

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



PŘEDBĚŽNÝ VÝPOČET

PŘÍLOHA A

Obsah

1. TVORBA PŘEDBĚŽNÝCH VARIANT	1
2. VARIANTA 1	1
2.1. ZATÍŽENÍ.....	1
2.1.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ	1
2.1.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ.....	1
2.2. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE	4
2.2.1. NÁVRH VAZNICE.....	4
2.2.2. NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY	6
2.3. SHRNUÍ VARIANTY	7
3. VARIANTA 2	7
3.1. ZATÍŽENÍ.....	7
3.2. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE	7
3.2.1. NÁVRH VAZNICE.....	7
3.2.2. NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY	7
3.3. SHRNUÍ VARIANTY	8
4. VARIANTA 3	9
4.1. ZATÍŽENÍ.....	9
4.2. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE	9
4.2.1. NÁVRH VAZNICE.....	9
4.2.2. NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY	9
4.3. SHRNUÍ VARIANTY	11
5. VARIANTA 4	12
5.1. ZATÍŽENÍ.....	12
5.2. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE	12
5.2.1. NÁVRH VAZNICE.....	12
5.2.2. NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY	12
5.3. SHRNUÍ VARIANTY	13
6. POROVNÁNÍ VARIANT	14

1. TVORBA PŘEDBĚŽNÝCH VARIANT

Tvorba statického a konstrukčního řešení prošla procesem zkoušení a optimalizace jednotlivých nosných prvků, ze kterých byla vybrána varianta splňující nejlépe dvě hlavní kritéria. Hmotnost, od které se odvíjí přibližná celková cena konstrukce, a proveditelnost návrhu. Tedy posouzení, zda navržený konstrukční systém je vhodný pro tento typ budovy, zda detaily nejsou příliš problematické a složité a zda konstrukce splňuje alespoň základní požadavky na estetiku.

Při porovnávání variant bylo použito vždy stejné zatížení, které odpovídá nejnepříznivějším účinkům pro vazbu odhadovanou jako nejvíce zatíženou.

2. VARIANTA 1

2.1. ZATÍŽENÍ

2.1.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

OPLÁŠTĚNÍ KONSTRUKCE

Předpokládaná střešní krytina je z plechových pásů. Stěny jsou předpokládány v kombinaci plechových a skleněných panelů se stínícími lištami.

$$f_g = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

2.1.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Nepřístupná střecha s uvažovaným pouze technickým užitným zatížením

$$f_q = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Sněhová oblast I

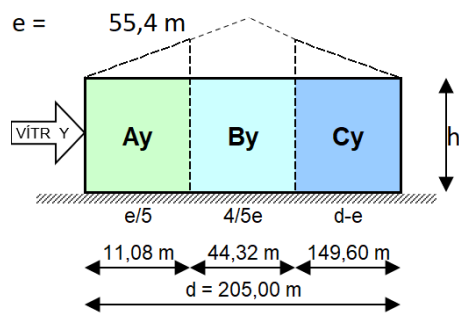
$$s = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

ZATÍŽENÍ VĚTREMVětrná oblast I $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$

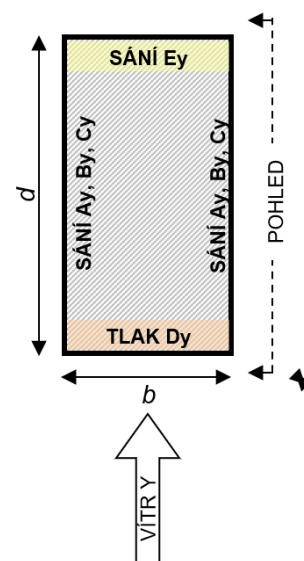
Kategorie terénu III

Výška budovy $h = 21,3 \text{ m}$ Šířka budovy $b = 140 \text{ m}$ Délka budovy $d = 205 \text{ m}$ **TLAK VĚTRU NA STĚNY - VÍTR Y**

