

# Směsné cementy Recyklované kamenivo

**Jan Gemrich**

**SVAZ VÝROBCŮ  
CEMENTU ČR**

[www.svc.c](http://www.svc.c)

z

**Vladimír Veselý**



[www.svb.c](http://www.svb.c)

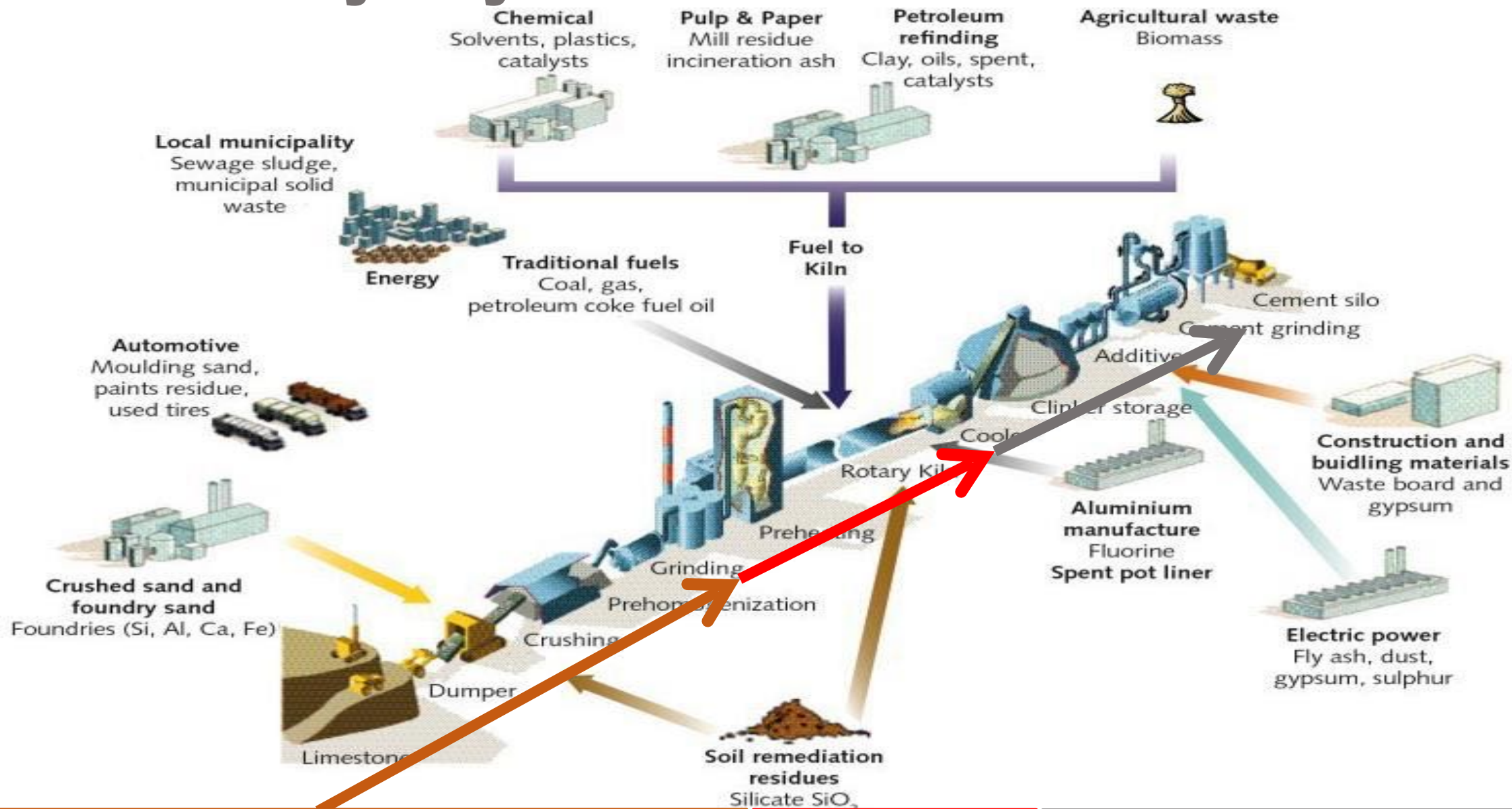
z

**Ostrava 13. 06. 2023**

# Obsah prezentace

- **Výroba cementu v ČR a dostupnost hlavních složek**
- **Energetický a environmentální pohled na výrobu cementu**
- **Harmonizované a neharmonizované normy na cement**
- **Implementace cementů dle nových standardů do výrobních norem pro beton**
- **Recyklované kamenivo do betonu a podmínky pro použití v ČR**

# Schéma výroby cementu



I. Skladba surovinové směsi na výpal slínku

II. výpal slínku

III. Mletí a expedice cementu

# Základní hlavní složky současnosti v ČR

## – struska, popílek, vápenec

### I. Vysokopecní granulovaná struska – limit dostupnosti

**cca 5-7 let** (jedna z hlavních složek cementu i betonu)

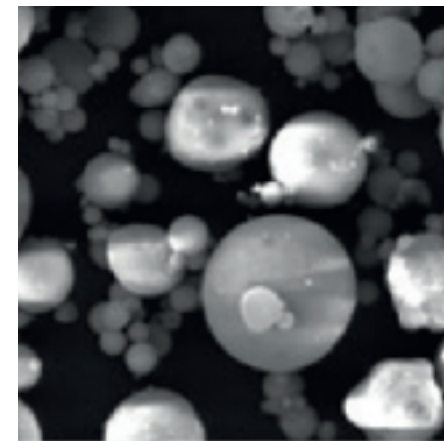
- pozitivní vliv na alkalicko křemičitou reakci snižuje hydratační cementu v betonu, zvyšuje odolnost proti difuzi chloridů a vlivu síranů (snahy zkoušet slévárenské a ocelářské strusky)



### II. Popílek - limit dostupnosti **cca 25 let**

( do cementu možnost využívat křemičitý **V** i vápenatý popílek **W**)

- hydraulických vlastnosti + zlepšuje reologii čerstvého betonu
- limitující je obsah ztráty žíháním a volného uhlíku, **obsah  $\text{NH}_4^+$**
- nižší počáteční pevnosti, dlouhá doba zpracovatelnosti, pomalejší vývoj pevností, tvorba hutného betonu

