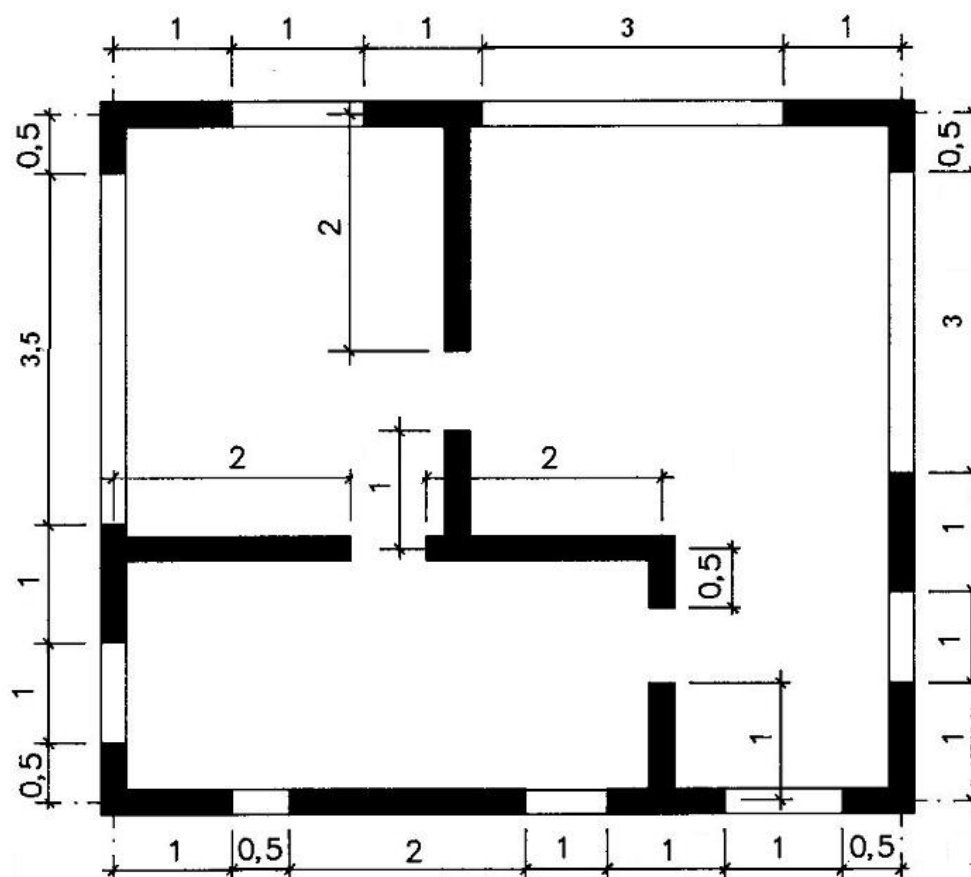


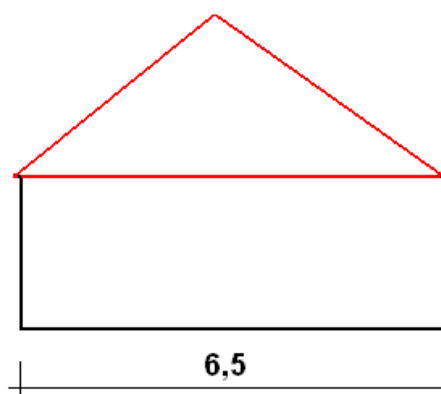
1 Zadání konstrukce

Základní půdorysné uspořádání i výškové uspořádání je patrné z obrázků. Dřevostavba má obytné zateplené podkroví. Detailní uspořádání a skladby konstrukcí stěny, stropu i střechy jsou patrné z dalšího kontextu.



