

Stanovení dílčích součinitelů (materiálové vlastnosti, stálá zatížení)

Miroslav Sýkora
Kloknerův ústav ČVUT v Praze

Dílčí součinitele podle Eurokódů

$E < R$

Směrný index spolehlivosti β_t

Index spolehlivosti pro zatížení

$$\beta_{E,t} = \alpha_E \beta_t$$

Index spolehlivosti pro odolnost

$$\beta_{R,t} = \alpha_R \beta_t$$

Hlavní zatížení

$$\beta_{E,t} = -0,7 \beta_t$$

Vedlejší

$$\beta_{E,t} = -0,28 \beta_t$$

Odolnost

$$\beta_{R,t} = 0,8 \beta_t$$

Definice dílčích součinitelů

$$\gamma_M = \gamma_{Rd} \quad \gamma_m = \gamma_{Rd1} \gamma_{Rd2} \gamma_m$$

- γ_{Rd1} – dílčí součinitel pro modelové nejistoty
- γ_{Rd2} – dílčí součinitel pro geometrické nejistoty
- γ_m – dílčí součinitel proměnlivosti materiálové vlastnosti

$$\gamma_G = \gamma_{Sd,g} \gamma_g$$

- $\gamma_{Sd,g}$ – dílčí součinitel pro modelové nejistoty
- γ_g - dílčí součinitel pro proměnlivost stálého zatížení

Dílčí součinitele γ_{Rd1} a γ_{Rd2}

Pevnost betonu

- $\gamma_{Rd1,fc} \approx 1,05$ (vyšší hodnoty např. při protlačení desky)
- $\gamma_{Rd2,fc} \approx 1,05$ pro rozměry průřezu ($\gamma_{Rd2,fc} \approx 1,0$, pokud měření naznačují nevýznamnou variabilitu rozměrů průřezu)

Mez kluzu

- $\gamma_{Rd1,fy} \approx 1,025$
- $\gamma_{Rd2,fy} \approx 1,05$ pro polohu výztuže ($\gamma_{Rd2,fy} \approx 1,0$, pokud měření naznačují nevýznamnou variabilitu polohy)

Dílčí součinitel $\gamma_{Sd,g}$ pro stálá zatížení

- $\gamma_{Sd,g} = 1,05$ při návrhu
- při hodnocení existující konstrukce lze uvážit $\gamma_{Sd,g} = 1,0$, pokud jsou splněny následující podmínky:
 - model stálých zatížení vychází z **měření** a
 - výpočet účinku z modelu zatížení **nepřináší významné nejistoty** a
 - lze předpokládat, že stálé zatížení se **nebude** v budoucnosti významně **měnit**

Příklad

- železobetonová konstrukce
- zbytková životnost t_d
- směrná úroveň spolehlivosti:
 - $\beta = 3,8$ (MSÚ se středním následkem poruchy), nebo
 - $\beta = 3,1$ (MSÚ s malým následkem poruchy)
- na základě měření:
 - $\gamma_{Rd2,fc} = 1,0$,
 - $\gamma_{Rd2,fy} = 1,0$,
 - $\gamma_{Sd,g} = 1,0$.

