

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

KONSTRUKČNÍ NÁVRH UMĚLECKÉ ŠKOLY

Vypracoval:

Benák Michal

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.

2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Benák Jméno: Michal Osobní číslo: 409778

Zadávací katedra: katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Konstrukční návrh umělecké školy

Název bakalářské práce anglicky: Art School Structural Design

Pokyny pro vypracování:

Pro objekt ZUŠ zpracujte konstrukční návrh s respektováním zadané dispozice. Vypracujte:

Předběžný statický výpočet, konstrukční schémata

Technická zpráva ke statickému návrhu

Podrobnější řešení vybrané části - výpočty a výkresová dokumentace

Seznam doporučené literatury:

podklady k zadání (dispozice objektu)

platné normy a předpisy pro navrhování

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 25.2.2020

Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém pásmu příslušného ek. roku

[Podpis]
Podpis vedoucího práce

[Podpis]
Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

25.2.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů pod vedením doc. Ing. Jitky Vaškové, CSc.

V Praze dne:

.....

Michal Benák



PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval doc. Ing. Jitce Vaškové, CSc. za odborné vedení, podnětné rady, věcné připomínky, vstřícnost a trpělivost během zpracování mé bakalářské práce.



ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je návrh konstrukčního řešení základní umělecké školy s respektováním zadané dispozice. V úvodu práce jsou popsány známé údaje o objektu. Dále následuje předběžný statický výpočet se zjednodušenými skicami tvaru. Poté je proveden pro vybrané prvky (stropní deska, průvlak) podrobnější statický výpočet. Pokračuje technická zpráva a závěr práce. K práci jsou dále přiloženy výkresy vypracované dle podrobnějšího statického výpočtu.

Klíčová slova: konstrukční řešení, jednosměrně pnutá deska, zatížení, stropní deska, průvlak, výztuž.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to design a design solution for a basic art school with respect to the given disposition. The introduction describes the known data about the object. The following is a preliminary static calculation with simplified shape sketches. Then a more detailed static calculation is performed for selected elements (ceiling slab, die). The technical report and the conclusion of the work continue. The work is also accompanied by drawings prepared according to a more detailed static calculation.

Key words: structural design, one way-supported slab, load, ceiling tile, beam, reinforcement



Obsah

1. Úvod	8
2. Informace o objektu	9
2.1. Architektonické řešení.....	9
2.2. Provozní a dispoziční řešení	9
2.3. Technické a konstrukční řešení	10
2.4. Cíle práce	10
3. Předběžný statický výpočet.....	11
3.1. Přehled zatížení	11
3.1.1. Stálá zatížení	11
3.1.2. Proměnné zatížení.....	14
3.2. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků	15
3.2.1. Stropní deska	15
3.2.2. ŽB průvlaky	19
3.2.3. ŽB sloupy	22
3.3. ŽB schodiště.....	22
4. Podrobný statický výpočet	24
4.1. Stropní deska 1.NP	24
4.1.1. Návrh výztuže desky	29
4.1.2. Posouzení navržené výztuže.....	31
4.2. Stropní průvlak nad 3.NP.....	33
4.2.1. Návrh výztuže průvlaku	34
4.2.2. Posouzení navržené výztuže.....	36
4.2.3. Návrh smykové výztuže	37
4.2.4. Posouzení třmínků.....	38
5. Technická zpráva	40
5.1. Základní údaje o projektu.....	40
5.1.1. Obecný popis stavby.....	40
5.1.2. Podklady pro zhotovení objektu.....	40
5.1.3. Použitý software	40
5.2. Základní charakteristika konstrukčního řešení.....	40
5.2.1. Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení stavby	40
5.2.2. Technické řešení stavby.....	41
5.2.3. Materiálové řešení stavby	41
5.3. Zatížení	41



5.3.1.	Stálá zatížení.....	41
5.3.2.	Zatížení příčkami.....	42
5.3.3.	Užitná zatížení	42
5.3.4.	Zatížení sněhem.....	42
5.3.5.	Zatížení větrem.....	42
5.3.6.	Montážní zatížení	42
5.4.	Základové konstrukce.....	43
5.4.1.	Základové konstrukce.....	43
5.5.	Nosný systém	43
5.5.1.	Svislé nosné konstrukce	43
5.5.2.	Vodorovné nosné konstrukce.....	43
5.5.3.	Svislé komunikační prvky.....	44
5.5.4.	Zajištění vodorovného ztužení	44
6.	Závěr	45
7.	Seznam použité literatury a podkladů.....	46
8.	Seznam obrázků	47
9.	Seznam tabulek	48
10.	Použitý software.....	49
11.	Seznam příloh.....	49

1. Úvod

Předmětem bakalářské práce je navrhnout konstrukční řešení budovy Základní umělecké školy v Holicích. Podkladem pro tuto bakalářskou práci byla zjednodušená architektonická studie pro návrh této budovy v pasivním standardu.

Podle dostupných půdorysů jednotlivých podlaží jsou zvoleny základní rozměry budovy a prvků v návaznosti na dispoziční řešení budovy.

Ze začátku práce jsou popsány základní známé informace o objektu. Následuje kapitola předběžného statického výpočtu. Nejprve jsou zde popsány zvolená a vypočtená zatížení pro tuto budovu (stálá i užitná). Poté už následuje předběžný návrh jednotlivých dimenzí prvků, které jsou v objektu obsaženy.

V další kapitole se nachází podrobný statický výpočet zvolených prvků, nejprve se jedná o stropní desku nad 1.NP a poté o průvlak ve střešní konstrukci. Na základě těchto výpočtů jsou v příloze uvedeny výkresy pro tyto jednotlivé prvky.

V páté kapitole je technická zpráva ke konstrukčnímu řešení stavby. A na závěr pouze krátký komentář k výsledkům práce.



Obr.1 Pohled na studii objektu

2. Informace o objektu

Jedná se o novostavbu Základní umělecké školy v Holicích v okrese Pardubice. Vlastní budova má půdorysné rozměry 34,25 x 17,6 m. Je navržena jako pětipodlažní bez podzemního podlaží, ukončena plochou střechou, ale stavebně provedena, aby vizuálně plnila vzhled šikmě střechy. Jedná se o monolitický železobetonový stěnový systém s nejběžnějším rozpětím polí 5,8 m a konstrukční výškou podlaží 3,2 m.

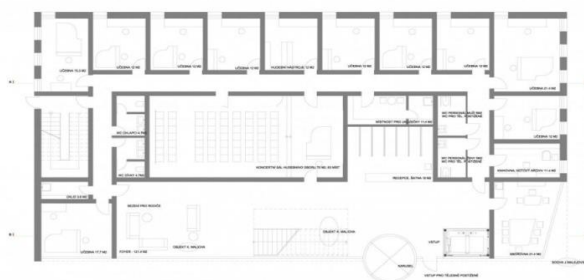
2.1. Architektonické řešení

V první řadě byla budova navržena tak, aby splňovala požadavky pasivní budovy, která si vystačí s minimem energie a může být dobrou investicí s obrovským potenciálem úspor. Dále byl brán zřetel, aby plnila smysl novodobé (moderní) koncepce staveb, které na straně jedné mají vypovídat svou architekturou o době, ve které vznikaly a na straně druhé vnímat a respektovat okolní zástavbu, se kterou by se měly snažit vytvářet harmonické spojení. Také byla brána v úvahu skutečnost, aby byl architektonický výraz díla v souladu s technicky dobře proveditelným řešením, které zajistí provozu budovy dlouhou životnost.

2.2. Provozní a dispoziční řešení

Návrh objektu je koncipován tak, že úroveň 1.NP se nachází na úrovni upraveného terénu a hlavní vstup do budovy je v této úrovni z jižní strany objektu hned z přilehlého parkoviště. Komunikaci mezi jednotlivými podlažími zajišťují dvě schodiště a jeden výtah.

V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní hala s recepcí. Dále pak jednotlivé učebny, uprostřed společenský sál pro menší představení, sociální a technické místnosti. Ve 2. NP se nachází středně velký sál pro konání menších akcí, další učebny a kabinety učitelů. V 3. NP je umístěn velký společenský sál s podiem přesahující až do 4.NP, dále je zde sociální a technické zázemí. Ve 4.NP se nachází balkón nad společenským sálem a společenské místnosti. Plocha 5.NP se nachází jen nad částí půdorysu budovy a je zde pouze technické zázemí budovy.



Obr.2: Dispozice 1.NP

2.3. Technické a konstrukční řešení

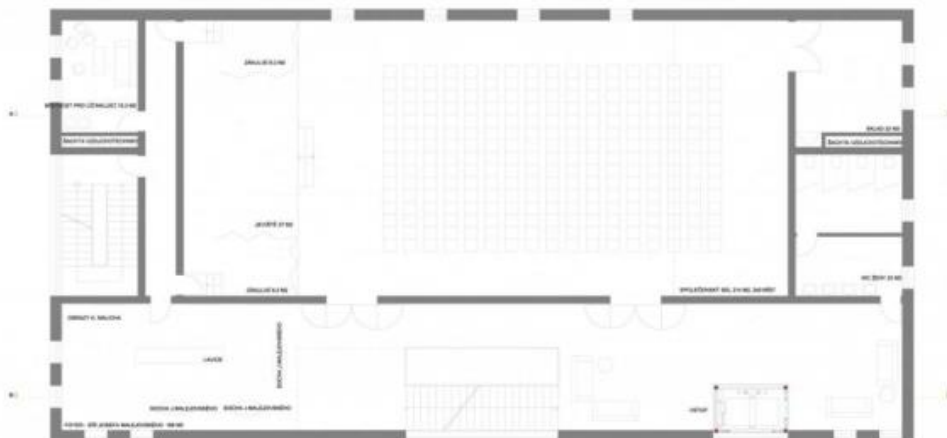
Geologický průzkum nebyl předmětem řešení této práce.

Objekt je založen na základových pasech pod nosnými stěnami. Nosný systém budovy je převážně stěnový a výjimečně doplněný o sloupy a průvlaky. Stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové jednosměrně pnuté desky. Hlavní schodiště je řešeno jako železobetonové deskové monolitické přímé dvouramenné s mezipodestou. Ztužení objektu je zajištěno železobetonovými stěnami v obou směrech.

Použitými materiály bude beton C30/37 – XC1 – Cl 0,2 – D_{max} 22 – S3 a ocel B 500B.

