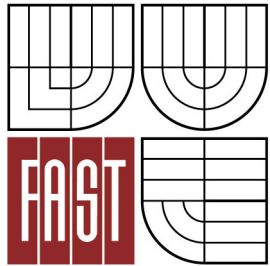




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍ MECHANIKY

Faculty Of Civil Engineering
Institute of Structural Mechanics

STUDIE CHOVÁNÍ TRADIČNÍCH TESAŘSKÝCH KONSTRUKCÍ

BEHAVIOR OF TRADITIONAL CARPENTRY STRUCTURES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUCIE ŠAFRÁNKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
BRNO 2013

Ing. ROSTISLAV ZÍDEK, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavební mechaniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Lucie Šafránková
Název	Studie chování tradičních tesařských konstrukcí
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Rostislav Zidek, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] EN 1991-1-1-1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [3] EN 1991-1-1-3 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.
- [4] EN 1991-1-1-4 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.
- [5] EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí, Část 1-1: Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [6] ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Zásady pro vypracování

Práce je koncipována jako studie statického působení konstrukcí tradičních dřevěných krovů. Cílem je modelování a posouzení různých variant konstrukčního uspořádání a tvarů zastřešení. Dílčí cíle budou zaměřeny na tvorbu výpočtových modelů střešních konstrukcí, stanovení zatížení, kombinací zatížení, výpočtu vnitřních sil a přemístění konstrukce a následné statické posouzení vybraných prvků a detailů, popřípadě návrh variantních řešení. Pro výpočet vnitřních sil a přemístění bude využit vhodný MKP program. Výchozími předpisy pro stanovení zatížení a provedení posudků bude systém Eurokodů [1-5], popřípadě platná norma [6].

Předepsané přílohy

.....
Ing. Rostislav Zídek, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce „Studie chování tradičních tesařských konstrukcí“ se zabývá analýzou chování tradičních dřevěných krovů. Na základě skutečného provedení konstrukcí krovů jsou vytvořené prostorové výpočtové modely, jednotlivé konstrukční prvky jsou posouzeny na první i druhý mezní stav a posouzený jeden spoj. Pro analýzu rovinných i prostorových modelu se použil program SCIA Engineer 2011.1.

Klíčová slova

Dřevěné konstrukce

Krov

Výpočtový model

Plná vazba

Prostorový model

Abstract

Bachelor's thesis "Study of behavior carpenter's of traditional timber roof trusses" analyzes the behavior of traditional timber roof trusses. Based on the actual design of roof trusses tree-dimensional computational models are created, individual structural elements are assessed on the first and second limit state and one connection are considered. For the analysis of planar and tree-dimensional model programme SCIA Engineer 2011.1. is used.

Keywords

Timber structures

Roof truss

Computational model

Full link

Tree- dimensional

Bibliografická citace VŠKP

ŠAFRÁNKOVÁ, Lucie. *Studie chování tradičních tesařských konstrukcí*. Brno, 2013. XX s., YY s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky. Vedoucí práce Ing. Rostislav Zídek, Ph. D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 18. 5. 2013

.....

podpis autora
Lucie Šafránková

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Rostislavu Zídkovi, Ph.D. za ochotu, toleranci a především trpělivost, kterou se mnou měl. Dále bych chtěla poděkovat svým příbuzným a přátelům, kteří mě bezvýhradně podporovali, a především svým rodičům za to, že mi byli oporou po celou dobu studia.

V Brně dne 23. 5. 2013

.....
podpis autora

Obsah

Obsah	8
1. Úvod.....	9
2. MODEL A VÝPOČET STOJATÉ STOLICE VE 2D	10
2.1. Modely krokví.....	10
2.2. Model vaznice.....	15
2.3. Model stojaté stolice	17
3. PROSTOROVÝ MODEL SEDLOVÉ STŘECHY S PLNOU HAMBALKOVOU VAZBOU	24
3.1. Model kleštiny na pozednici i vaznici	25
3.2. Model kleštin na pozednici	29
4. PROSTOROVÝ MODEL VALBOVÉ STŘECHY	33
5. PROSTOROVÝ MODEL POLOVALBOVÉ STŘECHY	41
6. PROSTOROVÉ KŘÍŽENÍ SEDLOVÉ STŘECHY	49
7. Závěr	59
8. Seznam použité literatury.....	60
9. Přílohy.....	61



1. Úvod

Tradiční tesařské konstrukce, jako jsou krovy, se vyrábějí již dlouhá léta. V dnešní době se s nimi můžeme setkat u rekonstrukcí, většinou se krovy navrhují především pro využití podkrovního prostoru. Tato studie je zaměřená na chování různých druhů krovů v prostoru, obohacená o sněhovou oblast V, ve které autor této práce vyrůstal. I když to není nejvíce zatěžovaná oblast sněhem, přeci jen si lze povšimnout, jak velký vliv má sněhová zátěž na celou konstrukci. Všechny modely v této práci se snaží co nejvíce přiblížit skutečnému provedení.

2. MODEL A VÝPOČET STOJATÉ STOLICE VE 2D

2.1. Modely krokví

Krokev je z jehličnatého, lepeného dřeva s charakteristickou pevnostní třídou C22. Další charakteristické hodnoty např. pevnost, tuhost a hustota dřeva jsou určeny podle tabulky v [1]. Obdélníkový průřez krokve je 100/160 mm a oslabený průřez 100/107 mm (osedlání krokve na vaznici). Sklon střechy je navržen pod úhlem 35°. Skladba střešního pláště je uvažována jako betonová krytina, hydroizolace, tepelná izolace v tloušťce 200 mm a bednění.

Zatížení se rozděluje na stálé a nahodilé. Stálé zatížení je vlastní tíha samotné konstrukce a její části, které po dobu životnosti neustále působí např. střešní plášť. Do nahodilých zatížení se zařazuje klimatické a mimořádné. Za klimatická zatížení můžeme považovat zatížení sněhem a větrem. K určení správnosti těchto zatížení je zapotřebí mapa větrných i sněhových oblastí, které jsou v [5], [6]. Za mimořádné zatížení je počítáno například zemětřesení, to zde však uvažovat nebudeme. Záleží také na působení daného zatížení, které může být dlouhodobé, střednědobé, krátkodobé či okamžité.

Místo, kde je uvažována stavba se nachází na východě České republiky, konkrétně v Krkonoších. Jedná se o malé městečko, blízko polských hranic, jménem Žacléř. Pro tuto oblast se určí z map hodnoty pro výpočet větru a sněhu.



Obr. 2.1.1. Mapa, kde leží město Žacléř.



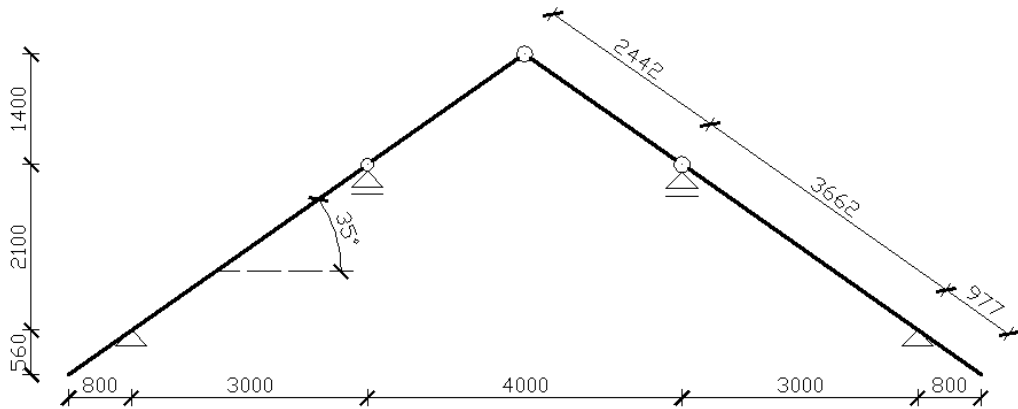
Obr. 2. 1. 2. Náměstí Žaclěře v zimě.

Krokve byly zatíženy následujícími zatěžovacími stavy:

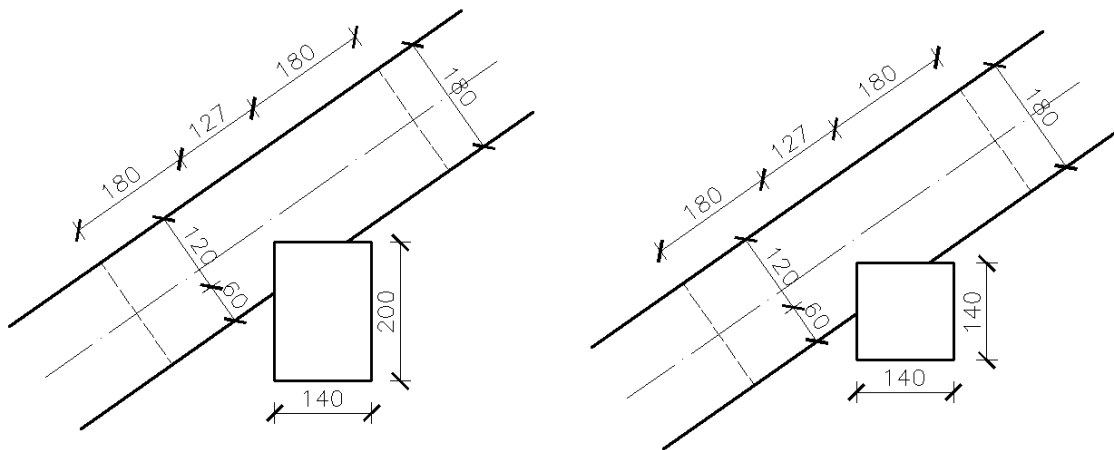
1. ZS. Vlastní tíha (stálé zatížení)
2. ZS. Ostatní stálé zatížení (stálé zatížení střešní pláště)
3. ZS. Sníh plný (nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
4. ZS. Sníh nesymetrický (zprava, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
5. ZS. Sníh nesymetrický (zleva, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
6. ZS. Vítr zprava (nahodilé výběrové zatížení, kdy napravo od hřebene dochází k tlaku a nalevo od hřebene dochází k sání, větrová oblast II)
7. ZS. Vítr zleva (nahodilé výběrové zatížení, kdy nalevo od hřebene dochází k tlaku a napravo od hřebene k sání, větrová oblast II)

Program, ve kterém bylo modelováno, nabízí funkci „výběrové zatížení“, jež patří do skupiny nahodilé. Program vybere jeden ze zatěžovacích stavů pro vítr a sníh.

Rozměry jsou podle obr 2. 1. 3., na styku pozednice s krokví a vaznice s krokví je vymodelovaný oslabený průřez. Tímto do výpočtu zahrneme osedlání krokve na pozednici a vaznici. Pro zatížení jsou krokve uvažovány ve vzdálenosti jednoho metru. Zastřešení celého krovu je 10 metrů.



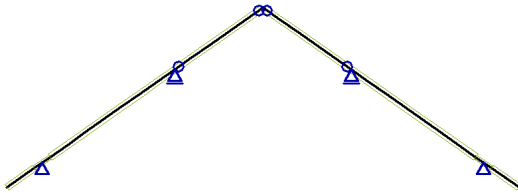
Obr. 2.1.3 Geometrie krokve.



Obr. 2.1.4. Vlevo je schéma uložení krokve na vaznici a vpravo krokve na pozednici.

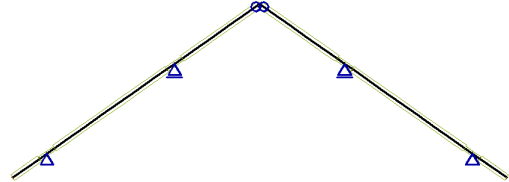
Zatížení různých variant krokví

Varianta 1



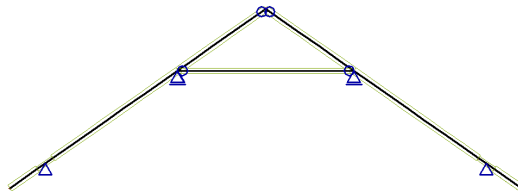
- 1) Trojkloubový rám ze dvou prutů, ve spodní části kce jsou pruty uloženy na pozednici (pevné podpory), vaznice jako posuvné ve směru x.
- 2) Zatížení krokví je vlastní tíha, ostatní stálé (střešní krytina) a klimatické zatížení větrem a sněhem

Varianta 2



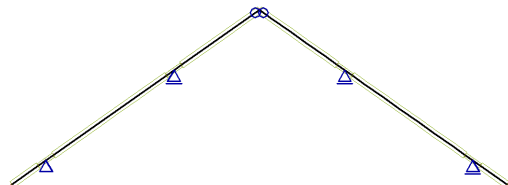
- 1) Model se skládá ze dvou prutů ve vrcholu kloubově spojeny, vaznice jsou modelovány jako posuvné podpory ve směru x a pozednice jako pevné.
- 2) Zatížení krokví je vlastní tíha, ostatní stálé (střešní krytina) a klimatické zatížení větrem a sněhem.

Varianta 3



- 1) Trojkloubový rám ze dvou prutů (krokve) a prutu spojující krokve (kleštiny), krokve jsou ve vrcholu kloubově spojeny, vaznice jsou modelovány jako posuvné podpory ve směru x a pozednice jako pevné podpory.
- 2) Zatížení krokví je vlastní tíha, ostatní stálé (střešní krytina) a klimatické zatížení sněhem a větrem.

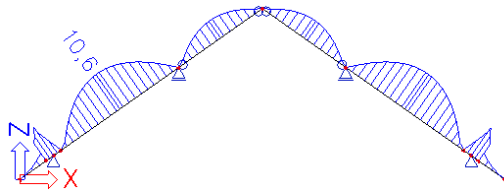
Varianta 4



- 1) Model se skládá ze dvou prutů ve vrcholu kloubově spojený, vaznice a pravá pozednice jsou modelovány jako posuvné podpory ve směru x, levá pozednice jako pevná podpora.
- 2) Zatížení krokví je vlastní tíha, ostatní stálé (střešní krytina) a klimatické zatížení sněhem a větrem.

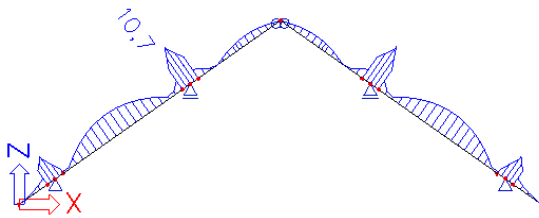
Výsledné napětí na prutech

Varianta 1



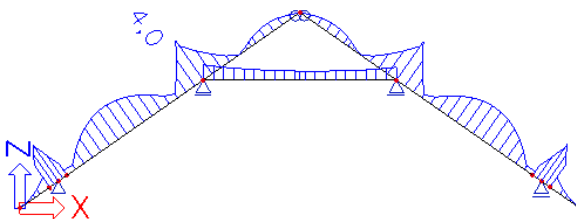
Největší napětí na prutu je mezi vaznicí a pozednicí.

Varianta 2



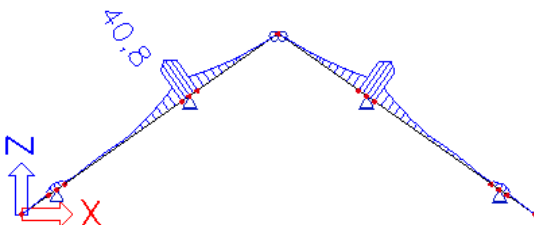
Největší napětí je na oslabeném průřezu v místě osedlání krokve na vaznici.

Varianta 3



Největší napětí je na oslabeném průřezu v místě osedlání krokve na vaznici.

Varianta 4



Největší napětí je v oslabeném průřezu v místě osedlání krokve na vaznici. Vznikají nadměrná napětí, tato kce je nestabilní.

Nejlépe vyhovující typem statického řešení krokví je varianta 3, kdy kleštiny brání rozjetí krokví od sebe. Dochází zde k nejmenším posunům cca 2 mm. Nejhorší případ, který byl vypočten, je varianta 4, kdy nám posuvná podpora na pozednici dovolí velké posunutí ve směru x, v tomto případě pro lepší představivost došlo k posunu o 65 mm. Důvodem proč dojde k takovému posunutí je, že konstrukce nemá kleštiny, které drží krokve proti tomuto posunutí. Nadále budeme pokračovat variantou tři. Zatížení vyvodí na krokvi různé reakce způsobené růzností zátěžových stavů. Těmito reakcemi zatížíme následující vaznici.

2.2. Model vaznice

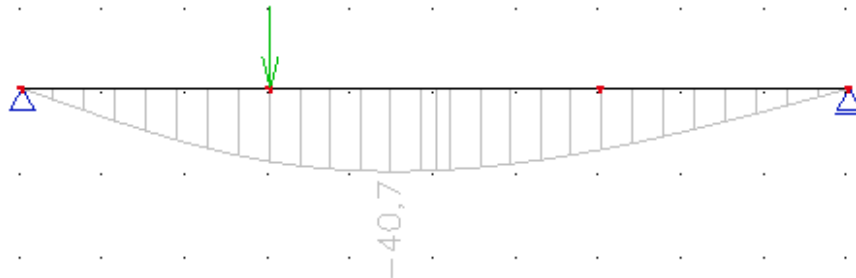
Vymodelovaná konstrukce se skládá z vaznice, sloupků a pásky. Vaznice je podélně uložena na posuvných podporách ve skutečnosti nahrazující uložení vaznice do štítové zdi. K vaznici jsou připojeny kloubově pásky a sloupek, který pak následně tvoří plnou vazbu v krovu.

Vazný trám, na kterém je uložen sloupek, je poddajný jak ve směru x , tak i ve směru z , proto aby tento model fungoval, bylo nutno vypočítat pérovou konstantu v těchto směrech, v obou případech jsou pružné podpory.

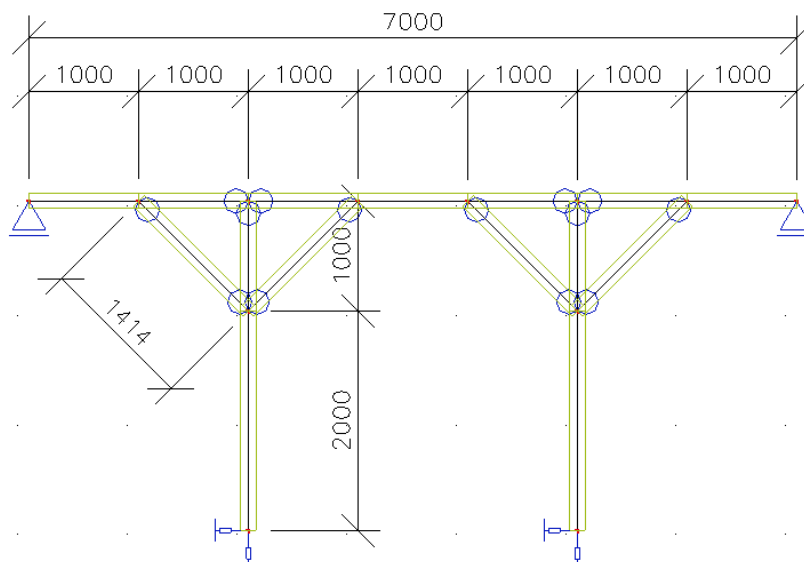
Pérová konstanta se spočítá podle vztahu,

$$\omega = \frac{1}{\delta}$$

kde δ je průhyb v milimetrech od jednotkové síly a v každém směru se počítá zvlášť.



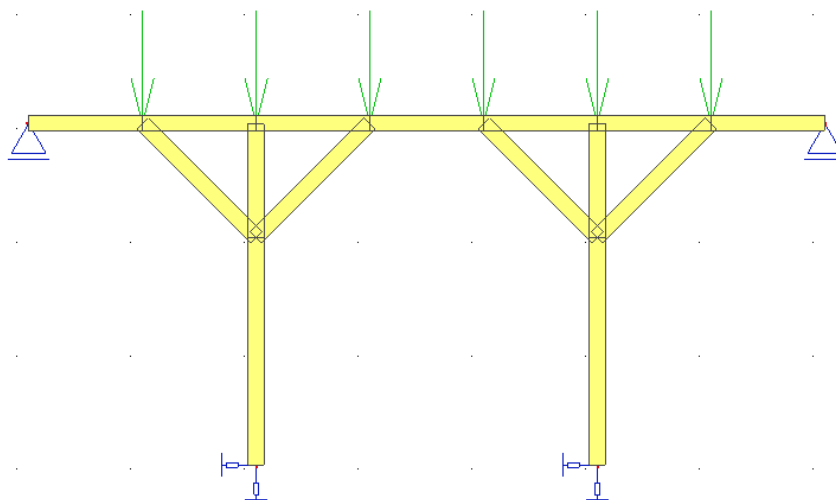
Obr. 2. 2. 1. Příklad zatížení jednotkovou silou na vazný trám ve směru x v bodě, kde je uložen sloupek.



Obr. 2. 2. 2. Geometrie vaznice.

Model jsme zatížili reakcemi od krokve varianty 3, kdy krokve jsou od sebe vzdáleny po jednom metru a plná vazba po třech metrech. Vaznice má obdélníkový průřez 140/140 mm o délce 7 metrů. Sloupek má rozměry 140/140 mm o výšce 3 metry.

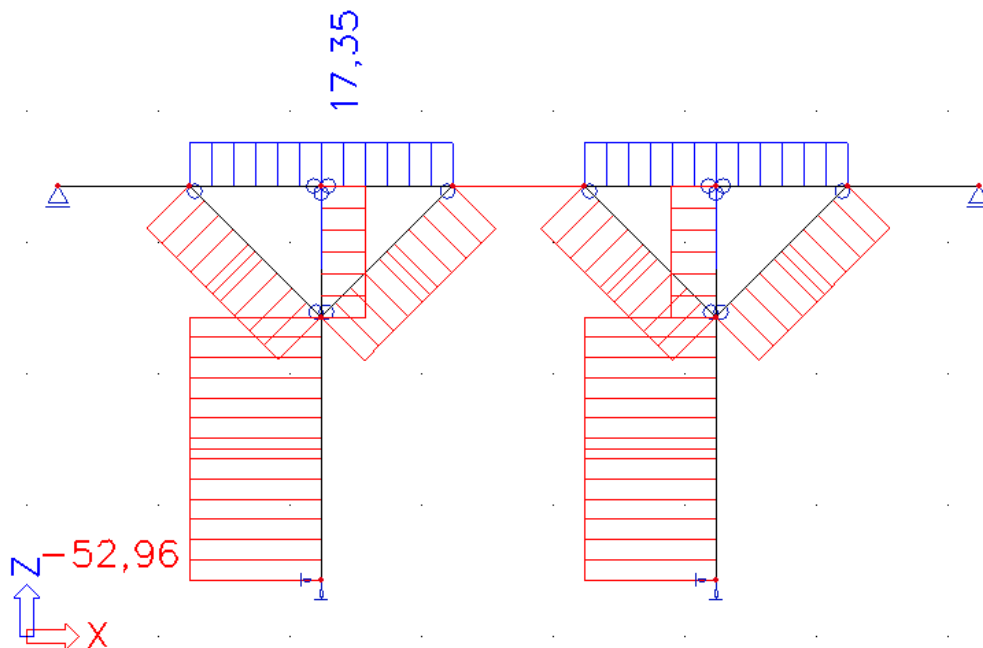
Pásy jsou k vaznici a sloupku připevněny pod úhlem 45° , průřez 140/140 mm, teoretická délka 1,441 metru.



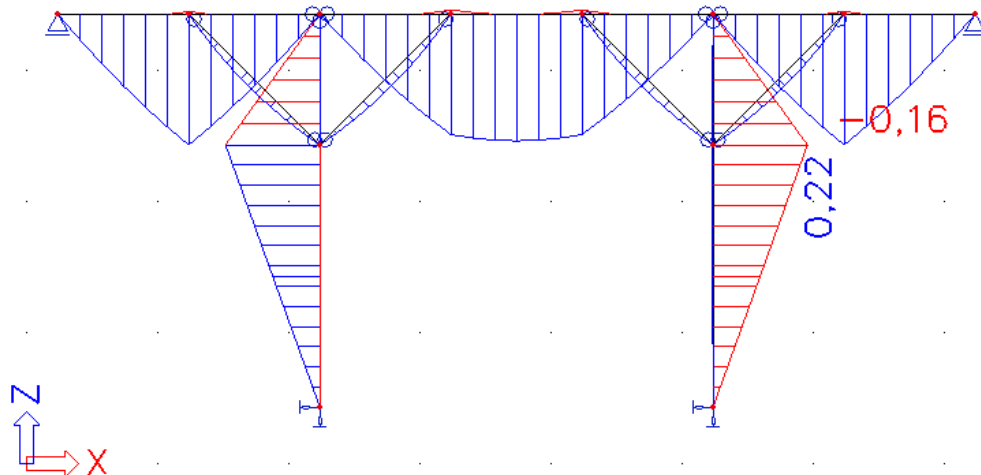
Obr. 2. 2. 3. Schéma zatížení vaznice reakcemi od krokví pro jednotlivé zatěžovací stavy.

