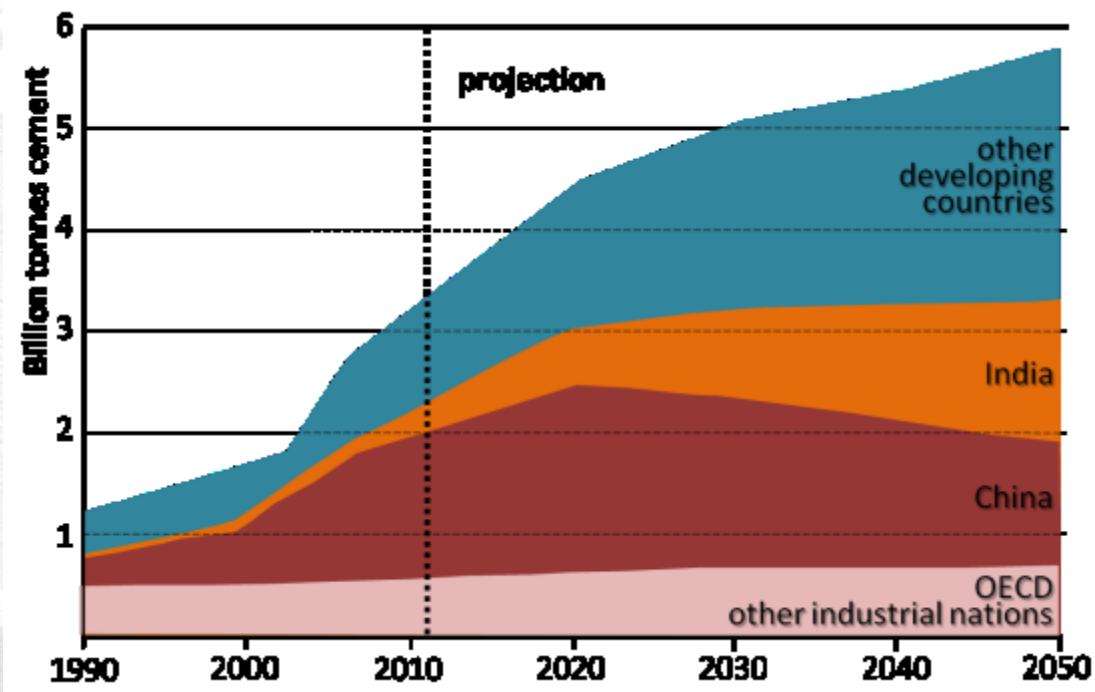


BETON



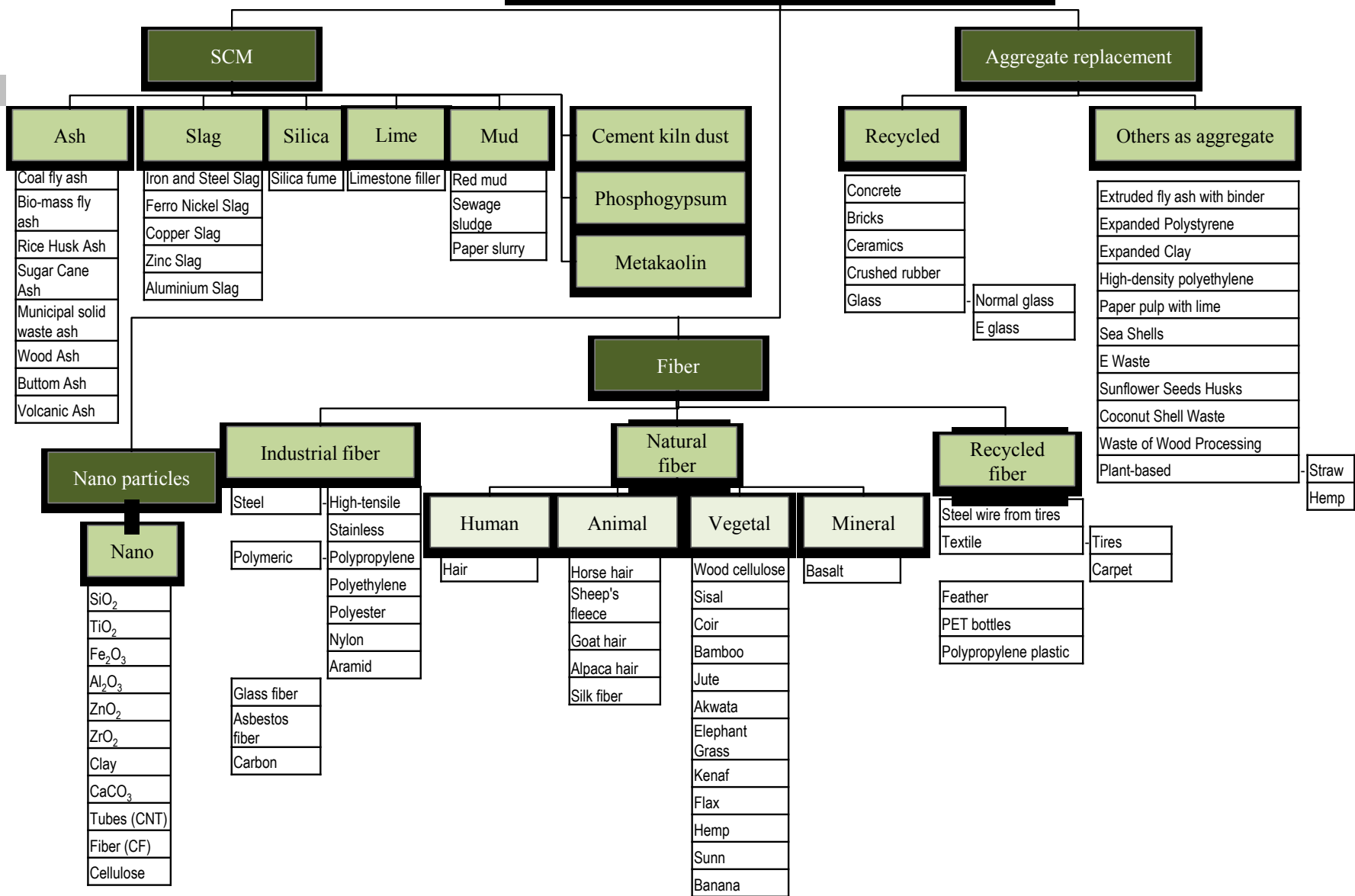
- Godišnje se u Europi proizvede preko 750 milijuna m³ betona, što bi značilo da stanovnik Europe godišnje upotrijebi 4 tone betona

