# Zásady navrhování podle Eurokódů

Školení, 2011

Milan Holický

Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Zavěšený most v Millau

Tvorba Eurokódů
Návrhové situace, mezní stavy
Nejistoty, spolehlivost
Klasifikace zatížení
Kombinace zatížení
Příklady a závěry

# Literatura

- *5 příruček o Eurokódech* (Leonardo da Vinci) http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/
- *Probabilistic Model Code* - http://www.jcss.ethz.ch
- *Zásady navrhování stavebních konstrukcí* – příručka ČKAIT k ČSN EN 1990 (Holický M., Marková J.)
- Skripta ČVUT *Základy teorie spolehlivosti a hodnocení rizik* (Holický M., Marková J.)
- Skripta ČVUT *Zatížení stavebních konstrukcí* (Studnička J., Holický M., Marková J.)
- Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí – publikace ČKAIT (Holický M., Marková J. a kol.)

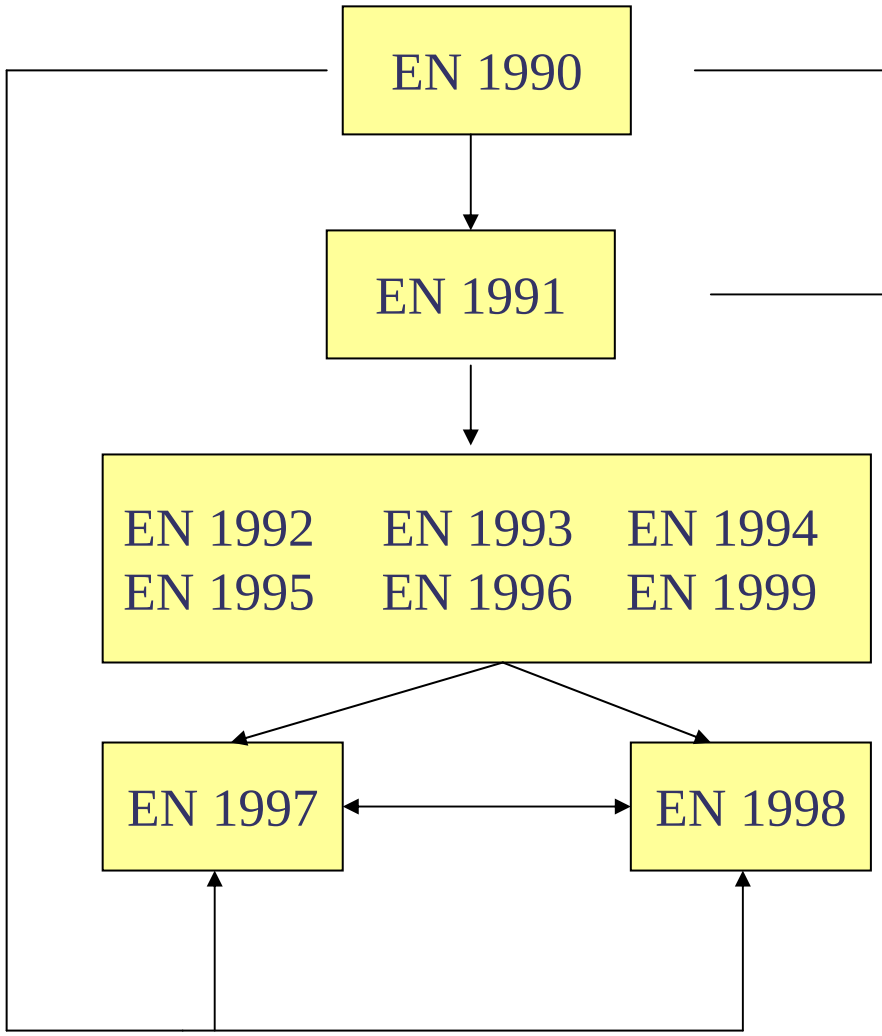
# Směrnice rady 89/106/EHS (CPD)
# Hlavní požadavky

- Mechanická odolnost a stabilita
- Bezpečnost při požáru
- Hygiena, zdraví, životní prostředí
- Uživatelská bezpečnost
- Ochrana proti hluku
- Úspora energie a ochrana tepla
- Trvale udržitelné používání přírodních zdrojů

Interpretační dokumenty ID1 až ID6 (+ 1)

Školení se zabývá především požadavky na mechanickou odolnost

# Vazby mezi Eurokódy




Zásady navrhování, únosnost, použitelnost a trvanlivost

Zatížení konstrukcí, stálé, proměnné, mimořádné

Návrh a konstrukční zásady pro konstrukce z různých materiálů

Geotechnický a seizmický návrh

# CEN/TC 250/SC 1 až 9

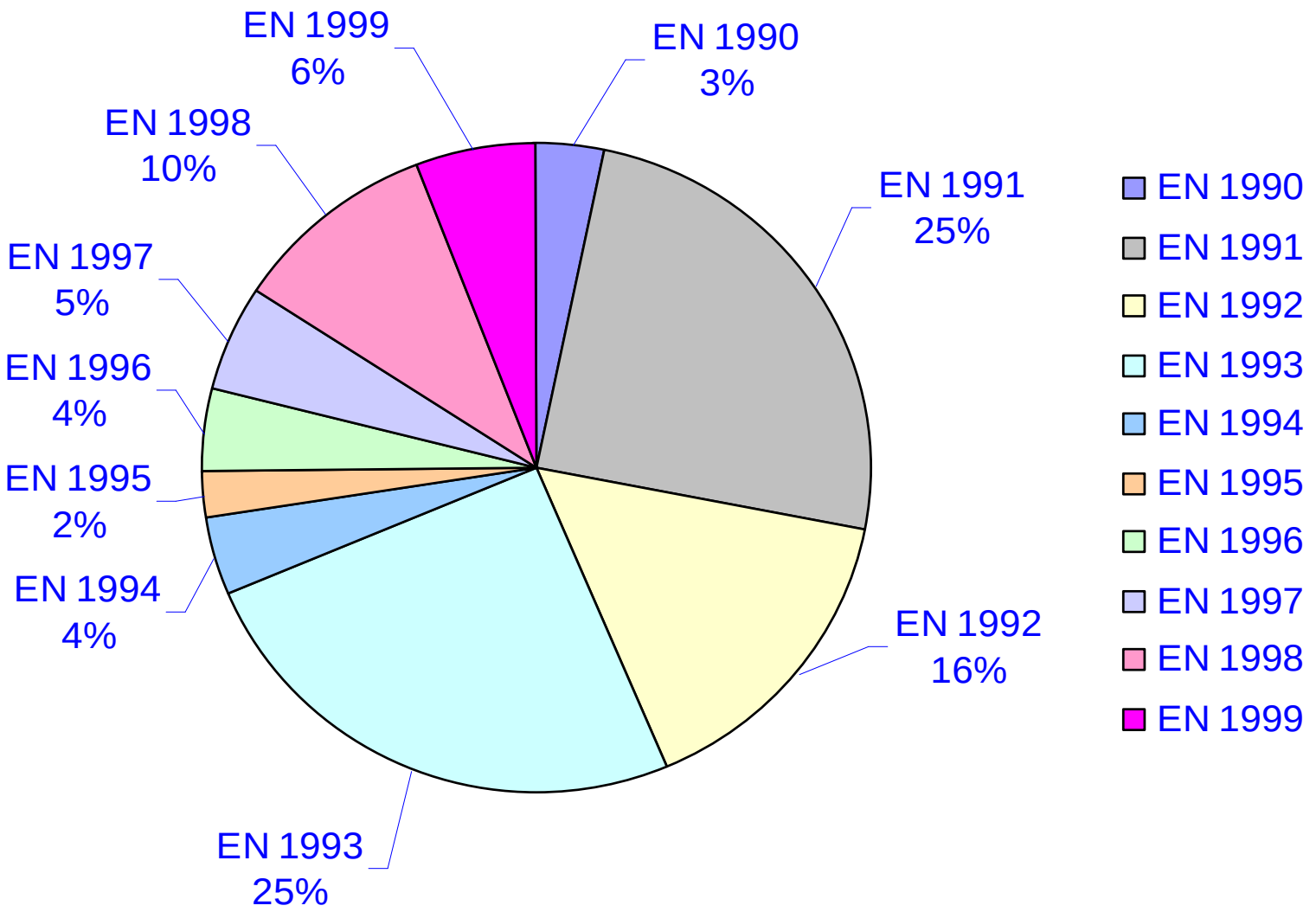
| Název | česká verze |
|---|---|
| EN 1990: Zásady navrhování | 2004-07 |
| EN 1991: Zatížení konstrukcí | 2004-08 |
| EN 1992: Navrhování betonových konstrukcí | 2006-07 |
| EN 1993: Navrhování ocelových konstrukcí | 2006-08 |
| EN 1994: Navrhování spřažených ocelobet. konstr. | 2006-07 |
| EN 1995: Navrhování dřevěných konstrukcí | 2006 |
| EN 1996: Navrhování zděných konstrukcí | 2006-07 |
| EN 1997: Navrhování geotechnických konstrukcí | 2006-08 |
| EN 1998: Navrhování konstrukcí proti zemětřesení | 2006-08 |
| EN 1999: Navrhování hliníkových konstrukcí | 2009 |

# Nová odborná terminologie

Characteristic value – charakteristická hodnota
Design value – návrhová hodnota
Variable action – proměnné zatížení
Leading variable action – hlavní proměnné zatížení
Accompanying variable actions –
vedlejší proměnná zatížení
Representative value of variable action –
reprezentativní hodnoty proměnných zatížení
Resistance – odolnost (únosnost)
Load effect – účinek zatížení
Reliability verification – ověřování spolehlivosti

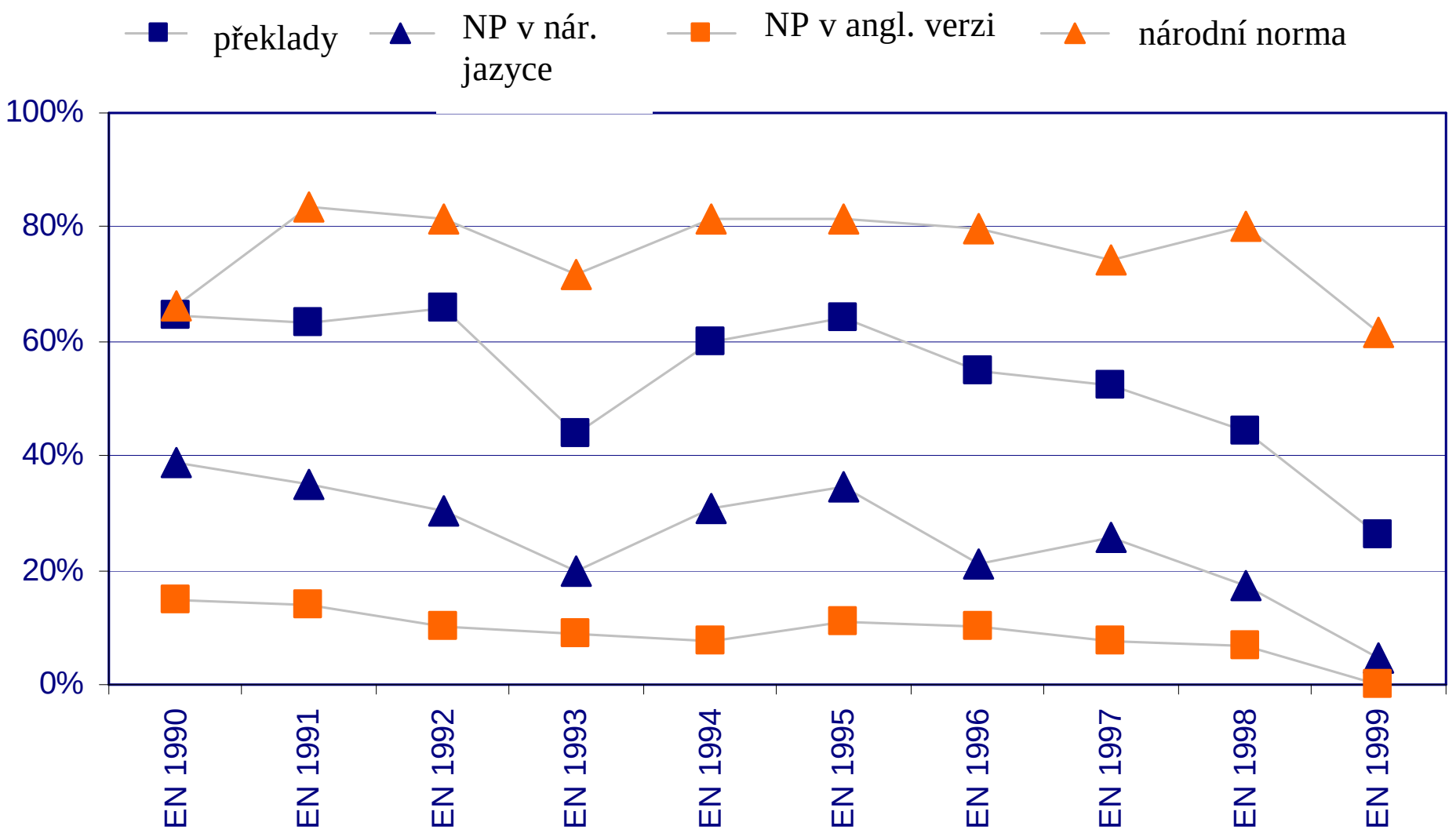
# Národně stanovené parametry (NDP)

## Celkový počet 1055 (1600)



# Stav zavádění Eurokódů v zemích CEN

## ČR: přechodné období od 1.1.1999 do 03/2010 ČSN EN Eurokódy



# EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

Úvod

1 Všeobecně

2 Požadavky

3 Zásady navrhování podle mezních stavů

4 Základní veličiny

5 Analýza konstrukce a navrhování pomocí zkoušek

6 Ověřování metodou dílčích součinitelů

A1, A2 Použití pro pozemní stavby, pro mosty

B Management spolehlivosti staveb

C Zásady pro navrhování metodou dílčích součinitelů a pro analýzu spolehlivosti

D Navrhování pomocí zkoušek

# Zásady a aplikační pravidla

EN 1990 uvádí základní požadavky na

- únosnost (bezpečnost osob, zvířat, majetku)
- použitelnost (funkční způsobilost, pohoda, vzhled)

Zásady (P) – pokyny, požadavky a modely, pro které nelze uplatnit alternativní postup

Aplikační pravidla – lze použít alternativní postup, pokud se prokáže zajištění alespoň stejné spolehlivosti řešení

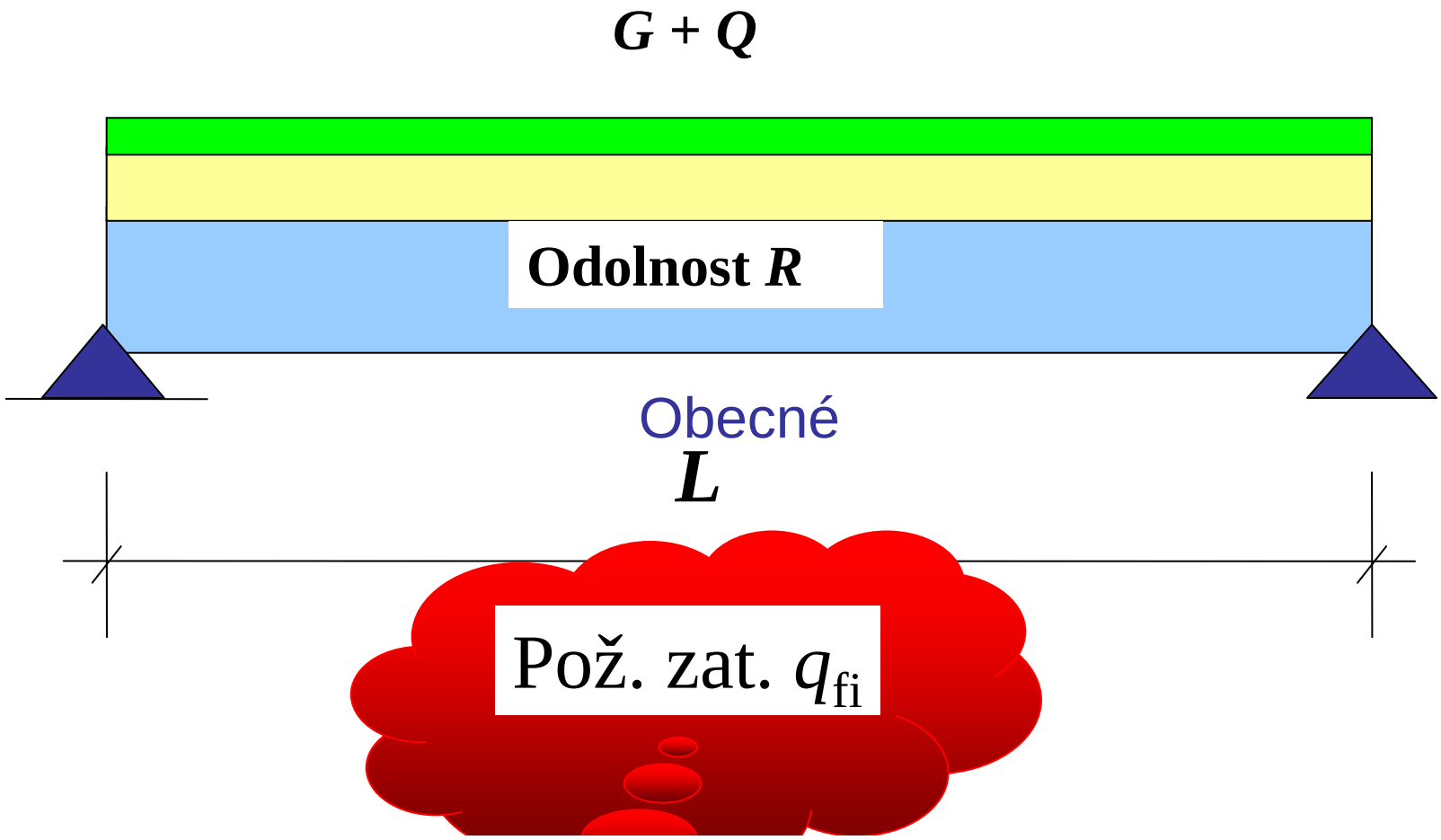
Pozor při prokazování shody vlastnosti výrobku – podklad pro vydání značky CE – pak raději zásady P.

