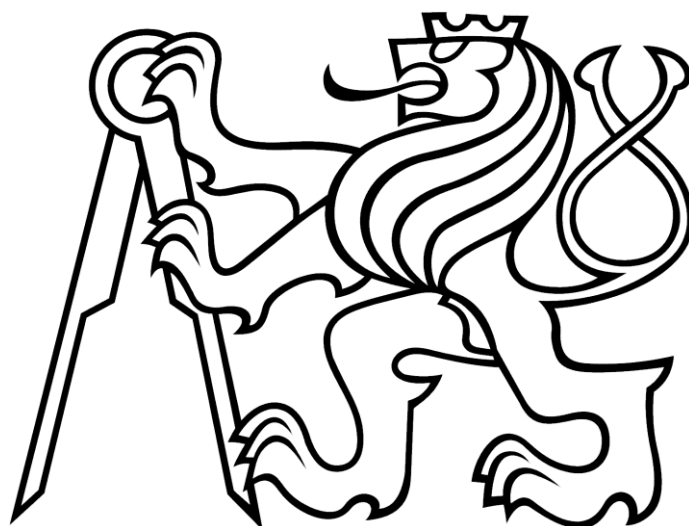


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

## DIPLOMOVÁ PRÁCE



**OPTIMALIZACE STROPNÍ KONSTRUKCE**

2016

TOMÁŠ BÍNA



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: BÍNA Jméno: TOMÁŠ Osobní číslo: 380718

Zadávací katedra: K124 - KATEDRA POZEMNÍCH STAVEB

Studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: C - KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: OPTIMALIZACE STROPNÍ KONSTRUKCE

Název diplomové práce anglicky: OPTIMIZATION OF CEILING STRUCTURES

Pokyny pro vypracování:

OPTIMALIZAČNÍ ANALÝZA STROPNÍCH KONSTRUKCÍ PRO NÁVRH STROPU ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ RŮZNÝCH TYPŮ A MATERIÁLŮ PRO PROMĚNNÉ OKRAJOVÉ PODMÍNKY NÁVRHU (ROZPON, ZATÍŽENÍ, AKUSTICKÉ VLASTNOSTI).

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Ing. VLADIMÍR ŽDÁRA, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 22.2.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 22.5.2016



Podpis vedoucího práce



Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

29.2.2016

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

## **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Vladimíru Žďárovi, CSc. za přínosné odborné konzultace, Ing. Ondřeji Stejskalovi za pomoc při zpracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval svým rodičům a své nejmilejší za trpělivou podporu při studiu na vysoké škole.

Tomáš Bína

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne 20.5.2016

Bína Tomáš

## **ABSTRAKT:**

Jméno a příjmení autora:	Tomáš Bína
Název diplomové práce:	Optimalizace stropní konstrukce
Označení a místo vysoké školy:	České Vysoké Učení Technické v Praze Fakulta stavební
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Vladimír Žďára, CSc.
Klíčová slova:	Optimalizace; stropní konstrukce; databáze; algoritmus
Rozsah práce:	59

Diplomová práce se zabývá optimalizací návrhu nosné stropní konstrukce objektu pozemní stavby. Smyslem je vytvoření výpočetní pomůcky napomáhající při výběru vhodné a optimální stropní konstrukce. Práce obsahuje tři hlavní části. V první části je popsána problematika návrhu optimální stropní konstrukce. Druhá část obsahuje popis struktury vytvářeného výpočetního algoritmu. Třetí část obsahuje analýzu výstupů programu. Součástí jsou také modelové příklady použití. V závěru práce je provedeno posouzení výpočetní pomůcky z hlediska funkčnosti a zhodnocení kvality nástroje. Závěr dále obsahuje úvahu o možnosti dalšího vývoje programu a o naplnění stanovených cílů.

## **ABSTRACT:**

Author's name and surname:	Tomáš Bína
Title of the diploma thesis:	Optimization of ceiling structures
Name of the university:	Czech Technical University in Prague  Faculty of Civil Engineering
Thesis supervisor:	doc. Ing. Vladimír Žďára, CSc.
Key words:	Optimization, ceiling structure, database, algorithm
Number of pages:	59

This master's thesis deals with optimization of ceiling structure elements of building structures. Main goal of the thesis is to create computing tool for planners and architects. The purpose of the tool is to support engineers in a design of ceiling structures. Thesis is composed of three main parts. The first part focuses on design of optimal ceiling structure. The second part describes a structure of created computing tool algorithm. In the third part acquired outcomes are analyzed. In addition the computing tool is further applied to case studies. In the conclusion, results are evaluated in terms of functionality and quality of the tool. Furthermore possible development of the tool is taken into account.

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Optimalizace stropní konstrukce .....	10
2.1	Současný stav .....	10
2.2	Empirické vzorce .....	11
2.3	Nomogramy.....	11
2.4	Navrhované řešení optimalizace .....	13
3	Výpočetní pomůcka - optimalizace stropní konstrukce.....	15
3.1	Algoritmus generující konstrukce dle vstupních parametrů.....	18
3.2	Popis výpočtu parametrů konstrukcí.....	20
3.3	Konstrukční systémy vstupující do výpočtu.....	22
3.3.1	Monolitická železobetonová jednosměrně pnutá deska.....	23
3.3.2	Systémový prefa-monolitický strop POROTHERM .....	24
3.3.3	Systémový prefa-monolitický strop YTONG KLASIK.....	25
3.3.4	Prefabrikovaný předpjatý dutinový panelový strop SPIROLL.....	26
3.4	Zpracování výstupů.....	27
3.4.1	Graf 1 .....	28
3.4.2	Graf 2 – Závislost ceny na rozponu při daném zatížení.....	31
3.4.3	Graf 3 - Nomogram .....	32
3.4.4	Souhrnná databáze řešených konstrukcí.....	33
4	Případové studie .....	34
4.1	Modelový příklad 1 – Návrh stropní konstrukce - Rodinný dům .....	34
4.2	Modelový příklad 2 – Návrh stropní konstrukce – Ubytovací zařízení.....	37
4.3	Modelový příklad 3 – Návrh stropní konstrukce – Prostory skladu .....	40
5	Hodnocení výpočetní pomůcky.....	43
5.1	Funkčnost algoritmu .....	43
5.2	Použitelnost pro účely stavařských projektů.....	44
5.3	Potenciály dalšího rozvoje .....	44
6	Závěr .....	45
	Seznam použitého SW a literatury .....	46
	Seznam obrázků.....	47
	Seznam tabulek.....	49
	Přílohy.....	50

# 1 Úvod

Podstatou optimalizace návrhu objektů pozemních staveb je minimalizace nákladů na výstavbu a provoz při splnění požadovaného účelu a dodržení určitého standardu kvality. Cílem je navrhovat konstrukce efektivně bez plýtvání materiálem, lidskými zdroji a s minimálními náklady na provoz. V průběhu návrhu je rozhodování projektanta ovlivňováno dvěma skupinami okrajových podmínek:

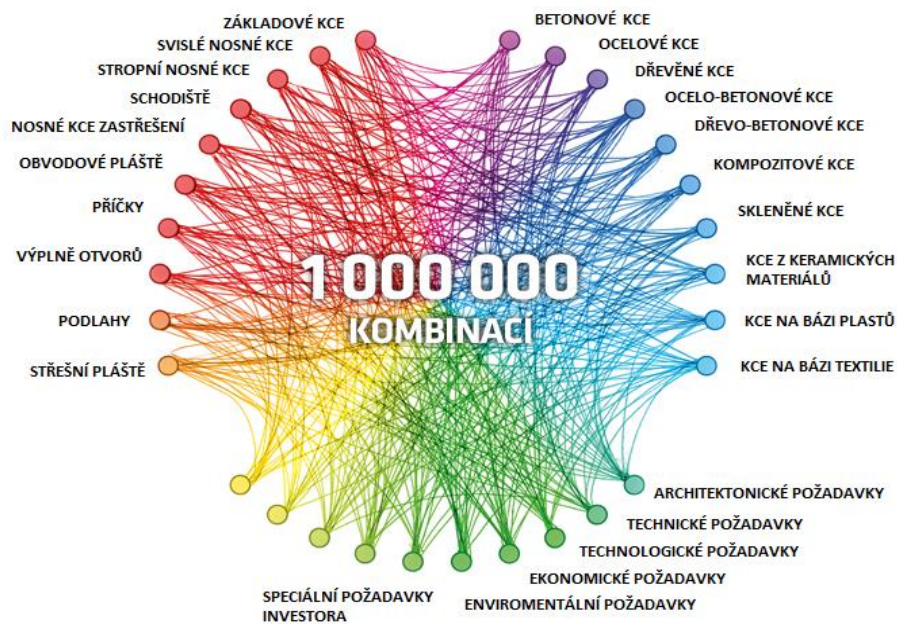
- Existenčními (legislativa, požadavky investora, normy...) – musí být zohledněny
- Optimalizačními (cena, energetická bilance objektu...) – mohou být zohledněny

Již v počátečních krocích návrhu stavebního objektu projektant provádí důležitá rozhodnutí, která následně podstatně ovlivňují efektivitu návrhu celé stavby. Kroky, kterými návrh stavby v počátku prochází, jsou ilustrativně zobrazeny na obr. 1.



Obrázek 1 – Kroky návrhu v počátečních fázích projektu

Možnosti volby mezi jednotlivými prvky, materiály a parametry jsou velké. Celkový počet všech možných kombinací, které lze při návrhu zvolit je obrovský (viz. obr. 2).



Obrázek 2 – Ukázka možného počtu kombinací při návrhu (převzato z <http://www.logio.cz/img/illust/combi-in.png>)



Zaměříme-li se blíže na prvotní návrh jednotlivých konstrukčních prvků (sloup, stěna, trám, deska) jsou v prvním kroku zvoleny rozměry průřezu prvku. U takto navrženého prvku je následně výpočtem posuzována únosnost a stabilita.

V případě, že výpočet prokáže nevhodnost zvolených rozměrů prvku (poddimenzování, předimenzování) je projektant nucen i několikrát měnit rozměry a výpočet opakovat. Pro urychlení je při počátečním návrhu využívána empirie (z ní vyvozené empirické vzorce), příklady efektivně navržených reálných konstrukcí a nebo nomogramy.

Zmíněné nástroje, při prvotním návrhu, rychle poskytnou odhad o dimenzi prvku. Nicméně získaná hodnota je stále velice hrubým odhadem jelikož v empirickém vzorci jsou zohledněny další důležité okrajové podmínky, které návrh ovlivňují (např.: zatížení).

Rychlý rozvoj výpočetní techniky odkrývá možnosti přesně určovat rozměry prvku už v prvotní fázi návrhu. Dále umožňuje vzájemně porovnávat a vyhodnocovat výhodu použití různých typů konstrukcí a to vše v poměrně krátkém čase. Právě pomůcka porovnávající jednotlivé typy konstrukcí ale v praxi chybí.

V použití výpočetní techniky pro návrh konstrukce vidím velký potenciál, a proto jsem tuto problematiku vybral pro svou diplomovou práci. Zvoleným předmětem práce bylo vytvoření výpočetní pomůcky napomáhající projektantovi s výběrem vhodné a cenově výhodné stropní nosné konstrukce již v prvotních fázích projektu.

## 2 Optimalizace stropní konstrukce

### 2.1 *Současný stav*

Při navrhování konstrukcí přirozeně dáváme největší prioritu požadavku bezpečnosti. U navrhovaného konstrukčního prvku je posuzováno, zda při uvedených zatíženích a rozpětích nepřekračuje povolená napětí v jednotlivých částech průřezu a zda je celá konstrukce stabilní. Nicméně ani po provedení výpočtu a ověření bezpečnosti není zaručeno, že jsou rozměry prvku optimální.

Například při volbě subtilnějšího železobetonového trámu je pro splnění statických podmínek nutné prvek vyztužit vyšším množstvím betonářské oceli. Oproti tomu volba vysokého nosníku sice snižuje množství použité výztuže, dochází však ke zvýšení vlastní tíhy konstrukce, zvýšené spotřebě betonu a potřebě masivnějších podpůrných konstrukcí, což úměrně navyšuje náklady.

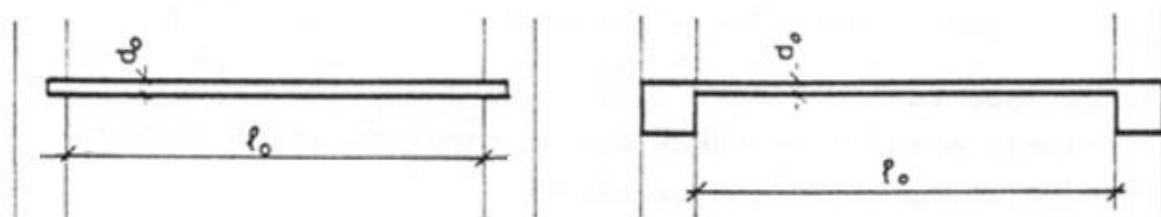
Vlastnosti celé konstrukce (systému) jsou ovlivňovány parametry prvků (subsystémů), ze kterých je konstrukce tvořena. Subsystémy se však také ovlivňují navzájem. Uvažování všech vzájemných vazeb mezi systémy a subsystémy a nalezení optimálních parametrů konstrukčních elementů je bez výpočetní techniky téměř nemožné.

V dnešní době máme možnost volit mezi mnoha typy stropních konstrukcí z hlediska materiálů, rozměrů, technologií realizace a dalších vlastností. Proto může být volba vhodná a cenově optimální konstrukce obtížná.

V přípravě práce jsem analyzoval zdroje, které se zabývají tématem volby rozměrů nosné stropní konstrukce. Na základě získaných informací jsem se rozhodl v krátkosti představit často používané empirické vzorce a nomogramy.

## 2.2 Empirické vzorce

Empirické vzorce ověřené dlouholetými zkušenostmi slouží k definování prvotních rozměrů daného prvku. U většiny stropních prvků se jedná o závislost tloušťky (výšky) stropního (střešního) prvku  $d_0$  na rozponu konstrukčního systému  $l_0$ , kde pro konkrétní rozpon poskytuje empirický vzorec informaci tloušťce (výšce) stropního (střešního) prvku. V tabulce 1 je zobrazena ukázka empirických vzorců používaných v praxi pro návrh železobetonových konstrukcí.



Obrázek 3 - Vlevo: deska prostě uložená, vpravo: deska vetknutá

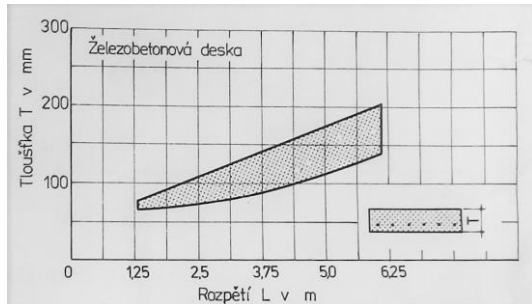
Desky působící v jednom směru			
Prostě uložené	$d_0 = l_0/25$		
Spojité nebo vetknuté	$d_0 = l_0/35 \div l_0/30$		
Konzolové	$d_0 = l_0/14$		
Desky křížem vyztužené			
Po obvodě prostě uložené	$d_0 = l_1/35$	nebo	$d_0 = 1,1 \cdot (l_1 + l_2)/75$
Po obvodě vetknuté	$d_0 = l_1/40$	nebo	$d_0 = 1,2 \cdot (l_1 + l_2)/105$
Desky bezhřibové	$d_0 = l_2/33$		
Desky hřibové	$d_0 = (l_2 - 2c/3)/35$		
Trámy			
Žebra trémového stropu	$H = l_0/17 \div l_0/15$		$B = (0,33 \div 0,4) \cdot H$
Průvlaky - stropní	$H = l_0/12 \div l_0/8$		$B = (0,4 \div 0,5) \cdot H$
Průvlaky - střešní	$H = l_0/15 \div l_0/12$		$B = (0,4 \div 0,5) \cdot H$
Legenda: $d_0$ – tloušťka desky; B – šířka průřezu; H – výška prvku; $l_1$ = menší rozpětí desky; $l_2$ = větší rozpětí desky; c = účinná šířka hlavice			

Tabulka 1 - Ukázka empirických vzorců - železobetonové stropní prvky

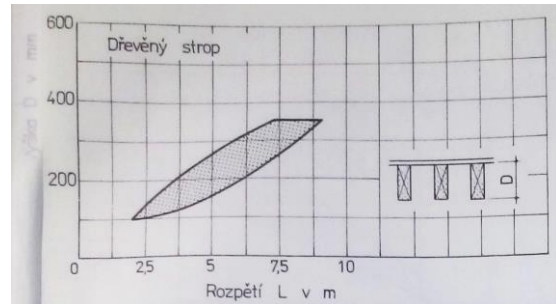
## 2.3 Nomogramy

Nomogramy ve stavebním inženýrství sloužily dříve jako grafická pomůcka umožňující provádět prvotní odhady dimenzí konstrukcí. Při hledání zdrojů obsahujících tuto výpočetní pomůcku jsem narazil na knihu *Stavební mechanika pro architekty* od Tadeusze Kolendowicze. Tato kniha obsahuje nomogramy sestavené profesorem architektury Philipem A. Corkillem. Vypracovaných 42 nomogramů definuje závislost

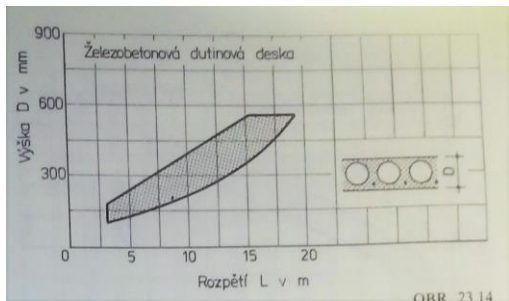
tloušťky (výšky) stropního (střešního) prvku na rozponu konstrukčního systému. Uváděné nomogramy podávají informace o možnostech optimálního výběru mezi různými variantami stropu pro daný rozpon konstrukčního systému. Na obr. 4.1 až 4.8 jsou zobrazeny některé z popisovaných nomogramů.



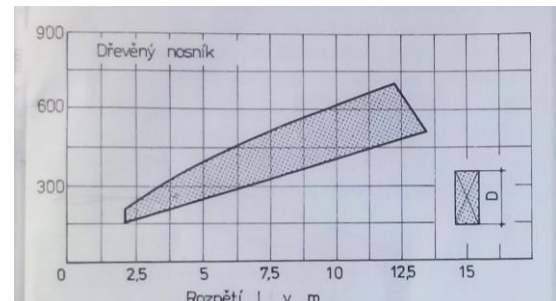
Obrázek 4.1 - Železobetonová deska<sup>1</sup>



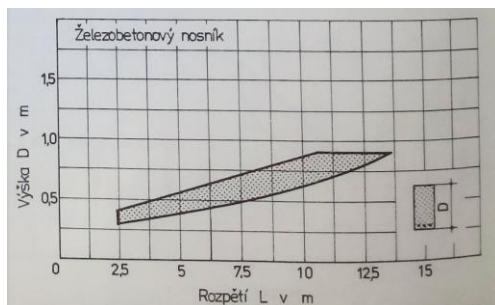
Obrázek 4.2 - Dřevěný strop<sup>1</sup>



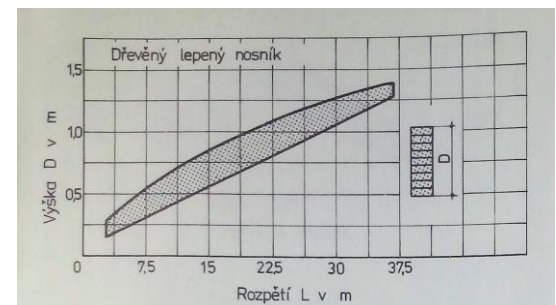
Obrázek 4.3 - Železobetonová dutinová deska<sup>1</sup>



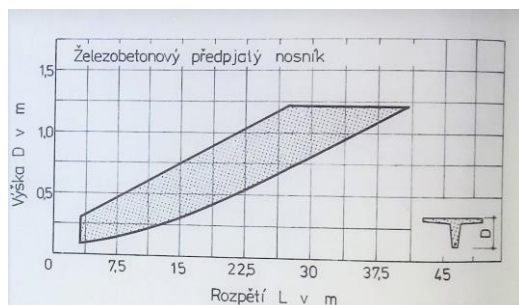
Obrázek 4.4 - Dřevěný nosník<sup>1</sup>



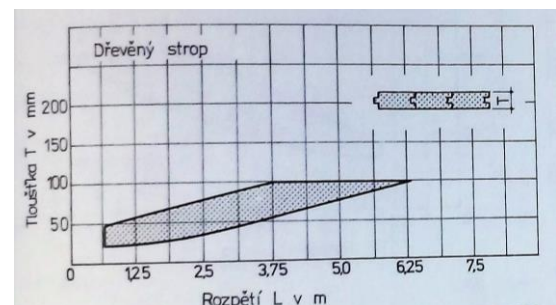
Obrázek 4.5 - Železobetonový nosník<sup>1</sup>



Obrázek 4.6 - Dřevěný lepený nosník<sup>1</sup>



Obrázek 4.7 - Železobetonový předpjatý nosník<sup>1</sup>



Obrázek 4.8 - Dřevěný deskový strop<sup>1</sup>

<sup>1</sup> KOLENDOWICZ, Tadeusz. *Stavební mechanika pro architekty: vysokoškolská učebnice pro stavební fakulty architektury*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984.

