



# Beton s recyklovaným kamenivem a jeho využití v současném stavebnictví

Ing. Zdeněk Hlavsa (TBG Metrostav s.r.o.)

Beton University 2024 – *Udržitelnost betonu?*

## Beton s recyklovaným kamenivem (RAC) – pro a proti

### PŘÍLEŽITOSTI

ÚSPORA PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

ZPRACOVÁNÍ A REDUKCE ODPADU

NAPLŇOVÁNÍ PRINCIPŮ CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY A PODPORA UDRŽITELNÉHO ROZVOJE

POTENCIÁL KE SNÍŽENÍ EMISÍ CO<sub>2</sub>

EKONOMICKÉ BENEFITY



### RIZIKA

HORŠÍ KVALITA A NEDOSTATEČNÉ VLASTNOSTI RECYKLOVANÉHO KAMENIVA

NESTÁLOST KVALITY KAMENIVA V ČASE

NEDOSTATEČNÁ PODPORA NOREM

NEDOSTATEČNÉ ZDROJE

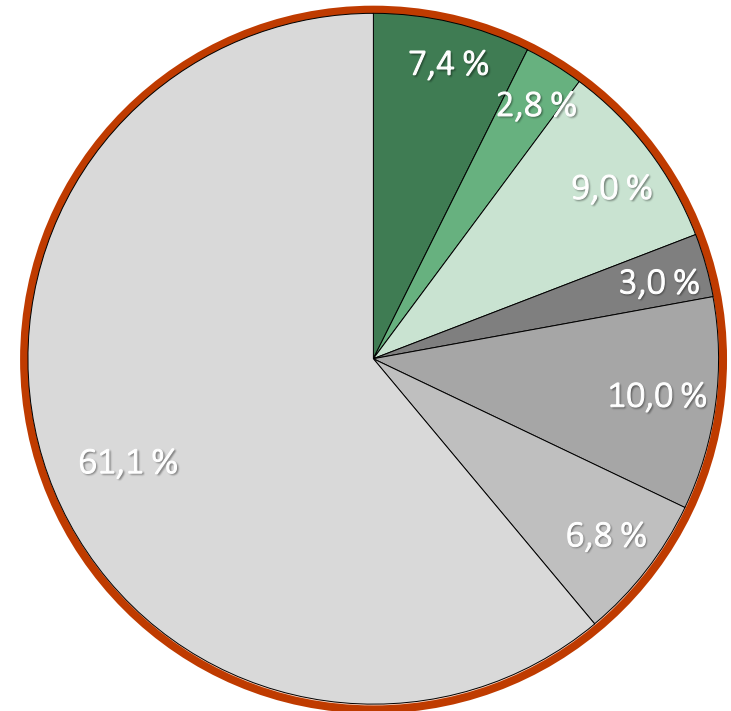
## Dostupnost recyklovaného kameniva – zdroje SDO

Vyhláška č. 8/2021 Sb. o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů

Kód v katalogu	Druh odpadu	Průměrné množství za rok [mil. t]	Podíl na celkovém množství [%]
17	SDO celkem	25,57	100 %
170101	Beton	1,88	7,4 %
170102	Cihly	0,72	2,8 %
170107	Směs betonu, cihel, tašek...	2,30	9,0 %
170302	Asfaltové směsi	0,76	3,0 %
-	Zbytek	2,51	6,8 %
170405	Železo a ocel	2,55	10,0 %
170504	Zemina a kamení	15,61	61,1 %

Hodnoty za rok 2021

Zdroj: ČSÚ Produkce, využití a odstranění odpadů



- Potenciálně až 5 mil. tun RK ročně.
- Výroba betonu ~ 10 mil. m<sup>3</sup> ročně.
- Potřeba kameniva do betonu ~ 17 mil. tun ročně.
- Úspora PK ~ 10 - 30 %.