2.4. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je návrh konstrukčního řešení budovy s co největším respektováním dané dispozice. Předběžně navrhnout dimenze jednotlivých prvků a u vybraných částí provést podrobný výpočet. Výstupem dále budou výkresy jednotlivých částí objektu na základě předcházejících výpočtů.



Obr.3: Dispozice 3.NP

3. Předběžný statický výpočet

3.1. Přehled zatížení

3.1.1. Stálá zatížení

Podlahy

- **Podlaha A** - použita na chodbách a schodišťových prostorech

	Tloušťka (mm)	Obj.tíha (kg/m ³)	g _K (kN/m ²)
Keramická dlažba	10	2200	0,22
Lepidlo	5	1350	0,07
Anhydritový potěr	55	2100	1,155
PE folie	-	-	-
Minerální kročejová izolace	60	35	0,02
		Celkem	1,47 kN/m²

Tab.1: Podlaha A

- **Podlaha B** – použita v učebnách a kancelářských prostorech

	Tloušťka (mm)	Obj.tíha (kg/m ³)	g _K (kN/m ²)
Laminátová podlaha	8	950	0,08
Tlumící podložka	5	150	0,01
PE folie	-	-	-
Anhydritový potěr	57	2100	1,2
PE folie	-	-	-
Minerální kročejová izolace	60	35	0,02
		Celkem	1,31 kN/m²

Tab.2: Podlaha B



- **Podlaha C** – použita v koupelnách, umývárkách a WC

	Tloušťka (mm)	Obj.tíha (kg/m ³)	g _K (kN/m ²)
Keramická dlažba	10	2100	0,21
Lepidlo	5	1350	0,07
Hydroizolační stěrka	2	1600	0,03
Penetrace	-	-	-
Anhydritový potěr	53	2100	1,1
PE folie	-	-	-
Minerální kročejová izolace	60	35	0,02
		Celkem	1,43 kN/m²

Tab.3: Podlaha C

- **Podlaha D** – použita v sálech a reprezentačních prostorech

	Tloušťka (mm)	Obj.tíha (kg/m ³)	g _K (kN/m ²)
Parkety	18	550	0,1
Lepidlo na parkety	2	1500	0,03
PE folie	-	-	-
Anhydritový potěr	50	2100	1,05
PE folie	-	-	-
Minerální kročejová izolace	60	35	0,02
		Celkem	1,2 kN/m²

Tab.4: Podlaha D

Střecha

- Jedná se o jednovrstvou lepenou střechu

	Tloušťka (mm)	Obj.tíha (kg/m ³)	g _K (kN/m ²)
Asfaltový pás	5	1000	0,05
Asfaltový pás	4	1000	0,04
Tepelná izolace	240	35	0,09
PU lepidlo	-	-	-
Asfaltový pás	4	1000	0,04
		Celkem	0,22 kN/m²

Tab.5: Střecha



Obvodový plášť

Obvodový plášť bude tvořen ŽB stěnami tloušťky 200mm a tepelnou izolací tl. 160 mm.

Příčky

Na příčky mezi jednotlivými učebnami a sály budou použity akustické cihly HELUZ AKU KOMPAKT tloušťky 210 mm. Objemová hmotnost příčky je 820 kg/m^3 .

Pro předběžný výpočet budeme uvažovat náhradní zatížení $g_k = 4 \text{ kN/m}^2$ a pro přesný konkrétní výpočet použijeme náhradní spojitě zatížení v místech příček $4,7 \text{ kN/m}^2$.

Ostatní prostory a sociální zařízení budou odděleny akustickými příčky tl. 115 mm a 175 mm.

175	Objemová hmotnost	1030	Kg/m^3
	Plošná hmotnost	180	Kg/m^2
115	Objemová hmotnost	740	Kg/m^3
	Plošná hmotnost	85	Kg/m^2

Tab.6: Příčky 1

----> Z důvodu nahodilého rozmístění příček bude použito náhradní spojitě zatížení v oblasti míst těchto příček:

175	$g_k = 2 \text{ kN/m}^2$
115	$g_k = 1 \text{ kN/m}^2$

Tab.7:Příčky 2

Sádrokartonové podhledy

Bude použit zavěšený podhled KNAUF s ocelovou spodní konstrukcí z CD profilů. Hmotnost podhledu je 45 kg/m^2 .

----> Bude použito náhradní spojitě zatížení $g_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$.

3.1.2. Proměnné zatížení

Užitné zatížení

V objektu se nachází plochy, kde dochází ke shromažďování lidí. Jedná se tedy o kategorii C.

----> Zatížení stropních konstrukcí, balkonů a schodišť:

	C1	C4
q_k	3 kN/m ²	5 kN/m ²
Q_k	3 kN/m ²	7 kN/m ²
nepřístupná střecha	0,75 kN/m ²	0,75 kN/m ²

Tab.8: Užitné zatížení

Zatížení sněhem

Lokace : Holice (okres Pardubice)

----> sněhová oblast I. ----> charakteristické zatížení sněhem $s_k = 0,7$ kN/m².

Plochá střecha :

----> tvarový součinitel $\mu_1 = 0,8$

----> součinitel expozice $C_e = 1$

----> součinitel tepla $C_t = 1$

$$S = \mu_1 \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Pro střechu bude uvažována větší z hodnot proměnného zatížení ----> $q_{stř} = 0,75$ kN/m².

Zatížení větrem

Lokace : Jihlava

----> větrná oblast II. ----> základní rychlost větru $v_b = 25$ m/s.

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

Kategorie terénu : III.

Výška atiky nad terénem $h = 16 \text{ m}$.

$h < b = 34,25 \text{ m}$ ($z = h$)

----> součinitel expozice: $C_{e(z)} = 2,05$

(odečteno z grafu)

Nejhorší varianta tlaku větru na konstrukci vzniká pro oblast D na návětrné straně a zároveň pro oblast E na závětrné straně.

----> výsledný součinitel $C_{pe} = 0,74 + 0,38 = 1,12$

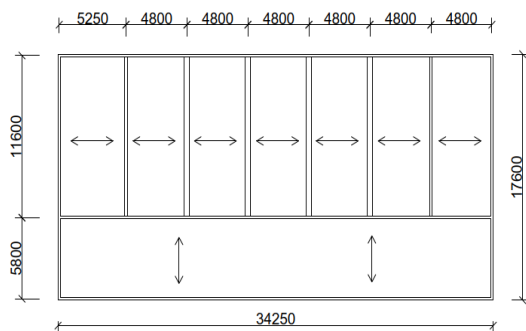
Charakteristická hodnota zatížení větrem :

$$w_k = q_b \times C_{e(z)} \times C_{pe} = 0,39 \times 2,05 \times 1,12 = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

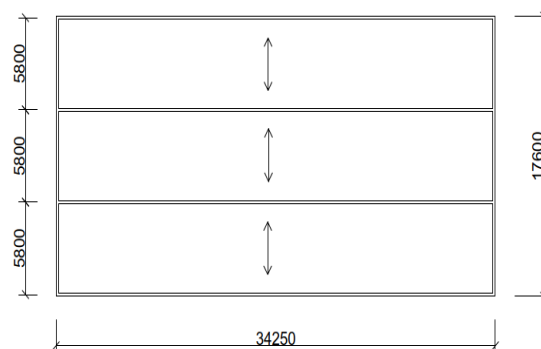
3.2. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků

3.2.1. Stropní deska

Statická schémata konstrukcí:



Obr.4 Schéma desky 1



Obr. 5 Schéma desky 2

Použité materiály:

- Beton C30/37 ----> $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ Mpa}$
- Předpokládaný profil výztuže $\varnothing = 10 \text{ mm}$
- Předpokládané krytí $c = 25 \text{ mm}$
- Předpokládaný stupeň vyztužení desek $\rho \leq 0,5\%$



Návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti desky:

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{C1} \times \kappa_{C2} \times \kappa_{C3} \times \lambda_{d,tab} \quad \text{---->} \quad d \geq \frac{L}{\lambda_d}$$

$$\kappa_{C1} = 1, \kappa_{C2} = 1, \kappa_{C3} = 1,2$$

Výpočet pro oba typy desky:

Deska	L (m)	$\lambda_{d,tab}$	λ_d	d (mm)	h_d (mm)
1) Jednosměrně pnutá deska	4,8	30,8	37	130	155
2) Jednosměrně pnutá deska	5,8	30,8	37	157	182

Tab.9: Výpočet ohyb. štíhlosti desky

Empirický návrh tloušťky desky:

$$\text{Deska 1)} \quad h_d \geq \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25}\right) \times L = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25}\right) \times 4800 = 160 \div 192 \text{ mm}$$

$$\text{Deska 2)} \quad h_d \geq \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25}\right) \times L = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25}\right) \times 5800 = 193 \div 232 \text{ mm}$$

Návrh tloušťky desky:

Aby došlo k splnění podmínky ohybové štíhlosti a zároveň jsme přihlédlí k empirii, byly tloušťky desky navrženy takto:

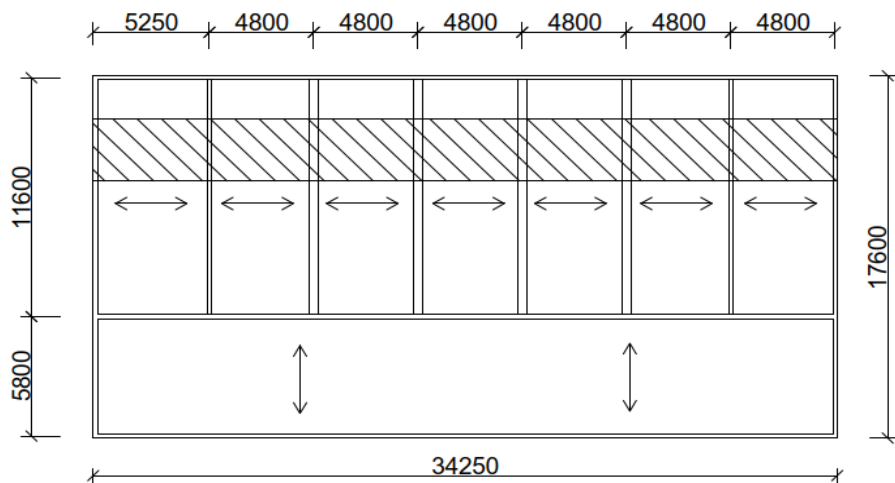
Deska 1)	$h_d = 160 \text{ mm}$
Deska 2)	$h_d = 200 \text{ mm}$

Tab.10: Tloušťky desky

Ověření desek z hlediska únosnosti v ohybu:

Provedeme kontrolu navržených dimenzí.

