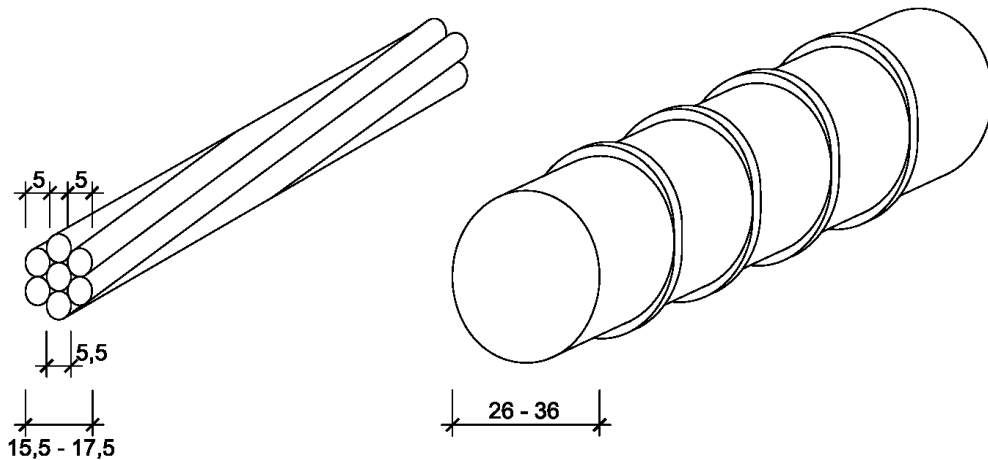


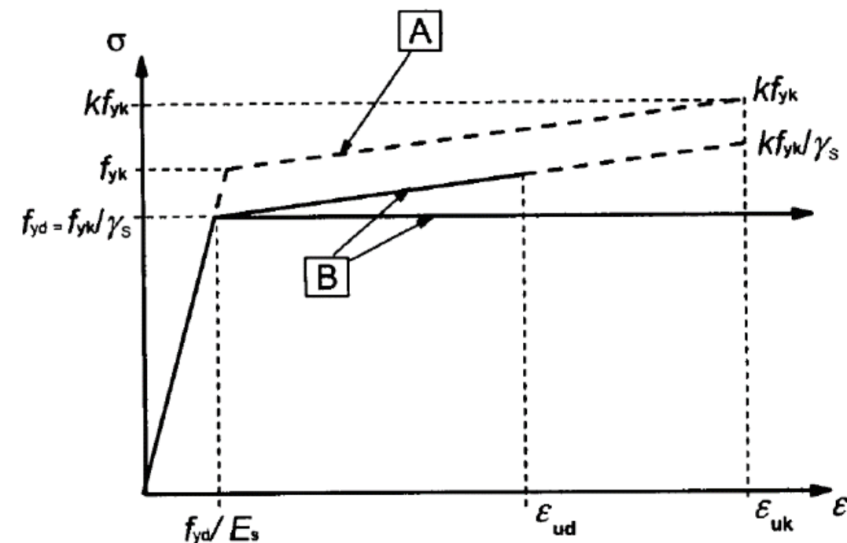
Předpínací výztuž

- Lana
- Tyče
- Návrhové vlastnosti předpínací výztuže
- Označování předpínací výztuže dle prEN 10138



Předpínací výztuž

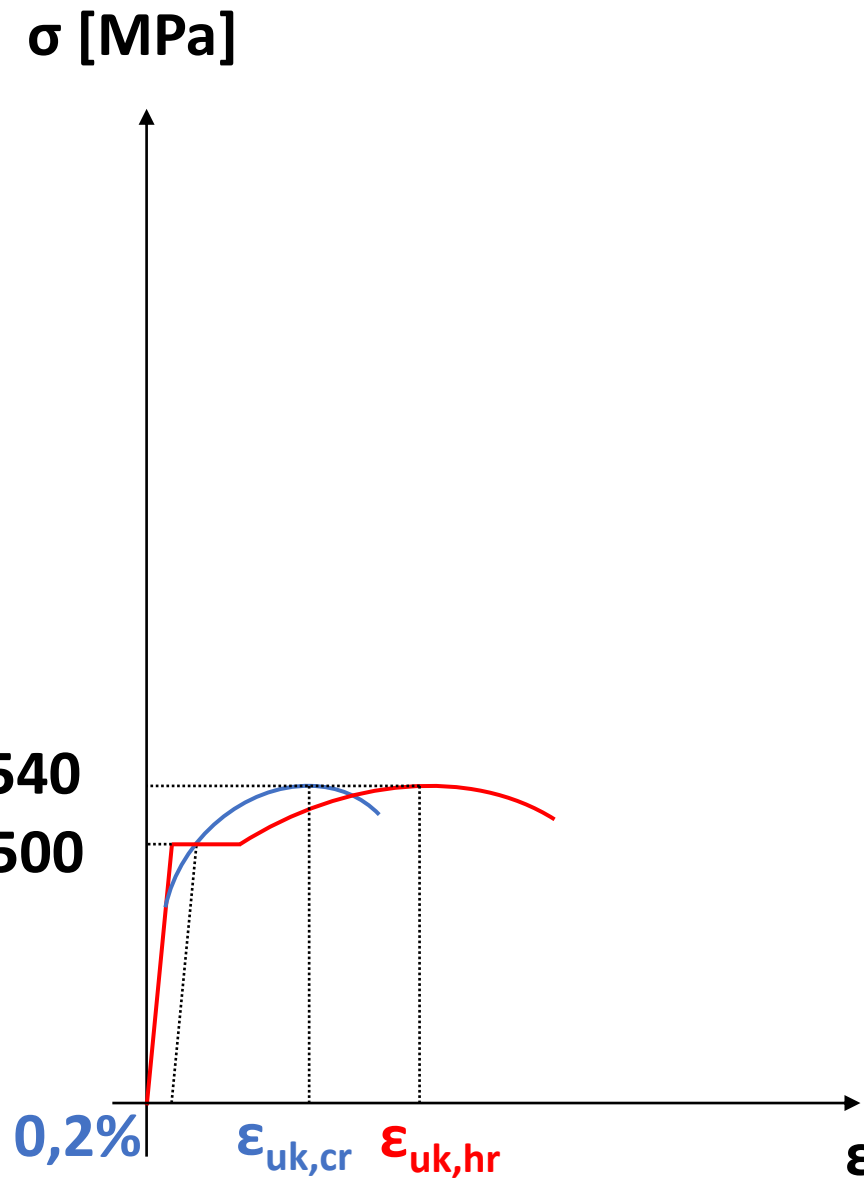
- Betonářská výztuž
 - Za tepla válcovaná
 - Za studena tvářená