Materijal	MJ/kg	kgCO ₂ /kg
Cement	4.6	0.83
Beton	0.95	0.13
Ziđe	3.0	0.22
Drvo	8.5	0.46
Drvo: lamelirano	15	0.81
Čelik	35	2.8
Reciklirani čelik	9.5	0.43
Aluminij	218	11.46
Aluminij reciklirani	28.8	1.69
Polimeri ojačani vlaknima	100	8.1
Staklo	15.7	0.85



K. Scrivener Cement Chemistry for Engineers, Cape Town 31st January 2013

Alternative Materials in Sustainable Construction



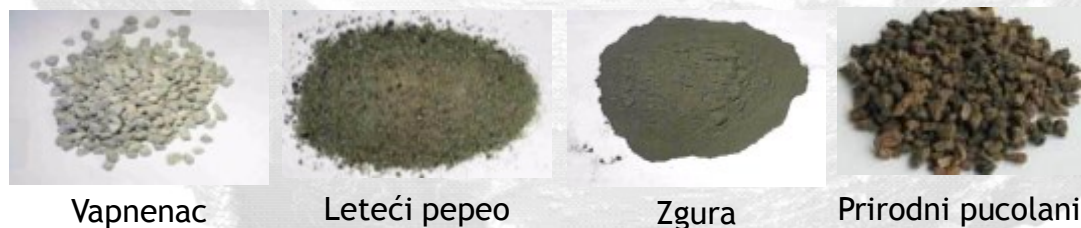
CEMENT



- **PROBLEM:** 7% ukupno svjetske emisije CO₂



- **CILJ:** pronaći alternative cementnom klinkeru
- **MOGUĆNOSTI:** lokalno dostupni mineralni dodatci, nus-proizvodi drugih industrija

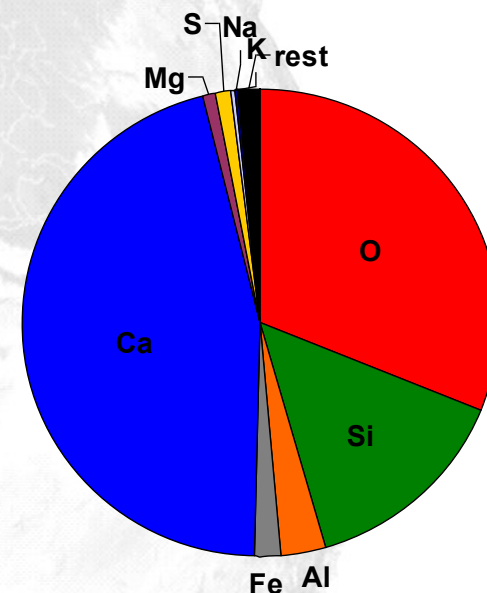


CEMENT - MOGUĆNOSTI



Oksidi	Hidrati
CaO	Dobra pokretljivost, produkti zapunjavaju pore
SiO ₂	Manje topljivi, produkti zapunjavaju pore
Al ₂ O ₃	Promjenjiva topljivost, produkti zapunjavaju pore
Fe ₂ O ₃	Slaba pokretljivost, topljivi u alkalnim otopinama, slabo zapunjavanje pora
MgO	Slaba pokretljivost, topljivi u alkalnim otopinama, slabo zapunjavanje pora
Na ₂ O	Vrlo topljivi, ne stvaraju se hidrati
K ₂ O	Vrlo topljivi, ne stvaraju se hidrati

Sastav cementa



KEMIJSKI SASTAV

Sastojci	Cement	Leteći pepeo	Vapnenac	Mikrosilika	Zgura	Metakaolin	Crveni mulj
SiO ₂	18.9	56.8	13.29	85.25	36.32	43.6	8.39
CaO	63.37	1.7	45.49	0.62	41.83	0.1	3.00
MgO	0.89	1.4	0.99	0.65	8.97	0.1	0.25
Fe ₂ O ₃	4.31	6.43	0.79	1.16	0.21	1.4	52.85
Al ₂ O ₃	5.74	25.8	1.63	4.45	10.72	51.4	14.85
SO ₃	3.34	0.6	0.1		0.94	-	-
Na ₂ O	0.47	0.36	0.08		0.27		5.86
K ₂ O	0.73	0.79	0.2		0.37	0.2	-