# Vliv recyklovaného kameniva na vlastnosti betonu – stručné shrnutí

## Vlastnosti betonu v závislosti na podílu recyklovaného kameniva v betonu

Procento náhrady přírodního kameniva recyklátem	15 %	50 %	100 %	Poznámka
Zpracovatelnost / konzistence	≡	↓	↓	Vyšší nasákavost RK
Pevnost v tlaku	≡	↓ 15 %	↓ 35 %	Lze kompenzovat cementem
Pevnost v tahu	≡	≡	≡	Bez výrazného poklesu
Objemová hmotnost ztvrdlého betonu	≡	↓ 5 %	↓ 15 %	Akustika!
Modul pružnosti	≡	↓ 30 %	↓ 50 %	Výrazný pokles!
Hloubka průsaku tlakovou vodou	≡	≡	≡	Bez vlivu
Mrazuvzdornost	?	?	?	XF1, XF3
Chemické rozmrazovací látky	?	?	?	XF2, XF4
Smrštění	≡	↓	↓	Téměř bez vlivu

# Shrnutí ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404

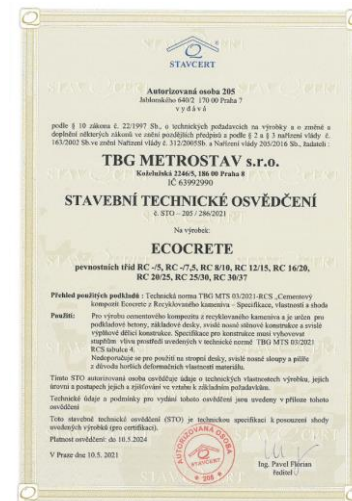
## Žádná doporučení pro použití drobného recyklovaného kameniva!

- Použití hrubého betonového recyklovaného kameniva:
  - Max. možná náhrada 50 % (pouze prosté betony).
  - Náhrada 30 % pouze pro s. v. p. XC1-4, XF1, XA1 nebo i XF3 a XA2-3 pokud známe zdroj, ze kterého byl recyklát vyroben.

- Použití hrubého směsného recyklovaného kameniva:
  - Max. možná náhrada 50 % (pouze pro prosté betony do pevnostní třídy C 8/10).

## Alternativní cesta pro výrobce betonu:

- Vydání podnikové normy pro výrobu cementového kompozitu (materiálu nelze říkat beton).
  - Požadavky na recyklované kamenivo vychází z platných norem.
  - Možnost vyšší náhrady recyklovaným kamenivem obou druhů.
- Uvedení stavebního výrobku na trh na základě Stavebního technického osvědčení vydaného autorizovanou osobou



## Možnosti využití RAC v konstrukcích

Hledejme konstrukce, kde využijeme příležitostí RAC, ale zároveň respektujeme jeho vlastnosti.



Dopravní a inženýrské stavby



Administrativní stavby  
Stavby občanské vybavenosti



Bytové stavby

## Typické složení bytové stavby



### Typy konstrukcí v bytové stavbě

EXTERIÉROVÉ KONSTRUKCE – ATIKY, OPĚRNÉ STĚNY...

