

VYSOKÁ ŠKOLA TECHNICKÁ A EKONOMICKÁ V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH  
ÚSTAV TECHNICKO-TECHNOLOGICKÝ

OBHAJOBA DIPLOMOVÉ PRÁCE:  
**VYHODNOCENÍ VARIANTNÍHO  
ŘEŠENÍ STŘEŠNÍCH PLÁŠŤŮ  
BUDOVY S NÍZKOU  
SPOTŘEBOU ENERGIE**

Autor diplomové práce:

Bc. Jiří Hanzlík, DiS.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Kraus, PhD.

Oponent diplomové práce:

Ing. Daniela Štroufová

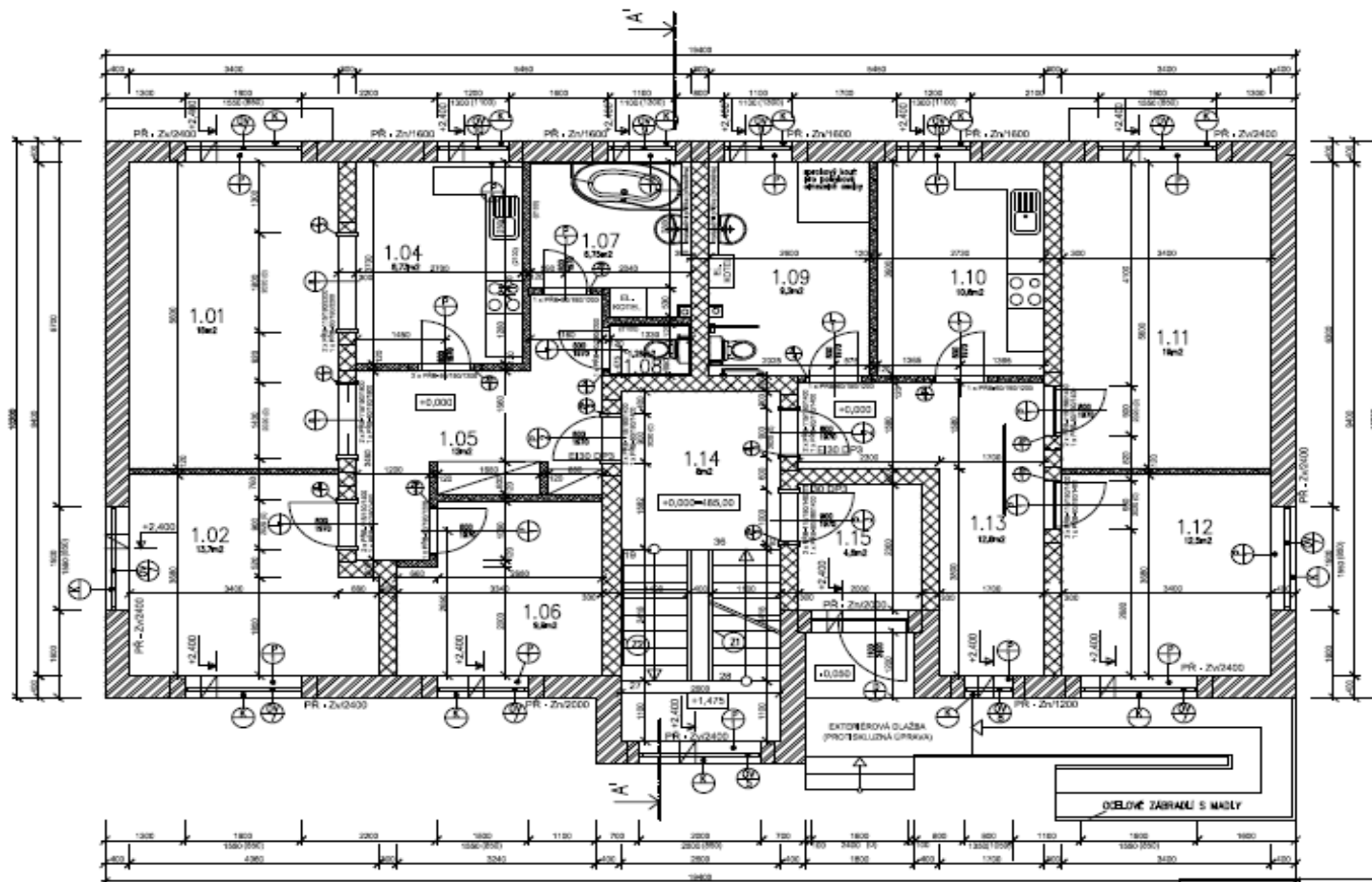
# MOTIVACE A DŮVODY K ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY

- ⦿ Vlastní zájem o obor stavebnictví
- ⦿ Tématika plochých střech v různých materiálových provedeníh

# Cíl práce:

- ⦿ Vyhodnocení variant střešního pláště budovy z hlediska:
  - tepelně–technických vlastností
  - environmentálních parametrů
  - časové náročnosti
  - finanční náročnosti
- ⦿ Projekt pro provedení stavby s variantním řešením provedení střešních pláštů budovy.