$$f_u = 540$$

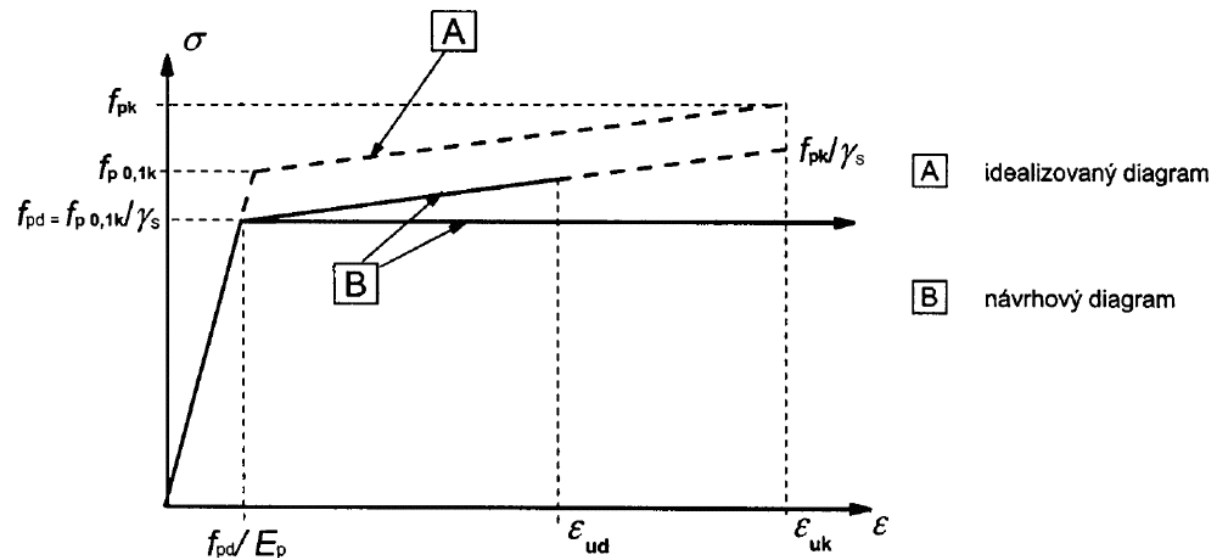
$$f_{y0,2} = f_y = 500$$

- A idealizovaný diagram
- B návrhový diagram



Předpínací výztuž

- Tyče



$$f_p = 1\,030$$

$$f_{p0,1} = 886$$

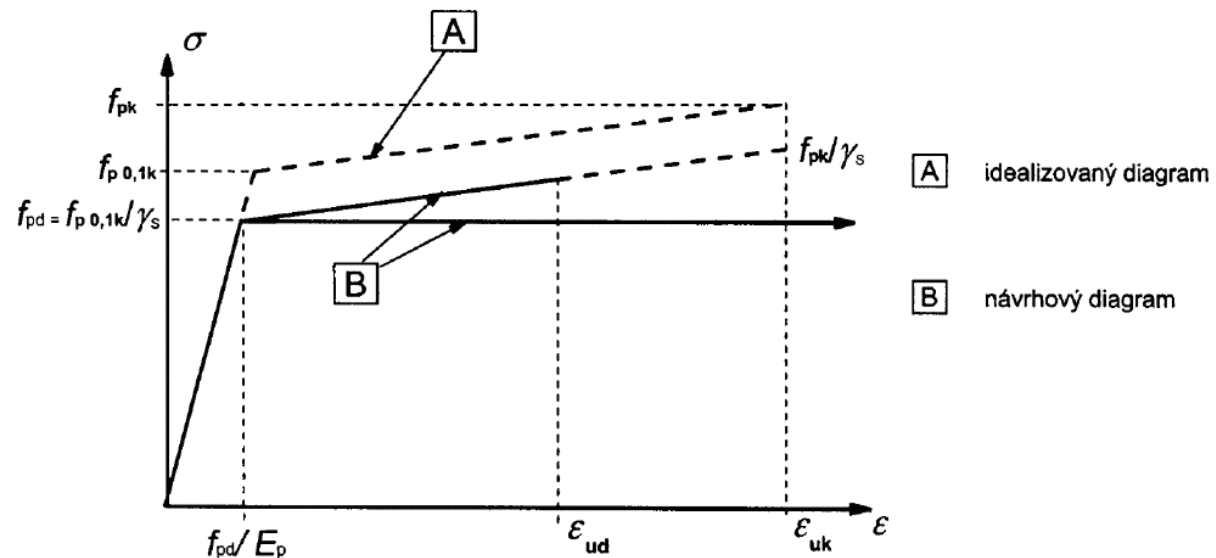
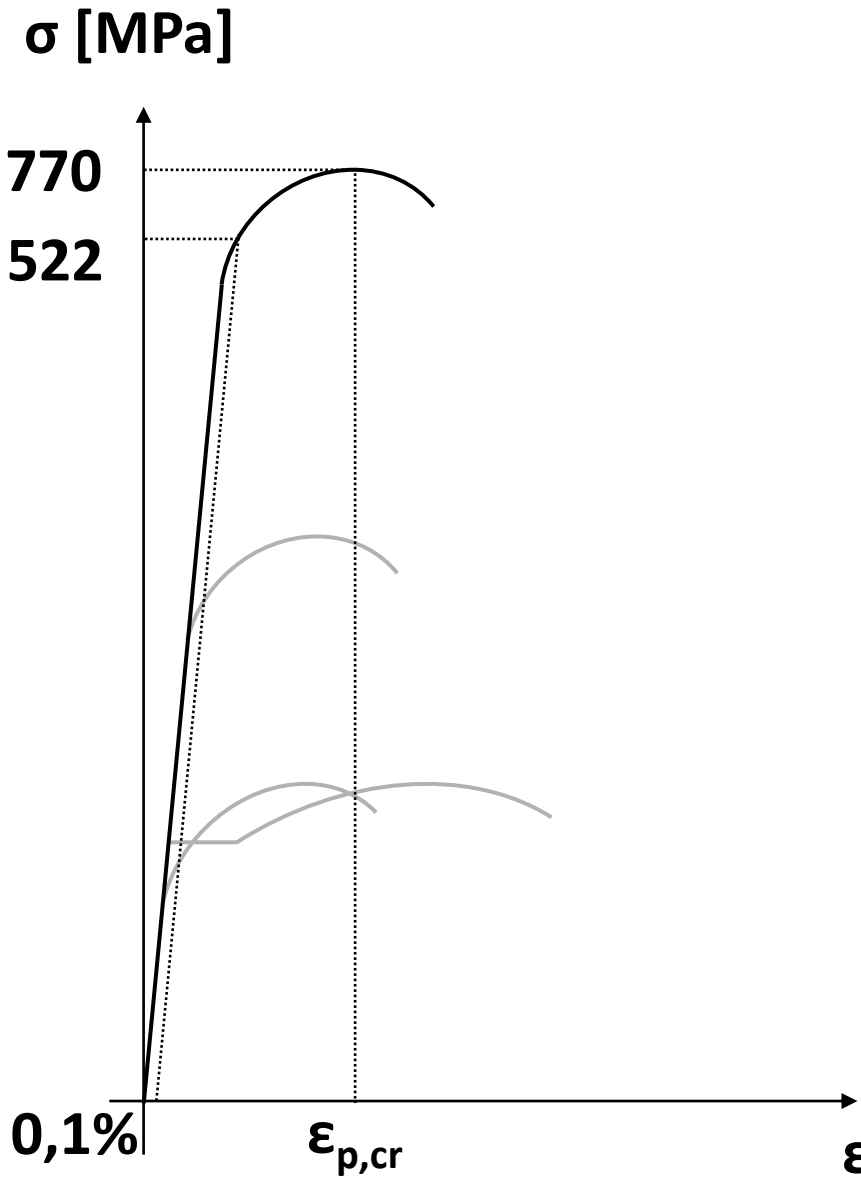


Předpínací výztuž

- Lana

$$f_p = 1\,770$$

$$f_{p0,1} = 1\,522$$

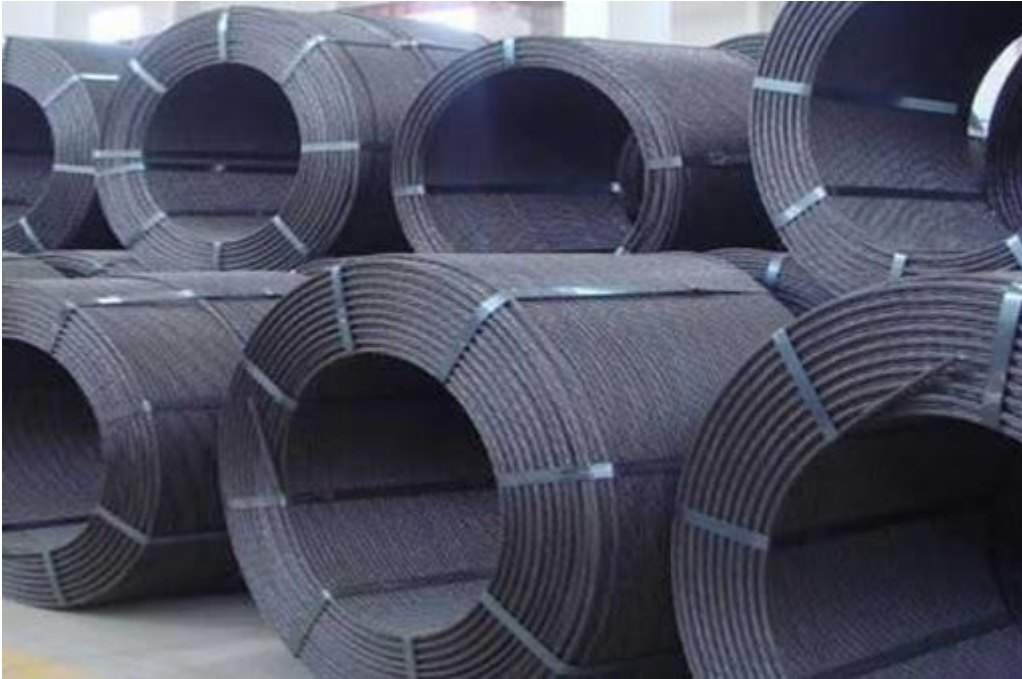


Předpínací výztuž

- Lana
 - **prEN 10138-3**
 - Za tepla válcované
 - Následně patentovány
 - Tažení drátů za studena
 - Mez kluzu cca 1 600 MPa
 - Mez pevnosti 1 770-1 860 MPa
 - Složená z drátů (6+1)
 - Průměr 7-18 mm
 - Dodávaná na cívkách



Předpínací výztuž



Předpínací výztuž

- Lana

Table 2 — Dimensions and properties of strands

Class	Steel designation		Nominal ^a				Specified			
	Steel name	Steel Number	Diameter <i>d</i> Mm	Tensile strength <i>R_m</i> ^{b f} MPa	Cross-sectional area ^c <i>S_n</i> mm ²	Mass ^c <i>M</i> g/m	Permitted deviation on on nominal mass %	Characteristic value of maximum force <i>F_m</i> kN	Maximum value of maximum force <i>F_{m, max}</i> kN	Characteristic value of 0,1 % proof force ^d <i>F_{p0,1}</i> kN
A	Y1960S3	1.1361	5.2	1960	13.6	106	± 2	26.7	30.5	22.9
	Y1860S3	1.1360	6.5	1860	21.1	165	± 2	39.2	44.9	33.8
			6.8		23.4	183		43.5	49.8	37.4
			7.5		29.0	226		54.0	61.7	46.4
			7.0		30	234		56	65	48
	Y1860S7	1.1366	9.0	1860	50	390	± 2	93	106	80
			11.0		75	586		140	160	120
			12.5		93	726		173	198	149
			13.0		100	781		186	213	160
			15.2		140	1095		260	298	224
			16.0		150	1170		279	319	240
			15.2		140	1095		248	282	213
	Y1770S7	1.1365	16.0	1770	150	1170	± 2	265	302	228
18.0			200		1560	354		403	304	
12.7			112		875	209		238	180	
Y1820S7G	1.1371	15.2	1820	165	1290	± 2	300	342	258	
Y1700S7G	1.1370	18.0	1700	223	1740	+ 2	380	436	327	
B	Y2160S3 ^e		5.2	2160	13.6	106	± 2	29.4	33.7	26.2
	Y2060S3 ^e	1.1362	5.2	2060	13.6	106	+ 2	28.0	32.1	24.1
	Y1960S3 ^e	1.1361	6.5	1960	21.1	165	± 2	41.4	47.3	35.6
	Y2160S7 ^e		6.85	2160	28.2	220	± 2	60.9	69.7	52.4
	Y2060S7 ^e	1.1368	7.0	2060	30	234	+ 2	62.0	71.0	53.0
	Y1960S7	1.1367	9.0	1960	50	390	± 2	98	112	84

^a The nominal modulus of elasticity may be taken to be 195 GPa (kN/mm²).

^b The nominal tensile strength is calculated from the nominal cross sectional area and the specified characteristic maximum force, rounded to the nearest 10 MPa.

^c The cross-sectional area is calculated from the nominal mass and a density of 7,81 kg/dm³.

^d The specified characteristic 0.1 % proof force is approximately 86 % of the specified characteristic maximum force.

^e 3-wire strand and the 7-wire strand of diameter 6,85 mm and 7,0 mm are normally only used for prestressing with direct bond.

^f 1 MPa = 1 N/mm².