## 2.4 Navrhované řešení optimalizace

Hlavním cílem práce bylo vytvořit nástroj, umožňující srovnávat typy a varianty stropních konstrukcí a zároveň vyhodnocovat konstrukce, které jsou pro daný návrh nejvýhodnější. Základními myšlenkami pro vytvoření nástroje bylo:

a) Vytvořit databázi typů a variant stropních konstrukcí. Konstrukce budou definovány parametry, které jsou nezbytné pro jejich návrh. Níže jsou uvedeny příklady klíčových parametrů:

- Tloušťky konstrukce (100, 200, 300 mm)
- Rozpětí konstrukce (4.5, 5.0, 5.5 m)
- Materiálové charakteristiky (C20/25, B500B, GL24h)
- Stupně vyztužení (0.5%, 1.5%)
- Rozměry nosných prvků (trám – 0.16 x 0.24 m)

Cílem bylo získat sestavu maximálního množství různých variant konstrukcí, které byly vygenerovány algoritmem kombinujícím klíčové parametry konstrukce.

b) Pro všechny kombinace generovaných konstrukcí vypočítat důležité veličiny, podle kterých může být konstrukce posuzována a porovnávána. Charakteristické veličiny jsou následující:

- Únosnost
- Vlastní tíha
- Cena
- Akustické vlastnosti
- Požární odolnost

c) Zpracovat výsledky do takových výstupů, pomocí kterých lze jednoduše zjistit, který model konstrukce je pro konkrétní návrh cenově nejvýhodnější.

Výpočetní pomůcka by měla také zohledňovat, zdali konstrukce zobrazené ve výstupech splňují ostatní kritéria spojená s návrhem (únosnost, akustické požadavky, požární odolnost).

V počátečních fázích vytváření výpočetní pomůcky byly stanoveny následující cíle:

### **1. Vytvoření výpočetní pomůcky**

- Definovat vstupní parametry pro algoritmus výpočtu
- Sestavit algoritmus pro každou dílčí konstrukci
- Vytvořit databázi analyzovaných konstrukcí
- Definovat výstupy a formu jejich prezentace

### **2. Testování pomůcky a ověřování její funkčnosti**

- Otestovat algoritmus výpočtu na vybraných typech konstrukcí
- Použít pomůcku pro modely případové studie

### **3. Vyhodnocení výsledků a zhodnocení potenciálů dalšího vývoje**

- Vyhodnotit kvalitu výstupů a jejich použitelnost
- Určit potenciál využití pomůcky v praxi, její klady a zápory
- Navrhnout další kroky rozvoje a možné extenze

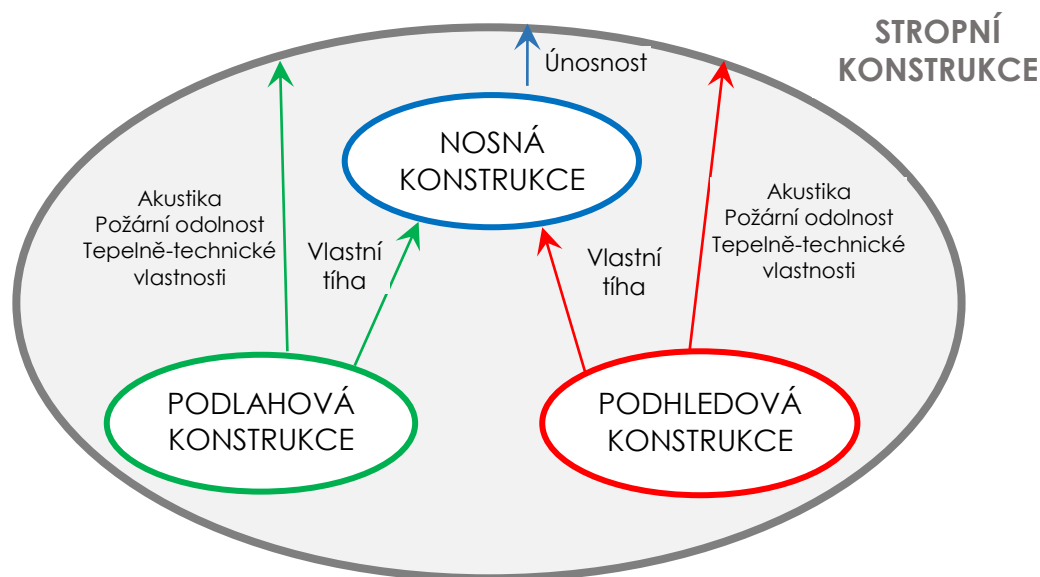
### 3 Výpočetní pomůcka - optimalizace stropní konstrukce

V reálném objektu se zpravidla nikdy nosná stropní konstrukce nenachází osamocena bez jakékoliv další vrstvy. Nosný prvek bývá navrhován včetně mezivrstev tvořících konstrukci podlahovou nebo podhledovou. Nosná, podlahová a podhledová konstrukce jsou subsystémy stropní konstrukce jako celku.

**Podlahová a podhledová souvrství svými parametry ovlivňují:**

1. Nosnou část konstrukce (vlastní tíha ovlivňuje statický návrh nosné části)
2. Stropní konstrukci jako celek (mohou zlepšovat celkové akustické vlastnosti, požární odolnost, tepelně technické vlastnosti)

Na obr. 5 je zobrazeno ilustrativní schéma vzájemných vlivů jednotlivých subsystémů stropní konstrukce.



Obrázek 5 - Vzájemné vazby mezi systémy a subsystémy stropní konstrukce

Pokud budeme ve výpočtu uvažovat pouze nosnou část konstrukce, získáme hodnoty parametrů (např.: únosnost, akustika, požární odolnost,...) u kterých nelze posoudit, zdali daná konstrukce bude splňovat legislativní požadavky.

Například porovnáme-li náklady na výstavbu železobetonové monolitické stropní desky a dřevěného trémového stropu pro konkrétní zatížení a rozpon, cenově výhodněji vycházejí náklady na trémový strop. Avšak akustické vlastnosti u samotné trémové konstrukce jsou horší než u betonové desky. To sebou nese zvýšené náklady vrstev zlepšujících akustické vlastnosti trémového stropu. Nelze tedy porovnávat pouze

ceny nosných konstrukcí. Proto jsem se rozhodl ve výpočtu uvažovat nosnou část včetně skladby podlahového a podhledového souvrství.

Nicméně typů a tloušťek podhledových a podlahových vrstev je velké množství. Pokud budeme ve výpočtu uvažovat všechny možné kombinace podlahových, nosných a podhledových konstrukcí, dostaneme desítky až stovky miliónů kombinací. Ty mohou klást značné nároky na paměť výpočtové techniky a prodlužovat dobu výpočtu. Proto ke každé nosné konstrukci ve výpočtu budeme uvažovat jednu ze dvou variant podlahových konstrukcí:

- **Těžká plovoucí podlaha (TPP)**
- **Lehká plovoucí podlaha (LPP)**

Složení těchto konstrukčních vrstev bude tvořeno průměrně používanými materiály s průměrnou hodnotou tloušťky. Vycházíme z obecně nejčastěji používaných skladeb bytových a administrativních budov. V tabulce 2 je zobrazeno složení podlahových konstrukcí.

	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Charakteristická hodnota vlastní tíhy [kN/m <sup>2</sup> ]	Součinitel tepelné vodivosti [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Tepelný odpor [m.K.W <sup>-1</sup> ]	Cena konstrukce vč. montáže [Kč/m <sup>2</sup> ]
<b>Těžká plovoucí podlaha</b>						
Betonová mazanina s KARI sítí	50	25	1,25	1,3	0,0385	348,4
Minerální plsť	50	1	0,05	0,04	1,25	352,7
<b>Celkem</b>	<b>100</b>		<b>1,3</b>		<b>1,289</b>	<b>701,1</b>
<b>Lehká plovoucí podlaha</b>						
OSB deska	2 x 18	6,5	0,234	0,13	0,277	290,6
Minerální plsť	30	1	0,03	0,04	0,75	211,8
<b>Celkem</b>	<b>66</b>		<b>0,264</b>		<b>1,027</b>	<b>502,4</b>

Tabulka 2 – Skladba těžké/lehké plovoucí podlahy ve výpočtu

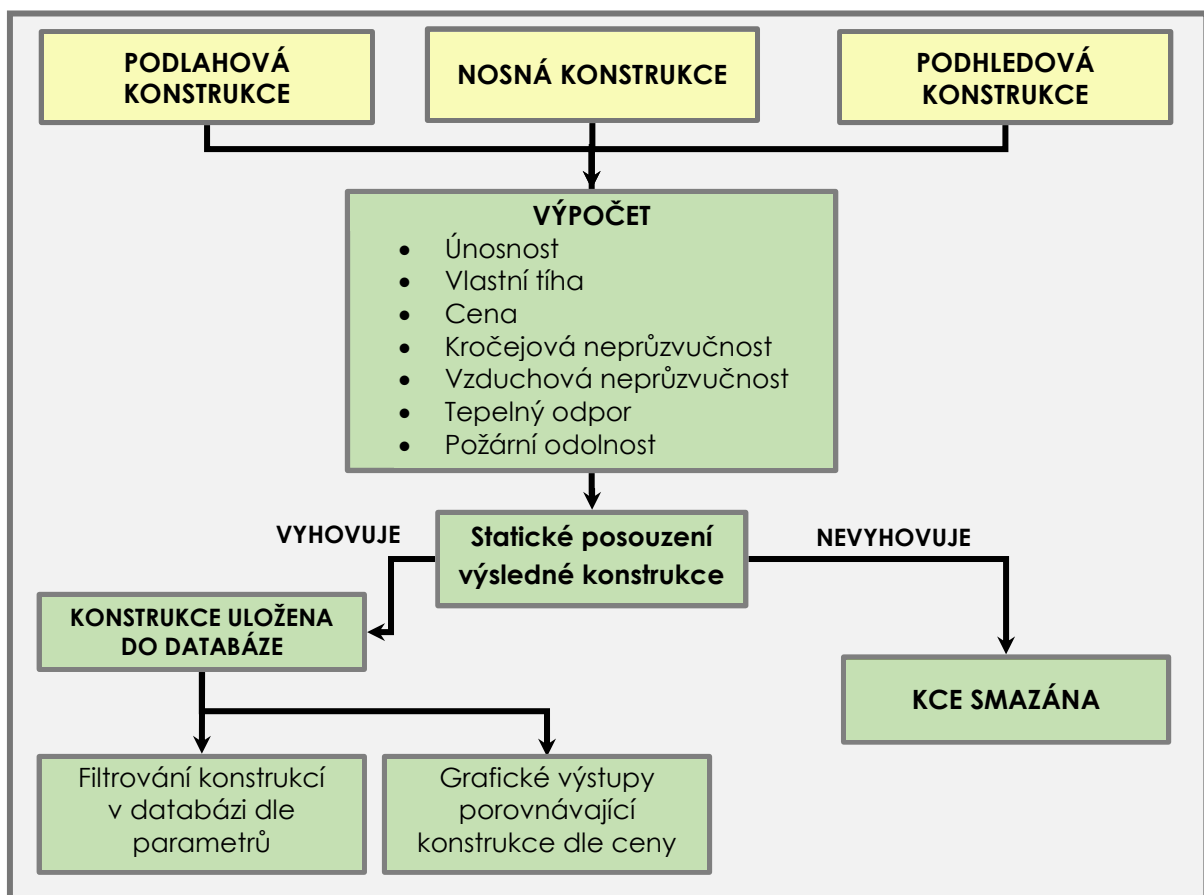
Podhledové konstrukce budou přiřazovány v závislosti na typu dané nosné stropní konstrukce. V případě systémové stropní konstrukce bude navržen podhled dle doporučení výrobcem. V případě ostatních konstrukcí je navržen takový podhledový systém, který vyhovuje architektonickým, technickým i technologickým požadavkům a zbytečně nenavýšuje cenu konstrukce.



## Obecný popis procesu výpočtu:

- 1) Připojení podlahových a podhledových vrstev k vygenerovaným variantám nosné konstrukce
- 2) Pro takto vytvořenou skladbu vypočítat důležité parametry konstrukce (únosnost, vlastní tíha, cena...)
- 3) Vyhodnotit zdali daná skladba staticky vyhoví na zatížení definované ve vstupu
  - a) V případě, že skladba staticky nevyhoví, je vymazána
  - b) V případě, že skladba staticky vyhoví, je uložena do databáze
- 4) Konstrukce v databázi lze filtrovat dle různých kritérií
- 5) Konstrukce z databáze je zobrazena v grafických výstupech porovnávajících konstrukce z hlediska ceny

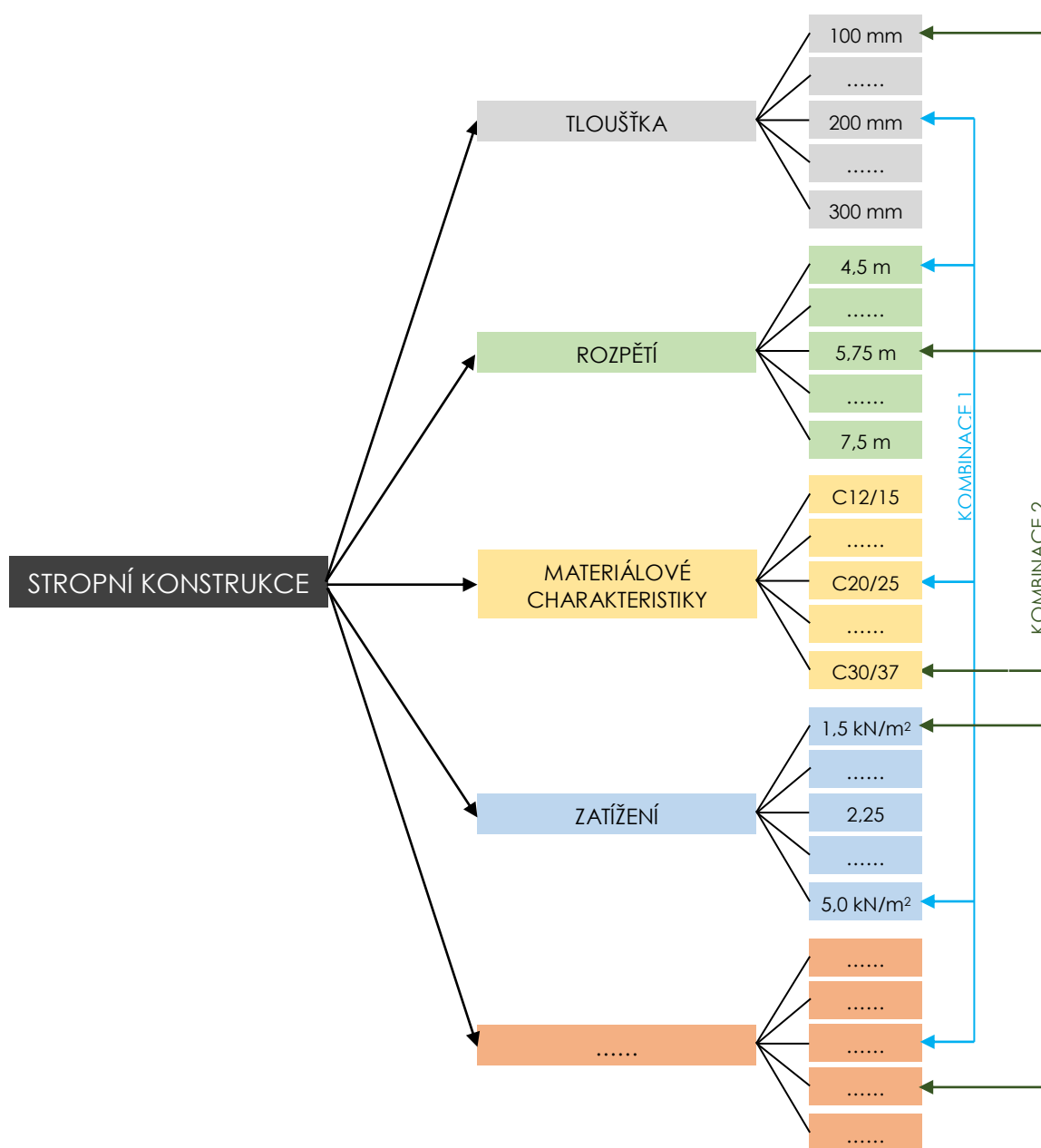
Na obr. 6 je zobrazeno schéma výše popisovaného procesu výpočtu.



Obrázek 6 - Schéma procesu výpočtové pomůcky

### 3.1 Algoritmus generující konstrukce dle vstupních parametrů

Nosná konstrukce stropu je definována parametry (tloušťka, rozpon, materiálové charakteristiky...), které jsou důležité pro návrh a posouzení. Snahou je sestavit algoritmus, který v závislosti na měnících se parametrech vygeneruje všechny možné varianty konstrukcí. S rostoucím množstvím generovaných konstrukcí se zvyšuje možnost přiblížit se optimálnímu řešení. Na obr. 7 je zobrazeno schéma znázorňující princip vytváření jednotlivých kombinací.



Obrázek 7 – Schéma principu generování konstrukcí podle vstupních parametrů

Algoritmus vytváří konečný počet kombinací z parametrů, které byly na počátku pro danou konstrukci stanoveny. Na obr. 8 je zobrazen algoritmus vytvářející kombinace dle definovaných parametrů.

Vstupní parametry postupně nabývají hodnot v intervalu stanoveném uživatelem. Výpočetní algoritmus je sestaven tak, že v každém kroku iterace se mění hodnota jednoho parametru o definovaný krok. Iterace probíhá do té doby, dokud nejsou vygenerovány všechny možné varianty kombinací.

Řízení cyklu													
<b>VSTUP</b> Stanovené vstupní parametry			čítač iterací	382764								SPUŠTIT PROGRAM	NASTAVIT POCATEK
			počátek cyklů	2								<b>Celkový počet kombinací</b>	
			počítat	PRAVDA									
			aktuální iterace	382762									
Parametry cyklu													
			počátek	konec	krok	počet i	počet sub	mod	zbytek	index	aktuální hodnota		
Těžká plovoucí podlaha = 1, Lehká plovoucí podlaha = 2			1	2	1	2	1	0	0	1	1		
Užitné zatížení (1.5-7.5)			1.5	7.5	0.25	25	2	1	2	3	2		
Tloušťka desky			0.1	0.3	0.02	11	50	6	10	11	0.3		
Světla šířka místnosti (2-8)			2	8	0.25	25	550	507	20	21	7		
Třída betonu			1	4	1	4	13750	11508	3	4	4		
Průměr výztuže (8-22 mm)			8	20	4	4	55000	52759	2	3	16		
Počet prutů (4-9)			4	8	2	3	22000	162760	1	2	6		
							660000	382761					

Obrázek 8 – Generování variant algoritmem

U všech konstrukcí je následně sestaven algoritmus počítající:

- Únosnost
- Vlastní tíhu
- Cenu vč. ceny za montáž
- Akustické vlastnosti
- Minimální požární odolnost
- Tepelný odpor

### **3.2 Popis výpočtu parametrů konstrukcí**

#### **Ad a) Posouzení únosnosti**

Byly sestaveny dva rozdílné postupy posouzení únosnosti a to pro stropní konstrukce:

- Prefabrikované (prefa-monolitické)
- Monolitické

U prefabrikovaných (prefa-monolitických) konstrukcí jsou použity statické tabulky výrobců pro posouzení únosnosti. Varianty stropních konstrukcí daného typu mají stanovenou maximální charakteristickou hodnotu zatížení ( $q_{lim}$ ), kterou je možno na strop ubžít. Algoritmus postupně testuje konstrukce na hodnoty charakteristického zatížení ( $q_k$ ) v rozmezí 1,5 – 7,5 kN/m<sup>2</sup> s krokem 0,25 kN/m<sup>2</sup>. Pokud  $q_{lim} < q_k$  je konstrukce považována za staticky nevyhovující a naopak.

