

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ**



Obor: Dřevařství

Katedra: Katedra zpracování dřeva

**Možnosti řešení konstrukcí krovů dřevěnými příhradovými
vazníky**

V závislosti na typu obytné budovy a jejich ekonomická bilance

(bakalářská práce)

Autor: Jiří Procházka

Vedoucí práce: Ing. Martin Sviták

© 2012 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zpracování dřeva

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Procházka Jiří

Dřevařství

Název práce

Možnosti řešení konstrukcí krovů dřevěnými příhradovými vazníky.

Anglický název

Possible solutions of roof constructions using trussed girders.

Cíle práce

Analyzovat a vyřešit problematiku využitelnosti podkrovního prostoru obytných objektů za použití vazníkových nosníků při zachování pevnosti krovu z hlediska konstrukce, statiky a ekonomičnosti stavěného objektu.

Metodika

- 1) Úvod
- 2) Cíl práce
- 3) Druhy vazníkových nosníků a jejich specifikace
- 4) Způsoby realizace vazníkových konstrukcí krovů bytových domů
- 5) Způsoby realizace vazníkových konstrukcí krovů rodinných domů
- 6) Konstrukční řešení podkrovní obytné části u vazníkových konstrukcí
- 7) Výhody a nevýhody vazníkových konstrukcí krovů
- 8) Cenová bilance a doporučení

Harmonogram zpracování

Datum zadání práce: květen 2011

Datum odevzdání práce: duben 2012

Rozsah textové části

35 - 45 stran

Klíčová slova

krov, vazník, styčnicková deska, podkroví, rozpětí, ohyb

Doporučené zdroje informací

BLASS, H. J. a kol. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí. 1. vyd., Praha: IC ČKAIT, 2008. 228 s. ISBN 978-80-87093-73-3.

GERNER, Manfred. Tesařské spoje. 1. vyd., Grada, 2003. 220 s. ISBN 978-80-247-0076-2.

JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce. 1. Vyd., Praha: IC ČKAIT, 2008. 236 s. ISBN 80-87093-74-0

KOŽELOUH, Bohumil. Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5. STEP 2. 1. vyd., Praha: IC ČKAIT, 2004. 375 s. ISBN 80-86769-13-5.

KUKLÍK, Petr. Dřevěné konstrukce. 2. vyd., Praha: IC ČKAIT, 2006. 369 s. ISBN

KUKLÍK, Petr, KUKLÍKOVÁ, Anna. Navrhování dřevěných konstrukcí: Příručka k ČSN EN 1995-1-1. vyd., Praha: IC ČKAIT, 2010. 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.

Vedoucí práce

Sviták Martin, Ing.

Termín odevzdání

duben 2012



doc. Ing. Štefan Barčík, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 7.12.2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Možnosti řešení konstrukcí krovů dřevěnými příhradovými vazníky“ vypracoval zcela samostatně a vyznačil veškeré citace z pramenů.

v Praze dne

.....

podpis studenta

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval své rodině, která mě doposud podporovala po celou dobu studia, dále celé firmě ARRBO s.r.o. za poskytnutí důležitých podkladů k vypracování této práce a také Ing. Martinu Svitákovi za odborný dohled nad průběhem jejího zpracování.

Možnosti řešení konstrukcí krovů dřevěnými příhradovými vazníky

V závislosti v závislosti na typu obytné budovy a jejich ekonomická bilance

Possible solutions of roof constructions using trussed rafters

Depending on type of residential building and their economic balance.

Abstrakt

Tato bakalářská práce rozebírá problematiku využití podkrovního prostoru u krovů s příhradovými vazníky. První části práce jsou věnovány starým i novým systémům příhradových vazníků, jejich rozdělení a popisu. Další kapitola pojednává o celém výrobním procesu příhradových vazníků spojených deskami s prolisovanými trny. Postup je deklarován na vzorovém případě. Předposlední část se zabývá využitelností podkrovního prostoru těchto systémů, přičemž jsou dále zhodnoceny z ekonomických hledisek. Pomocí dat, která byla získána od specializované firmy, byla zpracována statistika o využitelnosti podkroví v závislosti na dalších parametrech, přičemž byly porovnávány vazníkové a klasicky vázané krovky z ekonomického hlediska. Tomuto je věnována poslední část práce.

Klíčová slova: krov, vazník, styčnicková deska, podkroví, rozpětí, ohyb

Abstrakt

This Bachelor thesis is analysing issue of usability of space in attic of roofs made of trussed rafters. First parts of thesis are about old and new systems of trussed rafters, about their classification and description. Following part is dealing with making process of trussed rafters, which are joined by connector plates. Working procedure is demonstrated by real example. Penultimate section discusses to usability of attic space of these systems, which are further evaluated for economic considerations. Using data, which was obtained from a specialist company, has been prepared statistics of the usability of the attic, depending on other parameters. In this case there is a comparison of truss roofs and classic roofs in economic terms, which is devoted to the last part.

Key words: truss, trussed rafter, connector plate, attic, span, flexural strength

Obsah

1	ÚVOD.....	- 11 -
2	CÍL PRÁCE.....	- 12 -
3	DRUHY PŘÍHRADOVÝCH VAZNÍKŮ A JEJICH SPECIFIKACE	- 13 -
3.1	Dělení podle způsobu spojení prvků	- 13 -
3.1.1	Příhradové vazníky sbíjené.....	- 13 -
3.1.2	Příhradové vazníky lepené	- 14 -
3.1.3	Příhradové vazníky spojené deskami s prolisovanými trny	- 15 -
3.1.4	Příhradové vazníky s ocelovými kolíky	- 16 -
3.1.5	Příhradové vazníky spojované svorníky.....	- 17 -
3.1.6	Příhradové vazníky s kovovými hmoždíky	- 18 -
3.1.7	Příhradové vazníky s kovovými diagonálami	- 18 -
3.1.8	Příhradové vazníky s hmoždíky MKD.....	- 20 -
3.1.9	Hooweho předejzatý příhradový vazník	- 21 -
3.2	Dělení podle tvaru konstrukce	- 21 -
3.2.1	Trojúhelníkové příhradové vazníky	- 21 -
3.2.2	Nůžkové příhradové vazníky	- 22 -
3.2.3	Obloukové příhradové vazníky	- 23 -
3.2.4	Obdélníkové příhradové vazníky	- 23 -
3.2.5	Ostatní tvary	- 24 -
4	ZPŮSOBY REALIZACE VAZNÍKOVÝCH KONSTRUKCÍ KROVŮ BYTOVÝCH DOMŮ	- 24 -
4.1	Nejčastěji používané tvary střech bytových domů a jejich konstrukce	- 25 -
4.1.1	Sedlové střechy	- 25 -
4.1.2	Obloukové střechy.....	- 25 -
4.1.3	Mansardové střechy	- 26 -
4.1.4	Valbové střechy	- 26 -
4.1.5	Ostatní střechy	- 26 -
5	ZPŮSOBY REALIZACE KONSTRUKCÍ VAZNÍKOVÝCH KROVŮ RODINNÝCH DOMŮ.....	- 27 -
5.1	Sedlové střechy.....	- 27 -
5.2	Valbové střechy	- 27 -
5.3	Obloukové střechy	- 28 -
5.4	Mansardové střechy.....	- 28 -

6	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PODKROVNÍ OBYTNÉ ČÁSTI U VAZNÍKOVÝCH KONSTRUKCÍ.....	- 29 -
6.1	Příklad realizace krovu sedlové střechy s obytným podkrovím technologií s deskami s prolisovanými trny	- 29 -
6.1.1	Předpoklady pro úspěšnou realizaci.....	- 29 -
6.1.2	Získání podkladů pro realizaci a tvorba cenové nabídky	- 30 -
6.1.3	Statický výpočet	- 31 -
6.1.3.1	Zatěžovací stavy	- 31 -
6.1.3.2	Schémata zatížení	- 32 -
6.1.3.3	Kombinace zatížení	- 32 -
6.1.3.4	Posouzení styčných desek a reakcí ve styčnicích	- 33 -
6.1.3.5	Vyhodnocení statiky příhradových vazníků	- 33 -
6.1.4	Generování výrobní dokumentace.....	- 34 -
6.1.5	Výroba a montáž vazníkového krovu	- 34 -
6.2	Rozbor využitelnosti podkrovního prostoru bytových a rodinných domů	- 35 -
6.2.1	Faktory ovlivňující využitelnost podkroví	- 35 -
6.2.2	Výpočet využitelnosti podkroví pro obytný prostor.....	- 37 -
6.2.2.1	Sedlové střechy	- 37 -
6.2.2.2	Valbové střechy	- 39 -
6.2.2.3	Obloukové střechy	- 41 -
6.2.2.4	Mansardové střechy	- 42 -
6.2.3	Výpočet celkové využitelnosti podkroví v rámci neúčelového využití	- 45 -
6.2.3.1	Sedlové střechy	- 45 -
6.2.3.2	Valbové střechy	- 45 -
6.2.3.3	Obloukové střechy	- 46 -
6.2.3.4	Mansardové střechy	- 46 -
7	VÝHODY A NEVÝHODY VAZNÍKOVÝCH KONSTRUKCÍ KROVŮ	- 47 -
7.1	Hledisko ekonomické	- 47 -
7.2	Hledisko časové	- 48 -
7.3	Hledisko výrobní	- 48 -
7.4	Hledisko statické	- 49 -
7.5	Hledisko uživatelské a estetické	- 49 -
8	CENOVÁ BILANCE A DOPORUČENÍ JEDNOTLIVÝCH VAZNÍKOVÝCH KONSTRUKCÍ KROVŮ OPROTI KLASICKÝM KROVOVÝM SYSTÉMŮM	- 51 -
8.1	Tvorba ceny zastřešení příhradovými vazníky	- 51 -
8.1.1	Přímé náklady výroby	- 51 -
8.1.1.1	Prvotní přímé náklady.....	- 51 -
8.1.1.2	Druhotné přímé náklady.....	- 52 -

8.1.2	Režijní náklady výroby.....	- 52 -
8.1.2.1	Výrobní režie.....	- 52 -
8.1.2.2	Správní režie.....	- 52 -
8.1.3	Náklady na montáž.....	- 52 -
8.1.4	Konečná kalkulace.....	- 53 -
8.2	Porovnání cen zastřešení příhradovými vazníky s vázanými krovky	- 53 -
8.2.1	Ceny konstrukcí krovů	- 53 -
8.2.1.1	Příhradové vazníky	- 53 -
8.2.1.2	Vázané krovky.....	- 55 -
8.2.2	Rozbor vlivu ekonomicko-uživatelských hledisek.....	- 57 -
8.3	Rozbor a doporučení vhodnosti krovů v dané situaci	- 59 -
8.3.1	Priorita ve využitelnosti podkroví.....	- 59 -
8.3.2	Priorita nízké ceny	- 60 -
8.3.3	Priorita rychlé realizace	- 60 -
8.3.4	Všeobecné hledisko.....	- 61 -
9	ZÁVĚR.....	- 62 -
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	- 64 -
11	PŘÍLOHY	- 65 -

Seznam obrázků

Obrázek 1 Styčnick sbíjeného příhradového vazníku	- 14 -
Obrázek 2 Styčnick lepeného příhradového vazníku	- 15 -
Obrázek 3 Styčnick příhradového vazníku s deskami s prolisovanými trny	- 16 -
Obrázek 4 Styčnick příhradového vazníku spojeného ocelovými kolíky	- 17 -
Obrázek 5 Styčnick příhradového vazníku spojeného svorníky a plechy	- 18 -
Obrázek 6 Styčnick příhradového vazníku spojeného kovovými hmoždíky	- 18 -
Obrázek 7 Druhy diagonál; a) diagonály ve tvaru písmene V; b) tažené diagonály vazníku z plechu; c) diagonály z trubek	- 19 -
Obrázek 8 Technologie MKD	- 20 -
Obrázek 9 Předpjatý příhradový vazník	- 21 -
Obrázek 10 Schéma zatížení větrem – program TRUSS	- 32 -
Obrázek 11 Členění na jednotlivé prvky – program TRUSS	- 33 -
Obrázek 12 Okótovaný vazník v programu TRUSS	- 34 -
Obrázek 13 Půdorys a příčný průřez sedlové střechy	- 38 -
Obrázek 14 Nárys, podélný a příčný průřez valbové střechy	- 40 -
Obrázek 15 Půdorys a příčný průřez obloukové střechy	- 42 -
Obrázek 16 Půdorys a příčný průřez dvoustranné mansardové střechy	- 43 -

Seznam tabulek

Tabulka 1 Základní soupis zatížení v programu TRUSS	- 31 -
Tabulka 2 Porovnání veličin pro výpočet využitelnosti jednotlivých tvarů střech	- 44 -
Tabulka 3 Porovnání jednotlivých hodnot referencí pro sedlové vazníkové krovky	- 54 -
Tabulka 4 Porovnání jednotlivých hodnot referencí pro valbové vazníkové krovky	- 54 -
Tabulka 5 Porovnání jednotlivých hodnot referencí pro sedlové vázané krovky	- 56 -
Tabulka 6 Porovnání jednotlivých hodnot referencí pro valbové vázané krovky	- 56 -

Seznam grafů

Graf 1 Závislost ceny a objemu využitelného podkroví sedlových střech	- 57 -
Graf 2 Závislost ceny a objemu využitelného podkroví valbových střech	- 57 -
Graf 3 Vývoj hodnoty využitelnosti v závislosti na rozponu u sedlových krovů	- 58 -
Graf 4 Vývoj hodnoty využitelnosti v závislosti na rozponu u valbových krovů	- 59 -
Graf 5 Porovnání vývoje ceny krovů v závislosti na rozponu	- 60 -

1 Úvod

Současným trendem ve stavebnictví je využívat prefabrikovaných výrobků v co největší míře, a tím eliminovat jakékoli časové ztráty, které vznikají působením nepříznivého počasí. To přímo zabraňuje v pokračování některých činností a jiné značně omezuje. Prefabrikace však s sebou přináší i možnost zpřesnění výroby v souvislosti s novými technologiemi počítačově řízených obráběcích strojů, které mají stále širší pole působnosti. Tento jev se velice projevuje i při výrobě krovových systémů. V této souvislosti se na začátku devadesátých let v České republice objevil i nový systém výroby příhradových vazníků, které se spojují deskami s prolisovanými trny. Předpokladem těchto systémů je kooperace s výpočetní technikou prostřednictvím návrhových softwarů. Během deseti let tento systém získal velkou oblibu mezi projektanty a přestal se již týkat pouze zastřešení. Jelikož jsou ale příhradové vazníky tvořeny prutovou konstrukcí, vyvstává zde otázka, je-li možné nějakým způsobem využít podkrovní prostor takovéto konstrukce a zdali se tato volba vyplatí. Zajímavý pohled na problematiku by se mohl naskytnout, pokud by veškeré údaje pocházely z reálných zdrojů skutečné výroby, čímž by došlo k opravdu objektivnímu zhodnocení tohoto problému. Výsledkem mohou být zajímavé závěry pojednávající o tom, na kterých parametrech a jejich hodnotách se odráží ekonomičnost příhradové konstrukce.

Je známo, že trendy odchází a opět se po letech vrací. S tím souvisí i volba tvaru střechy, kterých je na výběr celá řada. Různý tvar střechy ovšem nabízí různé výhody a nevýhody. Každý člověk preferuje určitou výhodu před ostatními, proto se i krovy, jejichž dispozice ovlivní velkou část života obyvatele podkroví, musí přizpůsobit těmto preferencím. Jak ale poznat, který tvar střechy a jaký systém zastřešení je nejvhodnější? Touto otázkou by se měl zabývat každý poctivý projektant, kterému záleží na spokojenosti uživatele. Mnoho lidí je dodnes velice konzervativní, proto k přesvědčení zákazníka často projektanti užívají nepodložených či smyšlených teorií o tom co je skutečně výhodné. Příhradové vazníky jsou sice považovány za velice atraktivní, ale jistě nebudou výhodné ve všech směrech a správnou otázkou je, které směry to jsou a které nikoli.

2 Cíl práce a metodika

Práce má za úkol definovat a analyzovat jednotlivé systémy příhradových vazníků a podrobněji řešit problém využitelnosti podkrovního prostoru jimi vytvořeného. Dále má rozebírat dostupná data a vytvořit z těchto dat statistickými metodami závěry o výhodnosti použití těchto systémů. Sloužit by měla jako literární zdroj pro práce zabývající se obdobnými tématy nebo podklad pro volbu zastřešení.

Pro vypracování této práce bylo potřeba nejprve se blíže seznámit s informacemi popisujícími problematiku tématu příhradových vazníků prostřednictvím knih, odborných časopisů a internetu. Tyto prameny sloužily hlavně pro vypracování první obecné části práce. Navázán byl kontakt se společností, která se dlouhá léta věnuje výrobě jak tradičních krovů, tak i příhradových vazníků. Veškeré údaje pro praktickou část této práce tedy pramení z praxe od společnosti ARRBO s.r.o. Tím se naskytla možnost objektivně porovnat a posoudit jednotlivé konstrukce a následně vyvodit příslušné závěry.

3 Druhy příhradových vazníků a jejich specifikace

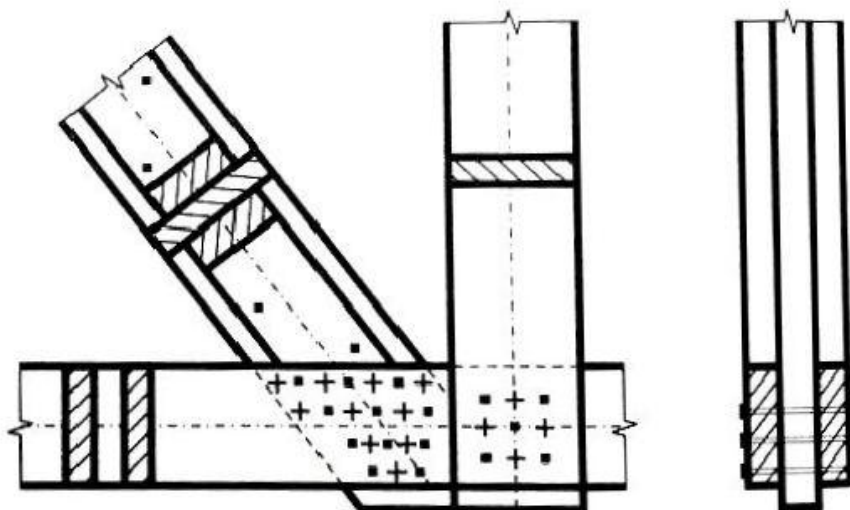
Příhradový vazník je prutová střešní konstrukce, u které se namáhání v ohybu přenáší pomocí vzpěrného tlaku do bodů zvaných styčníky. Při namáhání v ohybu má dřevo nižší pevnost, než v případě namáhání v tahu a vzpěrném tlaku, což lze u příhradových vazníků využít a pomocí jednotlivých prutů přenést zatížení do styčnicků prutové konstrukce. Vazníky tvoří trojrozměrnou konstrukci, která se většinou sestává z jednotlivých svislých, vodorovných, popřípadě skloněných dvojrozměrných vazníků [4, s. B12/1]. Hlavní svislé vazníky musí být mezi sebou spojeny (zavětrovány) buďto prkny, nebo jsou smontovány s vodorovnými či skloněnými vazníky, přičemž každý z nich přenáší pouze zatížení působící v jeho rovině [4, s. B12/1]. U takovýchto dvojrozměrných vazníků se snáze provádí statický výpočet i jejich výroba a montáž je mnohem jednodušší, než v případě trojrozměrných konstrukcí [4, B12/1]. Každý vazník se sestává z prutů, které lze považovat za nezátížené binární členy [7, s. 47]. Nezátížený binární člen je, již podle názvu, těleso, které tvoří pouze dvě vazby s okolními tělesy a mezi těmito styčnými vazbami navíc nesmí být namáháno žádnou vnější zatěžující silou [7, s. 47]. Pruty dělíme do dvou skupin, na pruty vnější, které tvoří takzvané pásy (horní a spodní), a mezipásové, což jsou všechny pruty uložené mezi horním a spodním pásem, ty dále dělíme na svislé a diagonální [4, s. B12/1].

