

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE  
Stavebně technologický projekt  
Bytový dům Michelská**

**Bc. Jiří Čabaj  
2021**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Váchal, Ph.D., Arquitecto Técnico

**8. MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA  
STROPNÍHO SYSTÉMU**

# Obsah

8. MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA STROPNÍHO SYSTÉMU.....	1
8.1 Úvod.....	1
8.1.1 Základní identifikační údaje .....	1
8.1.2 Popis objektu .....	1
8.2 Varianty stropního systému .....	2
8.2.1 Varianta 1 – monolitický ŽB strop.....	2
8.2.2 Varianta 2 – předpjaté stropní panely .....	3
8.2.3 Varianta 3 – keramobetonové stropy .....	4
8.3 Multikriteriální analýza .....	4
8.3.1 Vytvoření soustav kritérií .....	5
8.3.2 Stanovení vah kritérií .....	5
8.3.3 Bodovací metoda .....	5
8.3.4 Stanovení vzorových kritérií.....	6
8.3.5 Dílčí hodnocení variant .....	6
8.3.6 Posouzení rizik .....	7
8.4 Popis kritérií hodnocení .....	7
8.5 Statické posouzení .....	8
8.6 Posouzení stropních systémů .....	14
8.6.1 Specifikace jednotlivých kritérií .....	14
8.6.2 Kritéria.....	14
8.6.2.1 Technologická náročnost .....	14
8.6.2.2 Časová náročnost.....	15
8.6.2.3 Určení ceny .....	18
8.6.2.4 Tepelně technické vlastnosti.....	19
8.6.2.5 Akustické vlastnosti.....	20
8.7 Vyhodnocení .....	21

## 8.1 Úvod

V této části diplomové práce bude zanalyzováno provedení stropního systému a bude provedeno srovnání s alternativními variantami.

### 8.1.1 Základní identifikační údaje

Název stavby: REZIDENCE U MICHELSKÉHO MLÝNA 1

Investor: LYSITHEA, a.s.

Generální projektant: AGE project, s.r.o.

Hlavní architekt: Ing. Petr Příhoda

### 8.1.2 Popis objektu

Stavba o dvou nadzemních objektech na společné podnoži podzemních garáží je převážně určena k bydlení. Stavba obsahuje jedno podzemní podlaží s garážemi a dalším technickým zázemím domu. Podzemní podlaží je přístupné vjezdovou rampou. Obě nadzemní části mají 4 podlaží, každé s jedním schodišťovým jádrem s výtahem. Kryté jsou pak plochými střechami. V nadzemních podlažích jsou umístěny jednotlivé byty a ubytovací jednotky. V 1.NP je komerční prostor (malá obchodní plocha). Dům je výrazně modelován předsazenými konstrukcemi balkonů a lodžii.

Stropní deska nad 1.PP je přechodová mezi různými konstrukčními systémy – bodově podepřenou sloupy podzemního podlaží a navazujícím stěnovým systémem nadzemních bytových podlaží. Deska je převážně navržena v tloušťce 250 mm se zesílením na 400, 450 a 550 mm. Stropní deska nad 1. – 3. NP je navržena v tloušťce 200 mm. Pouze lokálně je zvýšená tloušťka na 220 mm (např. na severu sekce B nad 2. a 3. NP). Stropní deska nad 3. NP bude částečně přechodová a bude vynášet částečně uskakující 4. NP. 4. NP bude oproti stávajícím podlažím uskočené a bude vynášeno stropní deskou nad 3. NP. Stropní deska nad 4. NP je navržena v tloušťce 200 mm. V jižní části sekce A je lokálně zvýšený strop,

který má spodní hranu o 2050 mm výš, než je spodní hrana stropní desky nad 4. NP. Stropní deska v místě zvýšeného stropu je navržena v tloušťce 170 mm. V tomto místě je také umístěna galerie, která má spodní hranu sníženou o 350 mm, než je spodní hrana stropní desky nad 4. NP. Galerie je navržena v tloušťce 200 mm.

## 8.2 Varianty stropního systému

Předpokladem pro provedení variantního řešení na stropní systém je změna obvodové pláště. Z monolitických stěn je nutná změna na stěnový zděný systém. Pro tento případ bude vhodný zdící prvek z cihel POROTHERM 24 (P15), tloušťky 240 mm. Variantní řešení se bude týkat objektů až od druhé nadzemního patra ze statických důvodů. V 1.PP a 1.NP zůstanou jak monolitické obvodové stěny, tak i železobetonové stropy. Obvodové stěny 2.NP - 4.NP budou pro účely této části diplomové práce uvažovat jako zděné. Multikriteriální analýza bude v této části provedena pouze na stropní systém od 2.NP. Posouzení změny obvodového pláště není v tomto případě řešena.

### 8.2.1 Varianta 1 – monolitický ŽB strop

Monolitické železobetonové stropy se betonují přímo na místě svého budoucího působení do bednění, ve kterém je uložena výztuž. Výhodou monolitických stropů je možnost dokonalého ztužení objektu v obou směrech, tvarová stabilita, použitelnost pro libovolný půdorys o různém rozpětí a zatížení, stropní konstrukce může být dimenzována velmi hospodárně, přesně pro dané podmínky vhodnou volbou tvaru, rozměrů, druhu betonu a výztuže.

Nevýhodou je nutné bednění, velká stavební pracnost, mokrá technologický proces, omezení stavebních prací v zimním období a dlouhá doba tvrdnutí betonu (vyžadující technologické přestávky a prodlužující dobu výstavby).

## 8.2.2 Varianta 2 – předpjaté stropní panely

Prefabrikované železobetonové stropy se montují z prvků vyrobených průmyslovým způsobem ve specializovaných výrobnách, na stavbě se zmonolitňují v tuhé konstrukce, schopné přenášet i vodorovná zatížení působící na budovu.

Výhodou prefabrikovaných stropů je rychlá a snadná montáž, menší pracnost na stavbě, menší plošná hmotnost stropu a úspora materiálu (dosažená různým profilováním prefabrikátů nebo jejich vylehčením dutinami), omezení mokrých procesů na staveništi, zmenšení závislosti stavebních prací na klimatických podmínkách a okamžitá únosnost stropu po jejich smontování (zkrácení doby výstavby).

Nevýhodou jsou zejména vysoké dopravní náklady, potřeba těžkých montážních mechanismů, menší tuhost stavby v příčném směru (ve srovnání s monolitickými stropy), citlivost na sedání stavby a na působení teplotních změn (vznik trhlin v místě styku prefabrikátů).

Předpjaté panely dutinové mají průřez vylehčený kruhovými dutinami. Hlavní nosná výztuž, umístěná ve spodní (někdy i horní) části průřezu, je předepnutá. U nás nejvíce používané panely Spiroll (obrázek 1-42b) se vyrábějí v libovolných délkách od 6,0 do 12,0 m (výhledově až 20 m). Jednotná šířka je 1,20 m, výška 0,25 až 0,30 m (0,40 m).

Výztuž tvoří předpínací lana. Úložná délka je 100 mm. Panely Spiroll se vyrábějí bez prostupů (drobné prostupy lze na stavbě provést proražením horní a dolní klenby dutin – max. rozměr 150 x 250 mm).