Výpočet proběhl úspěšně, došlo k minimálním posunům, max. do 1 mm. Průhyb vaznice vyhověl meznímu stavu použitelnosti.

Vnitřní síly na vaznici



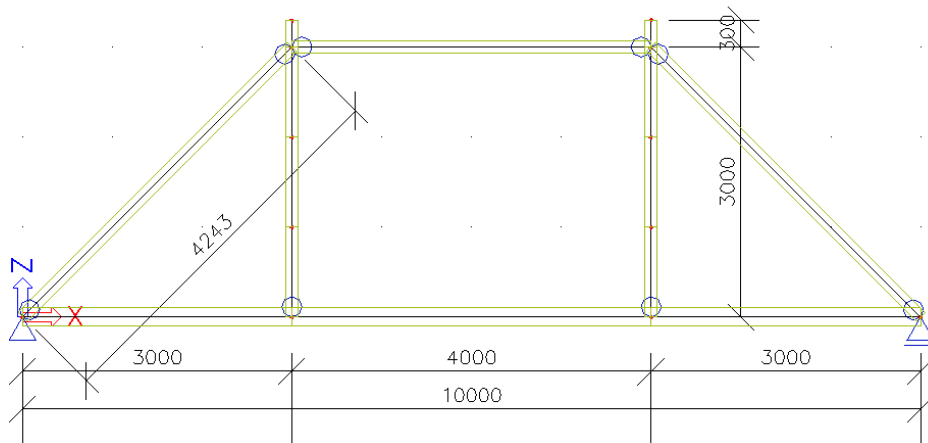
Obr. 2. 2. 4. Průběh normálových sil – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]



Obr. 2. 2. 5. Průběh ohybových momentů – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kNm]

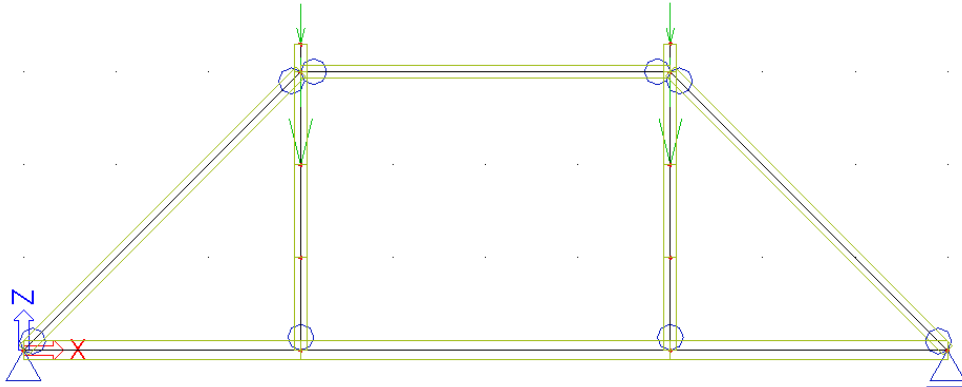
2.3. Model stojaté stolice

Posledním krokem k úplnému vypočítání krovu stojaté stolice ve 2D, je plná vazba. Plná vazba je složena z vazného trámu, sloupků, vzpěr a rozpěry. Vazný trám je uložen na jedné straně na posuvné podpoře a na druhé straně na pevné podpoře. Rozpěra je kloubově připojena na sloupek, stejně tak je vzpěra kloubově připojena k vaznému trámu a k sloupku. Jako spoj vazného trámu a vzpěry jsem navrhla dvojité zapuštění, jeho výpočtu se budeme věnovat dále.



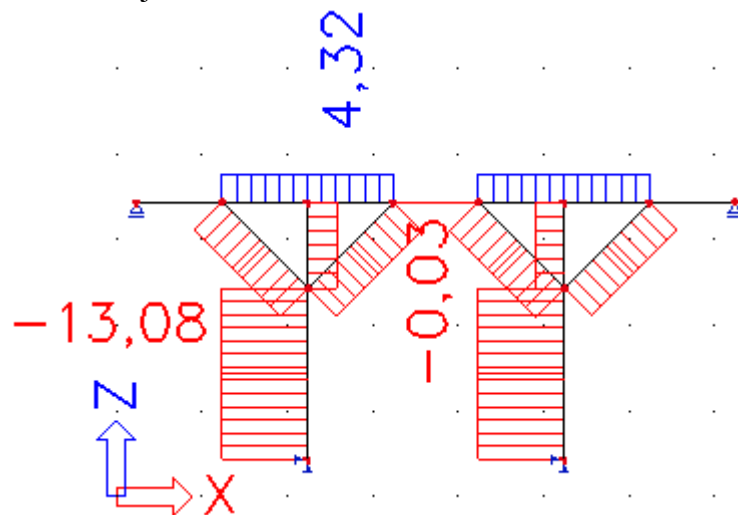
Obr. 2. 1. 10. Geometrie stojaté stolice.

Upřesnění geometrie v příčném řezu krovu je na obr. 1. 1. 10. Vazný trám má obdélníkový průřez 140/200 mm, délka 10 metrů a je uložen na stojato na podpory. Vzpěry, rozpěra a sloupek jsou stejného průřezu 140/140 mm v délkách podle předchozího obrázku. Nejvíce namáhanou částí na tlak budou vzpěry, kde dojde k přenosu největší části vnitřních sil.



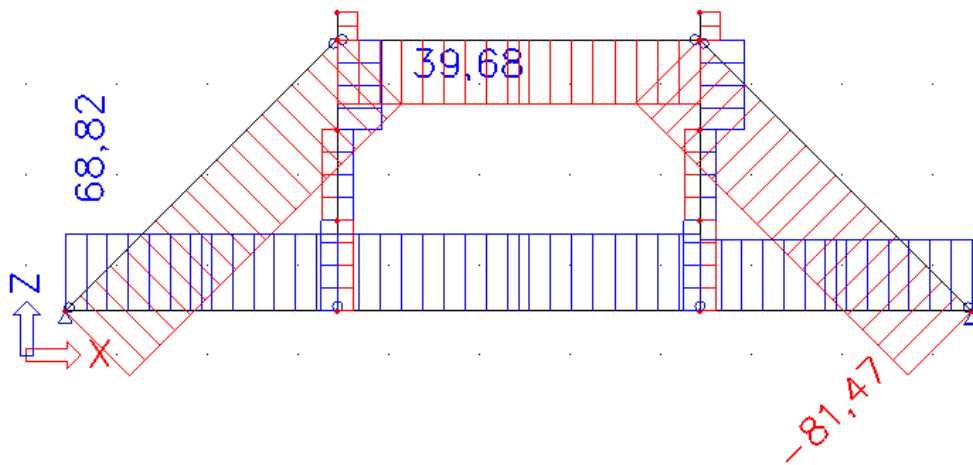
Obr. 2. 1. 11. Schéma přenosu zatížení reakcemi od krokví a rozložení zatížení do sloupků.

Na obr. 2. 1. 11. je znázorněno přesné zatížení stojaté stolice ve 2D. Je totiž nutné reakci, která je od krokví rozdělít. Rozdělení sil je podle normálových. Každý zatěžovací stav má v místě, kde se spojí pásek se sloupkem výrazný růst normálové síly. Z celkové síly působí v místě vaznice jen malá část a zbytek je přidělen až na styku sloupku s páskem. Odtud je už vnášena celá síla do konstrukce.

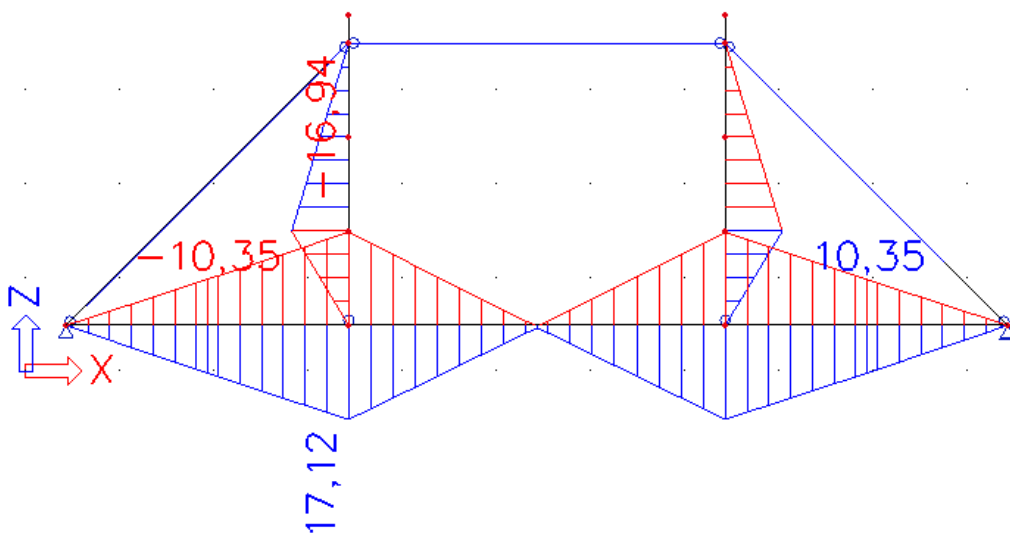


Obr. 2. 1. 12. Ukázka výrazného růstu síly v místě spojení pásku se sloupkem.

Vnitřní síly na plné vazbě stojaté stolice



Obr. 2. 1. 13. Průběh normálových sil – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]

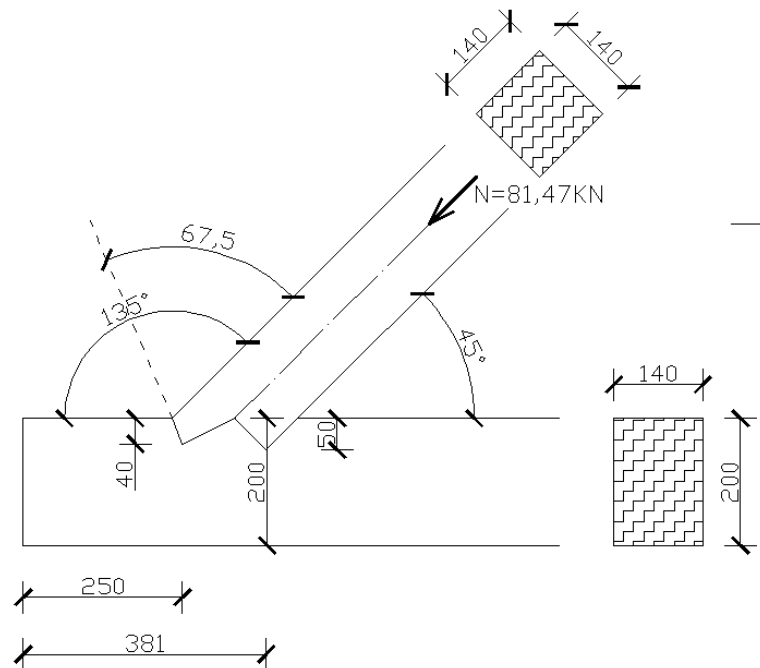


Obr. 2. 1. 14. Průběh ohybových momentů – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kNm]

Posouzení spoje – jednoduché čelní a dvojité zapuštění

Jedná se o již zmiňovaný spoj mezi vzpěrou a vazným trámem. Vypočteme přípoj pro přenos tlakových sil. Tlaková síla vzpěry je přitom přenášena v čelní ploše zapuštění. Tato plocha a geometrie zapuštění brání smykovému namáhání a přenáší tlakové síly do vazného trámu. Pro přenos co největší tlakové síly čelním zpuštěním je potřebné zvětšit sklon čelní plochy tak, že odpovídá polovičnímu úhlu beta (22,5) připojení vzpěry k vaznému trámu.

Existují dva druhy jednoduchého zapuštění a to čelní a patní. Zde se uvažuje jednoduché čelní zapuštění, protože při běžných sklonech vzpěry od 30° do 60° se uvažuje pro přenos tlakových sil pouze čelní plocha. Při navrhování

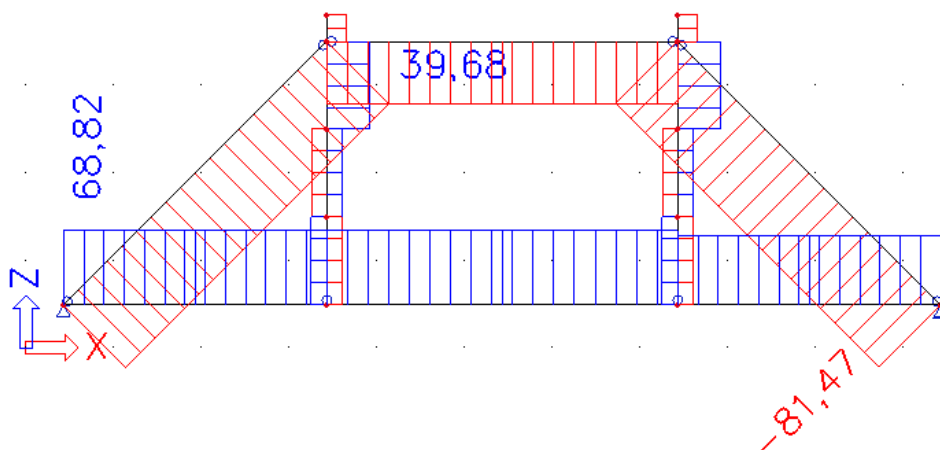


Obr. 2. 1. 16. Geometrie dvojitého zapuštění.

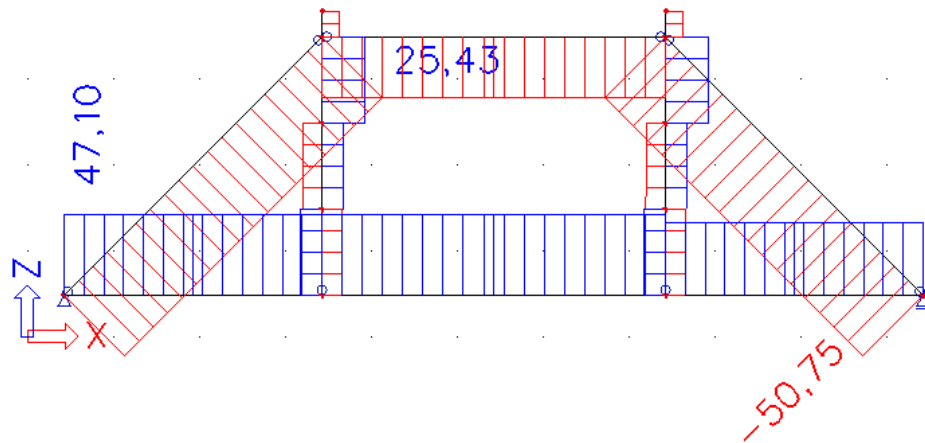
Takto navržený spoj vyhověl na otláčení a smyk podle [4].

Pokud budeme uvažovat stejnou situaci stojaté stolice a místo zatížení sněhové oblasti V, bude zde zatížení pro oblast Brna, neboli sněhovou oblast II a vzniknou velké změny v normálových silách a menší v ohybových momentech.

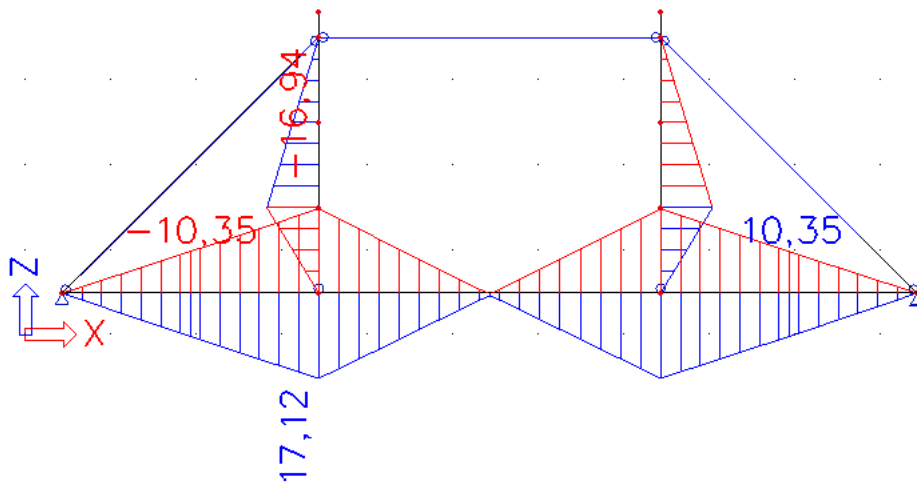
Porovnání obou sněhových oblastí podle vnitřních sil:



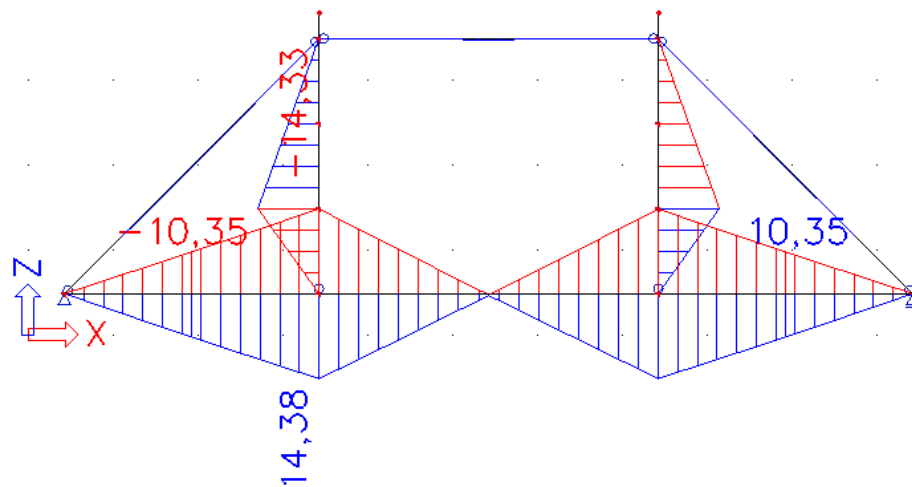
Obr. 2. 1. 17. Průběh normálových sil sněhové oblasti V – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]



Obr. 2. 1. 18. Průběh normálových sil sněhové oblasti II – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]



Obr. 2. 1. 19. Průběh ohybových momentů sněhové oblasti V – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti.

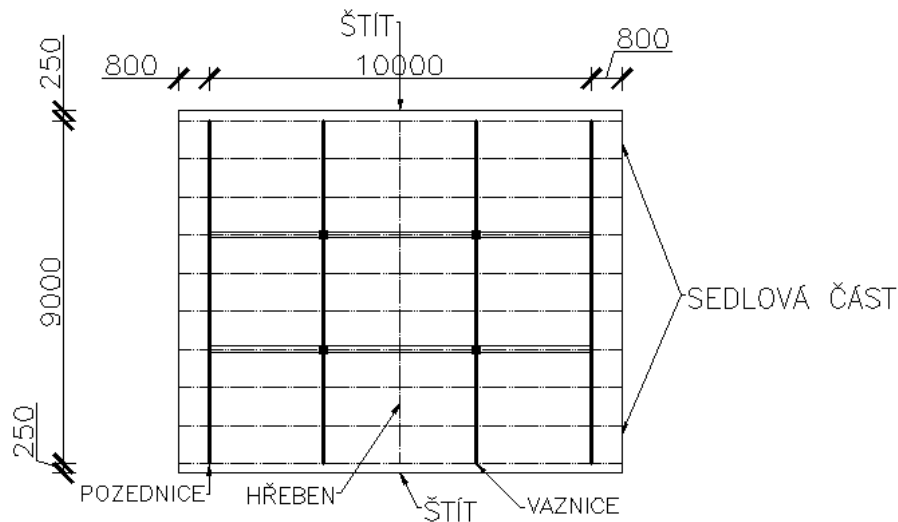


Obr. 2. 1. 20. Průběh ohybových momentů sněho vé oblasti II – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti.

Na celé konstrukci bylo znázorněno, že sněhová oblast má velký vliv na zatížení konstrukce. Při sněhové oblasti V je plná vazba po třech metrech, protože při vazbě po čtyřech metrech nevyhoví spoj - dvojitě zapuštění vazného trámu a vzpěry. V případě, kdy sněhová oblast je II a při dalších zatěžovacích stavech stejných jako ve sněhové oblasti V, si můžeme plnou vazbu dovolit po čtyřech metrech.

3. PROSTOROVÝ MODEL SEDLOVÉ STŘECHY S PLNOU HAMBALKOVOU VAZBOU

Model sedlové střechy se skládá z plné vazby tzv. Hambálek, který je po 3 metrech od sebe vzdálený. Modelovány byly dva případy. V prvním případě budou kleštiny jak na pozednici, tak na vaznici a v druhém případě dáme kleštiny jen na pozednici.



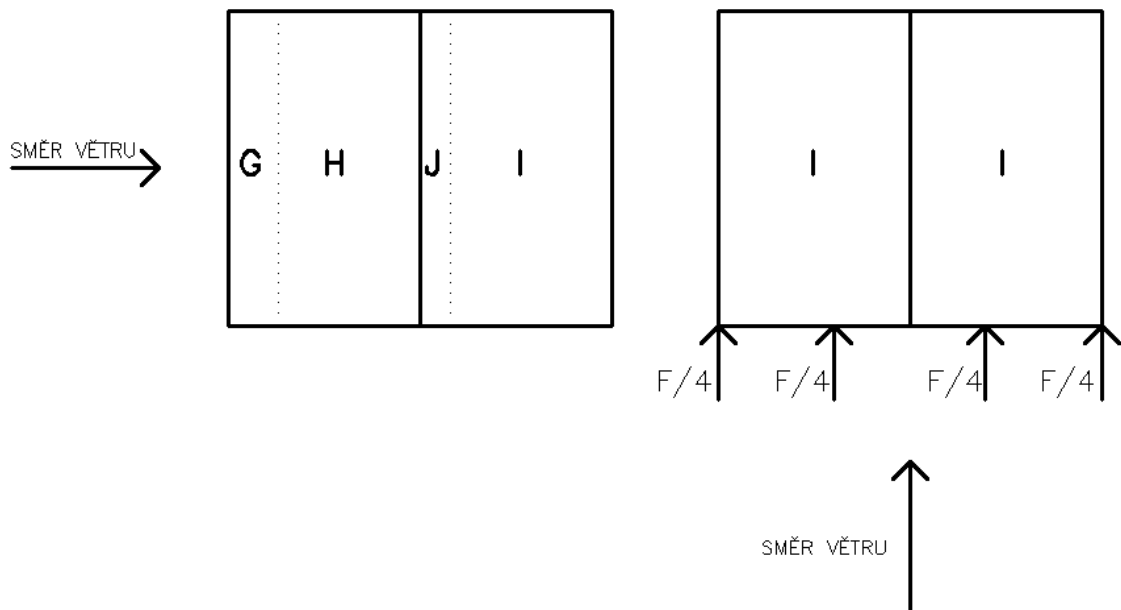
Obr. 3. 1. Půdorys sedlové střechy s popisem.

Nejdříve je popsán a podrobně rozebrán první případ, neboli kleštiny na pozednici i na vaznici.

Tento model byl zatížen následujícími zatěžovacími stavy:

1. ZS. Vlastní tíha (stálé zatížení)
2. ZS. Ostatní stálé zatížení (stálé zatížení střešní krytinou)
3. ZS. Sníh plný (nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
4. ZS. Sníh nesymetrický (zprava, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
5. ZS. Sníh nesymetrický (zleva, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
6. ZS. Vítr zprava (nahodilé výběrové zatížení, kdy napravo od hřebene dochází k tlaku a nalevo od hřebene dochází k sání, větrová oblast II)
7. ZS. Vítr zleva (nahodilé výběrové zatížení, kdy nalevo od hřebene dochází k tlaku a napravo od hřebene k sání, větrová oblast II)
8. ZS. Vítr zepředu (nahodilé, výběrové zatížení, kdy zatížení větrem působí zepředu na štít sedlové střechy)
9. ZS. Vítr zezadu (nahodilé, výběrové zatížení, kdy zatížení větrem působí zezadu na štít střechy)

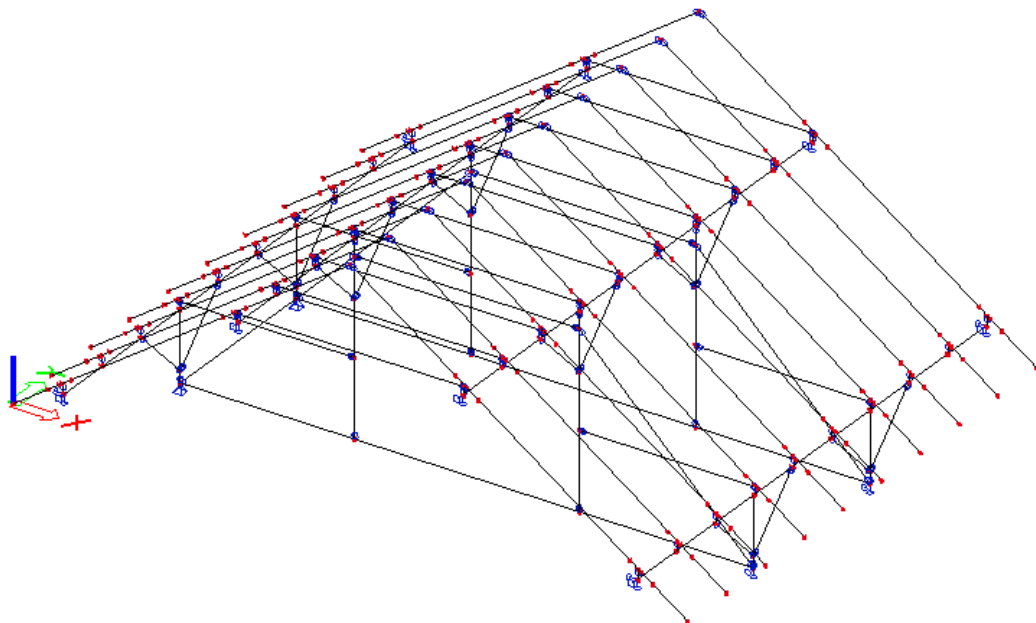
Zatěžovací stavy 8 a 9 se počítaly tak, že se podle normy [6] rozdělí plochy střech dle obrázků 3. 2., spočítá se k ní příslušným součinitelem zatížení větrem. Plochu štítu vynásobíme zatížením větrem a tato síla se rozdělí do dvou vaznic a dvou pozednic.