Deska 1) Jednosměrně pnutá deska



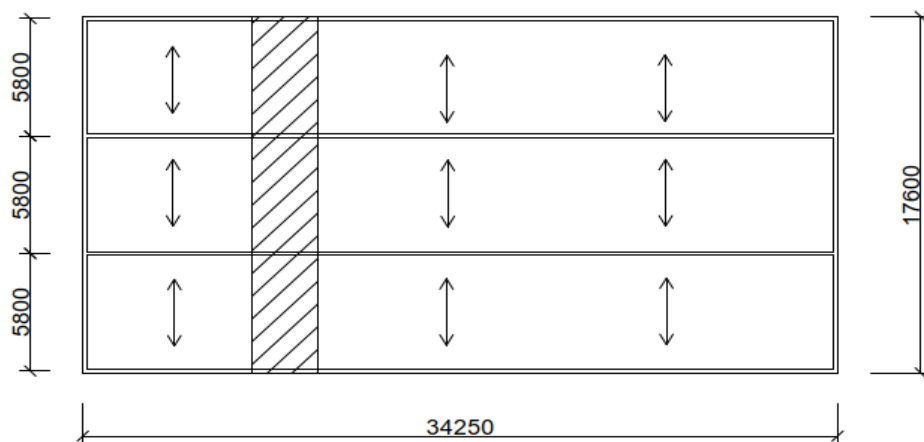
Obr.6: Schéma jednosměrně pnuté desky 1

Výpočet zatížení na daném úseku (deska 1):

Zatížení		f_k (kN/m ²)	γ_c	f_d (kN/m ²)
ŽB deska	0,16*25	4	1,35	5,4
skladba střechy		0,22	1,35	0,297
užitné zatížení		0,75	1,5	1,125
			$(g+q)_d$	6,822 kN/m²

Tab.11: Výpočet zatížení desky 1

Deska 2) Jednosměrně pnutá deska



Obr.7: Schéma jednosměrně pnuté desky 2

Výpočet zatížení na daném úseku (deska2):

Zatížení		f_k (kN/m ²)	γ_c	f_d (kN/m ²)	
ŽB deska	0,2*25	5	1,35	6,75	
podlaha		1,47	1,35	1,98	
zatížení příčkami		4	1,35	5,4	
podhled		0,5	1,35	0,68	
užitné zatížení		3	1,5	4,5	
				$(g+q)_d$	19,31 kN/m²

Tab.12: Výpočet zatížení desky 2

Max. návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \times (g + q)_d \times L^2 = \frac{1}{12} \times 6,822 \times 4,8^2 = 13,1 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \times (g + q)_d \times L^2 = \frac{1}{12} \times 19,31 \times 5,8^2 = 54,13 \text{ kNm}$$

Provedeme ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ a stupně vyztužení ohybovou výztuží ρ .

Potřebné výpočty:

- Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}}$
- Potřebná plocha výztuže: $a_{s,rqd} = \frac{0,8 \times b \times d \times \xi \times f_{cd}}{f_{yd}}$
- Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,rqd}}{b \times d}$

	h_d (mm)	d (mm)	$m_{E,d}$ (kNm)	μ	ξ	$a_{s,rqd}$ (mm ²)	ρ (%)
Deska 1)	160	130	13,1	0,038	0,061	292 (314)	0,24
Deska 2)	200	170	54,13	0,093	0,122	762 (785)	0,46

Tab.13:Ověření desky

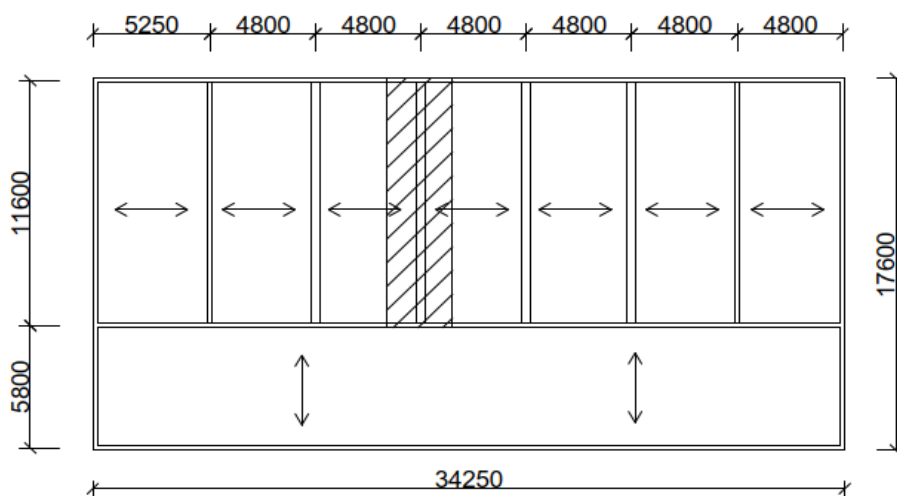
----> Hodnoty ξ vyhovují $\xi < \xi_{opt} = (0,1 \div 0,15)$

----> Předpoklad $\rho \leq 0,005$ je splněn.

Výsledky sledovaných parametrů vyhovují požadovaným kritériím. Z tohoto důvodu je náš návrh v pořádku a můžeme s ním počítat dále.

3.2.2. ŽB průvlaky

Schéma konstrukce:



Obr.8 Schéma ŽB průvlaku

Budeme vycházet z empirického návrhu rozměrů průvlaku.

$$h_p = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) \times L_p = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) \times 11600 = 967 \div 1160 \text{ mm}$$

$$b_p = \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \times h_p = \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \times 1000 = 333 \div 666 \text{ mm}$$

Zvolen návrh průvlaku o rozměrech: **1000 x 500 mm**

Ověření návrhu průvlaku z hlediska ohybu:

Výpočet zatížení pro daný úsek.

Zatížení		f_k (kN/m)	γ_c	f_d (kN/m)
ŽB deska	0,15*25*4	15	1,35	20,25
ŽB průvlak	0,85*0,5*25	10,63	1,35	14,35
skladba střechy	0,22*4	0,88	1,35	1,19
užitné zatížení	0,75*4	3	1,5	4,5
			$(g+q)_d$	40,29 kN/m

Tab.14: Výpočet zatížení průvlaku

Max. návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \times (g + q)_d \times L_p^2 = \frac{1}{12} \times 40,29 \times 11,6^2 = 451,8 \text{ kNm}$$

Provedeme ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ a stupně vyztužení ohybovou výztuží ρ .

Potřebné hodnoty a výpočty:

$$h_p = 1000 \text{ mm} , L_p = 11600 \text{ mm} , d = 955 \text{ mm}$$

- Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = 0,05$
- Potřebná plocha výztuže: $a_{s,rqd} = \frac{0,8 \times b \times d \times \xi \times f_{cd}}{f_{yd}} = 1124 \text{ mm}^2$
- Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,rqd}}{b \times d} = 0,24$

Výsledek: $\xi = 0,064 < \xi_{max} = 0,45$

$$\rho \cong 1\%$$

Vzhledem k předimenzovanosti rozměrů upravíme rozměry průvlaků na **800 x 400 mm**.

Ověření návrhu průvlaku z hlediska ohybu:

Výpočet zatížení pro daný úsek.

Zatížení		f_k (kN/m)	γ_c	f_d (kN/m)
ŽB deska	0,16*25*4	16	1,35	21,6
ŽB průvlak	0,64*0,4*25	6,4	1,35	8,64
skladba střechy	0,22*4	0,88	1,35	1,19
užitné zatížení	0,75*4	3	1,5	4,5
			$(g+q)_d$	35,93 kN/m

Tab.15: Výpočet zatížení průvlaku

Max. návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \times (g + q)_d \times L_p^2 = \frac{1}{12} \times 35,93 \times 11,6^2 = 402,9 \text{ kNm}$$

Provedeme ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ a stupně vyztužení ohybovou výztuží ρ .



Potřebné hodnoty a výpočty:

$$h_p = 800 \text{ mm} , L_p = 11600 \text{ mm} , d = 755 \text{ mm}$$

- Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = 0,09$
- Potřebná plocha výztuže: $a_{s,rqd} = \frac{0,8 \times b \times d \times \xi \times f_{cd}}{f_{yd}} = 1311 \text{ mm}^2$
- Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,rqd}}{b \times d} = 0,43$

Výsledek: $\xi = 0,118 < \xi_{max} = 0,45$

$$\rho \leq 1\%$$

Statické ověření průvltaku z hlediska smyku:

$$V_{Ed,max} = 0,6 \times (g + q)_d \times L_p = 0,6 \times 35,93 \times 11600 = 250,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} \times b_w \times z \times \frac{\cot \theta}{1 + \cot \theta} =$$

$$V_{Rd,max} = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) \times 20 \times 400 \times 0,9 \times 755 \times \frac{1,5}{1 + 1,5} = 1722 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed,max}$$

Vyhovuje.

Ověření z hlediska ohybové štíhlosti:

$$\lambda = \frac{11600}{755} = 15,4 \leq \lambda_d = 1 \times 0,61 \times 1,3 \times 20,5 = 16,25$$

Vyhovuje.

Zvolené rozměry průvltaku vyhovují všem požadovaným kritériím. Návrh je v pořádku a můžeme počítat dále.

3.2.3. ŽB sloupy

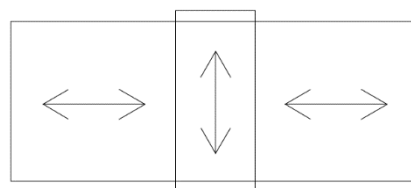
Dle zadané dispozice a zvoleného konstrukčního řešení se vyskytují sloupy jen v ojedinělých případech. Zatěžovány jsou jen lokálními břemeny nebo menší zatěžovací plochou. Z toho důvodu nebudeme provádět konkrétní výpočet a rozměry sloupů zvolíme na základě běžných empirických rozměrů a vlastního uvážení.

3.3. ŽB schodiště

Návrh proveden pro schodiště v přední části objektu z přízemí do 1.NP.

