

# POSEBNI BETONI I TEHNOLOGIJE

## UVODNO PREDAVANJE

Predmetni nastavnici:  
Prof.dr.sc. Ivana Banjad Pečur, dipl.ing.grad.  
Izv.prof.dr.sc. Marijan Skazlić, dipl.ing.grad.

1

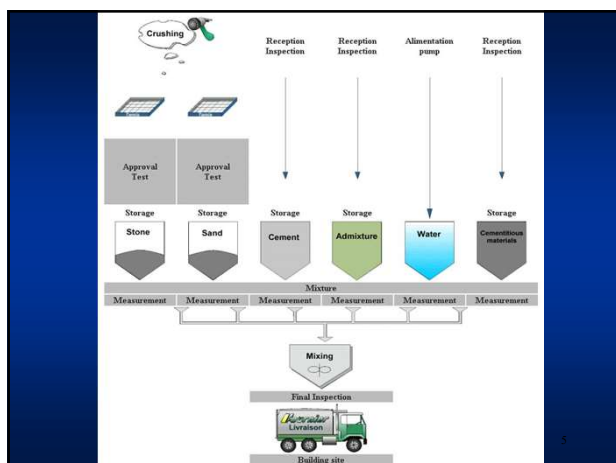
Redni broj predavanja	Nastavna jedinica
1.	Uvod u pravce razvoja tehnologije betona
2.	Samozbijajući beton
3.	Arhitektonski beton
4.	Mikroarmirani beton
5.	Laki betoni; Teški betoni
6.	Mlazni beton
7.	Beton visokih uporabnih svojstava; Beton visoke čvrstoće
8.	Hidrotehnički betoni; Masivni betoni; Uvaljani betoni
9.	Betoni kolničke konstrukcije; Betoni u tunelima
10.	Polimerom modificirani betoni i mortovi; Beton i mort za sanaciju i ojačanje AB konstrukcija
11.	Beton od recikliranog agregata
12.	Mortovi; Injekcijske smjese
13.	Tehnologija betoniranja na visokim i niskim temperaturama
14.	Posebne tehnologije ugradnje betona

2

Redni broj vježbi	Auditorne, konstruktivne, laboratorijske, projektantske...	Nastavna jedinica
1.	Auditorne vježbe	Dostignuća u području posebnih betona i tehnologija
2.	Projektantske vježbe	Samozbijajući beton
3.	Laboratorijske vježbe	Samozbijajući beton
4.	Laboratorijske vježbe	Mikroarmirani beton
5.	Terenske vježbe	Laki beton
6.	Laboratorijske vježbe	Beton ultra visoke čvrstoće
7.	Auditorne vježbe	Termički proračun masivnog betona
8.	Terenske vježbe	Tehnologija ugradnje masivnog betona
9.	Laboratorijske vježbe	Polimerom modificirani beton
10.	Laboratorijske vježbe	Određivanje mehaničkih i trajnosnih svojstava posebnih betona
11.	Terenske vježbe	Sanacija i ojačanje mostova
12.	Laboratorijske vježbe	Injekcijske smjese
13.	Terenska vježba	Primjena posebnih betona i tehnologija u podzemnoj gradnji
14.	Auditorne	Primjeri praktične primjene posebnih betona i tehnologija

