

# Trajnost materijala

Mr.sc. Irina Stipanović Oslaković, dipl.ing.građ.

Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Zagreb



# Sadržaj izlaganja

- Problem trajnosti građevinskih materijala
- Djelovanja iz okoliša na konstrukciju
- Procesi degradacije građevinskih materijala
- Projektiranje trajnosnih svojstava materijala
- Postupci utvrđivanja stanja materijala u konstrukciji
- Postupci popravaka i metode zaštite građevinskih materijala

---

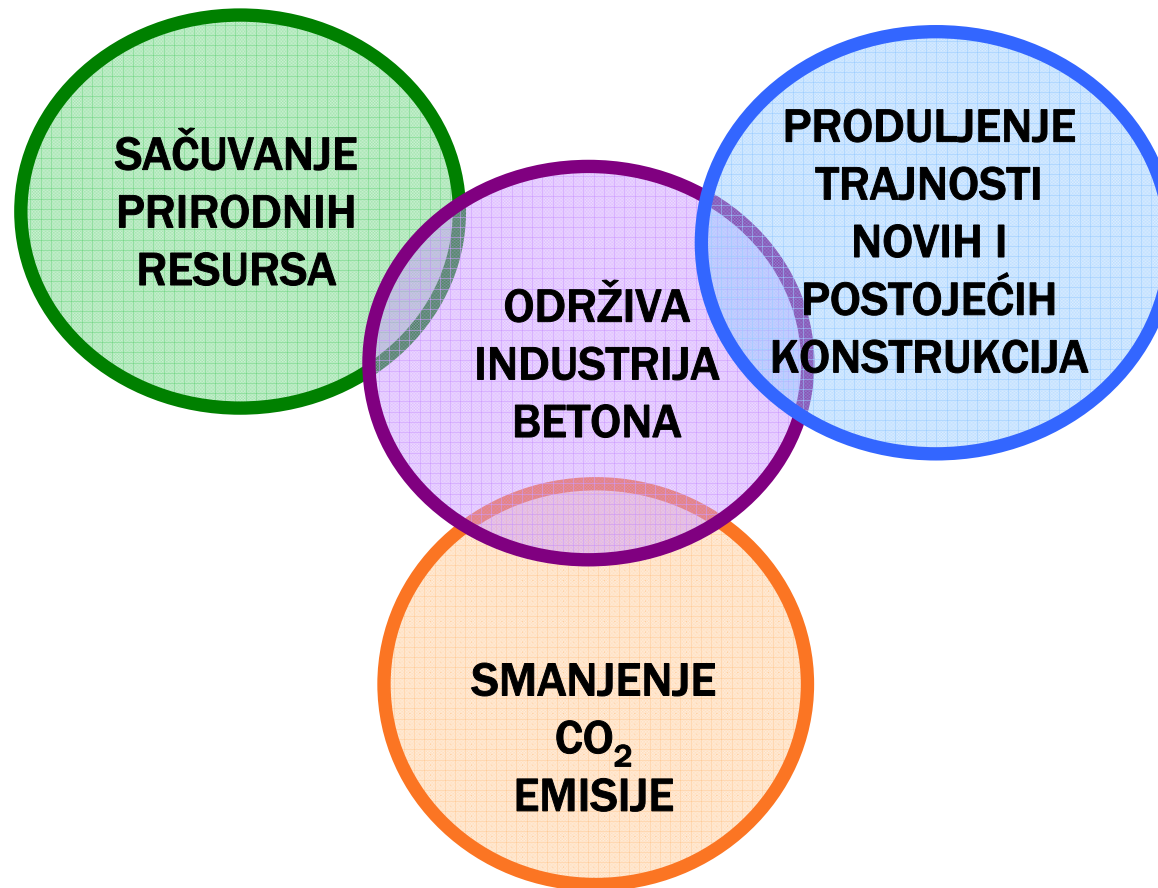
Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



Sveučilište u Zagrebu  
**Arhitektonski fakultet**  
University of Zagreb  
**Faculty of Architecture**



# OKOLIŠNO ODRŽIVA INDUSTRIJA BETONA



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



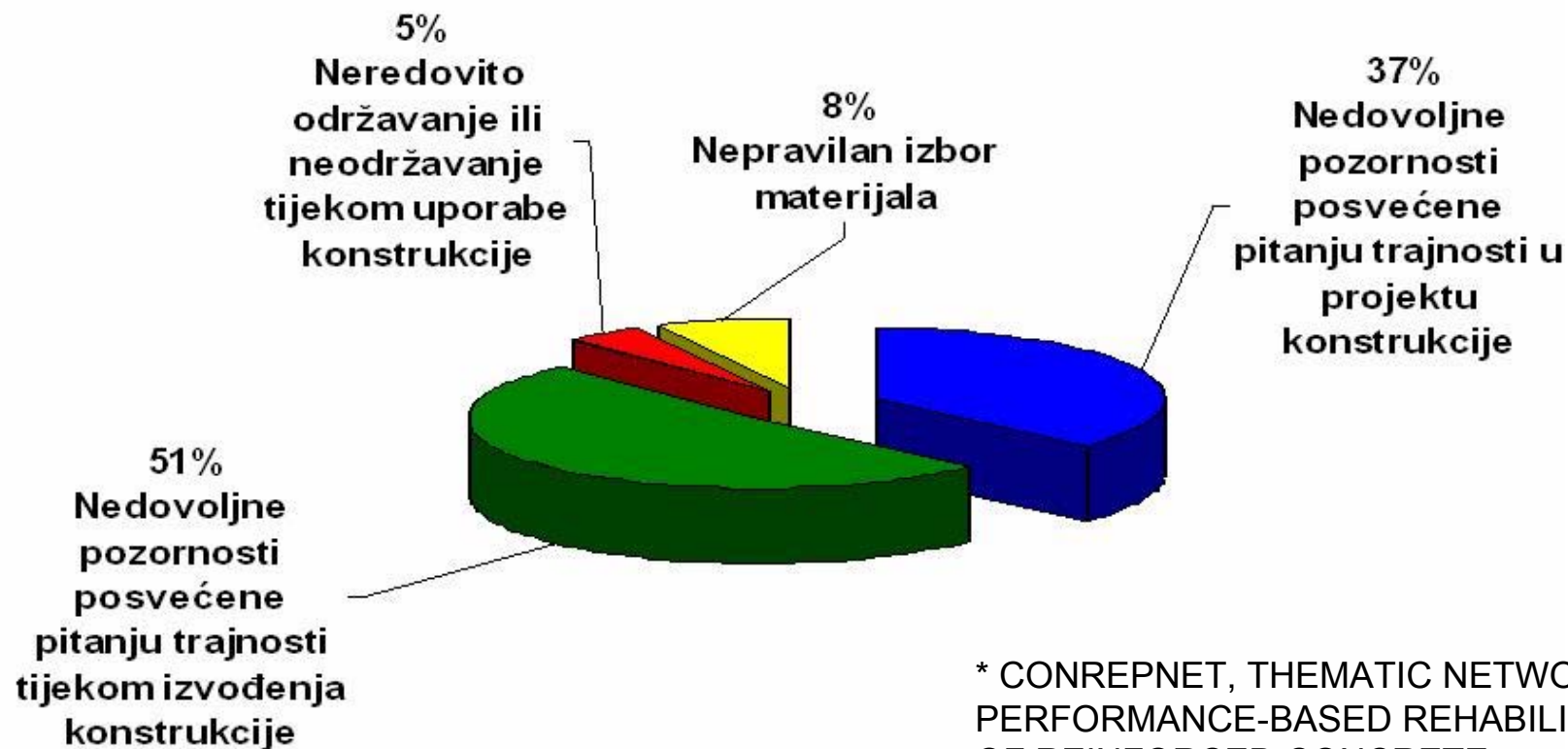
# TRAJNOSNA SVOJSTVA

- Trajnost konstrukcije je njezina sposobnost da uslijed očekivanog opterećenja iz okoliša tijekom uporabe zadrži zahtijevanu razinu sigurnosti i uporabljivosti te odgovarajući izgled bez povećanih troškova za održavanje i popravke.
- Trajnost materijala se definira kao sposobnost materijala da se suprotstavi promjenama svojstava.



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# UZROCI PRERANOG DOTRAJAVANJA KONSTRUKCIJA



\* CONREPNET, THEMATIC NETWORK ON PERFORMANCE-BASED REHABILITATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

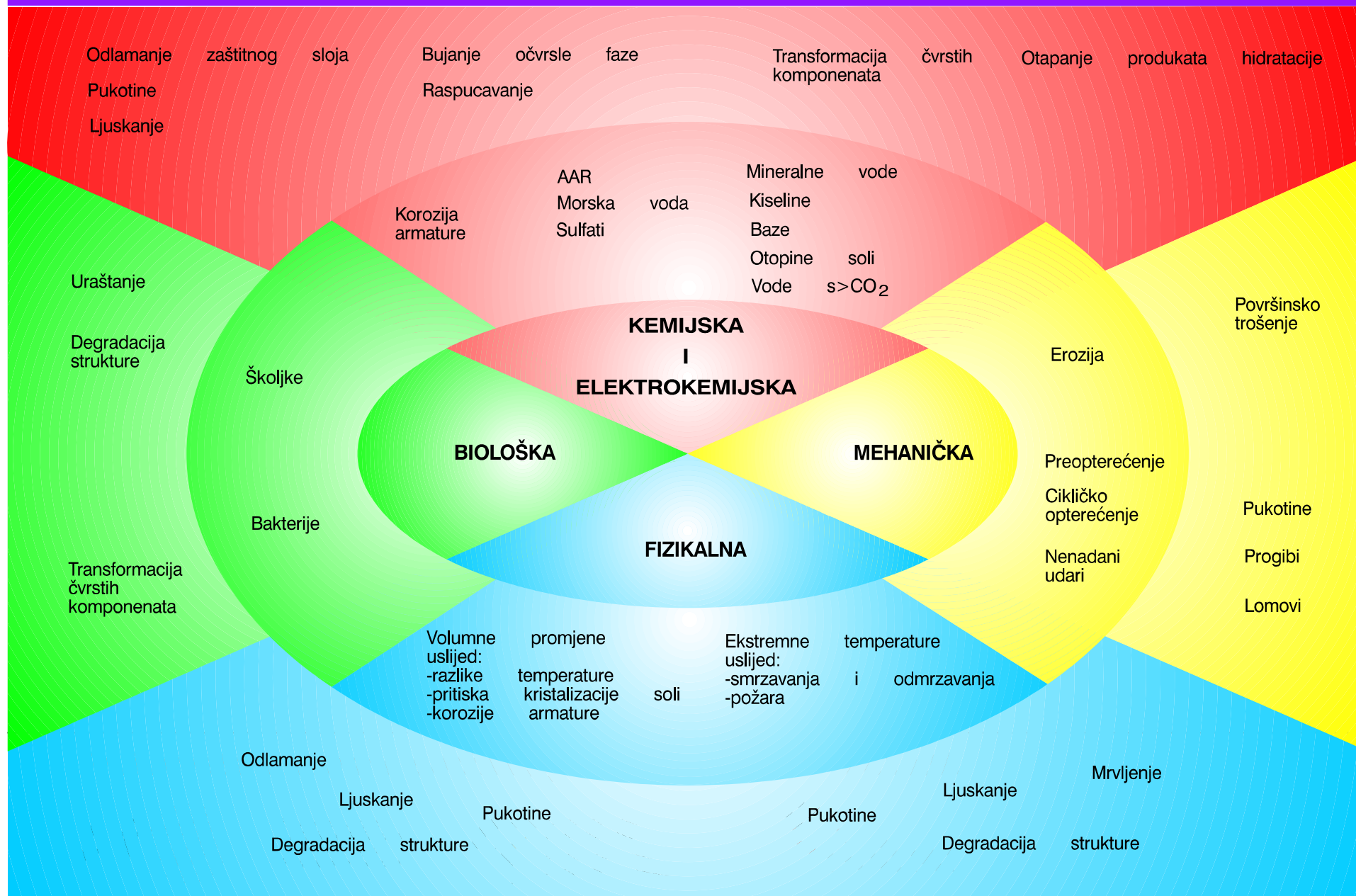
# MEHANIZMI DEGRADACIJE

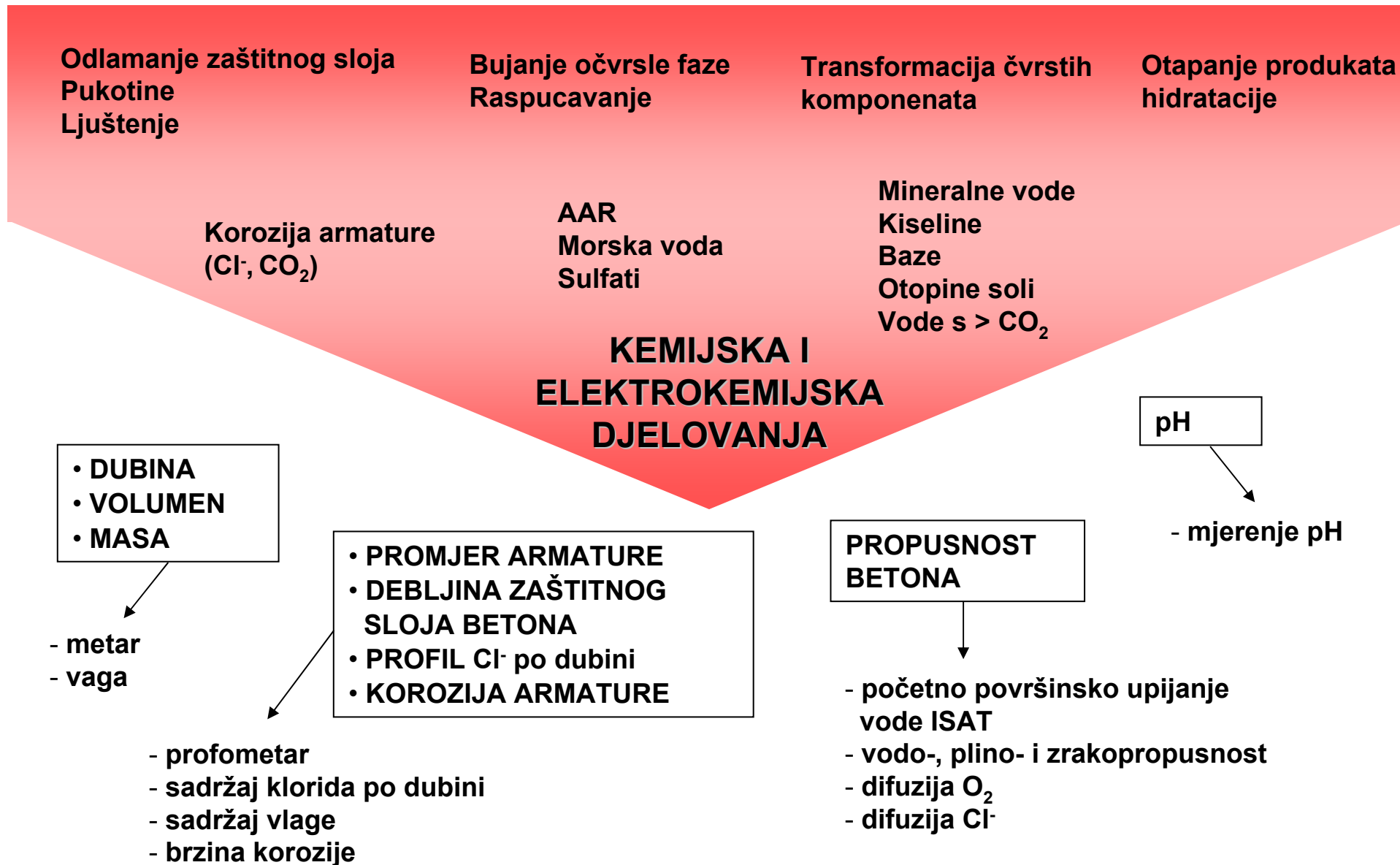
- Procesi ili reakcije koji mijenjaju svojstva materijala, građevnog elementa ili cijelog sustava tako da se više ne ponaša kako je predviđeno.
- Manifestiraju se različito za različite materijale (promjene u boji, raspucavanje, oštećenja površine, mrvljenje, skupljanje,..)