Základní parametry prostoru schodiště:

- Statické schéma schodiště:
- Konstrukční výška podlaží $h_k = 3200$ mm
- Tloušťka stropní desky $h_d = 200$ mm
- Skladba podlahy $h_p = 130$ mm a skladba podlahy stupňů $h_s = 30$ mm



Rozměry schodiště

Vypočteme výšku stupně: $3200/20$ stupňů $\Rightarrow h = 160$ mm

Šířka stupně: $b = 630 - 2h = 310$ mm

Návrh dvouramenné deskové schodiště se stupni 160/310 mm

Šířka ramene = 3000 mm

Šířka podesty = 1500 mm

Sklon schodiště je $\alpha = \arctan(160/310) = 27,3^\circ$

Kontrola tloušťky desek:

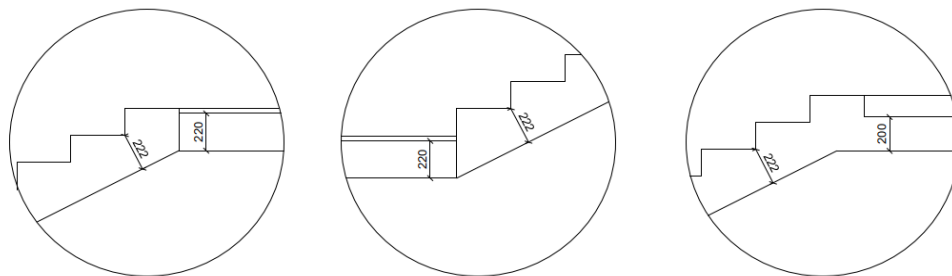
Mezipodesta je jednosměrně pnutá deska na rozpětí 3000 mm.

Tloušťka desky bude min. $3000/25 \Rightarrow h_1 = 120$ mm. (z detailu vychází 220 mm)

Schodišťové rameno působí jako jednosměrně pnutá deska o rozpětí přibližně 3500mm.

Tloušťka desky bude min. $3500/25 \Rightarrow h_2 = 140$ mm. (z detailu vychází 222 mm)

Konečná tloušťka desky vyjde dle detailu napojení podest.



Obr.9: Obrázek detailu napojení schodiště

Kontrola průchodné a podchodné výšky:

Průchodná výška schodiště musí být vyšší než $750 + 1500 \cdot \cos \alpha = 750 + 1500 \cdot \cos(27,3^\circ) = 2083$ mm a zároveň vyšší než 1900 mm.

Podchodná výška schodiště musí být vyšší než $1500 + 750 / \cos \alpha = 1500 + 750 / \cos(27,3^\circ) = 2344$ mm a zároveň vyšší než 2100 mm.

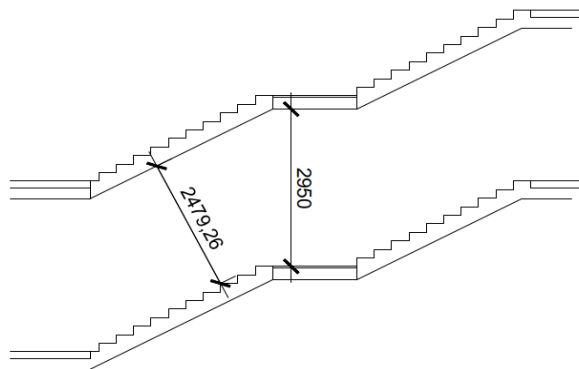
Odečteno z grafického řešení:

Průchodná výška = 2479 mm > 2083 mm

Podchodná výška = 2950 mm > 2344 mm

Podmínky vyhovují.

Výkres tvaru schodiště viz příloha.



Obr.10: Kontrola výšky u schodiště

Na základě předběžného statické výpočtu byly vypracovány 3 jednoduché skici podlaží a přiloženy k práci jako příloha.

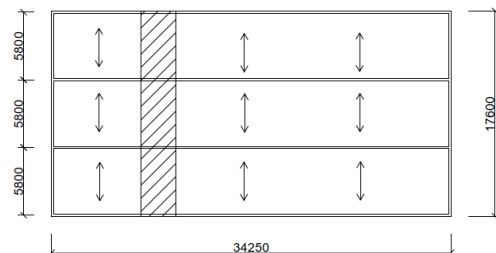
4. Podrobný statický výpočet

4.1. Stropní deska 1.NP

Jedná se o jednosměrně pnutou desku v tloušťce 200 mm. Délka rozpětí jednotlivých polí je 5800 mm.

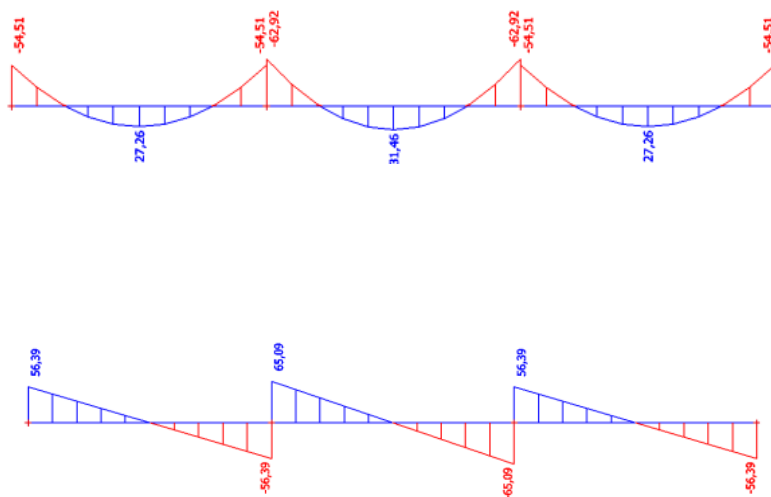
Základní údaje a schéma desky:

- Beton C30/37 ----> $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ Mpa}$
- Předpokládaný profil výztuže $\varnothing = 10 \text{ mm}$
- Předpokládané krytí $c = 25 \text{ mm}$
- Předpokládaný stupeň vyztužení desek $\rho \leq 0,5\%$



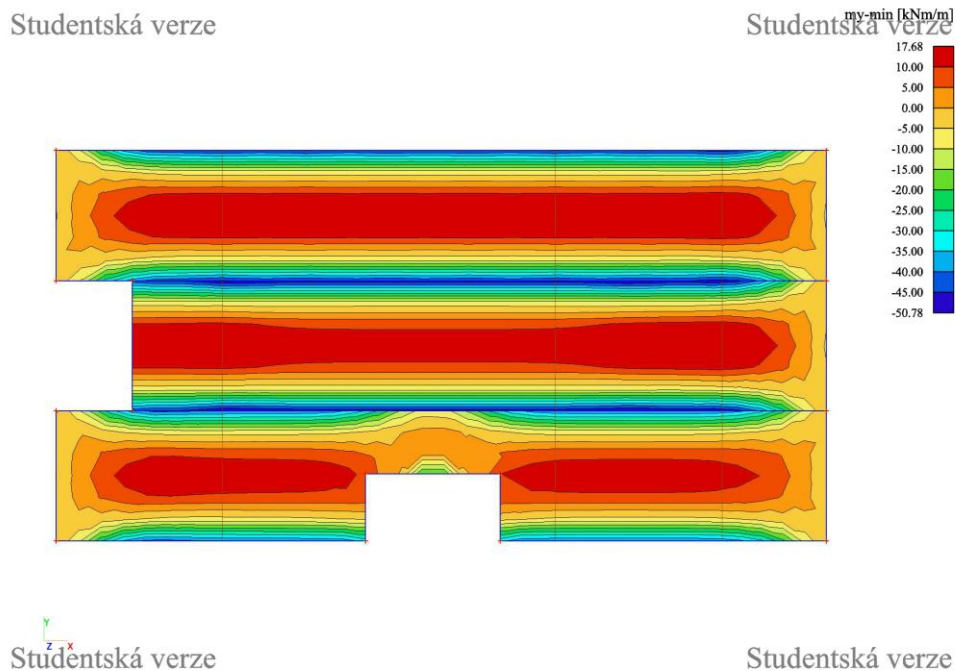
Vnitřní síly byly spočítány na základě předchozích zatížení v programu SCIA Engineer. Výpočet byl proveden dvěma způsoby a to jako spojitý nosník a poté vymodelovaná deska jako celek. Výsledná obálka vnitřních sil na obrázcích dále.

Vnitřní síly pro spojitý nosník:

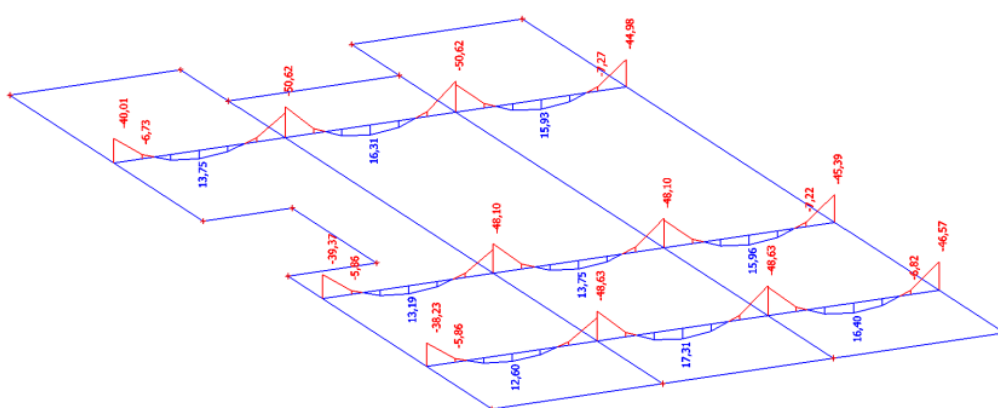


Obr.11: Vnitřní síly deska(spojitý nosník)

Vnitřní síly pro desku jako celek:



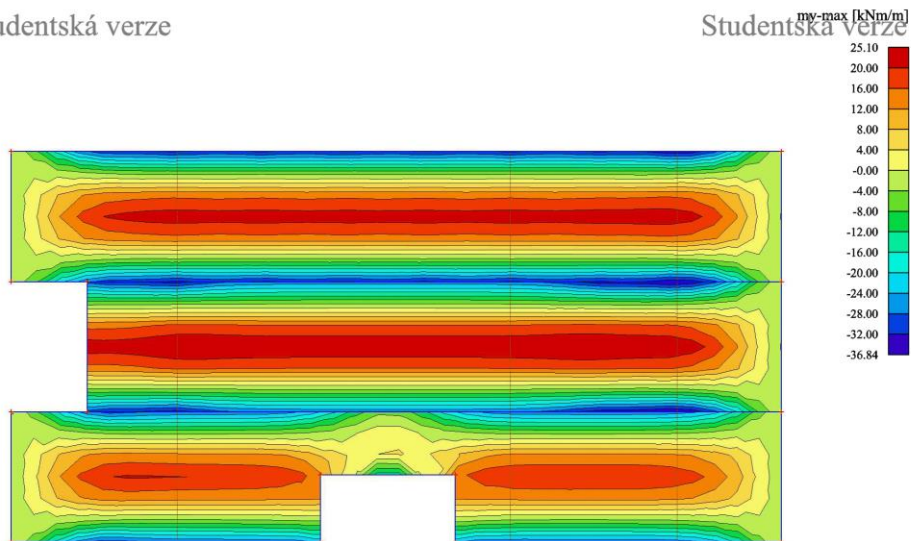
Obr.12: Vnitřní síly desky: Moment 1



Obr.13: Vnitřní síly desky: Moment 1 řez

Studentská verze

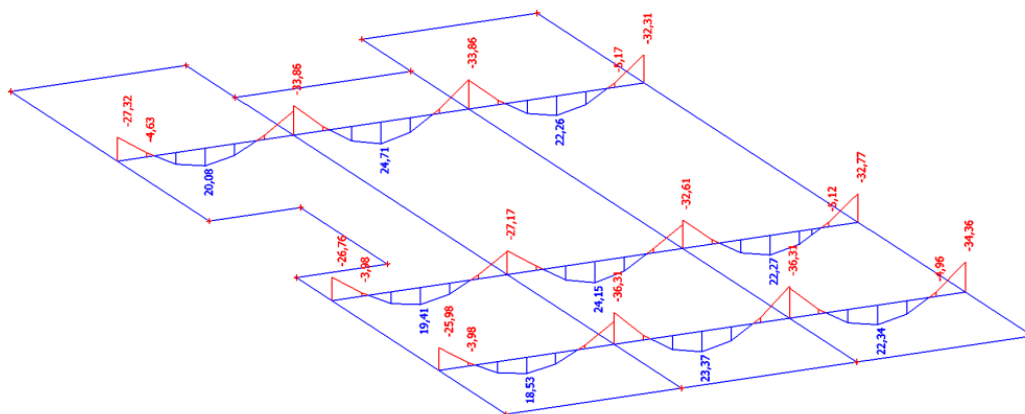
Studentská verze



Studentská verze

Studentská verze

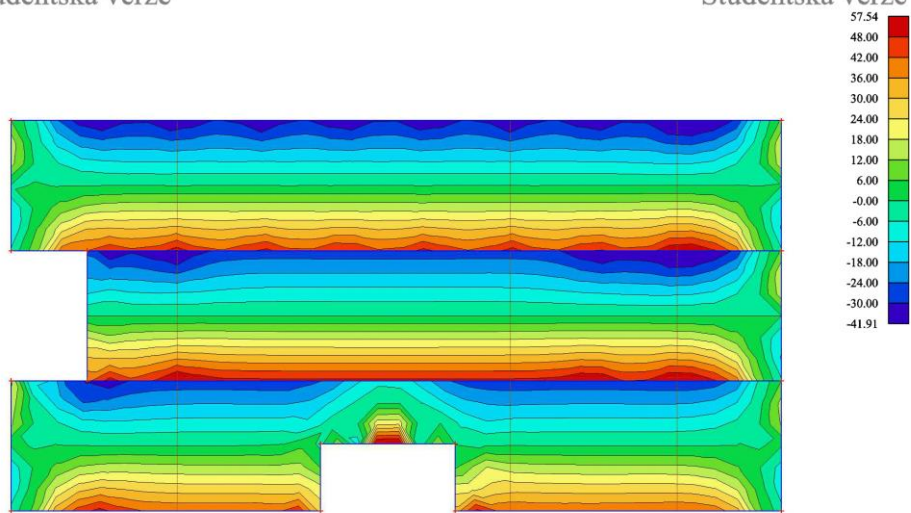
Obr.14: Vnitřní síly desky: Moment 2



Obr.15: Vnitřní síly desky: Moment 2 řez

Studentská verze

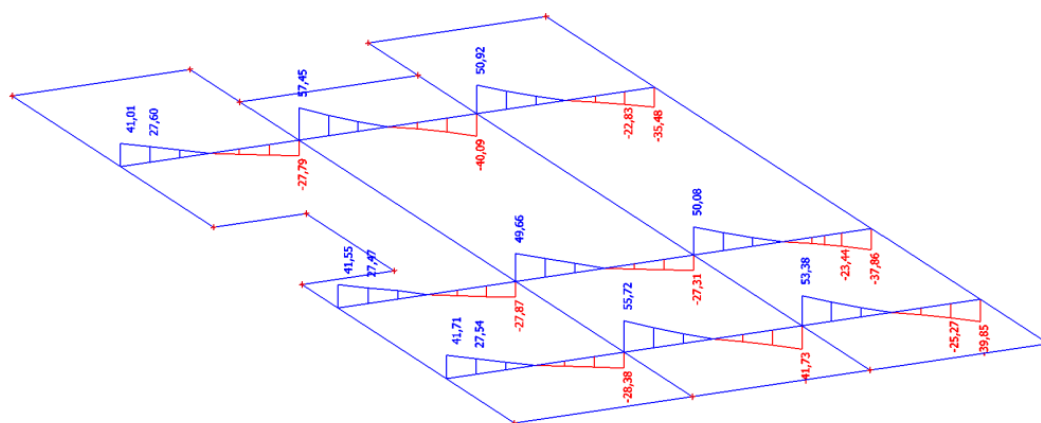
Studentská verze



Studentská verze

Studentská verze

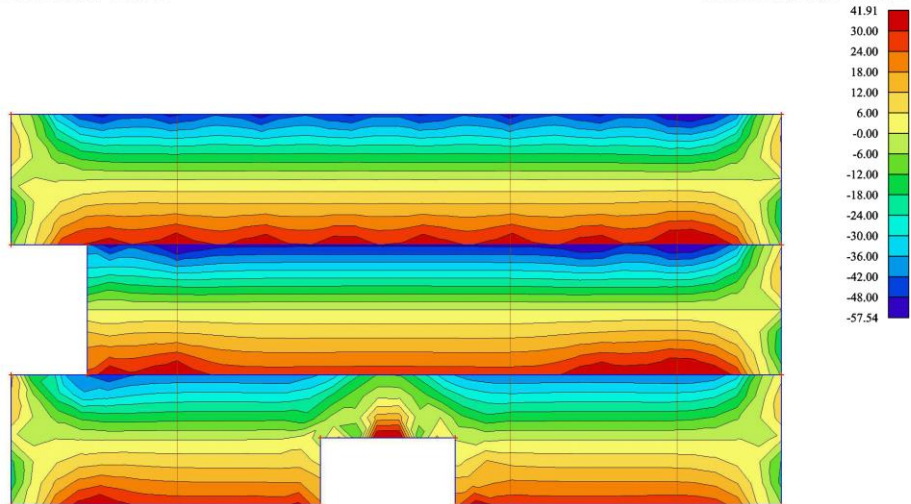
Obr.16: Vnitřní síly desky: Posouvající síla 1



Obr.17: Vnitřní síly desky: Posouvající síla 1 řez

Studentská verze

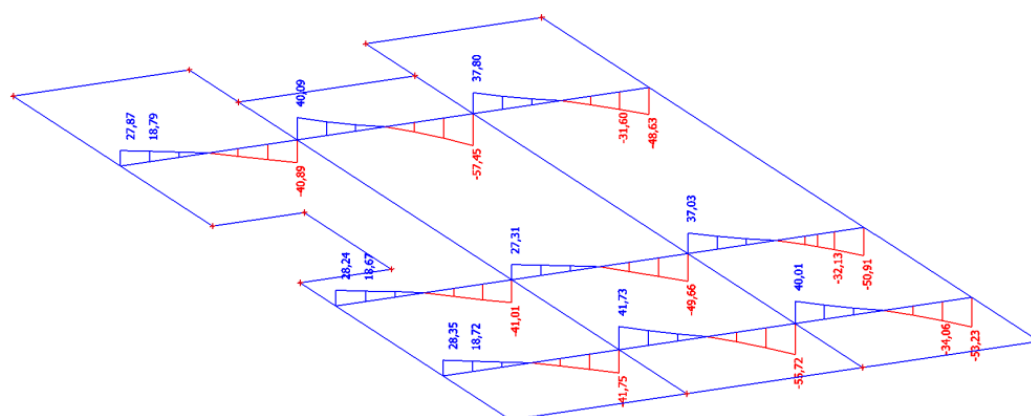
Studentská verze



Studentská verze

Studentská verze

Obr.18: Vnitřní síly desky: Posouvající síla 2



Obr.19: Vnitřní síly desky: Posouvající síla 2 řez

Dle zjištěných výsledků vychází o něco vyšší hodnoty pro model spojitého nosníku, a proto použijeme pro naše výpočty tyto hodnoty:

Vnitřní síly:

Moment m_{ed}	V poli	Nad podporou
	31,46 kNm	62,92 kNm

Tab.16: Vnitřní síly

4.1.1. Návrh výztuže desky

Stanovíme poměrný ohybový moment:
$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}}$$

Z tabulky podle μ odečteme odpovídající hodnotu součinitele ξ .