Pro monolitické stropní konstrukce byl vytvořen algoritmus posuzující statickou únosnost dle evropských norem. Pro betonové konstrukce bylo posouzení 1. mezního stavu provedeno dle ČSN EN 1992. Posouzení 2. mezního stavu bylo provedeno dle ohybové štíhlosti nosné konstrukce.

#### **Ad c) Výpočet ceny**

Pro výpočet parametru ceny byly vytvořeny dva rozdílné postupy a to pro konstrukce:

- Prefabrikované (prefa-monolitické)
- Monolitické

Cena prefabrikovaných (prefa-monolitických) konstrukcí se skládá z:

- Ceny prefabrikátu dle aktuálního ceníku výrobce (nosník, vložka, panel...)
- Ceny materiálu, kterým je konstrukce zmonolitněna na stavbě (nadbetonávka,...)
- Ceny montáže (dle ceníku stavebních činností, které jsou spojeny s realizací daného typu konstrukce)

Cena monolitických konstrukcí se skládá z:

- Ceny komponentů, ze kterých je konstrukce tvořena (beton, dřevo, armovací výztuž,...)
- Ceny montáže (dle ceníku stavebních činností, které jsou spojeny s realizací konstrukce)

Veškeré ceny jsou uváděny bez DPH na 1 m<sup>2</sup> půdorysné plochy konstrukce. Ceny činností spojených s realizací byly získány z databáze stavebních prací aktuální verze programu KROS PLUS.

#### **Ad d) Výpočet akustických vlastností**

U všech řešených konstrukcí byly definovány následující akustické parametry:

- Vážená stavební vzduchová neprůzvučnost
- Vážená stavební hladina kročejového zvuku

K výpočtu parametrů byl použit software STAVEBNÍ FYZIKA 2010 - NEPRŮZVUČNOST. Parametry byly u všech variant konstrukcí programem vypočteny. Hodnoty parametrů byly poté přiřazeny k příslušným generovaným variantám konstrukcí.

#### **Ad e) Výpočet minimální požární odolnosti**

Výpočet požární odolnosti v minutách bylo provedeno dle normy ČSN 73 0821. Pro systémové konstrukce byly hodnoty požární odolnosti převzaty z podkladů od výrobce. Získané hodnoty byly poté přiřazeny k příslušným generovaným variantám konstrukcí.

#### **Ad f) Výpočet tepelného odporu**

Všechny konstrukce jsou z hlediska tepelně-technických požadavků definovány hodnotou tepelného odporu. Výpočet tepelného odporu byl proveden podle normy ČSN 73 0540.

### **3.3 Konstrukční systémy vstupující do výpočtu**

Reprezentativním vzorkem pro výpočet je 5 typů konstrukcí, které jsou dnes běžně používány pro výstavbu rodinných domů, bytových domů a administrativních budov. Řešené konstrukce jsou následující:

- Monolitická železobetonová jednosměrně pnutá deska
- Systémový prefa-monolitický strop POROTHERM
- Systémový prefa-monolitický strop YTONG KLASIK
- Prefabrikovaný předpjatý dutinový panelový strop SPIROLL

### 3.3.1 Monolitická železobetonová jednosměrně pnutá deska

Jedná se o deskový železobetonový strop s rovným podhledem. Konstrukce je realizována přímo na staveništi. Pro výpočet únosnosti je hlavní tahová výztuž uvažována pouze v jednom směru. Rozdělovací výztuž je ve výpočtu uvažována v obou směrech, při obou površích. Celková cena zahrnuje cenu betonu, výztuže (hlavní tahové, rozdělovací), provedení bednění, armování výztuže, ukládání betonu a z ceny příslušných podlahových a podhledových vrstev včetně nákladů na realizaci.

Dílčí konstrukce vstupující do výpočtu včetně popisu vstupních parametrů:

#### 1. Konstrukce podlahy (jsou uvažovány 2 možné varianty):

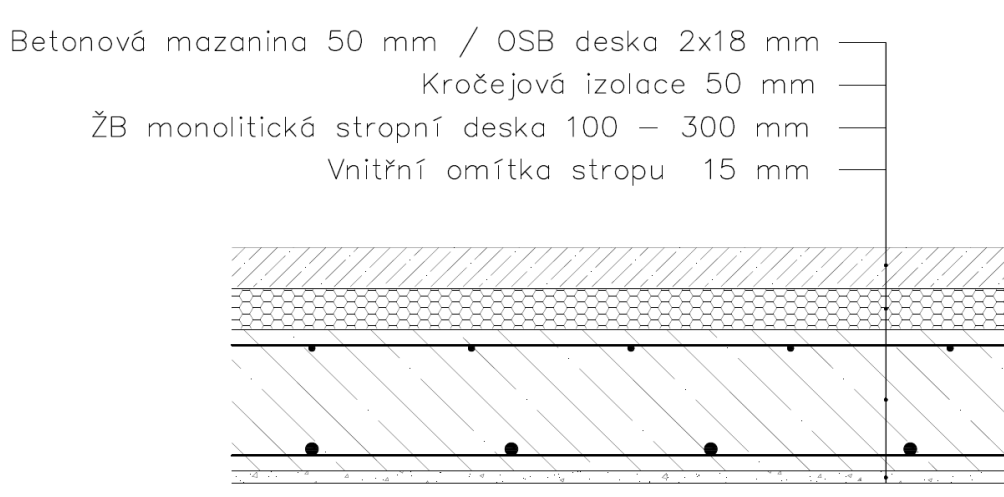
- a) Těžká plovoucí podlaha
- b) Lehká plovoucí podlaha

#### 2. Nosná konstrukce

- Rozpětí konstrukce 2000 – 8000 mm (krok po 250 mm)
- Zatížení 1,5 – 7,5 kN/m<sup>2</sup> (krok po 0,25 kN/m<sup>2</sup>)
- Kvalita oceli B500B
- Kvalita betonu C12/15, C16/20, C20/25 a C25/30
- Tloušťka nosné desky 100 – 300 mm (krok po 20 mm)
- Průměr hlavní tahové výztuže 8 – 20 mm
- Počet prutů hlavní tahové výztuže 4 – 9

#### 3. Konstrukce podhledu

- Vápenocementová omítka vnitřní (tloušťka 15 mm)



Obrázek 9- Řez konstrukcí železobetonové monolitické desky

### 3.3.2 Systémový prefa-monolitický strop POROTHERM

Nosná konstrukce skládající se z prefabrikovaných cihelných vložek MIAKO a keramicko-betonových stropních nosníků POT (osová vzdálenost nosníků 625 mm). Tyto prefabrikáty jsou na stavbě zmonolitněny 50 mm vrstvou betonu vyztuženou kari sítí. Cena konstrukce je složena z ceny stropních nosníků POT, vložek MIAKO, kari sítě, zmonolitňující vrstvy betonu, instalace podpěrných stojek, ukládání nosníku na nosné zdi, vkládání vložek mezi nosníky, armování výztuže, ukládání betonu do ztraceného bednění a z ceny příslušných podlahových a podhledových vrstev včetně nákladů na realizaci.

Dílčí konstrukce vstupující do výpočtu včetně popisu vstupních parametrů:

#### 1. Konstrukce podlahy (jsou uvažovány 2 možné varianty):

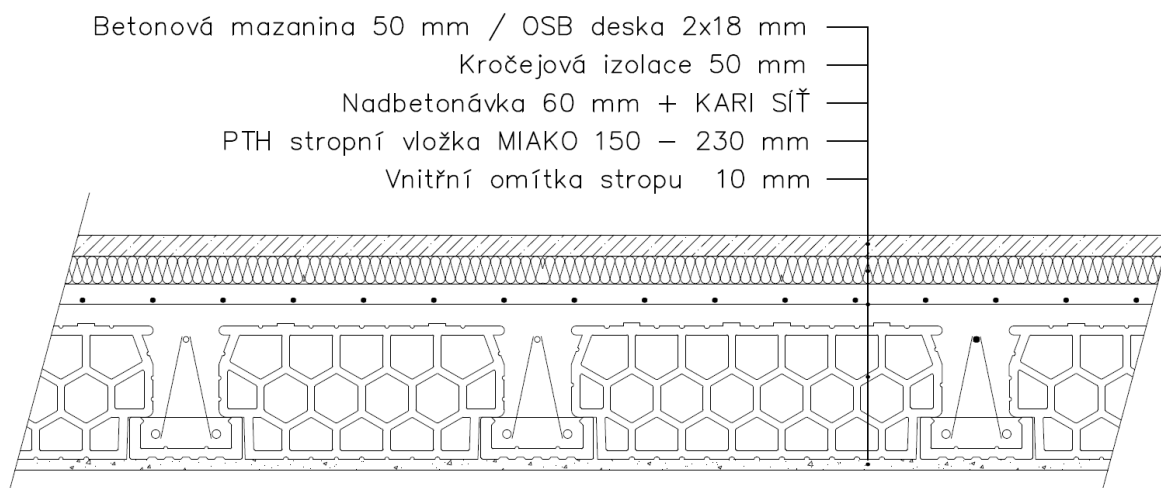
- a) Těžká plovoucí podlaha
- b) Lehká plovoucí podlaha

#### 2. Nosná konstrukce

- Rozpětí konstrukce 2000 – 8000 mm (krok po 250 mm)
- Zatížení 1,5 – 7,5 kN/m<sup>2</sup> (krok po 0,25 kN/m<sup>2</sup>)
- Tloušťky nosné konstrukce 210, 250, 260, 290 mm
- Nadbetonávka – kvalita betonu C20/25, C25/30
- Jednoduché/zdvojené nosníky

#### 3. Konstrukce podhledu

- Omítka Porotherm vnitřní (tloušťka 10 mm)



Obrázek 10 – Řez konstrukcí systémové stropní konstrukce POROTHERM



### 3.3.3 Systémový prefa-monolitický strop YTONG KLASIK

Nosná konstrukce je složena z prefabrikovaných železobetonových nosníků (osová vzdálenost 680 mm) a stropních vložek Ytong P2-500. Prefabrikáty jsou na stavbě po uložení na nosné stěny zmonolitněny 50 mm vrstvou betonu vyztuženou kari sítí. Cena konstrukce je složena z ceny stropních nosníků, pórobetonových vložek, kari sítě, zmonolitňující vrstvy betonu, instalace podpěrných stojek, pokládání nosníku na nosné zdi, pokládání vložek mezi nosníky, armování výztuže, ukládání betonu do ztraceného bednění a z ceny příslušných podlahových a podhledových vrstev včetně nákladů na realizaci.

Dílní konstrukce vstupující do výpočtu včetně popisu vstupních parametrů:

#### 1. Konstrukce podlahy (jsou uvažovány 2 možné varianty):

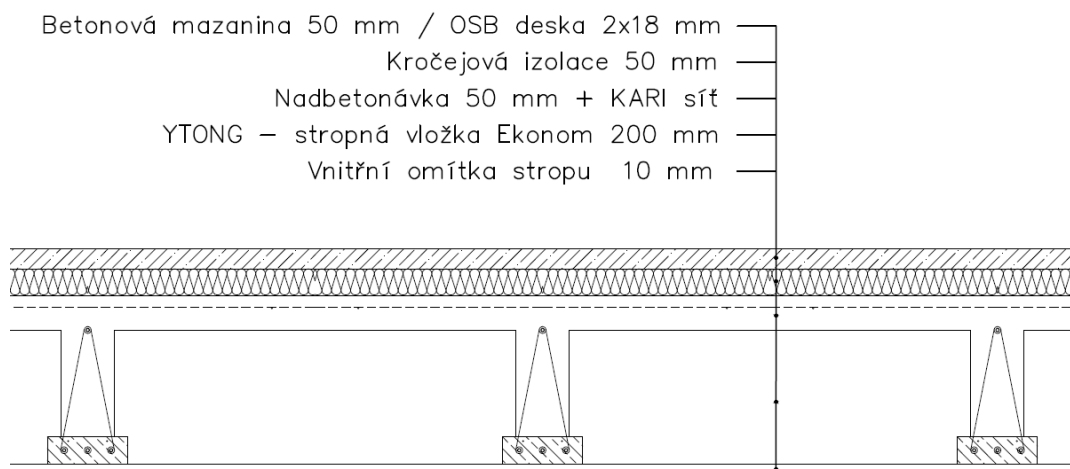
- a) Těžká plovoucí podlaha
- b) Lehká plovoucí podlaha

#### 2. Nosná konstrukce

- Rozpětí konstrukce 1750 – 8000 mm (krok po 250 mm)
- Zatížení 1,5 – 7,5 kN/m<sup>2</sup> (krok po 0,25 kN/m<sup>2</sup>)
- Tloušťka konstrukce 250 mm
- Kvalita betonu nadbetonávky C20/25

#### 3. Konstrukce podhledu

- Vnitřní sádrová omítka (tloušťka 10 mm)



Obrázek 11 – Řez konstrukcí systémové stropní konstrukce YTONG

### 3.3.4 Prefabrikovaný předpjatý dutinový panelový strop SPIROLL

Nosná konstrukce je tvořena prefabrikovanými stropními panely. Panely jsou vylehčeny dutinami a osazeny předpínací výztuží. Cena konstrukce je složena z ceny dutinových panelů, ceny ukládání panelů na místo určení, ceny podlahových a podhledových vrstev včetně nákladů na realizaci.

Dílčí konstrukce vstupující do výpočtu včetně popisu vstupních parametrů:

#### 1. Konstrukce podlahy (jsou uvažovány 2 možné varianty):

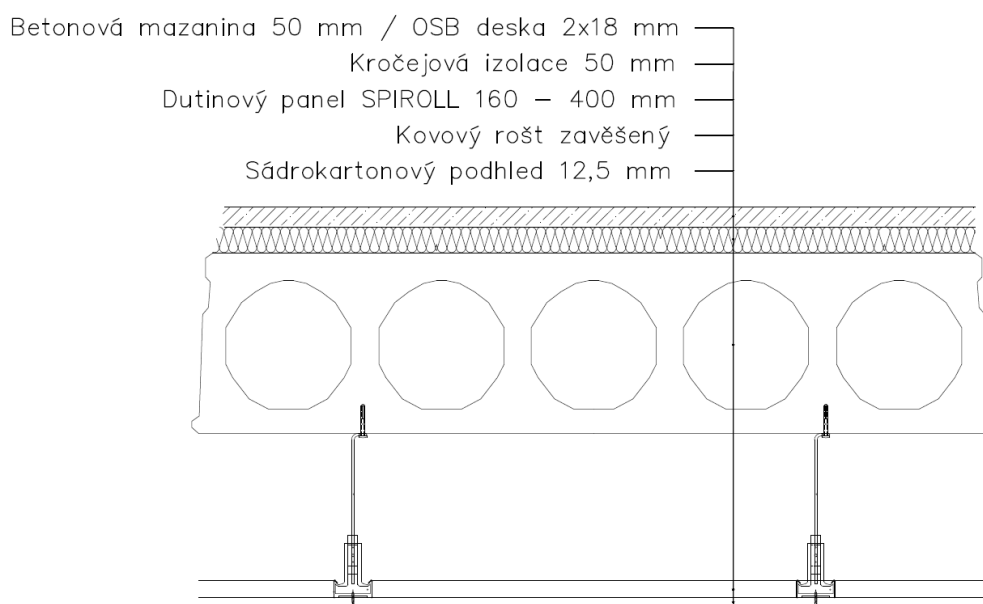
- a) Těžká plovoucí podlaha
- b) Lehká plovoucí podlaha

#### 2. Nosná konstrukce

- Rozpětí konstrukce 2000 – 15 700 mm (krok po 500 mm)
- Zatížení 1,5 – 7,5 kN/m<sup>2</sup> (krok po 0,25 kN/m<sup>2</sup>)
- Tloušťky konstrukcí 160, 200, 250, 320, 400 mm

#### 3. Konstrukce podhledu

- Sádkartonový podhled (tloušťka 12,5 mm) na kovových zavěšených roštích



Obrázek 12 – Řez konstrukcí systémové stropní konstrukce SPIROLL

### 3.4 Zpracování výstupů

Poté, co výpočet algoritmu staticky posoudí všechny vygenerované kombinace, jsou vyhovující konstrukce uloženy do databáze. Konstrukce v databázi jsou programem vizualizovány do grafů.

Zobrazovaná data v grafech lze vymezovat okrajovými podmínkami, které může uživatel definovat přímo v prostředí výpočetní pomůcky. Na obr. 13 je ukázka tabulky, ve které může uživatel editovat níže popsané okrajové podmínky. Okrajové podmínky jsou následující:

- 1) **Akustické požadavky** – uživatel má možnost zaškrtnutím políčkem vybrat 2 místnosti (účely provozu), které mají být navrhovanou stropní konstrukcí odděleny. Uživatel má na výběr 17 různých možností. Veškeré nabízené možnosti a k nim přiřazené hodnoty vážené stavební vzduchové neprůzvučnosti ( $R_w'$ ) a vážené hladině kročejového hluku ( $L'_{n,w}$ ) jsou převzaty z normy ČSN 73 0532. Do grafů jsou následně zobrazovány konstrukce s hodnotou vzduchové neprůzvučnosti, která je větší nebo rovna zadaným okrajovým podmínkám. Hodnota kročejové neprůzvučnosti konstrukce musí být menší nebo rovna zadaným v okrajovým podmínkám.
- 2) **Minimální požární odolnost** – uživatel má možnost zadat hodnotu minimální požární odolnosti. Vyhovující konstrukce se zobrazí v grafech. Uživatel má možnost volit mezi hodnotami 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 minut.
- 3) **Maximální vlastní tíha konstrukce** – v případě požadavku na maximální charakteristickou vlastní tíhu konstrukce (pouze hodnota tíhy podlahové, nosné a podhledové konstrukce) má uživatel možnost tuto hodnotu zadat v jednotkách [ $\text{kN/m}^2$ ]. Vyhovující konstrukce se zobrazí v grafech.