Dílčí součinitel γ_C

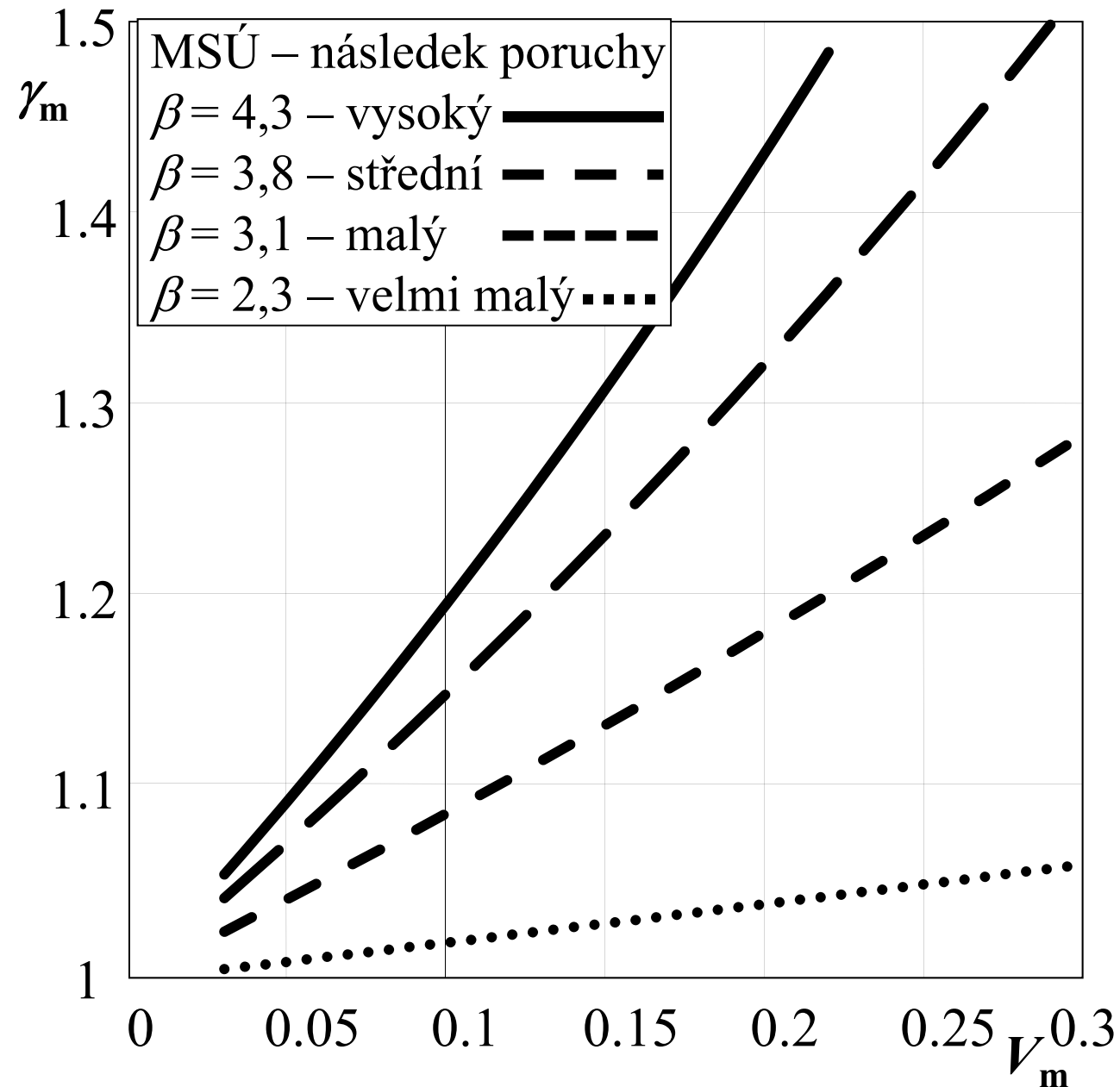
- pevnost betonu: $V_c = 0,16$ (lognormální rozdělení)
- $\gamma_c(\beta = 3,8) = \exp(-1,645 \times V_c) / \exp(-0,8 \times 3,8 \times V_c)$
 $= \exp(-1,645 \times 0,16) / \exp(-0,8 \times 3,8 \times 0,16) = 1,25$
- $\gamma_C(\beta = 3,8) = 1,05 \times 1,25 = 1,31$
- hodnota $\gamma_C = 1,5$ zohledňuje navíc nejistoty, že pevnost betonu se sleduje na základě vzorků, které se nezískávají z konstrukce
- $\gamma_c(\beta = 3,1) = \exp(-1,645 \times 0,16) / \exp(-0,8 \times 3,1 \times 0,16) = 1,14$
- $\gamma_C(\beta = 3,1) = 1,05 \times 1,25 = 1,20$

***Součinitel nezávisí na zbytkové životnosti
(zde se neuvažuje vliv degradace).***

Dílčí součinitel γ_s

- mez kluzu výztuže: $V_s = 0,06$
- $\gamma_s(\beta = 3,8) = \exp(-1,645 \times 0,06) / \exp(-0,8 \times 3,8 \times 0,06) = \mathbf{1,09}$
- $\gamma_s(\beta = 3,8) = 1,025 \times 1,09 = \mathbf{1,11}$
- $\gamma_s(\beta = 3,1) = \exp(-1,645 \times 0,06) / \exp(-0,8 \times 3,1 \times 0,06) = \mathbf{1,05}$
- $\gamma_s(\beta = 3,1) = 1,025 \times 1,05 = \mathbf{1,08}$

Dílčí součinitel γ_m ($\alpha_R = 0,8$)