3.1 Dělení podle způsobu spojení prvků

3.1.1 Příhradové vazníky sbíjené

Tento druh vazníků se používal v minulosti, než došlo k jejich nahrazení vazníky spojovanými pomocí kovových desek s prolisovanými trny a dále MKD vazníky, které jsou definovány níže. Jejich výhodou však je možnost použití dílců (prken či fošen) s nižší tloušťkou. Pásově pruty sbíjených vazníků jsou složeny minimálně ze dvou vrstev kvůli způsobu výroby [12]. Zároveň šířkový rozměr pásů musí být větší kvůli správnému rozmístění hřebíků, s čímž stoupá hmotnost konstrukce, tak se zvýší objem použitého materiálu, což úzce souvisí i se zvýšením ceny [12]. Jejich výroba spočívá v postupném vrstvení jednotlivých dílců, kdy se mezipásové svislé a diagonální pruty vkládají mezi vrstvy, čímž se docílí potřebné pevnosti. Znám je ještě druhý způsob výroby sbíjených vazníků, při kterém se postupuje stejně jako při výrobě pomocí desek s prolisovanými trny. Pouze na místo desek s prolisovanými trny se styčník vytváří pomocí desek z překližky, které se přibíjejí či spojují vruty k prvkům vazníku v místě styčníku. Nevýhodami u sbíjených příhradových vazníků jsou jednak vyšší pracnost, větší spotřeba spojovacích prostředků i

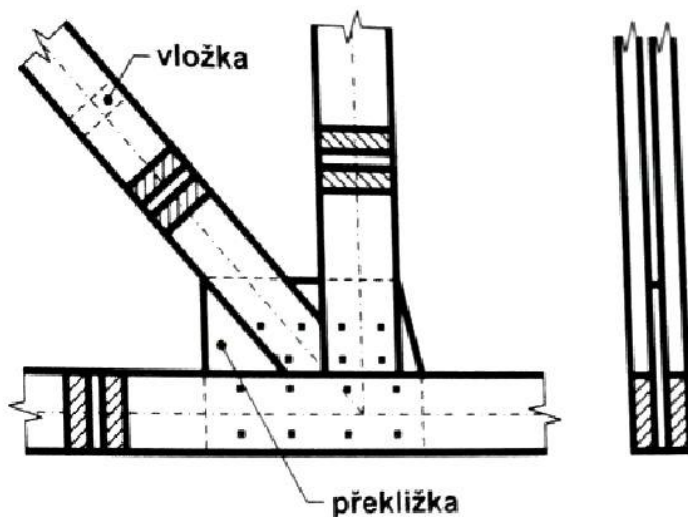
dřeva a dále větší složitost statického výpočtu. Dnes se s nimi lze setkat převážně při rekonstrukcích historických krovů, kde je třeba zachovat původní vzhled, který působí více mohutně [12].



Obrázek 1 Stýčnický sbíjený příhradový vazník (Zdroj: JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce)

3.1.2 Příhradové vazníky lepené

Lepené příhradové vazníky nenašly na trhu v České republice příliš velké uplatnění. Jejich výroba byla v minulosti situována zejména na Slovensku, kde se vyráběly hlavně pro pultové střechy v určitých délkových rozměrech. Pruty lepených příhradových vazníků jsou členěné a sestávají se z dvojice hoblovaných prken, které jsou spojeny lepením ke stýčnickové překližce. Tlak pro spojení takto lepených stýčnicků se vyvozuje nejčastěji sbíjením hřebíky. Velice důležité je, aby stýčnicková překližka byla lepena vodovzdorným lepidlem, a její tloušťka musí být minimálně 10 mm. U tohoto způsobu výroby příhradových vazníků je velice výhodné, že jsou ve výsledku pohledovou konstrukcí, která působí esteticky. Nepoddajnost spoje ve stýčniku zaručuje menší průhyb vazníku, než u kterékoli jiné dřevěné příhradové konstrukce. [3 s. 86]

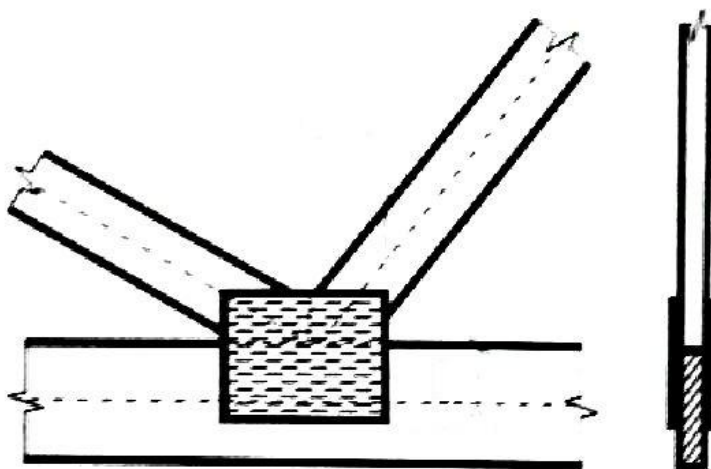


Obrázek 2 Styčnick lepeného příhradového vazníku (Zdroj: JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce)

3.1.3 Příhradové vazníky spojené deskami s prolisovanými trny

V dnešní době nepoužívanější druh příhradových vazníků, a to jednak pro možnost snadné prefabrikované výroby, vysokou tuhost dvojrozměrné i výsledné trojrozměrné konstrukce, nízkou hmotnost, ale také pro jejich široké spektrum použití. Tyto vazníky, často označované jako „Gang Nail“, se objevily v šedesátých letech minulého století, nicméně jejich výroba se na našem území rozšířila teprve na konci let osmdesátých díky rozvinutí staticky výpočetního softwaru. Jejich použití se rychle rozšířilo a je využíváno v celém stavebním průmyslu [11, s. 1]. Nejčastěji nachází uplatnění na zastřešení hal s vysokým rozponem, kdy bez středové podpory jimi lze překlenout vzdálenost do třiceti metrů, což je vhodné například u zemědělských a průmyslových objektů, obchodů, ale i rodinných domů [11, s. 1]. Běžně se s nimi setkáváme také při realizaci bednění mostních konstrukcí [11, s. 1]. Také tvarově mohou být velice variabilní s bezpočtem různých tvarů od klasického trojúhelníkového až po hambálkové, lichoběžníkové a obloukové vazníky [11, s. 1]. Jejich konstrukcí je možné vytvořit různé typy střech jak podle sklonu, tak podle tvaru, a to prakticky bez jakéhokoli omezení. Proto při řešení návrhu mají architekti volné pole působnosti nejen z hlediska vnitřní dispozice do rodinných domů a velkých výrobních prostor, ale také z hlediska netypicky působícího vzhledu při řešení střechy [11, s. 1]. Jejich nevýhodou je v mnoha případech nesnadná a malá využitelnost podkrovního prostoru za účelem buďto skladovací nebo obývací funkce prostoru. Tuto nevýhodu mají veškeré druhy příhradových vazníků společnou, nicméně i tento problém lze řešit pomocí speciálního odborného návrhu a výpočtových počítačových programů a aplikací. Lze tak vytvořit návrh,

který umožní částečně nebo plně využívat podkroví, a to v závislosti na tvaru a sklonu střechy a výšce obvodové podezdívky podkrovního patra. Jejich druhou nevýhodou je skutečnost, že příhradové vazníky nejsou ve většině případů určeny jako pohledové, a navíc mají také nižší požární odolnost. V prvním případě je tomu tak díky viditelnosti spojovacích desek a barvivům přidávaným do impregnačních látek, v případě druhém díky použití ocelových spojovacích desek s prolisovanými trny, které většinou nejsou chráněné další dřevní vrstvou. Jednou ze specifických výhod těchto vazníků ovšem je, že mohou tvořit také valbu, což je u ostatních konstrukcí prakticky nemožné.

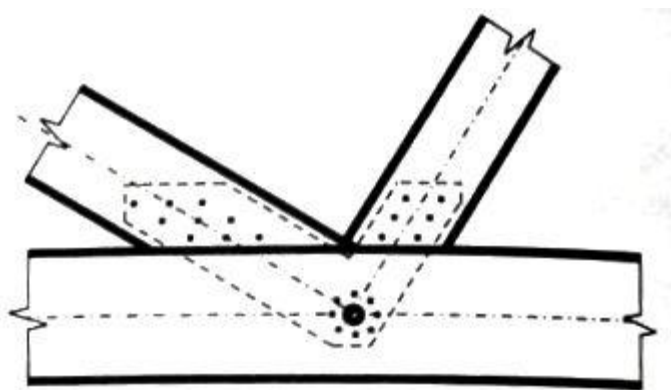


Obrázek 3 Styčnick příhradového vazníku s deskami s prolisovanými trny (Zdroj: JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce)

3.1.4 Příhradové vazníky s ocelovými kolíky

Předpokladem pro únosnost tohoto spoje je splnění podmínky pevnosti dřeva v otláčení ve stěně otvoru a dodržení správného průměru kolíku [1 s. 46]. Takovýmto způsobem jsou příhradové vazníky vyráběny s oblibou ve Švýcarsku, kde tento způsob byl rozvinut téměř k dokonalosti. Principem je vkládání ocelových plechů v místě styčnicku do dřevěných hranolů tvořící jednotlivé pruty a jejich zafixování sadou ocelových kolíků do předem předvrtaných otvorů. Pro jednodušší montáž je hlavní upínací otvor sloužící k uchycení vrtán přesně, v případě nosných kolíků jsou otvory menší a kolíky jsou zatloukány kladivem. Pro přesné navázání otvorů se dnes vyrábí pruty na počítačově řízených strojích. Jejich výroba je chráněna patenty a používá se pouze kvalitní lepené lamelové dřevo. Tyto vazníky jsou zcela pohledové, a to i z důvodu pravidelného rozmístění kolíků. Požární odolnost je na vyšší úrovni než u spojování příhradových vazníků deskami s prolisovanými trny z důvodu větší

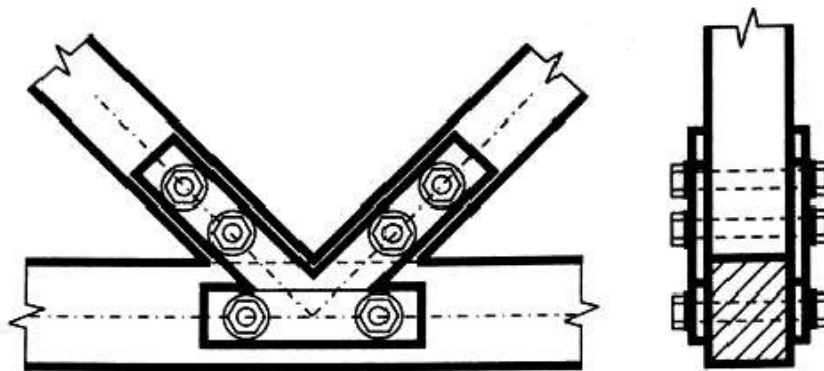
ochrany ocelových spojovacích prostředků proti velkému žáru. Jsou uvnitř dřeva, které je chrání. Tento způsob v sobě skrývá ještě druhou variantu provedení, která je používána zejména v Německu, ale i v České republice. Spočívá také ve vkládání plechů, nicméně poté se plechy, kterých je ve styčnicku větší počet, prostřelují hřebíky. Takto prostřelit lze však jedním hřebíkem maximálně tři plechy. Používány jsou zároveň zinkované plechy malých tloušťek v počtech od jednoho do šesti kusů na jeden styčník. Zde již lze použít i rostlé dřevo. Tento způsob je používán zejména u budov větších rozponů do šedesáti metrů. [3 s. 89]



Obrázek 4 Styčník příhradového vazníku spojovaného ocelovými kolíky (Zdroj: JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce)

3.1.5 Příhradové vazníky spojované svorníky

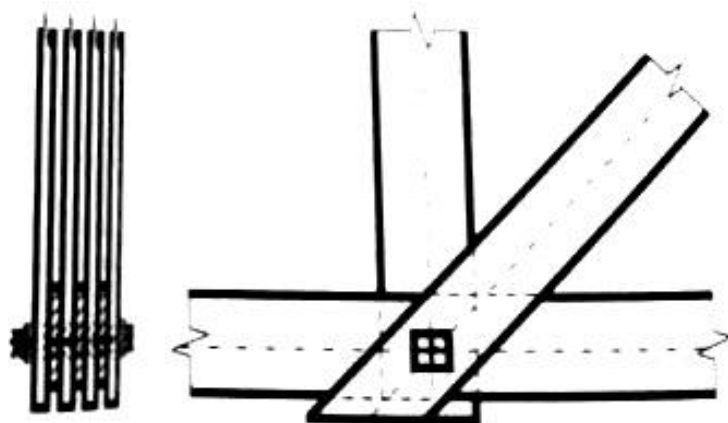
Další z možností realizace příhradových vazníků v sobě ukrývá opět kombinaci kovových spojovacích prostředků společně s dřevěnými hranoly. Principem je vytvoření styčnicků pomocí svorníků a styčnickových ocelových plechů, které mohou být svařeny do různých tvarů. Někdy se ještě pro vyšší únosnost spoje přidává ke svorníkům ocelový hmoždík typu „Buldog“. Vyšší únosnost spoje je také žádoucí v podporovém styčnicku. U těchto konstrukcí se požární odolnost, která je díky nechráněným ocelovým styčným plechům zdánlivě nízká, zvyšuje jejich naddimenzováním. I tak ovšem jejich požární odolnost zůstává nízká. Tento způsob není náročný na žádná speciální výrobní zařízení a používá se zejména v USA a Kanadě. [3 s. 91]



Obrázek 5 Styčnick příhradového vazníku spojeného svorníky a plechy (Zdroj: JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce)

3.1.6 Příhradové vazníky s kovovými hmoždíky

Tento způsob je již pouze přežitkem z dob dvacátých let minulého století, a jelikož se u nás již nepoužívá, setkat se s takovými vazníky můžeme pouze výjimečně. Pruty se spojovaly pouze svorníkem s hmoždíky „Buldog“ v místě, kde teoreticky ležel průsečík prutů. Vyráběly se z fošen nebo hranolů většinou za účelem zastřešení zemědělských objektů o rozpětí od šesti do dvaceti metrů. [3 s. 94]

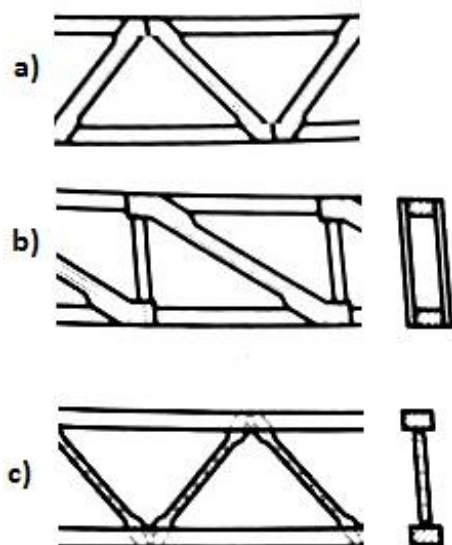


Obrázek 6 Styčnick příhradového vazníku spojeného kovovými hmoždíky (Zdroj: JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce)

3.1.7 Příhradové vazníky s kovovými diagonálami

Vazníky s kovovými diagonálami se neřadí k typickým příhradovým vazníkům a mnoho autorů je uvádí jako samostatný druh konstrukce. Jejich konstrukce je však řadí mezi prutové konstrukce, které tvoří příhrady, a proto je lze uvažovat jako vazníky příhradové. Jedná se o

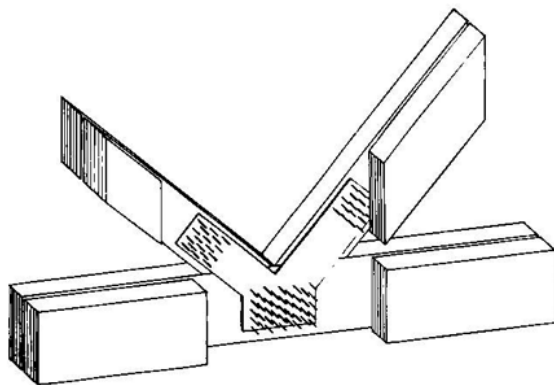
typ vazníků, které se vyznačují tím, že jsou přímopásové, a to z důvodu jejich jednodušší výroby. Pásky vždy tvoří hranoly stejné šířky a jsou spojovány buďto pouze diagonálami z pozinkovaného prolisovaného plechu nebo kombinací dřevěných svislic a kovových diagonál. Kovové diagonály jsou schopny přenést tah i tlak a na dřevěné pásky jsou lisovány podobným způsobem jako desky s prolisovanými trny. Je-li tlak na diagonály veliký, vkládají se navíc mezi pásky dřevěné svislice a na kovové diagonály tak zbývá pouze tahové zatížení. Kovové diagonály jsou připojovány ve dvojicích proti sobě, čímž lze zároveň vyřešit připojení dřevěných svislic. Kovové diagonály se však nevyrábějí pouze v podobě prolisovaných plechů, ale také jako trubkové diagonály. Ty se ovšem připevňují složitěji. Na pásky jsou instalovány pomocí kovových kolíků na zploštělých koncích trubkových diagonál do předem připraveného zářezu. V závislosti na technologii tvoří pruty příhrady ve tvaru rovnoramenného trojúhelníku, trojúhelníku pravoúhlého s odvěsnami různých délek, popřípadě příhrady čtvercové (obdélníkové). První případ vzniká, jestliže jsou použity diagonály tvaru „V“ nebo jsou do tohoto tvaru spojovací prvky rozmístěny. Při použití svislých prvků pak pruty zobrazí pravoúhlý trojúhelník. Jsou-li použity diagonály tvaru „V“ společně se svislicemi, vytvoří se samozřejmě příhrady obou dvou tvarů a v závislosti na konstrukci se vytvoří takzvané okno čtvercového nebo obdélníkového tvaru. Jsou oblíbené jak v severní Americe, tak i v Evropě. Diagonály se vyrábějí z 1 mm silného nerezavějícího, většinou zároveň zinkovaného plechu. Jejich použití je ekonomicky výhodné u rozpětí do dvanácti metrů. Musí se dbát na zajištění proti klopení pomocí zavětrování z prken, které se připevňují na pásky zpravidla z vnitřní strany. Používají se na konstrukce střech, stropů a podhledů. Mezi jejich přední výhodu patří možnost ukrytí veškerých instalací v jejich konstrukci. Nevýhodou je však nízká požární odolnost. [3 s. 95]



Obrázek 7 Druhy diagonál; a) diagonály ve tvaru písmene V; b) tažené diagonály vazníku z plechu; c) diagonály z trubek (Zdroj: JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce)

3.1.8 Příhradové vazníky s hmoždíky MKD

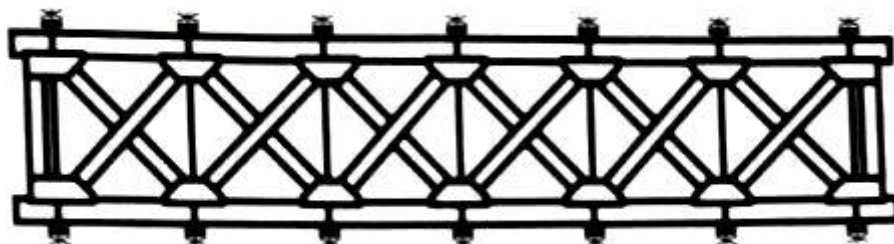
Tento druh spoje v sobě skrývá mnohé výhody, ale i úskalí. Jde o vazníky příbuzné vazníkům s deskami s prolisovanými trny, nicméně jsou zde odstraněny některé nevýhody a zapotřebí jsou i jiné výrobní prostředky. Na pásy se většinou používají lepené lamelové prvky, na diagonály a svislice postačuje rostlý materiál. Hmoždík MKD je ocelová deska o tloušťce deseti milimetrů, ke které jsou z obou stran přivařeny vrubované hřebíky obdélníkového průřezu. Hřebíky jsou přivařovány automaticky v pravidelném rozmístění na desce. Následně jsou zároveň zinkovány jako ochrana proti korozi. Tyto hmoždíky se pomocí speciálního lisu zatlačí mezi dvě, popřípadě tři vrstvy dřevěných prvků. Nejprve do jedné (spodní) části styčnicku a následně se z druhé strany zalisují vrchní dřevěné pruty. Tím vznikne hřebíkový spoj, který je zcela pohledový a navíc je chráněn vůči vysokým teplotám v případě požáru. Bez jakýchkoli nátěrů vazníky téměř vždy splňují požární odolnost třicet minut. Mezi další jejich výhody patří například možnost použití na zastřešení budov s větším rozponem než třicet metrů a také jejich vysoká tvarová variabilita. Jde o celkem novou technologii, a proto ji v České republice využívá pouze několik firem. Hmoždíky MKD jsou pro český trh vyráběny pouze v Německu, odkud se tato technologie rychle rozšiřuje a stává se velice oblíbenou i mezi projektanty. Je to způsobeno jejich masivním vzhledem, vysokou požární odolností a širokými možnostmi použití, přičemž jejich návrh je jednoduchý za pomoci počítačového softwaru. Nejčastěji se využívají pro zastřešení sportovních hal, kde je jejich přírodní a masivní vzhled velice žádoucím. Jejich použití však zahrnuje i stavby jako jsou supermarkety či průmyslové haly. Na výstavbu rodinných domů se prozatím u nás příliš nepoužívají z důvodu vyšší ceny, nicméně postupem času si nejspíše i zde naleznou své místo, podobně jak je tomu již dnes u německých sousedů. [13]



Obrázek 8 Technologie MKD (Zdroj:www.strechy92.cz)

3.1.9 Hooweho předepjatý příhradový vazník

U tohoto typu vazníku se využívá kombinace tažených ocelových svislic a tlačných dřevěných diagonál. Diagonály se pokaždé kříží přes sebe, přičemž existují dva způsoby provedení. Buď se více namáhaná diagonála zdvojuje a druhá je vedena vzniklou mezerou, nebo jsou diagonály v místě, kde se protínají, přeplátovány. Diagonály jsou uloženy v podložkách na horním i dolním pásu. Ocelové svislice kruhového průřezu jsou provedeny skrz oba pásy a na koncích jsou opatřeny závitem. Na vnějších stranách pásů, kde svislice vystupují ven, jsou utahovací matice, kterými se vyvozuje potřebné předpětí. Předpětí musí být vždy tak velké, aby diagonály byly vždy tlačené. Pod utahovací matice je nutné vložit ještě podložky z tvrdého dřeva nebo kovové, které se připojují k pásům vždy kámpováním. Takovýto předepjatý nosník však má velice nízkou požární odolnost a jeho výroba nepatří mezi jednoduché, ačkoli není zapotřebí žádné speciální linky. Také vyvození předpětí má svá úskalí, zejména v podobě obtížnosti vyvození správného a stejně velkého tahu ve svislicích. Používán byl i v minulosti pouze zřídka zejména na konstrukce mostů. [3 s. 96]



Obrázek 9 Předepjatý příhradový vazník (Zdroj: JELÍNEK, Lubomír. Tesařské konstrukce)

3.2 Dělení podle tvaru konstrukce

Jelikož existuje celá řada tvarů vazníků, které se dnes používají zcela minimálně nebo nenašly své uplatnění na našem území, v dalším textu budou zmíněny pouze ty tvary, které se ve stavebnictví používají nejvíce.