Obr. 3. 2. Vlevo zatěžovací stav 7 a vpravo zatěžovací stav 8.

Zatěžovací stav 6 a 7 byl zjednodušen o oblast F, která se zde nepočítala a zatěžovací stavy 8 a 9 byli zjednodušeny o tři oblasti. Zde se dala jen oblast zvaná I, která dle [6] působí největší plochou na střeše. Oblasti, které v těchto stavech nebyly uvažovány, se liší o nepatrné hodnoty, což nemá velký vliv na konečný výpočet konstrukce.

3.1. Model kleštiny na pozednici i vaznici



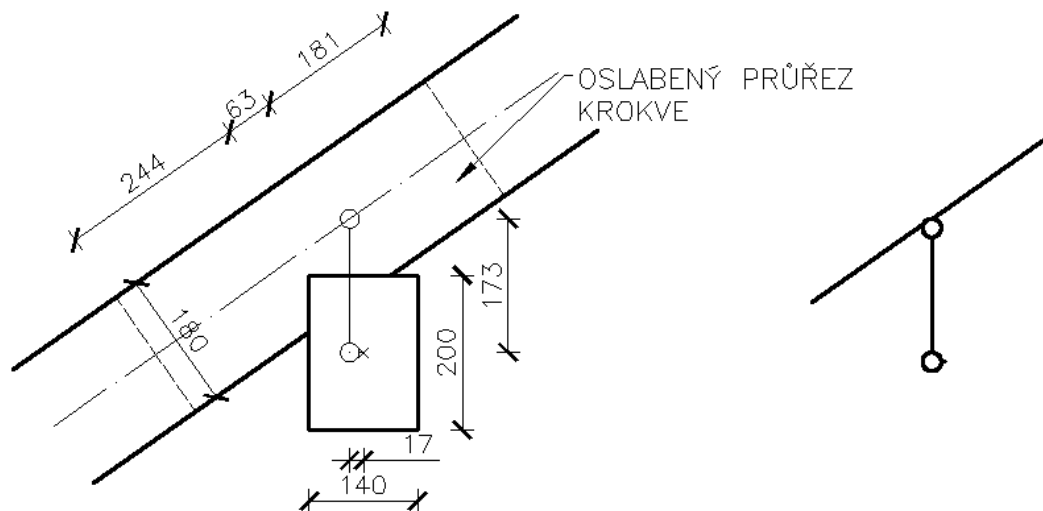
Obr. 3. 1. 1. Výpočtový model krovu.

Plná vazba se skládá z vazného trámu, sloupků podporujících pozednici, sloupků podporujících vaznici, vzpěr, rozpěry, pásků a kleštin. Vazný trám je z pravé strany

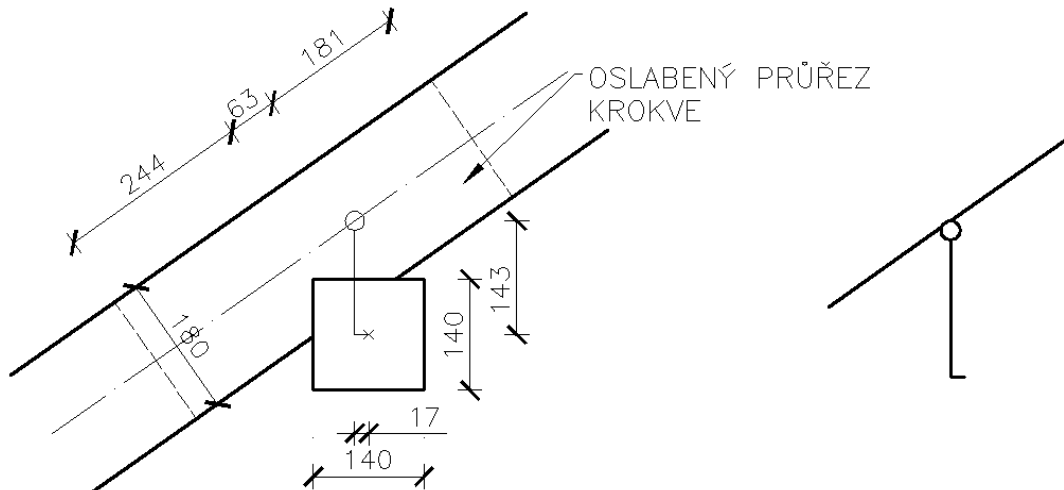
podepřena pevnou podporou a z levé posuvnou podporou, která je tuhá v ose Y a Z. Ve směru Y máme pozednice na konci podepřené posuvnou podporou, která je tuhá ve směru X, Z a v kroucení ve směru Y. Pokud bychom nedali tuhost ve směru X dojde na konstrukci k rozjetí krokví a tím vzniknou velké posuny. Vaznice je na obou koncích podepřena tuhými podporami ve směru Z a ve směru Y je zabráněno kroucení.

Vazný trám je navržen 140/200 mm v rozpětí celé střechy 10 metrů, vaznice mají stejný průřez s délkou 9 metrů. Pozednice je 140/140 mm s délkou 9 metrů. Sloupek je 140/140 mm do výšky 3 metrů, pásek je pod úhlem 45° připojen na sloupek a vaznici v průřezu 140/140 mm s teoretickou délkou 1,441 metru, to platí i pro pásek u pozednice. Vzpěra je 140/160 mm, teoretická délka 4,245 metrů. Rozpěra je průřezu 140/140 mm o délce 3 metry. Kleštiny jak na pozednici, tak na vaznici mají průřez 30/120 mm liší se však v délce, na pozednici jsou 3 metry dlouhé a na vaznici 4 metry. Sloupek pod vaznicí je 140/140 mm, výšky 1,2 metru. Krokve jsou modelovány 140/180 mm s oslabeným průřezem v místě osedlání na vaznici a zednici, tento oslabený průřez 140/120 mm je v délce 0,488 metru.

Na celém modelu bylo důležité správné navržení kloubů a jejich tuhosti v různých směrech. Velmi podstatnou částí modelu bylo také osedlání krokve na vaznici a zednici.



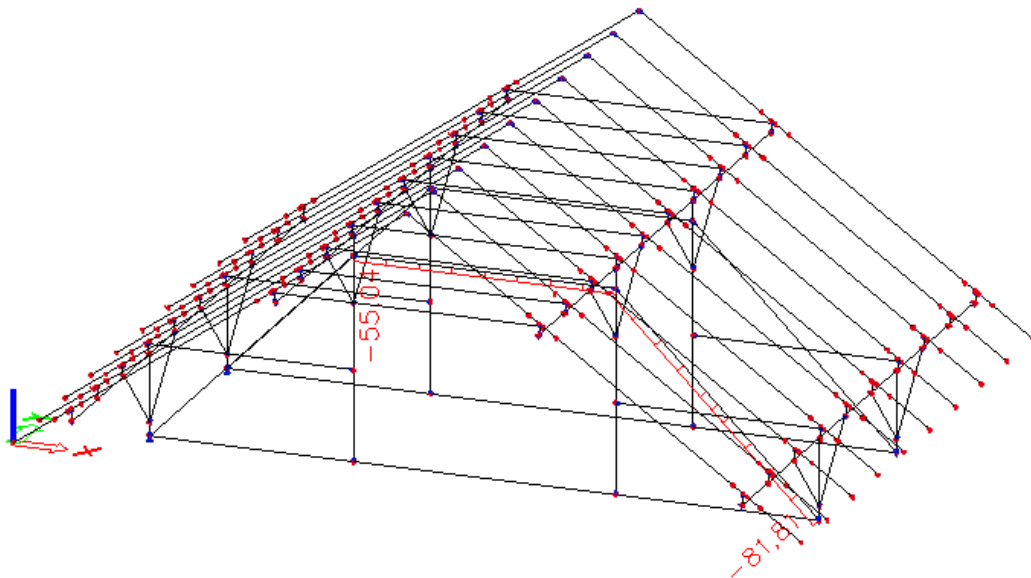
Obr. 3. 1. 2. Vlevo uložení krokve na vaznici, vpravo detail výpočtového modelu.



Obr. 3. 1. 3. Vlevo uložení krokve na pozednici, vpravo detail výpočtového modelu.

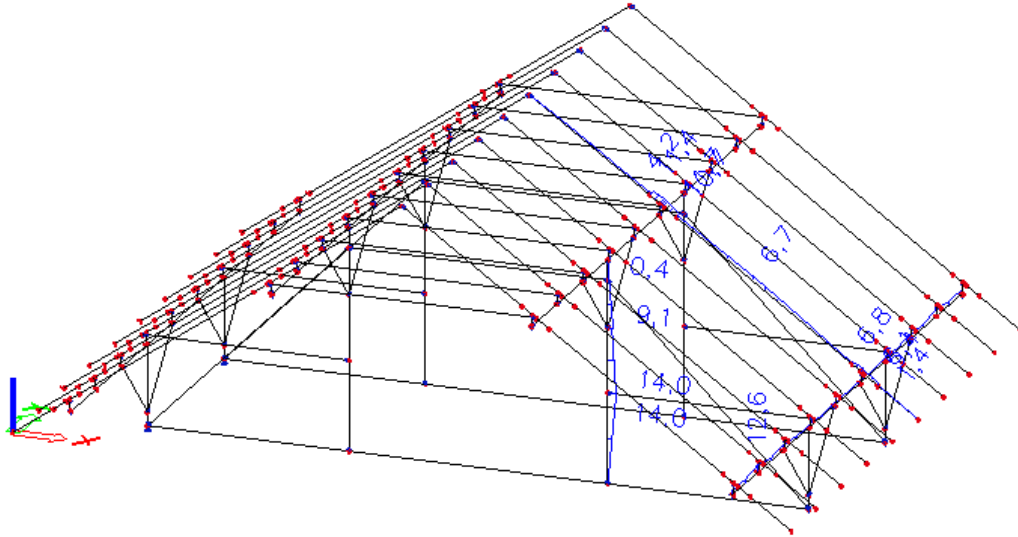
Když porovnáme osedlání vaznice a pozednice, lze si všimnout rozdílu. Tento rozdíl je způsoben uložení krokve na pozednici, jež musí být tužší, jinak dochází k velkým posunům a konstrukce je nestabilní. Na obrázcích 3. 1. 2. a 3. 1. 3. je čárkovanými čarami vyznačen oslabený průřez krokve. Výška osedlání krokve na vaznici či pozednici je $\frac{1}{3} \cdot h$, kde h je výška krokve. Pro přesné uložení krokve na vaznici (případně pozednici) bylo nutno použít dva pruty (vyznačené délky viz obrázky), tak byla dodržena geometrie a správné řešení konstrukce. Obrázek 3. 1. 3. neplatí pro osedlání krokve na pozednici v případě první a poslední krokve, kde je v těchto místech pozednice podepřena pozednice posuvnou podporou, viz výše.

Výpočet modelu proběhl po menších úpravách průřezů v pořádku. Dosáhli jsme maximálního posunu 20 mm a pootočení 12 mm. Největší normálové síly vznikly na vzpěrách a na rozpěře, kde bylo nutné provést posouzení průřezu.



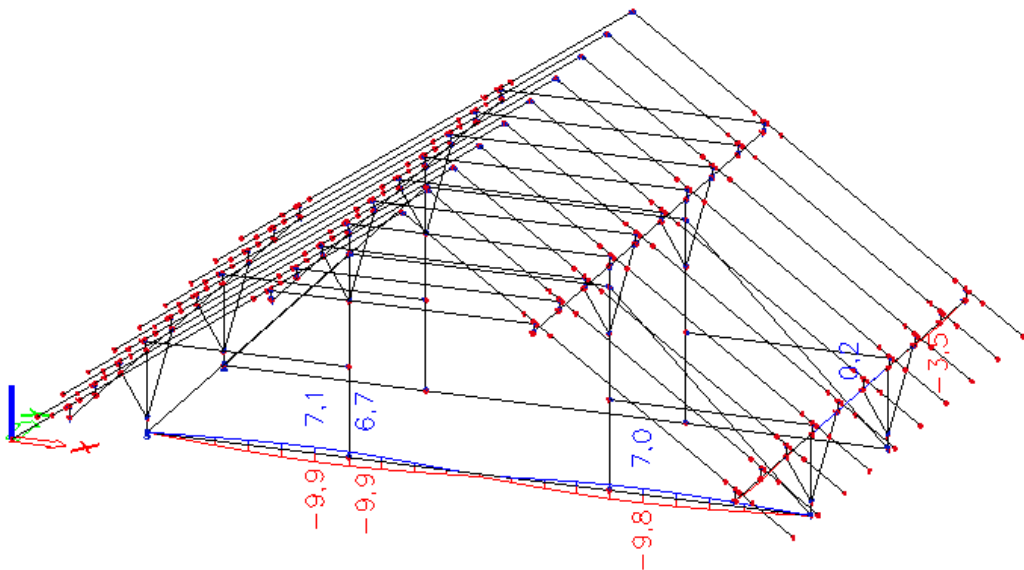
Obr. 3. 1. 3. Průběh normálových sil – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]

Posouzení vzpěry na vzpěr, jsme počítali dle [1]. Průřez 140/140 mm nevyhověl posazením na vzpěr, bylo nutno zvětšit daný průřez na 140/160 mm. Poté vyhověl. Dále se posuzovala rozpěra na vzpěr, která bez jakýchkoliv komplikací vyšla hned napoprvé při průřezu 140/140 mm. Průběh výpočtu a výsledky lze nalézt v příloze [B].



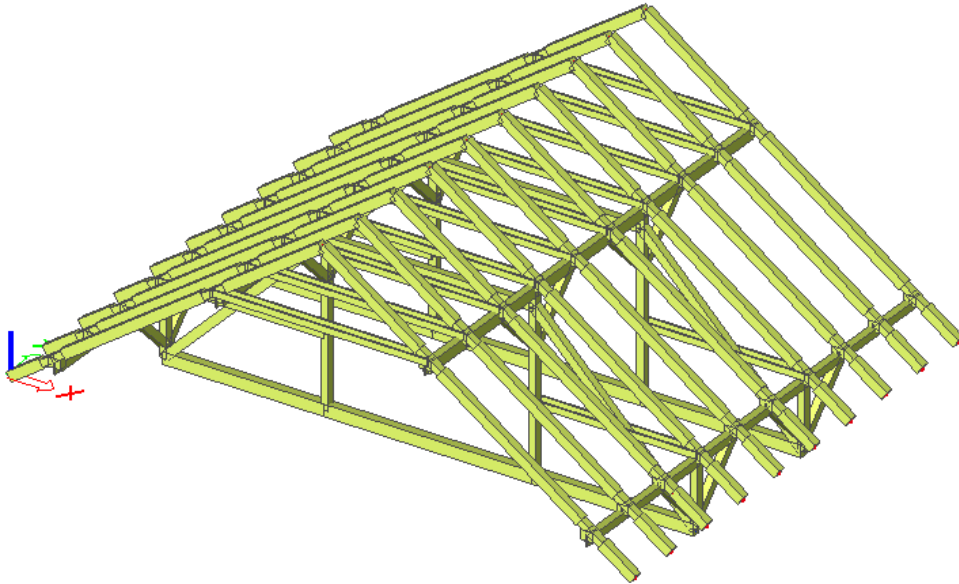
Obr. 3. 1. 4. Průběh napětí na prutech – extrémy od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [MPa]

Napětí na konstrukci nutilo k úpravě průřezů, tak aby vyhovely. Každý prvek byl posouzen zvlášť, tak aby vyhovoval napětí. Nejvíce namáhané prvky jsou vyznačeny a popsány příslušnými výsledky v obrázku 3. 1. 4. Z něhož plyne, že největší napětí bylo vyvolané na sloupku a pozednici.



Obr. 3. 1. 5. Posuny uz v lokálním směru pro zatížení od kombinace pro mezní stav použitelnosti [mm]

Výpočetní model byl nejdříve modelován bez pásky pod pozednicí, ale vzhledem k tomu, že výsledky posunů byly velké a nevyhovovaly meznímu průhybu v mezním stavu použitelnosti, bylo nutno pozednici těmito pásky podepřít. Poté model vyhověl.



Obr. 3. 1. 6. Navržený model krovu.

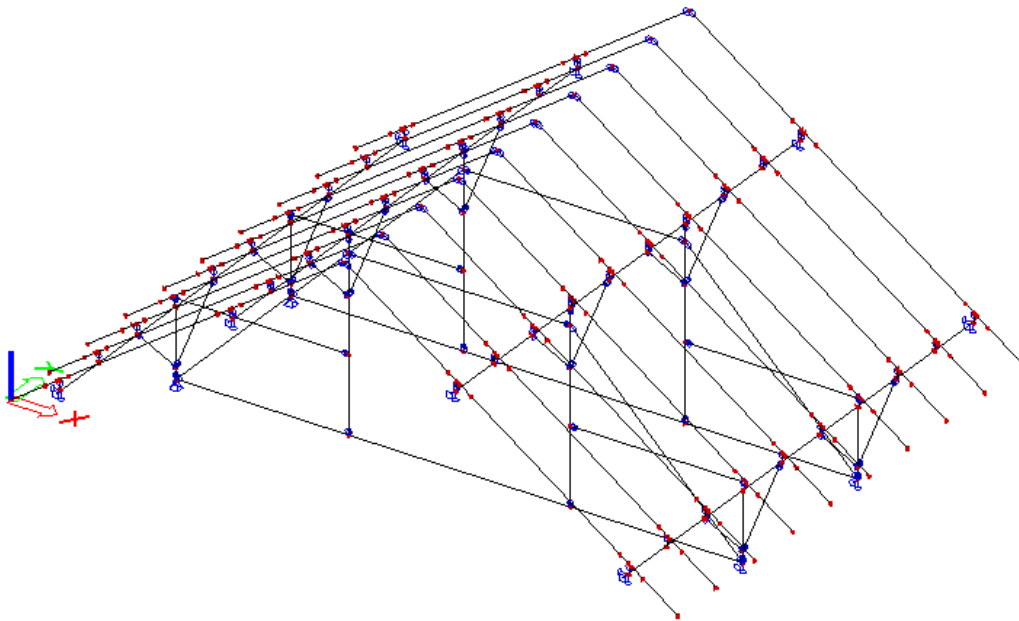
Na obrázku 3. 1. 6. je konstrukce, která vyhovuje všem požadavkům a je stabilní vůči navrhovaným zátěžovým stavům nejen v mezním stavu únosnosti, ale i použitelnosti.

3.2. Model kleštín na pozednici

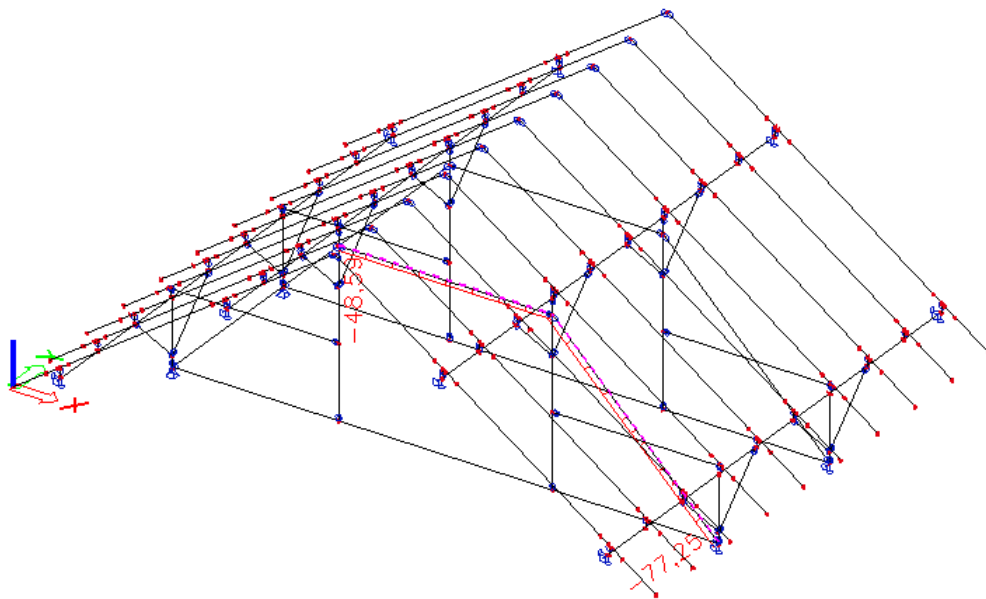
Model se skládá ze stejných prvků jako předchozí s tím rozdílem, že v tomto případě budou kleštiny na pozednici, ale nebudou na vaznici. Osedlání krokví na vaznici a na pozednici bude také stejné. Důležité je tedy sledovat rozdílné normálové síly, napětí a posuny na této konstrukci.

Podepření jednotlivých prvků a umístění všech kloubů je shodné s předchozím modelem.

Výpočet modelu proběhl po menších úpravách průřezů v pořádku. Dosáhli jsme maximálního posunu 15 mm a pootočení 9 mm. Největší normálové síly vznikly na vzpěrách a na rozpěře, kde bylo nutné provést posouzení průřezu.



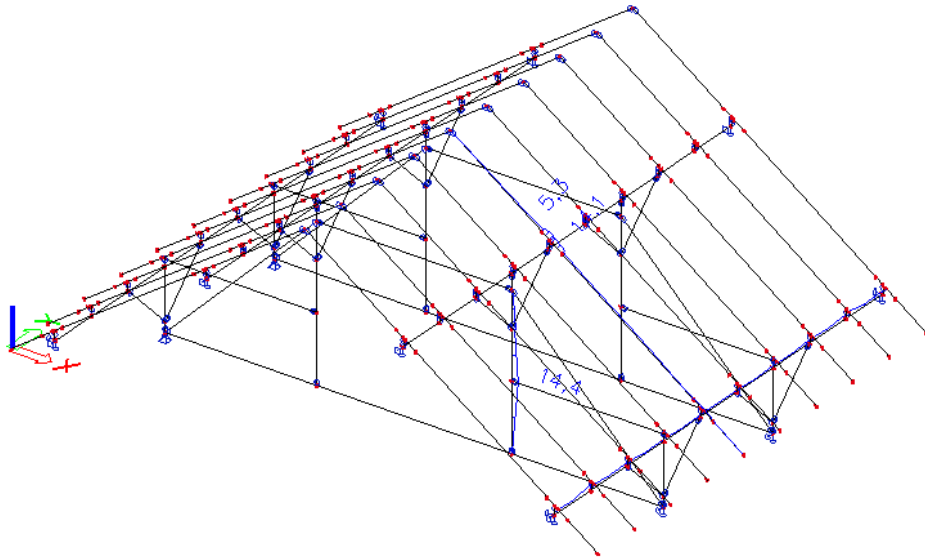
Obr. 3. 2. 1. Výpočtový model krovu.



