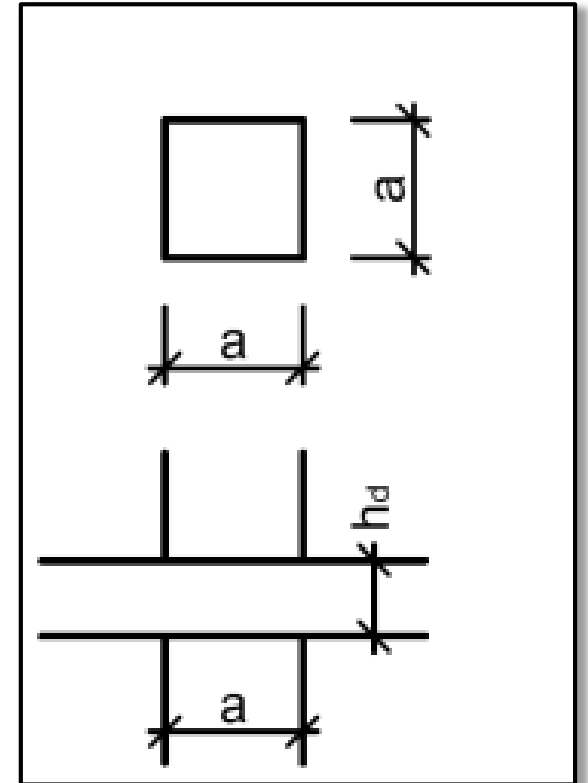


BZKQ Část beton – 10. cvičení

Úkol 5 – Ztužující ŽB stěny

Lokálně podepřená deska

Vysvětlete charakter porušení, ke kterému by při přetížení mohlo dojít v oblasti kontrolního obvodu u_1 + zakreslete porušení do obrázku (v půdorysu i řezu).

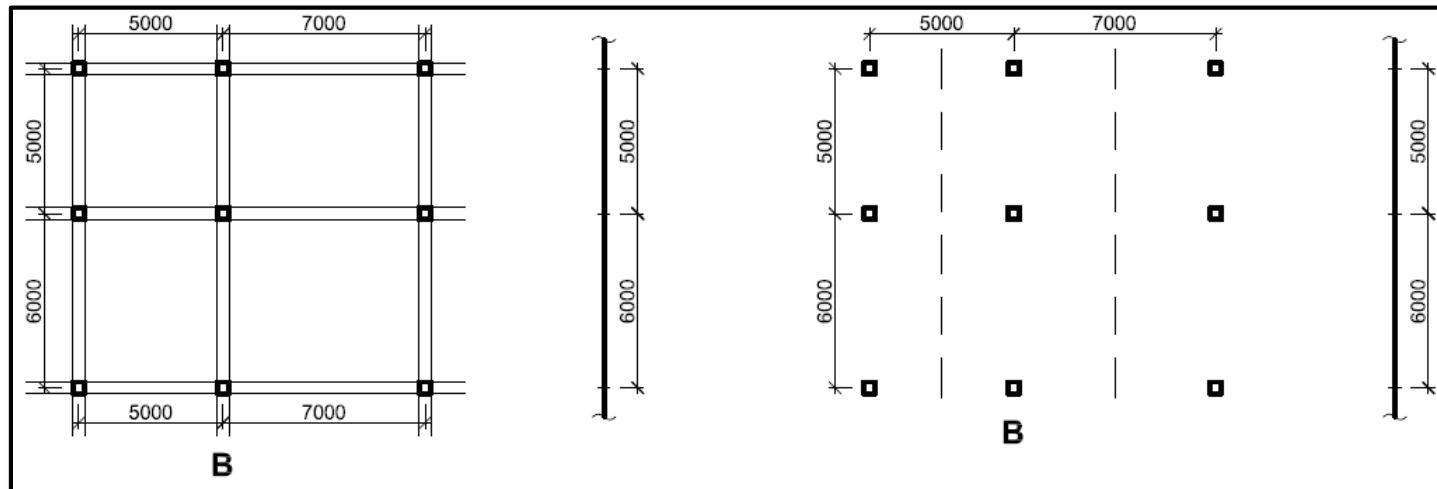


Zatížení

Stropní desky zatíženy rovnoměrným zatížením. Konstrukční systém je tvořen:

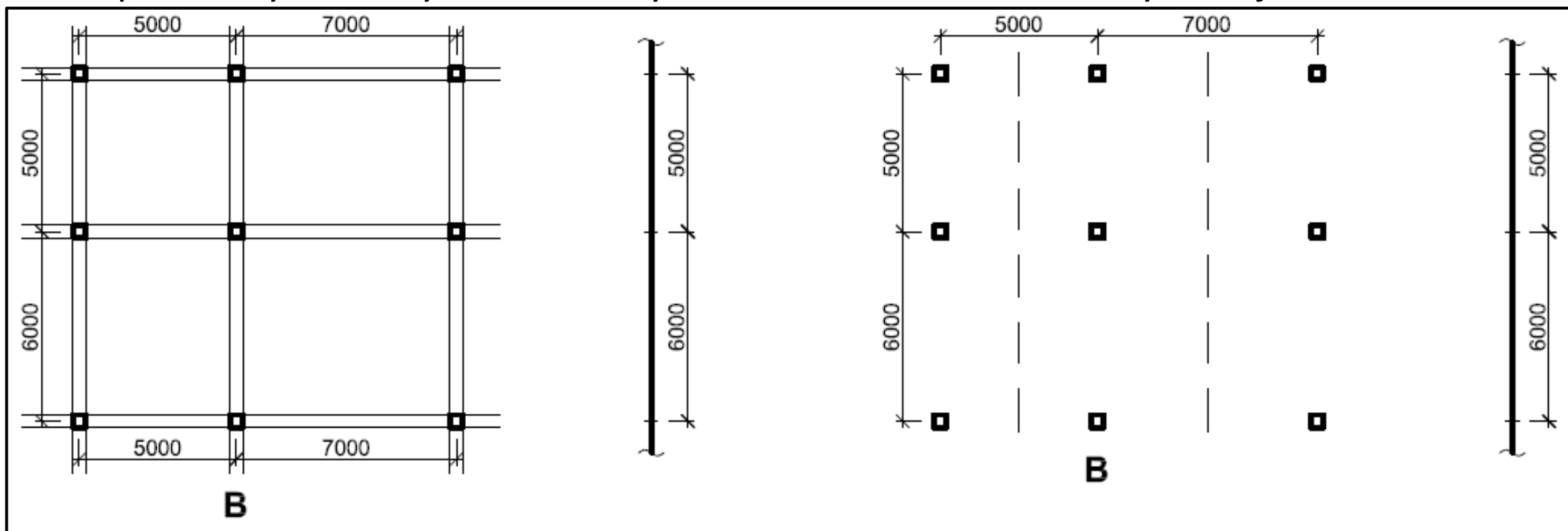
- a) obousměrnými rámy s tuhými průvlaky (nepoddajné podpory spojitě desky)
- b) lokálně podepřenými deskami

Celková návrhová hodnota zatížení $f_d = 16,0 \text{ kN/m}^2$. Nakreslete schéma zatížení řešených ráků a vyčíslete hodnoty pro průvlak v řadě B a pruh v řadě B.



