

ZAG

ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE

SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE

ZDRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE
ZBS

Trajnost AB konstrukcij

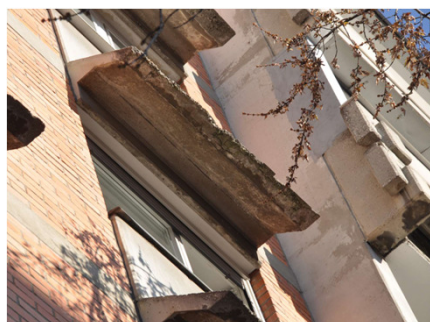
Smeri razvoja evropskih standardov

dr. Aljoša Šajna
ZAG
Aljosa.sajna@zag.si

Ljubljana, 09.12.2016
Dan ZBS 2016

Vsebina

- O JWG – Durability
- Trajnost/odpornost
- Razlike v zahtevah (Evropa)
- Načrtovane novosti – osnutki
- Novi standardi - osnutki



www.zag.si

ZDRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE
ZBS

Delovna skupina

- JWG – Durability (Mešana delovna skupina – Trajnost)
- CEN TC 104/SC1 Beton - Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost
- +
- CEN TC 250/SC2 Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij
- ustanovljena 2010



www.zag.si

ZDRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE
ZBS

Motivacija - cilj

- Danes: zagotavljanje trajnosti (po EN 206 in EN 1992) na osnovi „traditional deemed to satisfy rules“ – zahteve na osnovi domneve.
- Npr.: Domneva (EN 206) se, da bo projektirana življenjska doba robnega venca (RI XF4) 50 let dosežena, če bo narejen iz betona $v/c \leq 45$, C30/37, C: 340 kg/m³ in 4 % por in bo projektiran skladno z EC2 in izveden skladno z EN 13670.
- JWG CEN TC 250/SC2 in TC104/SC1 – nova generacija standardov „performance based specifications“ – obstojnost dokazati s preskusom
- Predvidena izdaja: 2020



www.zag.si

ZDRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE
ZBS

Sestanek

- Marec 2014
- Exposure resistance classes (razredi trajnosti/odpornosti na...?) – osnutek predlog novega sistema določevanja trajnosti v standardih EN 206 in EN 1992.

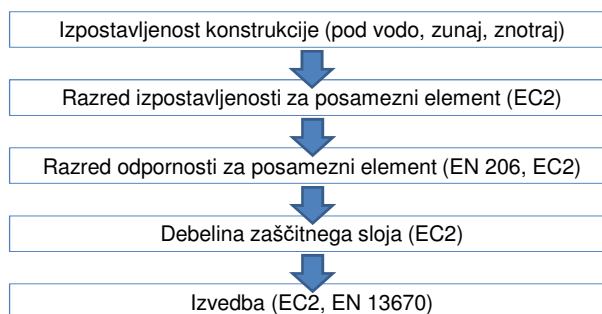


www.zag.si

DRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE
ZBS

Trajnost/odpornost

- EN 206 – trajnost/odpornost materiala
- EN 1992 – projektiranje, določanje stopnje izpostavljenosti, zahteve za kakovost betona in debeline zaščitnega sloja
- EN 13670 – trajnost, v povezavi z izvedbo



www.zag.si

DRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE
ZBS

Obstojnost betona

- V EN 206 določena z zahtevami za sestavo (v/c, min. vsebnost cementa, vsebnost zraka).
- Te empirične zahteve temeljijo na lokalnih izkušnjah in lokalno dostopnih materialih.
- Te empirične zahteve nimajo prave povezave z tem, kar razumemo pod „konec življenjske dobe“.