# EN 1990 - návrhové situace a životnost

- Návrhové situace – soubor podmínek, kterým může být konstrukce během návrhové životnosti vystavena
  - Trvalá - normální provoz
  - Dočasná - výstavba, přestavba
  - Mimořádná - požár, výbuch, náraz
  - Seizmická - zemětřesení
- Návrhové životnosti – indikativní hodnoty

| | |
|---|---|
| – Dočasné konstrukce | 10 let |
| – Vyměnitelné součásti | 10 až 25 let |
| – Zemědělské konstrukce | 25 až 50 let |
| – Budovy | 80 (50) let |
| – Mosty, tunely, památníky | 100 let |

# Mimořádná návrhová situace při požáru




$$t_d > t_{d,regu}, E_d < R_d, \Theta_d > \Theta_{cr,d} \mid \text{požár}$$

# Mimořádná návrhová situace u mostů

Náraz těžkého vozidla

Porucha mostní konstrukcí v důsledku sesuvu blízkého svahu

# Zatížení sněhem (mimořádné?!)

# Mezní stavy

- Mezní stavy - stavy při jejichž překročení ztrácí konstrukce schopnost plnit funkční požadavky
- Mezní stavy únosnosti
  - ztráta rovnováhy konstrukce jako tuhého tělesa
  - porušení, zřícení, ztráta stability
  - porušení únavou
- Mezní stavy použitelnosti
  - provozuschopnost částí konstrukce
    pohodlí uživatelů, kmitání
    vzhled, průhyby, trhliny
- Mezní stavy trvanlivosti
- Robustnost

# Millennium bridge in London

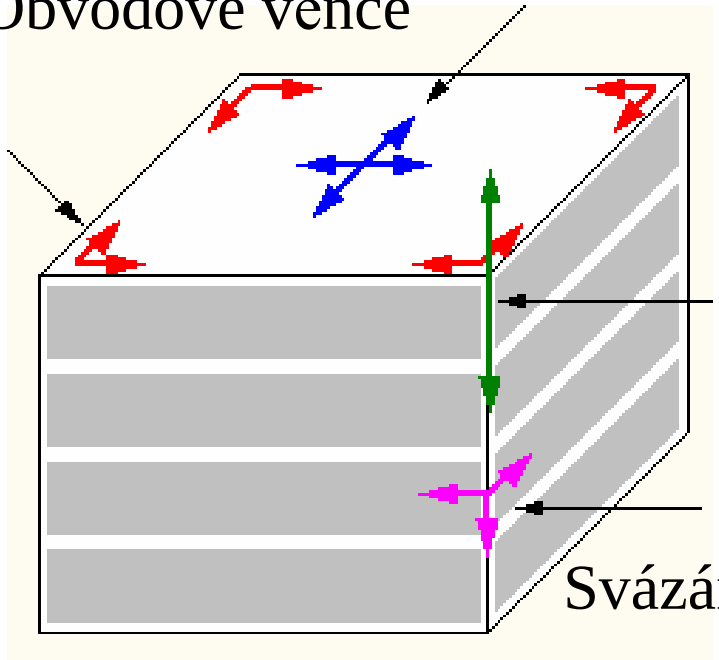
# Trvanlivost je nedílnou součástí návrhu

# Celistvost - robustnost

Konstrukce má být navržena a provedena tak, aby se neporušila způsobem nepřiměřeným příčině (požár, výbuch, náraz, lidské chyby).

Ronan Point 1968 –
výbuch v 20. podlaží

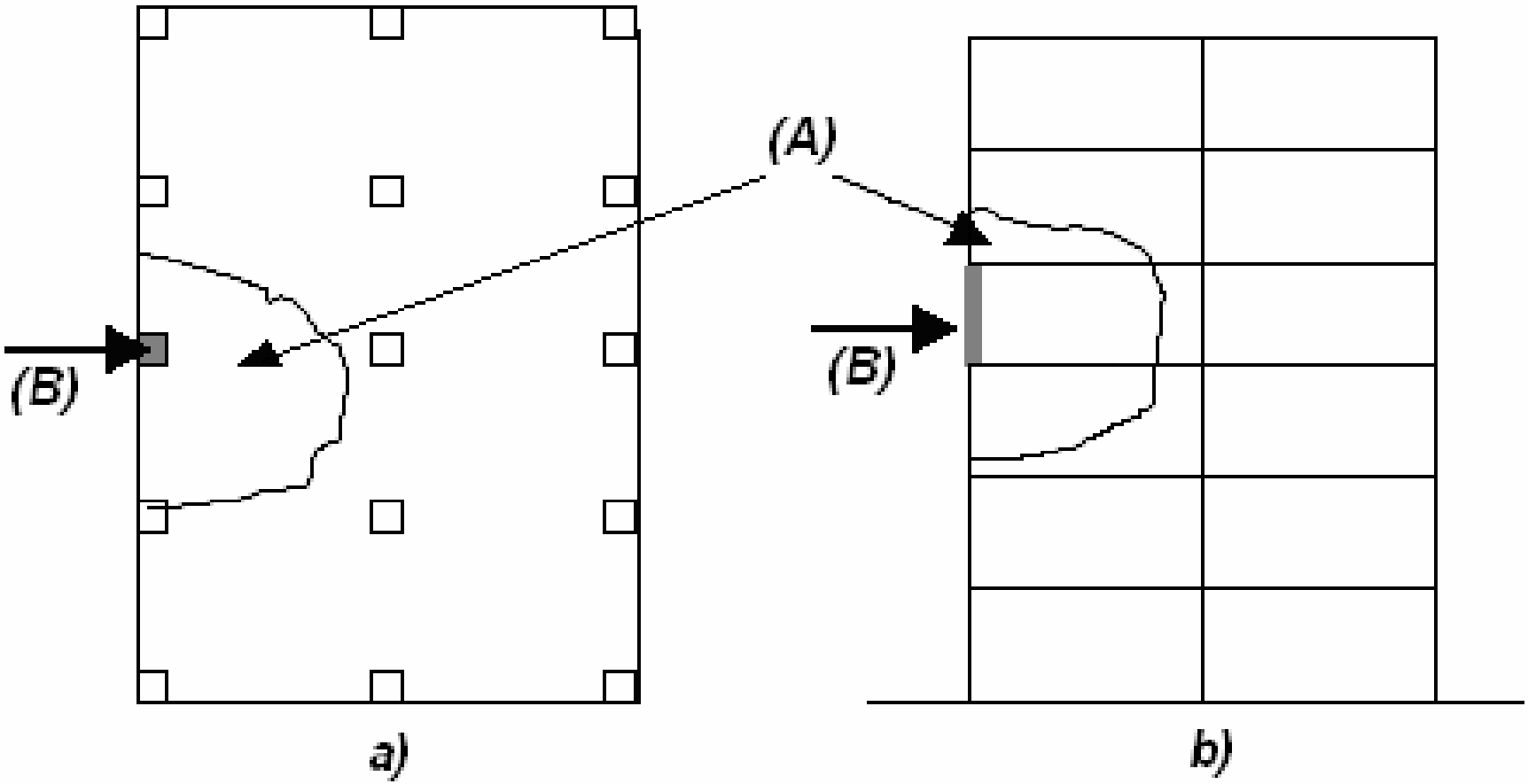
Opatření – vazby mezi prvky



# Robustnost budov

a) půdorys

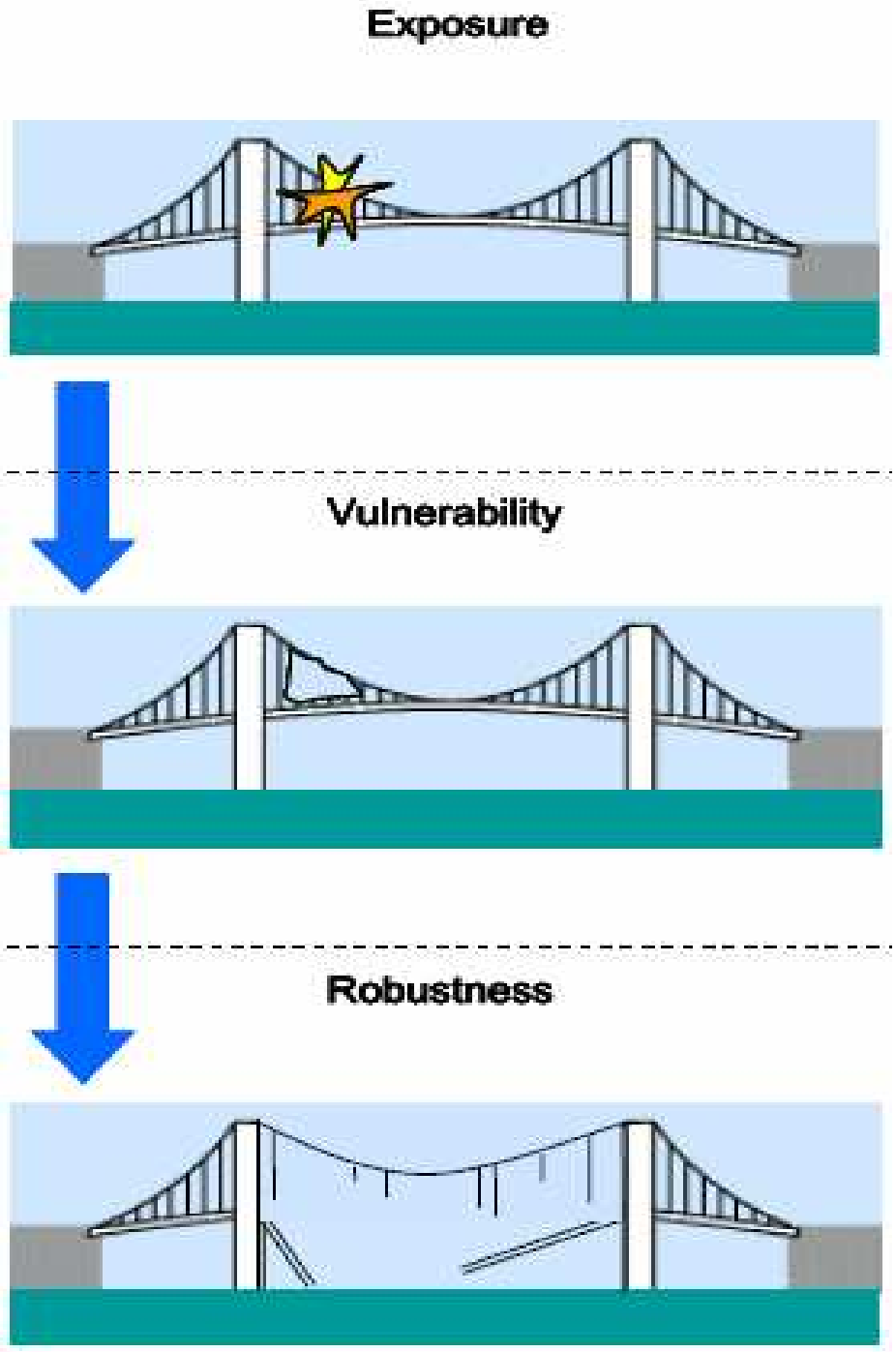
b) pohled




(A) lokální porušení nemá překročit 15 % plochy z přilehlých podlaží

(B) předpokládá se, že dojde k odstranění sloupu

# Robustnost mostů

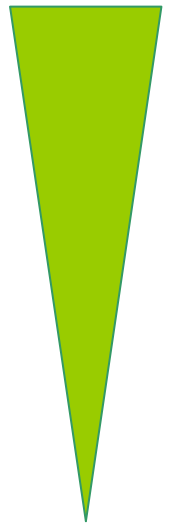


# Nejistoty ve stavebnictví

- Nejistoty

Možnost popisu

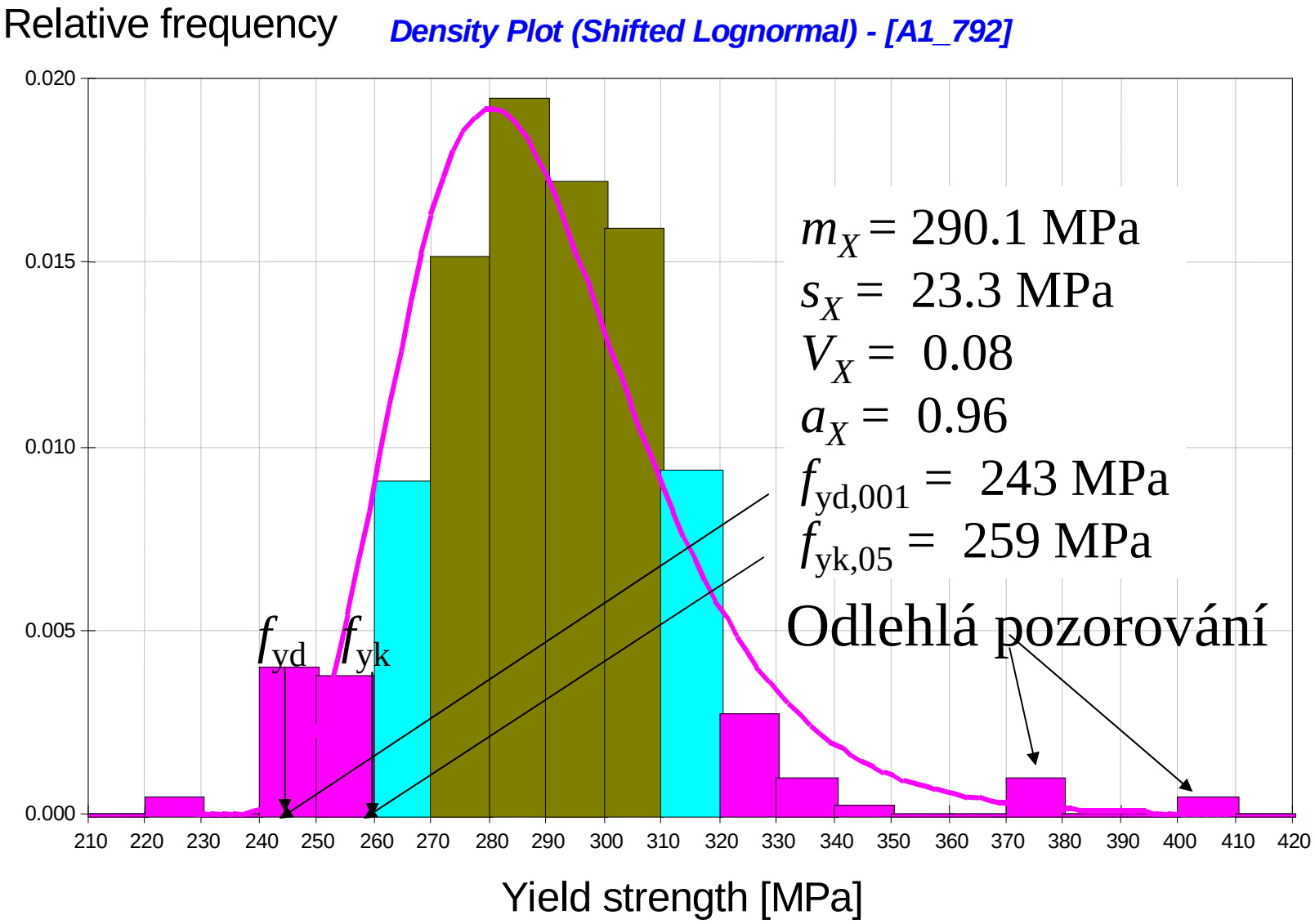
  - Náhodnosti - přirozená proměnlivost
  - Statistické nejistoty - nedostatek dat
  - Modelové nejistoty
  - Neurčitosti - nepřesnosti definic
  - Hrubé chyby - lidský činitel
  - Neznalosti - nové materiály a podmínky