Panely Spiroll se používají pro velká rozpětí občanských a průmyslových staveb. Ukládají se na stěny nebo průvlaky do maltového lože nebo na pryžové podložky.

### 8.2.3 Varianta 3 – keramobetonové stropy

Keramické nosníky a keramické vložky se vyrábějí v mnoha tvarových, rozměrových i konstrukčních variantách. V ČR se dlouhodobě používal typ nosníků vytvořený z tvárnic o průřezu obráceného „T“, v jejichž spodních přírubách je zabetonována nosná výztuž, dimenzovaná podle požadovaného rozpětí a zatížení nosníku (v horní části průřezu je uložena pouze výztuž transportní).

Nosníky, jejichž délka je odstupňována obvykle po 300 mm (násobek rozměru tvárnic) se kladou v osově vzdálenosti odpovídající zatížení a rozpětí stropní konstrukce (450 mm, 600 mm). Keramické vložky se ukládají na spodní přírubu nosníků. Prostor mezi nosníky a vložkami se dobetonuje (současně s betonáží horní, tlačené vrstvy nosníku).

Keramické nosníky nejsou samy plně nosné, proto se musí při montáži provizorně podepřít (plné nosnosti dosáhnou až po zmonolitnění a zatvrdnutí betonu).

## 8.3 Multikriteriální analýza

Multikriteriální analýza je metoda, která se používá při rozhodování mezi několika alternativami, přičemž se nepřipouští současně více výsledných alternativ a závěrem analýzy by měla být vždy pouze alternativa jediná. Předpokladem použití multikriteriální analýzy je větší počet kvantifikovatelných kritérií, která zahrnujeme do rozhodování.

Jde o metodu, která má za cíl shrnout a utřídit informace o variantních projektech.

V praxi je požadováno daleko častěji řešení vyhodnocení variant z více hledisek, tedy hodnocení vícekritériální.

### 8.3.1 Vytvoření soustav kritérií

Vytváření účelově orientované soustavy kritérií hodnocení je důležitým krokem v celém procesu vícekritériálního hodnocení variant, kterým lze významně ovlivnit celkové výsledné hodnocení.

### 8.3.2 Stanovení vah kritérií

Metody vícekritériálního hodnocení jsou založeny na posuzování variant pomocí určitých kritérií. K rozlišení významnosti kritérií slouží stanovení vah kritérií. Stanovení vah je číselným vyjádřením relevance z pohledu, ze kterého to vidí investor. To, co vidí investor jako nejdůležitější a nejpodstatnější věc má váhu největší, naopak to, co investor vidí jako nejméně podstatné má váhu nejnižší. Aby byla mezi sebou jednotlivá kritéria srovnatelná, jejich váhy se normují tak, aby byl jejich součet roven jedné. Nabývají poté hodnoty z intervalu 0 až 1, kdy hodnota 0 je přiřazena nejslabšímu kritériu a hodnota 1 nejsilnějšímu.

Existuje více metod stanovení vah kritérií, které se od sebe liší svou náročností a srozumitelností. Např alokace 100 bodů, bodová stupnice, párové srovnávání, Saatyho metoda.

Pro účely diplomové práce jsem vybral metodu bodové stupnice.

### 8.3.3 Bodovací metoda

Tato metoda je velice jednoduchá a přehledná, je jednou ze tří metod tzv. přímého stanovení vah a to znamená, že k posuzování důležitosti kritérií dochází přímo. Metoda spočívá v tom, že rozhodovatel ohodnotí každou variantu body, dle svého vlastního uvážení (1 = nejhorší, 10 = nejlepší), a podle jejich důležitosti.

### 8.3.4 Stanovení vzorových kritérií

Slouží k nalezení ideálního řešení pro danou situaci. V případě stropních systémů se nedá obecně říct který stropní systém je ten ideální. Každý systém se hodí do konkrétní situace a na konkrétní stavbu více na jinou méně.

### 8.3.5 Dílčí hodnocení variant

K celkovému vícekritériálnímu hodnocení variant je zapotřebí kromě stanovení vah kritérií rozhodování i dílčí (jednokritériální) hodnocení variant z hlediska každého kritéria. S tím však je spojeno několik problémů. Vzhledem k tomu, že většina praktických rozhodovacích úloh používá smíšených kritériálních soustav, v nichž část kritérií je kvantitativních a část kvalitativních, a dále, že kritéria rozhodování jsou zpravidla vyjádřena v různých vyjadřovacích jednotkách, a to vzájemně nesrovnatelných, je nutno hodnoty, kterých nabývají jednotlivá kritéria pro různé varianty nejdříve transformovat tak, aby byly všechny vyjádřeny v téže jednotce (zpravidla bezrozměrné).

Transformace výsledků variant podle jednotlivých kritérií lze realizovat různými způsoby jež jsou adekvátní užitným metodám hodnocení, z nichž jsou opět nejpoužívanější:

- Metoda dílčích funkcí užitku
- Metoda bodovací
- Nepřímé metody párového srovnání variant rozhodování (Fullerova metoda, Saatyho metoda)
- Metoda bazické varianty



### 8.3.6 Posouzení rizik

Rizik spojených s případnou implementací variant je celá řada. Je třeba zdůraznit, že kterékoliv z nich může nabýt při konkrétním hodnocení značného významu a ovlivnit výsledek hodnocení. Týkají se zejména:

- Správnost formulace konkrétního problému
- Relativní úplnosti a výstižnosti vyjádření podstatných vlastností objektu, který je předmětem hodnocení (vlastností, odvozených z příslušných potřeb, a charakterizujících tedy cíle spojované s pořízením, užíváním, existencí atd. objektu)
- Způsobu (metod) tvorby, resp. Identifikace variant řešení
- Způsobu (metod) vícekritériálního hodnocení variant, který zahrnuje soubor rizik spojených např. se způsobem vytvoření soustavy kritérií, se způsobem hodnocení výsledků variant a se způsobem výběru (doporučení) nejvhodnější varianty
- Náhodných okolností, které by mohly nastat a případně ohrozit realizaci vybrané varianty včetně jejich negativních dopadů.

Ze souhrnu těchto kroků vyloučí se ta nejvhodnější varianta pro řešení daného problému.

## 8.4 Popis kritérií hodnocení

Pro hodnocení variant stropních systémů jsem zvolil 5 kritérií.

- Technologická náročnost
- Časová náročnost
- Finanční náročnost pořízení
- Tepelně technické vlastnosti
- Akustické vlastnosti

Na základě těchto kritérií bude vyhodnocena nejlepší varianta stropního systému.

## 8.5 Statické posouzení

Před samotným hodnocením dle sestavených kritérií, je potřeba ověřit, zda další varianty stropů budou vhodné pro daný objekt ze statického hlediska. To bude ověřeno jednoduchým výpočtem a porovnáním s tabulkami výrobců.

