



Slovenská technická univerzita Bratislava
Stavebná fakulta

Studentská vědecká a odborná činnost
Akademický rok 2005/2006

Analýza návrhu drevených
priehradových väzníkov so
styčniami s doskami
s prelisovanými hrotmi

Jméno a příjmení studenta :	Bc. Peter Hanuliak
Ročník, obor :	5. APS
Vedoucí práce :	Ing. Jaroslav Sandanus, PhD.
Ústav :	KKDK



Porovnanie riešenia väzníka so styčnými s doskami s prelisovanými hrotmi

Autor práce: Bc. Hanuliak Peter Vedúci práce: Ing. Jaroslav Sandanus
Ročník a odbor štúdia: 5APS Katedra: KKDK

Anotácia práce v slovenskom jazyku:

Cieľom tejto úlohy bola analýza návrhov drevených väzníkov systému prestrešenia predajných miest obchodného reťazca. Jedná sa o prestrešenie objektu s voľnou dispozíciou o rozpone 20m s definovanými zaťažzeniami umiestneného na rozhraní II. a III. snehového pásma. Riešenie väzníkov skomplikovala otázka dopravy, ktorá neumožňovala prevoz väzníkov v jednom celku, čo si vyžadovalo ich delenie, ktorého spôsob znamenal najväčší rozdiel v návrhoch. Nakoľko návrhy väzníkov boli realizované pomocou špecializovaných softwarových programov, skúmal som súlad ich výstupov s normami a postupmi riešenia platnými v súčasnosti. Snahou bolo upozorniť na kritické miesta návrhov a vyzdvihnúť pozitíva každého riešenia.

Annotation in English:

Analysys of wooden trusses designs used in roof systems for shopping places is presented in this paper. Subject of concern is a roof over a open area disposition with span over 20 m. The loads are specified, also as location of this building on the boundary of II. and III. snow load areas. The complications arosed by the question of transportation, which didn't allow the transfer of wooden trusses in whole piece, because of their height, what required their dividing. And the way, how the trusses were divided mean the basic difference between two presented concepts. Because of the fact, that their concepts were originaly solved using specialized software programs, I examined the compliace of their outputs with codes and standards valid nowadays. I tried to put attention on critical points of solutions and to highlight the pros and cons of each design.

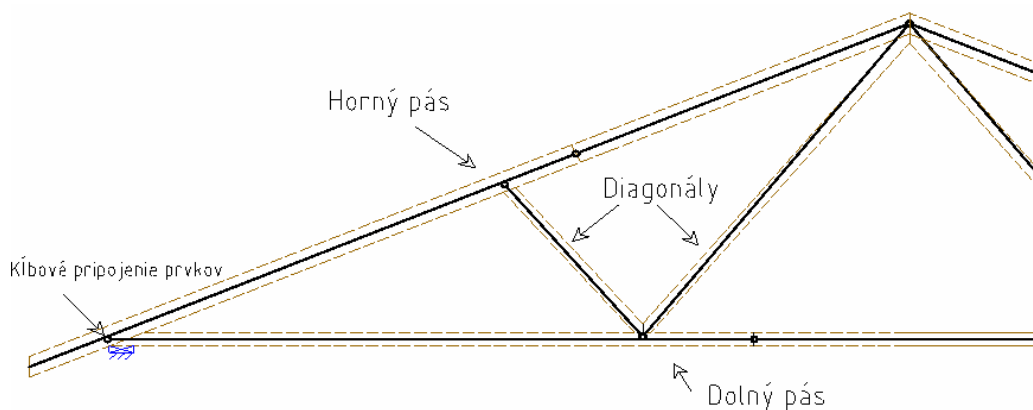
Analýza návrhu drevených priehradových väzníkov so styčníkmi s doskami s prelisovanými hrotmi

Úvod

Drevo ako konštrukčný materiál používané v stavebníctve na vytvorenie priehradových konštrukcií má v dnešnej dobe nezastupiteľné miesto. Pomocou neho sú vytvárané celé nosné systavy, pričom sa využíva jeho vysoká únosnosť vzhľadom na jeho objemovú hmotnosť. Riešenie takýchto sústav predpokladá znalosť okolitých podmienok, základného statického modelu daného systému, ako aj vlastností použitých materiálov, prípadne vlastnosti jednotlivých pripojení v konštrukcii. Drevené väzníky, ktoré môžeme v súčasnosti čoraz častejšie vidieť pri realizáciách stavieb sú konštrukcie trojuholníkového usporiadania so styčníkmi s kovovými doskami. Konštrukcie vytvorené týmto systémom dosahujú značné úspory a to nie len v úspore materiálu, ale aj v rýchlosti výstavby. Keďže táto konštrukcia je vyrobená ako polotovar v hale a je dopravená na stavbu vo forme stavebnice, je možné pomocou tejto prefabrikácie dosiahnuť ekonomicky efektívnejšie výstupy. Treba však spomenúť, že základnou nevýhodou týchto priehradových konštrukcií je ich doprava. Medzi najväčšie spoločnosti zaoberajúce sa touto technológiou patria MiTek, TeeLock, Alpine. Treba spomenúť aj českú firmu Bova, s ich systémom Bova Nail.

Priehradové konštrukcie

Priehradové konštrukcie sa navrhujú ako prútové rovinné systavy rôzneho geometrického tvaru, podľa účelu, na ktorý sa majú použiť, a podľa zaťaženia, ktoré majú prenieť. Pre navrhovanie drevených prútových sústav platí STN EN P 1995-1-1 Navrhovanie drevených stavebných konštrukcií. U priehradových sústav predpokladáme, že sa osi jednotlivých prútov pretínajú v teoretickom styčníku, kde sú kĺbovo pripojené. (Obr. 1) V minulosti zaužívané statické systémy väzníkov, kde bol každý styčník považovaný za kĺb sa dnes používajú stále menej. Vďaka výpočtovej technike a dostupnému softwaru môžeme dnes priehradový nosník nadefinovať tak, ako v skutočnosti pôsobí, t.j. zohľadníme priebežnosť pásových prútov v jednotlivých styčníkoch. Výsledky takéhoto statického výpočtu nám ukážu, že na jednej strane nám síce poklesnú osovú silu vo zvisliciach a diagonálach ale na strane druhej sa zvýšia nároky na profily pásov nosníka v dôsledku prítomnosti ohybových momentov.