PRIMJER: Vezivo od letećeg pepela, crvenog mulja i kamenog brašna



- Kombinacija lokalno dostupnih otpadnih materijala, koji dodani kao vezivo u betonu, služe za pripremu predgotovljenih betonskih elemenata poboljšane trajnosti

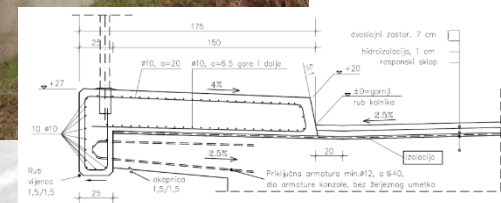
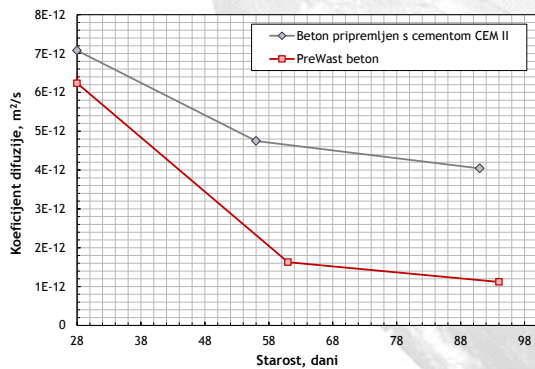
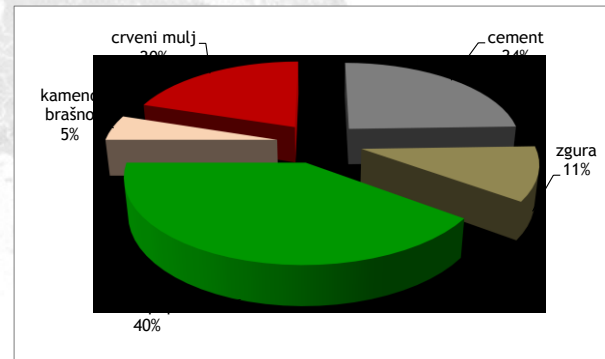
LETEĆI PEPEO



CRVENI MULJ



KAMENO BRAŠNO



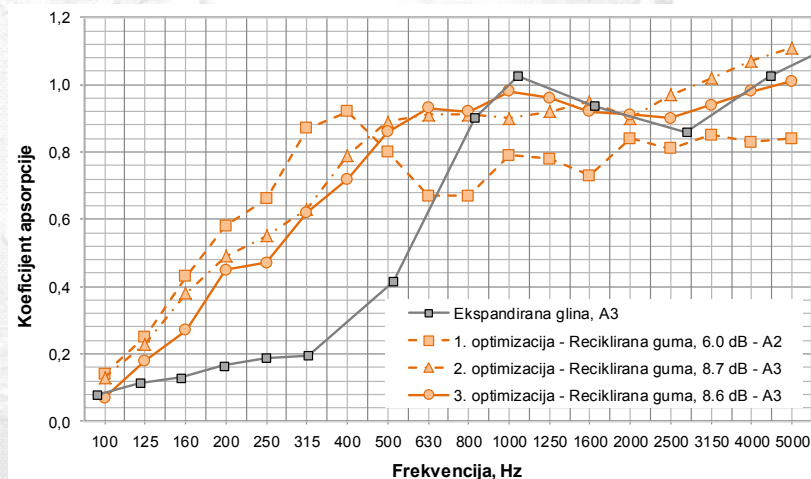
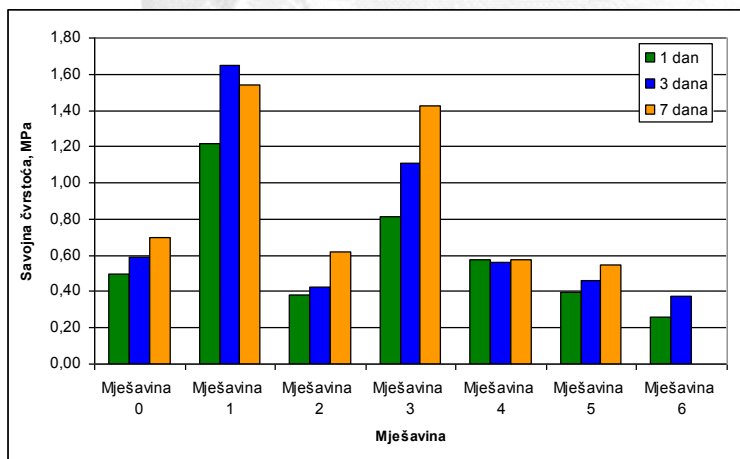
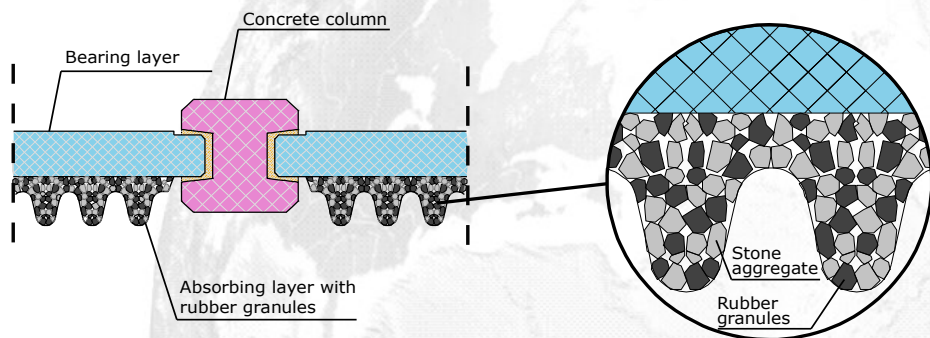
Serdar, Marijana; Biljecki, Ivan; Bjegović, Dubravka. High-Performance Concrete Incorporating Locally Available Industrial By-Products. // Journal of materials in civil engineering. 1 (2016)