Tab. 31: Výpočet zatížení

Zatížení	Charakteristická hodnota [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_F$	Návrhová hodnota [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>STÁLÉ</b>			
Podlahy	1,21	1,35	1,6335
Příčky	1,53	1,35	2,0655
<b>UŽITNÉ</b>			
Bytový dům A	1,5	1,5	2,25
<b>CELKEM</b>	<b>4,24</b>		<b>5,949</b>

Pozn.:

ZATÍŽENÍ UŽITNÉ se určí dle ČSN EN 1991-1-1 (Eurokód 1)  
s ohledem na využití místnosti

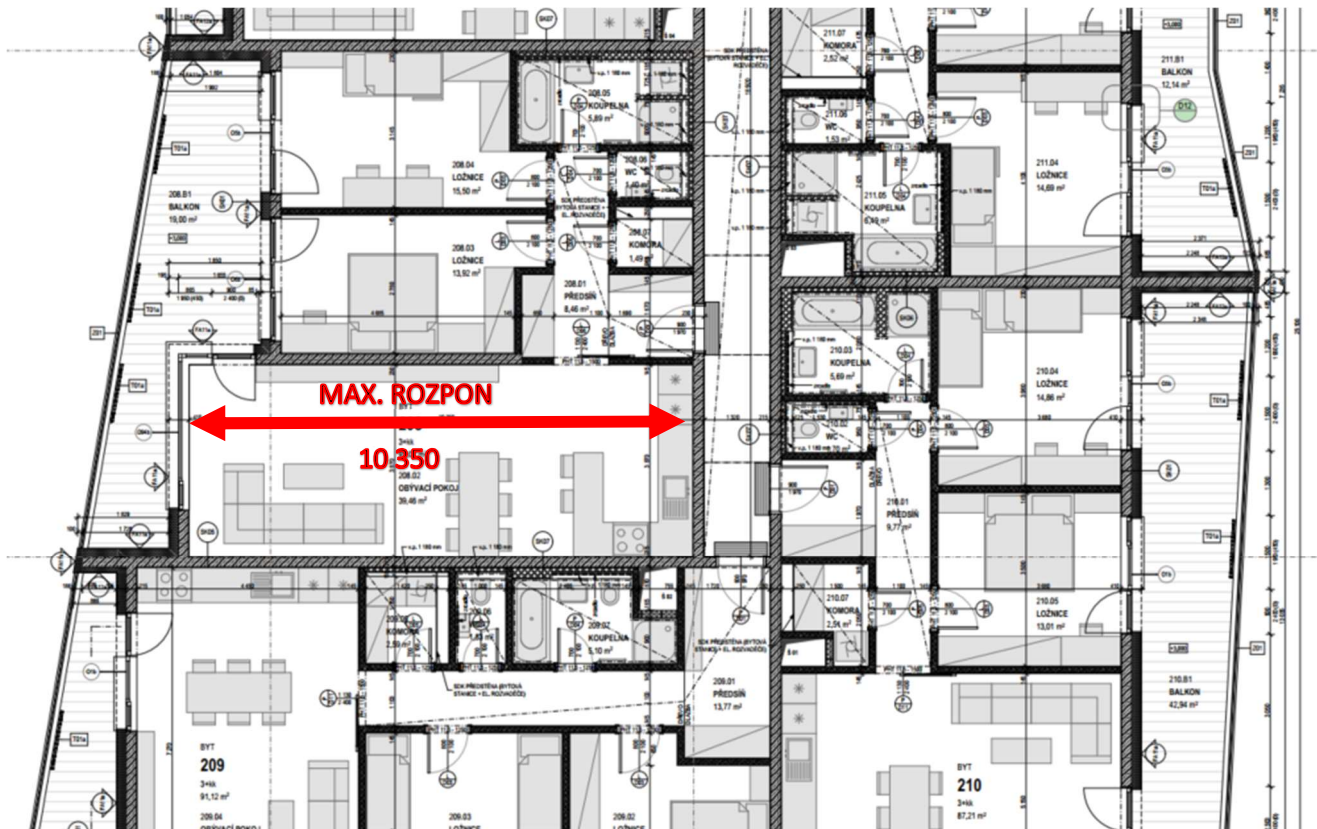
Tab. 32: Kategorie použití zatížení

Kategorie	Stanovené použití	Příklad
A	Obytné plochy a plochy pro domácí činnosti	Místnosti obytných budov a domů; lůžkové pokoje a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety

### MONOLOTICKÝ ŽB STROP – DLE PD

#### Obousměrně pnutá monolitická ŽB stropní deska

- Beton = C 30/37 – XC1
- Ocel = B 500B
- Tl. Stropu = 200 mm
- Max. rozpětí = 10,35 m
- Vlastní tíha stropu = 5 kN/m<sup>2</sup>
- Zatížení  $q_k + g_k$  = 4,24 kN/m<sup>2</sup>