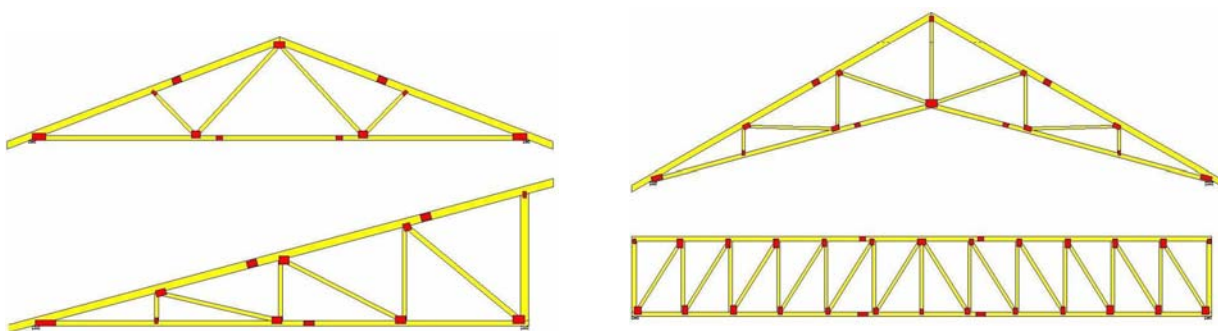


Obr. 1 – Tradičný model priehradového väzníka

Priehradové väzníky alebo strešné väzníky sú samostatne navrhované konštrukcie strechy alebo podobnej konštrukcie za účelom zabezpečenia jej tvaru a nosnej funkcie. Väzník je prefabrikovaný z dreva určeného pre konštrukčné účely spojeného oceľovými styčkovými doskami s prelisovanými hrotmi. Väzníky okrem iného zabezpečujú aj ekonomické využitie materiálov, keďže je ho možné konštruovať z reziva o 40 % menších rozmerov ako pri tradične konštruovanej streche. Väzník môže byť vyrábaný v rozpätiach približne do 30m, a výšky približne 5 metrov. Väzníky presahujúce vyššie uvedené hodnoty môžu byť vytvorené z dvoch alebo viacerých častí prispôbienených požadovanému tvaru. Z väzníkov je možné vytvoriť mnohé geometrické tvary, ktoré sú odvodené od tvarov strešných rovín. Je nutné podotknúť, že je treba sa vyhnúť problémom s výrobou, montážou a deformáciou strešnej konštrukcie. Väzník by mal mať teda dostatočnú výšku. Doporučená minimálna výška pre výrobné účely je približne 600 mm. Doporučenie od výrobcov uvádzajú okrem iného aj, že rozpon väzníka delený jeho celkovou výškou by nemal byť vyšší ako 6,67.

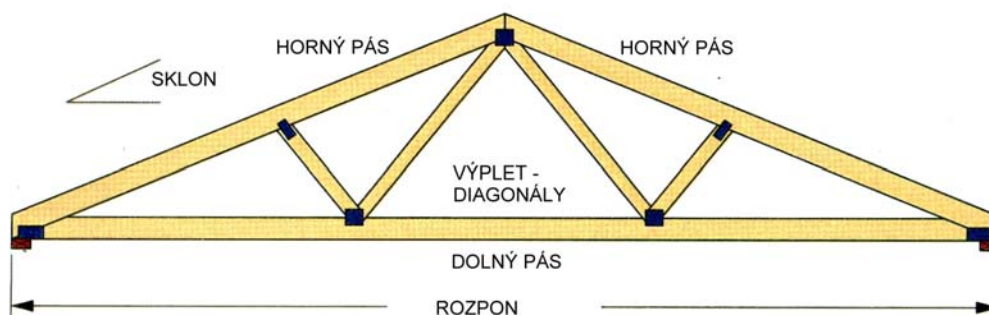
Základné princípy návrhu.

Priehradový väzník je konštrukcia skladajúca sa z konštrukčných prvkov tvoriaci spravidla trojuholník (Obr.2). Z tohto geometrického usporiadania konštrukcie je odvodená jej únosnosť.



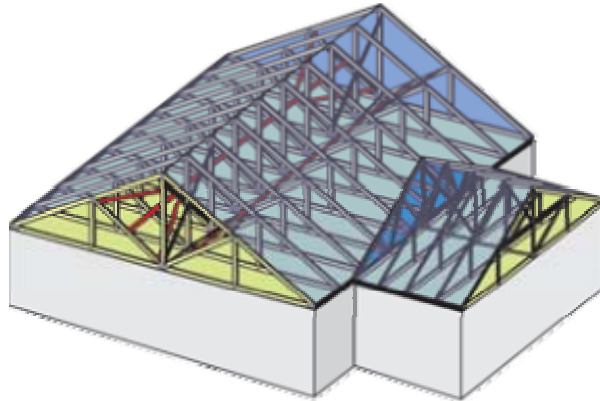
Obr. 2 – Rôzne tvary väzníkov – prvky tvoriace trojuholníkový tvar

Priehradové väzníky sa navrhujú ako rovinné prvky, kde svoju tuhosť zabezpečujú pomocou priamych, ale aj oblých prvkov. Klasická konfigurácia sa skladá z horného pásu – tlačeneho prvku, spodného pásu – ťahaného prvku, a výplňových diagonál a vertikálnych prvkov spájajúcich horný a dolný pás. Priehradový väzník je vytvorený v prípade, keď diagonály vytvárajú tvary trojuholníka medzi horným a dolným pásom. (Obr. 3)