Výška stěny nad terénem (horní líc) $h = 3,5$ m

Sedlová střecha, sklon 45° , hřeben ve směru delší stěny



2 Základní statické parametry – svislé zatížení vlastní tíhou kce

Podrobný výpočet na účinky svislého zatížení neprovádíme, není předmětem úlohy. Budeme proto pracovat s průměrnými plošnými hmotnostmi obvodového pláště, stropního pláště a střešního pláště.

Svislou tíhu potřebujeme zjistit proto, abychom pomocí ní kompenzovali účinky tahových sil v kotvách, jimiž upevňujeme panely obvodového pláště a vnitřních ztužujících stěn do základové konstrukce na účinky vodorovného zatížení.

2.1 Plošná hmotnost svislých plášťů:

SDK 12,5 mm 2x:	$0,0125 \cdot 2 \cdot 1280 \cdot 10 / 1000 =$	0,32 kN
OSB 12 mm 2x:	$0,012 \cdot 650 \cdot 2 \cdot 10 / 1000 =$	0,16 kN
Izolace v rámu 0,16m:	$0,16 \cdot 20 \cdot 10 / 1000 =$	0,032 kN
Rámovina (20% plochy)	$0,16 \cdot 0,2 \cdot 500 \cdot 10 / 1000 =$	0,16 kN
Celkem plošná hmotnost (vč. spojováku)		0,7 kN/m²

2.2 Plošná hmotnost stropu:

Podhled SDK 12.5 mm:	$0,012 \cdot 650 \cdot 10 / 1000 =$	0,08 kN
Izolace ve stropu 200 mm	$0,2 \cdot 20 \cdot 10 / 1000 =$	0,04 kN
Stropnice 240 mm 20% pl.:	$0,24 \cdot 0,2 \cdot 500 \cdot 10 / 1000 =$	0,24 kN
OSB 22 mm	$0,022 \cdot 650 \cdot 10 / 1000 =$	0,15 kN
Betonové dlaždice 50 mm	$0,04 \cdot 2200 \cdot 10 / 1000 =$	0,90 kN
SV deska 12 mm	$0,012 \cdot 1500 \cdot 10 / 1000 =$	0,18 kN
Celkem plošná hmotnost (vč. spojováku)		1,6 kN/m²

2.3 Plošná hmotnost krovu

Předpokládáme hambálkový krov, krokve stejný profil jako stropnice, betonová krytina

Podhled SDK 12.5 mm:	$0,012 \cdot 650 \cdot 10 / 1000 =$	0,16 kN
OSB 12 mm:	$0,012 \cdot 650 \cdot 10 / 1000 =$	0,08 kN
Izolace střechy 240 mm	$0,2 \cdot 24 \cdot 10 / 1000 =$	0,05 kN
Krokve 10% plochy	$0,24 \cdot 500 \cdot 0,1 \cdot 10 / 1000 =$	0,12 kN
Krytina+latění		1,50 kN
Celkem plošná hmotnost (vč. spojováku)		1,95 kN/m²

2.4 Celkové tíhy, zatížení na běžný metr stěny

Celková tíha obvodového pláště (neuvažuji pro jednoduchost odlišnou (ne příliš) plošnou hmotnost výplní otvorů)

$$2 \cdot (7 + 6,5) \cdot 3,5 \cdot 0,7 = 67 \text{ kN}$$

Celková tíha stropní tabule

$$7 \cdot 6,5 \cdot 1,6 = 73 \text{ kN}$$

Celková tíha střešního pláště:

$$2 \cdot 4,6 \cdot 7 \cdot 1,95 = 126 \text{ kN}$$

Celková tíha objektu (čistá konstrukce) tedy činí 266 kN (odpovídá 26 tun).

Pro návrh kotvení k základové desce musíme vycházet z nejnepříznivějšího zatížení, tj. z minimální hmotnosti (dům je nejlehčí). Proto nepočítáme zatížení vybavením (např. nábytek) ani zatížení osobami. Tyto vlivy se naopak musejí započítat při návrhu svislých sloupků stěn.