Zatížení

Stropní desky zatíženy rovnoměrným zatížením. Konstrukční systém je tvořen:



Ztužující stěna

Spočtěte a vykreslete průběh normálového napětí v patní spáře ŽB stěny:

- 1) od účinků svislého zatížení - síla N (zadaná včetně vlastní tíhy)
- 2) od účinku vodorovného zatížení - síly F
- 3) od kombinace svislého a vodorovného zatížení

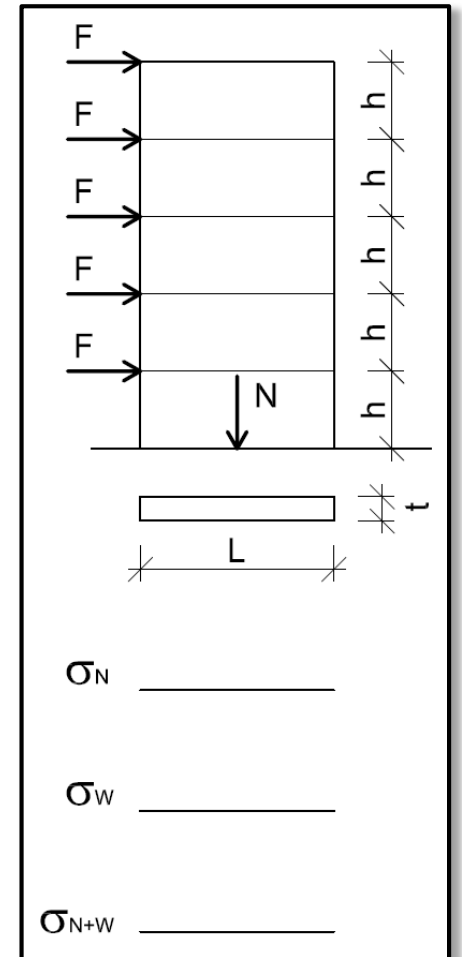
$$L = 6,0 \text{ m}$$

$$t = 0,25 \text{ m}$$

$$h = 4,8 \text{ m}$$

$$N = 10500 \text{ kN}$$

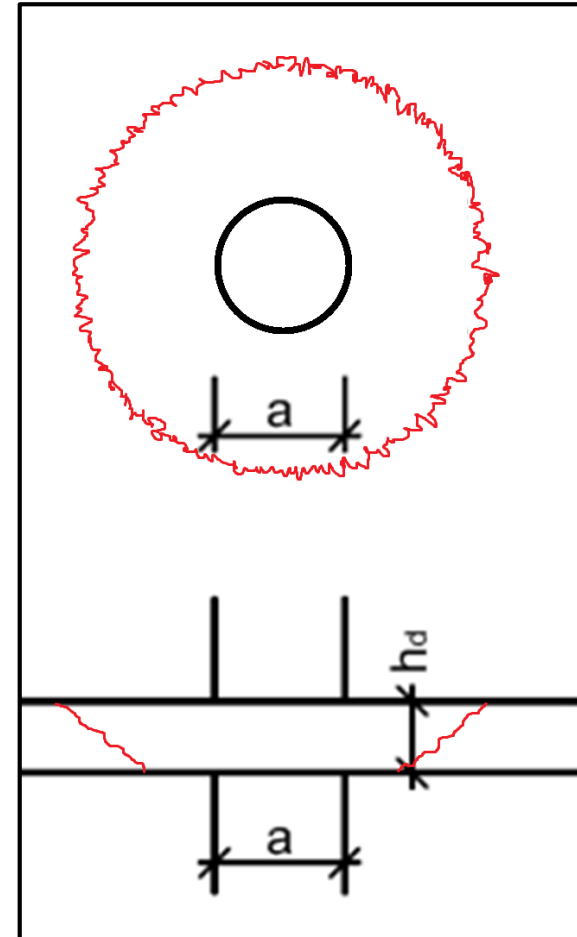
$$F = 90 \text{ kN}$$



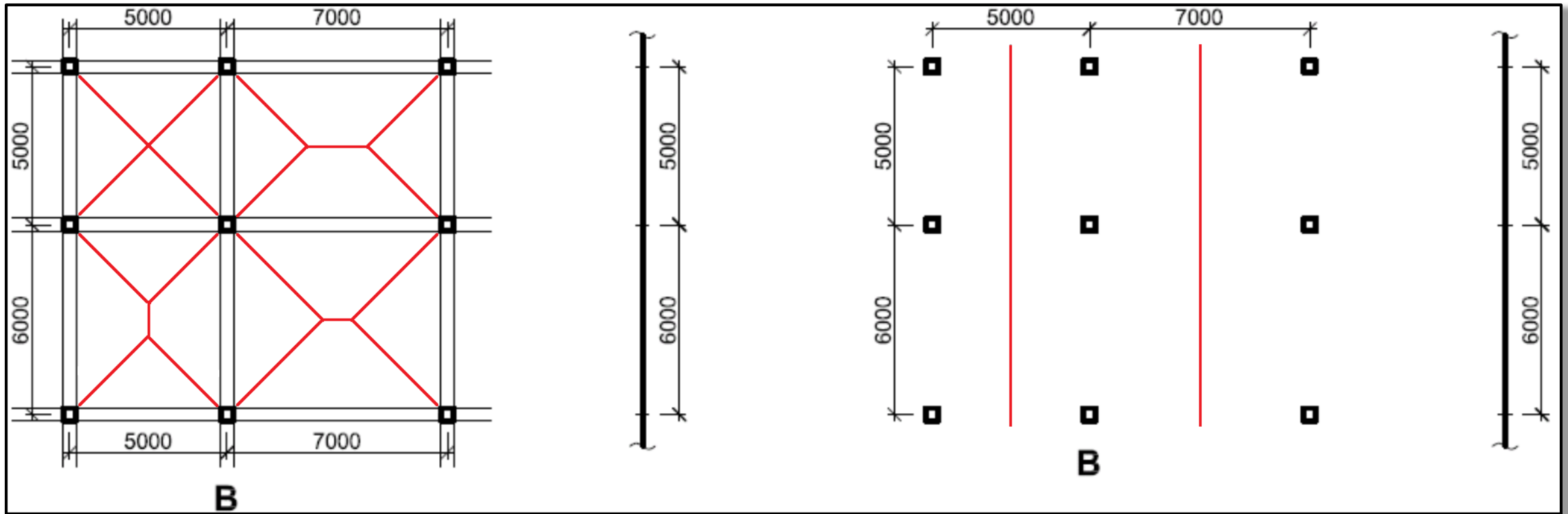
Lokálně podepřená deska

Charakter porušení:

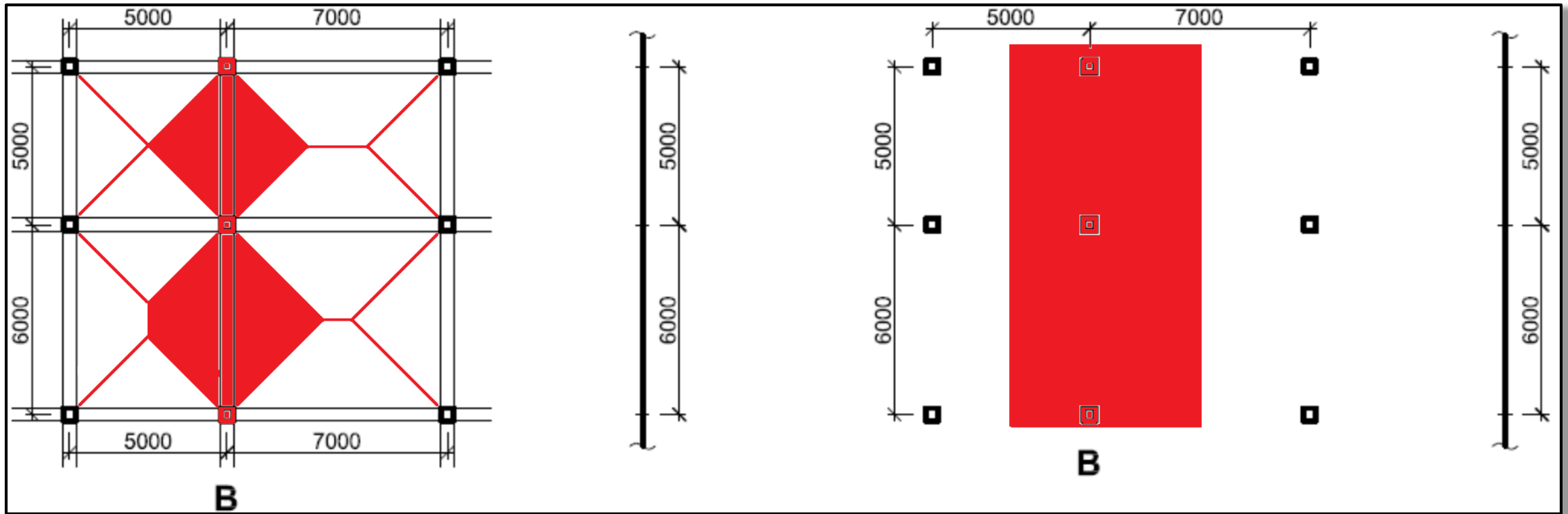
Porušení betonu a výztuže (podélné a na protlačení).



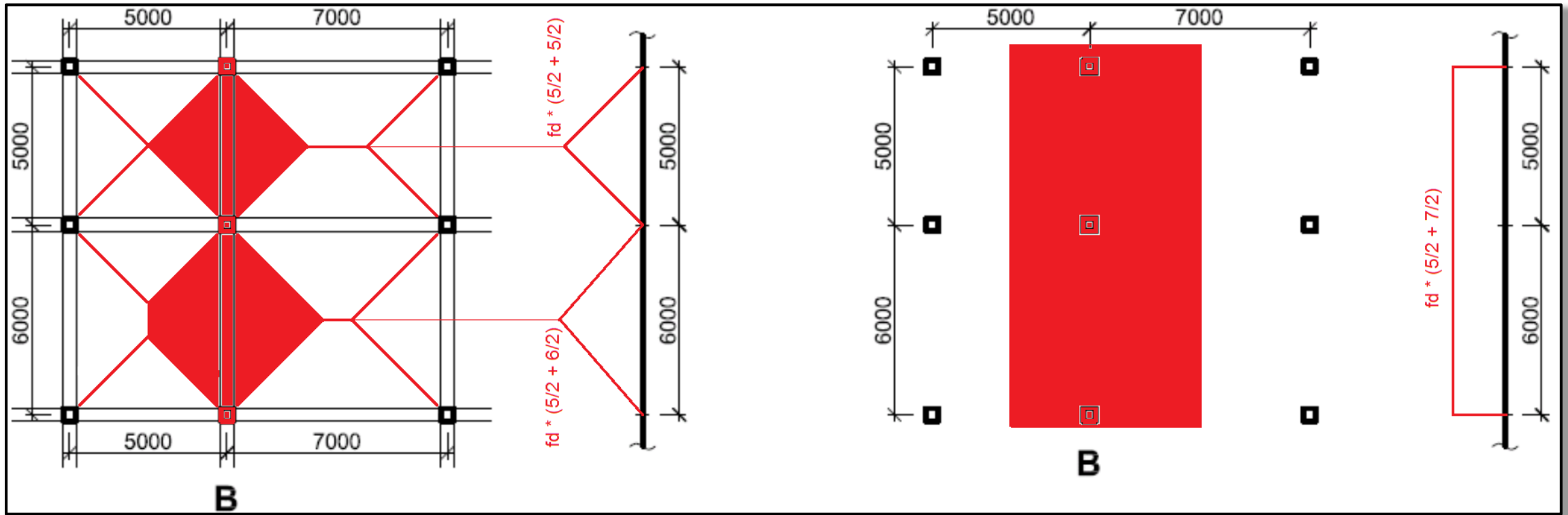
Zatížení



Zatížení



Zatížení



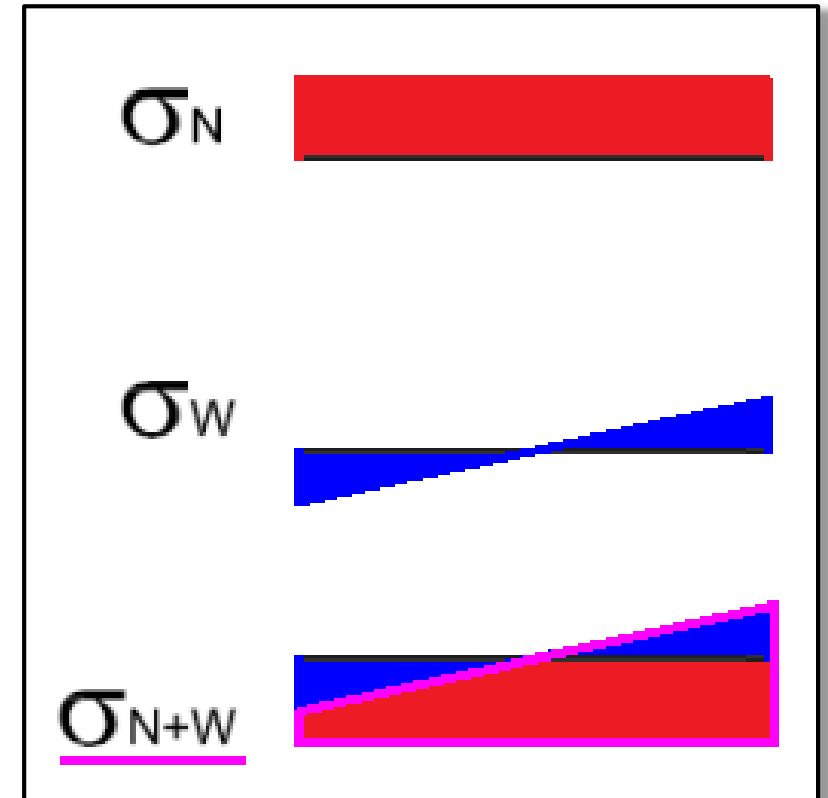
Ztužující stěna

$$\begin{aligned}\sigma_N &= N / (L * t) \quad (\text{napětí na plochu}) \\ &= 10,5 / (6 * 0,25) \\ &= - 7 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_W &= M/W \quad (\text{moment na průřez. modul}) \\ &= (F * h + F * 2h + \dots + F * 5h) / ((1/6) * t * L^2) \\ &= +/- 4,32 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{N+W} = - 7 +/- 4,32$$

$$\sigma_{N+W} = 2,68 \text{ MPa až } 11,32 \text{ MPa}$$



Zadání 5. úkolu

Navrhnout **počet** a **rozmístění ztužujících stěn** v podélném směru pro budovu ze 3. úlohy.