Obr. 3 – Konštrukčné prvky väzníka

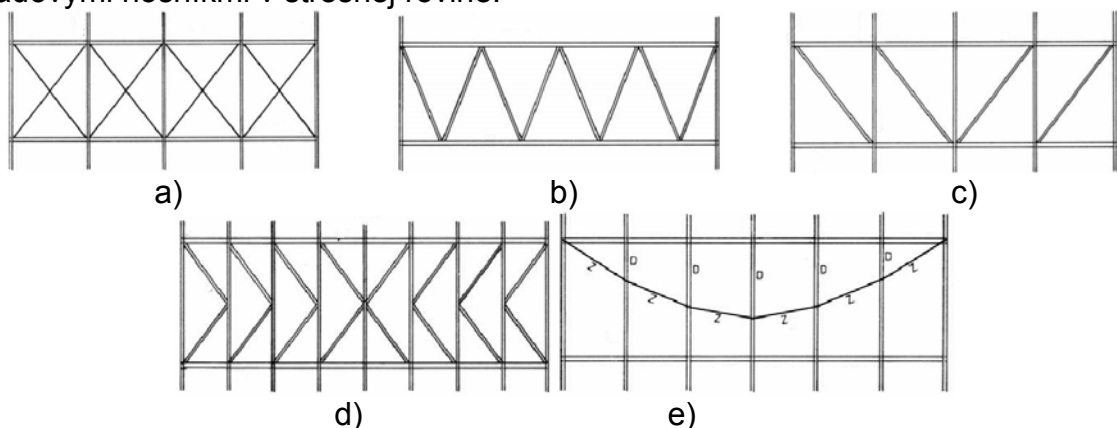
Zaťaženia kolmé na túto rovinu sú systémom stužidiel prenášané do podpôr. Vážniky sú v svojej rovine tuhé ale na druhej strane nestabilné v rovine kolmej, až pokiaľ nie sú umiestnené na mieste a adekvátne stužené. Napriek tomu, že výrobcovia týchto systémov vyvinuli spôsob nakladania s vážnikmi a ich stuženie, ktorý je odporúčaný (Obr. 4), veľa dodávateľov týchto riešení často porušuje tieto odporúčania a používa vlastné, častokrát zjednodušené riešenia.



Obr. 4. Príklad jedného z odporúčaných priestorových stužení strešnej konštrukcie

Nosné konštrukcie musia byť navrhnuté na účinky vodorovných zaťažení vyvolaných vetrom alebo seizmickým zaťažením. Výstužné systémy pre prenos vodorovných zaťažení môžu byť vytvorené zo zvislých prvkov, alebo kombinovaním zvislých a vodorovných prvkov.

Diagonály v strešnej rovine sú súčasťou priehradového nosníka v tejto rovine, ktorý prenáša sily do zvislých výstužných prvkov. Ako vystuženie v strešnej rovine môžu byť použité prúty z kruhovej ocele alebo zavetrovacie oceľové pásy v kombinácii s vážnicami, alebo malé horizontálne priehradové nosníky. Priehradové vážniky so styčnickovými doskami s prelisovanými hrotmi musia byť vždy vystužené priehradovými nosníkmi v strešnej rovine.



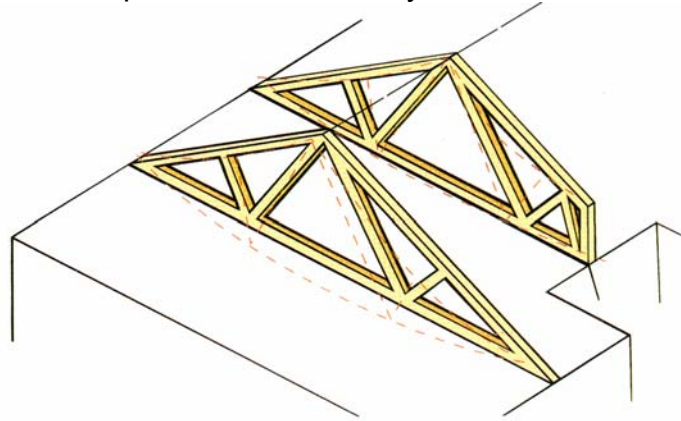
Obr. 4 Rôzne spôsoby vystuženia strešných konštrukcií

a) prekrížené, len ťahom namáhané diagonály, b) stúpajúce a klesajúce diagonály, c) klesajúce diagonály, d) K- stuženie, e) stuženie ako vzpínadlový prvok

Princípy návrhu.

Pri pôsobení zaťaženia na vážnikovú konštrukciu, od strešnej krytiny, stropnej konštrukcie, snehu a pod. sú účinky zaťaženia prenášané prútmi sústavy vážníka.

Veľkosť ohybového momentu v jednotlivých pásoch je do značnej miery závislá na dĺžke priehradového prvku (vzdialenosť medzi spojmi na každom konci prúta). Všeobecné pravidlo je, že väčšia dĺžka prvku priehrady znamená väčší ohybový moment, a odtiaľ je požadovaný väčší prierez reziva pre bezpečné prenášanie síl. Tieto dĺžky zabezpečujú pevnosť väzníka v priebehu výroby a manipulácie. Voľba typu väzníka s menšou dĺžkou priehrady (a teda s väčším počtom diagonál) bude obvykle znamenať menšie požadované rozmery reziva.



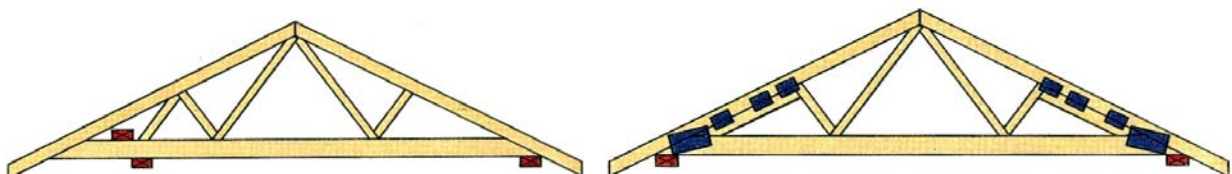
Obr. 5 . Rôzne deformácie na rozdielnych väzníkoch

Deformácie.

Dôležitým kritériom v návrhu priehradových väzníkov, ktoré musí byť uvažované, je veľkosť priehybu, alebo deformácie väzníku po jeho zaťažení. STN P ENV 1995-1-1 definuje rozsah prípustnej deformácie pri rôznych zaťažovacích podmienkach. Pri návrhu konštrukcie priehradových väzníkov sa musí brať v úvahu, že rôzne tvary väzníkov, ktoré sa v jednej konštrukcii strechy nachádzajú majú rôzne priehyby. Rozdiel priehybov sa môže vyskytnúť medzi dvoma susediacimi väzníkmi na streche, keď sa menia podmienky podopretia, alebo zaťaženia. (Obr. 5)

Detail podopretia – konzoly.

Reakcie z podpier sú najväčším typom zaťaženia (aj keď zpravidla smerujú zvisle nahor), ktorými je väzník zaťažený. Za účelom kontroly nadmerného prehnutia v podporovanom páse je veľmi dôležité, umiestniť styčnicový spoj do všetkých podpôr. Čo je niekedy často nerealizovateľné, ak sú napr. požiadavky o uloženia väzníka na konzole. V tomto detaile je málo miesta na umiestnenie diagonály, a preto alternatívou môže byť zosílenie spodného pásu, včlenenie pomocných výztuh alebo použitie koncových klinov. (Obr. 6) Ale vo všeobecnosti sa treba založeniu na konzole vyhnúť.

