

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

Krovy dřevostaveb pro individuální bydlení

Bakalářská práce

Ondřej Adam

Vedoucí práce doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ondřej Adam

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Krovy dřevostaveb pro individuální bydlení

Název anglicky

Trusses of timber buildings for individual living

Cíle práce

Cílem práce je analýza krovů u staveb rodinných domů ze dřeva a materiálů na bázi dřeva. První část práce je literární rozbor zaměřen na materiálové a konstrukční řešení krovů z historického a novodobého hlediska. Dalším cílem je návrh jednoho novodobého krovu rodinného domu s jednoduchým půdorysem. Konečným výstupem práce je cenová kalkulace navrženého krovu.

Metodika

1. Literární rozbor
2. Materiálové a konstrukční řešení krovů – historické a novodobé hledisko
3. Návrh novodobého krovového systému rodinného domu s jednoduchým půdorysem
4. Cenová kalkulace navrženého krovu

Harmonogram:

09/2022 – Literární rozbor

12/2022 – Materiálové a konstrukční řešení krovů

02/2023 – Návrh vybraného krovu

03/2023 – Cenová kalkulace

Doporučený rozsah práce

cca 30 – 40 stran

Klíčová slova

krovové soustavy, kalkulace, dřevo

Doporučené zdroje informací

Blass, H. J., Sandhass, C.: *Zimber Engineering – Principles for Design*. 2013. ISBN 3731506734
Hájek, V. : *Stavíme ze dřeva*. Sobotáles, 1997, ISBN: 8085920441.
Jelínek, L., Červený, P.: *Nové krovy*. Informační centrum ČKAIT, 2017, ISBN: 9788087438947.
Steiger, L.: *Basics Timber Construction*. Birkhauser, 2020, ISBN-10: 3764381027.
Vinař, J. a Kufner, V.: *Historické krovy*. Konstrukce a statika. Grada, 2004, ISBN: 8071695750.
Vinař, J.: *Historické krovy*. Typologie, průzkum, opravy. Grada, 2009, ISBN 9788024730387.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

doc. Mgr. Ing. Roman Sloup, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 2. 11. 2022

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 29. 11. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 01. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Krový dřevostaveb pro individuální bydlení jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek obhajoby.

V Praze dne: 13.2.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Romanu Fojtíkovi Ph.D. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracovávání této práce, dále Ing. Miroslavu Adamovi za poskytnutí informací a rady při vypracování praktické části.

Krovy dřevostaveb pro individuální bydlení

Souhrn

Bakalářská práce je zpracována formou literární rešerše a následně návrhem krovu a jeho cenové zhodnocení.

Literární rešerše je zaměřena na konstrukční řešení krovů a jejich dělení dle typu konstrukce, sklonu střechy, tvaru střešních rovin, rozpětí, využitelnosti podkrovního prostředí atd. První kapitola se zaměřuje na obecné pojmy a zmiňuje některé druhy dělení krovů. Dále je v práci popsáno názvosloví střešních hran a rovin. Následuje rozbor konstrukcí střech v závislosti na historické období, ve kterém byl krov zhotoven. Tato část se zabývá převážně sklonem a typem střešní konstrukce který se odvíjí na daném slohovém období. Literární rešerše dále obsahuje kapitolu zabývající se konstrukcí novodobých krovů, která pojednává převážně o konstrukcích hambalkové a vaznicové soustavy. Následující část se rozebírá problematikou zabírající se statickým zatížením krovů a které je děleno do dvou skupin, a to jako zatížení stálé a nahodilé. Poslední část literární rešerše se věnuje ochraně dřeva krovu, v této kapitole je rozebíráno konstrukční řešení, chemická a fyzikální ochrana. Všechny aspekty ochrany dřeva zabudovaných částí krovu jsou jejich nedílnou součástí, z důvodu prodloužení životnosti konstrukce krovu.

V praktické části práce je vypracována a popsána konstrukce krovu pro novostavbu dřevěného rodinného domu. Jedná se o novodobou vaznicovou soustavu, ke které je doplněna částečná statika a cenová kalkulace. Cenová kalkulace je provedena pomocí cenové soustavy ÚRS, ze které jsou čerpány data vztahující se k I.2023. Návrh krovu vycházel z poznatků získaných při zpracovávání literární rešerše.

Klíčová slova: kalkulace, dřevo, krovové soustavy.

Trusses of timber buildings for individual living

Summary

The bachelor thesis is processed in the form of a literature search and then the design of the truss. The literature search is focused on the structural design of roof trusses and their division according to the type of construction, roof pitch, shape of roof planes, span, usability of the attic environment etc. The first chapter focuses on general concepts and mentions some types of truss divisions. The terminology of roof edges and planes is also described. This is followed by an analysis of roof structures depending on the historical period in which the truss was constructed. This section deals mainly with the slope and type of roof construction which depends on the style period. The literature search also includes a chapter dealing with the construction of modern roof trusses, which deals mainly with hammerbeam and truss system structures. The following section discusses the issues dealing with the static loads on trusses, which are divided into two groups, namely permanent and accidental loads. The last part of the literature review deals with the protection of timber trusses, in this section structural design, chemical and physical protection are discussed. All aspects of timber protection of embedded parts of the truss are an integral part of it, in order to prolong the life of the truss structure.

In the practical part of the thesis, the truss design for a new construction of a wooden house is developed and described. It is a modern truss system, to which partial statics and price calculation are added. The price calculation is made using the price system of the Central Office of Structural Engineering, from which the data related to I.2023 are drawn. The truss design is based on the knowledge obtained during the literature search.

Keywords: calculation, wood, truss systems.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární rešerše.....	3
3.1	Krovy	3
3.2	Dělení krovů	3
3.2.1	Dělení krovů podle typu soustavy	3
3.2.1.1	Vaznicová soustava.....	4
3.2.1.2	Stojatá stolice.....	4
3.2.1.3	Ležatá stolice	5
3.2.1.4	Kombinovaná stolice	5
3.2.1.5	Věšadlo	5
3.2.1.6	Vzpěradlo.....	6
3.2.1.7	Hambalková prostá	6
3.2.1.8	Hambalková soustava podepřená.....	7
3.2.2	Dělení podle tvaru střechy-sklonité	8
3.2.2.1	Střecha pultová	8
3.2.2.2	Střecha sedlová	9
3.2.2.3	Střecha valbová.....	9
3.2.2.4	Střecha polovalbová.....	10
3.2.2.5	Střecha mansardová	10
3.2.2.6	Střecha stanová	11
3.2.2.7	Střecha věžová	11
3.2.3	Typy střešních konstrukcí podle materiálu	12
3.3	Názvosloví střešních hran a rovin.....	12
3.3.1	Okap.....	13
3.3.2	Štít.....	13
3.3.3	Hřeben.....	13
3.3.4	Nároží	13
3.3.5	Úžlabí.....	13
3.3.6	Sběžiště	13
3.4	Historický vývoj krovů	14
3.4.1	Dřevěné střešní konstrukce.....	14
3.4.2	Sklon střech a konstrukce krovů z historického hlediska	14
3.4.3	Historické hambalkové krovy	16
3.4.4	Ležatá stolice	17
3.5	Novodobé krovy	17
3.5.1	Novodobé vaznicové krovy	18
3.5.2	Novodobé hambalkové krovy	19
3.5.3	Volba konstrukce novodobého krovu	20
3.5.4	Sklon novodobých střech.....	20
3.5.5	Prvky novodobých krovů.....	21
3.5.5.1	Pozednice.....	21
3.5.5.2	Krokve	21
3.5.5.3	Kleštiny	22
3.5.5.4	Vaznice	23

3.5.5.5	Sloupky a pásky	23
3.6	Zatížení krovů	24
3.6.1	Zatížení stálé	25
3.6.2	Zatížení nahodilé	25
3.6.3	Zatížení sněhem	26
3.6.4	Zatížení větrem	27
3.7	Ochrana dřeva krovu	29
3.7.1	Konstrukční řešení	29
3.7.2	Chemická ochrana	31
3.7.3	Fyzikální ochrana dřeva	32
4	Metodika	33
5	Výsledky	34
5.1	Statistika navrženého krovu	34
5.1.1	Klimatické zatížení	34
5.1.1.1	Zatížení sněhem	34
5.1.1.2	Zatížení větrem	35
5.2	Cenové zhodnocení	36
6	Diskuse	38
7	Závěr	39
8	Použitá literatura	40

1 Úvod

I když si to možná neuvědomujeme, krovy jsou klíčovými prvky nejen u konstrukce dřevěných staveb. Kromě toho, že nesou celou střešní konstrukci, také zajišťují stabilitu celého domu. Pokud by krovy nebyly pevné a spolehlivé, hrozilo by nebezpečí kolapsu celého objektu. Proto je důležité mít kvalitní a dobře navrženou krovovou konstrukci, která bude schopna odolat náročným podmínkám po mnoho let. V této práci je věnována pozornost různým typům krovů a následuje vypracování jednoduché výkresové dokumentace a ekonomické zhodnocení vybraného krovového systému.

Přesto že základní principy konstrukce krovů pro dřevostavby a zděné budovy bývají stejné, nachází se zde určité rozdíly převážně v použitých materiálech a konstrukci. Krovové konstrukce dřevostaveb jsou často navrženy tak, aby byly co nejlehčí, což umožňuje snadnou instalaci a snižuje celkovou hmotnost konstrukce. Na rozdíl od toho jsou krovové konstrukce pro zděné budovy často navrženy tak, aby byly pevnější a mohly nést větší zátěž. Důležitou vlastností krovů pro dřevostavby je také schopnost přizpůsobit se různým tvarům a velikostem staveb, což je často obtížnější než u zděných budov, kde jsou krovy navrženy podle standardizovaných rozměrů. Celkově lze tedy říct, že krovy dřevostaveb se liší od krovů pro zděné budovy zejména v použitých materiálech, navržené pevnosti a schopnosti přizpůsobit se různým tvarům a velikostem staveb.

Je známo, že módní trendy mizí a následně se opět vracejí. To platí i pro volbu tvaru střechy, kterých je k dispozici mnoho různých druhů. Každý tvar střechy nabízí své specifické výhody a nevýhody, a každý člověk má své preference. Dalším faktorem ovlivňující návrh je užitný prostor krovu, což je důležité zohlednit při jeho volbě. Důležitou otázkou ovšem je, jak rozeznat, který tvar střechy a jaký systém zastřešení je pro daný objekt nejvhodnější. Tuto otázku by si měl položit každý projektant, který zohledňuje při návrhu spokojenost budoucích uživatelů. Smutnou realitou však je, že mnoho projektantů se při volbě krovu opírá o nepodložené či dokonce falešné teorie, aby přesvědčili zákazníka o správnosti svého návrhu. Pokud daný tvar střechy nevyhodnotí jako vyhovující, je nasnadě, aby zákazníkovi podal pádné a reálné argumenty, proč je vhodné použití jiné střešní konstrukce.

2 Cíl práce

Tato práce si klade za cíl provést analýzu krovů používaných na rodinných domech ze dřeva a materiálů na bázi dřeva na základě literární rešerše. První část práce bude věnována literárnímu rozboru, který je zaměřen na materiálové a konstrukční řešení krovů, a to jak v historickém, tak v moderním kontextu, a také na jejich konstrukční řešení. Dále bude následovat letmé seznámení s problematikou zatížení krovů a jejich ochranou. Cílem druhé části práce je navržení krovu pro rodinný dům s jednoduchým půdorysem, což zahrnuje výběr vhodných materiálů, stanovení geometrických parametrů a provedení základních výpočtů zatížení. Konkrétně se jedná o novostavbu určenou k trvalému bydlení na bázi CLT panelů. Konečným výstupem práce bude cenová kalkulace navrženého krovu, která bude obsahovat náklady na materiály, práci a další nutné náklady, aby se určila cena krovu.

3 Literární rešerše

3.1 Krov

Krov je tvořen nosnými částmi, které jsou vzájemně konstrukčně spojeny, a vytváří tak pevnou a stabilní nosnou konstrukci. Krov je nosnou konstrukcí střechy, jehož hlavním úkolem je přenášet zatížení vlastní tíhy, zatížení od váhy sněhu či větru, popř. dalších zatížení do svislých nosných konstrukcí ze střešní konstrukce. Krov se skládá z nosných částí, které jsou vzájemně spojeny a tím tvoří pevnou nosnou konstrukci.

Sklon střešní roviny je ovlivňován krytinou, nadmořskou výškou, ve které se stavba nachází, klimatickými poměry a v neposlední řadě i estetickými požadavky stavby. Poslední zmíněný bod je důležité brát v úvahu z důvodu toho, že zastřešení by mělo být v souladu s okolní zástavbou a prostředím.

Krov se skládají z jednotlivých dřevěných prvků, jež nabývají charakteru přímých prutů, vzpěr, vzpínadel či věšadel, popř. jejich kombinaci. Užívají se za docílením funkce spojení, nesení nebo zabezpečení dané konstrukce. Nosné dřevěné prvky (pokud nejsou v horizontální poloze, nebo neplní funkci vzpěr) z konstrukčního hlediska a ohledem na tloušťku (respektive zeslabení) jednotlivých prvků v tesařských spojích, jsou považovány za prostě podepřené, či táhla. Většina tesařských spojů, jež jsou tradičně používány, zeslabuje profil dřevěného, konstrukčního prvku, a tím omezují i jeho využití ze statického hlediska. S ohledem na tuto skutečnost bývají u moderních dřevěných konstrukcí krovů převážně spoje hřebíkové, lepené či svorníkové, které je nahrazují a ze statického hlediska nemají takový dopad. Využití těchto spojů má kladný ekonomický a konstrukční dopad na využití daných prvků, za podmínek dodržení požadovaných statických a bezpečnostních pravidel.

(Štikar 2002)

3.2 Dělení krovů

Krov je možné dělit dle několika kritérií, některé z nich jsou rozebrány v podkapitolách níže. Obecné dělení šikmých střech dle různých kritérií např.:

- Střechy podle typu soustavy a konstrukčního systému
- Střechy dle sklonu
- Střechy dle tvaru střešní roviny
- Střechy dle rozpětí
- Střechy podle využitelnosti podkroví
- Podle typu nosných konstrukcí
- A další...

3.2.1 Dělení krovů podle typu soustavy

Krov můžeme dělit podle typu, a to následujícím způsobem. Krovů hambálkové soustavy a krovů vaznicové soustavy.

Hlavním rozdílem mezi těmito soustavami je v uložení nosných prvků vůči hlavní konstrukční rovině. Více viz. podkapitoly.

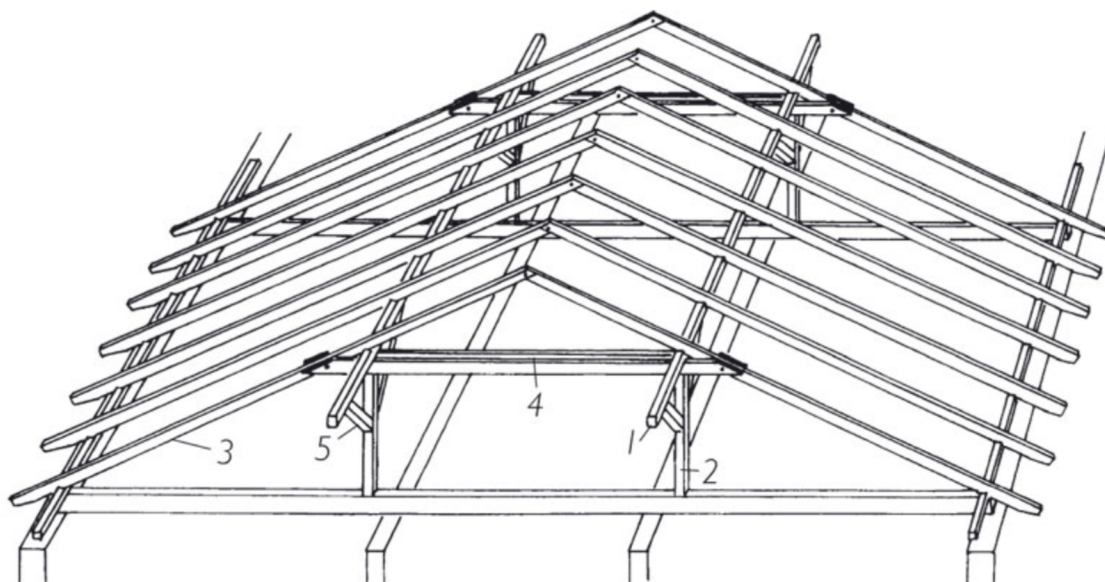
3.2.1.1 Vaznicová soustava

Základní prvek zde představuje horizontálně uložený trám neboli vaznice. Toto provedení bývá označováno jako třístupňový nosný systém, kde jednotlivé stupně představují krokve, vaznice a plné vazby. Za pomoci použití vaznic, jimiž jsou podepřeny krokve této soustavy, je možné zkrátit rozpětí krokví. Sloupky podepírají vaznice ve vzdálenostech maximálně 4 až 5 m. Konstrukční schéma se spolu s počtem vaznic použitých v dané konstrukci krovu odvíjí od celkového zatížení, rozpětí zastřešovaného objektu a na únosnosti krokví.

Vaznicové soustavy se dále dělí na:

- Stojatá stolice
- Ležatá stolice
- Kombinovaná stolice
- Věšadlová a vzpěradlová stolice

(Jelínek 2008)



Obrázek 1 Vaznicová soustava (Ruman D. 2022)

1. Vaznice
2. Sloupek
3. Krokev
4. Kleština
5. Pásek

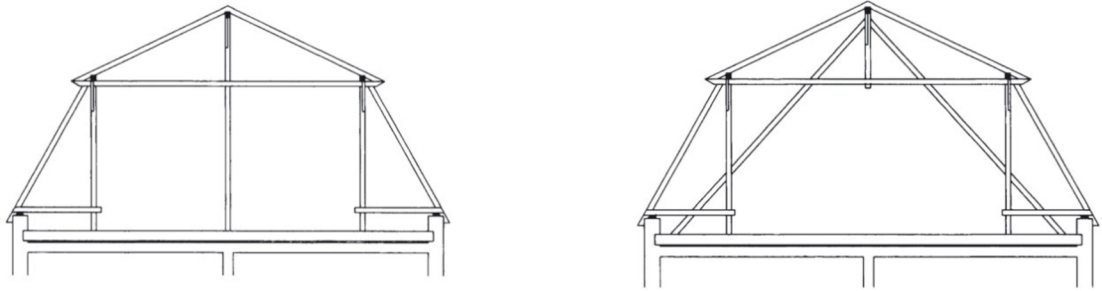
3.2.1.2 Stojatá stolice

Tento způsob se v České republice hojně využívá i v dnešní architektuře při konstruování krovů. Systém spočívá v přenosu zatížení střechy pomocí vaznic do stojatých horizontálně orientovaných sloupků. Tíha se ze sloupků dále přenáší do vazných trámů a z nich následně do nosných konstrukcí svislých. Stabilita v příčném směru je zajištěna pomocí kleština a vzpěr. Ve směru podélném se stability docílí pomocí pásek. Výhodou těchto konstrukcí je

jejich jednoduchost a nenáročnost při stavbě. Velikou nevýhodou je ovšem výrazné zaplnění podstřešních prostorů prvky krovové soustavy. Schéma konstrukce krovu viz obr.č.2.