## Okrajové podmínky pro zobrazení v grafech

Zaškrtněte akustický požadavek					
	Chráněná místnost	Hlučný prostor	Rw'	Lnw'	
<b>Byt</b>	Obytné místnosti bytu	Obytné místnosti téhož bytu	42	68	<input checked="" type="radio"/>
	Obytné místnosti bytu	Místnost jiného bytu	52	58	<input type="radio"/>
	Obytné místnosti bytu	Společný prostor domu (chodba, schodiště, terasa)	52	58	<input type="radio"/>
	Obytné místnosti bytu	Společné uzavřené prostory domu (sklep, půda)	47	63	<input type="radio"/>
	Obytné místnosti bytu	Průjezdy, podjezdy, garáže	57	48	<input type="radio"/>
<b>Hotel</b>	Pokoj hostů	Pokoj jiných hostů	52	58	<input type="radio"/>
	Pokoj hostů	Společný prostor hotelu (chodba, schodiště)	52	58	<input type="radio"/>
	Pokoj hostů	Restaurace	57	53	<input type="radio"/>
<b>Nemocnice</b>	Lůžkové pokoje, operační sály	Lůžkové pokoje, vyšetřovny, operační sály	52	63	<input type="radio"/>
	Lůžkové pokoje, operační sály	Prostory vedlejší (chodby, schodiště)	52	58	<input type="radio"/>
	Lůžkové pokoje, operační sály	Kuchyně, technická zařízení	62	48	<input type="radio"/>
<b>Školy</b>	Výukový prostor	Jiný výukový prostor	52	63	<input type="radio"/>
	Výukový prostor	Společný prostor, schodiště, chodba	52	63	<input type="radio"/>
	Výukový prostor	Tělocvičny, jídelny, dílny	55	48	<input type="radio"/>
<b>Kanceláře</b>	Kancelář, pracovna	Jiná kancelář nebo pracovna	42	68	<input type="radio"/>
	Kancelář, pracovna	Pracovna se zvýšenými nároky na ochranu před hlukem	47	63	<input type="radio"/>

Zadejte minimální požadovanou požární odolnost	R =	0	REI
Zadejte maximální hodnotu vlastní tíhy kce	g <sub>k</sub> =	10	kN/m <sup>2</sup>
Vzduchová neprůzvučnost	R <sub>w</sub> ' =	42	db
Kročejová neprůzvučnost	L <sub>w</sub> ' =	68	db

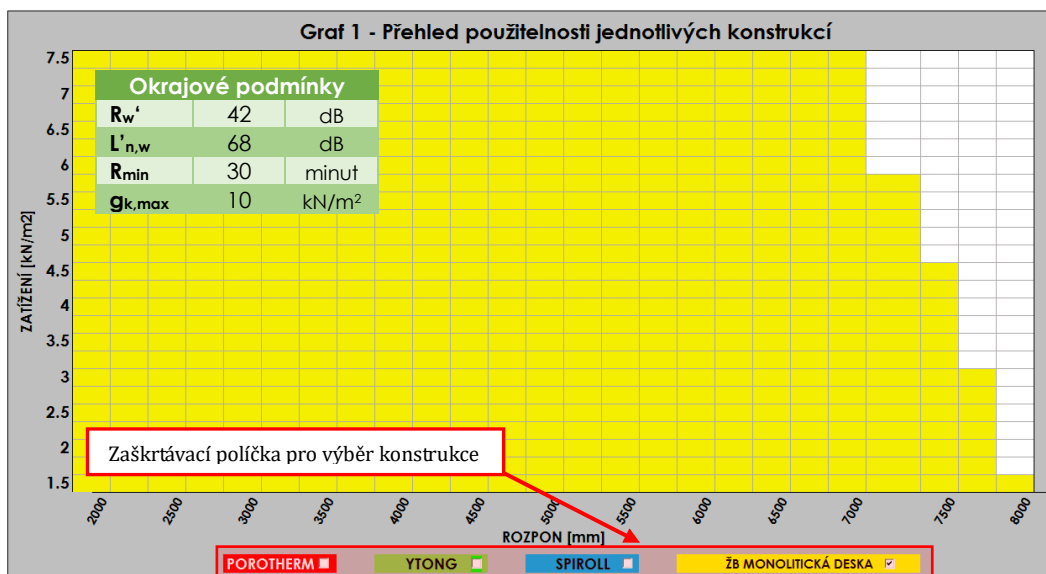
Obrázek 13 – Tabulka pro definici okrajových podmínek zobrazovaných konstrukcí

### 3.4.1 Graf 1

#### Výstup 1 – Závislost zatížení na rozponu pro jednotlivé typy konstrukcí

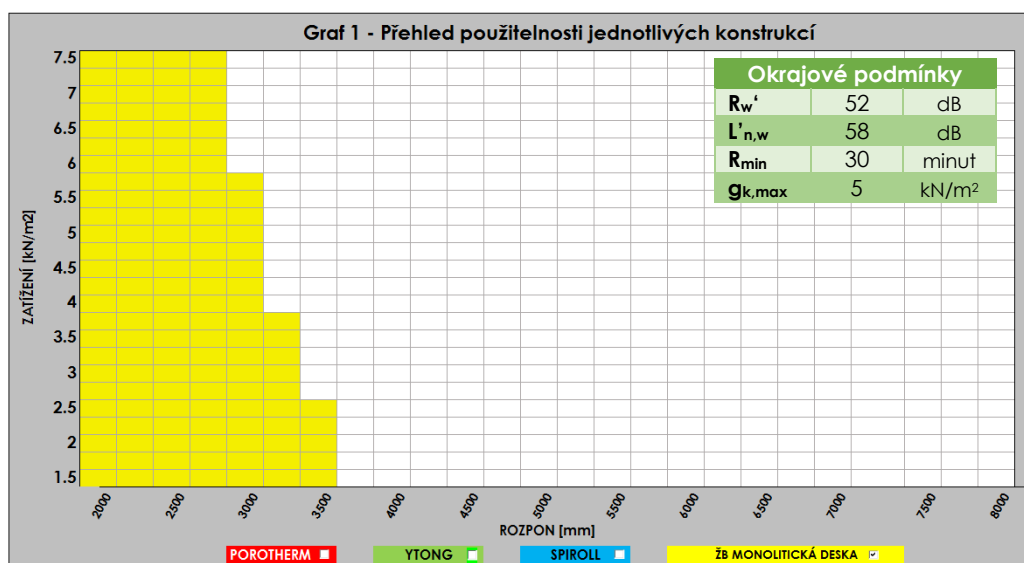
V tomto grafu lze jako jeden z výstupů zobrazit rozsah použití určité konstrukce. Hodnoty ve směru osy x představují velikost rozponu konstrukce v milimetrech. Rozsah zobrazovaných hodnot je 2 000 – 8 000 mm. Hodnoty ve směru osy y představují charakteristickou hodnotu velikosti vnějšího zatížení v kN/m<sup>2</sup>, kterou je možno konstrukci zatížit. Rozsah zobrazovaných hodnot je 1,5 – 7,5 kN/m<sup>2</sup>.

Typ konstrukce je vybrán zaškrtnutím příslušného políčka ve spodní části grafu. Barevná pole v grafu zobrazují kombinace rozponu a zatížení, ve kterých je daná konstrukce staticky únosná, splňuje akustické požadavky, minimální požární odolnost a maximální vlastní tíhu konstrukce. Požadavky mohou být editovány uživatelem. Pokud pole v grafu neobsahuje barevnou výplň, konstrukce nespĺňuje některé z výše uvedených kritérií. Na obr. 14 je ukázka stropní konstrukce, která je tvořena železobetonovou monolitickou deskou, splňující okrajové podmínky stanovené uživatelem.



Obrázek 14 - Graf 1 - Železobetonová monolitická deska

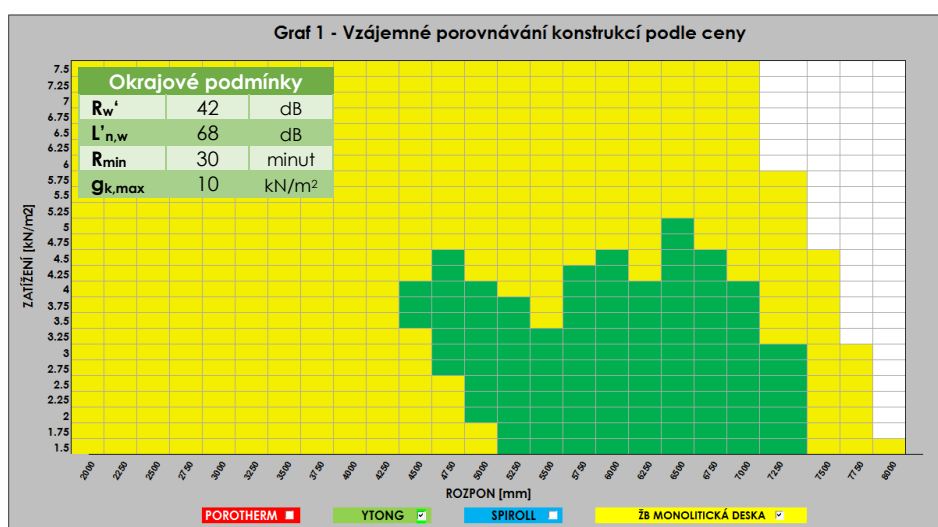
Pro názornost jsme v tabulce okrajových podmínek změnil požadavky na akustické vlastnosti a minimální požární odolnost. Automatickým přepočtem došlo ke změně výstupu, který je zobrazen na obr. 15.



Obrázek 15 - Graf 1 - Železobetonová monolitická deska - změněné okrajové podmínky

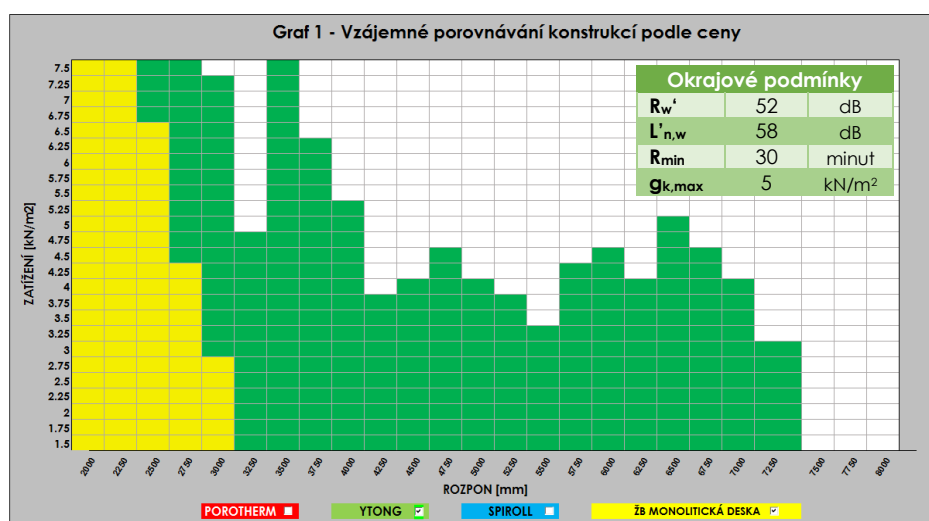
## Výstup 2 – Vzájemné porovnání konstrukcí podle ceny

Další sadu výstupů, kterou lze z grafu 1 získat, je vzájemné porovnání nosných konstrukcí. Zaškrtnutím políček více typů konstrukcí ve spodní části grafu je výběr vykreslen do grafu. Pro každou buňku grafu program vyhodnotí cenově nejvýhodnější typ konstrukce a tu zobrazí příslušnou barvou. Akustické požadavky, minimální požární odolnost a maximální vlastní tíha konstrukce mohou být v tomto případě taktéž editovány uživatelem v tabulce, která se nachází ve výpočetní pomůcce na pravé straně vedle grafu. Na obr. 16 je ukázka porovnání konstrukce YTONG KLASIK 250 s železobetonovou monolitickou deskou.



Obrázek 16 – Graf 1 – Porovnání konstrukcí YTONG KLASIK 250 a železobetonové monolitické desky

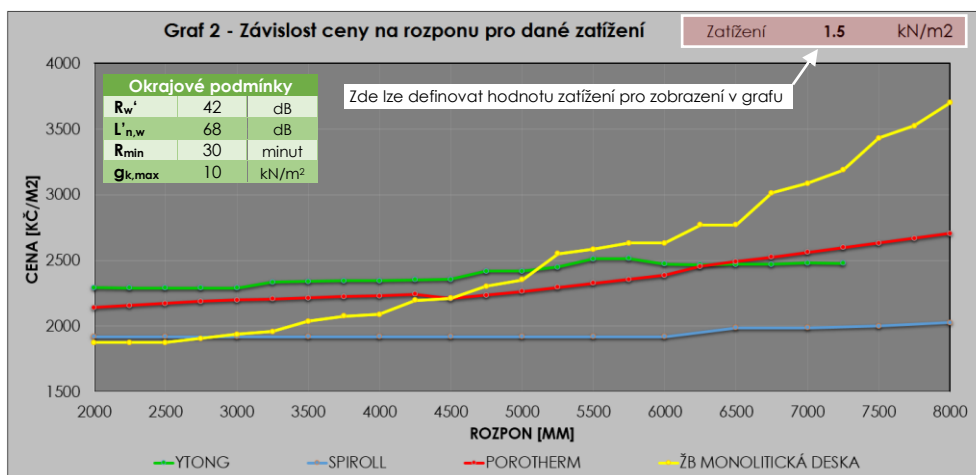
Změnou požadavku na akustické vlastnosti a maximální charakteristickou vlastní tíhu konstrukce došlo k automatickému přepočtu. Výstup je zobrazen na obr. 17.



Obrázek 17 – Graf 1 – Porovnání konstrukcí YTONG a železobetonové monolitické deska – změněné okrajové podmínky

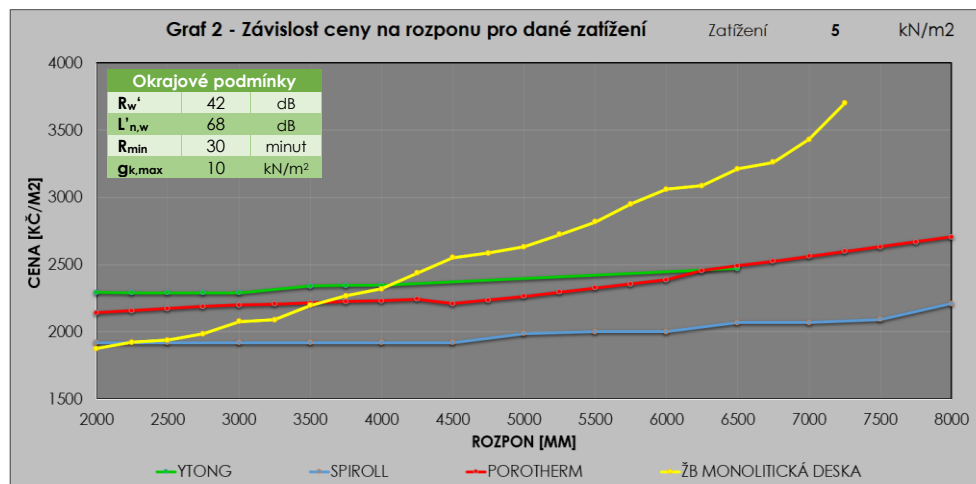
### 3.4.2 Graf 2 – Závislost ceny na rozponu při daném zatížení

Graf zobrazuje vývoj ceny při rostoucím rozponu pro dané charakteristické vnější zatížení (lze volit v rozsahu 1,5 – 7,5 kN/m<sup>2</sup>). Hodnoty ve směru osy x představují velikost rozponu konstrukce v milimetrech. Hodnoty ve směru osy y představují celkovou cenu konstrukce v Kč bez DPH. V grafu lze zobrazované konstrukce omezit pouze na ty, které splňují požadavky stanovené přímo uživatelem. Graf vždy zobrazuje všechny typy konstrukcí. Ekvivalentně s Grafem 1 lze editovat akustické požadavky, minimální požární odolnost a maximální vlastní tíhu konstrukce v tabulce okrajových podmínek. Hodnoty v grafu jsou počítány pro konkrétní charakteristické vnější zatížení, které může uživatel editovat v pravém horním rohu grafu. Hodnoty řešených konstrukcí pro vnější charakteristické zatížení 1.5 kN/m<sup>2</sup> jsou zobrazeny v grafu na obr. 18.



Obrázek 18 – Graf 2 – Vývoj ceny při rostoucím zatížení. Porovnání všech řešených konstrukcí pro zatížení 1,5 kN/m<sup>2</sup>

Pro ilustraci jsme změnilí hodnotu charakteristického vnějšího zatížení na hodnotu 5.0 kN/m<sup>2</sup>. Přepočítaný graf je zobrazen na obr. 19.

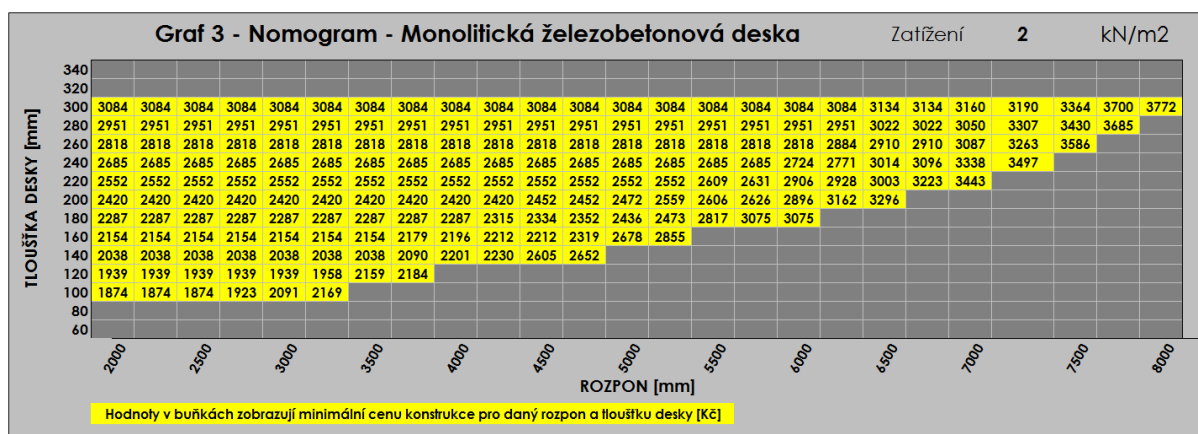


Obrázek 19 – Graf 2 – Vývoj ceny při rostoucím zatížení. Porovnání všech řešených konstrukcí pro zatížení 5,0 kN/m<sup>2</sup>

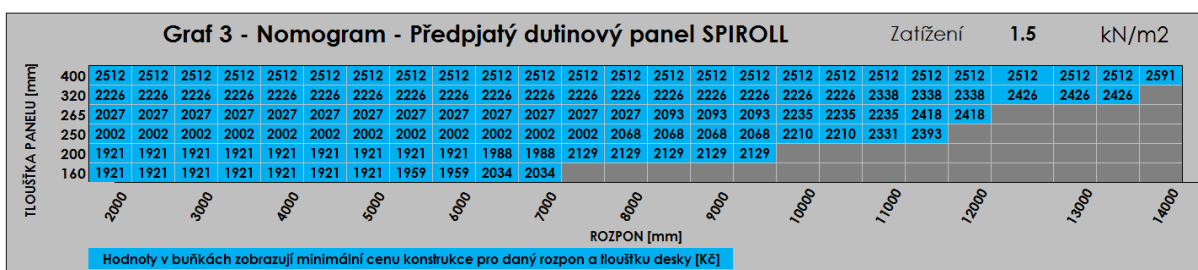
### 3.4.3 Graf 3 - Nomogram

Graf zobrazuje rozsah přípustných tloušťek při daném rozponu, pro které je konstrukce staticky vyhovující. Nicméně v tomto grafu není zohledněno zobrazování filtrovaných konstrukcí podle okrajových podmínek. Hodnoty v grafu jsou počítány pro konkrétní charakteristické vnější zatížení, které může uživatel editovat v pravém horním rohu grafu. Zatížení lze volit v rozsahu 1,5 – 7,5 kN/m<sup>2</sup>. Číselné hodnoty v buňkách poskytují informaci o nejnižší možné ceně pro danou tloušťku a rozpon konstrukce. Tento nomogram byl vytvořen pro dva typy řešených konstrukcí:

- Monolitická železobetonová deska
- Předpjatý dutinový panel SPIROLL



Obrázek 20 - Nomogram - Monolitická železobetonová deska - zatížení 2,0 kN/m<sup>2</sup>



Obrázek 21 - Nomogram - Předpjaté dutinové panely SPIROLL - zatížení 1,5 kN/m<sup>2</sup>



### 3.4.4 Souhrnná databáze řešených konstrukcí

Součástí výstupu je také databáze obsahující všechny kombinace konstrukcí, které jsou staticky vyhovující pro dané zatížení. Databáze obsahuje přes 250.000 různých kombinací. Prvky v databázi lze řadit a vyhledávat pomocí jednoduchého filtru dle jednotlivých parametrů. Na obr. 22 je ukázka filtrování konstrukcí z databáze dle následujících okrajových podmínek:

- Rozpon = 4 500 mm
- Zatížení = 1,5 kN/m<sup>2</sup>
- Vlastní tíha ≤ 5,0 kN
- Cena Seřazeno vzestupně

