

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



Návrh vazníkové střešní konstrukce

Bakalářská práce

Autor: Josef Hašek

Vedoucí práce: Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

Praha 2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Josef Hašek

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Návrh vazníkové střešní konstrukce

Název anglicky

Timber Roof Truss Construction Design

Cíle práce

Cílem práce je návrh vazníkové střešní konstrukce s rozpětím 8 až 15 m. Práce je rozdělena na několik částí. První část – literární rešerše je zaměřena na jednotlivé tvary střech, u kterých se využívají vazníkové konstrukce, druhy vazníkových konstrukcí včetně materiálů a konstrukčních spojů. V druhé části práce bude proveden návrh vazníkové střešní konstrukce pro konkrétní objekt včetně popisu postupu výroby a montáže na stavbě.

Metodika

- Literární rešerše
- Návrh a optimalizace vazníkové střešní konstrukce pro konkrétní objekt
- Postup výroby a montáže na stavbě
- Diskuze
- Závěr

Harmonogram práce:

- červenec – říjen 2020: literární rešerše
- listopad – leden 2021: návrh a optimalizace vazníkové střešní konstrukce
- únor – březen 2021: postup výroby a montáže na stavbě
- duben 2021: odevzdání závěrečné práce

Doporučený rozsah práce

30 – 40 normostran textu + přílohy

Klíčová slova

Konstrukce na bázi dřeva; příhradový vazník; konstrukční detaily; konstrukční spoje.

Doporučené zdroje informací

BLASS, Hans Joachim a Carmen SANDHAAS. Timber Engineering – Principles for Design. 2013. ISBN 3731506734.

Český normalizační institut. ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí: část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby = Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings

HÁJEK, Václav. Stavíme ze dřeva. Vyd. 1. Praha: Sobotáles, 1997. ISBN 8085920441;9788085920444;.

HERZOG, Thomas. Timber construction manual. Boston: Birkhäuser, 2004. ISBN 978-3-7643-7025-1.

KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Vyd. 3., přeprac. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

KOŽELOUH, Bohumil. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 9788086769134;8086769135;.

KOŽELOUH, Bohumil. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Vyd. 1. Zlín: KODR, 1998. ISBN 8023826204;9788023826203;.

STRAKA, Bohumil. Konstrukce šikmých střech. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 9788024742052;8024742055;.

TAJBR, Aleš. Prostorová tuhost dřevěných střešních konstrukcí s kovovými deskami s prolisovanými trny. 2014.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 8. 7. 2020

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 30. 11. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Návrh vazníkové střešní konstrukce" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 7. 4. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Miloši Pavelkovi, Ph.D. za odborné a cenné rady, značnou trpělivost a vstřícnost během konzultací mé bakalářské práce.

Návrh vazníkové střešní konstrukce

Abstrakt

Má bakalářská práce je zaměřena na návrh vazníkové střešní konstrukce, konkrétně v rozpětí 8 až 15 m. Práce je rozdělena do několika částí. První část – literární rešerše je zaměřena na jednotlivé tvary střech, u kterých se využívají vazníkové konstrukce, druhy vazníkových konstrukcí včetně materiálů a konstrukčních spojů. V druhé části práce bude proveden návrh vazníkové střešní konstrukce pro konkrétní objekt včetně popisu postupu výroby a montáže na stavbě.

Klíčová slova: Konstrukce na bázi dřeva; příhradový vazník; konstrukční detaily; konstrukční spoje.

Timber Roof Truss Construction Design

Abstract:

My bachelor thesis is focused on the proposal of roof truss construction, specifically in the dimensions of 8 to 15 meters. My work is divided into several parts with the first part being the literary research focused on individual shapes of the roof as well as the materials and structural joints used in the truss construction. The second part of my work will provide my proposal of roof truss construction for specific object including the production and assembly process of the construction.

Keywords: Wood-based structures; lattice truss; construction details; structural joints

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce a metodika	10
3 Literární rešerše.....	11
3.1 Příhradový vazník	11
3.2 Základní typy střech	13
3.3 Konstrukční spoje.....	18
3.4 Konstrukční spoje s ocelovými prvky	19
3.5 Dřevo jako materiál.....	22
3.6 Konkrétní druhy dřeva využívané pro tvorbu dřevních konstrukcí	23
3.7 Dřevěné konstrukce střech.....	24
3.8 Vaznicová soustava	27
3.9 Novodobé konstrukce střech.....	29
3.10 Typy příhradových vazníků	32
3.11 Vytváření projektové dokumentace.....	40
4 Návrh a optimalizace vazníkové střešní konstrukce pro stáj	45
4.1 Zatížení	46
4.2 Návrh vazníkové střešní konstrukce.....	54
4.3 Požární odolnost navržené střešní konstrukce	55
5 Postup technologie výroby a montáže na stavbě.....	57
6 Diskuse	65
7 Závěr	66
8 Seznam použité literatury	67

Seznam obrázků

Obrázek 1 Popis příhradového vazníku	12
Obrázek 2 Zobrazení konkrétních styčnickových desek	13
Obrázek 3 Základní názvosloví střešních částí	14
Obrázek 4 Základní názvosloví střešních částí II.....	15
Obrázek 5 Pultová střecha	15
Obrázek 6 Sedlová střecha.....	16
Obrázek 7 Valbová střecha	17
Obrázek 8 Mansardova střecha	17
Obrázek 9 Stanová střecha.....	18
Obrázek 10 Typy hřebíků	20
Obrázek 11 Kolíkový spoj	21
Obrázek 12 Konstrukce vrutu	21
Obrázek 13 Hambálková konstrukce.....	26
Obrázek 14 Spojení "bačkory" se šikmými sloupky	28
Obrázek 15 Spojení krokví s vaznicemi a pozednicí	28
Obrázek 16 Detail krovu.....	29
Obrázek 17 Ukázka konstrukce z příhradových vazníků	32
Obrázek 18 Typy příhradových vazníků	33
Obrázek 19 Deska s prolisovanými trny.....	36
Obrázek 20 Příhradový vazník s ocelovými kolíky	38
Obrázek 21 Vyobrazení jednotlivých vazníků s kovovými prvky	38
Obrázek 22 3D vizualizace v programu AutoCad	41
Obrázek 23 CNC obráběcí stroj	42
Obrázek 24 Lokalita navrhovaného objektu	46
Obrázek 25 Mapa sněhových oblastí na území ČR.....	48
Obrázek 26 Mapa větrných oblastí na území ČR.....	50
Obrázek 27 Vzorový vazník k střešní konstrukci	53
Obrázek 28 Pila Stromab CT 600	58
Obrázek 29 Pila KP 900 Easy cut	58
Obrázek 30 Lis BV-MZV 50	59
Obrázek 31 Lis Birch 3500M Press	59
Obrázek 32 Bezpečné skladování	60
Obrázek 33 Převážný tahač	62
Obrázek 34 Postup montáže.....	64

Seznam tabulek

Tabulka 1 Stálé zatížení.....	47
Tabulka 2 Oblasti zatížené sněhem	48
Tabulka 3 Vypočítané zatížení sněhem	48
Tabulka 4 Větrné oblasti na území ČR.....	50
Tabulka 5 Kategorie terénů na území ČR.....	52
Tabulka 6 Skladba vazníku	54

1 Úvod

Dřevěné vazníkové střešní konstrukce jsou v současné době velmi oblíbené pro zastřešení budov. Oproti běžnému krovu se jedná zejména o ekonomičtější variantu a nižší hmotnost krovu, tím pádem o menší zatížení nosných stěn. Vazníkové konstrukce byly objeveny zhruba před 70 lety a od té doby se jejich vývoj neustále posouvá. Tato konstrukce je využívána většinou na místech, kde půdní prostor nebude využíván. Výhodou vazníků je především to, že s jejich pomocí můžeme zastřešit téměř jakýkoli půdorys a lze tedy vytvořit konstrukci jakýchkoli rozměrů, a to až do šířky 30 metrů. V porovnání s klasickými krovky tak docílíme úspory téměř 40% dřeva. Montáž vazníkových konstrukcí je rychlá, levná, a hlavně je možná v průběhu celého roku, včetně zimního období. Využíváme ji především pro nízké sklony střech, a to už od 0 stupňů, tedy u plochých střech i střech s velmi mírným sklonem do 25 stupňů. U střech nad zmíněných 25 stupňů přestává být konstrukce z vazníků efektivní a volíme tedy jinou variantu. Na území České republiky existuje přes 100 podniků, které se zaměřují na výrobu vazníkových konstrukcí, samotná montáž konstrukce probíhá již v samotném podniku, kde je pomocí strojního zařízení kompletována a následně převezena na danou stavbu, kde již stačí konstrukci pouze osadit do konečné polohy.

2 Cíl práce a metodika

Cílem práce je návrh vazníkové střešní konstrukce s rozpětím mezi osmi až patnácti metry. Práce je rozdělena do několika částí. První část – literární rešerše – je zaměřena na jednotlivé tvary střech, u kterých se využívají vazníkové konstrukce, druhy vazníkových konstrukcí včetně materiálů a konstrukčních spojů. V druhé části práce bude proveden návrh vazníkové střešní konstrukce pro konkrétní objekt včetně popisu postupu výroby a montáže na stavbě.

3 Literární rešerše

3.1 Příhradový vazník

Příhradové vazníky nebo střešní vazníky jsou v současné době značně využívány pro většinu střech nových rodinných domů vybudovaných na našem území. Příhradový vazník je samostatně navržená nosná konstrukce, která podporuje střešní plášť, podhled či jiné konstrukce. Jednotlivými vazníky je tak určen tvar střechy. Nejčastěji jsou vazníky vyráběné ze dřeva, ale existuje i varianta, která je kombinací dřeva a oceli. Vazník zároveň poskytuje flexibilní, účelné a plně technické řešení splňující požadavky střechy. Materiál je ekonomicky využit, protože vazník lze konstruovat z řeziva o 40 % menších rozměrů, než je tradičně konstruovaná střecha.

Výhody:

Mezi výhody vazníkových konstrukcí patří zejména:

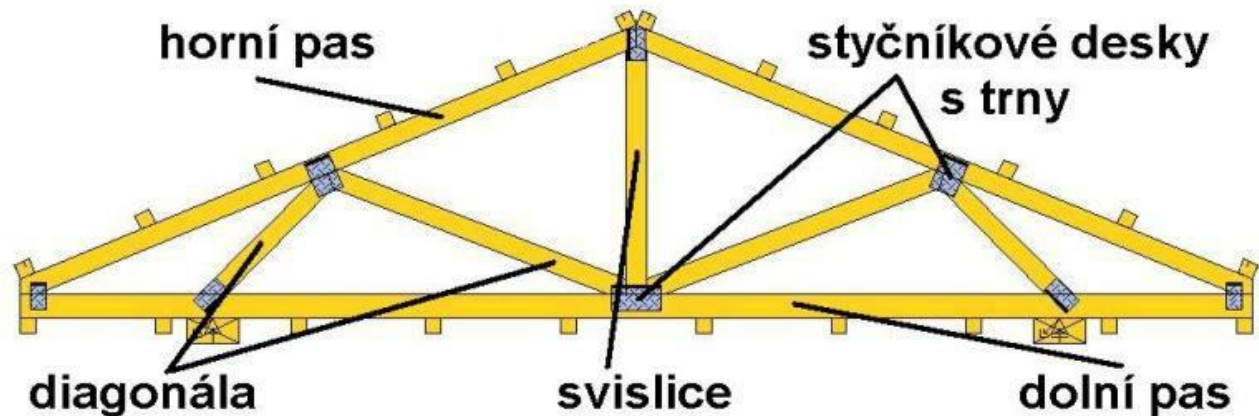
- Je obecně levnější.
- Montáž je rychlejší.
- Konstrukce má nižší hmotnost.
- Ušetříme na vstupním materiálu.
- S touto konstrukcí máme možnost větší tvarové rozmanitosti.
- Výroba je přesnější.
- Rozpětí konstrukce může být až 30 metrů.

Nevýhody:

Mezi nevýhody vazníkových konstrukcí patří zejména:

- Není možné využívat jako obytný prostor.
- Konstrukce je efektivní pouze do 25 stupňů sklonu střechy.
- Širší vazníky se složitěji dopravují.
- S přibývajícím sklonem střechy rostou celkové náklady.

Popis vazníku



Obrázek 1 Popis příhradového vazníku

(zdroj: <http://www.nevdek.cz/vazniky/366-vazniky>)

Diagonála a svislice

Společně se svislicemi diagonály tvoří vnitřní vypletení příhradového vazníku. Ten je vlastně podpurným systémem obvodu vazníku a pomáhá mu tak efektivně rozložit všechna zatížení, jež působí zvenčí na konstrukci. Zmíněné vnitřní části konstrukce přenášejí značně menší síly než vnější část konstrukce. Výška profilu se tak redukuje z hlediska úspory na dřevní hmotě. Všechny šířky profilů jsou v rámci celistvého vazníku shodné. Za použití diagonál vznikají trojúhelníkové příhrady.

Horní a dolní pás

Horní a dolní pás představují obrys vazníku a jsou jeho základními prvky. Svou velikostí tvoří tyto prvky význačnou část konstrukčních vlastností. Nejdůležitějšími jsou světlá šířka a výška konstrukce. Světlostou šířku lze vazníkem překlenout. Výška patrně ovlivní, jak bude střešní konstrukce celkově vypadat. Rozpon vazníku je dán velikostí prostoru, jenž je zapotřebí spojit. Rozpon je v podstatě vzdáleností mezi zevními hranami podpor, zejména pozednic.

Styčnickové desky

Styčnicková deska, viz obrázek 2, je spojovací komponent, jenž je vyroben z oceli. Tento prvek je využíván pro slučování elementů moderních konstrukcí ze dřeva k sobě. Ze zmíněné desky jsou vyraženy trny, jež stojí kolmo. Tyto trny jsou strojově lisovány do spojů na trámech a slouží jako náhrada lepenky či hřebíků. Pro lepší odolnost vůči okolním vlivům jsou styčnickové desky žárově pozinkované. Obchodní název styčnickových desek je „Gang nail“. Pod tímto názvem se začaly používat už v roce 1955, ale i v současnosti jsou pro svou pevnost, prostotu a příznivost ceny jedněmi z nejoblíbenějších tesařských technologií. Použito z <http://drevene-vazniky.eu/>.



Obrázek 2 Zobrazení konkrétních styčnickových desek

(zdroj: <https://tectum-truss.cz/drevene-konstrukce/>)

3.2 Základní typy střech

Střechy se rozdělují podle normy ČSN 73 1901 (2011) Navrhování střech – Základní ustanovení. A norma ČSN 73 3610 (2008) Navrhování klempířských konstrukcí udává základní požadavky na klempířské konstrukce. Tvar střechy závisí na půdorysu budovy a jejím účelu. Tvar střechy ovlivňuje spád střešní roviny (P. Kuklík, 2005).

Podle sklonu dělíme střechy na:

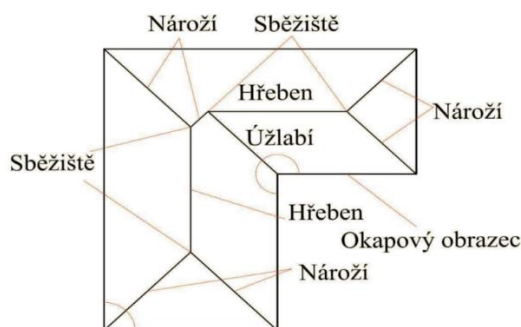
- Plochá střecha – sklon střešních rovin $0 - 5^\circ$
- Šikmá střecha – sklon střešních rovin do $5 - 45^\circ$
- Strmá střecha – sklon střešních rovin nad $45 - 90^\circ$

Sklonité střechy vytvořené rovnými střešními plochami mohou mít tyto tvary:

- Pultová
- Sedlová
- Valbová
- Polovalbová
- Mansardová
- Stanová
- Věžová

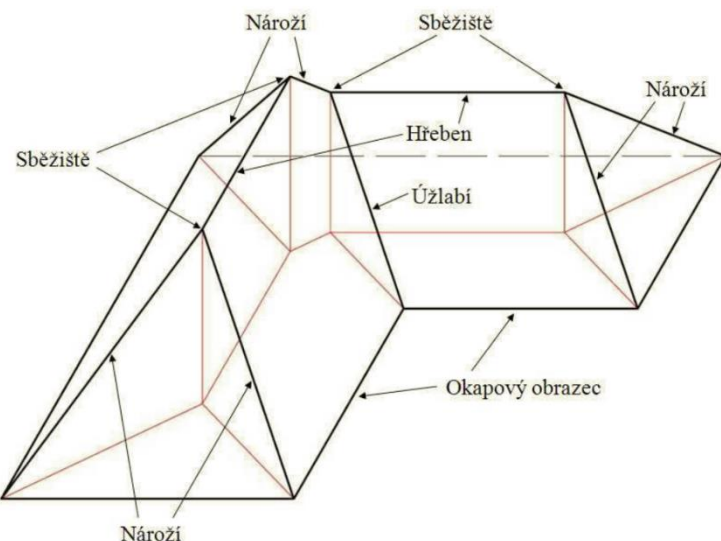
Základní názvosloví střešních částí, rovněž zobrazeno v obrázku 3,4:

- Okap: nejnižší vodorovný okraj střešní plochy (odtok vody ze střešní plochy).
- Štít: kraj střechy, kde voda teče po spádnicí a nestéká mimo střešní plochu.
- Hřeben: vodorovná průsečnice střešních ploch, od které střešní plochy sestupují.
- Nároží: sklonitá průsečnice, od které střešní plochy sestupují.
- Úbočí: sklonitá průsečnice, k níž střešní plochy sestupují.
- Úžlabí: úbočí s minimálním sklonem.
- Sběžiště: průniky nároží a hřebene
- Atika: ohraničující konstrukce na okraji střechy vystupující nad přilehlou úroveň střechy; obvykle se používá k zabránění toku vody ze střechy na chráněné konstrukce.