3.2.1.3 Ležatá stolice

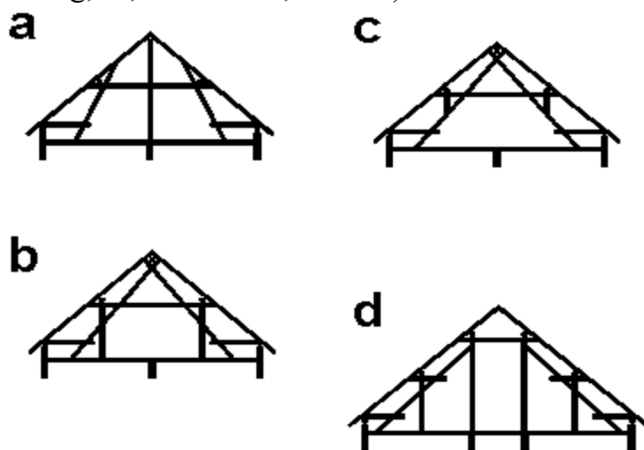
V této konstrukci je zatížení z vaznic přenášeno do ležatých vazných trámů vzpěr. Hojně se využívali především u zemědělských staveb, které nemají vnitřní zdi. Výhodou je možnost využití poměrně velkého půdního prostoru. Podstatnou nevýhodou jsou však složitější výstavba a výroba. Dříve se používala i tzv. bačkora (krátký pražec), která nahrazovala vazní trámy.



Obrázek 2 Stojatá a ležatá stolice (Ruman D. 2022)

3.2.1.4 Kombinovaná stolice

Tato konstrukce může být z konstrukčního hlediska kombinací stojaté a ležaté stolice a používá se pro konstrukce větších rozpětí. Rozšířené jsou například kombinace hambálku se stojatou stolicí nebo stojatá stolice kombinovaná se vzpěradlem viz obr. č.3. Kombinovat lze také materiály ze kterých je krov zhotoven, a to za účelem optimálních vlastností krovu. Tento druh střešní konstrukce je využíván zejména tam, kde je zapotřebí aby konstrukce byla dostatečně pevná, stabilní a zároveň je nutné, aby byla schopna nést vysokou zátěž. (Herzog, T., & Natterer, J. 2012).



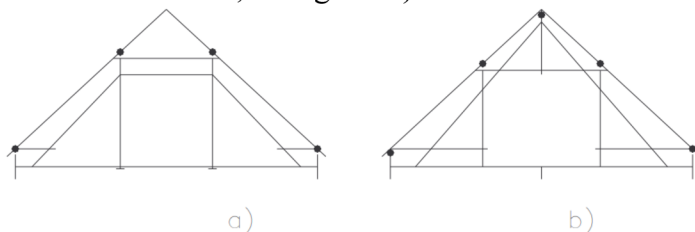
Obrázek 3 Schéma kombinované stolice plných vazeb (<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html> 11.2.2023)

3.2.1.5 Věšadlo

Je vodorovnou nosnou konstrukcí, jež v rámci vaznicového krovu spojuje dvě krokve. Věšadlo bývá umístěno pod hřebenem střechy a může být uloženo vodorovně, nebo mírně zešikmeně směrem k okrajové části krovu. Věšadlo v krovu přenáší váhu, samotné konstrukce

a další síly působící na krov, na jiné nosné konstrukce jako jsou jiné části krovu, nosné stěny či do vzpěr. Věšadla jsou také důležitá pro uchycení latí, na kterých je následně uchycena střešní krytina. Věšadla mohou být zhotovena z různých materiálů, které se odvíjejí od konstrukčních požadavků. Materiály mohou být např. dřevo, ocel či beton. Možnosti provedení zobrazuje schéma viz obr. č.4.

(McGraw-Hill 2015; Ching 2014)



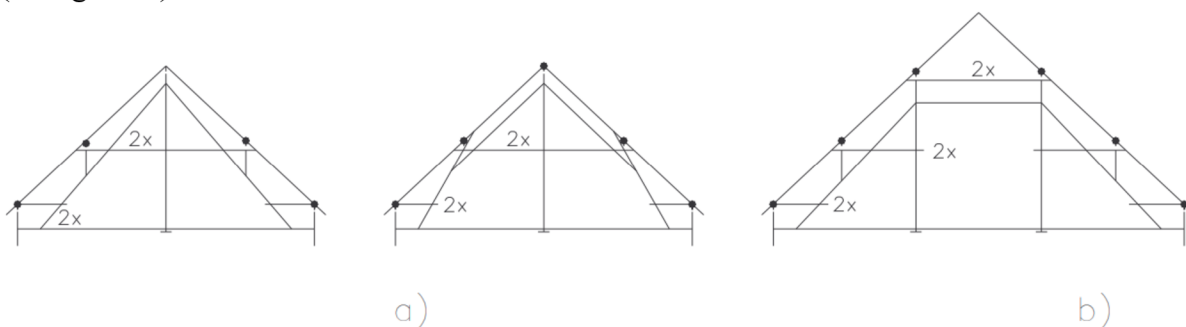
Obrázek 4 Schéma vzpěradel (Matějka 2005)

- a) Jednoduché věšadlo
- b) Dvojité věšadlo

3.2.1.6 Vzpěradlo

Vzpěradlo je prvek v krovu, který posiluje nosnost krokrových vazeb dřevěných krovů. Jedná se o diagonální prvek, jež se nachází pod určitým úhlem mezi krokviemi a utváří stabilní a pevnou konstrukci. Vzpěradla umožňují přenesení působících sil z krokví na jiné konstrukční prvky krovu jako jsou např. vaznice. Tímto se dosahuje vyšší pevnosti a stability krovu. Existuje mnoho druhů vzpěradel, počínaje jednoduchými přímými diagonálami až po složité křížové vazby. Výběr vhodného vzpěradla se odvíjí od jejich funkce. Některá jsou navržena jako dekorativní prvek a plní estetickou funkci, jiná jsou navrhována tak, aby poskytovaly dostatečnou pevnost a stabilitu.

(Ching 2014)



Obrázek 5 Schéma věšadel (Matějka 2005)

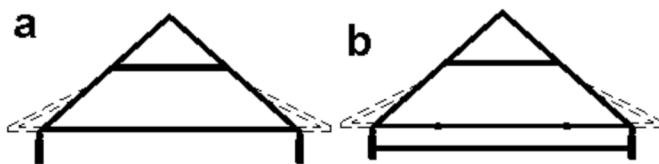
- a) Jednoduché věšadlo
- b) Dvojité věšadlo

3.2.1.7 Hambalková prostá

U nižších rozpětí cca. do 7 m není hambalková soustava opatřena vaznicemi. Tento způsob je označován jako prostá hambalková soustava. V tomto případě mohou být krokve připevněny buďto ke stropním trámům viz. obr. 6 a, nebo k trámům vazným viz. obr. 6. b.

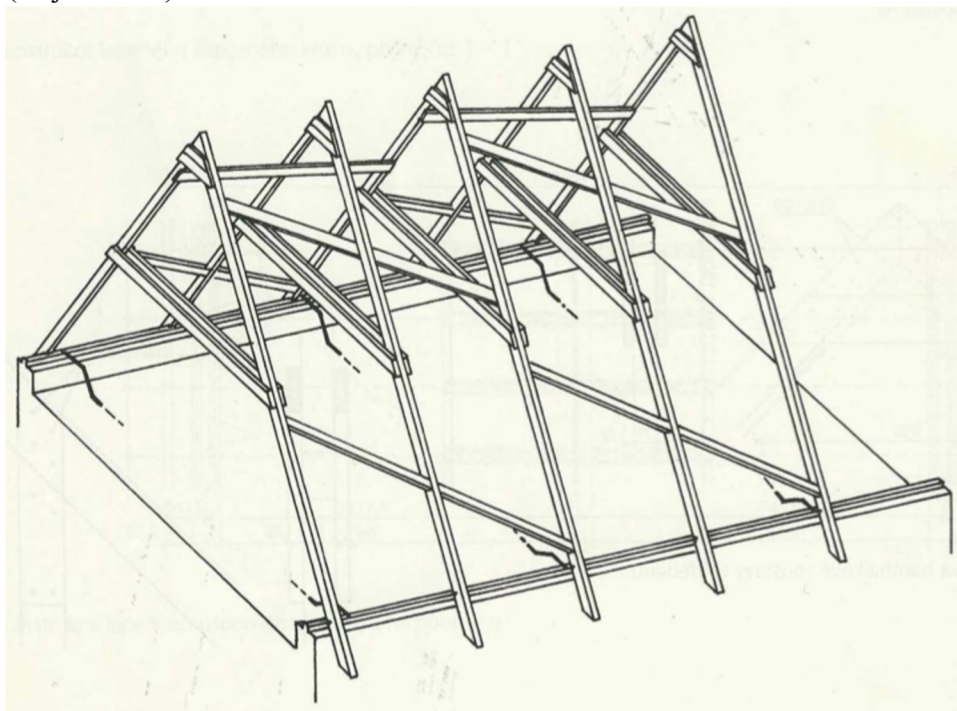
Nastane-li situace kdy stropní trámy přesahují přes obvodové zdi a vytvářejí římsu. Tak se soustava opatřuje šikmým prvkem tzv. námětkem, který je na obou koncích pouze lípnutý. Tento jev je shodný jako u prosté krokevní soustavy.

(Vinař 2009)



Obrázek 6 Krovy hambalkové soustavy prosté (Hájek 1997)

Jako nosné prvky krovu jsou v konstrukci pozednice, vaznice, kleštiny, krokve a krov je dále opatřen vodorovným trámem tzv. hambalkem. Hambalek je osazován tak, aby volná délka krokve od okapu nebyla delší než 4,5 m. U nejstarších typů hambalkových krovů se krokve opíraly přímo o stropní trámy, které přenašely vodorovné zatížení od krokví. V pozdější době se využívali vazní trámy a pozednice, kde byli na pozednice osedlány krokve a pozednice se dále kotvily k vazním trámům. Vše bylo konstruováno tak, aby vazní trámy zachycovali vodorovné síly, jež vznikly v podporách krokví. V dnešní době se u hambalkových systémů zpravidla kotví pozednice s krokvemi za pomoci táhel do horizontálně tuhých stropních konstrukcí. Schéma hambalkové soustavy viz. obr. č.7. kde je zobrazen axonometrický pohled. (Hájek 2002)



Obrázek 7 Axonometrie hambalkového krovu (Jeřábek, 1955)

3.2.1.8 Hambalková soustava podepřená

Hlavními prvky tohoto krovu jsou krokve a hambálek. Vazby jsou od sebe vzdáleny v rozpětí max. 1 – 1,2 m. Krokve se připevňují k pozednici pásovou ocelí. Pro zajištění podélné

tuhosti se konstrukce zavětruje ondřejskými kříži. Pozednice se musí ukotvit ocelovými kotvami ve vzdálenostech cca 1500 mm. Dvě proti sobě ležící krokve se zajistí zhruba v 1/3 délky od vrchu pomocí vodorovně uloženého hambálku. Ten má průřez H a je lepený nebo sbíjený. Tento typ krovu je vhodný pro využití půdní vestavby z důvodu omezení dřevěných prvků ve vazbách, ale pouze pro menší rozpory střech a to do 12 m. Schéma podepřené hambalkové soustavy viz. obr. č.8.

(Vinař 2004)

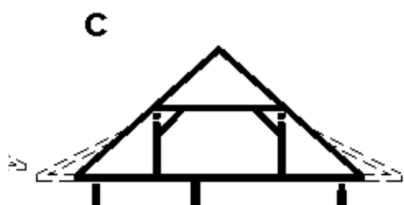
Střechy s proměnným sklonem mají střešní roviny zakřiveny v jednom nebo dvou směrech. Podle tvaru střednice se rozeznávají střechy válcové, kuželové, valené, báně a střechy ve tvaru zborcených ploch a jiné.

Krov přenáší hmotnost střešního pláště a na něj působící zatížení do svislých nosných konstrukcí budovy, 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 vaznými trámy.

Konstrukčně se krovy sestavují ze základních tesařských konstrukcí. Každý krov musí být dostatečně tuhý v příčném i podélném směru. V příčném směru se statické tuhosti dosáhne soustavou trojúhelníků, vytvořených jednotlivými konstrukčními prvky, ve směru podélném se této tuhosti dosáhne pomocí pásek nebo zavětrováním prkny ve střešní rovině, tzv. Ondřejskými kříži. Konstrukce krovu musí být řádně zakotvena v podporách.

Souvislé dřevěné krovy na budovách mohou být dlouhé maximálně 30 m. Jsou-li delší musí být rozděleny požárními zdmi, které konstrukci krovu přerušují.

(Hájek 1997)



Obrázek 8 Krovy hambalkové soustavy (Hájek 1997)

3.2.2 Dělení podle tvaru střechy-sklonité

Dalším možným způsobem dělení krovu je dle sklonu střechy, a to na konstrukce rozebrány viz podkapitoly 3.2.2.x.

3.2.2.1 Střecha pultová

Funkcí plných vazeb pultových střech je zachycení šikmých tlaků, jejich zachycení je nutné zajistit ještě pečlivěji než u střech sedlových, zejména se jedná o tlaky na hřebenový štít. Proto se hřebenová vaznice ze zásady nikdy neklade na štítovou zeď, ale je kladena na sloupky, které jsou umístěné ve vzdálenosti min 50 mm od vnitřní líce zdi, kterou podporují.

Pultové střechy se dělí podle počtu vaznic v plné vazbě na:

- Střecha pultová se stojatou stolicí
- Střecha pultová s kombinovanou stolicí
- Střecha pultová s ležatou stolicí
- Střecha pultová bez plné vazby

Poslední zmíněnou konstrukci je možné navrhovat do krovů kde mají krokve maximální délku 4500 mm.

(Matějka 2005)

3.2.2.2 Střecha sedlová

Jedná se o nejstarší, ale zato stále velmi hojně používanou střešní konstrukci. Střecha je tvořena dvěma symetrickými rovinami, sbíhající se do společného vrcholu, dále dvěma štíty a dvěma okapy. Střešní roviny bývají konstruovány převážně pod úhlem 30 až 45° vůči horizontální rovině.

Konstrukce plných vazeb sedlových střech se v závislosti na sklonu, rozpětí střechy a na místních podmínkách mohou navrhovat v provedení:

- Stojaté stolice
- Ležaté stolice
- Kombinované stolice
- Věšadlo a vzpěradlo
- Stolice bez vazních trámů

U stojaté stolice konstrukční řešení vychází z vaznic, které jsou podepřeny svislými sloupky, které přenáší zatížení do vazních trámů. Pozednice jsou označovány jako zvláštní druh, z důvodu jejich podpory v celé délce zdí.

U ležaté stolice je rozdíl pouze takový, že vaznice jsou podporovány šikmými (ležatými) sloupky, které jsou začepovány do krokví, a tím pádem přenášejí zatížení do vazních trámů zešikma.

Kombinovaná stolice vznikla kombinací obou předešlých konstrukcí, přičemž jsou některé vaznice podporovány svislými, a jiné šikmými sloupky.

Věšadlové a vzpěradlové stolice spočívají v odlehčení vazního trámu stolicí, jež je na ní zavěšena. Vzpěradlo naopak vzpírá nejvýše uložené vaznice, dále může zároveň nést další nižší vaznice.

Stolice bez vazních trámů jsou konstruovány tak, že jsou šikmé sloupky, nebo vzpěry zapuštěny hluboko pod okapovou vaznici do patek v přílozkách zděných stěn, nebo do prazců na nízkých pilířích. Vzpěry mohou být také zapuštěny do sloupků.

Tyto konstrukce jsou vhodné pro samostatně stojící budovy, či pro řadovou zástavbu.
(Ching 2014)

3.2.2.3 Střecha valbová

Tato konstrukce je tvořena čtyřmi střešními plochami. Celý obvod střechy je zakončen okapem. Střecha je dále tvořena čtyřmi nárožími a hřebenem. Místo kde se setkává hřeben s nárožím se nazývá vrchol, jinak také sběžiště. Tyto konstrukce jsou vhodné pro samostatně stojící budovy.

Pod sběžiště se obvykle navrhuje plná vazba. Volné valbové vaznice delší než 4500 mm je nutné uprostřed podepřít svislými sloupky, které se pomocí kleštin zajišťují do krokví. Sloupky přenášejí zatížení do vazních trámů. Dále je zapotřebí aby volné valbové pozednice

o délce větší, než je 5000 mm byli ukotveny do zdiva půdní nadezdívky. Sloupky v rohách této konstrukce se zajišťují proti vybočení pomocí vzpěr, začepovaných do vazných trámů. Dále je nutné kleštinami zajistit také nárožní krokve, ty však musí mít průřez větší než běžné krokve, z důvodu nutnosti seříznutí do dvou střešních ploch (pětiúhelníkový průřez) a také z důvodu větších délek než u běžných krokví.

Ukončení vaznicového věnce může být buďto nad plnou vazbou, nebo mimo ni. Tyto provedení se liší v závislosti na umístění vazných trámů a vaznicových věnců.

(Matějka 2005)

3.2.2.4 Střecha polovalbová

Vytvářejí pouze poloviční vazby, kde jsou okapy uloženy výše, než u hlavních střešních ploch. V dřívějších dobách měli polovalbové střechy různé tvary např. takzvaný kabřinec.

Tyto konstrukce kombinují prvky sedlových střech a střech valbových. Jedná se tedy o konstrukci, kde se nachází část valbová a část sedlová, které jsou spojeny ve vrcholu střechy. Tento typ střech se převážně vyskytuje u budov s obdélníkovým půdorysem jako jsou rodinné domy, či malé průmyslové budovy.