Náplň 10. cvičení

- I. Zatížení – svislé + vítr
- II. Kombinace zatěžovacích stavů
- III. Návrh ztužujících stěn
- IV. Namáhání ztužujících stěn (napětí v patní spáře)
- V. Posouzení napětí v patě stěny
- VI. Návrh výztuže
- VII. Posouzení výztuže
- VIII. Skica výztuže

Zatížení větrem

Ve cvičení pouze zjednodušený postup:

základní dynamický tlak větru }
součinitel expozice } hodnota zatížení větrem [kN/m²]
součinitel vnějšího tlaku }

Pro přesnější hodnoty (a přibližnou kontrolu) je možné použít <https://www.fine.cz/vypocty-statiky/zatizeni/>.

Ve cvičení

základní

součinnosti

součinnosti

Pro přehled

<https://www.cad.cz>



m [kN/m²]

užit

1) Základní dynamický tlak větru

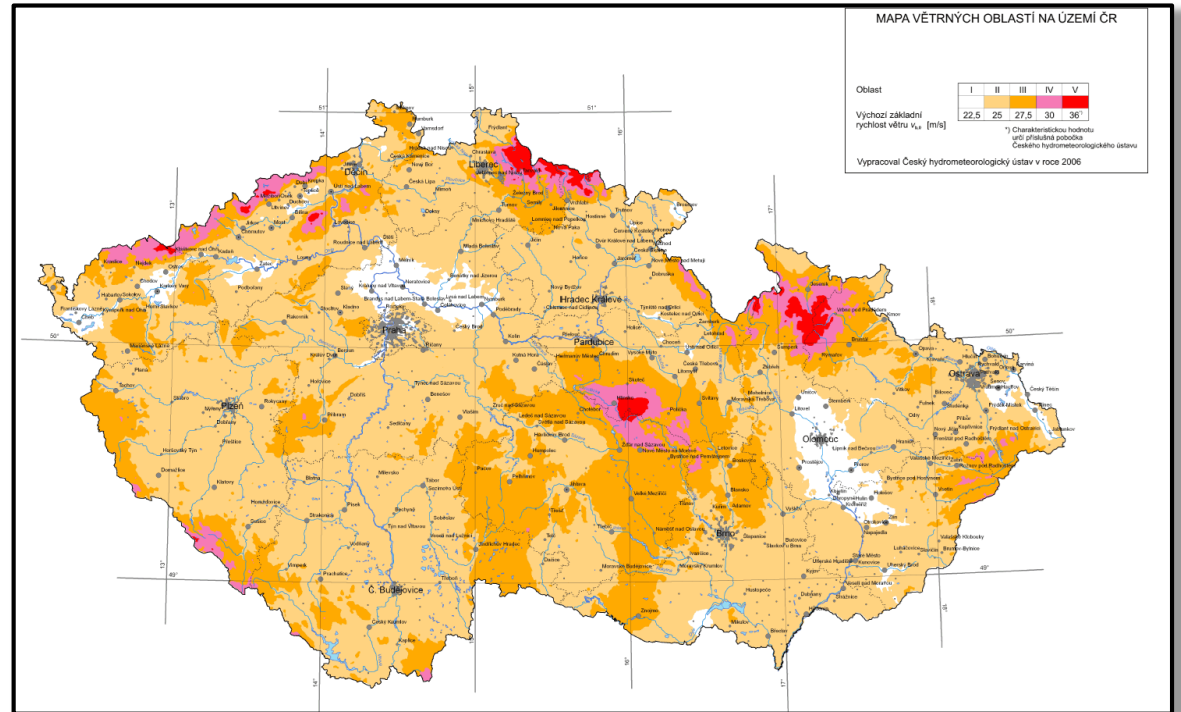
$$q_b = \frac{1}{2} \rho_v v_b^2$$

ρ_v je hustota vzduchu (uvažujeme 1,25 kg/m³)

v_b je základní rychlost větru (určíme z mapy podle větrné oblasti)

1) Základní dynamický tlak větru

V mapě je uvedeno $v_{b,0}$.
Pro naše podmínky platí, že $v_b = v_{b,0}$.



Interaktivní mapa:

[https://www.dlubal.com/cs/reseni/online-sluzby/oblasti-zatizeni-snehem-
vetrem-a-zemetresenim](https://www.dlubal.com/cs/reseni/online-sluzby/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim)

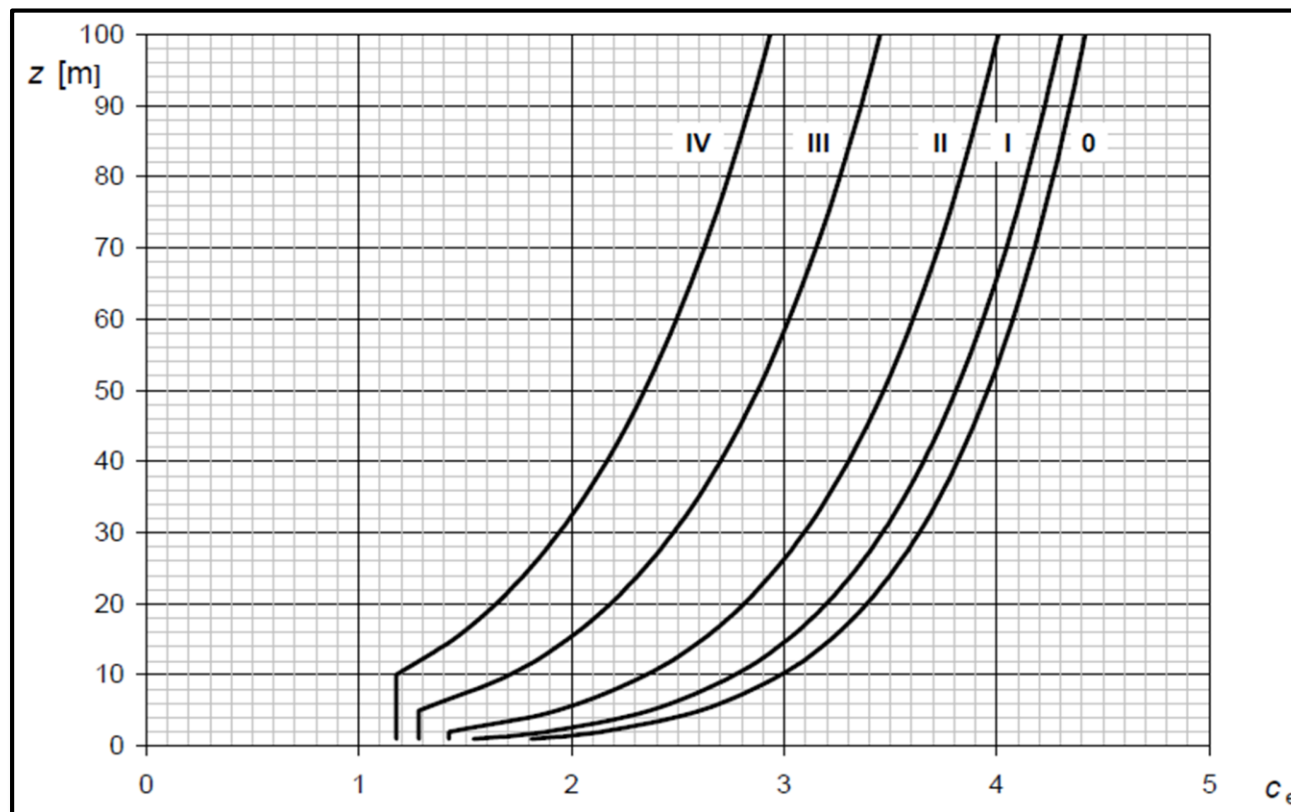
2) Součinitel expozice

Součinitel $c_e(z)$ určíme z grafu podle kategorie terénu a referenční výšky budovy.