- Nástroje
  - teorie pravděpodobnosti a fuzzy množin
  - matematická statistika

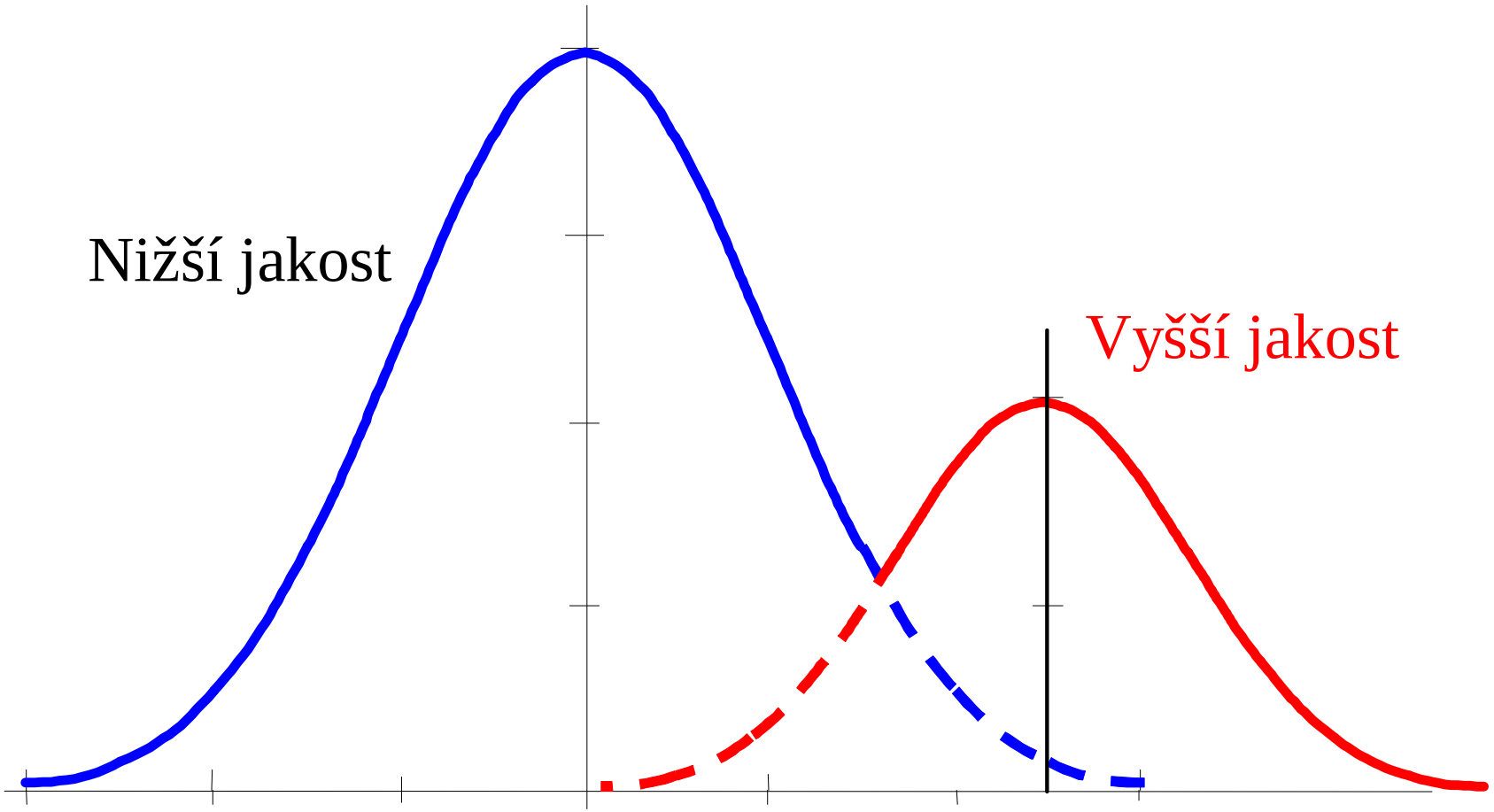
Některé nejistoty je obtížné kvantifikovat

# Mez kluzu pro S 235 – 792 měření



# Nehomogenní soubor

Vzniká často smíšením měření oceli vyšší jakosti s nižší jakostí.



# Spolehlivost

- **Spolehlivost** - vlastnost (pravděpodobnost) konstrukce plnit předpokládané funkce během stanovené doby životnosti za určitých podmínek.
  - spolehlivost - pravděpodobnost poruchy $p_f$
  - funkce - požadavky
  - doba životnosti $T$
  - určité podmínky
- **Pravděpodobnost poruchy $P_f$ je**

nejdůležitější a objektivní míra spolehlivosti konstrukce

$$P_f < P_{f,t};\ \beta > \beta_t \qquad \beta = -\Phi_N^{-1}(P_f)$$

**Vztah mezi $P_f$ a $\beta$**

| $P_f$ | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ | $10^{-5}$ | $10^{-6}$ | $10^{-7}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta$ | 1,28 | 2,32 | 3,09 | 3,72 | 4,27 | 4,75 | 5,20 |

# Směrná pravděpodobnost

Pro životnost 50 let: $P_{f,t} \sim 10^{-4}$ , $\beta \sim 3{,}8$

| Činnost/příčina | Počet úmrtí za 1 h. a $10^8$ o., | 50 let a 1 o. |
|---|---|---|
| Horolezectví | 2700 | ~1,0 |
| Letecká doprava | 120 | 0,5 |
| Automobilová doprava | 56 | 0,25 |
| Výstavba | 7,7 | 0,033 |
| Průmyslová výroba | 2,0 | 0,0088 |
| Zřícení konstrukce | 0,002 | 0,000009 |

# Diferenciace spolehlivosti v EN a ISO

## Klasifikace spolehlivosti v EN 1990

| Třídy spolehliv. | Nebezpečí ztráty života ekonomické, sociální a ekologické škody | Index spolehlivosti $\beta$ | | Příklady budov a inženýrských staveb |
|---|---|---|---|---|
| | | $\beta_t$ pro 1 rok | $\beta_t$ pro 50 let | |
| 3 – high | Vysoké | 5,2 | 4,3 | Mosty, významné budovy |
| 2 – normal | Střední | 4,7 | 3,8 | Obytné a kancelářské budovy |
| 1 – low | Nízké | 4,2 | 3,3 | Zemědělské budovy, skleníky |

## Směrné hodnoty indexu spolehlivosti $\beta_t$ v ISO 2394

| Relativní cena opatření na zvýšení spolehlivosti | Následky poruchy | | | |
|---|---|---|---|---|
| | malé | some | mírné | velké |
| Velká | 0 | 1,5 | 2,3 | 3,1 |
| Střední | 1,3 | 2,3 | 3,1 | 3,8 |
| Malá | 2,3 | 3,1 | 3,8 | 4,3 |

# Základní a výsledné veličiny

- Základní veličiny:
  - zatížení $F$
  - materiálové vlastnosti $f$
  - rozměry $a$
- Výsledné veličiny
  - odolnost konstrukce $R$
  - účinek zatížení $E$
- Podmínka spolehlivosti $\Rightarrow$ rezerva $Z$

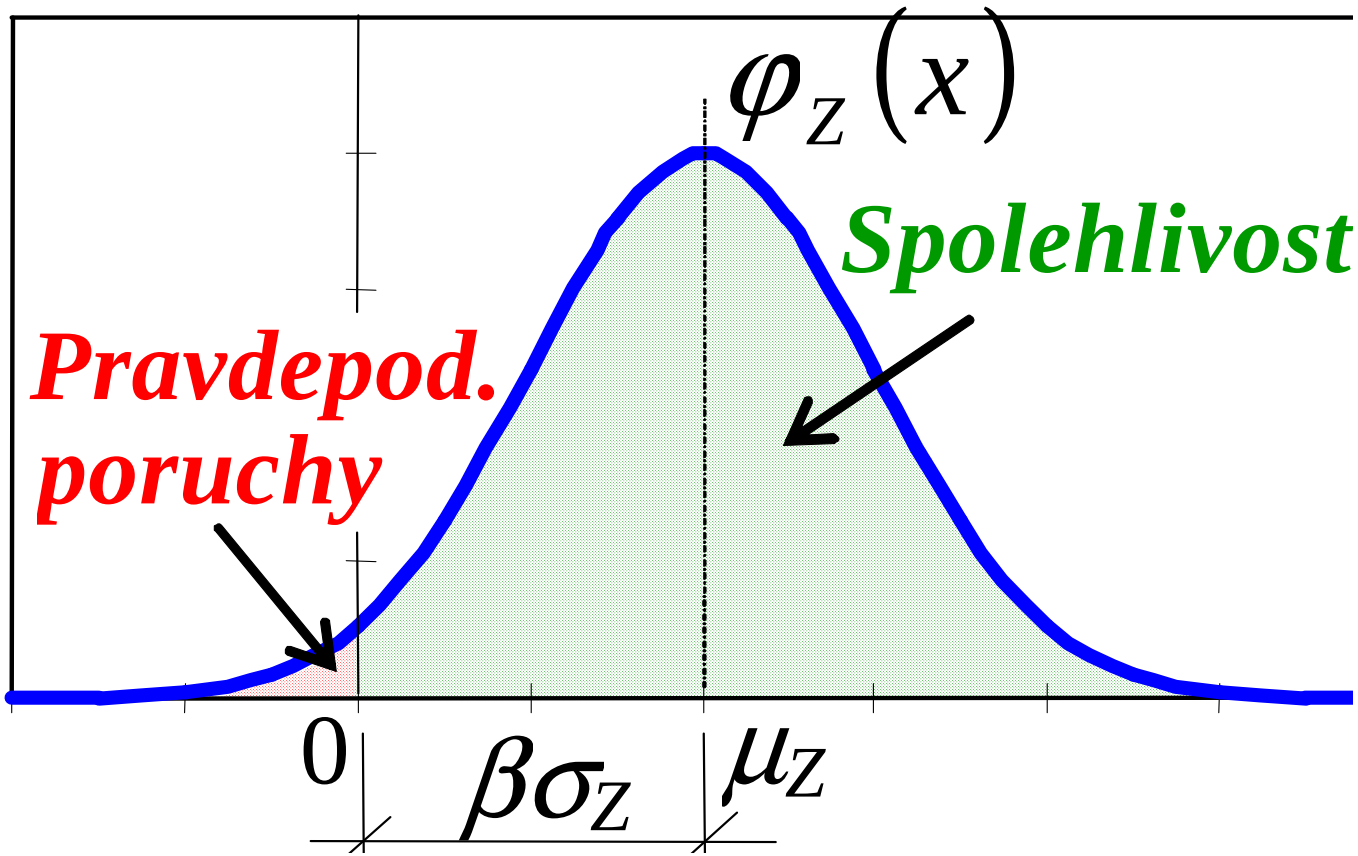
$$E < R \Rightarrow Z = R - E$$

# Rezerva spolehlivosti $Z = R - E > 0$

Pro normální rozdělení

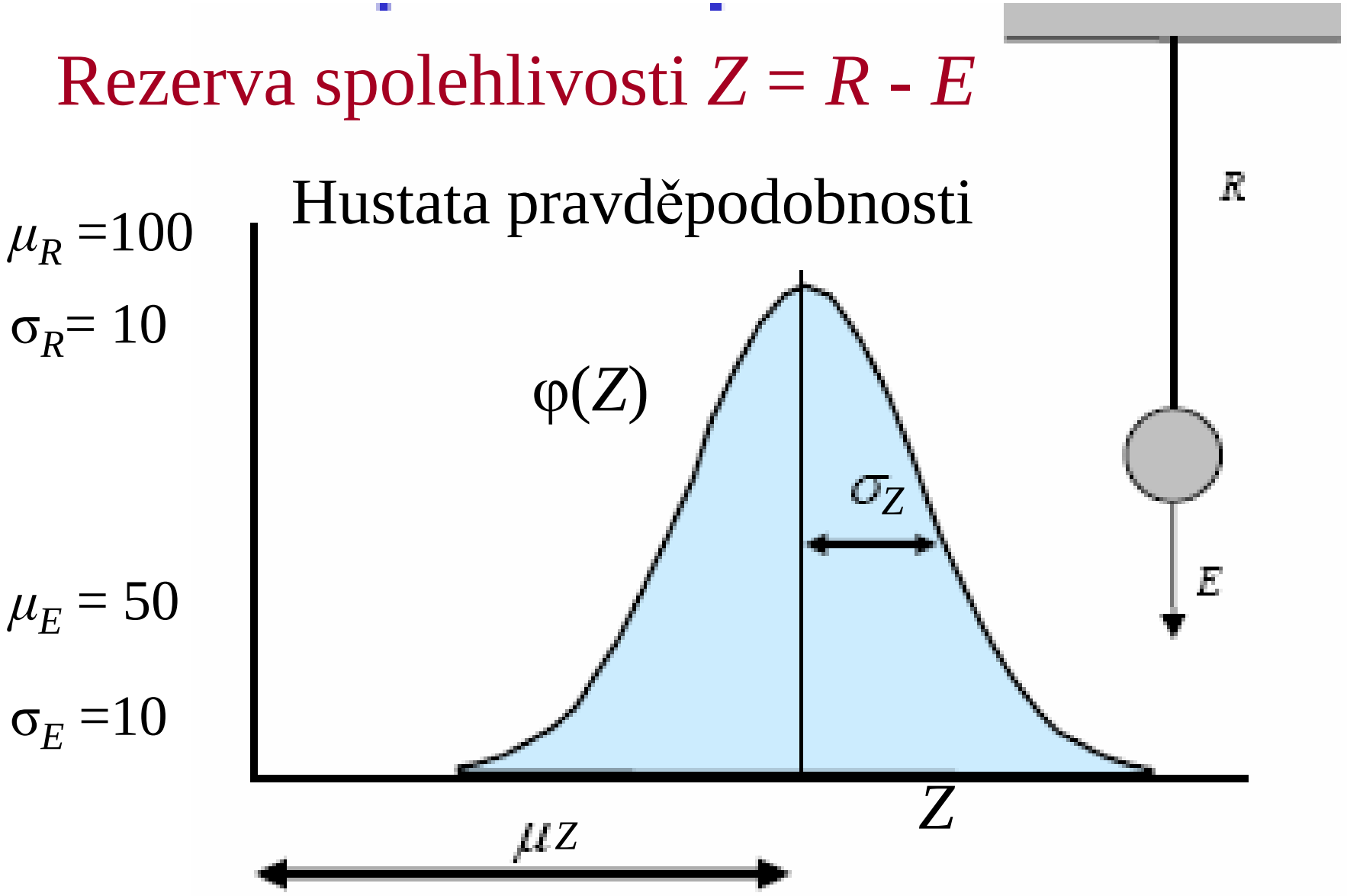
$$\mu_Z = \mu_R - \mu_E, \quad \sigma_Z^2 = \sigma_R^2 + \sigma_E^2$$