(Hogen 2012)

3.2.2.5 Střecha mansardová

Mansardové střehy se řadí do skupiny střech šikmých a strmých o různých sklonech, s nosnými krovovými soustavami v různém materiálovém provedení. Tento způsob provedení střech je řazen do zvláštní skupiny, z toho důvodu, že každá z jejich ploch je tvořena dvěma střešními rovinami o různém sklonu.

Mansardové střehy mohou být buď to ocelového nebo dřevěného provedení či v současné době stále populárnější jejich kombinace. Kde základní nosnou konstrukci vytváří ocelové rámy s potřebným množstvím vaznic i ztužujících prvků. Dřevěné krokve se střešním pláštěm pak tvoří doplňkové konstrukce vlastního zatížení.

Základním prvkem novodobých mansardových dřevěných krovů jsou příhradové vazníky, které jsou vyráběny kombinovanou technologií z dřevěných deskových přířezů vzájemně spojovaných zalisovanými ocelovými deskami vyrobenými z pozinkovaného, nebo nerezového plechu. U variant, kde se materiály nekombinují je nosná konstrukce navržena jednak jako prvkový konstrukční systém, jednak jako velkoplošný konstrukční systém. U ocelové varianty jde o konstrukční systém prostorových prvků, u dřevěné varianty o systém velkoplošných panelů.

Mansardové střechy poskytují možnost maximálního využití vzniklého prostoru jak pro bydlení, tak pro komerční účely. Ekonomická otázka se dostává do popředí i v oblasti výstavby budov, proto se objekty s mansardovými střechami realizují velmi často. Umožňují výhodné využití celé plochy podlah i objem podstřešního prostoru pro obytné účely.

(Kadlecová 2008)

3.2.2.6 Střecha stanová

Je jehlovitého tvaru a okap se nachází v celém obvodu objektu. Nároží této konstrukce se sbíhají do vrcholu.

Střechy těchto konstrukcí se vyznačují jedním sklonem střešní roviny a jedním hřebenem. Vaznicové věnce se podporují v rozích převážně ležatou stolicí. Dále se zde uplatňují konstrukční zásady sedlových střeš.

Tento typ střeš se používá převážně u jednopodlažních staveb nebo užitných staveb jako jsou např. garáže, či přístřešky.

(Beneš 2017)

3.2.2.7 Střecha věžová

Jedná se o specifický typ střešní konstrukce, jež se používá převážně na věžích, věžičkách, nebo hranolových stavbách. Věžové střešy mají strmý sklon a zužují se směrem k vrcholu.

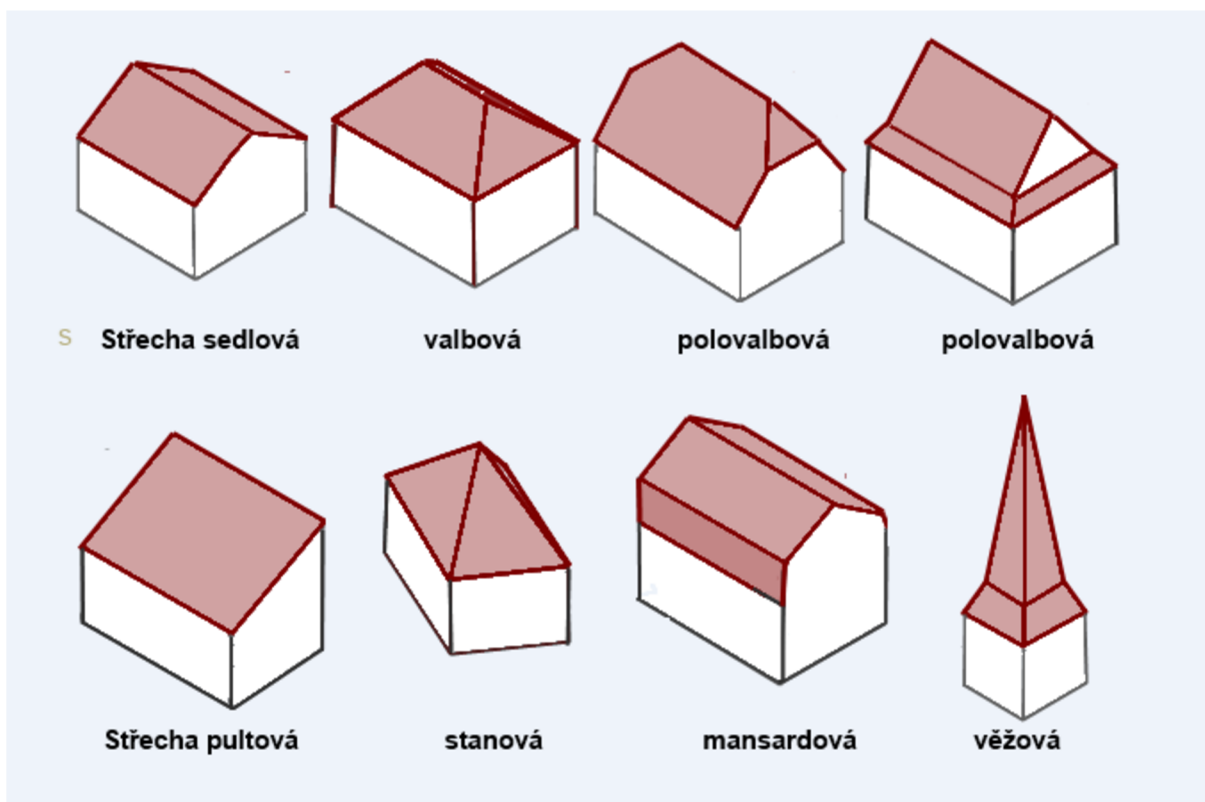
Hlavní nevýhodou těchto krovů je, celkové vystavení povětrnostním účinkům. Z tohoto důvodu je zcela nezbytné, aby byla konstrukce dostatečně ukotvena. Ze stejného důvodu je potřebné, aby byl snadno přístupný podstřešní prostor, pro kontrolu stavu konstrukce. Důležité je také vhodné osvětlení a větrání, které se převážně řeší pomocí vikýřů.

Vaznicové věnce podporují krokve ve výškách do vzdáleností od 4000 do 5000 mm v patrech. Stolice jsou situovány jako soustava vazních trámů, které probíhají v patě věže.

Důležité je, aby byly jednotlivé prvky krovu navrženy tak, aby se dali, popř. snadno samostatně vyjmout. Krovy věží se mohou řešit následujícími soustavami (nejpoužívanější):

- Vaznicová
- Mollerova
- Otzenova
- De l'Ormeova

(Ching 2012)



Obrázek 9 Typy střešních konstrukcí <http://www.strechymt.cz/nase-nabidka/strechy> (27.1.2023)

Na obrázku č. 9 jsou zobrazené více uvedené typy střešních konstrukcí dělených podle tvaru sklonité střechy.

3.2.3 Typy střešních konstrukcí podle materiálu

Pod pojmem krov si většina lidí představí tradiční dřevěné trámové konstrukce, které jsou konstruovány do souvislých pravidelných soustav. V tomto případě se jedná o klasické zhotovení krokrových, vaznicových, věžových, vlašských a hambálkových soustav krovů. V současné době jsou v módě krovky z kovových materiálů nebo kombinace dřeva a kovu. V moderní architektuře se můžeme setkat s krovky ze železobetonu nebo z oceli či jiných materiálů na bázi membrán aj.

Podle použitého materiálu jsou konstrukce:

- Dřevěné
- Železobetonové
- Kovové
- Na bázi dalších materiálů (textilní nebo plastové membrány aj.)

(Straka a spol. 2013)

3.3 Názvosloví střešních hran a rovin

Nutností je řešení střešních rovin, které se odvíjejí od náročnosti střešní konstrukce.

U jednoduchých konstrukcí střech bývají všechny okapy stejně vysoko. Konstrukčním provedením střešní konstrukce se určuje průsečnice střešních rovin (úžlabí, hřebeny, nároží

a hřebeny). K řešení dochází v půdorysu střešní konstrukce. Doporučuje se, začít od nejkratšího okapu. Při řešení se dále využívají následující pravidla.

- Průsečnice dvou střešních rovin spádů se v půdorysu zobrazí jako osa úhlů okapů obou střešních rovin. Tyto průsečnice vytvářejí úžlabí nebo nároží, popř. úbočí.
- Průsečnice dvou protisměrných střešních rovin stejných spádů, jejichž okapy jsou rovnoběžné, tvoří hřeben. Hřeben rozděluje vzdálenost obou okapů vejpůl a je vůči nim rovnoběžný.
- Pokud je okap přerušen z architektonických nebo konstrukčních důvodů zdí a ta jej převyšuje, vzniká štít. Při vytváření střešních rovin se na konce štítu přidávají pomyslné okapy, které jsou orientovány kolmo. Při řešení střech se složitější konstrukcí, tedy kde dochází k tomu, že všechny okapy nejsou ve stejné výšce je nutné mimo půdorysu využít i jiné průměty střechy jimiž jsou bokorys a nárys.

3.3.1 Okap

U každé střechy se vyskytuje okap. Jedná se o nejnižše položený horizontálně uložený okraj střešní konstrukce. Je zakončen převislou střechou nebo římsou. Pro odvádění vody se okap opatřuje žlabem.

3.3.2 Štít

Je okrajovou částí střechy, podél které rovnoběžně stéká voda. Uzavírá střechu, popřípadě zakrývá její část.

3.3.3 Hřeben

Označuje se za vodorovnou průsečnicí, od níž odtéká voda. Vytváří horní hranu střechy, spojuje alespoň dvě protilehlé plochy a probíhá přes něj odvětrání střešního pláště (odvádí vlhkost a v letním období také teplo).

3.3.4 Nároží

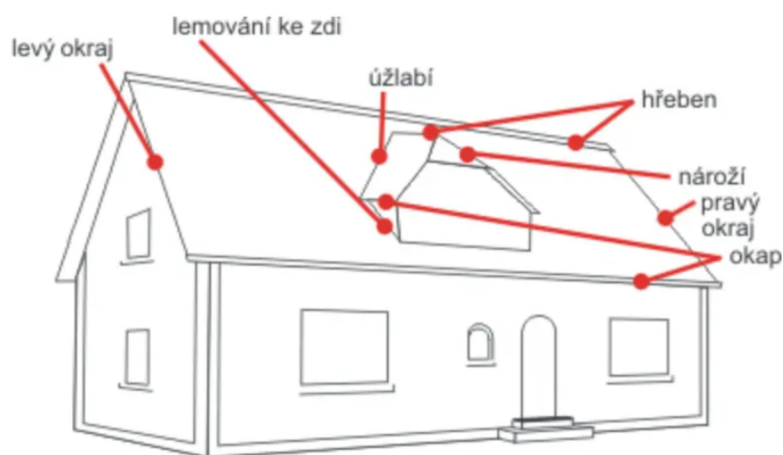
Je průsečnice sklonitá, od níž odtéká voda. Dále se označuje za rohovou část dvou šikmých ploch.

3.3.5 Úžlabí

Na rozdíl od nároží je sklonitou průsečnicí, do níž voda přitéká. Vzniká spojením dvou šikmých ploch, kde dochází ke vzniku „vnitřního koutu“. Tato část střechy bývá ve starších literaturách označována jako úbočí. Označuje se jako nejcitlivější místo u šikmých střech. Je to z důvodu, že u paty úžlabí protéká až dvojnásobné množství vody než v místě okapu. Dále se do úžlabí sesouvá velké množství sněhu. Z těchto důvodů je právě úžlabí (převážně ve spodní části) místem, kde se často vyskytují poruchy nebo zde dochází k zatékání vody.

3.3.6 Sběžiště

Je bodem střechy, jež je společný pro více střešních rovin.



Obrázek 10 Základní názvosloví hran a rovin šikmých střech <https://www.stavinvest.cz/specialista-radi/sikme-strechy-zakladni-pojmy-a-rozdeleni/> (21.2.2023)

Na obrázku č.10 je zobrazeno názvosloví hran zmíněných viz. kapitoly výše.

3.4 Historický vývoj krovů

Historický vývoj krovů se odlišuje na základě lokace dané konstrukce.

Pod pojmem historické krovů se ukrývají dřevěné konstrukce krovů od počátku stavebnictví cca. do poloviny 19. století, kdy se datuje vznik řady nových typů konstrukcí, jež jsou navrhovány již podle zásad moderní statiky.

Historické krovů jako takové jsou dílem tesařských mistrů z minulosti a do dnešních dnů jsou mnohdy nositeli značného množství informací o tehdejšímu umu mistrů stavitelů je naprojektovat a také zhotovit. Při zohlednění náročnosti použitého materiálu a tvarové náročnosti jednotlivých prvků, bylo za potřebí použití vysokých řemeslných, logistických a intelektuálních schopností. Za pomoci těchto „archivních informací“ jsme schopni se dozvědět mnohé informace, jež dokážou přiblížit obraz historie, jak o daném objektu, tak i o jeho vlastnících či uživatelích ale i o celé lokalitě a obyvatelích dané doby.

3.4.1 Dřevěné střešní konstrukce

Mezi nejrozšířenější střešní konstrukce u nás řadíme do jisté konstrukce dřevěné.

V období 60. a 70. let dvacátého století byla očividná snaha o upřednostňování plochých střech před střechami šikmými (dřevěnými).

Základní je trojúhelníkový tvar střešních konstrukcí, ten je vytvářen nad střešní roviny nad stropní částí podlaží budovy.

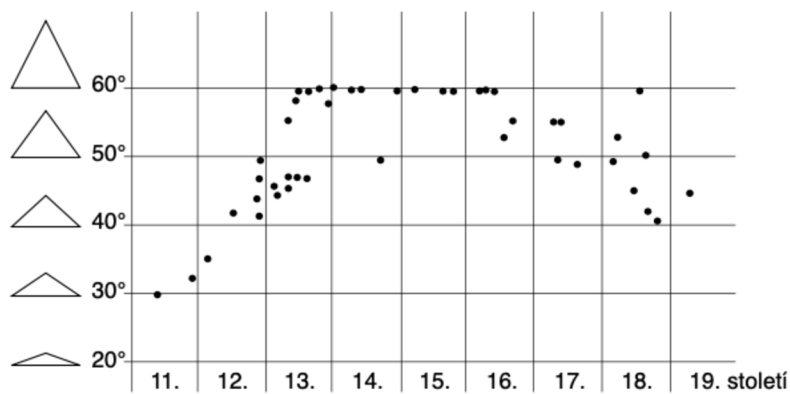
3.4.2 Sklon střech a konstrukce krovů z historického hlediska

Tvary střech a jejich sklon se na území dnešního Česka v průběhu historie razantně měnili. V 11. století, kdy převládal románský styl se stavěli střechy kostelů s velmi malým

sklonem a to 30° až 40°. V době, kdy začal převládat gotický styl, se konstruovali krovy se sklonem kolem 60° a v době kdy se do popředí dostal renesanční styl, 14. až 16. století, se sklony střechy opět postupně snižují a pohybují se kolem 55° až 40°. V 17. a 18. století, kdy se jakožto hlavní umělecko-kulturní styl stalo baroko, se sklony střech pohybují kolem hodnot 55° až 40°. V období klasicismu se opět se opět vyskytuje trend konstrukcí s nízkým sklonem pohybující se kolem 30°. V průběhu 19. století se opět sklon střech navyšoval a vzrostl až na 45°. Tato hodnota se ustálila a je charakteristická pro celé 20. století. Změny sklon střech jsou tak nápadné, že jsou mnohdy označovány jako slohové znaky daných umělecko-kulturních stylů. V dnešní době jsou běžně užívanými termíny např. gotická střecha, či barokní mansarda. Z vyzorovaných tendencí je tedy zřejmé, že slohové tendence byly jednou z hlavních příčin změn sklonů střech na našem území. V historii lze pozorovat opakující se inspiraci v klasické architektuře, a to zejména v době románské, v době renesance a v období klasicismu. Dalším ze slohových postupů bylo zavedení vysokých středověkých střech.

Se změnou sklonu střech samozřejmě přicházela i změna jejich konstrukce. Při studiích krovů se zjistilo, že pro daný sklon střešních konstrukcí jsou ze statistického a ekonomického hlediska výhodné pouze některé konstrukční typy, které následně v daných obdobích převládaly a postupně se zdokonalily ve vyhovující typ konstrukce. U konstrukcí byl brán zřetel jak na úspornost, tak i na statické a konstrukční řešení. Stejně tak jako se přisuzuje sklon střechy k určitému období, tak je tomu i u typů konstrukcí, jež jsou přisuzovány daným slohovým obdobím. Toto řazení však není podmínkou a je doloženo, že k dosažení konečné podoby ideální konstrukce bylo mnohdy zapotřebí spoustu času, a proto se charakteristické styly pro dané období vyskytují ve stavbách mimo jejich obvyklý výskyt, a to ať se jedná o období ale i lokalitních. Je samozřejmé, že podobné konstrukce vznikaly napříč místem i časem nezávisle na sobě, na základě odborných požadavků.

(J. Vinař 2004)



Graf 1 Poměry sklonů střech (Hoffsummer 1993)

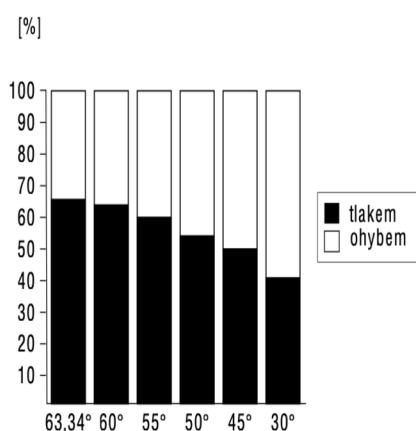
U staveb prodlouženého charakteru a staveb provizorních, jež jsou označovány jako nejstarší stavby, se vyskytují jednoduché krovy tvořené pouze krokve, příp. prosté hambalkové krovy, jež jsou charakteristické pro jejich poddimenzování čili nastává jejich velký průhyb a nezachycuje se jeho vodorovná síla. Tyto krovy také velmi často nemají vazné trámy.

Z tohoto důvodu bývali opatřovány lehkou krytinou, např. došky, šindel a u novějších krovů eternitem. Tyto primitivní konstrukce krovů jsou hojně zastoupeny v konstrukci venkovských staveb. Jsou však běžně zastoupené i v některých městech např. v

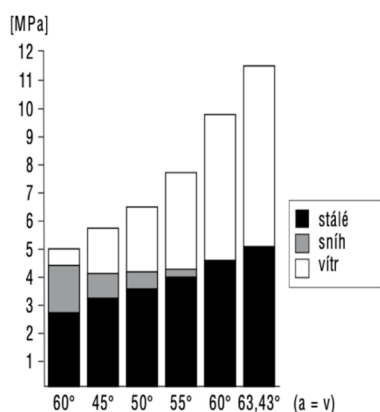
Kutné Hoře, Litomyšli). Tyto krovy byli nejspíše vypracovány ne příliš kvalifikovanými tesaři. V těchto lokalitách se však také stavěly i kvalitní a dobře dimenzované krovy.