4

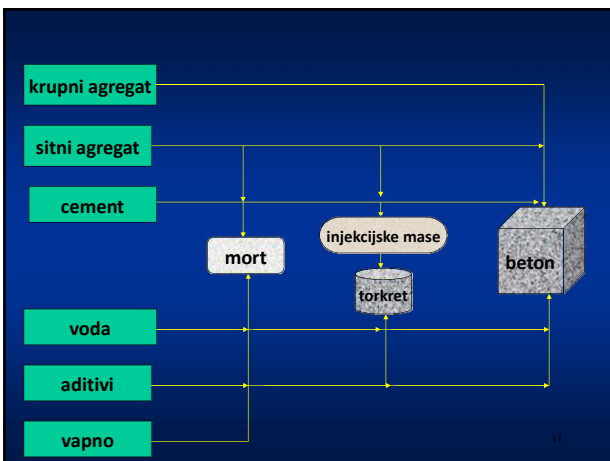
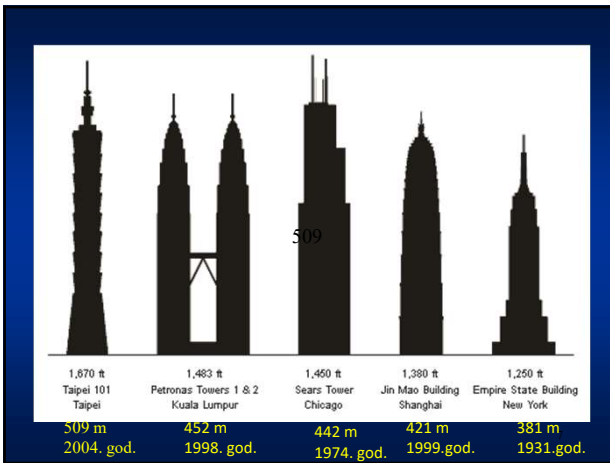
- Sredinom 20. stoljeća tlačne čvrstoće betona bile su maksimalno  $40 \text{ N/mm}^2$
- Nakon 60-tih proizvodili su se betoni čije su tlačne čvrstoće bile i do  $60 \text{ N/mm}^2$ .
- Danas te betone zovemo betonima normalnih čvrstoća.



5

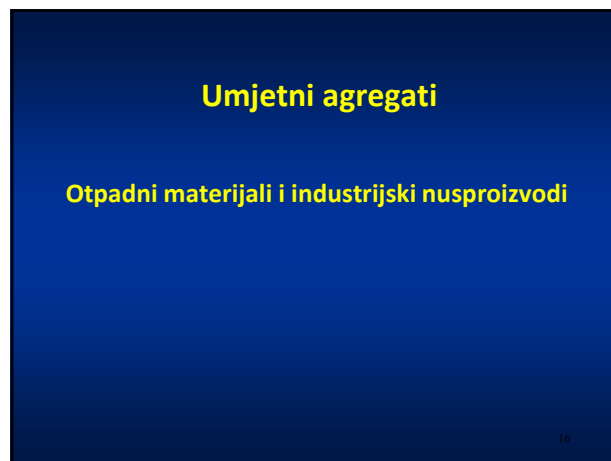
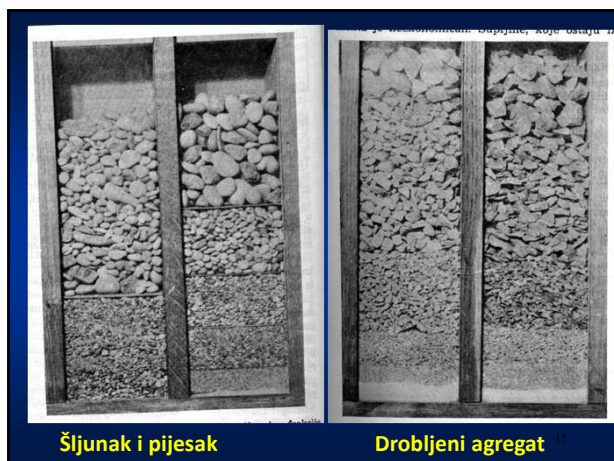


6



**Betoni – volumenska masa**

- Osnovna podjela betona:
  - lake,
  - normalne ili obične i
  - teške betone,
 a ovisi o volumenskoj masi i ostvarenoj ukupnoj poroznosti betona.
- Normalnim ili običnim betonima se smatraju betoni volumenske mase između 2000 i 2600 kg/m<sup>3</sup>.



- **Leteći (elektrofiltarski) pepeo** dobije se nakon izgaranja ugljena usitnjenog u prah u termoelektranama gdje se na specijalnim elektrofilterima zadržava fini mrko-crni prah sastavljen od zrnaca promjera 0,005 - 0,1 mm.
- Volumna masa je 500 - 800 kg/m<sup>3</sup>.
- Primjena:
  - kao dodatak pri proizvodnji cementa
  - kao dodatak pri proizvodnji betona

- ### Zgure
- **Ložišna zgura** - ostatak je nakon izgaranja ugljena ili koksa.
  - Volumna masa je 600 - 1500 kg/m<sup>3</sup>.
  - Primjena:
    - kao materijal za nasipe
    - za izradu šljako-betona, šljako-blokova (potrebno je prethodno ispitivanje radi npr. sumpora)

- **Kristalasta zgura visokih peći** dobije se sporim hlađenjem rastopljene zgure visokih peći.
- Relativno je porozna, ali i čvrsta
- Volumna masa je 500 - 1700 kg/m<sup>3</sup>.
- Primjena:
  - nasipi
  - podloge u cestogradnji
  - željeznički zastori
  - za izradu mortova i betona.