Kategorie terénu je zadána.

Referenční výšku uvažujte shodnou s výškou budovy.

Uvažujte konstantní velikost součinitele po výšce budovy.



3) Součinitel vnějšího tlaku

Běžně se určuje **zvláště pro různé oblasti** budovy – podle polohy (na kraji, uprostřed) a strany (návětrná, závětrná, podélná).

Ve cvičení budeme uvažovat

$$C_{pe} = 1,3$$

(tlak 0,8 na návětrné straně + sání 0,5 na závětrné straně budovy).

4) Hodnota zatížení větrem

Charakteristická hodnota zatížení větrem (ZSW1):

$$w_k = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_{pe}$$

Návrhová hodnota zatížení větrem (ZSW2):

$$w_d = \gamma_Q \cdot w_k$$

(dílčí součinitel bezpečnosti pro proměnné zatížení $\gamma_Q = 1,5$)

5) Svislé zatížení – zatěžovací stavy (ZSS)

Určete a uveďte:

- 1) **charakteristickou** hodnotu zatížení od vlastní tíhy **desky**
- 2) **charakteristickou** hodnotu zatížení od vlastní tíhy **stěny** z úlohy 4
- 3) **návrhovou** hodnotu zatížení **střešní desky** (včetně zatížení ostatního stálého a proměnného zatížení)
- 4) **návrhovou** hodnotu zatížení **stropní desky** (včetně zatížení ostatního stálého a proměnného zatížení)
- 5) **návrhovou** hodnotu zatížení od vlastní tíhy **stěny** z úlohy 4

Plošné zatížení desek (střešní, stropní) – hodnoty převezměte z úlohy 3.

Kombinace zatěžovacích stavů

KZS1 – charakteristické zatížení větrem + minimální svislé zatížení.

KZS2 – návrhové zatížení větrem + maximální svislé zatížení

$$KZS1 = ZSW1 + (ZSS1 + ZSS2)$$

$$KZS2 = ZSW2 + (ZSS3 + ZSS4 + ZSS5)$$

Návrh ztužujících stěn

Nejprve uvažujeme ztužení pouze stěnami navrženými ve 4. úloze (pro podepření schodiště).

Pokud stěny konstrukce nevyhoví (na KZS1), provedeme úpravy (prodloužení, přidání dalších ztužujících stěn).

Modelování stěn

Ztužující stěny budeme modelovat jako **konzoly vetknuté do základů**.

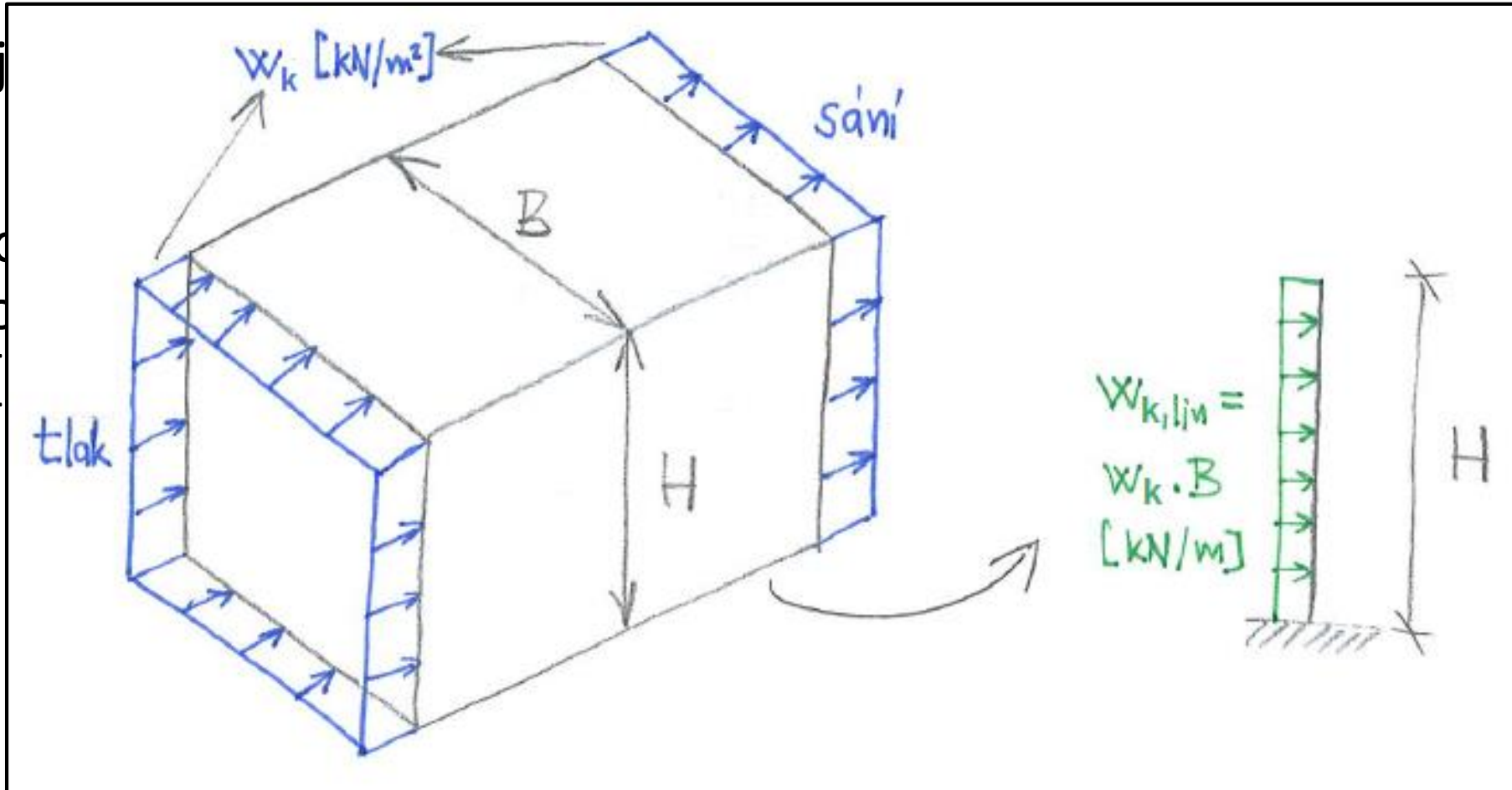
Hodnoty w_k a w_d **přenásobíme šířkou budovy**, abychom získali liniové hodnoty celkového zatížení působícího na všechny ztužující stěny $w_{k,lin}$ a $w_{d,lin}$ [kN/m].

Modelování stěny

Ztužuj

Hodno
hodno

$w_{d,lin}$ [



odů.

lové

$w_{k,lin}$ a

Namáhání ztužujících stěn

Stěny jsou namáhány **tlakem** (normálová síla) od svislého zatížení a **ohybem** (ohybový moment) od větru.

Tyto namáhání vyvozují v patní spáře **napětí**, které je nutné posoudit.