Obrázek 3 Základní názvosloví střešních částí

(zdroj: https://www.ssstavji.cz/assets/File.ashx?id_org=400032&id_dokumenty=3904)

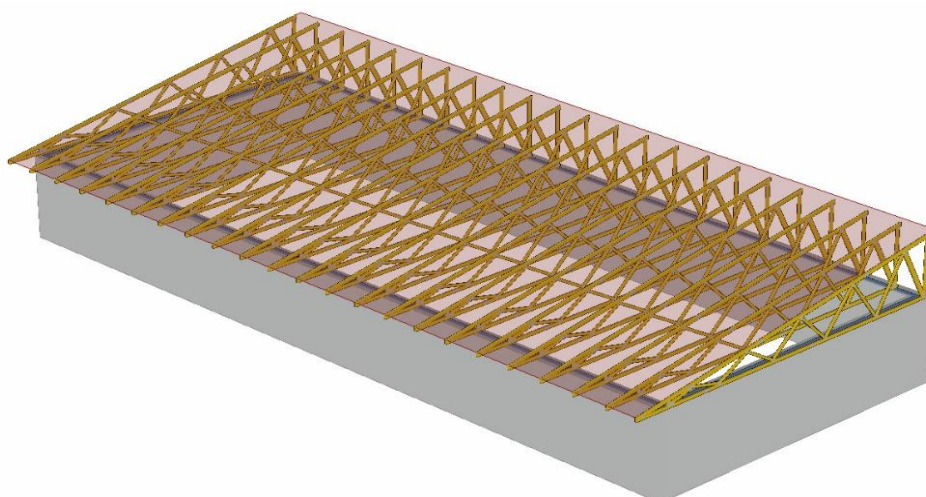


Obrázek 4 Základní názvosloví střešních částí II

(zdroj: https://www.ssstavji.cz/assets/File.ashx?id_org=400032&id_dokumenty=3904)

Pultové střechy

Tento druh střech se skládá ze skloněné střešní krytiny, jež je ohraničená okapem a také hřebenem. Její strany ohraničují boční štíty a rovněž štít hřebenový. Tyto střechy se nejčastěji užívají u objektů, které jsou postaveny na hranici pozemku. Dále se využívají pro zastřešení přístavku nebo nějakých jednoduchých staveb. Často se jedná o stavby s nepřilíš širokým rozpětím nosné konstrukce, viz obrázek 5 (V.Hájek, J. Pavlis, M. Novotný, 1995).

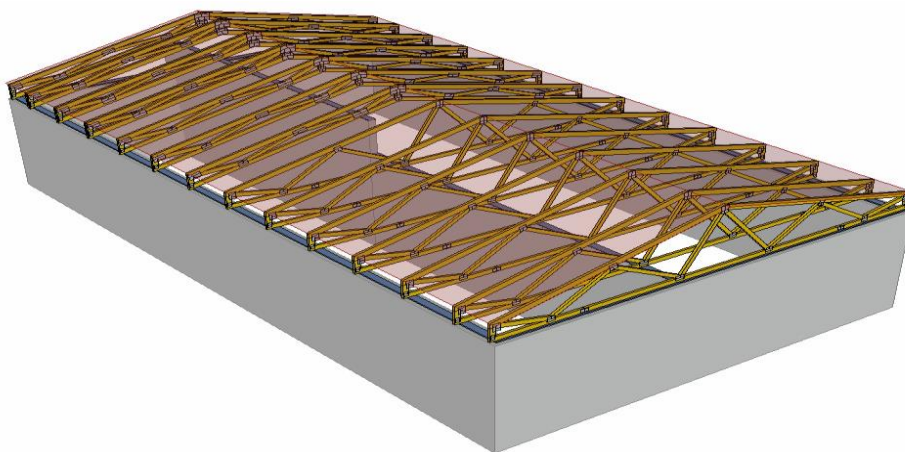


Obrázek 5 Pultová střecha

(zdroj: <http://www.strechy92.cz/tvary-strech.html>)

Sedlové střechy

Sedlové střechy mají dvě střešní roviny, viz obrázek 6, které jsou ohraničeny dvěma okapy a taktéž dvěma štíty. V místě, kde se roviny střetávají, nalézáme hřeben. Takové střechy nalézáme nejčastěji u domů v řadové zástavbě. Pokud jsou geometrie střechy a nosná konstrukce vhodné, střechy lze využít pro podkroví, a to zejména díky své jednoduchosti tvarové i konstrukční. Pokud nastane průnik dvou sedlových střech, vznikne střecha křížová nebo polokřížová. (V.Hájek, 1997).

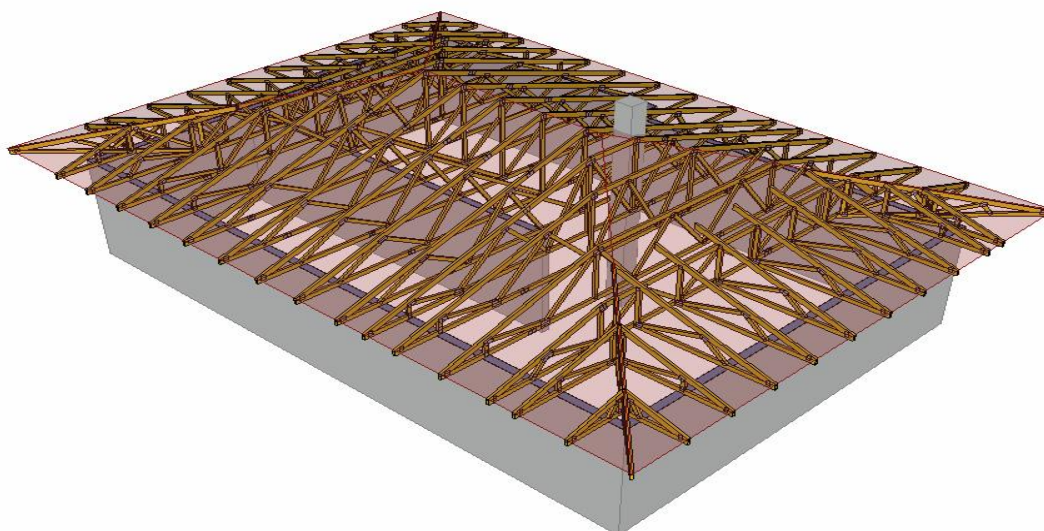


Obrázek 6 Sedlová střecha

(zdroj: <http://www.strechy92.cz/tvary-strech.html>)

Valbové a polovalbové střechy

O těchto střechách lze říct, že jsou zvláštním typem sedlových střech, viz obrázek 7. Sedlová střecha s dvěma valbami je tvořena čtyřmi střešními plochami, jež na všech stranách ohraničuje okap. Tato střecha se využívá zejména u samostatně stojících objektů. U takových objektů, které stojí na hranici pozemku, je možné využít střechu pouze s jednou valbou. Oproti tomu střecha s polovalbou (někdy též valbičkou) je tvořena polovičními valbami s okapem výš než u hlavních střešních ploch. Potom má většinou funkci estetickou. Další variantou takové střechy je tvar s okapy, jež jsou ve stejné úrovni jako malé štítové plochy nad polovalbou (J. Kolb, 2008).



Obrázek 7 Valbová střecha

(zdroj: <http://www.strechy92.cz/tvary-strech.html>)

Mansardové střechy

Tento typ střechy je variantou řešení sedlové střechy, viz obrázek 8. Tato střecha je složená ze dvou dvojic střešních rovin, které mají nestejný sklon. Název „Mansardová“ získaly střechy podle architekta Julese Mansarda, který pocházel z Francie. Mansardové střechy se hodí pro budování podkroví. V současné době se hojně využívá tzv. falešná mansardová střecha, což je v podstatě sedlová střecha, která je doplněná o mansardové obklady. Tyto obklady jsou potom na svislých stěnách v posledním podlaží (J. Kolb, 2008).

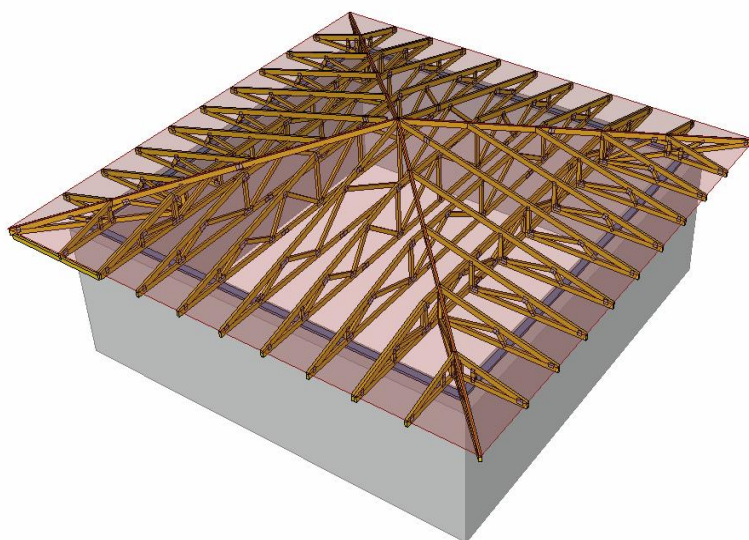


Obrázek 8 Mansardová střecha

(zdroj: <https://ecohotnadzor31.ru/en/kak-sdelat-mansardnuyu-kryshu-doma-tehnologiya-stroitelstva.html>)

Stanové a věžové střechy

Typ stanové střechy je v podstatě střechou valbovou, která je nad čtvercovým či mnohoúhelníkovým půdorysem, viz obrázek 9. Veškeré střešní roviny se setkávají v jednom bodě, kterým je vrchol. Hřeben tento typ střechy nemá. Tato střecha je vhodná zejména pro samostatně stojící objekty. Pokud je střecha strmá, označujeme ji jako střechu věžovou (J. Vaverka, 2008).



Obrázek 9 Stanová střecha

(zdroj: <http://www.strechy92.cz/tvary-strech.html>)

3.3 Konstrukční spoje

Skladba konstrukce a únosnost nosných prvků jsou značně ovlivněny volbou typu spojů jak v přípojích a stycích, tak v podporových detailech. Tento výběr je podstatnou součástí návrhu konstrukce. Dimenze i tuhost všech spojů jsou často klíčové pro návrh konstrukce a její působení jako celku. A tak patří vyšetřování vlivu poddajnosti spojů k nejvýznamnějším místům při navrhování nosných konstrukcí. Pokud hovoříme o dřevěných konstrukcích, jedná se zde o podstatný problém, a to hlavně u konstrukcí, kde je větší rozpětí společně se značným počtem mechanických spojů. O stejný případ jde i u konstrukcí, kde jsou spoje silně namáhané. „Poddajnost spojů úzce souvisí nejen s materiálovými a pevnostními charakteristikami dřeva a spojovacích prostředků, ale také s konstrukčním řešením detailů.“ (P. Hradil, B. Straka, 2006). Je však zapotřebí zvažovat i vliv prostředí, ve kterém se konstrukce nachází. Rovněž je

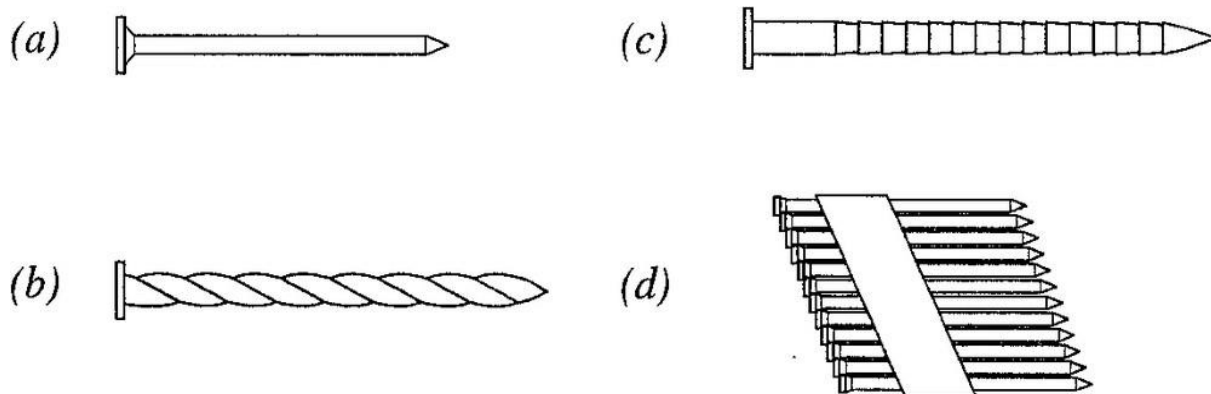
nutné zvažovat typy zatížení. Vliv poddajnosti spojů se ukazuje zvýšeným přetvářením a redistribucí interních sil (B. Koželouh, 2004).

3.4 Konstrukční spoje s ocelovými prvky

Spojovací prvky vyrobené z oceli se využívají v konstrukcích ze dřeva zejména jako styčnickové desky a tvarové spojovací prvky, jež jsou vyrobeny z plechů s tenkými stěnami. Uplatnění naleznou dále jako svařované prvky nestejných tvarů dle geometrického a konstrukčního utřídění detailů a zvláště vyrobené prvky z oceli pro konstrukce specifického účelu. Pro konstrukční spoje využíváme tyto prostředky kolíkového typu: hřebíky, svorníky, kolíky a vruty. Samostatnou skupinou jsou také konstrukce, které mají spoje řešené pomocí styčnickových desek s prolisovanými trny. Nejčastěji využívané spoje, kde jsou spojovací prostředky kolíkové, jsou styčnickové plechy, které se vkládají do spár, jež jsou vyřezané v dřevěných profilech. Plechy mohou být vnitřní i vnější (L. Jelínek, 2012)

Hřebíky:

Hřebíky jsou nejčastěji používaným spojovacím prostředkem, především díky své jednoduchosti a dostupnosti, viz obrázek 10. Hřebíky lze vyrábět několika způsoby, například kování, taháním, lisováním nebo válcováním. Hřebíky se zhotovují ve značném množství velikostí, tvarů a materiálů. Podle toho, jak je hřebík namáhán, rozlišujeme hřebíky zatěžované ve smyku a zatěžované na vytažení. Hřebíky namáhané na vytažení nemůžeme využívat u žádného hlavního prvku, který je elementem nosným. Je možné jej využít pouze jako pomocný prvek a spoj, a to například pro upevnění bednění podhledu. Hřebíky, jež jsou namáhané ve smyku, zamezují posunutí spojovacích dřevěných prvků. Hřebíky se vrážejí kolmo na vlákna, kdy v nosném spojení je nutné mít alespoň 4 hřebíky (ČSN EN 1995-1-1, 2007).