# Bytový dům – 4 BJ



Číslo	Účel/Místnost	Podlaha	Podlaha
1.01	Obývací pokoj	18	vinylol-pvc podlaha - dekor ole
1.02	Pokoj	11,7	vinylol-pvc podlaha - dekor ole
1.03	Spál	1,02	dlážba
1.04	Kuchyň	8,73	vinylol-pvc podlaha - dekor ole
1.05	Chodba/bytí	12	dlážba
1.06	Pokoj	9,9	vinylol-pvc podlaha - dekor ole
1.07	koupelna	6,75	dlážba
1.08	WC	1,26	dlážba
1.09	koupelna	9,2	dlážba
1.10	Kuchyň	10,6	vinylol-pvc podlaha - dekor ole
1.11	Obývací pokoj	19	vinylol-pvc podlaha - dekor ole
1.12	Pokoj	12,5	vinylol-pvc podlaha - dekor ole
1.13	Chodba/bytí	12,8	dlážba
1.14	Chodba/domí	8	dlážba
1.15	Zároveň domu	4,6	dlážba

### LEGENDA:

- OCELOVÉ ŽIVO SYSTÉM LIETHEM TĚL 2400  
TL 400 mm  
R = 5 msk/W
- AKUSTICKÉ BETONOVÉ ŽIVO SYSTÉM LIETHEM - TĚL 300 AKU/Lep 150  
TL 300 mm
- LIPIKOVANÉ ŽIVO SYSTÉM LIETHEM - TĚL 120/Lep 150  
TL 120 mm

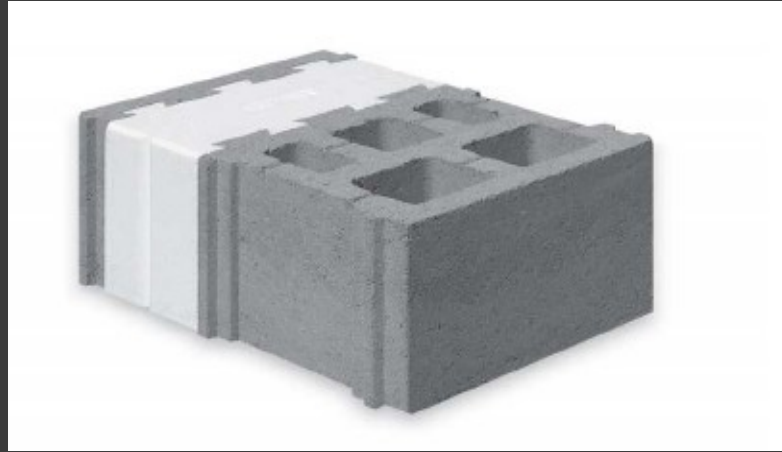
- POZNÁMKA:  
VE VÝKRESU JSOU KÓTYVARY KONSTRUKCE  
BEZ ÚMĚTKU
- ⊙1 OCELOVÉ ZÁBRADÍ VÝŠKA 1100MM
  - ⊙2 DŘEVĚNÉ MADLO ZÁBRADÍ ZAKOTVENO DO ŽDVA



OBOR:	UŠTAV:	JMÉNO STUDENTA:	
Konstrukce staveb	techniko-technologický	Rc, Jiří Hamr, DB, UCO 8157	
ROČNÍK:	VEDOUČÍ PRÁCE:	DATAUM:	
2. ročník	Ing. Michal Krus, Ph.D.	prosinec 2016	
NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:			FORMÁT:
VYHODNOCENÍ VARIANTNÍHO ŘEŠENÍ STŘEŠNÍCH PLÁŠŤŮ BUDOVY S NÍZKOU SPOTŘEBOU ENERGIE			A2
OBSAH:			MĚŘITKA:
"BYTOVÝ DŮM" 1. NP			1:50
			Č. VYKRESU:
			5
			Č. PÁRE:

# Bytový dům

- Stavební systém LIVETHERM
- Výrobce firma BETONOVÉ STAVB – GROUP, s.r.o.  
Klatovy