Normálová síla od svislého zatížení

Pro každou stěnu stanovíme:

- 1) zatěžovací plochu stěny (plocha, ze které se zatížení desky přenáší do stěny)
- 2) síly přenášené z desek (střešní a stropní) do stěny v jednotlivých patrech
- 3) sílu v patě stěny od její vlastní tíhy
- 4) celkovou reakci v patě stěn (R)

Pro každou stěnu stanovíme R_k pro (ZSS1 + ZSS2) a R_d pro (ZSS3 + ZSS4 + ZSS5).

Ohybový moment od zatížení větrem

Celkové zatížení větrem působící na budovu (w_{lin}) se rozdělí na jednotlivé svislé konstrukce v poměru jejich ohybových tuhostí (EI).

Pro jednoduchost zanedbejte sloupy a stěny kolmé na vyšetřovaný směr*.

Všechny stěny stejné \rightarrow každá stěna přenesse *(celkové zatížení)/n*.

Stěny různé \rightarrow zatížení jednotlivých stěn určit dle poměrů jejich EI .

* Ohybová tuhost sloupů a stěny kolmých na vyšetřovaný směr je mnohonásobně menší než ohybová tuhost stěn podélných. Proto je možné tyto konstrukce zanedbat. Jejich zanedbání je na straně bezpečné

Ohybový moment od zatížení větrem

Uvažujeme všechny stěny v podélném směru stejné (stejně tloušťky t a délky L). Počet stěn je n .

Celkový moment od zatížení větrem v patě ztužujících stěn (H je výška budovy):

$$M_w = \frac{1}{2} w_{lin} H^2$$

Moment od zatížení větrem v patě ztužující stěny:

$$M_{w,1} = \frac{1}{n} M_w$$

Ohybový moment od zatížení větrem

Pro každou stěnu stanovíme $M_{w,1,k}$ pro (ZSW1) a $M_{w,1,d}$ pro (ZSW2).

Napětí v patě ztužujících stěn

Normálové napětí v patní spáře je způsobeno:

- 1) normálovou silou od svislého zatížení
- 2) ohybovým momentem od větru

1) Napětí od normálové síly

Napětí od svislého zatížení v patě dané stěny je:

$$\sigma_N = \frac{R_i}{A_i}$$

R_i je celková reakce v patě stěny

A_i je průřezová plocha této stěny v patě ($A_i = t * L$)

Pro každou stěnu stanovíme $\sigma_{N,k}$ pro (ZSS1 + ZSS2) a $\sigma_{N,d}$ pro (ZSS3 + ZSS4 + ZSS5).

2) Napětí od ohybového momentu

Napětí od svislého zatížení v patě dané stěny je:

$$\sigma_w = \frac{M_{w,1}}{W}$$

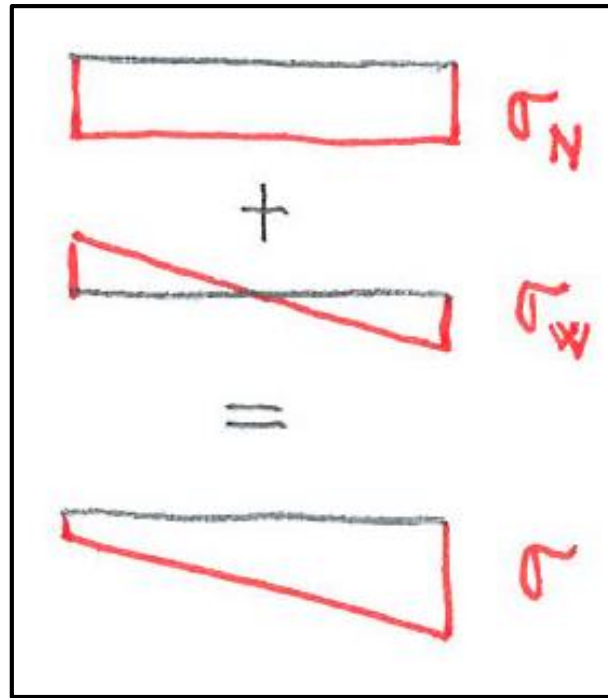
$M_{w,1}$ je moment od zatížení větrem v patě ztužující stěny

W je průřezový modul stěny ($W = (1/6) * t * L^2$)

Pro každou stěnu stanovíme $\sigma_{w,k}$ pro (ZSW1) a $\sigma_{w,d}$ pro (ZSW2).

Výsledné napětí v patní spáře

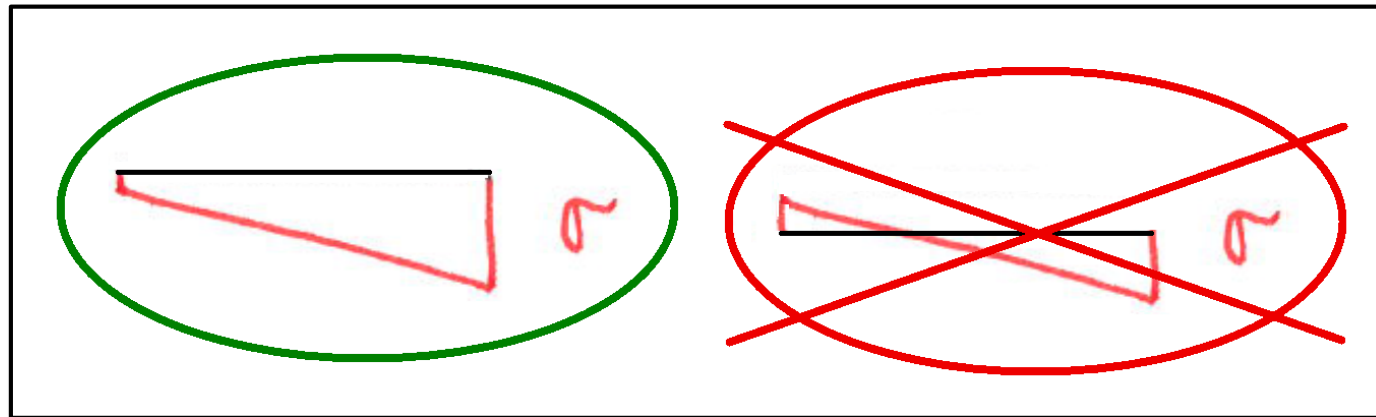
Výsledné napětí v patě ztužující stěny je součtem napětí σ_N a σ_w .



Pro každou stěnu stanovíme σ_k pro (KZS1) a σ_d pro (KZS2).

Posouzení napětí v patní spáře stěny

V zatěžovacím stavu **KZS1 nesmí** v žádném místě patní spáry **nevznikat tahová napětí.**



Pokud v patní spáře stěny **vznikne** pro KZS1 tahové napětí → **změníme návrh** (zvětšíme počet stěn nebo změníme jejich geometrii) a **výpočet opakujeme.**

Návrh výztuže

Pro vybranou stěnu navrhne výztuž.

- Svislá výztuž
- Vodorovná výztuž
- Příčná výztuž (spony)

Pro návrh výztuže budeme uvažovat **KZS2** – tedy σ_d .

Konstrukční výztuž

Nejprve v celé ploše navrhujeme konstrukční výztuž.