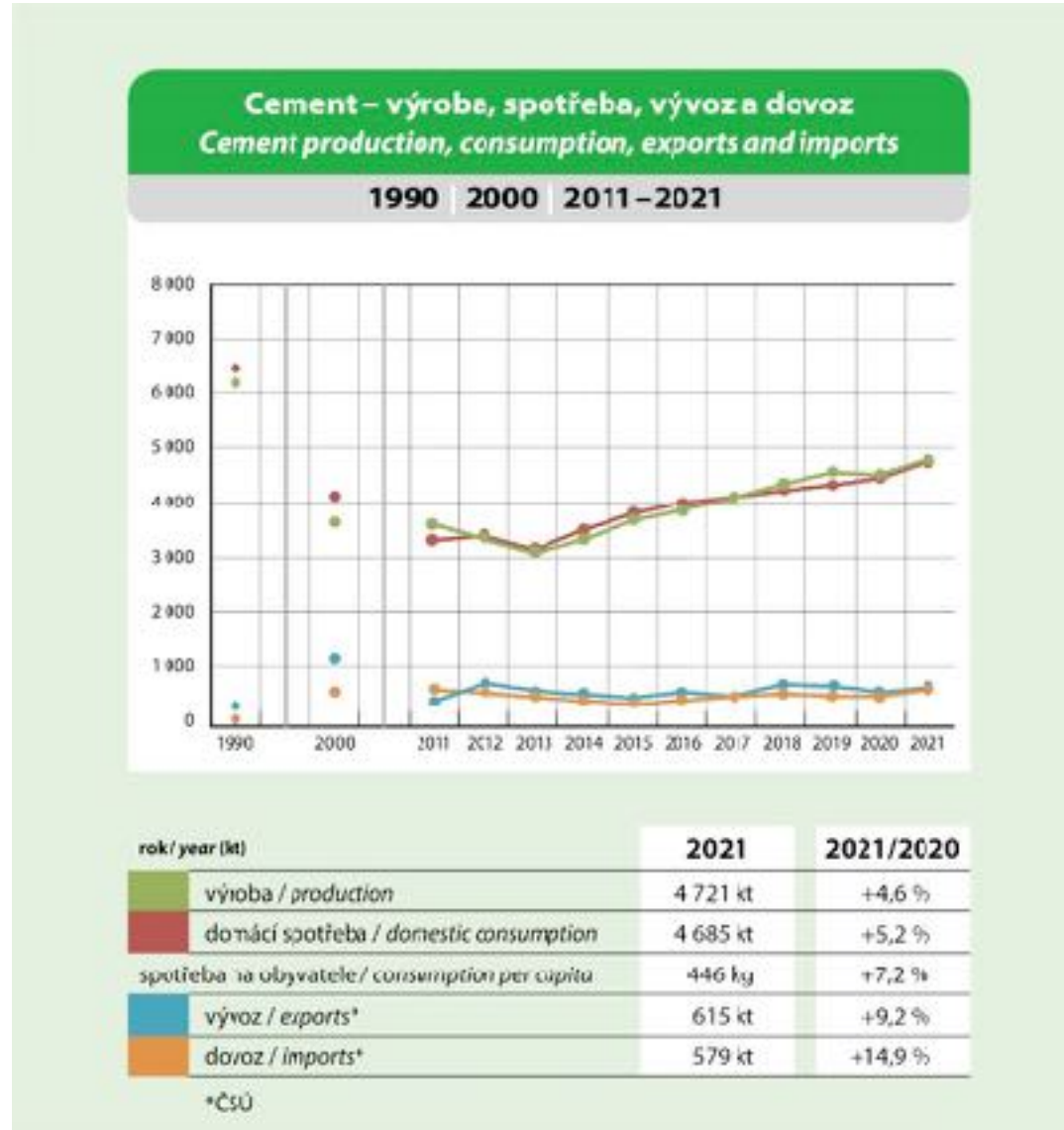


### III. Vápenec

- důležité je **mineralogické složení, obsah jílových podílů a jemnost**
- obvyklé použití **LL** do 20 hm.% TOC
- úprava vlastností cementů a betonu plastifikátory pro vyhovující mrazuvzdornost
- významný ekologický a ekonomický přínos