- **PROBLEM:** potrošnja prirodnih resursa
- godišnje se u svijetu potroši
9 milijardi tona prirodnog agregata
- **CILJ:** pronaći alternative prirodnom agregatu
- **MOGUĆNOSTI:** agregati od recikliranog betona,
reciklirane gume



PRIMJER: Agregat od reciklirane gume

■ Priprema barijera za zaštitu od buke

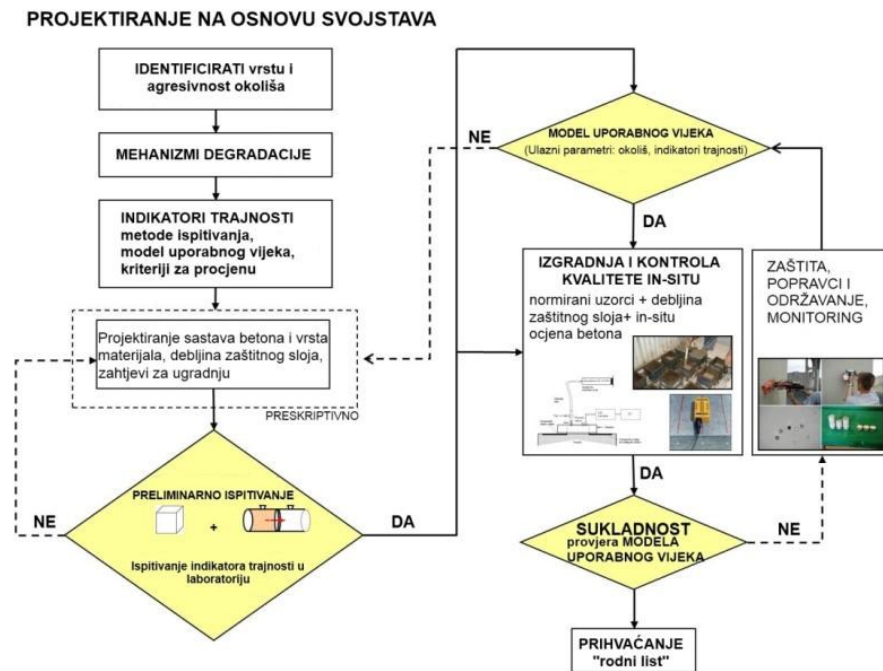


Lakušić, Stjepan; Bjegović, Dubravka; Haladin, Ivo; Baričević, Ana; Serdar, Marijana. RUCONBAR - innovative noise protection solution made of recycled waste tyres. // Mechanics, Transport, Communications. 3 (2011); X-76-X-82

PROJEKTIRANJE TRAJNOSTI



- **PROBLEM:** prerana degradacija konstrukcija u agresivnom okolišu
- **CILJ:** projektiranje trajnijih konstrukcija
- **MOGUĆNOSTI:** promijeniti pristup projektiranju trajnosti - projektiranje na osnovu svojstava



INDIKATORI TRAJNOSTI

- Kao indikatori propusnosti/trajnosti mogu se koristiti:
 - koeficijent difuzije/migracije (XS, XD),
 - vodonepropusnost (XS, XD, XA),
 - plinopropusnost (XC)
 - kapilarno upijanje (XF, XS, XD, XA),
 - električna otpornost/vodljivost betona (XS, XD)
 - habanje (XM)

PROJEKTIRANJE



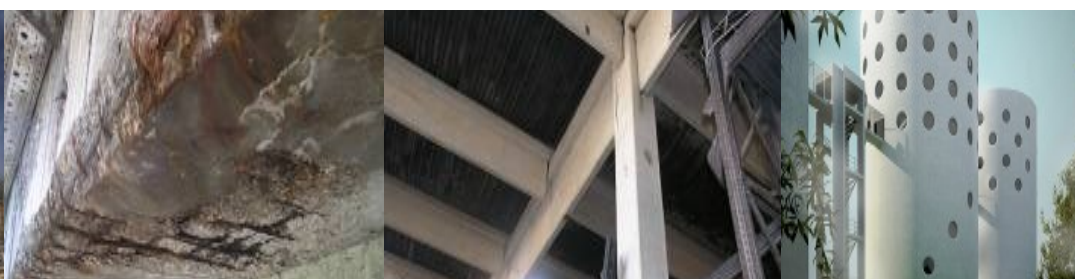
propisivanje svojstava i odabir materijala