Dále v rámci výpočtu učiníme další zjednodušující předpoklad (ve skutečném výpočtu se toto zjednodušení nezavádí), že zatížení na běžný metr stěny je ve styku pláště se základovou konstrukcí všude stejné. Tento předpoklad přijímáme jenom proto, abychom zdlouhavým (a přitom jednoduchým) výpočtem nezastínili podstatu úvah, které jsou naším cílem.

Zatížení na jeden běžný metr stěny

$$q=266/20,5=13 \text{ kN/bm.}$$

3 Základní statické parametry pro účinky vodorovného zatížení

Předpokládáme přízemní domek se sedlovou střechou → stačí uvažovat smykové tuhosti stěn (zanedbáváme ohyb).

- Nejprve očísloveme jednotlivé svislé prvky, okótujeme a udáme jejich souřadnice v globálním souřadnicovém systému (GSS)
- Následně určíme plochy A_i jednotlivých prvků (zde pro jednoduchost předpokládáme stejnou (např. jednotkovou) tloušťku všech nosných stěn)
- Dále stanovíme polohu těžišť všech svislých prvků v GSS (t_{xi} , t_{yi})
- Následuje výpočet statických momentů tuhostí koběma osám, pro jednoduchost předpokládáme (nepodstatné), že všechny stěny mají na jednotku délky stejnou smykovou tuhost, takže stačí počítat součiny $A_i \cdot t_{xi}$, $A_i \cdot t_{yi}$.