19

- **Granulirana zgura** dobije se naglim hlađenjem postupkom potapanja u vodu.
- Relativno krte i trošne granule
- Volumna masa - 800 kg/m<sup>3</sup>
- Primjena:
  - dodatak cementu
  - proizvodnja lakih betona (treba primijeniti bazičnu zguru ( gorivo-koks)

20

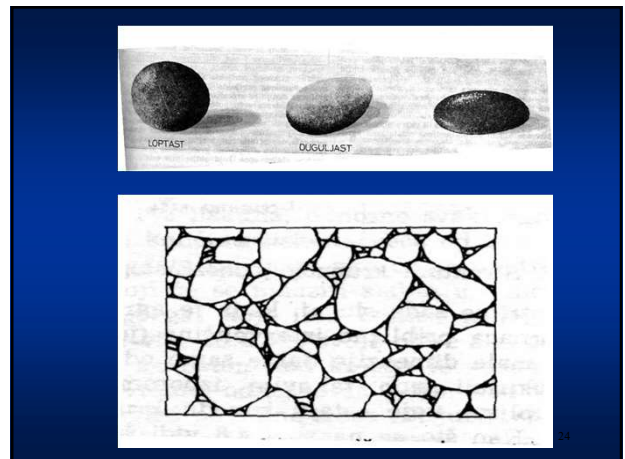
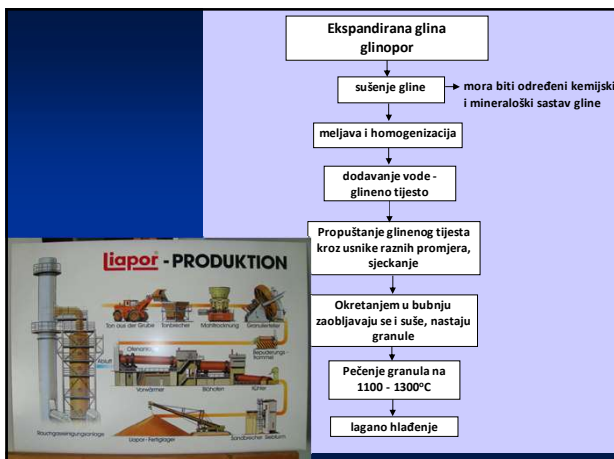
- **Pjenušava zgura** dobije se naglim hlađenjem mlazovima vode. Uslijed pare koja se pri tome stvara zgura će unutar svoje mase dobiti velik postotak pora, a i povećat će volumen.
- Volumna masa mala - 300 - 750 kg/m<sup>3</sup>
- Primjena:
  - kao toplinska i zvučna zaštita ili izolacija, kao ispunjena između pregradnih zidova

21

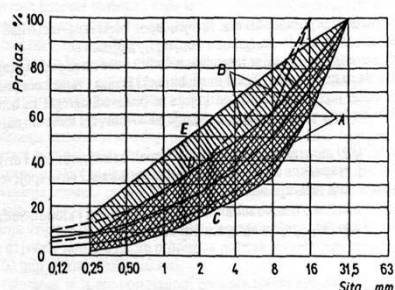
### Specijalno proizvedeni agregati

- **Ekspandirana glina - keramzit - glinopor** - primjena: kao agregat za proizvodnju betona

22



24



- Područje A - B - preporuka prema starom PBABu
- Područje C - D (E) - novi propisi, većina svjetskih

25

- Gornje krivulje daju betone s više sitnog materijala, više cementa, betone visoke obradivosti pogodne za prijevoz pumpom
- Donje krivulje daju betone slabije obradivosti koji ima manje skupljanje i veću čvrstoću
- Diskontinuirani granulometrijski sastav s izostavljanjem zrna srednjih veličina daje betone s minimalnom količinom morta

26

## • CEMENT

- kod nas je primjena betona slijedila svjetski trend, pa su prve tvornice cementa počele s radom već sredinom 19 stoljeća u Kamniku i Rovinju, a zatim u Splitu

27

- Početkom dvadesetog stoljeća upotrebljavala se veća količina cementa, što se pripisuje slabijim mehaničkim karakteristikama cementa toga doba
- Također su se proizvodili betoni kruto plastičnih konzistencija s niskim vodocementnim omjerima.
- Razvojem tehnologije cementa proizvodili su se cementi sve boljih svojstava i za dobivanje traženih čvrstoća betona mogla se je smanjiti količina upotrebljenog cementa po  $m^3$  betona.