Index spolehlivosti: $\beta = \mu_Z / \sigma_Z$



# Příklad stanovení spolehlivosti táhla

## Rezerva spolehlivosti $Z = R - E$



# Stanovení ukazatelů spolehlivosti

$Z = R - E$

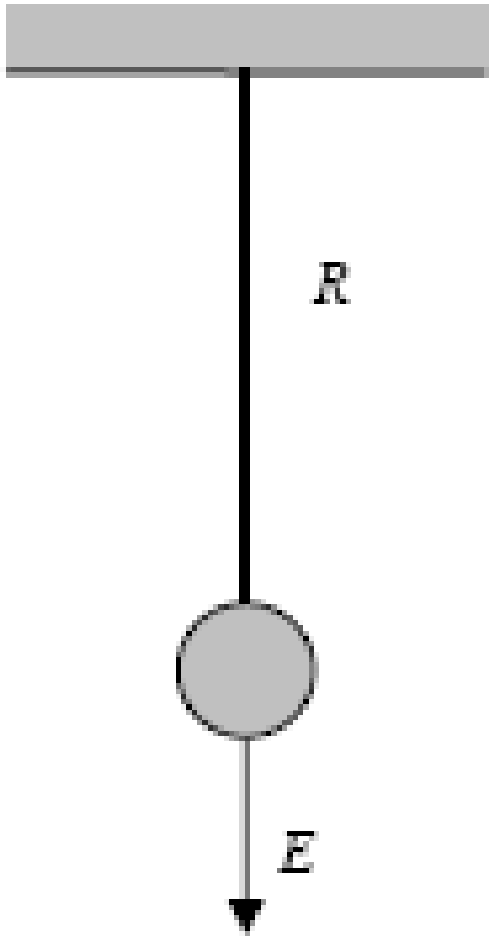
$\mu_Z = \mu_R - \mu_E = 100 - 50 = 50$

$\sigma_Z^2 = \sigma_R^2 + \sigma_E^2 = 14^2$

$\beta = \mu_g / \sigma_g$

$\beta = 3{,}54$

$P_f = P(Z < 0) = \Phi_Z(0) = 0{,}0$



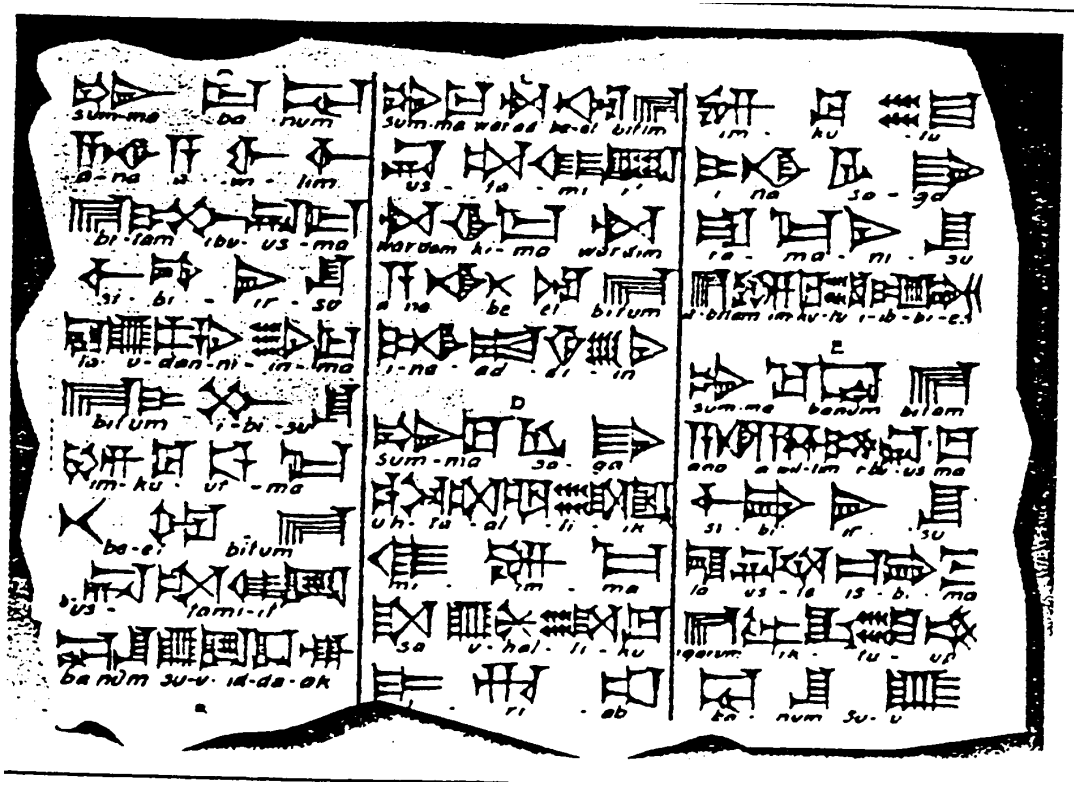
# Metody ověřování spolehlivosti

- Historické a empirické metody
- Dovolená namáhání
- Stupeň bezpečnosti
- Metoda dílčích součinitelů
- Pravděpodobnostní metody
- Hodnocení rizik

Zvyšuje se náročnost výpočtu

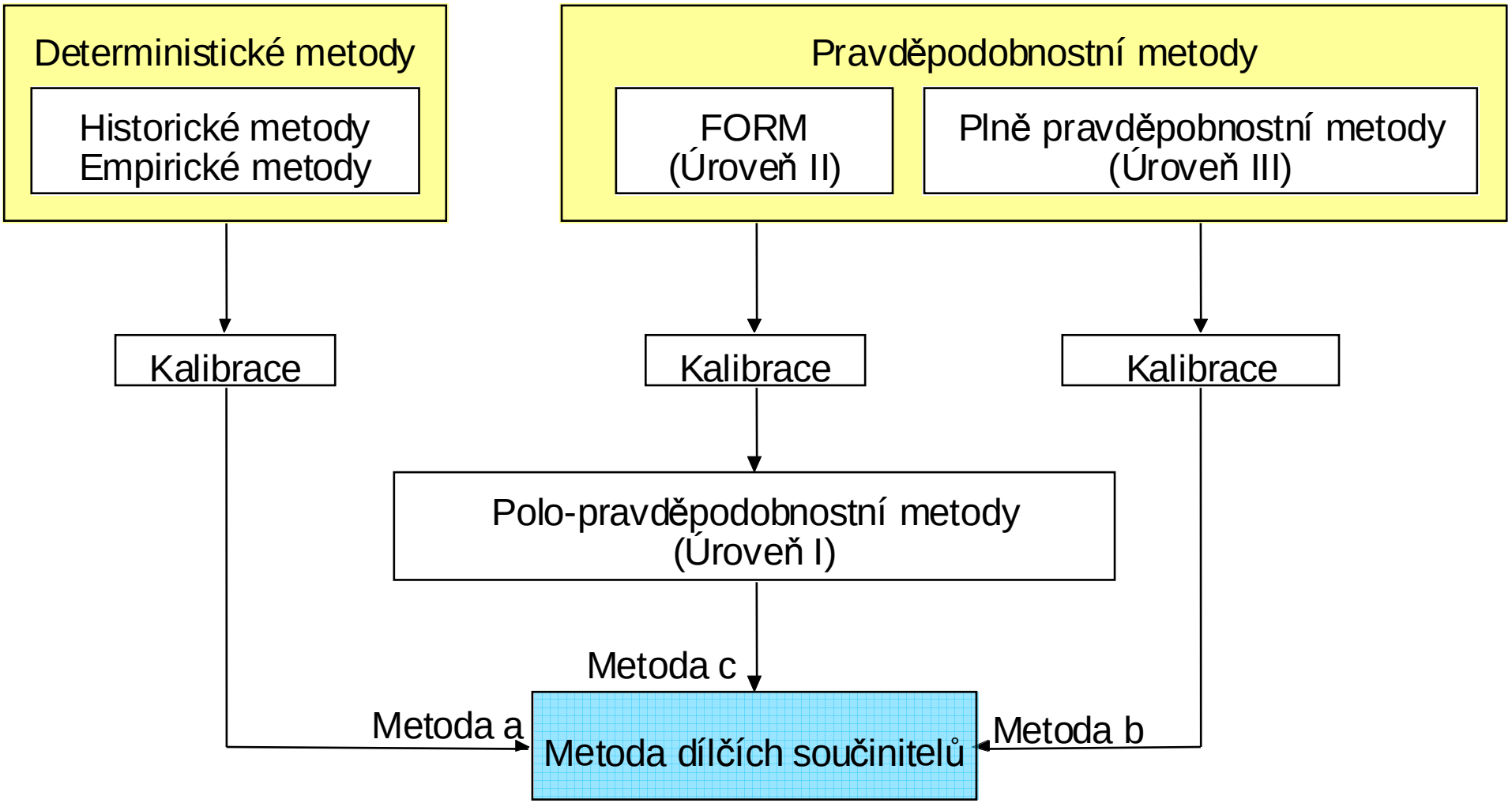
# Nejstarší stavební zákon

Chamurabiho zákony, Babylon, 2200 BC

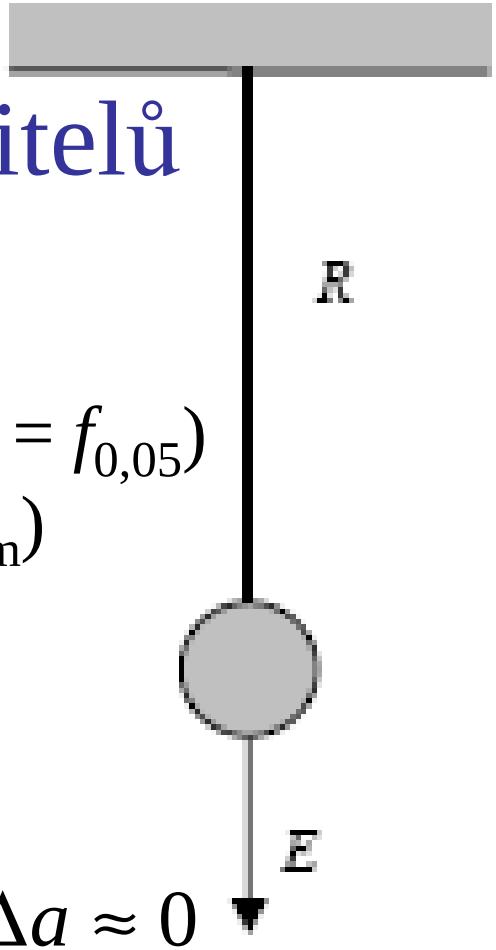


**Stavitel nedostatečně pevného domu,**
**který se zřítil a zabil majitele,**
**- bude připraven o život.**

# Návaznost metod ověřování spolehlivosti



# Podstata metody dílčích součinitelů




## Charakteristické hodnoty:

- zatížení: $F_k$ (horní kvantil = $F_{0,98}$)
- vlastností materiálů: $f_k$ (dolní kvantil = $f_{0,05}$)
- rozměrů $a_k$ (nominální hodnoty =$a_{nom}$)

## Návrhové hodnoty:

- zatížení $F_d = \gamma_F \psi_i F_k$
- vlast. materiálů $f_d = f_k / \gamma_M$
- rozměrů $a_d = a_k \pm \Delta a,\ \Delta a \approx 0$

$\gamma_F$ , $\gamma_M$, $\psi_i$ jsou závislé na úrovni spolehlivosti $\beta$

Podmínka spolehlivosti: $E_d(F_d, f_d, a_d) < R_d(F_d, f_d, a_d)$

Příklad: $E_d = \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k < R_d = A f_{yk} / \gamma_M$

# Zatížení konstrukcí podle Eurokódů

Milan Holický

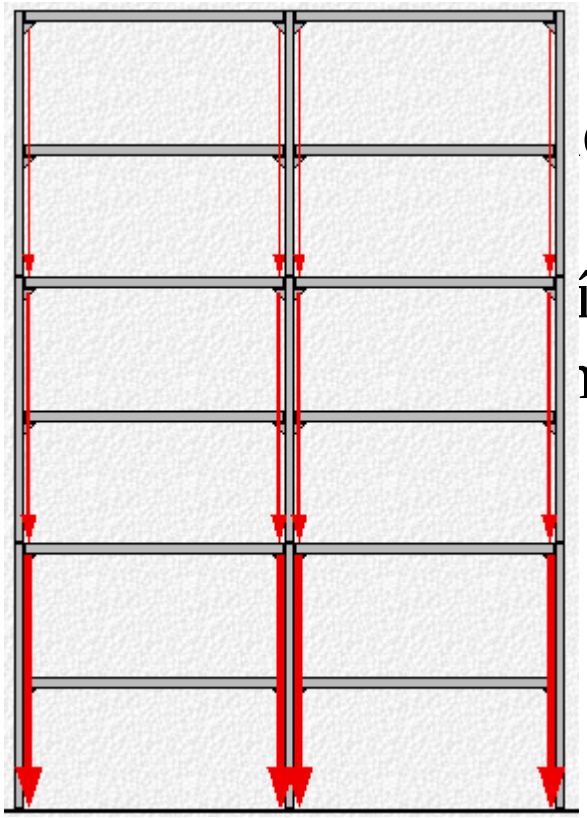
Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

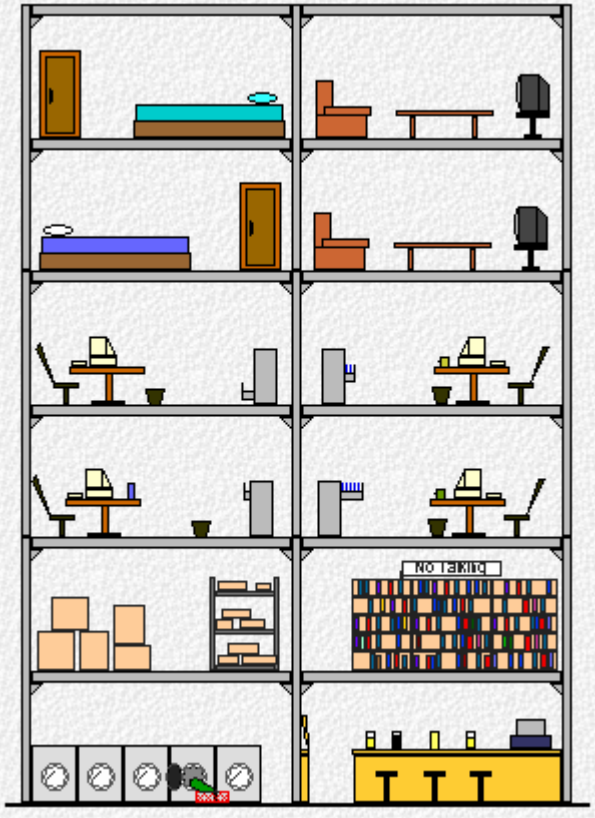
ČKAIT, Brno, 7.4.2011

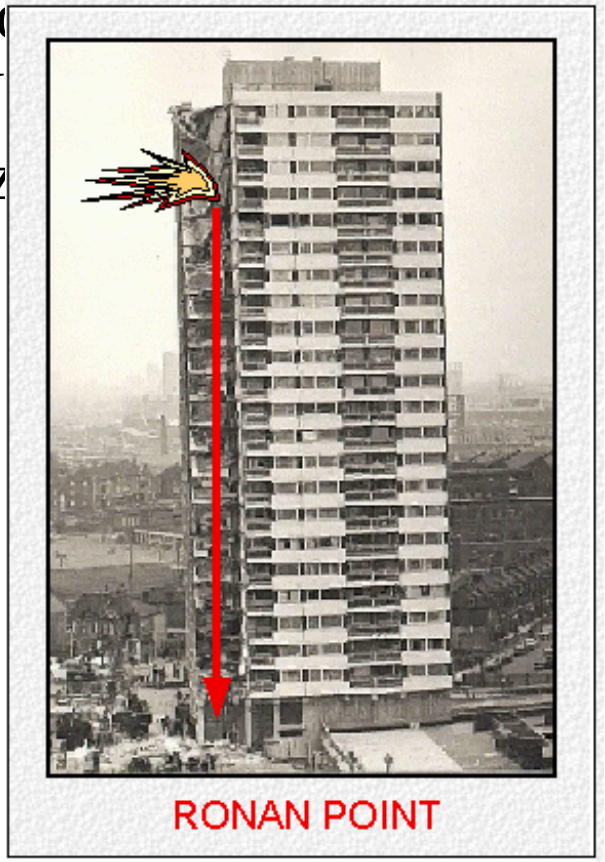
Klasifikace zatížení
Kombinace zatížení
Stélé a proměnné zatížení
Zatížení sněhem
Zatížení větrem
Příklady a závěry

# Klasifikace zatížení

| Stálá | Proměnná | Mimořádná |
|---|---|---|
| ***G*** | ***Q*** | ***A*** |
| - Vlastní tíha, pevně zabudované součásti | - Užitná zatížení | - Výbuch<br>- P<br>N<br>oz |