3.4.3 Historické hambalkové krovy

U jednoduchých staveb se hambalkové krovy vyskytují po celou dobu. V období gotiky jsou charakteristické krovy hambalkových soustav trojúhelníkového tvaru se základnou přibližně rovnou jejich výšce. U našich krovů cca. z 14. stol jsou všechny vazby stejné, popř. se střídají vazby zjednodušené a vazby plné. Různé sklony střešních konstrukcí působí různými silami v krokvích viz. graf č. 2 a 3.



Graf 2 Přenos svislého zatížení v krokvích při různých sklonech střechy (Vinař 1995)



Graf 3 Poměr napětí v krokvích při zatížení vlastní tíhou, sněhem a větrem pro různé sklony střech (Vinař 1995)

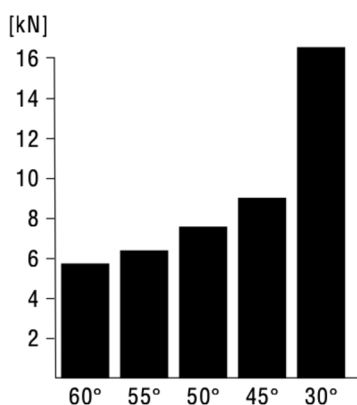
Při těchto sklonech není v našich podmínkách nutné počítat s tíhou sněhu, krov a jeho prvky jsou namáhány především tahem a tlakem. Krovy a jejich prvky v gotickém stylu bývají zhotovovány z jednoho profilu, (výjimkou je vazný trám) a to 140–180 mm. Charakteristickým spojem pro toto období je plát na rybinu

jež dobře přenáší tah i tlak. U našich krovů cca. z 14. stol jsou všechny vazby stejné, popř. se střídají vazby zjednodušené a vazby plné. Historické hambalkové krovy taktéž nemají podélné ztužení. Krokve tohoto typu musely být zkonstruovány z jednoho kusu, tímto faktorem byla ovlivňována velikost krovu.

Hambalkové krovy s podélně podporovanými vaznicemi, se sloupky a s ondřejskými kříži se používali na velké gotické kostely. Tyto krovy se vyznačují vysokou tuhostí, ze statického hlediska působí jako prostorová konstrukce. U krovů vysokých a velkých kostelů kde se musí zohlednit také vliv větru, bývá konstrukce mimořádně složitá.

3.4.4 Ležatá stolice

Kvůli slohovým vlivům a snaze o zjednodušení konstrukce vedlo v průběhu 15. a 16. století došlo ke vzniku ležaté stolice. Ta se vyznačuje zmenšením sklonu střechy a zesílení ohýbaných krokví. Ležatá stolice byla v předešlých fázích opatřena dalšíma dvěma patry. Vývojem se tyto patra nahrazují a místo nich dochází k používání vzpěr větších rozměrů a vložení pásků jimiž se ztužuje styk mezi vzpěrou a rozpěrou. Ležatá stolice působí jako rám a jsou zde zapotřebí



Graf 4 Vodorovná síla v patě ležaté stolice při různých sklonech (Vinař 1995)

3.5 Novodobé krovy

U novodobých krovů je snahou o co nejvyšší stupeň prefabrikace daných dílců, které jsou spojovány pomocí konstrukční spojů, ale také pomocí kovových spojovacích materiálů. Prvky krovu jsou vyráběny na strojích, což zvyšuje přesnost jejich spojů a rychlost výroby. Tyto technologie také usnadňují jejich výrobu. Tento způsob výroby umožňuje rychlé a snadnější sestavení celé konstrukce, a to i pro krovy složitějších tvarů. Materiály pro výrobu novodobých krovů mohou být také často jiné než u krovů historických. Příkladem těchto materiálů jsou lepené KVH hranoly, OSB a dřevovláknité desky či další druhy nových materiálů.

(Kovář, P., & Novotný, P. 2012).

Novodobé krovy zděných staveb se usazují stejně jako krovy historické na pozednici, kotvenou k nadezdívce. Oproti tomu krovy dřevostaveb jsou osazeny na podkrovnici, což je prvek nacházející se na konci podokapní stěny. U obou těchto způsobů jsou protilehlé krokve

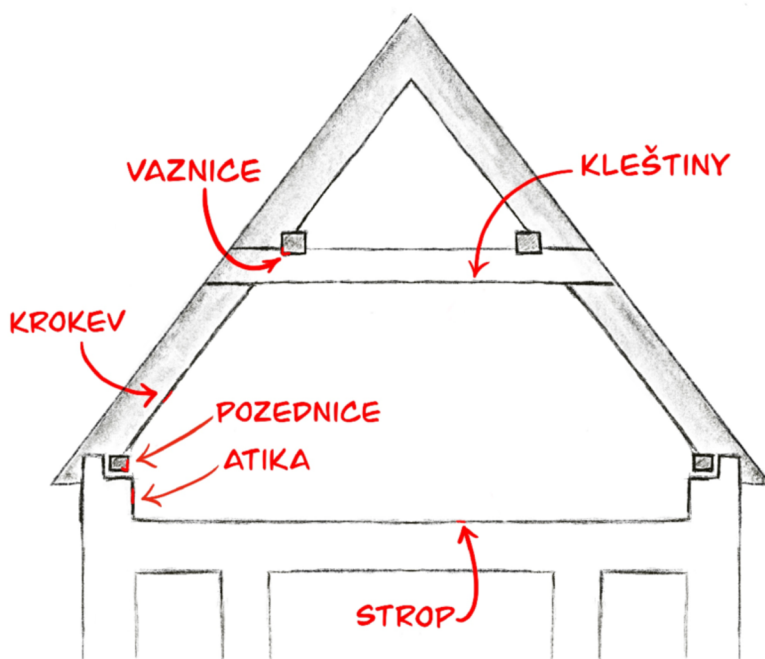
nad užitným prostorem spojeny kleštinami, které jsou vzájemně spojeny. Kleštiny se nacházejí mimo krokvi. Pod hřebenem střechy je stropem vytvářen trojúhelníkový prostor. Pro vstup do tohoto prostoru se využívají půdní schody, které jsou zabudovány ve stropě. U novodobých krovů se nerozlišují plné a prázdné vazby jako u historických, všechny vazby jsou zde stejné. Dle terminologie historických krovů se jedná o takzvané prázdné vazby.

V současné době se stává trendem využití půdních prostorů za účelem jak komerčních, tak obytných účelů, a to se týká ať už stávajících budov jež jsou mnohdy rekonstruovány, tak i u nově budovaných budov. Tento trend vyvolal rozvoj nových nosných krovových soustav. Tyto nové postupy usilují o co nejvyšší objemové i plošné využití podkrovní části za nejvýhodnější ekonomické výdaje. Z těchto důvodů vznikl požadavek, aby byl podstřešní prostor co nejméně zabírán prvky krovu. Není zde tedy možné používat vodorovné prvky krovu, jako jsou např. vazné trámy, nebo také šikmé prvky, kterými jsou např. vzpěry. Tak se i jinak mimo v současnosti používaných např. valbových, sedlových či pultových střešních konstrukcí dostali do popředí soustavy mansardové.

(Kadlecová 2008)

3.5.1 Novodobé vaznicové krov

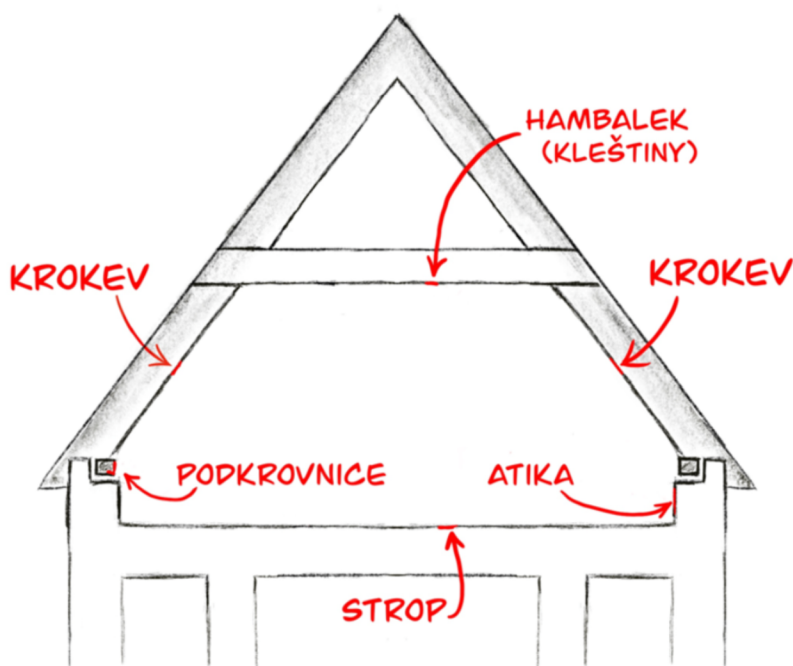
Hlavním nosným prvkem vaznicového krovu jsou vaznice, které přenášejí převážné zatížení střešní konstrukce. Uloženy jsou na nosných štítech budovy, na dřevěných sloupcích, které mohou být doplněny páskami nebo na vnitřních nosných stěnách. Tímto způsobem uložení se zamezí jejich vodorovnému pohybu. V případě velkých rozpětí některých polí, mohou být vaznice v těchto místech ze dvou ocelových U profilů, popř. mohou být ocelové po celé své délce. Krokve jsou uloženy na vaznicích a pozednicích nebo podkrovnících. Schéma viz obr. č.10.



Obrázek 11 Schéma novodobého vaznicového krovu (https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/krov-y-a-drevene-konstrukce/23153-konstrukce-krovu-novodobe-krov-y-a.html#ZCv8JC9XpOI 9.3.2023)

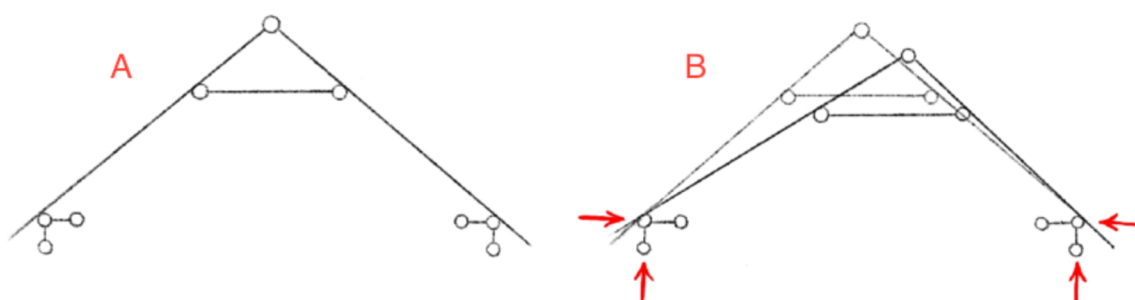
3.5.2 Novodobé hambalkové krovy

Krokve jsou v této konstrukci uloženy pouze na pozednicích či podkrovnících. Protilehlé krokve jsou vzájemně spojeny kleštinami, které se v této konstrukci označují jako hambalek. Tento název je přebrat z konstrukce historických hambalkových krovů, kde byl hambalek tvořen jedním hranolem, který rozpíral obě krokve. Tento krov zatěžuje silami pouze dvě protilehlé obvodové stěny.

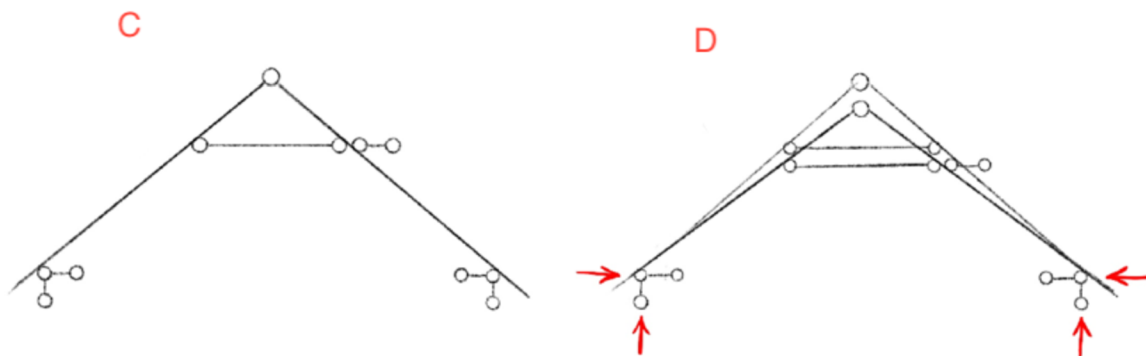


Obrázek 12 Schéma novodobého hambalkového krovu (<https://www.krytiny-strechy.cz/technicke-info-k-navrhovani-strech/krovy-a-drevene-konstrukce/23153-konstrukce-krovu-novodobe-krovy-a.html#.ZCamGS9XpQI>) (9.3.2023)

Novodobé hambalkové krovy se konstruují ve dvou provedeních. Má-li krov v úrovni hambalku výstužní tabule, nebo vodorovný nosník kotvený do štítových stěn, jedná se o tzv. hambalkový krov s neposuvným hambalkem. Není-li konstrukce opatřena tímto jedním z těchto prvků působící proti vodorovnému posuvu hambalku, jedná se o hambalkový krov s posuvným hambalkem.



Obrázek 13 Novodobý hambalkový krov, působení sil na krov s posuvným hambalkem a) osové schéma b) průhyb, reakce (Jelínek 2017)



Obrázek 14 Novodobý hambalkový krov, působení sil na krov s neposuvným hambalkem c) osové schéma d) průhyb, reakce (Jelínek 2017)

3.5.3 Volba konstrukce novodobého krovu

Podstatnou výhodou novodobých hambalkových krovů je, možnost využití celého podstřešního prostoru. Oproti tomu vaznicové krovky vyžadují podepření vaznic ve vhodných místech konstrukce.

Důležitým krokem je návrh krovu tak, aby byla zajištěna jeho dostatečná tuhost čímž se docílí toho, aby nedošlo k poškození ostatních částí objektu. Proto je nutné zajistit, aby pohyby a deformace veškerých prvků konstrukce krovu, tj. krokví a kleštín v případě hambalkového krovu hambalků a vaznic v případě vaznicového krovu byly co nejmenší.

Obzvláště důležitý je návrh průřezů:

- Vaznic, které se určitou mírou podílí na deformaci celého krovu
- Krokví, tvořící více jak polovinu spotřebovaného dřeva použitého na krov

Tam kde není nezbytně nutné, aby byl zcela uvolněn podkrovní prostor, je vhodné využít konstrukce vaznicového krovu. Pro jejich užití je podmínkou možnost uložení sloupků nad nosnou konstrukcí v nižšího podlaží. Sloupky se mohou uložit na ocelové nosníky umístěné v konstrukci nižšího podlaží. Tento způsob je ale pružný neekonomický a zvyšuje deformace celé konstrukce krovu. Konstrukce vaznicového krovu má obecně menší průhyby a pozednice působí menší vodorovné zatížení než v případě hambalkového krovu. U novodobých vaznicových krovů je obecně nutné užití vaznic o větším průřezu než u krovů historických. Dále je nasnadě využití veškerých možných opatření pro zmenšení průhybu vaznic, poněvadž jejich průhyb do jisté míry ovlivňuje velikost působení vodorovných sil, jimiž krokve působí na pozednice.

Při použití hambalkové konstrukce je upřednostňována konstrukce s neposuvným hambalkem.

(Jelínek 2017)

3.5.4 Sklon novodobých střech

Tvar střech je utvářen krovky, pro strmé a šikmé střechy jsou nosnou konstrukcí. Sklon šikmých střech se pohybuje v rozmezí mezi 10° až 45° , sklon střech strmých je pak vyšší jak 45° . Konstrukce, které mají sklon od 0° do 10° označujeme jako ploché

Doporučené sklony pro střešní krytiny dle ČSN 73 1901.

3.5.5 Prvky novodobých krovů

Terminologii základních tesařských spojů dřevěných stavebních konstrukcí stanovuje norma ČSN 73 3150 Tesařské spoje dřevěných konstrukcí. Terminologie třídění. Tato norma zahrnuje jak prvky dřevěné, tak prvky nedřevěné viz popsané níže.

Jednotlivé prvky krovu jsou spojovány pomocí tesařských spojů. Navrhování dřevěných konstrukcí s tesařskými spoji platí norma ČSN 73 1701. Pro provádění dřevěných konstrukcí s tesařskými spoji platí norma ČSN 73 2810.

3.5.5.1 Pozednice

Pozednice jsou uloženy na půdní nadezdívce na vnějších zděných stěnách. Na pozednicích jsou uloženy krokve. Pro vhodné uložení pozednic je důležité vyrovnaní povrchu půdní nadezdívky, převážně se využívá betonový potěr o tloušťce alespoň 50 mm. Aby se dosáhlo uzavření půdního prostoru, je zapotřebí dozít nadezdívku za pozednicí až ke krytině zdívkou tloušťky cca. 150 mm. Je důležité nechat mezi nadezdívkou a pozednicí prostor cca. 50 mm. U dřevostaveb je podokapní stěna vedena až ke krytině, čímž se prostor uzavře.

Jedná se o konstrukční prvky krovu, prostřednictvím kterých dochází k přenesení zatížení a působení sil na nosné stěny a sloupy. V některých odborných literaturách mohou být také označovány jako podkladnice či podložky. Pomocí pozednic se zajišťuje správné rozložení zatížení a docílí se tak stabilního fungování celé střešní konstrukce.

Nebývají namáhané na ohyb, a z tohoto důvodu jsou ukládány na plocho. Jejich průřez se pohybuje od 120 x 100 mm do 140 x 120 mm. Na délku bývají nastavovány přeplátováním a následně jsou zajištěné pomocí hřebíků, nebo se využívá tupý sraz, který je zajištěn tesařskými skobami. Krokve působí na pozednice v jejich vrchní části vodorovnými silami. Z pozednice se síly přenášejí prostřednictvím kotvení do půdní nadezdívky. Z půdní nadezdívky či podokapní stěny u dřevostaveb již obvykle nejsou tyto konstrukce samy schopny dále tíhu přenášet do jiných těles. U starších typů krovů bylo využíváno zachycení sil dřevěnými kleštinami, jež vyčnívali nad pozednicí a kotvením pozednic ke dřevěným sloupkům za pomoci ocelových pásků. U novodobých krovů se však kleštiny a ocelové pásy nevyužívají, a tak jsou působící síly větší. Je tedy zapotřebí přenést síly jiným způsobem. Hojně se využívá uchycení pomocí kotev pozednic. Pozednice je vhodné ukotvit alespoň ve vzdálenosti po 2 m.