IZVOĐENJE



kontrola i potvrđivanje projektiranih svojstava

UPORABA



određivanje razine degradacije, utjecaj degradacije na nosivost i uporabljivost

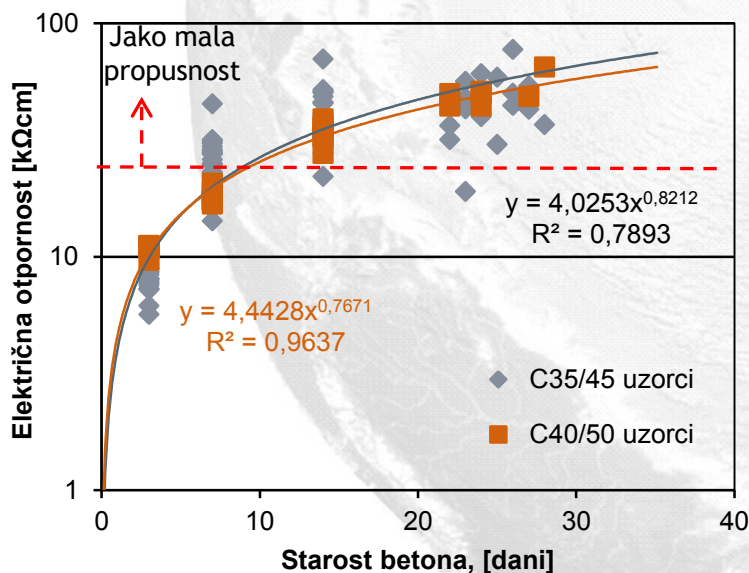
PRIMJER: Luka Gaženica



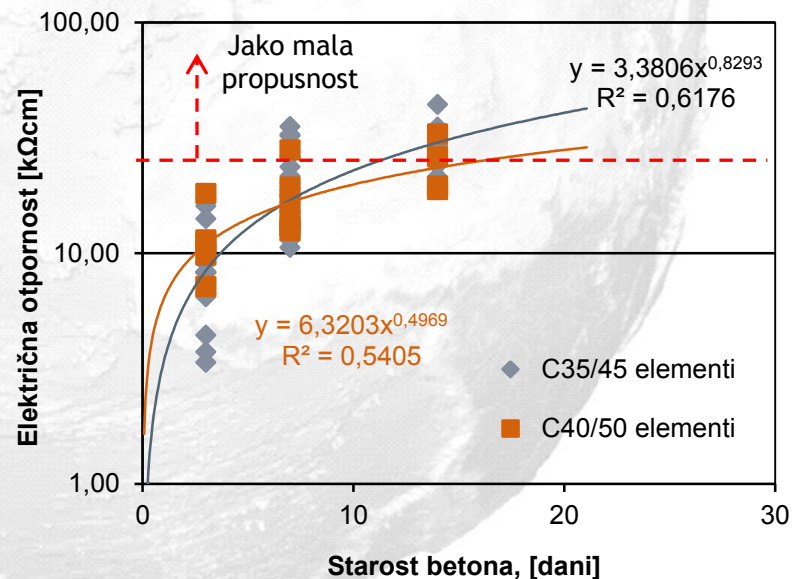
- Mjerenje električne otpornosti Wennerovom elektrodom



MJERENJE NA LABORATORIJSKIM UZORCIMA



MJERENJE NA TERENU





FAZA UPORABE

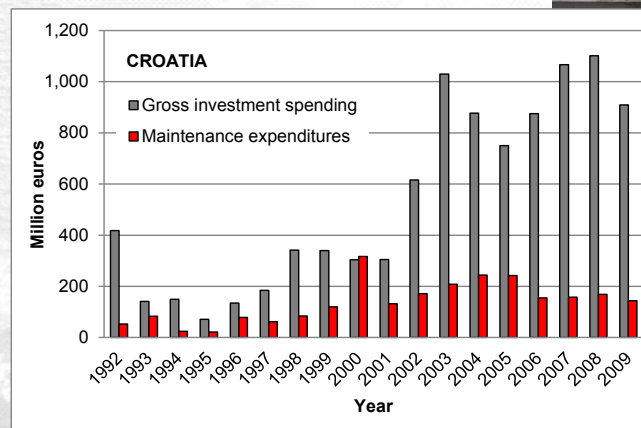
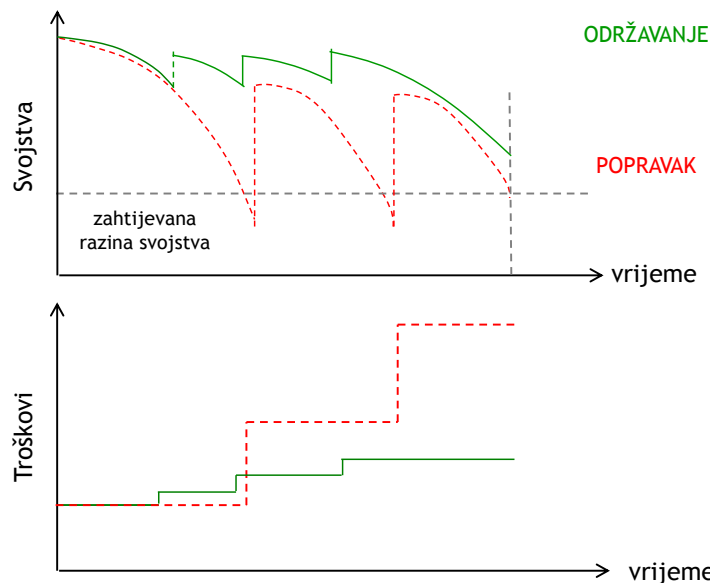
UPORABA