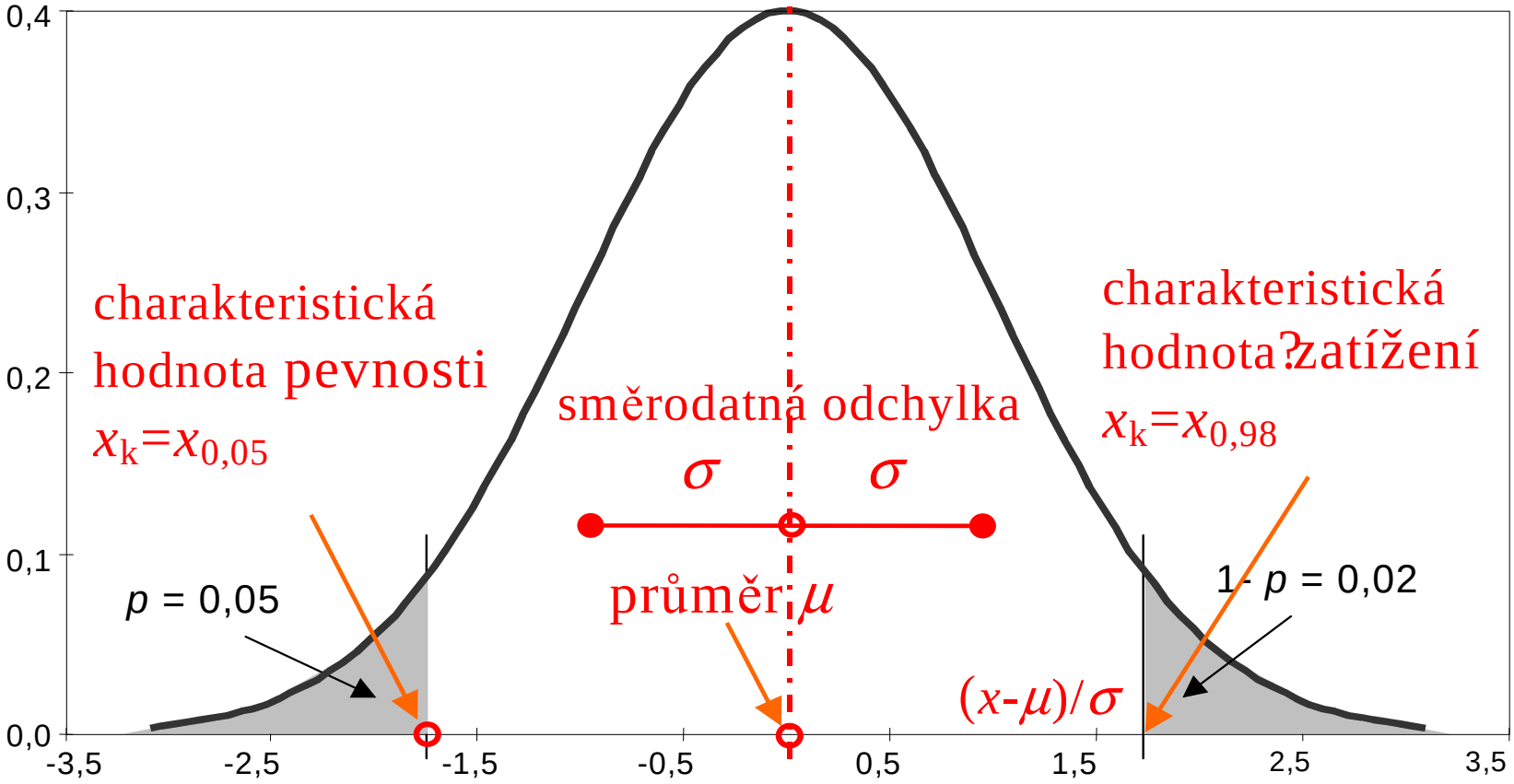




# Charakteristické hodnoty

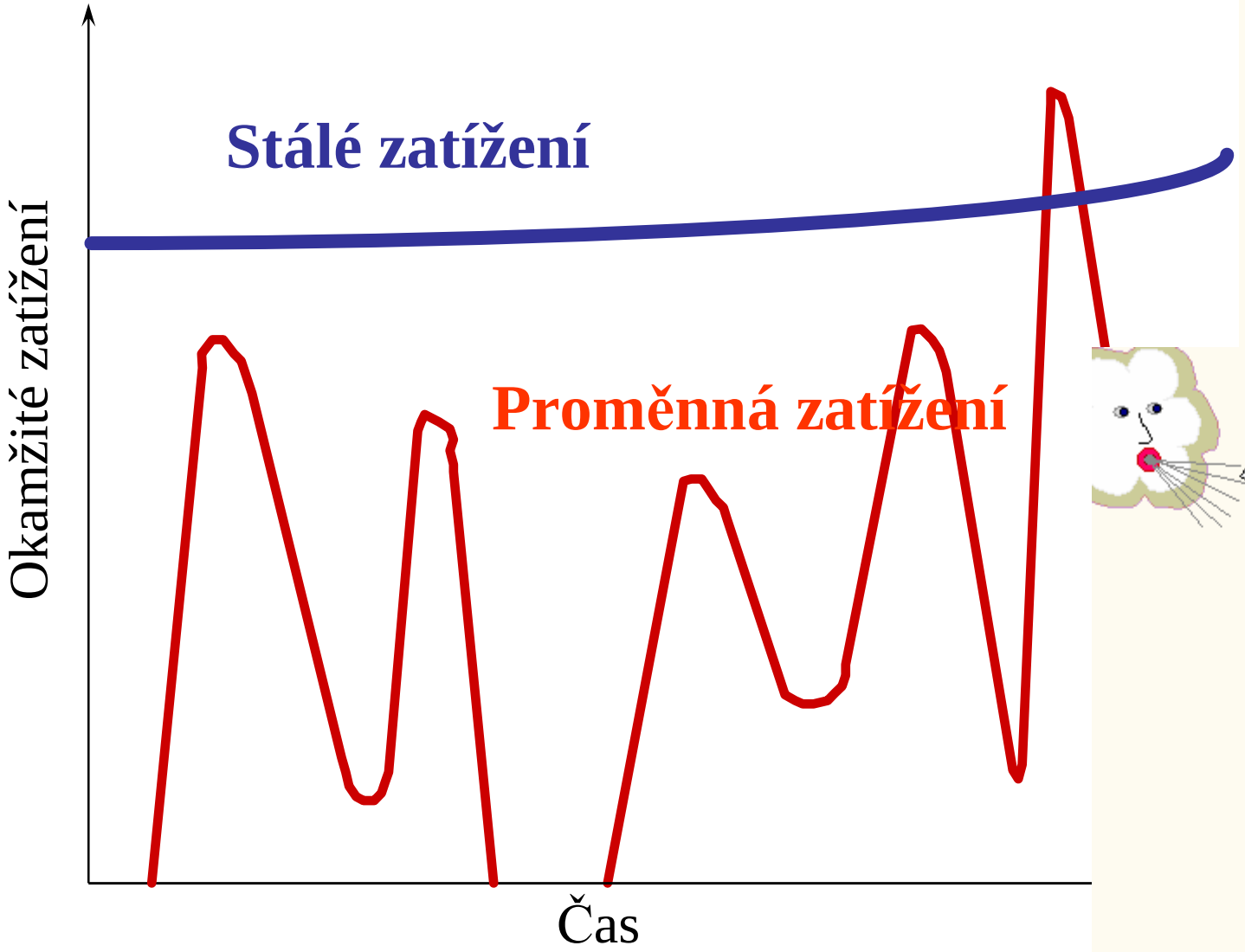
Hustota pravděpodobnosti $\varphi(x)$ pevnosti nebo zatížení $X$

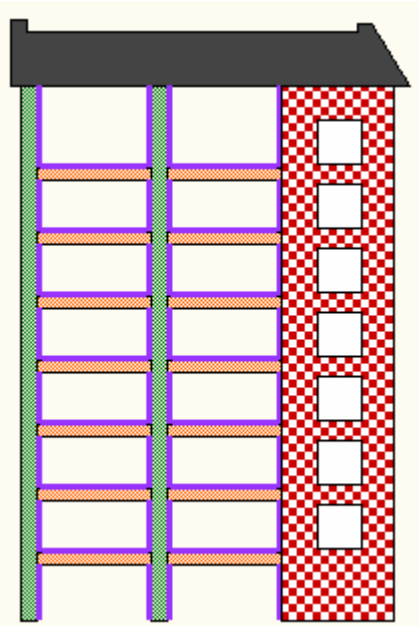


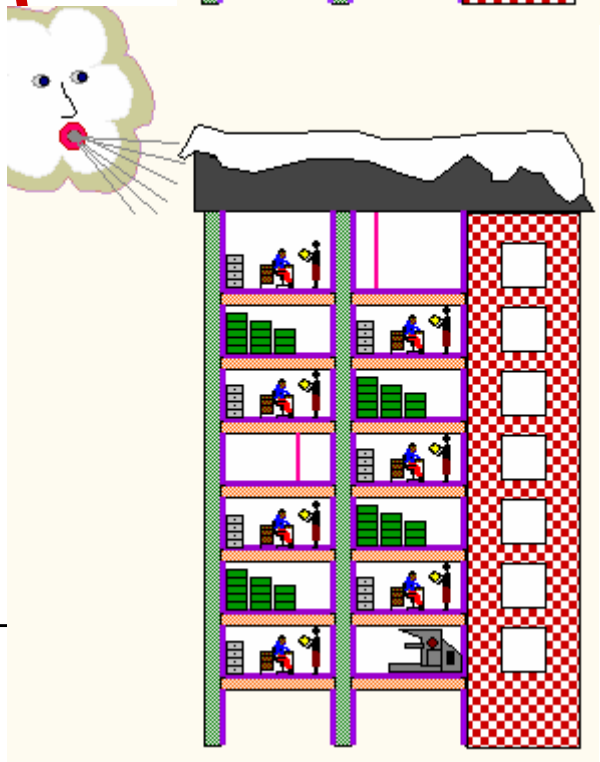

Příklad náhodné veličiny $X$ s normálním rozdělením

Charakteristické hodnoty nejsou zpravidla průměrné hodnoty.
Pro běžné materiály a zatížení jsou uvedeny v předpisech.

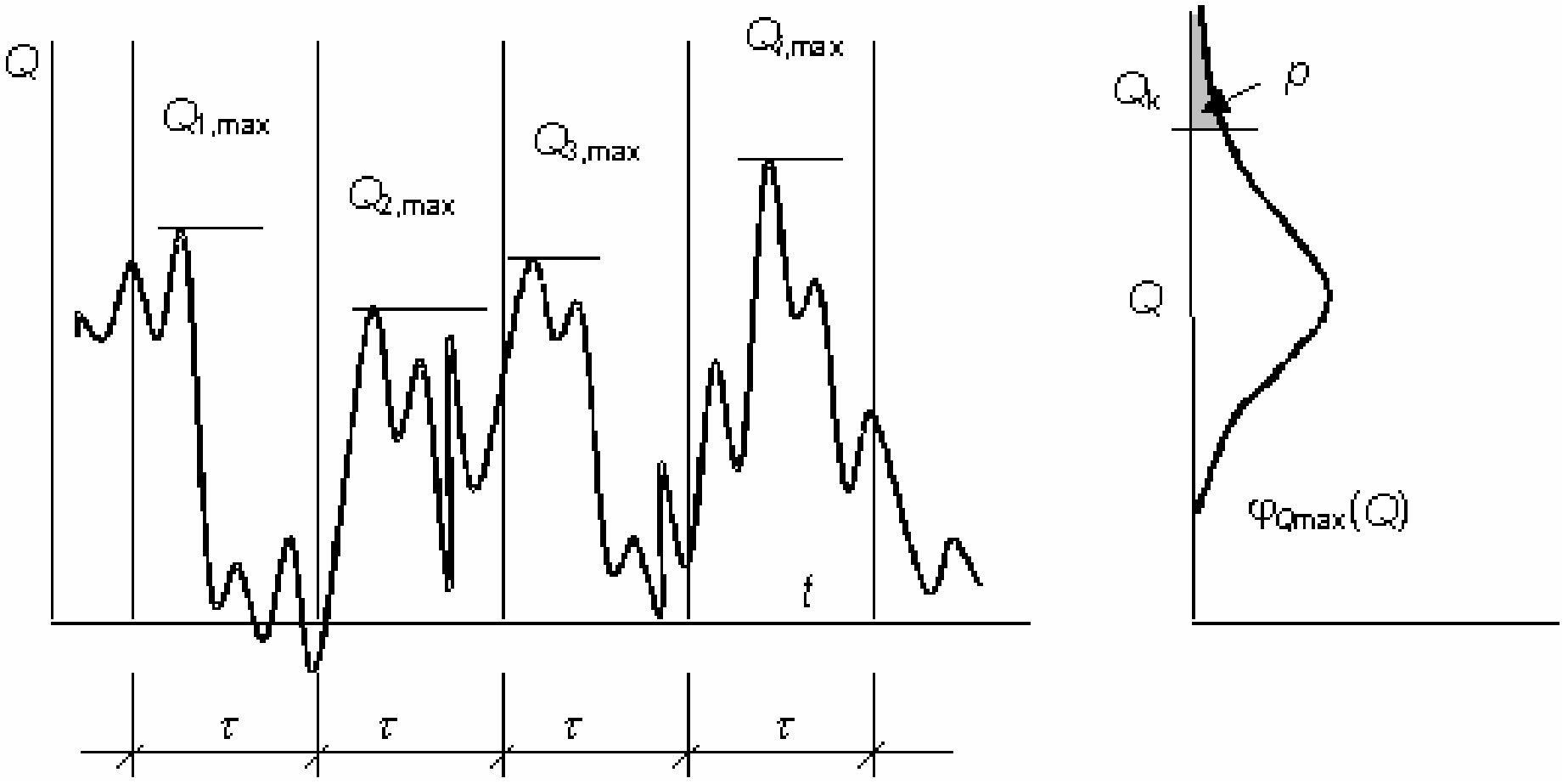
# Stálé a proměnné zatížení





# Proměnná zatížení $Q$

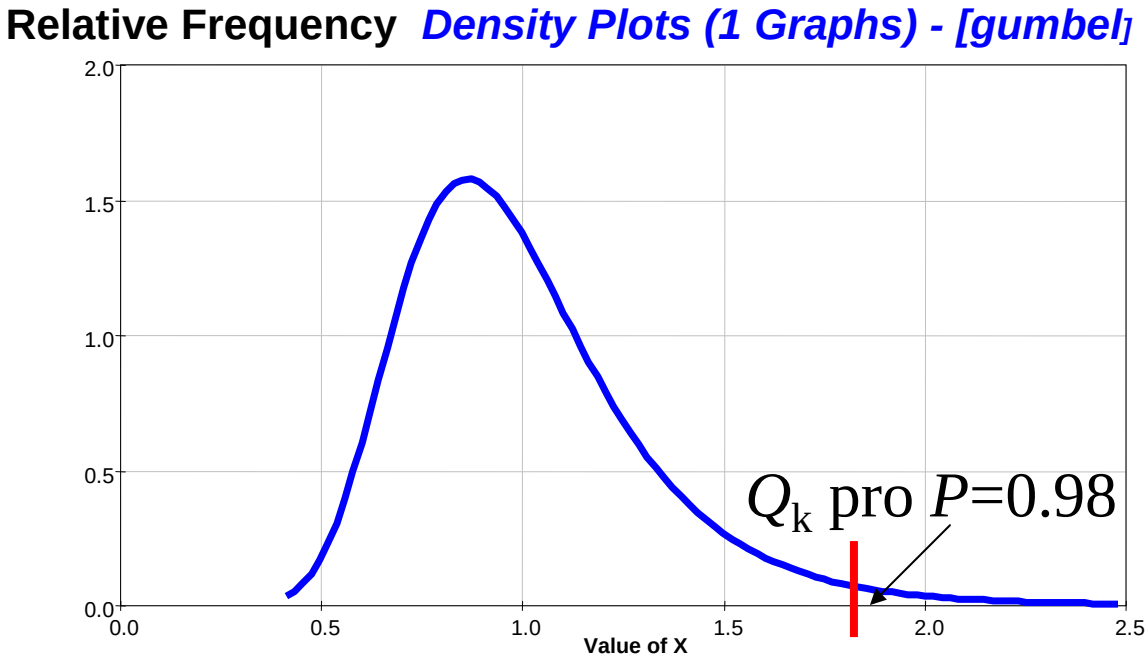



Referenční doba $\tau = 1$ rok $\Rightarrow$ maxima $Q_{\max}$ rozdělení $\Phi_{Q\max}(Q)$