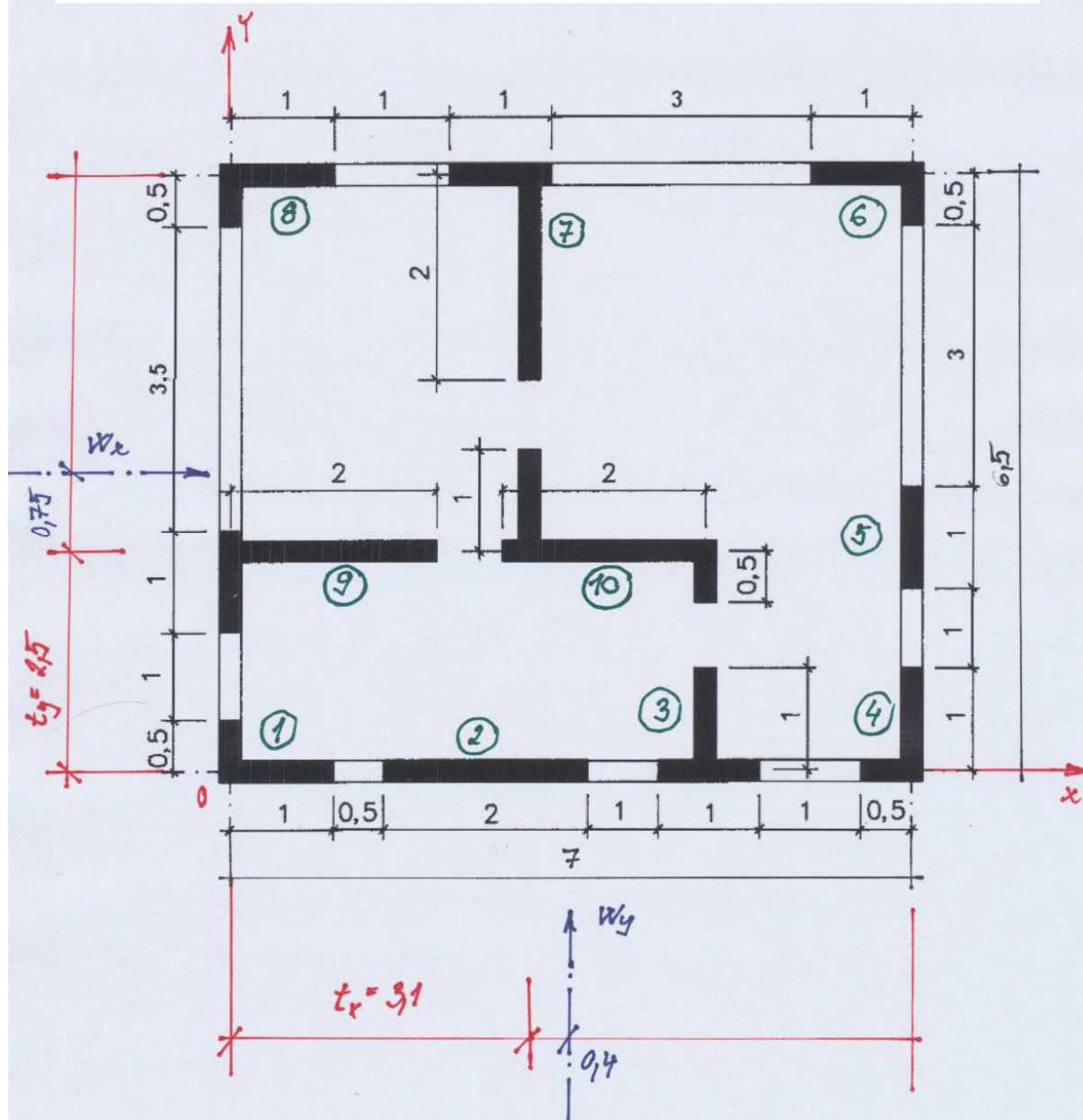
prvek č.	plocha A_i	t_{xi}	t_{yi}	$A_i \cdot t_{xi}$	$A_i \cdot t_{yi}$	F_{xi}	F_{yi}
1	1,5	0,4	0,15	0,6	0,2	1,96	2,76
2	2	2,5	0	5	0	2,61	3,68
3	2	5	0,3	10	0,6	2,61	3,68
4	1,5	6,85	0,4	10,3	0,6	1,96	2,76
5	1	7	2,5	7	2,5	1,3	1,84
6	1,5	6,6	6,35	9,9	3,5	1,96	2,76
7	3	2,5	5,9	7,5	17,7	3,92	5,53
8	1,5	0,4	6,35	0,6	9,5	1,96	2,76
9	3	0,6	2,4	1,8	7,2	3,92	5,53
10	3,5	3,5	3	12,2	10,5	4,58	6,46
celkem	20,5			64,9	52,3	26,8	37,8

- Poté můžeme určit těžiště smykové tuhosti objektu jako celku

$$t_x=64,9/20,5=3,1 \text{ m}$$

$$t_y=52,3/20,5=2,5 \text{ m}$$

Půdorys objektu s vyznačením nosných stěn, globální souřadnicový systém, číslování svislých prvků, poloha výslednice zatížení ve směru osy X a ve směru osy Y, extcentricity vzhledem ke středu smykové tuhosti objektu



4 Zatížení větrem a rozdělení na svislé prvky

Zatížení na 1m^2 svislé plochy $0,8\text{ kN}$ (hrubý odhad, není předmětem cvičení).

Výška budovy ve hřebeni:

$$H = 3,5 + 3,25 \cdot \tan 45^\circ = 6,75\text{ m}$$

$$\text{Plocha štítové stěny: } A_x = 3,5 \cdot 6,5 + 0,5 \cdot 6,5 \cdot 3,25 = 33,4\text{ m}^2$$

$$\text{Plocha hřebenové stěny: } A_y = 7 \cdot 3,5 + 7 \cdot 3,25 = 47,25\text{ m}^2$$