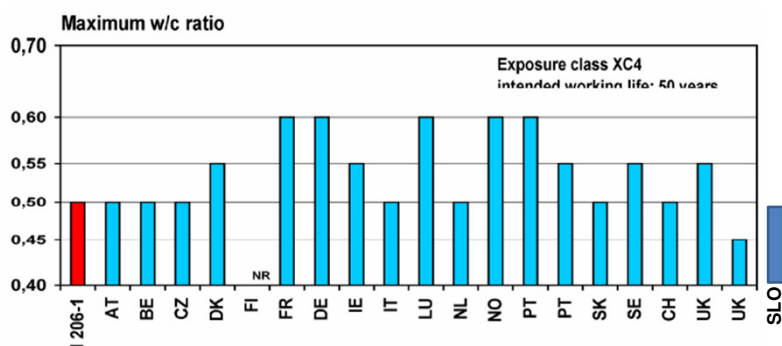


www.zag.si

ZB
ZBS

Razlike v zahtevah

- CEN TR 15868
- Max w/c za XC4, 50 letna življenjska doba

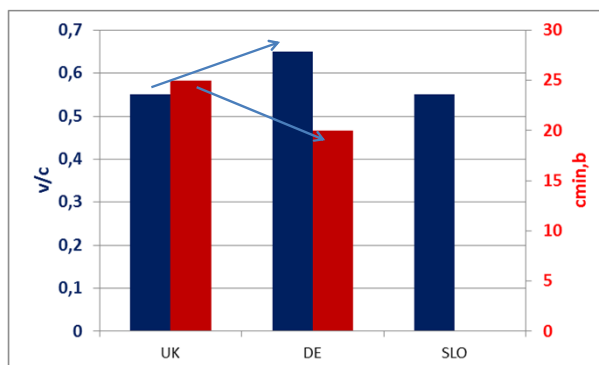


www.zag.si

ZB
ZBS

Razlike v zahtevah

- XC3, CEM I, 50 let življenjska doba



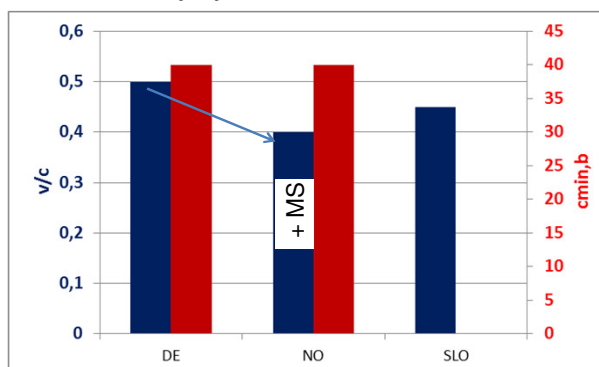
- Ne dosegajo enake trajnosti

www.zag.si



Razlike v zahtevah

- XS2, CEM I, 50 let življenjska doba



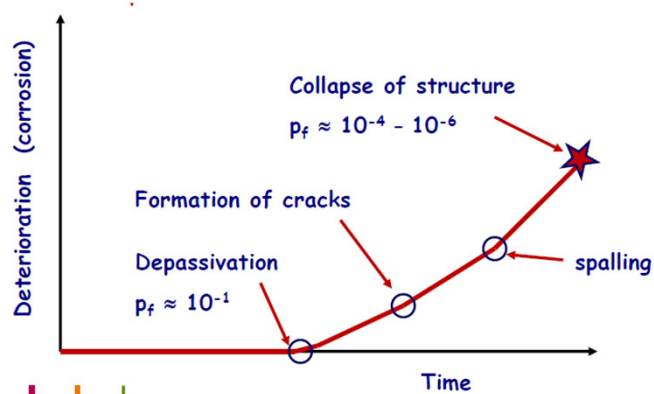
- DE in NO isto severno morje

www.zag.si



Kje je meja za konec življenjske dobe?

- Primer: korozija armature

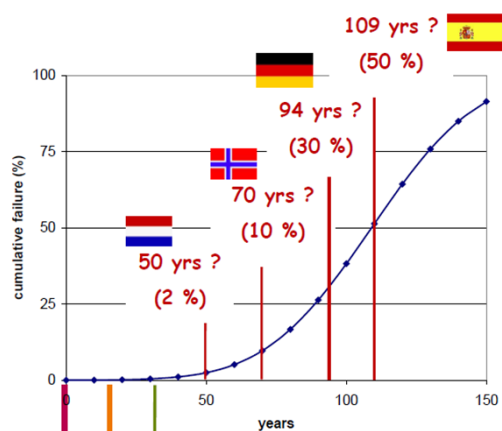


www.zag.si

ZBS

Kaj je življenjska doba konstrukcije?