28

### Odnos upotrebene količine cementa i vode u raznim godinama

•Period	Cement ( $kg/m^3$ )	Kvaliteta cementa se povećava	Voda ( $l/m^3$ )	v/c
•1930	350 – 400		140	0.35 – 0.40
•1955	325 – 350		175	0.50
•				
1980	≈ 300		200	> 0.65

29

- Istovremeno je cijena ljudskog rada rasla i uz niz drugih čimbenika počelo se s proizvodnjom sve plastičnijih betona.
- Primjenom dodataka betonu, specijalno plastifikatora i superplastifikatora potreba za vodom u betonu se smanjuje i mogu se postići sve veće čvrstoće.

30

## Kakav beton treba napraviti?



- ŠTO KVALITETNIJI - ŠTO TRAJNIJI
- ŠTO OBRADLJIVIJI

31

## Kako ?



- **PRUJE**
- povećanjem vode i cementa
  - rezultat:
    - u svježem betonu:
      - segregacija, izdvajanje vode
    - u očvrslom betonu:
      - pad čvrstoće
      - pad trajnosti
- **DANAS**
- primjenom aditiva - dodataka za beton

32

## Dodaci za beton - definicija

Dodaci za beton su tvari koje se dodaju u beton prije ili za vrijeme miješanja u svrhu poboljšanja svojstava svježeg ili očvrsllog betona ili oboje.

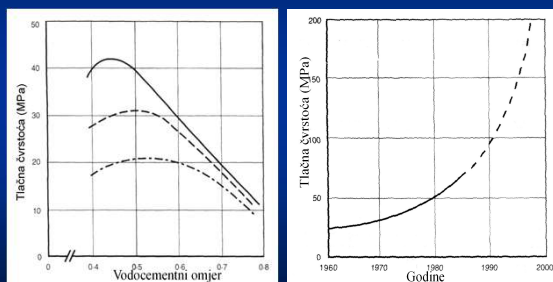
33

## Kako djeluju aditivi ?

- NA HIDRATACIJU CEMENTA
- NA OSLOBADANJE TOPLINE
- NA NASTAJANJE PORA
- NA RAZVOJ STRUKTURE GELA

34

## Dostignuća u betonu 20-tog stoljeća



35

## Betoni visokih čvrstoća (HSC) i vrlo visokih čvrstoća i uporabnih svojstava (HPC)

- Revolucioni napredak se i dogodio primjenom aditiva – superplastifikatora



## Primjena superplastifikatora:

### • TEKUĆI BETON

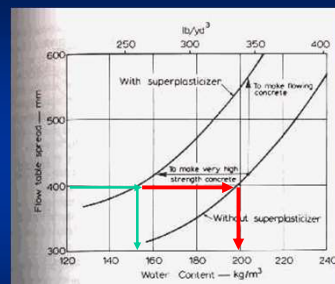
- SLUMP oko 20 cm
- RASPROSTIRANJE 50 - 60 cm



### • SAMOZBIJAJUĆI BETON

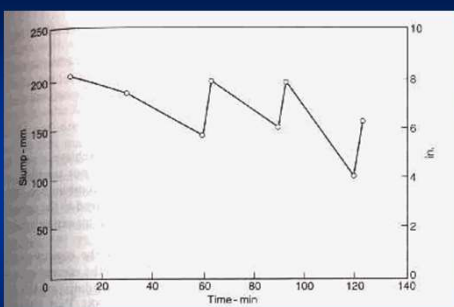
Bez aditiva

Sa superplastifikatorom



$$198 - 152 = 46 \text{ L}$$

38



Utjecaj dodatnog doziranja superplastifikatora na bazi naftalena na konzistenciju betona mjerenu slump metodom (Neville, 1995).