Poté dosadíme a spočteme potřebnou plochu výztuže
$$a_{s,rqd} = \frac{0,8 \times b \times d \times \xi \times f_{cd}}{f_{yd}}$$

	h_d (mm)	d (mm)	$m_{E,d}$ (kNm)	μ	ξ	$a_{s,rqd}$ (mm ²)
V poli	200	170	31,46	0,054	0,069	431
Nad podporou	200	170	62,92	0,109	0,145	907

Tab.17: Výpočty pro průřezy

Plocha jednoho profilu výztuže
$$a_{s1} = \pi \times \left(\frac{\phi_s}{2}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} = \pi \times \left(\frac{\phi_s}{2}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{12}{2}\right)^2 = 113 \text{ mm}^2$$

	$a_{s,rqd}$ (mm ²)	typ profilu ϕ_s (mm)	počet profilů na m	$a_{s,prov}$ (mm ²)
V poli	431	10	5,88 (po 170mm)	462
Nad podporou	907	12	8,33 (po 120mm)	941,3

Tab.18: Výpočty výztuže

Pro výztuž v poli:

Návrh : \emptyset 10 mm po 170 mm ($a_{s,prov} = 462 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Pro výztuž nad podporou:

Návrh : \emptyset 12 mm po 120 mm ($a_{s,prov} = 941,3 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Konstrukční zásady:

- 1) $a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max(0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd; 0,0013bd)$
- 2) $a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04bh$
- 3) $s \leq \min(2h; 250\text{mm})$
- 4) $s_l \geq \max(20\text{mm}; 1,2\emptyset_s; D_{max} + 5\text{mm})$

	V poli			Nad podporou		
	$a_{s,prov}$	$a_{s,min}$		$a_{s,prov}$	$a_{s,min}$	
1)	462 mm ²	(256;221)	ok	941,3 mm ²	(255;220)	ok
	$a_{s,prov}$	$a_{s,max}$		$a_{s,prov}$	$a_{s,max}$	
2)	462 mm ²	6800	ok	941,3 mm ²	6760	ok
	s	$\min(340;250)$		s	$\min(338;250)$	
3)	170	250	ok	120	250	ok
	s_l	$\max(20;12;27)$		s_l	$\max(20;14,4;27)$	
4)	160	27	ok	108	27	ok

Tab.19: Výpočty konstrukčních zásad

Návrh splňuje konstrukční zásady.

4.1.2. Posouzení navržené výztuže

Konstrukce vyhoví pokud $m_{Rd} \geq m_{Ed}$

- Moment únosnosti se spočítá $m_{Rd} = a_{s,prov} \times f_{yd} \times z$
- Velikost ramene vnitřních sil $z = d - 0,4x$
- Výška tlačené oblasti $x = \frac{a_{s,prov} \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}}$

	$a_{s,prov}(\text{mm}^2)$	x (mm)	z (mm)	m_{Rd} (kNm)
V poli	462	12,56	164,98	33,16
Nad podporou	941,3	25,59	158,76	65,01

Tab.20: Posouzení výztuže

Pro výztuž v poli:

$$m_{Rd} = 33,16 \text{ kNm} \geq m_{Ed} = 31,46 \text{ kNm}$$

Pro výztuž nad podporou:

$$m_{Rd} = 65,01 \text{ kNm} \geq m_{Ed} = 62,92 \text{ kNm}$$

Ověříme ještě, že poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku.

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

	d (mm)	x (mm)	ξ		ξ_{max}	
V poli	170	12,56	0,074	\leq	0,45	ok
Nad podporou	169	25,59	0,153	\leq	0,45	ok

Tab.21: Ověření tlačené oblasti

Dále navrhujeme ještě konstrukční výztuž.

Rozdělovací výztuž:

$$a_{s,roz} \geq 0,25 a_{s,prov}$$

Pro výztuž v poli i nad podporou:

Návrh : \emptyset 10 mm po 250 mm ($a_{s,roz} = 314,2 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Konstrukční zásady:

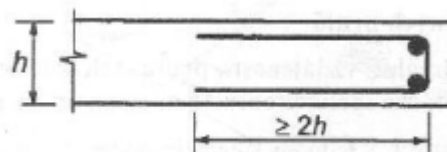
- 1) $a_{s,roz} \geq a_{s,min} = \max(0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd; 0,0013bd)$
- 2) $a_{s,roz} \leq a_{s,max} = 0,04bh$
- 3) $s_{roz} \leq \min(3h; 400\text{mm})$
- 4) $s_l \geq \max(20\text{mm}; 1,2\emptyset_s; D_{max} + 5\text{mm})$

		V poli i nad podporou		
1)	$a_{s,prov}$	$a_{s,min}$		
	314,2 mm ²	(256;221)		ok
2)	$a_{s,prov}$	$a_{s,max}$		
	314,2 mm ²	6800		ok
3)	s	min (600;400)		
	250	400		ok
4)	s_l	max (20;12;27)		
	240	27		ok

Tab.22: Výpočet konstrukční zásad

Návrh splňuje konstrukční zásady.

Okrajová (lemovací) výztuž okolo otvorů bude provedena dle pravidla patrného z obrázku.



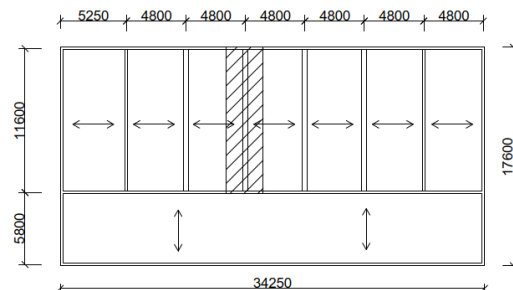
Obr.20: Obrázek návrhu okrajové výztuže

4.2. Stropní průvlak nad 3.NP

Jedná se o průvlak o rozměrech 800x400 mm a o rozponu 11600 mm.

Základní údaje a schéma desky:

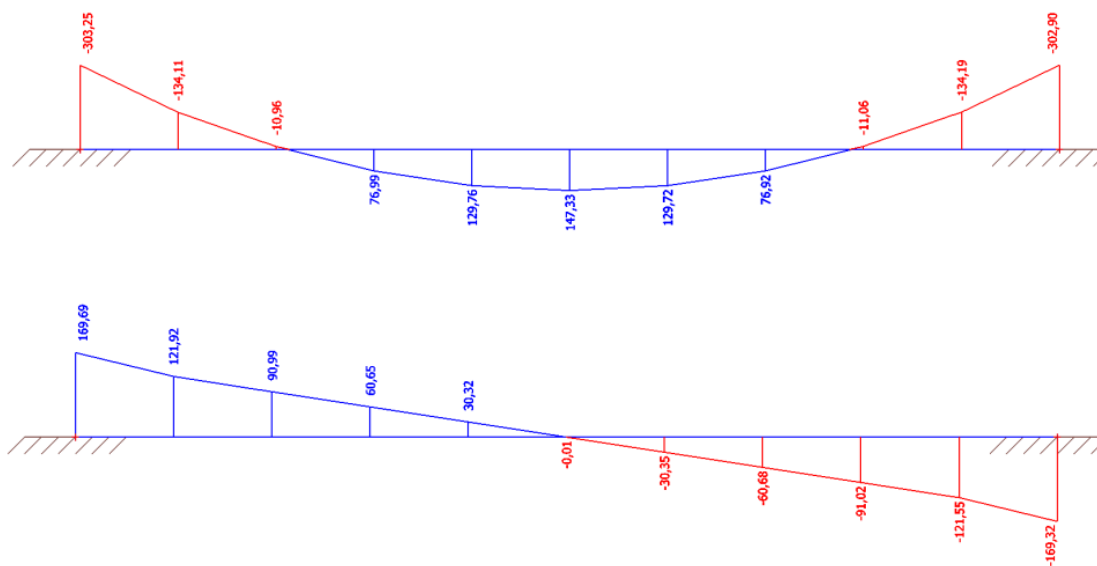
- Beton C30/37 ----> $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ Mpa}$
- Předpokládaný profil výztuže $\varnothing_s = 18 \text{ mm}$
- Předpokládaný profil třmínků $\varnothing_{tř} = 10 \text{ mm}$
- Předpokládané krytí $c = 25 \text{ mm}$



Vnitřní síly byly spočítány na základě předchozích zatížení v programu SCIA Engineer.

Průvlak byl vymodelován jako oboustranně vetknutý nosník. Výsledná obálka vnitřních sil na obrázcích dále.

Vypočtené vnitřní síly:



Obr.21: Vnitřní síly průvlaku

Vnitřní síly:

Moment M_{ed}	V poli	Nad podporou
	147,33 kNm	303,25 kNm
Posouvající síla V_{Ed}	Stejné hodnoty nad podporami = 169,69kN	

Tab.22: Vnitřní síly průvlak

4.2.1. Návrh výztuže průvlaku

Stanovíme poměrný ohybový moment:
$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}}$$

Z tabulky podle μ odečteme odpovídající hodnotu součinitele ξ .

Zkontrolujeme zda pro největší moment vychází do optimálního rozmezí $\xi \in \langle 0,15 - 0,40 \rangle$

	h (mm)	d (mm)	b (mm)	$M_{E,d}$ (kNm)	μ	ξ	
V poli	800	756	400	147,33	0,03	0,038	X
Nad podporou	800	756	400	303,25	0,066	0,085	X

Tab.23: Ověření tlačené oblasti

Bohužel nám hodnoty nevychází optimálně, tak ještě trochu zmenšíme rozměry průvlaku.

Nicméně musíme brát v úvahu podmínku ohybové štíhlosti.

Volíme nové rozměry průvlaku na **600 x 350 mm**. A bude použit lepší beton C 40/50

$$\lambda = \frac{11600}{556} = 20,86 \leq \lambda_d = 1 \times 0,61 \times 1,35 \times 25,8 = 21,24$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,66 \text{ Mpa}$$

	h (mm)	d (mm)	b (mm)	$M_{E,d}$ (kNm)	μ	ξ		ζ
V poli	600	556	350	147,33	0,051	0,067	lepší	0,976
Nad podporou	600	556	350	303,25	0,105	0,139	lepší	0,943

Tab.24: Ověření tlačení oblasti 2

Poté dosadíme a spočteme potřebnou plochu výztuže
$$A_{s,rqd} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}}$$

Plocha jednoho profilu výztuže
$$a_{s1} = \pi \times \left(\frac{\phi_s}{2}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{18}{2}\right)^2 = 254,5 \text{ mm}^2$$



	d (mm)	$M_{E,d}$ (kNm)	ζ	$a_{s,rqd}$ (mm ²)	počet profilů	$a_{s,prov}$ (mm ²)
V poli	556	147,33	0,976	624	3	763
Nad podporou	556	303,25	0,943	1329	6	1527

Tab.25: Výpočet pro průvlak

Pro výztuž v poli:

Návrh : 3 x Ø 20 mm ($a_{s,prov} = 763 \text{ mm}^2$)

Pro výztuž nad podporou:

Návrh : 6 x Ø 20 mm ($a_{s,prov} = 1527 \text{ mm}^2$)

Konstrukční zásady:

- 1) $a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max(0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd; 0,0013bd)$
- 2) $a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04bh$
- 3) $s \leq \min(2h; 250mm)$
- 4) $s_l \geq \max(20mm; 1,2\phi_s; D_{max} + 5mm)$

	V poli			Nad podporou		
1)	$a_{s,prov}$	$a_{s,min}$		$a_{s,prov}$	$a_{s,min}$	
	763 mm ²	(354;253)	ok	1527 mm ²	(354;253)	ok
2)	$a_{s,prov}$	$a_{s,max}$		$a_{s,prov}$	$a_{s,max}$	
	763 mm ²	7784	ok	1527 mm ²	7784	ok
3)	s	min (1200;250)		s	min (1200;250)	
	131	250	ok	52,4	250	ok
4)	s_l	max (20;22;27)		s_l	max (20;22;27)	
	113	27	ok	34,4	27	ok

Tab.26: Výpočet konstrukčních zásad

Návrh splňuje konstrukční zásady.