POHLED NA STĚNU

 $h/d = 0,1 \text{ m}$

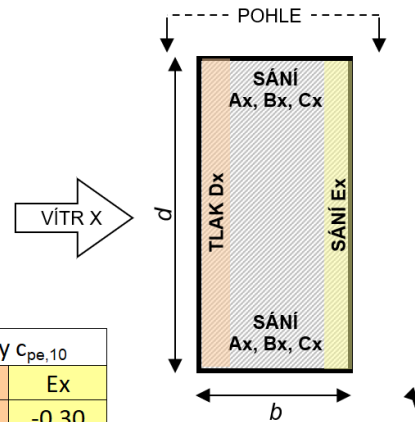
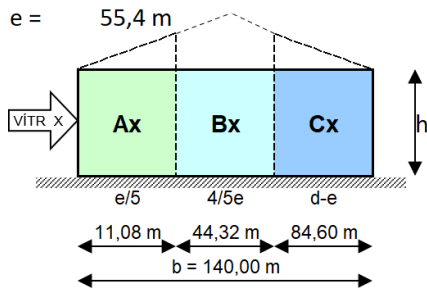
Součinitel vnějšího tlaku na stěny $C_{pe,10}$				
Ay	By	Cy	Dy	Ey
-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30



Ay	B	Cy	Dy	Ey
$w_{e,Ax}(z)$	$w_{e,Bx}(z)$	$w_{e,Cx}(z)$	$w_{e,Dx}(z)$	$w_{e,Ex}(z)$
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-0,919	-0,612	-0,383	0,536	-0,23

TLAK VĚTRU NA STĚNY - VÍTR X

POHLED NA STĚNU



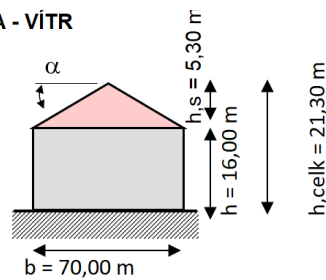
Součinitel vnějšího tlaku na stěny $c_{pe,10}$				
Ax	Bx	Cx	Dx	Ex
-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30

$h/b = 0,2 \text{ m}$

Ax	Bx	Cx	Dx	Ex
$w_{e,Ax}(z)$	$w_{e,Bx}(z)$	$w_{e,Cx}(z)$	$w_{e,Dx}(z)$	$w_{e,Ex}(z)$
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-0,919	-0,612	-0,383	0,536	-0,23

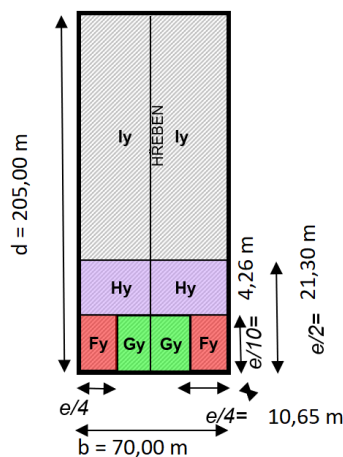
SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR

$h_s = 5,30 \text{ m}$
 $\alpha = 8,61^\circ$
 $h_{celk} = 21,30 \text{ m}$



SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR Y

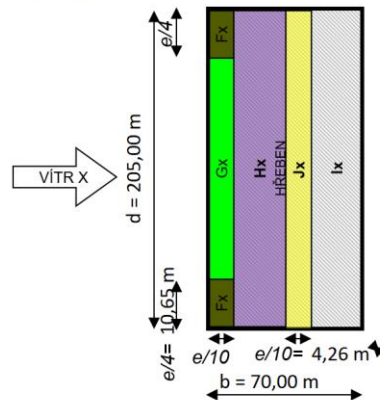
$e = 42,6 \text{ m}$



Tlak působící na příslušnou oblast			
Fy	Gy	Hy	ly
$w_{e,Fy}(z)$	$w_{e,Gy}(z)$	$w_{e,Hy}(z)$	$w_{e,ly}(z)$
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-1,051	-0,916	-0,468	-0,397

Pozn. Kladné hodnoty součinitelů udávají zatížení větrem směrem dolů

SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR X
e = 42,6 m



Tlak působící na příslušnou oblast střechy				
Fx	Gx	Hx	Ix	Jx
$W_{e,Fx}(z)$	$W_{e,Gx}(z)$	$W_{e,Hx}(z)$	$W_{e,Ix}(z)$	$W_{e,Jx}(z)$
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-0,995	-0,744	-0,347	-0,372	-0,164
0,051	0,051	0,051	-0,270	-0,270

Pozn. Kladné hodnoty součinitelů udávají zatížení větrem směrem dolů

Pro předběžné posouzení uvažuji nejvyšší a nejnižší hodnotu pro daný směr, stejně tak dvě další hodnoty pro x+ a x-, které uvádím do výběrové kombinace.