# Charakteristická hodnota proměnných zatížení $Q_k$ a doba návratu $T$

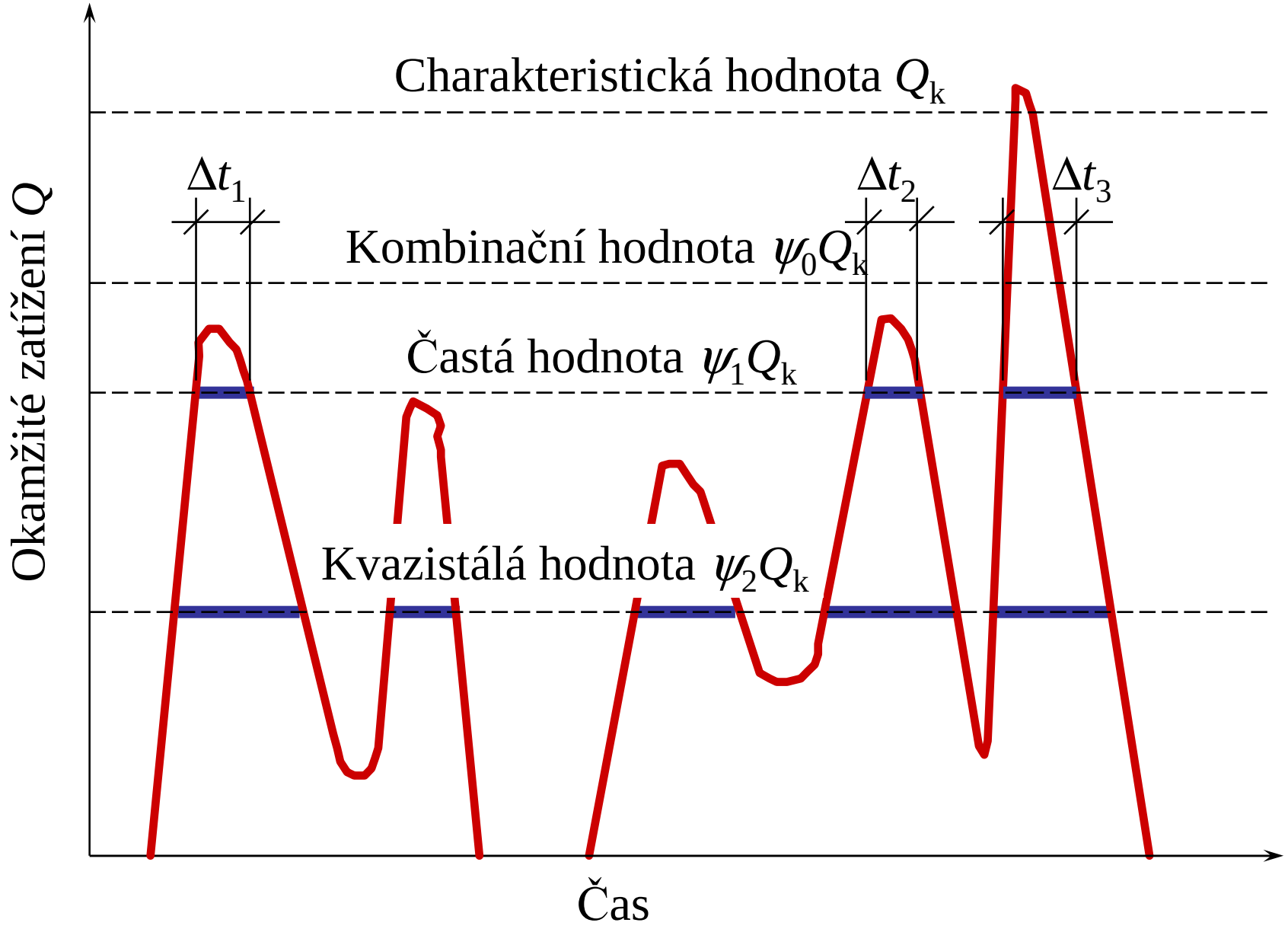
Referenční doba $\tau = 1$ rok $\Rightarrow$ maxima $Q_{max}$ rozdělení $\Phi_{Qmax}(Q)$

Charakteristická hodnota $Q_k = \Phi_{Qmax}^{-1}(P)$, $P = 0{,}98$




Doba návratu $T = \tau/(1\text{-}P) = 1/0{,}02 = 50$ let

# Reprezentativní hodnoty



# Charakteristická hodnota zatížení

- průměrná hodnota při malé proměnnosti: $G_m$, $P_m$

- dolní nebo horní kvantil při větší proměnnosti:

- $G_{k,inf}$ (5% kvantil), $P_{k,inf}$

- $G_{k,sup}$ (95% kvantil), $P_{k,sup}$

- nominální hodnota
- hodnota specifikovaná pro jednotlivý projekt ($A_k$)

# Reprezentativní hodnoty proměnných zatížení

## Kombinační hodnota $\psi_0 Q_k$

- redukovaná pravděpodobnost výskytu nepříznivých hodnot několika nezávislých zatížení

## Častá hodnota $\psi_1 Q_k$

- celková doba je 0,01 referenční doby

## Kvazistálá hodnota $\psi_2 Q_k$

- celková doba je 0,5 referenční doby

# Součinitele $\psi_i$

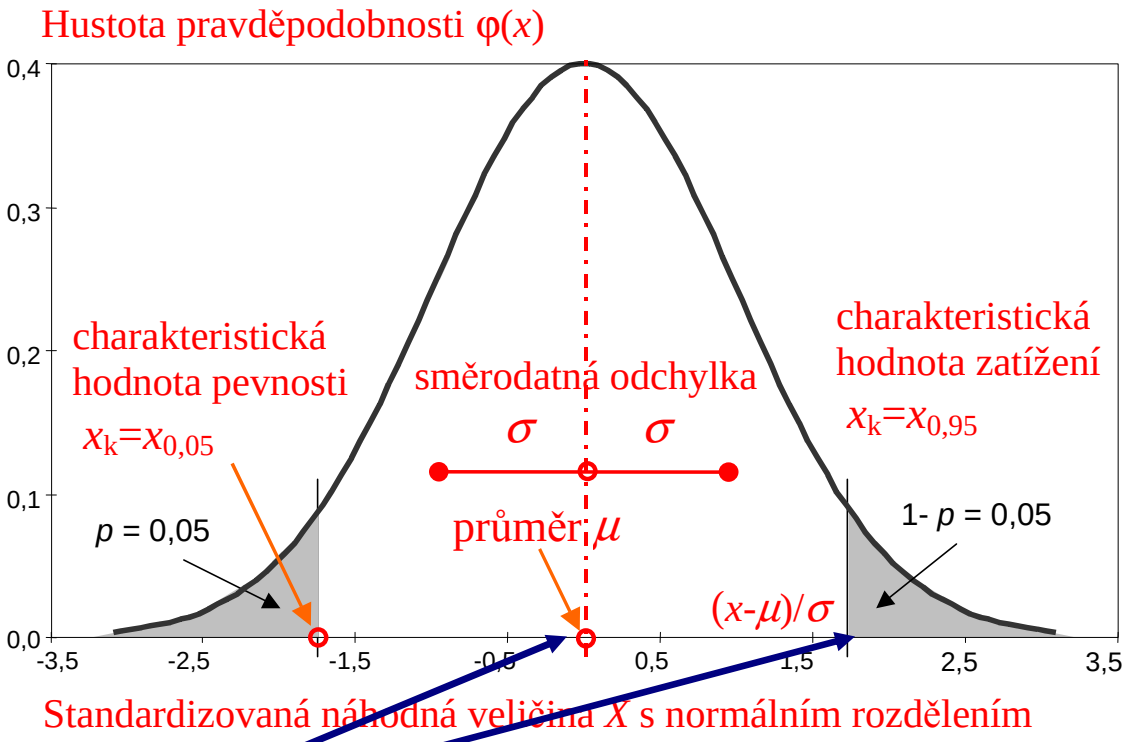
## ČSN EN 1990, 2002, tabulka A.1.1

| Zatížení | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|---|---|---|---|
| Užitné A, B | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Užitné C, D | 0,7 | 0,5 | 0,6 |
| Užitné E | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Sníh | 0,5 | 0,2 | 0,0 |
| Vítr | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| Teplota | 0,6 | 0,5 | 0,0 |

# Charakteristické a návrhové hodnoty

Zatížení jsou náhodné veličiny, které se označují symboly

$F$: $G$, $Q$, $P$, $g$, $q$, $p$




Charakteristické hodnoty $F_k$: $G_k$, $Q_k$, $P_k$, $g_k$, $q_k$, $p_k$

Návrhové hodnoty obecně $F_d = \gamma_F F_k$

Návrhové hodnoty stálých zatížení: $G_d = \gamma_G G_k$

- proměnných zatížení: $Q_d = \gamma_Q Q_k$ nebo $Q_d = \gamma_Q \psi_i Q_k = \gamma_Q Q_{rep}$

kde $Q_{rep} = \psi_i Q_k$ označuje reprezentativní hodnotu $Q$

# Kombinace zatížení v EN 1990

## EN 1990, 2002

Únosnost:

| | | |
|---|---|---|
| EQU - rovnováha | (6.7) | $E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$ |
| STR, GEO - konstrukce | (6.10) | |
| mimořádné kombinace | (6.11) | $E_d \leq R_d$ |
| FAT - únava | | |

Použitelnost:

| | | |
|---|---|---|
| charakteristická - nevratné | (6.14) | |
| častá - vratné | (6.15) | $E_d \leq C_d$ |
| kvazistálá - dlouhodobé | (6.16) | |

# Kombinace pro mezní stavy únosnosti

- Trvalá a dočasná návrhová situace - základní k.

(A) $$\sum_{j\geq 1}\gamma_{Gj}G_{kj}+\gamma_P P_k+\gamma_{Q1}Q_{k1}+\sum_{i>1}\gamma_{Qi}\psi_{0i}Q_{ki} \quad (6.10)$$

(B) • nebo $$\sum_{j\geq 1}\gamma_{Gj}G_{kj}+\gamma_P P_k+\sum_{i\geq 1}\gamma_{Qi}\psi_{0i}Q_{ki} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j\geq 1}\xi_j\gamma_{Gj}G_{kj}+\gamma_P P_k+\gamma_{Q1}Q_{k1}+\sum_{i>1}\gamma_{Qi}\psi_{0i}Q_{ki} \quad (6.10b)$$

- Mimořádná návrhová situace

$$\sum_{j\geq 1}G_{kj}+P_k+A_d+(\psi_{11}\ nebo\ \psi_{21})Q_{k1}+\sum_{i>1}\psi_{2i}Q_{ki} \quad (6.11b)$$

- Seizmická návrhová situace

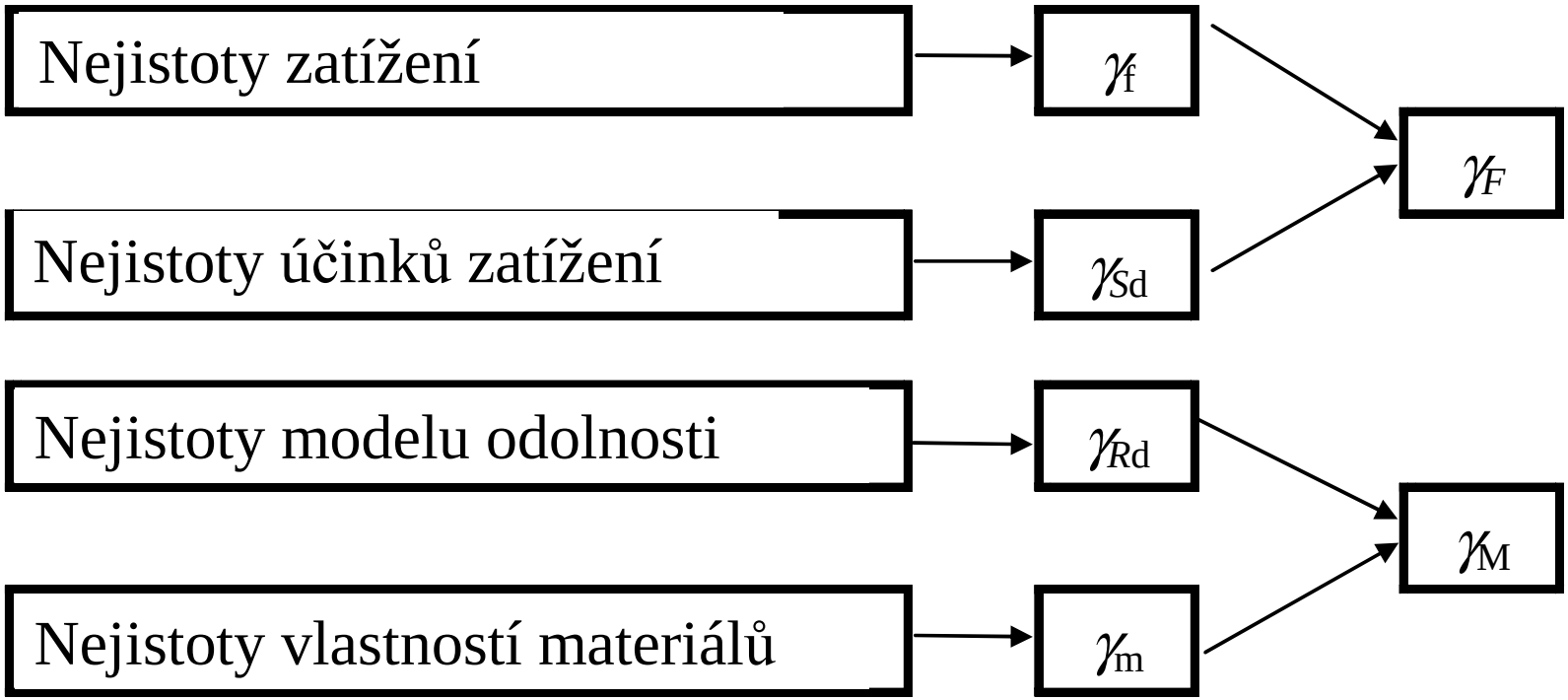
$$\sum_{j\geq 1}G_{kj}+P_k+A_{Ed}+\sum_{i\geq 1}\psi_{2i}Q_{ki} \quad (6.12b)$$

# Součinitele $\gamma_G$ a $\gamma_Q$

EN 1990, 2002, tabulky A.1.2

| Mezní stav | Účinek zatížení | $\gamma_G$ | $\gamma_Q$ |
|---|---|---|---|
| A-EQU | Nepříznivý | 1,10 | 1,50 |
| | Příznivý | 0,90 | 0,00 |
| B-STR/GEO | Nepříznivý | 1,35 | 1,50 |
| | Příznivý | 1,00 | 0,00 |
| C- STR/GEO | Nepříznivý | 1,00 | 1,30 |
| | Příznivý | 1,00 | 0,00 |