# Cement – výroba, spotřeba, vývoz a dovoz DATA 2021

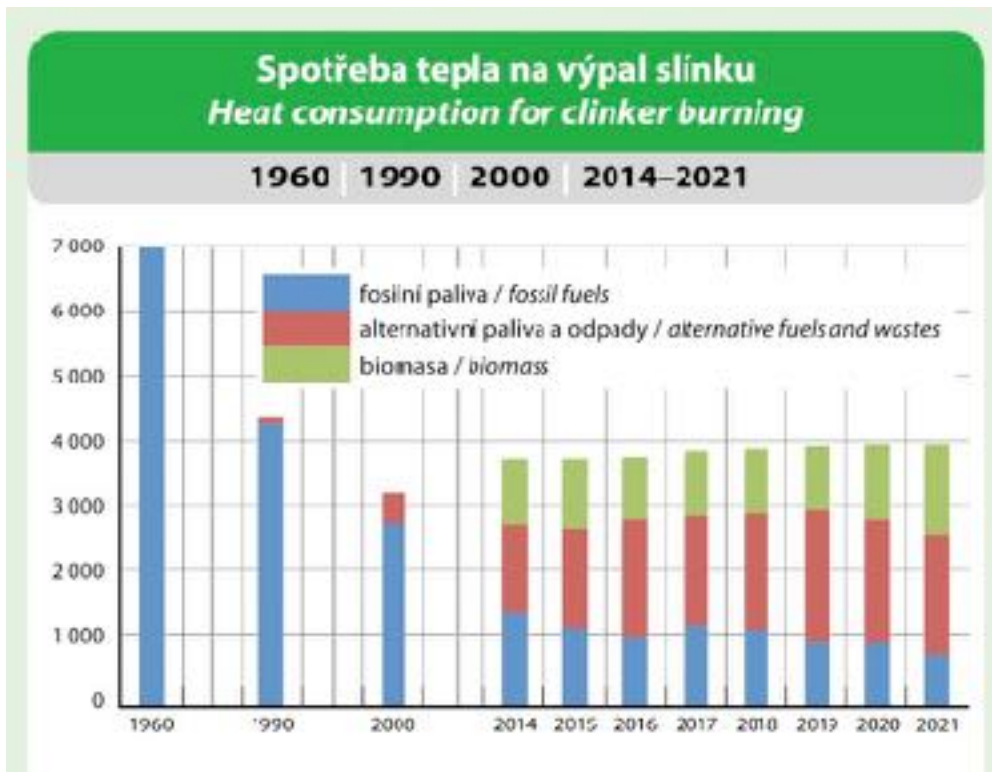


**Podíl druhů cementu na celkové výrobě**

**CEM I 49%**  
**CEM II/A,B-S 16%**  
**CEM II/A,B-LL 16%**  
**CEM II/A,B-M 15 %**

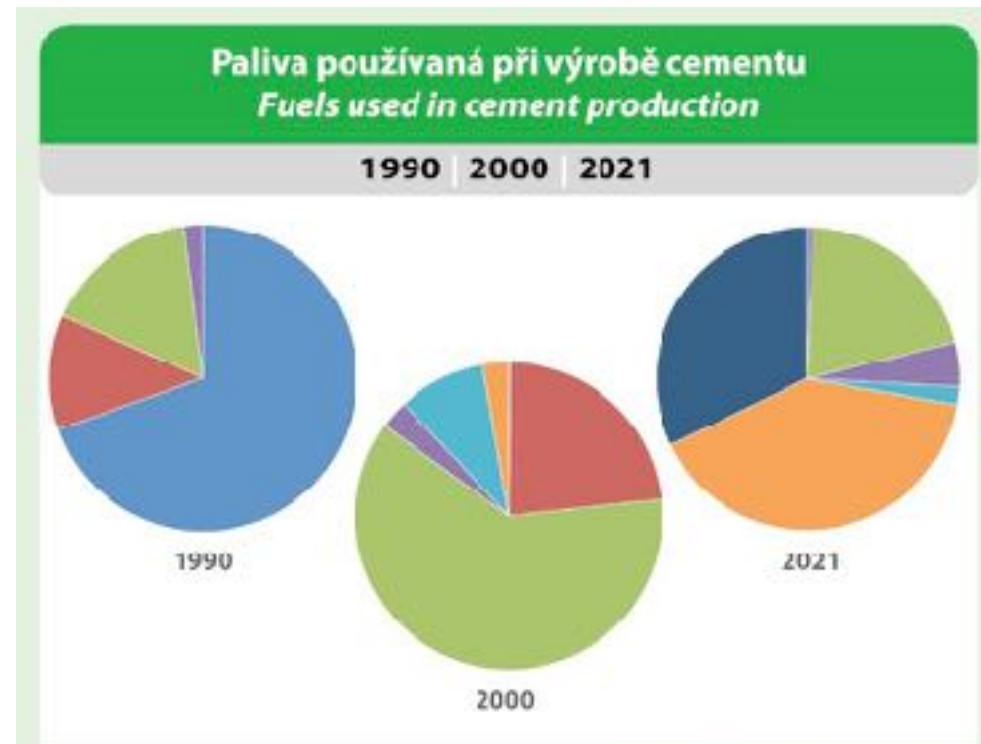
# Cement – spotřeba tepla na výpal slínku

DATA 2021



rok / year	1960	1990	2000	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
HC (MJ.t <sup>-1</sup> )	7 001	4 446	3 281	3 647	3 644	3 675	3 761	3 767	3 786	3 806	3 736
FF (MJ.t <sup>-1</sup> )	7 001	4 357	2 789	1 375	1 141	1 014	1 188	1 115	893	824	800
AF (%)	0	2,0	15,0	35,5	40,2	47,1	43,8	46,0	51,6	46,7	46,5
BF (%)	0	0	0	26,8	28,5	25,3	25,7	24,4	24,7	31,6	32,1

HC celková spotřeba tepla / total heat consumption  
 FF spotřeba fosilních paliv / fossil fuels consumption  
 AF podíl a alternativních paliv a odpadů / alternative fuels and wastes ratio  
 BF spotřeba biomasových paliv / biomass fuels ratio



rok / year	1990	2000	2021
zemní plyn / natural gas	69,6 %	0,2 %	0,8 %
těžký topný olej / heavy fuel oil	12,0 %	23,1 %	0,3 %
černé uhlí / coal	16,4 %	61,7 %	20,3 %
použité pneu / used tyres	2,0 %	3,0 %	4,7 %
jiná kapalná paliva / other liquid fuels	–	9,3 %	1,8 %
jiná pevná paliva / other solid fuels	–	2,7 %	40,1 %
biomasa / biomass	–	0,0 %	32,1 %



# Jak snižovat emise skleníkových plynů?

**Ekonomicky!**

**System EU ETS** s obchodovatelnými emisními povolenkami

(1 povolenka = 1 t CO<sub>2</sub>) od r. 2005, meziroční redukce přidělu cca 1,5%

- změna hodnoty emisní povolenky od 3 € přes 65 € až do 100 € (nyní cca 85 €)
- benchmarking hodnota, za kterou lze vyrobit 1 t výrobku (pro šedý slínek 693 kg CO<sub>2</sub>) pro 1. polovinu IV. obchodovacího období (2021-2025) snižující se z hodnoty cca 850 kg CO<sub>2</sub> od roku 2005

**System CBAM** (Carbon Boarder Adjustment Mechanism – Nástroj pro úpravu limitu uhlíku ) od r. 2026

- postupné snižování přidělu volných povolenek –

počínaje rokem 2026: 2,5%, konče rokem 2034: 100 %

**EU ETS versus CBAM**

# Jak snižovat emise skleníkových plynů?

**Ekonomicky!**

## **Nárůst cen elektrické energie**

**Energetická náročnost mletí cementu 100 – 105 kWh / 1 t cementu**

**Cena elektrické energie - léto 2021 50 € / 1 MWh**

**- léto 2022 350 - 400 € / 1 MWh**

**Nárůst nákladů na mletí 7 – 8 x**

## **Doplňkové akty - nařízení o směřování kapitálu k udržitelným a nízkouhlíkovým projektům**

**Banky neposkytnou investice na obnovu a rozvoj oboru bez zelených technologií a ekonomických výsledků**

**Hodnocení výkonnosti, podle obrátu CapExu a OpExu**

**722 kg CO<sub>2</sub> / 1t slínku**



# Současný trend

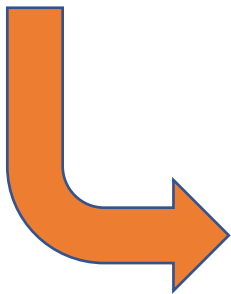
**E**nviromentální politika

**S**nižování limitu pro celkové emise CO<sub>2</sub>

**R**egulační opatření (legislativní / ekonomická)

**D**ostupnost základních složek pro výrobu cementu

- vysokopecní granulovaná struska cca 5-7 let
- elektrárenský popílek cca 25 let



**Z**měna druhů vyráběných cementů

- Redukce slínku
- Nové hlavní složky



# Cementy do betonu dle ČSN EN 206+A2

## Aktuálně použitelné

**ČSN EN 197-1 ed. 2** (72 2101) Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití (**beton, malty**)

**ČSN EN 197-5** Cement- Část 5: Portlandský směsný cement CEM II/C-M a Směsný cement CEM VU – **zatím neimplementován pro použití v betonu**