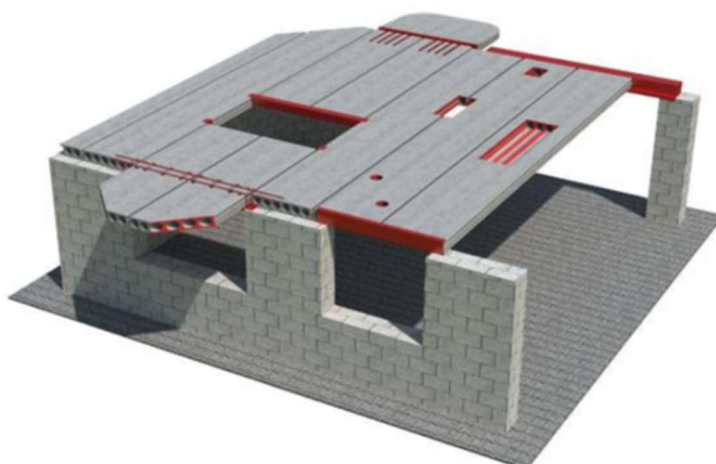


Obrázek 30: Maximální rozpon pro monolitický ŽB strop

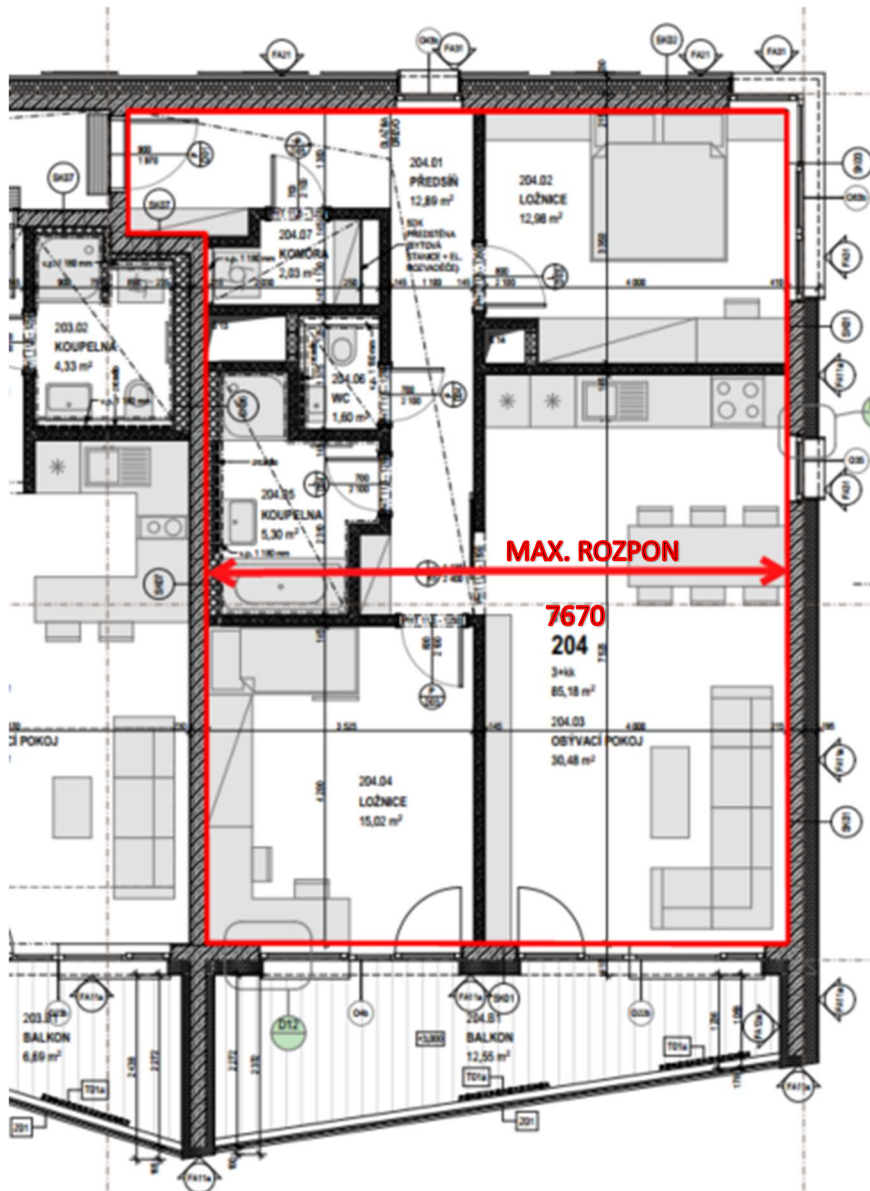
## PŘEDPJATÝ STROPNÍ PANEL

### Prefabrikovaný stropní panel Spiroll

- Beton = C 45/55
- Ocel = předpínací
- Tl. Stropu = 200 mm
- Skladebná šířka = 1200 mm
- Max. rozpětí = 7,67 m
- Hmotnost stropu = 270 kg/m<sup>2</sup>
- Zatížení  $q_k + g_k$  = 4,24 kN/m<sup>2</sup>

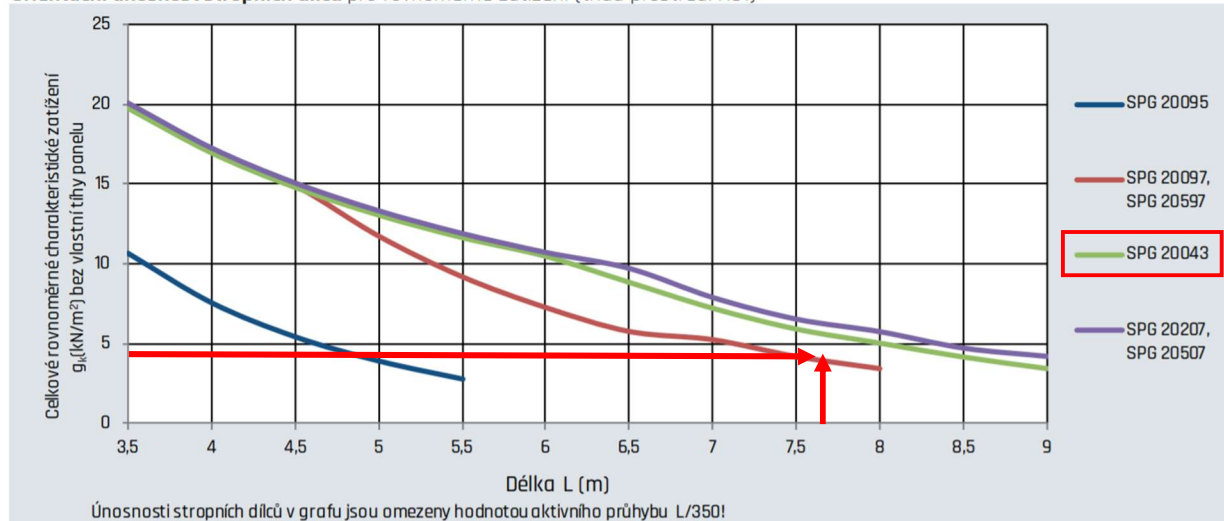


Obrázek 31: Předpjaté stropní panely



Obrázek 32: Maximální rozpon předpjaté stropní panely

**Orientační únosnost stropních dílců** pro rovnoměrné zatížení (třída prostředí XC1)



Obrázek 33: Orientační únosnost stropních dílců

**Statické parametry** (ČSN EN 1168+A3, ČSN EN 1990, ČSN EN 1992-1-1)

Typ vyztužení	Průřezové charakteristiky							$A_{ps}$ , $A_{ps}$ - plocha výztuže $M_{Rk}$ - moment na mezi únosnosti dílce $M_{Rk}$ - moment na mezi napětí betonu v tahu, porovnání s charakteristickou komb. zatížení $M_{Rk0.2}$ - moment na mezi šířky trhlin 0,2 mm, porovnání s častou kombinací zatížení $M_{Rkdek}$ - moment na mezi dekomprese, porovnání s kvazistálou kombinací zatížení pro XC2/XC3 $V_{Rsk11}$ - mezní únosnost dílce ve smyku v oblasti bez trhlín, pro uložení na poddajné podpory (průvlakly) se doporučuje omezit využití na 50% až 70% (viz konstrukční zosady)
	$A_{s,h}$ horní (mm <sup>2</sup> )	$A_{s,s}$ spodní (mm <sup>2</sup> )	$M_{Rk}$ <sup>1)</sup> (kNm/1,20m)	$M_{Rk}$ <sup>1)</sup> (kNm/1,20m)	$M_{Rk0.2}$ <sup>1)</sup> (kNm/1,20m)	$M_{Rkdek}$ <sup>1)</sup> (kNm/1,20m)	$V_{Rsk11}$ (kN/1,20m)	
SPG 20095 <sup>2)</sup>	0	260	56,6	24,6	35,7	25,2	67,8	1) hodnoty $M_{Rk}$ až $M_{Rkdek}$ jsou uvedeny pro délku panelů 4m 2) dílce typu SPG20095 není možné staticky oslabovat 3) výhodnou alternativou pro SPG20207 je vyšší dílec s menším stupněm vyztužení. 4) konzolový typ
SPG 20097	0	364	84,1	57,5	50,1	34,2	69,0	
SPG 20597 <sup>4)</sup>	260	364	86,3	59,4	51,8	32,4	71,3	
<b>SPG 20043</b>	<b>0</b>	<b>528</b>	<b>117,3</b>	<b>73,3</b>	<b>67,8</b>	<b>44,9</b>	<b>68,6</b>	
SPG 20207 <sup>3)</sup>	104	651	140,2	80,9	83,5	52,6	69,6	
SPG 20507 <sup>4)</sup>	260	651	139,2	79,5	84,3	51,5	71,1	