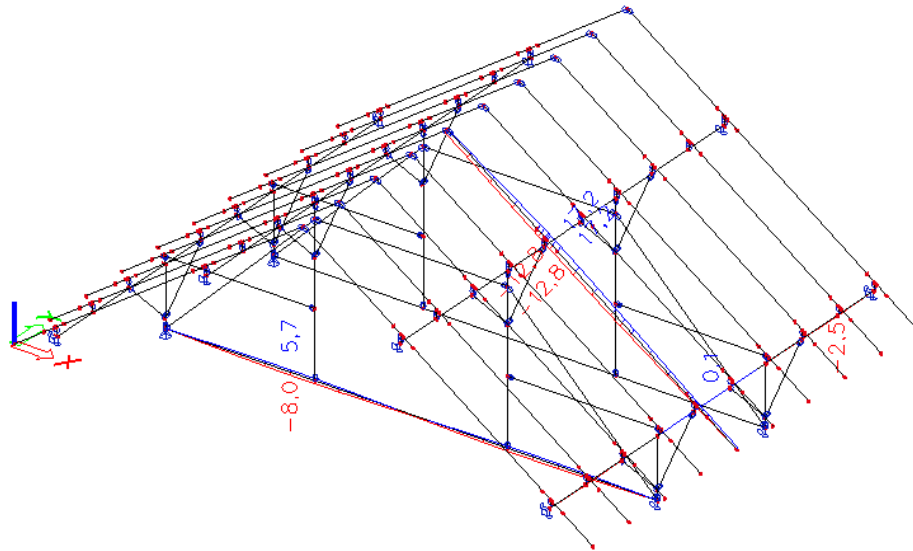
Obr. 3. 2. 2. Průběh normálových sil – extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]

Posouzení vzpěry na vzpěr, jsme počítali dle [1] vyhověl už při průřezu 140/140 mm, což je jiné než u předchozího modelu, kde bylo nutno průřez zvětšit. Dále se také počítalo posouzení rozpěry na vzpěr, který vyhověl hned napoprvé při průřezu 140/140 mm. Výsledky a průběh výpočtu lze nalézt v příloze [B].

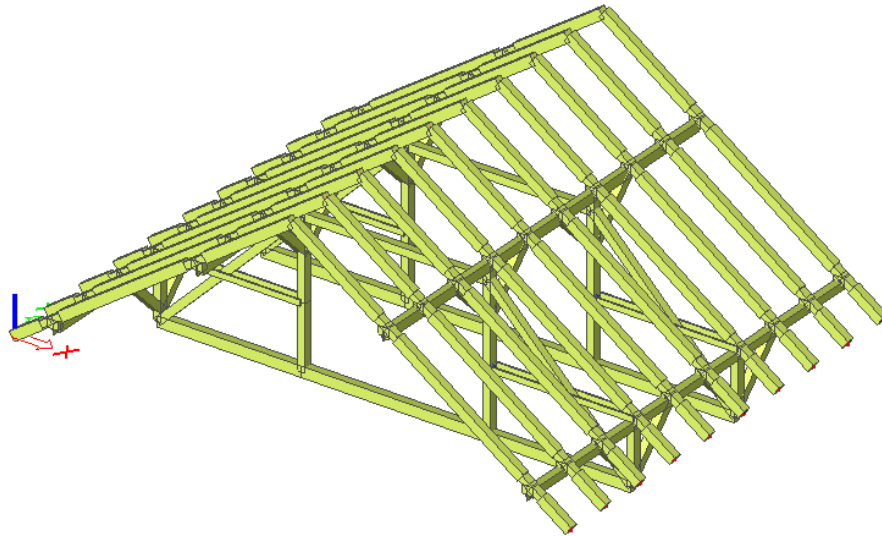
Model v kapitole 3. 1. měl vzpěru 160/160 mm, takže v porovnání s tímto posouzením, je tato vzpěra namáhána méně. Rozpěra má stejný průřez ale normálové síly se v obou modelech liší, ne však o velké hodnoty.



Obr. 3. 2. 3. Průběh napětí na prutech – extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [MPa]



Obr. 3. 2. 4. Posuny uz v lokálním směru pro zatížení od kombinace pro mezní stav použitelnosti [mm]

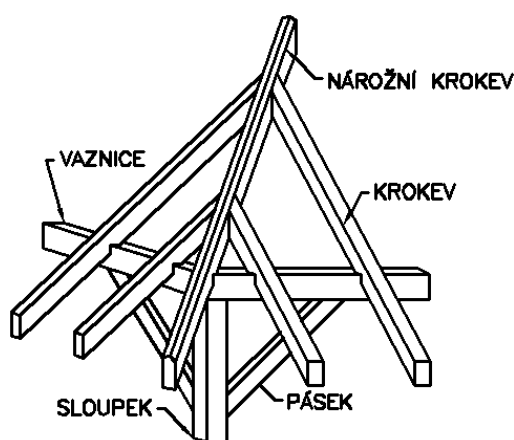


Obr. 3. 2. 5. Navržený model krovu.

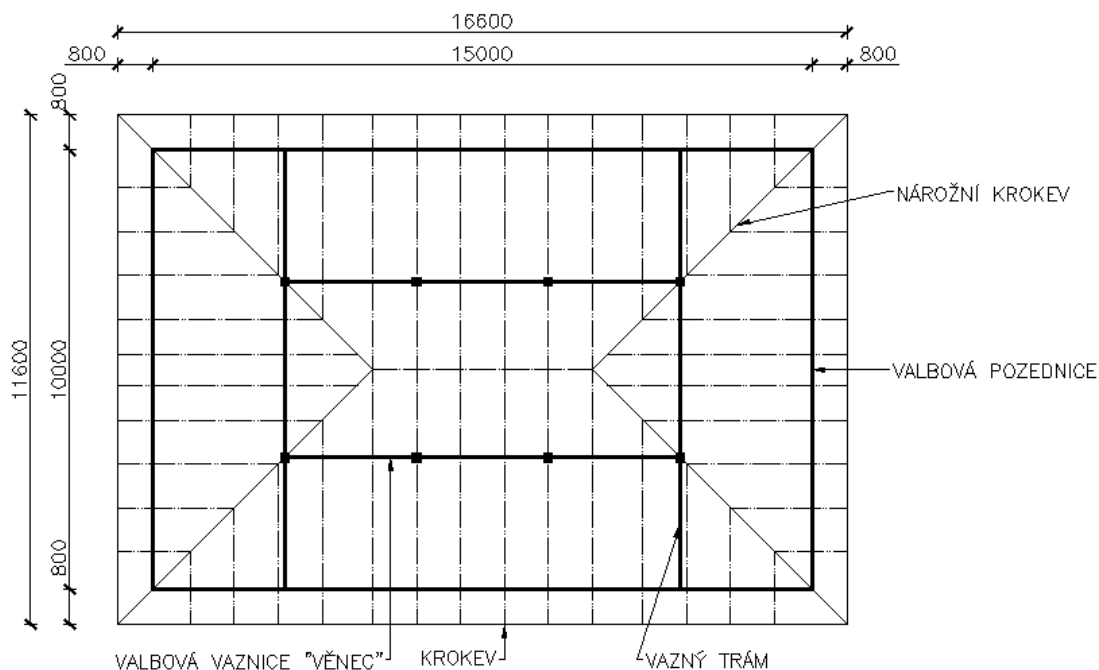
Překvapením po porovnání těchto dvou modelů, které jsou zde popsány, bylo, že lépe vyhověl druhý model (model, kde jsou kleštiny jen na pozednici). Posuny a pootočení byla vypočítána také lepší. I když první model by měl být mnohem tužší a stabilnější, protože kleštiny na vaznici brání posunům, i tak vyhověl mnohem lépe druhý model.

4. PROSTOROVÝ MODEL VALBOVÉ STŘECHY

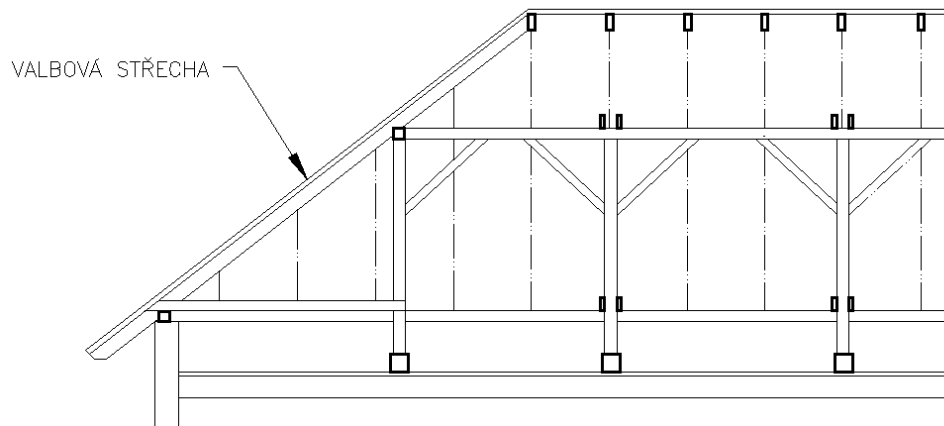
Valbová střecha má konstrukční pravidla, která se musí při návrhu respektovat. Jedním z těchto pravidel je, že pod sběžištěm se zpravidla navrhuje plná vazba. Vaznice sedlové části střechy probíhají ve stejné výši do valbové části a tvoří tzv. vaznicový věnec, jehož rohy jsou podporovány svislými sloupky začepovanými do vazných trámů. Valbové pozednice o volné délce přesahující 5 metrů jsou zajištěny kleštinami a ukotveny do zdiva půdní nadezdívky. Sloupky pod rohy vaznicového věnce se zajistí proti vybočen tak, že se zde umístí vzpěry zapuštěné do vazných trámů. Nárožní krokve musí mít však větší průřez než běžné krokve, protože se seřezávají do dvou střešních ploch a také proto, že jejich volné délky jsou větší než délky běžných krokví.



Obr. 4. 1. Detail s popisem vaznicového věnce v rohu valbové střechy.



Obr. 4. 2. Půdorys s popisem prvků na valbové střechě.



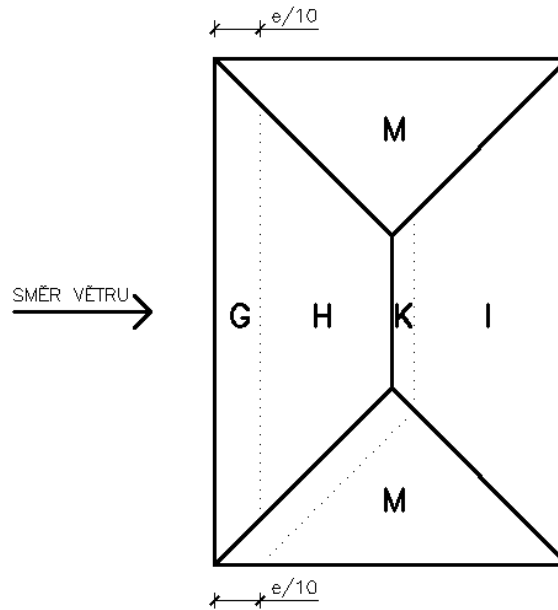
Obr. 4. 3. Řez valbovou střechou v místě valby.

Tento model byl zatížen následujícími zatěžovacími stavy:

1. ZS. Vlastní tíha (stálé zatížení)
2. ZS. Ostatní stálé zatížení (stálé zatížení střešní krytinou)
3. ZS. Sníh plný (nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
4. ZS. Sníh nesymetrický (zprava, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
5. ZS. Sníh nesymetrický (zleva, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
6. ZS. Vítr zprava (nahodilé výběrové zatížení, kdy napravo od hřebene sedlové části krovu dochází k tlaku a nalevo od hřebene k sání, valbová část krovu zepředu a zezadu je také namáhána sáním, větrná oblast II)
7. ZS. Vítr zleva (nahodilé výběrové zatížení, kdy nalevo od hřebene sedlové části krovu dochází k tlaku a napravo od hřebene k sání, valbová část krovu zepředu a zezadu je také namáhána sáním, větrná oblast II)
8. ZS. Vítr zepředu (nahodilé, výběrové zatížení, kdy tlak větrem působí zepředu na valbovou část střechy, sedlová část levá i pravá od hřebene a zadní část valbové střechy je namáhána sáním)
9. ZS. Vítr zezadu (nahodilé, výběrové zatížení, kdy tlak větrem působí zezadu na valbovou část střechy, sedlová část levá i pravá od hřebene a přední část valbové střechy je namáhána sáním)

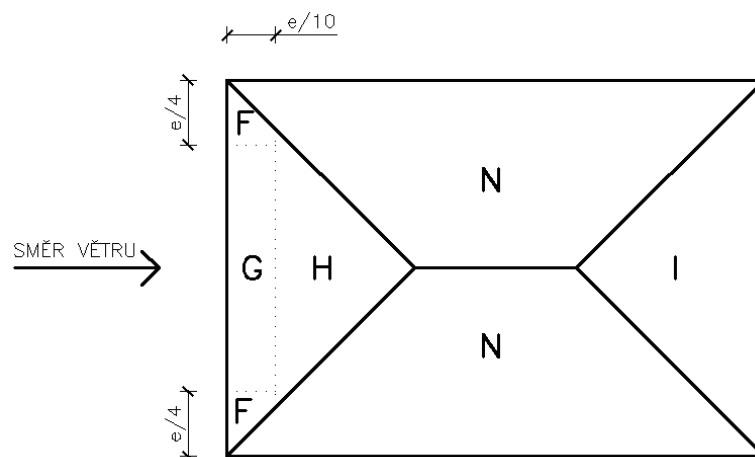
Zatížení větrem jsou 4 zatěžovací stavy, počítány jinak než u sedlové střechy. Dle [6] se má střecha včetně přečnívajících částí rozdělit na oblasti. Zatížení větrem q_p se násobí doporučenými hodnotami součinitele tlaku pro každou oblast v tabulce 7. 5. v [6].

Šestý a sedmý zatěžovací stav byl vypočtený dle obrázku 4. 3.



Obr. 4. 3. Půdorysné rozložení při směru větru kolmo na sedlovou část střechy.

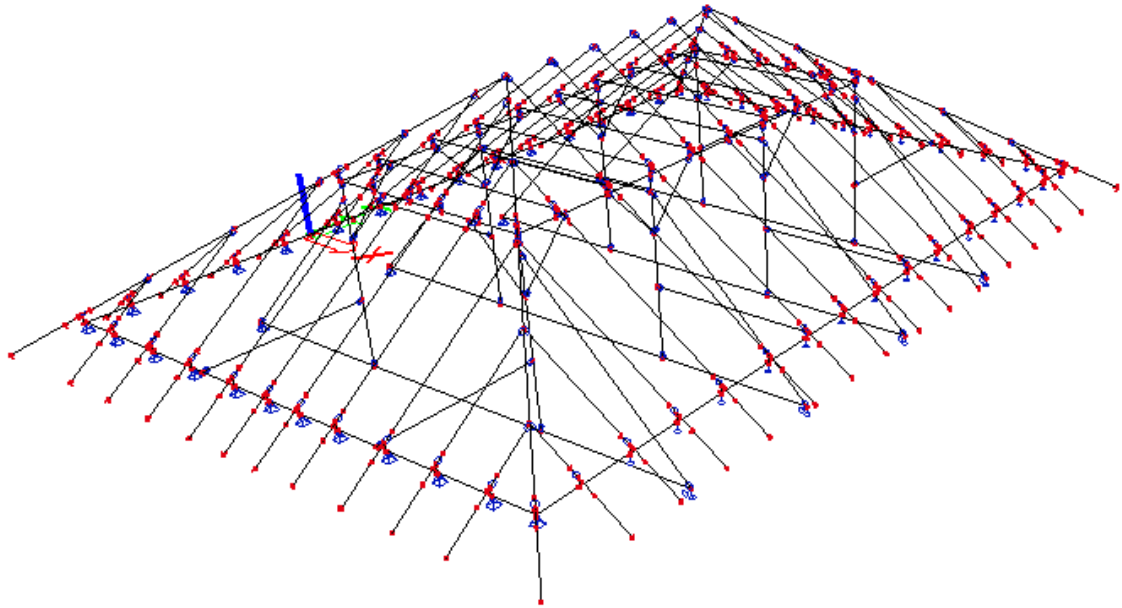
Osmý a devátý zatěžovací byl vypočítán dle obrázku 4. 4.



Obr. 4. 4. Půdorysné rozložení částí střechy při směru větru kolmo na valbovou část.

Obrázky pro zatěžovací stavy 6 - 9 byly mírně zjednodušeny oproti normě [6], dle které byly vypočteny.

Plná vazba valbové střechy se skládá z vazného trámu, sloupků podporující vaznici, vzpěr, rozpěry, pásků, kleštin. Vazný trám je z pravé strany podepřen pevnou podporou a z levé posuvnou podporou, která je tuhá v ose Y a Z. Ve směru Y je pozednice z levé strany sedlové části krovu podepřena pod každou potenciální krokví pevnou podporou. Přední strana valbové části je pozednice také podepřena pevnou podporou v místě krokve. Pravá strana sedlové části konstrukce a zadní část valbové střechy je uložena na pozednici, která pod každou krokví je podepřena posuvnou podporou. Takto podepřená pozednice má podporu tuhou ve směru Z. Vaznice tvoří tzv. vaznicový věnec. Nárožní krokve jsou uloženy v místě rohu vaznicového věnce a střetu pozednic, tato krokev je nejdelším prvkem celé konstrukce.

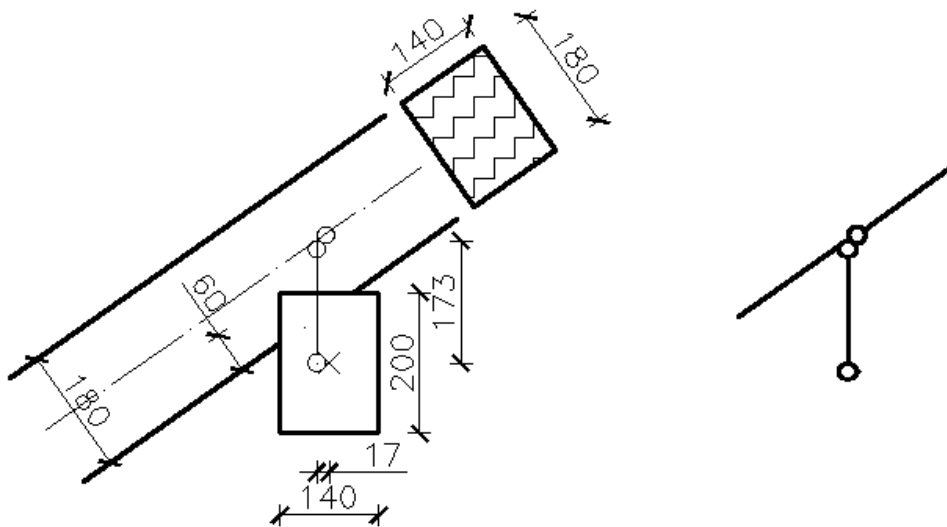


Obr. 4. 5. Výpočtový model.

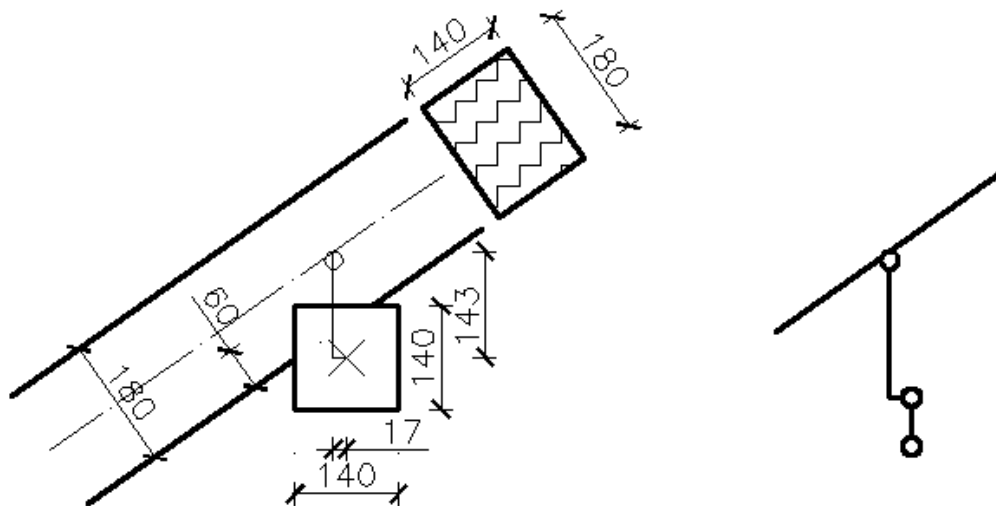
Vazný trám je navržen 160/220 mm v rozpětí celé střechy 10 metrů, vaznice mají 140/200 mm délky 9 metrů a ve valbové části má vaznice délku 4 metry. Pozednice je 140/140 mm délky 15 metrů a ve valbové části délky 10 metrů.

Předpokládá se pouze teoretický výpočet, neboť v praxi by délka vaznic i pozednic musela být rozdělena na dva prvky místo jednoho, námi požadované délky se nevyrobějí, a když, tak jsou ekonomicky nevýhodné.

Sloupek je 140/140 mm do výšky 3 metrů, pásek je pod úhlem 45° připojen na sloupek a vaznici v průřezu 140/140 mm s teoretickou délkou 1,441 metru. Vzpěra je 140/140 mm, teoretická délka 4,245 metrů. Rozpěra je průřezu 140/140 mm o délce 3 metry. Kleštiny na pozednici i na vaznici mají průřez 30/120 mm, liší se však v délce, na pozednici jsou 3 metry dlouhé a na vaznici mají délku 4 metry. Krokve jsou modelovány 140/180 mm bez oslabeného průřezu v místě osedlání vaznic pozednic jako to bylo u sedlové střechy. Místo oslabeného průřezu se na styku pozednice a vaznice s krokví vymodeloval kloub.



Obr. 4. 6. Vlevo uložení krokve na vaznici, vpravo detail výpočtového modelu.

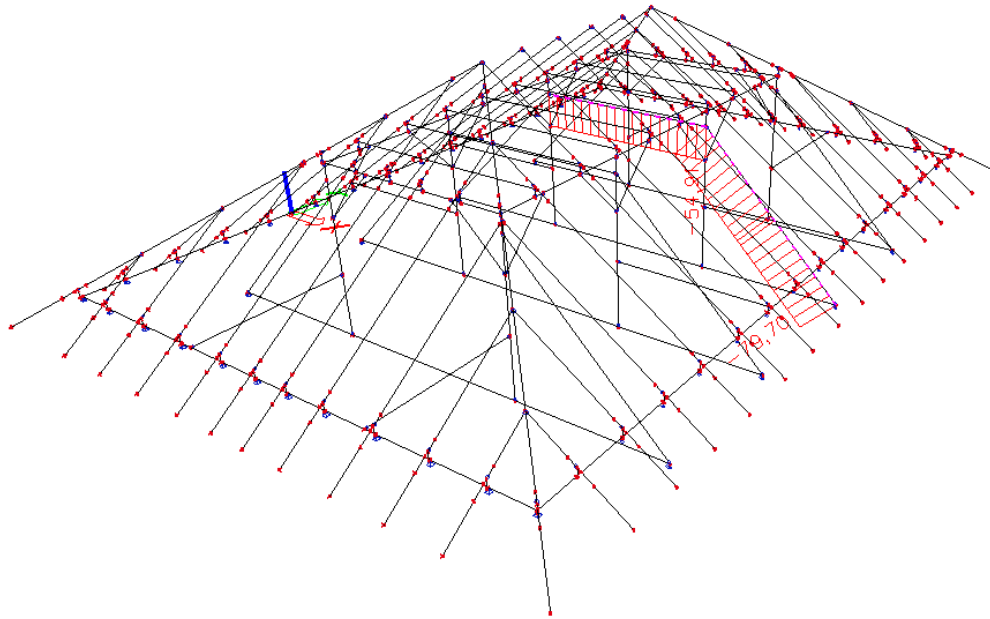


Obr. 4. 7. Vlevo uložení krokve na pozednici, vpravo detail výpočtového modelu.

Nejdříve byla konstrukce modelována s oslabenými průřezy na styku krokve s vaznicí a pozednicí, výpočet vyšel bez problémů. Pro přesnější neboli blížící se více ke skutečné a reálné konstrukci bylo namodelováno osedlání bez oslabených průřezů s klouby. Obr. 4. 6. znázorňuje osedlání krokve na vaznici v celé konstrukci, což znamená, že na celém krovu jsou všechny vaznice osedlány tímto způsobem. Oproti osedlání krokve na pozednici dle obr. 4. 7. je takto osedlaná pravá část a zadní část konstrukce, přední a levá část mají místo posuvné podpory pod pozednicí pevné podpory, jak je již zmíněno výše.