Svislá výztuž

Min. plocha výztuže (ke každému povrchu polovinu $A_{s,min}$)	$\geq 0,002 A_c$
Max.plocha výztuže (mimo přesah)	$0,04 A_c$
Osová vzdálenost	$\leq 3 t$ ($t \dots$ tloušťka stěny) $\leq 400\text{mm}$

Vodorovná výztuž

Min. plocha	25% plochy svislé výztuže $\geq 0,001 A_c$
Osová vzdálenost	$\leq 400\text{mm}$

Příčná výztuž = spony; jsou předepsané,
pokud plocha svislé výztuže je větší než: $0,02 A_c$

Svislá:

$\emptyset X \text{ à } Y \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = Z \text{ mm}^2/\text{m}'$)

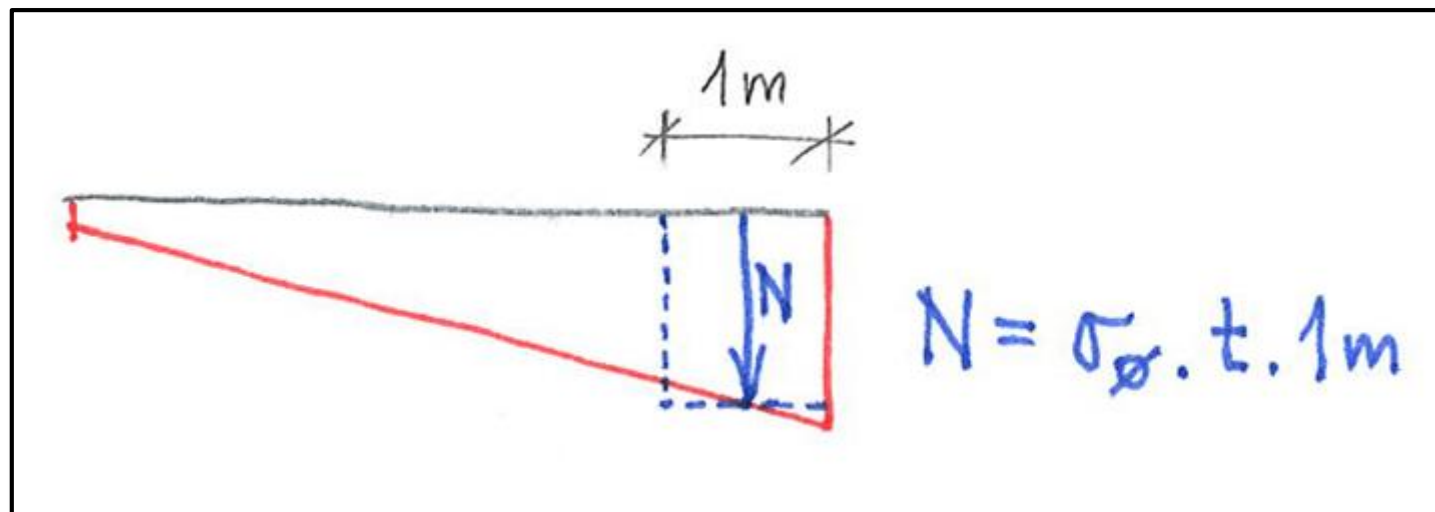
Vodorovná:

$\emptyset X \text{ à } Y \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = Z \text{ mm}^2/\text{m}'$)

Stanovení sil pro návrh výztuže

Pro stanovený průběh napětí σ_d budeme postupovat „**segmentovou metodou**“.

- 1) Stěnu **rozdělíme na jednotlivé části** (segmenty) – volíme 1 m.
- 2) V každé části určíme **průměrné napětí**, a z něj **normálovou sílu N_{Ed}** .



Návrh výztuže

Na sílu N_{Ed} navrhujeme **potřebnou plochu svislé výztuže**. Pro návrh (zjednodušeně) použijeme pouze návrh z **podmínku dostředného tlaku**.

$$A_{s,req,2} = \frac{N_{Ed} - 0,8A_c f_{cd}}{\sigma_s} \quad \sigma_s = 400 \text{ MPa}$$

Výztuž navrhujeme s **určitou rezervou** (cca 15-30 %) pro zohlednění **vlivu štíhlosti a imperfekcí**.

Návrh výztuže

Nejprve navrhujeme výztuž **pro nejvíce tlačný** (krajní) segment.

Pokud je **nutná plocha** výztuže **větší než** plocha pomocí **konstrukčních zásad**, **upravíme návrh** výztuže v tomto segmentu.

$$A_{s,\min} = 489 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s,\text{req}} = 695 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$\rightarrow \text{NÁVRH } \emptyset 10 \text{ à } 200 \text{ mm (10ks / 1m}'; A_{s,\text{prov}} = 785 \text{ mm}^2/\text{m}')$$

Návrh výztuže

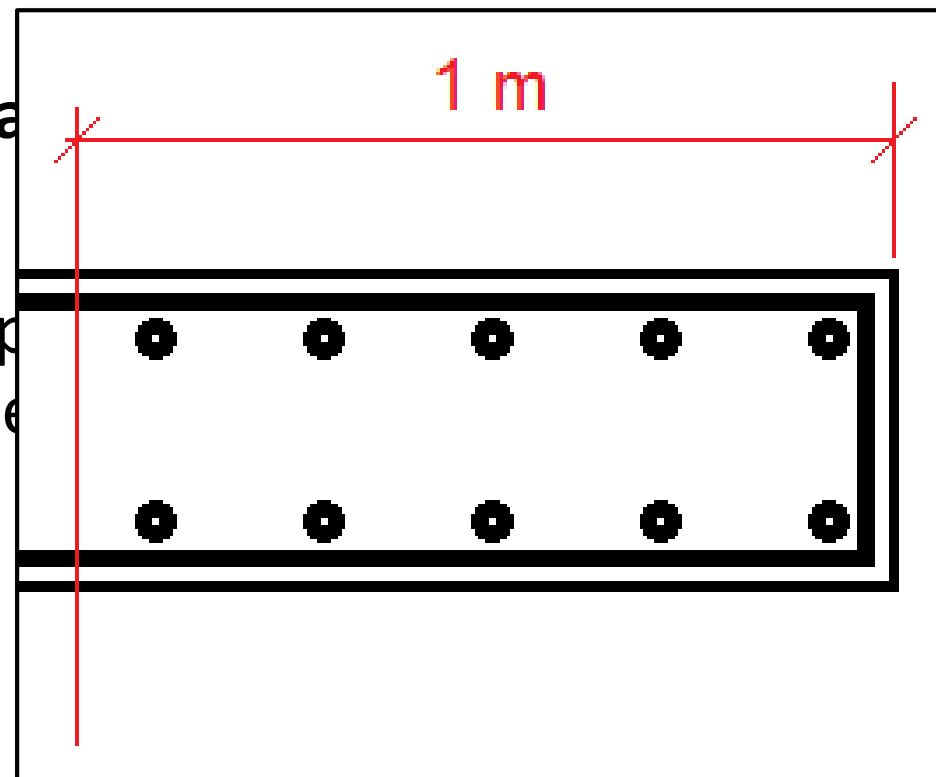
Nejprve navrhujeme výztuž **pro nejvíce tlač**