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# POSEBNA TRAJNOSNA OPTEREĆENJA





Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



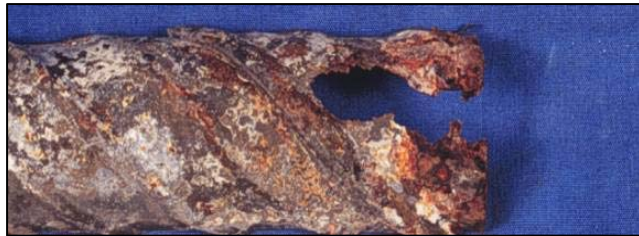
# KEMIJSKA DJELOVANJA

- KOROZIJA je degradacija materijala uslijed kemijskih reakcija s tvarima iz okoliša ili unutar samog materijala
- Posljedice korozije:
  - odlamanje zaštitnog sloja
  - pukotine
  - ljuštenje



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

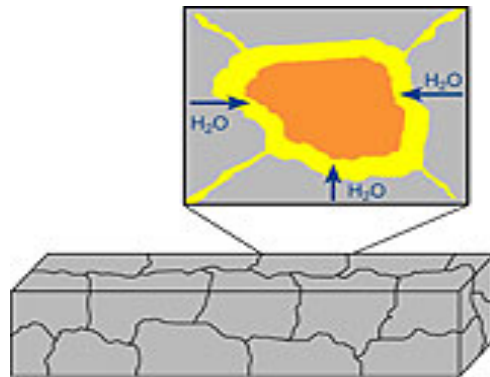
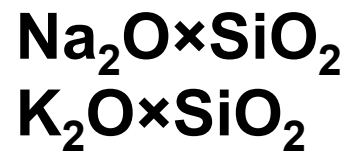
# POSLJEDICE KOROZIJE



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# ALKALNOAGREGATNA REAKCIJA

- reakcijom alkalnih oksida iz cementa i silikatnog agregata nastaje na njihovoj kontaktnoj površini vodeno staklo

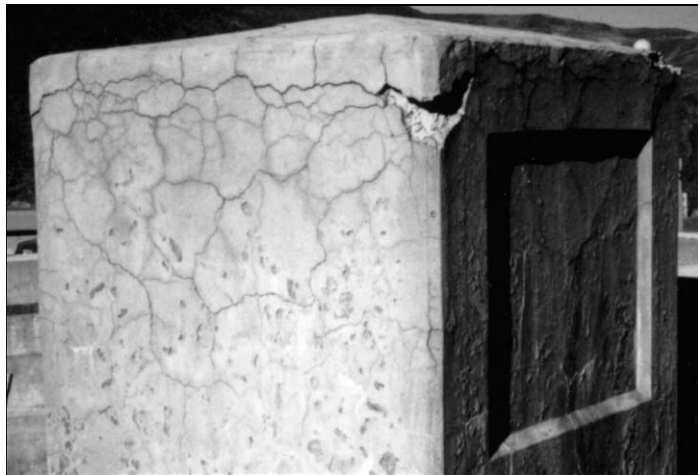


Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



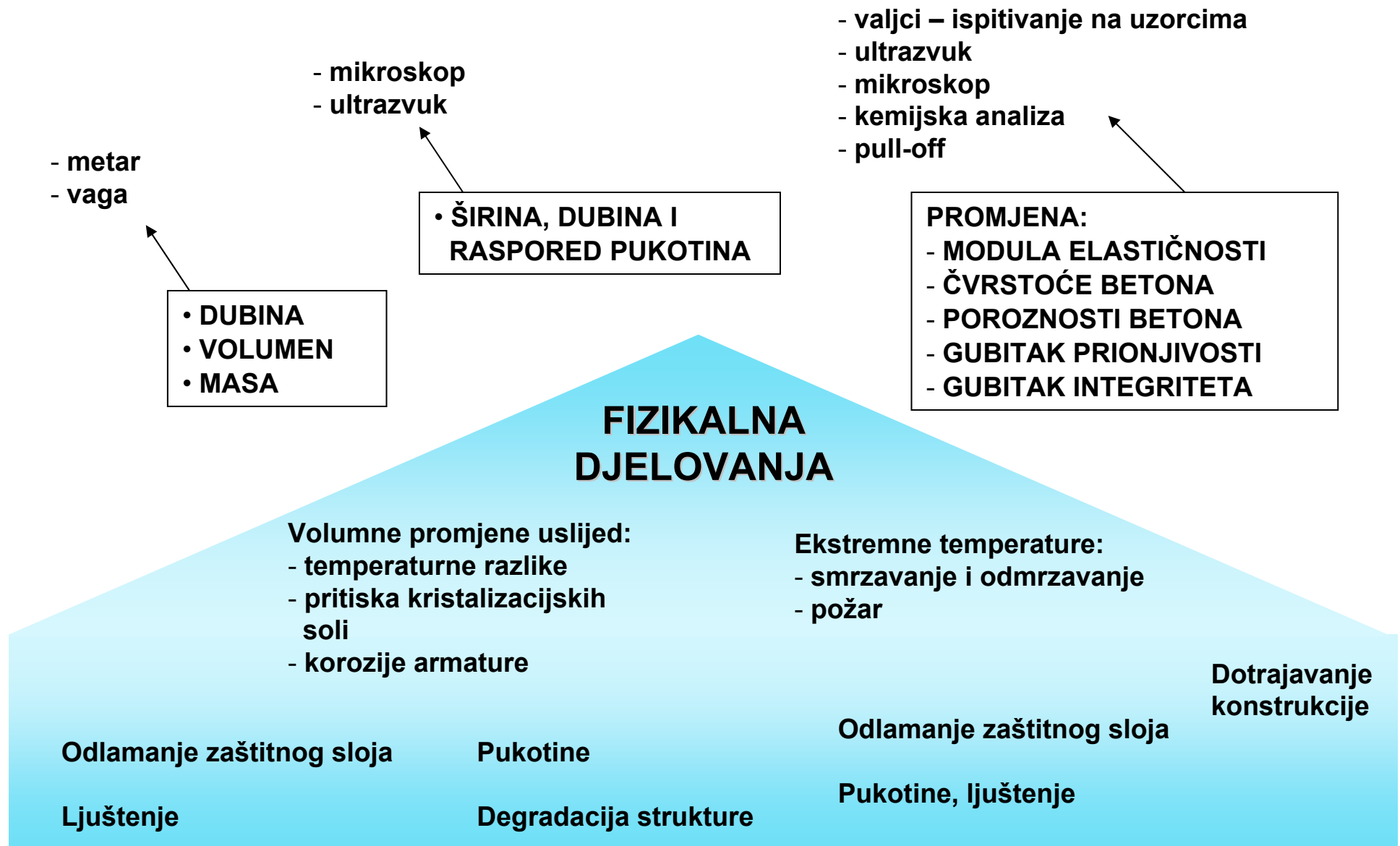
# POSljedICE AAR-a

- bujanje očvršle faze - vlačno naprežanje – pukotine
- raspucavanje



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.





Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# VOLUMNE PROMJENE

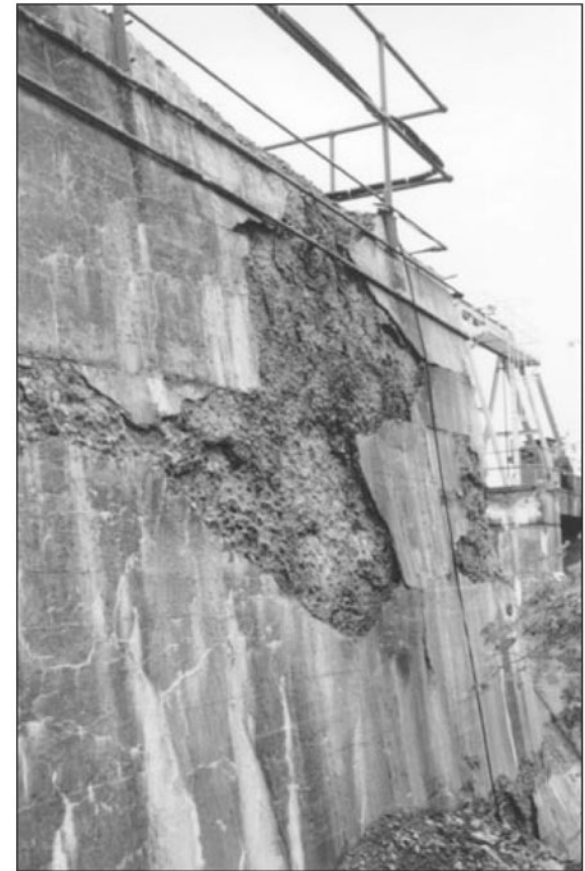
- razlike temperature – zagrijavanje i hlađenje dijelova konstrukcije
- pritisak kristalizacijskih soli
- korozija armature



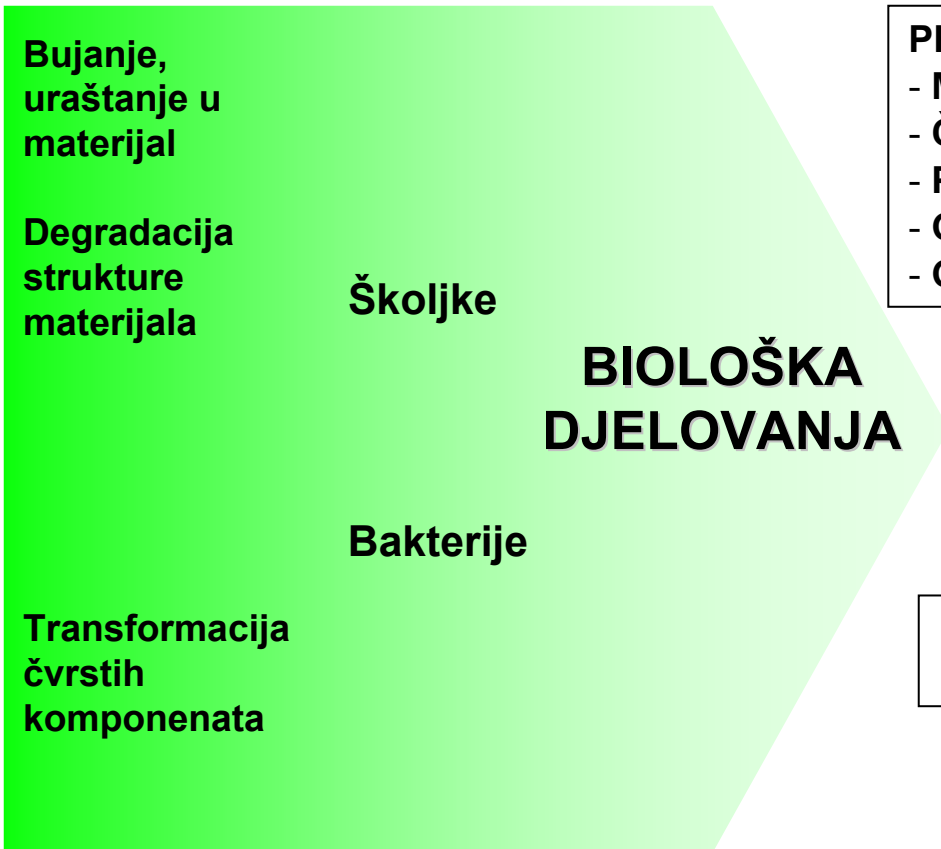
Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# EKSTREMNE TEMPERATURE

- smrzavanje / odmrzavanje
- požar
  - pukotine, ljuštenje, mrvljenje



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



**PROMJENA:**

- MODULA ELASTIČNOSTI
- ČVRSTOĆE BETONA
- POROZNOSTI BETONA
- GUBITAK PRIONJIVOSTI
- GUBITAK INTEGRITETA

- ispitivanje na uzorcima
- ultrazvuk
- mikroskop
- kemijska analiza
- pull-off

**PROPUSNOST BETONA**

- početno površinsko upijanje vode ISAT
- vodopropusnost
- plino- i zrakopropusnost
- difuzija O<sub>2</sub>
- difuzija Cl<sup>-</sup>

**DUBINA PRODIRANJA**

- mikroskop
- metar

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



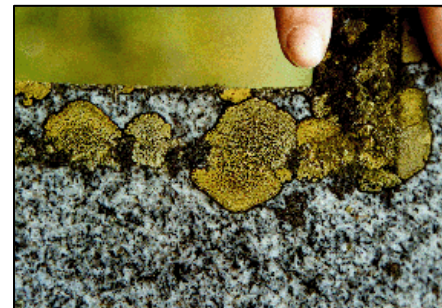
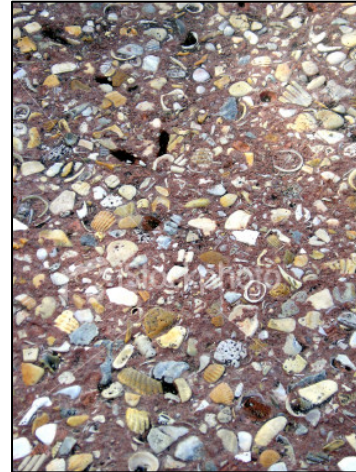
Sveučilište u Zagrebu  
**Arhitektonski fakultet**  
 University of Zagreb  
**Faculty of Architecture**