3.2.1 Trojúhelníkové příhradové vazníky

Jedním z nejčastěji používaných vazníků je právě trojúhelníkový vazník [4 s. B12/4]. Své oblíbenosti se těší zejména díky častému použití při zastřešení rodinných domů, ale i průmyslových hal, výroben a supermarketů. Někdy se z hlediska dispozičního řešení provádí zalomení spodního pásu nebo jeho části směrem nahoru, méně často směrem dolů. V prvním

případě lze takto vytvořit mělkou, hlubokou nebo sudovitou klenbu. Druhý případ označuje takzvaný vzpinadlový nosník, u kterého se však musí dbát na opatření proti vybočení a zajistit patřičnou stabilitu. Jelikož jsou rozměry vazníků často omezeny rozlohou výrobních prostorů pro jejich prefabrikaci či snadnější přepravu, často jsou trojúhelníkové vazníky rozděleny na nosnou část tvaru lichoběžníku a část nenosnou, která má za úkol následně vytvořit požadovaný sedlový tvar střechy [4 s. B12/4]. Další způsob rozdělení je možný svisle, a to ze stejných důvodů. Poté se však vazníky stahují svorníky až na stavbě, přičemž ve středu konstrukce vznikne zdvojená svislice. Dělit se vazníky mohou i oběma způsoby najednou. Zejména při řešení sedlových a valbových střech pro občanskou zástavbu je velice důležitá modifikace trojúhelníkového vazníku s využitým střešním prostorem. Vzniká zde v podstatě jakýsi hambalek. Tento druh vazníku, však již správně nelze považovat za pravou prutovou konstrukci, protože zde vznikají i značné ohybové momenty z důvodu absence mezipásových prutů v oblasti podkrovního prostoru [4 B12/5]. Trojúhelníkový vazník lze vytvořit i takový, jehož horní pásy svírají dva různé úhly se spodním pásem. Potom má střecha na každé straně jiný sklon. Vyjma vazníků s kovovými diagonálami a Hooveho předepjatého vazníku lze tento tvar docílit pomocí všech způsobů spojení.

3.2.2 Nůžkové příhradové vazníky

Tento vazník se někdy zařazuje mezi vazníky trojúhelníkové, protože z něj vlastně vzniká. Při velkém zalomení celého spodního pásu směrem nahoru se zvyšuje využitelnost podkrovního prostoru a tak vzniká právě takzvaný nůžkový vazník. Jeho nevýhodou je, že neposkytuje příliš prostoru pro izolační vrstvy. Vazník může být také rozdělen na dva vazníky tvaru obecného trojúhelníku, což se provádí za účelem snadnější prefabrikace a přepravy u dlouhých vazníků pro velkorozponové budovy [4 s. B12/4]. V případě malých rozponů se vyrábí celistvé, podobně jako u vazníků trojúhelníkových. Jejich použití je výhodné při požadavku na využitý podkrovní prostor, zvláště pak u případů, kdy jsou obvodové zdi v podkroví, takzvaná půdní nadezdívka, vysoké alespoň 130 centimetrů, což je nejnižší přípustná výška u zkosení v obytném podkroví [9 s. 14]. Díky nůžkovým vazníkům nemusí mít střecha tak veliký sklon, což je žádoucí právě pro větší obytný objem střešní části. Dosažení tvaru je možné pomocí stejných typů spojení jako v případě tvaru trojúhelníkového.

3.2.3 Obloukové příhradové vazníky

Dnes jsou stále častěji k vidění budovy a jejich návrhy, které využívají atypických tvarů a jejich kombinací. Jedním z těchto tvarů jsou právě oblouky, s nimiž se opakovaně lze setkat u konstrukcí zastřešení nejrůznějších sportovních hal, průmyslových skladovacích a výrobních objektů, či u nástaveb zděných a panelových bytových domů. Pro výrobu obloukových vazníků se dnes nově využívá technologie spojení na desky s prolisovanými trny nebo hmoždíků MKD. V zásadě se tyto dvě metody liší způsobem, který vytváří oblouk. U vazníků s hmoždíky MKD je zaoblení většinou tvořeno pomocí technologie lepených lamel, ze kterých jsou vyrobeny zpravidla všechny pásy MKD vazníků [13]. V případě technologie „Gang Nail“ je oblouk vytvořen pomocí pravidelného mnohoúhelníku tvořeného pásovými segmenty. Stejně jako u trojúhelníkových vazníků, lze i zde spodní pás zalomit oběma směry. U zalomení směrem dolů vzniká vazník čokovitého tvaru (konstrukce mostů) [4 s. B12/4]. Zalomení směrem nahoru zaručuje zvětšení podstřešního prostoru, ale šetří se tak i materiál, čímž se snižuje výsledná cena. Takový vazník se stává ekonomicky výhodnějším. Další výhodný způsob, jak vytvořit obloukový příhradový vazník, je uložení spodního i horního zaobleného pásu k sobě zcela rovnoběžně, což sníží výšku krovu i délku diagonál, popřípadě svislic, na minimum. U obloukových vazníků se také často praktikuje rozdělení na segmenty za účelem snadné předvýroby, přepravy i montáže při velkých délkách. Rozdělené oblouky se pak zpravidla spojují pomocí rotačních vazeb v podobě ocelových spojovacích prostředků s čepy.

3.2.4 Obdélníkové příhradové vazníky

Někdy se také označují jako přímo-pásové příhradové vazníky, z jejichž názvu je patrné, že jejich spodní a horní pásy jsou rovnoběžné. Tento tvar vazníku lze vytvořit naprosto veškerými technologiemi, uvedenými výše. U Hooveho předepjatého vazníku a vazníku s kovovými diagonálami je to dokonce jediný tvar, který lze zpravidla dosáhnout. Velice často se jich využívá jako vodorovné prvky prostorových prutových konstrukcí, tedy se často kombinují s ostatními tvary vazníků. Připojují se tak ke svislým vazníkům pomocí svorníků. Další možná využití jsou například jako stropní vazníky a nosné části plochých střech. Rovnoběžnost jejich pásů zaručuje zpravidla i snadnější výrobu a přepravu.

3.2.5 Ostatní tvary

Zrealizováno bylo mnoho dalších netypických vazníků, jejichž tvar závisí například na původních tvarech střech různých regionů, které se dnes vazníky pokoušíme napodobit. Vznikat tak mohou tvary polynéských střech, ale lze vytvarovat i mansardový tvar vazníku. Různé tvary vznikají i kombinací předešlých vazníků, zejména rovnopásého a trojúhelníkového nebo trojúhelníkového s obloukovým, kde vzniká zajímavý celkový dojem asymetrické střechy na jedné straně šikmé a s obloukem na straně druhé.

4 Způsoby realizace vazníkových konstrukcí krovů bytových domů

Zastřešení vysokých a rozsáhlých bytových domů bylo v minulosti problémové a často se zdálo být zastřešení plochou střechou jediným řešením. V dnešní době s pokrokem technologií se však již užívá i jiných druhů střech, které jsou pro mnoho lidí mnohem více atraktivní. Také proto i staré bytové a panelové domy v posledních letech prochází rozsáhlou modernizací, jejíž součástí je často i půdní nástavba. Ta má sloužit zejména k vytvoření nových bytových jednotek, popřípadě skladovacích prostor, v některých případech jde o nejjednodušší opatření proti zatékání do zastaralé a mnohdy rozpukané ploché střechy. Druhotně má však působit jako estetické vylepšení zastaralého vzhledu, což lze využít k realizaci zajímavých projektů s využitím nových technologií. Většinou se tyto půdní nástavby realizují prefabrikovanými příhradovými vazníky. Hlavních důvodů pro tuto volbu je hned několik. V první řadě je v tomto případě velice důležité, aby celá konstrukce byla schopna unést veškerá zatížení, ať už nahodilá, například ve formě sněhu či nárazovitého větru nebo stálá zatížení, jež je dána například vlastní hmotností konstrukce společně s prvky k ní trvale patřící, jako je v tomto případě hlavně střešní krytina. Tyto nároky vyžadují přesný návrh a statický výpočet, jež se u příhradových vazníků provádí jednodušeji, než je tomu u klasických konstrukcí krovů. Dalším předním důvodem je fakt, že příhradové vazníky se prefabrikují v podmínkách, které jsou mnohem příznivější než v případě montáže až na místě. Instalace je tedy vzhledem k tomu velice rychlá, přesná a fyzicky mnohem méně náročná, což se následně odráží na výsledné ceně a kvalitě, ale i bezpečnosti výroby. Prioritním požadavkem u střešních nástaveb bytových domů je, aby se co nejvíce využil prostor podkroví s co nejnižšími náklady, a i proto jsou zde příhradové vazníky ideálním řešením. Celkové využití pak velice závisí na tvaru střechy, jejím sklonu, použité technologii

a návrhu dispozičního řešení, přičemž se při návrhu musí tato kritéria brát v úvahu jako celek. Velkou roli také hraje vhodnost krovu z ekonomického hlediska.

4.1 Nejčastěji používané tvary střech bytových domů a jejich konstrukce

4.1.1 Sedlové střechy

Vazník dává v tomto případě konstrukci klasický sedlový tvar střechy, nenarušuje styl starší městské zástavby. Další výhodou je celkem vysoká možnost využití střešního prostoru, jež však závisí i na dalších aspektech. Tento tvar střechy tvoří pouze dvě střešní roviny, které se protínají ve hřebeni střechy a jsou v České republice nejvíce rozšířenými, ačkoli se dnes stále více využívají i méně tradiční tvary [8 s. 104]. Nejvíce se s nimi v rámci bytových domů lze setkat u renovace zastřešení starších objektů či u realizace půdních vestaveb panelových domů. Sedlové střechy lze docílit pomocí různých typů příhradových vazníků, nejčastěji jde však o vazníky trojúhelníkové s hambalkem, pakliže je důležité co největší využití podkroví. U tohoto typu vazníku je výhodou, že je schopen tvořit zároveň i nosnou stropní konstrukci, kterou lze mimo jiné vést i instalace veškerých inženýrských sítí (elektroinstalace, potrubí, plyn, odpady). Z tohoto důvodu je velkým trendem poslední doby kombinace klasického trojúhelníkového vazníku spolu s nosníkem s kovovými diagonálami, který tvoří spodní pás. Ve spodním pásu tvořícím strop tak vznikne potřebný prostor pro již zmíněné instalace. Dalšími způsoby, jak lze docílit sedlového tvaru, je použití nůžkových vazníků nebo příhradových vazníků s kovovými diagonálami. Oba typy mají společné, že ani jeden z nich netvoří stropní nosnou konstrukci. Příčinou je jejich tvar, přičemž jejich správnou koncepcí lze též docílit vysokého využití střešního prostoru. Musí se však dbát na správnou volbu výšky podezdívky, na kterou jsou posléze vazníky montovány a zvolit i správný sklon.

4.1.2 Obloukové střechy

U tohoto tvaru tvoří sklon střechy část kružnice určitého poloměru. Čím větší poloměr je zvolen, tím je sklon střechy pozvolnější a také má krov zpravidla nižší výšku v závislosti na rozponu. U obloukové střechy je opět několik možností, jak vytvořit obytný podkrovní prostor. Jednou z možností je případ, kdy vazník slouží i jako stropní konstrukce patra předcházejícího podkroví, podobně jako u sedlových střech. Tak lze vytvořit menší prostor, který vznikne mezi pruty příslušným návrhem. Výhodou však je úspora za stropní konstrukci. Další možnost spočívá v tom, že konstrukce tvoří nosnou konstrukci stropu posledního poschodí. Zde se však již nedá zcela regulérně mluvit o podkrovním prostoru, protože je

nutné obvodové zdi vytáhnout do určité výšky a tomu i posléze přizpůsobit samotný vazník. To lze dvěma způsoby. Při prvním se musí obvodová zeď dostat až na úroveň výšky místnosti, čímž vzniká plnohodnotné patro a spodní pás je rovný (nemusí být zalomený směrem nahoru). Druhý způsob je jakousi obdobou nůžkových vazníků s tím, že horní pásy mají oblý tvar. Zde již závisí návrh od návrhu, jak vysoké budou obvodové zdi a jaké vznikne zkosení podkrovního prostoru. Nejvíce výhodný z hlediska užitého je samozřejmě případ, kdy vzniká plnohodnotný prostor, jež se však nedá uvažovat jako podkroví.

4.1.3 Mansardové střechy

Nejvýhodnějším tvarem střechy z hlediska využití podkroví je právě střecha mansardová. Je to dáno jejím specifickým tvarem, který tvoří čtyři horní pásy, z nichž dva spodní mohou svírat v závislosti na situaci s vodorovnou rovinou velký úhel. Právě tím se vytváří veliký potenciál ve využívání střešního prostoru. Takovýto prostor je často v porovnání s klasickým podlažím plnohodnotným bez velkých šikmin a disponujícím předepsanou výškou obytného prostoru v celém příčném i vodorovném řezu. Proto není divu, že se dnes často projektanti při řešení návrhů zastřešení přiklání právě k tomuto typu střechy. Z hlediska ekonomiky se dnes však málokdy realizuje celodřevěná nosná konstrukce a nahrazuje se ocelovými podpěrami a vysokou podezdívkou. V těchto případech dřevěné příhradové vazníky slouží pouze jako jakési opláštění.

4.1.4 Valbové střechy

Z hlediska využitelnosti podkroví jsou pravým opakem střech mansardových. Jejich sklon bývá o mnoho menší, navíc samotné valby ubírají další prostor. Jde o typ zastřešení užívaný u samostatně stojících objektů [8 s. 104]. U krovů řešených příhradovými vazníky se tímto tvarem lze setkat opravdu málokdy, zejména je-li požadavek na využitelný podkrovní prostor. Velice často je projektován na zastřešení rodinných domů typu „bungalov“. I poté je však stále malé procento využití střešního prostoru a ve většině případů je zde projektován pouze malý skladovací prostor, například na uskladnění sezónních věcí.

4.1.5 Ostatní střechy

S dalšími tvary střech, jež se mohou využívat pro zastřešování bytových domů, se sice setkat v praxi lze, nicméně z hlediska využití podkroví jsou nezajímavými. Do této skupiny by určitě patřily střechy pultové, avšak jejich obytná kapacita mezi pruty je nulová. Těžko by

se zde dal vytvořit reálný návrh tak, aby podkroví sloužilo k obývání, proto se s nimi dá kalkulovat maximálně jako s vazníky disponujícími drobným úložným prostorem. Na straně druhé je však jejich výhodou jejich nízká střešní výška. Setkat se lze často se střechami různých dalších tvarů, zejména v oblastech specifických místními tradičními prvky. Ty však nejsou pro území České republiky tak významnými.

5 Způsoby realizace konstrukcí vazníkových krovů rodinných domů

U rodinných domů lze samozřejmě vytvořit všechny tvary střech, které byly zmíněny v kapitole 4, které jsou nejčastější. U rodinných domů se dnes však rozmanitosti tvarů meze nekladou. V dalším textu bude uvažováno se střechami, které mají v případě prutové konstrukce co nabídnout v oblasti využití podkroví. Jelikož rodinné domy mají většinou menší rozpory než bytové domy, nemusí se používat ocelové nosné rámy, díky kterým mají rozsáhlé bytové domy více využití podkroví.

5.1 Sedlové střechy

Z hlediska oblíbenosti jsou asi nejvýraznějším tvarem střech používaných k zastřešení rodinných domů. Na rozdíl od bytových domů jsou totiž stále přijímány lidmi dobře a jsou stále aktuální. U sedlových střech rodinných domů se navíc velice snadno tvoří podkrovní obytný prostor, a to s minimálními náklady. Při takových návrzích se tvoří buďto jeden celistvý vazník, nebo je rozdělen do dvou stejných částí, které tvoří vazník s přerušením dolního pásu. Z toho vyplývá, že lze vazníky pokládat přímo na obvodový betonový věnec nebo na stropní konstrukci. Obě varianty jsou přijatelné i z hlediska využití podkroví. Pokud je vazník pokládán na stropní konstrukci novostavby, zbytečně se stavba prodražuje.

5.2 Valbové střechy

U valbových střech platí téměř to samé, co u střech tvaru sedlového. Z hlediska využití podkroví však již velice ztrácí na atraktivnosti, protože u rodinných domů většinou v případě vazníků vzniká pouze půda pro neúčelové využití. Je to spojeno se svažováním střechy na všech stranách [8 s. 104]. I přesto jsou však dnes tyto střechy velice oblíbené a vzniká jich minimálně srovnatelné množství jako střech sedlových. I tato konstrukce totiž zajišťuje nosnou část stropního podhledu, což velice příznivě cenu stavby snižuje. Na rozdíl od střechy sedlové střešní konstrukci mimo sedlových vazníků tvoří ještě takzvané snižovací

rovnopásové vazníky, nárožny a námětky. Jednotlivé tvary vazníků lze vidět na obrázku v příloze 1.

5.3 Obloukové střechy

U rodinných domů se příliš často tento tvar střechy nevyskytuje, nicméně může být zajímavý svým moderním vzhledem. Také proto se nehodí pro použití kdekoliv. Jde vlastně o tvar kruhové úseče o určitém poloměru zaoblení. Z pohledu konstrukce je několik způsobů, jak docílit obloukového zastřešení. Jedním je vytvoření zaobleného horního pásu pomocí technologie lepených lamel. To se provádí ale spíše u pohledových vazníků s MKD hmoždíky, které u nás realizuje zatím pouze jedna firma. U příhradových vazníků lisovaných deskami s prolisovanými trny se zaoblení dosáhne pomocí mnohoúhelníku, jenž se vytvoří na horním pásu, jak bylo uvedeno v kapitole 3.2.3. Spodní pás pak může být buďto souběžný, nebo s vodorovným průběhem, stejně jako u klasických vazníků. To také souvisí s konstrukcí stropu, kterou je schopen vazník nést pouze v druhém případě. Využitelnost podkroví může být u tohoto typu střechy v závislosti na návrhu značná. Velice přitom závisí na zvoleném poloměru oblouku a výšce střechy.

5.4 Mansardové střechy

Mansardové střechy u rodinných domů, jenž se v poslední době opět vrací na české domy, se na rozdíl od bytových objektů většinou nezhotovují pomocí opláštění kovových rámtů, ale tvar jim dodá dřevěná konstrukce. U zastřešení je na výběr, zda zvolíme mansardu ze dvou stran nebo čtyřstrannou. Důvodem, proč velice stoupá na oblibě i u rodinných domů je fakt, že lze téměř naplno užívat podstřešního prostoru, který je tvořen dvojnásobným sklonem střechy. Spodní část mívá sklon větší a horní pozvolnější. To dodává vhodnost této střechy pro realizaci podkrovních místností [8 s. 105].

6 Konstrukční řešení podkrovní obytné části u vazníkových konstrukcí

6.1 Příklad realizace krovu sedlové střechy s obytným podkrovím technologií s deskami s prolisovanými trny

Pro demonstraci výrobního procesu návrhu a realizace krovu byla z archivu realizovaných staveb firmy Arrbo s.r.o. vybrána stavba o půdorysných rozměrech hrubé stavby délky 14,01 m a šířky 6,5 m. U stavby je požadavek na využitelné podkroví a vazníky budou ukládány na předem zhotovenou stropní konstrukci. Veškeré výpočty a navržení tvarů vazníků jsou předváděny pomocí softwaru TRUSS 4 od firmy FINE, který je navržen pro spojovací materiál od firmy BOVA Březnice, spol. s.r.o.