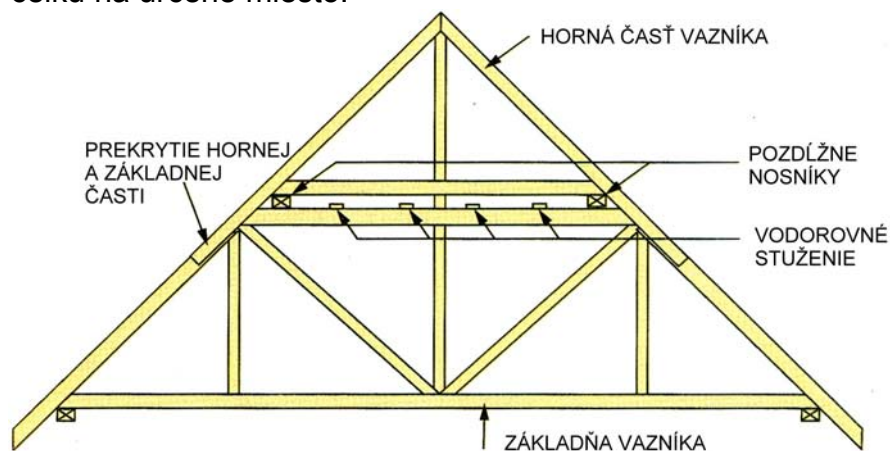


Obr. 6 – Rôzne spôsoby riešenia uloženia väzníka na konzole

Delené konštrukcie.

V prípade, že zvislý rozmer jednodielneho väzníka by bol príliš veľký pre jeho výrobu alebo dopravu, je nevyhnutné použiť delené priehradové väzníky. Tento rozmer predstavuje väčšinou 3,9 – 4,4 m, ale vždy je potrebné konzultovať tento rozmer s projektantom stavby.

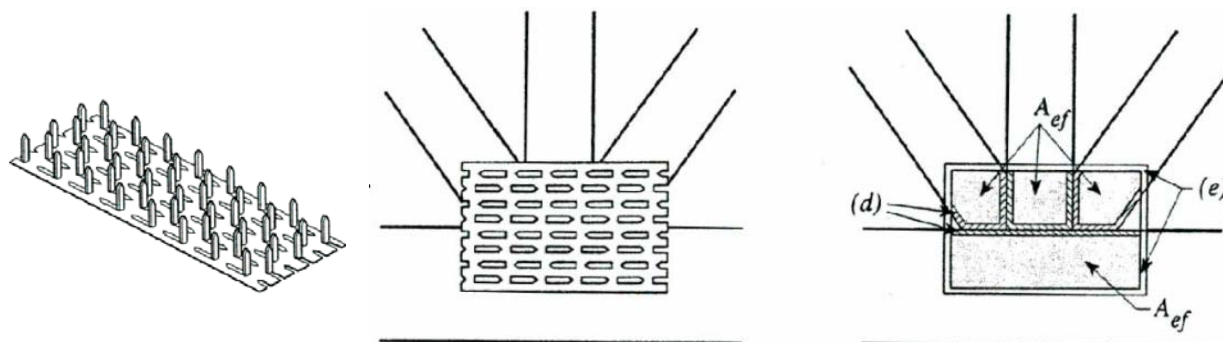
Dvojdielny väzník zahŕňa základňu väzníka s priamym horným pásom a trojuholníkovou hornou časťou priloženou k základnej časti. (Obr.6) Základňa väzníka by mala byť vyrobená najvyššia, aká môže byť, ale nie až tak vysoko, aby rozpon hornej časti väzníka bol menší ako 2-3 m. Ztuženie priameho pásu základne väzníka je dôležité pre zaistenie pásu proti vybočeniu. Základňa väzníka by mala byť osadená, úplne stále stuženie inštalované a laťovanie pribité až po horný pás základne väzníka. Takto zostavená konštrukcia potom vytvára bezpečnú, tuhú pracovnú plošinu pre zmontovanie hornej časti delených väzníkov. Druhým spôsobom je skompletizovanie väzníka na pracovisku stavby a jeho následné osadenie v celku na určené miesto.



Obr. 6 Zložený typ väzníka

Styčnickové dosky.

Sú to patentované produkty, ale v podstate sú vyrobené z ľahčených konštrukčných ocelí so zinkovou, alebo zinko-hliníkovou úpravou. K dispozícii sú aj dosky z nehrdzavejúcej ocele. V svojom tele obsahujú prelisované hroty v pravidelnom usporiadaní a dodávajú sa v rôznych dĺžkach, šírkach a hrúbkach. Dĺžky hrotov sú v priemere od 8mm do 15mm, pričom na jednej doske je zachovaná konštantná dĺžka. Primárne sú navrhované na prenos osových zaťažení vznikajúcich v prútoch, ale taktiež musia byť schopné preniesť momenty vznikajúce v konštrukcii.



Obr. 7 Doska s prelisovanými hrotmi a spôsoby jej osadenia

Drevené prvky

Drevo určené pre výrobu väzníkov musí spĺňať požiadavky kategorizácie reziva stanovenej normou. Stavebné rezivo používané vo výrobe priehradových väzníkov je pevnostne zatriedené do tzv. mäkkého dreva. Norma STN EN 1912: Konštrukčné drevo – triedy pevnosti – Priradenie vizuálnych tried akosti a drevín vymedzuje výchyľky a uprednostňuje rozmery mäkkého stavebného reziva, spolu s STN P ENV 1995-1-1: Navrhovanie drevených konštrukcií určuje triedenie, obrábanie a použitie mäkkého dreva užívaného v konštrukciách priehradových väzníkov.

Technológia výroby

Oceľové dosky sú vtlačané do drevených profilov obojstranne, pričom pri návrhu musí byť dodržaná jednotná šírka drevených profilov, pomocou hydraulického lisu o sile približne 50 ton. Dodatočné osadzovanie styčnickových dosák na mieste dodania manuálnym spôsobom nie je možné, došlo by k deformovaniu dosky.



Obr.8 Technológia výroby väzníkov

Ako bolo spomenuté, v súčasnosti sa tieto väzníky navrhujú pomocou špecializovaných programov, ktoré sa snažia maximálne zjednodušiť návrh väzníkov a tým pádom zjednodušiť projektantovi prácu ohľadom vlastného návrhu väzníka a zamerať jeho väčšiu pozornosť na celkovú konštrukčnú koncepciu a riešenie detailov.