#	Typ konstrukce	ID	Rozpon	Zatížení	Vlastní tíha	Podlaha	Podhled	Cena	Vzduchová neprůzvučnost	Kročejová neprůzvučnost	Tepelný odpor	Požární odolnost	Tloušťka desky	Kvalita beton	Průměr výtahu	Počet prutů	Kvalita oceli
12926	PTH_MIAKO	2-103	4,5	1,5	4,48	TPP	Omitka PTH Universal	2210	57	45	1.528	120	0,21	C20/25			
17208	PTH_MIAKO	2-105	4,5	1,5	4,48	TPP	Omitka PTH Universal	2210	57	45	1.528	120	0,21	C20/25			
17209	ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-486907	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2212	52	60	1.150	120	0,16	C25/30	8	8	B500B
21630	PTH_MIAKO	2-104	4,5	1,5	4,48	TPP	Omitka PTH Universal	2218	57	45	1.528	120	0,21	C25/30			
26773	PTH_MIAKO	2-106	4,5	1,5	4,48	TPP	Omitka PTH Universal	2218	57	45	1.528	120	0,21	C25/30			
26775	PTH_MIAKO	2-107	4,5	1,5	4,76	TPP	Omitka PTH Universal	2261	58	44	1.578	120	0,25	C20/25			
32080	PTH_MIAKO	2-109	4,5	1,5	4,76	TPP	Omitka PTH Universal	2261	58	44	1.578	120	0,25	C20/25			
32085	ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-101907	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2266	52	60	1.150	120	0,16	C25/30	12	4	B500B
37633	PTH_MIAKO	2-108	4,5	1,5	4,76	TPP	Omitka PTH Universal	2270	58	44	1.578	120	0,25	C25/30			
37645	PTH_MIAKO	2-110	4,5	1,5	4,76	TPP	Omitka PTH Universal	2270	58	44	1.578	120	0,25	C25/30			
42550	ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-294407	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2286	52	60	1.150	120	0,16	C16/20	12	6	B500B
48127	ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-308157	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2303	52	60	1.150	120	0,16	C20/25	12	6	B500B
48136	ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-459457	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2315	53	59	1.165	120	0,18	C16/20	8	8	B500B
44460	160381 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-500657	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2315	52	60	1.150	120	0,16	C12/15	12	8	B500B
44461	92781 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-321907	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2319	52	60	1.150	120	0,16	C25/30	12	6	B500B
44476	178806 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-541857	4,5	1,5	3,97	LPP	VPC štuková omitka	2323	51	61	1.135	120	0,14	C25/30	12	8	B500B
51147	12925 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-88207	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2334	53	59	1.165	120	0,18	C20/25	12	4	B500B
51150	151726 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-473207	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2334	53	59	1.165	120	0,18	C20/25	8	8	B500B
51170	166099 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-514407	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2340	52	60	1.150	120	0,16	C16/20	12	8	B500B
51902	75901 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-280707	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2348	53	59	1.165	120	0,18	C12/15	12	6	B500B
81237	17208 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-101957	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2352	53	59	1.165	120	0,18	C25/30	12	4	B500B
81239	156019 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-486957	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2352	53	59	1.165	120	0,18	C25/30	8	8	B500B
86856	229516 Ytong Klasik 250	3-20	4,5	1,5	3,60	LPP	Sádrová omitka ruční	2356	53	55	1.827	30	0,25				
86861	172275 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-528157	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2357	52	60	1.150	120	0,16	C20/25	12	8	B500B
92782	178808 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-541907	4,5	1,5	4,47	LPP	VPC štuková omitka	2373	52	60	1.150	120	0,16	C25/30	12	8	B500B
92795	81238 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-294457	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2376	53	59	1.165	120	0,18	C16/20	12	6	B500B
97602	86860 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-308207	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2394	53	59	1.165	120	0,18	C20/25	12	6	B500B
03282	160383 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-500707	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2408	53	59	1.165	120	0,18	C12/15	12	8	B500B
03287	223543 PTH_MIAKO	2-103	4,5	1,5	3,45	LPP	Omitka PTH Universal	2408	50	46	1.267	120	0,21	C20/25			
09568	223603 PTH_MIAKO	2-105	4,5	1,5	3,45	LPP	Omitka PTH Universal	2408	50	46	1.267	120	0,21	C20/25			
09578	92794 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-321957	4,5	1,5	4,97	LPP	VPC štuková omitka	2412	53	59	1.165	120	0,18	C25/30	12	6	B500B
16178	223570 PTH_MIAKO	2-104	4,5	1,5	3,45	LPP	Omitka PTH Universal	2416	50	46	1.267	120	0,21	C25/30			
16179	223653 PTH_MIAKO	2-106	4,5	1,5	3,45	LPP	Omitka PTH Universal	2416	50	46	1.267	120	0,21	C25/30			

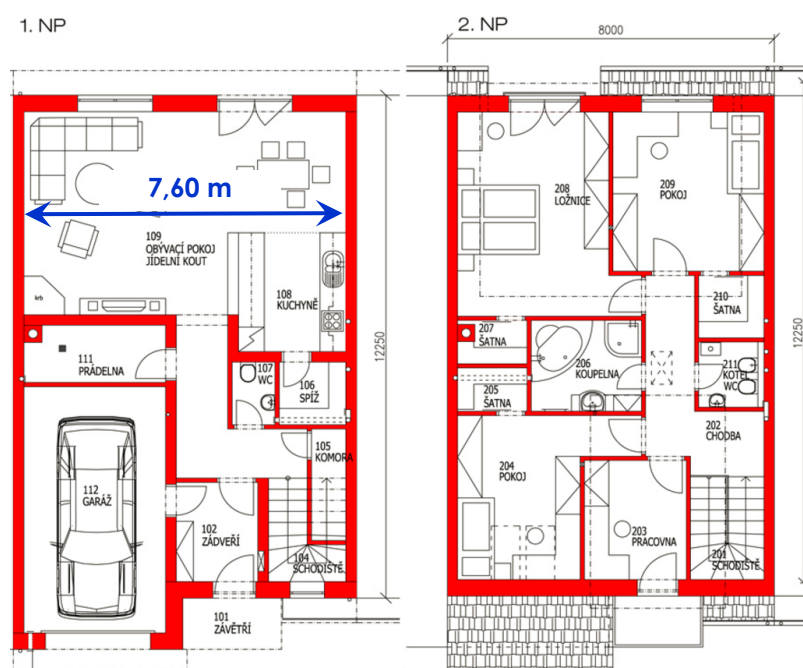
Obrázek 22 – Ukázka databáze staticky vyhovujících konstrukcí

## 4 Modelové příklady použití

### 4.1 Modelový příklad 1 – Návrh stropní konstrukce - Rodinný dům

#### Vstupní parametry

Jedná se o návrh stropní konstrukce mezi 1.NP a 2.NP rodinného domu (viz. obr. 23). Konstrukce bude oddělovat místnosti v rámci jedné bytové jednotky. Vnitřní vzdálenost nosných stěn, na kterých bude stropní konstrukce uložena je 7 600 mm. Užité zatížení bude činit  $1,5 \text{ kN/m}^2 + 0,5 \text{ kN/m}^2$  (fixní přičky).



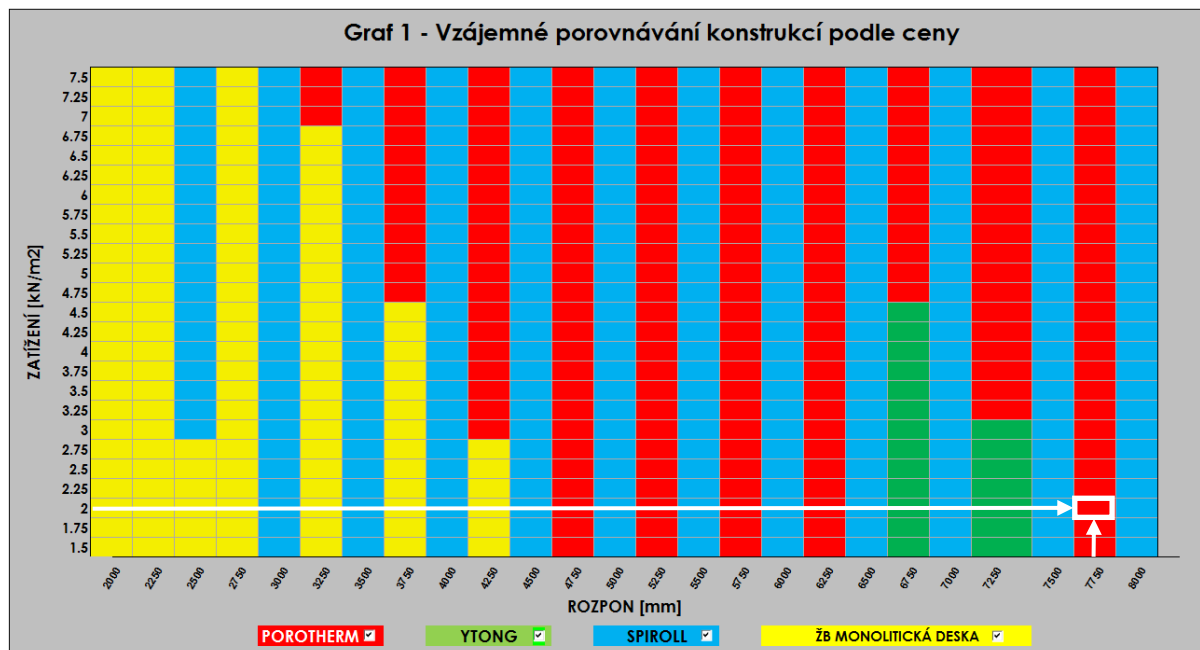
Obrázek 23 – Půdorys 1.NP a 2.NP rodinného domů ve kterém navrhovaná optimální stropní konstrukce (převzato z [http://www.poredsky.cz/files/fotografie/pudorys\\_rd\\_kobylnice\\_typ1.jpg](http://www.poredsky.cz/files/fotografie/pudorys_rd_kobylnice_typ1.jpg))

#### Okrajové podmínky jsou:

- Rozpon **7,60 m** (ve výpočtu uvažováno 7,75 m)
- Zatížení **2,0 kN/m<sup>2</sup>**
- Hodnota vzduchové neprůzvučnosti min. **48 dB**
- Hodnota kročejové neprůzvučnosti max. **68 dB**

## Vyhodnocení výstupů

Dle Grafu 1 je pro zadané okrajové podmínky cenově nejvýhodnější stropní konstrukcí prefa-monolitický systém POROTHERM MIAKO (viz. obr. 24).



Obrázek 24 - V grafu 1 vyznačený cenově nejvýhodnější typ konstrukce pro zadané parametry

Takto bylo zjištěno, který typ konstrukce je pro zadané parametry cenově nejvýhodnější. Pokud bychom chtěli zjistit, o kterou konkrétní variantu konstrukce se jedná, můžeme vyhledat konstrukci v databázi řešených konstrukcí. V databázi nastavíme následující omezení:

- Typ konstrukce = PTH\_MIAKO
- Rozpon = 7.75 m
- Zatížení = 2.0 kN/m<sup>2</sup>
- Cena seřadit hodnoty vzestupně od nejmenší po největší

Nastavením okrajových podmínek je na prvním řádku zobrazena nejlevnější stropní konstrukce (viz. obr. 25).

#	Typ konstrukce	ID	Rozpon	Zatížení	Vlastní tíha	Podlaha	Podhled	Cena	Vzduchová neprůzvučnost	Kročejová neprůzvučnost	Tepelný odpor	Požární odolnost	Tloušťka desky	Kvalita betonu	Průměr výtahu	Počet prutů	Kvalita oceli	Poznámky
228473	PTH_MIAKO	2-231	7,75	2	5,18	TPP	Omítka PTH Universal	2669	59	42	1,628	120	0,29	C20/25				Porotherm 8000/290/C20/25
228474	228502	PTH_MIAKO	2-233	7,75	2	5,18	TPP	Omítka PTH Universal	2669	59	42	1,628	120	0,29	C20/25			Porotherm 8000/290/C20/25-2
228484	228485	PTH_MIAKO	2-232	7,75	2	5,18	TPP	Omítka PTH Universal	2678	59	42	1,628	120	0,29	C25/30			Porotherm 8000/290/C25/30
228485	228552	PTH_MIAKO	2-234	7,75	2	5,18	TPP	Omítka PTH Universal	2678	59	42	1,628	120	0,29	C25/30			Porotherm 8000/290/C25/30-2
228501	228473	PTH_MIAKO	2-231	7,75	2	4,15	LPP	Omítka PTH Universal	2868	54	43	1,367	120	0,29	C20/25			Porotherm 8000/290/C20/25
228502	228501	PTH_MIAKO	2-233	7,75	2	4,15	LPP	Omítka PTH Universal	2868	54	43	1,367	120	0,29	C20/25			Porotherm 8000/290/C20/25-2
228551	228484	PTH_MIAKO	2-232	7,75	2	4,15	LPP	Omítka PTH Universal	2877	54	43	1,367	120	0,29	C25/30			Porotherm 8000/290/C25/30
228552	228551	PTH_MIAKO	2-234	7,75	2	4,15	LPP	Omítka PTH Universal	2877	54	43	1,367	120	0,29	C25/30			Porotherm 8000/290/C25/30-2
248161																		
248162																		
248163																		
248164																		
248165																		
248166																		
248167																		
248168																		
248169																		

Obrázek 25 – Databáze s hledanou cenově nejvýhodnější konstrukcí

Výsledkem hledání cenově nejvýhodnější konstrukce pro modelový příklad 1 je konstrukce s následujícími parametry:

### Porotherm MIAKO s nosníky POT v osové vzdálenosti 625 mm

- Délka nosníků: 8000 mm
- Tloušťka: 290 mm
- Pevnostní třída nadbetonávky: C20/25
- Vlastní tíha konstrukce: 5.18 kN/m<sup>2</sup>
- Typ podlahové konstrukce: Těžká plovoucí podlaha
- Typ podhledové konstrukce: Omítka PTH Universal
- Vzduchová neprůzvučnost: 59 dB
- Kročejová neprůzvučnost: 42 dB
- Tepelný odpor: 1.628 W/m<sup>2</sup>.K
- Požární odolnost: 120 minut
- **Cena včetně montáže za m<sup>2</sup>: 2 669 Kč**

## 4.2 Modelový příklad 2 – Návrh stropní konstrukce – Ubytovací zařízení

### Vstupní parametry

Jedná se o návrh stropní konstrukce oddělující hotelové pokoje mezi jednotlivými nadzemními podlažími ubytovacího zařízení (viz. obr. 26). Vzdálenost nosných stěn, na které bude konstrukce uložena je 4 200 mm. Užité zatížení bude činit  $2,0 \text{ kN/m}^2 + 0,5 \text{ kN/m}^2$  (přemístitelné přičky).



Obrázek 26 – Půdorys nadzemního podlaží hotelového komplexu (převzato z

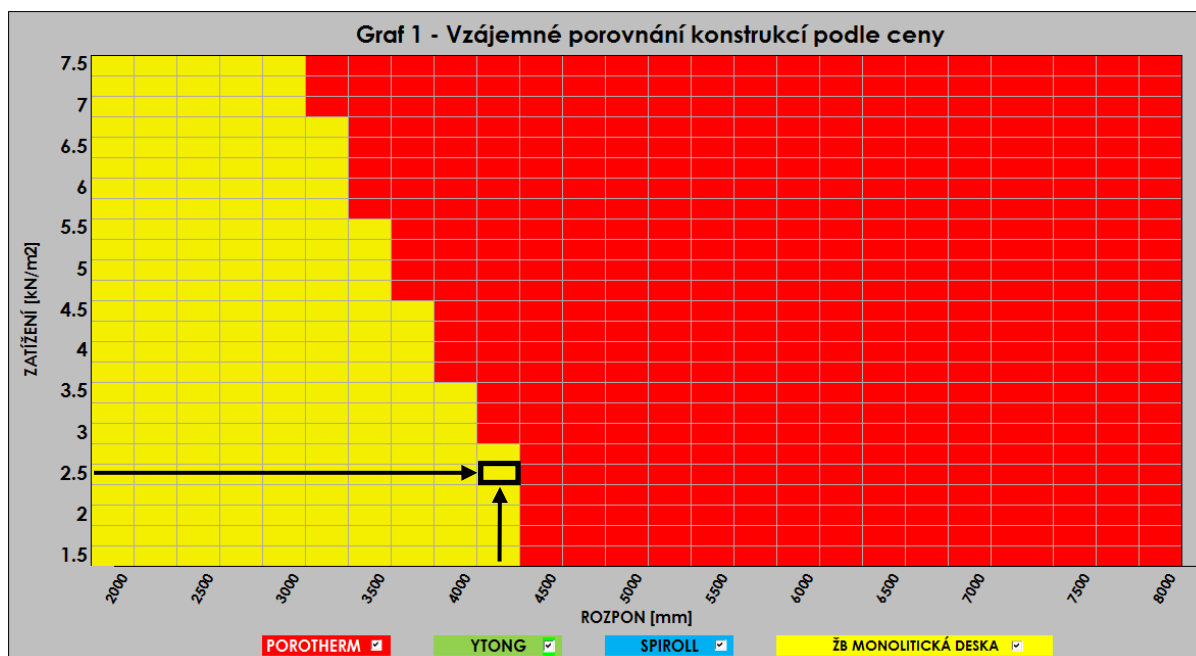
<http://www.earch.cz/sites/default/files/images/gallery/hotel-antonie-frydlant/21-a6-hotel-antonie.jpg>)

### Požadované parametry jsou:

- Rozpon **4,2 m** (uvažováno ve výpočtu 4,25 m)
- Zatížení **2,5 kN/m<sup>2</sup>**
- Hodnota vzduchové neprůzvučnosti max. **52 dB**
- Hodnota kročejové neprůzvučnosti min. **58 dB**
- Minimální doba požární odolnosti **60 minut**

## Vyhodnocení výstupů

Dle Grafu 1 je pro zadané okrajové podmínky cenově nejvýhodnější stropní konstrukcí monolitická železobetonová deska (viz. obr. 27).



Obrázek 27 - V grafu 1 vyznačený cenově nejvýhodnější typ konstrukce pro zadané parametry

Takto bylo zjištěno, který typ konstrukce je pro zadané parametry cenově nejvýhodnější. Pokud bychom chtěli zjistit, o kterou konkrétní variantu konstrukce se jedná, můžeme vyhledat konstrukci v databázi řešených konstrukcí. V databázi nastavíme následující omezení:

- Typ konstrukce = ŽB monolitická deska jednosměrně pnutá
- Rozpon = 4.25 m
- Zatížení = 2.5 kN/m<sup>2</sup>
- Cena seřadit hodnoty vzestupně od nejmenší po největší

Nastavením okrajových podmínek je na prvním řádku zobrazena nejlevnější stropní konstrukce (viz. obr. 28).

#	Typ konstrukce	ID	Rozpon	Zatížení	Vlastní tíha	Podlaha	Podhled	Cena	Vzduchová neprůzvučnost	Kročejová neprůzvučnost	Tepelný odpor	Požární odolnost	Tloušťka desky	Kvalita betonu	Průměr výztuže	Počet prutů	Kvalita oceli	Poznámky	
16989	ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-115165	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2530	53	59	1.165	120	0.18	C12/15	16	4	B500B		
17172	26455 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-128915	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2557	53	59	1.165	120	0.18	C16/20	16	4	B500B		
21389	31754 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-142665	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2576	53	59	1.165	120	0.18	C20/25	16	4	B500B		
21540	37308 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-156415	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2594	53	59	1.165	120	0.18	C25/30	16	4	B500B		
26732	97287 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-335165	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2651	53	59	1.165	120	0.18	C12/15	16	6	B500B		
31988	102956 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-348915	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2678	53	59	1.165	120	0.18	C16/20	16	6	B500B		
37392	109234 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-362665	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2696	53	59	1.165	120	0.18	C20/25	16	6	B500B		
37491	115837 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-376415	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2714	53	59	1.165	120	0.18	C25/30	16	6	B500B		
54119	188057 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-568915	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2799	53	59	1.165	120	0.18	C16/20	16	8	B500B		
54318	194093 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-582665	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2817	53	59	1.165	120	0.18	C20/25	16	8	B500B		
60856	42226 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-170165	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2831	53	59	1.165	120	0.18	C12/15	20	4	B500B		
60905	200820 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-596415	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2835	53	59	1.165	120	0.18	C25/30	16	8	B500B		
61105	47795 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-183915	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2859	53	59	1.165	120	0.18	C16/20	20	4	B500B		
75711	54119 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-197665	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2877	53	59	1.165	120	0.18	C20/25	20	4	B500B		
81095	60805 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-211415	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	2895	53	59	1.165	120	0.18	C25/30	20	4	B500B		
112638	129516 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-417665	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	3057	53	59	1.165	120	0.18	C20/25	20	6	B500B		
116086	136544 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-431415	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	3075	53	59	1.165	120	0.18	C25/30	20	6	B500B		
116087	215094 ŽB mono. deska jednosměrně pnutá	1-651415	4.25	2.5	4.97	LPP	VPC štuková omítka	3075	53	59	1.165	120	0.18	C25/30	20	8	B500B		
248161																			

Obrázek 28– Databáze s hledanou cenově nejvýhodnější konstrukcí

Výsledkem hledání cenově nejvýhodnější konstrukce pro modelový příklad 2 je konstrukce s následujícími parametry:

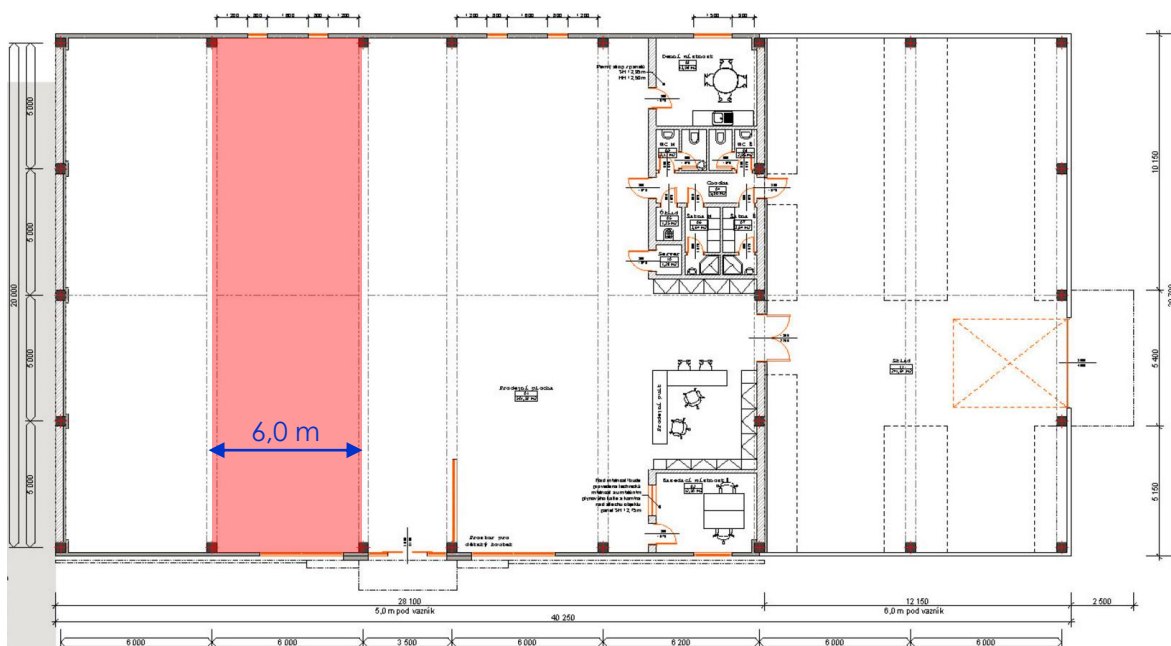
### Monolitická železobetonová deska jednosměrně pnutá:

- Délka: 4 500 mm
- Tloušťka: 180 mm
- Pevnostní třída betonu: C12/15
- Průměr tahové výztuže: 16 mm
- Počet prutů výztuže na bm: 4
- Kvalita oceli tahové výztuže: B500B
- Vlastní tíha konstrukce: 4.97 kN/m<sup>2</sup>
- Typ podlahové konstrukce: Lehká plovoucí podlaha
- Typ podhledové konstrukce: Vápenocementová štuková omítka
- Vzduchová neprůzvučnost: 53 dB
- Kročejová neprůzvučnost: 59 dB
- Tepelný odpor: 1.165 W/m<sup>2</sup>.K
- Požární odolnost: 120 minut
- **Cena včetně montáže za m<sup>2</sup>: 2 530 Kč**

### 4.3 Modelový příklad 3 – Návrh stropní konstrukce – Prostory skladu

#### Vstupní parametry

Jedná se o návrh stropní konstrukce oddělující jednotlivá podlaží prostoru skladu (viz. obr. 29). Osová vzdálenost průvlaků, na kterých bude konstrukce uložena je 6 000 mm. Užité zátížení bude činit 7,5 kN/m<sup>2</sup>.