Obrázek 10 Typy hřebíků

(Zdroj: <https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0110/011020o1.jpg>)

Rozmístění jednotlivých spojovacích prostředků, v tomto případě hřebíků můžeme nalézt ve stanovené normě, která se zaměřuje na dřevostavby v určitém spoji. Rozměry těchto spojovacích prostředků odpovídají na území České republiky, ale i v ostatních státech Evropy, odlišným rozměrům. Obvyklé rozměry činí 2,8 až 8,0 mm v průměru a 40 až 200 mm v délce. Mezi hlavní technologické pokroky v sortimentu spojovacích prostředků patří vynález pneumatického hřebíkovače, který umožnil mnohem rychlejší instalaci hřebíků do dřevěných prvků. Mimo jiné šetří i výrobní náklady spojené s montáží těchto prvků.

Šrouby, svorníky a kolíky:

Šrouby, jež mají šestihrannou nebo čtvercovou hlavu a matici se obvykle vyrábí z běžné oceli, která má průměr 12 – 30 mm. Aby bylo osazení možné, je nutné předvrtat otvory vrtákem o 1 mm větším. Jsou vhodné pro spojování elementů větších tloušťek či jako doplňkový prvek u tesařských spojů. Mohou sloužit také u spojování za pomoci kovové a dřevěné záchytky. Svorníky mají na jednom konci pevnou hlavu a na druhém konci závit, který je určený pro matici. Svorníky mohou být vyrobeny ze závitových tyčí, na které se z obou stran usazují matice. Mezi dřevo a matici je nutné vložit podložku. Až dřevo seschne, musí se matice dotáhnout. Se šrouby i se svorníky se poměrně snadno a dobře pracuje, deformace je obvykle kolem 1 – 2 mm. Také proto je vhodnější využít kolíkové spoje, viz obrázek 11. Jedná se o tyče z oceli, jež mají kruhový průřez. Tyto tyče se těsně vrážejí do předvrtaných otvorů. Samotné rozložení šroubů, svorníků nebo kolíků je stanoveno dle normy. Pro nosný svorníkový spoj je zapotřebí využít alespoň 2 svorníky či 4 kolíky (J. Kolb, 2008).



Obrázek 11 Kolíkový spoj

(Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0192/019262o2.jpg>)

Vruty:

Pokud je průměr vrutu menší než 10 mm, je zapotřebí v nosném vrutovém spoji mít alespoň 4 vruty. Je-li průřez vrutu rovný či větší než 10 mm, stačí k tomu 2 vruty a spoj je považován za nosný. Běžné vruty jsou 25 – 300 mm dlouhé a jejich průměr je 6 – 20 mm. Podložky jsou totožné jako u svorníků. Pokud bychom porovnali vruty namáhané na vytažení s hladkými hřebíky, můžeme říci, že hladké hřebíky mají větší únosnost. Stejně jako pro hřebíky s předvrtanými otvory platí i pro rozmístění vrutů stejné zásady. Konstrukce vrutu je zobrazena na obrázku 12 (J. Kolb, 2008).



Obrázek 12 Konstrukce vrutu

(Zdroj: <http://www.hapex.cz/cms/tesarske-vruty-a-kovani/tesarske-vruty-02.jpg>)

3.5 Dřevo jako materiál

Dřevo tvoří zásadní surovinu pro produkci vazníků. Tvoří téměř celou střešní konstrukci, tedy až na jednotlivé spojovací prvky. Mimo jiné je rovněž využíváno při zavětrování střešní konstrukce, jak u klasického krovu, tak u konstrukce tvořené z jednotlivých vazníků. Mezi hlavní znaky, které ovlivňují vlastnosti dřeva, patří jeho pevnost a pružnost. Dřevo je přírodní materiál, který nám už tisíce let slouží jako jeden z prvků pro tvorbu staveb. Dřevo má zároveň anizotropní charakter, tedy má v různých směrech odlišné vlastnosti (fyzikální a mechanické). Můžeme na něm vést rovinu řezu ve směru podélném, příčném a tangenciálním. Podstatný rozdíl je u mechanických vlastností a to např. pružnost a pevnost. Jiné hodnoty nám vyjdou v případě podélného směru vláken a kolmo na vlákna. Odlišnosti nám také tvoří vnitřní stavba jehličnatých a listnatých dřevin. Po chemické stránce utvářejí veškerou dřevní hmotu buněčné blány. Jejich chemické složení tvoří složení dřeva (P. Horáček, 2008).

Samotné dřevo je složeno z mnoha různých chemických sloučenin, ve větší míře jde o látky organické. Sloučeniny, které najdeme ve dřevě, jsou na bázi uhlíku. Tyto sloučeniny mohou dále tvořit vazby s dalšími prvky. Uhlík tvoří bezmála 49,5 % organických sloučenin nacházejících se ve dřevě. Sekundární prvek je kyslík, ten tvoří okolo 44% a přibližně 6 % tvoří vodík. Posledním prvkem, který nalezneme ve dřevě je dusík a to maximálně 0,5 %. Tyto organické látky tvoří také hlavní složky dřeva a to v podobě buněčných stěn, které představují až 97 % dřevní hmoty. Primární zastoupení zde má celulóza a hemicelulóza 70 % a následuje lignin až 25%. Dále se zde objevují prvky, jako jsou třísloviny, minerální látky, tuky nebo pryskyřice. Vnitřní stavba dřeva, která je u některých dřevin hustější, charakterizuje tvrdé, houževnaté a celkově velmi odolné dřeviny. Tyto dřeviny se v minulosti používaly např. pro výrobu loukoťových kol. Dřeviny s nižší hustotou využíváme především pro stavební účely. Různé druhy dřevin mají samozřejmě i rozdílné vlastnosti. Mimo jiné mezi další znaky dřeva, které ovlivňují jeho vlastnosti, patří jeho vlhkost. Dřevo může přijímat vodu, neboť je to hydroskopický materiál. Přijímá tedy vodu v podobě kapaliny, nebo vodu ze vzdušné vlhkosti.

Podle umístění vody ve dřevní hmotě můžeme říci, že se jedná o vodu volnou, vázanou a chemicky vázanou. Primární vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva má voda vázaná. Nalézá se přímo v buněčných stěnách při vlhkosti do 30 %. Při vlhkosti nad 30% je přítomna voda volná. Ta se nachází v mezibuněčných prostorech. Samozřejmě čím více vody dřevní hmota obsahuje, o to více se zhoršují její celkové vlastnosti (A. Požgaj, 1993).

3.6 Konkrétní druhy dřeva využívané pro tvorbu dřevních konstrukcí

Nejčastějším materiálem, který se využívá k výrobě vazníků, je jehličnaté dřevo třídy S10, kde vlhkost činí cca 20 %. Mnohokrát jde o fošnové řezivo ze smrku, které má tloušťku 50 mm. Tyto fošny jsou asi 80 – 240 mm široké a 3 – 6 m dlouhé. K fošnám jsou zapotřebí styčnickové desky, jejichž tloušťka je 1 mm nebo 1,5 mm či 2 mm (V. Hájek, 1997).

Smrkové dřevo:

- se používá nejčastěji na střešní konstrukce.
- je bílé až nažloutlé barvy, mírně smolnaté, s pevně zarostlými suký.
- je poměrně měkké, lehké, pružné a snadno zpracovatelné.
- je vhodné i k lepení.
- je v suchu velmi trvanlivé, ale ve vlhkosti podléhá rychlé hnilobě.

Jedlové dřevo:

- má pravidelný růst struktury dřeva, lepší než dřevo smrkové.
- je náročnější na celkové zpracování než smrk.
- má šedobílou barvu, menší obsah pryskyřičných kanáleků.
- je měkké, pružné, dobře ohebné a nosné
- oproti dřevu borovicovému a smrkovému je méně trvanlivé.
- časem mění barvu, zešedne až zčerná.

Borovicové dřevo:

- má poměrně velké množství suků.
- má načervenalou barvu.
- díky velkému množství pryskyřičných kanáleků je velmi odolné vůči vlhkosti.
- je poměrně křehké a méně pružné.
- nevyužívá se u konstrukčních prvků namáhaných na ohyb.
- borovicové dřevo se naopak hojně používá v prostředí, v němž se střídá sucho a vlhko.

Modřínové dřevo:

- je polotvrdé, tvrdší než dřevo smrkové a borovicové.

- je pevné a trvanlivé.
- odolává střídání sucha a vlhka.
- časem tmavne, z původní žluté barvy červená až hnědne.
- obsahuje velké množství pryskyřice.
- je velmi pružné, v minulosti se používalo na krovy velkých rozpětí.

Dubové dřevo:

- má žlutohnědou barvu.
- je tvrdé, pevné, poměrně těžké a houževnaté.
- výborně odolává tlaku i tahu.
- je nejvhodnějším dřevem pro výrobu dřevěných hmoždíků, kolíků, klínů apod.
- jeho životnost je 500 až 700 let, ale ve vodě je prakticky neomezená.
- je v porovnání s měkkými dřevinami značně odolné proti ohni, zejména je-li vhodně impregnováno.

Bukové dřevo:

- je načervenalé.
- není tak houževnaté a tvrdé jako dubové.
- těžko se opracovává.
- špatně odolává vlivům vlhkosti.

Informace byly vyhledány v podkladech pro cvičení (A. Zeidler, V. Borůvka, 2016)

3.7 Dřevěné konstrukce střech

Stavební dílo je nejčastěji zakončeno střechou, která chrání stavbu před nežádoucími vlivy počasí, a to hlavně proti dešti, sněhu, větru, ale také ohni. Střecha je podstatnou konstrukční částí budovy. Právě na střeše závisí životnost i trvanlivost celé stavby. Nejdůležitější nosnou konstrukcí u rovinné sklonité střechy je krov. Sklon střešních rovin je ovlivněn několika různými činiteli: krytinou, nadmořskou výškou, klimatickými podmínkami, estetickým výrazem.

Krov přenáší hmotnost střešního pláště a na něj působícího zatížení do svislých nosných konstrukcí, tj. do stěn, sloupů a pilířů. Tyto svislé nosné konstrukce budovy smějí být zatěžovány krovem jen ve svislém směru. Proto se šikmé tlaky, vyskytující se v krovu,

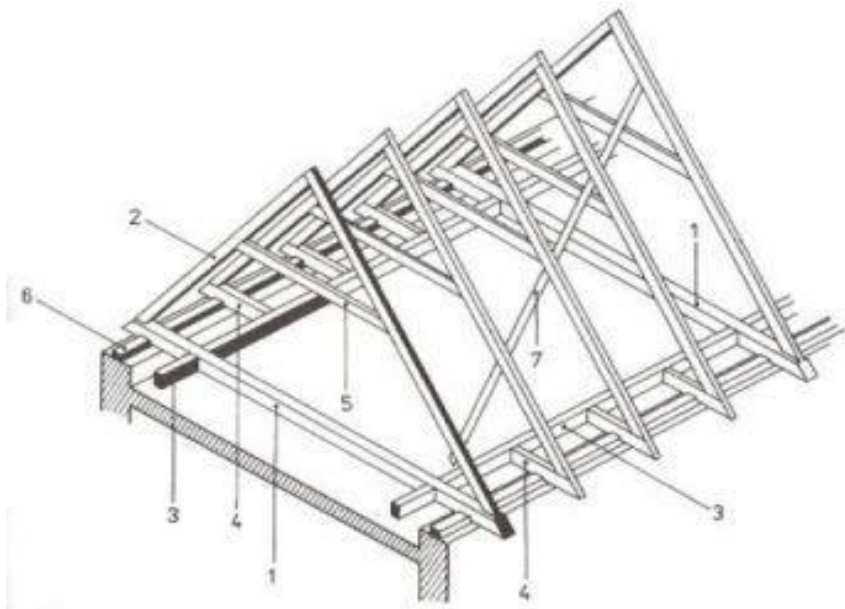
zachycují kleštinami, ocelovými táhly, nebo vazními trámy. Konstrukčně se krovy sestavují ze základních tesařských konstrukcí (P. Boháček, 2017).

Statické tuhosti se dosáhne soustavou trojúhelníků, vytvořených jednotlivými konstrukčními prvky. Ve směru podélném se této tuhosti dosáhne pásky nebo zavětrovacími prkny ve střešní rovině, tzv. Ondřejovými kříži. Konstrukce krovu musí být řádně zakotvena v podporách.

Střešní konstrukce mají být snadno přístupné pro občasné kontroly stavu a podstřešní prostor má být dostatečně větrán, aby dřevo netlelo nebo nezahnívalo. Dřevěný prostor má být ohnivzdorně oddělen od dřevěného stropu nejvyššího podlaží. U nižších budov mohou stropní trámy tvořit vazní trámy. Souvislé dřevěné krovy na budovách mohou být dlouhé maximálně 30 m. Jsou-li delší, musí být rozděleny požárními zdmi, které konstrukci krovu přerušují. Požární zdi nesmí procházet ani jediný prvek krovu, tato zeď musí být vyvedena alespoň 15 cm nad krytinu střechy a musí být oplechována. Všechny prvky dřevěného krovu musí být od omítnutého nebo od vyspraveného zdiva komínů vzdáleny alespoň 10 cm (B. Koželouh, 2004)

Hambálková soustava

Pro lidové stavby se využíval nejčastěji krov hambálkové soustavy, viz obrázek 13. Krov je složen z jednoho páru krokví, které jsou vzepřené nad každou stropnicí v konečném podlaží. Osová vzdálenost stropnice je cca 1 m. Tam, kde jsou stropnice podepřeny zdí, jsou krokve zapuštěny do stropnic. Tím, že se prodlouží záhlaví stropnic, lze vytvořit opak, ke kterému se potom střešní plocha převede pomocí zalomení skrze námětky. Krokve, které se nachází u hřebene, jsou spojeny na ostřih, ty slabší potom přeplátováním (J. Veverka, 2008). Krokve společně se stropnicemi tvoří tuhé trojúhelníky, jež se vzájemně v podélném směru vyztužují prkny na spodní straně krokví, které jsou přibity šikmo. Pokud byla krokev delší než 4 a ½ metru, každý pár krokví byl potom rozepřen trámecem, jenž odpovídal tomu, že je krátký a vodorovný (tzv. hambálek). Hambálek byl tlakem namáhán, a byl tak osazen nanejvýš 4 a ½ metru od okapu (viz obrázek). Čepem či přeplátováním byl s krokveami spojen hambálek. Nejčastěji se využíval jeden hambálek, využití dvou však bylo někdy nutné u vysokých střeších, které mají velký sklon (V. Hájek, J. Pavlis, M. Novotný, 1993).



Obrázek 13 Hambálková konstrukce

Popis: 1- Vazní trám (stropnice) 2 - krokev, 3 - výměna, 4 -krátče,
5- hambálek, 6 pozednice, 7 ztužidlo

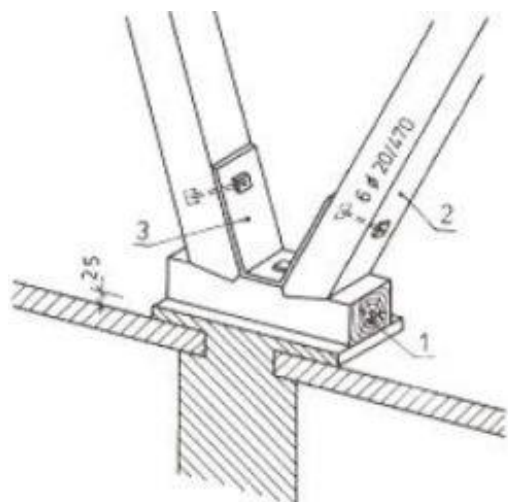
(Zdroj. SNTL 1992 Hájek, V., Pavlis, J., Novotný, M.: Pracujeme na střeše)

Kvůli požární bezpečnosti se poté oddělila konstrukce krovu ze dřeva od stropní konstrukce. Stropnice, které vážou všechny páry krokví, se nahrazují novými tzv. vazními trámy, jež jsou na stropní konstrukci nezávislé, a které jsou náhradou stropnic, ale jen v místech plné vazby (vzdálenost cca 4 m). Z důvodu úspory nejsou tyto trámy umístovány pod každý pár krokví. Mezi vazními trámy se nachází výměny, do kterých se propojila krátčata (délka asi 1 m) jedním koncem, přičemž jejich druhý konec spočíval na pozednici. Krátčata stoprocentně nahrazují vazní trámy, jež se nacházejí v prázdných vazbách. Krátčata plní funkci podpory, jež je určená krokvím prázdných vazeb. Pokud je rozpon větší než 8 m, hambálky jsou podporovány vodorovnými trámci, a to buď jedním, který se nachází uprostřed, nebo dvěma, které jsou při krajích hambálku.