6.1.1 Předpoklady pro úspěšnou realizaci

Aby firma byla schopná uspokojit poptávku zákazníka, který poptává krov, je potřeba, aby k tomu splňovala alespoň základní předpoklady. Prvním předpokladem je technologie. Tím se rozumí skutečnost, aby firma měla dostatečně sladěnou projekci a výrobu. V dnešní době se projektují veškeré konstrukce pomocí chytře koncipovaného softwaru, kterých je na trhu hned několik. Speciální software je vyvinut přímo pro určité výrobce desek s prolisovanými trny [13 s. 171]. Jedním z prvních výrobců desek s prolisovanými trny na území České republiky je firma BOVA Březnice, spol. s.r.o. Její výrobní program zahrnuje celkovou dodávku výrobních technologií pro dřevěné konstrukce. Od počátku také spolupracují s firmou FINE, která se specializuje právě na vyvíjení softwarů pro stavebnictví. Výsledkem této spolupráce je program TRUSS, který je speciálně určen pro výrobu dřevěných konstrukcí, které jsou spojovány právě deskami s prolisovanými trny. Dalším dodavatelem technologií pro navrhování a výrobu dřevěných konstrukcí spojovaných pomocí desek s prolisovanými trny je na českém trhu firma MiTek Industries spol. s.r.o., která také dodává celý výrobní systém. Tato firma je ovšem celosvětovou společností a dodává dokonce vlastní spojovací materiál, který je více rozmanitý. Obě tyto firmy jsou schopny dodat celou výrobní technologii a sladit ji podle potřeb jakékoli firmy zabývající se výrobou těchto dřevěných konstrukcí. Jelikož desky s prolisovanými trny se smějí zapravovat do dřeva pouze

lisováním, jsou hlavními výrobními stroji zkracovací úhlová pila a lis [2 s. 210]. Úhlové pily vytváří vždy maximálně dva geometrické konvexní řezy [5 s. 89]. Lisy, které také firmy dodávají, bývají buďto velkoplošné, nebo tvaru „C“. Většina takovýchto společností má však i vlastní pilu, kde si sama produkuje středové hraněné řezivo a deskové řezivo potřebné k takzvanému zavětrování konstrukce. To je velice výhodné z hlediska nezávislosti výroby. Dalším doplňkovým zařízením ještě může být máčecí vana, jež je za potřebí pro povrchovou impregnaci dřevěných prvků konstrukce. Impregnace se z prostorových důvodů děje před spojením konstrukce zalisováním. Velice žádoucí je, aby firma disponovala zastřešenými výrobními halami, kde je možné provádět veškeré operace bez rušení prefabrikačního procesu nežádoucími povětrnostními vlivy. Dobře sladěná výroba je pak klíčovým faktorem pro úspěšnou realizaci konstrukcí, výhodnou vnitřní ekonomiku podniku a pro získání dalších zakázek.

6.1.2 Získání podkladů pro realizaci a tvorba cenové nabídky

První fází celého výrobního procesu je prvotní kontakt se zákazníkem poptávajícím krov. Takovýmto zákazníkem v dnešní době může být buďto soukromý stavitel, nebo častěji firma zabývající se dodáváním celé stavby. Jelikož každému zákazníkovi dnes jde především o seznámení se s cenou, je jeho počínání takové, že zkontaktuje několik lokálních dodavatelů a nejprve poptává prvotní cenovou nabídku, kterou následně porovnává a vybírá nejvhodnějšího dodavatele. K tomuto počínu je ovšem nutné dodat určité podklady, aby bylo možné cenovou nabídku vytvořit. Nejdůležitějšími informacemi, které by měl každý poptávající vazníkového krovu s prolisovanými trny dodat, jsou spojeny hlavně s objemem dřevní hmoty potřebné na výrobu takové konstrukce. Nejdůležitějšími vstupními parametry tedy jsou hlavně půdorys zastřešovaného objektu a požadované dispoziční řešení podkrovního prostoru a druh jeho využití. Tyto dva parametry jsou nejvíce ovlivňujícími činiteli výsledné ceny. Dalšími žádoucími informacemi jsou druh ošetření krovu proti škůdcům, ohni, popřípadě povětrnosti, ale také poloha stavby. Ta je velice důležitá pro správné stanovení sněhové oblasti, která ovlivňuje dimenzi použitých prvků vazníku a také pro stanovení ceny dopravy. Po dodání těchto podkladů je společnost schopna vygenerovat cenovou nabídku podobnou jako v příloze č. 1.

6.1.3 Statický výpočet

Veškeré výpočty statiky jsou dnes již vypočítávány strojně pomocí softwaru, nicméně tento software vždy musí vycházet z platných evropských norem, tzv. Eurokódů. Postup pro výpočet statiky se dělí do fází, a to zjištění zatěžovacích stavů a jejich možných kombinací, posouzení mezních stavů únosnosti a použitelnosti a jejich porovnání v rámci jednotlivých dílců. Další pozornost je věnována navrženým deskám s prolisovanými trny. Zde program posuzuje mnoho dalších kritérií, z kterých nakonec vyvodí výsledky. V této souvislosti se často stává zejména u svislic, že spona zde má opodstatnění 0,0% a označí tento styčnick vykřičníkem. Tento výsledek je zcela logický, nicméně spona zde samozřejmě musí být vždy.

6.1.3.1 Zatěžovací stavy

Z hlediska proměnlivosti zatížení v prostoru a čase rozeznáváme dva druhy zatížení. Stálá zatížení, která ve výpočtu řešíme zpravidla jako první a nahodilá, jenž se řeší jako druhá, avšak jsou neméně důležitá. Podle doby trvání se zatížení rozdělují na stálá, dlouhodobá, střednědobá, krátkodobá a velmi krátkodobá [4 s. A2/6]. V programu TRUSS 4 jsou již všechna tato zatížení zohledněna, projektant pouze musí zadat správné hodnoty. V tabulce č. 1 je vidět, která zatížení program TRUSS zohledňuje. Jsou zde uvedeny veškeré hodnoty dílčích součinitelů včetně součinitelů kombinačních podle Eurokódu 5 pro daný příhradový vazník. Za povšimnutí stojí absence užitečných zatížení. Je to způsobeno tvarem vazníku, který neslouží jako stropní konstrukce, a tak toto zatížení nemá žádné opodstatnění. V příslušných návrzích je nutné toto zatížení zohlednit.

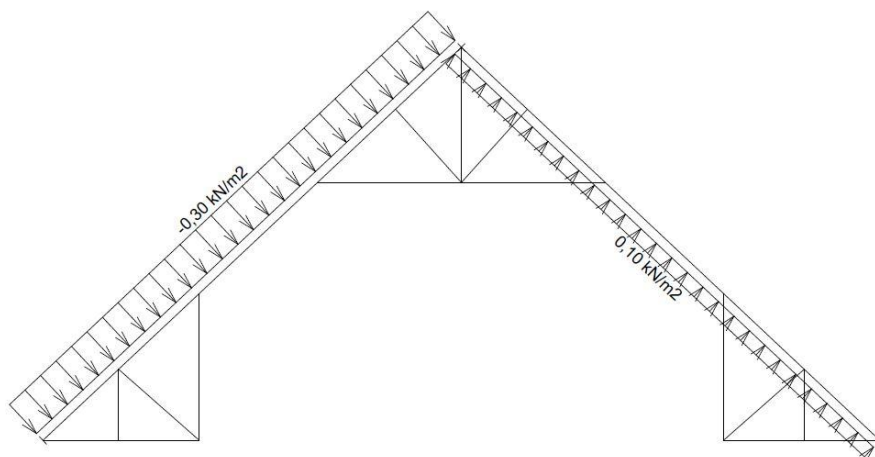
č.	Název	Kód	Typ	$\gamma_f (\gamma_{f,inf})^*$	Součinitele pro kombinace					Zat. šířka
					ξ	Kateg.**	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
1	G1 Vlastní tíha	Vlastní tíha	Stálé	1,35(0,90)	0,85	-	-	-	-	NE
2	G2 Zatížení krytinou 1	Silové	Stálé	1,35(0,90)	0,85	-	-	-	-	ANO
3	G3 Zatížení podhledem 1	Silové	Stálé	1,35(0,90)	0,85	-	-	-	-	ANO
4	S4 Zatížení sněhem 1	Silové	Proměnné krátkodobé sněh	1,50	-	-	0,50	0,20	0,00	ANO
5	S5 Zatížení sněhem 2	Silové	Proměnné krátkodobé sněh	1,50	-	-	0,50	0,20	0,00	ANO
6	W6 Zatížení větrem 1	Silové	Proměnné krátkodobé vítr	1,50	-	-	0,60	0,20	0,00	ANO

* $\gamma_{f,inf}$ pro příznivě působící stálá zatížení

** Kategorie proměnných zatížení podle tabulky A1.1 v EN 1990

Tabulka 1 Základní soupis zatížení v programu TRUSS (Zdroj: Výkresová dokumentace ARRBO s.r.o.)

6.1.3.2 Schémata zatížení



Obrázek 10 Schéma zatížení větrem – program TRUSS (Zdroj: Výkresová dokumentace ARRBO s.r.o.)

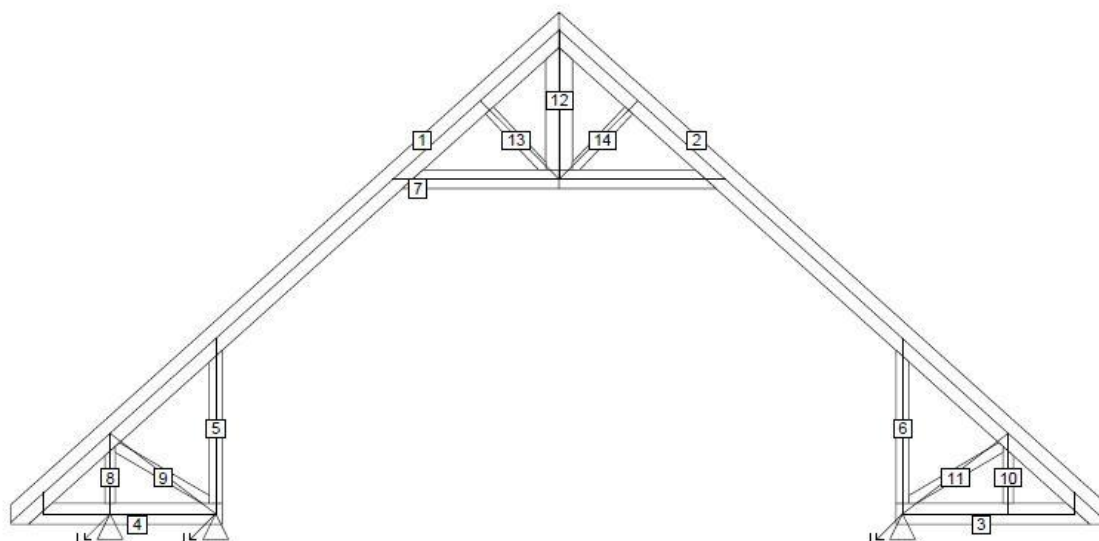
Po shrnutí všech zatěžovacích stavů program následně generuje schémata jednotlivých zatížení, kde lze vidět, jak které zatížení působí na jednotlivé prvky prutové konstrukce. Na obr. 10 je vidět schéma zatížení větrem u takzvaného hambalkového základního vazníku, který má využitý podkrovní prostor a bude tvořit sedlovou střechu.

6.1.3.3 Kombinace zatížení

Dalším krokem je zohlednění možností, jak se mohou jednotlivá zatížení mezi sebou kombinovat. Je samozřejmé, že stálá zatížení působí vždy a jsou neměnného charakteru. K zatížením nahodilým, jak je uvedeno v tabulce 1, je vždy přiřazena hodnota kombinačního součinitele, která je v souladu s Eurokódem 5. Nejprve se zhodnotí kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti, viz příloha 3 a poté kombinace zatížení pro mezní stavy použitelnosti, viz příloha 4.

6.1.3.4 Posouzení jednotlivých prvků

Po všech předešlých operacích se přistupuje k rozdělení vazníku na jednotlivé prvky (obr. 11) a hodnotí se jejich plnění pevnostních podmínek. Ke každému prvku je tak zvlášť vytvořen posudek o tom, který druh namáhání je rozhodující a na kolik procent je potenciál pevnosti prvku využit. Prvky jsou očíslovány a řazeny v pořadí od horních pásů přes spodní pásy, svislice a na konec jsou řazeny diagonály jako na obrázku 11.



Obrázek 11 Členění na jednotlivé prvky – program TRUSS (Zdroj: Výkresová dokumentace ARRBO s.r.o.)

6.1.3.4 Posouzení styčných desek a reakcí ve styčnicích

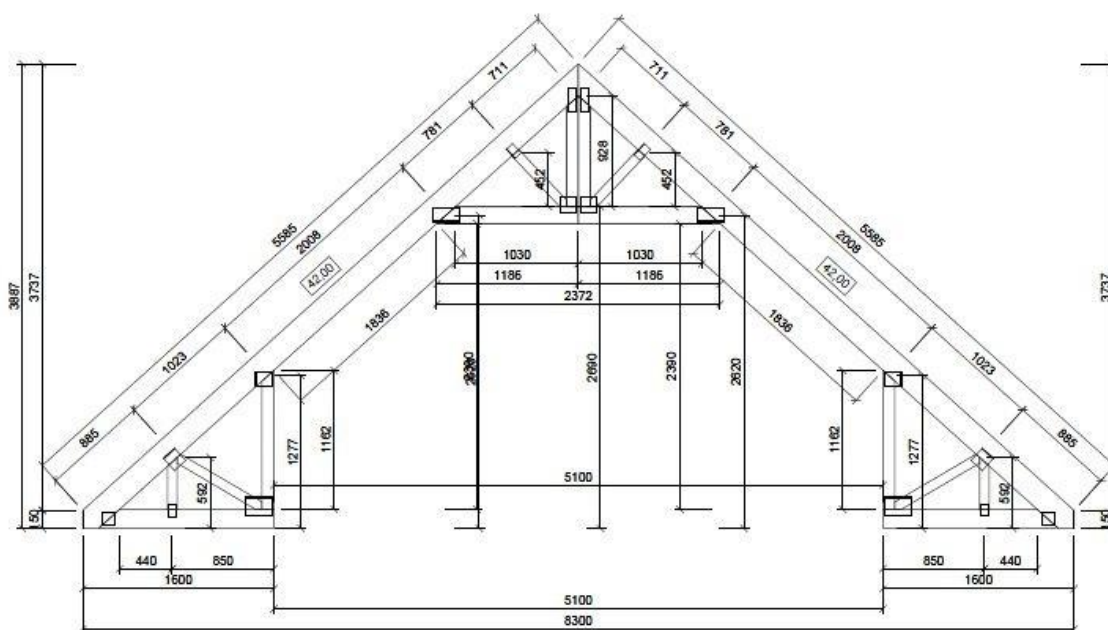
Spoj, který vzniká pomocí desek s prolisovanými trny, přenáší síly na povrchu materiálu [6 s. 66]. Tento spoj je však v oblasti dřevěných konstrukcí jedním z nejúnosnějších [5 s. 89]. Poslední fází statického posouzení příhradových vazníků ve výpočetním programu je výpočet reakcí v těchto spojič prutové konstrukce a návržení příslušných desek s prolisovanými trny. Nejprve program zhodnotí zásahy jednotlivých spon do pásů, účinné plochy spon a tah kolmo na vlákna. Následně program vyhodnocuje účinky namáhání a maximální hodnotu průhybů na prvcích namáhaných ohybem (spodní pás a hambalek) a také deformace na celé konstrukci, a to ve vztahu k mezním stavům použitelnosti. Dále dojde k vygenerování všech reakcí ve styčnicích v zatěžovacích stavech a v kombinacích zatížení pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti v jednotlivých osách. Program pak automaticky vygeneruje soupis všech maximálních hodnot reakcí.

6.1.3.5 Vyhodnocení statiky příhradových vazníků

Výpočty jsou nakonec porovnávány s požadovanými hodnotami a výpočetní program postupně vygeneruje diagnostiku pro jednotlivá kritéria, která byla uvedena. Postupuje v pořadí, který je výše uveden. Nejprve zhodnotí topologii všech přířezů a spon, dále kódy dílců a styčniců, a nakonec, jsou-li všechna zatížení správně přenesena do kloubů prutové konstrukce.

6.1.4 Generování výrobní dokumentace

V této fázi přípravy výroby jsou zhotovovány plány jednotlivých vazníků. Plány zahrnují důležité kóty a rekapitulaci důležitých údajů. Jsou uvedeny povrchy, které jsou vítány u sčítání spotřeby impregnačních látek, dále objem a hmotnosti dřeva a desek s prolisovanými trny. Na soupisce tvarů vazníků je dobře vidět, kolik tvarů bude třeba dát do výroby, a tím rozvrhnout nejefektivnější postup podle prostorových dispozic haly pro lisování. Uveden je i počet vazníků stejného tvaru, aby se lisovací stolky nemusely zbytečně přesouvat, což by výrobu velice zpomalilo. Pro každou desku s prolisovanými trny je také uvedena přesná poloha, kterou má podle statického výpočtu mít. Na obr. 12 je vidět okótovaný vazník. Pro sedlovou střechu je pouze jeden tvar vazníku, který se stále opakuje. Tento vazník je navržen z přepravních a manipulačních důvodů na dvě totožné části, což výrobu nijak nezpomalí. Hlavním důvodem pro volbu vazníku na dvě části je jeho absence celistvého spodního pásu. Kdyby v tomto případě byl vazník z jednoho kusu, ramena by se ohýbala a spoje v horní části by se mohli při manipulaci poškodit.



Obrázek 12 Okótovaný vazník v programu TRUSS (Zdroj: Výkresová dokumentace ARRBO s.r.o.)

6.1.5 Výroba a montáž vazníkového krovu

Vlastní-li společnost správně vybavené výrobní prostory, které byly popsány v oddílu 6.1.1, není problém s výrobou jakéhokoli tvaru vazníku v požadovaném termínu. U takového typu hambalkového vazníku je navíc velkou výhodou možnost výroby několika

vazníků najednou, máme-li proto dostatek kapacity tzv. magnetické podlahy, která drží lisovací stolky pomocí elektromagnetu pevně na svém místě po čas celé výroby. Lisovací stolky jsou konstruovány tak, aby lis byl schopen zalisovat obě spony proti sobě najednou. Důležité je, aby spony byly pokládány co nejpřesněji proti sobě a podle výkresové dokumentace. Celý prefabrikační proces krovu běžného rodinného domku, jako je tento, trvá přibližně jednu až dvě osmihodinové směny v závislosti na počtu souběžně vyráběných dílů. Na výrobě stačí zaměstnat pouze několik proškolených lidí, kteří nemusejí mít speciální kvalifikaci, což šetří další náklady výroby. To samé se dá říci o montáži. Na montáž je nutné pouze sehnat jeřáb. Většina zaměstnanců na montáži opět nemusí být nutně tesařského zaměření, stačí zde pouze jeden zkušenější tesař, který by stavbu vedl. Je velice důležité, aby vazníky byly při manipulaci ve svislé poloze [8 s. 125]. Většinou se vazníky kotví buď na předem připravené pozednice, ukotvené pomocí hmoždinek do betonového věnce stavby a ocelových úhelníků, jindy pomocí ocelových úhelníků kotvených přímo do betonového věnce. Když jsou všechny vazníky ukotveny a provizorně zavětrovány pomocí prken, úloha jeřábu končí, tudíž jeho využití je zcela nepřetržité a relativně krátké. Poté se dokončí zavětrování celé konstrukce načisto. Celá montáž takového krovu netrvá více než jednu osmihodinovou směnu včetně veškeré dopravy.

6.2 Rozbor využitelnosti podkrovního prostoru bytových a rodinných domů

6.2.1 Faktory ovlivňující využitelnost podkroví

- Tvar střechy
- Tvar příhradového vazníku
- Technologie výroby příhradového vazníku
- Sklon střechy
- Výška nadezdívky
- Velikost rozponu

Tvary střech používané k zastřešení bytových domů, jejich výhody a nevýhody již byly rozebrány v kapitole 4.1. Podobně tomu je i v případě tvarů příhradových vazníků a jejich technologie výroby, jež byly objasněny také výše v kapitole 3.2 a 3.1. Proto v dalším textu nebude těmto faktorům věnován další prostor.

Sklon střechy je velice určujícím faktorem celkového využití podkroví. Je úzce svázán i s faktory tvaru střechy a tvaru příhradových vazníků. Nejvíce je tato závislost patrná u mansardových střech. Samotný sklon se udává v procentech a je vyčíslován pomocí funkce tangens úhlu, který je sevřen mezi jedním z horních pásů a pásem spodním. Pro snadnější představu udává sklon, o jakou výšku směrem svisle střecha vystoupá, v závislosti na posunutí ve vodorovném směru v příčném řezu střechy. Například sklon 5% by znamenal, že posuneme-li se vodorovně o 10 metrů, svisle vystoupáme o 0,5 metrů vzhůru. Velice specifickými jsou v tomto směru střechy obloukové, u kterých se ve své podstatě nedá uvažovat o sklonu, protože úhel α je zde dán tečnou ke kruhovému oblouku tvořící zaoblení střechy, který je v každém bodě kružnice jiný. Z toho důvodu je velice obtížné sklon u obloukových střech vyjádřit.