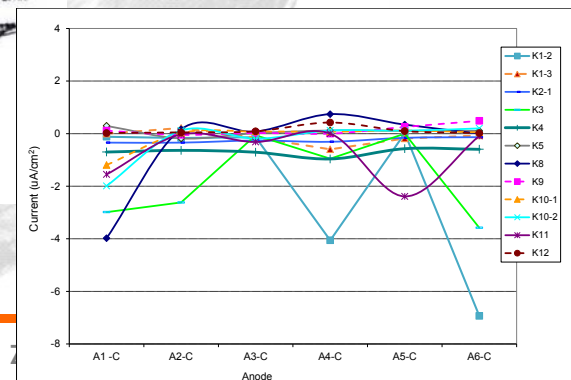
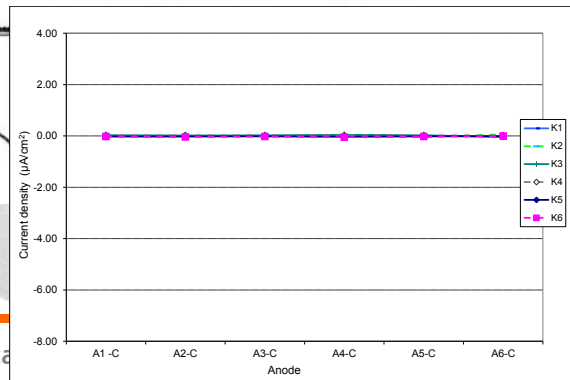
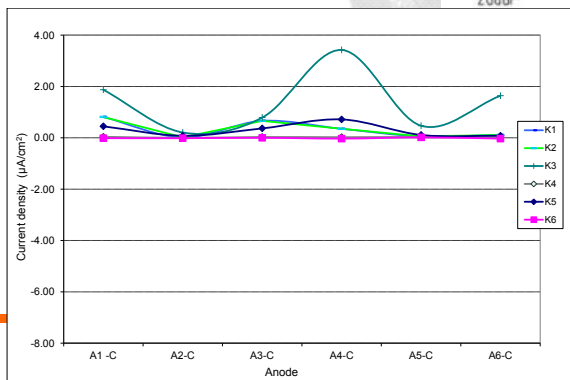
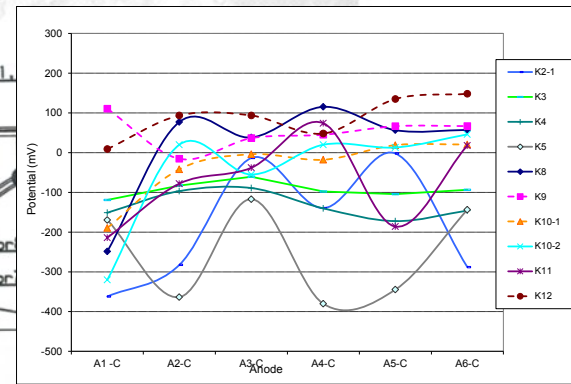
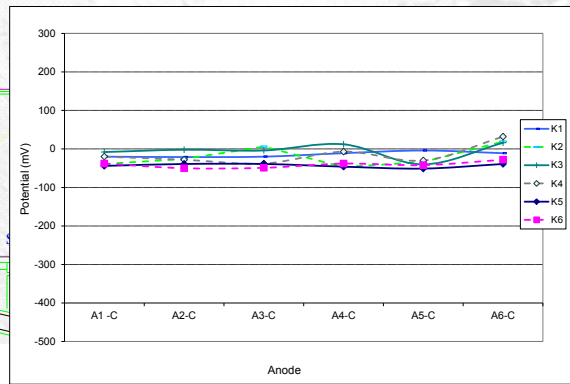
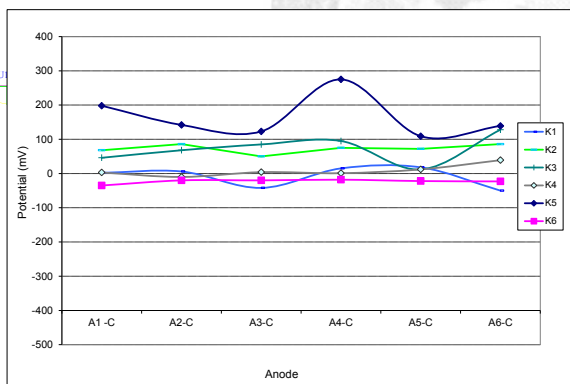
ODRŽAVANJE



- **PROBLEM:** održavanje nije plansko, veliki troškovi, propadanje sanacija
- **CILJ:** pravovremeno upozorenje na nedostatak
- **MOGUĆNOSTI:** proaktivno umjesto reaktivno održavanje



PRIMJER: Most Cetina (2007) Krka (2004) Maslenica (1997)



PRIMJER: HOPS



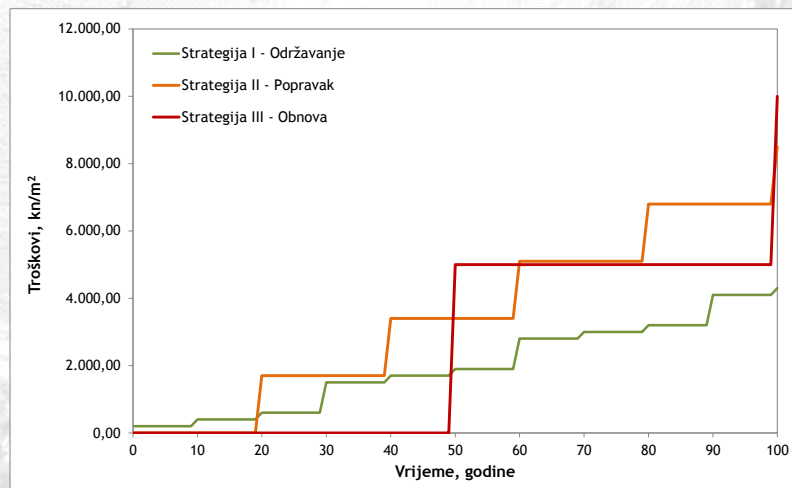
Tablica 2. Kategorizacija oštećenja tijekom vizualnog pregleda