Výslednice zatížení větrem

Ve směru osy x: $W_x = 33,4 \cdot 0,8 = 26,8\text{ kN}$

Ve směru osy y: $W_y = 47,25 \cdot 8 = 37,8 \text{ kN}$

Výsledný krouticí moment na budovu:

$$K_{xy} = -26,8 \cdot 0,75 + 37,8 \cdot 0,4 = -5 \text{ kNm}$$

.....zanedbáme, všechny stěny zapojíme do statické funkce

Rozdělení zatížení na jednotlivé svislé prvky

v poměru smykových tuhostí AG, tedy ze vztahu

$$F_{xi} = W_x \cdot (A_i \cdot G_i) / (\sum A_i \cdot G_i)$$

$$F_{yi} = W_y \cdot (A_i \cdot G_i) / (\sum A_i \cdot G_i)$$

Pro jednoduchost předpokládáme (nepodstatné), že všechny stěny mají na jednotku délky stejnou smykovou tuhost. Potom G vypadne a zatížení se rozdělí rovnou v poměru ploch.

Viz tabulka F_{xi} , F_{yi} .

Pro dimenzování spojovacích prostředků se pro jednoduchost a na straně bezpečnosti předpokládá, že zatížení v jednom směru na svislý prvek (např. ve směru „x“), přenáší pouze ta část stěny, která je v příslušném směru orientovaná.

5 Kotvení objektu k základové konstrukci

5.1 Dimenzování na střih (smyk)

Pro dimenzování kotevních prvků se pro jednoduchost a na straně bezpečnosti předpokládá, že zatížení v jednom směru (např. ve směru „x“), přenášejí pouze ty stěny, orientované ve směru zatížení.

Celková délka stěn ve směru osy „x“ $l_x = 11,5 \text{ m}$

Celková délka stěn ve směru osy „y“ $l_y = 9,0 \text{ m}$

Posouvající síla $T_x = W_x = 26,8 \text{ kN}$

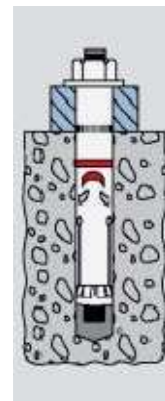
Posouvající síla $T_y = W_y = 37,8 \text{ kN}$

Volím (například) ocelovou kotvu o průměru 10 mm, délka 140 mm s vlastnostmi:

- garantovaná kotevní síla na smyk 6,2 kN
- garantovaná kotevní síla na tah (C20) 3,8 kN

Minimální počet kotev na střih ve směru „x“: $26,8 / 6,2 = 5$

Minimální počet kotev na střih ve směru „y“: $37,8 / 6,2 = 7$



5.2 Dimenzování na momenty ve stěnách (tlak/tah v kotvách)

Ohybový moment vzniká jako důsledek působení vodorovné síly ve stropní tabuli na rameni, které je rovné vzdálenosti stropní tabule od ukotvení do základů.

Příklad 1: dimenzování kotvení prvku 1 na účinky od W_x :

Předpokládáme, že stěnu 1 ukotvíme ve směru „x“ k základové desce dvěma kotvami ve vzdálenosti sloupků (0,9 m).

Podle tabulky platí $F_{1x}=1,96$ kN; při výšce podlaží 3,5 m dostáváme v patě moment $M_{1x}=1,96*3,5=6,86$ kNm.

Předpokládáme, že osová vzdálenost sloupků je 0,9 m. Potom tahová síla na jednu kotvu je $N_{1x}= M_{1x}/0,9=7,62$ kN

Na běžný metr stěny je svislé zatížení 13 kN/bm, ve směru osy „x“, kde máme dvě kotvy, je tedy tlakové předpětí na jednu kotvu od svislého zatížení $13/2=6,5$ kN.

Maximální tahové namáhání na jednu kotvu je tedy

$N^+=7,62-6,5=1,12$ kN < garantovaná kotevní síla na tah (C20) 3,8 kN.

Příklad 2: dimenzování kotvení prvku 1 na účinky od W_y :

Předpokládáme, že stěnu 1 ukotvíme ve směru „y“ k základové desce dvěma kotvami ve vzdálenosti sloupků (0,5 m).