Trámce, které jsou vodorovné, se podpírají sloupky a pásy, a to pouze v celkové vazbě na vazních trámech. To bylo ale možné pouze v případě, že by vazní trám byl podpírán ve středu své délky. Jestliže vazní trám nebyl podepřen, využily se šikmé sloupky, jež se rozpíraly pod hambálkem krátkou rozpěrou. Taková soustava byla velmi pracná. Bylo pro ni zapotřebí mnoho dřeva. Trámce krovu se zeslabil četnými dlaby. Náročný byl i přechod krokví k okapu. Využití těchto krovů je v současné době známé především při rekonstrukci památkově chráněného objektu, zvláště například u zmíněných lidových staveb (ČSN EN 1995-1-1, 2007).

3.8 Vaznicová soustava

Krokve u vaznicové soustavy jsou ve spádu střechy podepřené vaznicemi, které jsou vodorovné a nesené ve vzdálenosti 4 až 4,5 m plnými vazbami, jejichž sloupky a vzpěry převádějí váhu do vazního trámu, který je trámem hlavním. Vazní trám převádí hmotnost krovu na nosné zdi tlaky, které jsou svislé. Tento trám by měl být minimálně 80 mm nad půdní dlažbou. Obvykle se vazní trámy na svých koncích impregnují. Je to z toho důvodu, aby bylo možné vazné trámy uložit do kapes zdí, které jsou nosné, a to na podkladní prkénko, jež je tlusté 24 mm a taktéž chráněné impregnací. Okolo záhlaví vazního trámu je nutné zachovat 50 mm širokou vzduchovou mezeru. Pokud se jedná o větší rozpony, lze využít jako mezi podporu trámy střední zdi, či je možné trámy vylehčit konstrukcí, jež nazýváme věšadlovou. Uvažujeme-li o budovách s jednou či dvěma nosnými středními zdi, potom lze vazní trám nahradit rámem, který je krátký a pevně zakotvený. Takový rám nazýváme „bačkora“, viz obrázek 14. I tuto část konstrukce je nutné impregnovat (V. Hájek, J. Pavlis, M. Novotný, 1993).

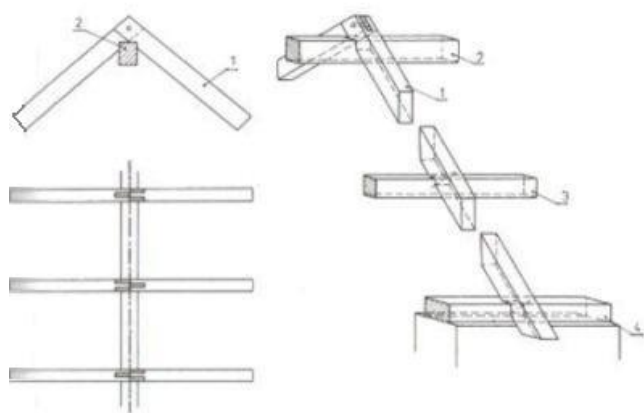


Obrázek 14 Spojení "bačkory" se šikmými sloupky

Popis: 1 - "bačkora", 2 - šikmý sloupek, 3 - kotevní pásek

(Zdroj: SNTL 1992 Hájek, V., Pavlis, J., Novotný, M.: Pracujeme na střeše)

Hovoříme-li o rodinných domech, lze říct, že jsou obvykle vazní trámy úplně vynechány a tíha krovu se převádí do stropnic, které jsou zesílené, či je hmotnost přenesena železobetonovou stropní konstrukcí. K okapu jsou kladeny krokve ve vzdálenosti 900 – 1100 mm. Na vrcholu je dvojice krokví propojena nárožním čepem. Pokud jsou krokve slabší, bývají jen přeplátovány. Jednotlivá spojení můžeme vidět na obrázku 15. Tento spoj zajišťuje obvykle dubový kolík o průměru 20 mm, či dva protilehlé hřeby. Mezi dolním koncem krokví a římsou musí být alespoň 20 mm mezera. Ve vzdálenosti 3,6 – 4,5 m jsou krokve podpírány vaznicemi. Jsou na nich umístěny osedláním.



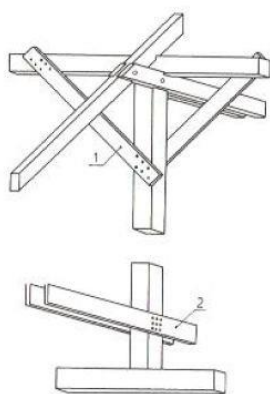
Obrázek 15 Spojení krokví s vaznicemi a pozednicí

Popis: 1 - krokev, 2 -hřebenová vaznice, 3- střední vaznice, 4 -pozednice

(Zdroj. SNTL 1992 Hájek, V., Pavlis, J., Novotný, M.: Pracujeme na střeše)

Pokud krov nemá vrcholovou vaznici, potom by měla být volná délka krokve od střední vaznice maximálně 2,5 m. Krokve se k vaznicím přibíjejí hřeby, kterým říkáme nárožníky, dlouhými 180 – 250 mm. Konce krokví, které jsou převislé, by neměly být delší než 1 – 1,5 m. „Vaznice jsou nosné vodorovné trámce, v prázdných vazbách namáhané krokvemi na ohyb.“ (L. Jelínek, 2012). Podle toho, kde se vaznice v krovu nachází, rozlišujeme vaznici vrcholovou a hřebenovou, dále vaznici střední, jež je osazená mezi hřebenem a okapovou vaznicí, a nakonec u okapu vaznici okapovou. Je-li vaznice na půdní podezdívce, stane se pozednicí. Pozednice a vaznice na sebe nasedají, napojení kleštiny ke krokvě či sloupku je taktéž kampem či lípnutím a spojení je opatřeno svorníkem, to je možné vidět u obrázku 16. U krovů, které nemají vazní trámy, jsou kleštiny u okapů zaměněny ocelovými táhly, kterými se poté pozednice do zdí či stropů kotví (J. Chybík, 2008).

Ocelové pásy jsou obvykle 1100 – 1400 mm dlouhé a jsou začepovány do sloupků a vaznic. Společně s vaznicemi krov v podélném směru vyztužují. Tyto pásy rovněž krátí volnou délku vaznic a zpevňují spojení sloupku a vaznice. U středních a okapových vaznic pásy lícují s vaznicemi po jejich vnější straně. U vrcholových vaznic jsou pásy čepovány osově. Pásek je možné zaměnit oboustranným šikmým bedněním, tj. prkenným páskem. Obdélníkový průřez nastojato mají rozpěry, které jsou tlakem namáhány. Objevují se v úplných vazbách dvojích věšadel. Věšadla jsou čepována do sloupků na střední čep se zapuštěním a spoj je zaručen trojklanným ocelovým třmenem (V. Hájek, 1997).



Obrázek 16 Detail krovu

Popis: 1 - prkna místo pásků, 2 - prkna místo kleštín

(Zdroj: SNTL 1992 Hájek, V., Pavlis, J., Novotný, M.: Pracujeme na střeše)

3.9 Novodobé konstrukce střech

V minulosti nebyl příliš velký důraz kladen na půdní prostory. Dnes se již běžně vytváří obytný půdní prostor, a pro tento účel se nejčastěji využívá hambálková soustava. Oproti vaznicové soustavě se v prostoru nenachází žádné sloupy. Na následujících stránkách vyjmenuji a popíšu časté konstrukce střech současné doby.

Dřevěné lepené a sbíjené střešní konstrukce

U tohoto typu konstrukce se využívá pouze zdravé jehličnaté dřevo a to s maximální absolutní vlhkostí 15%. Místa, na která bude nanášeno lepidlo, musí být dokonale ohoblována. Při profilu prvků I je stojina, která je zhotovena z HDF a to konkrétně v podobě akulitu nebo sololitu. Ke spojení jednotlivých částí konstrukce se zužitkují zejména lepidla na bázi syntetické pryskyřice

a to např. CHS-EPOXY 324. Dále se používá systém gang-nail, popřípadě hřebíkový spoj, a to konkrétně u sbíjených konstrukcí, které jsou na montáž rychlé a zároveň nenáročné. Každý jednotlivý spoj by měl obsahovat alespoň 4 nebo více hřebíků (ČSN EN 1995-1-1, 2007).

Dřevěné příhradové sbíjené vazníky

V případě sbíjených příhradových vazníků by měl být spojovacím prvkem rovněž hřebík. Tento spoj využívá zejména u menšího typu překlenutí budovy a to do šířky maximálně 18 m. Diagonály u této konstrukce jsou zhotoveny z neohoblovaného řeziva v tloušťce nejčastěji 24-45mm. Jednotlivé napojení diagonál je prováděno dvojdílným nebo třídílným profilem jednotlivých pásů, u styčnickové plochy je následně k užití více prostoru pro usazení hřebíků. Typ a velikost hřebíku je stanoven podle toho, jakou tloušťku má spojovací materiál (dřevo). Tyto příhradové vazníky by měla instalovat pouze firma, zabývající se jak samotnou výrobou, tak i montáží na stavbě. Upřednostňujeme firmy s delší dobou působnosti na trhu a tím i většími zkušenostmi (J. Chybík, 2009).

Lepené krovy

Možnosti lepených krovů jsou například v podobě lepeného vazníku se systémem gang-nail a zároveň lepením v místě spoje u hambalkového krovu, nebo také v případě lepených dřevěných rámců. V případě lepeného hambalkového krovu je využito rozsahu šířky konstrukce do 10m. Jednotlivé vazníkové prvky se zhotoví ze samotných krokví a hambáleků. Vzdálenost u nevyplnění vazeb je mezi 1 000 až 1 200 mm. Jednotlivé krokve se ukotví na pozednice, nejčastěji v rozměrech 140/100 mm, nebo 120/100 mm a jsou přichyceny ocelovým pásem. V horní části jsou samotné krokve sjednoceny tzv. šikmým srazem a zároveň kleštinou - prkna u kleštiny jsou v různých velikostech (J. Kolb, 2008).

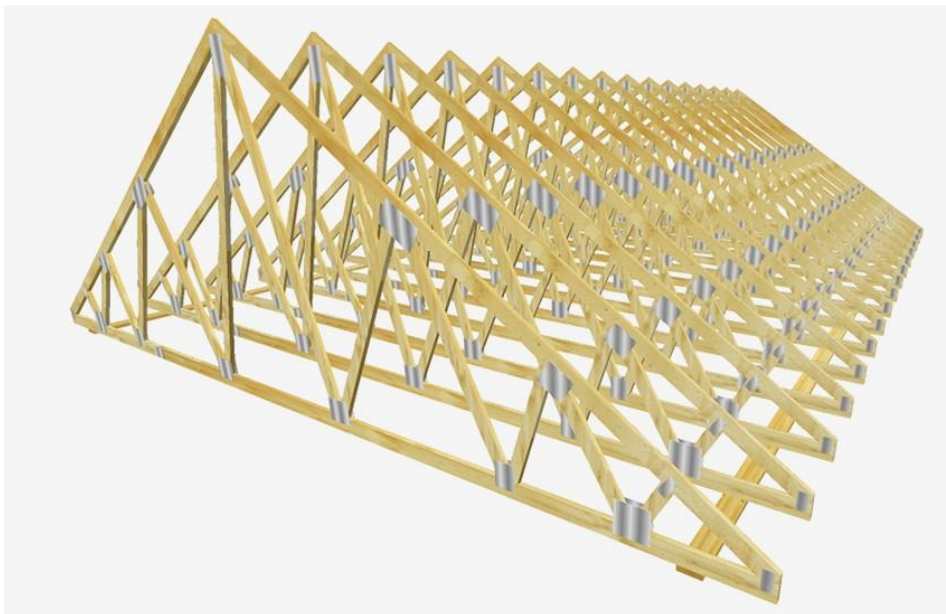
Příhradové vazníky

Příhradový vazník je zhotoven coby rovinná prutová soustava v odlišných variantách podle finálního účelu, zatížení nebo podoby realizovaného styčnicku, viz obrázek 17. Konkrétně u

těchto typů vazníků můžeme říci, že jsou charakteristické svou výškou v konstrukci a zároveň, jsou komplikované na zhotovení spojů ve styčnicích, oproti plnostěnným nosníkům. V momentě, kdy zjišťujeme osově síly a průhyby, je nedílnou součástí volba vhodného statického modelu příhradového vazníku z hlediska připravenosti, nebo neprůběžnosti pásů a také z hlediska excentricity v místě styčniců. U těchto typů vazníků je hojně využíván systém GANG-NAIL (W. Callister, 2007)

V případě excentrických styčniců je především zátěž kladena na pásy nosníků v podobě ohybového momentu. Abychom byli schopni tento problém vyřešit, je třeba vyjít z variant styčniců příhradových vazníků, jež jsou stanoveny využitým spojovacím materiálem. Horní a dolní části konstrukce (pásy) tvoří kostru příhradového vazníku. S ohledem na přírodní materiál desky, je třeba počítat s napojením při větší délce. Desky by měly být při obvyklém návrhu v rozměrech 50 až 80 mm, je zohledněn i ekonomický aspekt.

Pokud máme jednotlivé vazníky spojeny pomocí hřebíkového spoje, je nezbytné neopomenout dostatečné množství jednotlivých diagonál a svislic, neboť při absenci dostatečného množství těchto prutů může dojít k velkým osovým silám. Pro umístění hřebíků je potřeba velká plocha v místě styčniců. Je nutné, aby tyto styčnice byly pokaždé excentrické. Je uplatňované pravidlo, že vnitřní okraj diagonály zasahuje maximálně do 1/3 výšky pásu, a díky tomu jsou přídavné momenty na co nejmenší úrovni v tomto pásu. Ve variantě vazníku s hmoždíky charakteru Tuschererova kroužku a bulldoga se vedeme de facto protichůdným principem, než v předešlé variantě. Usilujeme o to, aby jednotlivých prutů bylo ve styčné ploše co nejmenší množství, aby bylo možné zhotovit centrické styčnice. Informace byly vyhledány z webové stránky www.strechy92.cz

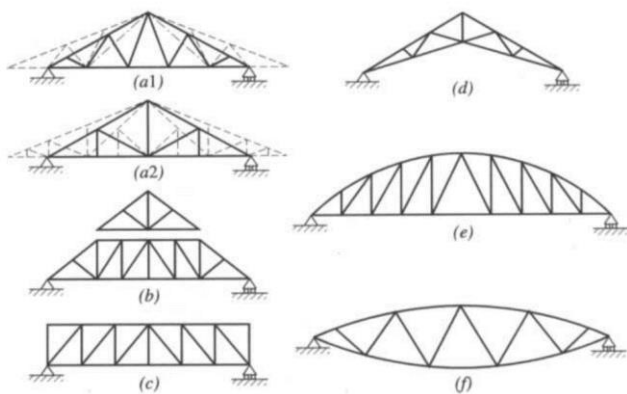


Obrázek 17 Ukázka konstrukce z příhradových vazníků

(Zdroj: <https://pilaunion.cz/vyroba-vazniku>)

3.10 Typy příhradových vazníků

Mezi značně oblíbené příhradové vazníky patří ty s konstrukcí do trojúhelníku. Některé jsou zobrazeny na obrázku 18. Vnitřní kostru tvoří rovněž jednotlivé diagonály a svislice, ty jsou voleny podle toho, aby je bylo co možná nejrationálněji nadimenzovat. Musí zde být samozřejmě také zahrnuto potrubí na odvětrávání samotné konstrukce. Abychom dosáhli co možná nejmenší úrovně ohybového napětí samotných pásů, je důležité správně uspořádat tyto prvky. Mezipásově pruty by se měly správně zvolit tak, aby jejich směr u krátkých diagonál a svislic byl zatěžován tlakem a u dlouhých naopak tahem. Když toto provedení bude správně, není potřeba navíc vyztužovat jednotlivé pruty. Jednotlivé typy příhradových vazníků můžeme vidět na obrázku 18 (J. Kolb, 2008).



Typy příhradových vazníků: (a1, a2) trojúhelníkový vazník, (b) složený trojúhelníkový vazník, (c) přímopásový příhradový vazník, (d) nízkový vazník, (e) obloukový vazník, (f) nosník čočkového tvaru.

Obrázek 18 Typy příhradových vazníků

(Zdroj: ČSN EN 1995-1-1; (Eurokód 5): Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1)

Díky různým variantám uspořádání vazníku je možné vytvořit téměř jakýkoli tvar de facto pro veškeré využití. Nesmíme ovšem opomenout důležitý fakt, a tím je např. prefabrikace, která je omezená. Doprava v některých případech zahrnuje zkompletování vazníku až na místě stavby, ovšem můžeme vazníky stavět do podstatných výšek. V tomto případě se zužitkuje vazník ve tvaru trojúhelníku ze zatížené lichoběžníkové části, zároveň je zde zahrnuta i nepatrná část nezatížené trojúhelníkové části, aby bylo možné dosáhnout sedlové střechy (P. Kuklík, 2005).