Předpínací výztuž

- Lana - Freyssinet

Vlastnost	Symbol	Jednotka	Hodnoty					
Pevnost v tahu	R_m / f_{pk}	MPa	1770			1860		
Sedmidrátový pramenec (lano)								
Jmenovitý průměr	D	mm	15,3	15,7	12,5	12,9	15,3	15,7
Jmenovitá průřezová plocha	S_n	mm ²	140	150	93	100	140	150
Jmenovitá hmotnost ($\pm 2\%$)	M	kg/m	1,100	1,180	0,726	0,781	1,093	1,172
Povrch			hladký					
Charakteristická hodnota síly na mezi kluzu 0,1 %	$F_{p0,1k}$	kN	218	234	152	164	229	246
Charakteristická hodnota síly na mezi pevnosti	F_{pk}	kN	248	266	173	186	260	279
Modul pružnosti	E	MPa	cca 195 000					
Minimální tažnost	A_{gt}	%	3,5					
Maximální relaxace při 1000 hod a 70% F_{ma}		%	2,5					

Předpínací výztuž

- Tyče
 - prEN 10138-4
 - Za tepla válcované s vhodnými legovacími přísadami
 - Mez kluzu cca 800 Mpa
 - Mez pevnosti 1 030-1 230 Mpa
 - Hladké x žebírkované
 - Délka 6-30 m
 - Průměr 26-36 mm (12-75)
 - Tyče větších průměrů jsou kaleny a následně popouštěny

Table 1 — Dimensions and properties of hot rolled and processed bars

Steel Designation		Bar surface	Nominal ^a				Specified			
Steel Name	Steel number		Diameter	Tensile strength	Cross-sectional area	Mass ^{b,c}	Permitted deviation on nominal mass	Characteristic value of maximum force	Characteristic value of 0,1 % proof force ^e	Maximum value of maximum force
			<i>d</i> mm	<i>R_m</i> MPa	<i>S_n</i> mm ²	<i>M</i> g/m		<i>F_m</i> kN	<i>F_{p0,1}</i> kN	<i>F_{m,max}</i> kN
Y1100H	1.1381	R	15	1100	177	1440	-2% to + 6%	194	159	224
Y1100H	1.1381	R	20	1100	314	2560		346	283	397
Y1030H	1.1380	P	25,5	1030	511	4009		526	426	605
Y1030H	1.1380	P	26	1030	531	4168		547	443	629
Y1030H	1.1380	R	26,5	1030	552	4480		568	461	653
Y1030H	1.1380	P	27	1030	573	4495		590	478	678
Y1030H	1.1380	P	32	1030	804	6313		828	672	953
Y1030H	1.1380	R	32	1030	804	6530		828	672	953
Y1030H	1.1380	P	36	1030	1018	7990		1048	850	1206
Y1030H	1.1380	R	36	1030	1018	8270		1048	850	1206
Y1030H	1.1380	P	40	1030	1257	9865		1294	1049	1488
Y1030H	1.1380	R	40	1030	1257	10250		1294	1049	1488
Y1030H	1.1380	P	50	1030	1964	15386		2022	1640	2326
Y1230H	1.1382	P	26	1230	531	4168		653	573	730
Y1230H	1.1382	R	26,5	1230	552	4480		678	596	760
Y1230H	1.1382	P	32	1230	804	6313		989	869	1110
Y1230H	1.1382	R	32	1230	804	6530		989	869	1110
Y1230H	1.1382	P	36	1230	1018	7990		1252	1099	1400
Y1230H	1.1382	R	36	1230	1018	8270		1252	1099	1400
Y1230H	1.1382	P	40	1230	1257	9865		1546	1357	1730
Y1230H	1.1382	R	40	1230	1257	10205	1546	1357	1730	

^a The nominal modulus of elasticity may be taken as 205 GPa (kN/mm²) for as rolled and as rolled stretched and tempered bars and the secant modulus between 5 % and 70 % of the specified characteristic maximum force may be taken as 165 GPa (kN/mm²) for as rolled and stretched bars.

^b For plain bars the mass is calculated from the nominal cross-sectional area and a density value of 7,85 kg/dm³.

^c For ribbed bars the mass includes the ribs and may vary according to the rib profile.

^d For ribbed bars the cross-sectional area does not include the non-bearing portion of the ribs.

^e The specified characteristic 0,1 % proof force, *F_{p0,1}* is approximately 81 % of the specified characteristic maximum force, *F_m*, for 1100 MPa and 1030 MPa nominal tensile strength bar and approximately 88 % of the specified characteristic maximum force, *F_m*, for 1230 MPa nominal strength bar.

^f P - plain; R - ribbed.

^g 1 MPa = 1 N/mm².

Předpínací výztuž

- Tyče – hladké (P)



- Tyče – žebírkované (R)



Předpínací výztuž

- Tyče
 - Freyssinet

Charakteristika	Měrná jednotka	Označení - závitová tyč						Označení - hladká tyč	
		18 WR	26,5 WR	32 WR	36 WR	40 WR	47 WR	32 WS	36 WS
Jakost oceli - jmenovitá pevnost	MPa	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
Plocha příčného řezu	mm ²	241	552	804	1018	1257	1735	804	1018
Hmotnost	kg/m	1,96	4,48	6,53	8,27	10,205	14,10	6,313	7,99
Charakteristická pevnost Fpk	kN	255	580	845	1070	1320	1820	845	1070
Síla na mezi kluzu 0,1% Fp0,1	kN	230	525	760	960	1190	1650	760	960
Předpínací síla při 0,8 x Fpk	kN	204	464	676	856	1056	1456	676	856
Stoupání závitu		8	13	16	18	20	21	metrický	
Modul pružnosti	GPa	205 ±5%							
Tažnost	%	5							



Předpínací výztuž

- Tyče
 - Freyssinet

Charakteristika	Měrná jednotka	Jmenovitý průměr				
		26,5	32	36	40	50
Jakost oceli	MPa	1030	1030	1030	1030	1030
Plocha příčného řezu	mm ²	552	804	1018	1257	1964
Hmotnost	kg/m	4,56	6,66	8,45	10,41	16,02
Charakteristická pevnost Fpk	kN	568	828	1048	1295	2022
Síla na mezi kluzu 0,1% Fp0,1	kN	461	672	850	1049	1640
Předpínací síla při 0,8 x Fpk	kN	454	662	838	1036	1618
Stoupání závitu		6	6	6	8	8
Modul pružnosti	GPa	170 ±5%				
Tažnost	%	3,5				



Předpínací výztuž

- Lana
 - Označení dle prEN 10138-3

EN 10138-3-Y1860S7-16,0-A



Předpínací výztuž

- Lana
 - Označení dle prEN 10138-3

EN 10138-3-Y1860S7-16,0-A

označení normy



Předpínací výztuž

- Lana
 - Označení dle prEN 10138-3

EN 10138-3-**Y**1860S7-16,0-A

označení normy

„Y“ pro předpínací ocel



Předpínací výztuž

- Lana
 - Označení dle prEN 10138-3

EN 10138-3-Y**1860**S7-16,0-A

označení normy

„Y“ pro předpínací ocel

pevnost v tahu v MPa



Předpínací výztuž

- Lana
 - Označení dle prEN 10138-3

EN 10138-3-Y1860**S**7-16,0-A

označení normy

„Y“ pro předpínací ocel

pevnost v tahu v MPa

„S“ pro lana



Předpínací výztuž

- Lana
 - Označení dle prEN 10138-3

EN 10138-3-Y1860S7-16,0-A

označení normy

„Y“ pro předpínací ocel

pevnost v tahu v MPa

„S“ pro lana

Počet drátů 3 nebo 7



Předpínací výztuž

- Lana
 - Označení dle prEN 10138-3

EN 10138-3-Y1860S7-**16,0**-A

označení normy

„Y“ pro předpínací ocel

pevnost v tahu v MPa

„S“ pro lana

Počet drátů 3 nebo 7

Jmenovitý průměr



Předpínací výztuž

- Lana
 - Označení dle prEN 10138-3

EN 10138-3-**Y1860S7-16,0-A**

označení normy

„Y“ pro předpínací ocel

pevnost v tahu v MPa

„S“ pro lana

Počet drátů 3 nebo 7

Jmenovitý průměr

Třída A nebo B



Předpínací výztuž

- Tyče
 - Označení dle prEN 10138-4

EN 10138-4-Y1050H-36-R

označení normy

„Y“ pro předpínací ocel

pevnost v tahu v Mpa

„H“ pro tyče

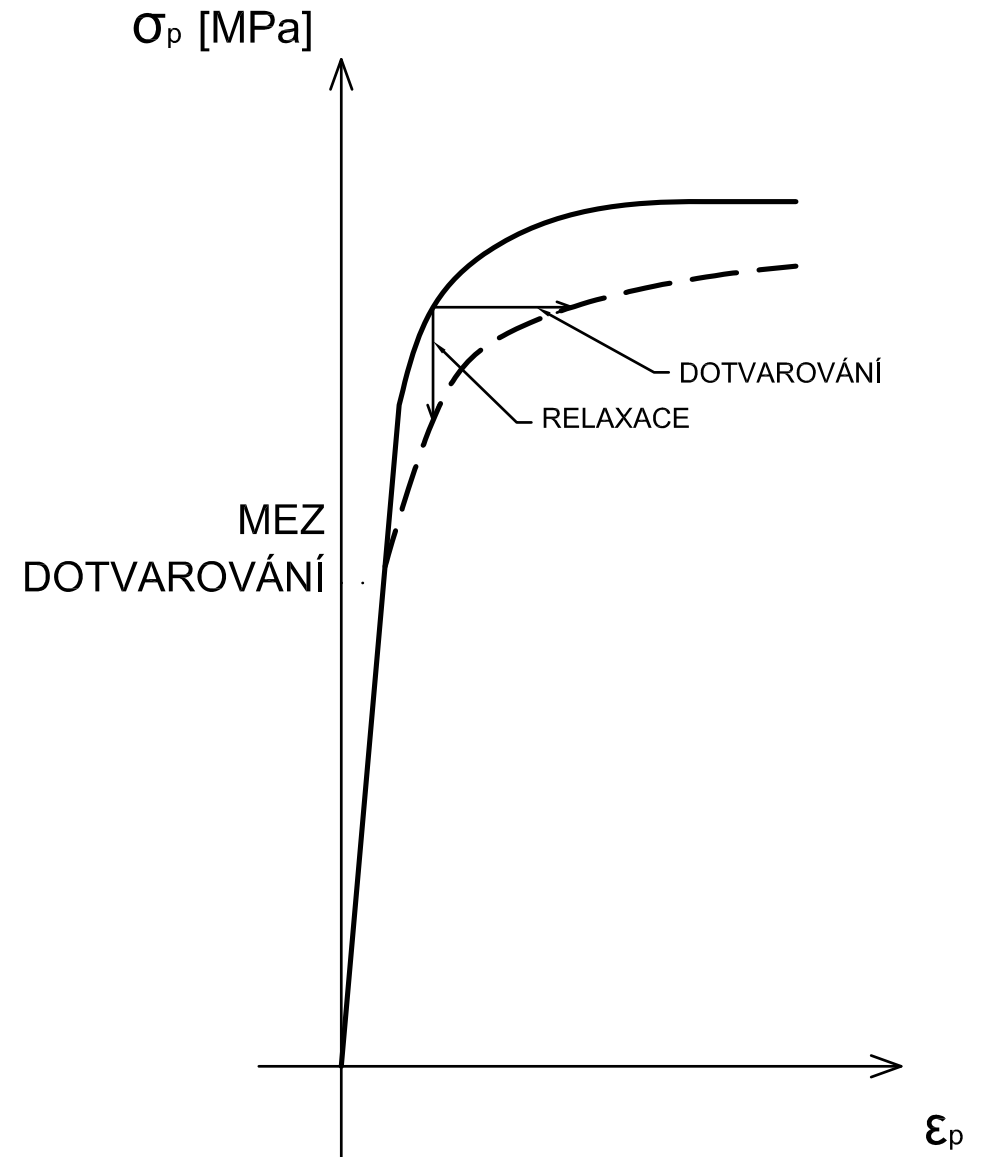
Jmenovitý průměr

„R“ pro žebírka



Reologie

- Časově závislé materiálové charakteristiky
- Dotvarování a relaxace
- Smršťování