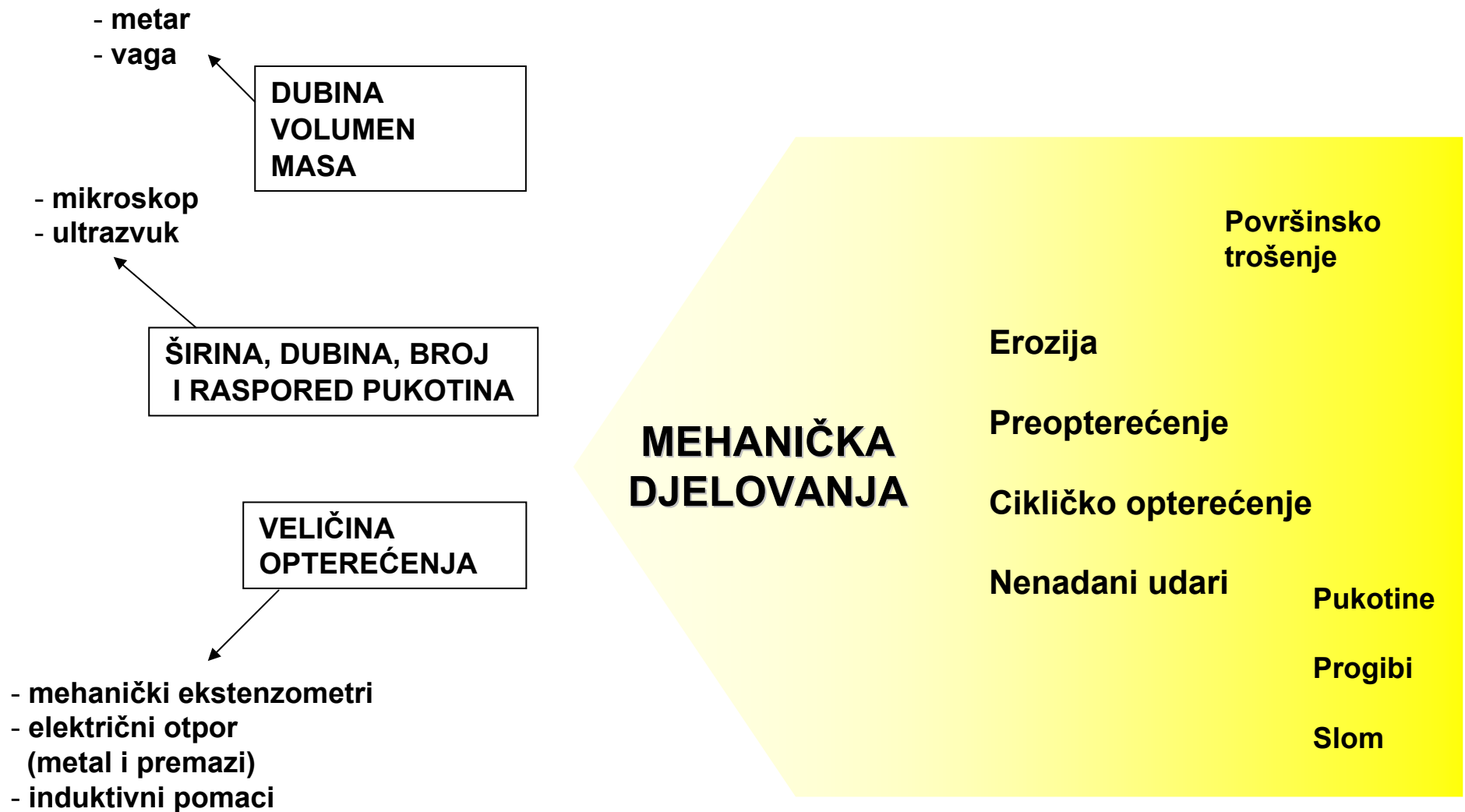


# BIOLOŠKA OPTEREĆENJA

- školjke
  - uraštanje
  - degradacija strukture
- bakterije
  - transformacija čvrstih komponenata



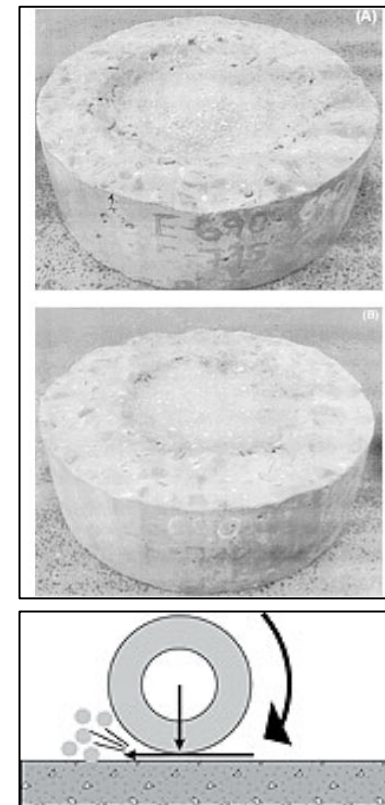
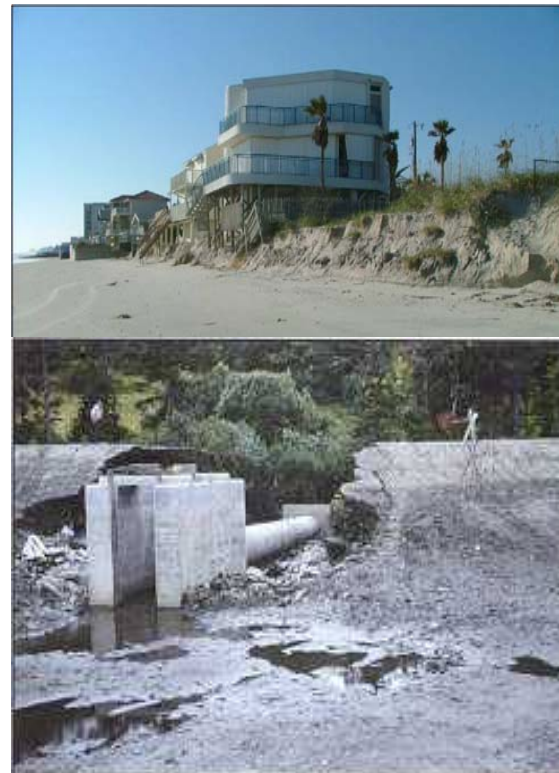
Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# MEHANIČKA DJELOVANJA

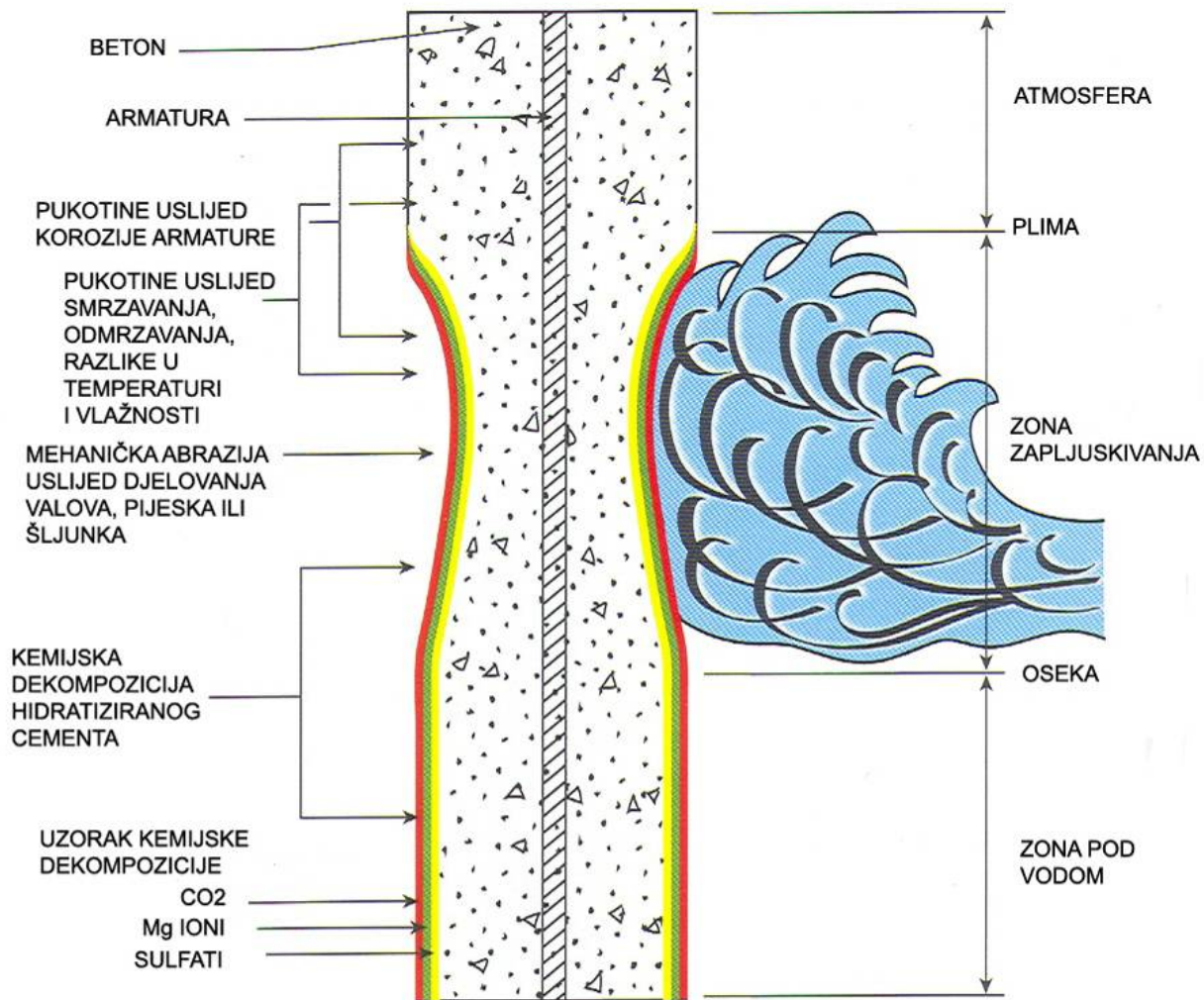
- Razni oblici mehaničkog trošenja:
  - EROZIJA
  - ABRAZIJA
  - KAVITACIJA



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



# DJELOVANJE MORSKE VODE



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



# DJELOVANJE MORSKE VODE




Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



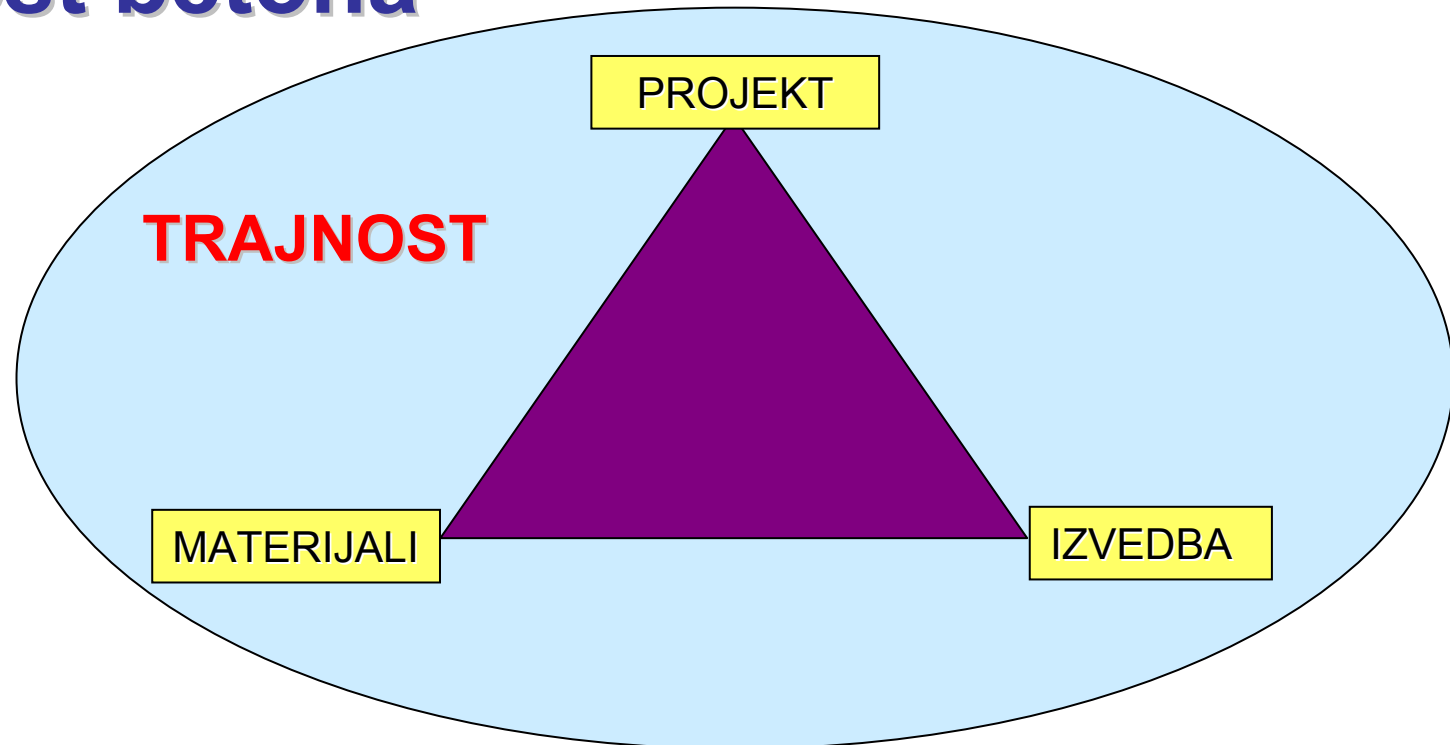
Sveučilište u Zagrebu  
**Arhitektonski fakultet**  
University of Zagreb  
**Faculty of Architecture**



# UTJECAJ OSNOVNIH FIZIKALNIH POJAVA NA SVOJSTVA MATERIJALA, KOMPONENATA I SUSTAVA NA CJELOKUPNA SVOJSTVA GRAĐEVINE

<p>Domena osnovnih fizikalnih pojava kod građevnih materijala, komponenata i sustava.</p>	<p>Domena svojstava materijala, neovisno o mjestu primjene i ugradnje u konstrukciju.</p>	<p>Domena kompozita s traženim svojstvima za određenu namjenu i ponašanje u konstrukciji.</p>	<p>Domena racionalne integracije komponenata, skupova i sustava za određenu namjenu i ponašanje u konstrukciji.</p>
FIZIKA	MATERIJALI	KOMPONENTE	SUSTAVI
<p>osnovni fenomeni</p>	<p>fizikalna i mehanička svojstva</p>	<p>svojstva kompozita</p>	<p>ponašanje sustava</p>
<p>npr. gravitacija mehanika fluida prijenos topline difuzija vodene pare difuzija klorida i dr. zapaljivost korozija</p>	<p>npr. gustoća vlažnost propusnost modul elastičnosti čvrstoća specifična toplina toplinska provodljivost</p>	<p>npr. nosivost zaštita od korozije toplinska zaštita zaštita od buke potencijal kondenzacije razred s obzirom na reakciju na požar</p>	<p>npr. pouzdanost funkcionalnost kompatibilnost estetika zdravlje i sigurnost ekonomičnost</p>
<p>PROCES OCJENE PONAŠANJA</p> 	<p>Svojstvo materijala ovisi o određenom fizikalnom procesu</p>	<p>Ponašanje kompozita ovisi o međusobnom odnosu više svojstava</p>	<p>Ponašanje integriranih komponenata i sustava kao rezultat svih fizikalnih fenomena (svojstava)</p>

# Trajnost betona



- Kompatibilnost materijala, postupka izvedbe, kvalitete rada, nivoa kontrole i osiguranja kvalitete su značajni parametri postupka projektiranja trajnosti → osiguravanja projektiranog uporabnog vijeka konstrukcija.