Výška nadezdívky je dalším velice určujícím faktorem velice ovlivňujícím podkrovní prostor a jeho dispozici. Neplatí však vždy, že čím větší podezdívka, tím lépe. Platí tak pouze u některých typů vazníků. Zpravidla je podezdění vhodné pouze u vazníků, které mají z důvodu obyvatelnosti podkroví zalomený spodní pás vzhůru, tedy v případech, kdy spodní pásy netvoří stropní konstrukci spodního patra. U těchto vazníků je následně vhodné situovat návrh tak, aby nejmenší výška v podkroví byla minimálně 130 centimetrů. Výhodné je to proto, že tato výška představuje podle norem nejnižší možnou výšku u obytného podkroví. V této souvislosti je nutné připomenout, že je třeba pamatovat na výšku podlahy, na což se často v projektech zapomíná. Příhradové vazníky, které tvoří zároveň i stropní konstrukci spodního patra se logicky kotví přímo na obvodové stěny. V takovém případě vzniká využitelný prostor pomocí vhodného návrhu v místě samotných prutů. Tehdy je však velice důležité dbát na statický návrh, protože jsou v mnoha případech části vazníku namáhány i ohybovými momenty. Proto se velice často volí větší dimenze průřezu prutů, což konstrukci prodražuje.

Výhodnost použití příhradových vazníků dále úzce souvisí s rozponem budovy. Nejvíce je to patrné u valbových střech, kde je u malých rozponů velice obtížné navrhnout příhrady tak, aby pod střechou vznikl plnohodnotný obytný prostor. V takových případech je mnohdy výhodnější zvolit klasické vazby střech. Z hlediska konstrukce a nosnosti s narůstajícím rozponem roste i vhodnost volby příhradových vazníků. Tomuto však budou věnovány další kapitoly.

6.2.2 Výpočet využitelnosti podkroví pro obytný prostor

Pro jednoduché porovnání vhodnosti daného tvaru střechy, potažmo tvaru vazníků, je vhodné sestavit jednoduché rovnice, za jejichž pomoci je schopen projektant vybrat tvar nejvhodnější pro danou situaci. Pro výpočet samotné využitelnosti nejprve musíme znát objem podstřešního prostoru a objem využitelného podkroví, který vždy bude tvořit určité procento z něj. Pojem využitelné podkroví však v různých situacích můžeme chápat také různě. Situace mohou nastat dvě. V prvním případě zákazník může žádat podkroví pro účelové využití, tj. s funkcí obytnou. Tomuto případu bude věnována tato kapitola. Druhá situace nastává, přeje-li si zákazník pouze půdu, která má sloužit neúčelovému využití (viz. Kap. 6.2.3).

Při výpočtech využitelnosti podkroví pro účelové využití by se měla brát v úvahu jistá pravidla vycházející z norem. První takové pravidlo spočívá v dodržení parametrů plnohodnotného bydlení. Z tohoto důvodu je třeba si uvědomit, že v podkrovním obytném prostoru by stropy měli mít výšku minimálně 230 cm, a to nejméně nad polovinou obytné plochy místnosti a při konstrukčním řešení s pohledovými prvky by měla být zachována průchozí výška 210 cm. Dalším důležitým parametrem, bez kterého se výpočet neobejde, je minimální výška místnosti pod střešní šikminou podkroví. Ta by správně pro obytné, či pobytové účely neměla být menší než 130 cm. S těmito zásadami je počítáno i v následujících vzorcích pro výpočty objemů využitelného a teoretického podkrovního prostoru pro obytné či obývací účely. Prostor podkroví je zde chápán jako prostor, který tvoří samotná střešní konstrukce bez podezdívky, a uvažovány budou pouze prostory, které vzniknou mezi pruty příhradových vazníků, kde mohou nastat dvě možnosti. První možností je stav, kdy vazník tvoří i stropní konstrukci, tedy má celistvý spodní pás. Druhou možností je případ, při němž je spodní pás přerušen v místě využívaného podkrovního prostoru a celá vazníková konstrukce leží na stropní desce.[9 s. 14]

6.2.2.1 Sedlové střechy

- Vzorec pro výpočet využitelného objemu podkroví jako obytného prostoru pro sedlový tvar střechy
 - Pro střechu se stejným sklonem na obou stranách (krokve tvoří ramena rovnoramenného trojúhelníku)

$$V_v = \left\{ B \cdot h_1 + \left[\frac{(B+b) \cdot h_2}{2} \right] \right\} \cdot l \quad [\text{m}^3]$$

,kde: B – šířka prostoru podkroví s výškou ≥ 1300 mm [m]

h_2 – svislá výška stěny (stropu) v šikmině místnosti [m]

h_1 – výška svislé stěny místnosti [m]

b – šířka stropu podkroví [m]

l – vnitřní délka budovy [m]

- Pro střechu s různým sklonem na obou stranách (krokve tvoří dvě strany obecného trojúhelníku) je vzorec stejný jako v předešlém případě

Podmínky dané normou pro obytné budovy:

$$h_1 \geq 1300 \text{ mm} ; (h_1 + h_2) = H \geq 2300 \text{ mm}$$

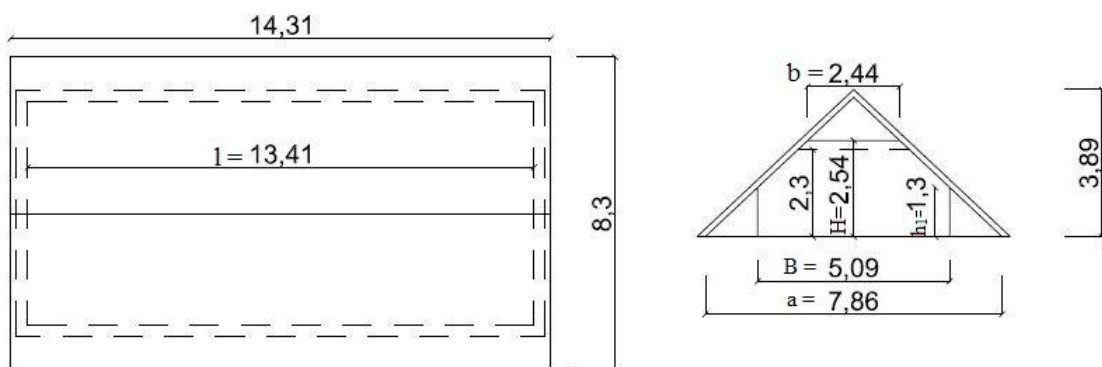
Je-li $H = 2300$ mm, pak $b \geq \frac{B}{2}$

Je-li $H > 2300$ mm, pak minimální výška 2300 mm musí být zachována minimálně nad jednou polovinou obytné plochy. To docílíme optimálním sklonem střechy. Pro uvedený příklad sedlové střechy dosadíme tyto hodnoty:

$B = 5,1$ m; $h_1 = 1,312$ m; $h_2 = 1,228$ m; $b = 2,372$ m; $l = 13,4$ m

Kontrola podmínek: h_1 – vyhovuje; H – vyhovuje; výška 2,3 m více jak nad jednou polovinou obytné plochy – vyhovuje viz. obr 13.

$$V_v = \left\{ 5,1 \cdot 1,312 + \left[\frac{(5,1+2,372) \cdot 1,228}{2} \right] \right\} \cdot 13,4 = \underline{151,2 \text{ m}^3}$$



Obrázek 13 Půdorys a příčný průřez sedlové střechy (Zdroj: Vlastní tvorba)

- Vzorec pro výpočet teoretického objemu podkroví pro sedlový tvar střechy

V případě sedlové střechy je tento výpočet velice jednoduchý. Postačí vzorec pro výpočet obecného trojúhelníku, který vynásobíme délkou budovy. Zde ani nezáleží, jedná-li se o

střechu se sklony na obou stranách stejnými nebo různými. Je však nutné zadávat světlé rozměry, tedy rozměry z vnitřní strany pásů vazníků. Výpočet tedy bude:

$$V_{teor} = \frac{1}{2} * v_c * a * l \text{ [m}^3\text{]}$$

,kde: V_c – největší kolmá vzdálenost od podlahy k vnitřnímu vrcholu krovu [m]

a – vnitřní délka spodního pásu vazníku [m]

l – vnitřní délka budovy [m]

Naše hodnoty: $V_c = 3,618$ m; $a = 7,680$ m; $l = 13,4$ m

$$V_{teor} = \frac{1}{2} * 3,618 * 7,680 * 13,4 = \underline{186,2 \text{ m}^3}$$

- Vzorec pro výpočet využitelnosti podkroví

$$U_o = \frac{V_v}{V_{teor}} * 100 \text{ [%]} = \frac{151,2}{186,2} * 100 = \underline{81,2\%}$$

6.2.2.2 Valbové střechy

- Vzorec pro výpočet využitelného objemu podkroví jako obytného prostoru pro valbový tvar střechy

Sklon valby u valbových střech se zpravidla z důvodu snadnějšího návrhu zachovává stejný jako u sedla. Jiný sklon proto uvažovat nebudeme. Jelikož tvary vazníků, které tvoří podkrovní prostor, jsou stejné jako u sedlových střech, budeme z tohoto vzorce vycházet. Budeme-li uvažovat i stejný sklon jednotlivých částí střech, zbylé části střechy s valbou nám dohromady vytvoří kvádr, na kterém je „posazený“ komolý jehlan. Výpočet bude poté vypadat takto:

$$V_v = \left\{ \left\{ B \cdot h_1 + \left[\frac{(B+b) \cdot h_2}{2} \right] \right\} \cdot l_1 \right\} + \{ 2 * l_2 * B * h_1 \} + \{ l_2 * H * B \} \text{ [m}^3\text{]}$$

,kde: B – šířka prostoru podkroví s výškou ≥ 1300 mm [m]

H – výška stropu v nejvyšším místě hambalku [m]

h_1 – výška svislé stěny podkrovní místnosti [m]

h_2 – svislá výška stěny (stropu) v šikmině místnosti [m]

b – šířka stropu podkroví [m]

l_1 – vnitřní délka využitého podkroví s vodorovným stropem [m]

l_2 – vnitřní délka využitého podkroví se šikmým stropem [m]

podmínky dané normou pro obytné budovy:

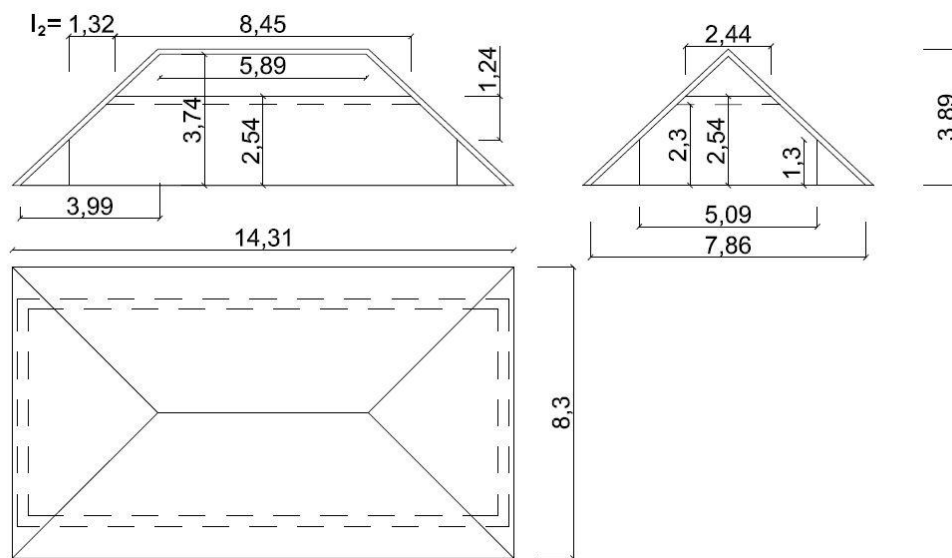
$$h_1 \geq 1300 \text{ mm} ; H \geq 2300 \text{ mm}$$

Je-li $H = 2300$ mm, pak $b \geq \frac{B}{2}$

Je-li $H > 2300$ mm, pak minimální výška 2300 mm musí být zachována minimálně nad jednou polovinou obytné plochy. To stejně jako u sedlové střechy docílíme optimálním sklonem střechy.

Naše hodnoty: $B = 5,1$ m; $h_1 = 1,312$ m; $h_2 = 1,228$ m; $b = 2,372$ m; $l_1 = 8,45$ m; $l_2 = 1,32$ m; $H = 2,54$ m

Kontrola podmínek: h_1 – vyhovuje; H – vyhovuje; výška 2,3 m více jak nad jednou polovinou obytné plochy – vyhovuje viz. obr 14.



Obrázek 14 Nárys, podélný a příčný průřez valbové střechy (Zdroj: Vlastní tvorba)

$$V_v = \left\{ \left\{ 5,1 \cdot 1,312 + \left[\frac{(5,1+2,372) \cdot 1,228}{2} \right] \right\} \cdot 8,45 \right\} + \{ 2 * 1,32 * 5,1 * 1,312 \} + \{ 1,32 * 2,54 * 5,1 \} = 95,31 + 17,1 = \underline{130,1 \text{ m}^3}$$

- Vzorec pro výpočet teoretického objemu podkroví pro valbový tvar střechy

U valbové střechy lze celkový objem podkroví rozdělit na jehlan a zbytek již bude stejný jako v případě sedlové střechy:

$$V_{\text{teor}} = \left\{ \frac{1}{2} * v_c * a * l'_1 \right\} + \left\{ \frac{1}{3} * (2 * l'_2 * a * v_c) \right\} \quad [\text{m}^3]$$

,kde V_c – největší kolmá vzdálenost od podlahy k vnitřnímu vrcholu krovu [m]

a – vnitřní délka spodního pásu vazníků [m]

l'_1 – vnitřní délka budovy sedlové části krovu [m]

l'_2 – vnitřní délka budovy valbové části krovu [m]

Naše hodnoty: $V_c = 3,74$ m; $a = 7,86$ m; $l'_1 = 5,89$ m; $l'_2 = 3,99$ m

$$V_{\text{teor}} = \left\{ \frac{1}{2} * 3,74 * 7,86 * 5,89 \right\} + \left\{ \frac{1}{3} * (2 * 3,99 * 7,86 * 3,74) \right\} = \underline{164,8 \text{ m}^3}$$

- Vzorec pro výpočet využitelnosti podkroví

$$U_o = \frac{V_v}{V_{\text{teor}}} * 100 [\%] = \frac{130,1}{164,8} * 100 = \underline{78,9 \%}$$

6.2.2.3 Obloukové střechy

- Vzorec pro výpočet objemu využitelného podkroví pro obloukové střechy

- Příklad, kdy je strop podkroví tvořen obloukem

$$V_v = \left[\frac{r^2}{2} * (\alpha - \sin \alpha) + B * h \right] * l \quad [\text{m}^3]$$

,kde: r – poloměr zaoblení oblouku [m]

α – středový úhel oblouku nad využitým prostorem [rad]

B – šířka prostoru podkroví s výškou ≥ 1300 mm [m]

h – výška svislé stěny podkrovní místnosti [m]

l – vnitřní délka podkroví (mezi štíty) [m]

- Příklad s vodorovným stropem

$$V_v = B * h * l \quad [\text{m}^3]$$

,kde: B – šířka využitého prostoru [m]

h – výška svislé stěny podkrovní místnosti [m]

l – vnitřní délka podkroví (mezi štíty) [m]

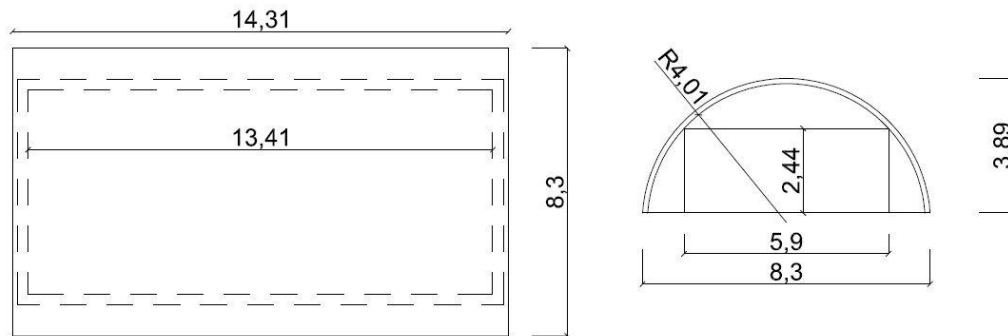
podmínky: $h \geq 1300 \text{ mm}$; $H \geq 2300 \text{ mm}$

Výška 2300 mm musí být zachována minimálně nad polovinou obytné plochy.

Naše hodnoty: $B = 5,9$ m; $h = 2,44$ m; $l = 13,41$ m

Kontrola podmínek: h_1 – vyhovuje; H – vyhovuje; výška 2,3 m více jak nad jednou polovinou obytné plochy – vyhovuje viz. obr. 15.

$$V_v = 5,9 * 2,44 * 13,41 = \underline{193,1 \text{ m}^3}$$



Obrázek 15 Půdorys a příčný průřez obloukové střechy (Zdroj: Vlastní tvorba)

- Vzorec pro výpočet teoretického objemu podkroví pro obloukové střechy

$$V_{teor} = \frac{r^2}{2} * (\alpha - \sin \alpha) * l \quad [\text{m}^3]$$

,kde: r – poloměr zaoblení oblouku [m]

α – středový úhel oblouku celé střechy [rad]

Naše hodnoty: $r = 4,01$ m; $\alpha = 172^\circ = 3$ rad; $l = 13,41$ m

$$V_{teor} = \frac{4,01^2}{2} * (3 - \sin 3) * 13,4 = \underline{308,35 \text{ m}^3}$$

- Vzorec pro výpočet využitelnosti podkroví

$$U_o = \frac{V_v}{V_{teor}} * 100 [\%] = \frac{193,1}{308,35} * 100 = \underline{62,6\%}$$

6.2.2.4 Mansardové střechy

- Vzorec pro výpočet objemu využitelného podkroví pro mansardové střechy
 - Příklad u dvoustranné mansardy – pro tento případ se použije stejný vzorec jako u střech sedlových.

$$V_v = \left\{ B \cdot h_1 + \left[\frac{(B+b) \cdot h_2}{2} \right] \right\} \cdot l \quad [\text{m}^3]$$

,kde: B – šířka prostoru podkroví s výškou ≥ 1300 mm [m]

h_2 – svislá výška stěny (stropu) v šikmině místnosti [m]

h_1 – výška svislé stěny místnosti [m]

b – šířka stropu podkroví [m]

l – vnitřní délka budovy [m]

Naše hodnoty: $B = 5,9$ m; $h_1 = 1,33$ m; $h_2 = 1,46$ m; $b = 4,44$ m; $l = 13,41$ m

Kontrola podmínek: h_1 – vyhovuje; H – vyhovuje; výška 2,3 m více jak nad jednou polovinou obytné plochy – vyhovuje viz. obr. 16.

$$V_v = \left\{ 5,9 \cdot 1,33 + \left[\frac{(5,9+4,44) \cdot 1,46}{2} \right] \right\} \cdot 13,41 = \underline{206,5 \text{ m}^3}$$

– Pro čtyřstrannou mansardu

$$V_v = \left\{ B \cdot h_1 + \left[\frac{(B+b) \cdot h_2}{2} \right] \right\} \cdot l_1 + B \cdot [(2 \cdot l_2 \cdot h_1) + (h_2 \cdot l_2)] \quad [\text{m}^3]$$

,kde: B – šířka prostoru podkroví s výškou ≥ 1300 mm [m]

h_2 – svislá výška stěny (stropu) v šikmině místnosti [m]

h_1 – výška svislé stěny místnosti [m]

b – šířka stropu podkroví [m]

l_1 – délka podkroví pod vrchní mansardou [m]

l_2 – délka podkroví pod spodní mansardou [m]

podmínky: $h_1 \geq 1300$ mm ; $(h_1 + h_2) = H \geq 2300$ mm

Je-li $H = 2300$ mm, pak $b \geq \frac{B}{2}$

Je-li $H > 2300$ mm, pak minimální výška 2300 mm musí být zachována minimálně nad jednou polovinou obytné plochy.

- Vzorec pro výpočet teoretického objemu podkroví pro dvoustranné mansardové střechy

$$V_{teor} = \left[\left(\frac{(B'+b') \cdot h'_1}{2} \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot b' \cdot h'_2 \right) \right] \cdot l \quad [\text{m}^3]$$

,kde: B' – celková vnitřní šířka podkroví [m]

b' – vnitřní šířka spodní mansardy v její horní části [m]

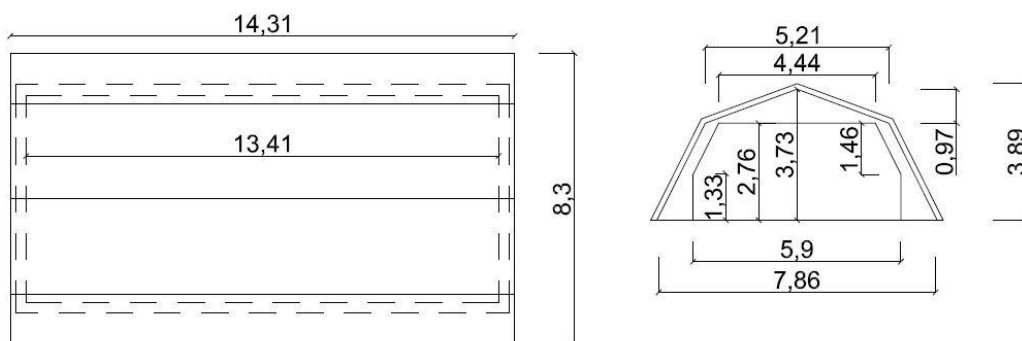
h'_1 – svislá výška spodní mansardy [m]

h'_2 – svislá výška vrchní mansardy [m]

l – vnitřní délka budovy [m]

Naše hodnoty: $B' = 7,86$ m; $b' = 5,21$ m; $h'_1 = 2,76$ m; $h'_2 = 0,97$ m; $l = 13,41$ m

$$V_{teor} = \left[\left(\frac{(7,86+5,21) \cdot 2,76}{2} \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 5,21 \cdot 0,97 \right) \right] \cdot 13,41 = \underline{275,8 \text{ m}^3}$$



Obrázek 16 Půdorys a příčný průřez dvoustranné mansardové střechy (Zdroj: Vlastní tvorba)

Poznámka: Pro výpočet celkového objemu podkroví u čtyřstranné mansardy postupujeme stejně, pouze musíme brát v úvahu zmenšení vnitřní délky a připočítat zbylý prostor v předním a zadním mansardovém štítě.