Obrázek 29 – Půdorys prostor skladu (převzato z [http://www.stavorenol.cz/system/files/02\\_Pūdorys.jpg](http://www.stavorenol.cz/system/files/02_Pūdorys.jpg))

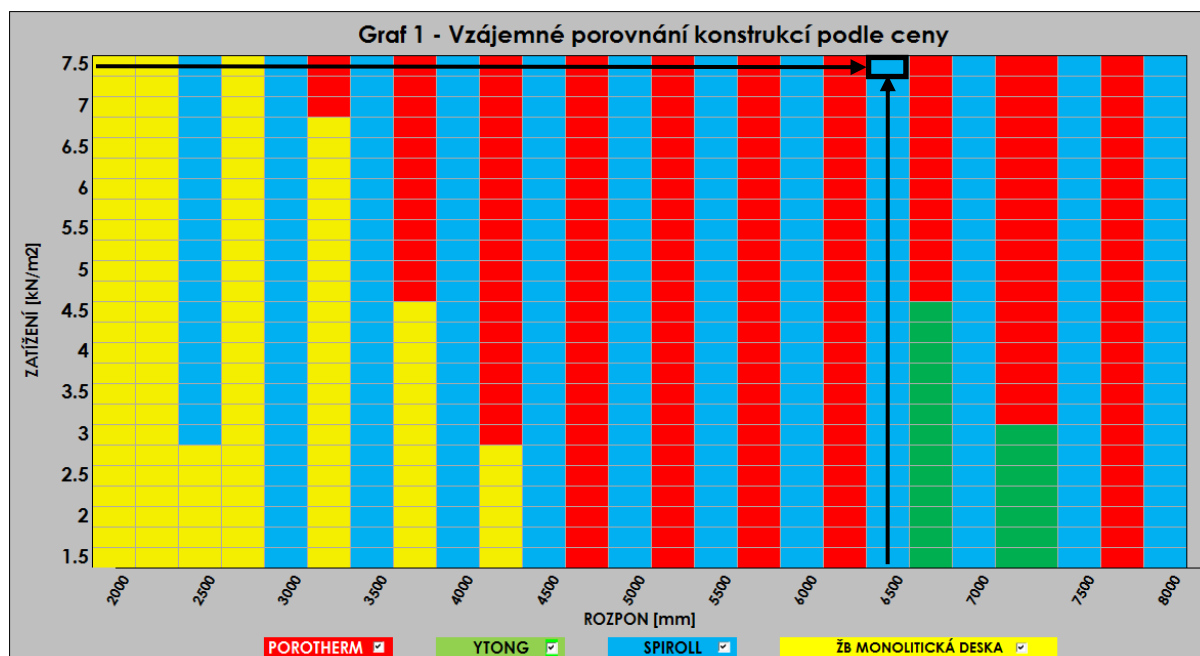
Požadované parametry jsou:

- Rozpon **6,0 m**
- Zatížení **7,5 kN/m<sup>2</sup>**
- Hodnota vzduchové neprůzvučnosti max. **42 dB**
- Hodnota kročejové neprůzvučnosti min. **68 dB**



## Vyhodnocení výstupů

Dle Grafu 1 je pro zadané okrajové podmínky cenově nejvýhodnější stropní konstrukcí předpjatý dutinový panel SPIROLL (viz. obr. 30).



Obrázek 30 - V grafu 1 vyznačený cenově nejvýhodnější typ konstrukce pro zadané parametry

Takto bylo zjištěno, který typ konstrukce je pro zadané parametry cenově nejvýhodnější. Pokud bychom chtěli zjistit, o kterou konkrétní variantu konstrukce se jedná, můžeme vyhledat konstrukci v databázi řešených konstrukcí. V databázi nastavíme následující omezení:

- Typ konstrukce = PPJD panel SPIROLL
- Rozpón = 6.20 m
- Zatížení = 7.5 kN/m<sup>2</sup>
- Cena seřadit hodnoty vzestupně od nejmenší po největší

Nastavením okrajových podmínek je na prvním řádku zobrazena nejlevnější stropní konstrukce (viz. obr. 31).

#	Typ konstrukce	ID	Rozpon	Zatížení	Vlastní tíha	Podlaha	Podhled	Cena	Vzduchová neprůzvučnost	Kročejová neprůzvučnost	Tepelný odpor	Požární odolnost	Tloušťka desky	Kvalita beton	Průměr výstu	Počet prutů	Kvalita ocel	Poznámky
232997	PPID panel SPIROLL	4-238	6,2	7,5	4,18	LPP	Sádrokarton	2093	55	53	1.257	50	0,265					PPD256
233508	PPID panel SPIROLL	4-100	6,2	7,5	3,10	LPP	Sádrokarton	2129	51	56	1.217	45	0,2					PPD219
233557	PPID panel SPIROLL	4-199	6,2	7,5	4,18	LPP	Sádrokarton	2210	55	53	1.257	50	0,25					PPD258
234255	PPID panel SPIROLL	4-355	6,2	7,5	4,52	LPP	Sádrokarton	2226	56	51	1.252	50	0,32					PPD326
234304	PPID panel SPIROLL	4-258	6,2	7,5	4,10	LPP	Sádrokarton	2235	55	53	1.257	50	0,265					PPD268
235586	PPID panel SPIROLL	4-180	6,2	7,5	5,22	TPP	Sádrokarton	2266	59	50	1.518	50	0,25					PPD256
235637	PPID panel SPIROLL	4-238	6,2	7,5	5,14	TPP	Sádrokarton	2291	59	50	1.518	50	0,265					PPD266
236220	PPID panel SPIROLL	4-100	6,2	7,5	4,14	TPP	Sádrokarton	2327	56	52	1.478	45	0,2					PPD219
236269	PPID panel SPIROLL	4-119	6,2	7,5	4,18	LPP	Sádrokarton	2331	55	53	1.257	50	0,25					PPD250
237476	PPID panel SPIROLL	4-329	6,2	7,5	4,52	LPP	Sádrokarton	2338	56	51	1.252	50	0,32					PPD320
237525	PPID panel SPIROLL	4-282	6,2	7,5	4,10	LPP	Sádrokarton	2356	55	53	1.257	50	0,265					PPD270
238131	PPID panel SPIROLL	4-141	6,2	7,5	4,18	LPP	Sádrokarton	2393	55	53	1.257	50	0,25					PPD252
238180	PPID panel SPIROLL	4-199	6,2	7,5	5,22	TPP	Sádrokarton	2408	59	50	1.518	50	0,25					PPD258
238903	PPID panel SPIROLL	4-304	6,2	7,5	4,10	LPP	Sádrokarton	2418	55	53	1.257	50	0,265					PPD272
238952	PPID panel SPIROLL	4-355	6,2	7,5	5,56	TPP	Sádrokarton	2424	60	48	1.538	50	0,32					PPD326
238680	PPID panel SPIROLL	4-377	6,2	7,5	4,52	LPP	Sádrokarton	2426	56	51	1.252	50	0,32					PPD332
239729	PPID panel SPIROLL	4-258	6,2	7,5	5,14	TPP	Sádrokarton	2433	59	50	1.518	50	0,265					PPD268
240555	PPID panel SPIROLL	4-433	6,2	7,5	5,17	LPP	Sádrokarton	2512	60	50	1.317	50	0,4					PPD410
240604	PPID panel SPIROLL	4-405	6,2	7,5	4,52	LPP	Sádrokarton	2526	56	51	1.252	50	0,32					PPD335
241416	PPID panel SPIROLL	4-119	6,2	7,5	5,22	TPP	Sádrokarton	2529	59	50	1.518	50	0,25					PPD250
241465	PPID panel SPIROLL	4-329	6,2	7,5	5,56	TPP	Sádrokarton	2536	60	48	1.538	50	0,32					PPD320
242147	PPID panel SPIROLL	4-282	6,2	7,5	5,14	TPP	Sádrokarton	2554	59	50	1.518	50	0,265					PPD270
242196	PPID panel SPIROLL	4-461	6,2	7,5	5,17	LPP	Sádrokarton	2591	60	50	1.317	50	0,4					PPD412
243123	PPID panel SPIROLL	4-141	6,2	7,5	5,22	TPP	Sádrokarton	2591	59	50	1.518	50	0,25					PPD252
243172	PPID panel SPIROLL	4-304	6,2	7,5	5,14	TPP	Sádrokarton	2616	59	50	1.518	50	0,265					PPD272
244141	PPID panel SPIROLL	4-377	6,2	7,5	5,56	TPP	Sádrokarton	2624	60	48	1.538	50	0,32					PPD322
244190	PPID panel SPIROLL	4-490	6,2	7,5	5,17	LPP	Sádrokarton	2691	60	50	1.317	50	0,4					PPD414
245115	PPID panel SPIROLL	4-433	6,2	7,5	6,21	TPP	Sádrokarton	2710	63	48	1.578	50	0,4					PPD410
245164	PPID panel SPIROLL	4-405	6,2	7,5	5,56	TPP	Sádrokarton	2724	60	48	1.538	50	0,32					PPD335
246215	PPID panel SPIROLL	4-461	6,2	7,5	6,21	TPP	Sádrokarton	2789	63	48	1.578	50	0,4					PPD412
246264	PPID panel SPIROLL	4-519	6,2	7,5	5,17	LPP	Sádrokarton	2791	60	50	1.317	50	0,4					PPD416

Obrázek 31 – Databáze s hledanou cenově nejvýhodnější konstrukcí

Výsledkem hledání cenově nejvýhodnější konstrukce pro modelový příklad 3 je konstrukce s následujícími parametry:

#### Předpjatý dutinový panel SPIROLL (PPD256):

- Délka: 6 200 mm
- Tloušťka: 250 mm
- Vlastní tíha konstrukce: 4.18 kN/m<sup>2</sup>
- Typ podlahové konstrukce: Lehká plovoucí podlaha
- Typ podhledové konstrukce: SDK podhled
- Vzduchová neprůzvučnost: 55 dB
- Kročejová neprůzvučnost: 53 dB
- Tepelný odpor: 1.257 W/m<sup>2</sup>.K
- Požární odolnost: 150 minut
- **Cena včetně montáže za m<sup>2</sup>: 2 068 Kč**

## 5 Hodnocení výpočetní pomůcky

Výpočetní pomůcka je navržena pro zpracování a vyhodnocování dvou druhů konstrukcí. Prvním druhem jsou konstrukce, které jsou navrženy přímo v programu (monolitická železobetonová jednosměrně pnutá stropní deska). Druhým jsou konstrukce, jejichž charakteristiky jsou dány výrobcem (Porotherm, Ytong, Spiroll). Oba druhy byly použity pro testování výpočetní pomůcky. Na základě testování bylo provedeno hodnocení pomůcky v následujících oblastech:

### 5.1 Funkčnost algoritmu

Testování výpočetní pomůcky prokázalo schopnost algoritmu poskytnout očekávané výstupy. Nicméně i přesto byly identifikovány příležitosti ke zlepšení.

- Algoritmus zpracovává velké množství dat. V některých případech počítá až půl milionu kombinací. Zde se projevuje omezení programu Microsoft Excel, kdy se doba výpočtu značně prodlužuje, což ubírá programu na efektivitě.
- Značné množství zpracovávaných dat může být rovněž předmětem ke zlepšení. Program sestavuje všechny možné varianty konstrukcí, což není potřebné. Například při zjišťování únosnosti konstrukce postačí znát pouze hodnotu maximálního povoleného zatížení. Program však uloží do databáze rovněž záznamy totožné konstrukce s nižšími hodnotami zatížení než je hodnota maximální.
- Další nevýhodou výběru programu Microsoft Excel pro stavbu algoritmu je přepočítání celého objemu dat při každé operaci, což opět klade vyšší nároky na dobu výpočtu. Tento problém by vyřešilo použití programovacích jazyků (Python, Visual Basic), které pracují pouze s daty potřebnými pro daný výpočet.

## **5.2 Použitelnost pro účely stavebních projektů**

Výpočetní pomůcka poskytuje relevantní výstupy z hlediska logiky výpočtu a procesu návrhu. Nicméně, za největší nedostatek, co do kvality některých výstupů, považuji jejich nepřesnost. Konkrétně jde o poskytování zkreslených údajů o nákladech na realizaci. Ve výpočtu jsou uvažovány průměrné hodnoty cen za montáž za 1 m<sup>2</sup>. V praxi je každý návrh stavebního objektu unikátní, proto pro přesný výpočet ceny by bylo nezbytné uvažovat veškeré specifikace pro daný návrh. Toto by však mělo za následek úpravu algoritmu pro každý konkrétní případ.

## **5.3 Potenciály dalšího rozvoje**

Ve zpracované výpočetní pomůcce je stále velký prostor pro rozvoj. Hlavním doporučením je sestavit algoritmus výpočetní pomůcky v některém z programovacích jazyků.

Minimálně bych doporučil přesunout některé výpočetní operace do programovacího jazyka Visual Basic, který je součástí programu MS Office Excel. Již tímto krokem dojde ke značnému zefektivnění výpočetního procesu.

Právě použití programovacího jazyka přináší další výhody. Jedním z potenciálů je vytvoření uživatelsky přívětivějšího rozhraní, které by ulehčilo práci s výstupy i méně počítačově gramotným uživatelům.

Dalším návrhem je poskytnout uživateli možnost aktualizovat hodnoty cen materiálů a nákladů na realizaci přímo v prostředí uživatelského rozhraní. Rovněž umožnit libovolně volit skladby a charakteristiky podlahových a podhledových vrstev. Doplnění databáze o další typy stropních konstrukcí rozšíří komplexnost výpočetní pomůcky.

## 6 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo vytvoření nástroje pomáhajícího projektantovi s výběrem vhodné a efektivní nosné stropní konstrukce v počátečních fázích návrhu objektu pozemního stavitelství.

V grafických výstupech se podařilo zobrazit rozsah možnosti použití jednotlivých typů konstrukcí. Zároveň práce poskytuje vzájemné porovnání stropních konstrukcí podle ceny. To zahrnuje kromě ceny samotného materiálu i průměrnou cenu montáže. Uživatelsky přívětivé je definování okrajových podmínek, podle kterých jsou vybírány varianty konstrukcí pro zobrazení v grafech. Dalším výstupem je databáze obsahující přes 250.000 záznamů různých variant stropních konstrukcí. Všechny tyto konstrukce staticky vyhovují na dané zatížení a jsou definovány dalšími důležitými parametry.

Přínos práce spatřuji v možnosti zpracovávat rozsáhlé objemy dat. Tato data následně rychle a přesně vyhodnocovat do požadovaných forem prezentace. Bez použití softwaru by toto bylo těžko realizovatelné.

Hodnotíme-li splnění stanovených cílů, podařilo se nám sestavit algoritmus zpracovávající požadovaný formát vstupních dat. Dále jsme úspěšně definovali nástroje zobrazující výstupní data v požadované kvalitě a rozsahu. Algoritmus byl testován za použití různých typů konstrukcí. Zároveň byla pomůcka testována na praktických příkladech.

I přes určité nedostatky nástroje byla funkčnost algoritmu dokázána a proto může posloužit jako poklad pro vývoj profesionálního nástroje.

Osobním přínosem pro mne bylo osvojení si velkého množství nadstandardních funkcí programu Microsoft Office Excel a programovacího jazyka Visual Basic. Bylo velice zajímavé řešit problematiku jednoho z témat stavebního inženýrství s použitím prostředků oboru informačních technologií. Je pozoruhodné sledovat, jak se použití informačních technologií stává neodmyslitelnou součástí všech technicky zaměřených oborů.