2.2. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE

Vnější zatížení působící na konstrukci spočívá na plášti konstrukce přichyceném na prostorových příhradových vaznicích (varianty viz dále), které zatížení dále přenášejí do hlavních nosných vazeb halové konstrukce. Pro variantu 1 byl zvolen prostorově příhradový model dvoulodní sedlové haly.

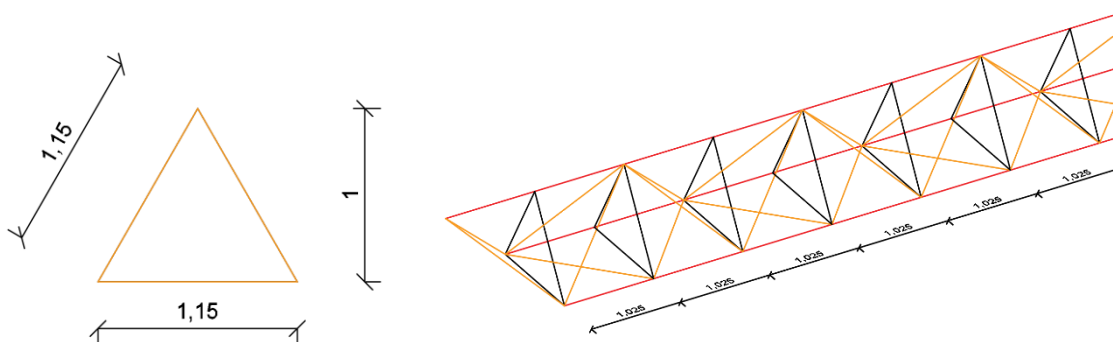
2.2.1. NÁVRH VAZNICE

Vaznice byla uvažována jako kloubově připojená v každém poli (nespojité), držaná za horní pásnici. Pro maximální efektivitu bylo vyzkoušeno několik variant vaznic s trojúhelníkovým průřezem s různými uspořádáními diagonál.

označení modelu	průřez	zdvojená pásnice	h	a	b	diagonály	
000	1	rovnostranný trojúhelník	spodní	1	1,15	1,15	tažené
	2	rovnostranný trojúhelník	spodní	1	1,15	1,15	tah/tlak

	3	rovnostranný trojúhelník	spodní	1	1,15	1,15	střídavě
	4	rovnoramenný trojúhelník	spodní	0,992	0,95	1,1	tah
	5	rovnostranný trojúhelník	spodní	0,5196	0,6	0,6	tah
	6	rovnostranný trojúhelník	horní	1	1,15	1,15	tažené
	7	rovnostranný trojúhelník	horní	1	1,15	1,15	tah/tlak

Nejefektivnější a nejproveditelnější variantou byla shledána varianta 0001.



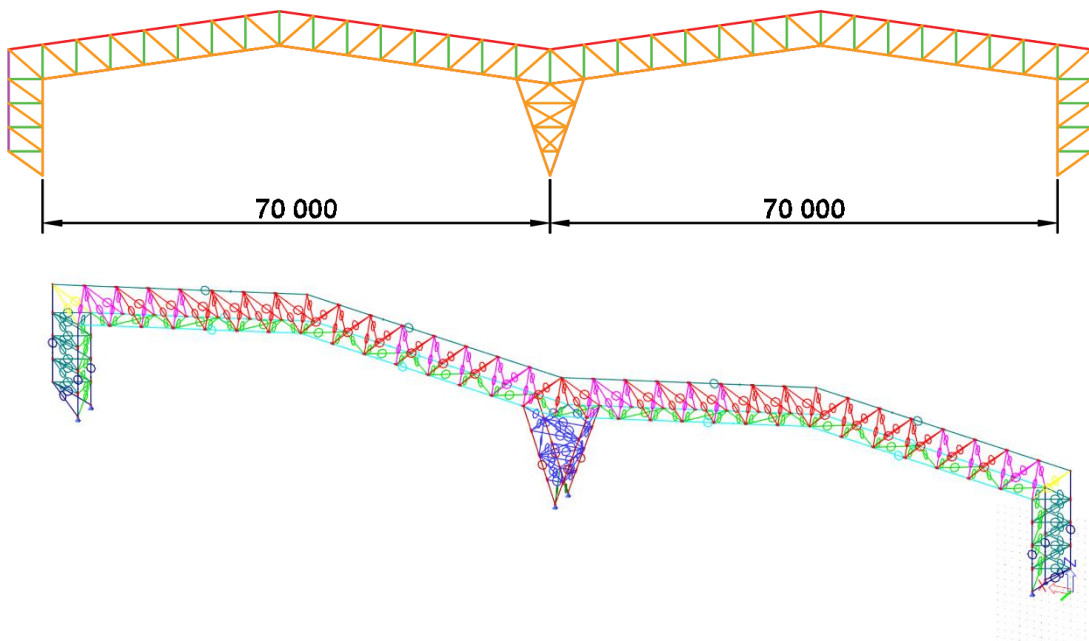
Rovnostranný trojúhelníkový průřez s délkou hrany 1,15 metru s diagonálami orientovanými tak, aby byly vždy tažené.