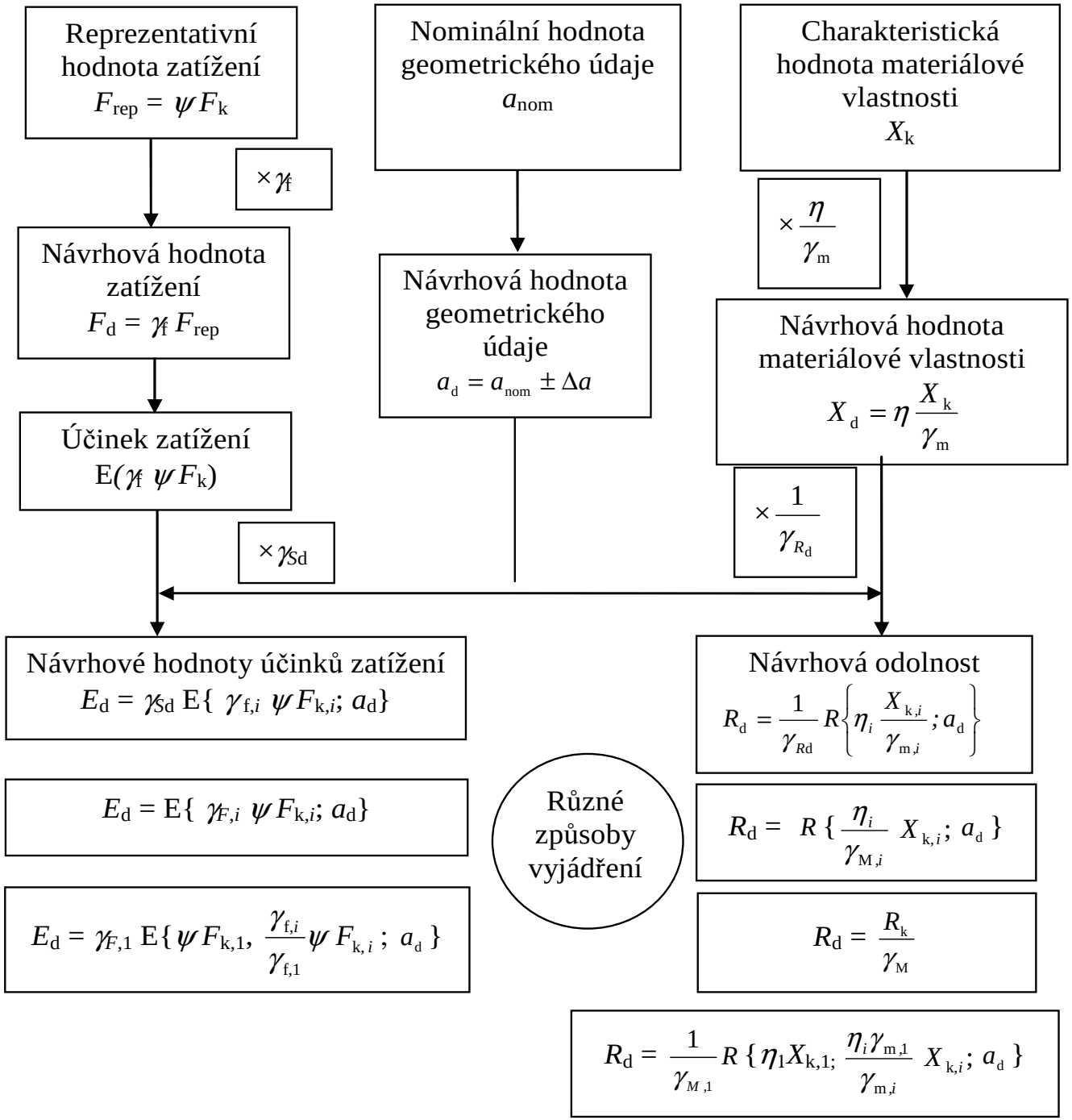
# Dílčí součinitele v EN 1990



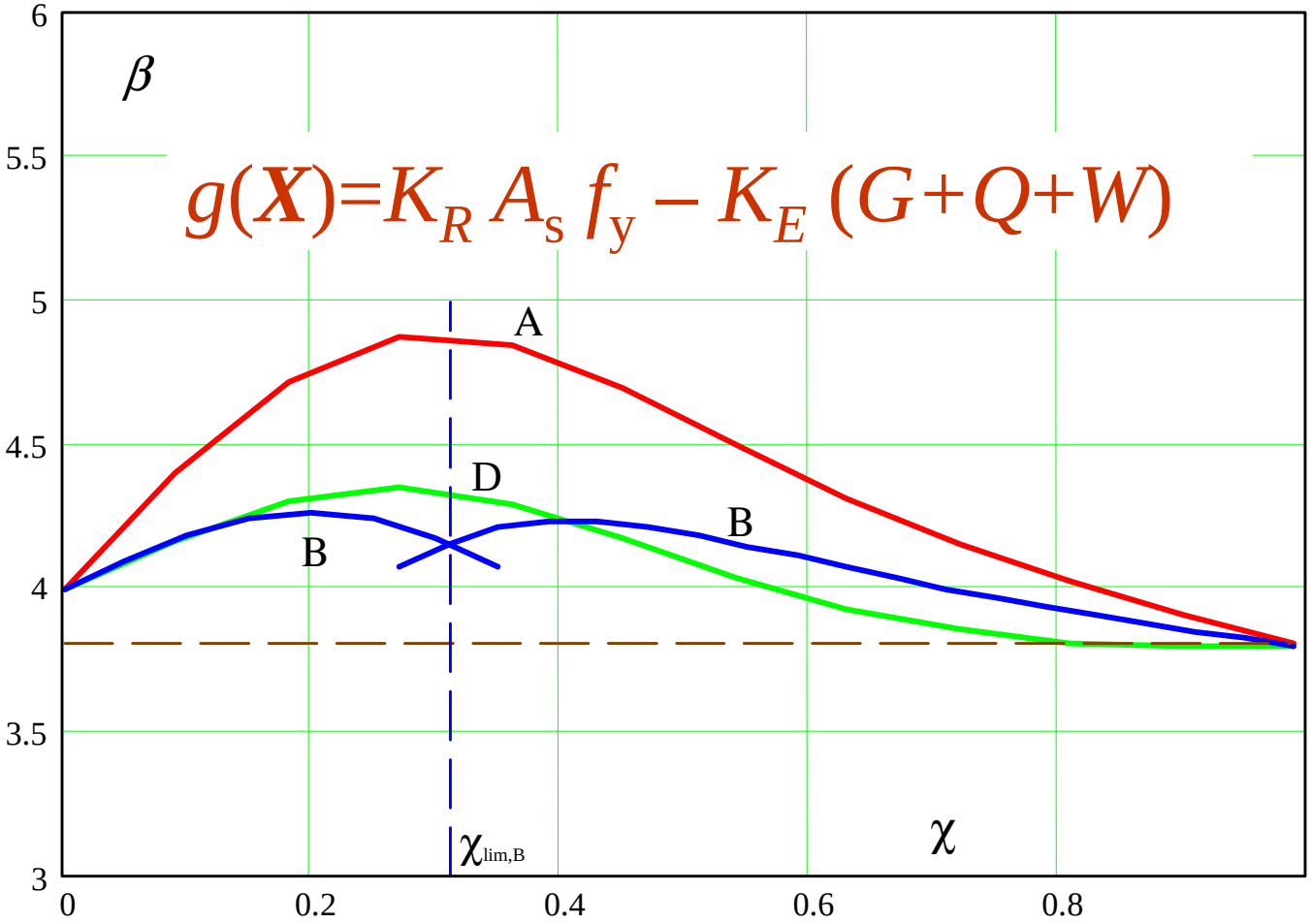

$$\gamma_F = \gamma_f \, \gamma_{Sd}, \quad \gamma_M = \gamma_m \, \gamma_{Rd}$$

Symboly podle obr. C3 v EN 1990

# Přehled dílčích součinitelů



# Spolehlivost ocelového prvku




A, B označují kombinace podle EN 1990 ($\gamma_G$ = 1,35, $\gamma_Q$ = 1,5), D je kombinace A se součinitelem $\gamma_Q$ =1+0,5$\chi$, $\chi = Q_k/(G_k+Q_k)$.

# Kombinace pro mezní stavy použitelnosti

- Charakteristická - trvalé (nevratné) změny

$$\sum_{j\geq 1} G_{\mathrm{k}j} + P_{\mathrm{k}} + Q_{\mathrm{k}1} + \sum_{i>1} \psi_{0i} Q_{\mathrm{k}i} \qquad (6.14)$$

- Častá kombinace - lokální účinky

$$\sum_{j\geq 1} G_{\mathrm{k}j} + P_{\mathrm{k}} + \psi_{11} Q_{\mathrm{k}1} + \sum_{i>1} \psi_{2i} Q_{\mathrm{k}i} \qquad (6.15)$$

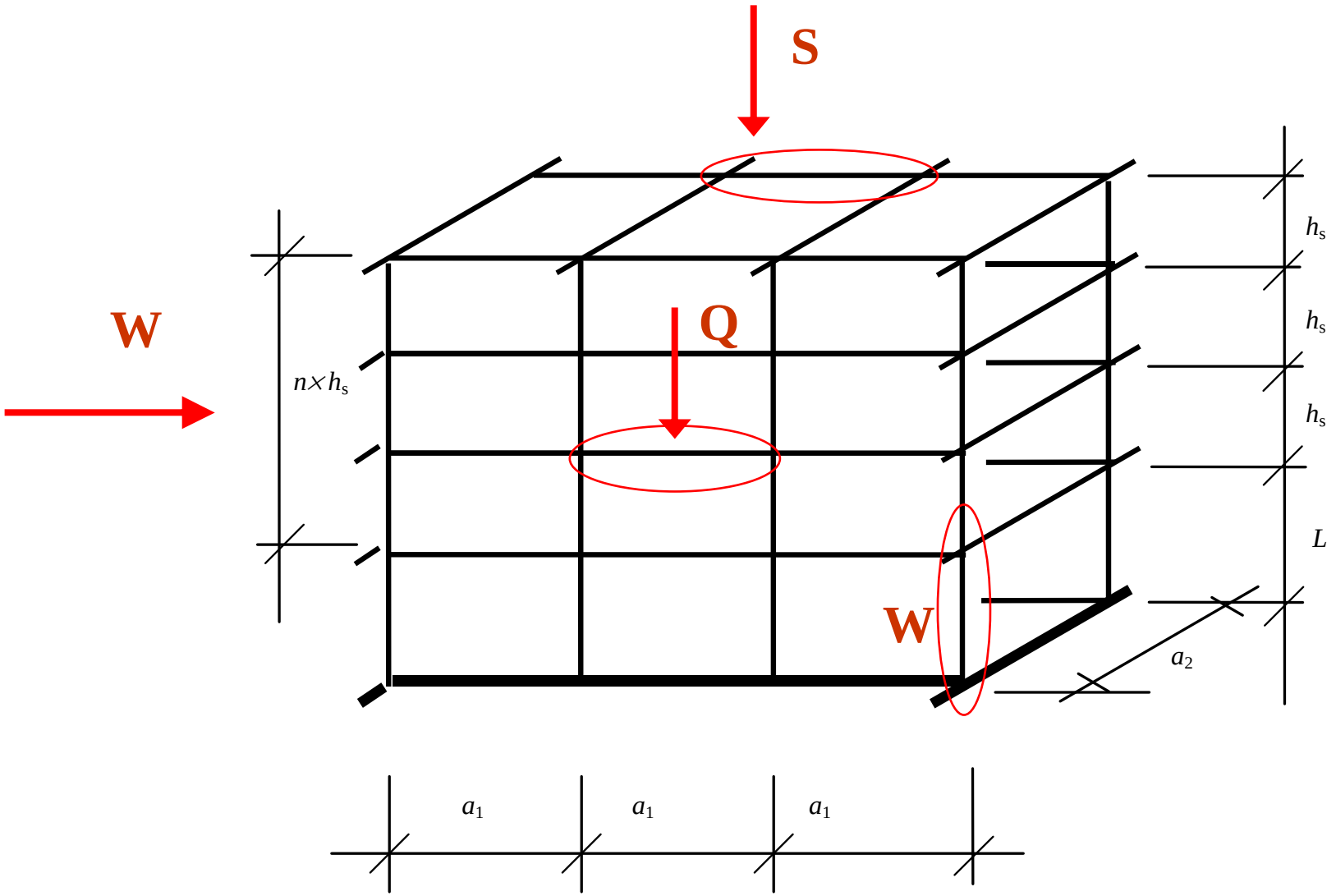
- Kvazistálá kombinace - dlouhodobé účinky

$$\sum_{j\geq 1} G_{\mathrm{k}j} + P_{\mathrm{k}} + \sum_{i\geq 1} \psi_{2i} Q_{\mathrm{k}i} \qquad (6.16)$$

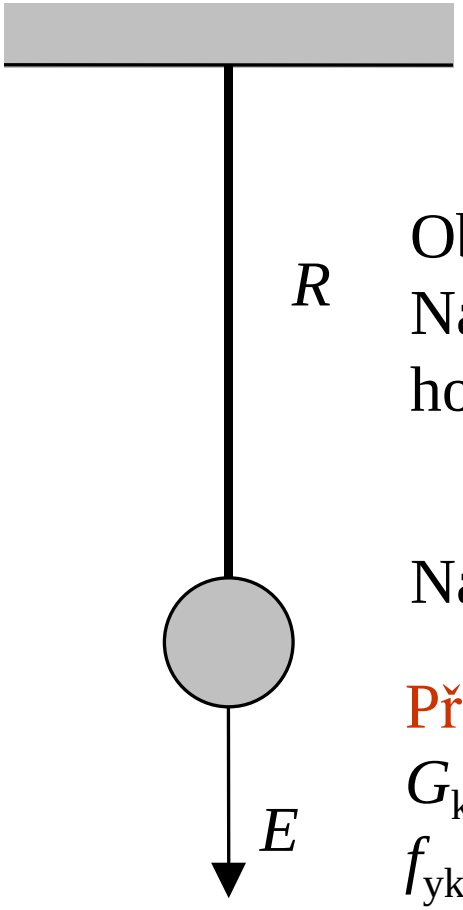
- Občasná kombinace – betonové mosty

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{"+"} P \text{"+"} \psi_{1,\mathrm{infq}} Q_{\mathrm{k},1} \text{"+"} \sum_{i>1} \psi_{1,i} Q_{\mathrm{k,i}} \qquad (\mathrm{A2.1b})$$

# Hlavní zatížení



# Příklad ocelového táhla




| | Účinek zatížení | Odolnost |
|---|---|---|
| Obecně | $E = G + Q$ | $R = A\, f_y$ |
| Návrhové hodnoty | A: $E_d = \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k$ | $R_d = A\, f_{yk} / \gamma_M = A\, f_{yd}$ |
| | B: $E_d > \gamma_G G_k + \psi_0 \gamma_Q Q_k$ | |
| | $> \xi\, \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k$ | |

Návrh plochy $A$ $\quad \boldsymbol{E_d < R_d} \Rightarrow \boldsymbol{A > E_d / f_{yd}}$,

Příklad: $\gamma_G = 1{,}35$ , $\gamma_Q = 1{,}5$, $\xi = 0{,}85$, $\psi_0 = 0{,}7$, $\gamma_M = 1{,}10$

$G_k = 0{,}6$ MN, $Q_k = 0{,}4$ MN, $G_k + Q_k = 1{,}0$ MN

$f_{yk} = 235$ MPa, $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M = 214$ MPa

A: $E_d = 1{,}35 \times 0{,}6 + 1{,}5 \times 0{,}4 = 1{,}41$ MN

B: $E_d = 1{,}35 \times 0{,}6 + 0{,}7 \times 1{,}5 \times 0{,}4 = 1{,}23$ MN

$= 0{,}85 \times 1{,}35 \times 0{,}6 + 1{,}5 \times 0{,}4 = 1{,}29$ MN

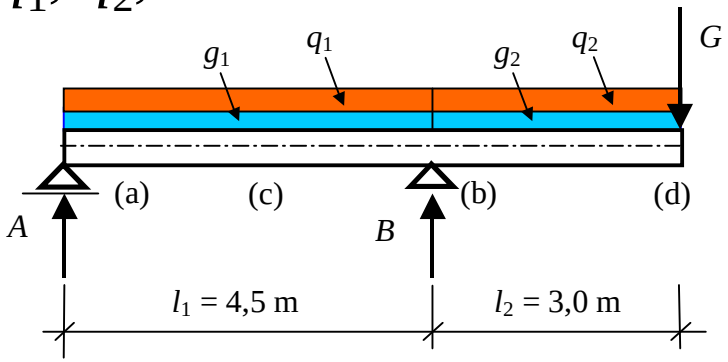
A: $A > 1{,}41/214 = 0{,}0066$ m$^2$

B: $A > 1{,}29/214 = 0{,}0060$ m$^2$

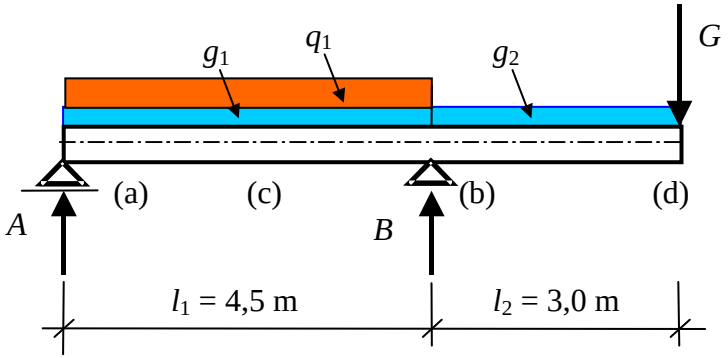
# Konzolový nosník

Zatížení $g_1$, $g_2$, $q_1$, $q_2$, $G$

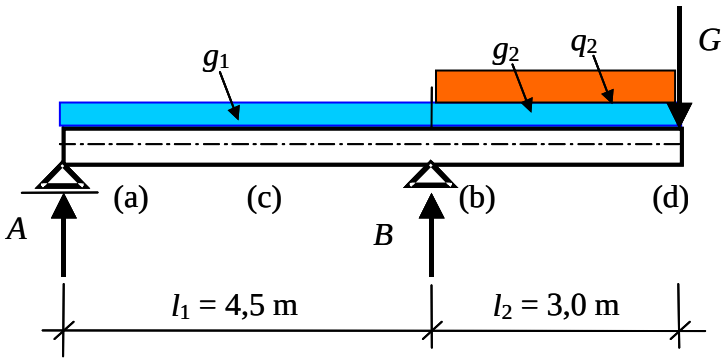
Maximální moment v (b) a reakce $B$



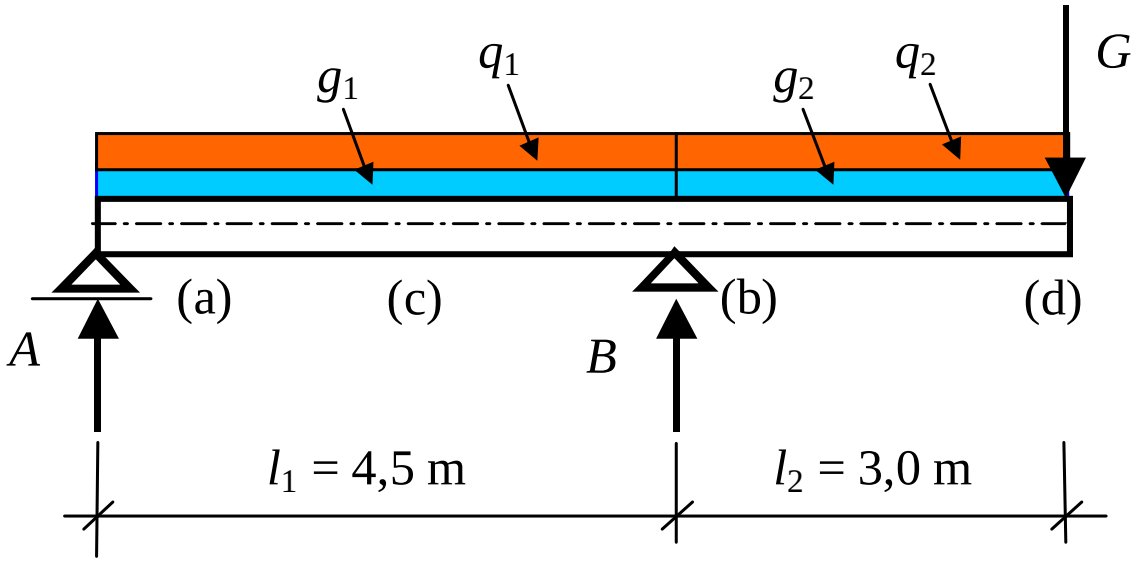

Maximální moment v (c)




Statická rovnováha (minimální reakce $A$)