## Seznam použitého softwaru a literatury

- [1] KOLENDOWICZ, Tadeusz. *Stavební mechanika pro architekty: vysokoškolská učebnice pro stavební fakulty architektury*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984.
- [2] ČSN 73 0532 Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků
- [3] ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov
- [4] ČSN 73 0821: Požární bezpečnost staveb
- [5] ČSN EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- [6] Software – Program pro tvorbu rozpočtů a kalkulaci stavebních prací KROS plus v18.70
- [7] Software – Stavební Fyzika 2010 – Neprůzvučnost
- [8] Software Microsoft Office – WORD 2013, EXCEL 2013

## Seznam obrázků

Obr. 1 – Kroky návrhu v počátečních fázích projektu .....	8
Obr. 2 – Ukázka možného počtu kombinací při návrhu (převzato z <a href="http://www.logio.cz/img/illust/combi-in.png">http://www.logio.cz/img/illust/combi-in.png</a> ).....	8
Obr. 3 – Vlevo: deska prostě uložena, vpravo: deska vetknutá .....	11
Obr. 4.1 – 4.8 – Příklady nomogramů .....	12
Obr. 5 – Vzájemné vazby mezi systémy a subsystémy stropní konstrukce .....	15
Obr. 6 – Schéma procesů výpočtové pomůcky.....	17
Obr. 7 – Schéma principu generování konstrukcí podle vstupních parametrů.....	18
Obr. 8 – Generování variant konstrukcí .....	19
Obr. 9 – Řez konstrukcí železobetonové monolitické desky .....	23
Obr. 10 – Řez konstrukcí systémové stropní konstrukce Porotherm .....	24
Obr. 11 – Řez konstrukcí systémové stropní konstrukce Ytong.....	25
Obr. 12 – Řez konstrukcí systémové stropní konstrukce Spiroll.....	26
Obr. 13 – Tabulka pro definici okrajových podmínek zobrazovaných konstrukcí .....	28
Obr. 14 – Graf 1 – železobetonová monolitická deska .....	29
Obr. 15 – Graf 1 – železobetonová monolitická deska – změněné okrajové.....	29
Obr. 16 – Graf 1 – porovnání konstrukcí Ytong a železobetonové monolitické desky.....	30
Obr. 17 – Graf 1 – porovnání konstrukcí Ytong a železobetonové monolitické deska – změněné okrajové podmínky .....	30
Obr. 18 – Graf 2 – vývoj ceny při rostoucím zatížení. Porovnání všech řešených konstrukcí pro zatížení 1,5 kn/m <sup>2</sup> .....	31
Obr. 19 – Graf 2 – vývoj ceny při rostoucím zatížení. Porovnání všech řešených konstrukcí pro zatížení 5,0 kn/m <sup>2</sup> .....	31
Obr. 20 – Nomogram – monolitická železobetonová deska – zatížení 2,0 kn/m <sup>2</sup> .....	32
Obr. 21 – Nomogram – předpjaté dutinové panely Spiroll – zatížení 1,5 kn/m <sup>2</sup> .....	32
Obr. 22 – Ukázka staticky vyhovujících konstrukcí .....	33
Obr. 23 – Půdorys 1.NP a 2.NP rodinného domů ve kterém navrhovaná optimální stropní konstrukce (převzato z <a href="http://www.poredsky.cz/files/fotografie/pudorys_rd_kobylnice_typ1.jpg">http://www.poredsky.cz/files/fotografie/pudorys_rd_kobylnice_typ1.jpg</a> ) .....	34
Obr. 24 – V grafu 1 vyznačený cenově nejvýhodnější typ konstrukce pro zadané parametry .....	35

Obr. 25 – Databáze s cenově nejvýhodnější konstrukcí .....	36
Obr. 26 – Půdorys nadzemního podlaží hotelového komplexu (převzato z <a href="http://www.earch.cz/sites/default/files/images/gallery/hotel-antonie-frydlant/21-a6-hotel-antonie.jpg">http://www.earch.cz/sites/default/files/images/gallery/hotel-antonie-frydlant/21-a6-hotel-antonie.jpg</a> ) .....	37
Obr. 27 – V grafu 1 vyznačený cenově nejvýhodnější typ konstrukce pro zadané parametry .....	38
Obr. 28 – Databáze s cenově nejvýhodnější konstrukcí .....	39
Obr. 29 – Půdorys prostorů skladu (převzato z <a href="http://www.stavorenol.cz/system/files/02_pudorys.jpg">http://www.stavorenol.cz/system/files/02_pudorys.jpg</a> ) .....	40
Obr. 30 – V grafu 1 vyznačený cenově nejvýhodnější typ konstrukce pro zadané parametry .....	41
Obr. 31 – Databáze s cenově nejvýhodnější konstrukcí .....	42
Obr. A.1 – Zdrojový kód statického návrhu a posouzení železobetonové monolitické desky (část 1) .....	49
Obr. A.2 – Zdrojový kód statického návrhu a posouzení železobetonové monolitické desky (část 2) .....	50
Obr. A.3 – Tabulka s hodnotami přípustných zatížení pro jednotlivé varianty systémové konstrukce Porotherm Miako (převzato z <a href="http://wienerberger.cz/ke-stazeni/20160323224516/podklad-pro-navrhov%c3%a1n%c3%ad.pdf">http://wienerberger.cz/ke-stazeni/20160323224516/podklad-pro-navrhov%c3%a1n%c3%ad.pdf</a> ) .....	53
Obr. A.4 – Tabulka s hodnotami přípustných zatížení pro jednotlivé varianty systémové konstrukce Ytong Klasik 250 (převzato z <a href="http://www.ytong.cz/cs/docs/ytong-klasik-ekonom-komfort.pdf">http://www.ytong.cz/cs/docs/ytong-klasik-ekonom-komfort.pdf</a> ) .....	53
Obr. A.5 – Tabulka s hodnotami přípustných zatížení pro jednotlivé varianty konstrukce PPD Spiroll (převzato z <a href="http://prefa.cz/sites/prefa.cz/files/down_spiroll.pdf">http://prefa.cz/sites/prefa.cz/files/down_spiroll.pdf</a> ) .....	54
Obr. B.1 – Tabulky, ze kterých jsou získávány hodnoty cen železobetonové monolitické konstrukce v závislosti na množství výztuže, tloušťce desky a pevnostní) .....	55
Obr. C.1 – Ukázka použití programu Stavební Fyzika 2010 – Neprůzvučnost pro výpočet akustických parametrů .....	56
Obr. D.1 – Pohled na tabulku, ze které byly určeny hodnoty požární odolnosti monolitické železobetonové desky (převzato z <a href="http://www.fce.vutbr.cz/pst/bstud/bh11/tab2.pdf">http://www.fce.vutbr.cz/pst/bstud/bh11/tab2.pdf</a> ) .....	57



## Seznam tabulek

Tab. 1 - Ukázka empirických vzorců - železobetonové stropní prvky.....	11
Tab. 2 – Skladba těžké/lehké plovoucí podlahy ve výpočtu .....	16
Tab. A.1 – Materiálové charakteristiky pevnostních tříd použitých betonů... ..	50
Tab. A.2 – Materiálové charakteristiky použité oceli.....	51
Tab. E.1 – Ukázka výpočtu tepelného odporu složené konstrukce... ..	58

# Přílohy

## A1 Návrh a statické posouzení – ŽB monolitická jednosměrně pnutá deska

Na obr. A.1, A.2 je zobrazen zdrojový kód návrhu a posouzení železobetonové monolitické stropní desky, který je použit ve výpočetní pomůcce.

Železobetonová monolitická deska jednosměrně pnutá			
<b>Výpočet zatížení</b>			
Vlastní tíha desky	$g_{1,k} =$	5.00 kN/m'	
Vlastní tíha podlaha + podhled	$g_{2,k} =$	1.51 kN/m'	
Užitné zatížení	$q_{1,k} =$	2.00 kN/m'	
<b>Charakteristická hodnota zatížení</b>			
$f_k = g_{1,k} + g_{2,k} + q_{1,k} =$		8.51 kN/m'	
<b>Návrhová hodnota zatížení</b>			
1. vzorec	$f_{d1} = (g_{1,k} + g_{2,k}) * 1.35 + q_{1,k} * 1.5 * \psi_0 =$	10.886475 kN/m'	$\psi_0 = 0.7$ Pro kategorie A,B,C,D,F,G
2. vzorec	$f_{d2} = (g_{1,k} + g_{2,k}) * 1.35 * 0.85 + q_{1,k} * 1.5 =$	10.469 kN/m'	
$f_d = \max(f_{d1}, f_{d2}) =$		<b>10.886 kN/m'</b>	
Tloušťka stěny na které je deska uložena	$t =$	0.3 m	
Tloušťka desky	$h =$	200 mm	
Maximální světlá šířka místnosti	$l_n =$	2 m	
Minimální uložení desky	$a = \min(0.5 * t; 0.5 * h) =$	0.1 m	
Výpočtová délka nosníku	$l_{eff} =$	2.2 m	
Maximální hodnota ohybového momentu	$M_{Ed} = 1/8 * f_d * l_{eff}^2 =$	6.59 kNm/m	
<b>Materiály:</b>			
Beton	<b>C20/25</b>	$f_{ck} = 20$ MPa	$\lambda = 0.8$ pro $f_{ck} \leq 50$ MPa
		$\gamma_c = 1.5$	1.55 $50 \leq f_{ck} \leq 90$ MPa
		$f_{cd} = 13.3$ MPa	$\lambda = 0.8$
		$f_{ctm} = 2.2$ MPa	$\eta = 1$ pro $f_{ck} \leq 50$ MPa
		$E_{cm} = 29000$ MPa	$\eta = 1.15$ $50 \leq f_{ck} \leq 90$ MPa
		$\alpha_{cc} = 1$	$\eta = 1$
Ocel	<b>B500B</b>	$f_{yk} = 500$ MPa	$\epsilon_{cu3} = 3.5$ ‰
		$\gamma_s = 1.15$	$\epsilon_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / \epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd} = 0.617$
		$f_{yd} = 434.8$ MPa	
		$E_s = 200000$ MPa	
		$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 2.174$ ‰	
<b>Návrh ohybové výztuže</b>			
Návrh $\phi$ hlavní tahové výztuže		20 mm	
Krycí vrstva			
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$			
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$			
$c_{min,b} = 20$ mm		průměr hl. tahové výztuže	
$c_{min,dur} = 0$ mm		hodnota závislá na typu prostředí (mezi 10-55 mm)	
$\Delta c_{dur,y} = 0$ mm		doporučená hodnota 0	
$\Delta c_{dur,st} = 0$ mm		doporučená hodnota 0	
$\Delta c_{dur,add} = 0$ mm		doporučená hodnota 0	
$\Delta c_{dev} = 10$ mm		doporučená hodnota 10 mm	
$c_{nom} = 30$ mm			
Účinná tloušťka desky	$d = h - c - 0.5 * \phi =$	160 mm	
<b>Plocha tahové výztuže</b>			
Průměr výztuže (8-22 mm)	$\phi =$	20 mm	
Počet prutů (4-9)	$n =$	6 /bm	
Plocha prutu	$A_s =$	314.16 mm <sup>2</sup>	$\alpha_{1,xy} = \frac{b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{yd}}{f_{yk}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{yk}}} \right) =$
<b>Celková plocha výztuže</b>	$A_{s,celk} =$	<b>1885.0 mm<sup>2</sup></b>	
Osová vzdálenost prutů	$s =$	166.7 mm	
		4906.6667	
		95.60982	
		0.0386	
<b>Požadovaná plocha výztuže</b>	$A_{s,req} =$	<b>95.61 mm<sup>2</sup></b>	
<b>Kontrola vyztužení</b>			
	$\alpha_{s1,min} = \frac{0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} =$	183.0 mm <sup>2</sup>	
	$\alpha_{s2,min} = 0.0013 \cdot b \cdot d =$	208 mm <sup>2</sup>	
	$\alpha_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d =$	8000 mm <sup>2</sup>	
Podmínka	$\alpha_{s,max} > \alpha_{s,celk}$	8000.0 > 1885.0	<b>SPLNĚNO</b>
Podmínka	$\alpha_{s,min} < \alpha_{s,celk}$	208.0 < 1885.0	<b>SPLNĚNO</b>
<b>Maximální osová vzdálenost hlavní výztuže</b>			
$s_{max,stab} = \min(2h, 300 \text{ mm}) =$			
400	>	166.7 mm	<b>SPLNĚNO</b>
300	>	166.7 mm	<b>SPLNĚNO</b>
<b>Minimální osová vzdálenost hlavní výztuže</b>			
$s_{min,stab} = \max(1.2 \cdot \phi; 20 \text{ mm}) =$			
24	<	166.7 mm	<b>SPLNĚNO</b>

Obrázek A.1 – Zdrojový kód statického návrhu a posouzení železobetonové monolitické desky (část 1)

	20	<	166.7 mm	SPLNĚNO
<b>Posouzení</b>				
	$x = \frac{a_{s,ceik} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} =$		76.83 mm	
	$\xi = x/d =$		0.480	
Podmínka	$\xi < \xi_{bal,1}$		$\xi_{bal,1} = 0.617$	SPLNĚNO
	$m_{Rd} = a_{s,ceik} \cdot f_{yd} (d - 0.5 \cdot \lambda \cdot x) =$		105.94 kNm/m	Využití
Podmínka	$m_{Ed} < m_{Rd}$	6.6	< 105.9	VYHOVUJE 6.2 %
<b>Návrh rozdělovací výztuže</b>				
	$a_{s,req} = 0.2 \cdot a_{s,ceik} =$		376.99 mm <sup>2</sup>	
Návrh prutu	$\phi =$		12 mm	
Plocha prutu	$A_s =$		113.10 mm <sup>2</sup>	
Počet prutů	$n =$		6	
<b>Celková plocha výztuže</b>	<b><math>A_{s,rozdeli,ceik} =</math></b>		<b>678.6 mm<sup>2</sup></b>	
Osová vzdálenost prutů	$s =$		166.67 mm	
Maximální osová vzdálenost rozdělovací výztuže				
$s_{max,slab} = \min(3h, 400\text{mm}) =$				
	600 mm	>	166.67 mm	SPLNĚNO
	400 mm	>	166.67 mm	SPLNĚNO
<b>Posouzení ohybové štíhlosti</b>				
Ohybová štíhlost:	Referenční stupeň vyztužení		$\rho_0 = 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck}} =$	0.447213595 %
	Požadovaný stupeň vyztužení tahovou výztuží		$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} =$	1.178097245 %
	Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží		$\rho' = \frac{A_{s,rozdeli}}{b \cdot d} =$	0.424115008 %
pro $\rho < \rho_0$	$\lambda_{d,tab} = K \left[ 11 + 1.5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3.2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right] =$		#ČÍSLO!	
pro $\rho > \rho_0$	$\lambda_{d,tab} = K \left[ 11 + 1.5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right] =$		15.34179957	
	$k_{c1} =$		1	
	$k_{c2} =$		1	
	$k_{c3} = \frac{500}{f_{yk}} \cdot \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} =$		19.71508268	
	$\lambda_d = k_{c1} \cdot k_{c2} \cdot k_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} =$		302.464847	
Podmínka	$\frac{l}{d} < \lambda_d$			
	12.5	<	302.464847	SPLNĚNO
<b>Celkově navržená konstrukce</b>			<b>VYHOVUJE</b>	

Obrázek A.2 – Zdrojový kód statického návrhu a posouzení železobetonové monolitické desky (část 2)

Pro návrh a posouzení byly použity materiálové charakteristiky pevnostních tříd betonů z tabulky A.1.

beton	Pevnost v tlaku		Pevnost v tahu			E cm	Mezní přetvoření $\epsilon_{cu}$		$\tau_{rk}$ smyková pevnost
	f <sub>ck</sub>	f <sub>cm</sub>	f <sub>ctm</sub>	f <sub>ctk</sub> 0,05	f <sub>ctk</sub> 0,95		pro výpočet únosnosti	pro výpočet účinku zatížení	
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	
<b>C12/15</b>	12	20	1.6	1.1	2	26	-3.6	-3.5	0.27
<b>C16/20</b>	16	24	1.9	1.3	2.5	27.5	-3.5	-3.5	0.33
<b>C20/25</b>	20	28	2.2	1.5	2.9	29	-3.4	-3.5	0.39
<b>C25/30</b>	25	33	2.6	1.8	3.3	30.5	-3.3	-3.5	0.45
<b>C30/37</b>	30	38	2.9	2	3.8	32	-3.2	-3.5	0.51
<b>C35/45</b>	35	43	3.2	2.2	4.2	33.5	-3.1	-3.5	0.555
<b>C40/50</b>	40	48	3.5	2.5	4.6	35	-3	-3.5	0.615
<b>C45/55</b>	45	53	3.8	2.7	4.9	36	-2.9	-3.5	0.66
<b>C50/60</b>	50	58	4.1	2.9	5.3	37	-2.8	-3.5	0.72

Tabulka A.1 – Materiálové charakteristiky pevnostních tříd použitých betonů

Pro návrh a posouzení byly použity materiálové charakteristiky oceli dle tabulky A.2.

Pevnostní charakteristiky oceli

Výztuž	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	E <sub>s</sub>
	MPa	MPa	MPa
<b>B500B</b>	500	550	200000

Tabulka A.2 – Materiálové charakteristiky použité oceli

## A2 Zdrojová data pro statické posouzení – Porotherm MIAKO

Na obr. A.3 je zobrazena tabulka hodnot maximálního charakteristického spojitého rovnoměrného zatížení  $g_k$  (fiabvě zvýrazněné sloupce), které byly použity pro posouzení únosnosti.

Únosnost stropu pro osovou vzdálenost nosníků 625 mm a beton C 20/25, C 25/30

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	
			$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$	$g_{rd}$	$g_k$
1750	1500	2ø8	15,17	15,17	16,62	16,62	17,23	17,23	18,85	18,85	18,38	18,38	20,13	20,13
2000	1750	2ø8	12,67	12,67	13,92	13,92	14,41	14,41	15,82	15,82	15,35	15,35	16,87	16,87
2250	2000	2ø8	10,76	10,76	11,87	11,87	12,27	12,27	13,51	13,51	13,05	13,05	14,38	14,38
2500	2250	2ø8	9,26	9,26	10,25	10,25	10,58	10,58	11,69	11,69	11,23	11,23	12,42	12,42
2750	2500	2ø8	8,03	8,03	8,93	8,93	9,20	9,20	10,21	10,21	9,75	9,75	10,83	10,83
3000	2750	2ø10	8,67	8,67	9,61	9,61	9,94	9,94	11,00	11,00	10,55	10,55	11,69	11,69
3250	3000	2ø10	7,69	7,69	8,56	8,56	8,84	8,84	9,82	9,82	9,36	9,36	10,42	10,42
3500	3250	2ø10	6,85	6,85	7,66	7,66	7,90	7,90	8,80	8,80	8,35	8,35	9,32	9,32
3750	3500	2ø10	6,14	6,14	6,81	6,81	7,09	7,09	7,93	7,93	7,48	7,48	8,39	8,39
4000	3750	2ø12	5,57	5,57	6,28	6,28	6,47	6,47	7,27	7,27	6,82	6,82	7,68	7,68
4250	4000	2ø12	5,14	5,14	5,36	5,36	5,67	5,67	6,37	6,37	5,93	5,93	6,72	6,72
4500	4250	2ø12 +ø6	4,83	3,95	5,22	4,22	5,64	5,64	6,37	6,37	5,93	5,93	6,72	6,72
4750	4500	2ø12 +ø8	4,46	2,96	4,83	3,18	5,22	5,22	5,92	5,92	5,47	5,47	6,23	6,23
5000	4750	2ø12 +ø10	4,16	2,37	4,40	2,58	5,15	4,83	5,85	5,14	5,40	5,40	6,15	6,15
5250	5000	2ø12 +ø12	3,84	1,65	4,07	1,83	4,78	3,78	5,45	4,05	5,01	5,01	5,73	5,73
5500	5250	2ø12 +ø12	3,52	2,06	6,51	2,26	4,63	4,50	5,32	4,63	4,50	5,32	4,81	4,81
5750	5500	2ø12 +ø12	3,24	2,49	10,67	7,17	10,91	7,61	13,16	12,44	13,41	13,13	13,13	13,13
6000	5750	2ø12 +ø14	2,89	10,39	3,15	11,24	6,10	12,51	6,51	12,51	6,51	12,51	6,51	12,51
6250	6000	2ø12 +ø14	2,57	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90
6500	6250	2ø12 +ø14	2,26	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90
6750	6500	2ø12 +ø16	2,06	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90
7000	6750	2ø12 +ø18	1,83	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90
7250	7000	2ø12 +ø18	1,65	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90
7500	7250	2ø12 +ø18	1,44	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90
7750	7500	2ø12 +ø20	1,26	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90
8000	7750	2ø12 +ø20	1,10	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90
8250	8000	2ø12 +ø20	1,00	10,04	5,74	10,28	6,12	12,42	10,30	12,65	10,90	10,90	10,90	10,90

Obrázek A.3 - Tabulka s hodnotami přípustných zatížení pro jednotlivé varianty systémové konstrukce POROTHERM MIAKO (Převzato z <http://wienerberger.cz/ke-stazeni/20160323224516/podklad-pro-navrhov%C3%A1n%C3%AD.pdf>)

### A3 Zdrojová data pro statické posouzení – YTONG KLASIK 250

Na obr. A.4 je zobrazena tabulka hodnot maximálního charakteristického spojitého rovnoměrného zatížení  $g_{2,max}$  z  $w_{lim}$  1/250 (červeně zvýrazněný sloupec), které byly použity pro posouzení únosnosti.