$U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$



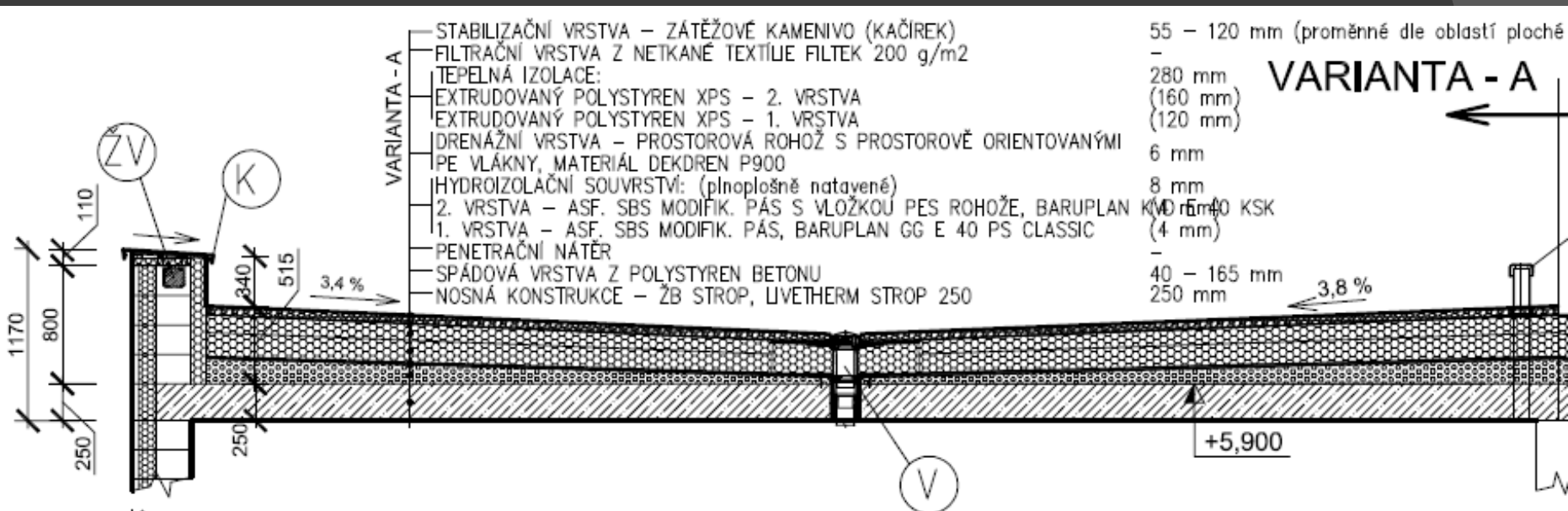
# Bytový dům

DP posuzuje 2 varianty ploché střechy:

- Varianta „A“
- Obrácená plochá střecha
  
- Varianta „B“
- Plochá střecha s klasickým uspořádáním vrstev

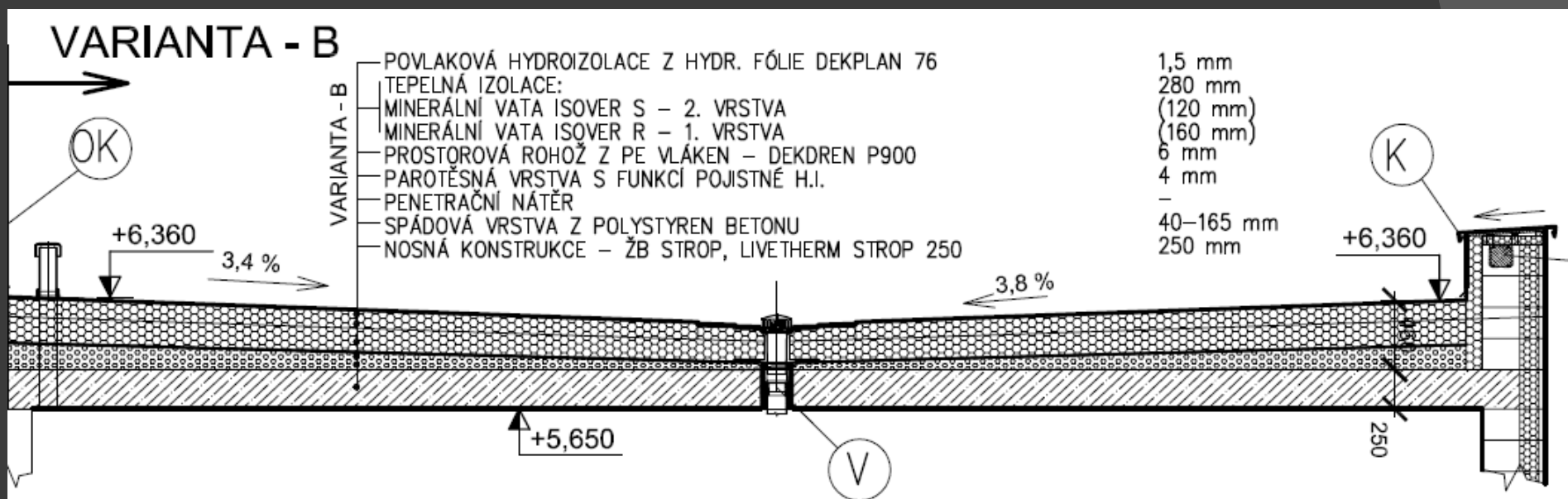
# Varianta „A“

## Obrácená plochá střecha

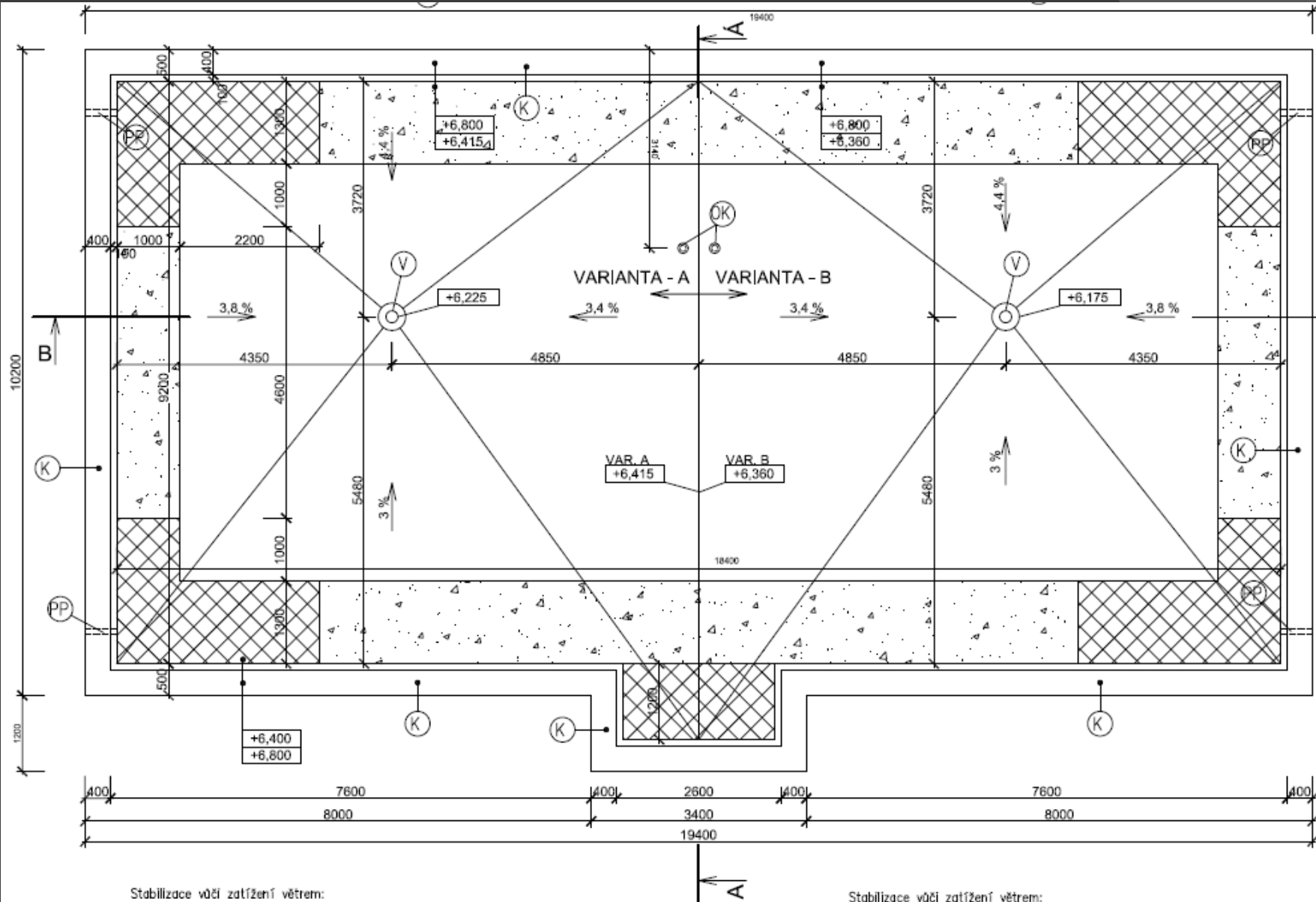


# Varianta „B“




## Plochá střecha s klasickým uspořádáním vrstev










Stabilizace vůči zatížení větrem:

- VARIANTA - A**
-  OBLAST VNITŘNÍ PLOCHY  
KAČÍREK 16/32 mm, 1300 kg/m<sup>2</sup>
  -  OKRAJOVÁ OBLAST  
KAČÍREK 32/64 mm, min. 120 mm
  -  ROHOVÁ OBLAST  
DLAŽBA 400/400/57 mm, 2300 kg/m<sup>2</sup>

Stabilizace vůči zatížení větrem:

- VARIANTA - B**
-  OBLAST VNITŘNÍ PLOCHY  
kotvy - 4,5ks/m<sup>2</sup>, rozteč kotev 170 mm
  -  OKRAJOVÁ OBLAST  
kotvy - 7ks/m<sup>2</sup>, rozteč kotev 190 mm
  -  ROHOVÁ OBLAST  
kotvy - 9ks/m<sup>2</sup>, rozteč kotev 150 mm

# Tepelně technické vyhodnocení

Varianta „A“

VYHODNOCENÍ NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÉ TEPLoty KONSTRUKCE	
Teplotní faktor vnitřního povrchu posuzované konstrukce $f_{Rsi}$	0,962
Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$	0,762
Teplota odpovídající teplotnímu faktoru $f_{Rsi, cr}$	11,960 °C
Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$	19,57 °C
<b>Konstrukce VYHOVUJE požadavku na vnitřní povrchovou teplotu</b>	
VYHODNOCENÍ SOUČINITELE PROTUPU TEPLA	
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°:	
Požadované hodnoty	0,240 W/m <sup>2</sup> K
Doporučené hodnoty	0,160 W/m <sup>2</sup> K
Doporučené hodnoty pro pasivní budovy	0,15 až 0,10 W/m <sup>2</sup> K
Součinitel prostupu tepla navrhované konstrukce varianty A	0,154 W/m <sup>2</sup> K
<b>Konstrukce VYHOVUJE požadavku ČSN 73 0540-2 součinitele prostupu tepla</b>	

Varianta „B“

VYHODNOCENÍ NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÉ TEPLoty KONSTRUKCE	
Teplotní faktor vnitřního povrchu posuzované konstrukce $f_{Rsi}$	0,969
Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$	0,762
Teplota odpovídající teplotnímu faktoru $f_{Rsi, cr}$	11,96 °C
Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$	19,83 °C
<b>Konstrukce VYHOVUJE požadavku na vnitřní povrchovou teplotu</b>	
VYHODNOCENÍ SOUČINITELE PROTUPU TEPLA	
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°:	
Požadované hodnoty	0,240 W/m <sup>2</sup> K
Doporučené hodnoty	0,160 W/m <sup>2</sup> K
Doporučené hodnoty pro pasivní budovy	0,15 až 0,10 W/m <sup>2</sup> K
Součinitel prostupu tepla navrhované konstrukce varianty B	0,125 W/m <sup>2</sup> K
<b>Konstrukce VYHOVUJE požadavku ČSN 73 0540-2 s součinitele prostupu tepla</b>	

# Časová náročnost

Varianta „A“

Varianta „B“

## VARIANTA – A

	Množství MJ	Nh	Počet pracovníků	Hodiny	Dny
<b>Atika</b>				<b>39,4</b>	<b>4,93</b>
Zdivo	18,3 m <sup>3</sup>	3,990	5	14,6	1,83
Výtuž ŽB věnce	250 kg	0,012	5	0,58	0,07
Betonáž ŽB věnce	5,2 m <sup>3</sup>	1,290	3	2,24	0,28
Oplechování	45,76 m <sup>2</sup>	0,430	5	3,94	0,49
Tepelná izolace atiky	68,64 m <sup>2</sup>	0,660	3	15,1	1,89
Hydroizolace atiky	29,46 m <sup>2</sup>	0,300	3	2,95	0,37
<b>Skladby střešního pláště</b>				<b>84,5</b>	<b>10,56</b>
Spádová vrstva - betonáž	172,4 m <sup>2</sup>	0,310	5	10,69	1,34
Penetrační nátěr	172,4 m <sup>2</sup>	0,080	5	2,76	0,34
Asfaltový pás 1. vrstva	172,4 m <sup>2</sup>	0,640	5	22,07	2,76
Asfaltový pás 2. vrstva	172,4 m <sup>2</sup>	0,640	5	22,07	2,76
Denážní vrstva	172,4 m <sup>2</sup>	0,120	5	4,14	0,52
Tepelná izolace 1. vrstva	172,4 m <sup>2</sup>	0,150	5	5,17	0,65
Tepelná izolace 2. vrstva	172,4 m <sup>2</sup>	0,150	5	5,17	0,65
Netkaná textilie	172,4 m <sup>2</sup>	0,060	5	2,07	0,26
Stabilizační vrstva – kačirek	13,65 m <sup>3</sup>	2,7	5	7,37	0,92
Vtok	2 ks	1,5	1	3	0,38
<b>CELKEM</b>				<b>123,9</b>	<b>15,49</b>