- Primer: depasivacija armature

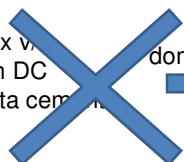


www.zag.si

ZBS

Trdnost - pristop

- Max v
- Min DC
- vrsta cementa
- ...



domneva

C35/45

test

EN 206



EN 12390-3

zahteva EC2



obtežba

www.zag.si

ZBS

Trajnost – pristop danes

- Max v
- Min DC
- C xx/yy
- vrsta cementa
- ...



domneva

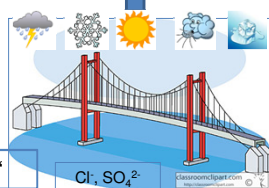
XC, XD, XS, XF, XA

test

EN 206:20016

?

zahteva EC2



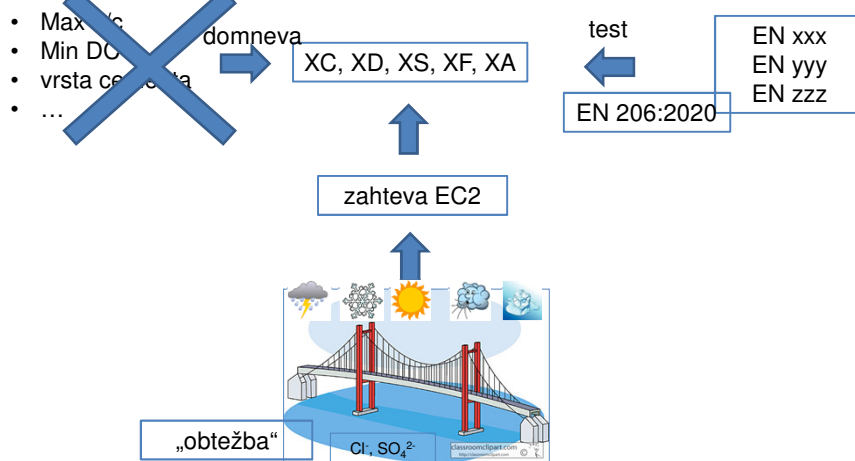
„Obtežba“

Cl⁻, SO₄²⁻

www.zag.si

ZBS

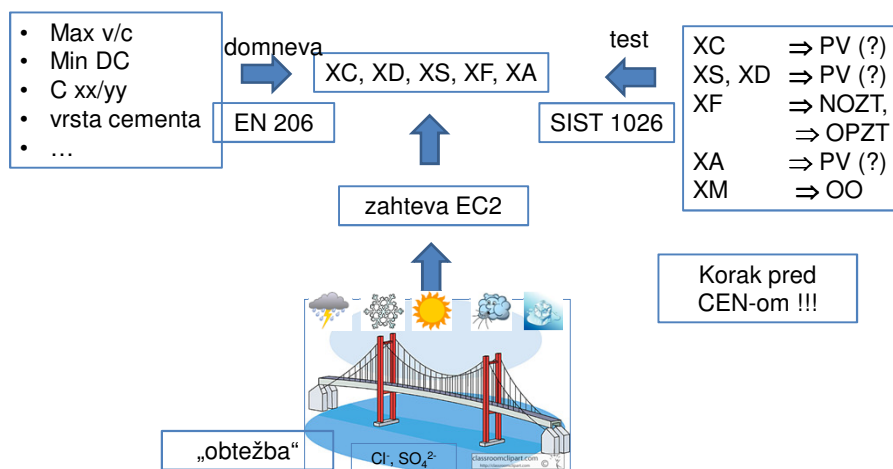
Trajnost – pristop jutri



www.zag.si



Trajnost – pristop danes SIST 1026



www.zag.si



Ključni parametri

... ki jih je potrebno obravnavati pri projektiranju trajnih betonskih konstrukcij:

- določitev razreda izpostavljenosti („obtežba“)
- **določitev odpornostnega razreda betona** (mat. lastnost)
- določitev pravila za povezavo/odnos med odpornostmi in izpostavljenostjo
- določila za minimalno debelino zaščitnega sloja
- zahteve za obnašanje v času uporabe, npr. razpoke

Ključni mehanizmi propadanja

...so povezani

- s korozijo armature zaradi karbonatizacije in kloridov
- z zmrzovanjem/tajanjem
- z alkalno-agregatno reakcijo
- s kemično agresijo, npr. sulfati