- Vzorec pro výpočet využitelnosti

$$U_o = \frac{V_v}{V_{teor}} * 100 [\%] = \frac{206,5}{275,8} * 100 = \underline{74,87 \%}$$

Tvar střechy	Využitelný objem [m ³]	Teoretický (maximální) objem [m ³]	Využitelnost [%]	Podlahová plocha s průchodnou výškou 2,1 m [m ²]	Celková podlahová plocha	Procento plochy s průchodnou výškou 2,1 m [%]
Sedlová	151,2	186,2	81,2	45,3	68,25	66,4
Valbová	130,1	164,8	78,9	31,7	56,5	56,1
Oblouková	193,1	308,35	62,6	79,1	79,1	100
Mansardová	206,5	275,8	74,87	68,3	79,1	86,3

Tabulka 2 Porovnání veličin pro výpočet využitelnosti jednotlivých tvarů střech (Zdroj: Vlastní tvorba)

Z tab. 2 je patrné, že největší využitelnosti se těší klasická sedlová střecha, avšak tento pojem je trochu zavádějící. Z ostatních údajů je totiž dobře znatelné, že z hlediska využití podlahové plochy, zachováme-li totožnou výšku u všech tvarů střech, nejlépe vychází střecha oblouková a mansardová. Návrhy střech jsou však pouze orientační, a určitě lze docílit u obloukových a mansardových střech vyšší využití. Zde jsou pouze demonstrovány klasické návrhy. Z výsledků v tab. 2 dále lze vyhodnotit, jakým tvarem střechy s technologií desek s prolisovanými trny docílíme nejvyšších ploch, popřípadě objemů, při zachování stejných základních parametrů budovy (rozpon, přesah střechy, půdorys budovy, výška střechy). Je vidět, že střecha mansardová je skutečně nejvhodnějším tvarem střechy u příhradových konstrukcí, co se týče obytného podkroví, z důvodu schopnosti vytvořit největší obytný prostor s velkým procentem plochy, která disponuje průchozí výškou 2100 mm.

6.2.3 Výpočet celkové využitelnosti podkroví v rámci neúčelového využití

Neúčelové využití je pojem, který poskytuje několik možností, jak s takovým prostorem naložit. Při takovémto využití vzniká v podstřešním prostoru buďto půda, která je podle normy ČSN 73 43 01 definována jako „přístupný vnitřní prostor vymezený střešní konstrukcí, bez účelového využití“ [9 s. 2]. Jindy je to obytný prostor, který je rozšířen o zbytek prostoru, jehož podlahová plocha nesplňuje parametry pro obytnou plochu, a tak se musí využívat jinak. Nejpopulárnější z možností neúčelového využití je nejspíše použití pro skladovací účely. U tohoto způsobu využití bude určitě stoupat procento využitelnosti. Takovou využitelnost nazveme celková využitelnost podkroví (U_{cel}). Je to prostor, který se nachází nad celkovou podlahovou plochou podkroví. Velice důležité je uvědomit si, že tomuto druhu podkroví jsou často přiřazeny jakési parametry, které představují i řadu omezení. Jde-li totiž pouze o půdu, ve statickém návrhu se zadávají jiné nižší hodnoty zatížení, než je tomu u účelově využívaného podkroví. Pro samotný výpočet využitelnosti opět budeme potřebovat dvě veličiny. Ve vzorci ponecháme teoretický objem podkroví V_{teor} , který je neměnný, avšak využitelný objem podkroví V_v nahradíme jeho obdobou, a to využitelným objemem celkovým V_{cel} , který vychází z celkové podlahové plochy. Vzorce pro výpočty zůstávají stejné, pouze některé rozměrové hodnoty, které dosadíme, se budou lišit. Nejčastěji se liší hodnota šířky B , pro niž platila podmínka, že se jedná o šířku prostoru podkroví s výškou minimálně 1300 mm. Tato podmínka zde již neplatí, a proto i malé podkrovní prostory, například u rodinných domů typu „bungalov“ s typickou nízkou valbovou střechou, představují jakousi využitelnost. Níže budou uvedeny změny dosazovaných hodnot do vzorců pro výpočet využitelného, potažmo celkového objemu podkroví.

6.2.3.1 Sedlové střechy

U těchto střech je rozdíl od údajů v kapitole 6.2.2, jak bylo předesláno hlavně v rozměru „ B “. Zde tento rozměr představuje již šířku podlahové plochy v podkroví a ne pouze plochy obytné. Zároveň zde neplatí uvedené podmínky, jinak ovšem vzorce pro výpočet využitelného objemu podkroví, celkového objemu podkroví i využitelnosti zůstávají nepozměněny.

6.2.3.2 Valbové střechy

U valbových střech se základní vzorce také namění. Jediné difference jsou v tom, že lze vytvořit u malých a nízkých střech prostor s jiným tvarem. Hodně často se vytváří úložný prostor ve tvaru kvádrů, ať klasického, či nějak zkoseného. Tím někdy může dojít k nárůstu

hodnoty délky podkroví se šikmým stropem, jež není limitováno nutností minimální výšky 1300 mm. Poté je třeba výpočet jednoduše přizpůsobit. Ostatní odlišnosti jsou skoro stejné jako u střech sedlových.

6.2.3.3 Obloukové střechy

Pro tento tvar střechy je při výpočtu využitelného objemu podkroví typický údaj α , což je středový úhel oblouku nad využitým prostorem. Společně s hodnotou šířky tvoří jediné údaje, u nichž může dojít k nárůstu, a tím se zvýší celková využitelnost.

6.2.3.4 Mansardové střechy

Mansardy jsou typické svojí vysokou využitelností podkroví, přičemž se svojí vysokou obyvatelností jsou nejvhodnější volbou pro účelové podkrovní patro. Budeme-li se tedy bavit o celkové využitelnosti, kam smíme zahrnout ještě další prostor, který nelze započítávat do obytného, nebudou jím mansardy disponovat již v tak velkém množství. Malé rozdíly zde samozřejmě budou, ale tak malé, že nemají skoro žádný význam.

- Vzorec pro výpočet využitelnosti podkroví pro neúčelové využití

$$U_{cel} = \frac{V_{cel}}{V_{teor}} * 100 [\%]$$

Ačkoli by se mohlo zdát, že pro neúčelové využití bude využitelnost vyšší, ve skutečnosti u příhradových vazníků zůstane stejná, jako pro využití pro obytné účely. Je to z důvodů konstrukčních. Příhradové vazníky totiž nedovolují svojí konstrukcí zvyšování šířky ani středový úhel (u obloukových krovů), protože příhrady nelze jednoduše odstranit a podkrovní prostor je již v návrhu vyhrazen pevně mezi pruty. Vypracuje-li se projekt, kde se příhrady zmenší, či zcela odstraní, zvýší se tím průřez prvků, popřípadě se již nebude jednat o prutovou konstrukci. Proto i u uvedených příkladů v kapitole 6.2.2 se využití podkrovního prostoru nezvýší.

7 Výhody a nevýhody vazníkových konstrukcí krovů

Příhradové vazníky jsou dnes velice oblíbeným konstrukčním řešením pro zastřešení. Na českém trhu se dnes vyrábí především dva typy příhradových vazníků, a to technologií s deskami s prolisovanými trny a pro pohledové konstrukce se v posledních letech objevila technologie MKD vazníků. Jelikož ostatní technologie příhradových vazníků se buďto vůbec nevyrábí, nebo pouze výjimečně, budou uvažovány pouze tyto dvě technologie. Obě technologie byly blíže popsány v kapitolách 3.1.3 a 3.1.8. Ačkoli jsou tyto vazníky velice populární, představují v sobě i řadu nevýhod, které budou dále zmíněny a rozebrány. Každé jednotlivé hledisko popsané níže velice úzce souvisí s ostatními z nich, protože se jedná o prefabrikovanou výrobu, kde jsou veškeré výrobní faktory velice provázány.

7.1 Hledisko ekonomické

Z ekonomického pohledu bývají příhradové vazníky často pokládány za nejlepší volbu způsobu, jak zastřešit průmyslové nebo obytné objekty. Jedním z důvodů, proč jsou dnes tak populární je fakt, že pomocí příhradových konstrukcí je možné překlenout velké rozpony budov (max. 30-40 m) s minimálními náklady. V posledních letech se na evropském trhu stále častěji objevují různé druhy nosníků, které jsou schopny překlenout mnohdy vzdálenosti i vyšší, nicméně zavádění každé technologie je velice drahé, a proto jsou příhradové vazníky, zejména ty konstruované pomocí styčnickových desek s prolisovanými trny, stále nejvýhodnější a nejekonomičtější metodou zastřešování vysoko-rozponových objektů. Příznivá cena je dána i tuzemskou produkcí styčnickových desek. [5 s. 90].

V případě rodinných domů zpočátku o vaznících mezi lidmi panovaly obavy, které souvisely s nemožností využít podkroví nebo s tím, že místní trh je velice konzervativní pro přijetí nové technologie. Dnes je ovšem situace odlišná a příhradové vazníky jsou konstruovány na většině střech novostaveb rodinných domků, na čemž se do jisté míry promítlo úsilí projektantů, ale hlavně lákavá cena. Jak je uvedeno v kapitole 8.2, cena není levnější o závratné sumy, někdy dokonce může být v porovnání s klasickými krovky i vyšší. Klasické vázané krovky však ve většině případů neumí zajistit zároveň funkci nosné stropní konstrukce. Tato funkce je zároveň nejvyšší úsporou, kterou příhradové vazníky mohou nabídnout. Jejich využití podkroví v porovnání s krovky vázanými může působit velice neekonomickým dojmem, avšak v kapitole 6.2 je zřejmý fakt, že tento parametr není u příhradových konstrukcí zcela katastrofický. V případě MKD vazníků tomu může být z tohoto hlediska ještě lépe, ovšem za mnohem vyšší cenu.

Dalšími ekonomickými faktory je nízká produkce odpadu a úspora materiálu. Z důvodu spojování natupo za pomoci desek s prolisovanými trny nám stačí kratší délky fošen, ze kterých se vazník vyrábí, a tím nevzniká ani žádný odpad oproti dlabaným spojům. Faktem je i to, že tato konstrukce, která je řazená jako lehká střešní konstrukce, má potřebuje menší průřezy prvků, čímž klesá spotřeba materiálu, která významně ovlivní cenu [5 s. 90].

Je-li dobře naplánována montáž, tak tato část realizace nenaruší její ekonomičnost ve velkém rozsahu. Samotná montáž je velice rychlá a i když probíhá za pomoci jeřábů, které jsou velice drahou položkou, je-li správně organizována a načasována, nedojde k prodražení.

7.2 Hledisko časové

Toto hledisko samozřejmě velice souvisí s hlediskem ekonomickým, protože každé prodlevy vždy stojí mnoho peněz navíc. Příhradové vazníky jsou však z tohoto hlediska asi tou nejlepší volbou. Z pohledu časového totiž disponují obrovskou výhodou možnosti prefabrikace. Veškeré trendy ve stavebnictví se od druhé poloviny 20. století upínají tímto směrem. Na tom je opět dobře patrná souvislost s ekonomičností konstrukce. Prefabrikace totiž umožňuje výrobu několika vazníků najednou při záruce totožných rozměrů a pevností, čímž se výroba značně urychluje.

Z pohledu času, který je třeba na vytvoření návrhu příhradových vazníků a jejich výpočtů opět ani jedna z uvažovaných technologií není náročná. Je to způsobeno přítomností speciálních projekčních programů, které zahrnují speciální staticko-výpočtové kalkulátory. Proto dnes stačí zadat pouze data a základní návrh je automaticky vygenerován. Data poté stačí pouze zkontrolovat, případně provést drobné úpravy.

Doba montáže představuje pro příhradové vazníky další výhodou, protože například montáž vazníkového krovu klasického rodinného domku nezabere více než jeden den, není-li konstrukce příliš složitá, či rozsáhlá. I z tohoto důvodu představují vazníky výhodou pro zastřešování hal s velkým rozponem. Nadprůměrně výhodnými z časového hlediska jsou, pakliže je půdorys objektu jednoduchý bez úžlabí nebo nároží, jako například u valbových střech nebo u objektů tvarů L, T, či dokonce H. I v takovýchto případech je však čas na montáž velice příznivý.

7.3 Hledisko výrobní

Výroba příhradových vazníků, jak již bylo zmíněno, probíhá prostřednictvím prefabrikace. Avšak nejen z tohoto důvodu jsou příhradové vazníky výhodné. K jejich výrobě

je totiž zapotřebí minimum specializovaných strojů a pracovníků. Nevýhodou ale představuje nutnost disponovat velkými výrobními halami. To je velice markantní zejména, jedná-li se o výrobu vazníků pro zastřešení objektů s velkým rozponem. Mnohdy se absence tak velké haly řeší takzvanými dělenými vazníky, to však nelze udělat ve všech případech. Ve výrobní hale je tedy vhodné mít dostatek prostoru přibližně na výrobu 20-25 m dlouhého dílce. Velkým problémem je také skladování vazníků po dokončení jejich výroby. Většinou jsou totiž vazníky dokončeny o několik dní dříve, než má dojít k jejich montáži. Drtivá většina příhradových vazníků je povrchově impregnována látkami, které zvyšují odolnost vůči dřevokazným houbám, dřevokaznému hmyzu a také ohni. Impregnační látky jsou majoritně na bázi kvartérních amonných sloučenin a boritých solí (Bochemit QB, Lignofix-E-Profi atd.), které jsou vodou ze dřeva vyluhovatelné. Z tohoto důvodu je nutné co nejlépe předejít zmoknutí skladovaných dílců. Ideálně je třeba skladovat vazníky pod střechou nebo alespoň zabránit zmoknutí dočasným zakrytím. Tato nevýhoda však souvisí i s realizací stavby, kde by se také mělo předejít zmoknutí. V případě MKD vazníků je tomu obdobně.

7.4 Hledisko statické

Jednou velkou výhodou příhradových vazníků je, že jejich statický výpočet probíhá zcela strojním způsobem. Tyto programy vycházejí z klasických výpočtů oboru pružnosti, pevnosti, mechaniky a z Eurokódu 5, který představuje srovnanou evropskou normu pro navrhování dřevěných konstrukcí. Proto jsou vazníky vždy správně navrženy a zabezpečeny proti účinkům stálých a nahodilých zatížení. U příhradových vazníků s deskami s prolisovanými trny je velkou nevýhodou nízká odolnost proti účinkům požáru. Je to dáno kovovými spojovacími deskami, které nejsou chráněny, ani jinak kryty před velkým žářem, který velice rychle sníží pevnost oceli. MKD vazníky jsou na tom o mnoho lépe, protože jejich konstrukce poskytuje svým hmoždíkům ochranu před žářem, tudíž jejich požární odolnost se prodlouží.

7.5 Hledisko uživatelské a estetické

Každý koncový uživatel, který zvažuje i všechna hlediska předešlá, jistě nejvíce pohlíží na konečné užité vlastnosti vazníkového krovu. Jelikož jsou vazníky ošetřeny proti škodlivým činitelům v dostatečné míře, je jejich velkou předností jejich bezúdržbovost. Při pohledu na příhradové vazníky vyráběné metodou s deskami s prolisovanými trny zde však vyvstává problém jejich vzhledu. Jelikož nejsou většinou hoblovány, čímž by se výroba dosti prodražila, vzhled těchto vazníků působí velice neesteticky, navíc jsou zde vidět spojovací

desky, které na vzhledu také nepřidají. Proto je u studiových vazníků s využitelným prostorem zapotřebí jejich skrytí pomocí opláštění, a to opět konstrukci může prodražit. Za to v případě MKD vazníků, kde jsou spoje zakryté z obou stran a většinou jsou hoblovány a ošetřovány dražšími prostředky, které již zaručují jejich příjemný vzhled, tuto nevýhodu neshledáme.

Další uživatelskou nevýhodou se může často jevit i nepřístupnost či slabá využitelnost podkroví, čemuž je tak díky prutům, které jsou nezbytné v konstrukci, zabírají však cenný prostor, nicméně díky vhodnému studiovému návrhu se dnes podkrovní prostor dá z velké části využít. Zhotovení takového návrhu pak zejména v drahých lokalitách z hlediska cen nemovitostí znamená větší přínos, protože u drahé půdy obecně platí, že čím více využitých pater, tím lépe.

8 Cenová bilance a doporučení jednotlivých vazníkových konstrukcí krovů oproti klasickým krovovým systémům

8.1 Tvorba ceny zastřešení příhradovými vazníky

Na výrobu příhradových vazníků je nutné používat řezivo vyrobené z výřezů jakostní třídy III, jakostního stupně A, což souvisí s výskytem nežádoucích vad v následném řezivu. Tím však již máme vyšší vstupní náklady, kterým se nelze nijak vyhnout. Firmy vyrábějící příhradové vazníky si většinou sami produkují řezivo pro jejich výrobu. Další text bude kalkulovat s tím, že řezivo je již vyrobeno a tím se tedy kalkulace bude týkat pouze výroby a montáže vazníkového krovu. Kalkulace se ve většině případů řeší pomocí kalkulačního vzorce, který není sice závazný, ale postupuje podle něj většina firem v České republice. Základním rozdělením nákladů na výrobu je na přímé náklady a náklady spojené s režii podniku.

8.1.1 Přímé náklady výroby

Mezi tyto náklady řadíme veškeré takové náklady, které bezprostředně souvisí s výrobou daných výrobků nebo jsou v přímém vztahu k jednotlivým výkonům výroby [10 s. 67]. Vztáhneme-li přímé náklady na výrobu příhradových vazníků, rozdělíme je dále do několika skupin za účelem co nejpřesnější kalkulace ceny. V případě vlastní produkce řeziva je nutné náklady na obě výroby oddělit.

8.1.1.1 Prvotní přímé náklady

- **Přímý materiál** – Krovy z příhradových vazníků se nejčastěji vyrábí z fošen, popřípadě hranolů (v případě MKD vazníků). Do kalkulace musíme zahrnovat čistý objem řeziva, který je zakomponován ve vazníku a odpad, který vzniká prořezem. Další značnou položkou při výrobě příhradových vazníků je spojovací materiál, tedy desky s prolisovanými trny či oboustranné MKD hmoždíky. Je třeba sem zahrnout také doplňkový větrovací materiál a materiál jako jsou kontra-latě. Je-li řezivo impregnováno, musíme započítat i spotřebu impregnačních látek. Podobně, je-li opatřen povrchovou úpravou v podobě nátěru.
- **Přímé mzdy** – do této kategorie započítáváme mzdy zaměstnanců podílejících se přímo na výrobě vazníků. Zpravidla to je obsluha úhlové a zkracovací pily, obsluha lisovacího zařízení a pomocní pracovníci, kteří skládají dílce, rozmisťují spony apod.

- Přímé výrobní výkony – Je nutno započítat veškerou spotřebovanou energii strojů spotřebovanou při výrobě vazníků, ale také například procento odpisů výrobního majetku, například při zakoupení CNC úhlové pily.

8.1.1.2 Druhotné přímé náklady

- Mzdy – tyto mzdy zahrnují například mzdové ohodnocení řidiče, který přepravuje vazníky na sklad nebo materiál z jednoho výrobního stanoviště na druhé. U vazníků například od úhlové pily do máčírny a nakonec na lisovnu vazníků.
- Materiál – malou, ale neopomenutelnou položkou je materiál, který slouží jako pomocný při výrobě. Mohou to být například ocelové pásy na stahování skupiny vazníků k sobě nebo dočasné větrovací přířezy používané při skladování.

8.1.2 Režijní náklady výroby

Režijní náklady jsou ty, které nelze vztáhnout na vyráběnou jednotku. Jsou potřebné k zajištění chodu firmy a přípravě výroby [10 s. 67].

8.1.2.1 Výrobní režie

- Mzdy ve výrobní režii – Tyto mzdy se vztahují na zaměstnance, kteří mají na starosti správný chod výroby (plat mistra nebo projektanty dřevěných konstrukcí).
- Materiál ve výrobní režii – Veškerý materiál, který se spotřebuje na řízení výroby, se začleňuje do této kategorie. Patří sem například energie na svícení v kanceláři projektanta nebo mistra, kancelářské potřeby nebo poplatky za služební telefon těchto osob.