NENOSNÉ VÝPLŇOVÉ/DĚLÍCÍ KONSTRUKCE

SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

BÍLÁ VANA – ZÁKLADOVÁ DESKA, OBVODOVÉ STĚNY

PODKLADNÍ BETONY

HLUBINNÉ ZALOŽENÍ – PILOTY

## Hlubinné založení – piloty

### OBVYKLÁ SPECIFIKACE:

C 25/30 – C 30/37

XA1 – XA2\*

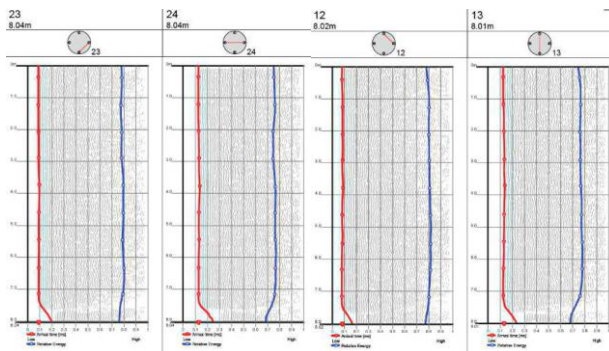
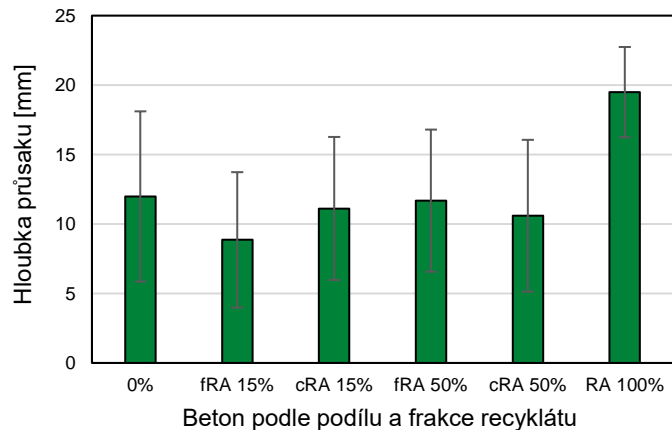
### POŽADAVKY:

- PRŮSAK 30 – 50 MM
- HOMOGENITA
- ODLUČOVÁNÍ VODY (BLEEDING)

### MOŽNOST VYUŽITÍ RECYKLÁTU:

- KONZERVATIVNĚ 30 %
- PROGRESIVNĚ 50 %

### Hloubka průsaku tlakovou vodou





## Podkladní betony

OBVYKLÁ SPECIFIKACE:  
C 8/10 – C 15/20  
X0

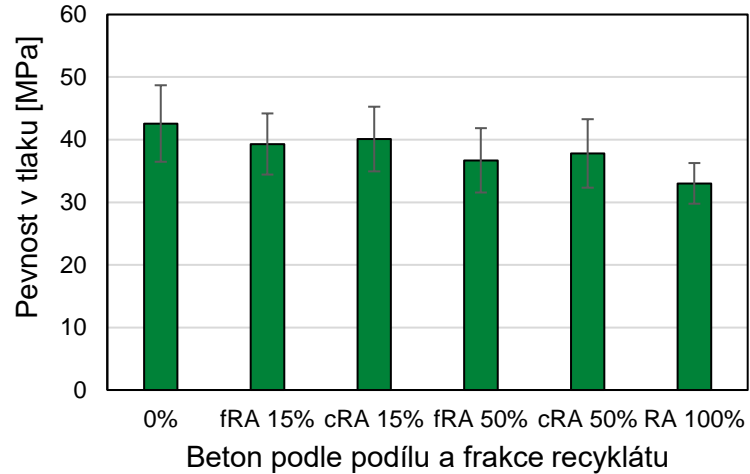
**POŽADAVKY:**

- ROVINATOST

**MOŽNOST VYUŽITÍ RECYKLÁTU:**

- KONZERVATIVNĚ 50 %
- PROGRESIVNĚ 100 %

Pevnost betonu v tlaku



# Bílá vana – základová deska, obvodové stěny

## OBVYKLÁ SPECIFIKACE:

C 25/30 – C 30/37 (90d)

XA1 – XA3

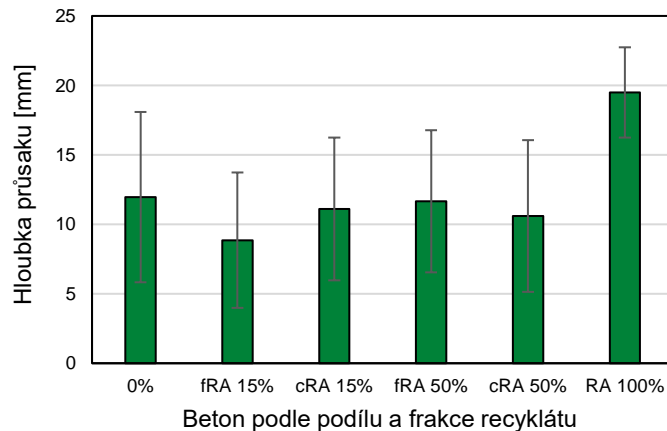
## POŽADAVKY:

- PRŮSAK 20 – 50 MM
- OMEZENÍ VZNIKU TRHLIN  
(VÝVIN HYDRATAČNÍHO TEPLA + SMRŠTĚNÍ)