**ČSN EN 14216 ed.2** (72 2107) Cement – Složení, specifikace a kritéria shody cementů s velmi nízkým hydratačním teplem – **speciální použití**

**ČSN EN 14647** (72 2103) Hlinitanový cement – Složení, specifikace a kritéria shody – **speciální použití**

**ČSN EN 15743+A1** (72 2120) Struskosíranový cement – Složení, specifikace a kritéria shody – **speciální použití**

## Připravované

**pR EN 197-6** Cement- Část 6- Cement s recyklovanými stavebními materiály

## Zrušené

**ČSN 72 2124** – Silniční cement (**zrušena 1994-možno použít CEM I, CEM II/A,B-S nebo CEM I 42,5 R (sc) – Mokrý, Prachovice**)

# Cement pro obecné použití podle ČSN EN 197-1 ed. 2

Cement

ČSN EN 197-1 ed. 2, tabulka 1 – 27 výrobků skupiny cementů pro obecné použití

Hlavní druhy	Označení 27 výrobků druhy cementů pro obecné použití		Složení (poměry složek podle % hmotnosti) <sup>a)</sup>								Doplňující složky		
			Hlavní složky										
			Sítnek	Vysokopepelná struska	Křemíkový písek	Pucoliny		Popílek		Kalcinovaná břídlíka		Vápenec	
						přírodní	přírodní kalcinované	křemíkový	vápenatý			L	LL
K	S	D <sup>b1</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL				
CEM I	Portlandský cement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portlandský struskový cement	CEM I/A S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/B S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portlandský cement s křemíkovým dletem	CEM I/A D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
	Portlandský pozolánový cement	CEM I/B T <sup>c)</sup>	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-Y	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
	CEM II	Portlandský popílkový cement	CEM I/B V	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
CEM I/A-W			80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
CEM I/B W			65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
CEM I/A-T			80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5	
Portlandský cement s kalcinovanou břídlíka		CEM I/B-I	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5	
		CEM I/A-I	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
Portlandský cement s vápencem		CEM I/B L	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5	
		CEM I/A-LI	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5	
CEM I/B LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5			
Portlandský smíšený cement <sup>d)</sup>	CEM I/A-M	80-88	←----- 12-20 ----->								0-5		
	CEM I/B-M	65-79	←----- 21-35 ----->								0-5		
CEM III	Vysokopepelný cement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM IV	Pucolínový cement <sup>e)</sup>	CEM IV/A	65-89	-	-	11-35		-	-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-61	-	-	35-55		-	-	-	-	0-5	
CEM V	Smíšený cement <sup>f)</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30		-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-36	31-49	-	31-49		-	-	-	-	0-5	

a) Hodnoty v tabulce se vztahují k součtu hlavních a doplňujících složek.

b) Obsah křemíkového dletem je omezen do 10 %.

c) Hlavní složky v portlandských smíšených cementech CEM I/B T a CEM I/A T, v pozolánových cementech CEM I/A T a CEM I/B T a ve smíšených cementech CEM I/A M a CEM I/B M mimo sítnku musí být deklarovány v označení cementu.

# Cementy podle ČSN EN 197-5

Tabulka 1<sup>a</sup> – Portlandský směsný cement-CEM<sup>II</sup>/C-M a Směsný cement-CEM<sup>VI</sup>-¶

[1]

Hlavní druhy <sup>a</sup>	Označení výrobků <sup>b</sup> (druhy cementů) <sup>a</sup>		Složení (poměry složek podle % hmotnosti) <sup>a</sup>										Doplňující složky <sup>c</sup>	
			Hlavní složky <sup>a</sup>											
			Slínek <sup>a</sup>	Vysokopepni- struska <sup>a</sup>	Křemi- čitý úlet <sup>a</sup>	Pucolány <sup>a</sup>		Popílek <sup>a</sup>		Kalcino- vaná břidlice <sup>a</sup>	Vápence <sup>a</sup>			
K <sup>a</sup>	S <sup>a</sup>	D <sup>b</sup>	přírodní <sup>a</sup>	přírodní kalcino- vané <sup>a</sup>	křemičitý <sup>a</sup>	vápenatý <sup>a</sup>	T <sup>a</sup>	L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>					
CEM-II <sup>a</sup>	Portlandský směsný cement <sup>d</sup>	CEM-II/C-M <sup>a</sup>	50-64 <sup>a</sup>	←-----36-50-----> <sup>a</sup>										0-5 <sup>a</sup>
CEM-VI <sup>a</sup>	Směsný cement <sup>a</sup>	CEM-VI-(S-P) <sup>a</sup>	35-49 <sup>a</sup>	31-59 <sup>a</sup>	≤	6-20 <sup>a</sup>	≤	≤	≤	≤	≤	≤	0-5 <sup>a</sup>	
		CEM-VI-(S-V) <sup>a</sup>	35-49 <sup>a</sup>	31-59 <sup>a</sup>	≤	≤	6-20 <sup>a</sup>	≤	≤	≤	≤	≤	0-5 <sup>a</sup>	
		CEM-VI-(S-L) <sup>a</sup>	35-49 <sup>a</sup>	31-59 <sup>a</sup>	–	–	–	–	–	6-20 <sup>a</sup>	–	–	0-5 <sup>a</sup>	
		CEM-VI-(S-LL) <sup>a</sup>	35-49 <sup>a</sup>	31-59 <sup>a</sup>	–	–	–	–	–	–	–	6-20 <sup>a</sup>	0-5 <sup>a</sup>	

a → Hodnoty v tabulce se vztahují k součtu hlavních a doplňujících složek. ¶

b → Obsah křemičitého úletu, je v případě použití, je omezen od 6% do 10%. ¶

c → Obsah vápence (součet L, LL), je v případě použití je omezen od 6% do 20%. ¶

d → Hlavní složky mimo slínek mohou být použity maximálně dvě a musí být deklarovány v označení cementu (viz příklady v kapitole 6). α

# Cementy podle připravované prEN 197-6

Table 1 — Cement with recycled building materials

Main types	Notation of the products (types of cement)		Composition (percentage by mass) <sup>a</sup>											
			Main constituents											Minor additional constituents
			Clinker	Recycled concrete fines	Blast-furnace slag	Silica fume	Pozzolana		Fly ash		Burnt shale	Limestone		
							natural	natural calcined	siliceous	calcareous		L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>	
Type name	Type notation	K	F	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>		
CEM II	Portland-recycled-fines cement	CEM II/A-F	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Portland-composite cement <sup>d</sup>	CEM II/A-M	80-88	6-14	----- 5-14 -----								0-5	
		CEM II/B-M	65-79	6-20	----- 6-29 -----								0-5	
		CEM II/C-M	50-64	5-20	----- 15-44 -----								0-5	

<sup>a</sup> The values in the table refer to the sum of the main and minor additional constituents.