Podle tabulky platí $F_{1x}=2,67$ kN; při výšce podlaží 3,5 m dostáváme v patě moment $M_{1y}=2,67*3,5=9,35$ kNm.

Předpokládáme, že osová vzdálenost sloupků je 0,4 m. Potom tahová síla na jednu kotvu je $N_{1y}= M_{1y}/0,4=23$ kN

Na běžný metr stěny je svislé zatížení 13 kN/bm, ve směru osy „x“, kde máme dvě kotvy, je tedy tlakové předpětí na jednu kotvu od svislého zatížení $6,5/2=3,25$ kN.

Maximální tahové namáhání na jednu kotvu je tedy

$N^+=23-3,25=19,75$ kN > garantovaná kotevní síla na tah (C20) 3,8 kN.

V tomto případě buďto

- navrhne větší kotvu (vyšší tahová únosnost),
- nebo statik podrobněji posoudí redistribuci vodorovného namáhání (obvykle se postupuje tak, že se předpokládá přeliv namáhání do jiných stěn prostřednictvím tuhé stropní tabule); upravíme konstrukci tak, aby vyšla ve směru osy „y“ v daném prvku menší namáhání (přidáme další ztužující prvky, zvětšíme smykovou tuhost některých prvků apod),
- upravíme dispozici (změna polohy okna a podobně)

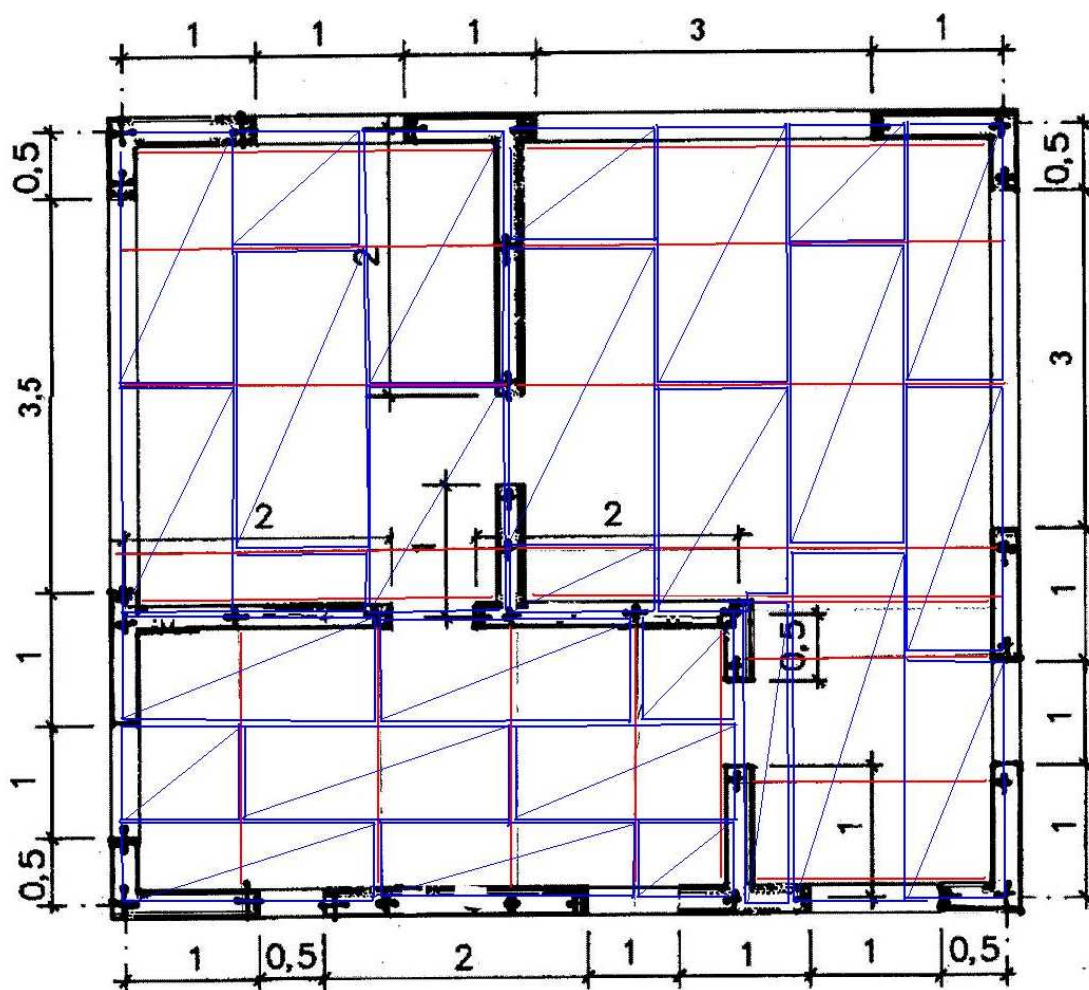
Úlohou se nebudeme dále zabývat.