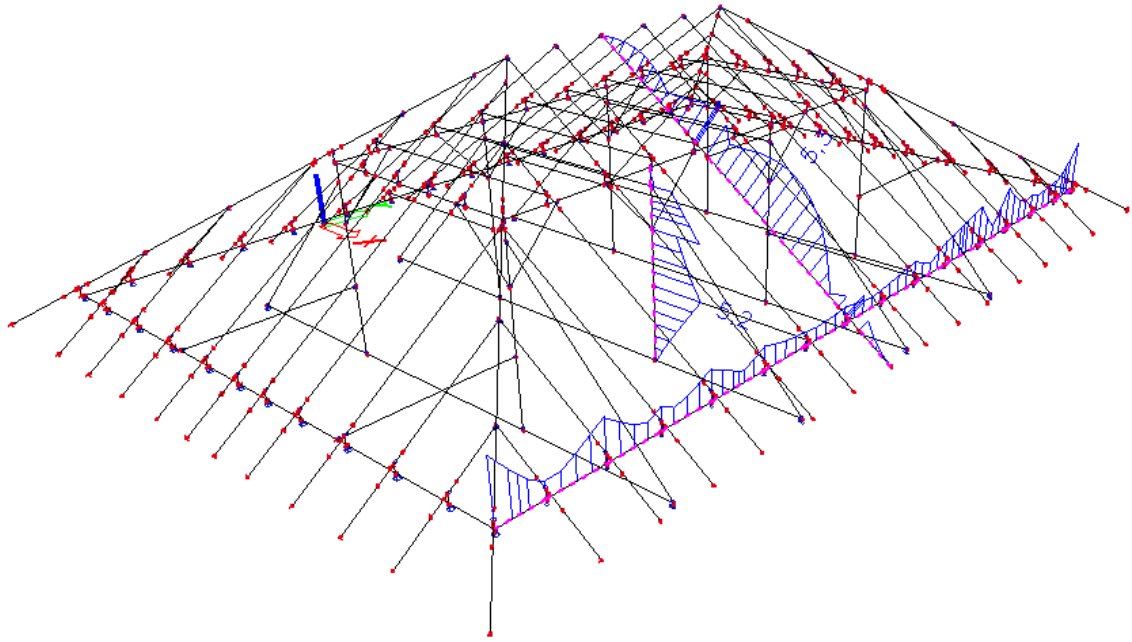
V první fázi výpočtu model neměl vymodelované kleštiny ve valbové části, které spojují pozednici a sloupek. Výpočet sice proběhl v pořádku, ale konstrukce měla velké posuny v místě rohu pozednice, kde se scházejí posuvné podpory. Do druhého výpočtu byly přimodelovány kleštiny ve valbové části, které brání tomu, aby se střet pozednic posouval. Samozřejmě, že k jistému posunu může dojít, díky kleštinám je však minimalizován.

Po domodelování kleštín proběhl výpočet po menších úpravách průřezů v pořádku. Dosáhli jsme maximálního posunu 5 mm a pootočení rovněž 5 mm. Největší normálové síly vznikly na vzpěrách a na rozpěře, kde bylo nutné provést posouzení průřezu.

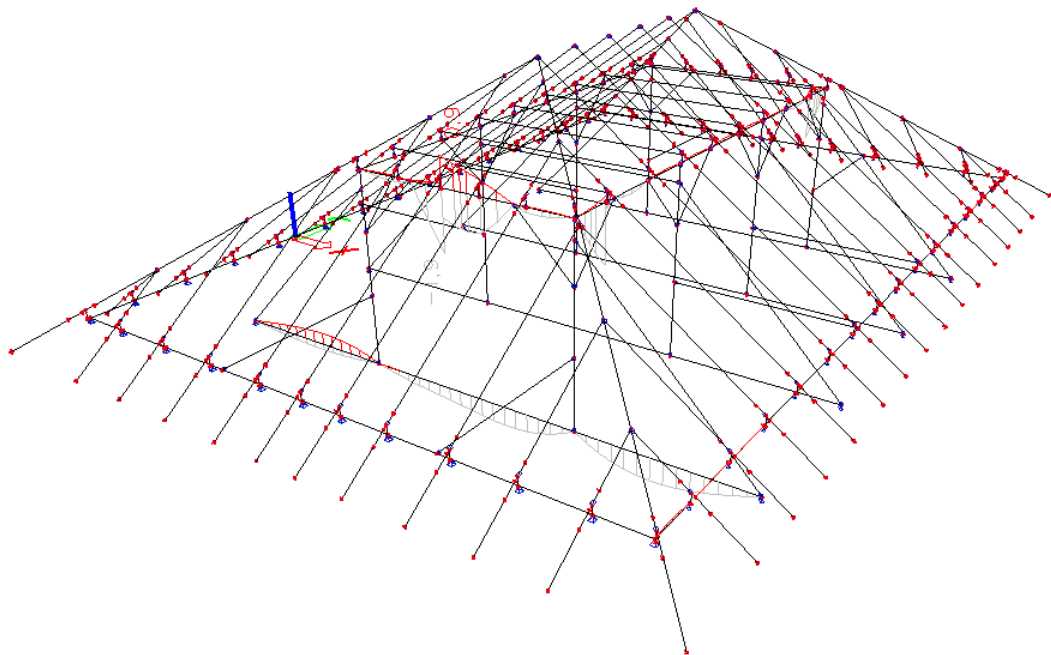


Obr. 4. 6. Průběh normálových sil- extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]

Posouzení vzpěry na vzpěr jsme počítali dle [1]. Průřez 140/140 mm nevyhověl posezením na vzpěr, bylo tedy nutno zvětšit daný průřez na 140/160 mm. Poté vyhověl. Dále se posuzovala rozpěra na vzpěr, která bez jakýchkoliv komplikací vyšla hned napoprvé při průřezu 140/140 mm. Jak výpočet probíhal a jak výsledky dopadly lze nalézt v příloze [D].



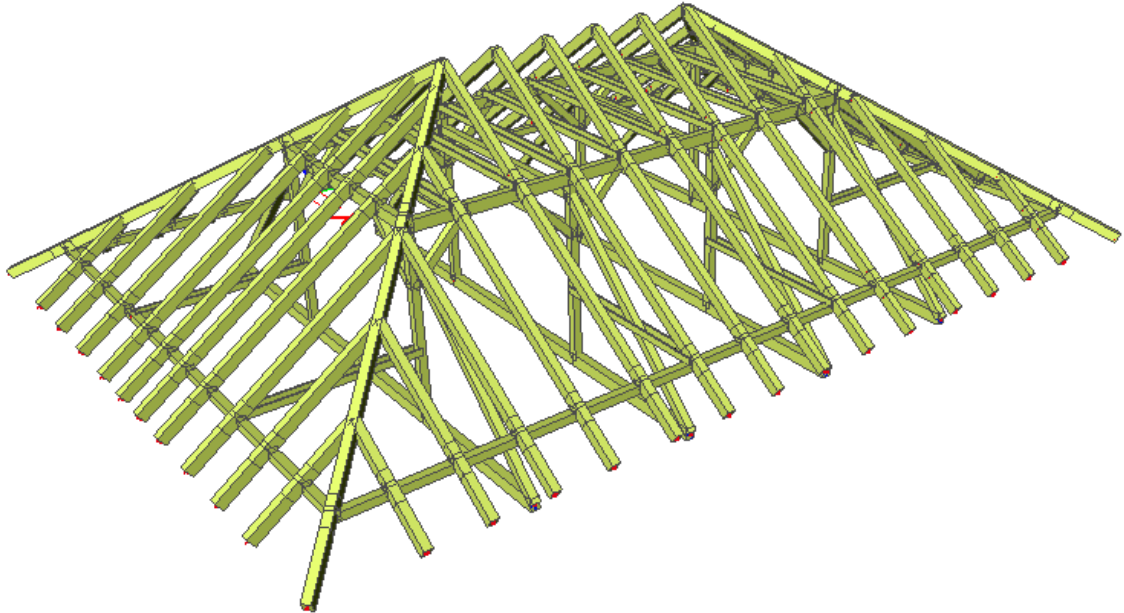
Obr. 4. 7. Průběh napětí na prutu – extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [MPa]



Obr. 4. 8. Relativní posuny již v lokálním směru pro zatížení od kombinace pro mezní stav použitelnosti [mm]

Napětí na konstrukci nutilo k upravení průřezů, tak aby vyhověly. Každý prvek byl posouzen zvlášť, tak aby vyhověl na napětí. Nejvíce namáhané prvky jsou vyznačeny a popsány příslušnými výsledky na obrázku 4. 7. Z něho plyne, že největší napětí bylo vyvolané na krokvi v sedlové části střechy, sloupku a pozednici.

Posuny v lokálním směru pro zatížení od kombinace pro mezní stav použitelnosti vyhověly. Největší průhyb na celé konstrukci je vyjádřen a popsán příslušnými hodnotami na obrázku 4. 8.

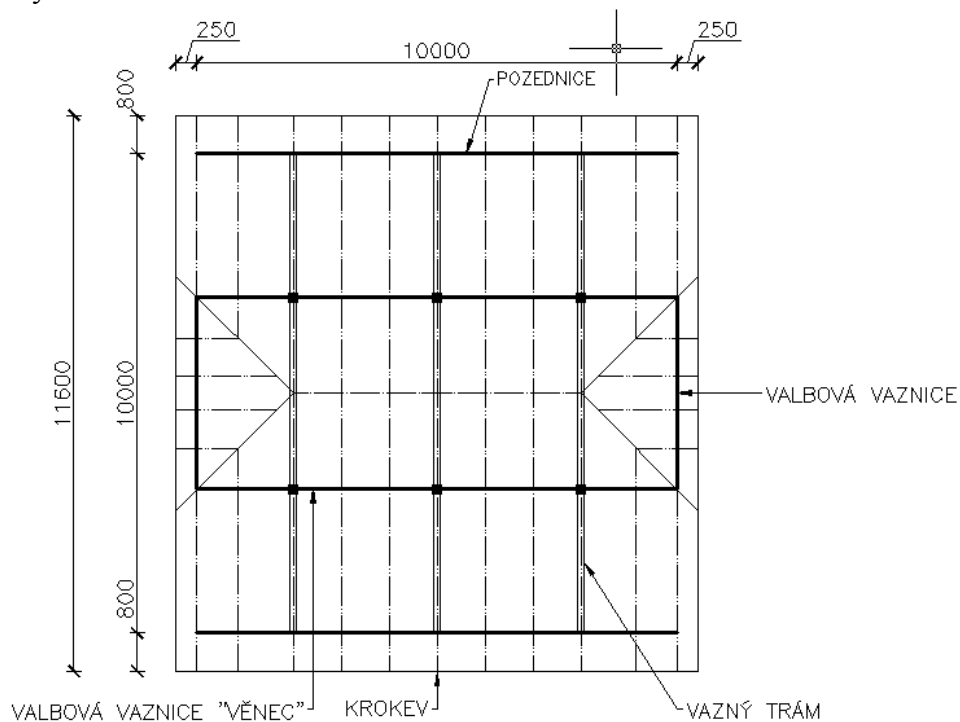


Obr. 4. 9. Navržený model krovu.

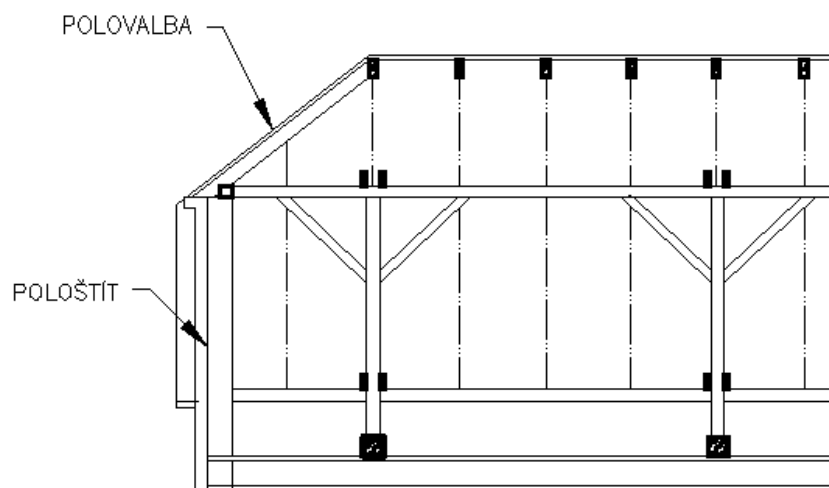
Na obrázku 4. 9. je konstrukce, která vyhovuje všem požadavkům a je stabilní vůči navrhovaným zatěžovacím stavům nejen v mezním stavu únosnosti, ale i použitelnosti.

5. PROSTOROVÝ MODEL POLOVALBOVÉ STŘECHY

Polovalby se zpravidla navrhují ve výšce vaznicových věnců, přičemž valbové vaznice mohou ležet na nosném pološtítu nebo mohou být převislé a tvořit tak kabřinec. U následujícího modelu je uvažována klasická polovalba bez kabřince. Valbová vaznice leží na pološtítu. U polovalbových krovů platí stejná konstrukční pravidla jako u valbových střech.



Obr. 5. 1. Řez polovalbovou střechou.



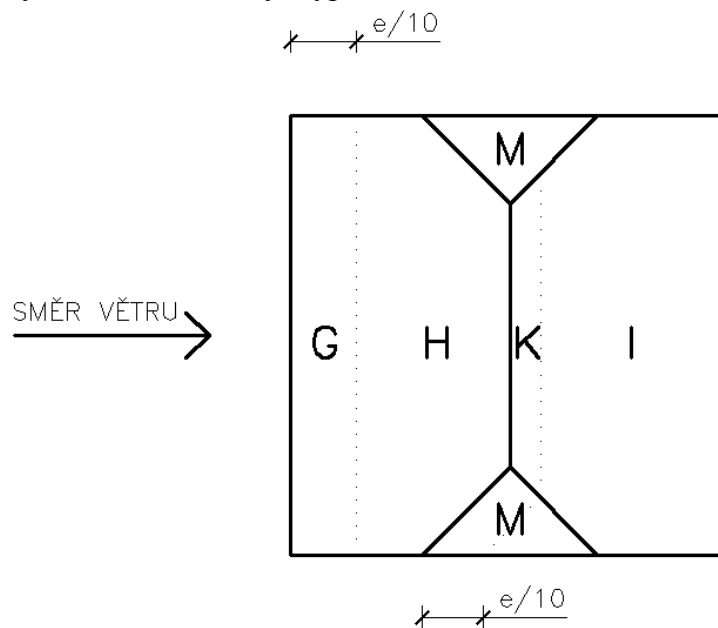
Obr. 5. 2. Půdorys s popisem prvků polovalbové střechy.

Tento model byl zatížen následujícími zatěžovacími stavy:

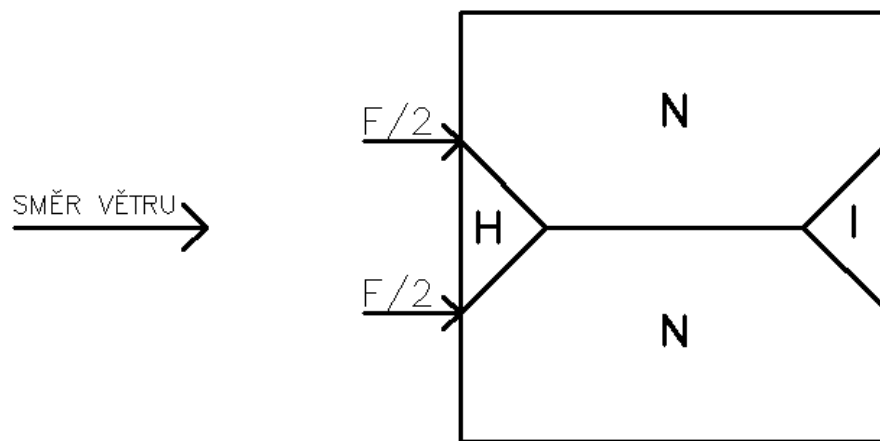
1. ZS. Vlastní tíha (stálé zatížení)
2. ZS. Ostatní stálé zatížení (stálé zatížení střešní krytinou)
3. ZS. Sníh plný (nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
4. ZS. Sníh nesymetrický (zprava, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
5. ZS. Sníh nesymetrický (zleva, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
6. ZS. Vítr zprava (nahodilé výběrové zatížení, kdy napravo od hřebene sedlové části krovu dochází k tlaku a nalevo od hřebene k sání, polovalbová část krovu zepředu a zezadu je také namáhána sáním, větrná oblast II)
7. ZS. Vítr zleva (nahodilé výběrové zatížení, kdy nalevo od hřebene sedlové části krovu dochází k tlaku a napravo od hřebene k sání, polovalbová část krovu zepředu a zezadu je také namáhána sáním, větrná oblast II)
8. ZS. Vítr zepředu (nahodilé, výběrové zatížení, kdy tlak větrem působí zepředu na polovalbovou část střechy, sedlová část levá i pravá od hřebene a zadní část polovalbové střechy je namáhána sáním)
9. ZS. Vítr zezadu (nahodilé, výběrové zatížení, kdy tlak větrem působí zezadu na polovalbovou část střechy, sedlová část levá i pravá od hřebene a přední část polovalbové střechy je namáhána sáním)

Zatížení větrem jsou 4 zatěžovací stavy, počítány jinak než u valbové střechy. Šestý a sedmý zatěžovací stav je téměř stejný, ale v osmém a v devátém zatěžovacím stavu se navíc přidají síly, které působí na vaznice. Dle [6] se má střecha včetně přečnickajících částí rozdělit na oblasti. Zatížení větrem q_p se násobí doporučenými hodnotami součinitele tlaku pro každou oblast v tabulce v [6].

Šestý a sedmý zatěžovací stav byl vypočten dle obrázku 5. 3.



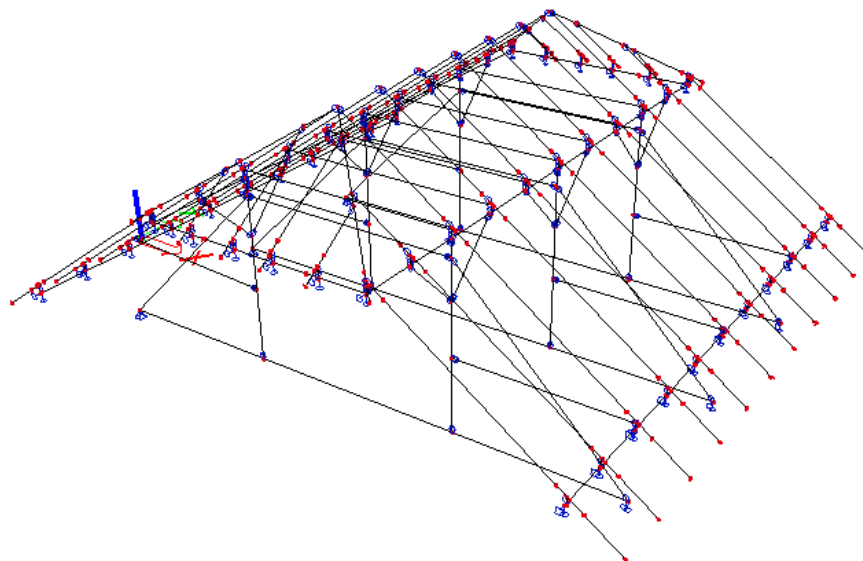
Obr. 5. 3. Půdorysné rozložení při směru větru kolmo na sedlovou část střechy.



Obr. 5. 4. Půdorysné rozložení při směru větru kolmo na polovalbovou část střechy.

Celkovou sílu, která působí na obě vaznice v rozložení $F/2$ vypočítáme jako zatížení působící na plochu zděného štítu. Tato plocha se rozdělí na dvě stejné části. Jedna část zatížení se přenesou na štítovou zeď. Druhá část se převede na sílu F a rozdělí se do dvou vaznic.

Plná vazba polovalbové střechy se skládá z vazného trámu, sloupků podporující vaznici, vzpěr, rozpěry, pásků, kleštin. Vazný trám je z levé strany podepřen pevnou podporou a z pravé posuvnou podporou, která je tuhá v ose Y a Z . Přední a zadní strana polovalbové části je uložena na vaznici tzv. vaznicového věnce. Tato vaznice je podepřena posuvnými podporami pod každou krokvi, které jsou tuhé ve směru Y a Z . Ve skutečnosti leží vaznice polovalbové části na tzv. pološtítu, zde je to znázorněno podporami. Ve směru Y je pozednice zlevé i zprávné strany sedlové části krovu podepřena pod každou potenciální krokvi posuvnou podporou, která při prvním výpočtu měla tuhost jenom ve směru Z .



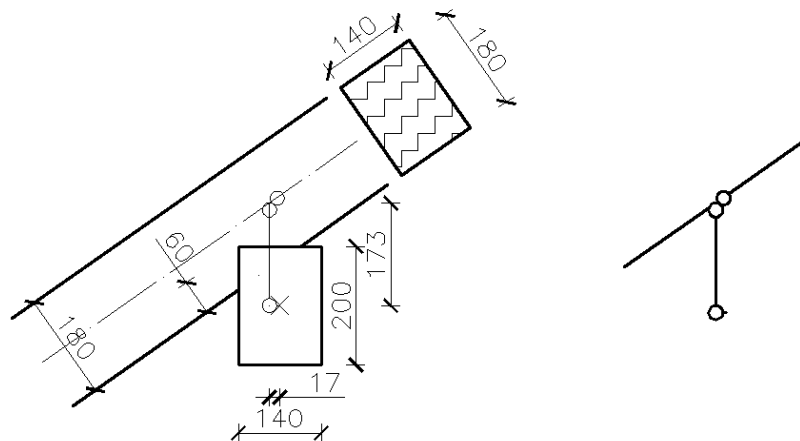
Obr. 5. 5. Výpočtový model.

Bylo nutno podporu poupravit, protože se konstrukce začala kroutit kolem osy Y a tím došlo i k posunu směrem dovnitř krovu. Následovala tedy oprava konstrukce tak, že se všechny podpory pod pozednici daly tuhé proti kroucení ve směru Y.

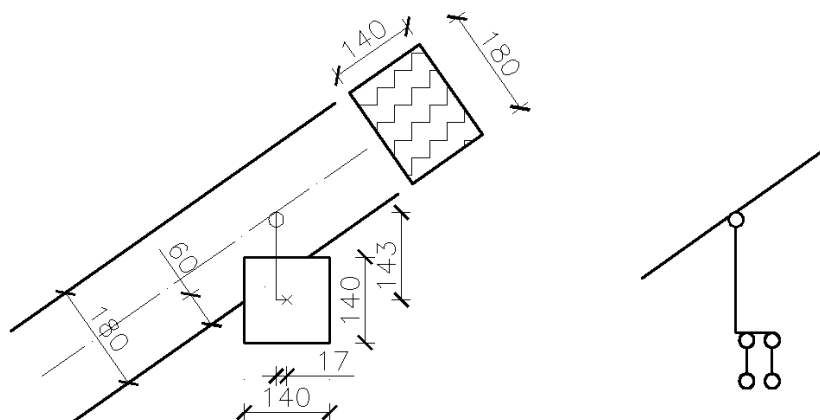
V polovalbové části jsou krokve uloženy jen na vaznicovém věnci spojem „osedlání“. Plná vazba by měla být pod vrcholem střetnutí nárožních krokví a krokví části sedlové střechy. Dále se opakuje plná vazba po třech metrech.

Vazný trám je navržen 160/220 mm v rozpětí celé střechy 10 metrů, vaznice mají 140/200 mm délky 9,860 metrů, které jsou v každé plné vazbě kloubově spojeny. To znázorňuje, že ve skutečnosti se takto dlouhé vaznice neužívají v praxi. Ve valbové části má vaznice délku 4 metry. Pozednice je 140/140 mm délky 9,86 metrů a má stejný způsob kloubového rozdělení z důvodu obdobného účelu.

Sloupek je 140/140 mm do výšky 3 metrů, pásek je pod úhlem 45° připojen na sloupek a vaznici v průřezu 140/140 mm s teoretickou délkou 1,441 metru. Vzpěra je 140/140 mm, teoretická délka 4,245 metrů. Rozpěra je průřezu 140/140 mm o délce 3 metry. Kleštiny na pozednici i na vaznici mají průřez 30/120 mm liší se však v délce, na pozednici jsou 3 metry dlouhé a na vaznici mají délku 4 metry.



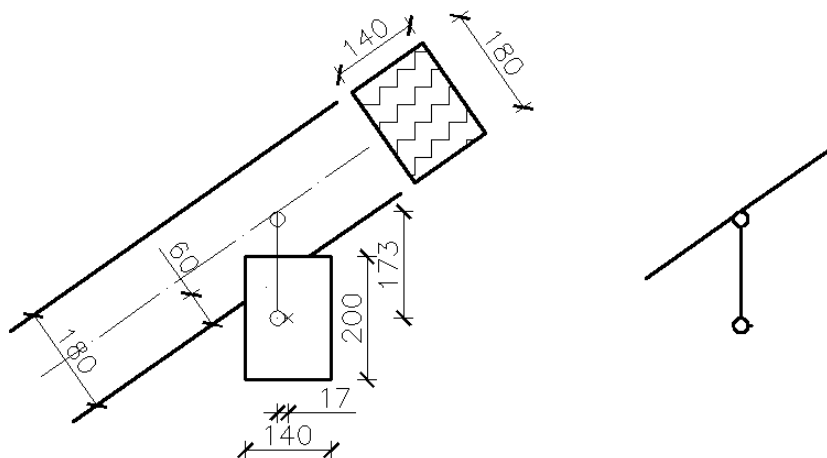
Obr. 5. 6. Vlevo uložení krokve na vaznici, vpravo detail výpočtového modelu.