Práve to koncepčné riešenie dodávky strešnej konštrukcie závisí hlavne na projektantovi a dve rovnaké strechy môžu byť pri použití rovnakého systému koncepčne odlišné.

Ako referenčnú stavbu som použil budovu jedného obchodného reťazca, ktorý v poslednom období postavil na našom území viacero stavieb rovnakého typu. Na základe geografického rozloženia, tieto stavby boli realizované rôznymi spoločnosťami, a takisto strešné konštrukcie boli dodané a navrhované viacerými firmami. Každá si presadila vlastný systém tvorby strešnej konštrukcie a vzniklo niekoľko typov koncepcie návrhu. Ja som sa zameril na pobočku tejto spoločnosti v meste Hlohovec, kde boli poskytnuté dva návrhy. Obidva majú spoločné jednu vec a to potrebu prestrešenia voľnej dispozície predajne o rozpone 20 m . To pri základnej geometrii, pri stanovenom sklone strešných rovín 18 st. nám dáva výšku vlastnej konštrukcie 4400mm. To by nebol ale problém, ak by stavba stála pri výrobných halách spoločností. V skutočnosti ale treba tieto väzníky dopraviť na miesto určenia a pri tradičných spôsoboch dopravy by výška nákladu nemala presiahnuť 4000mm. Toto muselo byť riešené. Vznikli teda dva návrhy:

Návrh č. 1

Väzník bol vo výške 3.5 metra rozdelený v horizontálnej rovine. Týmto vznikli dva útvary, a to spodný lichobežník – základný väzník s pôvodným rozponom a trojuholník s rozponom 5400mm. Tie boli vyhotovené osobitne a na stavbe dodatočne spojené. (Obr. č 10)



Obr. 10 realizácia návrh č.1

Návrh č.2

Väzník bol rozdelený v polovici na dva ostrouhlé trojuholníky, ktoré boli následne na mieste stavby spojené vo vrcholoch a doplnené o chýbajúci element spodného pásu. (Obr. č 11)



Obr. 11 – realizácia návrhu č.2

Porovnanie konceptov jednotlivých návrhov.

Na tieto návrhy sa môžeme pozerat' z viacerých pohľadov. Z technologického, montážneho, statického a finančného hľadiska respektíve hľadiska spotreby materiálu.

Cenové porovnanie a porovnanie spotreby materiálu oboch riešení.

Cenu strešnej konštrukcie nie je možné určiť na základe pôdorysnej plochy zastrešenia. Každá strecha si vyžaduje originálne riešenie, z ktorého vychádzajú rozdielne návrhy, preto cena strešnej konštrukcie sa skladá z ceny väzníkov a ostatných konštrukčných prvkov a ceny prác. Cena dopravy pri porovnaníach

technického riešenia nie je zavažujúcim faktorom, a vyplýva čisto z podmienok výroby daných organizácií.

Genú väzníka môžeme zjednodušene skalkulovať pomocou výmery drevnej hmoty a ceny styčkových dosiek. Prácnosť pri zhotovovaní väzníka je vyjadrovaná počtom uzlov do ktorých bude osadená styčková doska. Obidva väzníky som ocenil jednotným spôsobom.

Tab. 1 porovnanie cien jednotlivých väzníkov

	Čistá výmera dreva	Cena reziva	Cena platní	Počet uzlov
Návrh č. 1	0,87 m ³	5700,-	2 000,-	29
Návrh č. 2	0,95 m ³	5800,-	2 200,-	20

Na základe tab. 1 môžeme zkonštatovať, že cena väzníka stanovená na základe ceny vstupných materiálov je priaznivejšia pre variant č.1. I keď výplet tohto väzníka je hustejší, jednotlivé profily sú subtilnejšie a výhodou je pomerná jednoduchosť prierezov, ktoré sú tvorené zo štyroch druhov reziva. Takisto styčkové dosky sú menších dimenzií, čo sa reflektuje na cene. Rozdiely ale nie sú veľké a ak uvážime že pri druhom návrhu je síce cena jedného väzníka v podstate vyššia na druhej strane tým, že osové vzdialenosti týchto väzníkov sú väčšie, dochádza k úspore počtu väzníkov a tým sa cenový rozdiel prakticky kompenzuje. Prácnosť pre výrobu väzníka je menšia pri variante č.2, ale treba brať do úvahy, že následná montáž si vyžaduje ich komplikovanejšie spájanie. V prvom prípade ide o spojenie pomocou klincovania, v druhom prípade sú potrebné pre pripojenie spojovacej časti spodného pásu oceľové platne so svorníkmi.

Vo všeobecnosti platí, a to vychádza z praxe, že najpraktickejšie je umiestnenie čo najväčšej časti prácnosti do výrobných hál, aby sa minimalizovali práce na stavbe.

Statické hľadisko porovnania.

Nakoľko osová vzdialenosť prvej varianty je menšia -1050 mm ako u druhej varianty – 1200 mm dochádza k zvýšeniu zaťaženia na jeden väzník z titulu zväčšenia zaťažovacej šírky. Toto zvýšenie predstavuje skoro 15%. Na základe tohto dostávame zvýšenie vnútorných síl na väzníku. Maximálna osová sila na prvom väzníku je 74 kN v druhom prípade to je navýšenie na 92 kN v mieste pri podpore. To si vyžaduje použitie silnejších prierezov.

Z koncepčného hľadiska je kritickým miestom spoj rozdelených väzníkov. V prvom prípade je spoj riešený klincovaním. V tomto prípade je už základný väzník samonosný. Ostatné výhody už boli spomenuté skoršie. V druhom návrhu tento väzník musí byť vytvorený na stavbe spojením dvoch samostatných väzníkov a doplnením elementu spodného pásu. Keďže sa táto činnosť prevádza priamo na stavbe, je tu veľké riziko výrobných imperfekcií. Tu je veľmi dôležité dodržanie rovinnosti celkového systému výsledného väzníku, aby sa konštrukcia nesprávala ako priestorový konštrukcia.



Obr. 12 Riešenie spojenia častí väzníkov v návrhu č.1(vľavo) a návrhu č. 2 (vpravo)

V druhom prípade je to taktiež spoj rozdelených väzníkov, kde musí byť zabezpečený horný základný pás proti vybočeniu. Postup na zabezpečenie tohto uvádza výrobca v jeho systémovej príručke, a to za pomoci vodorovných prvkov. Ako som sa mohol presvedčiť, pri celkovom návrhu strešnej konštrukcie bola táto vec nevyriešená a opomenutá a horný priamy pás ostal nezabezpečený voči vybočeniu.