<sup>b</sup> In case of the use of silica fume, the proportion of silica fume is limited to 6-10 % by mass.

<sup>c</sup> In case of the use of limestone, the proportion of the sum of limestone and recycled concrete fines (sum of L, LL and F) is limited to 5-20 % by mass.

<sup>d</sup> The number of main constituents other than clinker is limited to two and these main constituents shall be declared by designation of the cement (for examples, see Clause 6).

**F – jemný betonový recyklát**

# Rozšiřování portfolia druhů cementu

**Zjednodušený  
 přehled druhů  
 cementů do  
 betonu**

Hlavní druhy cementu		Obsah hlavních složek v % hmotnosti			Doplňující složky	Standard
		Slinek K	Jemný betonový recyklát	Dalších hlavní složky <sup>1)</sup>		
			F			
CEM I	Portlandský cement	95 - 10	0	0	0 - 5	EN 197 - 1
CEM II/A-D	Portlandský cement směsný	90 - 94	0	6 - 10	0 - 5	
CEM II/A		80 - 94	0	6 - 20	0 - 5	
CEM II/A-M	Portlandský cement s jemným betonovým recyklátem	80 - 88	6 - 14	6 - 14	0 - 5	pr EN 191 - 6
CEM II/A-F		80 - 94	6 - 20	0	0 - 5	
CEM II/B	Portlandský cement směsný	65 - 79		21 - 35	0 - 5	EN 197 - 1
CEM II/B-F	Portlandský cement s jemným betonovým recyklátem	65 - 79	21 - 35	0	0 - 5	pr EN 191 - 6
CEM II/B-M		65 - 79	6 - 29	6 - 29	0 - 5	
CEM II/C		50 - 64		36 - 50	0-5	EN 197 - 5
CEM II/C-M	Portlandský cement s jemným betonovým recyklátem	50 - 64	6 - 20	16 - 44	0 - 5	pr EN 191 - 6
CEM III/A	Vysokopecní cement	35 - 64		36 - 65	0-5	197 - 1
CEM III/B		20 - 34		66-80	0-5	
CEM III/C		5 - 19		81-95	0-5	
CEM IV/A	Pucolánový cement	68 - 89		11-35	0-5	
CEM IV/B		45 - 64		36-55		
CEM V/B	Směsný cement	40 - 64		18-30	0-5	
CEM V/A		20 - 38		31-49	0-5	
CEM VI		35 - 49		31-59	0-5	197 - 5
CEM VI	Portlandský cement s jemným betonovým recyklátem	35 - 49	6 - 20	31 59		pr EN 191 - 6

Poznámka: 1) bez rozlišení jejich druhu

# Rozšiřování portfolia druhů cementu

**Cement pro použití do betonu**

standard označení	rok	Hlavní typy	počet	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	norma		
				ČSN EN																											
197-1	2001	CEM I	27																												
		CEM II																													
		CEM III																													
		CEM IV																													
		CEM V																													
	2012	CEM I,II,IV - SR	7																												
		CEM III - LH	3																												
		CEM III - SR-LH	2																												
	197-5	2021	CEM II/C-M	1																											
			CEM VI-(S,P/V/L/LL)	4																											
197-6	2024 ?	CEM II/A-F	1																												
		CEM II A/M	3																												
<b>Počet</b>				27											39											44				48	

**Implementovány  
 prostřednictvím  
 ČSN EN 206-2+A1  
 a ČSN P 73 2404:2021**

**Dosud  
 neimplementovány**

# Rozšiřování portfolia druhů cementu

## Cementy aktuálně vyráběné v ČR

Hlavní druhy	Označení (27 druhů cementů pro obecné použití podle EN 206)		složení (poměry složek podle hmotnosti <sup>a)</sup> )										doplnující složky
			hlavní složky										
			slínek	vysokopec- ní struska	křemičitý úlet	pucolány		popílky		kalcino- vaná břidlice	vápenec		
						přírodní	přírodní kalcino- vaný	křemičité	vápenné				
K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL				
CEM I	portlandský cement	CEM I	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM I 42,5 R (sc)	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM I 42,5 R (ra)	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
CEM II	portlandský struskový cement	CEM II/A-S	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	portlandský cement s vápencem	CEM II/A-LL	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	0 - 5
		CEM II/B-LL	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	0 - 5
	portlandský směsný cement <sup>c</sup>	CEM II/A-M (S-LL; S-V)	80 - 88	12 - 20	-	-	-	12 - 20	-	-	-	12 - 20	0 - 5
		CEM II/B-M	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	0 - 5
CEM III	vysokopecní cement	CEM III/A	35 - 64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM III/B	20 - 34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
CEM V	směsný cement <sup>c</sup>	CEM V/A	40 - 64	18 - 30	-	-	-	18 - 30	-	-	-	-	0 - 5
sc	silniční cement	ra	cement s nízkým obsahem alkálií				LL - vápenec TOC ≤ 0,20%			L - vápenec TOC ≤ 0,50%			

Hlavní složky používané v ČR při výrobě cementu

**K, S, V,  
LL**



# Rozšiřování portfolia druhů cementu - silnice

Jaké cementy se aktuálně vyrábějí v ČR Cementobetonové kryty vozovek „Silniční cementy (sc)“

ČSN EN 13877-1

↳ ČSN EN 206+A2	+	národní předpisy	
↳ ČSN EN 197-1		↳ ČSN 73 6123	CB I
pevnostní třídy		C <sub>3</sub> S ve slínku	≤ 8%
32,5 / 42,5		počátek	
CEM I		tuhnutí	min. 1,5 h
CEM II/A-S		Blaine	max. 350 m <sup>2</sup> /kg
CEM II/B-S		Na <sub>2</sub> O <sub>ekv.</sub>	max. 0,8%

# Cement – použití v normách pro beton

## Současný postup dle ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404

Cementy dle ČSN EN 197-1

Použití do betonu pro jednotlivé s.v.p. betonu  
dle ČSN P 73 2404 - Tabulka F3

**X<sub>c</sub>)**

Odolnost betonu vůči s.v.p.  
musí být ověřena  
výrobce**m** betonu průkazní  
zkouškou