Obr. 5. 7. Vlevo uložení krokve na pozednici, vpravo detail výpočtového modelu.

Krokve jsou modelovány 140/180 mm bez oslabeného průřezu v místě osedlání vaznic a pozednic jako to bylo u sedlové střechy. Místo oslabeného průřezu se na styku pozednice a vaznice s krokví vymodeloval kloub.

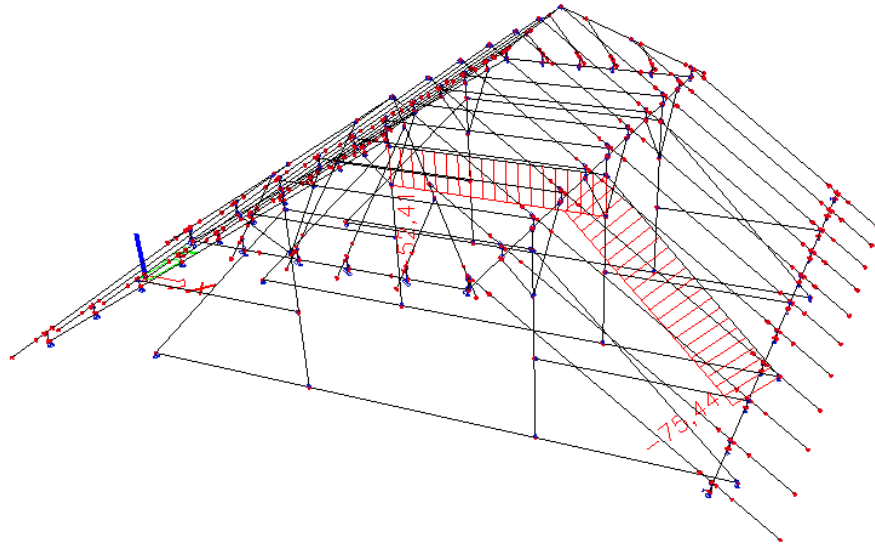
Obě osedlání však nejsou totožná, liší se průřezem vaznice a pozednice, dále pak v tom, že pozednice musí být tužší než vaznice. V první fázi modelování byla obě osedlání stejná, jenže program, ve kterém bylo modelováno, ohlašoval, že konstrukce je nestabilní. Po bližším prohledání bylo zjištěno, že přesah střechy by nedržel, pokud se nechá kloub na krokvi. Na obrázku 5. 7. je tedy znázorněno, že klouby jsou jen na vymodelovaném pomocném prvku, který slouží k tomu, aby byla konstrukce přiblížena skutečnému osedlání.



Obr. 5. 8. Osedlání krokve na vaznici v polovalbové části krovu.

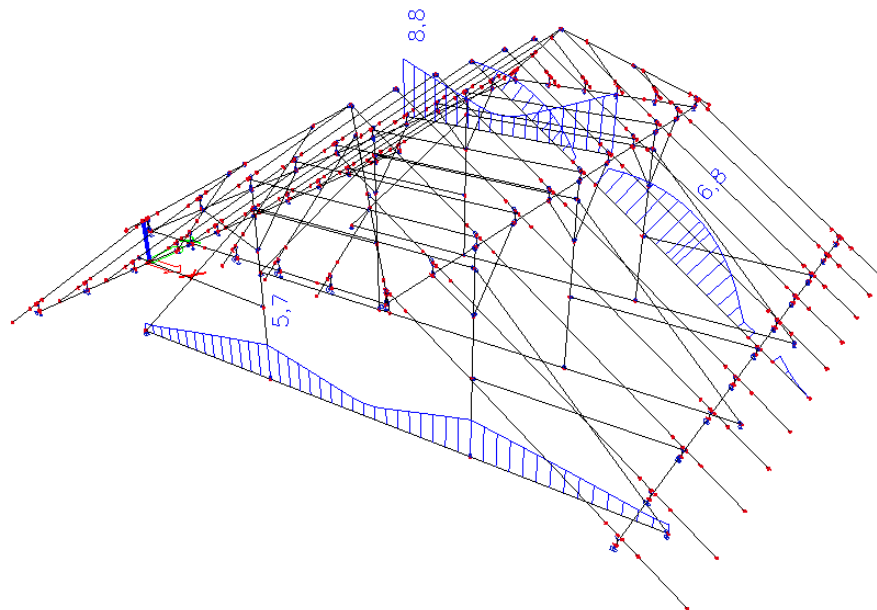
V polovalbové části je osedlání krokví na vaznici modelováno dle obr. 5. 8., není zde však umístěn kloub na krokvi jako v sedlové části z důvodu, že funguje na stejném principu jako pozednice, kloub by z prvku dělal volný konec.

Výpočet modelu proběhl po menších úpravách jednotlivých kloubů na prvcích v pořádku. Dosáhli jsme maximálního posunu 10 mm a pootočení 40 mrad. Největší normálové síly vznikly na vzpěrách a na rozpěře, kde bylo nutné provést posouzení průřezu.

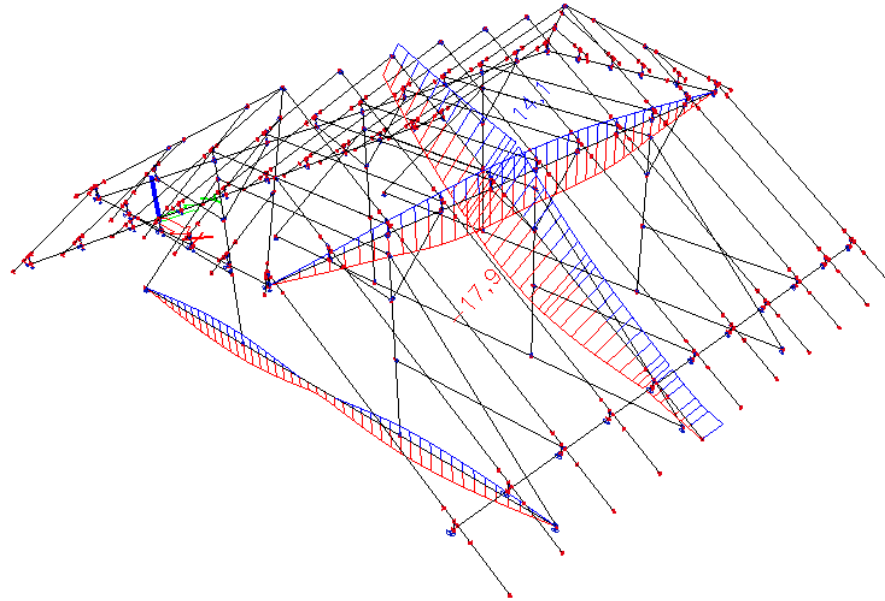


Obr. 5. 9. Průběh normálových sil- extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]

Posouzení vzpěry na vzpěr, jsme počítali dle [1]. Průřez 140/140 mm nevyhověl posezením na vzpěr, bylo nutno zvětšit daný průřez na 140/160 mm. Poté vyhověl. Dále se posuzovala rozpěra na vzpěr, která bez jakýkoliv komplikací vyšla hned napoprvé při průřezu 140/140 mm. Průběh a výsledky výpočtu lze nalézt v příloze [E].



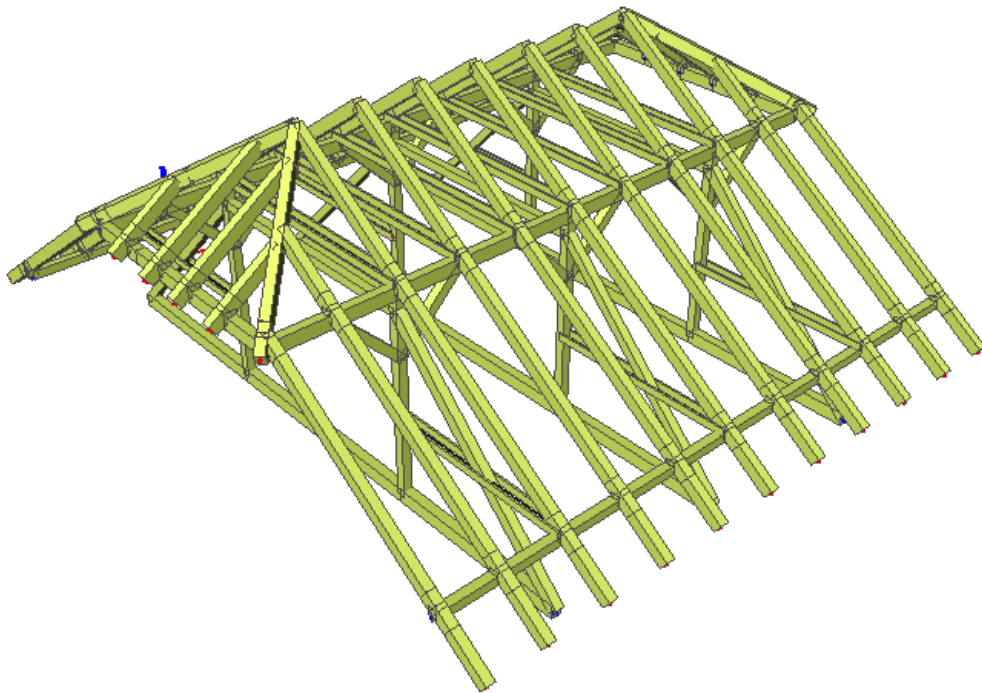
Obr. 5. 10. Průběh napětí na prutu – extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [MPa]



Obr. 5. 11. Posuny v lokálním směru pro zatížení od kombinace pro mezní stav použitelnosti [mm]

Napětí na konstrukci nutilo k upravení průřezů, tak aby vyhověly. Každý prvek byl posouzen zvlášť, tak aby vyhověl na napětí. Zajímavé ovšem je, že u sedlové a valbové střechy byly nejvíce namáhanými prvky sloupek, krokev a méně pozednice, ta však nebyla zásadní. U modelu polovalbové střechy je nejvíce namáhaným prvkem kleština, která je uložena na vaznici a spojena s krokví, dále pak vazný trám a krokev v sedlové části střechy. Krokve v polovalbové části mají jen minimální napětí. Nejvíce namáhané prvky jsou vyznačeny a popsány příslušnými výsledky na obrázku 5. 10. Z něho plyne, že největší napětí bylo vyvolané na již zmiňované kleštině.

Posuny v lokálním směru pro zatížení od kombinace pro mezní stav použitelnosti vyhověly. Největší průhyb na celé konstrukci je vyjádřen a popsán příslušnými hodnotami na obrázku 5. 11.



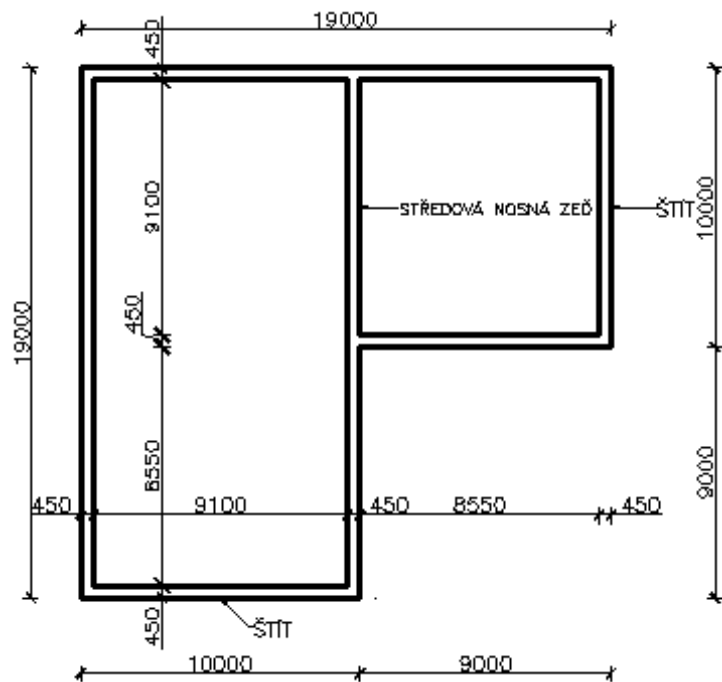
Obr. 5. 12. Navržený model krovu.

Na obrázku 5. 12. je konstrukce, která vyhovuje všem požadavkům a je stabilní vůči navrhovaným zatěžovacím stavům nejen v mezním stavu únosnosti ale i použitelnosti.

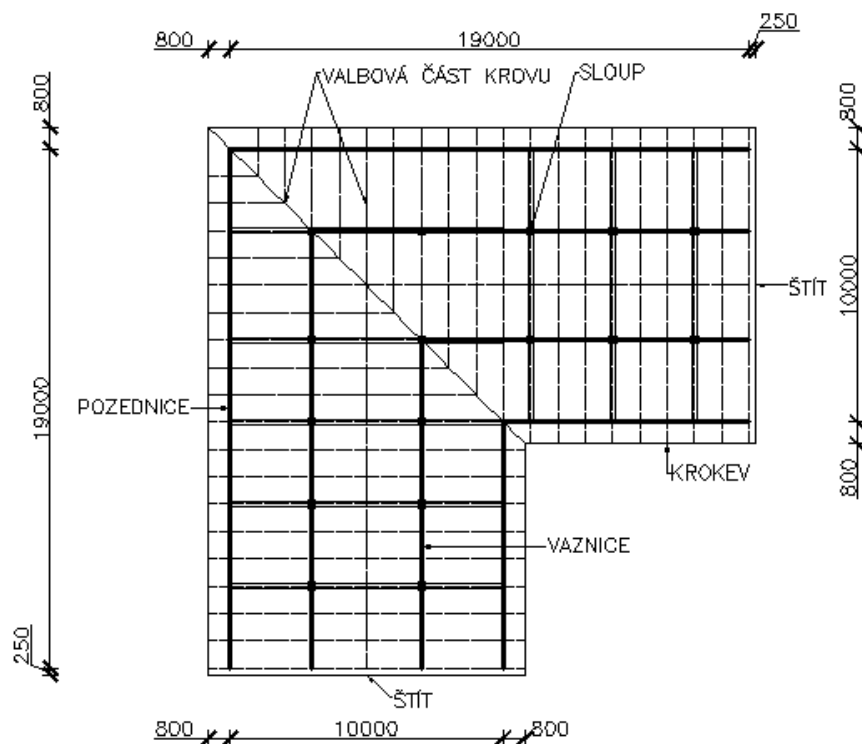
6. PROSTOROVÉ KŘÍŽENÍ SEDLOVÉ STŘECHY

Křížení jakékoliv střechy je dané půdorysem celé stavby. Všechny druhy střech, které zde byly zmíněny, se mohou křížit různým způsobem. Zde byl vybrán model sedlové střechy, kde jádro křížení bude modelováno do valbového stylu. Takto budou v následujícím modelu spojné konstrukční prvky jak valbové, tak i sedlové střechy.

Začneme od půdorysu stavby, na které budeme křížení navrhovat. Jedná se o klasický půdorys ve tvaru L, kde konstrukce bude modelována s půdním prostorem, ale ne s obytným. Pro lehčí modelování krovu kromě obvodových zdí, na kterých bude konstrukce krovu, budeme uvažovat i se středovou nosnou zdí., kvůli ukotvení vazných trámů. Model bude mít dva štíty a jádro křížení bude valbová část, jak již bylo zmíněno.



Obr. 6. 1. Půdorysné schéma zdiva.

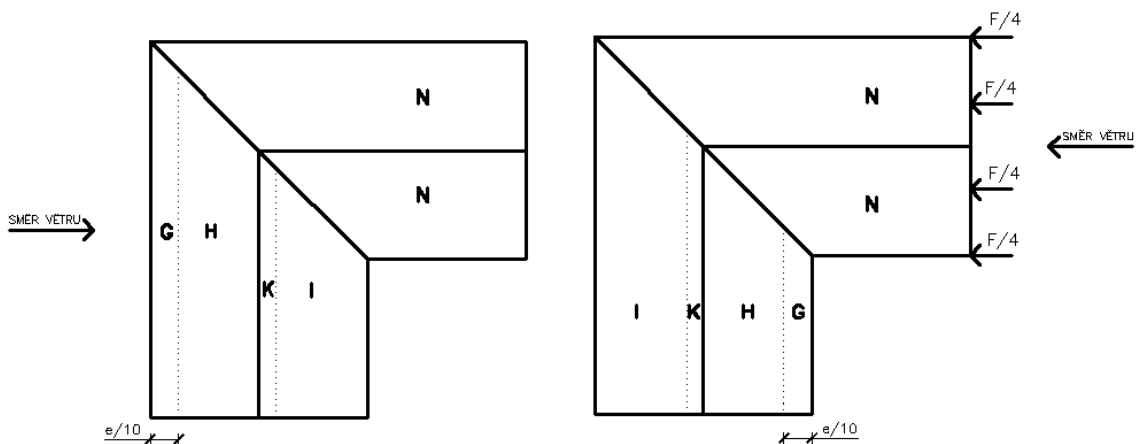


Obr. 6. 2. Půdorys krovu.

Tento model byl zatížen následujícími zatěžovacími stavy:

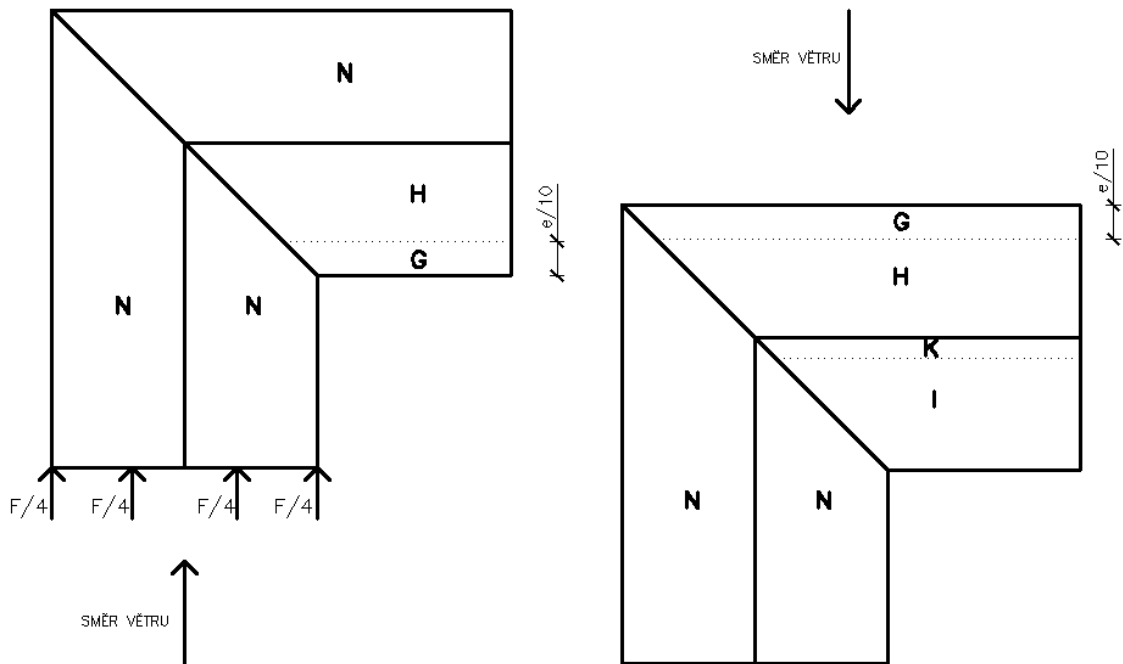
1. ZS. Vlastní tíha (stálé zatížení)
2. ZS. Ostatní stálé zatížení (stálé zatížení střešní krytinou)
3. ZS. Sníh plný (nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
4. ZS. Sníh nesymetrický (zprava, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
5. ZS. Sníh nesymetrický (zleva, nahodilé výběrové zatížení, sněhová oblast V)
6. ZS. Vítr zprava (nahodilé výběrové zatížení, kdy napravo od hřebene sedlové části krovu dochází k tlaku a nalevo od hřebene k sání, na štít působí do každé vaznice a pozednic síla a k tomuto štítu přilehlé sedlové části jsou namáhány sáním, větná oblast II)
7. ZS. Vítr zleva (nahodilé výběrové zatížení, kdy nalevo od hřebene sedlové části krovu dochází k tlaku a napravo od hřebene k sání, zbývající části sedlové střechy jsou namáhány sáním, větrová oblast II)
8. ZS. Vítr zepředu (nahodilé, výběrové zatížení, kdy tlak větrem působí zepředu na štít střechy v podobě čtyř sil, kdy každá z nich působí do vaznic a pozednic, sedlová část levá i pravá od hřebene je namáhána sáním, sedlová část je zepředu namáhána tlakem a zezadu sáním, větrová oblast II)
9. ZS. Vítr zezadu (nahodilé, výběrové zatížení, kdy tlak větrem působí zezadu na valbovou a sedlovou část střechy, ostatní plochy střech jsou namáhány na sání, větrová oblast II)

Nejsložitější na zatížení bylo rozložení sil při jednotlivých zatěžovacích stavech větrem, bylo nutné si jednotlivé stavy nakreslit a pomocí [6].



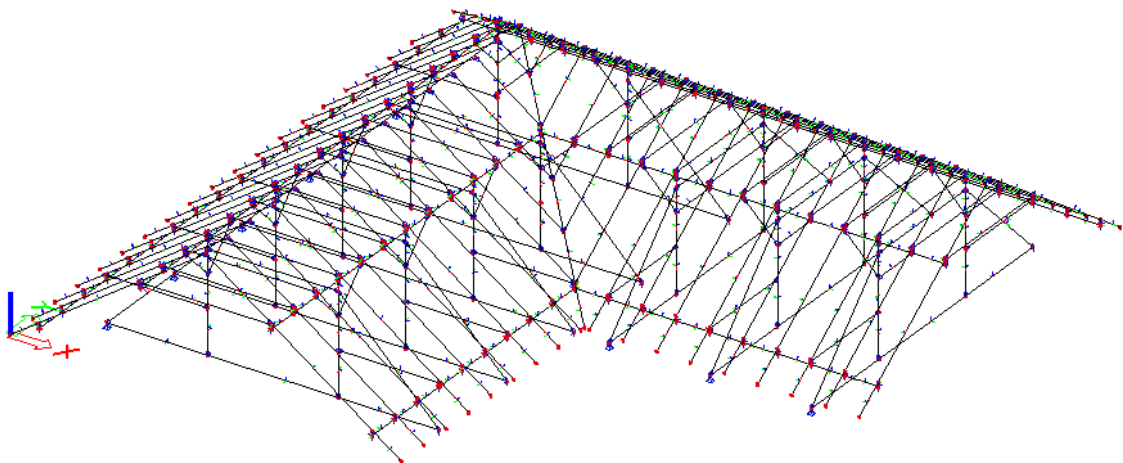
Obr. 6. 3. Vpravo zatěžovací stav 6 a zleva zatěžovací stav 7.

Na obr. 6. 3. jsou znázorněny oblasti pro zatížení větrem zatěžovacích stavů 6 a 7. Jako podklad pro takto navržené stavy je norma [6], kde však není dán výpočet přímo na křížení střeš. Tento model je tedy složen z části sedlové střechy a z části valbové. Jsou to zjednodušené formy zatížení větrem. Síly, které působí na štít na obrázku vpravo, byly počítány jako jedna síla F . Ta se spočítá jako zatížení na plochu štítu, kde je následně rozdělena na 4 stejné díly, který působí v oblasti vaznic a pozednic. Tyto síly platí i pro zatěžovací stav 6, tam síly působí také na štít.



Obr. 6. 4. Vpravo je zatěžovací stav 9 a vlevo zatěžovací stav 8.

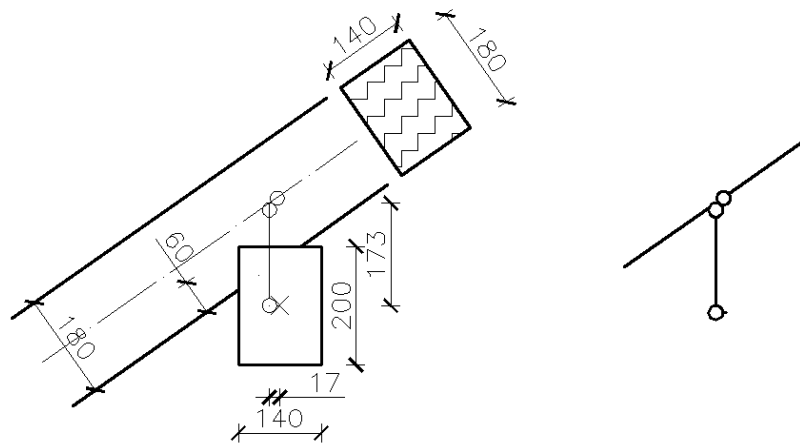
Plná vazba křížené střechy se skládá z vazného trámu, sloupků podporující vaznici, vzpěr, rozpěry, pásků a kleštin. Vazný trám je z levé strany podepřen pevnou podporou a z pravé posuvnou podporou, která je tuhá v ose Y a Z. Přední strana krovu je tvořená štítem na kterém jsou vaznice a pozednice uloženy podporou, která je tuhá ve směru Z a kroucení ve směru Y. Tuhost proti kroucení ve směru Y bylo modelováno protože, se pozednice překlápěla. Pravá část křížení střechy má vaznici a pozednici podepřenou na obou stranách stejně, podpora je zde tuhá ve směru Z a v kroucení ve směru X. Sřetnutí vnitřní pozednice je podepřené podporou tuhou ve všech směrech a navíc v kroucení ve směru Y. Vnější sřetnutí pozednic je naopak tuhé v kroucení ve směru X.