Exposure resistance classes

Razred izpostavljenosti	Razred trajnosti/odpornosti
XC, korozija zaradi karbonatizacije	RCL, RCM, RCH
XS, korozija zaradi kloridov, morska voda	RSDL, RSDM, RSDH
XD, korozija zaradi kloridov, drugih	
XF, zmrzovanje/tajanje	RFM, RFH
XA, kemijsko agresivno okolje	RAM, RAH

www.zag.si



Exposure resistance classes

Razred izpostavljenosti	Razred trajnosti/odpornosti
XC, korozija zaradi karbonatizacije	RCL, RCM, RCH
XS, korozija zaradi kloridov, morska voda	RSDL, RSDM, RSDH
XD, korozija zaradi kloridov, drugih	
XF, zmrzovanje/tajanje	RFM, RFH
XA, kemijsko agresivno okolje	RAM, RAH

	SIST 1026
XS, XD, korozija zaradi kloridov	PV-I, PV-II, PV-III
XF, zmrzovanje/tajanje	OPZT,-S10, NOZT-150, OPZT-S25
XM, obraba	OO1, OO2, OO3

www.zag.si



XC karbonatizacija – RC

		XC1	XC2	XC3	XC4
v/c	<=	0,65	0,60	0,55	0,50
Trdnostni razred	>=	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37
Vsebnost cementa	>=	260	280	280	300
SIST 1026		/	PV-I	PV-I	PV-II

XC karbonatizacija – RC

		XC1	XC2	XC3	XC4
v/c	<=	0,65	0,60	0,55	0,50
Trdnostni razred	>=	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37
Vsebnost cementa	>=	260	280	280	300
SIST 1026		/	PV-I	PV-I	PV-II

RCL	RCM	RCH
50 let, XC3 (Rh 65%), 10% verjetnost, da globina > [mm]		
40	30	20
EN xxx Determination of the carbonation resistance class of a concrete mix		

	RCL	RCM	RCH
	50 let, XC3 (Rh 65%), 10% verjetnost, da globina > [mm]		
50 let, globina > [mm]	40	30	20
EN xxx	Determination of the carbonation resistance class of a concrete mix		
	Max v/v		
CEM I	0,65	0,60	0,55
CEM II-A	0,65	0,55	0,45
CEM II-B	0,60	0,50	0,40
CEM III-A	0,55	0,45	NA
CEM III-B	0,45	NA	NA
Vezivo[kg/m ³]	280	280	280

www.zag.si

ZBS

	RCL	RCM	RCH
	50 let, XC3 (Rh 65%), 10% verjetnost, da globina > [mm]		
50 let, globina > [mm]	40	30	20
EN xxx	Determination of the carbonation resistance class of a concrete mix		
	Max v/v		
CEM I	0,65	0,60	0,55
CEM II-A	0,65	0,55	0,45
CEM II-B	0,60	0,50	0,40
CEM III-A	0,55	0,45	NA
CEM III-B	0,45	NA	NA
Vezivo[kg/m ³]	280	280	280

cement	XC1	XC2	XC3	XC4
CEM II/A-Q	-	-	-	-
CEM II/A-W	+	+	-	-
CEM II/B-W	+	+	-	-
C[kg/m ³]	260	280	280	300

ZBS

XS/XD kloridi – RSD

		XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
v/c	<=	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45
TR	>=	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45
C	>=	300	320	340	300	300	320
SIST 1026		PV-I	PV-II	PV-III	PV-I	PV-II	PV-III

www.zag.si



XS/XD kloridi – RSD


		XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
v/c	<=	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45
TR	>=	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45
C	>=	300	320	340	300	300	320
SIST 1026		PV-I	PV-II	PV-III	PV-I	PV-II	PV-III

RCL	RCM	RCH
50 let, XS2, 10% verjetnost, da konc. Cl- preseže 0,5 % na globini [mm]		
75	60	45
EN yyy Determination of the chloride resistance class of a concrete mix		

www.zag.si




	RSD45	RSD60	RSD75
50 let, XS2, 10% verjetnost, da konc. Cl- preseže 0,5 % na globini [mm]			
50 let, globina > [mm]	45	60	75
EN xxx	EN yyy Determination of the chloride resistance class of a concrete mix		
	Max v/v		
CEM I	NA	NA	0,45 (+ 4% MS)
CEM II-A	0,40	0,50	0,60
CEM II-B	0,40	0,50	0,60
CEM III-A	?	?	?
CEM III-B	0,38	0,45	0,55
Vezivo [kg/m3]	280	280	280