Reologie

- Smršťování dotvarování
 - most Koror–Babeldaob (Palau)
 - Kolaps 1996



1976

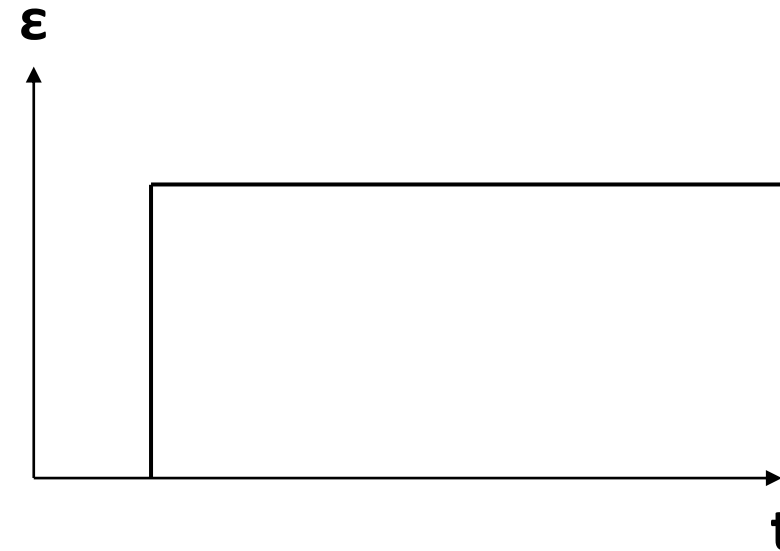
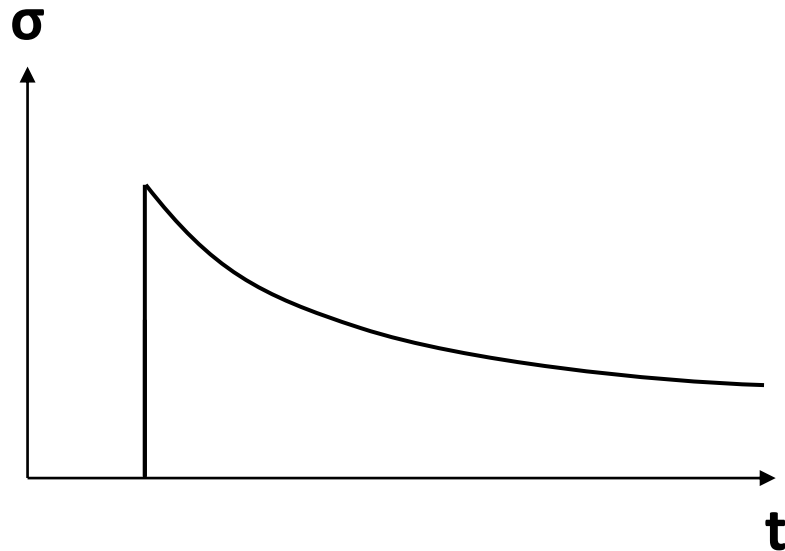


1996



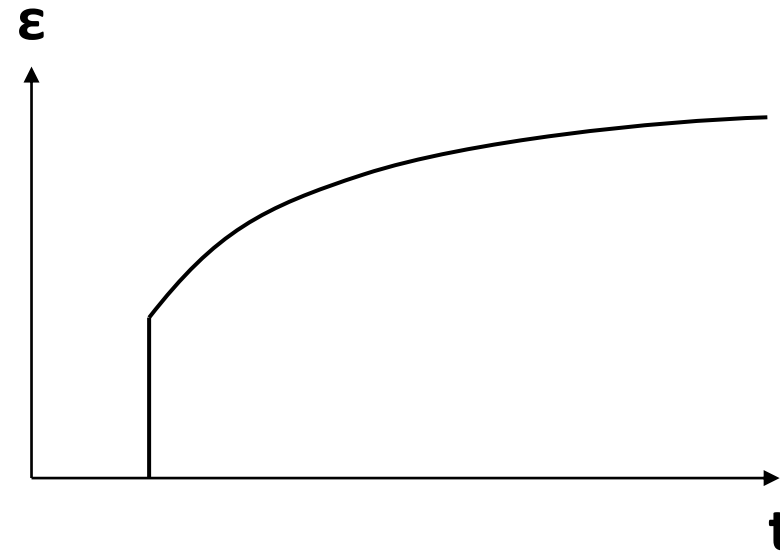
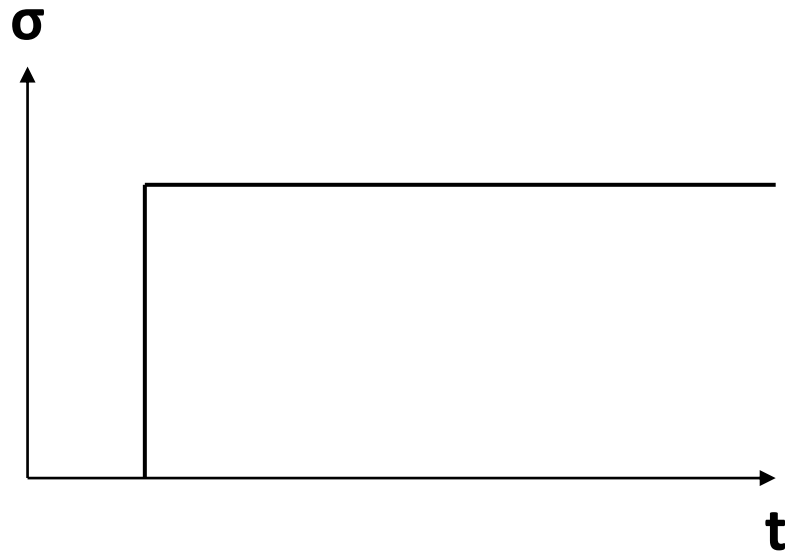
Reologie

- Relaxace
 - Primárně výztuž
 - **Při konstantním poměrném přetvoření v čase v prvku klesá napětí**



Reologie

- Dotvarování
 - Primárně beton
 - **Při konstantním napětí v čase v prvku narůstá poměrné přetvoření**



Reologie betonu

- Pevnostní a deformační charakteristiky betonu
- ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (kap. 3.1)
- Pro betony starší 28 dní
 - $f_{ck}(t) = f_{ck}$
 - $E_{cm}(t) = E_{cm}$

	Pevnostní třídy betonu														Analytické vztahy/ vysvětlivky
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,7	2,9	3	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0.05} = 0,7 \times f_{ctm}$ 5% kvantil
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6	6,3	6,6	$f_{ctk,0.95} = 1,3 \times f_{ctm}$ 95% kvantil
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0,3}$ (f_{cm} v MPa)
ε_{c1} (‰)	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,25	2,30	2,40	2,45	2,50	2,60	2,70	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 $\varepsilon_{c1}(\rho_{100}) = 0,7 f_{cm}^{0,31} \leq 2,8$
ε_{cu1} (‰)	3,50								3,20	3,00	2,80	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu1}(\rho_{100}) = 2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$	
ε_{c2} (‰)	2,00								2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c2}(\rho_{100}) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$	
ε_{cu2} (‰)	3,50								3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu2}(\rho_{100}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$	
n	2,00								1,75	1,60	1,45	1,40	1,40	pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$	
ε_{c3} (‰)	1,75								1,80	1,90	2,00	2,20	2,30	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c3}(\rho_{100}) = 1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$	
ε_{cu3} (‰)	3,50								3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu3}(\rho_{100}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$	

Reologie betonu

• Pro betony mladší 28 dní

- $f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8$ [MPa]
- $f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$
- $\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\}$
 - s – koeficient závisící na druhu cementu
 - **0,20** pro cementy třídy R
 - **0,25** pro cementy třídy N
 - **0,38** pro cementy třídy S
- $E_{cm}(t) = (f_{cm}(t) / f_{cm})^{0,3} \cdot E_{cm}$

	Pevnostní třídy betonu														Analytické vztahy/ vysvětlivky
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,7	2,9	3	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0.05} = 0,7 \times f_{ctm}$ 5% kvantil
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6	6,3	6,6	$f_{ctk,0.95} = 1,3 \times f_{ctm}$ 95% kvantil
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0,3}$ (f_{cm} v MPa)
ε_{c1} (‰)	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,25	2,30	2,40	2,45	2,50	2,60	2,70	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 $\varepsilon_{c1}(\rho/100) = 0,7 f_{cm}^{0,31} \leq 2,8$
ε_{cu1} (‰)	3,50									3,20	3,00	2,80	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu1}(\rho/100) = 2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$
ε_{c2} (‰)	2,00									2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c2}(\rho/100) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
ε_{cu2} (‰)	3,50									3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu2}(\rho/100) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
n	2,00									1,75	1,60	1,45	1,40	1,40	pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} (‰)	1,75									1,80	1,90	2,00	2,20	2,30	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c3}(\rho/100) = 1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$
ε_{cu3} (‰)	3,50									3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu3}(\rho/100) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

Reologie betonu

- Pro betony mladší 28 dní

- $f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8$ [MPa]