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

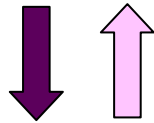
# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

## STATIČKI PRORAČUN

Dimenzioniranje konstrukcije pomoću uobičajenih metoda proračuna: statika, zamor, dinamika

Rezultat:

- Preliminarno dimenzioniranje konstrukcije
- Plan armature
- Čvrstoća betona



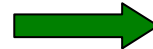
## KONAČNI PRORAČUN

Alternativa 1

- Integriranje rezultata statičkog proračuna i proračuna trajnosti

Alternativa 2

- Redimenzioniranje (promjene u statičkom proračunu) zbog rezultata proračuna trajnosti



## PRORAČUN TRAJNOSTI

- Određivanje ciljanog i projektiranog uporabnog vijeka
- Analiza djelovanja iz okoliša
- Identifikacija mehanizama degradacije
- Odabir modela degradacije
- Određivanje parametara trajnosti: dubina kritične koncentracije klorida, korozija armature
- Promjer armature

Faktori koji utječu na rezultat:

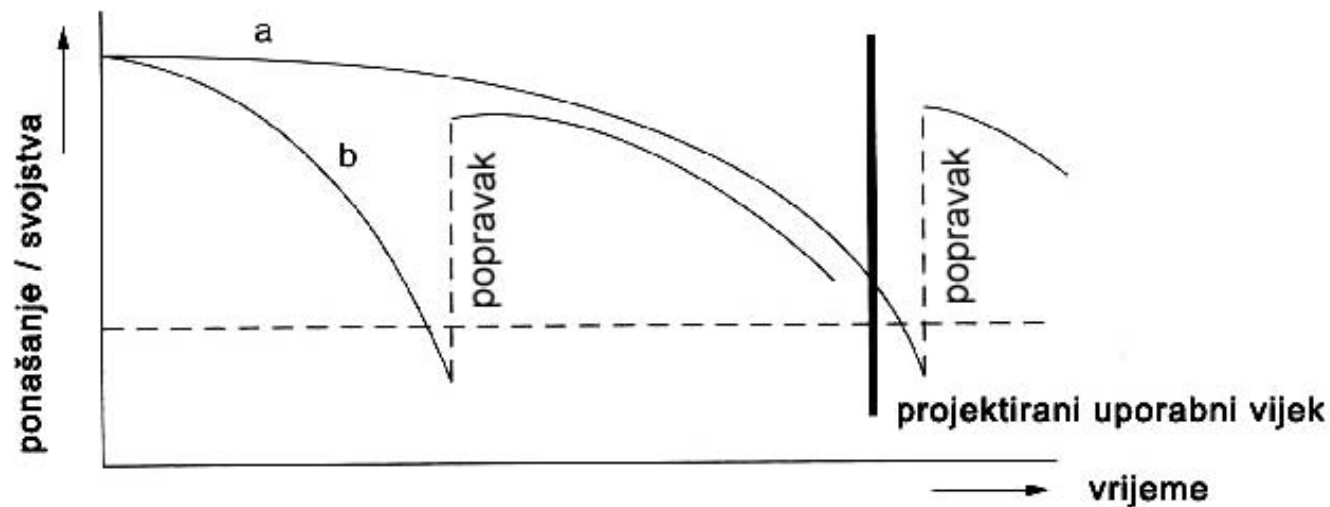
- Čvrstoća betona
- Propusnost
- Vrsta cementa
- Metoda njegovanja
- Vrsta armature
- Dimenzije elemenata

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



# UPORABNI VIJEK

- Uporabni vijek - vrijeme nakon gradnje tijekom kojeg građevina ili njezini dijelovi ispunjavaju ili premašuju zahtijevano ponašanje/svojstvo.



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# PRORAČUNSKI UPORABNI VIJEK BETONSKIH ELEMENATA (HRN ENV 1991-1)

Projektirani uporabni vijek $t_{SL}$ , godine	Opis konstrukcije
1 – 5	Privremene konstrukcije
25	Zamjenjivi dijelovi konstrukcije, npr. grede pokretnih kranova, ležajevi
50	Konstrukcije zgrada ili druge uobičajene konstrukcije
100	Monumentalne građevine, mostovi i druge inženjerske konstrukcije

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# POSEBNA TRAJNOSNA OPTEREĆENJA

- Tehnička svojstva betonske konstrukcije moraju biti takva da tijekom trajanja građevine uz ***propisano izvođenje i održavanje*** betonske konstrukcije, ona podnese sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaje okoliša.

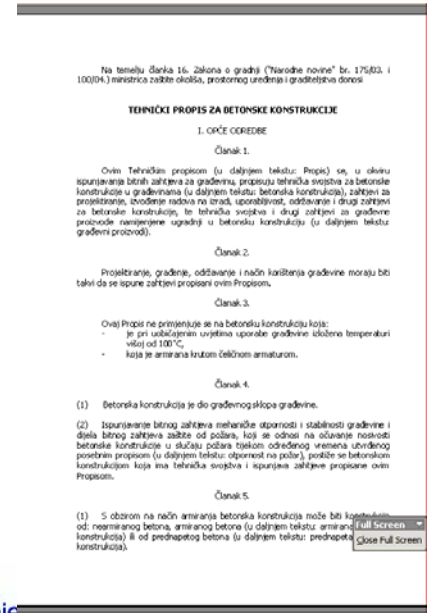
(TPBK, 2005.)



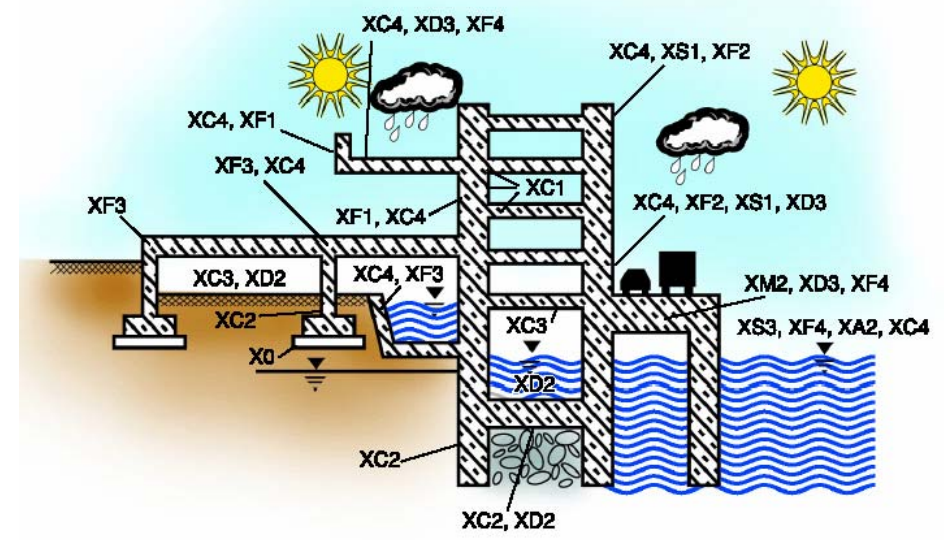
Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# KLASIFIKACIJA DJELOVANJA IZ OKOLIŠA

- Klasifikacija uvjeta okoliša prema HRN EN 206-1
- Značajne promjene:
- PBAB: 9 klasa → TPBK: 18 razreda izloženosti
- Postavljeni su stroži kriteriji za sadržaj cementa u betonu:
  - tlačna čvrstoća,
  - minimalni zaštitni sloj,
  - max v/c,
  - minimalni sadržaj pora u odnosu na PBAB



Primjer klasa izloženosti za pojedine betonske elemente



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



Razred	Opis okoliša	Informativni primjeri moguće pojave klasa izloženosti
<b>1 Nema rizika korozije</b>		
X0	Bez rizika djelovanja.	Elementi bez armature u neagresivnom okolišu (npr. nearmirani temelji koji nisu izloženi smrzavanju i odmrzavanju, nearmirani unutarnji elementi) Za beton s armaturom ili ugrađenim metalom: vrlo suho.
<b>2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom<sup>a</sup></b>		
Kada je beton s armaturom ili drugim ugrađenim metalom izložen zraku i vlazi, izloženost treba svrstati u razrede kako slijedi:		
XC1	Suho ili trajno vlažno	Elementi u prostorijama obične vlažnosti zraka (uključujući kuhinje, kupaone, praonice rublja u stambenim zgradama); elementi stalno uronjeni u vodu
XC2	Vlažno, rijetko suho	Dijelovi spremnika za vodu; dijelovi temelja
XC3	Umjerena vlažnost	Dijelovi do kojih vanjski zrak ima stalni ili povremeni pristup (npr. zgrade otvorenih oblika, tipa-šed); prostorije s atmosferom visoke vlažnosti (npr. javne kuhinje, kupališta, praonice, vlažni prostori zatvorenih bazena za kupanje, ...)
XC4	Cikličko vlažno i suho	Vanjski betonski elementi izravno izloženi kiši; elementi u području kvašenja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)
<b>3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora</b>		
Kada je beton, koji sadrži armaturu ili drugi ugrađeni materijal, u dodiru s vodom koja sadrži kloride, uključujući soli za odmrzavanje, koji nisu iz mora, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:		
XD1	Umjerena vlažnost	Područja prskanja vode s prometnih površina; privatne garaže
XD2	Vlažno, rijetko suho	Bazeni za plivanje i kupališta; elementi izloženi industrijskim vodama koje sadrže kloride
XD3	Cikličko vlažno i suho	Elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja <sup>b)</sup>
<b>4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode</b>		
Kada je beton koji sadrži armaturu ili drugi ugrađeni metal u dodiru s kloridima iz morske vode ili solima iz mora nošenim zrakom, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:		
XS1	Izložen solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Vanjski elementi u blizini obale
XS2	Stalno uronjeno	Stalno uronjeni elementi u lukama
XS3	U zonama plime i oseke i prskanja vode	Zidovi lukobrana i molova

## 5 Korozija uzrokovana smrzavanjem i odmrzavanjem sa ili bez sredstva za odmrzavanje

Kada je beton izložen značajnom djelovanju smrzavanja i odmrzavanja u vlažnom stanju, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:

XF1	Umjereno zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje	Vanjski elementi
XF2	Umjereno zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morska voda	Područja prskanja vode s prometnih površina, sa sredstvom za odleđivanje (ali drugačije od onog za XF4); područje prskanja morskom vodom
XF3	Jako zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje	Otvoreni spremnici za vodu, elementi u području kvašenja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)
XF4	Jako zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morskom vodom	Prometne površine tretirane sredstvima za odmrzavanje; pretežno vodoravni elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja <sup>b)</sup> ; elementi u području morske plime; mjesta na kojima može doći do struganja u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije

## 6 Kemijska korozija<sup>d)</sup>

Kada je beton izložen kemijskom djelovanju koje se javlja iz prirodnog tla i podzemne vode kako je dano u tablici 2-2, klase izloženosti treba klasificirati kako dolje slijedi. Klasifikacija morske vode ovisi o geografskoj lokaciji, pa treba primijeniti klasifikacije važeće na mjestu korištenja betona.

XA1	Slabo kemijski agresivna okolina	Spremnici u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije, spremnici tekućih umjetnih gnojiva
XA2	Umjereno kemijski agresivni okoliš	Betonski elementi u dodiru s morskom vodom; elementi u agresivnom tlu
XA3	Jako kemijski agresivni okoliš	Kemijski agresivne vode u postrojenjima za tretiranje otpadnih voda; spremnici za silažu i korita (žljebovi) za hranjenje životinja; rashladni tornjevi s dimnjacima za odvođenje dimnih plinova

## 7 Beton izložen habanju

XM1	Umjereno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu vozila s pneumatskim gumama na kotačima
XM2	Znatno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim ili tvrdim gumama na kotačima
XM3	Ekstremno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim gumama ili čeličnim kotačima; hidrauličke konstrukcije u vrtložnim (uzburkanim) vodama (npr. bazeni za destilaciju); površine izložene prometu gusjeničara

a) Podaci o vlazi odnose se na uvjete unutar zaštitnog sloja. Može se općenito pretpostaviti da su uvjeti unutar zaštitnog sloja isti kao uvjeti okoline kojem je element izložen. Međutim, to nije nužno slučaj ako postoji barijera za sprječavanje isparavanja između betona i okoliša.

b) Takve ploče zahtijevaju dodatnu površinsku zaštitu kao što je sloj za prekrivanje pukotina.

c) Prvi niži razred čvrstoće ako se odabire aerirani beton za razred XF.

d) Vidjeti **HRN EN 206-1** tablicu 2 za granične vrijednosti komponenata, sastava i svojstava betona.