PRVEK		PRŮŘEZ	max využití
spodní pásnice	2x	63,5x5,6	81%
horní pásnice	1x	76,1x5,6	71%
diagonály		38,0x5,6	66%

hmotnost (pro 1 pole)	1200 kg
průhyb	56,5 mm

2.2.2. NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY

Hlavní nosná vazba byla navržena jako prostorový příhradový rám s dvěma klouby o dvou polích, jehož příčle vytvářejí sedlový tvar haly. Rozpon každé z lodí je 70 metrů.



prvek	průřez	max. využití
horní pásnice	267,0x14,2	72%
dolní pásnice	127,0x8,0	65%
diagonály v příčli 1	298,5x14,2	93%
diagonály v příčli 2	108,0x6,3	92%
diagonály v příčli 3	177,8x10,0	94%
spodní diagonály	193,7x14,2	34%
střední sloup svislice	159,0x11,0	86%
diagonály ve stř. sloupu 1	108,0x6,3	65%
diagonály ve stř. sloupu 2	114,3x8,0	71%
krajní sloupy svislice	193,7x14,2	79%
diagonály kraj. sloupu 1	168,3x10,0	76%
diagonály v kraj. sloupu 2	168,3x14,2	94%

vodorovný posun	31,5	mm
svislý posun	141,1	mm
hmotnost	82 000	kg
hmotnost kratší vazby	35 000	kg

2.3. SHRNUTÍ VARIANTY

Odhad hmotnosti varianty = 267x vaznice + 8x hlavní vazba + 3x kratší hlavní vazba
 = 267x1 200 + 8x82 000 + 3x35 000 = 1 081 400 kg

Odhad ceny varianty = cena za kg oceli - 100kč
 = + 15% na spoje
 = 100x1 081 400x1,15 = 124 361 000 Kč

3. VARIANTA 2

3.1. ZATÍŽENÍ

VIZ VARIANTA 1

3.2. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE

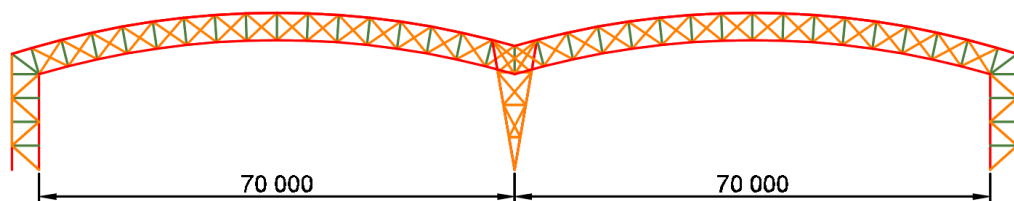
Varianta s příčnou vazbou, jejíž krajní sloupy jsou vetknuté, střední sloup je kloubově podepřen a příčle je mírně vyklenuta.

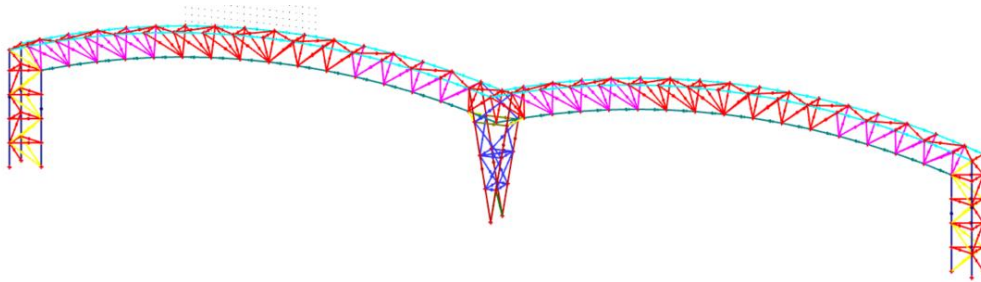
3.2.1. NÁVRH VAZNICE

VIZ 2.2.1.