Pozednice bývají obvykle zhotoveny ze dřeva, ale není to podmínkou a mohou být vyrobeny i z jiných materiálů, jimiž jsou například beton, kov či jejich kombinace. Důležité je zvolení správných rozměrů v závislosti na rozměrech, hmotnosti a zatížení jemuž krov podléhá. (Jelínek 2017)

3.5.5.2 Krokve

Pomocí krokví je přenášena tíha střešního pláště, podhledové vrstvy, izolací, nahodilého zatížení, a dalších prvků na vaznice a pozednice, na které jsou osedlány. Vzájemné osedláni je zajištěno hřebem či vrutem. Tyto prvky zde mají nosnou funkci, a proto je nutné zvolení jejich vhodné velikosti. Mezi krokvemi a římsou je zapotřebí nechat mezeru která zajistí, aby se

navzájem nedotýkali a krokev jako taková římsu nezatěžovala. Krokve probíhají směrem od hřebene střechy směrem k okapům a vytvářejí tak střešní plochy.

Z důvodu umístění veškerých vrstev tepelné izolace je zapotřebí aby výška krokví dosahovala alespoň 160 mm. Výška se odvíjí od druhu použité izolace a statických potřeb. Ze statického hlediska není nutná nijak velká šířka krokví oproti krokvím klasických krovů. Z důvodu nastavování střešních latí na délku na těchto konstrukčních prvcích je nutné, aby jejich šířka nebyla nižší jak 80 mm. Při použití kovových spojek na spojení střešních latí, může šířka střešních latí klesnout až na 60 mm. V závislosti na stálém zatížení a sněhové oblasti, kde je střešní konstrukce situována, se u novodobých krovů průřez krokví volí nejčastěji od 60 x 160 do 100 x 200 mm.

(Steiger 2020)

Rozmezí mezi osami jednotlivých kleštín novodobých krovů se pohybuje mezi 800-1200 mm. Daná vzdálenost by měla být, pokud možno v celé konstrukci stejná, a krokve by neměli být umístovány nad štíty či nosné stěny, jež jsou vyžděny až ke krytině, a to z důvodu trvanlivosti dřeva, která by se tak razantně snížila. Pro usnadnění montáže podhledové vrstvy v interiéru je nasnadě aby byly po obou stranách těchto stěn umístěny krokve. Daná rozteč vyšší jak 1200 mm se neuzívá z důvodu nutnosti zesílení střešních latí či bednění. Naopak nižší rozmezí jak 1000 mm se užívá pouze v případech kde je to nezbytně nutné, např. umístění mimo zdi.

(Mindham, C. N. 2006)

Vhodné konstrukční řešení těchto prvků je provedení z jednoho kusu dřeva. Běžně užívaná délka krokví je 8 m. Pokud je zapotřebí jejich délkové nastavení, nastaví se krokve uložním vedle sebe.

V rámci požární bezpečnosti by dřevo krovu mělo být ve vzdálenosti minimálně 50 mm od omítnutého komínového tělesa. Proto mohou být komínová tělesa další překážkou pro rozložení krokví.

Na rozdíl od klasických krovů, kde se pro spoj pod hřebenem střešní konstrukce zajišťoval vzájemně stříhem, u novodobých krovů je tento spoj nahrazen přes plátování, které je následně zajištěno stavebním vrutem, či lépe malým svorníkem, plechovou spojkou s dírami pro konvexní hřebíky, nebo na kosým srazem s krátkými dřevěnými příložkami.

Zakončení krokví u okapu může být řešeno úřezem a to, vodorovným, svislým, kolmým, či jejich kombinací. Může být použito také různé ozdobné zakončení či zaoblení čtvrtkružnicí.

(Jelínek 2017)

3.5.5.3 Kleštiny

Kleštiny jsou dřevěné nosníky, jež jsou umístěny převážně kolmo pod vaznicemi. Kleštiny byli v minulosti využívány do plných vazeb, tedy do každého čtvrtého pole krovu. Byly osazovány vždy ve dvojici, a proto je slovo kleština pomnožné. Vaznice byli vždy kamповány, a to na hloubku 20 mm.

Přenášejí stále a nahodilé zatížení z části krovu na nosné stěny objektu. Ve starých krovech nebyli kleštiny zatížené a tvořili tak převážně tvarovou stabilitu plné vazby krovu tak, že společně s krokvemi vytvářeli tvarově určité trojúhelníky. U novodobých krovů však již plní i funkci nosnou, a to konkrétně nesou prvky stropu a podkroví (podhledy, užité zatížení, tepelná či jiná izolace atd.). Vzdálené jsou stejně jako krokve 800-1200 mm. Proto se u novodobých krovů dávají kleštiny na krokve jen z jedné strany. Vzájemné spojení krokví a kleštín je zprostředkováno pomocí dvou svorníků či na složitější a účinnější spoj pomocí ocelových hmoždíků. Toto řešení je ovšem pracnější.

Kleštiny je nutné vyrábět z kvalitního dřeva, které by mělo být schopné v co nejvyšší míře odolávat hmyzu, či jiným biotickým a abiotickým činitelům. Průřez kleštin novodobých krovů bývá nejčastěji od 60 x 16é do 80 x 200 mm. Připojují se na sloupky a na krokve převážně pomocí svorníků o průměru 16 mm, kteří se převážně řezou až na místě. Oba konce svorníků bývají opatřeny velkými podložkami pro dřevěné konstrukce a maticemi. Délka se odvíjí od tloušťek spojovaných těles, k délce se přidává nadmíra 60 mm.

Kleštiny mohou mít různé tvary, jako jsou běžné kleště, sedlové kleště, či půl obdélníkové kleště. Kleštiny ve střešní konstrukci zajišťují pevnost, stabilitu a nosnost. w (ČSN 73 6101; Hájek 2002)

3.5.5.4 Vaznice

Vaznice slouží k přenesení zatížení od krokví do svislé nosné konstrukce. Jsou tedy nosným prvkem, které přenášejí svislé zatížení a tím zajišťují stabilitu a pevnost střešní konstrukce. Jejich podepření je zprostředkováno převážně přes konstrukce, kterými disponuje konstrukce stavby, jako jsou nosné štíty, komíny či vnitřní nosné stěny. Vaznice mohou být dle potřeby uloženy na sloupkách, které jsou ukryté v příčkách nebo jsou nechány volně v interiéru místnosti, dále pak zděných piliřích.

Při konstrukčním návrhu vaznic se bere v potaz vícero faktorů, jakými jsou např. hmotnost a druh střešní krytiny, rozpětí střechy, nahodilé zatížení, stálé zatížení atd. Vaznice jsou nejčastěji nastavovány nejsnadnějším způsobem, a to srazem nad podpěrami, následně se spoj zajišťují dvěma tesařskými skobami. U vaznic je možné dosáhnout snížení ohybových momentů a průhybů ve větších polích, a to vložením kloubu (zhotovení vaznice jako kloubový nosník). Kloub je umístěn cca. v jedné pětině rozpětí krovu a je zhotoven pomocí kovové Gerberovy spojky. Šikmým přeplátováním je možné na vaznici vytvořit kloub, je to ovšem za cenu snížení délky. Přeplátování je následně zajištěno pomocí dvou svorníků. (Hájek 1997)

V praxi se nejhojněji užívá vaznic čtvercového průřezu, a to konkrétně 100x100 mm, 120 x 120 mm nebo 140 x 140 mm. Do velkých polí je možné podle potřeby umístit vaznice o větším průřezu. V tomto případě je však nutné zachování hrany vaznice, na kterou jsou krokve osedlané. Dále je možné využití vaznice ocelové, na kterou se v potřebných vzdálenostech přivaří L profily a krokve se mezi ně spojí pomocí kroužkových hřebíků. Jedná-li se o veliké rozpětí střech, je možné použít skládané vaznice, které jsou tvořeny z více dílců, které jsou spojeny pomocí dřevěných per či ocelových spojek. Jejich možné uložení je zobrazené viz. obr. 11.

Konec vaznice, který přesahuje daleko přes štít je podepřen pomocí konzolové konstrukce a následně připevněna do dostatečně pevné stěny. Zajištění vaznice proti pohybu do stran je zajištěno pomocí kotev, které se umísťují kde se dá. To je však možné pouze na stěny, na nichž je vaznice uložena. Na zděné stěny se pokládá vaznice na dřevěné podložky (z fošen). Vaznice není možné uložit na zdivo z pórobetonových tvárnic, či na zdivo z děrovaných tvárnic, z důvodu jejich nízké odolnosti na soustředěný tlak. Pod vaznicemi jsou tedy ve stěně zhotovovány skryté sloupky z plných cihel. U vnějších stěn jsou skryté sloupky opatřeny ještě tepelnou izolací.

(Straka a spol. 2013)

3.5.5.5 Sloupky a pásy

Sloupky a pásy ve střešní konstrukci plní nosnou funkci. Konstruovány jsou sloupky převážně ze dřeva či kovu a v konstrukci jsou orientovány ve svislé poloze. Sloupky podepírají

vaznice a bývají skrytě umístěné v příčkách, pokud toto řešení není z konstrukčního hlediska možné, jsou součástí interiéru podkrovních místností. Z konstrukčního hlediska je vhodné sloupky opatřit pásky nebo sedly. Toto provedení však není možné provádět vždy, odvíjí se od konstrukce krovu. Pásky či sedla mohou v místnosti působit estetickým dojmem. Pásky ovšem mohou překážet v pohybu. Jak pásky, tak i sedla zmenšují průhyb vaznic tím, že zkracují jejich rozpětí. Ne vždy je však těchto prvků využíváno a v nových krovech nejsou podmínkou. V tomto případě jsou vaznice uloženy na zděných či dřevěných stěnách.

Nejpoužívanějšími rozměry průřezu u dřevěných sloupků je 160 x 160 mm které obvykle plně dostačují. Spojení s vaznicemi je zajištěno čepováním a pokud to konstrukce umožňuje, jsou uloženy na nosných stěnách, na roznášecí fošně nebo jsou uloženy na ocelových nosnících ve tvaru I, které jsou v konstrukci za tímto účelem.

Pásky jsou oproti sloupkům orientovány horizontálně a mají za úkol zkrátit rozpětí vaznic a zajistit stabilitu krovu v podélném směru. Vlivem nepřesných tesařských spojů a sesycháním nedostatečně vysušeného dřeva použitého na krov může dojít k uvolnění pásků či dokonce k jejich vypadnutí. V obou těchto případech je patrné, že pásky nemohou plnit svou funkci v krovu. Pásky se v novodobých krovech mnohdy připojují jen lípnutím a následně se zajišťují dvěma stavebními dvoufázovými vruty. Pomocí nich dojde k dokonalému přilnutí pásky, nejen z tohoto důvodu je nutné, aby byl pokos uříznutý co nejpřesněji. Výroba těchto prvků v dnešní době bývá zaopatřena pomocí CNC strojů, které zajistí potřebnou přesnost daných dílců. Běžně se používá pásek o průřezu 120 x 140 mm, tyto rozměry jsou pro většinu konstrukcí zcela dostačující. Jejich uložení je zobrazeno viz. obr. 15. (ČSN 73 6130 & Hermann 2005)



Obrázek 15 Prvky krovu (Jelínek 2017)

3.6 Zatížení krovů

Krov odvádí zatížení střešním pláštěm, sněhem, větrem a dalšími činiteli, od zbylých nosných částí stavby. Při zatížení krovu se počítá s:

- Vlastní tíhou krovu
- Sněhem
- Větre
- Konstrukcí střešního pláště
- Silou Q_k v libovolném místě střešní konstrukce
- Nahodilým zatížením Q_k na stropu nad podkrovím

Tíhu střešního pláště a vlastní tíhu krovu považujeme za stálé zatížení. Zatímco zatížení větrem a sněhem je tzv. klimatické zatížení (je zatížení proměnné časem).

Stálé zatížení představuje převážně střešní plášť, který se skládá z krytiny, jež je uložena na laťování nebo bednění, plus tíha doplňkových vrstev, jimiž jsou vrstvy parotěsná,

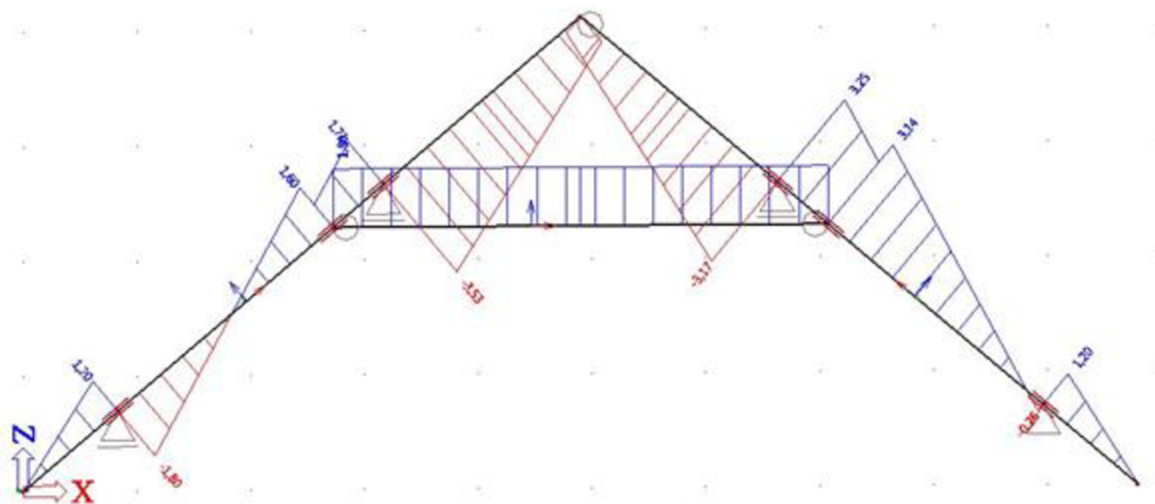
mikroventilační, tepelně izolační, podhledová a vzduchová. Při srovnání váhy těchto prvků je vlastní tíha krovu malá.

Pro výpočet statických vlastností krovů podle mezního stavu únosnosti se používá návrhové zatížení. Je jím zatížení takové, jehož působení na krov je nejočekávanější. Vypočítá se přepočtem hodnot vlastních tíh konstrukcí a hodnot zatížení proměnných součiniteli γ a Ψ .

3.6.1 Zatížení stálé

Zatížení se vypočítá jako objemová hmotnost základních použitých stavebních materiálů, zásypových materiálů, hornin a plošná hmotnost krytin. Vynásobením těchto hodnot (tíh hmot materiálů) se získá síla působící na konstrukci. Průběh normálového působení sil vaznicového krovu je zobrazen na obrázku č. 16.

- U hmotnostních materiálů se uvažuje jejich objemová hmotnost [kNm^{-3}]
- U plošných materiálů např. krytiny se uvažuje jejich hmotnost na plochu [kNm^{-2}]



Obrázek 16 Průběh normálové síly vaznicového krovu N [kN] <https://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0099/009982o3.jpg> (17.3.2023)

3.6.2 Zatížení nahodilé

Předepsanou hodnotou soustředného zatížení silou velikosti je $Q_k=1[\text{kN}]$, tato hodnota je situována na jakékoliv místo střechy a prezentuje osobu s náradím pracujícího na střeše. Tento prvek má na zatížení menší vliv než např. zatížení sněhem. Jelikož je současný výskyt této síly a výskyt zatížení sněhem, nebo větrem vyloučen, tak se tato síla při výpočtu prvků krovu nebere v potaz. Co však tato veličina ovlivňuje je velikost použitých hřebíků na upevnění střešních latí.

3.6.3 Zatížení sněhem

Zatížení sněhem je nejzásadnějším prvkem, jež ovlivňuje návrh průřezu rozměru prvků krovů. Tato hodnota se odvíjí od sněhové České republiky oblasti, kde se stavba nachází. Viz. obr.17 Významný vliv pak má pro budovy s malým spádem střech, které jsou situovány v podhorských a horských oblastech České republiky. Sněhových oblastí je celkem osm (I-VIII) kdy dochází k zatížení s_k 0,7 až >4 [kNm^{-2}]. Při výpočtech se počítá s hodnotou, která má menší vliv na namáhání prvků (hodnota zatížení sněhem, nebo hodnota zatížení větrem), tato hodnota se násobí kombinačním součinitelem Ψ (kombinační součinitel).

Tato veličina se považuje jako svisle působící na půdorysný průmět konstrukce střechy a je dán vzorcem:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Kde	μ_i	je tvarovaný součinitel zatížení sněhem
	s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kNm^{-2}]
	C_e	součinitel expozice, který se odvíjí od typu krajiny. V potaz se bere: $C_e = 0,8$ v otevřené krajině $C_e = 1,0$ v normální krajině $C_e = 1,2$ v krajině chráněné
	C_t	součinitel tepla, obvykle nabývá hodnoty 1,0

Při volbě součinitele C_e je zohledňováno sfoukání sněhu ze střešní konstrukce, dále je také potřeba zohlednit budoucí výstavba v okolí staveniště.