Dílčí součinitel γ_G

- vlastní tíha betonové konstrukce: $V_G = 0,05$; normální rozdělení

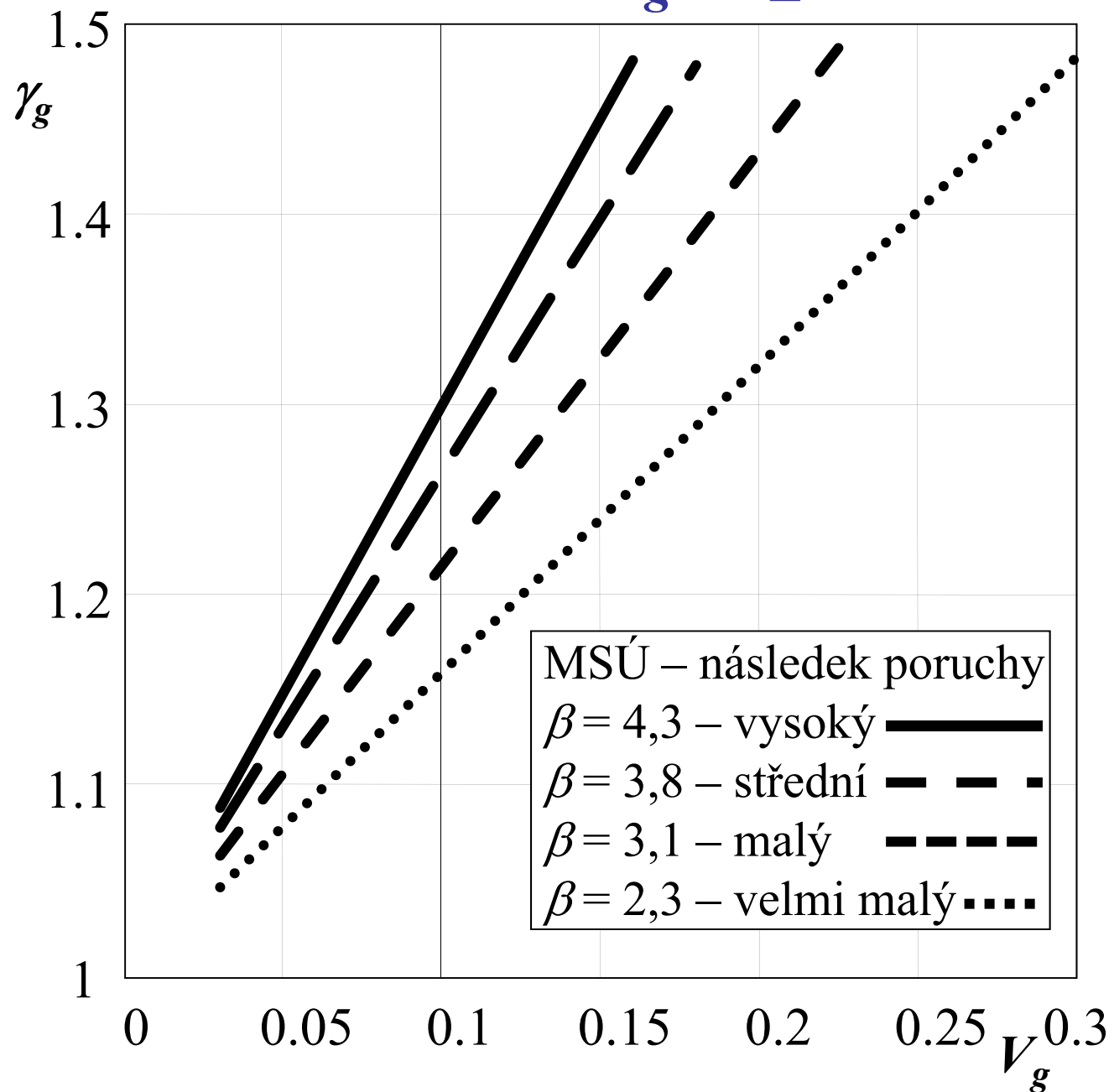
- $\gamma_G(\beta = 3,8) = 1 \times (1 + \mathbf{0,7} \times 3,8 \times 0,05) = \mathbf{1,13}$

- $\gamma_G(\beta = 3,1) = 1 \times (1 + 0,7 \times \mathbf{3,1} \times 0,05) = \mathbf{1,11}$