## VARIANTA – B

	Množství MJ	Nh	Počet pracovníků	Hodiny	Dny
<b>Atika</b>				<b>39,4</b>	<b>4,93</b>
Zdivo	18,3 m <sup>3</sup>	3,990	5	14,6	1,83
Výtuž ŽB věnce	250 kg	0,012	5	0,58	0,07
Betonáž ŽB věnce	5,2 m <sup>3</sup>	1,290	3	2,24	0,28
Oplechování	45,76 m <sup>2</sup>	0,430	5	3,94	0,49
Tepelná izolace atiky	68,64 m <sup>2</sup>	0,660	3	15,1	1,89
Hydroizolace atiky	29,46 m <sup>2</sup>	0,300	3	2,95	0,37
<b>Skladby střešního pláště</b>				<b>61,27</b>	<b>7,66</b>
Spádová vrstva - betonáž	172,4 m <sup>2</sup>	0,310	5	10,69	1,34
Penetrační nátěr	172,4 m <sup>2</sup>	0,080	5	2,76	0,34
Parotěsná vrstva	172,4 m <sup>2</sup>	0,640	5	22,07	2,76
Prostorová rohož	172,4 m <sup>2</sup>	0,120	5	4,14	0,52
Tepelná izolace 1. vrstva	172,4 m <sup>2</sup>	0,150	5	5,17	0,65
Tepelná izolace 2. vrstva	172,4 m <sup>2</sup>	0,150	5	5,17	0,65
Hydroizolační fólie	172,4 m <sup>2</sup>	0,120	5	4,14	0,52
Stabilizace vrstev kotvením	172,4 m <sup>2</sup>	0,12	5	4,14	0,52
Vtok	2 ks	1,5	1	3	0,38
<b>CELKEM</b>				<b>100,67</b>	<b>12,58</b>

# Finanční náročnost

## Varianta „A“

## Varianta „B“

Název položky	MJ	Množství	JC	Celkem (Kč)
<b>Svislé konstrukce</b>				
Tepelně izolační zdivo LIVETHERM	m3	13,82	1 752,00 Kč	24 212,64 Kč
Provedení ŽB věnce z překladových tvárcí LIVETHERM	m3	4,61	1 752,00 Kč	8 076,72 Kč
Výztuž ŽB věnce z betonářské oceli	t	0,25	35 000,00 Kč	8 750,00 Kč
Beton ŽB věnce z betonu C16/20	m3	5,2	3 750,00 Kč	19 500,00 Kč
<b>Izolace tepelné</b>				
Montáž tepelné izolace	m2	417	83,00 Kč	34 611,00 Kč
Estrudovaný polystyren FIBRAN 300-L 120 mm	m2	172,4	280,50 Kč	48 358,20 Kč
Estrudovaný polystyren FIBRAN 300-L 160 mm	m2	172,4	412,00 Kč	71 028,80 Kč
Estrudovaný polystyren FIBRAN 300-L 100 mm	m2	49,2	233,75 Kč	11 500,50 Kč
Estrudovaný polystyren FIBRAN 300-L 40 mm	m2	23	93,50 Kč	2 150,50 Kč
<b>Izolace proti vodě</b>				
Montáž hydroizolace	m2	396,52	124,00 Kč	49 168,48 Kč
BARUPLAN GGE40 PS CLASSIC, asf. SBS mod. Pás, tl. 4 mm	m2	198,26	203,00 Kč	40 246,78 Kč
BARUPLAN KVD E 40 KSK, asf. SBS mod. Pás, tl. 4 mm	m2	198,26	195,00 Kč	38 660,70 Kč
Penetrační nátěr, penetral alp	m2	172,4	70,60 Kč	12 171,44 Kč
<b>Ostatní</b>				
Polystyren beton, PsB 50 / CEM II 32,5 R	m3	17,5	2 750,00 Kč	48 125,00 Kč
DEKDREN P900, prostorová rohož s PE vlákny	m2	172,4	175,60 Kč	30 273,44 Kč
FILTEK 200 g/m2, netkaná textilie	m2	172,4	55,81 Kč	9 621,64 Kč
Kamenivo frakce, kačírek	t	13,65	850,00 Kč	11 602,50 Kč
Betonová dlažba 400/400/57 mm	m2	20,6	325,00 Kč	6 695,00 Kč
Dvojitupňový vtok – GULLYDEK	ks	2	3 950,00 Kč	7 900,00 Kč
Odvětrávací komíněk TOPWET 110 BIT s integrovanou mřížkou z asf.pásu	ks	2	1 080,00 Kč	2 160,00 Kč
				0,00 Kč
<b>Klempířské práce</b>				0,00 Kč
Montáž oplechování D+M	m2	45,76	538,00 Kč	24 618,88 Kč
<b>Celkem</b>				<b>509 432,22 Kč</b>