# PROJEKTIRANJE TRAJNOSNIH SVOJSTAVA BETONA

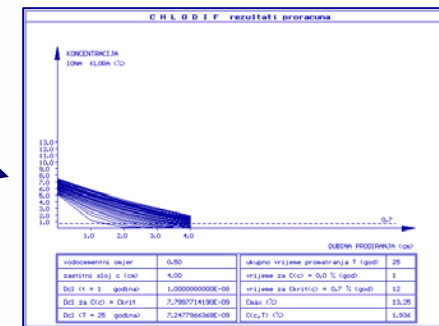
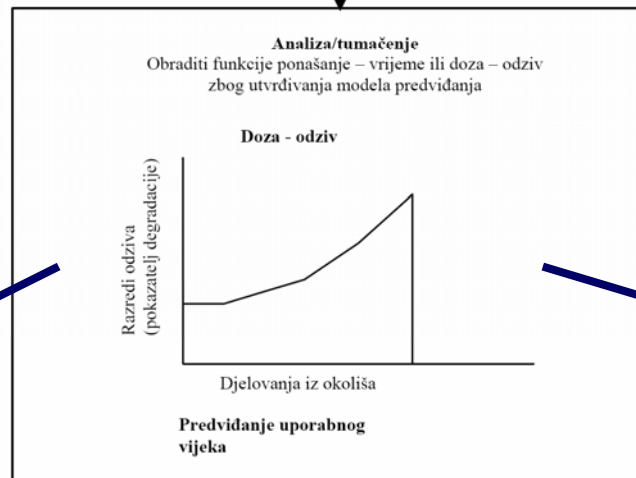
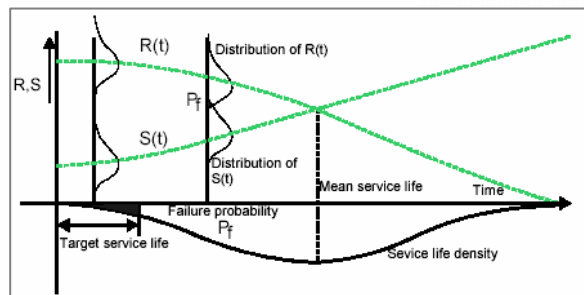
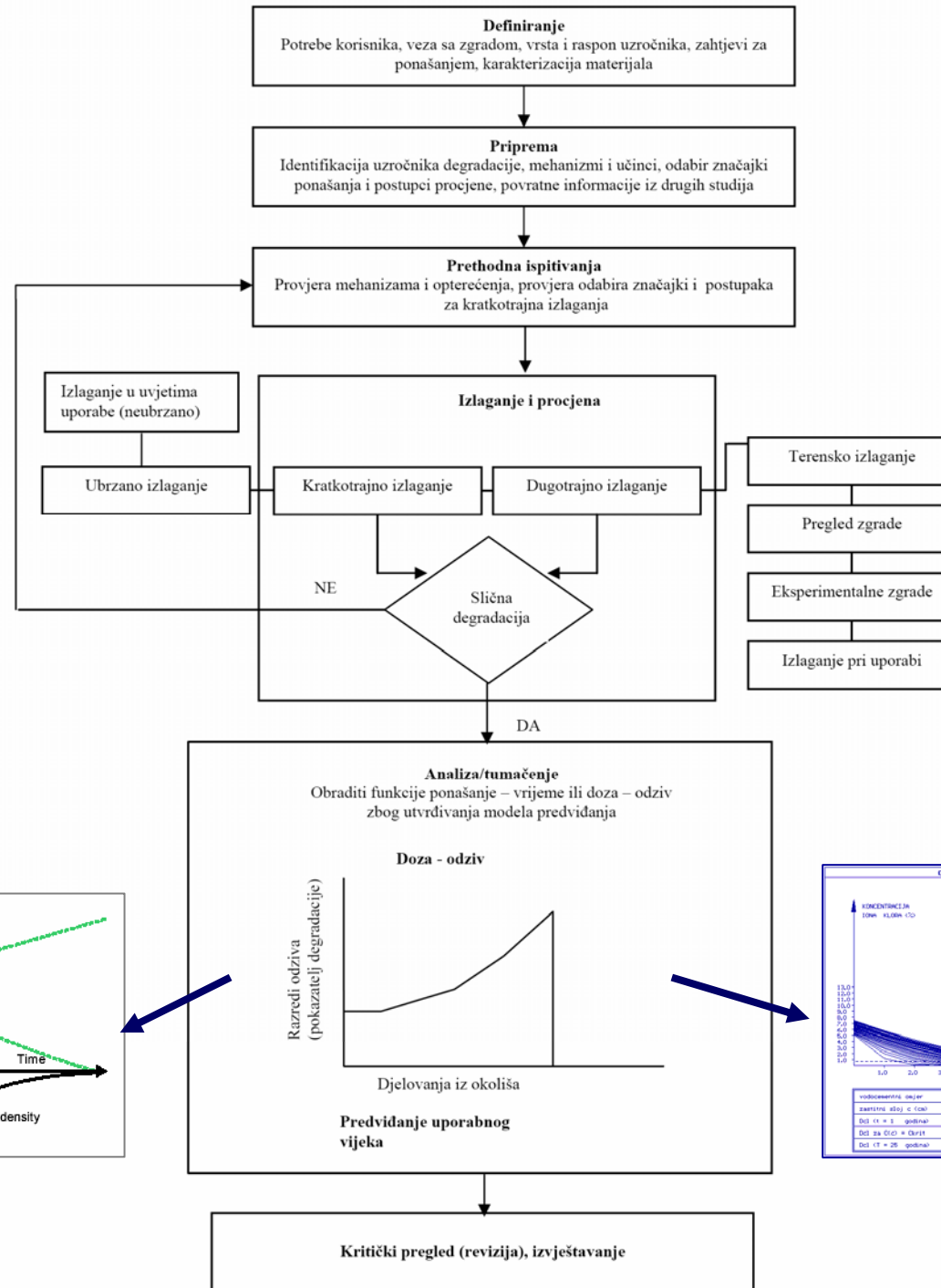
- Zadržan konvencionalni pristup tzv. pristup “pretpostavlja se da zadovoljava”
- Poštivanjem TPBK ostvaruje se uporabni vijek najmanje 50 godina
- Dodatni zahtjevi kada:
  - se traži životni vijek  $> 50$  godina;
  - se zahtijeva manja vjerojatnost otkazivanja
  - su djelovanja okoliša posebno agresivna i dr.
- Predlažu se dodatni postupci (zahtjevi) kod projektiranja sastava betona vezanih uz trajnost



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# Sustavna metodologija predviđanja uporabnog vijeka građevine

## HRN ISO 15686-1

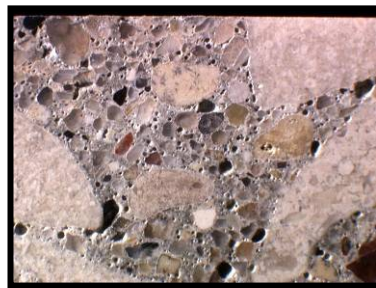




# MRAZ I SOL

- Aeriranjem se postiže otpornost betona na mraz → faktor razmaka pora < od 0.20 (**HRN EN 480-11**)
- Za razrede okoliša XF1 do XF4 beton se mora aerirati s količinom mikropora uvučenog zraka, ovisno o  $D_{max}$

**kontrola prema  
HRN EN 12350-7**



Najveća frakcija agregata (mm)	Količina mikropora (%)
32-63	2-3
16-32	3-5
8-16	5-7
4-8	7-10

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# MRAZ I SOL

- Ispitivanje:
  - otpornosti betona na smrzavanje **HRN U.M1.016**,
  - otpornosti betona na smrzavanje i soli za odmrzavanje **HRN CEN/TS 12390-9**
  - iznimno ne treba ako je dokazano da je faktor razmaka pora  $< 0.20$

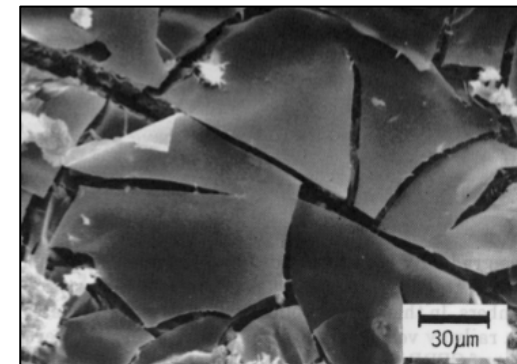


Razred	Kriterij	Norma
<b>XF1</b>	<b>100 ciklusa</b>	<b>HRN U.M1.016</b>
<b>XF2</b>	<b>28 ciklusa</b>	<b>HRN CEN/TS 12390-9</b>
<b>XF3</b>	<b>200 ciklusa</b>	<b>HRN U.M1.016</b>
<b>XF4</b>	<b>56 ciklusa, <math>\Delta m &lt; 1\text{kg/m}^2</math></b>	<b>HRN CEN/TS 12390-9</b>

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

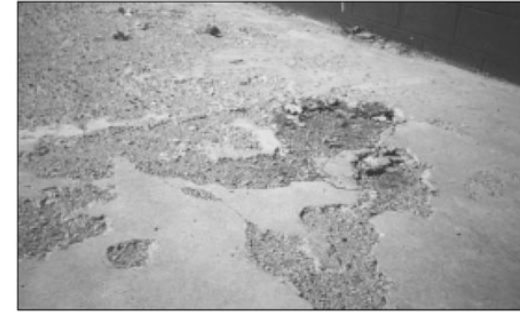
# ALKALNO SILIKATNA REAKCIJA

- Sprječavanje oštećenja uslijed alkalno-silikatne reakcije dodavanjem određene količine pucolana ili drugih oblika reaktivnog  $\text{SiO}_2$ , upotreba niskoalkalnog cementa
- Određivanje udjela alkalija u cementu prema normi **HRN EN 196-21**
- Štetnost od alkalno-silikatne reakcije može se odrediti prema **ASTM C 227 - 81**



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# HABANJE



- Bolja otpornost na habanje:
  - povećanje zaštitnog sloja
  - površinski betonski sloj s agregatom od kvarca ili eruptivca ili s dodatkom drugih tvrdih i na habanje otpornih zrnaca, npr. korund, kvarc i sl.
  - u završni sloj dodana čelična ili neka druga vlakna
- **Povećanje zaštitnog sloja:**
  - XM1 za 5 mm
  - XM2 za 10 mm
  - XM3 za 15 mm
- Otpornost na habanje prema:  
**HRN EN 1097-1, HRN EN 1338, HRN EN 1339**



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



# PROPUSNOST BETONA

- osnovni parametri za procjenu potencijalne trajnosti AB konstrukcije
- **VODOPROPUSNOST** - postupak i kriterije sukladnosti trebaju usuglasiti uvjetovatelj i proizvođač, ispitivanje prema **HRN EN 12390-8**.
- **PLINOPROPUSNOST** – nije propisano TPBK-om, ispitivanje prema: **EN 993-4, HRN EN ISO 7783-1, HRN EN ISO 7783-2**
- **KAPILARNO UPIJANJE** – nije propisano TPBK-om, ispitivanje prema: **HRN EN 1338, HRN EN 1339, HRN EN 13369, HRN EN 13057**



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# PROPUSNOST BETONA

- Terensko ispitivanje propusnosti betona → važno za kontrolu stvarno izvedenog stanja
- Nerazorno ispitivanje:
  - vodopropusnosti,
  - plinopropusnosti,
  - početnog površinskog upijanja vode

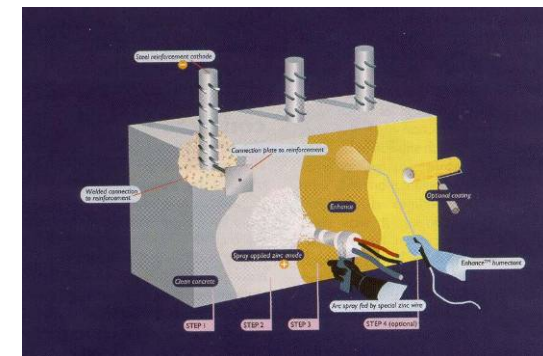
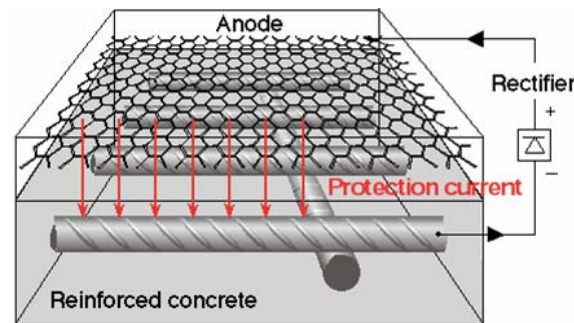
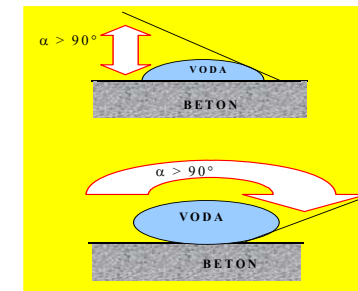
**(BS 1881 – Part 5 ISAT)**



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# KOROZIJA ARMATURE

- Uzroci: karbonatizacija, kloridi
- Zaštita
  - zaštitni sloj betona
  - odabir cementa
  - ograničen sadržaj klorida u betonu
  - otpornost betona na prodor klorida
  - dodatni sustavi za zaštitu npr. impregnacije, inhibitori, katodna zaštita, itd.



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# ZAŠTITNI SLOJ BETON

- NUŽNO:
  - ostvarivanje kvalitetnog betona u zoni zaštitnog sloja,
  - projektiranje i izvedba dovoljne debljine zaštitnog sloja.