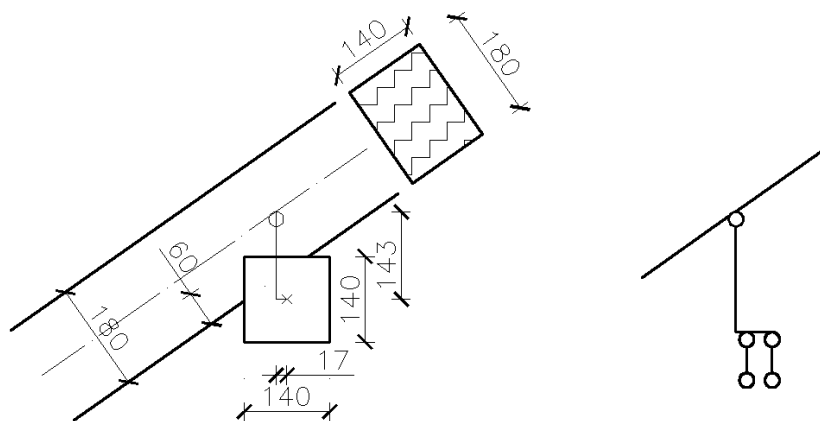
Obr. 6. 5. Výpočtový model.

Vazný trám je navržen 160/220 mm v rozpětí celé střechy o délce 10 metrů, vaznice mají 140/200 mm délky, z vnější strany 16 metrů a ze strany vnitřní 12 metrů, které jsou v každé plné vazbě kloubově spojeny. To znázorňuje, že ve skutečnosti se takto dlouhé vaznice nepoužívají v praxi. Vnější pozednice je 140/140 mm délky 19 metrů a vnitřní délky 9 metrů. Má obdobný způsob kloubového rozdělení za stejným účelem.

Sloupek je 140/140 mm do výšky 3 metrů, pásek je pod úhlem 45° připojen na sloupek a vaznici v průřezu 140/140 mm s teoretickou délkou 1,441 metru. Vzpěra je 140/140 mm, teoretická délka 4,245 metrů. Rozpěra je průřezu 140/140 mm o délce 3 metry. Kleštiny na pozednici i na vaznici mají průřez 30/120 mm, liší se však v délce, na pozednici jsou 3 metry dlouhé a na vaznici dosahují délky 4 metry. V jádru křížení jsou dvě plné vazby. První je umístěna pod spojením vaznic ve vnitřní straně křížení a druhá vazba je pod vnějším spojením vaznic křížení.



Obr. 6. 6. Vlevo uložení krokve na vaznici, vpravo detail výpočtového modelu.

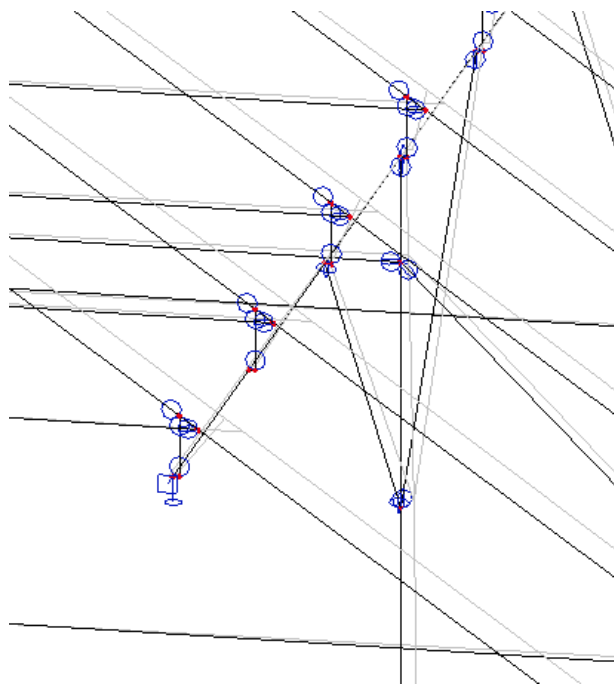


Obr. 6. 7. Vlevo uložení krokve na zednici, vpravo detail výpočtového modelu.

Osedlání krokví na vaznice a pozednice je stejné jako u předešlého modelu, kde byl uveden případ polovalbové střechy. Po porovnání uložení si můžeme všimnout,

že se neliší, během průběhu zpracování této práce jsem došla k závěru, že tyto dva modely osedlání asi nejvíce vystihují skutečné chování konstrukce.

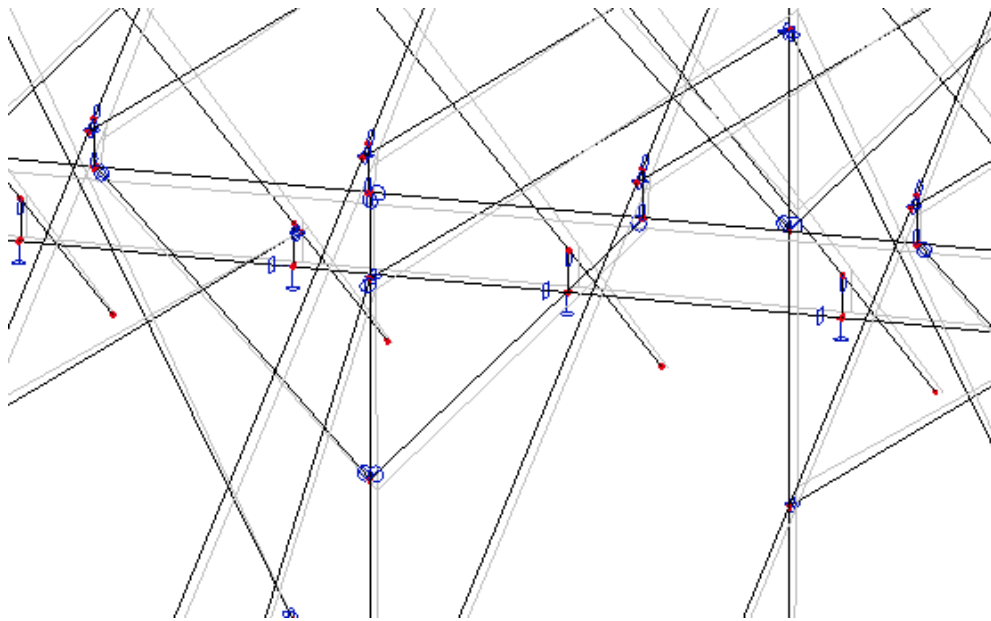
Výpočet modelu proběhl po menších úpravách jednotlivých kloubů na prvcích v pořádku, maximální posun byl 52 mm. V tomto případě, kdy konstrukce není až tak velká, to byl problém. Posun nastával ve směru X. V následujícím obrázku je znázorněno, jak se celá konstrukce posunula.



Obr. 6. 8. Detail posunutí celé konstrukce ve směru X.

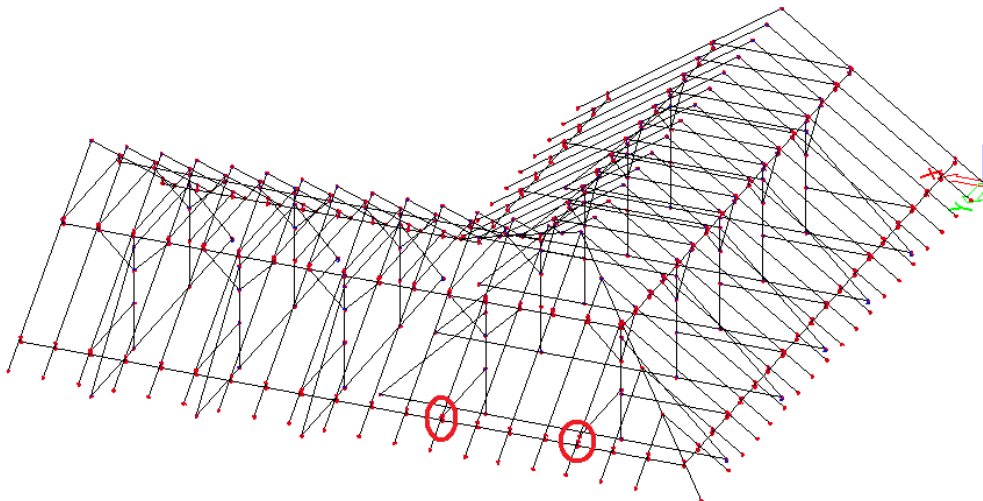
Obrázek 6. 8. popisuje přední část krovu. Je zřejmé, že se nejen krokve posunují ve směru X, ale také celý sloupek. Bylo zjištěno, že se musí pravá pozednice zajistit proti posunu ve směru X, aby k tomuto posunu nedošlo.

Po následném vypočtení v programu klesl posun na 17 mm. Bylo velmi dobře poznat, jak konstrukce díky jedné změně tuhosti pracuje. Následovalo však další rozebrání druhého výpočtu, kde tentokrát nedocházelo k posunu X, ale Y. Všechny podpory na pozednici měly sice tuhost v kroucení ve směru Y, ale konstrukce se stále posouvala.



Obr. 6. 9. Detail posunutí celé konstrukce ve směru Y.

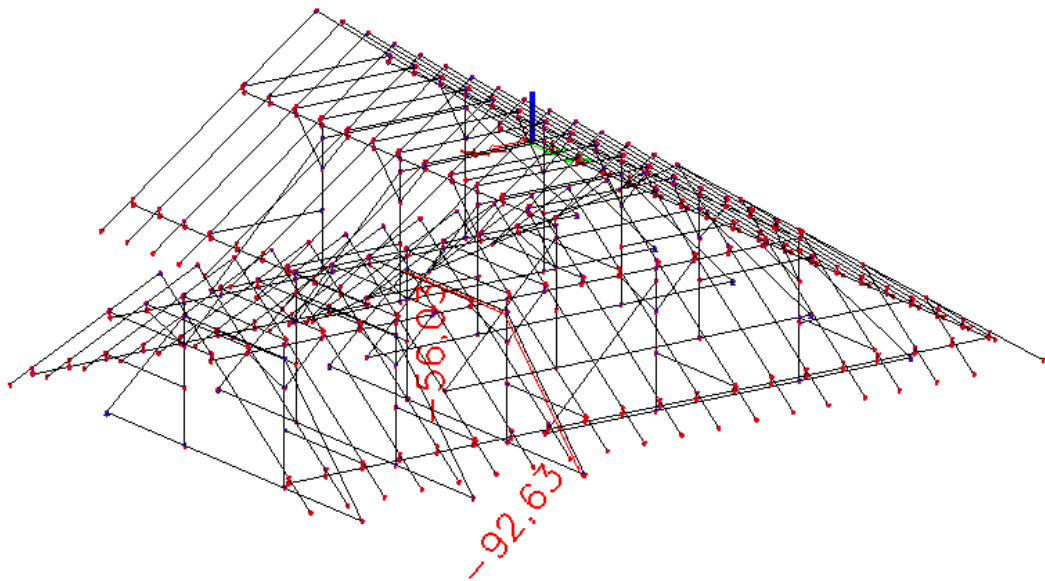
Pro zlepšení funkčnosti konstrukce se v místě plné vazby v jádru křížení změnila podpora, které dostaly tuhost i ve směru Y. Na obr. 6. 10. je červeně znázorněno, o která místa se jedná.



Obr. 6. 10. Červeně zvýrazněny detaily, kde se změnili podpory.

I po takto vypočítaném modelu dosahoval posun stále kolem 14 mm. Dále už však nebylo možné tuto konstrukci upravovat, protože se jednalo spíše o prohýbání sloupku, který pak na dalších prvcích vyvolal posun. Jedinou možností, jak zabránit dalším posunům by bylo zvětšení průřezu sloupku, ale protože se zde jedná o vymodelování krovu tak, aby se co nejvíce blížil skutečnosti, průřez sloupku zvětšovat nebudeme.

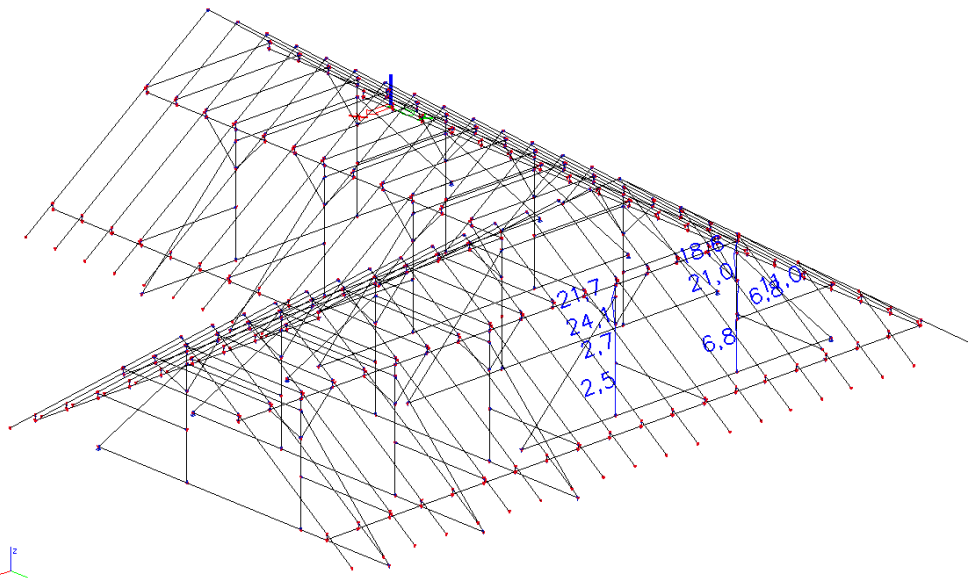
Po těchto úpravách výpočet proběhl bez problémů. Maximální posun je 14 mm a maximální pootočení je 8 mrad. Největší normálové síly vznikly na vzpěrách a na rozpěře, kde bylo nutné provést posouzení průřezu.



Obr. 6. 11. Průběh normálových sil- extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [kN]

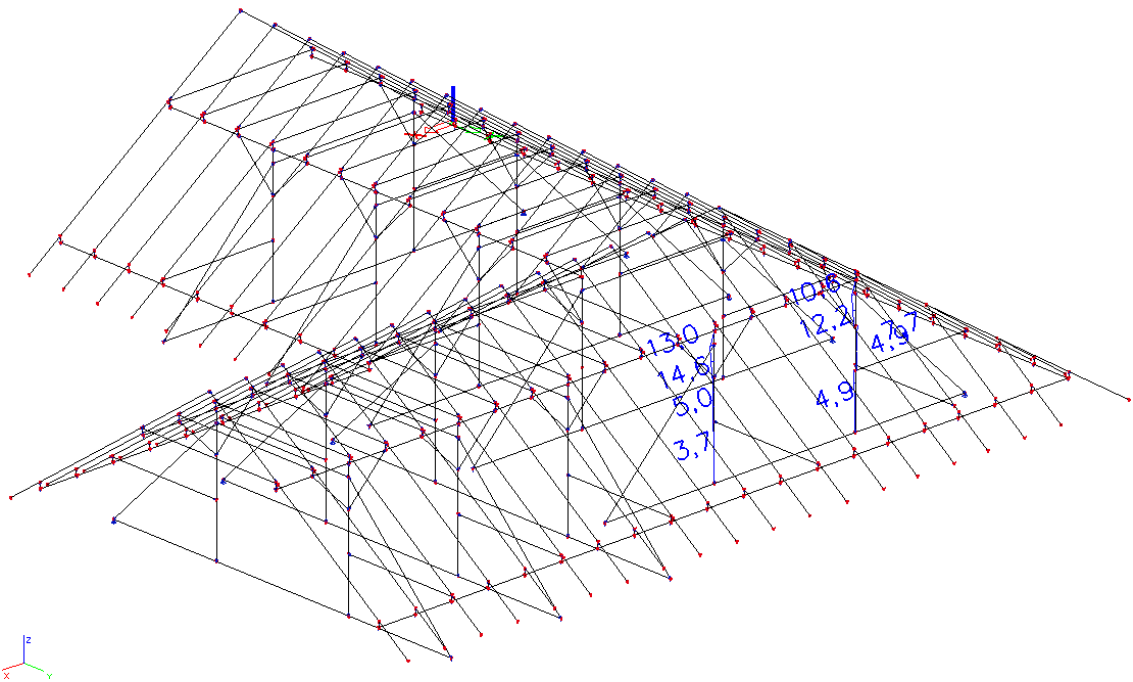
Na obr. 6. 11. jsou vyznačeny pruty (vzpěr a rozpěra), které jsou z celé konstrukce nejvíce namáhány. Ostatní vzpěry mají hodnotu kolem 70kN a rozpěry 50kN. Stále se však jedná o nejvíce namáhané pruty z pohledu na normálovou sílu.

Posouzení vzpěry na vzpěr jsme počítali dle [1]. Průřez 140/140 mm nevyhověl posezením na vzpěr, bylo nutno zvětšit daný průřez na 140/160 mm. Poté vyhověl. Dále se posuzovala rozpěra na vzpěr, která bez jakýkoliv komplikací vyhověla napoprvé při průřezu 140/140 mm. Průběh výpočtu a jeho posouzení lze nalézt v příloze [F].



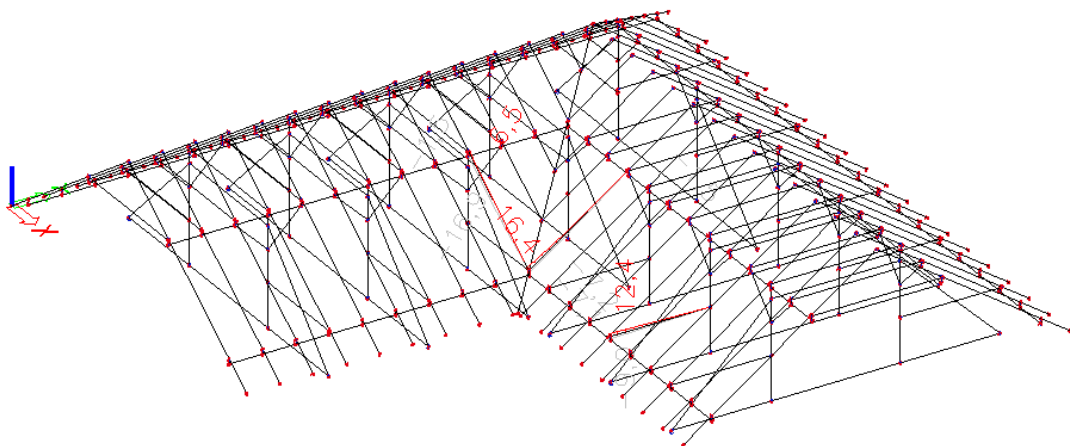
Obr. 6. 12. Průběh napětí na prutu – extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti [MPa]

Na obr. 6. 12. je největší napětí na sloupcích v jádru křížení. Jak již bylo výše zmíněno, sloupek se prohýbá ve směru Y. Jeho průřez je 140/140 mm a bylo nutné jej tedy zaměnit na 160/180 mm. Pokud bychom reálně tvořili konstrukci, tento průřez by nebylo možné navrhnout, zde jej navrhne proto, aby bylo vyhověno všem požadavkům. Po zvětšení průřezu se napětí na sloupku zmenšilo, konečná změna je zobrazena na obr. 6. 13.



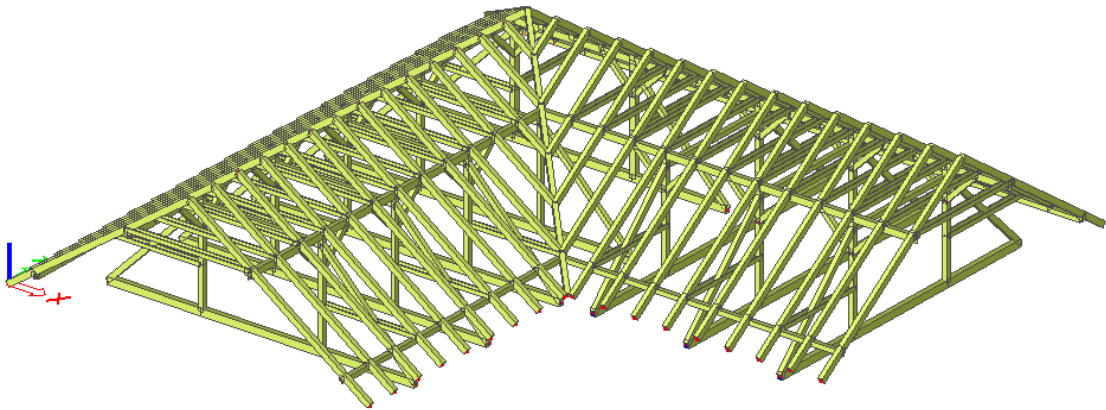
Obr. 6. 13. Průběh napětí na prutu – extrém od kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti po upravení průřezu sloupku na 160/180mm[MPa]

Napětí nejen na sloupku, ale i na zbývajících prvcích konstrukce vyhovělo meznímu stavu únosnosti. Na ostatních prvcích nebylo nutné změnit průřezy.

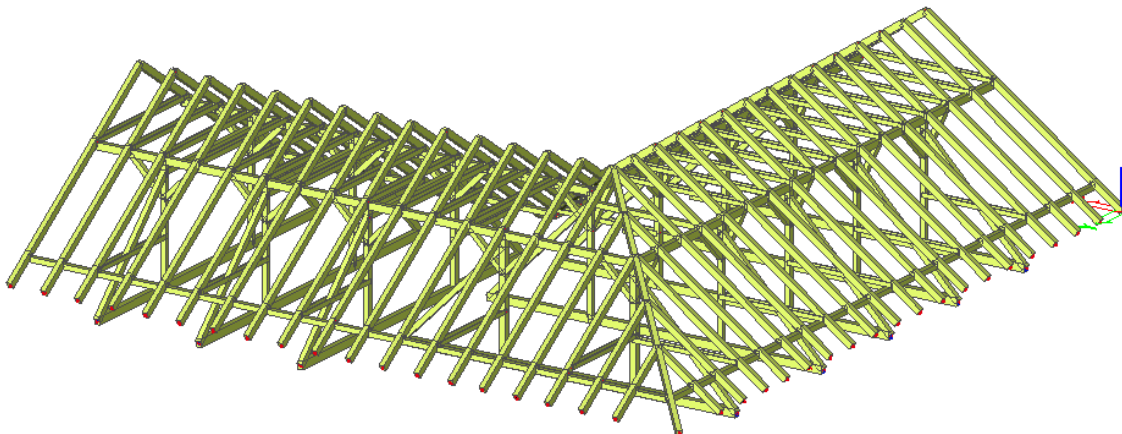


Obr. 6. 14. Posuny v lokálním směru z pro zatížení od kombinace pro mezní stav použitelnosti [mm]

Posuny ve všech směrech pro mezní stav použitelnosti vyhověly. Největší průhyb na konstrukci byl ve směru Z na krokvi a kleštině, která leží na pozednici. Konkrétní prvky jsou vyznačeny a příslušnými hodnotami pospány na obrázku 6. 14.



Obr. 6. 15. Výpočtový model zepředu.



Obr. 6. 16. Výpočtový model zezadu.

Na obrázku 6. 15. a 6. 16. je konstrukce, která vyhovuje všem požadavkům a je stabilní vůči navrhovaným zatěžovacím stavům nejen v mezním stavu únosnosti, ale i použitelnosti.



7. Závěr

Tato studie se především zabývala reálným vymodelováním výpočtových prostorových modelů a tím, jak se tyto modely chovají v určitých fázích modelování. Každá prostorová konstrukce se chovala staticky nepatrně odlišně. Důležité na této práci je, že byla uvažována sněhová oblast V. Z konstrukčních zásad vyplývá, že plná vazba se v krovu dělá zpravidla po 4 metrech, studie však dokázala, že to v této zatěžovací oblasti nelze. Na všech krovech byla tedy navrhnutá plná vazba po 3 metrech. Z tohoto plyne, že i když máme dané normy a konstrukční zásady, ne vždy je však možné je dodržet. Tato práce je tedy pouze návodem, jak správně postupovat. Proto je důležité nad prací přemýšlet a dělat ji pečlivě a staticky správně.

Všechny prostorové výpočtové modely byly modelovány v programu Scia Engineer 2011. 1.