4.2.2. Posouzení navržené výztuže

Konstrukce vyhoví pokud $M_{Rd} \geq M_{Ed}$

- Moment únosnosti se spočítá $M_{Rd} = A_{s,prov} \times f_{yd} \times z$
- Velikost ramene vnitřních sil $z = d - 0,4x$
- Výška tlačené oblasti $x = \frac{A_{s,prov} \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}}$

	$A_{s,prov}(\text{mm}^2)$	x (mm)	z (mm)	$M_{Rd} \text{ (kNm)}$
V poli	763	44,46	538,2	178,63
Nad podporou	1527	88,98	520,4	345,7

Tab.27: Výpočet posouzení výztuže

Pro výztuž v poli:

$$M_{Rd} = 178,63 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 147,33 \text{ kNm}$$

Pro výztuž nad podporou:

$$M_{Rd} = 345,7 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 303,25 \text{ kNm}$$

Ověříme ještě, že poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku.

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

	d (mm)	x (mm)	ξ		ξ_{max}	
V poli	556	44,46	0,08	\leq	0,45	ok
Nad podporou	556	88,98	0,16	\leq	0,45	ok

Tab.28: Výpočet tlačené oblasti



4.2.3. Návrh smykové výztuže

Základní údaje:

- Předpokládaný profil třmínek $\phi_{tř} = 10 \text{ mm}$
- Maximální posouvající síla $V_{Ed} = 169,69 \text{ kN}$

Spočteme únosnost tlačené diagonály $V_{Rd,max} = v \times f_{cd} \times b \times z \times \frac{\cotg \theta}{1 + (\cotg \theta)^2}$

Součinitel $v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) =$

$$V_{Rd,max} = 0,504 \times 26,66 \times 350 \times 520,4 \times \frac{1,5}{1 + (1,5)^2} = 1129,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 1129,5 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 169,69 \text{ kN}$$

Podmínka je tedy splněna.

Z důvodu nízkého zatížení průvltaku a velké rezervy v únosnosti tlačené diagonály zmenšíme průměr třmínku na $\phi_{tř} = 8 \text{ mm}$

Návrhové třmínky

Síla $V_{Ed,1}$ vypočtena v programu SCIA ve vzdálenosti d za lícem podpory.

$$V_{Ed,1} = 148,86 \text{ kN}$$

Plocha jednoho třmínku $A_{sw} = \frac{n\pi\phi_{tř}^2}{4} = 100,5 \text{ mm}^2$

Potřebná osová vzdálenost třmínek $s_1 \leq \frac{A_{sw}f_{yd}}{V_{Ed,1}} \times z \times \cotg \theta = \frac{100,5 \times 435}{148\,860} \times 520,4 \times 1,5$

$$s_1 \leq 229,2 \text{ mm} \text{ ---} > s_1 = 200 \text{ mm}$$

Návrh : Třmínek dvoustřížný $\phi_{tř} = 8 \text{ mm}$ á 200 mm

Konstrukční zásady:

$$s \leq \min(0,75d; 400\text{mm}) \quad \text{--->} \quad s = 200 \text{ mm} \leq 400\text{mm}$$

$$\text{Kontrola stupně vyztužení} \quad \rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{bs_1} = \frac{100,5}{350 \times 200} = 0,0014$$

$$\rho_{sw} \leq \rho_{sw,max} = \frac{0,5\nu f_{cd}}{f_{ywd}} = \frac{0,5 \times 0,504 \times 26,66}{435} = 0,015$$

$$\rho_{sw} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \times \sqrt{40}}{500} = 0,001$$

Konstrukční zásady vyhovují.

4.2.4. Posouzení třmíneků

$$V_{Rd1} = \frac{A_{sw}f_{yd}}{s_1} \times z \times \cot\theta = \frac{100,5 \times 435}{200} \times 520,4 \times 1,5 \geq V_{Ed,1}$$

$$V_{Rd1} = \mathbf{170,63 \text{ kN}} \geq V_{Ed,1} = 148,86 \text{ kN}$$

Návrh vyhovuje.

Návrhové třmínky budou zasahovat za líc podpory minimálně do vzdálenosti.

$$\Delta l = z \times \cot\theta = 520,4 \times 1,5 = 780,6 \text{ mm}$$

Konstrukční třmínky:

Navrhne aby platilo:

$$s_{max} \leq \min(0,75d; 400\text{mm}) \quad \text{--->} \quad s_{max} = 250 \text{ mm} \leq 400\text{mm}$$

$$\text{Kontrola stupně vyztužení} \quad \rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{bs_{max}} = \frac{100,5}{350 \times 250} = 0,00115$$

$$\rho_{sw} \leq \rho_{sw,max} = \frac{0,5\nu f_{cd}}{f_{ywd}} = \frac{0,5 \times 0,504 \times 26,66}{435} = 0,015$$

$$\rho_{sw} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \times \sqrt{40}}{500} = 0,0010$$



Únosnost třmínků:

$$V_{Rd,min} = \frac{A_{sw}f_{yd}}{s_{max}} \times z \times \cot\theta = \frac{100,5 \times 435}{250} \times 520,4 \times 1,5 = 136,5 \text{ kN}$$

Konstrukční třmínky budou zasahovat před sílu $V_{Rd,min}$ maximálně do vzdálenosti.

$$\Delta l = z \times \cot\theta = 520,4 \times 1,5 = 780,6 \text{ mm}$$

Detailní rozmístění třmínků viz výkres vyztužení průvlaku.

Výkresy:

Na základě výpočtů podrobného statického výpočtu byl proveden výkres horní a dolní vyztuže stropní desky a výkres vyztuže průvlaku. Tyto výkresy jsou přiloženy v příloze.

Výpočet kotevních délek pro jednotlivé varianty je taktéž přiložen v přílohách.

Dále byl proveden výkres tvaru 1.NP, také obsažen v příloze.

5. Technická zpráva

5.1. Základní údaje o projektu

5.1.1. Obecný popis stavby

Předmětem projektu je novostavba Základní umělecké školy, která bude sloužit i pro konání společenských událostí. Objekt bude zasazen do východní části pozemku číslo 1360/10 v K.Ú. obce Pardubice. Na opačné straně pozemku bude parkoviště. Objekt bude napojen na inženýrské sítě, které jsou vedeny v přílehlé komunikaci. Stavbou nebudou dotčeny žádné stávající objekty.

5.1.2. Podklady pro zhotovení objektu

- Architektonická studie pro návrh budovy v pasivním standardu
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 206 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

5.1.3. Použitý software

- SCIA Engineer
- AutoCAD 2018

5.2. Základní charakteristika konstrukčního řešení

5.2.1. Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení stavby

Předmětem projektu je Základní umělecká škola pravidelného obdélníkového půdorysu s plochou střechou, s pěti nadzemními podlažími. Celkové půdorysné rozměry nosné konstrukce objektu jsou 34,25 x 17,6 m, nejvyšší bod nosné konstrukce se nachází 16 m nad úrovní okolního terénu. Konstrukční výška nadzemních podlaží je 3 200 mm. V 1. NP se nachází vstupní část školy, jednotlivé učebny, sál, sociální zázemí a část technického zázemí. Ve 2. NP se nachází středně velký sál pro konání menších akcí, další učebny a kabinety učitelů. V 3. NP je umístěn velký společenský sál s podiem přesahující až do 4.NP, dále je zde

sociální a technické zázemí. Ve 4.NP se nachází balkón nad společenským sálem a společenské místnosti. Plocha 5.NP se nachází jen nad částí půdorysu budovy a je zde pouze technické zázemí budovy.

5.2.2. Technické řešení stavby

Objekt je založen na základových pasech pod nosnými stěnami. Nosný systém budovy je převážně stěnový a výjimečně doplněný o sloupy a průvlaky. Stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové jednosměrně pnuté desky. Hlavní schodiště je řešeno jako železobetonové deskové monolitické dvouramenné v jednom směru. Ztužení objektu je zajištěno železobetonovými stěnami v obou směrech.

5.2.3. Materiálové řešení stavby

Nosná konstrukce je navržena pouze ze železobetonu.

- Základy: železobetonové, beton C25/30 XC2 (CZ) – Cl 0,2 – D_{max} 16 – S3.
- Nosné stěny, sloupy, stropní konstrukce, schodiště: železobetonové, beton C30/37 XC1 (CZ) – Cl 0,2 – D_{max} 22 – S3.
- Střešní průvlaky: železobetonové, beton C40/50 XC2 (CZ) – Cl 0,2 – D_{max} 22 – S3
- Výztuž železobetonových konstrukcí: ocel B500B.

5.3. Zatížení

Uvedeny jsou charakteristické hodnoty zatížení. Pro získání hodnot návrhových je nutno provést přenásobení patřičným dílčím součinitelem bezpečnosti, který byl uvažován hodnotou 1,35 pro stálá a 1,5 pro proměnná zatížení.

5.3.1. Stálá zatížení

Vlastní tíha železobetonových konstrukcí je uvažována hodnotou 25 kN/m³.

Vlastní tíhy jednotlivých podlah jsou rozepsány ve statickém výpočtu, kapitola 3.1.1. Pro výpočet byla zjednodušeně a bezpečně uvažována tíha nejtěžší z podlah, a to konstantní hodnota 1,47 kN/m² na celé ploše nadzemních podlaží. Zatížení sádrokartonovým podhledem bylo uvažováno 0,5 kN/m².

5.3.2. Zatížení příčkami

Akustické nenosné cihly HELUZ AKU KOMPAKT tloušťky 210 mm mají objemovou hmotnost 820 kg/m^3 . Bylo uvažováno náhradní spojitě zatížení $g_K = 4 \text{ kN/m}^2$ a pro přesný konkrétní výpočet bylo uvažováno náhradní spojitě zatížení v místech příček $4,7 \text{ kN/m}^2$. Ostatní dělicí příčky v objektu jsou zděné tloušťky 115 a 175 mm. Z důvodu náhodilého rozmístění příček je zatížení od jejich vlastní tíhy započítáno pomocí náhradního rovnoměrného plošného zatížení stropní desky o velikosti 1 a 2 kN/m^2 . Viz kapitola 3.1.1.