8.1.2.2 Správní režie

- Mzdy ve správní režii – Z těchto mezd je vypláceno například vedení firmy a sekretariát, který se podílí na správě podniku, výplatách a tvorbě účetnictví.
- Materiál ve správní režii – Je obdobou materiálu ve výrobní režii, ale je spotřebováván lidmi podílejícími se na správě podniku.

8.1.3 Náklady na montáž

- Mzdy – Jsou určeny pro veškeré zaměstnance, kteří se podílejí na montáži krovu v místě stavby.

- Materiál – Další spojovací materiál a pomocný větrovací materiál, který se na místě stavby využívá, se zahrne do této kategorie nákladů. Patří sem zejména konvexní a jiné klínce a hřebíky, hmoždinky úhelníky, svorníky a další spojovací prvky.
- Doprava – Zahrnuje v sobě dopravu montážních pracovníků na místo stavby, dopravu samotných příhradových vazníků a doplňkového větrovacího materiálu, ale také jeřábu.

8.1.4 Konečná kalkulace

Po sečtení veškerých položek, které byly uvedeny v kapitolách 8.1.1 – 8.1.3, budeme-li předpokládat celkovou realizaci krovu jako výrobu, dostaneme úplné vlastní náklady. K těmto nákladům je ještě nutné připočítat výši zisku, přičemž je vhodné zohledňovat výši inflace. Zisk je kalkulovaná veličina a vyjadřuje se většinou jako procentuální podíl z úplných vlastních nákladů. Tím pak vzniká výrobní cena, za kterou je podnik schopen vazníky vyrobit [10 s. 68].

8.2 Porovnání cen zastřešení příhradovými vazníky s vázanými krovky

Jelikož krov nabízí veliké množství parametrů, které ovlivní výslednou cenu, je třeba zvolit způsob, jak je mezi sebou objektivně porovnat. Například nelze porovnávat krov střechy valbové s krovem střechy sedlové, krov zastřešující objekt tvaru L s objektem přímého tvaru nebo objekt o velice různých rozpnech. Proto je nejvýhodnější vždy porovnávat v rámci stejných objektů zastřešení, stejně jako je tomu v kapitole 8.2.1.

Při porovnání cen je počítáno se skutečnými cenami z vytvořených projektů, které jsou poskytnuty firmou ARRBO s.r.o. Firma se zabývá výrobou příhradových vazníků spojovaných deskami s prolisovanými trny a také výrobou klasických vázaných krovů. Porovnávají budou nejčastější tvary střech, které se vyrábí, tedy sedlové a valbové. Pro porovnání byly vytvořeny projekty o různých rozpnech pro objektivní vyhodnocení.

8.2.1 Ceny konstrukcí krovů

Aby došlo k objektivnímu zhodnocení, není zahrnována cena dopravy, protože je odvislá od vzdálenosti a může zkreslovat výsledky.

8.2.1.1 Příhradové vazníky

- Sedlový tvar střechy

V tab. 3 je patrné, že čím je vyšší rozpon příhradové konstrukce, tím klesá celková využitelnost. Tento jev je způsobený nutností přítomnosti více prutů, jelikož pevnost v ohybu dřeva není příliš vysoká. Tím se snižuje prostor, který by se teoreticky dal využít. Dále je však dobře vidět, jak se snižuje cena krovu vztažená na metr čtvereční zastřešené plochy s narůstajícím rozponem. To je ukazatel, který potvrzuje, že příhradové vazníky jsou velice vhodné na zastřešení objektů s velkým rozponem, ovšem za cenu snížení využitelného prostoru v podkroví.

Přehledová tabulka - Sedlová střecha										
Označení krovu	Rozpon objektu [m]	Konstrukce stropu	Využitelné podkroví [m ³]	Využitelnost celková [%]	Objem dřeva [m ³]	Objem dřeva na plochu [m ³ /m ²]	Obsah půdorysu střechy [m ²]	Délka střechy [m]	Cena celková [Kč]	Cena na metr čtvereční [Kč/m ²]
Ref. 1	6,5	panely	151,1	81,2	2,56	0,02451	104,5	14,3	71200	682
Ref. 2	8,1	vazníky	227,2	79,3	2,93	0,02097	139,7	15,7	72960	522
Ref. 3	9,7	vazníky	313,6	75,8	3,20	0,01881	170,1	16,2	80400	473
Ref. 4	10,3	vazníky	345,8	71,9	3,28	0,01759	186,5	16,8	82400	442
Ref. 5	12,1	panely	391,1	69,7	3,30	0,01752	188,3	14,6	87100	462
Ref. 6	15,2	panely	1303,1	67,6	8,78	0,01748	502,4	31,4	205000	408

Tabulka 3 Porovnání jednotlivých hodnot referencí pro sedlové vazníkové krovu (Zdroj: Vlastní tvorba)

– Valbový tvar střechy

Přehledová tabulka - valbová střecha										
Označení krovu	Rozpon objektu [m]	Konstrukce stropu	Využitelné podkroví [m ³]	Využitelnost celková [%]	Objem dřeva [m ³]	Objem dřeva na plochu [m ³ /m ²]	Obsah půdorysu střechy [m ²]	Délka střechy [m]	Cena celková [Kč]	Cena na metr čtvereční [Kč/m ²]
Ref. 1	6,5	panely	130,1	78,9	2,95	0,0282	104,5	14,3	65800	630
Ref. 2	8,1	vazníky	199,0	77,2	3,20	0,0229	139,7	15,7	73700	527
Ref. 3	9,7	vazníky	261,1	73,5	3,65	0,0215	170,1	16,2	81800	481
Ref. 4	10,3	vazníky	278,1	68,0	3,28	0,0176	186,5	16,8	93400	501
Ref. 5	12,1	panely	286,3	65,8	4,56	0,0242	188,3	14,6	101800	541
Ref. 6	15,2	panely	1058,1	63,7	8,90	0,0177	502,4	31,4	225300	448

Tabulka 4 Porovnání jednotlivých hodnot referencí pro valbové vazníkové krovu (Zdroj: Vlastní tvorba)

U tohoto tvaru střech je všeobecně využitelnost nejmenší. Je to dáno složitější konstrukcí v nárožích krovu, ale i zešikmením, které je zde ze všech čtyř stran. Z grafu 3 a 4 je vidět, že i zde využitelnost klesá s vyšším rozponem. Je tomu tak opět z důvodu nosnosti konstrukce. Cena, která vychází vždy hlavně ze spotřebovaného středového řeziva, je v případě valbových příhradových konstrukcí ve vztahu k sedlovým o něco vyšší, jelikož na valby ve štítech se tak spotřebuje více řeziva a větrovacího materiálu, například na námětky a nárožní krovu. Vyšší

spotřeba materiálu je také vidět v tab. 4. Rozdíl v ceně však není závratný a někdy se může dokonce stát, že cena za valbovou střechu bude nižší, než u odpovídajícího zastřešení sedlovým tvarem střechy.

8.2.1.2 Vázané krovy

U vázaných krovů je větší využitelnost, než u krovů vazníkových, jak je dobře vidět při porovnání hodnot v tab. 2 a tab. 3 s tab. 4 a tab. 5. Tato využitelnost je ovšem na úkor vyšší spotřeby materiálu, který musí mít větší průřezy, což vede samozřejmě k nárůstu ceny. I vázaným krovům rapidně klesá využitelnost podkroví s velkými rozpony. Na rozdíl od vazníkových krovů tento problém nejde řešit u vázaných krovů snadno. Jednou z možností je zvyšování průřezů, které jsou již tak velké a to nejde do nekonečna. Další možností jsou věšadlové konstrukce, které však již naruší celistvost vnitřního prostoru. Se zvyšováním rozponu rychle roste spotřeba materiálu, a to u obou posuzovaných tvarů střech. Důležitý parametr však je to, že vázané krovy nedisponují možností snadno nést konstrukci stropu. Vazný trám totiž správně nemá být namáhán ohybem, a snaha je spíše toto namáhání snížit pomocí podpírání.

– Sedlový tvar střechy

V případě vázaných střech jsou sedlové střechy nejjednodušším řešením, proto se dodnes těší veliké oblíbenosti. U vázané sedlové střechy se spolu se zvětšením rozponu, navyšuje i počet nutných prvků v konstrukci. Jsou-li krokve delší než 4,5 metru, je již nutné konstrukci rozepřít hambalkem. Zatímco u krovů o rozpětí 4 – 6 metrů postačí pouze jednostranná kleština a podélné zavětrování krokví, u rozponů větších než 12 metrů je již potřeba kvůli statické přídavat mnoho zpevňujících prvků, které samozřejmě jednak zabírají podkrovní prostor, jednak konstrukci navíc dosti prodražují. Na grafu č. 3 je dobře patrné, jak se s rozponem snižuje procentuální využitelnost podkrovního prostoru.

Přehledová tabulka - Sedlová střecha										
Označení krovu	Rozpon objektu [m]	Konstrukce stropu	Využitelné podkroví [m ³]	Využitelnost celková [%]	Objem dřeva [m ³]	Objem dřeva na plochu [m ³ /m ²]	Obsah půdorysu střechy [m ²]	Délka střechy [m]	Cena celková [Kč]	Cena na metr čtvereční [Kč/m ²]
Ref. 1	6,5	panely	159,8	86,2	3,52	0,03370	104,5	14,3	69343	664
Ref. 2	8,1	panely	243,8	81,6	4,19	0,02999	139,7	15,7	77702	556
Ref. 3	9,7	panely	342,2	80,3	5,73	0,03369	170,1	16,2	91213	536
Ref. 4	10,3	panely	362,0	73,2	8,22	0,04408	186,5	16,8	127768	685
Ref. 5	12,1	panely	407,8	70,9	9,17	0,04869	188,3	14,6	136225	723
Ref. 6	15,2	panely	1361,2	70,1	19,78	0,03937	502,4	31,4	313746	624

Tabulka 5 Porovnání jednotlivých hodnot referencí pro sedlové vázané krovky (Zdroj: Vlastní tvorba)

– Valbový tvar střechy

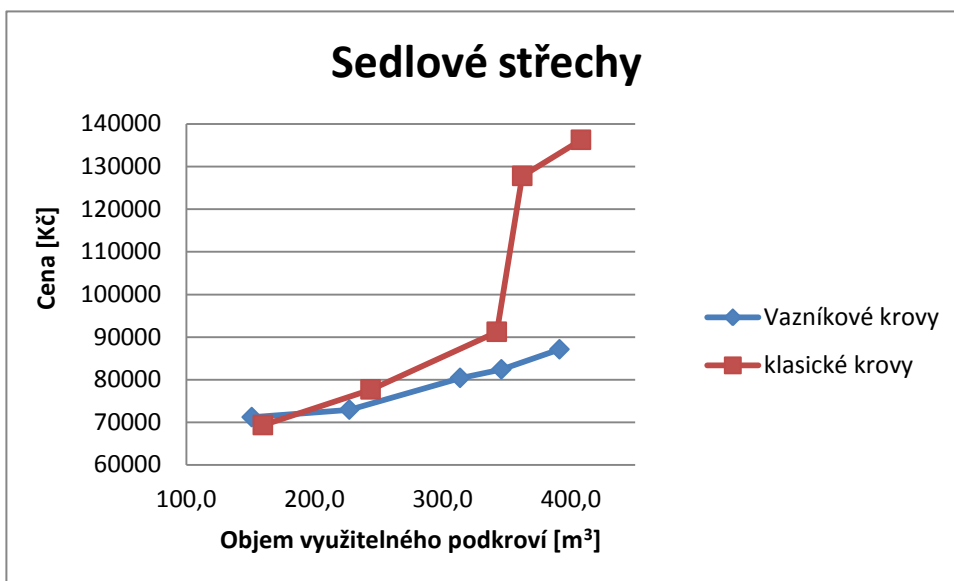
To co platí o využití podkroví u sedlových střech, u valbových tvarů platí, dalo by se říci dvojnásobně. Jelikož valbové střechy disponují nárožními, je jejich konstrukce o něco složitější a náročnější na spotřebu materiálu. Nárožní krokve mají zpravidla větší průřezy, než je tomu u krokví ostatních. Je to z důvodu jejich veliké délky a také kvůli pohodlnějšímu lípnutí námětkových krokví. Navíc musí být seříznuty do tvaru pětiúhelníku kvůli napojení sousedních ploch střechy. Jak stoupá hodnota rozponu i u valbových střech narůstá počet nutných prvků (například větší počet vaznic a podobně). To opět zvyšuje průměrnou cenu na 1m² zastřešení, jak dokazuje tab. 6 a také se snižuje využitelnost podkroví (graf 4 a tabulka 6).

Přehledová tabulka - valbová střecha										
Označení krovu	Rozpon objektu [m]	Konstrukce stropu	Využitelné podkroví [m ³]	Využitelnost celková [%]	Objem dřeva [m ³]	Objem dřeva na plochu [m ³ /m ²]	Obsah půdorysu střechy [m ²]	Délka střechy [m]	Cena celková [Kč]	Cena na metr čtvereční [Kč/m ²]
Ref. 1	6,5	panely	145,6	88,3	3,87	0,0371	104,5	14,3	76277	730
Ref. 2	8,1	panely	220,1	85,4	4,61	0,0330	139,7	15,7	85472	612
Ref. 3	9,7	panely	282,7	79,6	6,30	0,0371	170,1	16,2	100334	590
Ref. 4	10,3	panely	307,6	75,2	9,04	0,0485	186,5	16,8	140545	754
Ref. 5	12,1	panely	312,4	71,8	10,09	0,0536	188,3	14,6	149848	796
Ref. 6	15,2	panely	1151,1	69,3	21,76	0,0433	502,4	31,4	345121	687

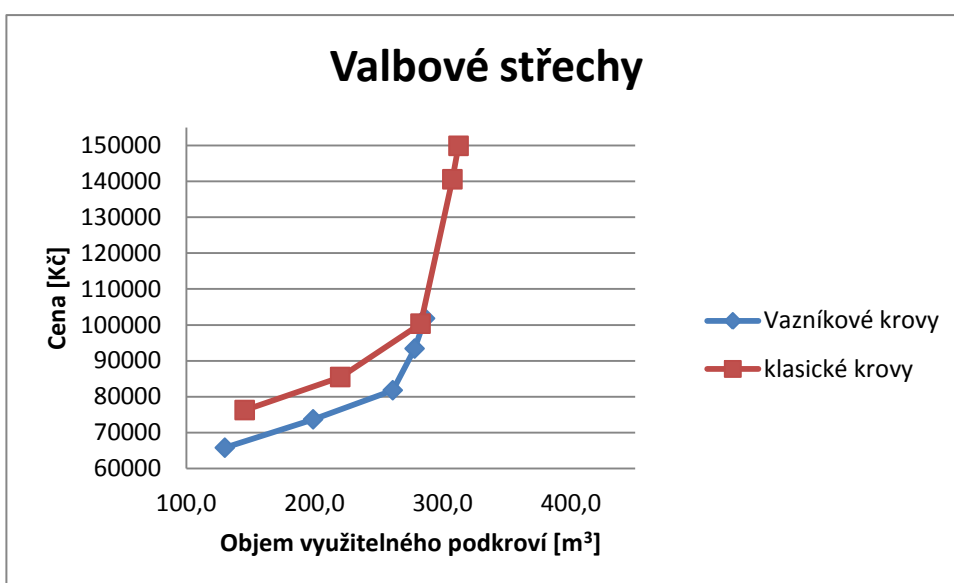
Tabulka 6 Porovnání jednotlivých hodnot referencí pro valbové vázané krovky (Zdroj: Vlastní tvorba)

8.2.2 Rozbor vlivu ekonomicko-uživatelských hledisek

a) Využitelné podkroví a cena



Graf 1 Závislost ceny a objemu využitelného podkroví sedlových střech (Zdroj: Vlastní tvorba)



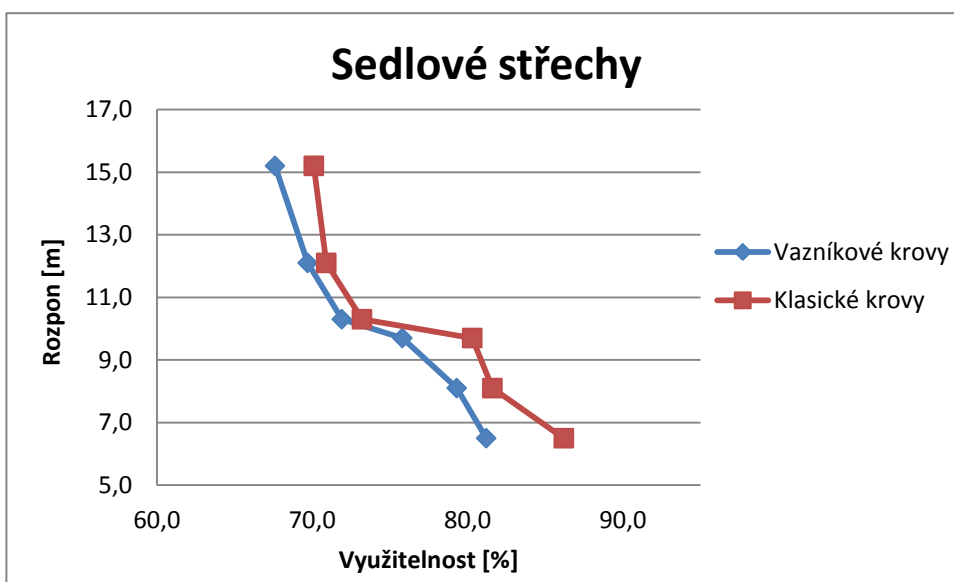
Graf 2 Závislost ceny a objemu využitelného podkroví valbových střech (Zdroj: Vlastní tvorba)

Na grafech 1 a 2 je znázorněno, jak se vyvíjí cena, zvýší-li se objem využitelného podkrovního prostoru. Tyto hodnoty jsou úzce spjaté s hodnotou rozponu, který zvyšuje především cenu. Objem využitelného podkroví je sice s rozponem navýšen také, nikoli však v takové míře, aby neklesala celková procentuální využitelnost. S hodnotou délky je tomu přesně naopak. S jejím nárůstem se zvýší využitelný objem, nicméně procento využitelnosti

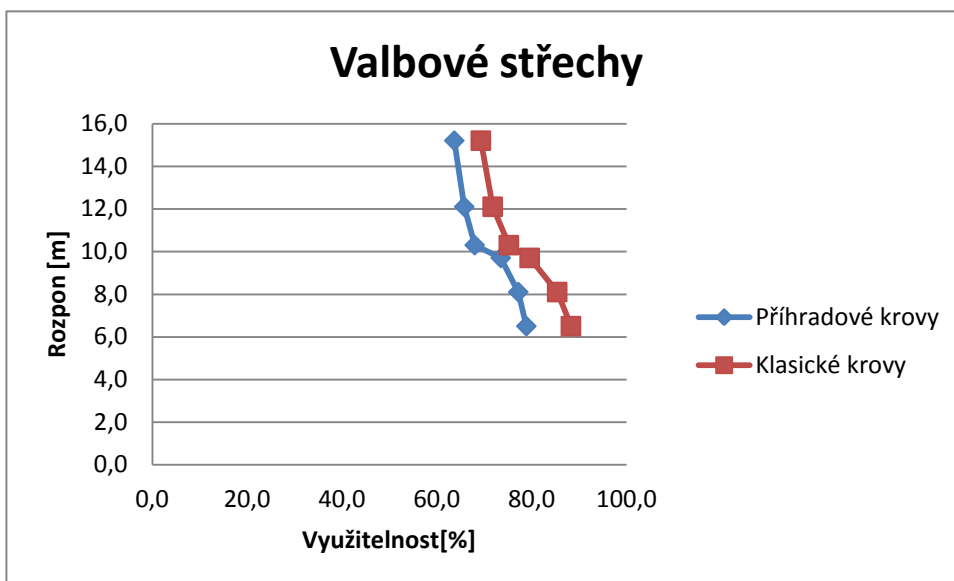
zůstává skoro neměnné, což platí o sedlové i valbové střeše, a to jak u vazníků, tak u klasických krovů, což je dobře vidět v grafu 5. Od určitých rozponů pak již využitelný prostor o stejné délce budovy při zvýšení rozponové hodnoty takřka neroste. Z hlediska ceny, je však situace jiná. U klasických krovů sedlových i valbových cenu navyšuje délka krovu přibližně lineárně, ale rozpon by měl zapříčinit nárůst ceny exponenciální. U krovů vazníkových se zvýšení rozponu i délky děje spíše lineárně, tedy hlavně zpočátku. U vyšších rozponů přechází závislost vlivu rozponu také do exponenciály, ovšem velice mírně.

b) Rozpon a procentuální využitelnost

Jak již bylo několikrát předesláno, procentuální využitelnost se s nárůstem rozponu u všech zde posuzovaných krovů snižuje. Průběh tohoto poklesu je u vazníků i klasických krovů přibližně stejná. To je vidět z grafů 3 pro sedlové střechy a 4 pro střechy valbové.