KATEGORIJA OŠTEĆENJA	OPIS STANJA ELEMENATA	OPIS STANJA BETONSKIH I ARMIRANOBETONSKIH ELEMENATA
0	Bez oštećenja ili neznatno oštećenje	Nema nedostataka
1	Malo oštećenje, ali bez potrebe za popravcima, izuzev redovitog održavanja.	Nedostaci u izgledu, koji ne utječu na trajnost i uporabljivost kao npr. neravnine, naglašeni radni spojevi, zacurivanja pri betoniranju, udubljenja od zaostale vode ili zraka pri betoniranju itd.
2	Određeno oštećenje postoji, ali popravak nije hitan. Element još uvijek funkcionira kako je originalno projektiran.	Mrežaste pukotine < 0,1 mm, segregacija, manja izluživanja i promjena boje, hrpava površina.
3	Značajno oštećenje, popravak potreban u vrlo kratkom roku.	Pukotine > 0,1 mm, boja hrđe na površini, izluživanja, sige, naslage, segregacije, oštećenja radnih i dilatacijskih reški, manja mehanička oštećenja, površinsko ljuštenje do 5 mm.
4	Teško oštećenje, potreban hitan popravak.	Armatura bez zaštitnog sloja, odvajanje betona od armature, površinski korodirana armatura ili manje smanjenje profila armature, veća mehanička oštećenja, provlaživanja i procurivanja, površinsko ljuštenje > 5 mm.
5	Krajnje oštećenje, potpuno otkazivanje ili rizik potpunog otkazivanja elementa.	Odlamanje većih komada betona, značajnije smanjivanje profila armature, jamičasta korozija sa značajnim smanjenjem profila armature.



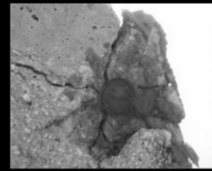
Tablica 3. Ukupne kategorije oštećenja objekta

KATEGORIJA	OPIS STANJA	STRATEGIJA
1,0 - 1,7	Vrlo dobro stanje objekta. Osigurana nosivost, sigurnost i trajnost.	Potrebno redovito održavanje.
1,8 - 2,3	Dobro stanje objekta. Osigurana je nosivost i sigurnost. Trajnost konstrukcije može biti dugoročno ugrožena u manjoj mjeri.	Nanošenje površinske zaštite prema STRATEGIJI ODRŽAVANJA
2,4 - 2,9	Zadovoljavajuće stanje objekta. Osigurana je nosivost i sigurnost. Moguće je nekontrolirano širenje postojećih oštećenja ili pojava novih oštećenja kao posljedica postojećih, koje dugoročno vodi znatnom smanjenju nosivosti i/ili sigurnosti.	Potrebno rutinsko održavanje te zaštita od daljnjeg propadanja prema STRATEGIJI POPRAVKA
3,0 - 3,5	Privremeno zadovoljavajuće stanje konstrukcije. Osigurana nosivost konstrukcije, sigurnost može biti ugrožena. Očekivano je nekontrolirano širenje postojećih oštećenja ili pojava novih oštećenja kao posljedica postojećih, koje dugoročno vodi znatnom smanjenju nosivosti i/ili sigurnosti.	
3,6 - 4,1	Kritično stanje objekta. Nosivost i sigurnost mogu biti ugroženi. Moguće je da trajnost više nije osigurana. Nekontrolirano širenje postojećih oštećenja ili pojava novih oštećenja kao posljedica postojećih, u kratkom roku vodi k znatnom smanjenju nosivosti i/ili sigurnosti.	Popravci potrebni odmah prema STRATEGIJI OBNOVE:
4,2 - 5,0	Nezadovoljavajuće stanje objekta. Nosivost i sigurnost su znatno ugroženi. Trajnost više nije osigurana. Nekontrolirano širenje postojećih oštećenja ili pojava novih oštećenja kao posljedica postojećih, u kratkom roku vodi k znatnom smanjenju nosivosti i/ili sigurnosti.	



KRAJ UPORABNOG VIJEKA - POČETAK NOVOG

RUŠENJE



GENERIRANJE OTPADA



- **PROBLEM:** U Republici Hrvatskoj godišnje otprilike 2,5 milijuna tona građevinskog otpada
- **CILJ:** pravilnije upravljanje otpadom
- **MOGUĆNOSTI:** poštivanje Direktive o gospodarenju otpadom Directive 2008/98/EC



RECIKLIRANJE METALA

- 2011. godine u SAD-u oko 92% **čeličnih proizvoda** se reciklira:
 - 71% limenki,
 - 95% automobila,
 - 90% kućanskih aparata,
 - 98% konstrukcijskog čelika.
- U Europi se reciklira **aluminij**:
 - 42 % aluminija korištenog u limenkama,
 - 85% aluminija korištenog u građevinskim materijalima i
 - 95 % aluminija korištenog u prijevoznim sredstvima
- Za sada, oko 60% potrošnje **cinka** dolazi iz ruda dok se 40% pokriva recikliranim cinkom
- Procjenjuje se da je 80% **bakra** izvučenog iz ruda još uvijek u upotrebi