- $f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$

- $\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\}$

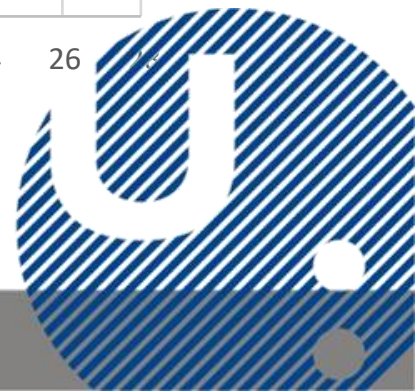
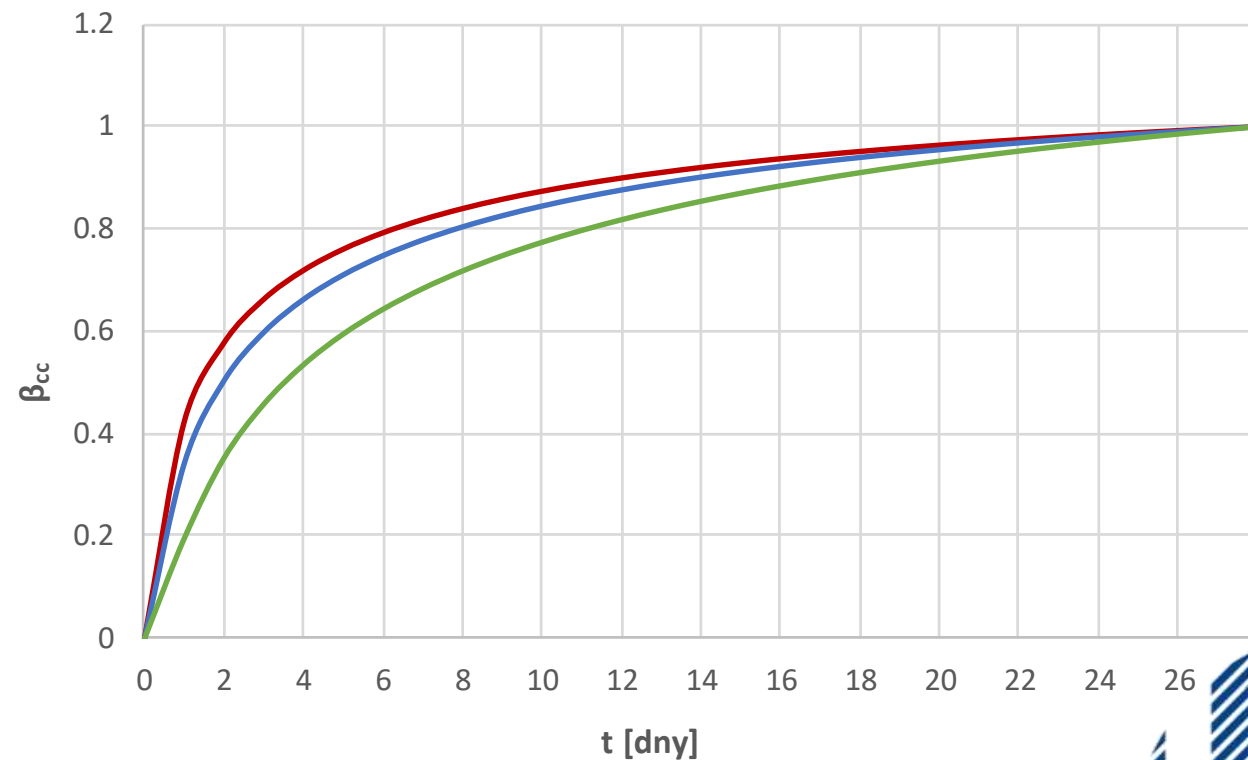
- s – koeficient závisící na druhu cementu

- **0,20** pro cementy třídy R

- **0,25** pro cementy třídy N

- **0,38** pro cementy třídy S

- $E_{cm}(t) = (f_{cm}(t) / f_{cm})^{0,3} \cdot E_{cm}$



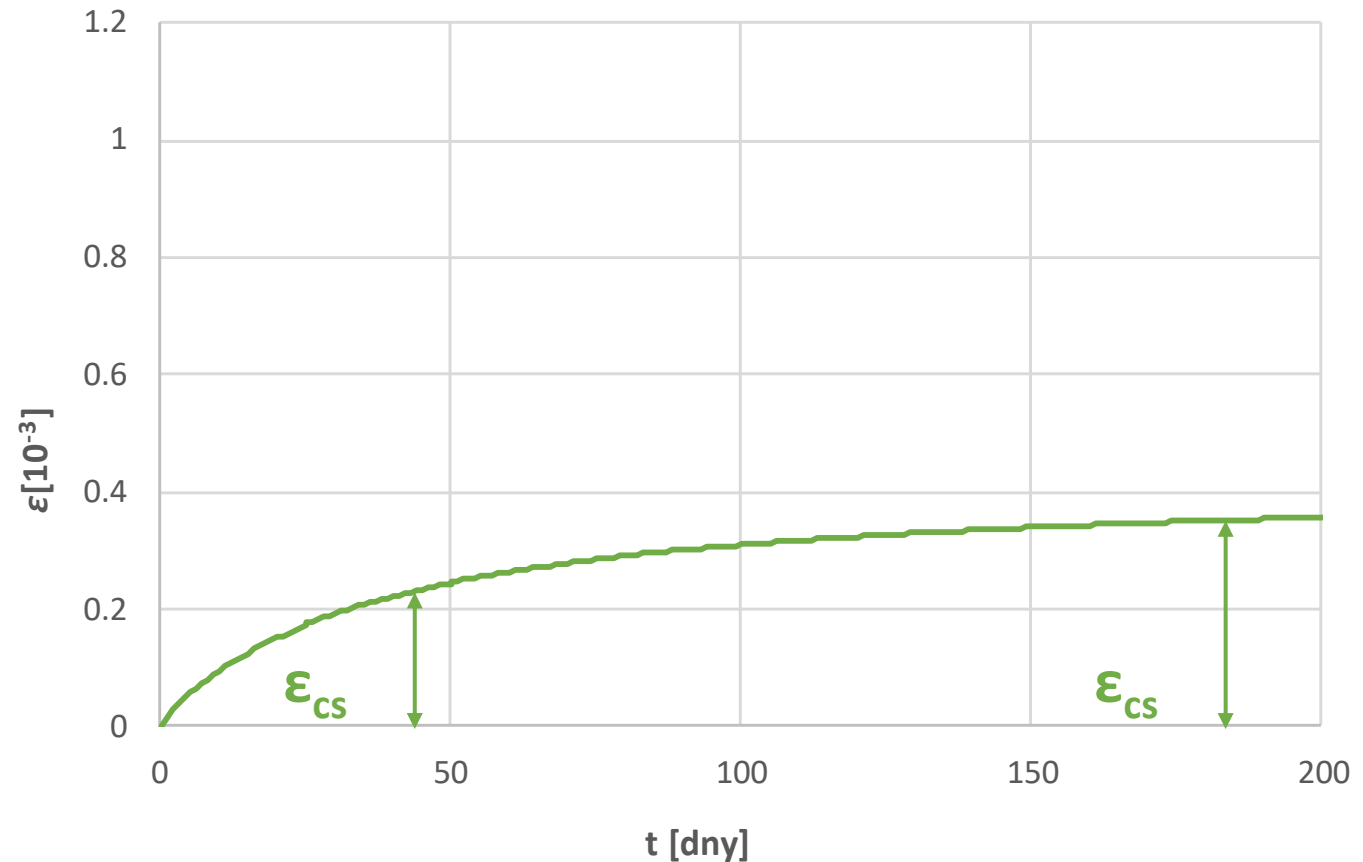
Reologie betonu

- Poměrná přetvoření betonu
 - Smršťování
 - Okamžité přetvoření od napětí
 - Dotvarování



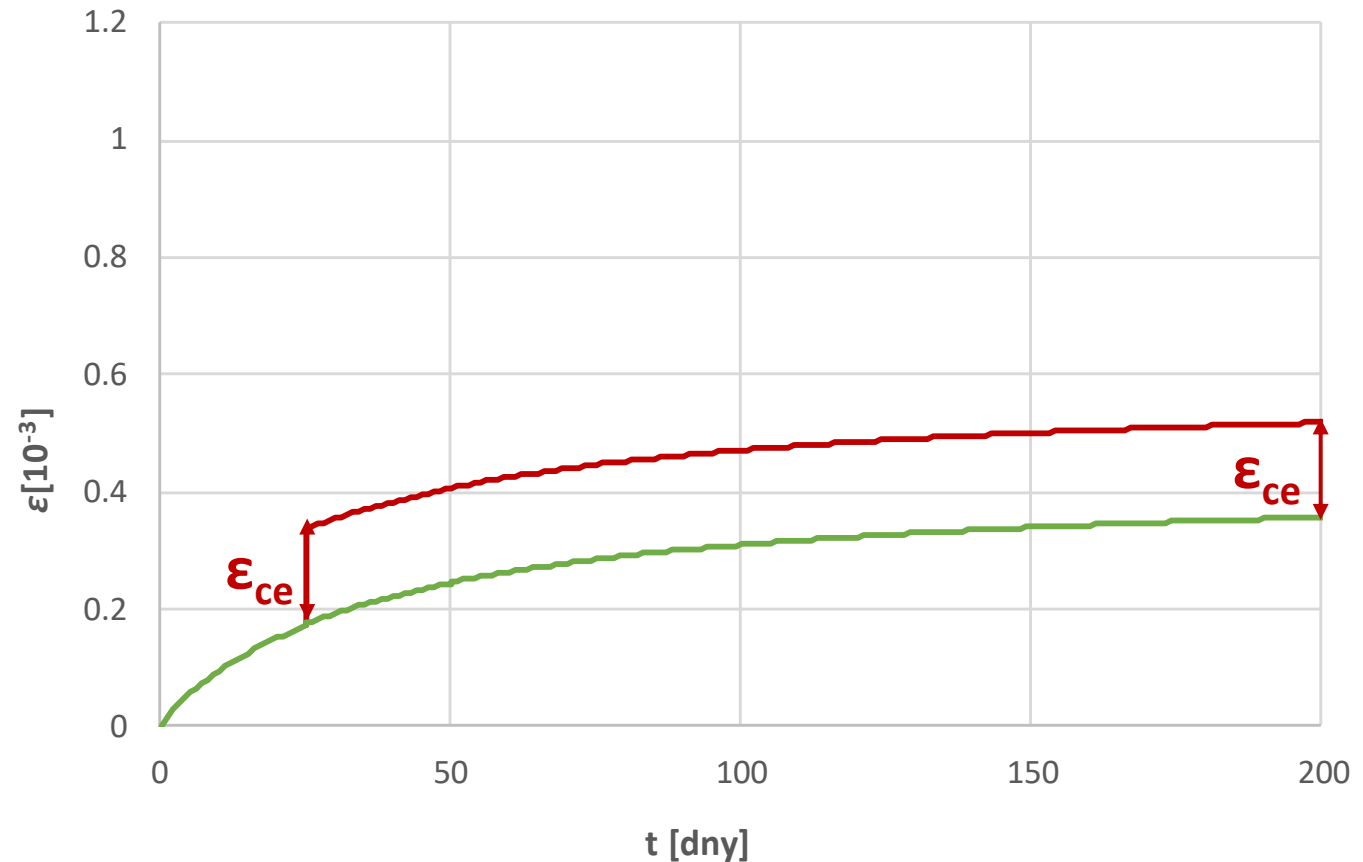
Reologie betonu

- Poměrná přetvoření betonu
 - Smršťování
 - Okamžité přetvoření od napětí
 - Dotvarování