Zaťaženia - Zaťaženie konštrukcie snehom

Pri návrhu vstupovali do výpočtu stále aj premenné zložky zaťaženia. Na základe ktorých boli vytvorené zaťažovacie kombinácie.

Základom stáleho zaťaženia je zaťaženie z jednotlivých vrstiev strešného plášťa na horný pás väzníka a zaťaženie z podhľadu a zateplenia na dolný pás a vlastná tiaž väzníka.

Základom premenného zaťaženia je účinok vetra, tiaž snehu a úžitkové zaťaženie z revíznej lavičky.

Pri projektovaní stavieb sa vychádza z hodnôt zaťaženia snehom na povrchu zeme podľa mapy snehových oblastí. Tie sú spracované pre Slovensko v normatívnych predpisoch a slúžia ako podklad. Podľa STN 73 0035 Zaťaženie stavebných konštrukcií, príloha snehových oblastí, mesto Hlohovec sa nachádza prakticky na rozhraní II. a III. snehového pásma (obr. X) Pri pôvodných návrhoch väzníkov bolo uvažované s nižšou hodnotou zaťaženia snehom, t.j. zaradenie stavby do II. snehovej oblasti.



Hodnotu zaťaženia snehom som uvažoval podľa STN 73 0035:

$$S_n = S_0 \cdot \mu_s \cdot \chi$$

kde S_0 – základné zaťaženie snehom
 μ_s – koef. sklonu strechy, v tomto prípade 1,0 ($\leq 25^\circ$)
 χ – koef zaťaženia, v tomto prípade 1,2 ($\leq 0,5 \text{ kN.m}^{-2}$)

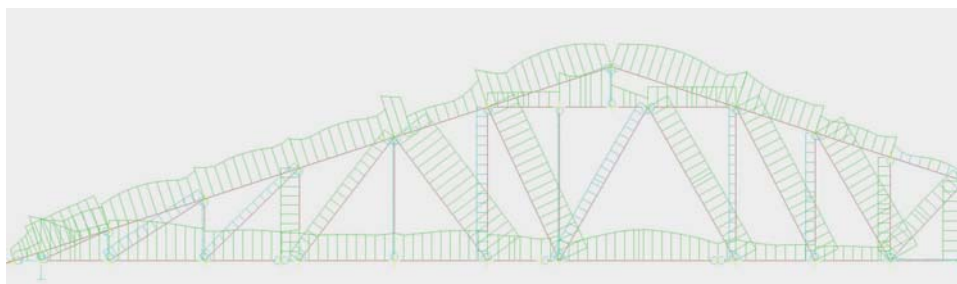
Výsledné zaťaženie snehom strechy je teda pre:

druhú snehovú oblasť: $0,84 \text{ kN.m}^{-2}$

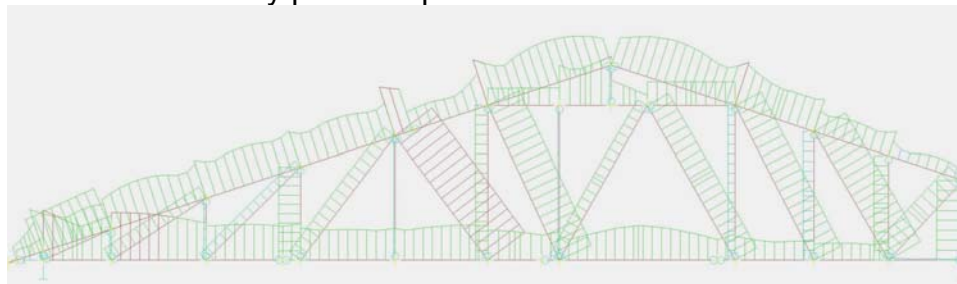
tretiu snehovú oblasť: $1,20 \text{ kN.m}^{-2}$

Rozdiel predstavuje nárast zaťaženia snehom o viac ako 40 %. Výpočtové modely väzníkov som zaťažil odpovedajúcimi zaťažovacími s variáciou snehovej zložky.

Pri statickom posudzovaní väzníka na modeli som dostal tieto výsledky:



Obr. 13 Statický posudok prútov väzníka – II. snehová oblasť



Obr. 14 Statický posudok prútov väzníka – III. snehová oblasť – červenou označené nevyhovujúce prierezy

Keď ešte pri prvom variante zaťaženia snehom vyhovovali všetky prúty (Obr.X) pri druhom variante zaťaženia už podmienkam EN 1995 -1-1 Navrhovanie drevených konštrukcií nevyhovovali viaceré prúty. Vyčerpaním únosnosti jedného prvku väzníkovej konštrukcie dochádza k novej redistribúcii síl. Neznamená to, že automaticky dochádza k zlyhaniu konštrukcie, záleží to od druhu prvku a jeho umiestnenia. Vo všeobecnosti ale pri novom roznose síl v ostatných prútoch dochádza k zvýšeniu napätí a tie následne zlyhávajú, nakoľko na tento stav neboli dimenzované a prichádza k celkovej deštrukcii konštrukcie. V našom prípade pri použití vyššej hodnoty zaťaženia snehom došlo k zlyhaniu viacerých prútov, čo by spôsobilo okamžité zlyhanie konštrukcie. Od zvýšeného zaťaženia na väzník sa automaticky zvyšujú aj reakcie do podporných konštrukcií. Takže ak aj konštrukcia väzníka vydrží zvýšené zaťaženie snehom, môžu zlyhať nasledujúce konštrukcie, ktoré slúžia na prenos zaťaženia do základov.

Po skúsenostiach z poslednej zimy vieme, že správanie počasia nie vždy zapadá do štatistického priemeru. Zaťaženie snehom sa určuje na základe merania vodnej hodnoty snehovej vrstvy v sledovanej lokalite. Sneh sa ale môže dostať do stavu zmrznutého mokrého snehu, ktorého objemová tiaž je výrazne vyššia. Teda aj zaťaženie v prípade takého pôsobenia môže niekoľkonásobne prekročiť normou stanovené hodnoty. Preto v hraničných oblastiach by som odporúčal radšej uvažovať s vyššou hodnotou zaťaženia snehom, čo by pracovalo na strane bezpečnosti konštrukcie.