Název položky	MJ	Množství	JC	Celkem (Kč)
<b>Svislé konstrukce</b>				
Tepelně izolační zdivo LIVETHERM	m3	13,82	1 752,00 Kč	24 212,64 Kč
Provedení ŽB věnce z překladových tvárcí LIVETHERM	m3	4,61	1 752,00 Kč	8 076,72 Kč
Výztuž ŽB věnce z betonářské oceli	t	0,25	35 000,00 Kč	8 750,00 Kč
Beton ŽB věnce z betonu C16/20	m3	5,2	3 750,00 Kč	19 500,00 Kč
<b>Izolace tepelné</b>				
Montáž tepelné izolace	m2	417	83,00 Kč	34 611,00 Kč
ISOVER R – čedičová vlna, tl. 160 mm		172,4	576,00 Kč	99 302,40 Kč
ISOVER S – čedičová vlna, tl. 120 mm		172,4	504,00 Kč	86 889,60 Kč
ISOVER S – čedičová vlna, tl. 100 mm		49,2	420,00 Kč	20 664,00 Kč
ISOVER S – čedičová vlna, tl. 50 mm		23	210,00 Kč	4 830,00 Kč
Penetrační nátěr, penetral alp	m2	172,4	70,60 Kč	12 171,44 Kč
<b>Izolace proti vodě</b>				
Montáž hydroizolace	m2	198,26	124,00 Kč	24 584,24 Kč
GLASTEK 40 SPECIAL, asf. Pás	m2	198,26	117,20 Kč	23 236,07 Kč
DEKDREN P900, prostorová rohož s PE vlákny	m2	172,4	175,60 Kč	30 273,44 Kč
DEKPLAN 76 – hydroizolační fólie	m2	198,26	205,00 Kč	40 643,30 Kč
<b>Ostatní</b>				
Polystyren beton, PsB 50 / CEM II 32,5 R	m3	17,5	2 750,00 Kč	48 125,00 Kč
Kotvení skladeb	m2	172,4	94,00 Kč	16 205,60 Kč
Dvojitupňový vtok – GULLYDEK	ks	2	3 950,00 Kč	7 900,00 Kč
Odvětrávací komíněk TOPWET 110 BIT s integrovanou mřížkou z asf.pásu	ks	2	1 080,00 Kč	2 160,00 Kč
<b>Klempířské práce</b>				
Montáž oplechování D+M	m2	45,76	538,00 Kč	24 618,88 Kč
<b>Celkem</b>				<b>536 754,33 Kč</b>

# Environmentální parametry – emise

## CO<sub>2</sub>

### Varianta „A“

Konstrukce/Materiál	Výměra [m <sup>3</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	Životnost	Jednotková svázaná produkce emisí CO <sub>2,ekv.</sub> [kg CO <sub>2,ekv.</sub> /kg]	Svázaná produkce emisí CO <sub>2,ekv.</sub> [kg CO <sub>2,ekv.</sub> ]	Roční ekvivalentní emise CO <sub>2,ekv.</sub> [kg CO <sub>2,ekv.</sub> /a]nosn
			a	b	c	d=a.c	e=d/b
Nosná konstrukce ŽB strop	50,89	2400	122136,00	50	0,13	15877,68	317,55
Polystyren beton	17,30	400	6920,00	50	0,60	4152,00	83,04
Asfaltový hydroizolační pás – 2 vrstvy	1,58	1220	1927,60	50	1,16	2236,02	44,72
Prostorová rohož	1,03	756	778,68	50	2,50	1946,70	38,93
Extrudovaný polystyren	54,11	30	1623,30	50	3,82	6201,01	124,02
Penetrační nátěr asfaltový	172,4 m <sup>2</sup>	1160	69,00	50	1,11	76,25	1,52
<b>Celkem</b>							<b>609,79294</b>