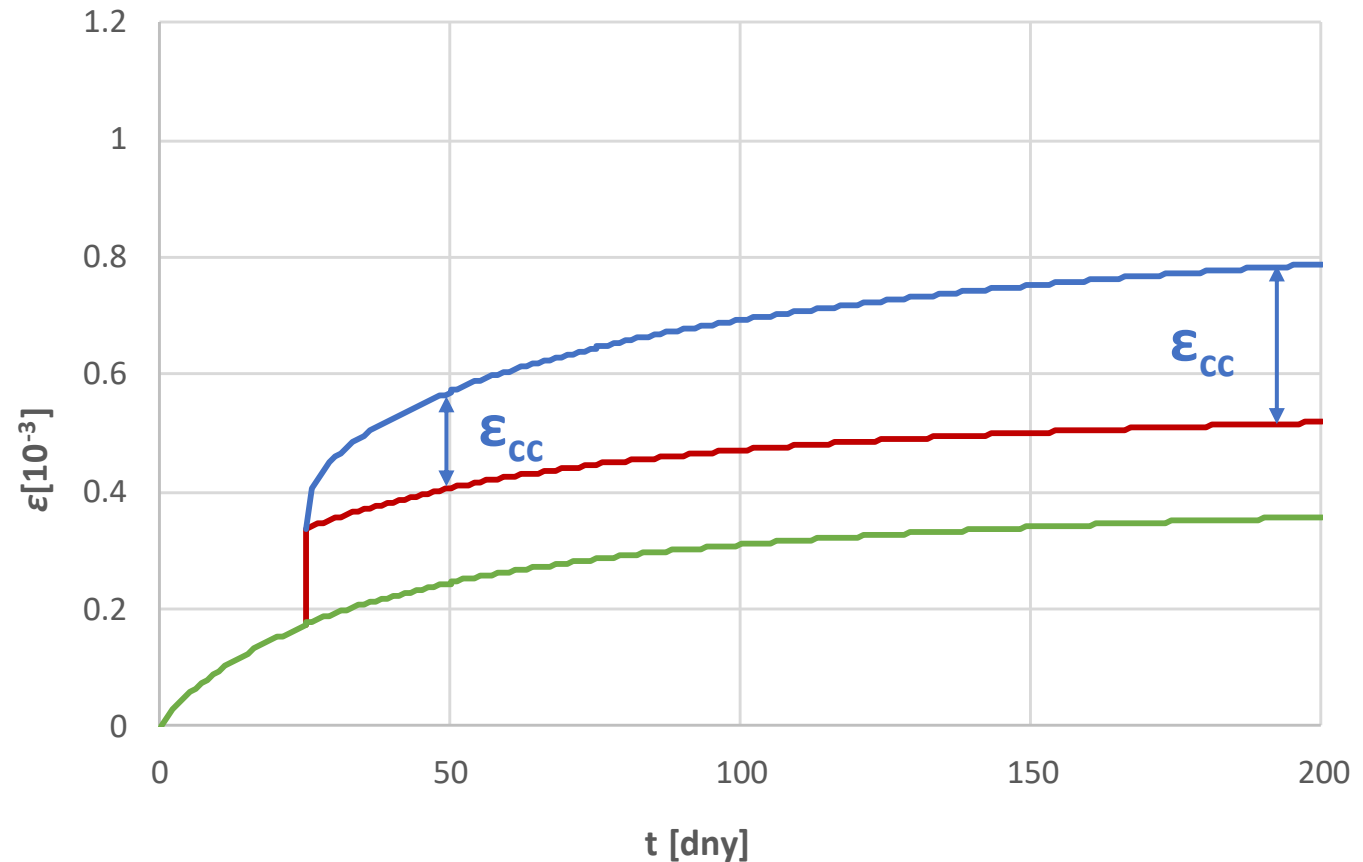
Reologie betonu

- Poměrná přetvoření betonu
 - Smršťování
 - +
 - Okamžité přetvoření od napětí
 - $t = 25$ dní
 - $\epsilon_{ce} = \sigma/E_c(t)$
 - Dotvarování



Reologie betonu

- Poměrná přetvoření betonu
 - Smršťování
 - +
 - Okamžité přetvoření od napětí
 - $t = 25$ dní
 - +
 - Dotvarování



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování

- Obecně

- Vysycháním
 - Autogenní

ČSN EN 1992-1-1

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

ϵ_{cd}

ϵ_{ca}



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování vysycháním

ϵ_{cd}

- Vyvíjí se pomalu
- Je funkcí migrace vody ztvrdlým betonem

- $\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd,0}$

- $\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s)+0,04\sqrt{h_0^3}}$

- t – stáří betonu v uvažovaném okamžiku (ve dnech)
 - t_s – stáří betonu na začátku smršťování (ve dnech; na konci ošetřování)
 - h_0 – náhradní rozměr průřezu [mm] = $2A_c/u$
 - A_c – průřezová plocha betonu
 - u – vysychající obvod průřezu



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování vysycháním ϵ_{cd}
 - $\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd,0}$
 - k_h - součinitel závisící na náhradní tloušťce

h_0 (mm)	k_h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování vysycháním

$$\epsilon_{cd,0} = 0,85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

- α_{ds1}

- **6** pro cementy třídy R
- **4** pro cementy třídy N
- **3** pro cementy třídy S

- α_{ds2}

- **0,11** pro cementy třídy R
- **0,12** pro cementy třídy N
- **0,13** pro cementy třídy S



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování vysycháním

 ϵ_{cd}

- $\epsilon_{cd,0} = 0,85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$

- $\beta_{RH} = 1,55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0}\right)^3 \right]$

- RH – relativní vlhkost okolního prostředí [%]
- RH_0 – 100%



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování vysycháním

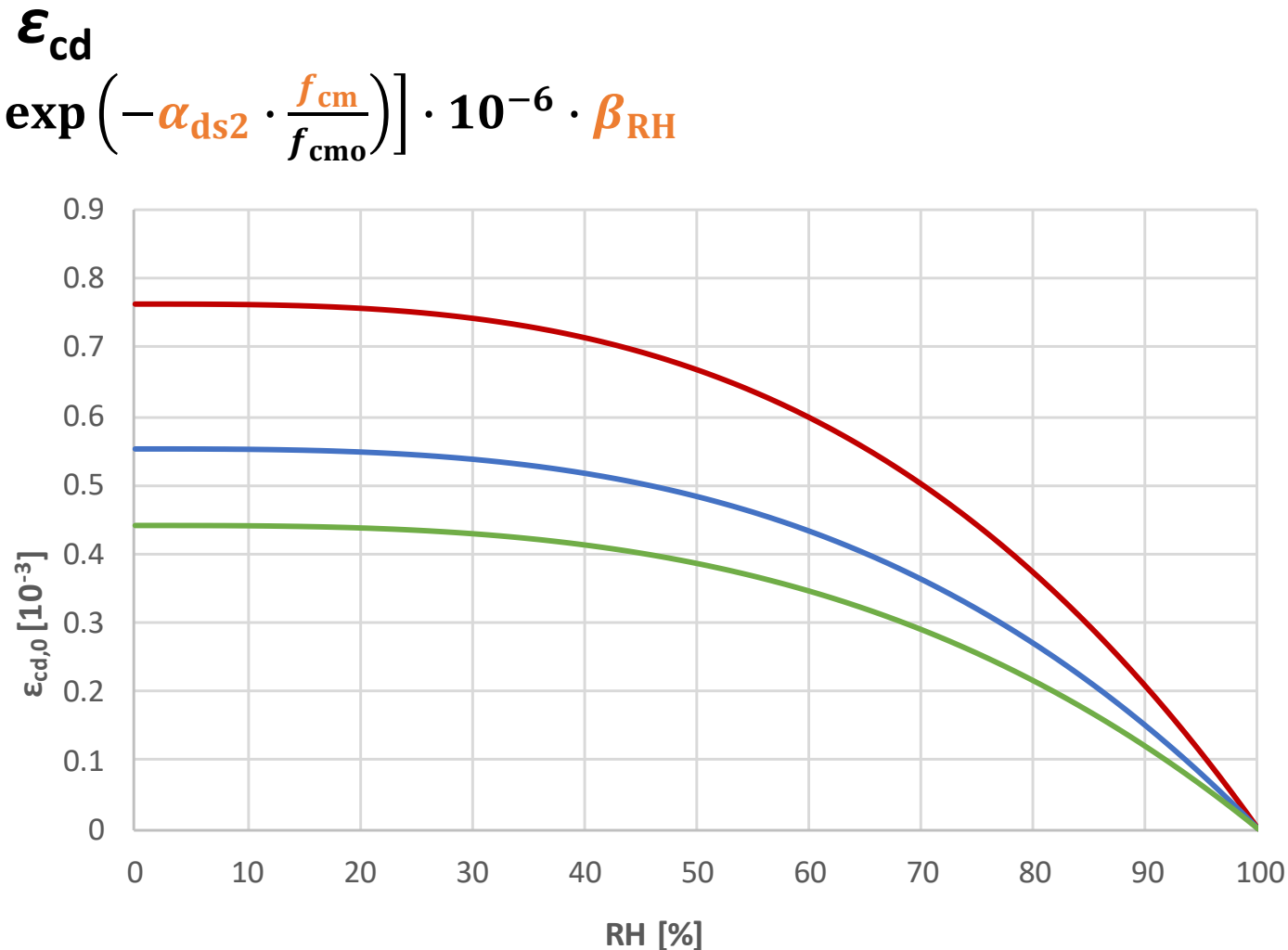
$$\epsilon_{cd,0} = 0,85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