3.2.2. NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY

Příčel rámu je v této variantě navržena jako klenbová s mírným vzepětím (poloměr zakřivení $r = 125$ m). Rozpon každé z lodí je 70 metrů. Oproti první variantě jsou všechny tři svislíce ukotveny do základů zvlášť.





prvek	průřez	max. využití
horní pásnice	244,5x16,0	57%
dolní pásnice	323,9x16,0	90%
diagonály v příčli 1	127,0x8,0	88%
diagonály v příčli 2	177,8x10,0	75%
diagonály v příčli 3	193,7x14,2	94%
horní diagonály	127,0x8,0	1%
střední sloup svislice	193,7x12,5	73%
diagonály ve stř. sloupu 1	108,0x6,3	60%
diagonály ve stř. sloupu 2	127,0x8,0	49%
diagonály ve stř. sloupu 3	127,0x8,0	89%
krajní sloupy svislice	219,1x14,2	91%
diagonály kraj. Sloupu 1	127,0x8,0	76%
diagonály v kraj. Sloupu 2	139,7x8,0	13%
vyztužení u sloupku	152,4x8,8	66%

vodorovný posun	29,1	mm
svislý posun	144,5	mm
hmotnost	100 000	kg
hmotnost kratší vazby	40 000	kg

3.3. SHRNUTÍ VARIANTY

$$\begin{aligned} \text{Odhad hmotnosti varianty} &= 267 \times \text{vaznice} + 8 \times \text{hlavní vazba} + 3 \times \text{kratší hlavní vazba} \\ &= 267 \times 1\,200 + 8 \times 100\,000 + 3 \times 40\,000 = 1\,240\,400 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Odhad ceny varianty} &= \text{cena za kg oceli} - 100 \text{ Kč} \\ &= + 15\% \text{ na spoje} \\ &= 100 \times 1\,240\,400 \times 1,15 = 142\,646\,000 \text{ Kč} \end{aligned}$$

4. VARIANTA 3

4.1. ZATÍŽENÍ

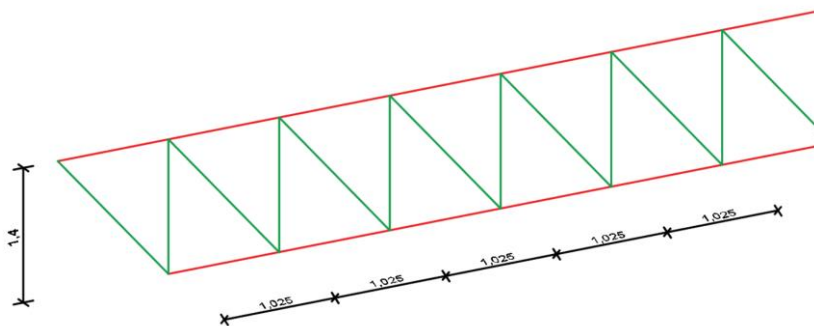
VIZ VARIANTA 1

4.2. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE

Varianta s dvěma dvoukloubovými rámy s příhradovou prostorovou vyklenutou příčlím.

4.2.1. NÁVRH VAZNICE

Příhradová rovinná vaznice o výšce 1,4 metru, uchycená kloubově za horní pas mezi rámy kopírující zakřivení příčle. Jednotlivé vaznice jsou mezi sebou stabilizovány táhly přichycenými za spodní pas ve třetinách rozponu vaznic.