5.3.3. Užitná zatížení

Ve většině prostor školy je uvažováno zatížení 3 kN/m^2 pro plochy, kde může docházet ke shromažďování lidí (kategorie C1 - pro školy dle ČSN EN 1991-1-1).

Ve 3.NP a 4.NP pro velký společenský sál je uvažováno zatížení 5 kN/m^2 pro plochy, kde může docházet k velké koncentraci lidí (kategorie C4/5 dle ČSN EN 1991-1-1).

Střecha je nepochozí s výjimkou běžné údržby a oprav. Uvažováno zatížení $0,75 \text{ kN/m}^2$ (kategorie H dle ČSN EN 1991-1-1). Ve výpočtu se tato hodnota projeví, neboť je vyšší než stanovené zatížení sněhem.

5.3.4. Zatížení sněhem

Budova se nachází v Holicích (sněhová oblast I), má plochou střechu a je situována v terénu s normální topografií, kde nebude docházet k významným přesunům sněhu vlivem větru. Stanoveno bylo charakteristické zatížení sněhem $0,56 \text{ kN/m}^2$.

5.3.5. Zatížení větrem

Budova se nachází v Holicích (větrná oblast II), v předměstské oblasti rovnoměrně pokryté budovami a vegetací (kategorie terénu III). Z hlediska účinku na ztužující konstrukce hraje hlavní roli tlak větru na návětrné straně objektu v kombinaci se sáním na závětrné straně. Charakteristická hodnota zatížení byla stanovena jako $0,9 \text{ kN/m}^2$.

5.3.6. Montážní zatížení

Stropní desky budou zatíženy při betonáži stropu vyššího podlaží bedněním a stojkami, deskou tl. 200mm a montážním zatížením. Předpokládá se celkové zatížení během výstavby $7,5 \text{ kN/m}^2$. Tato hodnota je nižší, než hodnota ostatního stálého a užitného zatížení desky uvažovaného za provozu, a v provedeném statickém výpočtu se neprojevila.

Pro danou konstrukci nebyly uvažovány žádné další druhy zatížení.

5.4. Základové konstrukce

Základové podmínky nebyly obsahem řešení tohoto projektu.

5.4.1. Základové konstrukce

ŽB stěny budou založeny na ŽB pasech šířky 1 m a výšky 0,7 m. V místě dojezdu výtahu bude základová spára snižena v rozsahu daném požadavky použitého výtahu. Do všech základových konstrukcí je nutno osadit kotevní výztuž pro ŽB sloupy a stěny.

Mezi pasy bude provedena ŽB podlaha tloušťky 200 mm na vyrovnávacím podkladním betonu tloušťky 150 mm. Při betonáži základů je nutno do obvodových pasů vložit ocelové chráničky pro prostupy inženýrských sítí podle specifikace dodavatele systémů TZB.

Bude provedena bariérová izolace proti zemní vlhkosti a radonu v podobě modifikovaných asfaltových pásů typu S.

5.5. Nosný systém

5.5.1. Svislé nosné konstrukce

ŽB nosné stěny jsou monolitické tloušťky 200 mm. Uvnitř dispozice jsou výjimečně navrženy ŽB sloupy čtvercového průřezu 200x200 mm. Poloha otvorů ve stěnách je dána výkresy tvaru. Vyztužení ŽB prvků bude zajištěno betonářskou výztuží B500B v souladu s podrobným statickým výpočtem, který je proveden v přechozí části projektu.

5.5.2. Vodorovné nosné konstrukce

Všechny stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové jednosměrně pnuté desky. Kromě střešní konstrukce a části stropu v 4.NP jsou všechny stropní konstrukce navrženy v tloušťce 200 mm a o rozponu 5800 mm. Střešní konstrukce a část stropu v 4.NP je rozponu 4800 mm a navržena v tloušťce 160 mm. Desky střešní konstrukce podpírají ŽB průvlaky o rozponu 11600 mm o rozměrech 600 x 350 mm.

Ve všech stropních konstrukcích se budou nacházet prostupy pro rozvody vody, kanalizace a vzduchotechniky. Rozměry prostupů (max. 400x1000 mm) nevyžadují speciální statická opatření, postačí shrnutí výztuže z oblasti otvoru do okraje desky a olemování okrajů desky výztuží v souladu s výkresy výztuže.

Nosné i konstrukční vyztužení desek a trámů bude zajištěno betonářskou výztuží B500B v souladu s podrobným statickým výpočtem, který je proveden v předchozí části projektu.

5.5.3. Svislé komunikační prvky

Hlavní schodiště budovy je monolitické železobetonové deskové dvouramenné v jednom směru. Jednotlivé desky jsou řešeny jako jednosměrně pnuté. Tloušťka mezipodesty a desky schodišťového ramene byla stanovena z detailu napojení na podestu jako 220 mm. Schodišťové stupně budou betonovány současně s deskou, jejich výška bude 160 mm a šířka 310 mm.

Schodišťová ramena budou spojena s podestou a mezipodestou přes izolační prvky HALFEN HTT. Mezipodesta bude z důvodu akustického oddělení uložena do podélné schodišťové stěny pomocí izolačních boxů HALFEN HBB-O (kloubové uložení).

5.5.4. Zajištění vodorovného ztužení

Nosný systém objektu je tvořen kombinací ŽB stěn v obou směrech se železobetonovými stropními deskami. S ohledem na malou výšku budovy nebyla prostorová tuhost ověřována podrobným výpočtem.



6. Závěr

Obsahem práce bylo vypracovat konstrukční návrh Základní umělecké školy. Z hlediska tvaru dispozice, pestrost otvorů v obvodovém plášti a technických požadavků byla zvolena varianta železobetonového monolitického stěnového systému s lokálním zakomponováním jednoduchých železobetonových prvků. Na základě jednoduchého předběžného statického výpočtu byly získány základní dimenze jednotlivých prvků konstrukce objektu. V návaznosti na to byly vypracovány jednoduché skici tvaru jednotlivých částí. Dále byly zvoleny dva odlišné prvky ke podrobnějšímu výpočtu, a to stropní deska nad 1.NP a průvlak ve střešní konstrukci. Z těchto výsledků pak byly vypracovány výkresy pro jednotlivé prvky.

Výsledný konstrukční návrh využívá především výhod železobetonových konstrukcí jako je vysoká únosnost prvků menších rozměrů, velká variabilita konstrukce a jednoduchost technologických postupů.

V neposlední řadě měla práce osobní přínos z hlediska vyzkoušení a procvičení veškerých základních výpočetních postupů při navrhování železobetonových konstrukcí.



7. Seznam použité literatury a podkladů

Normy:

- [1] ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ČNI, 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: ČNÍ, 2004
- [3] ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006

8. Seznam obrázků

Obr.1 Pohled na studii objektu.....	8
Obr.2:Dispozice 1.NP.....	9
Obr.3: Dispozice 3.NP.....	10
Obr. 4 Schéma desky 1.....	15
Obr. 5 Schéma desky 2.....	15
Obr.6:Schéma jednosměrně pnuté desky 1.....	17
Obr.7: Schéma jednosměrně pnuté desky 2.....	17
Obr.8 Schéma ŽB průvzlaku.....	19
Obr.9:Obrázek detailu napojení schodiště.....	23
Obr.10: Kontrola výšky u schodiště.....	23
Obr.11: Vnitřní síly deska(spojité nosník).....	24
Obr.12: Vnitřní síly desky: Moment 1.....	25
Obr.13: Vnitřní síly desky: Moment 1 řez.....	25
Obr.14: Vnitřní síly desky: Moment 2.....	26
Obr.15: Vnitřní síly desky: Moment 2 řez.....	26
Obr.16: Vnitřní síly desky: Posouvající síla 1.....	27
Obr.17: Vnitřní síly desky: Posouvající síla 1 řez.....	27
Obr.18: Vnitřní síly desky: Posouvající síla 2.....	28
Obr.19: Vnitřní síly desky: Posouvající síla 2 řez.....	28
Obr.20: Obrázek návrhu okrajové výztuže.....	32
Obr.21: Vnitřní síly průvzlaku.....	33



9. Seznam tabulek

Tab.1:Podlaha A.....	11
Tab.2: Podlaha B.....	11
Tab.3: Podlaha C.....	12
Tab.4: Podlaha D	12
Tab.5: Střecha.....	12
Tab.6: Příčky 1	13
Tab.7:Příčky 2	13
Tab.8:Užitné zatížení	14
Tab.9: Výpočet ohyb. štíhlosti desky.....	16
Tab.10:Tloušťky desky	16
Tab.11: Výpočet zatížení desky 1	17
Tab.12: Výpočet zatížení desky 2	18
Tab.13:Ověření desky.....	18
Tab.14:Výpočet zatížení průvlaku	19
Tab.15:Výpočet zatížení průvlaku	20
Tab.16:Vnitřní síly.....	29
Tab.17:Výpočty pro průřezy	29
Tab.18:Výpočty výztuže.....	30
Tab.19:Výpočty konstrukčních zásad	30
Tab.20:Posouzení výztuže	31
Tab.21:Ověření tlačené oblasti	31
Tab.22:Výpočet konstrukční zásad.....	32
Tab.22:Vnitřní síly průvlak.....	33
Tab.23:Ověření tlačené oblasti	34
Tab.24:Ověření tlačení oblasti 2.....	34
Tab.25:Výpočet pro průvlak	35
Tab.26:Výpočet konstrukčních zásad	35
Tab.27:Výpočet posouzení výztuže	36
Tab.28:Výpočet tlačené oblasti	36



10. Použitý software

Microsoft Word 2016

AutoCAD 2018

SCIA Engineer 19.1

11. Seznam příloh

Příloha č.1: Skica tvaru 1.NP

Příloha č.2: Skica tvaru 3.NP

Příloha č.3: Skica tvaru 4.NP

Příloha č.4: Výkres tvaru 1.NP

Příloha č.5: Výkres tvaru schodiště

Příloha č.6: Výkres horní výztuže desky

Příloha č.7: Výkres dolní výztuže desky

Příloha č.8: Výkres výztuže průvlaku

Příloha č.9: Výpočet kotevních délek