6 Nekonečně tuhá stropní tabule

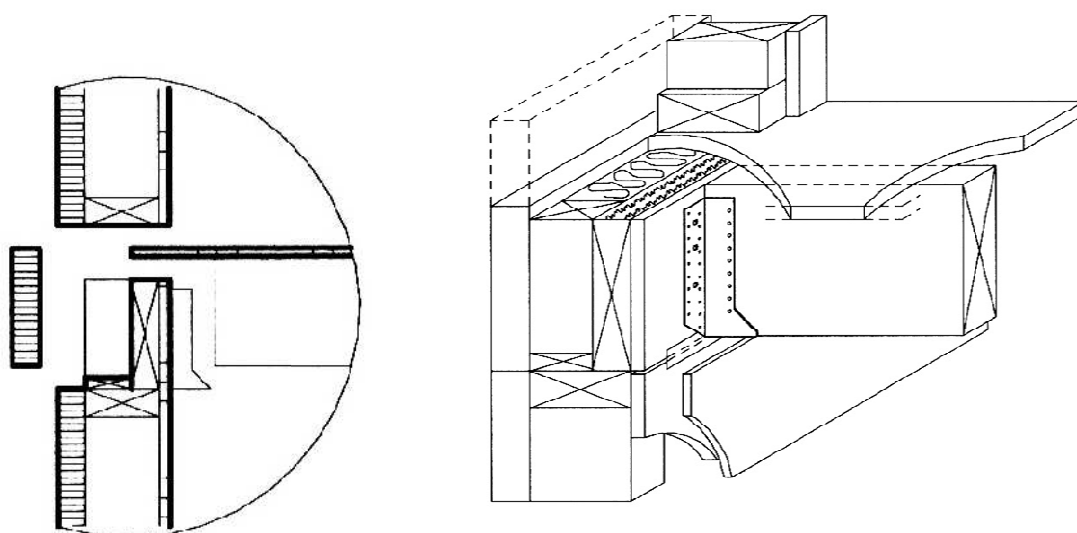
Abychom zajistili redistribuci na svislé prvky v poměru tuhostí, potřebujeme ve své rovině nekonečně tuhou stropní tabuli. Je třeba ji konstrukčně realizovat.

Platí, že Desky OSB napojujeme navzájem na 4PD, spoje můžeme prolepit. Desky přesahují na horní prahy stěnových panelů, kde jsou upevněny tak, aby přenesly smykové síly určené redistribucí (hřebíky, vruty, spony). Desky OSB klademe vystřídaně, abychom zamezili průběžným spárám. V jednom směru vždy napojujeme nad stropními trámy.

Stropní trámy jsou upevněné do trámových botek, které jsou uchyceny do svislé stěny pláště.