39

## Klasifikacija betona visokih čvrstoća i performansi

PARAMETAR	HPC visoke čvrstoće	HPC vrlo visoke čvrstoće	HPC ultra visoke čvrstoće
tlačna čvrstoća (N/mm <sup>2</sup> )	42-100	100-150	>150
vodocementni faktor	0,45-0,30	0,30-0,24	<0,24
kemijski dodatak	plastifikator/superplastifikator	superplastifikator	superplastifikator
mineralni dodaci	leteći pepeo + sil. prašina	silikatna prašina	silikatna prašina
koefficient propusnosti (cm/s)	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-12</sup>	<10 <sup>-14</sup>

40

## RPC betoni

- RPC betoni su betoni vrlo visokih tlačnih čvrstoća, 200-800 N/mm<sup>2</sup> koji osim vrlo visoke tlačne čvrstoće imaju i vrlo visoku vlačnu čvrstoću 25-150 N/mm<sup>2</sup>.
- RPC je baziran na principu da će materijal sa minimumom defekata, kao što su mikro pukotine i pore, biti sposoban ostvariti veći postotak potencijalne čvrstoće definirane njegovim komponentama.

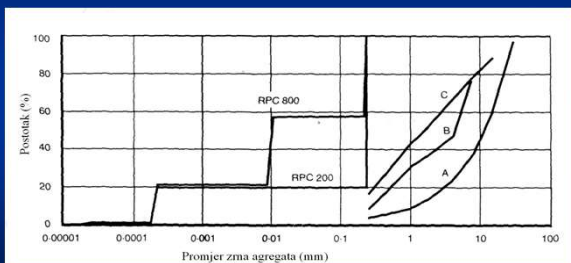
41

## Mehaničke karakteristike RPC betona

Parametar	RPC 200	RPC 800
Tlačna čvrstoća	171 – 230 N/mm <sup>2</sup>	490 – 810 N/mm <sup>2</sup>
Vlačna čvrstoća	30 – 60 N/mm <sup>2</sup>	45 – 141 N/mm <sup>2</sup>
Energija loma	20000 – 40000 J/m <sup>2</sup>	1200 – 20000 J/m <sup>2</sup>
Modul elastičnosti	50 – 60 GPa	65 – 75 GPa

42

### Granulometrijske krivulje agregata za RPC i za normalne betone (linije A, B i C)

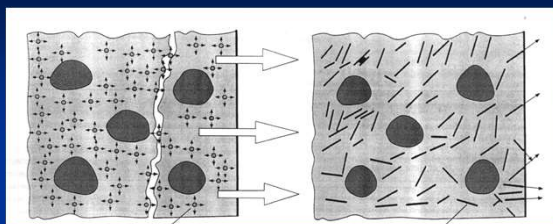


43

### • MIKROARMIRANJE

- Dodavanjem vlakana poboljšavamo vlačnu čvrstoću i također omogućujemo postizanje željenog stupnja duktilnosti tj. dobivamo ultra veliki kapacitet apsorpcije energije.
- Pod duktilnošću materijala podrazumijeva se njegova sposobnost deformacije, tj. sposobnost da materijal razvije znatnu deformaciju prije nego dođe do samog sloma.

44



Smanjenje pritiska para u betonu izloženom požarnom opterećenju ugradnjom polipropilenskih vlakana

45

### “Zeleni” beton



46

### TORKRET BETON - MLAZNI BETON



47

### SAMOZBIJAJUĆI BETON

(Self-Compacting Concrete  
Self-Consolidating Concrete  
Vibration Free Concrete)

48



## BETONI VELIKIH ČVRSTOĆA



Is concrete becoming too strong to test?

49

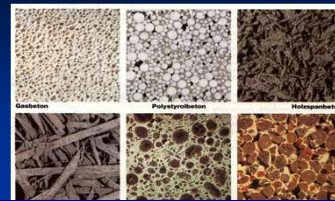
## HIDROTEHNIČKI BETONI

Hoover Dam



## BETONI za KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

51



## LAKI BETONI

52

## Betoni od recikliranih materijala



53

## BETONIRANJE U EKSTREMNIM KLIMATSKIM UVJETIMA



54



**POSEBNE TEHNOLOGIJE  
BETONIRANJA**