Přehled hodnot pro standardní nosníky Y175C ve stropní konstrukci Ytong Klasik 200 + 50 pro osovou vzdálenost nosníků 680 mm														
Navrženo podle EN 1992, EN 15037-1 Výška nadbetonávky: 50 mm Vložky: Ytong Klasik 200 mm Nosník: v. 175 mm, rozměr betonového tránce 40 x 120 mm							Výztuž: B500A, B500B, Bst500G Beton příruby nosníků: C20/25 XC1 Beton monolitu: C20/25 Spotřeba betonu na zmonolitnění: 0,074 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> stropu Min. uložení nosníků: pokud statik neurčí jinak, 150 mm							
Charakteristické hodnoty zatížení: vlastní tíha konstrukce ( $g_1 = 3,29$ kN/m <sup>2</sup> ) + ostatní stálé zatížení ( $g_2 =$ viz tabulka) + užité zatížení ( $q = 1,5$ kN/m <sup>2</sup> )														
délka nosníků	max. světle rozpětí	hmotnost nosníku	plocha spodní výztuže $A_{sc}$	$M_{Rd}$	$V_{Rd}$	$w_{lim}$ 1/250	$w_{lim}$ 1/350	délka smykové výztuže $L_{Ed}^{(1)}$	$g_{2,max}$ z $M_{Rd}$	$g_{2,max}$ z $V_{Rd}$	$g_{2,max}$ z $w_{lim}$ 1/250	$g_{2,max}$ z $w_{lim}$ 1/350	nadvýšení <sup>(2)</sup>	
m	m	kg	mm <sup>2</sup>	kNm	kN	mm	mm	m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	mm	
1,00	0,70	12	100,5	11,41	11,66	3,4	2,4		132,66	24,93	-	-	-	
1,20	0,90	14	100,5	11,51	11,66	4,2	3,0		86,02	19,23	-	-	-	
1,40	1,10	17	100,5	11,61	11,66	5,0	3,6		59,79	15,36	220,00	125,71	-	
1,60	1,30	19	100,5	11,68	11,66	5,8	4,1		43,45	12,56	127,60	72,91	-	
1,80	1,50	22	100,5	11,71	11,66	6,6	4,7		32,52	10,44	72,60	41,49	-	
2,00	1,70	24	100,5	11,73	11,66	7,4	5,3		24,91	8,77	54,27	31,01	-	
2,20	1,90	26	100,5	11,75	11,66	8,2	5,9		19,40	7,43	45,10	25,77	-	
2,40	2,10	29	100,5	11,77	11,66	9,0	6,4		15,30	6,33	33,00	18,86	-	
2,60	2,30	31	100,5	11,77	11,66	9,8	7,0		12,13	5,41	26,95	15,40	-	
2,80	2,50	33	100,5	11,77	11,66	10,6	7,6		9,65	4,63	11,10	6,35	-	
3,00	2,70	36	100,5	11,77	11,66	11,4	8,1		7,67	3,95	8,09	4,62	-	
3,20	2,90	38	100,5	11,77	11,66	12,2	8,7		6,07	3,37	5,59	3,20	-	
3,40	3,10	41	100,5	11,77	11,66	13,0	9,3		4,75	2,86	4,40	2,51	-	
3,60	3,30	43	100,5	11,77	11,66	13,8	9,9		3,66	2,40	3,57	2,04	-	
3,80	3,50	47	157,1	17,42	11,66	14,6	10,4	x 0,20	6,43	8,96	4,23	2,42	-	
4,00	3,70	49	157,1	17,42	11,66	15,4	11,0	x 0,20	5,28	8,24	3,46	1,98	-	
4,20	3,90	52	157,1	17,42	11,66	16,2	11,6	x 0,40	4,29	7,58	2,92	1,67	-	
4,40	4,10	54	157,1	17,42	11,66	17,0	12,1	x 0,40	3,44	6,99	2,48	1,42	-	
4,60	4,30	57	157,1	17,42	11,66	17,8	12,7	x 0,40	2,71	6,46	2,74	1,57	5	
4,80	4,50	60	179,1	19,56	11,66	18,6	13,3	x 0,60	2,92	5,97	2,65	1,51	5	
5,00	4,70	64	213,6	22,73	11,66	19,4	13,9	x 0,60	3,46	5,51	2,66	1,52	5	
5,20	4,90	67	213,6	22,73	11,66	20,2	14,4	x 0,80	2,81	5,10	2,32	1,33	5	
5,40	5,10	69	213,6	22,73	11,66	21,0	15,0	x 0,80	2,23	4,72	2,43	1,39	10	
5,60	5,30	74	254,5	26,41	11,66	21,8	15,6	x 1,00	2,79	4,36	2,45	1,40	10	
5,80	5,50	76	254,5	26,41	11,66	22,6	16,1	x 1,00	2,25	4,03	2,51	1,43	15	
6,00	5,70	81	311,0	31,49	11,66	23,4	16,7	x 1,20	3,06	3,72	2,27	1,30	10	
6,20	5,90	84	311,0	31,49	11,66	24,2	17,3	x 1,20	2,54	3,44	2,32	1,32	15	
6,40	6,10	91	383,3	37,93	11,66	25,0	17,9	x 1,40	3,50	3,17	2,45	1,40	15	
6,60	6,30	93	383,3	37,93	11,66	25,8	18,4	x 1,40	2,98	2,92	2,20	1,26	15	
6,80	6,50	101	445,0	44,68	11,66	26,6	19,0	x 1,60	3,84	2,68	2,28	1,30	15	
7,00	6,70	103	445,0	44,68	11,66	27,4	19,6	x 1,60	3,34	2,46	2,30	1,32	20	
7,20	6,90	106	445,0	44,68	11,66	28,2	20,1	x 1,80	2,87	2,25	2,30	1,32	25	
7,40	7,10	109	445,0	44,68	11,66	29,0	20,7	x 1,80	2,45	2,05	2,28	1,30	30	
7,60	7,30	112	445,0	44,68	11,66	29,8	21,3	x 2,00	2,05	1,86	2,10	1,20	35	

Obrázek A.4 - Tabulka s hodnotami přípustných zatížení pro jednotlivé varianty systémové konstrukce YTONG KLASIK 250

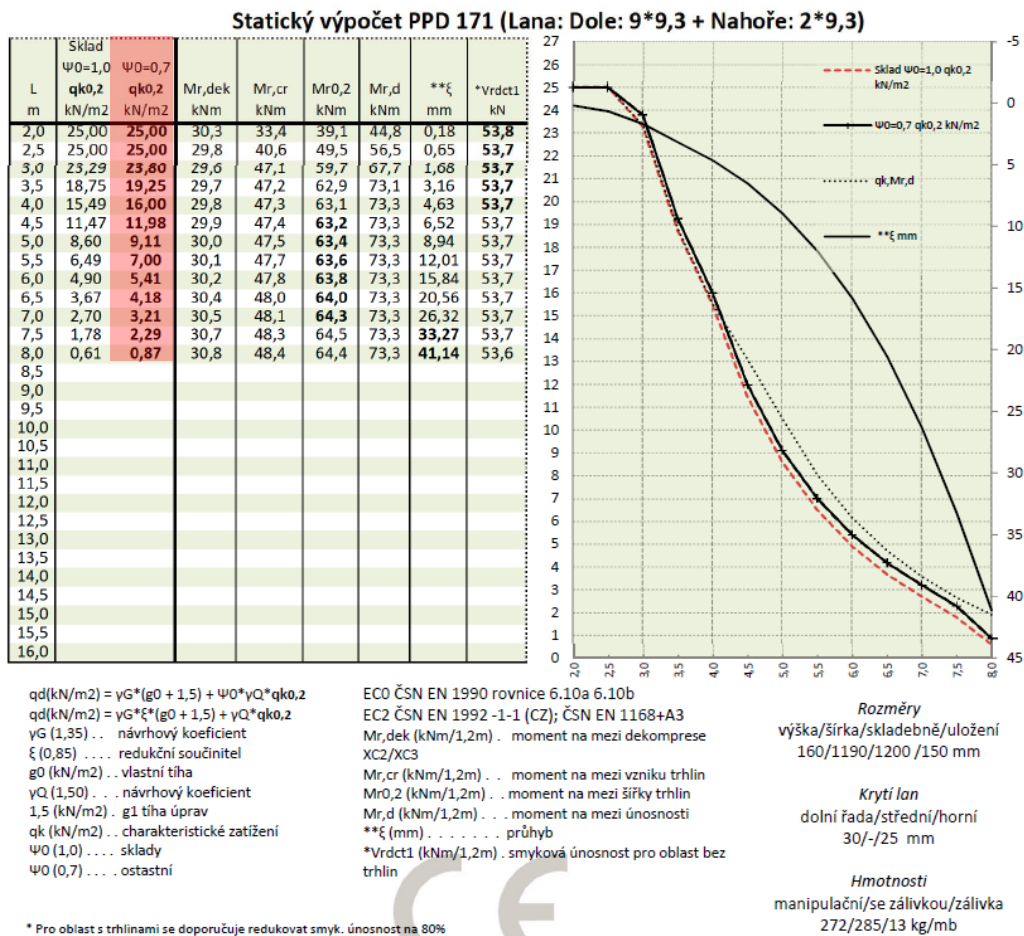
(Převzato z <http://www.ytong.cz/cs/docs/ytong-klasik-ekonom-komfort.pdf>)

## A4 Zdrojová data pro statické posouzení – Předpjatý dutinový panel SPIROLL

Na obr. A.5 je zobrazena tabulka se statickým posudkem konstrukce PPD 171. Tato konstrukce je jedním z modelů předpjatých dutinových panelů SPIROLL. Pro posouzení únosnosti byly do algoritmu použity hodnoty maximálního charakteristického spojitého rovnoměrného zatížení  $q_{k0,2} \psi=0,7$  (červeně zvýrazněný sloupec).



www.prefa.cz  
e-mail: prefa@prefa.cz  
t. 541 583 111  
Datum



Obrázek A.5 - Tabulka s hodnotami přípustných zatížení pro jednotlivé varianty systémové konstrukce PPD SPIROLL (Převzato z [http://prefa.cz/sites/prefa.cz/files/down\\_spiroll.pdf](http://prefa.cz/sites/prefa.cz/files/down_spiroll.pdf))





- Cena nadbetonávky (dle platného ceníku TBG Metrostav)
- Cena montáže (dle databáze softwaru KROS plus)

#### **B4 Zdrojová data pro výpočet ceny – Předpjatý dutinový panel SPIROLL**

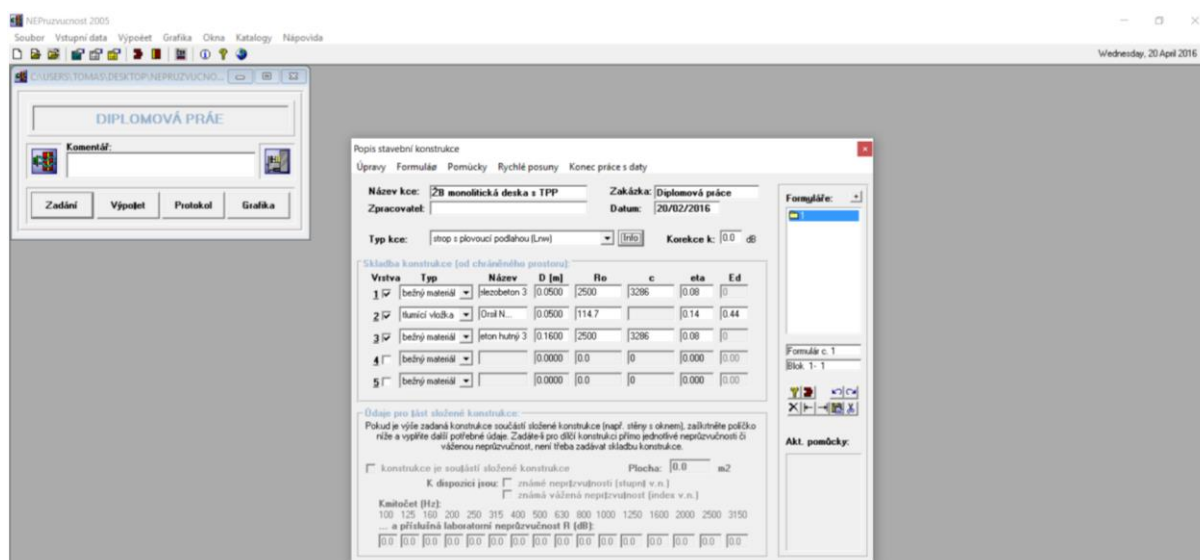
Výpočet celkové ceny je složen z:

- Cena stropního panelu dle ceníku výrobce přepočítaného do plochy 1 m<sup>2</sup>
- Cena montáže (dle databáze softwaru KROS plus)

#### **C1 Popis výpočtu akustický vlastností**

Pro stanovení vzduchové a kročejové neprůzvučnosti složené konstrukce byl použit software STAVEBNÍ FYZIKA 2010 - NEPRŮZVUČNOST. V tomto programu byly vypočteny všechny varianty stropních konstrukcí (i včetně použití lehké/těžké plovoucí podlahy). Na obr. C.1 je zobrazena ukázka výpočtového formuláře programu STAVEBNÍ FYZIKA 2010 – NEPRŮZVUČNOST pro složenou konstrukci:

- ŽB monolitická deska – tloušťka 160 mm
- Těžká plovoucí podlaha – Kročejová izolace 50 mm  
– Betonová mazanina 50 mm



Obrázek C.1 – Ukázka použití programu Stavební fyzika 2010 – Neprůzvučnost pro výpočet akustických parametrů

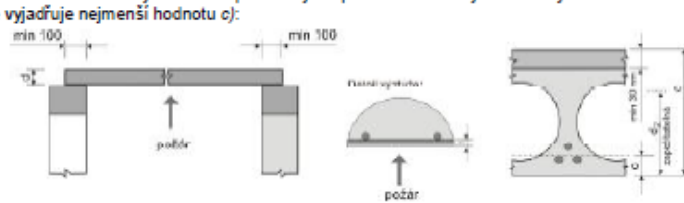
Posléze byly hodnoty akustických parametrů uloženy do výpočetního souboru, ve kterém byly poté přiřazovány k příslušným konstrukcím do finální databáze.

## D1 Popis výpočtu požární odolnosti

Vyhodnocení požární odolnosti v minutách bylo provedeno dle normy ČSN 73 0821. Tabulka, podle které byla stanovena požární odolnost železobetonové monolitické konstrukce je zobrazena na obr. D.1. Pro systémové konstrukce (Porotherm, Ytong,...) jsou hodnoty požární odolnosti převzaty z podkladů od výrobce. Hodnoty požární odolnosti jednotlivých konstrukcí jsou následně přiřazovány k odpovídajícím konstrukcím ve finální databázi prvků.

Pol.	Název konstrukce	Požární odolnost v minutách						klas./roz.
		15	30	45	60	90	120	
1	Stropy betonové, staticky určité <sup>1),2)</sup> (s ustálenou vlhkostí), bez omítky, druh DP1							
1.1	Desky z hutného betonu, výztuž v jednom směru nebo $l_x / l_y > 1,5$ ; krytí hlavní výztuže <sup>1)</sup>	REI 60 10 <sup>1)</sup>	REI 60 10 <sup>1)</sup>	REI 70 15 <sup>1)</sup>	REI 80 20 <sup>1)</sup>	REI 100 25 <sup>1)</sup>	REI 120 35 <sup>1)</sup>	REI 150 50 <sup>1)</sup>
1.2	Desky z hutného betonu výztuž ve dvou směrech $l_x / l_y \leq 1,5$ ; krytí hlavní výztuže <sup>1)</sup>	REI 60 10 <sup>1)</sup>	REI 60 10 <sup>1)</sup>	REI 70 10 <sup>1)</sup>	REI 80 10 <sup>1)</sup>	REI 100 10 <sup>1)</sup>	REI 120 15 <sup>1)</sup>	REI 150 25 <sup>1)</sup>
1.3	Desky z lehčeného betonu, výztuž v jednom směru nebo $l_x / l_y > 1,5$ ; krytí hlavní výztuže <sup>1)</sup>	REI 60 10 <sup>1)</sup>	REI 60 10 <sup>1)</sup>	REI 65 15 <sup>1)</sup>	REI 75 20 <sup>1)</sup>	REI 95 25 <sup>1)</sup>	REI 115 35 <sup>1)</sup>	REI 140 50 <sup>1)</sup>
1.4	Desky z lehčeného betonu, výztuž ve dvou směrech $l_x / l_y \leq 1,5$ ; krytí hlavní výztuže <sup>1)</sup>	REI 60 10 <sup>1)</sup>	REI 60 10 <sup>1)</sup>	REI 65 10 <sup>1)</sup>	REI 75 10 <sup>1)</sup>	REI 95 10 <sup>1)</sup>	REI 115 15 <sup>1)</sup>	REI 140 25 <sup>1)</sup>
1.5	Desky z předpjatého hutného betonu, výztuž v jednom směru nebo $l_x / l_y > 1,5$ ; krytí hlavní výztuže <sup>1)</sup>	REI 50 10 <sup>1)</sup>	REI 60 20 <sup>1)</sup>	REI 70 25 <sup>1)</sup>	REI 80 30 <sup>1)</sup>	REI 100 40 <sup>1)</sup>	REI 120 50 <sup>1)</sup>	REI 150 65 <sup>1)</sup>
1.6	Desky předpjaté z hutného betonu, výztuž ve dvou směrech $l_x / l_y \leq 1,5$ ; krytí hlavní výztuže <sup>1)</sup>	REI 50 10 <sup>1)</sup>	REI 60 15 <sup>1)</sup>	REI 70 20 <sup>1)</sup>	REI 80 25 <sup>1)</sup>	REI 100 35 <sup>1)</sup>	REI 120 40 <sup>1)</sup>	REI 150 55 <sup>1)</sup>
1.7	Desky s dutinami, kde podíl částí z hutného betonu je vůči ploše průřezu nejméně 55 % , krytí hlavní výztuže <sup>1)</sup>	REI 100 10 <sup>1)</sup>	REI 100 10 <sup>1)</sup>	REI 100 10 <sup>1)</sup>	REI 120 15 <sup>1)</sup>	REI 140 25 <sup>1)</sup>	REI 160 35 <sup>1)</sup>	REI 200 50 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Minimální uložení staticky určité stropní desky a způsob měření krytí hlavní výztuže viz obrázek 3.4 (údaj v tabulce vyjadřuje nejmenší hodnotu c):



**Obrázek 3.4**

<sup>2)</sup> Mezní rozměry staticky určitých stropních desek:  $l_x$  nebo  $l_y \leq 40 \cdot d$  (kde  $d$  je tloušťka desky).

**POZNÁMKY** (společné pro tabulku 2, položky 1.1 až 1.7 a 2.1 až 2.7):

- za objemovou hmotnost hutného betonu lze použít hodnoty z intervalu  $1\ 600 < \rho \leq 2\ 500\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , u lehčeného betonu pak  $1\ 000 < \rho \leq 1\ 600\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- Je-li nad stropní deskou další souvislá vrstva vyrovnávacího (podkladního) betonu tloušťky nejméně 30 mm, posuzuje se požární odolnost stropní desky jako by její tloušťka byla zvýšena o tloušťku této vrstvy.
- Stropní desky s dutinami lze posuzovat také podle položek 1.1 až 1.6 nebo 2.1 až 2.5. Jejich nejmenší započítatelná tloušťka  $d_x$  se stanoví z rovnice:
 
$$d_x = \text{celková tloušťka desky } d \cdot (\xi / 100)^{0,5} \quad [\text{mm}],$$
 kde  $\xi$  [%] je podíl částí z hutného betonu vůči celkové průřezové ploše prvku.
- Případná Izolační vrstva (třídy B - F) musí být uzavřena uvnitř stropní desky (analogie - viz obrázek 3.3a v tabulce 1). Stropní desku s vloženou izolací lze posuzovat jako desku s dutinami nebo podle poznámky c).
- Pokud hlavní výztuž probíhá jen v jednom směru, postupuje se jako v případě, kdy  $l_x / l_y > 1,5$ . U samostatného klasifikačního požadavku na stropní desku "R" lze pro danou hodnotu požární odolnosti zachovat předepsané krytí výztuže  $c$  [mm] a stanovená minimální tloušťka desky  $d$  se zvýší o 70 mm.

Obrázek D.1 – Pohled na tabulku, ze které byly určeny hodnoty požární odolnosti monolitické železobetonové desky

(Převzato z <http://www.fce.vutbr.cz/PST/bstud/BH11/tab2.pdf>)

## E1 Popis výpočtu tepelně technických vlastností

U všech analyzovaných konstrukcí byla z hlediska tepelně-technických požadavků definována hodnota tepelného odporu složené konstrukce. Výpočet tepelného odporu byl proveden podle normy ČSN 73 0540. Ve výpočtu byla zohledněna varianta skladby s těžkou/lehkou plovoucí podlahou. Příklad výpočtu železobetonové stropní konstrukce tloušťky 160 mm s uvažovanou těžkou plovoucí podlahou je zobrazen v tab. E.1. V případě výpočtu tepelného odporu systémových stropních konstrukcí (Porotherm, Ytong,...) byla použita hodnota tepelného odporu deklarovaná výrobcem. Následně tepelný odpor složené konstrukce včetně těžké plovoucí/lehké plovoucí podlahy byl získán obdobným postupem jako konstrukce v tab. E.1.

<b>Těžká plovoucí podlaha</b>	<b>Tloušťka [mm]</b>	<b>Součinitel tepelné vodivosti [W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>	<b>Tepelný odpor [m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup>]</b>
Betonová mazanina s KARI sítí	50	1,3	0,038
Minerální vlna	50	0,04	0,038
<b>Nosná část stropní konstrukce</b>	<b>Tloušťka [mm]</b>	<b>Součinitel tepelné vodivosti [W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>	<b>Tepelný odpor [m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup>]</b>
Monolitická žb deska	160	1,3	0,123
Součinitel při přestupu tepla na vnitřní straně			R <sub>si</sub> = 0
Součinitel při přestupu tepla na vnější straně			R <sub>se</sub> = 0
<b>Celkem</b>			<b>0,200</b>

Tabulka E.1 – Ukázka výpočtu tepelného odporu složené konstrukce