**X**

Použitelný pro daný  
stupeň vlivu prostředí

**0**

Použití pro daný stupeň  
vlivu prostředí je  
vyloučeno

# Obecná použitelnost druhů cementů pro betony podle stupňů vlivu prostředí

## Současný stav – ČSN P 73 2404, Tabulka F3

Tabulka F.3 – Půžitelnost cementů pro stupně vlivu prostředí

Cementy podle ČSN EN 197-1 ed. 2	Stupně vlivu prostředí																	
	bez nebezpečí koroze nebo narušení	koroze způsobená karbonátací				koroze způsobená chloridy (jinými než z mořské vody)			střídavé působení mrazu a rozmrazování				chemicky agresivní prostředí			obrus		
	XD	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
CEM I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	x	x	x
CEM III/A,B-S	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	x	x	x
CEM III/A-D	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	x	x	x
CEM III/A,B-P,Q	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	0	x	x <sup>(1)(2)</sup>	x <sup>(1)(2)</sup>	x	x	x
CEM III/A-V	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	x	x	x
CEM III/B-V	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	x	x	x
CEM III/A-W	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	0	0	0
CEM III/B-W	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	0	0	0
CEM III/A,B-T	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	x	x	x
CEM III/A-L	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	0	0	0	x	x	x
CEM III/B-L	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEM III/A-LL	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(1)(2)</sup>	x <sup>(1)(2)</sup>	x	x	x
CEM III/B-LL	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEM III/A-M	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x	x <sup>(2)</sup>	x	x <sup>(1)(2)</sup>	x <sup>(1)(2)</sup>	x	x	x
CEM III/B-M	x	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(1)(2)(3)</sup>	x <sup>(1)(2)(3)</sup>	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>
CEM III/A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	x	x	x
CEM III/B	x	x	x	x	x	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	x	x	x
CEM III/C	x	x	x	0	0	x	x	0	0	0	0	0	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	0	0	0
CEM IV/A,B	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	0	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	0	0	0
CEM V/A,B	x	x	x	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	x <sup>(2)</sup>	0	x	x <sup>(1)</sup>	x <sup>(1)</sup>	0	0	0

	<b>cement obecně použitelný</b>
	<b>cement použitelný na základě průkazných zkoušek betonu</b>
	<b>cement nelze pro daný s.v.p. použít</b>

# Cement – změna systému použití cementu do betonu v ČSN EN 206+A2

## Nově navrhovaný postup pro ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404

Cementy dle ČSN EN 197-1  
ČSN P 73 2404  
Tabulka F3.1

Cementy dle ČSN EN 197-5  
a dle ČSN EN 197-1 se třemi  
hlavními složkami  
ČSN P 73 2404  
Tabulka F3.2

**X**

Použitelný pro daný  
stupeň vlivu prostředí

**P**

Použitelnost cementu do  
betonu vůči s.v.p. musí  
být prokázána **výrobcem  
cementu** příslušným  
postupem

**0**

Použití pro daný stupeň  
vlivu prostředí není obecně  
prokázáno

# Cement – změna systému použití cementu do betonu v ČSN EN 206+A2

Nově navrhovaný postup pro ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404

**P** - Použití pro daný stupeň vlivu prostředí je možné pouze na základě příslušného schválení a to tak, že výrobce/dodavatel předloží příslušný doklad – **schválení / certifikát výrobku konkrétního původu vydaný AO** pro konkrétní stupeň (stupně) vlivu prostředí dle tabulky F.3.1 nebo F.3.2



**ČSN P 73 2404 Z1 Příloha N 3**

„Systém prokazování shody použití směsných cementů pro konkrétní stupně vlivu prostředí“

# Implementace cementů dle ČSN EN 197-1 a ČSN EN 197-5 do ČSN P 73 2404 jako předpisu platného v místě použití betonu (návrh)

Tabulka F.3.1: Oblast použití cementů podle ČSN EN 197-1 pro výrobu betonu dle ČSN P 73 2404

Stěh vlivu prostředí																				
Cementy podle ČSN EN 197-1 ed. 2	bez nebezpečí koroze nebo narušení	Koroze vyztuže							Koroze betonu											Slučitelnost s předpínací výtuzí
		Koroze způsobená karbonatací				Koroze vlivem chloridů, ne však z mořské vody			Působení mrazu a rozmrazování (mrazové cykly) s rozmrazovacími prostředky nebo bez nich				Chemické působení			Koroze vlivem mechanického působení (obrus)				
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 <sup>a)</sup>	XA3 <sup>a)</sup>	XM1	XM2	XM3	
CEM I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CEM II/A,B-S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CEM II/A-D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CEM II/A,B-P,Q	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P	X	P	X	X	X	X	X	X	0	
CEM II/A,B-V	X <sup>f)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CEM II/A-W	X <sup>f)</sup>	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0	
CEM II/B-W	X <sup>f)</sup>	P	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0	
CEM II/A,B-T	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CEM II/A-LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X <sup>b)</sup>	X <sup>b)</sup>	X	X	X	X	
CEM II/B-LL	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	X	
CEM II/A-L	X	X	X	X	X	X	X	X	P	P	P	P	X	X <sup>b)</sup>	X <sup>b)</sup>	X	X	X	X	
CEM II/B-L	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P <sup>b)</sup>	P <sup>b)</sup>	P	P	P	X	
CEM II/A-M <sup>f),g)</sup>	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P <sup>b)</sup>	P <sup>b)</sup>	P	P	P	0	
CEM II/B-M <sup>f),g)</sup>	X	P	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P <sup>b)</sup>	P <sup>b)</sup>	P	P	P	0	
CEM III/A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X <sup>f)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	
CEM III/B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X <sup>f)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	
CEM III/C	X	P	X	P	P	P	X	P	P	P	P	P	X	X	X	P	P	P	0	
CEM IV <sup>f),g)</sup>	X	P	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0	
CEM V <sup>f),g)</sup>	X	P	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0	

# Implementace cementů dle ČSN EN 197-1 a ČSN EN 197-5 do ČSN P 73 2404 jako předpisu platného v místě použití betonu (návrh)

Tabulka F.3.2: Oblast použití cementů podle ČSN EN 197-1 (upřesnění pro cementy CEM II/A,B - M se třemi hlavními složkami) a cementy dle ČSN EN 197-5 pro výrobu betonu