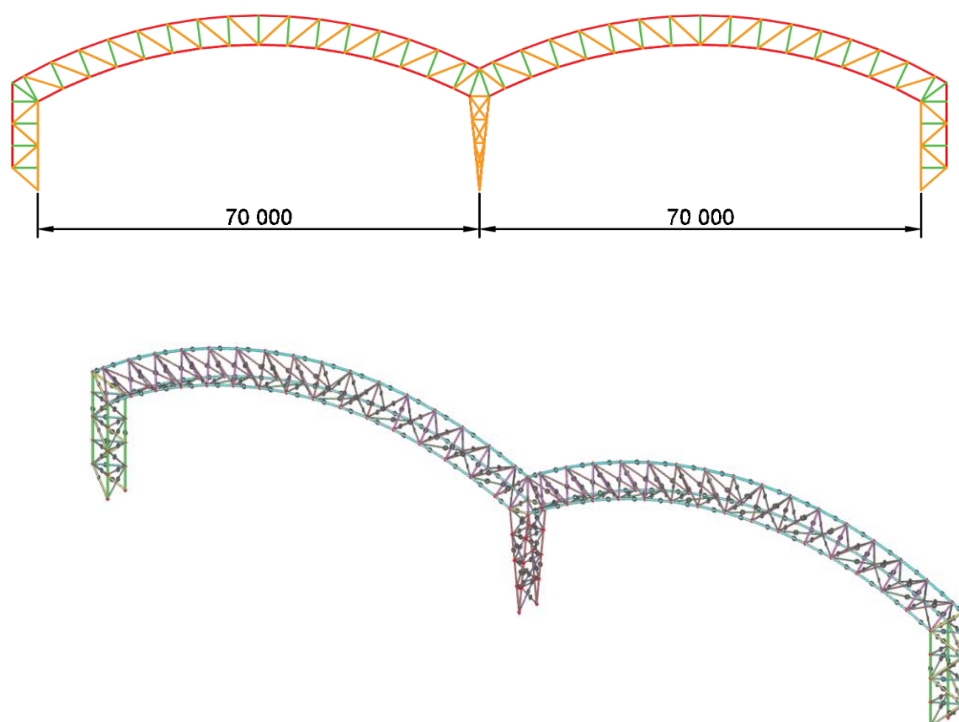


prvek		PRŮŘEZY	max využití
spodní pásnice	1x	88,9x7,1	76%
horní pásnice	1x	60,3x7,1	52%
diagonály		57,0x6,3	46%

hmotnost (pro 1 pole)	1000 kg
průhyb	35,5 mm

4.2.2. NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY

Hlavní nosná vazba je navržena jako prostorový příhradový rám o dvou polích, s klenutou příčlím s poloměrem zakřivení $r = 72,5$ m. Rozpon každé z lodí je 70 metrů.



prvek	průřez	max. využití
horní pásnice	273,0x14,2	90%
dolní pásnice	244,5x14,2	98%
diagonály v příčli 1	127,0x8,0	54%
diagonály v příčli 2	177,8x10,0	78%
rámový roh	219,1x14,2	70%
spodní diagonály	108,0x6,3	10%
střední sloup svislice	193,7x12,5	65%
diagonály ve stř. sloupu 1	108,0x6,3	49%
diagonály ve stř. sloupu 2	193,7x14,2	69%
krajní sloupy svislice	244,5x14,2	93%
krajní sloupy svislice 2	267,0x16,0	97%
diagonály kraj. Sloupu 1	168,3x10,0	7%
diagonály v kraj. Sloupu 2	193,7x14,2	66%

vodorovný posun	104,7	mm
svislý posun	149,1	mm
hmotnost	89500	kg
hmotnost kratší vazby	36000	kg

4.3. SHRNUÍ VARIANTY

Odhad hmotnosti varianty = 267x vaznice + 8x hlavní vazba + 3x kratší hlavní vazba

$$= 267 \times 1\,000 + 8 \times 89\,500 + 3 \times 36\,000 = 1\,091\,000 \text{ kg}$$

Odhad ceny varianty = cena za kg oceli - 100kč

= + 15% na spoje

$$= 100 \times 1\,091\,000 \times 1,15 = 125\,465\,000 \text{ Kč}$$

5. VARIANTA 4

5.1. ZATÍŽENÍ

VIZ 2.1.