Příhradové vazníky s ocelovými deskami

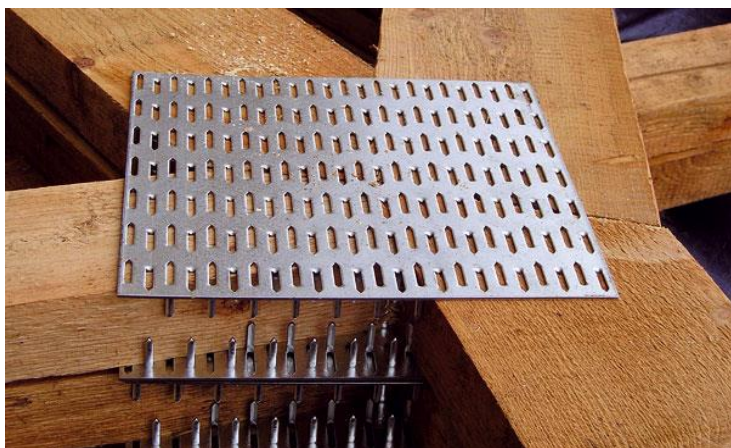
Možnost příhradové vazníku s ocelovými deskami, tedy s prolisovanými trny se využívají hojně na území České republiky zhruba od osmdesátých let minulého století. Dnes jsou zhotovovány společně s příhradovým vazníkem. Rovněž můžeme vytvářet vazník až do rozpětí 30 m. Mezi výhody těchto vazníků patří rychlost vyhotovení. S tím souvisí i snadná výroba a také sestavení vazníku přímo na místě stavby. Na území Severní Ameriky, a to konkrétně v zemích USA a Kanady, je zcela běžné budovat např. rodinné domy ze dřeva, jejichž střešní konstrukce je tvořena právě zmiňovanými vazníky. Na druhou stranu využitelnost prostoru v půdní části je na velmi nízké úrovni. Pro jednotlivé pruty je využité neohoblované řezivo. Styčnickové desky jsou lisovány do vazníku z obou stran, je tedy nezbytné, aby konstrukce měla stejnou tloušťku. Při samotných prutech se značně mění síla průřezu prvku, podle toho, jaká je šířka řeziva. Podpora systému gang-nail je využita u pásů do jejich délky a vypracuje se nadvýšení vazníku. Nezvyklým prvkem tohoto vazníku je fakt, že mezilehlé pruty se kříží na hraně pásů a na tomto místě dojde k zmenšení velikosti systému gang-nail. Díky několika těmto systémům umístěných vedle sebe dojde k zhotovení velké únosnosti vazníku (J. Kolb, 2008). Mezi slabé stránky této konstrukce patří její vizuální podoba, neboť konstrukce je zhotovena z neohoblovaného řeziva. Tím může dojít k tomu, že systém gang-nail, který obsahuje prolisované trny, někdy dřevo poškodí a zároveň je tu nízká odolnost proti ohni. Samozřejmě, že i tento poslední bod se dá vyřešit z vnitřní části pomocí podhledu zhotoveného ze sádkkartonu. Těch máme několik typů, jako např. nehořlavý, nebo se zvýšenou ochranou proti ohni. Při zhotovování příhradové konstrukce musí být použito dřevo s minimální tloušťkou 35mm, výška jednotlivých pásů je přinejmenším 68 mm a výška svislic a diagonál musí být minimálně 58 mm. Tyto rozměry se nesmí změnit o více jak 10 mm u prvků do délky 10 m. S každým dalším metrem je počítat s tolerancí 1mm/m. Nejvyšší úroveň vlhkosti řeziva nesmí přesáhnout hranici 22%. Hodnota tloušťky spáry u spojovacích částí v místě styčnicku v čase výroby nesmí být širší než 1,5 mm.

Upotřebený materiál na místě spojovacího prostředku a uložení musí být hladký, nebo spíše nesmí obsahovat oblíny. Suky, které jsou zarostlé v místě sjednocení prvků, jsou tolerovány v případě, že při instalaci systému gang-nail nedojde ke znatelnému poškození jednotlivých trnů styčnickové desky. Pokud v této ploše bude ovšem suk nezarostlý, je potřeba aby počet trnů odpovídal zhotovenému návrhu. Jestliže trn zasáhne do suku, tak se jednotlivé otvory, či trhliny dají opomenout. Dřevní materiál pro zhotovení příhradového vazníku s tímto systémem může mít maximální zakřivení ve směru šířky 4 mm/2 m délky, podélné zakřivení může činit

nanejvýš 6mm/ 2m délky, šroubové zakřivení 2 mm/ 25 mm šířky na 2 m délky, a nakonec příčné zakřivení nanejvýš 2 mm/ 100 mm šířky plochy (V. Hájek, 1997).

Umístění gang – nail systému, viz obrázek 19, nemůže mít odchylky větší než 10 mm v jakémkoli směru vůči správné poloze v návrhu. Je nutné, aby trny Gang – nail systému byly vlisované kolmo k vnějšku dřeva a jeho povrch nesmí být zkroucen. Mezi povrchem desky a dřevem není přípustná mezera, která je větší než 1 mm. Dále se nesmí objevovat na více než 25 % povrchu připojené desky, a to v jakémkoli spoji. Desky z kovu nemohou přesahovat přes okraj dřev podélně. Je zapotřebí, aby dolní okraj desky měl v podporovaném styčnicku nejméně 3 mm nad dolním krajem dřeva. Aktuálně využívají k návrhu konstrukce a vizualizace společnosti, jež vytváří tyto vazníky, zcela konkrétní počítačové programy, díky nimž je možné určit žádaný průřez prutů (ČSN EN 1995-1-1, 2007). Tyto programy jsou rovněž schopny navrhnout, jak budou styčnickové desky velké, a taktéž je programy dokážou přesně umístit do styčnicku. V konkrétním programu je vytvořena kompletní výkresová i výrobní dokumentace konstrukce, patří sem taktéž zavětrování. Střecha, která má tento systém, je schopna také vytvořit valbu. Za využití nosníků a jiných spojovacích prostředků ji nelze prakticky vyrobit. Valbu tvoří spád střešní roviny, který je často větší, než je spád střešních ostatních rovin. Dle toho, jak je valba velká, má jeden či více nosníků pod valbou tvar lichoběžníku. Nosníky, kterým přečnává horní pás, jsou potom vloženy pod nároží. Na nosníky lichoběžníkového tvaru a na nosníky nárožní se krátké nosníky skládají namátkově. Veškeré elementy valby se naplánují a rozkreslí za pomoci daného počítačového programu. Příhradovým nosníkům, které mají trojúhelníkovou příhradovinu, je povolen jednodušší výpočet, odpovídají-li následujícím podmínkám:

- vnější úhel mezi dvěma sousedními pruty je alespoň 180°
- úložná šířka je umístěna uvnitř délky a_1 pod styčnickem a vzdálenost a_2 není
- větší než $a_{1/3}$ nebo 100 mm, podle toho, co je větší
 - výška příhradového nosníku je větší než 0,15násobek rozpětí a desetinásobek maximální výšky vnějšího prvku (<http://bova-nail.cz/16.1.2021>)



Obrázek 19 Deska s prolisovanými trny

(Zdroj. <https://1url.cz/Iz6ly>)

Příhradové vazníky se systémem MKD

Pruty příhradových vazníků MKD (Multi – Kraft – Dübel) jsou nejčastěji alespoň dvoudílné. Desky MKD jsou přemístěny osově síly diagonál a svislic ve znění obecné teorie konstrukcí vazníků. V těchto styčnicích MKD není zhotoveno tzv. mimostřední napojení diagonál a svislic. Spojovací prvek ve styčniku má stejný tvar jako příhradový styčník. Každá osová síla je převáděna dvěma skupinami hřebíků, které jsou souměrné na obou stranách styčnickové desky. Horní a dolní pásy vazníku jsou zhotoveny v celé délce z materiálu, jenž nazýváme lepené dřevo. Diagonální pruty jsou poté vyrobeny z rostlého dřeva. Spojovací desky (někdy též hmoždíky) MKD tak mají za úkol převádět rozdílové síly pásů a také síly, které jsou posouvajícími v případě zatížených pásů (J. Vaverka, 2008).

Příhradové nosníky MKD mají velmi jednoduchý výpočetní model z toho důvodu, že jsou všechny přípoje prutů centrické. Ekonomičtější, tedy úspornější, variantou jsou dřevěné příhradové vazníky MKD, pokud je požadavek na velké rozpětí (18 – 50 m), rozsáhlé zatížení či na odolnost dřeva proti požáru. S ohledem na tyto přednosti se takové konstrukce často uplatňují tehdy, pokud se řeší zastřešení například stájí, skladových hal nebo sálů. Zjednodušeně řečeno se tato konstrukce dá využít tam, kde je součástí interiéru dřevěná konstrukce zastřešení. Vazník MKD je schopen nahradit dokonce i vazník lepený, protože pokud je příhradový vazník vhodně navržen, drahé lepené dřevo se ušetří. Musíme samozřejmě počítat s delší přípravou výroby vazníků, a to proto, že výroba spojovacích desek MKD trvá delší čas.

System MKD můžeme znát již od roku 1995. U nás se objevil až o pět let později, v roce 2000. Aby se pruty v příhradovém vazníku ve styčnicku spojily, je třeba použít ocelové plechy s tloušťkou 10 mm, na něž jsou v předepsaných roztečích navařeny hřebíky z oceli s délkou 50 mm. Takové plechy jsou potom vlisovány mezi dvě či tři vrstvy elementů příhradového nosníku. Pruty jsou ve styčnicích propojeny vzájemnou vzdáleností 1 – 2 mm, čili síly tlaku jsou převáděny spojovacími deskami, tedy ne kontaktem mezi pruty dřeva. K mimostřednému připojení prutů ve styčnicích nedochází. Na spoji elementů ze dřeva nejsou ocelové spoje vidět. Informace byly vyhledány na webové stránce www.strechy92.cz

Příhradové vazníky s ocelovými kolíky

Rozměry diagonál a svislic příhradové konstrukce jsou shodné jako v nich působící síly. V místě styčnicků je do jednotlivých prutů instalován ocelový plech s dírami pro kolíky, viz obrázek 20. Pokud je to požadováno je v tomto místě možné použít více těchto plechů. Samotné spojení je zajišťováno pomocí kolíků, které mají v průměru 8 – 24 mm, jejichž množství je stanoveno výpočtem statiky (L. Jelínek, 2012) Tento systém se využívá především ve Švýcarsku, kde je zároveň i velmi technologicky zdokonalený. Můžeme jej vidět i u našich sousedů v Německu, ale částečně i na našem území.

Při výrobě prvků hraje hlavní roli výpočetní technika, tím pádem jsou jednotlivé spoje velmi precizní a zároveň houževnaté. Drážkování je zhotoveno pomocí okružní pily, aby bylo možné osadit plechy, tloušťka těchto prvků činí 5 mm. Z vizuálního důvodu jsou kolíky v místě spojení situovány v řadě či kruhu, viz obrázek 20. V menším množství se používá instalace ocelových hřebíků pomocí nastřelovací pistole skrze vložené plechy. Veškeré dřevěné prvky jsou hranolového tvaru, v místě styčnicku je upotřeben jeden, ale často dva a více pozinkovaných plechů slabé tloušťky. Skrze dřevo a plechy je většinou z obou stran spoj zajištěn pomocí nastřelených hřebíků (J. Kolb, 2008).



Obrázek 20 Příhradový vazník s ocelovými kolíky

(Zdroj. <https://1url.cz/Ez6RU>)

Příhradové vazníky s kovovými diagonálami

Vazník s kovovými diagonálami je zhotovován většinou z prolisovaných plechů do podoby písmena V, či v trubkové formě. Co se týče produkce těchto vazníků, je důležité, aby kovové prvky byly totožné, z toho důvodu se využívají u pásových vazníků, viz obrázek 21. Veškeré diagonály tedy mají totožný tvar a zároveň délku. K dřevěným pásům jsou napojeny skrze trny, stejně jako u systému gang-nail. Tyto konstrukce se používají na území USA a Kanady od 90. let minulého století, můžeme se s nimi setkat v Německu, ale i na Slovensku. Vazník jako takový má velmi malou hmotnost, ale mezi jeho nevýhody patří malá odolnost vůči ohni, informace byly vyhledány na webové stránce www.bova-nail.cz.



Obrázek 21 Vyobrazení jednotlivých vazníků s kovovými prvky

(Zdroj. <https://1url.cz/hz6Rb>)

Konstrukční zásady ztužení vazníků

Mezi zásady ztužení konstrukčních vazníků patří napojení jednotlivých prvků pomocí systému gang-nail, tedy systém desek s prolisovanými trny. Tyto konstrukce jsou velmi houževnaté v rovině vazníku, ale dosahují nízké úrovně stability ve směru z roviny. Díky této vlastnosti je potřeba počítat se zhotovením konkrétního ztužení. Tato ztužení můžeme rozčlenit do jednotlivých skupin:

- 1) Ztužení bránící odchýlení v rovině střechy
- 2) Ztužení v rovině dolních pásů
- 3) Ztužení bránící vybočení z roviny vazníku
- 4) Ztužení tlačných diagonál
- 5) Ztužení bránící vybočení v rovině střechy

První skupina zatížení je brána v potaz, když střešní plášť nezajišťuje dostatečnou pevnost na to, aby byl možný správný přenos sil v rovině střešní konstrukce. Ztužení je možné zajistit různými typy prvků, jako jsou latě a vaznice, u historických budov můžeme vidět ondřejský kříž, který je dnes nahrazován ocelovými diagonálami. Funkci těchto diagonál může nahradit ztužující příhradový vazník, který je vsunut mezi horní pásy, informace byly vyhledány na webovém stránce <http://drevene-vazniky.eu/>.

Zásady pro střechy z příhradových vazníků

Zvolení správné podoby střešní konstrukce nám zaručuje dlouhodobý charakter životnosti vazníkové konstrukce. Aby bylo možné docílit dlouhé životnosti, je potřeba se držet tří podstatných zásad, a těmi jsou:

- důkladný výběr zhotovitele vazníkové střešní konstrukce,
- odborný návrh konstrukce a dodržení veškerých konstrukčních zásad,
- zhotovení a následná instalace vazníků na stavbě by měla být zajištěna kvalifikovanou firmou, abychom docílili co nejlepších výsledků.

3.11 Vytváření projektové dokumentace

Během několika posledních let se jednotlivé softwary značně zdokonalily, v současné době používáme softwary typu AUTO-CAD, CAD/CAM, tedy charakteristické programy, jak pro samotnou projekci, tak i zhotovení dokumentace. Operace jsou zde spravovány pomocí počítače, a to i v oblasti dřevostaveb a konstrukcí na bázi dřeva. Díky velkým možnostem, které tyto softwary nabízí, je možné tvořit objekty, u kterých to před 10 lety bylo nemyslitelné (J. Kolb, 2011).

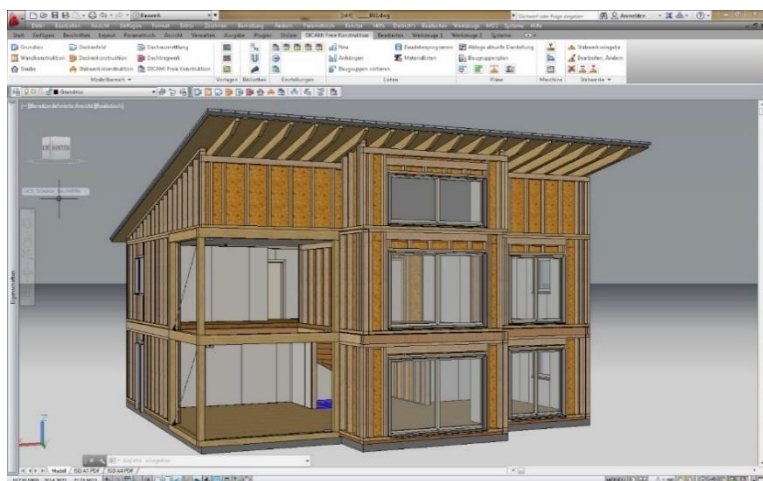
Tyto softwary lze využít i pro tvorbu objektů z různých odvětví, jak při tvorbě menších mechanických zařízení, tak u motorových vozidel až po konstrukce různých typů letadel. Při běžném užívání je možné zhotovit návrh vnitřních dispozic bytů a domů, zároveň je možné detailně vypracovat uspořádání vestavěného nábytku, nebo rozložení kuchyňské linky.