Stuženie konštrukcie

Mojou úlohou nebolo riešiť celkový koncept a stuženie strešnej konštrukcie. Zameral som sa na riešenie väzníka v jeho rovine. V otázke stuženia konštrukcie v smere kolmom na rovinu väzníka vyvstáva otázka pripojenia zavetrovacích prvkov medzi väzníkmi. Tie sú riešené buď ondrejskými krížmi, kovovými tiahkami alebo ďalšími väzníkmi uloženými väčšinou v rovine horného pásu.

Ideálny prípad by bol, keby tieto prvky boli pripojené v mieste styčníc, čo nie je ale v prípade napríklad ondrejských krížov jednoducho realizovateľné. Ak by boli

pripojené do styčnku , na základe teórie priehradových konštrukcií by sa sily z nich prejavili iba ako zvýšenie osových síl v prútoch. Keďže sú tieto ukotvené mimo styčník, väčšinou priamo na diagonálu, alebo stojku, vnášajú do nej prídavný moment, s ktorým sa samozrejme v rovinnom výpočte väzníku neuvažovalo a prvky z tohto pohľadu nemusia vyhovovať podmienkam návrhu.

Keďže sa priečne stuženie prichytáva o spomenuté stojky alebo diagonály, do úvahy môžeme brať dĺžku ramena, t.j. vzdialenosti od styčnku väzníka po miesto uchytenia stuženia s minimálnou hodnotou výšky platničky na danom prvku. Ako ale ukazuje skutočnosť, táto hodnota ramena sa pohybovala okolo 400-500 mm. Ak zoberiem v úvahu silu, ktorá sa v tomto stužidle nachádza – 2.9 kN (na základe výpočtu priestorového modelu) dostávam výsledný moment - 1.45 kNm a v tomto extrémnom prípade už sa daný prierez blíži k hranici únosnosti.

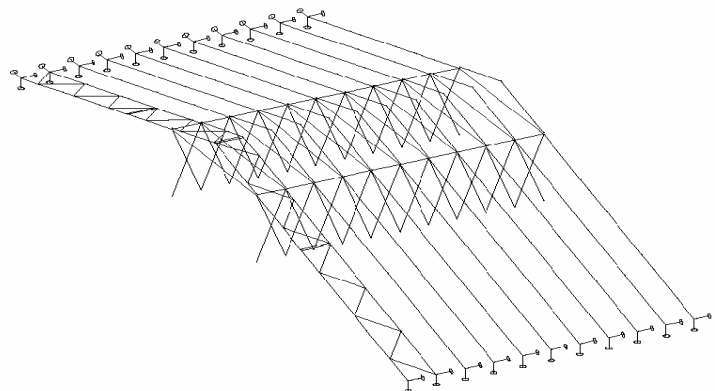


Obr. 15 ukážka aplikovania stuženia

Spôsoby vystuženia strešnej konštrukcie

EC5 uvádza, že každá strešná konštrukcia tvorená väzníkmi s doskami s prelisovanými hrotmi potrebuje vo svojej rovine priehradové vystužovadlo. Základným prvkom vystuženia je priehradové vystužovadlo, ktoré umiestňujeme rovnobežne so strešnou rovinou.

Jeho umiestnenie je v prvom poli priečnej väzby a potom podľa rozmerov objektu a podľa potreby. Obchodný reťaz, ktorého strecha bola analyzovaná, zhotovuje toto priehradové vystuženie ako nepriebežné t.j. je delené nielen v hrebeni strechy, ale aj v hornom páse. Týmto sa dostáva prídavné namáhanie momentom do horného pásu

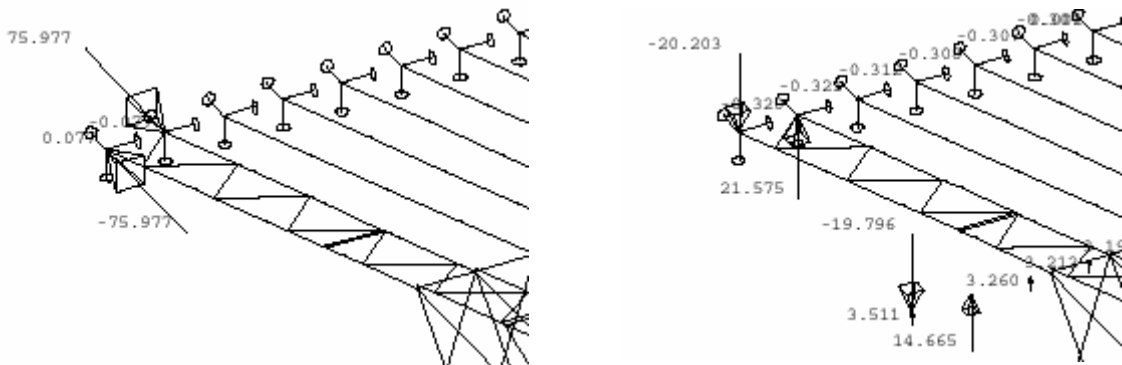


mimo styčníc. Keďže sa jedná o pomerne veľké hodnoty, je nutné posúdiť horný pás aj na toto mimkostyčnícové zaťaženie.



Obr. Prerušenie zavetrovacieho väzníka

V prípade predajní obchodného reťazca išlo o vystuženie v každom poli priečnej väzby pomocou ondrejských krížov. Zaujímavým zistením pri výpočte bol fakt, že veľká časť horizontálneho zaťaženia sa pomocou priehradového vystužovadla v strešnej rovine preniesla do podpôr v okrajových častiach väzníka. Iba malú časť zaťaženia prebralo vystuženie v pozdĺžnom smere. Nevýhodou tohto systému je veľká vzperná dĺžka prútov. Dimenzie prútov, potrebné na takýto systém, sú 50/50 pre pozdĺžne vystuženie a 120/50 pre vystuženie v rovine strešnej konštrukcie.



Obr. 16 Veľkosť reakcií v podperách

Z uvedeného nám vyplýva, že nemôžeme podceniť oblasť podpíer a musíme väzník správne uložiť na konštrukciu.

Najefektívnejším spôsobom vystuženia by bolo použitie pásovej ocele, natiahnutej v rovine horného pásu väzníkov. Namáhaná môže byť len ťahom. Návrh na tlakové namáhanie by bol neekonomický a dá sa povedať, že aj nereálny, kvôli veľkej vzpernej dĺžke prúta. Základným predpokladom pre správne fungovanie tohto systému je dostatočné napnutie týchto pásovín, ale ako ukazujú fotografie, nie je to pri realizáciách samozrejmosťou.



Obr. Nesprávna realizácia zavetrenia pomocou pásovej ocele

Porovnanie návrhov riešení väzníkov špecializovanými softwarovými prostriedkami s klasickými postupmi výpočtu.