Obrázek 34: Statické parametry stropních dílců

Zvolený typ stropního předpjatého panelu **VYHOVUJE**

Pro max. rozpon odpovídá zatížení cca. 6 kN/m<sup>2</sup>

⇒ 4,24 < 6 kN/m<sup>2</sup>.....**VYHOVUJE**

## Keramobetonový strop

### Strop POROTHERM s cihelnými vložkami MIAKO

- Beton = C 25/30
- Ocel = Bst 500M
- Tl. Stropu = 290 mm
- Osová vzdálenost = 500 mm
- Max. rozpětí = 7,67 m
- Vlastní tíha stropu = 4,06 kN/m<sup>2</sup>
- Zatížení  $q_k + g_k$  = 4,24 kN/m<sup>2</sup>
- Zatížení  $q_d + g_d$  = 5,95 kN/m<sup>2</sup>

Délka nosníku [mm]	Světlé rozpětí [mm]	Výztuž trámečku průměr	MIAKO 15/62,5 PTH, h=210				MIAKO 19/62,5 PTH, h=250				MIAKO 23/62,5 PTH, h=290			
			beton C 20/25		beton C 25/30		beton C 20/25		beton C 25/30		beton C 20/25		beton C 25/30	
			$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$
8000	7750	2 $\varnothing$ 12 + $\varnothing$ 20									5,26	2,80	6,02	3,05
											12,76	4,49	13,56	4,83

Obrázek 35: Statické parametry stropů POROTHERM

Hodnoty pro zdvojený nosník

$$q_k = 4,24 < q_{k, \max} = 4,83 \text{ kN/m}^2$$

**VYHOVUJE**

$$q_d = 5,95 < q_{d, \max} = 13,56 \text{ kN/m}^2$$

**VYHOVUJE**



## 8.6 Posouzení stropních systémů

### 8.6.1 Specifikace jednotlivých kritérií

- Technologická náročnost  
Technologická náročnost bude subjektivně posuzována dle zkušeností autora diplomové práce.
- Časová náročnost  
Časová náročnost bude vypočítána dle datové základny URS softwaru euroCALC 3, konkrétně pomocí ním udávaných normohodin (Nh) pro jednotlivé činnosti při realizaci stropní konstrukce.
- Finanční náročnost pořízení  
Cena realizace jednotlivých stropních systémů byla určena pomocí rozpočtového programu euroCALC.
- Tepelně technické vlastnosti  
Tepelně technické vlastnosti budou posuzovány pomocí hodnot tepelného odporu.
- Akustické vlastnosti  
Akustické vlastnosti budou určovány pomocí hodnot vzduchové neprůzvučnosti.

### 8.6.2 Kritéria

#### 8.6.2.1 Technologická náročnost

Technologická náročnost jednotlivých stropních systémů závisí na provedení samotného stropního systému.

Monolitické ŽB stropy jsou velmi náročné. Zejména kvůli nutnosti zřízení bednění, a také kvůli velice složitému armování konstrukce před



samotným litím betonové směsi. Keramobetonové stropy mají postup podobný. V tomto případě bednění tvoří samotné nosníky a keramické vložky, které se skládají mezi nosníky. Následně se jako u monolitického stropu vyarmuje stropní výztuž a provede se betonáž nadbetonávky spolu s betonáží železobetonového věnce.

Předpjaté stropní panely jsou v tomto ohledu nejjednodušší. Samotné panely se umisťují na nosné zdivo pomocí věžového jeřábu nebo autojeřábu. Po vyskládání se provede betonáž spár mezi panely a betonáž železobetonového věnce. V případě panelů je nejsložitější jejich doprava a skladování.

Tab. 33: Technologická náročnost stropních systémů

Varianta	Technologická náročnost
Monolitický ŽB strop	Velmi náročné
Předpjaté stropní panely	Středně náročné
Keramobetonový strop	Náročné

### 8.6.2.2 Časová náročnost

Časová náročnost byla posouzena pomocí stanovených normohodin a zpracováním krátkého technologického normálu. Následně byl pomocí programu MS Project sestaven harmonogram a určeny návaznosti jednotlivých činností.

Dle očekávání byl z časového hlediska nejlepší stropní systém z prefabrikovaných stropních předpjatých dílů SPIROLL.

## Stanovení doby trvání jednotlivých činností

Tab. 34: Technologický normál pro monolitický ŽB strop

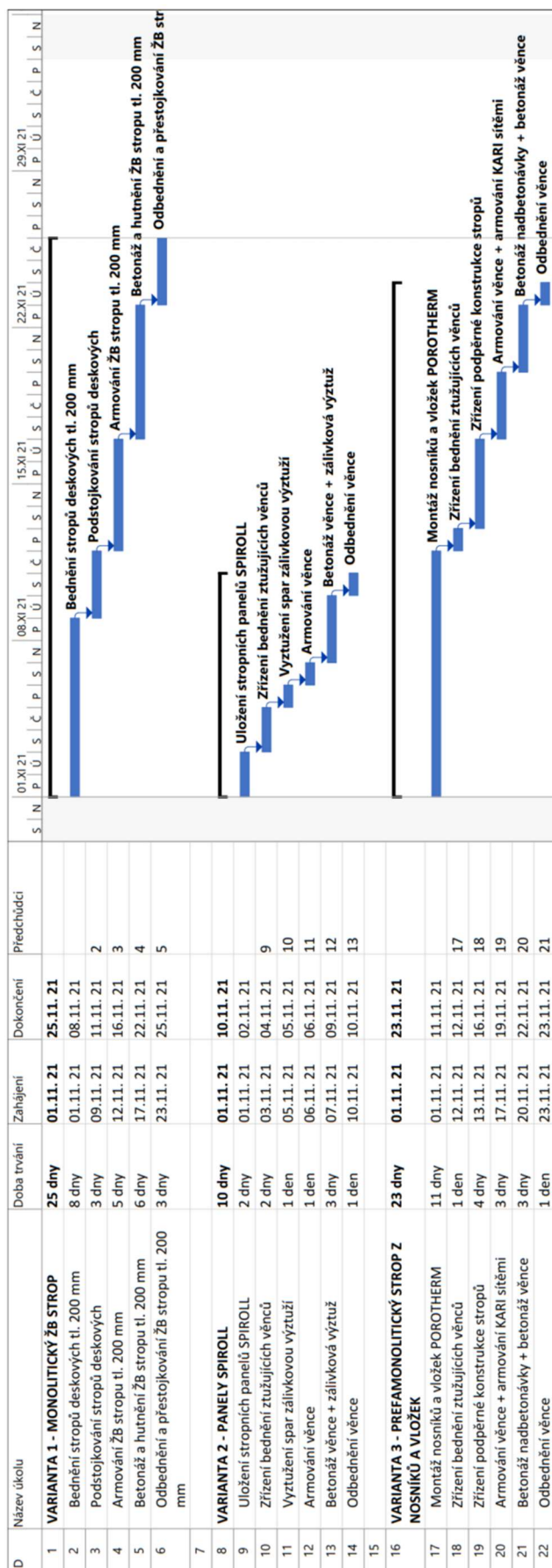
VARIANTA 1 - Monolitický ŽB strop									
Název činnosti	M.J.	Množství	Norma času	Pracnost normová (Nh)	Celková pracnost (h)	Počet pracovníků	Směnový časový fond	Doba trvání	Doba trvání upravená
Bednění stropů deskových tl. 200 mm	m <sup>2</sup>	1541,41	0,3	462,423	462,423	8	8	7,2253594	8
Bednění proutupů ŽB desky	m <sup>2</sup>	1541,41	0,12	184,9692	184,9692	8	8	2,8901438	3
Podstojkování stropů deskových	m <sup>2</sup>	1541,41	0,1	154,141	154,141	8	8	2,4084531	3
Armování ŽB stropu tl. 200 mm	t	41,13	12,9	530,577	530,577	15	8	4,421475	5
Betonáž a hutnění ŽB stropu tl. 200 mm	m <sup>3</sup>	319,23	0,99	316,0377	316,0377	7	8	5,6435304	6
Odbednění a přestojkování ŽB stropu tl. 200 mm	m <sup>2</sup>	1541,41	0,1	154,141	154,141	8	8	2,4084531	3
Odstojkování ŽB stropu tl. 200 mm	m <sup>2</sup>	1541,41	0,1	154,141	154,141	8	8	2,4084531	3