<http://www.recycle-steel.org/en/About%20SRI.aspx>

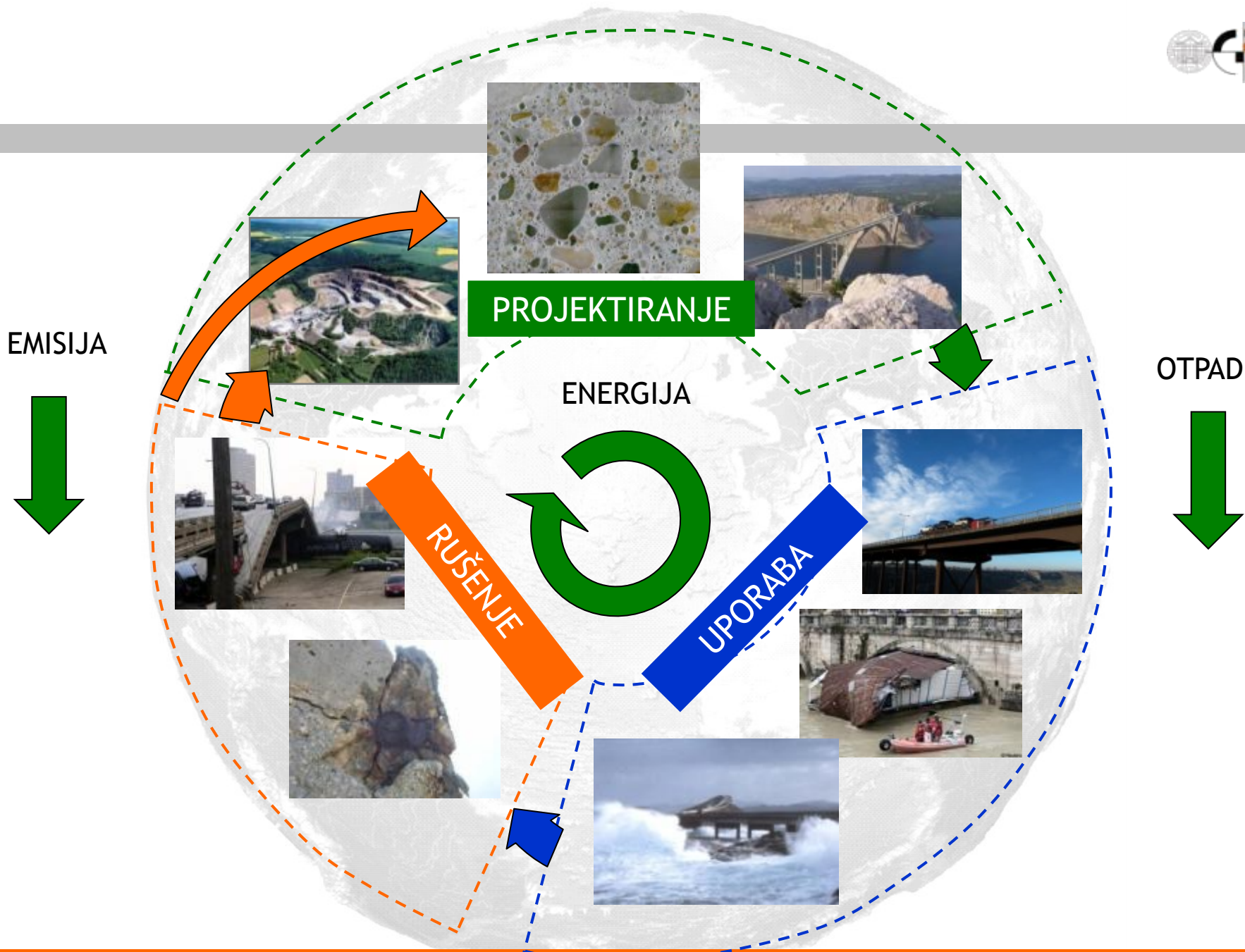
<http://www.world-aluminium.org/statistics/>



UPOTREBA RECIKLIRANOG AGREGATA

Zemlja	%-tak recikliranja građevnog otpada	Proizvodnja recikliranog agregata (u milijunima tona)
Belgija	75	3,1 (55)
Češka	-	5 (62)
Danska	85	- (44)
Francuska	-	18 (390)
Nizozemska	85	0,5 (22)
Njemačka	70	90 (463)
Španjolska	-	8,2 (420)
Švicarska	-	62,5 (50)
Hrvatska	-	- (28)

Bjegović, Dubravka; Mikulić, Dunja; Štirmer, Nina Proposal for construction and demolition waste management system in Croatia // Life Cycle Assessment applications: results from COST action 530, Španjolska : AENOR ediciones, 2009. Str. 158-165.



MOGUĆE RJEŠENJE



- Poticanje znanstveno-istraživačkog rada kako bi se omogućio prijenos znanja i rezultata znanstvenog rada na građevinsku struku, čime bi se povećala konkurentnost te stvorili održiv rast i produktivnost
- Poticanje suradnje znanost - industrija



MOGUĆNOSTI FINANCIRANJA



- Hrvatska zaklada za znanost
- Fond Jedinstvo uz pomoć znanja
- Poslovno-inovacijski centar Hrvatske BICRO d.o.o.

- Europska mreža za financiranje tržišno usmjerenih projekata
- HORIZON 2020
- Program za inovacije i konkurentnost Europske unije (CIP)





HVALA NA PAŽNJI!

Marijana Serdar
mserdar@grad.hr