- α_{ds1}

- 6 pro cementy třídy R
- 4 pro cementy třídy N
- 3 pro cementy třídy S

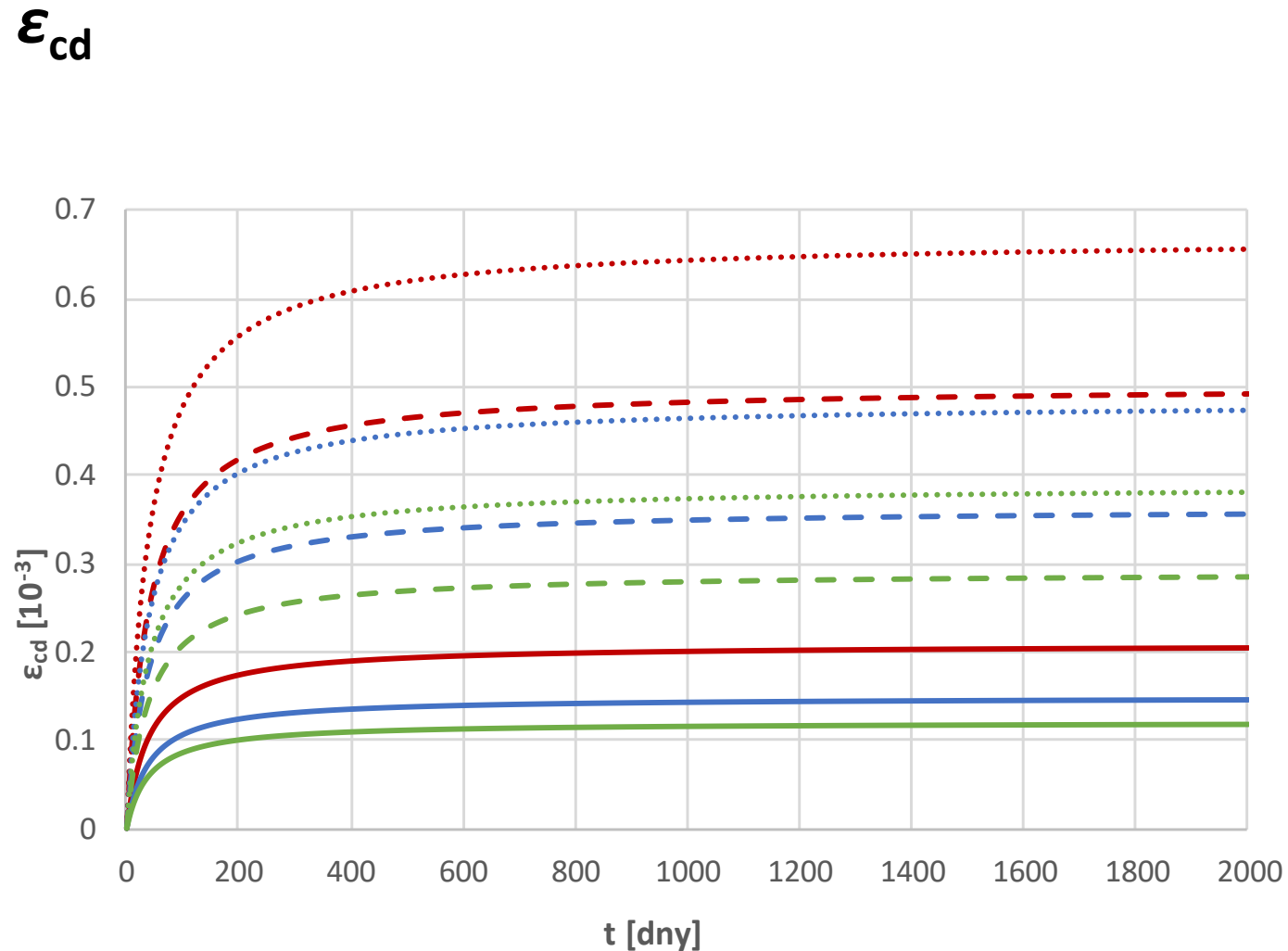
- α_{ds2}

- 0,11 pro cementy třídy R
- 0,12 pro cementy třídy N
- 0,13 pro cementy třídy S



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování vysycháním
 - $\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd,0}$
 - RH 50%
 - RH 70% ---
 - RH 90% —
 - cementy třídy R
 - cementy třídy N
 - cementy třídy S



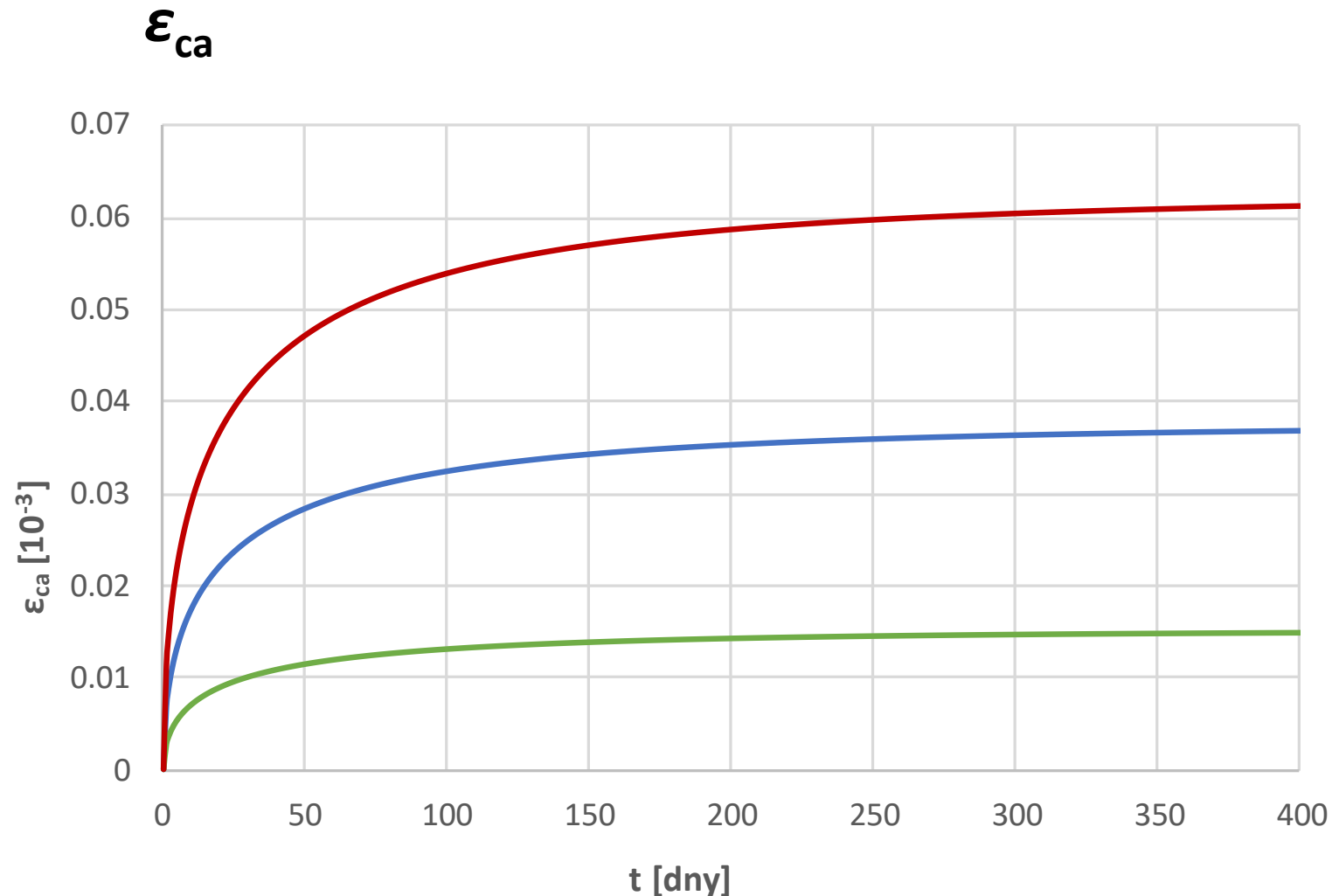
Reologie betonu - smršťování

- Autogenní smršťování ϵ_{ca}
 - Vzniká v průběhu tvrdnutí betonu
 - Hlavní část probíhá v počátečních dnech po vybetonování
 - $\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \epsilon_{ca}(\infty)$
 - $\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2t^{0,5})$
 - t – stáří betonu v uvažovaném okamžiku (ve dnech)
 - $\epsilon_{ca}(\infty) = 2,5 (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$



Reologie betonu - smršťování

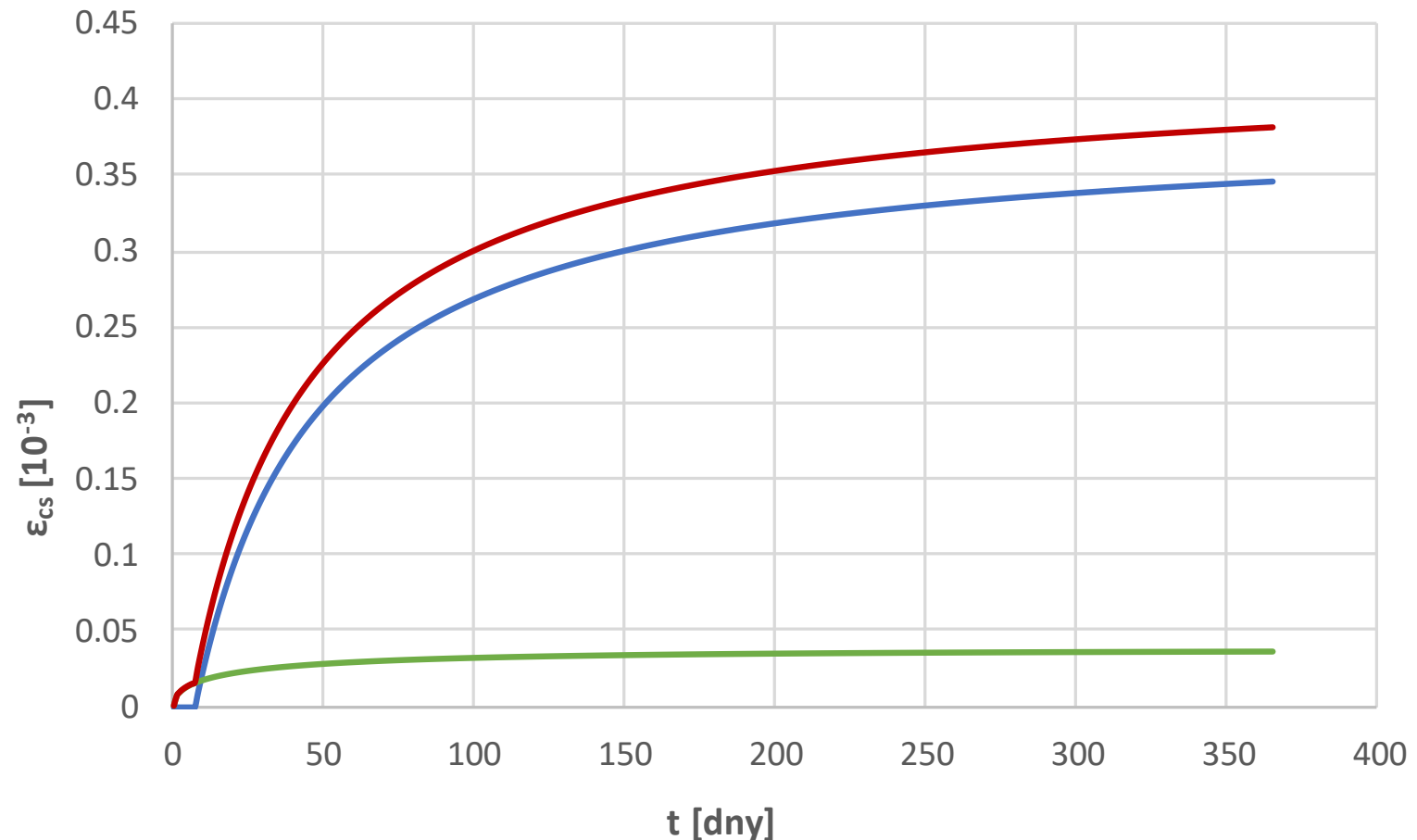
- Autogenní smršťování
 - $\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \epsilon_{ca}(\infty)$
 - C35/45
 - C25/30
 - C16/20