Tab. 35: Technologický normál pro prefabrikované stropní panely

VARIANTA 2 - Předpjaté stropní panely									
Název činnosti	M.J.	Množství	Norma času	Pracnost normová (Nh)	Celková pracnost (h)	Počet pracovníků	Směnový časový fond	Doba trvání	Doba trvání upravená
Uložení stropních panelů SPIROLL	ks	180	0,15	27	27	3	8	1,125	2
Zřízení bednění ztužujících věnců	m <sup>2</sup>	305,58	0,12	36,6696	36,6696	4	8	1,145925	2
Vyztužení spar zářivkovou výztuží	t	2,12	0,25	0,53	0,53	8	8	0,0082813	1
Armování věnce	t	4,428	12,9	57,1212	57,1212	8	8	0,8925188	1
Betonáž věnce + zářivková betonáž	m <sup>3</sup>	73,8	0,99	73,062	73,062	4	8	2,2831875	3
Odbednění věnce	m <sup>2</sup>	305,58	0,1	30,558	30,558	4	8	0,9549375	1

Tab. 36: Technologický normál pro keramobetonový strop

VARIANTA 3 - Keramobetonový strop									
Název činnosti	M.J.	Množství	Norma času	Pracnost normová (Nh)	Celková pracnost (h)	Počet pracovníků	Směnový časový fond	Doba trvání	Doba trvání upravená
Montáž nosníků a vloček POROTHERM	m <sup>2</sup>	1541,41	0,45	693,6345	693,6345	8	8	10,838039	11
Zřízení bednění ztužujících věnců	m <sup>2</sup>	305,58	0,12	36,6696	36,6696	8	8	0,5729625	1
Armování věnce + armování KARI síťmi	t	21,85	12,9	281,865	281,865	15	8	2,348875	3
Podepření desek	m <sup>2</sup>	1541,41	0,07	107,8987	107,8987	4	8	3,3718344	4
Betonáž nadbetonávky + betonáž věnce	m <sup>3</sup>	166,2846	0,99	164,621754	164,621754	7	8	2,9396742	3
Odbednění věnce	m <sup>2</sup>	305,58	0,1	30,558	30,558	4	8	0,9549375	1



Obrázek 36: Časové porovnání jednotlivých variant stropních systémů (MS Project)

### 8.6.2.3 Určení ceny

Náklady na provedení stropních systémů na 3 nadzemní patra jsou stanoveny takto:

VARIANTA 1 – Monolitický ŽB strop	<b>10 474 536 Kč</b>
VARIANTA 2 – Předpjaté stropní panely	<b>7 066 360 Kč</b>
VARIANTA 3 – Keramobetonový strop	<b>11 853 414 Kč</b>

Poř. Příznakový	Ident. Kód	Stav Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztr. [%]	Výměra	Jedn. cena	Cena	% ceny
		9 SO_01: Stavební objekt 01						10 474 536	100,0
		8 004: Vodorovné konstrukce						9 884 267	94,36
1	SP 411321616	0 Stropy deskové ze ŽB tř. C 30/37	m3	941,470	-	941,470	3 295,99	3 103 072	29,62
2	SP 411351021	0 Zřízení bednění stropů deskových tl do 50 c...	m2	4 570,600	-	4 570,600	355,68	1 625 681	15,52
3	SP 411351022	0 Odstranění bednění stropů deskových tl do ...	m2	4 570,600	-	4 570,600	104,80	478 978	4,57
4	SP 411354313	0 Zřízení podpěrné konstrukce stropů výšky d...	m2	4 570,600	-	4 570,600	142,22	650 022	6,21
5	SP 411354314	0 Odstranění podpěrné konstrukce stropů výš...	m2	4 570,600	-	4 570,600	42,20	192 894	1,84
6	SP 411361821	0 Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505	t	49,352	-	49,352	38 307,79	1 890 566	18,05
7	SP 411362021	0 Výztuž stropů svařovanými sítěmi Kari	t	69,370	-	69,370	26 606,45	1 845 690	17,62
8	SP 411354791	0 Příplatek k cenám bednění balkonových de...	m2	498,241	-	498,241	195,42	97 364	0,93
		1 099: Přesun hmot HSV						590 270	5,64
9	SP 998012023	2 Přesun hmot pro budovy monolitické v do 2...	t	2 465,769	-	2 465,769	239,39	590 270	5,64
		9						10 474 536	100,0

Obrázek 37: Položkový rozpočet varianty 1 (euroCALC 3)

Poř. Příznakový	Ident. Kód	Stav Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztr. [%]	Výměra	Jedn. cena	Cena	% ceny
		9 SO_01: Stavební objekt 01						7 066 360	100,0
		6 004: Vodorovné konstrukce						5 643 196	79,86
1	SP 411133902	0 Montáž stropních panelů z betonu předpjat...	kus	540,000	-	540,000	1 205,25	650 836	9,21
2	H 59346861	0 Panel stropní předpjatý SPIROLL 200 119x...	m	3 294,250	-	3 294,250	1 380,00	4 546 065	64,33
3	SP 411361821	0 Výztuž spar mezi dílci prefabrikovaných ko...	t	2,120	-	2,120	45 969,35	97 455	1,38
4	SP 417321616	0 Ztužující pásy a věnce ze ŽB tř. C 30/37	m3	73,800	-	73,800	3 330,43	245 785	3,48
5	SP 417351115	0 Zřízení bednění ztužujících věnců	m2	305,580	-	305,580	276,56	84 510	1,20
6	SP 417351116	0 Odstranění bednění ztužujících věnců	m2	305,580	-	305,580	60,69	18 544	0,26
		1 009: Ostatní konstrukce a práce						160 665	2,27
7	SP 985676112	0 Výztuž ztužujících věnců z ocelí 10 505	t	4,428	-	4,428	36 283,92	160 665	2,27
		2 099: Přesun hmot HSV						1 262 499	17,87
8	SP 998014121	2 Přesun hmot pro budovy vícepodlažní v do ...	t	1 688,586	-	1 688,586	225,88	381 417	5,40
9	SP 992114113	0 Doprava panelů na staveniště	kus	90,000	-	90,000	9 789,80	881 082	12,47
		9						7 066 360	100,0

Obrázek 38: Položkový rozpočet varianty 2 (euroCALC 3)