Steň vlivu prostředí																					
Cementy podle ČSN EN 197-1 ed. 2 a ČSN EN 197-5	Obsahuje slínek a kombinaci dvou dalších uvedených hlavních složek	bez nebezpečí koroze nebo narušení	Koroze výztuže							Koroze betonu											Slučitelnost s předpínací výztuží
			Koroze způsobená karbonatací				Koroze vlivem chloridů, ne však z mořské vody			Působení mrazu a rozmrazování (mrazové cykly) s rozmrazovacími prostředky nebo bez nich				Chemické působení			Koroze vlivem mechanického působení (obrus)				
			XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 <sup>a)</sup>	XA3 <sup>a)</sup>	XM1	XM2	XM3		
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 <sup>a)</sup>	XA3 <sup>a)</sup>	XM1	XM2	XM3				
CEM II/A-M	S-D; S-T; S-LL; D-T; D-LL; T-LL; S-V <sup>f)</sup> ; V-T <sup>f)</sup> ; V-LL <sup>f)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	S-P; D-P; D-V <sup>f)</sup> ; P-V <sup>f)</sup> ; P-T; P-LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P	X	P	X	X	X	X	X	X	X <sup>c)</sup>	
CEM II/B-M	S-D; S-T; D-T; S-V <sup>f)</sup> ; V-T <sup>f)</sup> ;	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	S-P; D-P; D-V <sup>f)</sup> ; P-T; P-V <sup>f)</sup> ;	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P	X	P	X	X	X	X	X	X	X <sup>c)</sup>	
	SLL <sup>e)</sup> ; V-LL <sup>e)</sup> ; T-LL <sup>e)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P	P	P	X	X	X	X	X	X	X <sup>c)</sup>	
	S-LL; D-LL; P-LL; V-LL <sup>f)</sup> ; T-LL	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	X <sup>c)</sup>
CEM II/C-M	S-V <sup>d,f)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P	P	P	X	X	X	X	X	X	X <sup>c)</sup>	
	SLL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P	P	P	X	X <sup>b)</sup>	X <sup>b)</sup>	X	X	X	X <sup>c)</sup>	
	V <sup>d,f)</sup> -LL	X	X	X	P	P	X	P	P	X	P	P	P	X	X <sup>b)</sup>	X <sup>b)</sup>	P	P	P	X <sup>c)</sup>	
	S-W <sup>d,f)</sup>	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0
	V <sup>f)</sup> -W <sup>f)</sup>	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0
	W <sup>d,f)</sup> -LL	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0
CEM IV/B	(P <sup>k)</sup> )	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P	X	P	X	X	X	X	P	P	0	
	(S-P <sup>l)</sup> )	X	X	X	X	X	X	X	X	X	P	X	P	X	X	X	X	P	P	0	
CEM V/A,B	S-V <sup>d)</sup>	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	X	X	X	P	P	P	0	
	SLL	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0	
	SP	X	X	X	P	P	P	P	P	P	P	P	P	X	X	X	P	P	P	0	

# Kamenivo do betonu - obecně

## Dělení

### podle původu

přírodní



...



### podle objemové hmotnosti

[kg/m<sup>3</sup>]

**pórovité** (o.h. ≤ 2 000)

**hutné** (2 000 < o.h. < 3 000)

**těžké** (3 000 ≤ o.h.)



# Recyklované kamenivo do betonu v ČR podmínky použití

## Definice

- kamenivo získané při úpravě anorganického materiálu dříve použitého v konstrukci

## Vhodnost použití recyklovaného kameniva do betonu

- **ČSN EN 12620+A1:2008 Kamenivo do betonu**

obj.hm > 2 000 kg/m<sup>3</sup>

(recyklované i s obj.hm 1 500 – 2 000 kg/m<sup>3</sup>)

- **ČSN EN 13055** **Pórovité kamenivo**

obj.hm ≤ 2 000 kg/m<sup>3</sup>

- **ČSN EN 13242** **Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy**

2 000 kg/m<sup>3</sup> ≤ obj.hm ≤ 3 000 kg/m<sup>3</sup> (hutné kamenivo)

- **Předpis platný v místě použití – v ČR zatím není**

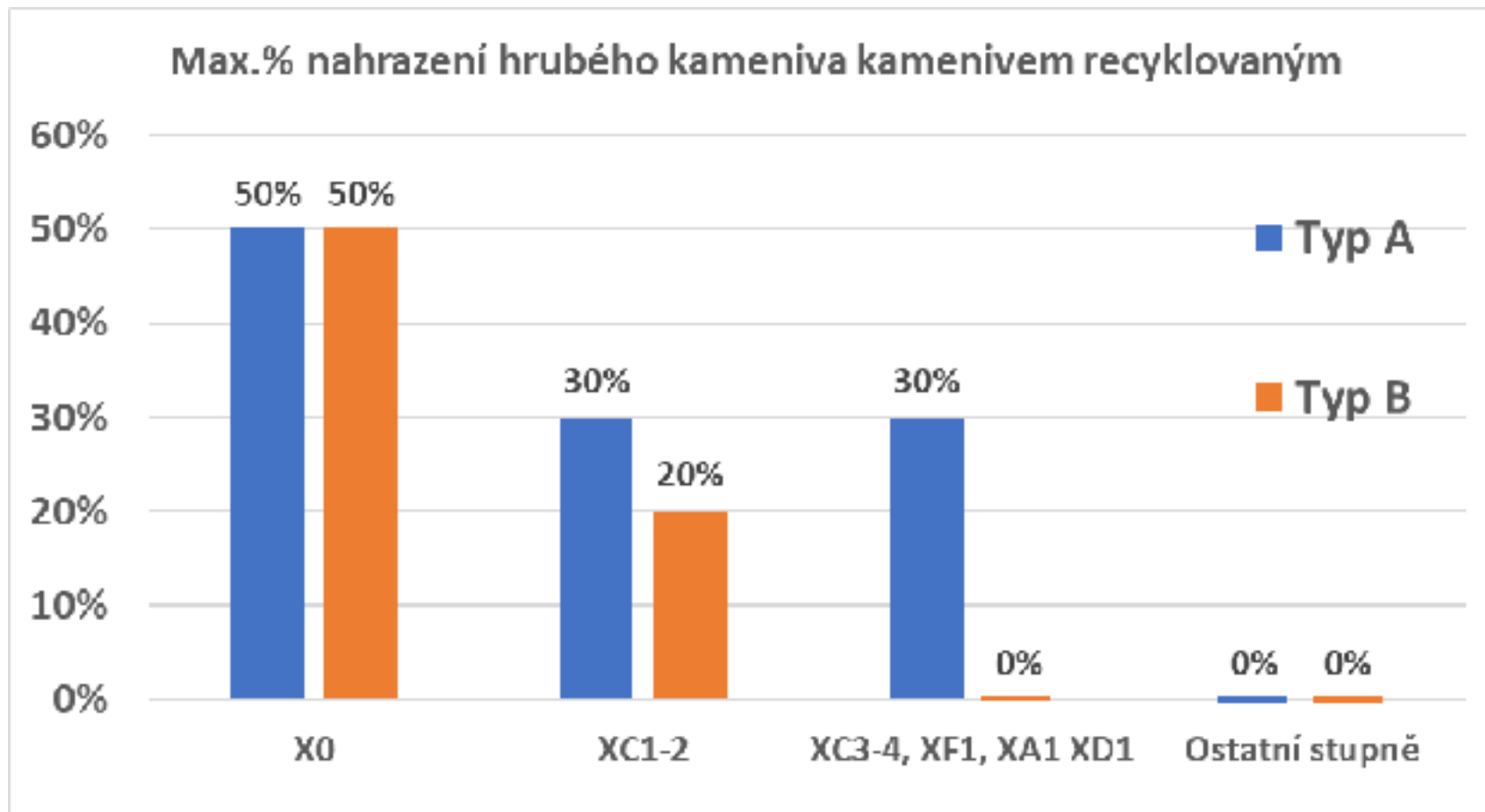
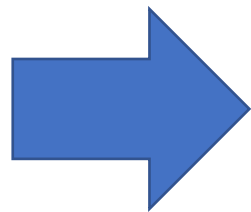
## Recyklované kamenivo do betonu v ČR podmínky použití