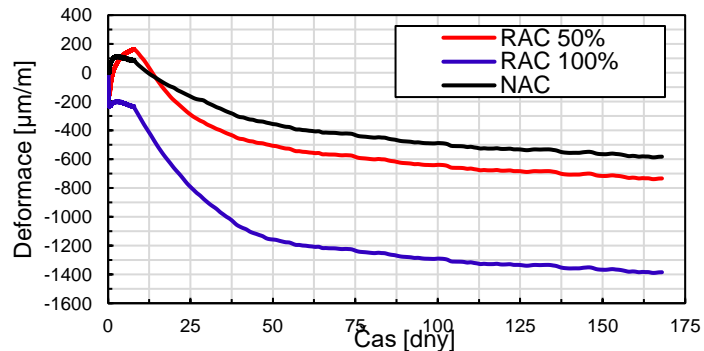
## MOŽNOST VYUŽITÍ RECYKLÁTU:

- KONZERVATIVNĚ 0 %
- PROGRESIVNĚ 15 %

## Hloubka průsaku tlakovou vodou



## Smrštění betonu



# Vodorovné nosné konstrukce

## OBVYKLÁ SPECIFIKACE:

C 25/30 – C 30/37  
XC1

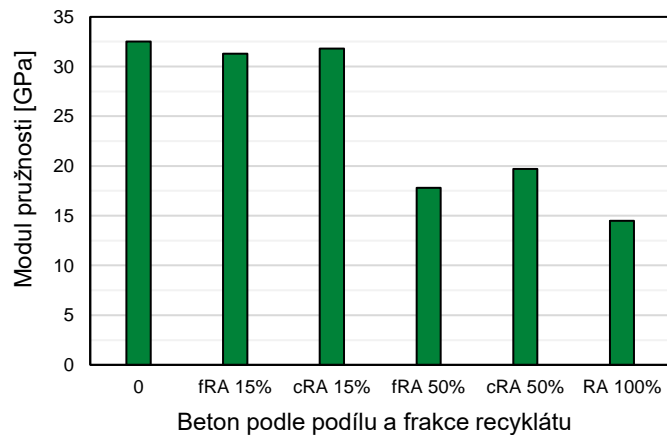
## POŽADAVKY:

- OMEZENÍ PRŮHYBU (MODUL PRUŽNOSTI)
- SOUDRŽNOST VÝZTUŽE S BETONEM
- ROVINATOST

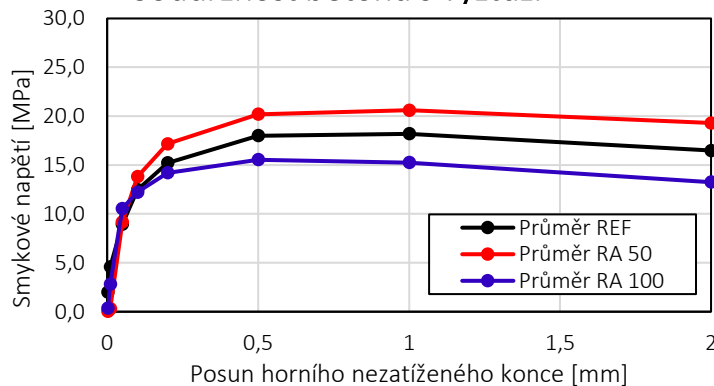
## MOŽNOST VYUŽITÍ RECYKLÁTU:

- KONZERVATIVNĚ 15 %
- PROGRESIVNĚ 30 %

Modul pružnosti



Soudržnost betonu s výztuží



# Svislé nosné konstrukce + nenosné výplňové/dělicí konstrukce

## OBVYKLÁ SPECIFIKACE:

C 25/30 – C 30/37

XC1 – XC4

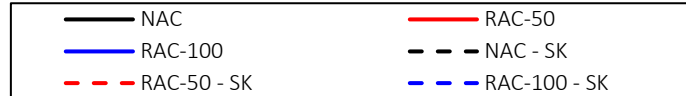
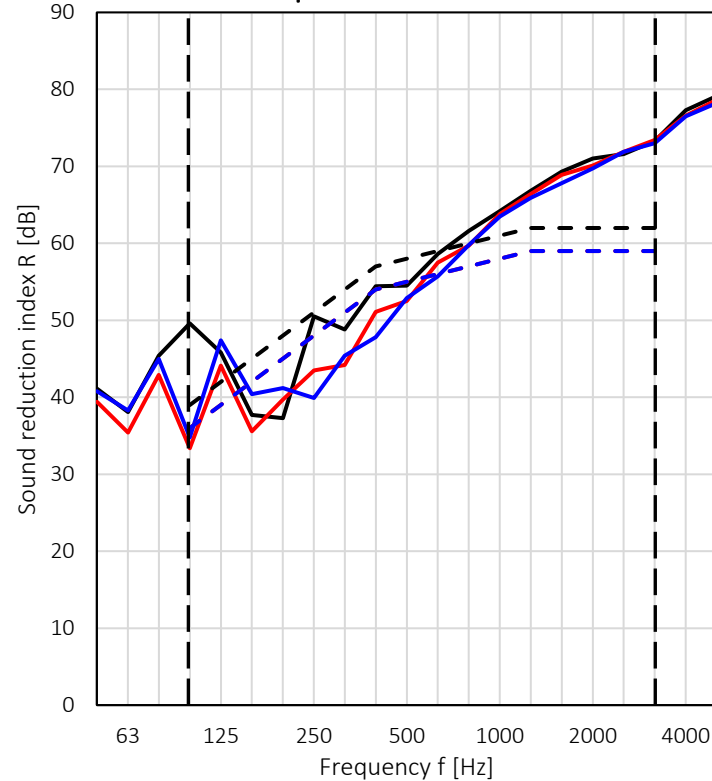
## POŽADAVKY:

- PEVNOST
- VZDUCHOVÁ NEPRŮZVUČNOST

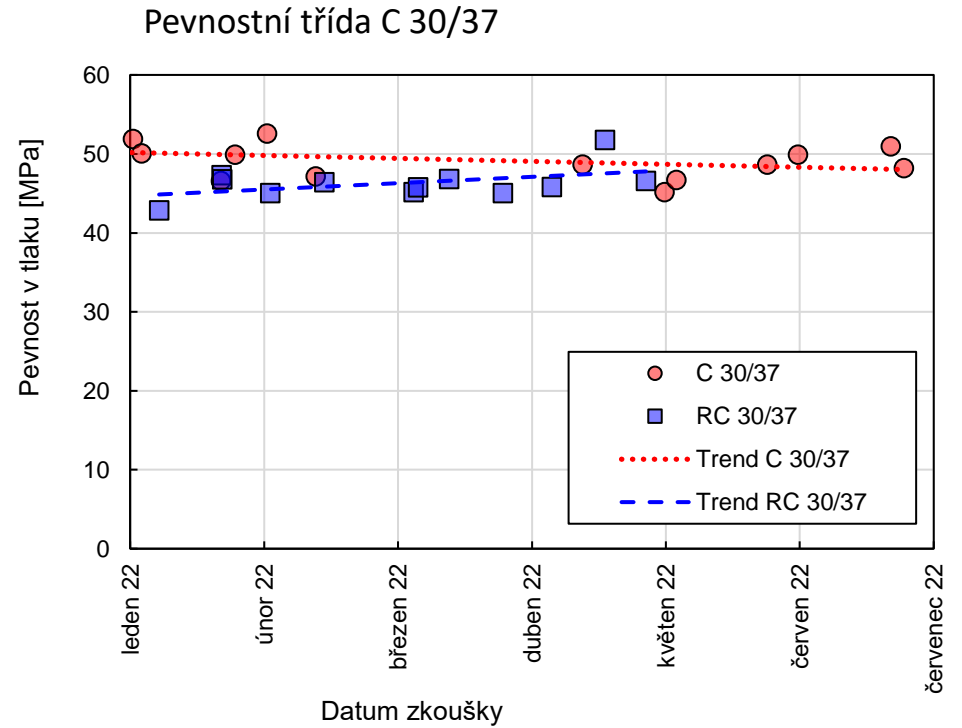
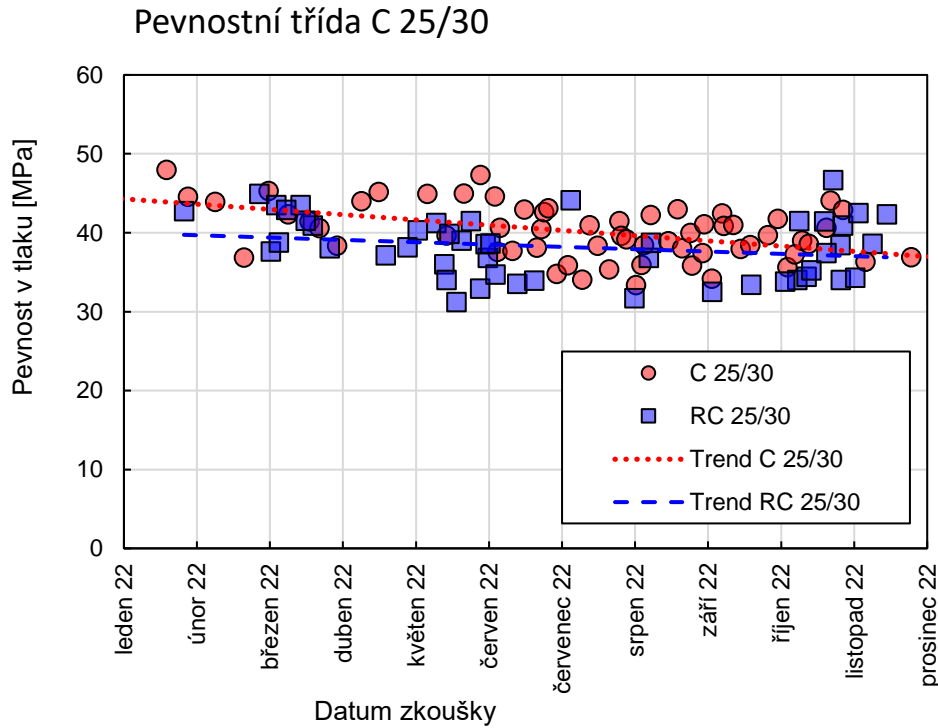
## MOŽNOST VYUŽITÍ RECYKLÁTU:

- KONZERVATIVNĚ 50 %
- PROGRESIVNĚ 100 %

## Vzduchová neprůzvučnost



# Kolísání pevnosti betonu: NAC x RAC



## Exteriérové konstrukce – atiky, opěrné stěny aj.

OBVYKLÁ SPECIFIKACE:  
C 25/30 – C 30/37  
XF1 – XF4

**POŽADAVKY:**

- MRAZUVZDORNOST

**MOŽNOST VYUŽITÍ RECYKLÁTU:**

- KONZERVATIVNĚ 0 %
- PROGRESIVNĚ 15 %

Stanovení odolnosti kameniva proti zmrazování a rozmrazování podle ČSN EN 1367-1

Betonový recyklát



9,1 % hm.

Cihelný recyklát



8,3 % hm.

Směsný recyklát



7,1 % hm.

## Využití RAC pro konstrukce bytových staveb – shrnutí

Kolik je možné uspořit přírodního kameniva při využití RAC v bytových stavbách?

	BETON [M <sup>3</sup> ]	KAMENIVO [T]	KONZERVATIVNÍ PŘÍSTUP		PROGRESIVNÍ PŘÍSTUP		PŘÍSTUP 15 %	
EXTERIÉROVÉ KONSTRUKCE – ATIKY, OPĚRNÉ STĚNY...	600	1050	0 %	0	15 %	160	15 %	160
SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE, DĚLÍČÍ KONSTRUKCE	1700	2975	50 %	1490	100 %	2975	15 %	445
VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE	3100	5425	15 %	815	30 %	1630	15 %	815
BÍLÁ VANA – ZÁKLADOVÁ DESKA, OBVODOVÉ STĚNY	1400	2450	0 %	0	15 %	360	15 %	360
PODKLADNÍ BETONY	300	525	50 %	265	100 %	525	15 %	80
HLUBINNÉ ZALOŽENÍ – PILOTY	950	1665	30 %	500	50 %	830	15 %	250
<b>CELKEM</b>	<b>8050</b>	<b>14090</b>		<b>3070</b>		<b>6495</b>		<b>2110</b>