- 3D model nám dovolí detailní a konzistentní zobrazení celkového modelu stavby. Je možné si nechat zvlášť zobrazit konstrukční detaily spojů ve střešní konstrukci, a i tyto detaily se pomocí řezů ještě blíže zobrazí.
- Celková 3D vizualizace umožňuje vygenerování veškerých elementů a výrobků, které byly použity při projektování.
- V celkové 3D vizualizaci je možné pomocí údajů od geodetů zanést jednotlivé body do systému a ten poté tyto informace dokáže převést do 3D vizualizace,
- těmito informacemi je např. velikost pozemku, nebo přesná nadmořská výška.
- V dnešní době tyto 3D vizualizace také hojně využívají realitní kanceláře, neboť je možné v nich vytvořit současnou podobu stavby, ale je zároveň možné zahrnout možnosti budoucí rekonstrukce, kterou by nový majitel mohl lépe pochopit, jak je možné současný objekt předělat, podle toho, jaký má záměr se samotnou stavbou.

Pro simulaci dřevěných konstrukcí jsou dnes již k dispozici výkonné 3D-CAD systémy, které se vzhledem k prostorové složitosti dřevěných konstrukcí stále více prosazují v praxi. V oblasti výroby (CAM) jsou vyvíjeny stále výkonnější dřevoobráběcí stroje ovládané. V současné době při vizualizaci dřevostaveb už běžně pracujeme s výkonnými 3D softwary, které se oproti minulosti už znatelně zdokonalily, a jejich maximální úroveň se stále zvětšuje. Při samotné výrobě jsou také využívány stále propracovanější a výkonnější stroje, které jsou řízeny počítačem. Tyto stroje nám poskytují rychlé a vysoce kvalitní výrobky, v našem případě přesné dřevěné prvky. Pokud sjednotíme obě oblasti, jak CAD, tak CAM, můžeme pomocí jednotlivých údajů konstrukčních prvků ze softwaru CAD převést na údaje pro samotnou výrobu. Samotná kvalita těchto dřevěných prvků záleží na technologickém vybavení konkrétního CNC zařízení (J. Chybík, 2009).

CAD

CAD, někdy též jako AUTO-CAD, v současné době neslouží už jen jako prostředek k on-line malování a kreslení, ale rovněž jako úložiště pro shromážděná data určená pro zhotovení výkresu i trojrozměrné simulace, jež je tak více přehledná. Vizualizace je díky své trojdimenzi o to lepší, že objekt můžeme spatřovat ze všech světových stran. Výhodné pro nás je také to, že si za pomoci řezů můžeme objekt upravit. Máme tak lepší náhled do vnitřní konstrukce a můžeme vidět skladbu materiálů, viz obrázek 22.



Obrázek 22 3D vizualizace v programu AutoCad

(Zdroj: <https://eshop.adeon.cz/autocad/>)

Díky trojrozměrné vizualizaci vidíme přesné a dokonalé vyobrazení konkrétních detailů samotné budovy, ale i střešní konstrukce. Slouží také jako výborná pomůcka pro budoucí tesaře, kteří budou mít zájem o podílění se na výrobě střešní konstrukce. Díky 3D vizualizaci lze lépe

vyhledat různé nedostatky, které objekt či střešní konstrukce mohou mít. Lze tedy říct, že prostorový model kupříkladu domu je prvním krokem k dalšímu vývoji konstrukčního řešení ve výrobě. Na spolehlivost navrhování je kladena vysoká náročnost (P. Boháček, 2017).

CNC

Využívání CNC obráběcích strojů pro zpracování a opracování dřevěných konstrukcí má aktuálně velmi vysokou úroveň, viz obrázek 23. Zároveň jsou tyto stroje velmi oblíbené, a to hlavně díky kvalitě, která je stabilní, a rovněž kvůli vysoké přesnosti zpracování. Minulostí už je nyní to, že se údaje, vybrané z konkrétního výkresu, vytváří přímo strojem a následně se převádí do NC programu. Možné chyby byly při převádění a také v geometrii konstrukčního elementu, kde se vytváří dvakrát – jednou ve stroji a podruhé v systému CAD.

Obráběcí stroje si v současné době jsou schopny zapamatovat určité body, díky čemuž je možné je uložit do paměti stroje. Takové datové soubory geometrii konstrukčního elementu nepopisují zcela, ale jen částečně, a to z toho důvodu, že do paměti je možné uložit pouze taková data, která jsou vytvořena určitým strojem. Také kvůli tomu se v současnosti vyvíjí obecně platný, a tak nezávislý na stroji, styčný bod, který naprosto a kompletně postihuje geometrický a věcný popis elementu konstrukce (ČSN EN 1995-1-1, 2007).



Obrázek 23 CNC obráběcí stroj

(Zdroj. <https://www.tauber.sk/vyroba-krovu/cnc-drevobrabacie-centrum/>)

Obsah projektové dokumentace

V obsahu projektové dokumentace najdeme následující:

- A. *Průvodní zpráva*
- B. *Souhrnná technická zpráva*
- C. *Situační výkresy*
- D. *Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení*
- E. *Dokladová část*

Projektová dokumentace musí vždy obsahovat části A - E. Rozsah jednotlivých částí musí odpovídat druhu a významu stavby, jejímu účelu využití, stavebně technickému provedení, umístění a vlivu na životní prostředí.

A. Průvodní zpráva

- identifikační údaje o stavbě, o stavebníkovi, o zpracovateli projektové dokumentace
- seznam vstupních dokladů
- údaje o území
- údaje o stavbě
- členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení

B. Souhrnná technická zpráva

- požadavky na zpracování dodavatelské dokumentace stavby
- požadavky na zpracování plánu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništi
- podmínky realizace prací
- zvláštní podmínky a požadavky na organizaci staveniště a provádění prací na něm
- ochrana životního prostředí

C. Situační výkresy

- situační výkres širších vztahů
- celkový situační výkres

- koordinační situační výkres

D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení

- architektonicko-stavební řešení
- stavebně konstrukční řešení
- požárně bezpečnostní řešení
- technika prostředí staveb
- dokumentace technických a technologických zařízení

E. Dokladová část

- dokladová část obsahuje doklady o splnění požadavků podle jiných právních předpisů vydané příslušnými správními orgány nebo příslušnými osobami a dokumentaci zpracovanou osobami oprávněnými podle jiných právních předpisů.
- vytyčovací výkresy jednotlivých objektů zpracované podle jiných právních předpisů
- projekt zpracovaný báňským projektantem

Obsah projektové dokumentace byl převzat z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>

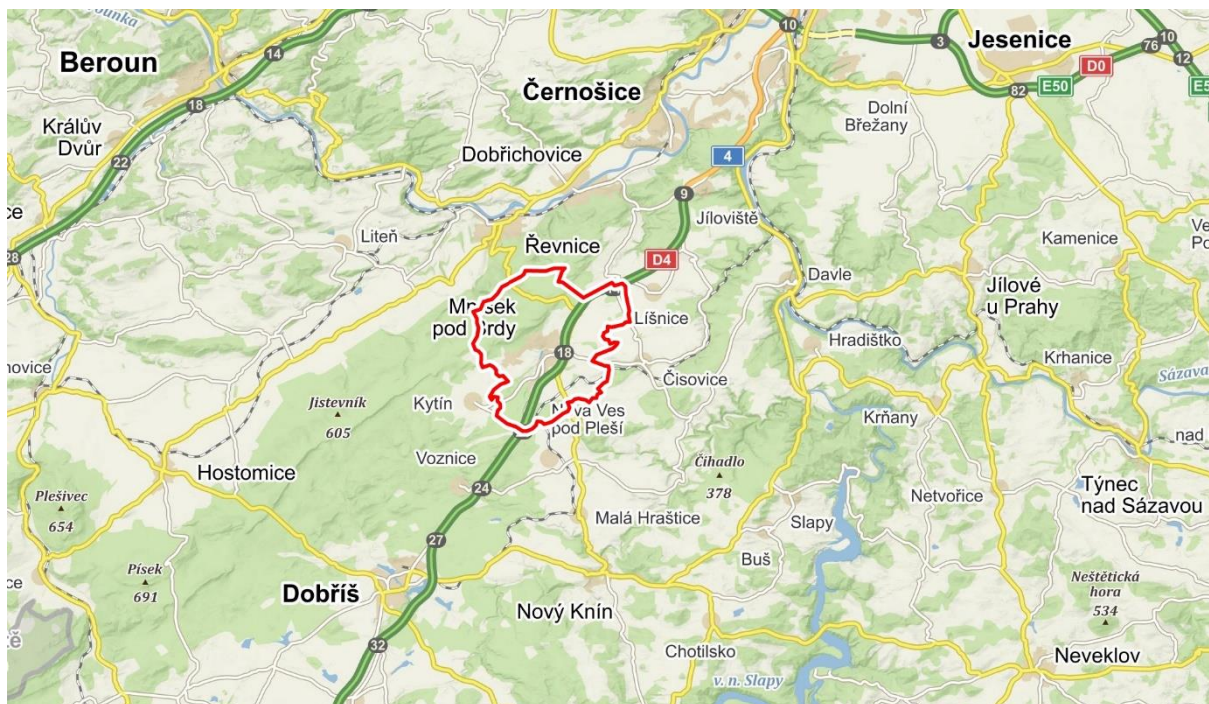
4 Návrh a optimalizace vazníkové střešní konstrukce pro stáj

V této praktické části mé bakalářské práce budu popisovat návrh a následnou optimalizaci střešní konstrukce z jednotlivých vazníků. Navrhovaným objektem pro tuto střešní konstrukci je stáj, tedy pouze přízemní nepodsklepená budova. Jedná se o objekt halového typu. Objekt je samostatně stojící v rovinné oblasti. Spodní konstrukce objektu je tvořena pomocí zdících tvárnic, přičemž vazníky jsou uloženy a ukotveny přímo na dřevěné vaznici, na níž nasedá zastřešení sedlovou střechou s mírným sklonem $13,5^\circ$, vnitřní prostor slouží k ustájení zhruba 20 koní, celkové rozměry objektu jsou 10x30 metrů. Návrhový konstrukční systém neobsahuje vnitřní nosné stěny. Návrh byl vytvořen ve spolupráci se společností Bios s.r.o., která je největším výrobcem střešních konstrukcí včetně dřevěných vazníků. V České republice má společnost přes 40 let zkušeností.

Lokalita objektu

Lokalitou pro objekt bylo náhodně vybráno město Mníšek pod Brdy v okrese Praha-západ, konkrétně jeho severozápadní část. V této oblasti by bylo možné vybudovat i další objekty, a to včetně rozsáhlého venkovního výběhu pro koně. Lokalita je zároveň velmi důležitou informací, díky níž můžeme vypočítat jednotlivá klimatická zatížení, jako jsou např. zatížení sněhem a zatížení větrem.

Přesné zanesení místa objektu na mapě.



Obrázek 24 Lokalita navrhovaného objektu

(Zdroj: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.1969169&y=49.8976779&z=11&source=muni&id=4270>)

4.1 Zatížení

Exaktní metodu pro určení jednotlivých zatížení působících na konstrukci můžeme ověřit v normě ČSN EN 1991-1-1 (2006), kde je to přesně vymezeno. Jednotlivé druhy zatížení jsou jedním z primárních cílů, s kterými se projektant, jenž navrhuje určitý objekt, musí vypořádat.

Stálé zatížení

V samotné konstrukci je stálé zatížení definováno jako vlastní tíha nosných a nenosných prvků, a to vyjma pevného vybavení. Toto zatížení působí na konstrukci po celou její dobu a ve většině případů se nemění. Stálá zatížení se stanovují podle charakteristických hodnot objemových tíh jednotlivých materiálů, které jsou uvedeny v normě ČSN EN 1991-1-1 (2006) a podle rozměrů materiálu uvedeného ve výkresové dokumentaci. V objektu, který je navrhnut, byly vypočítány tyto hodnoty, a to včetně zahrnutí vlastní tíhy vazníků.

Střecha	0,2 kN/m ²
Strop	0,05 kN/m ²
Nechráněný strop	0,05 kN/m

Tabulka 1 Stálé zatížení

Užitné zatížení střech

Užitná zatížení jsou definována rozdělena podle normy ČSN EN 1991-1-1 a to do kategorií A-D, podle toho, o jakou plochu se konkrétně jedná. Střešní konstrukce se rozdělují do jednotlivých kategorií:

H – střechy, které jsou nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav.

I – střechy, které jsou přístupné, s užíváním podle kategorie A-D.

K – střechy, které jsou přístupné pro zvláštní provoz, např. přistání helikoptéry.

Zájmový návrh střešní konstrukce spadá do kategorie H, tedy střechy, které jsou nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav. Zároveň byla vypočítána hodnota $Q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$, tato hodnota je zároveň podle normy ČSN EN 1991-1-1 hodnotou doporučenou.

Zatížení sněhem

Zatížení sněhem se obecně pokládá za relativně pevné zatížení a zároveň může být ovlivněno tvarem střešní konstrukce, drsností vnější části, množstvím tepla, které proniká skrze střechu a okolním terénem. Můžeme říct, že je charakterizováno 2 zátěžovými stavy:

- Zatížení nenavátým sněhem (rozložení sněhové pokrývky je ovlivněno výlučně tvarem střechy)
- Zatížení navátým sněhem (rozložený sníh se přesouvá po povrchu střechy díky např. klimatickým vlivům – vítr)

Zároveň se zatížení sněhem v trvalé a návrhové situaci určuje vztahem:

$$s = \mu_i C_e C_t S_k$$

μ_i – tvarový součinitel zatížení sněhem

C_e – součinitel expozice

C_t – tepelný součinitel

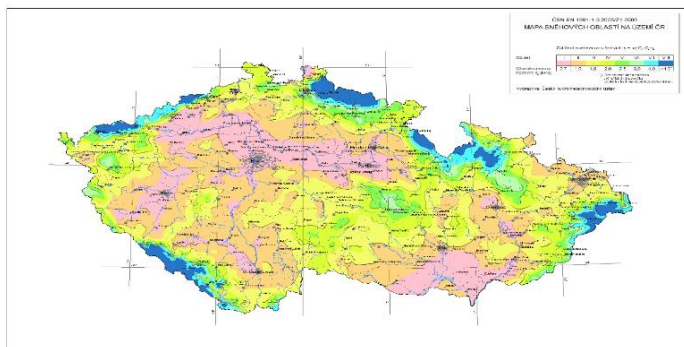
S_k – charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

Mezi charakteristické hodnoty zatížení sněhem na zemi s_k jsou stanoveny jako 2% kvantil ročních maxim tíhy sněhu a dobou návratu 50 let. Na území České republiky rozlišujeme celkem osm oblastí, z toho navrhovaný objekt se řadí do oblasti číslo II s s_k 1kN/m².

Oblast	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
s_k [kN.m-2]	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	> 4,0

Tabulka 2 Oblasti zatížené sněhem

Hodnoty zatížení sněhem na našem území jsou definovány v normě ČSN EN 1991-1-3 (2003). Jednotlivé oblasti, zmíněné výše, jsou následně i zobrazeny na mapě ČR, kterou vytvořil Český hydrometeorologický ústav:



Obrázek 25 Mapa sněhových oblastí na území ČR

(Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/143-mapa-snehovych-oblasti-na-uzemi-ceske-republiky>)

Vypočítané hodnoty pro navrhovaný objekt:

Sněhová oblast:	II
S_k	1kN/m ²
Tepelný součinitel (Ct)	1
Koeficient expozice (Ce)	1
Nadmořská výška	500 metrů

Tabulka 3 Vypočítané zatížení sněhem

Zatížení větrem

Zatížení větrem definuje norma ČSN EN 1991-1-4 (2005). Tato zatížení se mění v průběhu času a rovněž ovlivňují vnější povrch a nepřímo působí na vnitřní povrch uzavřených konstrukcí.