www.zag.si 

	RSD45	RSD60	RSD75
50 let, XS2, 10% verjetnost, da konc. Cl- preseže 0,5 % na globini [mm]			
50 let, globina > [mm]	45	60	75
EN xxx	EN yyy Determination of the chloride resistance class of a concrete mix		
	Max v/v		
CEM I	NA	NA	0,45 (+ 4% MS)
CEM II-A	0,40	0,50	0,60
CEM II-B	0,40	0,50	0,60
CEM III-A	?	?	?
CEM III-B	0,38	0,45	0,55
Vezivo [kg/m3]	280	280	280

cement	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
CEM II/A-S	+	-	-	+	+	+
CEM II/A-L	+	-	-	+	+	-
CEM III/A	+	-	-	+	+	+
C[kg/m3]	300	320	340	300	300	320

www.zag.si 

XF zmrzovanje – RF

		XF1	XF2	XF3	XF4
v/c	<=	0,55	0,55	0,50	0,45
Trdnostni razred	>=	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37
Vsebnost cementa	>=	300	300	320	340
SIST 1026		PV-I	PV-I	PV-II	PV-II
		/	OPZT-S10	NOZT-150	OPZT-S25

www.zag.si



XF zmrzovanje – RF

		XF1	XF2	XF3	XF4
v/c	<=	0,55	0,55	0,50	0,45
Trdnostni razred	>=	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37
Vsebnost cementa	>=	300	300	320	340
SIST 1026		PV-I	PV-I	PV-II	PV-II
		/	OPZT-S10	NOZT-150	OPZT-S25

RFM	RFH
50 let, XF4, 10% verjetnost, da luščenje > [kg/m ²]	
10	2
EN zzz ?	

www.zag.si



	RFL	RFH
	50 let, XF4, 10% verjetnost, da luščenje > [kg/m ²]	
50 let, globina > [mm]	10	2
CEM I	?	?
CEM II-A	?	?
CEM II-B	?	?
CEM III-A	?	?
CEM III-B	?	?
Vezivo[kg/m ³]	?	?

www.zag.si

DRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE
ZBS

	RFL	RFH
	50 let, XF4, 10% verjetnost, da luščenje > [kg/m ²]	
50 let, globina > [mm]	10	2
CEM I	?	?
CEM II-A	?	?
CEM II-B	?	?
CEM III-A	?	?
CEM III-B	?	?
Vezivo[kg/m ³]	?	?

cement	XF1	XF2	XF3	XF4
CEM II/A-L	+	-	+	-
CEM II/A-LL	+	+	+	-
CEM II/B-LL	+	+	+	-
C[kg/m ³]	300	300	320	340

www.zag.si

DRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE
ZBS

Debelina zaščitnega sloja

RI	RCH (RC20) RSDH (RSD45)			RCM (RC30) RSDM (RSD60)		RCL (RC40) RSDL (RSD75)	
	50	100	200	20	100	50	100
Proj. življenjska doba, let							
XC1	10	15	20	10	20	10	20
XC4	15	20	30	20	30	25	30
XD3	55	65	75	70	NA	80	NA
XS3	55	65	75	70	NA	80	NA

V natezni coni se debelina zaščitnega sloja poveča za 5 mm za RC20 in 10 mm za RC30 in RC40 za RI XC2, XC3, XC4, XS1 in XD1

www.zag.si



EN xxx: Determination of the carbonation resistance class of a concrete

- CO₂: 0.035% ± 0.005%
- RV: 65% ± 5%
- T: 20°C ± 2°C
- Vzorci: 2 kosa 500 mm x 100 mm x 100 mm
- 140 dni, 1 leto
- preračun

Hitrost karbonatizacije mm/leto ^(0,5)	Odpornostni razred
≤ 2,83	RC20
≤ 4,24	RC30
≤ 5,66	RC40

www.zag.si



EN yyy: Determination of the chloride resistance class of a concrete mix

- Metoda: EN 12390-11
- Slanost: 33 do 37 (Atlantic seawater)
- Meritve: 35 ± 2 , 90 ± 5 in 700 ± 10 dni
- Preračun D_{app} (50 let)

Za Cl 0,40	Za Cl 0,20	Za Cl 0,10	razred
$D_{app} \leq 0,13$	$\leq 0,19$	$\leq 0,22$	RSD45
$\leq 0,22$	$\leq 0,35$	$\leq 0,39$	RSD60
$\leq 0,35$	$\leq 0,55$	$\leq 0,61$	RSD75

www.zag.si



Hvala!

www.zag.si