Jednotlivé realizačné firmy používajú na návrh väzníkov programy, ktoré sú väčšinou súčasťou licencie od výrobcov spájacích prostriedkov. Prostredia špecializovaných programov maximálne zjednodušujú užívateľovi prácu pri návrhu väzníka. Na jednej strane je to výhodné z hľadiska úspory času spracovania návrhu konštrukcie. Na druhej strane ale dochádza k čiastočnému odpútaniu pozornosti projektanta od vlastného návrhu väzníka a po určitom čase začína úplne dôverovať výsledkom vystupujúcim z programu. Správny projektant by si mal vždy overiť správnosť návrhu, napr. skontrolovaním výsledných reakcií, alebo osových síl v dolnom a hornom páse. Preto by mali výstupy z týchto programov ľahko kontrolovateľné, čo sa ale v skutočnosti nestáva.

K dispozícii som mal návrhy konštrukcií oboch variant, ktoré boli riešené v programoch na návrh väzníkov. Tieto som porovnával s vlastnými výpočtami vo všeobecnom dimenzačnom programe IDA NEXIS a jednotlivé prvky priehradovej konštrukcie posúdil podľa EN 1995 -1-1 Navrhovanie drevených konštrukcií. Väzníky boli modelované ako priehradoviny s kĺbovými styčnicami a priebežným horným a dolným pásom. Taktiež do prútov boli umiestnené kĺby v miestach dĺžkových spojov.

Vo výsledkoch som zistil výraznú odlišnosť od pôvodných návrhov. Kritickým prvkom sa stal horný pás väzníkov. Pôvodne navrhované prierezy nevyhovovali posúdeniam a dochádzalo k vyčerpaniu pevnosti materiálu. Základným problémom, nakoľko sa jedná o tlačéné prvky, sa stala otázka vzperu. Definovať presné okrajové podmienky jednotlivých prútov je veľmi zložitá, nakoľko styčnicová doska vnáša do spoja určitú tuhosť a preto môžeme uvažovať so skrátením vzpernej dĺžky prúta, keďže prút sa už nespráva ako v prípade keby bol uložený na oboch koncoch kĺbovo. Zistiť ale s akou hodnotou presne uvažujú jednotlivé programy sa mi nepodarilo. V statických výstupoch je uvedený iba spôsob uloženia jednotlivých prútov, pričom môžu nastať dva stavy kĺbovo uložený alebo nepoddajný. To potvrdili aj moje výpočty, kedy som uvažoval so súčiniteľmi vzperu k_y a k_z v hodnotách 0,5 pre nepoddajné uloženie, vtedy prvky pôvodne navrhnuté vyhovovali. V skutočnosti ale ani jeden stav nevyjadruje reálne uloženie týchto prútov. Taktiež vzperné dĺžky

v hornom páse boli uvažované s ohľadom na skutočnosť, že v smere kolmom na rovinu väzníka bude vzper zabezpečený latovaním. Otázne ostáva ale riešenie vybočenia účinkami tlaku v rovine väzníka. Týmto projektant stráca kontrolu nad samotným podrobným návrhom väzníka a hodnoty vzperných dĺžok s ktorými programy uvažujú sú neznáme.

Záver

Väzníkové sústavy sú spoľahlivé stavebné konštrukcie. Spoľahlivé ale prestávajú byť v momente nesprávneho návrhu, výroby, alebo technológie montáže. Celá strešná konštrukcia môže byť perfektne navrhnutá, ale stačí, ak na stavbe pracujú pracovníci bez výcviku a základných znalostí daného systému a zákonite vznikajú chyby v realizácii a odlišnosti od pôvodného projektu. Na záver môžem potvrdiť, že štatistiky ukazujúce majoritný podiel chyby realizácie väzníkov a celého systému strechy vrátane zavetrenia na haváriách striech sú pravdivé. Výrobcovia technológií síce ponúkajú vyvinutý systém, ale výrobcovia ho častokrát nedodržiajú, začo slúži príklad vynechania stuženia priameho horného pásu v návrhu väzníka č.1, alebo nedodržanie napnutia stuženia v prípade pásovej ocele. Problematické bolo aj zaťaženie konštrukcie snehom. Samozrejme sa projektanti snažili zaradiť stavbu do nižšej snehovej kategórie, kôli znižovaniu zaťaženia na konštrukciu, z čoho vyplývajú úspory zo strany materiálu. Ako sme sa mohli ale zo skúseností z minulého obdobia presvedčiť, sneh je veľmi premenlivá a nevyspytatelná zložka zaťaženia. Takisto problematické ostáva riešenie statiky väzníka riešeného pomocou špecializovaných programov. V žiadnom prípade nechcem povedať, že tieto programy pracujú zle a s chybnými výsledkami. Ale proces a vlastný postup výpočtu je netransparentný, čo som sa mohol presvedčiť hlavne v prípade vzperných dĺžok jednotlivých prútov. Vo výstupoch sa ani neudáva, podľa akej normy bola konštrukcia posudzovaná, ak zaťaženie na konštrukciu bolo zadané v zmysle STN. Tieto faktory potom zťažujú prácu statikom, ktorí posudzujú vhodnosti návrhov konštrukcií a takto sa konštrukcia stáva v podstate nekontrolovateľná.

Pri vypracovaní práce boli použité nasledujúce softwarové prostriedky:

- 1) IDA NEXIS ver. 3.40.13
- 2) MiTek MBA ver. 5.10.49 a MiTEK Engineering 2020 ver. 5.10.28

Zoznam použitej literatúry:

- [1] STN P ENV 1995 -1-1: Navrhovanie drevených konštrukcií
- [2] STN P ENV 1991-1 : Zásady navrhovania a zaťaženia konštrukcií
- [3] MiTek Industries, Mitek - príručka navrhovania strešných konštrukcií.
- [4] Ing. Michal Grec, Projekt dizertačnej práce : Analýza stavu napätosti a deformácie vo vybraných častiach drevených priehradových konštrukcií spájaných styčnickovými platňami s prelisovanými hrotmi, Zvolen, 2001
- [5] Lawrence A. Soltis, Mechanical connections in wood structures, American society of civil engineers, New York
- [6] Truss-frame.com, Wood truss roof failure or roof colapse
- [7] Bc. Tomáš Laluha, Analýza použitých výstužných systémov priehradových drevených väzníkov so styčnickovými doskami, ŠVOČ 2006,