Platí pro:

- konstrukce, které sahají až do výšky 200 m,
- mosty do rozpětí dosahujících délky až 200 m, ovšem pouze pokud splňují kritéria pro dynamickou odezvu

Neplatí např. pro:

- příhradové věže s nerovnoběžnými stěnami;
- kotvené stožáry a komíny;
- kroutivé kmitání (vysoké budovy s centrálním jádrem);
- zavěšené mosty

Zatížení větrem můžeme také charakterizovat jako proměnné pevné zatížení. Z toho můžeme říct, že zatížení větrem nemusí být vždy přítomné a při výpočtu tak není v jednotlivých směrech pevně stanovené rozdělení zatížení na konstrukci. Na základě odezvy konstrukce na zatížení můžeme definovat kvazi se stálou odezvou a dynamickou a aeroelastickou odezvou.

Dynamické účinky zatížení jsou brány v úvahu v případě, kdy je významné rezonanční kmitání. Když vytváříme návrh stavební konstrukce, hraje vítr primární roli z toho důvodu, že vytváří na stavební konstrukci tlak, popřípadě sání.

Základní rychlost větru

$$V_b = C_{dir} C_{season} V_{b,0}$$

V_b – základní rychlost větru

C_{dir} – součinitel směru větru

C_{season} – součinitel ročního období

$V_{b,0}$ – výchozí rychlost větru

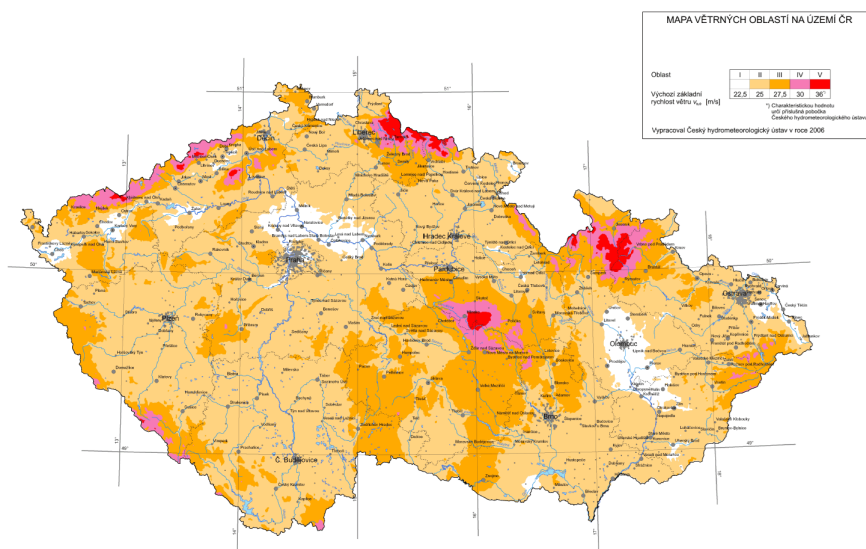
charakteristická desetiminutová střední rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí v terénu kategorie II

Na území České republiky rozlišujeme celkem pět oblastí, z toho navrhovaný objekt se řadí do oblasti číslo II, tedy oblast, kde výchozí základní rychlost větru je 25 m/s.

Oblast	I	II	II	IV	V
Výchozí – základní rychlost větru m/s	22,5	25,0	27,5	30	36

Tabulka 4 Větrné oblasti na území ČR

Hodnoty zatížení větrem na našem území jsou definovány v normě ČSN EN 1991-1-4 (2007). Jednotlivé oblasti, zmíněné výše, jsou následně i zobrazeny na mapě ČR, kterou vytvořil Český hydrometeorologický ústav:



Obrázek 26 Mapa větrných oblastí na území ČR

(Zdroj: http://www.sticka.cz/user/10774/upload/ftp_client/mapa_vetrna.gif)

Střední rychlost větru

Střední rychlost větru $v_m(z)$ ve výšce nad terénem závisí zejména na drsnosti terénu, orografii a základní rychlosti větru v_b .

$$V_m(z) = c_r(z) c_o(z) v_b$$

$V_m(z)$ - střední rychlost větru

$c_r(z)$ - součinitel drsnosti terénu

$c_o(z)$ - součinitel orografie

v_b – základní rychlost větru

Drsnost terénu

Součinitel drsnosti terénu $c_r(z)$ vyjadřuje změnu střední rychlosti větru v místě konstrukce způsobenou výškou nad úrovní terénu a drsností povrchu terénu na návětrné straně konstrukce pro předpokládaný směr větru.

$$C_r(z) = k_r \ln(z/z_0) \quad \text{pro} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$C_r(z) = k_r \ln(z_{\min}/z_0) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{\min}$$

$C_r(z)$ - součinitel drsnosti terénu

k_r – součinitel drsnosti terénu, který závisí na předpokládaném parametru drsnosti terénu z_0

z_0 – parametr drsnosti terénu

z_{\min} – minimální výška

z_{\max} – předpokládá se 200 m

Na území České republiky se můžeme setkat celkem se čtyřmi kategoriemi terénu, z toho navrhovaný objekt se řadí do kategorie číslo II, tedy kategorie s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami.

Kategorie terénu		Z ₀ (m)	Z _{min} (m)
0	Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I	Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II	Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenosti jsou větší než dvacetinásobek výšky překážek	0,05	2
III	Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně dvacetinásobek výšky překážek (vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV	Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10

Tabulka 5 Kategorie terénu na území ČR

Turbulence větru

Intenzita turbulence $I_v(z)$ ve výšce z je definována jako podíl směrodatné odchylky turbulence a střední rychlosti větru.

$$I_v(z) = \sigma_v/v_m(z) = k_1/c_0(z) \ln(z/z_0) \quad \text{pro} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = \sigma_v/v_m(z) = k_1/c_0(z) \ln(z_{\min}/z_0) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{\min}$$

$I_v(z)$ - intenzita turbulence

σ_v – směrodatná odchylka turbulentní rychlosti větru

k_1 – součinitel turbulence

Maximální dynamický tlak

Stanovuje se maximální dynamický tlak $q_p(z)$ ve výšce z , který zahrnuje střední a krátkodobé fluktuační větru. (ČSN EN 1991-1-4)

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

$I_v(z)$ - turbulence větru

ρ – měrná hmotnost vzduchu

$c_e(z)$ - součinitel expozice

q_b – základní dynamický tlak větru

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2(z)$$

Součinitel expozice

Součinitel expozice $c_e(z)$ definujeme jako funkci výšky nad terénem a funkci kategorie terénu, ale pouze v případě, pokud se jedná o plochý terén, kdy $c_0(z) = 1$ a $k_1 = 1$.

$$c_e(z) = q_p(z) / q_b$$

$c_e(z)$ - součinitel expozice

Tlak větru na povrchy

Tlak větru w_e působící na vnější povrchy a w_i působící na vnitřní povrchy:

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

$$W_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

c_{pe}, c_{pi} - součinitel vnějšího a vnitřního tlaku

z_e, z_i - referenční výška pro vnější a vnitřní tlak

4.2 Návrh vazníkové střešní konstrukce

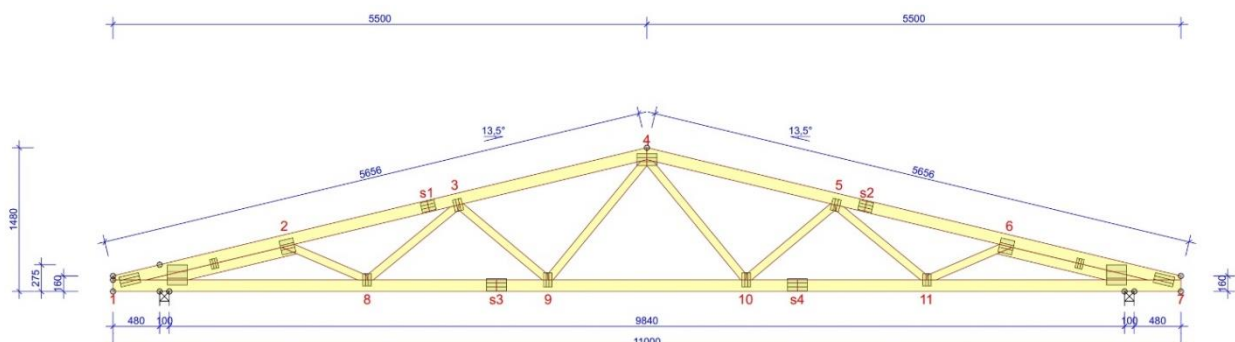
Návrh vazníkové střešní konstrukce, která je tvořena z jednotlivých příhradových vazníků, které se v současné době hojně využívají především díky příznivé ceně a lehké hmotnosti, oproti klasickému krovu. Především díky velkému rozponu šířky stavby, která je halo vého typu, tento systém vazníků vychází jako nejideálnější varianta. Zároveň je vybrána jednoduchá skladby střechy ve znění od vnější strany PIR panel, lať, kontralať, parozábrana, vazníková konstrukce, rošt z latí a palubky. Pro zhotovení samotných vazníků je použito smrkové řezivo o obecné šířce 50 mm a hmotnost vazníku 109 kg/vrstva.

Navrhovaná střešní konstrukce je tvořena 31 vazníky (typ S1), jejichž vzájemná rozteč je 1000 mm, samotný vazník je tvořen:

Třída řeziva	Řez mm	Třída	Třída CSI
Dolní pás	50x120/50x100	C24	Maximální kombinované CSI
Horní pás	50x120/50x100	C24	Maximální kombinované CSI
Diagonála	50x80	C24	Maximální kombinované CSI

Tabulka 6 Skladba vazníku

Vzorový vazník pro navrhovanou střešní konstrukci



Obrázek 27 Vzorový vazník střešní konstrukce

Zdroj viz. přílohy práce.

Návrh konstrukce a výpočet kombinací pro mezní stav použitelnosti byl proveden v programu Pamir od společnosti MiTek Evropa. Pomocí tohoto programu lze vytvářet 2D/3D konstrukce.

Tvar vazníku (S1) vychází ze sklonu střechy, tedy $13,5^\circ$ a vytvoří nám tvar rovnoramenného trojúhelníku. Samotný střešní plášť je tvořen PIR panely, které jsou přímo instalované na střešní latě, přičemž $a \text{ max. } 0,5\text{m} = 20\text{kg/m}^2$.

4.3 Požární odolnost navržené střešní konstrukce

Vzhledem k potřebným požadavkům na odolnost navržené střešní konstrukce se odkazujeme na normy ČSN 73 0810 (2016) – Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení a ČSN 73 0802 (2016) – Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty.

Zhotovenou střešní konstrukci, můžeme zadefinovat jako hořlavý konstrukční systém objektu s požárním zatížením do 80 kg/m^2 , spadající do V. stupně požární bezpečnosti požárního úseku. Požární požadavek na odolnost nosné konstrukce střechy je 45 min. Stanovení požární odolnosti u požárních uzávěrů řeší norma ČSN 730852 (2000).

Při určování požární odolnosti prvků použitých v konstrukci se postupuje podle normy ČSN EN 1995-1-2 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí Část-1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru.

U příhradových vazníků mají zásadní vliv na požární odolnost použité spojovací prostředky. Doba požární odolnosti nechráněného spoje dřevo – dřevo realizovaného pomocí svorníků je 15 min, při použití styčnickových desek také 15 min. Navržená střešní konstrukce spadá pod požární odolnost RE-45 DP3.

Při značení požární odolnosti stavebních konstrukcí se využívají tyto konkrétní symboly.

- **R** – únosnost a stabilita
- **E** – celistvost
- **I** – izolační schopnost mezní teploty na neohřívaném povrchu
- **W** – izolační schopnost mezní hustoty tepelného toku
- **S** – prostup zplodin hoření – kouřotěsnost (dříve značeno symbolem K)
- **C** – požární uzávěry vybavené samozavíračem (dříve značeno symbolem S)

- **M** – mechanická odolnost

Použito z <https://www.hasicskyservis.cz/vseobecne-informace>

5 Postup technologie výroby a montáže na stavbě

Do primárních činností pro zhotovení vazníků patří řezání a úhlování dřevěných přířezů, následná kompletace a spojení dřevěných přířezů za pomoci systému gang-nail, tento systém je následně pomocí specializovaných strojů lisován

Pro výrobu se využívá hraněné jehličnaté řezivo (maximálně však s obsahem vody do 20 %) jakostní třídy SI, podle normy ČSN 491531). Nejčastěji se jedná o smrkové fošny, a to v tloušťce 40, 50 a 60 mm. Šířka těchto fošen se zhotoví v rozměrech 80 až 240 mm a následná délka je zhotovena mezi 3 až 6 metry. Tloušťka styčnickových desek je nejčastěji 1,0 až 2,0 mm. Mezi spojovacím prvkem a dřevním materiálem vznikne buď žádná nebo minimální mezera. Styčnickové desky se nacházejí z obou stran vazníků, což vede k maximální pevnosti konstrukce. Styčnicková deska musí zasáhnout do každého spojovaného dřevěného řeziva, návrhový software nám určí místa ve dřevě, která jsou vhodná pro umístění styčnickové desky. Dovolené odchylky jsou na rozdíl od projektu charakterizované třídou nepřesnosti 7, podle normy ČSN 730220 (2006).

Podle zhotovené dokumentace je řezivo kráceno a úhlováno na požadované rozměry. Zpracování se odehrává povětšinou na úhlové zkracovací pile s automatickým provedením. Pila se používá pro pořez dřevního materiálu v kolmých a šikmých řezech. Automatická úhlová pila je rychlá a přesná oproti starší variantě. U takového typu pily je nahrazena lidská činnost moderní technologií. Následně je řezivo impregnováno v impregnačním roztoku, kde je po dobu zhruba 30 až 60 minut. Poté se řezivo nechá okapat a vyschnout

V poslední fázi je na lisovacím stole sestaven požadovaný tvar vazníku. Ve spojích se rozmístí styčnickové desky s prolisovanými trny. Styčnickové desky jsou zatlačeny hydraulickým lisem do dřeva z obou stran tak, jak je zmíněno výše. Nesmíme opomenout fakt, že je potřeba použít stejný typ a velikost desky. Pro výrobu příhradových vazníků se styčnickovými deskami s prolisovanými trny platí evropská technická norma ČSN EN 1995-1-1, která nám přesně specifikuje výrobní požadavky a vlastní technologii výroby.

Konkrétní typy technologie.

Konkrétními typy technologie jsou např:

Pila Stromab CT 600 - Jedná se o úhlovou pilu, která využívá otočný stůl, jenž umožňuje naprosto automaticky vytvářet jednotlivé přířezy. Pila má dvě varianty řízení, konkrétně automatické a manuální. Pro výrobu dřevěných příhradových vazníků se pracuje především s automatickým režimem, pila tedy přímo zpracovává data ze softwarového programu.



Obrázek 28 Pila Stromab CT 600

(Zdroj: <https://www.freewood.cz/data/storage/thumbs/870x390-scale/images/produkty/ct600-2.jpg>)

Pila KP 900 Easy cut – Krátící stroj – Poloautomatická úhlová pila, která slouží k řezání přířezů pro zhotovení příhradových střešních vazníků



Obrázek 29 Pila KP 900 Easy cut

(Zdroj: <https://www.stoerimantel.cz/data/images/f76cbef22ef670c81bfafd7eaabcb9ac59c243803ed23.jpg>)

Lis BV-MZV 50 – Lisovací jednotka BV-MZV 50 slouží jako lisovací prostředek k dřevěným konstrukcím, spojovacím prvkem je zde styčnicková deska s prolisovanými trny. Její tvar zobrazuje písmeno "C" lisem s lisovací silou 500 kN zavěšeným nad pojízdným portálem.



Obrázek 30 Lis BV-MZV 50

(Zdroj: <http://bova-nail.cz/wp-content/uploads/2015/09/BV-MZV50-scaled.jpg>)

Lis Birch 3500M Press – Lisy firmy Birch jsou obecně známy jako nejuniverzálnější lisy pro výrobu dřevěných příhradových vazníků. Stůl je tvořen z překližkového materiálu s ocelovými plechy a je přichycen k podlaze ocelovou konstrukcí.



Obrázek 31 Lis Birch 3500M Press

(Zdroj: <https://www.drevenekonstrukce.cz/data/filecache/a4/technologie.jpg>)

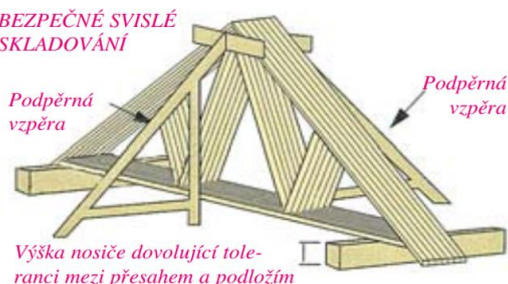
Skladování na staveništi

Při skladování se řídíme předepsanými předpisy, které se týkají zdraví a bezpečnosti práce na staveništi. To provádí pracovníci, kteří jsou předem proškoleni. Pro plné porozumění a plné zavedení požadavků nařízení je potřeba pochopit a umět rozpoznat tyto nové koncepce, které je třeba znát pro tvorbu nezbytných změn v praxi výroby, což je otázkou zdraví a bezpečnosti na pracovišti, ale také dalšího spektra stavebních činností. Docílí se tak zejména převzetím stanovených rizik a navrhovaných úskalí, za předpokladu kvalitní komunikace mezi projekčním týmem a stavenišťem, ale také vlastního výcviku a zajištění dostatečných zdrojů.