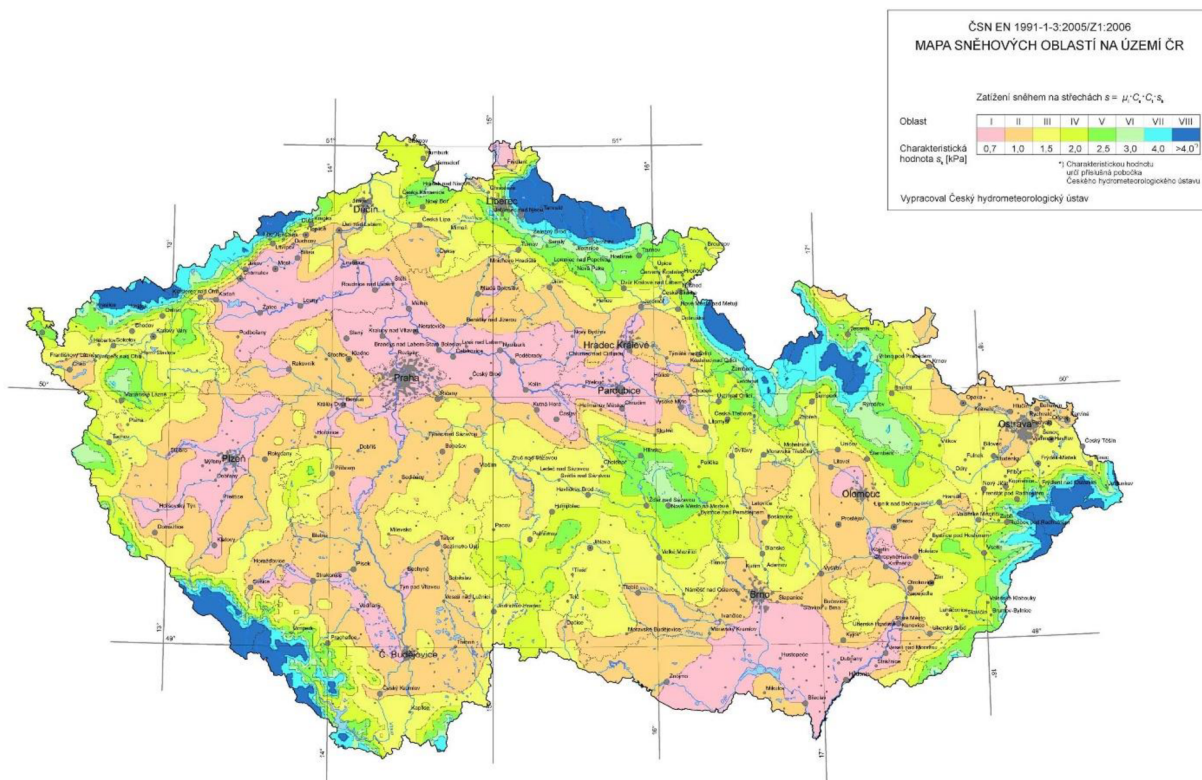
Typy krajin:

- O otevřená krajina je definována jako rovinná plocha bez překážek, buďto není chráněna terénem, okolním porostem či okolními stavbami nebo jen z malé části, je prostorově otevřená do všech stran.
- U normální krajiny nedochází na střešních konstrukcích k značnému přemístění sněhového nánosu větrem, to je zapříčiněno okolním terénem, stavbami a porostem
- U ploch chráněných se uvažují stavby, které jsou podstatně nižší, než je okolní terén, nebo se stavba nachází v obklopení jiných vyšších budov či stromů

Údaje o sněhových oblastech zpracovává a shromažďuje Český hydrometeorologický ústav zkráceně ČHMÚ. Údaje jsou upravovány dle ČSN En 1991-1-3 a pokud není v mapách ve znění této normy uvedeno dostatek informací, nebo může být skutečnost jiná, než uvádí mapa, je vhodné počítat se zatížení sněhem dle údajů ČHMÚ, kde by měli být informace přesné.

VIII. stupeň je nejvyšším a v České republice není mnoho míst, kde je možné se s ním setkat. Při výpočtech s tímto stupněm zatížení uvažujeme to, že hodnoty tíhy sněhové pokrývky mohou přesáhnout 4 kNm^{-2} . V ČR jsou to nejvyšší oblasti, a to jmenovitě oblasti Krkonoš, Jeseníků, Šumavy, Beskyd či Krušných hor. Tyto oblasti sousedí se VII. stupněm, kde se počítá s hodnotou $4,0 \text{ kNm}^{-2}$ tíhy sněhu. Určování hodnot v těchto vysoce položených oblastech je mnohdy složité z důvodu nedostatku informací, a proto je nutné se obrátit na příslušnou pobočku Českého hydrometeorologického úřadu. Stejně tak se postupuje i v oblastech kde je nedostatečná informovanost či podrobnost mapy sněhových oblastí.

(Jelínek 2017)



Obrázek 17 Mapa sněhových oblastí na území České republiky <http://www.sticka.cz/mapy/> (4.2.2023)

3.6.4 Zatížení větrem

Celkové zatížení konstrukce větrem je definováno jako součet:

- Rezonanční složky (dynamická složka odezvy)
- Kvazistálé odezvy (jsou nezávislé na dynamických vlastnostech konstrukce)

U velkého počtu konstrukcí se podíl rezonančních složek považuje za tak malý, že se zanedbává. Účinky větru jsou vyjadřovány jako Statické síly, které jsou ekvivalentní extrémním účinkům větru.

Tabulka 1 Kategorie terénu

Kategorie terénu	V české republice
1. Rozbouřené otevřené moře, jezera do vzdálenosti nejméně 5 km proti směru větru a rovná krajina bez překážek	Nevyskytují se
2. Zemědělská půda s hraničními živými ploty, náhodné malé zemědělské stavby, domy a stromy	Převážná většina území v ČR
3. Předměstské nebo průmyslové oblasti a souvislé lesy	
4. Městské oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší jak 15 m	Některé části Prahy, Brna, ...

(ČSN EN 1991)

Zatížení větrem jsou proměnná v čase a působí jako na vnější povrchy uzavřených konstrukcí jako tlaky a vlivem prodyšnosti vnějšího povrchu působí také nepřímo na vnitřní povrchy. Na vnitřní povrchy otevřených konstrukcí mohou působit přímo. Tlaky působící na

plochy povrchu způsobují síly kolmé na povrch konstrukce či na jednotlivé prvky pláště. Klasifikace, zatížení větrem je pevné, avšak proměnné zatížení, nejsou tedy stále přítomná a v každém směru jsou stanovená rozdělení zatížení na konstrukci.

Odezva konstrukce na zatížení větrem:

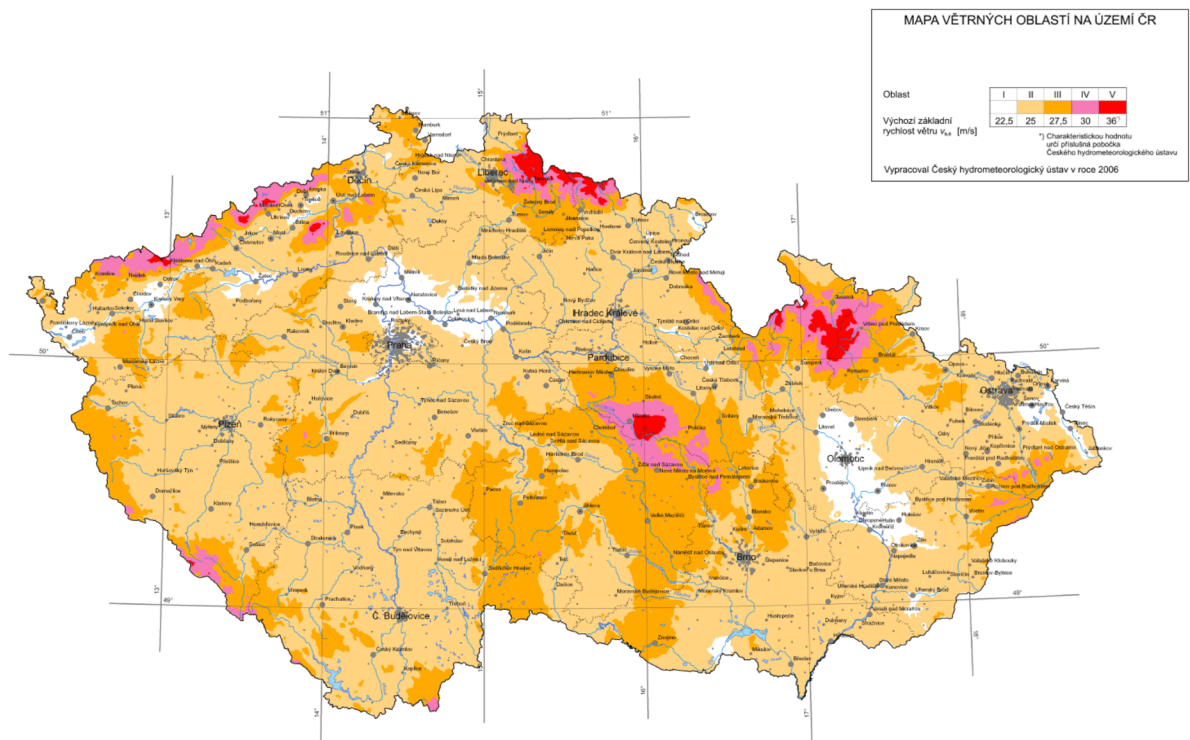
- Kvazistatická (rezonanční kmitání je možno zanedbat, musí se počítat pro všechny konstrukce)
- Dynamické
- Aerostatické

Rychlost větru a dynamický tlak jsou složeny ze stření a flukтуаční složky. Střední rychlost větru m_b , která závisí na větrných podmínkách a na změně větru s výškou, stanovené z drsnosti terénu a orografie. Flukтуаční složka větru je vyjádřena intenzitou turbulence.

Výchozí základní rychlost větru $w_{b,0}$ je charakteristická desetiminutová střední rychlost větru, s nízkou vegetací jako je tráva s izolovanými překážkami, vzdálenými od sebe nejméně 20násobek výšky překážek.

(fce.vutbr.cz 18.2.2023)

Pro Českou republiku jsou charakteristické rychlosti větru, které jsou udané v mapě větrných oblastí, viz obr. 18.



Obrázek 18 Větrová mapa České republiky <http://www.sticka.cz/mapy/> (4.2.2023)

Tlak větru působící na vnější povrch konstrukce w [Nm^{-2}] se počítá dle rovnice:

$$w = q_b \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

- Kde
- q_b základní střední tlak větru [Nm^{-2}]
 - $c_e(z_e)$ součinitel expozice, kterými zahrnuje vliv terénu a výšky nad zemí
 - c_{pe} součinitel aerodynamického tlaku větru

Základní střední tlak větru q_b [Nm^{-2}] je udávána rovnicí:

$$q_b = \rho \cdot v_b^2 / 2$$

Kde:

ρ = 1,25 kgm^{-3} uvažovaná měrná hodnota vzduchu

v_b referenční rychlost větru

(Jelínek 2017)

3.7 Ochrana dřeva krovu

Pro ochranu dřeva prvků zabudovaných v konstrukci před poškozením, je nutné dřevo chránit:

- Při těžbě a následném pořezu
- Konstrukčně
- Chemicky
- Fyzikálně

Pod pojmem ochrany dřeva se skrývá soubor opatření, které trvale předcházejí škodám na dřevě, způsobenými jak biotickými škůdci (dřevokazný hmyz, plísně, dřevokazné a jiné houby, řasy...) tak i abiotickými podmínkami (povětrnostní podmínky, UV a jiné záření, působení tepla...). Mezi tyto opatření se řadí:

- Výběr vhodného druhu dřeva s přirozenou odolností, výběr kvalitního řeziva či přířezů (druh dřeviny se odvíjí od prostředí, kde se bude nacházet), snahou je dosažení co nejvyšší trvanlivosti objektu
- Vhodné navržení konstrukční a stavební části, čímž se zapříčiní, aby použité dřevo, jež bylo zvoleno jako materiál bylo ochráněno před působením biotických a abiotických činitelů (tzv. stavební ochrana dřeva)
- Povrchová ochrana dřeva vůči povětrnostním vlivům (účinkování UV záření, větru, vody, exhalátů atd.)
- Aplikace biocidních prostředků na chemické bázi na ochranu dřeva, které snižují „atraktivitu“ dřeva pro škůdce, tlumí rozvoj škůdce ve dřevě, popř. dochází přímo k jeho eliminaci (odvíjí se od druhu ochranného prostředku: preventivní, likvidační)
- Aplikace výrazně likvidačních prostředků, pomocí kterých dochází k likvidaci škůdce, jenž již napadl dřevo. Způsob likvidace škůdce se odvíjí od způsobu napadení, velikosti daného prvku, jeho historické hodnoty...)
- Použití protipožárních opatření a aplikace prostředků na ochranu dřeva proti ohni (tzv. chemická ochrana dřeva: retardéry hoření).

(Vaculík B. a spol. 2016)

Pro ochranu dřeva prvků zabudovaných v konstrukci před poškozením, je nutné dřevo chránit:

- Při těžbě a následném pořezu
- Konstrukčně
- Chemicky
- Fyzikálně

3.7.1 Konstrukční řešení

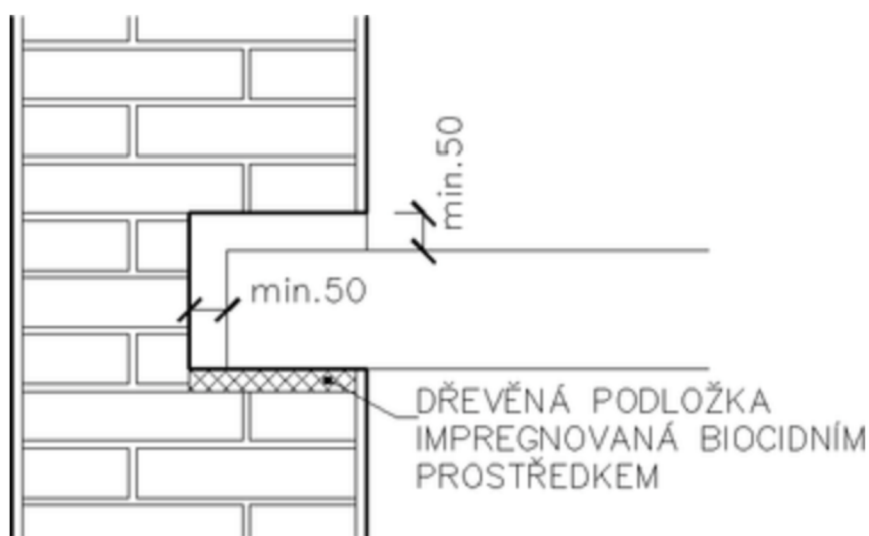
Konstrukční ochrana dřevěných konstrukcí je vedena jako preventivní. Na tento způsob ochrany je nutné pamatovat již při projektování daných konstrukcí, a to jak při nových

konstrukcích, tak i u rekonstrukcí. Pokud je však dřevěná konstrukce v blízkosti objektu napadeného dřevokazným hmyzem, je nezbytné použít preventivní chemickou ochranu.

Při užití dřevěného prvku je důležité, aby byl vysušen na vlhkost, jakou bude mít během užívání stavby. Vhodné vlhkosti jsou 18 % pro prostory chráněné ale nevytápěné a 22 % pro umístění ve vnějším prostředí chráněném před deštěm. Důležité je, aby dané prvky byly chráněny proti vyšší vlhkosti i v průběhu výroby a skladování, kde by se jejich konečná vlhkost mohla změnit a nepříznivě ovlivnit prvek po jeho zabudování. Nevhodně vysušené dřevo je náchylné na tvorbu trhlin, o to více je-li vystaveno přímému slunečnímu záření.

Velikému riziku jsou prvky vystavovány také pokud jsou zazděné takzvaně natvrdo, nebo na zdivu uložené, či jsou uložené podél zdiva. Nebezpečím je napadení prvků dřevokaznými houbami. Konstrukční ochranou jsou vzduchové mezery alespoň 30 mm, vhodnější je 50 mm kolem dřevěného prvku. Trámy uložené na zdivu se pokládají na podložky z tvrdého dřeva, které je vhodně chemicky upraveno.

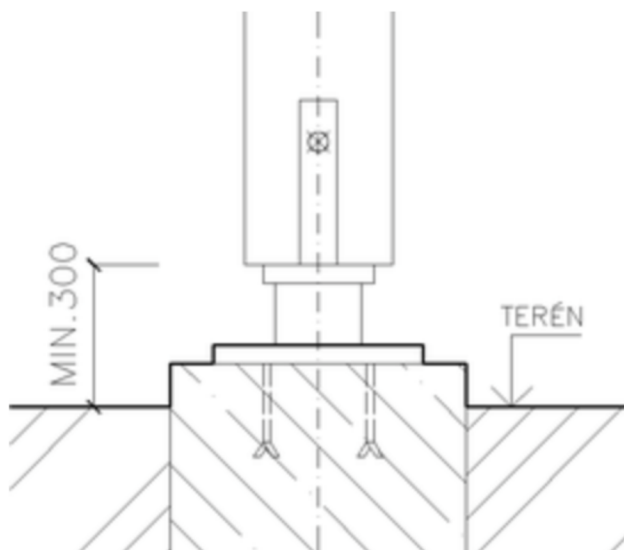
(Hestermann a spol. 2005)



Obrázek 19 Schéma zobrazující vhodné uložení trámy ve zdi (<https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11686-konstrukcni-ochrana-drevenych-prvku> 19.3.2023)

Dále je důležité dřevo chránit před přímým kontaktem s vodou a okolní vlhkostí. Dřevo je dále vhodné chránit před vlivem tepelných mostů a kontaktem se zdivem, betonem, či zemí. Nosné dřevěné prvky jsou proto kotveny v ocelových patkách ve výšce alespoň 300 mm nad zemí nebo vodou. Konstrukční spoje musí být zhotoveny tak, aby případná zatékající voda mohla ze spoje co nejsnadněji odtéct. Vrchní plochy, které přicházejí do styku s vodou nebo sněhem, je nutné opatřit krytkami a konstruovat je tak, aby se na nich voda nedržela.

(Riba 2018)



Obrázek 20 Schéma vhodně ukotveného sloupu (<https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11686-konstrukcni-ochrana-drevenych-prvku> 19.3.2023)

3.7.2 Chemická ochrana

Před použitím chemických prostředků na ochranu dřevěného prvku, je nutné mít znalosti o dřevě a používaných chemických přípravcích, včetně jejich působení a aplikaci. Před samotnou aplikací je nutné dřevo řádně připravit pro proces nanášení prostředku. To představuje např. zbavení dřeva kůry a nečistot, starých nánosů ochranných prostředků, pokud se nátěrové hmoty navzájem nesnášejí.

Nátěrové hmoty jsou látky v kapalném, pastovitém či práškovém skupenství, jež po aplikaci na povrch materiálu vytvoří souvislý nátěrový film. Při aplikaci se využívá nanášení jednoho či více vrstev zaschlých nátěrových filmů.