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování
 - C25/30
 - cement třídy N
 - RH 70%
 - t 365 dní
 - t_s 7 dní

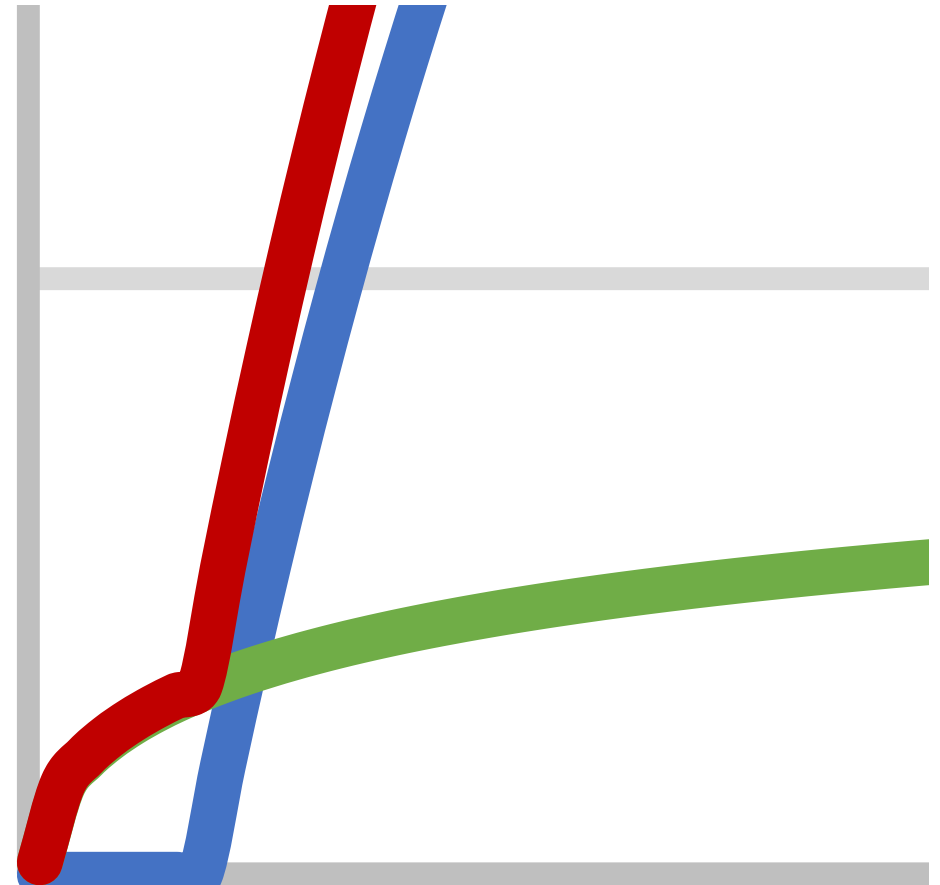
$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování
 - C25/30
 - cement třídy N
 - *RH* 70%
 - *t* 365 dní
 - *t_s* 7 dní

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování
 - POKUD JE SMRŠŤOVÁNÍ **ZABRÁNĚNO** => V KONSTRUKCI DOCHÁZÍ K **PNUTÍ**
 - FÁZE VÝSTAVBY/BETONÁŽE
 - Spřahující deska
 - **BETON-BETON**
 - **OCEL-BETON**



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování
 - FÁZE VÝSTAVBY/BETONÁŽE
 - Spřahující deska
 - **BETON-BETON**
 - **OCEL-BETON**



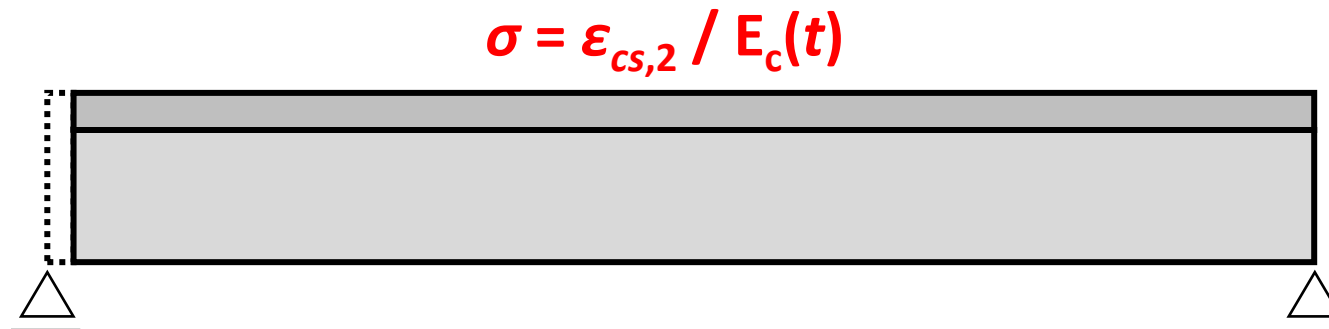
Reologie betonu - smršťování

- Smršťování
 - FÁZE VÝSTAVBY/BETONÁŽE
 - Spřahující deska
 - **BETON-BETON**
 - **OCEL-BETON**



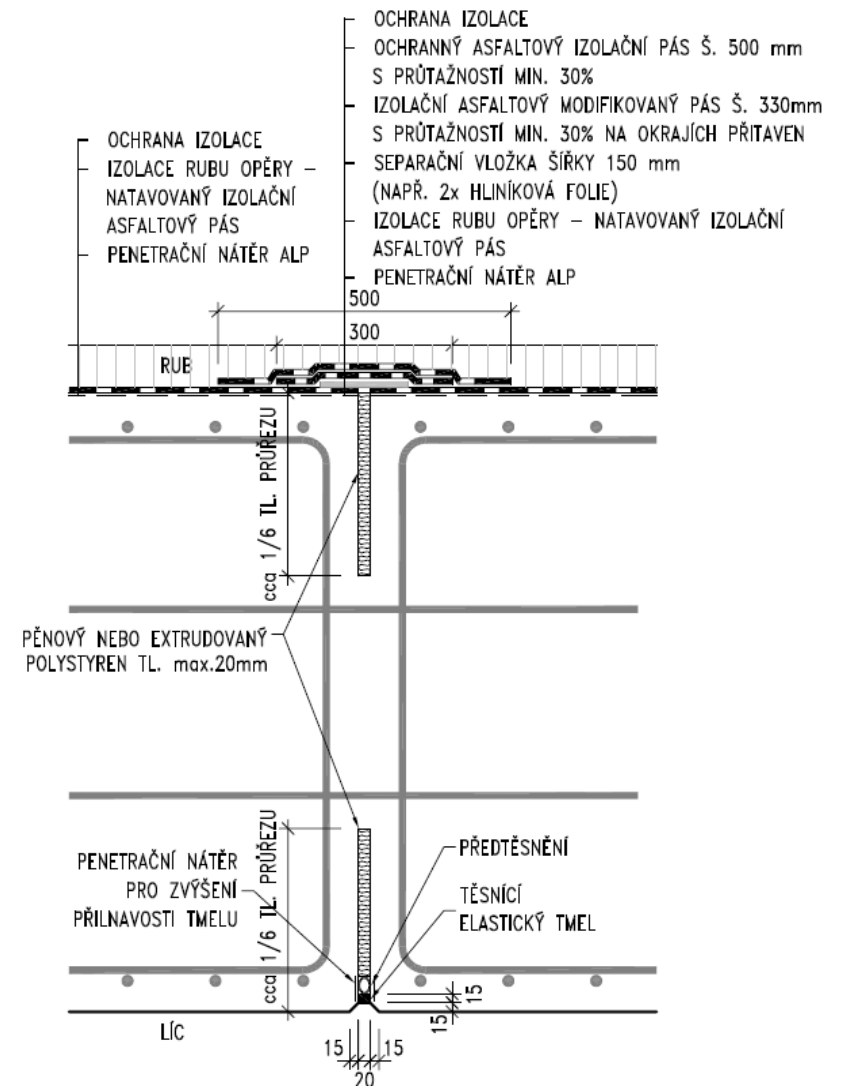
Reologie betonu - smršťování

- Smršťování
 - FÁZE VÝSTAVBY/BETONÁŽE
 - Spřahující deska
 - **BETON-BETON**
 - **OCEL-BETON**



Reologie betonu - smršťování

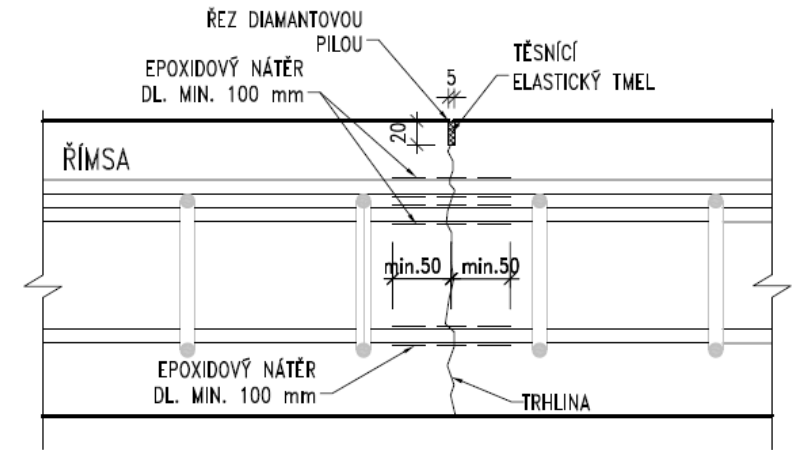
- Smršťování
 - Těsnění smršťovací spáry opěr a zdí (dle VL 4 208.04)



Reologie betonu - smršťování

- Smršťování
 - Těsnění smršťovací spáry říms (dle VL 4 402.23)

ALTERNATIVA 1



ALTERNATIVA 2