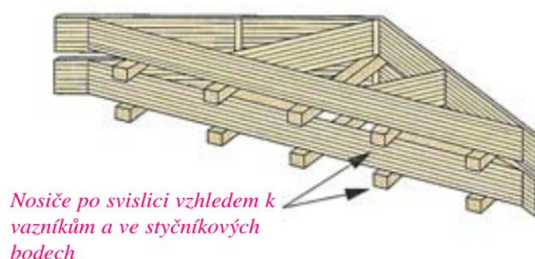
Příhradové vazníky je nejvhodnější (pro jejich bezpečnost) skladovat ve svislé nebo vodorovné poloze v úrovni země, či na jiném důkladně navrženém skladovacím místě nad úrovní země. Ať už zvolíme jakoukoli metodu a jakékoli umístění, je nutné myslet na rozložení podpěr pro zajištění jednotek proti kontaktu s podloží či jinou vegetací, a tím zvýšit šance pro zkroucení a zborcení. Vazníky by se měly dodávat tam, kde je možné skladovací čas na staveništi zmenšit. Kde je nutný delší čas uskladnění, tam by měly být vazníky chráněny krytinami, aby bylo zajištěné větrání kolem nich.

- Uskladnění ve svislé poloze: Tyto nosiče by měly být situovány v polohách, kde jsou předpokládány reakce podpor. Tím lze celkově zabezpečit, že nedojde k neodborné manipulaci, nebo popřípadě, že nenastane zhroucení nosičů.
- Uskladnění ve vodorovné poloze: Tyto podpěrné konstrukce by měly být ve všech úrovních ukotveny pod každou styčnickovou plochou, a to z důvodu předcházení, jak deformací vazníku, tak celkové bezpečnosti.

BEZPEČNÉ SVISLÉ SKLADOVÁNÍ



BEZPEČNÉ VODOROVNÉ SKLADOVÁNÍ



Obrázek 32 Bezpečné skladování

(Zdroj: MiTek Industrie s.r.o. Svět střešních konstrukcí)

Jiné metody uskladnění vazníků se nepokládají za vhodné, mimo těch, u nichž byl specifický způsob skladování navržen. Maximální péče je třeba tehdy, kdy je nutné odstranit předběžně naplánované vazníky z celého svazku. Prevencí destabilizace celého svazku může být připevnění hřebíků napříč svazku lišty ze dřeva hned na několika místech do každého vazníku, a to ještě před přepravou. Zajistí se tak zcela bezpečná přeprava konkrétních vazníků, pokud budou ocelové pásy odstraněny. Informace čerpaný z příručky od MiTek Industries s.r.o, 2010.

Manipulace na staveništi

Na staveništi se setkáváme s manipulací ruční či mechanickou. Pokud volbu pečlivě uvážíme, můžeme využít ruční manipulační metody pro pohyb příhradových vazníků po staveništi, i když samozřejmě výběr metody bude pravděpodobněji záviset na objemu, resp. jeho velikosti a na konkrétních okolnostech operací zdvihu. Zmíněné operace jsou často určeny již od dodavatele v příkazu bezpečnostních pracovních postupů. Tento příkaz obsahuje výčet veškerých rizik a dále upozorňuje na zdroje, jichž je možné dosáhnout na staveništi. Na staveništi není realizovatelné z příčiny bezpečnosti či dalších pracovních činitelů využít ruční manipulační techniky pro pohyb s příhradovými vazníky. Je tedy možné využít mechanického manipulačního či zdvihacího zařízení. Toto zařízení dokáže pohnout s takovým břemenem, které je větší a těžší, a to potom dovoluje zdvihnout celé či částečně smontované části střechy. To je významné rovněž v sekci, která se týká ruční manipulace, i když jakmile velikost zátěže vzrůstá, stabilita a poškození vazníků se stávají stále obtížnějšími. I proto je podstatné, aby vazníky či celé části střechy byly vyzvedávány jen v závěsných bodech, které jsou odsouhlaseny projektantem vazníků. Taková místa je vhodné označit již ve výrobě (MiTek Industrie s.r.o. Svět střešních konstrukcí, 2010).

Doprava

Doprava jednotlivých částí konstrukce na staveniště bude zajištěna po běžných silničních komunikacích. Vzhledem k celkové délce vazníků, která činí 11 metrů a výšce 1,48 metru je možné využít tahač a valníkový návěs, viz obrázek 33. K nakládání prvků bude sloužit jeřáb v místě výroby a pro menší prvky vysokozdvizný vozík. K vykládání slouží staveništní jeřáb. Během skladování materiálu na staveništi musí být zajištěna jeho ochrana před poškozením a klimatickými podmínkami.



Obrázek 28 Přepravní tahač

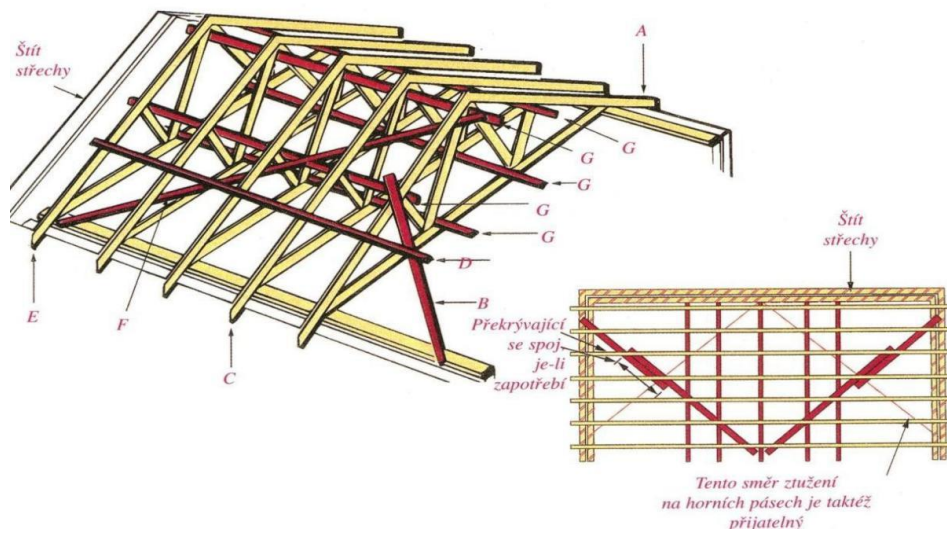
(Zdroj: https://d48-a.sdn.cz/d_48/c_img_F_E/PXaE9k.jpeg?fl=res,600,400,3,ffffff)

Montáž na staveništi

Stavebník by měl společně s projektantem zvážit předpokládaný postup montáže, zajištění dočasného ztužení, výstroje a každého dalšího speciálního vybavení nutného k sestavení vazníků bezpečně a bez poškození ve shodě s návrhovými požadavky. Mají také povinnost pozorně sledovat vhodnost povětrnostních podmínek.

Následující postup montáže je převzat z dokumentů, které poskytuje společnost MiTek, a to konkrétně v dokumentaci *Svět střešních konstrukcí*. Postup je navrhován pro většinu střech běžných velikostí, tedy i pro navrhovanou konstrukci.

1. Označení plochy každého jednoho vazníku na obou pozednicích.
2. Osazení prvního vazníku (A) tam, kde se shoduje s vrchním bodem úhlopříčné vzpěry (F), jež je umístěna později. Využití dočasné přečnávající vzpěry (B), připevněné na elementy horního pásu a k pozednicím pro upevnění tohoto vazníku v korektní, přímé a svislé poloze. Pro lepší představu je na obrázku zobrazena jedna přečnávající vzpěra. Samozřejmě by měly být vzpěry připevněny k oběma horním pásům a rovněž by měly mít dostatečnou délku pro zadržení vazníků v určité poloze při vztyčování zbývajících vazníků.
3. Napřímení vazníku (C) a ztužení zpět do vazníku (A) za pomoci dočasné latě (D) v příhodných vzdálenostech podél horních a spodních pásů. Opakování postupu až do doby vztyčení posledního vazníku (E).
4. Upevnění stabilního úhlopříčného ztužení (F), jež zajišťuje, že vrcholy všech vazníků jsou tak vysoko, jako je tomu u prvního vazníku (A), a že dolní konec spodního pásu překračuje pozednici, do níž by měl být připevněn. Pro ukázkou je na obrázku uvedeno jen jedno stálé ztužení, ale pochopitelně by mělo být i na druhé straně střechy.
5. Upevnění podélných prvků (G) a ujištění se, že spodní pásy jsou konkrétně a správně rozmístěny v korektních středech.
6. Upevnění zbývajících podélných a úhlopříčných ztužení a taktéž ztužení horních pásů, které je požadované na vnitřních elementech.
7. Vzprámení dalších vazníků za pomoci dočasně instalovaného ztužení pro dokončení střechy.



Obrázek 29 Postup montáže

(Zdroj: MiTek Industrie s.r.o. Svět střešních konstrukcí)

6 Diskuse

Tato práce se zaměřuje na návrh střešní konstrukce z jednotlivých vazníků, primárním kritériem jsou jednotlivá zatížení, která působí na samotnou konstrukci střechy, jako je stálé zatížení viz. tabulka 1, hodnoty, které zde byly vypočítány spadají pod normu ČSN EN 1991-1-1, dále je zde užité zatížení, pro které byla vypočítána hodnota $Q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$, tato hodnota je zároveň podle normy ČSN EN 1991-1-1 hodnotou doporučenou. Vzhledem k umístění objektu a zároveň příznivým klimatickým podmínkám, kdy objekt spadá do II. sněhové, ale i větrné oblasti, by se zde neměly vyskytovat žádné konstrukční deformace, pokud vycházíme z vypočítaných údajů. Pro vnější část střešního pláště byly zvoleny sendvičové PIR panely, které jsou potaženy silnou vrstvou hliníku, tyto panely jsou tedy vysoce odolné vůči korozi a zároveň velmi lehké, tudíž zatížení je zde minimální. Oproti návrhu střešní konstrukce, který navrhovala ve své bakalářské práci slečna Monika Šplíchalová v roce 2018, jsem ve své práci využil metodu, kdy jednotlivé vazníky jsou uloženy a ukotveny přímo na dřevěnou vaznici, a stavba tím tak získá tradičnější charakter. Není proto potřeba speciálních ocelových profilů a zhotovení železo – betonového podkladu pro účely uložení střešní konstrukce.

7 Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval návrhem střešní konstrukce s rozpětím 8 až 15 metrů. V první části jsem se zaměřil na obecný popis informací, které souvisí se zadaným tématem. Můžeme zde najít příhradový vazník, ať už se jedná o jeho samotný popis, nebo výhody či nevýhody, které přináší, ale i jaké materiály lze začlenit do jeho zhotovení. Dále zde byly popsány jednotlivé druhy dřeva, které se využívají pro tvorbu střešních konstrukcí, ale i informace o těchto samotných variantách konstrukcí, ať už od jednoduché pultové po věžové tvary střechy, současně byly charakterizovány i jednotlivé spojovací prvky. V další části jsem se již zabýval provedením návrhu vazníkové střešní konstrukce pro konkrétní objekt, v mém případě to byla stáj pro ustájení zhruba 20 koní. Zároveň byla vybrána náhodná lokalita, se kterou souvisejí klimatické podmínky a rovněž i jednotlivé druhy zatížení. Byl zde vybrán i jeden z použitých vazníků a ten byl detailně charakterizován. Následovala požární ochrana a samotné zhodnocení této konstrukce. V posledních částech práce jsem se zabýval jednotlivými druhy výrobních technologií, které mohou být využity pro tento návrh. Dále následovala již jen manipulace a samotná montáž na staveništi.

Tato bakalářská práce by mohla být v budoucnu rozšířena o detailnější návrh samotné nosné konstrukce budovy, popřípadě kam je odváděna, nebo na co je využita dešťová voda, která dopadá na střešní plášť. Dále by mohla být zhotovena celková kalkulace materiálu i práce.

8 Seznam použité literatury

1. BOHÁČEK, Petr. *Návrh střešní konstrukce* [online]. Brno, 2017 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/6rg3zs/>. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. Vedoucí práce Ing. Pavla Mocová.
2. Bova-nail.cz – Největší výrobce kování. Bova-nail.cz – Největší výrobce kování [online]. Copyright © 2021 BOVA Březnice spol. s r.o. IČO [cit. 16.01.2021]. Dostupné z: <http://bova-nail.cz/>
3. CALLISTER, William D. a David G. RETHWISCH. *Materials science and engineering: an introduction*. 8th ed. Hoboken: Wiley, c2010. ISBN 978-0-470-41997-7.
4. Český normalizační institut. *ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí: část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby = Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings*
5. *ČSN EN 1995-1-1; (Eurokód 5): Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla- Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI*
6. *ČSN EN 1991-1-3 (Eurokód 1): Zatížení konstrukcí – Zatížení sněhem. Praha : ČNI, 2003.*
7. *ČSN EN 1991-1-4; (Eurokód 1): Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem. Praha: ČNI.*
8. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Zlín: KODR, 1998. ISBN 80-238-2620-4.*
9. *Dřevěné vazníky a konstrukce se styčnickovou deskou. Dřevěné vazníky a konstrukce se styčnickovou deskou [online]. Dostupné z: <http://drevene-vazniky.eu/>*
10. HÁJEK, Václav, Marek NOVOTNÝ a Jaroslav PAVLIS. *Pracujeme na střeše*. Praha: Sobotáles, 1995. ISBN 80-85920-12-3.
11. HÁJEK, Václav. *Stavíme ze dřeva*. Praha: Sobotáles, 1997. ISBN 80-85920-44-1.
12. HORÁČEK, Petr. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-169-2.
13. HRADIL P., STRAKA B. *Polotuhé chování spojů typu ocel-dřevo při ohybu*, In Teoretické a konstrukční problémy ocelových a dřevěných konstrukcí, Kočovice 2006, STU v Bratislave, Bratislava, Slovakia, 2006, 2 p. ISBN 80-227-2359-2
14. CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.

15. JELÍNEK, Lubomír a Petr ČERVENÝ. *Tesařské konstrukce*. 3. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2012. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 978-80-87438-34-3.
16. KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Přeložil Bohumil KOŽELOUH. Praha: Grada, 2011. ISBN isbn978-80-247-4071-3.
17. KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.
18. KOŽELOUH, Bohumil, ed. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-13-5.
19. KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03310-4.
20. *Požární bezpečnost staveb | Hasičský servis Legátová . Hasičský servis Legátová - kompletní vybavení staveb požární ochranou [online]. Copyright © 2021, HASIČSKÝ SERVIS [cit. 24.03.2021]. Dostupné z: <https://www.hasicyservis.cz/vseobecne-informace>*
21. POŽGAJ, Alexander, Dušan CHOVANEC, Stanislav KURJATKO a Marián BABIAK. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava: Príroda, 1993. ISBN 80-07-00600-1.
22. *Střechy rodinných domů | Střechy 92. Vazníky, výroba a montáž dřevěných střešních vazníků | Střechy 92 [online]. Copyright © 2011 [cit. 14.01.2021]. Dostupné z: <http://www.strechy92.cz/6-strechy-rodinnych-domu.html>*
23. *Svět střešních konstrukcí*. Brno: MiTek Industries, [2006].
24. VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN isbn978-80-247-2205-4.
25. *Výroba a montáž vazníkových střešních a krovů | [online]. Copyright © [cit. 23.02.2021]. Dostupné z: <https://constructor-eu.sk/storage/app/media/svet-stresnich-konstruk-cicz2013-12celek.pdf>*
26. ZEIDLER, Aleš a Vlastimil BORŮVKA. *Stavba a vlastnosti dřeva hospodářsky významných dřevin - podklady pro cvičení*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2674-3.

Seznam příloh

Příloha 1 - 3D výkres

Příloha 2 - Výrobní dokumentace

Příloha 3 - Rámy

Příloha 4 – Statika