Poř. Příznakový	Ident. Kód	Stav Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztr. [%]	Výměra	Jedn. cena	Cena	% ceny
		9 SO_01: Stavební objekt 01						11 853 414	100,0
		8 004: Vodorovné konstrukce						11 315 480	95,46
1	SP 411168267	0 Strop keramický tl 29 cm z vložek MIAKO a...	m2	4 570,600	-	4 570,600	2 099,44	9 595 718	80,95
2	SP 411362021	0 Výztuž stropů svařovanými sítěmi Kari	t	14,850	-	14,850	26 606,45	395 106	3,33
3	SP 417321616	0 Ztužující pásy a věnce ze ŽB tř. C 30/37	m3	67,800	-	67,800	3 330,43	225 803	1,90
4	SP 417351115	0 Zřízení bednění ztužujících věnců	m2	305,580	-	305,580	276,56	84 510	0,71
5	SP 417351116	0 Odstranění bednění ztužujících věnců	m2	305,580	-	305,580	60,69	18 544	0,16
6	SP 417361821	0 Výztuž ztužujících pásů a věnců betonářsko...	t	4,125	-	4,125	37 062,33	152 882	1,29
7	SP 411354313	0 Zřízení podpěrné konstrukce stropů výšky d...	m2	4 570,600	-	4 570,600	142,22	650 022	5,48
8	SP 411354314	0 Odstranění podpěrné konstrukce stropů výš...	m2	4 570,600	-	4 570,600	42,20	192 894	1,63
		1 099: Přesun hmot HSV						537 935	4,54
9	SP 998011003	2 Přesun hmot pro budovy zděné v do 24 m	t	2 025,326	-	2 025,326	265,60	537 935	4,54
		9						11 853 414	100,0

Obrázek 39: Položkový rozpočet varianty 2 (euroCALC 3)

### 8.6.2.4 Tepelně technické vlastnosti

#### VARIANTA 1 – Monolitický ŽB strop

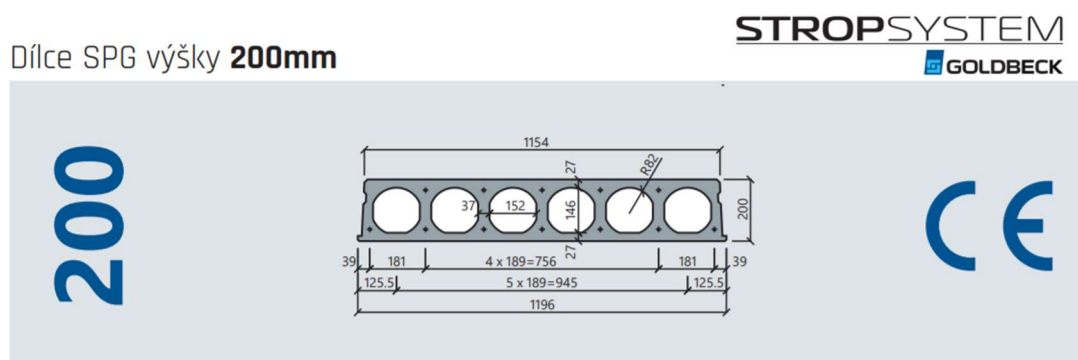
Tepelný odpor monolitického ŽB stropu:

$$R_u = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,2}{1,58} = 0,127 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

#### VARIANTA 2 – Předpjaté stropní panely

Stropní panel Spiroll má dle technické listu společnosti STROPSYSTEM GOLDBECK Tepelný odpor:

$$R_u = 0,157 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$



#### Základní technické údaje

Tloušťka (mm)	200	Index vzduchové neprůzvučnosti $R'_{w,B}$ (dB)	49
Šířka skladebná / výrobní (mm)	1200 / 1196	Index kročejové neprůzvučnosti $L_{n,w,B}$ (dB)	81
Doplňkové šířky (mm)	320 - 500 - 700 - 880 - 1070	Tepelný odpor (m <sup>2</sup> K/W)	0,157
Krytí horních lan (mm)	30	Třída požární odolnosti	min. REI 45
Krytí spodních lan (mm)	32	Vyšší třídu požární odolnosti ( $\geq$ REI 60) konzultujte s technickým oddělením GOLDBECK Prefabeton s.r.o.	
Manipulační hmotnost dílců (kg/m <sup>2</sup> ) / (kg/bm)	258 / 310	Beton	C45/55 ( $f_{ck} = 45\text{MPa}$ )
Hmotnost stropu po provedení závlivky spár (kg/m <sup>2</sup> )	270	Předpínací ocel	Y1860S7_R1 ( $f_{pk} = 1860\text{MPa}$ , $f_{0,2,k} = 1600\text{MPa}$ )
Spotřeba závlivkového betonu do spár (l/m <sup>2</sup> )	4,7	Třída prostředí	XC1-XC3

Obrázek 40: Technický list předpjatých stropních panelů

#### VARIANTA 3 – Keramobetonový strop

Stropní systém s nosníky a keramickými vložkami od společnosti POROTHERM má dle technické listu společnosti Tepelný odpor:

$$R_u = 0,34 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$



## Tepelně-technické údaje

Tepelný odpor stropu bez konstrukce  
podlahy

tloušťka stropu

- 210 mm	0,24 m <sup>2</sup> K/W
- 250 mm	0,29 m <sup>2</sup> K/W
- 290 mm	0,34 m <sup>2</sup> K/W

Obrázek 41: Tepelně technické údaje stropních systémů POROTHERM

### 8.6.2.5 Akustické vlastnosti

#### VARIANTA 1 – Monolitický ŽB strop

Vzduchová neprůzvučnost monolitického ŽB stropu je dle výpočtového programu:

$$R_w = 55 \text{ dB}$$

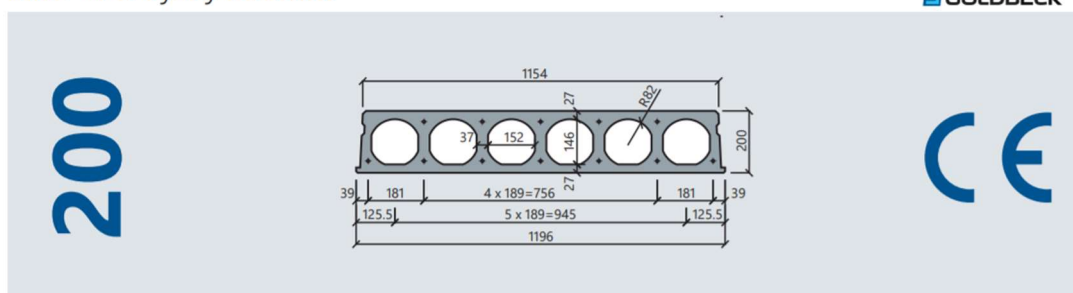
#### VARIANTA 2 – Předpjaté stropní panely

Předpjatý stropní panel SPG tl. 200 mm. má dle technického listu vzduchovou neprůzvučnost.