Možná skladba stropní tabule (není vynechán otvor pro schodiště)



Jedno z možných řešení tuhé stropní tabule (trámová botka uchycená na horní stranu stěnového panelu, trámy do horního líce panelu, přesah OSB po celém obvodu a její upevnění k hornímu nosníku stěn-vytvoření věncového efektu).

6.1 Únosnost běžných spojovacích prostředků

Pro různé spojovací prostředky je možné podle normy určit jejich únosnosti ve smyku. Následující dvě tabulky udávají tyto únosnosti (stanoveno výpočtem podle normy) pro nejčastěji užívané spojovací prostředky.

Hřebíky

průměr dřívku (mm)	výpočtová únosnost ve smyku (kN)
2,1	0,182
2,5	0,250
2,8	0,306
3,1	0,366

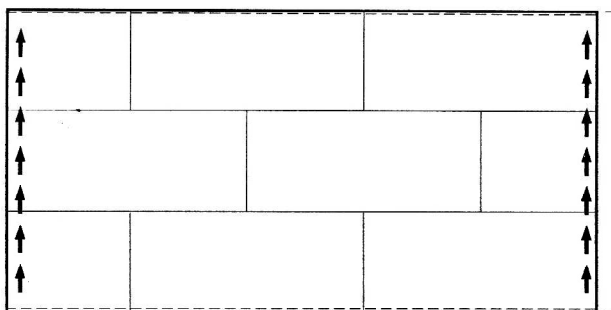
Spony

průměr drátu (mm)	výpočtová únosnost ve smyku (kN)
1,53	0,203
1,8	0,274
2,0	0,333

6.2 Přenesení redistribučních sil ve spoji stropní deska-svislá stěna nosník (deska obvodové žebro).

Podle normy je max. rozteč spojovacích prostředků 150 mm (spony, hřebíky) resp. 200 mm (vruty). Síly se přenášejí jako smykový tok, který je možné považovat za rovnoměrný po celé délce připojení.

Obecně je vždy lepší mít více méně únosných prvků, než méně více únosných (lokální koncentrace zatížení).



Smykový tok na styku stropní tabule a svislých nosných prvků lze považovat za rovnoměrně rozdělený.

Příklad 1:

Určit spojovací prostředky pro přenesení smykového toku na spoji stropní tabule-svislý prvek pro prvek č. 1 ve směru osy „x“:

Velikost smykového toku ve směru osy „x“

$$\tau_{1x} = F_{1x} / 1 = 1,96 \text{ kN/bm.}$$

Jako spojovací prostředek volíme spony s průměrem drátu 1,8 mm.

Počet spon ve směru osy „x“

$$n_{1x} = \tau_{1x} / 0,274 = 7,15 \rightarrow \textbf{8 ks na běžný metr, tj. spony po 100-120 mm (běžné).}$$

7 Rekapitulace požadavků pro výpočet studentů

Studenti pro svůj objekt stanoví:

- 1) Střed otáčení budovy (střed smyku, který je dostatečně výstižný pro nízké objekty)
- 2) Rozdělení vodorovného zatížení na svislé prvky (stačí pro jeden směr)
- 3) Navrhnuou ukotvení jednoho svislého prvku do základové konstrukce (kotvy je možné dávat pouze na sloupky, nikoliv na desky OSB – cvičící vybere jeden svislý prvek; za tím účelem je nutné, aby studenti nějak určili svislou sílu, která jde do příslušného prvku (je na rozhodnutí cvičícího, jak podrobně bude chtít svislou sílu určit)
- 4) Navrhnuou stropní tabuli tak, aby mohla být považována za tuhou ve své rovině (výkres skladby nosníků a OSB desek); naskicují svislý řez v místě napojení stropní tabule na obvodový plášť rovnoběžně a kolmo ke směru hlavních nosníků.
- 5) Navrhnuou připojení jednoho svislého prvku ke stropní tabuli (naskicovat detail), tj. ze smykového toku určí typ a počet spojovacích prostředků.