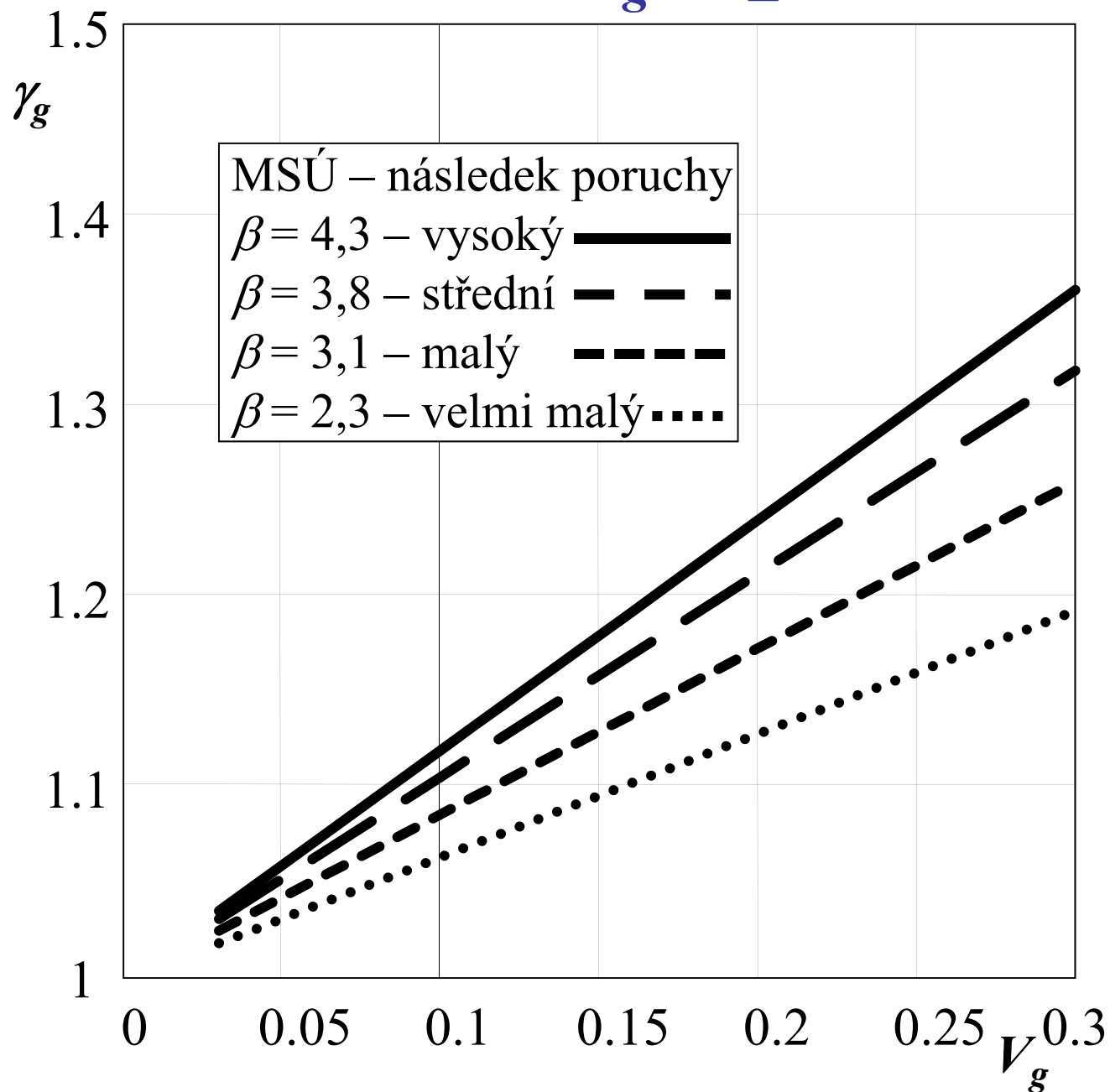
Dílčí součinitel γ_G

- stálé zatížení s vysokou variabilitou: $V_G = 0,25$; normální rozdělení
- $\beta = 3,8$
 - hlavní zatížení: $\gamma_G = 1 \times (1 + 0,7 \times 3,8 \times 0,25) = 1,67$
 - vedlejší zatížení: $\gamma_G = 1 \times (1 + 0,28 \times 3,8 \times 0,25) = 1,27$
- $\beta = 3,1$; hlavní zatížení: $\gamma_G = 1 \times (1 + 0,7 \times 3,1 \times 0,25) = 1,54$

Dílčí součinitel γ_g ($\alpha_E = -0,7$)



Dílčí součinitel γ_g ($\alpha_E = -0,28$)



Závěry

- Dílčí součinitele závisejí na **náhodných vlastnostech veličiny a na směrné spolehlivosti**.
- Při nevýznamné degradaci **nejsou přímo ovlivněny zbytkovou životností** (s výjimkou proměnných zatížení).
- Při stanovení dílčích součinitelů je potřeba uvážit **modelové nejistoty**.
- Při nižším počtu měření se doporučuje:
 - 1) použít dílčí součinitele dle platných norem, nebo
 - 2) použít konzervativní odhad variačního koeficientu, nebo
 - 3) provést detailní statistické vyhodnocení.

Literatura

- European concrete platform, *Commentary of Eurocode 2*, 2008, www.europeanconcrete.eu
- *fib* SAG 9, *Revision of partial safety factors* (report), 2010
- background documents of the *fib* Special Activity Group 7 “Assessment and Interventions upon Existing Structures” (*fib* Bulletin v roce 2013?)