Pokud je **nutná plocha** výztuže **větší než p**
zásad, upravíme návrh výztuže v tomto se

$$A_{s,min} = 489 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

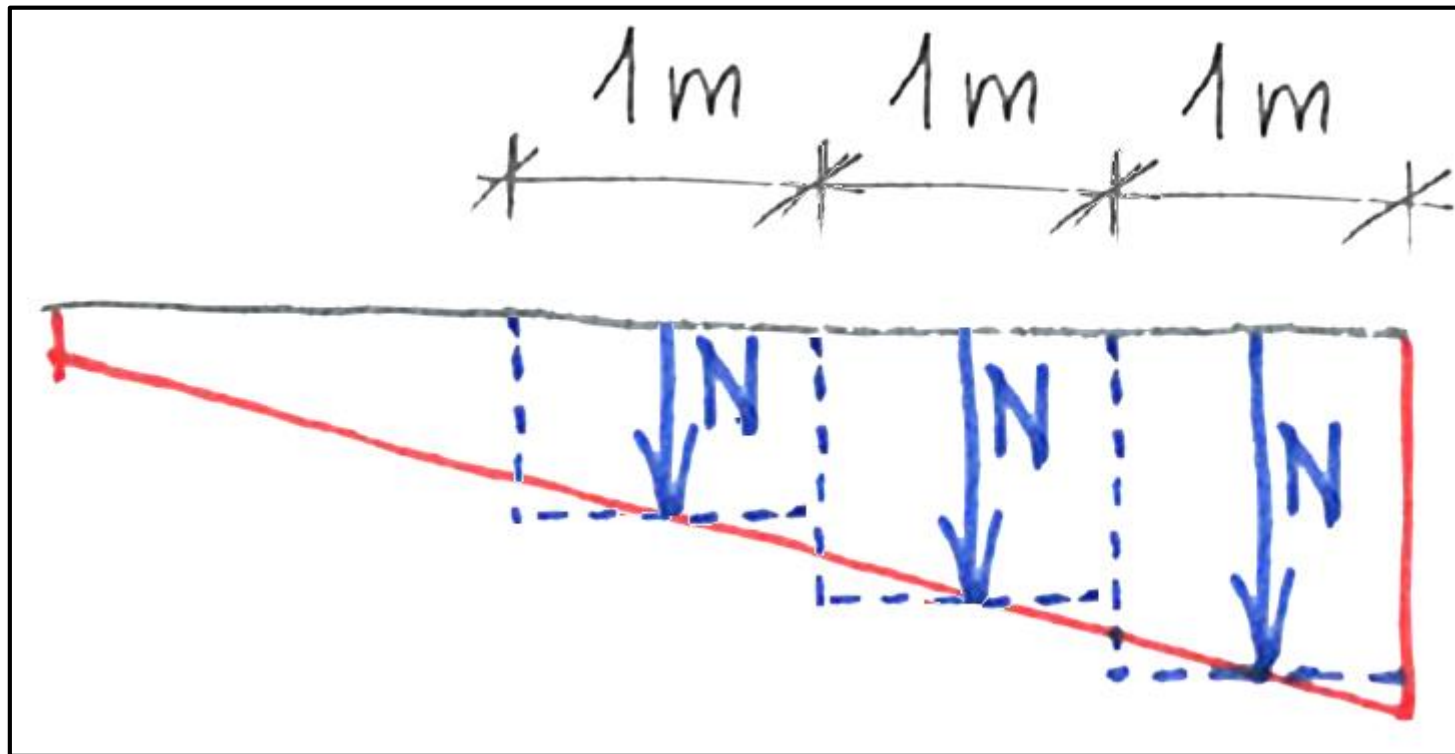
$$A_{s,req} = 695 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

→ **NÁVRH** $\varnothing 10$ à 200 mm (10ks / 1m'; $A_{s,prov} = 785 \text{ mm}^2/\text{m}'$)



Návrh výztuže

Pro **další segmenty** postupujeme stejně, **dokud** není **nutná plocha** výztuže **menší než** plocha pomocí **konstrukčních zásad**.



Návrh výztuže – vodorovná výztuž

Minimální plocha vodorovné výztuže je 25 % plochy svislé výztuže.

S úpravou svislé výztuže je tedy nutné **upravit i množství vodorovné výztuže.**

V oblasti **stykování svislé výztuže zahustíme vodorovnou výztuž** na poloviční rozteč.

Posouzení – nepovinné

Posouzení stěny by se provedlo stejným postupem, jako posouzení sloupu (výpočet vlivu geometrických imperfekcí, stanovení štíhlosti, posouzení pomocí interakčního diagramu).

Ve cvičeních posouzení není požadováno.

Další KZS – nepovinné

Měli bychom ještě stanovit průběh napětí v patě stěny od KZS3 (návrhový vítr + minimální svislé).

Pokud bychom získali tahová napětí, bylo by nutno pro tato napětí navrženou výztuž ověřit z hlediska únosnosti v prostém tahu.

Ve cvičeních není povinné.

Skica výztuže

Naskicovat:

- Půdorys
- Svislý řez
- Vodorovný řez

Zakreslit:

- Tvar konstrukce + kóty
- Výztuž (svislá, vodorovná, případně spony) + kóty rozložení výztuže

Výztuž musí být symetrická, neboť „vítr může foukat z obou stran“):

Skica výztuže

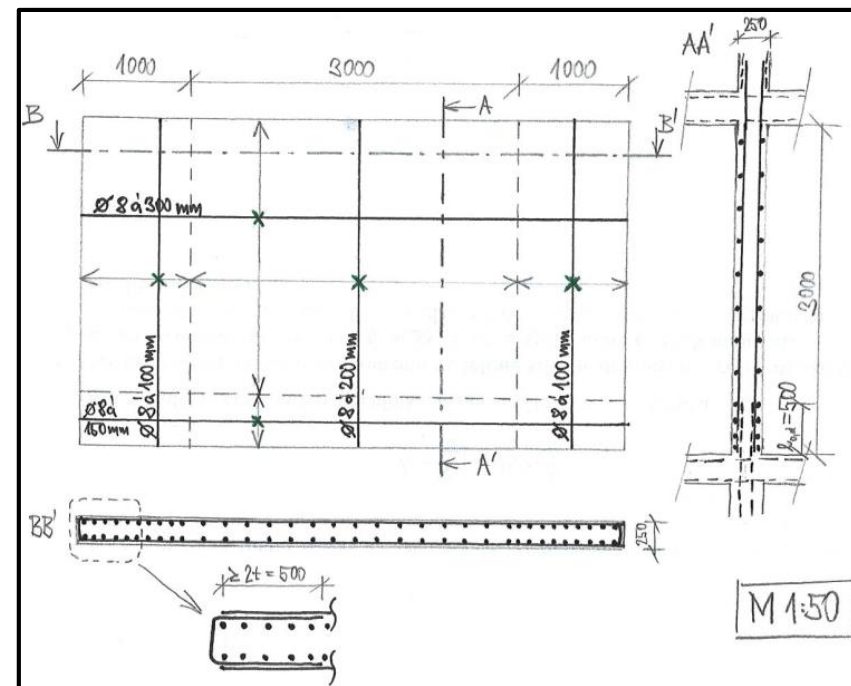
Naskicovat:

- Půdorys
- Svislý řez
- Vodorovný řez

Zakreslit:

- Tvar konstrukce + kóty
- Výztuž (svislá, vodorovná, případně spony) + kóty rozložení výztuže

Výztuž musí být symetrická, neboť „vítr může foukat z obou stran“):



Naskicova

- Půdorys
- Svislý řez
- Vodorovný řez

Zakreslit:

- Tvar kor
- Výztuž

Výztuž m