## Využití RAC pro konstrukce bytových staveb – shrnutí

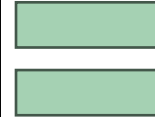
Kolik je možné uspořit přírodního kameniva při využití RAC v bytových stavbách?

Bytová stavba střední velikosti

15 x

11 x

5 x



Dvorecký most v Praze





# Ukázky použití betonu s recyklovaným kamenivem na stavbách

Celkem již desítky staveb, kde byl beton s recyklátem použit: ~ 7 800 m<sup>3</sup> betonu s 15% náhradou  
~ 13 000 m<sup>3</sup> betonu s 50% náhradou

**R-CRETE®**  
Beton z recyklovaného kameniva

Projekty bytových staveb, které využily beton s recyklovaným kamenivem



Vysočanský mlýn – bývalé pekárny Odkolek



Obytný soubor Vackov



Výhledy Chodovec

# Ukázky použití betonu s recyklovaným kamenivem na stavbách

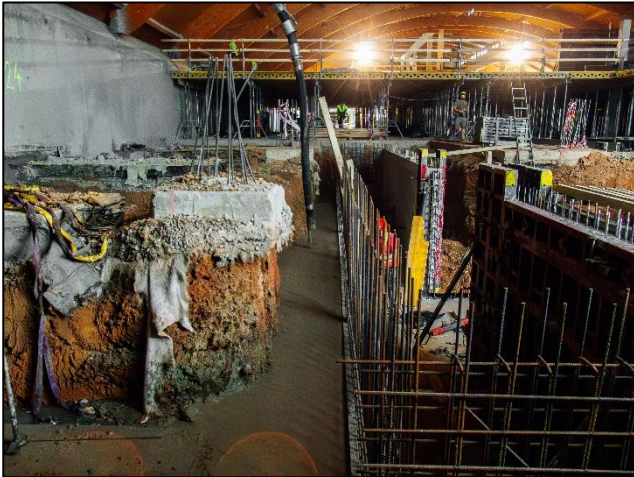
Využití drobného recyklovaného kameniva v TERRAFLOW®

→ Materiál téměř bez primárních surovin

→ Využití na zalévání výkopů, kanalizací, šachet atd.

**TERRAFLOW®**

Zálivka pro výplně



Použití v tenisové hale v Průhonicích na zalití betonových kanalizačních šachet.



Možnost lít na volno přímo z mixu.



Materiál lze ale také čerpat běžnými čerpadly.

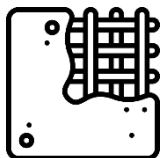
## RAC pro konstrukce bytových staveb



Několikaleté zkušenosti a desítky realizací dokazují, že RAC lze aktivně a efektivně využívat v konstrukcích a přitom neohrozit jejich funkci.



Možnost zvýšení využití RAC aktivním hledáním vhodných konstrukcí již při návrhu.



Nižší množství recyklátu (15 %) lze využít téměř všude.

Vyšší množství recyklátu (50 % a více) lze uplatnit v široké škále konstrukcí.



Změna norem pro snazší využívání recyklovaného kameniva pro výrobu betonu.  
Umožnění náhrady recyklátem do 15 % téměř bez omezení.



Aktivní diskuse o možnostech využití RAC v dalších konstrukcích.

# Děkuji za pozornost!

Kontakt na prezentujícího:

**Ing. Zdeněk Hlavsa**

Telefon: +420 606 273 274

Email: [zdenek.hlavsa@tbg-beton.cz](mailto:zdenek.hlavsa@tbg-beton.cz)

Web: [www.tbg-metrostav.cz](http://www.tbg-metrostav.cz)

**TBG METROSTAV**