### Složení recyklovaného kameniva do betonu podle původu ČSN EN 12620+A1

<i>Kategorie</i>	<i>Popis</i>	<i>Typ A</i>	<i>Typ B</i>
<b>Rc</b>	beton, malta, betonové zdící prvky	≥ 90% hm.	≥ 50% hm.
<b>Rcu</b>	Rc + KSC, nestmel. kamenivo,	≥ 95% hm.	≥ 70% hm.
<b>Rb</b>	pálené zdící prvky, provzd. beton	≤ 10% hm.	≤ 30% hm.
<b>Ra</b>	asfaltové materiály	≤ 1% hm.	≤ 5% hm.
<b>FL</b>	plovoucí materiál podle objemu	≤ 2% hm.	≤ 2% hm.
<b>XRg</b>	jiné, sklo (dřevo, plasty, guma, kovy, jíl, zemina, neplovoucí dřevo..)	≤ 1% hm.	≤ 2% hm.

# Recyklované kamenivo do betonu v ČR podmínky použití

Omezení  
pro beton



**Typ A:** pokud je znám s.v.p. původní konstrukce, může se použít pro beton stejného s.v.p. do 30% hmotnosti

**Typ B:** do betonu pevnostních tříd max. C 30/37

# Recyklované kamenivo do betonu v ČR podmínky použití

**Další uplatnění**

**Beton pro cementobetonové kryty**

**ČSN 73 6123-1:2014 Stavba vozovek  
- Cementobetonové kryty vozovek**

**Část 1: Provádění a kontrola shody**

**Omezení**

**Příloha C normy**

**C.1 Drobné recyklované kamenivo se  
nesmí do betonu CB krytů použít**

**C.2 Do betonu pro CB kryty lze použít**

**pouze recyklát z betonu získaný z CB krytů vozovek**



# Recyklované kamenivo do betonu v ČR podmínky použití

## Další uplatnění

Směsi stmelené hydraulickými pojivy

ČSN EN 14227- 1, 2, 3, 5

Pozadavky na  
kamenivo  
včetně  
recyklovanéh  
o

ČSN EN 13242+A1:2008

- obj.hm > 2 000 kg/m<sup>3</sup>
- kategorie jako ČSN EN 12620+A1
- značení „recyklovaného kamenivo“



## Recyklované kamenivo do betonu v ČR podmínky použití

### Technické parametry betonů s recyklovaným kamenivem

- **Pevnost v tlaku** – srovnatelná s betonem s přírodním kamenivem
- **Obsah recyklovaného kameniva nad 50%**  
kameniva je vhodná kontrola  
**odolnost** (průsak tlakovou vodou,  
mrazuvzdornost, ch.r.l.)  
**přetvárné charakteristiky** (E modul,  
smrštění, dotvarování) pokud jsou vyžadovány
- **Materiálové složení** – prověřit vliv na konečné vlastnosti a  
případný obsah nebezpečných látek

dalš



# Recyklované kamenivo do betonu v ČR

## podmínky použití

**Beton s recyklovaným kamenivem s podílem vyšším než 50% celkové hmotnosti kameniva**

- **Nižší objemová hmotnost**
- **Pokles pevnosti v tlaku o 5-20 %**
- **Pokles statického modulu pružnosti o 10-30 %**
- **Zvýšení součinitele dotvarování až 50 %**
- **Zvýšení smrštění betonu o 20-40 %**
- **Vyšší nasákavost o 20 až 50 % = vyšší pórovitost = nižší odolnost proti vlivu prostředí (karbonatace, difuze chloridů..)**
- **Snížení mrazuvzdornosti, odolnosti proti obrušování**
- **Vyšší spotřeba vody, rychlejší ztráta konzistence v čase**
- **Cihelný recyklát – výrazně vyšší dopady**

# Recyklované kamenivo do betonu v ČR podmínky použití

**Recyklaci nebo uložení odpadu nabízí v ČR\***

**62 společností**

**Deklarace kameniva dle standardů nabízí\***

**ČSN EN 12620+A1    1    společnost**

**ČSN EN 13055        0    společností**

**ČSN EN 13242+A1        4    společností**

(\* [www.betonserver.cz](http://www.betonserver.cz) - 2022)



## Recyklované kamenivo do betonu v ČR podmínky použití

**Při použití recyklovaného kameniva do betonu by autoři prezentace doporučili výrobcům:**

- 1. Vyžadovat deklaraci dodavatele kameniva k použití do betonu dle ČSN EN 206+A1 či CB krytů, KSC, SC podle platných dalších výrobních norem, či jiného dokumentu (STO – AO)**
- 2. Dodržet mezní limity pro dávkování recyklovaného kameniva dle platných standardů**
- 3. Pokud nejsou splněny podmínky v bodě 1. a 2. nenazývat výrobek „beton“, „KSC“ či „SC“ ale jinak dle vlastní PN a vydaného STO a neoznačovat ho jako beton dle ČSN EN 206+A2**

**Proč?**

**Betonové konstrukce se navrhují dle „EUROKÓDŮ“ a v nich uvedené výpočtové charakteristiky betony s recyklovaným kamenivem nesplňují**

# Děkujeme za pozornost

*Svaz výrobců cementu ČR*

Ing. Jan Gemrich

*Svaz výrobců betonu ČR*

Ing. Vladimír Veselý

2023