5.2. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE

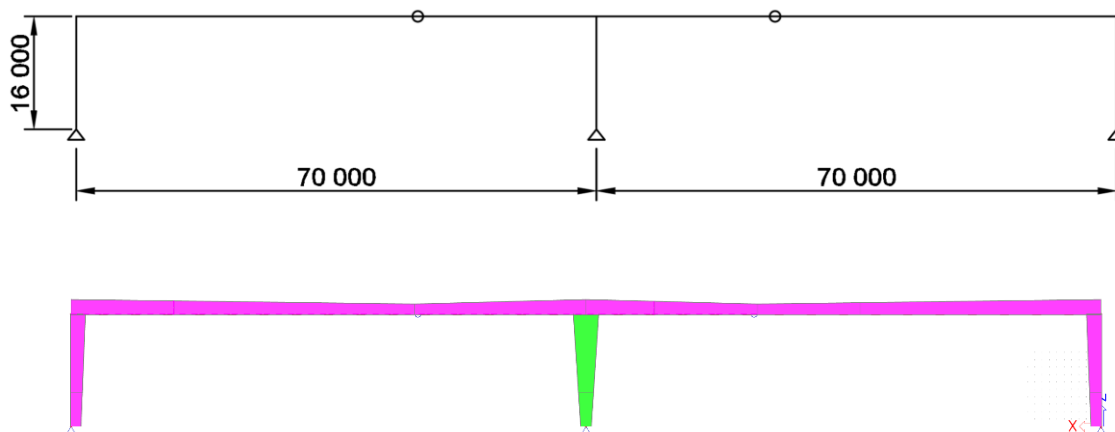
Příčné vazby jsou pro tuto variantu dvakrát blíže k sobě (tedy 10,25 metru). Staticky se jedná o dva trojkloubové rámy sdílející střední dílec.

5.2.1. NÁVRH VAZNICE

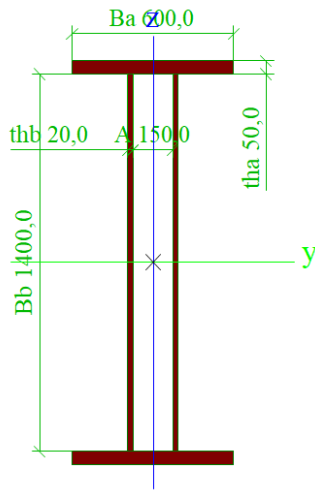
Viz 2.2.1.

5.2.2. NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY

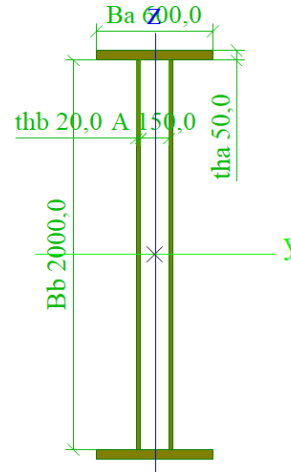
Příčná vazba této varianty je navržena jako plnostěnný rám proměnného průřezu.



Průřez 1



Průřez 2



vodorovný posun	122,3	mm
svislý posun	199,8	mm
hmotnost	184000	kg
hmotnost kratší vazby	41200	kg

5.3. SHRNUTÍ VARIANTY

Odhad hmotnosti varianty = 267x vaznice + 15x hlavní vazba + 5x kratší hlavní vazba
 = 267x1 000 + 15x184 000 + 5x41 200 = 3 233 000 kg

Odhad ceny varianty = cena za kg oceli 100kč
 = + 15% na spoje
 = 100x3 233 000x1,15= 371 795 000 Kč

6. POROVNÁNÍ VARIANT

V rámci předběžného posouzení bylo testováno mnoho různých variant typů příčných vazeb. Základním předpokladem byla potřeba příhradové konstrukce, která bývá nejlepší volbou pro konstrukce s tak velkým rozponem. Tento předpoklad se ukázal být správným, neboť plnostěnná varianta již od prvních pokusů vycházela vždy jako nejméně hospodárná. Od prvotní idey plnostěnného nosníku s výrazně subtilnějšími dimenzemi bylo nutné postupným upravováním dospět až k popsané variantě 4 – tedy poměrně masivní komorový proměnný průřez s polovičními roztečemi. Dalším krokem tedy byla volba vhodného tvaru a příslušné orientace diagonál v příhradovém systému. Po zvážení a výpočtu prvních modelů bylo přistoupeno k návrhu prostorového příhradového rámu, který dovoluje použít subtilnější průřezy a zároveň poskytuje větší stabilitu oproti rovinné variantě. Ta byla při finalizaci podrobněji řešeného návrhu použita pro štítové a zdvojené dilatační vazby. Tvarově byly zpracovány tři typy této příhradové vazby – sedlová příčle a dvě obloukové o různých poloměrech zakřivení. Pro každou bylo zároveň zvážena možnost zdvojené horní a spodní pásnice. Během procesu optimalizace těchto variant však přestal být rozdíl v hmotnosti tak velký a pro podrobněji řešenou variantu byla vybrána konstrukce, kterou jsem shledával vizuálně nejpůsobivější – variantu 3.