$$R_w = 49 \text{ dB}$$

Dílce SPG výšky 200mm

**STROPSYSTEM**  
GOLDBECK



#### Základní technické údaje

Tloušťka (mm)	200	Index vzduchové neprůzvučnosti $R'_{w,R}$ (dB)	49
Šířka skladebná / výrobní (mm)	1200 / 1196	Index kročejové neprůzvučnosti $L_{n,w,R}$ (dB)	81
Doplňkové šířky (mm)	320 - 500 - 700 - 880 - 1070	Tepelný odpor (m <sup>2</sup> K/W)	0,157
Krytí horních lan (mm)	30	Třída požární odolnosti	min. REI 45
Krytí spodních lan (mm)	32	Vyšší třídu požární odolnosti (= REI 60) konzultujte s technickým oddělením GOLDBECK Prefabeton s.r.o.	
Manipulační hmotnost dílců (kg/m <sup>2</sup> ) / (kg/bm)	258 / 310	Beton	C45/55 ( $f_{ck} = 45 \text{ MPa}$ )
Hmotnost stropu po provedení závlivky spár (kg/m <sup>2</sup> )	270	Předpínací ocel	Y1860S7_R1 ( $f_{tk} = 1860 \text{ MPa}$ , $f_{0,95} = 1600 \text{ MPa}$ )
Spotřeba závlivkového betonu do spár (l/m <sup>2</sup> )	4,7	Třída prostředí	XC1-XC3

Obrázek 42: Technický list předpjatých stropních panelů

### VARIANTA 3 – Keramobetonový strop

Stropní systém s nosníky a keramickými vložkami od společnosti POROTHERM má dle technické listu společnosti vzduchovou neprůzvučnost:

$$R_w = 53 \text{ dB}$$

tl. stropu PTH [mm]	$R_w$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]
210	49	76
250	51	75
290	53	73

Obrázek 43: Akustické vlastnosti stropních systémů POROTHERM

## 8.7 Vyhodnocení

Pro finální hodnocení stropních systémů byla použita bodovací metoda se škálou bodů 1 až 10 (1 = nejhorší, 10 = nejlepší)

Jako nejlepší varianta stropního systému se dle hodnocení jeví předpjaté stropní panely. Panely nejsou nijak zvlášť technologicky náročné, jejich provedení je rychlé, cenově vycházejí jako nejlevnější varianta a mají dobré tepelně technické i akustické vlastnosti.

	Technologická náročnost	Časová náročnost	Určení ceny	Tepelně technické vlastnosti	Akustické vlastnosti
Monolitický ŽB strop	velmi náročné	28 dní	10 474 536 Kč	0,127	55 dB
Předpjaté stropní panely	středně náročné	10 dní	7 066 360 Kč	0,157	49 dB
Keramobetonový strop	náročné	26 dní	11 853 414 Kč	0,34	53 dB

Tab. 37: Shrnutí jednotlivých kritérií (Vlastní tvorba)

	Technologická náročnost	Časová náročnost	Náklady	Tepelně technické vlastnosti	Akustické vlastnosti	Aritmetický průměr
Monolitický ŽB strop	4	5	6	5	9	5,8
Předpjaté stropní panely	7	8	8	6	7	7,2
Keramobetonový strop	5	5	5	9	8	6,4

Tab. 38: Vyhodnocení pomocí bodovací metody bez vah kritérií (Vlastní tvorba)

	Technologická náročnost	Časová náročnost	Náklady	Tepelně technické vlastnosti	Akustické vlastnosti	Geometrický průměr řádku	Váha kritéria
Technologická náročnost	1	5	1/3	3	1/6	0,96	0,13
Časová náročnost	1/5	1	1/6	1	1/6	0,35	0,05
Určení ceny	3	9	1	6	3	3,45	0,46
Tepelně technické vlastnosti	1/3	1	1/6	1	1/6	0,39	0,05
Akustické vlastnosti	6	6	1/3	6	1	2,35	0,31
						7,51	1

Tab. 39: Saatyho kriteriální matice (Vlastní tvorba)

	Technologická náročnost	Časová náročnost	Náklady	Tepelně technické vlastnosti	Akustické vlastnosti	Celkové hodnocení kritéria
Váha kritéria	0,13	0,05	0,46	0,05	0,31	
Monolitický ŽB strop	4	5	6	5	9	6,57
Předpjaté stropní panely	7	8	8	6	7	7,46
Keramobetonový strop	5	5	5	9	8	6,13

Tab. 40: Tabulka porovnání variant dle vah kritérií (Vlastní tvorba)



## **Seznam obrázků**

- Obrázek 30: Maximální rozpon pro monolitický ŽB strop
- Obrázek 31: Předpjaté stropní panely
- Obrázek 32: Maximální rozpon pro předpjaté stropní panely
- Obrázek 33: Orientační únosnost stropních dílců
- Obrázek 34: Statické parametry stropních dílců
- Obrázek 35: Statické parametry stropů POROTHERM
- Obrázek 36: Časové porovnání jednotlivých variant stropních systémů (MS Project)
- Obrázek 37: Položkový rozpočet varianty 1 (euroCALC 3)
- Obrázek 38: Položkový rozpočet varianty 2 (euroCALC 3)
- Obrázek 39: Položkový rozpočet varianty 3 (euroCALC 3)
- Obrázek 40: Technický list předpjatých stropních panelů 1
- Obrázek 41: Tepelně technické údaje stropních systémů POROTHERM
- Obrázek 42: Technický list předpjatých stropních panelů 2
- Obrázek 43: Akustické vlastnosti stropních systémů POROTHERM

## **Seznam tabulek**

- Tabulka 31: Výpočet zatížení. Zdroj: vlastní tvorba
- Tabulka 32: Kategorie použití užitečného zatížení. Zdroj: vlastní tvorba
- Tabulka 33: Technologická náročnost stropních systémů. Zdroj: vlastní tvorba
- Tabulka 34: Technologický normál pro monolitický ŽB strop. Zdroj: vlastní tvorba
- Tabulka 35: Technologický normál pro předpjaté stropní panely. Zdroj: vlastní tvorba
- Tabulka 36: Technologický normál pro keramobetonový strop. Zdroj: vlastní tvorba
- Tabulka 37: Shrnutí jednotlivých kritérií. Zdroj: vlastní tvorba
- Tabulka 38: Vyhodnocení pomocí bodovací metody bez vah kritérií. Zdroj: vlastní tvorba
- Tabulka 39: Saatyho kriteriální matice. Zdroj: vlastní tvorba

Tabulka 40: Tabulka porovnání variant dle vah kritérií. Zdroj: vlastní tvorba

### Použité zdroje

1. **Korviny, Ing. Petr.** *Teoretické základy vícekritériálního rozhodování*. [online]. Praha [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: [https://korviny.cz/Korviny/soubory/teorie\\_mca.pdf](https://korviny.cz/Korviny/soubory/teorie_mca.pdf)
2. *Matematické metody rozhodování* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://www.kae.cz/wp-content/uploads/2013/10/MMR.pdf>
3. *Technické listy POROTHERM* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: [https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ\\_POR\\_TEC\\_Pth\\_Ceiling.pdf](https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ_POR_TEC_Pth_Ceiling.pdf)
4. *Výpočet laboratorní neprůzvučnosti* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/135-vypocet-laboratorni-nepruzvucnosti-jednoduchych-stavebnich-prvku-podle-csn-en-12354-1-prilohy-b>
5. Technické listy předpjatých stropních panelů. *STROPSYSTEM* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://stropsystem.cz/>
6. SOUKOPOVÁ, Jana. *Vícekritériální metody hodnocení* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MKV\\_VZVP/um/33149329/Studijni\\_text\\_metody\\_vicekriterialniho\\_rozhodovani.pdf](https://is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MKV_VZVP/um/33149329/Studijni_text_metody_vicekriterialniho_rozhodovani.pdf)