Nátěrové hmoty se dělí do tříd podle:

- Účelu použití
- Prostředí, ve kterém se prvek nachází
- Barvy
- Podle druhu pojiva

Nátěr plní mimo ochranné funkce v mnohých případech také funkci vzhledovou, popř. zušlechťuje povrch či je použit jako dokončovací prostředek, dále může dodávat dřevu barevnou úpravu povrchové vrstvy. Nátěrové hmoty (dále už jen NH) proti abiotickým činitelům ochraňují dřevo zejména proti povětrnostním vlivům. Chrání dřevo proti slunečním a jiným typům záření, dále omezují vnikání vlhkosti. Prostředky jako jsou prostředky proti povětrnostním vlivům, či prostředky k zušlechťování povrchů mnohdy neobsahují biocidy (jenž slouží k ochraně proti biotickým činitelům), některé však mají kombinované účinky, a tudíž poskytují ochranu proti organickým škůdcům dřeva. Povrchová ochrana pomocí NH je pouze dočasná a je nutné ji po určitém čase obnovovat. Nános nátěrové hmoty je nutné obnovovat v závislosti na okolních činitelích a na druhu použité látky. Obnova NH u konstrukčního prvku třídy ohrožení 1 (Dřevo je pod střechou, zcela chráněno před povětrností, nevystaveno působení vlhkosti) bude zapotřebí méně často než u prvku vystaveného působení třídy ohrožení 4 (Dřevo je ve styku s vodou a zemí. Vlhkost dřeva trvale přesahuje 20 %).

V historii se k povrchovým úpravám dílců do interiéru ale i exteriéru používalo převážně vápno nebo hlína. Z důvodu nízké životnosti těchto nánosů musel být nános NH často obnovován, obnova nátěrů plnila ochranou funkci především proti biotickým činitelům (např.

houbám nebo hmyzu). Dále se pro prvky uložené v interiéru používala volská krev, která rovněž plnila ochranou funkci proti biotickým škůdcům.

V dnešní době se pro povrchové úpravy dřevin nejhojněji užívají NH na bázi syntetických materiálů, olejů či akrylátů. Jejich užití se odvíjí od prostředí, kde se bude daný prvek nacházet, požadovaného stupně ochrany, vzhledu a požadované životnosti vzniklého nátěrového filmu. Použití NH ve venkovním prostředí upravuje norma ČSN EN 927-1 (672010). Nátěrové hmoty – Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí – Část 1: Klasifikace a volba.

(Sysala O. 2009)

3.7.3 Fyzikální ochrana dřeva

Fyzikální metody jsou velmi účinný způsob likvidace biotických činitelů. K jejich užití dochází až u napadených konstrukcí a jsou tudíž dodatečnou ochranou. Hlavními typy této ochrany jsou:

- Horkovzdušná sanace (termosanace)
- Mikrovlnná sterilizace

Horkovzdušná sanace je ekologická a velmi účinná metoda hubení škůdců napadajících dřevo. Musí ji předcházet detailní prohlídka objektu, která stanoví rozsah poškození a postup prací. Termosanace spočívá v prohřátí konstrukce v celém jejím průřezu na teplotu která zahubí daného škůdce ve všech stádiích vývoje. Tímto způsobem dojde k spolehlivému vyhubení škůdce bez rizika poškození konstrukce. Tento způsob ochrany byl v České republice použit v roce 2010 a je vhodný i pro ošetření historických krovů, zejména z toho důvodu že je nedestruktivní. Před samotnou sanací je nutné střešní prostor důkladně vyčistit a vysát případné nečistoty, které se zde mohly za dobu užívání nahromadit. Tento krok je důležitý pro zamezení vznícení nečistot a také jejich víření. Dalším krokem je utěsnění větších otvorů ve střeše jako jsou třeba světlíky, z důvodu zabránění úniku tepla. Během sanace je do krovu vháněna teplota, která je kvůli zamezení vzplanutí dřeva pod 180 °C po dobu 7 až 17 hodin. Teplota je měřena pomocí čidel umístěných po celé konstrukci.

Dalším způsobem sterilizace stavebních prvků je mikrovlnné záření, jenž je využíváno pro rekonstrukce objektů či budování půdních vestaveb. Tento způsob spolehlivě eliminuje prvky plísní, dřevokazný či dřevo zbarvující houby či dřevokazný hmyz, který byl odhalen při průzkumu stavby. Jak již název napovídá, je založen na mikrovlnném záření, konkrétně se jedná vesměs o frekvence vln kolem 2,45GHz a vlnové délce cca 12,2cm. Mikrovlny se šíří od zdroje do prostoru, kde dřevěnými prvky prochází, kdežto vodou je přeměňováno na teplo. Vzniklá teplota je regulována dle typu a charakteru dřevokazného činitele. Obecně se nechá říct, že k úhynu dřevokazného hmyzu v jakékoliv jeho formě dochází při teplotách nad 50°C. Při zvyšující se teplotě je zvyšována také rychlost likvidace daného škůdce. Tento způsob tedy využívá mikrovlnné záření pro rozkmitání vody v tělech organismů, které se v nich nachází podstatně více než ve dřevě, a tak dochází k jejich ohřátí podstatněji dříve než u dřevěných prvků.

(Herzog, T., & Natterer, J. 2012).

Oba tyto způsoby jsou velmi účinné a nedestruktivní vůči dřevěným prvkům. Podmínkou pro jejich užití je včasné odhalení škůdce a následná detailní prohlídka odborníka, který zhodnotí, jak je vhodné při následném ošetření objektu postupovat. Objekt může být poškozen do takové míry, kdy je nutné daný prvek krovu nahradit za nový.

4 Metodika

Pro vypracování této práce bylo zprvu nutné seznámit se s problematikou týkající se krovů a jejich historickým vývojem za pomoci odborných článků, knih či jiné odborné literatury. Toto seznámení se s problematikou sloužilo především pro první část práce, kde je rozebírána její obecná část. Z počátku je práce zaměřena na seznámení s definicí krovů a jejich dělení dle určitých typů konstrukcí či sklonu střešní konstrukce. Další úsek se zabývá historickým vývojem střešních konstrukcí na území České republiky v období od počátku stavebnictví do současnosti. Následuje část věnující se konstrukcím novodobých krovů a letmé nahlédnutí do statického řešení cíleného převážně na nahodilé zatížení krovu. Následuje část práce věnující se ochraně dřeva použitého na konstrukci.

Pro přiblížení problematiky navrhování střešních konstrukcí byl navázán kontakt s firmou DEKPANEL, která vyrábí dřevostavby zejména pak na bázi CLT panelů. Konkrétně byl navázán kontakt s Ing. Miroslavem Adamem, který se odborně věnuje návrhu dřevostaveb a poskytl mi cenné informace pro praktickou část práce. Její první část představuje výkresová dokumentace navrženého krovu, které následují základní statické výpočty. Při zhotovení praktické části je využito poznatků získaných při literární rešerši. Jedná se o novodobý vaznicový krov podepřený sloupky. Část zabývající se statikou krovu není příliš obsáhlá, z důvodu náročnosti dané problematiky, která není cílem práce. Následuje cenové zhodnocení navrženého krovu.

Cenové zhodnocení je provedeno pomocí hodnot z cenové soustavy ÚRS. Ceny se vztahují k I. pololetí 2023. V cenovém zhodnocení je počítáno s cenami bez DPH. Sazba DPH je připočtena až ke konečné ceně krovu a jedná se o sníženou sazbu DPH 15 % z důvodu užití krovu u stavby pro rodinné bydlení.

5 Výsledky

Cílem této části je vypracování návrhu novodobého krovu rodinného domu s jednoduchým půdorysem a jeho následné cenové zhodnocení. Při návrhu krovu bylo nutné brát v úvahu okolní životní ráz a ráz stávající zástavby. Dále pak požadavek zákazníka na možnost využití alespoň některé části půdních prostor např. pro skladování věcí.

Konstrukce krovu je navržena jako novodobá vaznicová soustava se svislými sloupky sloužícími jako nosné prvky (viz příloha 1). Veškeré prvky jsou ze smrkového řeziva. Sklon střešních rovin je 45° vůči pomyslné svislé ose krovu. V konstrukci krovu je 13 párů krokví o průřezu 100×160 mm, které jsou osedlány na vaznicích a pozednicích. Vaznice mají průřez 200×260 mm a jsou navrženy z lepeného řeziva, které má lepší mechanické vlastnosti než masivní hranol. Pozednice jsou navrženy z hranolu o rozměrech 155×155 mm. Navržená konstrukce obsahuje vaznice podepřené svislými sloupky, které jsou opatřené páskami. Sloupky mají průřez 180×180 mm a pásky 140×160 mm. Vaznice jsou tudíž nesené převážně sloupky, které se nacházejí u štítů a příček. Kleštiny jsou uloženy pod vaznicemi a jsou po obou stranách krokví, výjimkou jsou krokve nacházející se u štítových stěn, u těchto vazeb je použita pouze jedna kleština na vnější straně.

Nevýhodou užití svislých sloupků pro podepření vaznic je omezení využití obytných prostor v místě jejich využití. Další nevýhodou oproti hambalkovému krovu je možnost využití menšího prostoru podkrovních prostor.

Výhodou naopak je tuhost takto navržené konstrukce. Využitím sloupků a pásek je docíleno snížení průhybu vaznic. Pomocí vaznic je docílen přenos zatížení do štítových stěn krovu a nosných vnitřních příček stavby, to zajišťuje lepší rozložení působících sil na krov a jeho lepší stabilitu a tuhost. Díky rovnoměrnějšímu přenosu sil krov lépe působí na konstrukci objektu a tím je docílena jeho delší životnost.

5.1 Statistika navrženého krovu

Zatížení je provedeno podle ČSN EN 1990 a ČSN 1991-1.

5.1.1 Klimatické zatížení

Objekt, pro který je krov navrhován, se nachází na mapě větrných i sněhových oblastí ve II. oblasti.

5.1.1.1 Zatížení sněhem

Dle ČSN EN 1991-1-3

Sedlová střecha

Sklon střechy	$a =$	45°
Tvarový součinitel	$m_1 =$	0,4
Tvarový součinitel	$m_2 =$	1,6
Součinitel expozice	$C_e =$	1

Tepelný součinitel	$C_{t=}$	1
Charakteristická hodnota zatížení sněhem	$s_k=$	1,21 [kN/m ²]
Zatížení sněhem $s_{t=}$		0,484 [kN/m ²]

5.1.1.2 Zatížení větrem

Dle ČSN EN 1991-1-4

Základní rychlost větru 1 A

$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$	25 m/s
Souč. směru větru $c_{dir}=$	1
Souč. ročních období c_{season}	1
Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$	25 m/s

Příčný směr větru

Geometrie objektu

$h=$	3,76	m
$b=$	12,1	m
$d=$	7,5	m

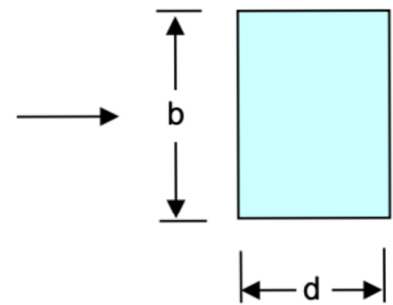
Referenční výška terénu	$z_e=$	$h=$	3,76	m
		$b=$	0	m

Kategorie terénu: III.

Součinitel drsnosti $z_0=$	0,3	m
Minimální výška $z_{min}=$	5	m
Maximální výška $z_{max}=$	200	m

Vnější tlak větru

$W_{F,0}=$	0	0,31	kN/m ²
$W_{G,0}=$	0	0,31	kN/m ²
$W_{H,0}=$	0	0,26	kN/m ²
$W_{I,0}=$	-0,09	0	kN/m ²
$W_{J,0}=$	-0,13	0	kN/m ²



Obrázek 21 Příčný směr větru působný na konstrukci (Vlastní tvorba)

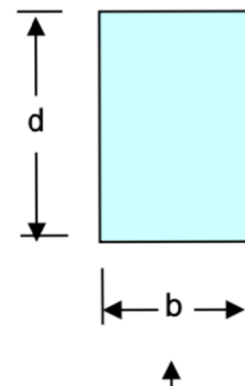
Podélný směr

Geometrie objektu:

$h=$	3,76	m
$b=$	7,5	m
$d=$	12,1	m

Součinitel tlaků sil:

$e=\min :$	$b=$	8,05	m
$:$	$2h=$	7,52	m



$$e = 7,52 \text{ m}$$

Obrázek 22 Podélný směr větru půdní vestavby
(Vlastní tvorba)

Vnější tlak větru:

$W_{F,0} = 0$	0,31	kN/m^2
$W_{G,0} = 0$	0,31	kN/m^2
$W_{H,0} = 0$	0,26	kN/m^2
$W_{I,0} = -0,09$	0	kN/m^2
$W_{J,0} = -0,13$	0	kN/m^2

5.2 Cenové zhodnocení

Cenové zhodnocení se týká navrženého krovu vaznicové soustavy.

Cena je propočítána v závislosti na objemovém množství použitého smrkového materiálu viz. tabulka 2. kde jsou zobrazeny rozměry jednotlivých prvků konstrukce krovu.

Tabulka 2 Základní rozměry a hodnoty použité při následných výpočtech (vlastní tvorba)

Prvek	Délka [cm]	Šířka [cm]	Výška [cm]	Hrubá délka [m]	Počet kusů	Objem [m^3]	Obsah [cm^2]
Krokve	530	10	16	5,5	26	2,75	160
Vaznice	1210	20	26	12,5	2	1,56	520
Pozednice	1210	15,5	15,5	12,5	2	0,72	240,25
Kleštiny	347	8	16	3,5	24	1,29	128
Sloupky	275	18	18	3	8	0,93	324
Pásy	180	14	16	2	8	0,43	224
Celkem						7,68	

Hodnoty pro výpočet ceny smrkového řeziva jsou čerpány z cenové soustavy ÚRS. Pro výpočet je použita hrubá délka dílců z důvodu vyšší dostupnosti materiálu v těchto délkách a případného nacenění hrubých délek dodavatelem. Ceny viz. tabulka 3. se vztahují k I. pololetí 2023.

Tabulka 3 Cenová kalkulace ceny řeziva (vlastní tvorba)

Materiál:	SM							
Prvek	Délka [m]	Šířka [m]	Výška [m]	Hrubá délka [m]	Počet kusů	Objem [m^3]	Cena za m^3 řeziva	Cena materiálu na daný prvek
Krokve	5,3	0,1	0,16	5,5	26	2,75	10 600,00 Kč	29 103,36 Kč
Vaznice	12,1	0,2	0,26	12,5	2	1,56	21 540,00 Kč	33 602,40 Kč
Pozednice	12,1	0,155	0,155	12,5	2	0,72	11 600,00 Kč	8 360,70 Kč
Kleštiny	3,47	0,08	0,16	3,5	24	1,29	9 840,00 Kč	12 695,96 Kč
Sloupky	2,75	0,18	0,18	3	8	0,93	10 800,00 Kč	10 077,70 Kč
Pásy	1,8	0,14	0,16	2	8	0,43	10 600,00 Kč	4 558,85 Kč
Celkem						7,68		98 398,97 Kč

(<https://cs-urs-online.urs.cz/>)

Pro výpočet hodnot viz. tabulka č. 4 byly použity hodnoty dle cenové soustavy ÚRS. Ceny se vztahují k I. pololetí 2023. Cenová soustava ÚRS (CS ÚRS) je ucelený systém informací, metodických návodů a postupů pro stanovení ceny stavebního díla. Všechny informace jsou integrovány do strukturované multimediální databáze. CS ÚRS pomáhá

investorům, projektantům i dodavatelům ve všech fázích výstavby při přípravě stavby i její realizaci. Slouží jako zdroj informací o cenách materiálů, výrobků a stavebních prací.

Při výpočtu není do cenového ohodnocení zahrnuta cena za přesun hmot, z důvodu závislosti na vzdálenosti objektu, a tudíž by byla cena zakreslena dle dodavatele. Dále není zahrnuto ohodnocení vypracování technické dokumentace. Při výpočtu montáže je naopak počítáno s nepřímými a přímými zpracovacími náklady dodavatele. PZN (PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NAKLADY) vyjadřují souhrn nákladů zahrnující přímé mzdy výrobních dělníků včetně sociálního a zdravotního pojištění, náklady na provoz stavebních strojů a doplňkové ostatní přímé náklady (např. dopravní tarify a subdodávky). Nepřímé náklady zahrnují výrobní a správní režii a zisk dodavatele.

V položce montáž není zahrnuta cena materiálu, je počítáno pouze s PZN a nepřímými náklady. Naopak v položce spojovací prostředky je uvažováno pouze s cenou materiálu a zbylé ohodnocení je součástí předešlé položky-montáž. V položce impregnace je zahrnuta cena NH (nátěrových hmot) +PZN+Hrubé rozpětí (přímé a nepřímé náklady). V poslední zmíněné položce-profilování je zahrnuta PZN+Hrubé rozpětí.

Ceny montáže se vztahují na jeden m v závislosti na obsahu průřezu daného dílce. Spojovací prostředky jsou ceněny na základě objemového množství stejně tak jako impregnace. Profilováním trámů je myšleno provedení ozdobného zakončení prokulatinou, a cena se vztahuje k počtu takto opracovaných kusů.

Tabulka 4 Cena počítané pomocí cenové soustavy ÚRS (vlastní tvorba)

Montáž [kč/m]	Cena montáže daného prvku [kč]	Spojovací prostředky [kč/m ³]	Impregnace [kč/m ³]	Profilování trámů [kč/ks]
285,00 Kč	39 273,00 Kč	1 910,00 Kč	1 250,00 Kč	197,00 Kč
567,00 Kč	13 721,40 Kč	1 910,00 Kč	1 250,00 Kč	307,00 Kč
412,00 Kč	9 970,40 Kč	1 910,00 Kč	1 250,00 Kč	
285,00 Kč	23 734,80 Kč	1 910,00 Kč	1 250,00 Kč	
456,00 Kč	10 032,00 Kč		1 250,00 Kč	307,00 Kč
456,00 Kč	6 566,40 Kč		1 250,00 Kč	256,00 Kč
	103 298,00 Kč	12 064,69 Kč	9 599,74 Kč	10 240,00 Kč

(<https://cs-urs-online.urs.cz/>)

Při výpočtech je počítáno s cenou bez DPH viz tabulka č.5. Hodnota DPH je připočtena až k výsledné ceně krovu. Jelikož se jedná o stavbu určenou k bydlení, vztahuje se na ni možnost uplatnění snížené sazby 15 % DPH. Dle §48a, odst. 1 Zákona o DPH a §121, odst. 1 zákona č. 40/1964 Sb., Občanského zákoníku, lze uplatnit sníženou sazbu DPH 15 % pouze v případě, pokud jsou dodávané stavební a montážní práce provedeny na objektu, který je příslušenstvím rodinného domu nebo bytu a splňuje definici sociálního bydlení.