8. Seznam použité literatury

- [1] ČSN 73 1702 Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby
- [2] ČSN 73 1701 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [3] Pozemní stavitelství III- Šikmé a strmé střechy Libor Matějka
- [4] DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE PODLE EUROKÓDU 5 - STEP 1, Navrhování a konstrukční materiály, Koželouh Bohumil
- [5] EN 1991-1-1-3 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [6] EN 1991-1-1-4 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem



OBSAH PŘÍLOHY:

Příloha A

- zatížení bcc, rozložení sil na
krovi, přirová konstanta,
rozměry prvků

Příloha B

- posouzení vzpěry a rozpěry
u prostoroceho modelu
saddlové střechy

Příloha C

- posouzení jednodílného
a dvojitěho zapištění

Příloha D

- posouzení vzpěry a rozpěry
valbové střechy

Příloha E

- posouzení vzpěry a rozpěry
půlvalbové střechy

Příloha F

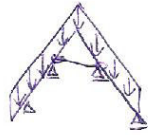
- posouzení vzpěry a rozpěry
křížové střechy



PŘÍLOHA A

Zatížení:

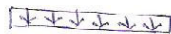
1.2s. vlastní tíha



2.2s. ostatní stávké (střáskací) prašť

- střáskací kryptina $9,6 \text{ kN/m}^3$
- hydro izolace $0,13 \text{ kN/m}^3$
- tep. izolace tl. $0,2 \text{ m}$
hmotnost $0,5 \text{ kN/m}^2$
zatížení iz. $0,1 \text{ kN/m}^2$

- bednění tl. $0,03 \text{ m}$
hmotnost $3,3 \text{ kN/m}^3$
zatížení $0,08 \text{ kN/m}^2$
-
- $q_f = 0,92 \text{ kN/m}^2$



3.2s. Sníh plný

- kategorie II

$$s_0 = 3 \text{ kN/m}^2$$

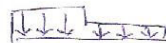
úhel střásk. 35°

$$\mu_i = 0,67$$

$$c_t = 1$$

$$c_e = 1$$

$$s_k = \mu_i \cdot c_t \cdot c_e \cdot s_0 = 3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 = 2 \text{ kN/m}^2$$



4.2s. Sníh nesymetrický (vlevo i vpravo plati)

$$s_k = 0,5 \cdot \mu_i \cdot c_t \cdot c_e \cdot s_0 = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 3 = 1 \text{ kN/m}^2$$

5.2s. Sníh nesymetrický

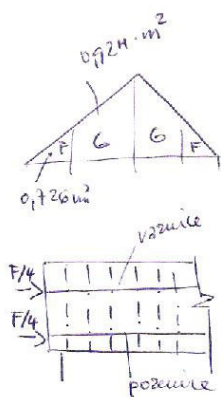
0.2s. vítr a žl. kategorie II) zprava a i zleva

$$w_{ze} = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$q_p(z_e) = c_e(z) \cdot q_b = 0,37 \cdot 2,3 = 0,66 \text{ kN/m}$$

$$q_b = \frac{q}{2} \cdot \gamma_0 = \frac{1,25}{2} \cdot 25^2 = 0,39$$

-62-



každá tato hodnota je násobena příslušným součinitelem podle ČSN v tabulce.

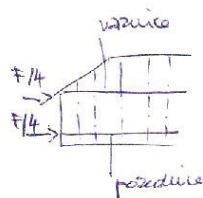
Výpočet příčinného větru p. 2 9. 23.

$$\begin{aligned} \text{plocha } F &= 2,18 \text{ m}^2 \\ G &= 6,56 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,18 \cdot 0,726 &= 1,57 \\ 6,56 \cdot 0,924 &= 6,067 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} 2,18 \cdot 0,726 \\ 6,56 \cdot 0,924 \end{aligned}} \right\} = 7,64 \text{ kN}$$

$$\underline{F/4 = 3,82 \text{ kN}}$$

Výpočet větru v polovalbové střechě



$$H = 0,166 \cdot 0,26 = 0,176$$

$$F = 0,726 \cdot 0,312 = 2,265$$

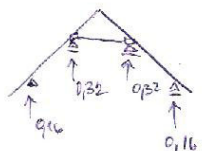
$$G = 0,924 \cdot 7,75 = 7,161$$

$$\underline{F/4 = 3,6 \text{ kN}}$$

Reakce od krokev

$$\frac{1,25}{0,16} \cdot H = 0,164$$

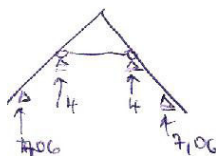
$$0,32 \cdot H = 0,176$$



2.25.

$$7,57 \cdot H = 30,28$$

$$H \cdot H = 16,24 \quad + \text{ve. tíla}$$

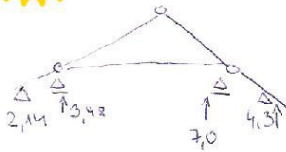


3.25

$$4,29 \cdot H = 17,16$$

$$7,31 \cdot H = 29,24$$

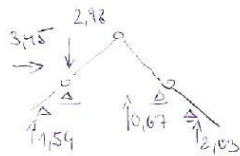




4. ZS SNĚH VPRAVO

$$\begin{aligned} 2,14 \cdot 4 &= \\ 3,98 \cdot 4 &= 15,92 \\ 4,3 \cdot 4 &= \\ 7,0 \cdot 4 &= 28 \end{aligned}$$

SNĚH VLEVO \rightarrow OPAR SNĚHU VPRAVO



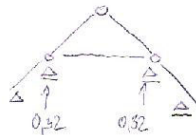
6. ZS VĚTR ZPRAVU

$$\begin{aligned} 1,54 \cdot 4 &= 6,16 \\ 2,03 \cdot 4 &= 8,12 \\ -2,98 \cdot 4 &= -11,92 \\ 0,67 \cdot 4 &= 2,68 \\ 3,45 \cdot 4 &= 13,8 \end{aligned}$$

PRO LEPŠÍ PŘEHLED REKAPITULACE

REAKCE OD ZATĚŽOVACÍCH
STAVŮ NA KROUVI

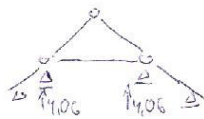
1. ZS VLASTNÍ TÍHA



KROUVE 1500
PO 3 METRECH
 $3 \cdot 0,32 = 0,96 \text{ kN}$

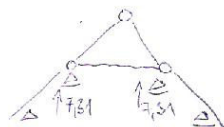
2. ZS OSTATNÍ STĚLÉ

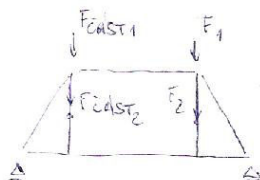
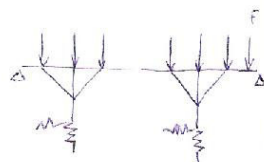
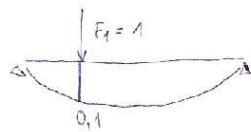
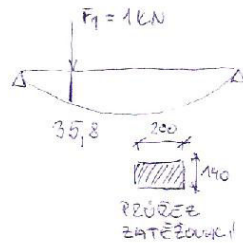
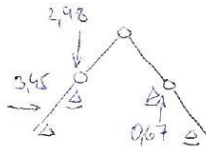
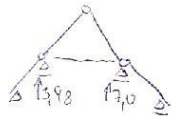
$$4,06 \cdot 3 = 12,18 \text{ kN}$$



3. ZS SNĚH PLUŽ

$$3 \cdot 7,31 = 21,93 \text{ kN}$$





4.23 SVIČ NESTRANĚNĚ (UPRAV.)

$$3,98 \cdot 3 = 11,94 \text{ kN}$$

$$7,0 \cdot 3 = 21 \text{ kN}$$

⇒ SVIČ VLEVO TO STEJNĚ AKOBYT 5 ZS
OPĚVNĚ

6.25 VÍTEL ZPRAVA

$$2,98 \cdot 3 = 8,94 \text{ kN}$$

$$0,67 \cdot 3 = 2,01 \text{ kN}$$

$$3,45 \cdot 3 = 10,35 \text{ kN}$$

VAZNICE

PĚROVÁ KONSTANTA VE SMĚRU X

$$\omega = \frac{1}{0,0352} = 27,93$$

PĚROVÁ KONSTANTA VE SMĚRU Z

$$\omega = \frac{1}{0,0001} = 10\,000$$

SCHEMA VAZNICE

F ⇒ PRO KAŽDÉ ZATĚŽOVACÍ STAV JINÉ ⇒ ISOTO
REAKCE OD KROUV!

UNITĚNÍ SILY N PRO KAŽDÝ ZAT. STAV
DO PŘÍČNÉ VÁŽBY ROZDĚLIT, RŮZNÁ
HODNOTA VE VAZNICI A OD MÍST, KDE
JE PÁSEK

PŘÍČNÁ VÁŽBA KROUV



OHTB

$$f_{mxe} = 22 \text{ MPa} \quad f_{mxd} = \frac{22 \cdot 0,9}{1,3} = 15,2 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\lambda_H = 1,3$$

- TOTO MUSÍ UTHOVUOVAT U PLNÉ VYŽEBĚ $k_{mod} = 1$ PRO VŠECHNY PRŮŘEZY

3D KROU S KLEŠTINAMI I NA

POZEDNICI => UTHOVUJI TYTO PRŮŘEZY

KROUVEK C 22 PRŮEK 120/180

OSLABENÝ PRŮŘEZ NA KROUVI C 22 PRŮEK 120/120

VÁZNIČE C 22 PRŮEK 140/200

KLEŠTINA C 22 PRŮEK 80/120

SLOUPEK, DIAGONÁLA, PÁSEK C 22 PRŮEK 140/140

POZEDNICE C 22 PRŮEK 140/140

VÁZNÍ TRÁM C 22 PRŮEK 140/200

3D KROU KLEŠTINÍ JEN NA POZEDNICI

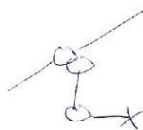
STEJNÉ PRŮŘEZY ALE NUTNO ZMĚNIT (VELIKÉ NAPĚTÍ)

KROUVEK 140/180

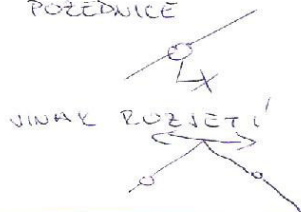
SLOUPEK 160/160

VÁZNÍ TRÁM 160/220

VÁZNIČE



POZEDNICE



VINAK ROZJETÍ

PŘÍLOHA B

Posouzení vzpěty na vzpětí scellové střešiny
(křesťiny na hranici i posazení)

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{3,2013 \cdot 10^5}{0,14 \cdot 0,14}} = 4,014 \text{ mm}^3$$

$$a_y = \frac{0,14}{i_y} = \frac{4,243}{0,14014} = 107,02$$

$$A_{rel,y} = \frac{a_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{e,02}}{E_{q05}}} = \frac{107,02}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,835$$

$$E_{q05} = \frac{2}{3} \cdot E_{0,1mm} = \frac{2}{3} \cdot 10000 \cdot 10^6 = 6,666 \text{ P2}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (A_{rel} - 0,3) + A_{rel}^2] =$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,835 - 0,3) + 1,835^2] = 2,26$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - A_{rel,y}^2}} = \frac{1}{2,26 + \sqrt{2,26^2 - 1,835^2}} = 0,2793$$

$$V_{c,02} = \frac{76,43 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,14} = 3,899 \text{ MP2}$$

$$f_{e,02} = \frac{0,9 \cdot 20}{1,3} = 13,846 \text{ MP2}$$

$$\frac{E_{c,02}}{k_c \cdot f_{e,02}} \leq 1 \quad \frac{3,899}{0,2793 \cdot 13,8} = 1,009 \Rightarrow \text{NEVYHODÍ}$$

Návrhový průřez 140/160:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{5,4613 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,16}} = 46,18 \text{ mm}^3$$

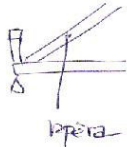
$$a_y = \frac{0,16}{i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_{e,02}}{E_{q05}}} = \frac{97,88}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,602$$

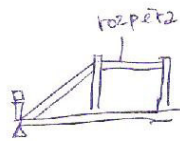
$$a_y = \frac{4,243}{0,046} \cdot 18 = 97,88$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,602 - 0,3) + 1,602^2] = 1,844$$

$$k_c = \frac{1}{1,844 + \sqrt{1,844^2 - 1,602^2}} = 0,361$$

$$\frac{3,899}{0,361 \cdot 13,8} = 0,733 \leq 1 \quad \text{VYHODÍ}$$





Posouzení rozpětí na vzpěr sádlové střechy

Průřez 140/140

$$i = 40,4 \text{ mm}^2$$

$$i_y = \frac{3860}{40,4} = 95,54$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,666 - 0,3) + 1,666^2] = 1,976$$

$$k_c = \frac{1}{1,956^2 + \sqrt{1,976^2 - 1,666^2}} = 0,335$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{52,20 \cdot 10^3}{911 \cdot 0,114} = 2,81 \text{ MPa}$$

$$\frac{2,81}{0,335 \cdot 13,8} = 0,607 \leq 1 \quad \text{VYHODIJE}$$

Posouzení vzpětí na vzpěr sádlové střechy
(lepší jen na pozdvižení)

Průřez 140/140

$$i_y = 40,4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{67,43 \cdot 10^3}{9096} = 3,33 \text{ MPa}$$

$$i_y = 105 \text{ P2}$$

$$i_{rel} = 2,26$$

$$k_c = 0,2793$$

$$\frac{3,33}{13,8 \cdot 0,279} = 0,666 = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{rel} \cdot k_c} \leq 1$$

VYHODIJE

Posouzení rozpětí : 140/140

$$i = 40,4 \text{ mm}^2$$

$$i_y = \frac{3860}{40,4} = 95,54$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,666 - 0,3) + 1,666^2] = 1,976$$

$$k_c = \frac{1}{1,976 + \sqrt{1,976^2 - 1,666^2}} = 0,335$$

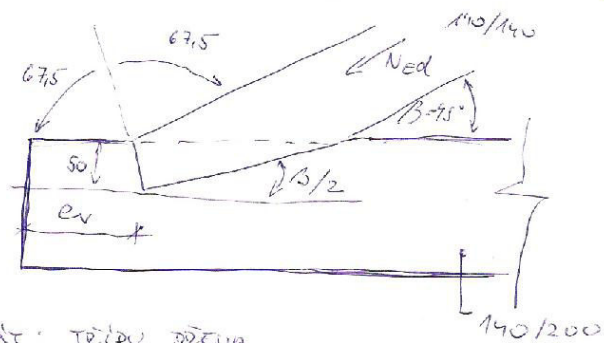
$$\sigma_{c,0,d} = \frac{52,20 \cdot 10^3}{9096} = 2,81 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot i_{c,0,d}} \leq 1 \Rightarrow \frac{2,81}{0,335 \cdot 13,8} = 0,604 \Rightarrow \text{VYHODIJE}$$



PŘÍLOHA [c]

ZAPUŠTĚNÍ - TES. SPOJ



ZNÁT: TŘÍDU DŘEVA
ÚHEL ŠIKMÉHO PRVKU $= 45^\circ = \beta$
SÍLA V OSE Ned $= 169,15 \text{ kN}$

CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY V TLAKU
ROVNOBĚŽNĚ K ULOŽENÍM

$$f_{c,0,k} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,1 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,4 \text{ MPa}$$

$\lambda_{mod} = 0,9$... PODLE DRUHU ZATÍŽENÍ
(KRÁTKODOBĚ ULOŽENÍ)
TŘÍDA ÚKOSTI 3

$$\gamma_M = 1,3$$

NÁVRHOVÉ HODNOTY V TLAKU ROVNOBĚŽNĚ
A KOLMO K ULOŽENÍM

$$f_{c,0,d} = \frac{\lambda_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 20 \cdot 10^6}{1,3} = 9,655 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{\lambda_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 5,1}{1,3} = 2,96 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = \frac{\lambda_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 2,4}{1,3} = 1,59 \text{ MPa}$$

NÁVRHOVÉ PEVNOSTI POD ÚHEM K
ULOŽENÍM

$$f_{c,d(zz),d} = \frac{f_{c,0,d}}{k_{90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = \frac{9,655 \cdot 10^6}{2,96} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha$$

$$f_{c,d} = 7,16 \text{ MPa}$$

69





$$\sigma_{c,x(22,5),d} = \frac{N_{ed} \cdot \cos^2 22,5}{f_{t,v}}$$

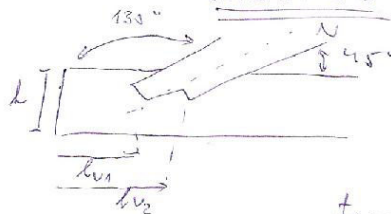
$$= \frac{104,15 \cdot \cos^2 22,5}{0,14 \cdot 0,05}$$

$$= 19,49 \text{ MPa} \geq f_{c1,x,d} = 7,16 \text{ MPa}$$

NEUHTHOVISE

DVOUSITĚ ZAPUŠTĚNÍ VZPĚRŮ DO

VAZNIKŮ



$$e_{v1} = 40 \text{ cm}$$

$$e_{v2} = 50 \text{ cm}$$

$$l_{v1} = 250 \text{ cm}$$

$$l_{v2} = 381 \text{ cm}$$

$$f_{c,ord} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,v}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 2,7}{1,3}$$

$$= 1,385 \text{ MPa}$$

$$f_{c,ord} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,0}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 2,9}{1,3}$$

$$= 1,166 \text{ MPa}$$

$$\alpha = \beta/2 = 22,5^\circ$$

$$N = 81,47 \text{ kN}$$

$$f_{c,0,2} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,1} = 2,4 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,3$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\beta = 45^\circ$$

$$f_{t,v} = 2,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1,x,d} \leq \frac{f_{c,ord}}{\frac{f_{c,0,2}}{f_{t,0,1}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{1,385}{\frac{13,35}{1,66} \cdot \sin^2 22,5 + \cos^2 22,5}$$

$$\sigma_{c1,x,d} = \frac{F_{ed} \cdot \cos^2(\beta/2)}{(k_{ef} \cdot e_{v1} + k_{ef} \cdot e_{v2})} = \frac{81,47 \cdot 10^3 \cdot \cos^2 22,5}{170 \cdot 40 + 170 \cdot 50}$$

$$= \frac{69538,99}{12600} = 5,52 \text{ MPa}$$

$$5,52 < 6,67$$

$$f_{t1,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,v}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 2,7}{1,3} = 1,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cl} = \frac{F_{ed} \cdot \cos \beta}{(k_{ef} \cdot l_{v1} + k_{ef} \cdot l_{v2})} = \frac{81,47 \cdot 10^3 \cdot \cos 45^\circ}{(170 \cdot 250 + 170 \cdot 381)}$$

$$= \frac{57607,99}{88370} = 0,65 \text{ MPa}$$

70



PŘÍLOHA D

Posouzení rozpěty na vzpětí valbové střechy

140/140

$$i_y = 40,4 \text{ mm}^3$$

$$a_y = \frac{4,243}{0,404} = 105,02$$

$$a_{rel,y} = \frac{a_y}{i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_{t,0,1c}}{E_{0,05}}} = \frac{105,02}{40} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,835$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (a_{rel,y} - 0,3) + a_{rel,y}^2] =$$

$$0,5 \cdot [1 + 0,7 \cdot (1,835 - 0,3) + 1,835^2] = 2,26$$

$$k_c = \frac{1}{2,26 + \sqrt{2,26^2 - 1,131^2}} = 0,2793$$

$$f_{c,0,d} = \frac{7,70 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,14} = 4,066 \text{ MPa}$$

$$\frac{4,066}{0,2793 \cdot 13,8} = \frac{f_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{t,0,d}} = 1,04 \leq 1 \Rightarrow \text{NEVYHODÍ SE}$$

Uavrhuj. 140/160

$$i_y = 46,1 \text{ mm}^3$$

$$a_y = \frac{4,243}{46,18} = 91,88$$

$$a_{rel,y} = \frac{a_y}{i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_{t,0,1c}}{E_{0,05}}} = \frac{91,88}{46} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,602$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,7 \cdot (1,602 - 0,3) + 1,602^2] = 1,888$$

$$k_c = \frac{1}{1,888 + \sqrt{1,888^2 - 1,602^2}} = 0,361$$

$$f_{c,0,d} = \frac{7,70}{0,16 \cdot 0,14} = 3,558 \text{ MPa}$$

$$\frac{3,558}{0,361 \cdot 13,8} = 7,14 \leq 1 \text{ VYHODÍ SE}$$

posouzení rozpěty na vzpětí

140/140

$$i_y = 40,4 \text{ mm}^3$$

$$a_y = \frac{3,860}{40,4} = 95,54$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,7 \cdot (1,66 - 0,3) + 1,66^2] = 1,916$$

$$k_c = \frac{1}{1,916 + \sqrt{1,916^2 - 1,66^2}} = 0,335 \cdot \frac{2,8}{13,8 \cdot 0,335} = 0,607 \leq 1$$

$$f_{c,0,d} = \frac{4,911 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,14} = 2,8$$

VYHODÍ SE

7-1



PŘÍLOHA E

Posouzení rozpěty na vzpěr poloutokové střešky

průřez 140/140

$$i_y = 40,4 \text{ mm}^3$$

$$A_y = 105,02$$

$$A_{rel,y} = 1,855$$

$$k = 1,756$$

$$k_c = 0,335$$

$$\sqrt{\sigma_{c,0,d}} = \frac{52,41 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,14} = 2,67 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{c,0,d}}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{2,67}{0,335 \cdot 13,8} = 0,693 \leq 1 \text{ VYHODUJE}$$

Posouzení vzpěty na vzpěr

140/140

$$i_y = \sqrt{\frac{3,201 \cdot 10^7}{0,14 \cdot 0,14}} = 40,4 \text{ mm}^3$$

$$A_y = \frac{4,243}{0,0404} = 105,02$$

$$A_{rel,y} = \frac{A_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,d}}{E_{t,0,d}}} = \frac{105,02}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,835$$

$$k = 0,7 \cdot [1 + 0,7 \cdot (A_{rel,y} - 0,3) + 1,835^2] = 2,26$$

$$k_c = \frac{1}{2,26 + \sqrt{2,26^2 - 1,835^2}} = 0,2773$$

$$\sqrt{\sigma_{c,0,d}} = \frac{75,44 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,14} = 3,85 \text{ MPa}$$

$$\frac{3,85}{0,2773 \cdot 13,8} = 1,0 \leq 1,0 \text{ VYHODUJE}$$

Maximální průřez 140/160

$$i_y = \sqrt{\frac{146 \cdot 10^7}{0,14 \cdot 0,16}} = 46,18 \text{ mm}^3$$

$$A_y = \frac{4,243}{46,18} = 91,88$$

$$A_{rel,y} = \frac{91,88}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,602$$

$$k = 0,7 \cdot [1 + 0,7 \cdot (1,602 - 0,3) + 1,602^2] = 1,848$$

$$k_c = \frac{1}{1,848 + \sqrt{1,848^2 - 1,602^2}} = 0,367$$

$$\sqrt{\sigma_{c,0,d}} = \frac{75,44 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,16} = 3,36 \text{ MPa}$$

$$\frac{3,36}{0,367 \cdot 13,8} \leq 1 = 0,674$$

VYHODUJE

72

PŘÍLOHA F

Posouzení úspěry na úpět dřívění středky

140/140

$$i_y = 40,4 \text{ mm}^3$$

$$d_y = \frac{4243}{40,4} = 105,2$$

$$k_{rel,y} = \frac{105,2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,835$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 (1,835 - 0,3) + 1,835^2] = 2,26$$

$$k_c = \frac{1}{2,26 + 1,2 \cdot 2,26^2 - 1,835^2} = 0,279$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{92,63 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,14} = 4,72 \text{ MPa} \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{4,72}{0,279 \cdot 13,8} = 1,22 \leq 1 \text{ NEVYHODUJE}$$

Návrhují přířez 140/160:

$$i_y = 46,18 \text{ mm}^3$$

$$d_y = \frac{4243}{46,18} = 91,88$$

$$k_{rel} = \frac{91,88}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,602$$

$$k = 1,848$$

$$k_c = 0,367$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{92,63 \cdot 10^3}{0,14 \cdot 0,16} = 4,13$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{4,13}{0,367 \cdot 13,8} = 0,829 \leq 1 \text{ VYHODUJE}$$

Posouzení rozpěry na úpět

$$i_y = 40,4 \text{ mm}^3$$

$$d_y = \frac{3780}{40,4} = 93,54$$

$$k_{rel,y} = \frac{93,54}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{20}{6,66 \cdot 10^3}} = 1,666$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 (1,666 - 0,3) + 1,666^2] = 1,976$$

$$k_c = \frac{1}{4,6 \cdot 1,976 + 1,976^2 - 1,666^2} = 0,335$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{56,05}{0,14 \cdot 0,14} = 2,85$$

$$\frac{2,85}{0,335 \cdot 13,8} = 0,678 \leq 1 \text{ VYHODUJE}$$