	Razred	Najmanji zaštitni sloj $c_{min}$ za armaturu, u mm	Dopuštena odstupanja zaštitnog sloja $\Delta c$ , u mm
1	XC1	20	10
2	XC2	35	15
	XC3	35	
	XC4	40	
3	XD1	55	15
	XD2		
	XD3		
4	XS1	55	$c_{nom} = c_{min} + \Delta c$
	XS2		
	XS3		

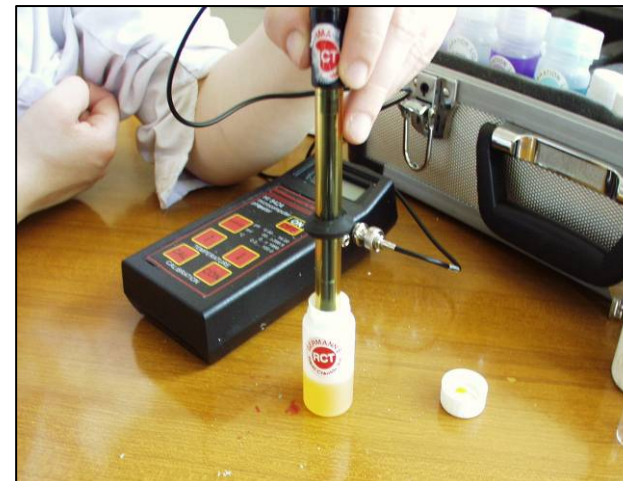


Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



# Određivanje sadržaja klorida u betonu

- Utvrđivanje količine klorida u betonu provodi se bušenjem uzoraka iz konstrukcije i određivanje sadržaja klorida kemijskim metodama ispitivanja

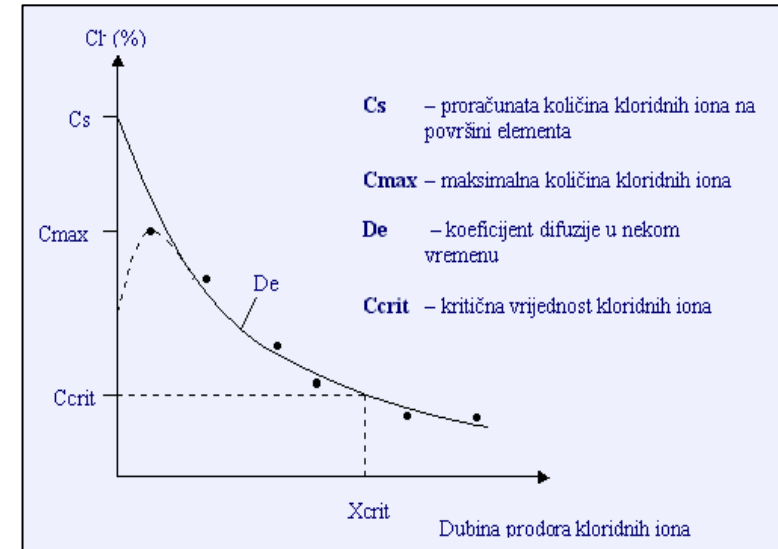


Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# SADRŽAJ KLORIDA U BETONU

## Maksimalan sadržaj klorida u betonu

Uporaba betona	Razred sadržaja klorida	Najveći sadržaj Cl <sup>-</sup> na masu cementa
Ne sadrži čeličnu armaturu ni drugi ugrađeni metal osim nehrđajućih vodilica	Cl 1,0	1,00 %
Sadrži čeličnu armaturu ili drugi ugrađeni metal	Cl 0,20	0,20 %
	Cl 0,40	0,40 %
Sadrži čelik za prednapinjanje	Cl 0,10	0,10 %
	Cl 0,20	0,20 %

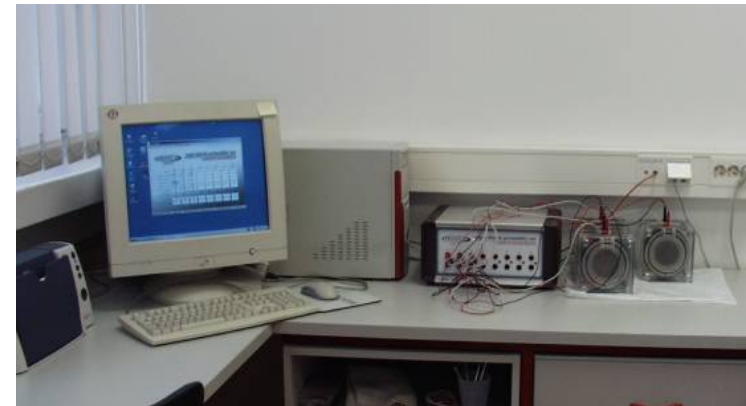


- Za utvrđivanje sadržaja klorida u očvrslom betonu primjenjuje se postupak prema **HRN EN 14629**, **HRN EN 13396**

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# OTPORNOST BETONA NA PRODOR KLORIDA

- Za betone u vrlo agresivnom okolišu, kao što je morski okoliš ili djelovanje soli za odmrzavanje, potrebno je odrediti otpornost betona na prodor klorida (koeficijent difuzije klorida)
- ispitivanja prema:
  - HRN U.M1.044, NT BUILD 492, NT BUILD 443, prEN 104-875, ASTM C 1202, ASTM C 876, ASTM G 109, JIS A 6205



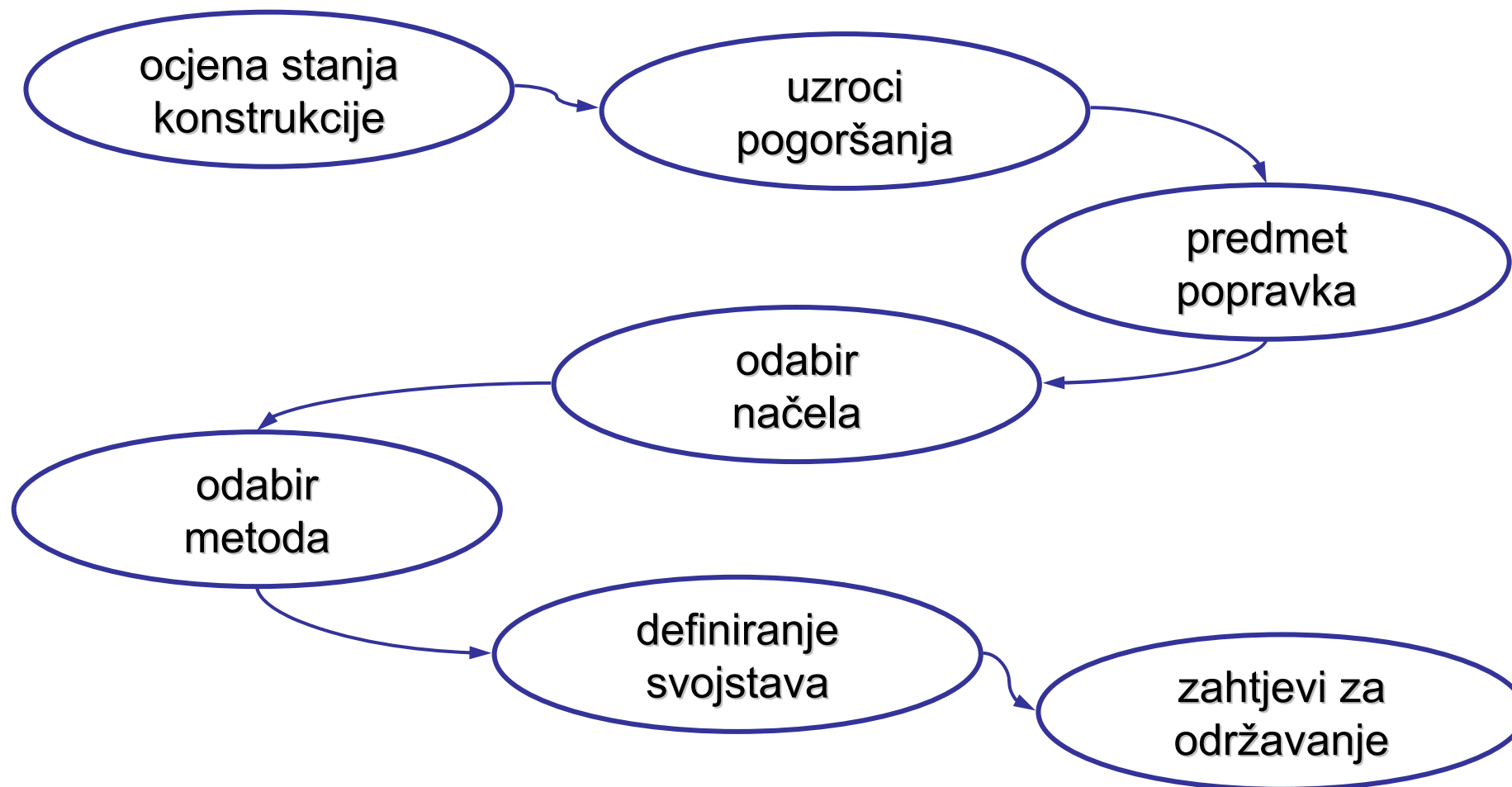
Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# PROIZVODI I SUSTAVI ZA ZAŠTITU I POPRAVAK BETONSKIH KONSTRUKCIJA





## Ključni koraci postupka popravka (HRN ENV 1504-9)



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# Popravci AB konstrukcija

- za produljenje uporabnog vijeka i održavanje sigurnosti konstrukcije nužni su popravci i održavanje
- revitalizacija i popravak postojećih konstrukcija > 50% godišnje investicije u građevinarstvu u Europi
- Prilog K TPBK se odnosi na proizvode i sustave za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# Norme niza HRN EN 1504

**Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija -  
Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti**

<i>HRN EN 1504-1</i>	<i>1. dio: Definicije</i>
<i>HRN EN 1504-2</i>	<i>2. dio: Sustavi površinske zaštite</i>
<i>HRN EN 1504-3</i>	<i>3. dio: Konstrukcijski i nekonstrukcijski popravak</i>
<i>HRN EN 1504-4</i>	<i>4. dio: Konstrukcijsko ojačanje</i>
<i>HRN EN 1504-5</i>	<i>5. dio: Injektiranje betona</i>
<i>EN 1504-6</i>	<i>6. dio: Sidrenje armature</i>
<i>EN 1504-7</i>	<i>7. dio: Zaštita armature od korozije</i>
<i>HRN EN 1504-8</i>	<i>8. dio: Kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti</i>
<i>HRN ENV 1504-9</i>	<i>9. dio: Opća načela za uporabu proizvoda i sustava</i>
<i>HRN EN 1504-10</i>	<i>10. dio: Primjena proizvoda i sustava na gradilištu i kontrola kvalitete radova</i>

**norme specifikacije za proizvode**

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



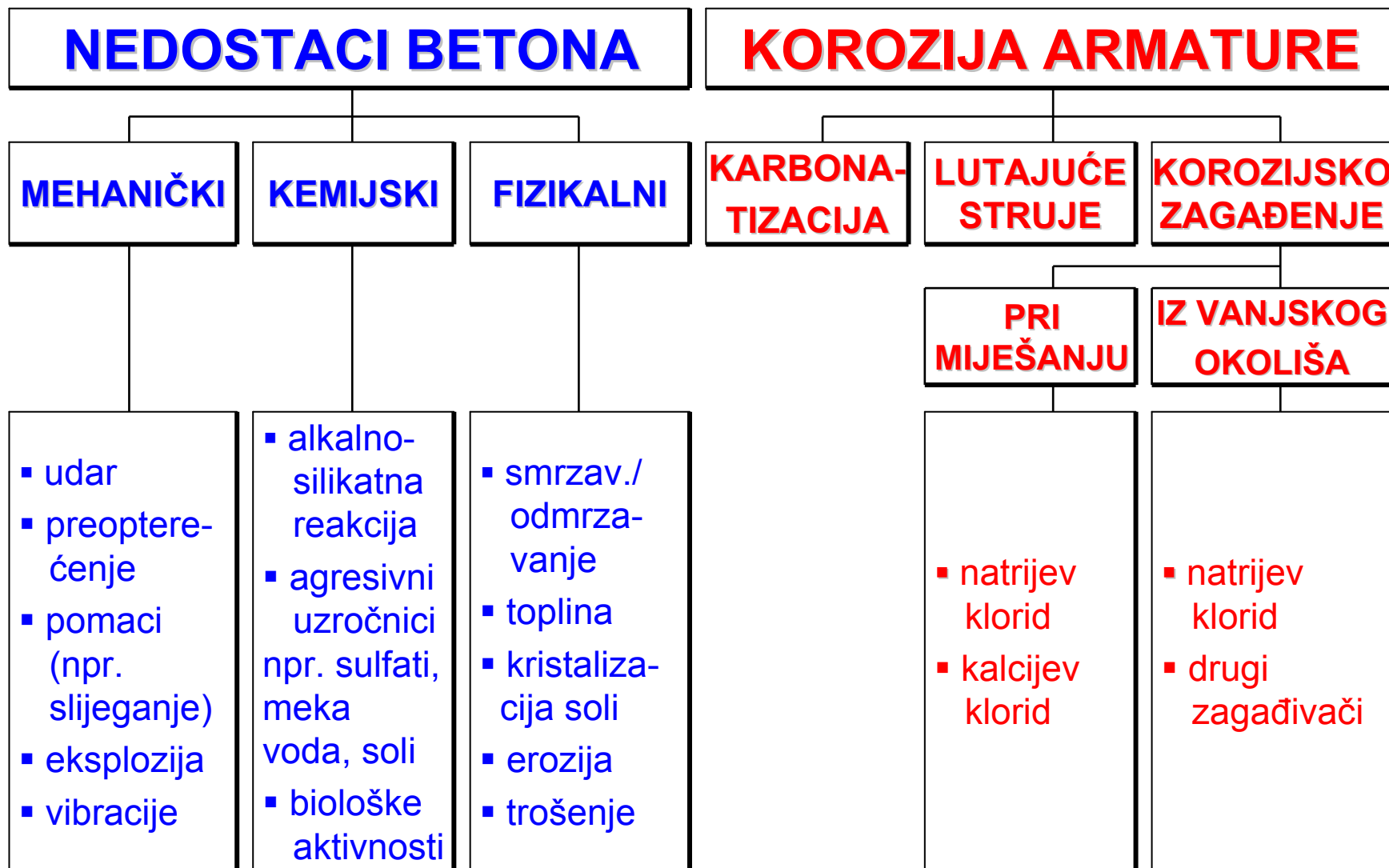
Sveučilište u Zagrebu  
**Arhitektonski fakultet**  
University of Zagreb  
**Faculty of Architecture**



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRADEVINSKI FAKULTET  
UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING



# 1504-9 Uzroci nedostataka





# 1504-9 Načela – Metode

<b>NAČELA KOJA SE ODNOSE NA NEDOSTATKE BETONA</b>	
<b>1</b>	<b>Zaštita od unosa štetnih djelovanja</b> <ul style="list-style-type: none"><li>1.1 Hidrofobna impregnacija, Impregnacija</li><li>1.2 Površinski premaz sa sposobnošću premoštenja pukotina ili bez nje</li><li>1.3 Lokalno oblaganje pukotina <sup>1)</sup></li><li>1.4 Ispunjavanje pukotina</li><li>1.5 Pretvaranje pukotina u spojeve <sup>1)</sup></li><li>1.6 Postavljanje vanjskih panela <sup>1)</sup></li><li>1.7 Primjena membrana <sup>1)</sup></li></ul>
<b>2</b>	<b>Kontrola vlage</b> <ul style="list-style-type: none"><li>2.1 Hidrofobna impregnacija</li><li>2.2 Površinski premaz</li><li>2.3 Zaštita ili oblaganje <sup>1)</sup></li><li>2.4 Elektrokemijski postupak <sup>1)</sup> - Primjena razlike potencijala između dijelova betona kako bi se potpomogao ili spriječio prolaz vode kroz beton.</li></ul>
<b>3</b>	<b>Obnova betona</b> <ul style="list-style-type: none"><li>3.1 Ručna primjena morta</li><li>3.2 Ponovna ugradnja betona</li><li>3.3 Mlazni beton ili mort</li><li>3.4 Zamjena elemenata</li></ul>

## 1504-9 Načela – Metode

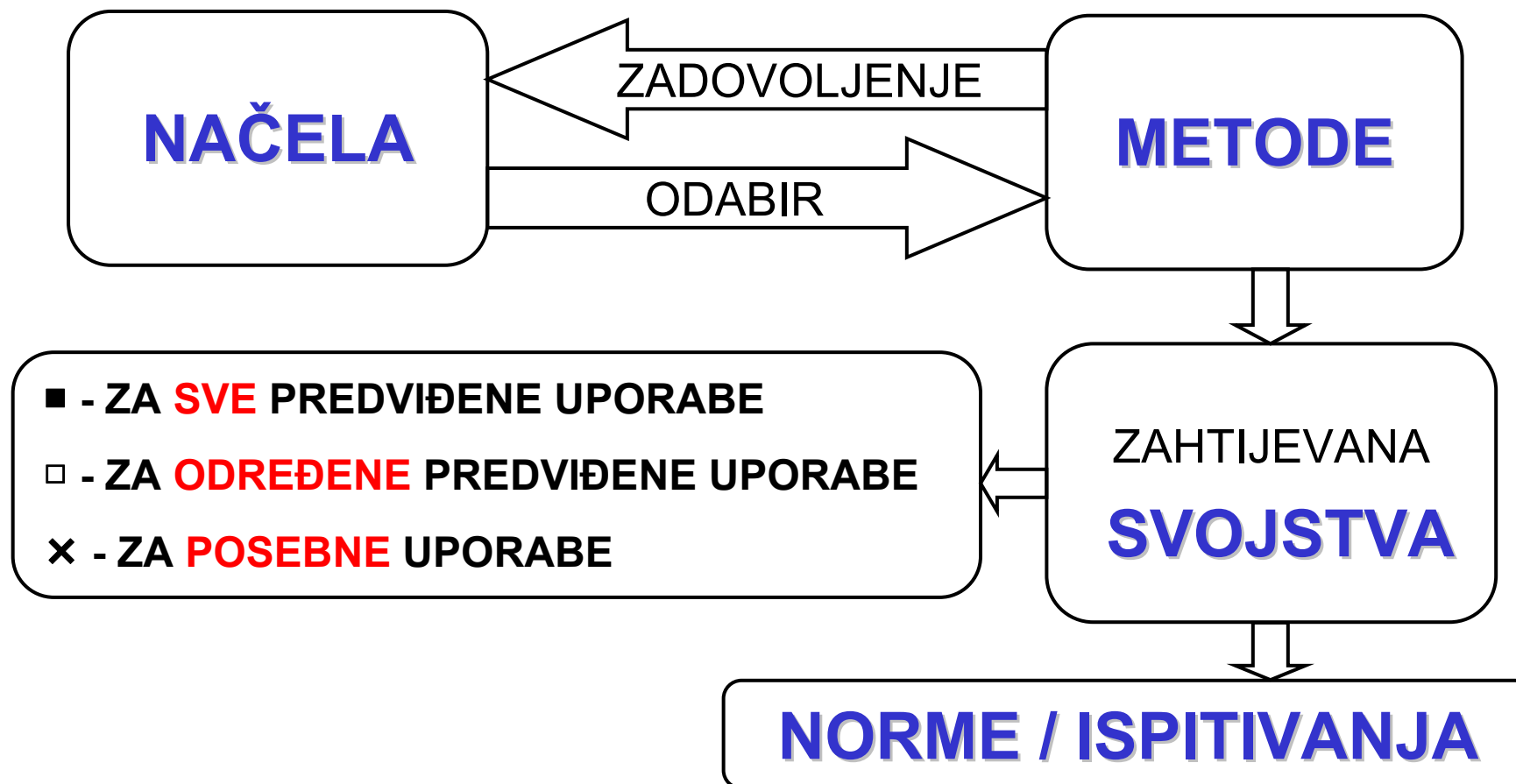
<b>4</b>	<b>Pojačanje konstrukcije</b> <ul style="list-style-type: none"><li>4.1 Dodatak ili zamjena postojeće armature ili dodatak vanjske armature</li><li>4.2 Ugradnja rebrastih šipaka u prethodno ostavljene/izbušene rupe</li><li>4.3 Lijepljenje ploča</li><li>4.4 Dodavanje morta ili betona</li><li>4.5 Injektiranje pukotina, šupljina ili međuprostora</li><li>4.6 Ispunjavanje pukotina, šupljina ili međuprostora</li><li>4.7 Prednapinjanje - (naknadno napinjanje) <sup>1)</sup></li></ul>
<b>5</b>	<b>Fizikalna otpornost</b> <ul style="list-style-type: none"><li>5.1 Obloge ili premazi (slojem betona/morta ili površinskim premazom)</li><li>5.2 Impregnacija</li></ul>
<b>6</b>	<b>Otpornost na kemikalije</b> <ul style="list-style-type: none"><li>6.1 Obloge ili premazi (slojem betona/morta ili površinskim premazom)</li><li>6.2 Impregnacija</li></ul>

## 1504-9 Načela – Metode

<b>NAČELA KOJA SE ODOSE NA KOROZIJU ARMATURE</b>	
<b>7</b>	<b>Očuvanje ili obnavljanje pasivnosti</b> 7.1 Povećanje zaštitnoga sloja dodatnim cementnim mortom ili betonom 7.2 Zamjena zagađenoga ili karbonatiziranoga betona 7.3 Elektrokemijska realkalizacija karbonatiziranog betona <sup>1)</sup> 7.4 Realkalizacija karbonatiziranoga betona difuzijom 7.5 Elektrokemijska ekstrakcija klorida <sup>1)</sup>
<b>8</b>	<b>Povećanje otpora</b> 8.1 Hidrofobna impregnacija 8.1 Ograničenje sadržaja vlage površinskim premazima ili oblogama
<b>9</b>	<b>Katodna kontrola</b> 9.1 Ograničenje sadržaja kisika (na katodi) natapanjem do zasićenja ili površinskim premazom
<b>10</b>	<b>Katodna zaštita</b> 10.1 Primjena električnoga potencijala <sup>1)</sup>
<b>11</b>	<b>Kontrola anodnih i katodnih područja</b> 11.1 Premazivanje armature premazima koji sadrže aktivne pigmente - premazi koji osiguravaju lužnatu okolinu - premazi - inhibitori elektrokemijskih djelovanja - premazi koji smanjuju galvansku reakciju 11.2 Premazivanje armature (električki) nepropusnim premazima 11.3 Primjena inhibitora na beton ili u beton <sup>1)</sup>

# Svojstva i ispitivanja

VEZA: NAČELA – METODE – SVOJSTVA - ISPITIVANJA



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



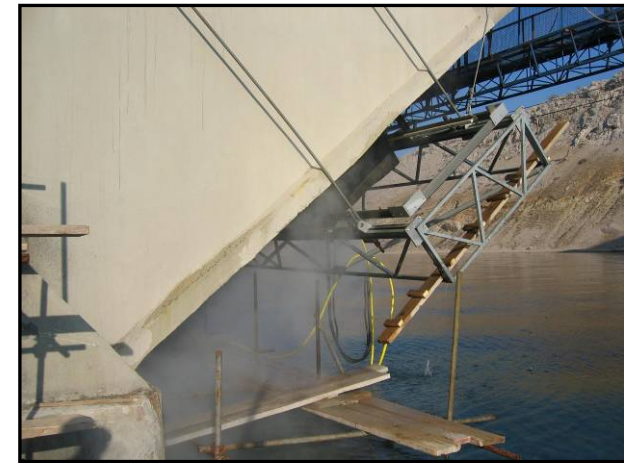
# Zaključak

- **niz EN 1504:**

- sistematizacija proizvoda
- sustavi potvrđivanja sukladnosti
- zahtjevi za proizvode
- način primjene
- kontrola kvalitete izvedbe

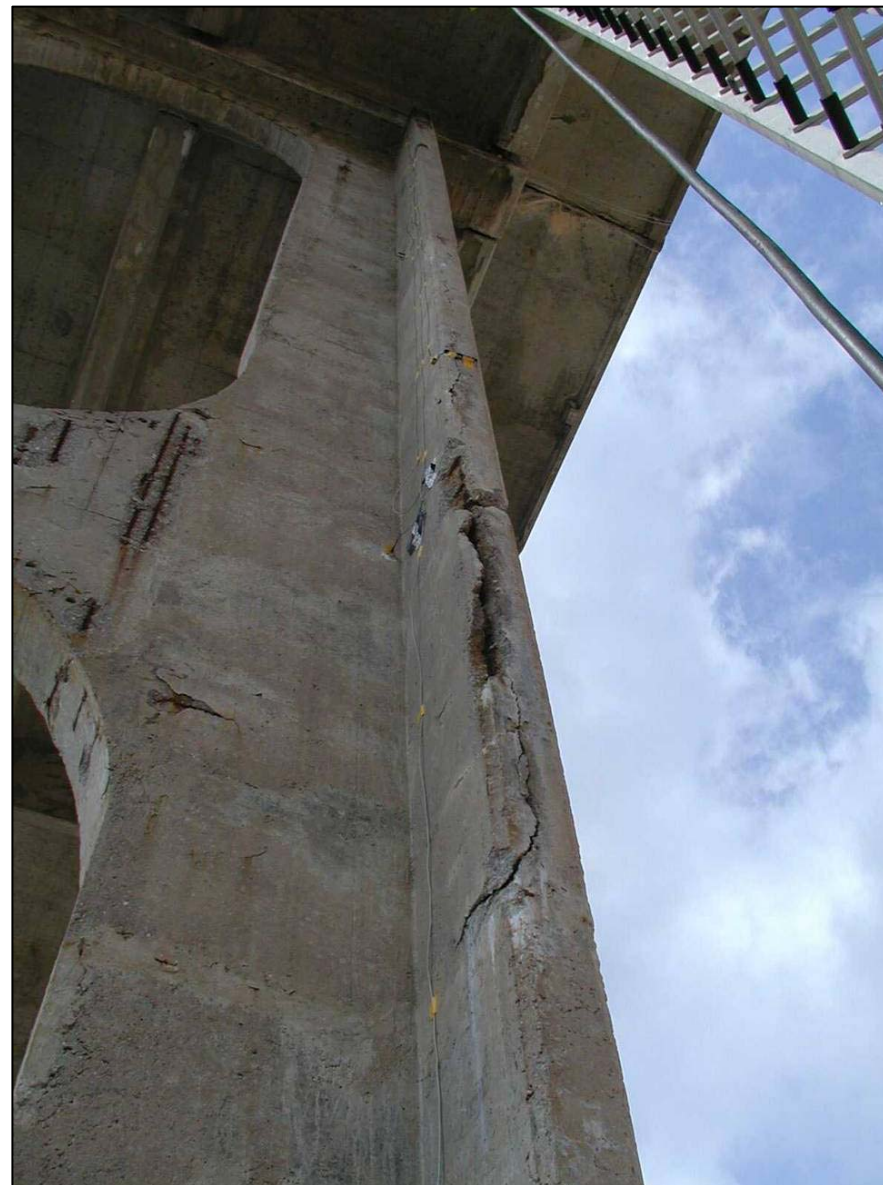


povećanje razine kvalitete proizvoda, kvalitete izvedbe, sigurnost i trajnost betonskih konstrukcija, smanjenje troškova sanacija i održavanja betonskih konstrukcija