Tabulka 5 Souhrn cen (vlastní tvorba)

Cena montáže a výroby	135 202,42 Kč	
Cena dřeva	98 398,97 Kč	
Cena celkem	233 601,39 Kč	bez DPH
Cena spotřebitele	268 641,60 Kč	s DPH

Cena spotřebitele 268 641,60 Kč nezahrnuje cenu střešní krytiny a prací spojenou s touto položkou z důvodu, že tyto položky nejsou cílem práce. Jak je již zmíněno výše, v ceně není také zahrnuta hodnota ,výkresové dokumentace navrhované konstrukce.

6 Diskuse

Zvolení střešní konstrukce je ovlivňováno několika faktory jako je sklon střechy, tvar, rozpětí, šířka, výška konstrukce a účel využití budovy. Dále závisí na individuálních preferencích zákazníka a cenové hladině zvoleného krovu. Krovové konstrukce přenášejí zatížení do svislých nosných prvků, není-li do nich přenášeno svislé zatížení, ale např. šikmé, může dojít k jejich poškození. Z tohoto důvodu je nutné vhodné navržení krovu tak, aby veškeré zatížení bylo do svislých prvků přenášeno ve svislém směru.

Cena konstrukce krovu představuje značnou část celkové ceny dřevostavby. Přesné procento závisí na mnoha faktorech, jako jsou velikost a složitost konstrukce krovu, použité materiály, pracovní náklady atd. Nicméně, obecně lze říct, že cena krovu může tvořit přibližně 20-30% celkové ceny dřevostavby. Je důležité brát v úvahu, že konstrukce krovu je klíčovým prvkem celé dřevostavby, který může ovlivnit stabilitu a trvanlivost celého objektu, takže investice do kvalitní konstrukce krovu se může vyplatit v dlouhodobém horizontu.

Při konečném rozhodování byly brány v úvahu dva druhy konstrukcí, a to konkrétně vaznicová a hambalková. Pro výběr vhodného řešení byli porovnány jejich výhody a nevýhody.

Tam kde není nezbytně nutné, aby byl zcela uvolněn podkrovní prostor, je vhodné využít konstrukce vaznicového krovu namísto krovu hambalkového uvádí Jelínek 2017.

Hambalkové krovy se vyznačují obecně nižší cenou, spotřebou řeziva jednodušší montáží. Její podstatnou výhodou je možnost využití veškerého podkrovního prostoru. Nevýhodou oproti tomu však je přenos zatížení pouze do dvou protilehlých stěn a nižší tuhost konstrukce oproti soustavě vaznicové. Provedení může být navrženo buď to s posuvným nebo neposuvným hambalkem.

Oproti tomu soustavy vaznicové se vyznačují vyšší tuhostí a stabilitou krovu, vyžadují však větší odbornost pracovníků a obecně se pohybují ve vyšší cenové hladině než krovy soustavy hambalkové. Tato konstrukce do jisté míry omezuje využití podkrovních prostor z důvodu výskytu vaznic v konstrukci. Vzniklý prostor může být využíván pro skladování. Vaznice novodobých krovů použité pro dřevostavby musejí být navrženy z řeziva větších průřezů než u krovů historických. V této konstrukci vaznice přenášejí zatížení i do štitových stěn objektu a do vnitřních nosných konstrukcí pomocí sloupků a pásek podepírajících vaznice. Tato konstrukce působí menším zatížením na obvodové stěny, čímž přispívá k lepšímu rozložení působících sil a tím snížení celkové deformace krovu a objektu.

V cenovém zhodnocení je počítáno s hodnotami cenové soustavy ÚRS, která uvádí ceny bez DPH. Konečné ohodnocení zahrnuje cenu materiálu, montáže a tesařských prací prováděných na konstrukci. Cena nezahrnuje dopravu a manipulaci s hmotami. Případné započítání dopravy by zkreslilo výslednou cenu v závislosti na vzdálenosti dodavatele od stavby. Jelikož se jedná o stavbu určenou k bydlení, vztahuje se na ni možnost uplatnění snížené sazby 15 % DPH.

7 Závěr

Popsány byli typy střešních konstrukcí, způsoby dělení krovů a jejich konstrukce. Dále byl zpracován historický vývoj krovů na území současné České republiky, zejména jejich sklon a volba typu konstrukce v závislosti na daném historickém období. Na základě literární rešerše je možné pozorovat určité trendy navrhování střech v závislosti na slohovém postupu daného období. Změny sklonu střech v určitých obdobích jsou tak razantní, že se v dnešní době můžeme setkat s pojmy jako jsou gotická střecha, či barokní mansard.

Některé typy krovů byly v nedávné době inovovány a vyvinuty v důmyslně propracované konstrukce. Novodobé krovy se od historických liší převážně možnostmi použití nových materiálů, jako jsou např. OSB desky, lepené hranoly, dřevovláknité desky dále jednodušší a lehčí konstrukcí. U novodobých krovů je snaha o co nejvyšší stupeň prefabrikace dílců, za účelem přesnosti provedených tesařských prací, úspory času a pracnosti. Na základě těchto výrobních postupů a jednodušší konstrukci je dosaženo snadnější a rychlejší kompletace konstrukce na daném objektu. Nutnou položkou novodobých krovů je také jejich ochrana, kterou je dosahováno prodloužení životnosti konstrukce a dochází k minimalizaci možností jejího případného poškození či napadení biotickými a abiotickými činiteli.

Další část je zaměřena na návrh novodobého krovu dřevostavby. Krov dřevěné novostavby je navržen tak, aby nerušil a zároveň nemohl negativně ovlivnit okolní životní prostředí, krajinný ráz a ráz stávající zástavby. Zastřešení je navrženo jako sedlová střecha s nosnou konstrukcí z dřevěného krovu novodobého pojetí. Návrh novodobého vaznicového krovu byl proveden s ohledem na moderní požadavky zvyšování komfortu bydlení. Nový design krovu poskytuje vysokou odolnost a pevnost konstrukce, což přispívá k trvanlivosti a bezpečnosti dřevostavby. Nevýhodou jsou svislé sloupky a pásky použité v konstrukci, které snižují využitelné prostory v podkrovním prostředí. Tyto prvky musejí být umístěny nad nosnými příčkami nižších podlaží. Tyto prvky jsou však charakteristickým jevem pro tento druh konstrukce. Navržený krov nemá přesahy přes obvodové zdi dřevostavby z důvodu docílení rovnoměrného přirozeného stárnutí dřevěných stěn v celé ploše obvodu konstrukce.

Cenové zhodnocení konstrukce dřevěného krovu může být cenově odlišné v závislosti na místních trzích a dostupnosti materiálů. Navržený krov je naceněn dle cenové soustavy ÚRS, a tudíž je cena pouze orientační a cena případného dodavatele se může lišit. V konečné ceně není zahrnuta cena dopravy a cena přesunu hmot, z důvodu závislosti na vzdálenosti daného objektu. Jelikož se jedná o rodinný dům pro sociální bydlení, jehož celková plocha nepřesáhla 350 m² je možné pro konečnou cenu krovu uplatnit sníženou sazbu DPH která činí 15 %.

Vzhledem k výše uvedeným závěrům lze konstatovat, že konstrukce jak dřevostaveb, tak i moderních vaznicových krovů je vhodná pro aktivní obývání a je atraktivní volbou pro klienty kteří hledají moderní a udržitelný způsob bydlení.

8 Použitá literatura

- Beneš, T. a HANÁK, M. (2017). Střechy a krytiny. 1st ed. Brno: CERM. ISBN 978-80-7204-992-0.
- Blass, H. J., Sandhass, C.: Zimmer Engineering - Principles for Design. 2013. ISBN 3731506734
- Ching, F. D. K. (2014). Building Construction Illustrated. 5th ed. John Wiley & Sons. ISBN: 978-1118458341.
- Hájek, P. (2002). Dřevostavby I.: statické řešení. Praha: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- Hájek, V. : Stavíme ze dřeva. Sobotáles, 1997, ISBN: 8085920441.
- Herzog, T. and NATTERER, J. (2012). Timber Construction Manual. Birkhäuser. ISBN: 978-3034607128.
- Hestermann, U. a spol. (2005). Stavební konstrukce. JAGA. ISBN 80-8076-025-1.
- Hogen, J. (2012). Střechy. 1st ed. Praha: Grada Publishing. ISBN: 978-80-247-4095-5.
- Ching, F. D. K. (2012). The Visual Dictionary of Architecture. 2nd ed. John Wiley & Sons. ISBN: 978-0470648858.
- Jelínek, L. (2008). Tesařské konstrukce. 2 aktualiz. Vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. ČKAIT. ISBN: 978-80-87093-74-0.
- Jelínek, L. Červěný, P. Řáha, F. (2017). Nové krovy Vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. ČKAIT. ISBN: 978-80-8743-894-7
- Kadlecová, A. a spol. (2008). Mansardové střechy obytných podkroví. ERA group spol. s.r.o. ISBN: 978-80-7366-113-7.
- Kovář, P. a NOVOTNÝ, P. (2012). Moderní krovy a jejich využití. Grada Publishing. ISBN: 978-80-247-4184-1.
- Matějka, L. (2005). Pozemní stavitelství 3, šikmé a strmé střechy. Brno: Cerm. ISBN: 978-80-7204-540-2.
- McGraw-Hill (2015). Carpentry & Building Construction. McGraw-Hill Education. ISBN: 978-0021402441.
- Mindham, C. N. (2006). Roof construction and Loft conversion. Blackwell Publishing. ISBN: 978-40513963-2.
- Riba (2018). The loft conversion handbook. RIBA Publishing. ISBN: 9781859467190
- Steiger, L.: Basics Timber Construction. Brikhauser, 2020, ISBN-10: 3764381027.
- Straka, B. a spol. (2013). Konstrukce šikmých střech. GRADA publishing a.s. ISBN: 978-80-247-4205-2.

- Sysala, O. (2023). Ochrana stavebního dřeva. Povrchové úpravy. (9). ISSN 1212-0111
- Štikar, J. (2002). Střechy. ERA group. ISBN: 8073660237.
- Vaculík, B., ŠERÁK, J., a ČECH, J. (2016). Ochrana a údržba dřeva v exteriéru. 1. vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-87108-69-5.
- Vinař, J. a Kufner, V.: Historické krovy. Konstrukce a statika. Grada, 2004, ISBN: 8071695750.
- Vinař, J.: Historické krovy. Typologie, průzkum, opravy. Grada, 2009, ISBN 9788024730387.

Seznam použitých elektronických odkazů

Zatížení konstrukcí [on-line]. VUTBR [18.2.2023] dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/bzk/simunek.p/prvky/01_cv1_zatizeni_teorie_tabulky.pdf

Temtis. Handbook 1 – Timber structures [on-line]. Ostrava. PDF. [2.3.2023] Dostupné z WWW: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook1_final.pdf

Copyright © ÚRS CZ a.s., 2023 [on-line] [20.3.2023] dostupné z: <https://cs-urs-online.urs.cz/index>

Použité normy

- ČSN 73 1702 Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN 73 1901-1 Navrhování střech – Část 1: Základní ustanovení
- ČSN 73 2810 Dřevěné stavební konstrukce – Provádění
- ČSN 73 3130 Stavební práce. Truhlářské práce stavební. Základní ustanovení
- ČSN 73 3150 Tesařské spoje dřevěných konstrukcí – Terminologie třídění
- ČSN 73 6101 - Výpočet a návrh dřevěných střešních konstrukcí. Český normalizační institut, 2008.
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 927-1 Nátěrové hmoty – Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí – Část 1: Klasifikace a volba

Seznam obrázků

Obrázek 1 Vaznicová soustava (Ruman D. 2022).....	4
Obrázek 2 Stojatá a ležatá stolice (Ruman D. 2022).....	5
Obrázek 3 Schéma kombinované stolice plných vazeb (http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html 11.2.2023).....	5
Obrázek 4 Schéma vzpěradel (Matějka 2005).....	6
Obrázek 5 Schéma věšadel (Matějka 2005).....	6
Obrázek 6 Krovy hambalkové soustavy prosté (Hájek 1997).....	7
Obrázek 7 Axonometrie hambalkového krovu (Jeřábek, 1955).....	7
Obrázek 8 Krovy hambalkové soustavy (Hájek 1997).....	8
Obrázek 9 Typy střešních konstrukcí http://www.strechynt.cz/nase-nabidka/strechy (27.1.2023).....	12
Obrázek 10 Základní názvosloví hran a rovin šikmých střech https://www.stavinvest.cz/specialista-radi/sikme-strechy-zakladni-pojmy-a-rozdeleni/ (21.2.2023).....	14
Obrázek 11 Schéma novodobého vaznicového krovu (https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/krovy-a-drevene-konstrukce/23153-konstrukce-krovu-novodobe-krovy-a.html#.ZCv8JC9XpQI 9.3.2023).....	18
Obrázek 12 Schéma novodobého hambalkového krovu (https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/krovy-a-drevene-konstrukce/23153-konstrukce-krovu-novodobe-krovy-a.html#.ZCamGS9XpQI) (9.3.2023).....	19
Obrázek 13 Novodobý hambalkový krov, působení sil na krov s posuvným hambalkem a) osové schéma b) průhyb, reakce (Jelínek 2017).....	19
Obrázek 14 Novodobý hambalkový krov, působení sil na krov s neposuvným hambalkem c) osové schéma d) průhyb, reakce (Jelínek 2017).....	20
Obrázek 15 Prvky krovu (Jelínek 2017).....	24
Obrázek 16 Průběh normálové síly vaznicového krovu N [kN] https://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0099/009982o3.jpg (17.3.2023).....	25
Obrázek 17 Mapa sněhových oblastí na území České republiky http://www.sticka.cz/mapy/ (4.2.2023).....	27
Obrázek 18 Větrová mapa České republiky http://www.sticka.cz/mapy/ (4.2.2023).....	28
Obrázek 19 Schéma zobrazující vhodné uložení trámu ve zdi (https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11686-konstrukcni-ochrana-drevenych-prvku 19.3.2023).....	30
Obrázek 20 Schéma vhodně ukotveného sloupu (https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11686-konstrukcni-ochrana-drevenych-prvku 19.3.2023).....	31
Obrázek 21 Příčný směr větru působný na konstrukci (Vlastní tvorba).....	35
Obrázek 22 Podélný směr větru půdní vestavby (Vlastní tvorba).....	36

Seznam tabulek

Tabulka 1 Kategorie terénu.....	27
Tabulka 2 Základní rozměry a hodnoty použité při následných výpočtech (vlastní tvorba).....	36
Tabulka 3 Cenová kalkulace ceny řeziva (vlastní tvorba).....	36
Tabulka 4 Cena počítané pomocí cenové soustavy ÚRS (vlastní tvorba).....	37
Tabulka 5 Souhrn cen (vlastní tvorba).....	37

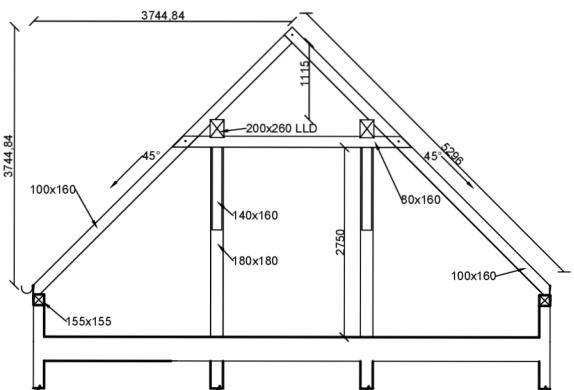
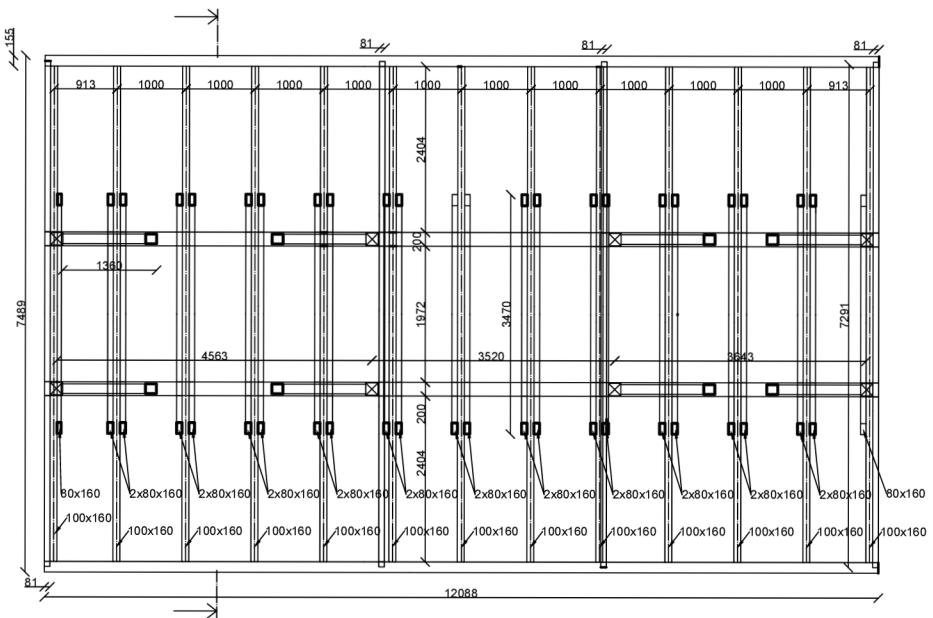
Seznam grafů

Graf 1 Poměry sklonů střech (Hoffsummer 1993).....	15
Graf 2 Přenos svíslého zatížení v krokách při různých sklonech střechy (Vinař 1995).....	16

Graf 3 Poměr napětí v krokvích při zatížení vlastní tíhou, sněhem a větrem pro různě sklony střech (Vinař 1995)	16
Graf 4 Vodorovná síla v patě ležaté stolice při různých sklonech (Vinař 1995).....	17

Přílohy

Příloha 1: Jednoduchý výkres navrženého krovu



VYPRACOVAL:		KONTROLOVAL:		ČZU	
Ondřej Adam		doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.		ČESKÁ ZEMĚDELSKÁ UNIVERZITA V PRAZE	
NÁZEV AKCE:		Bakalářská práce		DATUM: 3/2023	
		KROV DŘEVOSTAVBY		Formát: A3	
NÁZEV PŘÍLOHY:		VÝKRES KROVU		MĚŘÍTKO: 1:50	
				Č. VÝKRESU: 1	
				Použitá dřevina	SM
				Vlhkost dřeva	18%