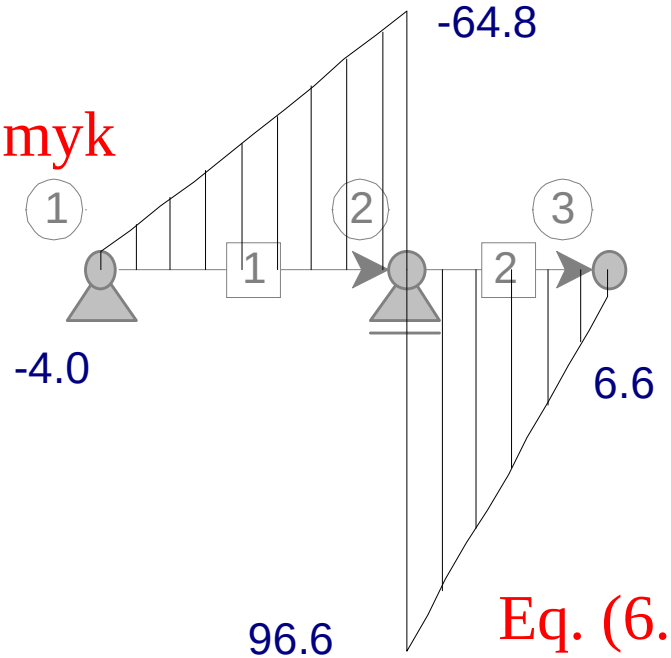
# Kombinace zatížení



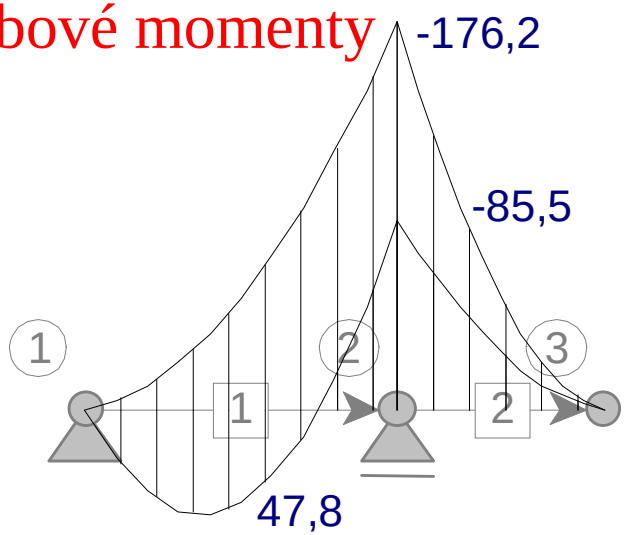

| **Zat. stav** | **Extrém *M* v bodě** | **Mezní stav** | **Součinitele pro zatížení ($\psi \times \gamma$)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $g_1$ | $g_2$ | $q_1$ | $q_2$ | $G$ |
| 1 | - | Rovnováhy (6.7) | 0,9×1,00 | 1,1×1,00 | - | 1,50 | 1,1×1,00 |
| 4 | (c) | Únosnosti (6.10) | 1,35 | 1,00 | 1,50 | - | 1,00 |
| 6 | (c) | Únosnosti (6.10a) | 1,35 | 1,00 | 0,7×1,50 | - | 1,00 |
| 7 | (c) | Únosnosti (6.10b) | 0,85×1,35 | 1,00 | 1,50 | - | 1,00 |
| 12 | - | Použitelnosti (6.14) – nevratné MSP | 1,00 | 1,00 | 1,00 | - | 1,00 |
| 14 | - | Použitelnosti (6.16) – dlouhodobé účinky | 1,00 | 1,00 | 0,3×1,00 | - | 1,00 |

# Účinek zatížení

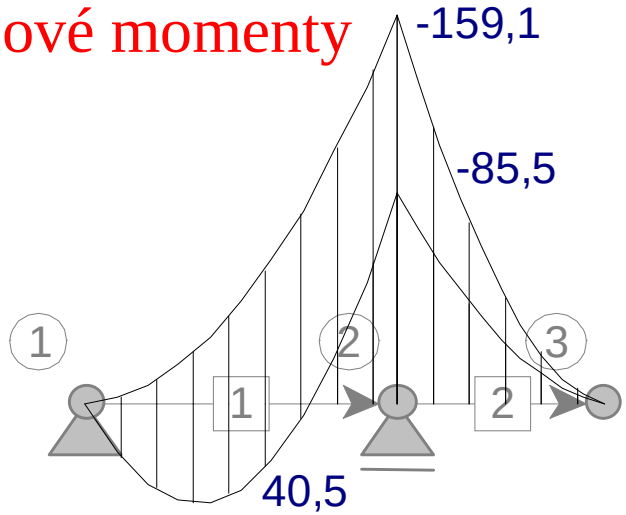
Eq(6.7) - smyk



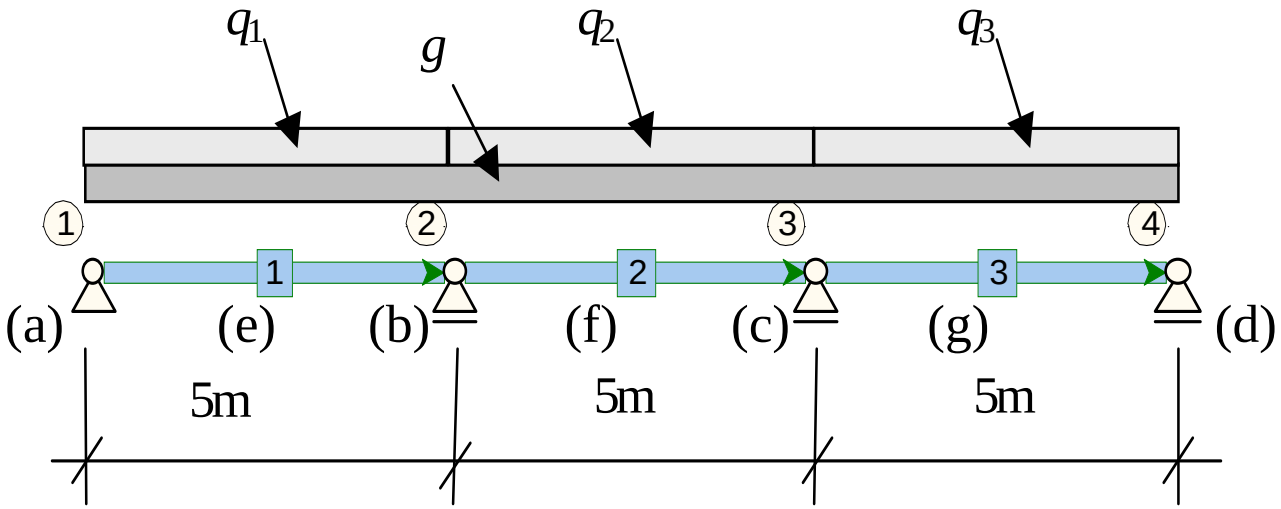

Eq. (6.10)
ohybové momenty




Eq. (6.10a) a (6.10b)
ohybové momenty



# Spojitý nosník - únosnost



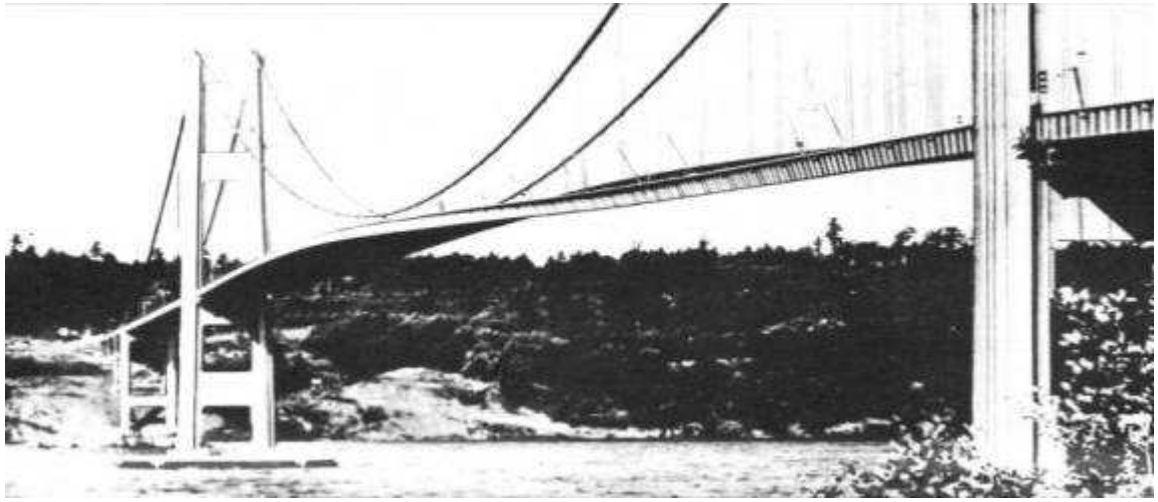

| Zat. stav | Extrém *M* v bodě | Mezní stav | Součinitele pro zatížení ($\psi \times \gamma$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $g$ | $q_1$ | $q_2$ | $q_3$ |
| 1 | (e) | Únosnosti (6.10) | 1,35 | 1,50 | - | 1,50 |
| 2 | (f) | Únosnosti (6.10) | 1,35 | - | 1,50 | - |
| 3 | (b) | Únosnosti (6.10) | 1,35 | 1,50 | 1,50 | - |
| 5 | (b) | Únosnosti (6.10a) | 1,35 | 0,7×1,50 | 0,7×1,50 | - |
| 6 | (b) | Únosnosti (6.10b) | 0,85×1,35 | 1,50 | 1,50 | - |
| 11 | (f) | Únosnosti (6.10a) | 1,35 | - | 0,7×1,50 | - |
| 12 | (f) | Únosnosti (6.10b) | 0,85×1,35 | - | 1,50 | - |
| 14 | - | Použitelnosti (6.14) | 1,00 | 1,00 | - | 1,00 |
| 15 | - | Použitelnosti (6.14) | 1,00 | - | 1,00 | - |
| 16 | - | Použitelnosti (6.16) | 1,00 | 0,3×1,00 | - | 0,3×1,00 |
| 17 | - | Použitelnosti (6.16) | 1,00 | - | 0,3×1,00 | - |

# Původ a příčiny poruch

| Návrh | Provádění. | Provoz | Ostatní |
|---|---|---|---|
| 20 % | 50 % | 15 % | 15 % |

| Lidské chyby | Zatížení |
|---|---|
| 80 % | 20 % |

Lidské chyby lze omezit kontrolou jakosti



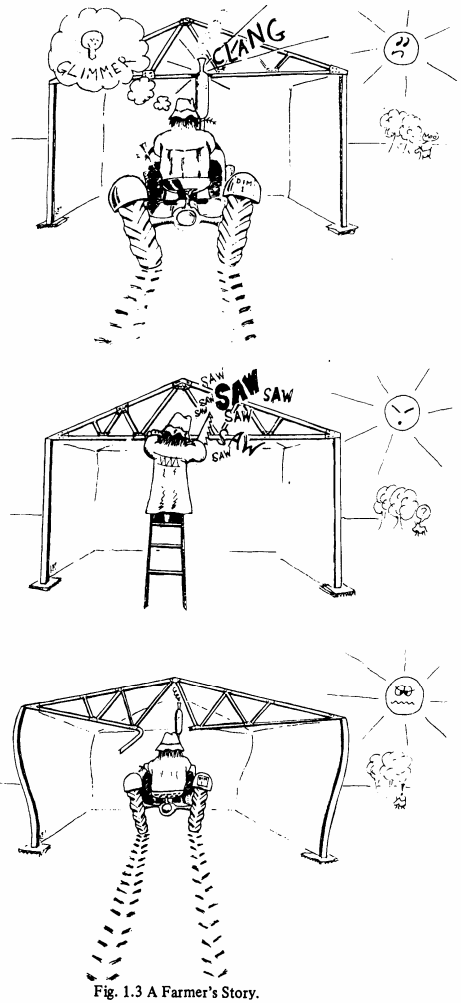


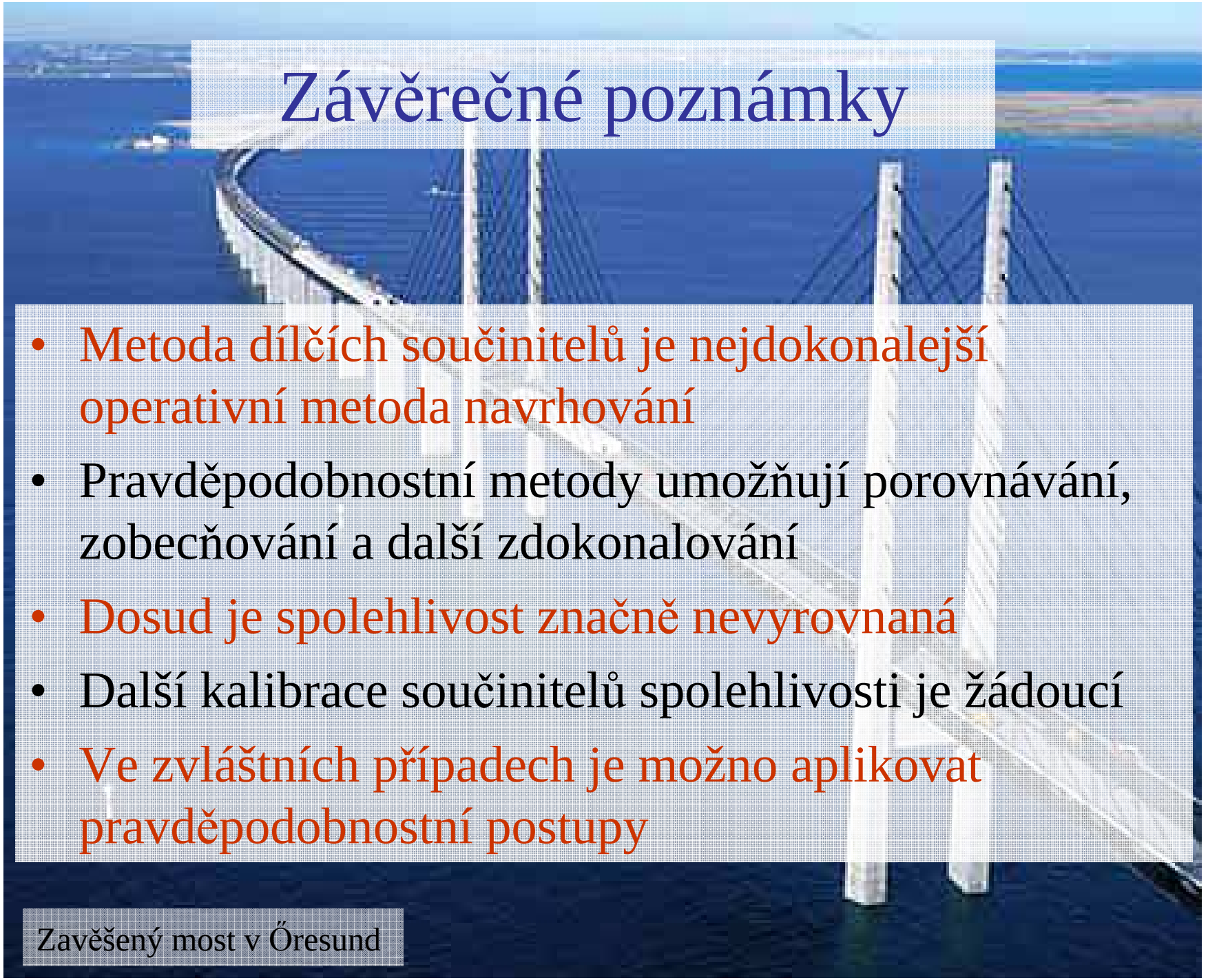

Fig. 1.3 A Farmer's Story.

# Poznámky k tvorbě Eurokódů

- Tvorba Eurokódů dosáhla značných úspěchů a uznání i v mimoevropských zemích
- Zanedlouho budou členské země CEN navrhovat konstrukce podle jednotné metodiky
- Zamýšlený vysoký stupeň sjednocení alternativních postupů se však zatím nepodařilo dosáhnout
- Eurokódy se postupně stanou platnými českými předpisy a současné normy ČSN se budou rušit
- V ČR lze očekávat zvýšení spolehlivosti a trvanlivosti konstrukcí, ale i zvýšení spotřeby materiálu
- Očekává se další zdokonalování Eurokódů i žádoucí sjednocování dosud alternativních postupů

# Závěrečné poznámky

- Metoda dílčích součinitelů je nejdokonalejší operativní metoda navrhování
- Pravděpodobnostní metody umožňují porovnávání, zobecňování a další zdokonalování
- Dosud je spolehlivost značně nevyrovnaná
- Další kalibrace součinitelů spolehlivosti je žádoucí
- Ve zvláštních případech je možno aplikovat pravděpodobnostní postupy



Zavěšený most v Őresund