Graf 3 Vývoj hodnoty využitelnosti v závislosti na rozponu u sedlových krovů (Zdroj: Vlastní tvorba)



Graf 4 Vývoj hodnoty využitelnosti v závislosti na rozponu u valbových krovů (Zdroj: Vlastní tvorba)

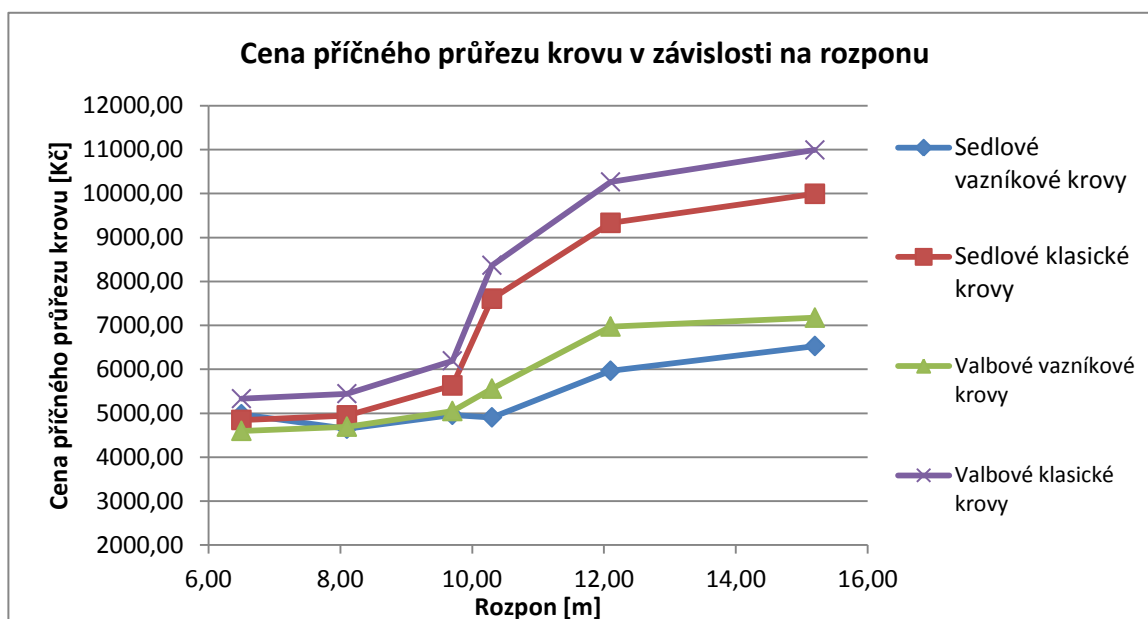
8.3 Rozbor a doporučení vhodnosti krovů v dané situaci

V kapitole 8.2 jsou srovnány a rozebrány nejzákladnější parametry a jejich rozdíly mezi krovy klasicky vázanými a vazníkovými spojenými deskami s prolisovanými trny. Z těchto rozdílů lze vyvodit řadu doporučení, k jaké konstrukci krovu se v případě dané realizace uchýlit.

8.3.1 Priorita ve využitelnosti podkroví

Je-li požadavek zákazníka tohoto rázu, vyvstává otázka, co je zákazník za tento požadavek ochoten zaplatit. Je-li jeho rozpočet neomezený, záleží na volbě projektanta. Většinou tomu však takto nebývá, proto je třeba předložit zákazníkovi možné varianty. Vydělíme-li celkovou cenu délkou krovu, získáme cenu průměrného příčného průřezu krovu. Jelikož rozpon velikost příčného průřezu přímo ovlivňuje, (zachováme-li stejný sklon střechy, rozpon ovlivní i výšku střechy), můžeme získat vývoj ceny v závislosti na rozponu budovy - graf číslo 5. Budeme-li vycházet z tohoto grafu, uvidíme, že do rozponu zhruba deseti metrů jsou ceny vazníkových a klasických krovů docela podobné, a u menších rozponů bude dozajista výhodnější volba klasicky vázaného krovu. Za hranicí rozponu 10 metrů však již roste výhodnost vazníkového krovu, přičemž využitelnost podkroví je takřka stejná. Další možnou volbou je v dnešní době již běžně dostupný krov vyráběný CNC technikou. Zde se dá vyprojektovat i velice vysoká využitelnost podkroví, ovšem je tomu na úkor ceny, která je

ještě stále vyšší, než klasicky vázaný krov. V tomto případě, kde je nejvyšší důraz kladen na užitnost podkroví, je nejvhodnější skládaný krov vyráběný CNC technologií.



Graf 5 Porovnání vývoje ceny krovů v závislosti na rozponu (Zdroj: Vlastní tvorba)

8.3.2 Priorita nízké ceny

Záleží-li zákazníkovi především na ceně a podkroví užívat nepotřebuje, je dozajista nejlepší volbou příhradový vazník spojený deskami s prolisovanými trny. Tato varianta je levnější sice v řádech několika procent, ale nese si s sebou ještě řadu jiných výhod. Velice velkou částkou při stavbě jsou stropní systémy, což tento příhradový vazník je schopen řešit zároveň se zastřešením. Nevhodným by zřejmě byl i MKD vazník, který představuje dražší variantu prutových konstrukcí a na rodinné domy se zatím na našem území příliš neužívá. Klasické vázané krovky jsou sice srovnatelně drahé, jako vazníky, ale při započítání ceny stropní konstrukce se velice prodraží a při zastřešení velkorozponových budov jejich cena neúměrně roste. To samé se dá říci o krovech z produkce CNC obráběcích center. Zde je tedy nejlepší volbou vazníkový krov s deskami s prolisovanými trny.

8.3.3 Priorita rychlé realizace

Rychlá realizace se stala ve stavebnictví jednou z nejdůležitějších předpokladů úspěšného podnikání již dávno. To ovšem přináší problémy s kvalitou, protože ve spěchu se často různé věci opomenou. Je proto třeba zvolit takový způsob zastřešení, který by v sobě spojoval rychlost a přesnost. Proto je zde nejvhodnější způsob, kde je výroba co nejméně závislá na lidském faktoru. Pak už je třeba zvolit výrobní technologii podle ostatních přání zadavatele. Záleží-li na estetice konstrukce, jsou nasnadě MKD vazníky a skládané krovky prefabrikované

CNC technologií. Je-li kladen větší důraz na úsporu, vychází pak nejlépe vazníkový krov s deskami s prolisovanými trny.

8.3.4 Všeobecné hledisko

Porovnáním všech hledisek uvedených v kapitolách 8.3.1 – 8.3.3 je snadno vyvoditelné, jaký druh zastřešení je v průměru tím nejvýhodnějším. Je jím dozajista vazníkový systém s deskami s prolisovanými trny, protože je schopen v sobě kombinovat přijatelnou využitelnost podkrovního prostoru, vysokou rychlost výroby, schopnost překlenout velké vzdálenosti a to vše za přijatelnou cenu.

9 Závěr

Popsány byly způsoby zastřešení příhradovými vazníky, které byly v minulosti používané, přičemž některé byly v nedávné době inovovány a rozvinuly se v důmyslný a výhodný systém zastřešení. Jelikož způsob zastřešení příhradovými vazníky není omezen tvarem, je vhodný na zastřešení bytových i rodinných domů. Nejvíce používanými jsou dnes příhradové vazníky s deskami s prolisovanými trny. Tato obecná fakta byla popsána v prvních třech kapitolách práce.

Další kapitola, k jejíž tvorbě již byl zapotřebí kontakt s praxí, popsala, jakým způsobem a za jakých předpokladů dochází k projekci a výrobě vazníků s deskami s prolisovanými trny. Nejdůležitějším parametrem se zde ukázal správný postup výroby, přičemž hlavní důraz je kladen na správná výrobní zařízení a příslušný software. Jak zde bylo popsáno software je schopen sofistikovaných výpočtů, které vychází z Eurokódu 5 pro navrhování dřevěných konstrukcí.

V práci jsou v další části zavedeny a definovány pojmy jako objem využitelného podkroví, teoretický objem podkroví a využitelnost pro případy účelových a neúčelových obytných podkroví. Pro tyto pojmy byly sestaveny co nejpřesněji obecné vzorce, podle kterých lze docílit výpočtu jejich hodnot, a to pro nejčastěji používané tvary střech. Po dosazení skutečných hodnot do těchto vzorců byl shledán výsledek, že při stejných základních parametrech střech má nejvyšší využitelnost sedlový tvar střechy, ovšem využitelný objem vytvoříme pomocí obloukové a mansardové střechy, čímž se předpoklad potvrdil.

Největší nevýhodou vazníkových konstrukcí oproti klasickým krovům se projevilo hledisko estetické, protože chceme-li docílit pohledovosti konstrukce, musíme zvolit drahou variantu MKD vazníků nebo konstrukci zakrýt opláštěním. Naopak výhodou je schopnost nést podhled, což spoří výdaje stavby. I kalkulace ceny vazníků není nijak složitá a lze jí bezpečně provádět pomocí obecného kalkulačního vzorce.

Práce vychází z informací teoretických, které slouží k porovnání s údaji přímo z praxe. Na základě těchto porovnání pomocí statistických metod byly vyvozeny zajímavé výsledky. Nejdůležitějším výsledkem výzkumu je, že vazníkové krovy se oproti klasickým vázaným krovům nejvíce vyplatí na zastřešení objektů s rozponem od deseti metrů. Hodnocení však předpokládá stejné podmínky pro oba způsoby, tedy i již položenou stropní desku.

Kvůli nedostatku údajů pro statistiku nebylo možné svrchovaně vyhodnotit závislost ceny konstrukce na rozponu a délce samostatně. Proto lze pouze předpokládat, že u vazníkových konstrukcí je na rozdíl od klasických krovů méně strmý nárůst ceny v závislosti na rozponu.

Fakt, který posoudit lze, je, že s rostoucím rozponem klesá procentuální využitelnost u obou typů konstrukce podobně. S délkou roste pouze objem využitelného prostoru.

Přesnost vyhodnocení odvisí v počtu posuzovaných objektů, přičemž je důležité, aby co nejvíce parametrů bylo stejných pro všechny posuzované krovy. Zde mohou vznikat odchýlení od skutečnosti. Přes nedostatek vstupních údajů práce může sloužit jako podklad pro správnou volbu systému zastřešení, jako podklad pro jiné práce o tomto tématu a jako učební zdroj k přiblížení problematiky výroby příhradových vazníků.

10 Seznam použitých zdrojů

Tištěné dokumenty

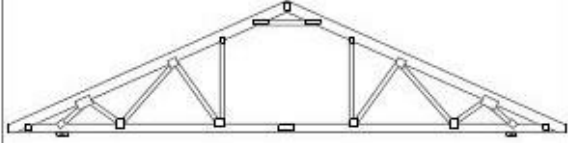
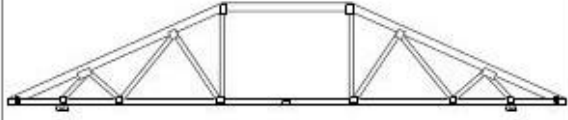
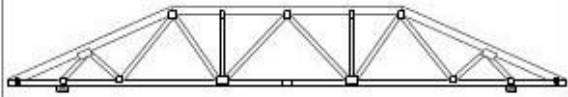
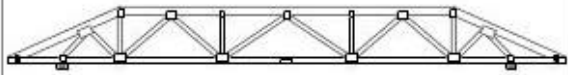
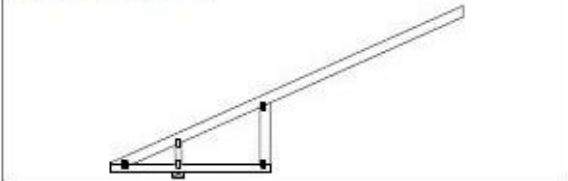
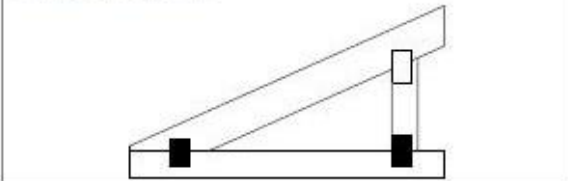
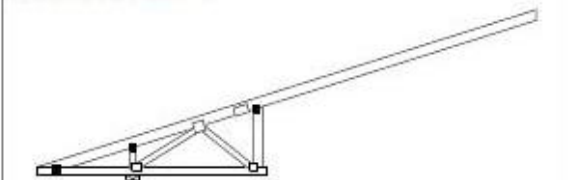
1. KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce, Příklady a řešení podle ČSN 73 1702*. 1. vyd., Praha: IC ČKAIT, 2008. 318 s. ISBN 978-80-87438-16-19.
2. GERNER, Manfred. *Tesařské spoje*. 1. vyd., Grada, 2003. 220 s. ISBN 978-80-247-0076-2.
3. JELÍNEK, Lubomír. *Tesařské konstrukce*. 1. Vyd., Praha: IC ČKAIT, 2008. 236 s. ISBN 80-87093-74-0.
4. KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5. STEP 1*. 1. vyd., Praha: IC ČKAIT, 1998. 375 s. ISBN 80-86769-13-5.
5. KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. 1. vyd., Praha: IC ČKAIT, 2005. 369 s. ISBN 80-86769-72-0.
6. KUKLÍK, Petr, KUKLÍKOVÁ, Anna. *Navrhování dřevěných konstrukcí: Příručka k ČSN EN 1995-1.1*. vyd., Praha: IC ČKAIT, 2010. 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.
7. ŠLEGER, Vladimír, NEUBERGER, Pavel. *Statika s příklady od A do Z*. 1. vyd., dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-0855-8.
8. HÁJEK, Václav. *Stavíme ze dřeva*. 1. vyd., Sobotáles, 1997. 156 s.
9. ČSN 73 4301 *Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
10. SLOUP, Roman. *Cvičení z ekonomiky lesního hospodářství*. 1. vyd., Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. 83 s. ISBN 978-80-213-2145-8.

Elektronické dokumenty, Internetové zdroje:

11. TAJBR, Aleš. *Dřevěné vazníky s kovovými deskami s prolisovanými trny* [on-line]. Vazníky D.N.K. s.r.o. – Třebíč. 3 s PDF. Dostupný z WWW: http://www.drevene-vazniky.info/data_2/soubory/11.pdf
12. KROVY 2000. *V čem předčí Gang Nail sbíjené vazníky* [on-line]. KrovY 2000 s.r.o. – Blansko. Dostupný z WWW: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/v-cem-predci-gang-nail-sbijene-vazniky-19998.html>
13. Střechy 92. *Vazníky MKD – Technologie* [on-line]. Střechy 92 s.r.o. – Zlín. Dostupný z WWW: http://www.strechy92.cz/konstrukce/k_technologie_mkd.php
14. Temtis. *Handbook 1 – Timber structures* [on-line]. Ostrava. 254 s PDF. Dostupný z WWW: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook1_final.pdf

11 Přílohy

Příloha 1 Tvary vazníků pro realizaci valbové střechy (Zdroj: Výrobní dokumentace ARRBO s.r.o.)

SOUHRNNÉ INFORMACE	
<p>tophaus-měchenice 1 [7 ks] Y: 9,725 m Z: 2,285 m</p> 	<p>tophaus-měchenice 1a [2 ks] Y: 9,725 m Z: 1,783 m</p> 
<p>tophaus-měchenice 1b [2 ks] Y: 9,725 m Z: 1,387 m</p> 	<p>tophaus-měchenice 1c [2 ks] Y: 9,725 m Z: 0,990 m</p> 
<p>tophaus-měchenice 1d [14 ks] Y: 4,863 m Z: 2,285 m</p> 	<p>tophaus-měchenice 1e [8 ks] Y: 1,200 m Z: 0,654 m</p> 
<p>tophaus-měchenice 1f [4 ks] Y: 6,877 m Z: 2,285 m</p> 	



ARRBO s.r.o., Týnická 1522, 399 01 Milevsko

TOP HAUS s.r.o.
Ing. Monika Stanická
Tržní nám. 657/12
460 01 Liberec 1

Milevsko 08.03.2012

Věc: Nabídka č. 12-122

Zasíláme Vám naši nabídku na provedení dřevěné tesařské konstrukce – krovu na akci: „RD Měchenice“.

Nabídka byla vypracována na základě dodaných podkladů.

1. Konstrukce krovu z vazníků:	Cena:
1.1. Dodávka vazníků kpt max.po 1,10m	44800.- Kč
1.2. Dodávka doplňkového větrovacího materiálu	3140.- Kč
1.3. Impregnace BOCHEMIT QB (zelený odstín)	2430.- Kč
1.4. Kotevní, spojovací a montážní materiál	2700.- Kč
1.5. Výrobní dokumentace vazníků	1500.- Kč
1.6. Doprava	5400.- Kč
1.7. Jeřáb do 20t	3600.- Kč
1.8. Montáž konstrukce	13880.- Kč
1.9. Ostatní náklady	0.- Kč
CELKEM	77 450.- Kč

Ceny jsou uvedeny bez DPH.

Termín: 5 týdnů od objednání

Požadavky pro realizaci: - hranol na obvodových zdech v rovinnosti dle ČSN
- zpevněný montážní prostor podél objektu a
zpevněná příjezdová komunikace pro těžkou techniku
k objektu

Cena neobsahuje: - následné vrstvy na krov (fóliování a laťování)
- obklady říms a podhledů

S pozdravem

ARRBO s.r.o.
Ing. Milan Kofroň
Týnická 1522
399 01 Milevsko

Přílohy: - schéma základního vazníku – 1 x A₁

E-mail: arrbo@arrbo.cz tel: +420 382 521 214 ČSOB Písek IČ: 45018031
Url: www.arrbo.cz fax: +420 382 521 892 č.ú. 186251456/0300 DIČ: CZ45018031
Zapsána v obchodním rejstříku u Krajského soudu v Českých Budějovicích oddíl C, vložka 789

Příloha 3 Výpis kombinací zatížení vazníku pro mezní stav únosnosti (Zdroj: Výkresová dokumentace ARRBO s.r.o.)

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Číslo	Název a druh kombinace Složení
1	G1+G2+G3 KOE_1; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1} * G1 + \gamma_{f,sup,2} * G2 + \gamma_{f,sup,3} * G3$
2	S4:G1+G2+G3 KOE_2; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1} * G1 + \gamma_{f,sup,2} * G2 + \gamma_{f,sup,3} * G3 + \gamma_{f,sup,4} * S4$
3	S5:G1+G2+G3 KOE_3; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1} * G1 + \gamma_{f,sup,2} * G2 + \gamma_{f,sup,3} * G3 + \gamma_{f,sup,5} * S5$
4	W6:G1+G2+G3 KOE_4; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1} * G1 + \gamma_{f,sup,2} * G2 + \gamma_{f,sup,3} * G3 + \gamma_{f,sup,6} * W6$
5	W6:G1+G2+G3+S4 KOE_5; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1} * G1 + \gamma_{f,sup,2} * G2 + \gamma_{f,sup,3} * G3 + \gamma_{f,sup,4} * 0,50 * S4 + \gamma_{f,sup,6} * 0,60 * W6$
6	S4:G1+G2+G3+W6 KOE_6; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1} * G1 + \gamma_{f,sup,2} * G2 + \gamma_{f,sup,3} * G3 + \gamma_{f,sup,4} * 0,50 * S4 + \gamma_{f,sup,6} * 0,60 * W6$
7	W6:G1+G2+G3+S5 KOE_7; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1} * G1 + \gamma_{f,sup,2} * G2 + \gamma_{f,sup,3} * G3 + \gamma_{f,sup,5} * 0,50 * S5 + \gamma_{f,sup,6} * 0,60 * W6$
8	S5:G1+G2+G3+W6 KOE_8; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1} * G1 + \gamma_{f,sup,2} * G2 + \gamma_{f,sup,3} * G3 + \gamma_{f,sup,5} * 0,50 * S5 + \gamma_{f,sup,6} * 0,60 * W6$

Příloha 4 Výpis kombinací zatížení vazníku pro mezní stav použitelnosti (Zdroj: Výkresová dokumentace ARRBO s.r.o.)

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu použitelnosti (MSP)

Číslo	Název a druh kombinace Složení
1	G1+G2+G3 KOS_1; charakteristická kombinace G1 + G2 + G3
2	S4:G1+G2+G3 KOS_2; charakteristická kombinace G1 + G2 + G3 + S4
3	S5:G1+G2+G3 KOS_3; charakteristická kombinace G1 + G2 + G3 + S5
4	W6:G1+G2+G3 KOS_4; charakteristická kombinace G1 + G2 + G3 + W6
5	W6:G1+G2+G3+S4 KOS_5; charakteristická kombinace G1 + G2 + G3 + 0,50 * S4 + 0,60 * W6
6	S4:G1+G2+G3+W6 KOS_6; charakteristická kombinace G1 + G2 + G3 + 0,50 * S4 + 0,60 * W6
7	W6:G1+G2+G3+S5 KOS_7; charakteristická kombinace G1 + G2 + G3 + 0,50 * S5 + 0,60 * W6
8	S5:G1+G2+G3+W6 KOS_8; charakteristická kombinace G1 + G2 + G3 + 0,50 * S5 + 0,60 * W6