### Varianta „B“

Konstrukce/Materiál	Výměr a [m <sup>3</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]	Životnost	Jednotková svázaná produkce emisí CO <sub>2,ekv.</sub> [kg CO <sub>2,ekv.</sub> /kg]	Svázaná produkce emisí CO <sub>2,ekv.</sub> [kg CO <sub>2,ekv.</sub> ]	Roční ekvivalentní emise CO <sub>2,ekv.</sub> [kg CO <sub>2,ekv.</sub> /a]nosn
			a	b	c	d=a.c	e=d/b
Nosná konstrukce ŽB strop	50,89	2400	122136,00	50	0,13	15877,68	317,55
Polystyren beton	17,30	400	6920,00	50	0,60	4152,00	83,04
Asfaltový hydroizolační pás	0,79	1220	963,80	50	1,16	1118,01	22,36
Prostorová rohož	1,03	756	778,68	50	2,50	1946,70	38,93
Minerální vata	54,11	11	595,21	50	1,13	672,59	13,45
Penetrační nátěr asfaltový	172,4 m <sup>2</sup>	1160	69,00	50	1,11	76,25	1,52
Hydroizolační fólie	0,30	1223	363,23	50	2,0083	729,48	14,59
<b>Celkem</b>							<b>491,4539423</b>





# Environmentální parametry podíl recyklovatelného materiálu

Varianta „A“

Materiál	Hmotnost (kg)	Hmotnost recyklovatelného materiálu
Nosná konstrukce ŽB strop	122136	103815
Polystyren beton	6920	3806
Asfaltový hydroizolační pás	1927,60	1542
Prostorová rohož	778,68	623
Extrudovaný polystyren	1623	1136
Textilie	34,48	24
<b>Celkem</b>	<b>133419,76</b>	<b>110946</b>

Varianta „B“

Materiál	Hmotnost (kg)	Hmotnost recyklovatelného materiálu (kg)
Nosná konstrukce ŽB strop	122136	103815
Polystyren beton	6920	3806
Asfaltový hydroizolační pás	964	771
Prostorová rohož	778,68	623
Minerální vata	595,21	417
Hydroizolační fólie	363,23	291
<b>Celkem</b>	<b>131757,12</b>	<b>109723</b>



# DISKUZE VÝSLEDKŮ

## Varianta „A“

	Varianta A	Varianta B
<b>Tepelně-technické hodnocení</b>		
Součinitel prostupu tepla	0,154 W/m <sup>2</sup> K	0,125 W/m <sup>2</sup> K
Časová náročnost	16 dní	13 dní
Finanční náročnost	509.432,22 Kč	536.754, 33 Kč
<b>Enviromentální hodnocení</b>		
Emise CO <sub>2</sub>	606,80 kg	491,45 kg
Emise SO <sub>2</sub>	1994,41 kg	1262,01 kg
Energie MJ	8629,47 kg	5169,47 kg
Podíl recyklovatelných mater.	0,83 %	0,83

DĚKUJI ZA POZORNOST

## Otázky:

- Vysvětlete pojem Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce – pasivní a aktivní bilance.
- Popište hlavní negativní vlivy výskytu tepelných mostů uvnitř konstrukce.
- Jaké parametry musí obsahovat tepelně-technické posouzení ploché střechy? U varianty B dochází v průběhu roku ke kondenzaci vodní páry. Jaké množství vodní páry v konstrukci zkondenzuje a jaké je povolené množství zkondenzované vodní páry dle ČSN 730540-2:2011?
- V metodice práce na straně 29 je uvedeno: „Pro vyhodnocení finanční náročnosti byla zvolena metoda průzkumu trhu, kde oslovené firmy ocenili výkaz výměr. Nejnižší a nejvyšší cena byla vyškrtnuta a vybrána cena mezi těmito hranicemi. Oslovené firmy naceňovali vždy obě varianty.“ Vzhledem k tomu, že kapitola 4.3. Finanční náročnost pouze sumarizuje výsledek provedeného průzkumu trhu, doporučuji, aby autor závěrečné práce upřesnil, jak průzkum trhu probíhal, kolik bylo osloveno firem a také, aby se detailněji zaměřil na dílčí výstupy tohoto průzkumu.