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# Lekcije iz prošlosti



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

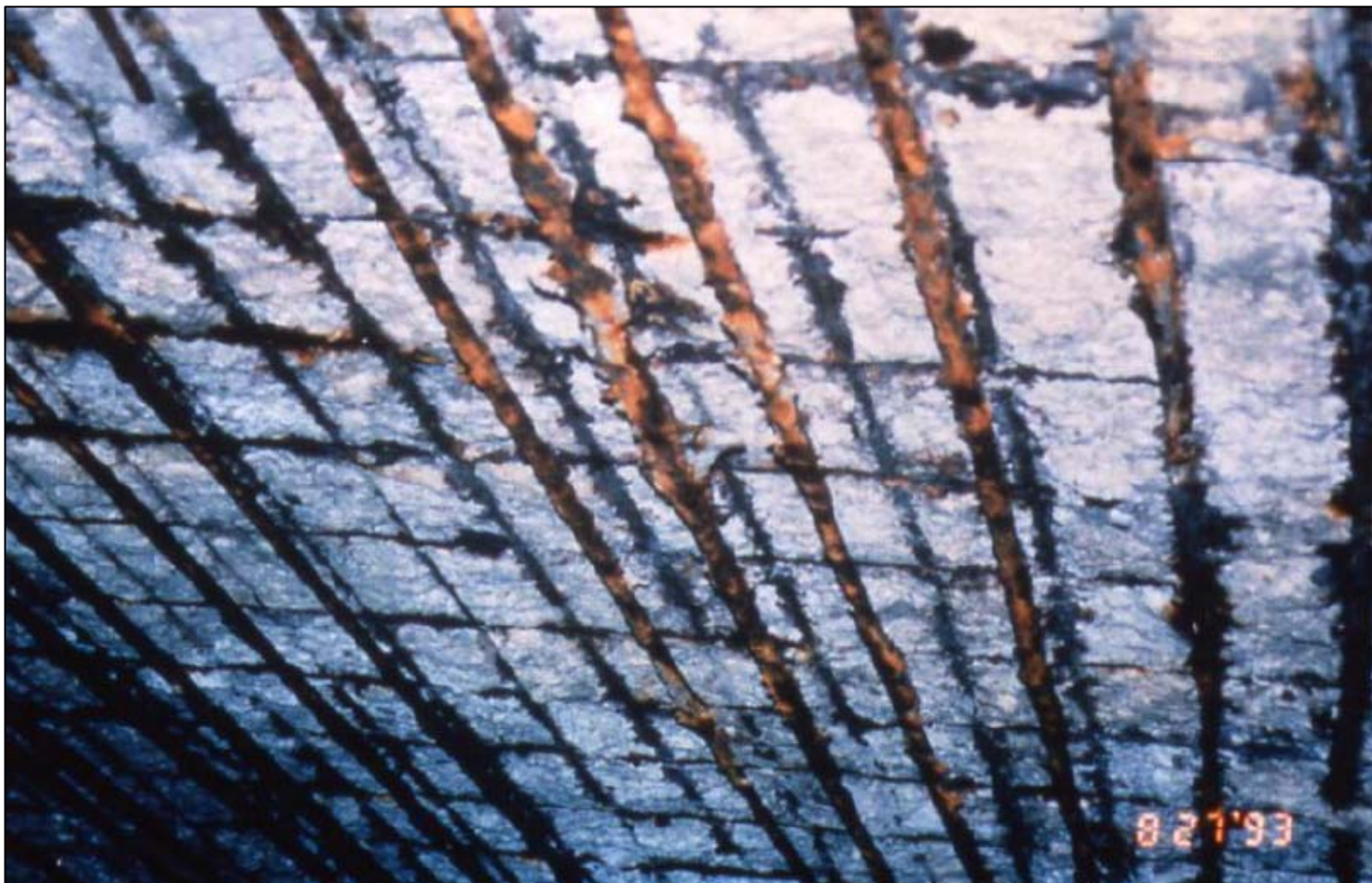


# Lekcije iz prošlosti



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

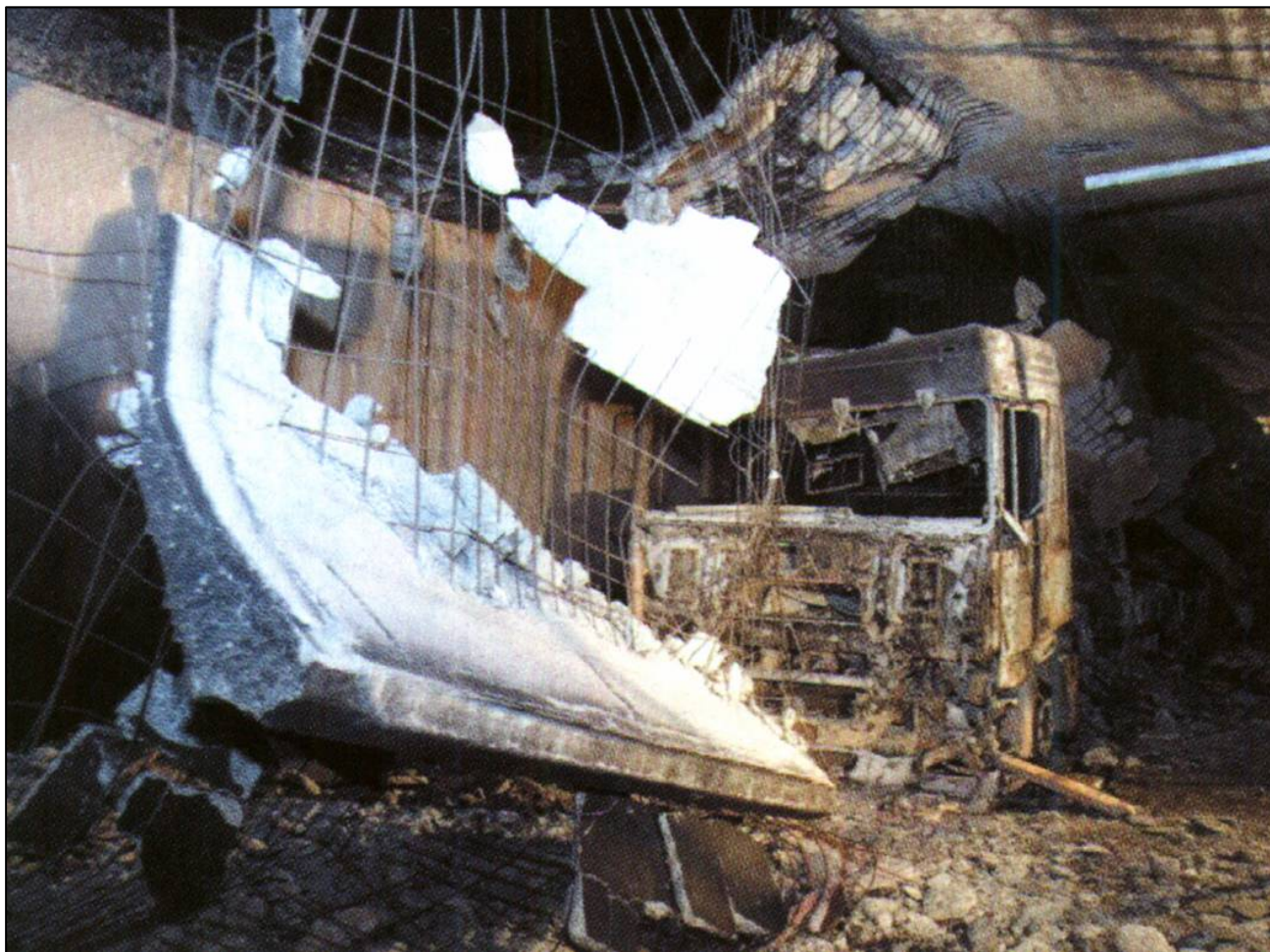
# Lekcije iz prošlosti



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



# Lekcije iz prošlosti



Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.

# Lekcije iz prošlosti

- Calstock vijadukt, Velika Britanija
  - željeznički vijadukt izgrađe 1904-1907
  - 11000 nearmiranih predgotovljenih betonskih elemenata
  - 12 lukova

---

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



Sveučilište u Zagrebu  
**Arhitektonski fakultet**  
University of Zagreb  
**Faculty of Architecture**



# Lekcije iz prošlosti

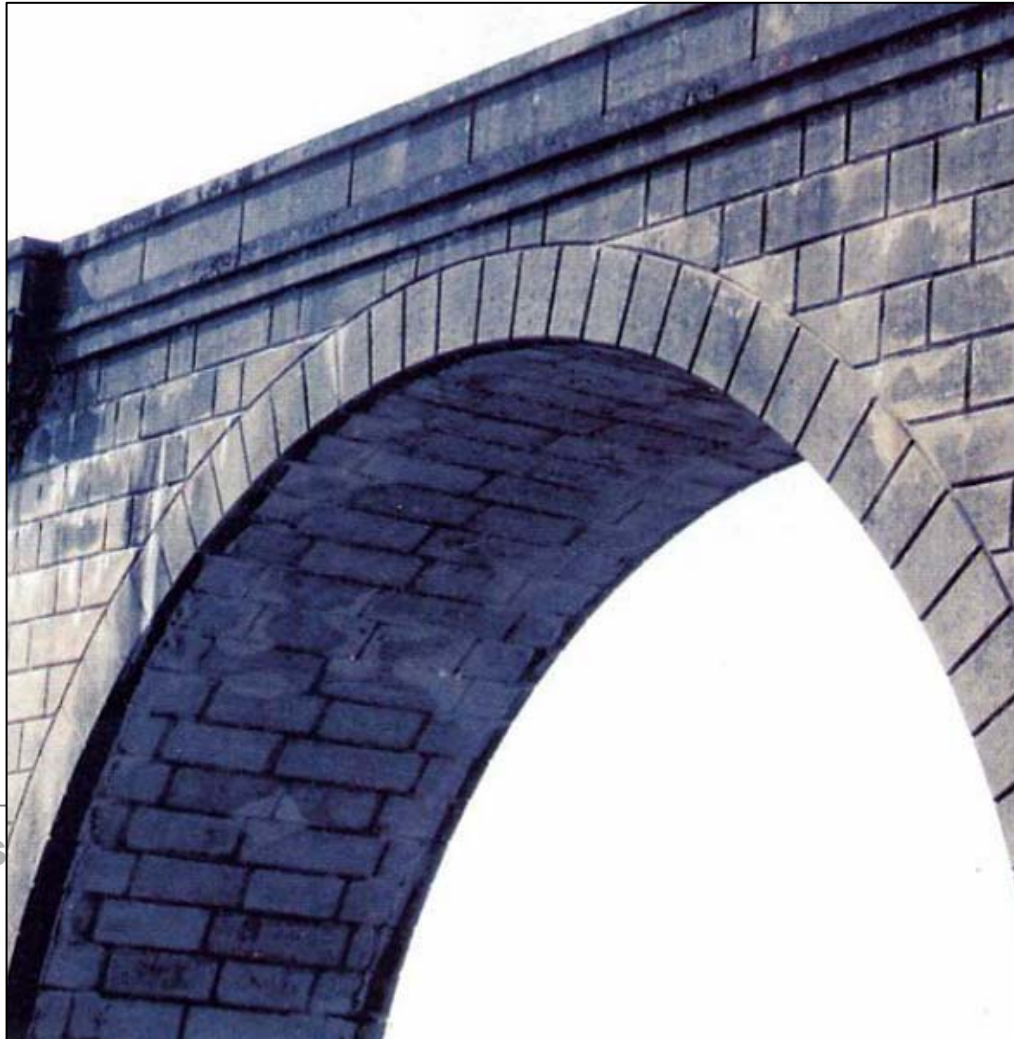
- Calstock vijadukt, Velika Britanija





# Lekcije iz prošlosti

- Calstock vijadukt, Velika Britanija



---

Prvi hrvatski

Af



# Lekcije iz prošlosti

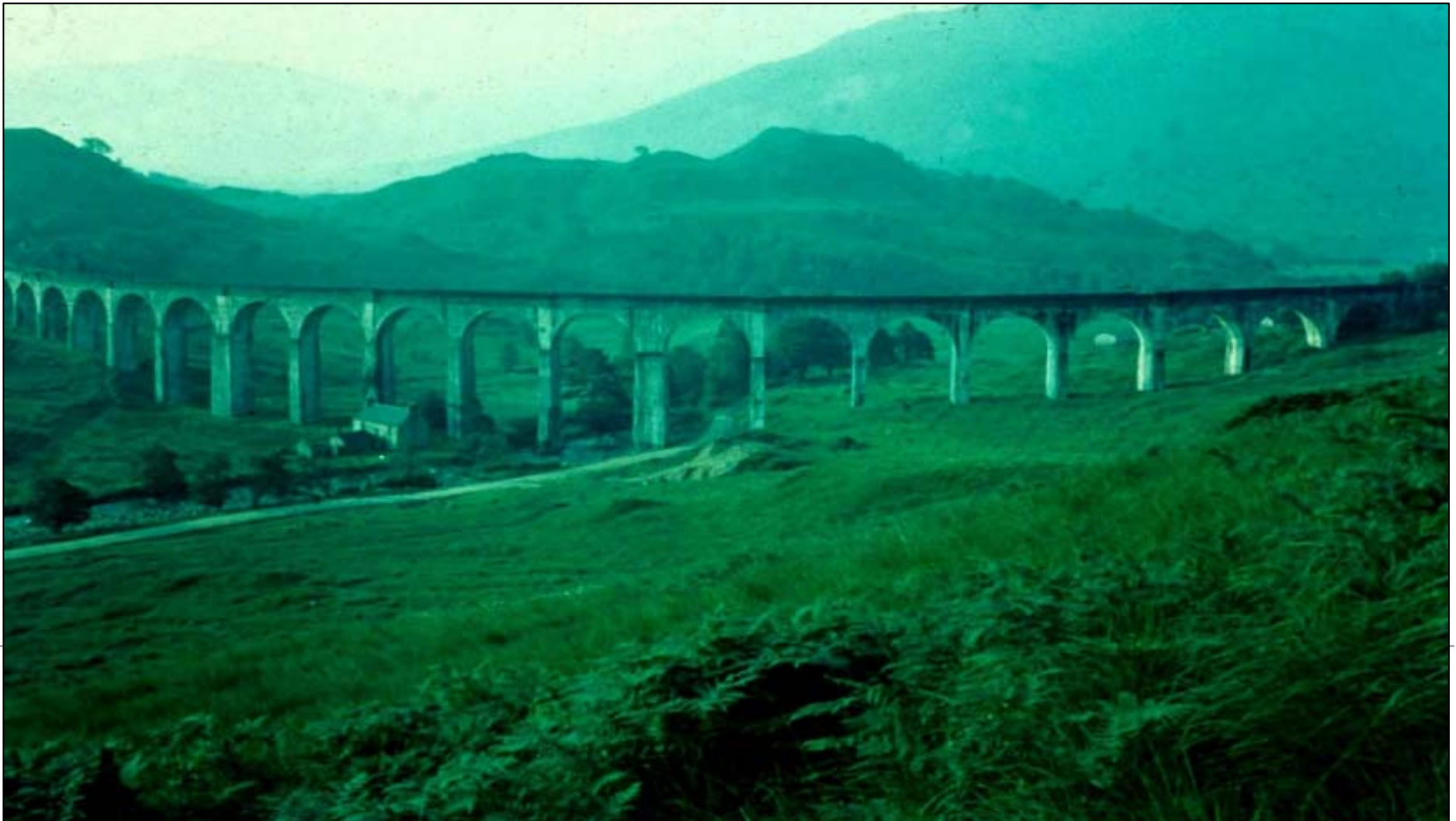
- Calstock vijadukt, Velika Britanija





# Lekcije iz prošlosti

- Calstock vijadukt, Velika Britanija



# Lekcije iz prošlosti

- Pantheon, Rim
  - prva upotreba “betona” prije 2000 godina
  - mješavina navlaženog vapnenca, pucolana i smrvljenog kamena
  - kupola promjera 43 metra
  - jedna od najbolje sačuvanih građevina Antike

---

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



Sveučilište u Zagrebu  
**Arhitektonski fakultet**  
University of Zagreb  
**Faculty of Architecture**



# Lekcije iz prošlosti

- Pantheon, Rim



# Lekcije iz prošlosti

- Pantheon, Rim



# Hvala na pažnji!

# irina.stipanovic@igh.hr

---

Prvi hrvatski forum o održivoj gradnji, Zagreb, 10.11.2007.



Sveučilište u Zagrebu  
**Arhitektonski fakultet**  
University of Zagreb  
**Faculty of Architecture**

