

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav základního zpracování dřeva

Návrh nosného ocelového spoje pro konstrukce na bázi dřeva

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Přílohy: výkresová dokumentace, seznam výkresů, technologický postup výroby

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Martin Smrž**
Studijní program: Stavby na bázi dřeva
Obor: Stavby na bázi dřeva
Název tématu: **Návrh nosného ocelového spoje pro konstrukce na bázi dřeva**
Rozsah práce: 30 – 40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Cílem práce je vytvořit návrh ocelového spojovacího prostředku pro dřevěné konstrukce, který bude plnit nosnou funkci a zároveň bude poskytovat vysokou variabilitu pro architektonické a dispoziční řešení stavby. Pro návrh je provedena výrobní projektová dokumentace dle konstrukčních zásad a všech platných norem. Součástí práce je vytvoření zmenšeného modelu ze shodných materiálů.
2. Teoretická východiska – spojování konstrukčních materiálů na bázi dřeva ve stavebnictví pomocí ocelových spojovacích prostředků.
3. Zpracování výrobní projektové dokumentace spoje.
4. Technologický postup a časová náročnost výroby spoje. Vytvoření zmenšeného modelu.
5. Ekonomické zhodnocení pořizovaných nákladů na materiál a výrobu dle současných cen s výsledným tabulkovým zhodnocením celkového návrhu.
6. Shrnutí a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. GERNER, M. *Tesařské spoje*. Praha: Grada, 2003. 220 s. ISBN 978-80-247-0076-2.
2. NOVÁK, O. – HOŘEJŠÍ, J. *Statické tabulky pro stavební praxi : Určeno [také] stud. prům. a vys. škol stavebních*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1969. 475 s.
3. NOVÁK, O. – HOŘEJŠÍ, J. a kol. *Statika stavebních konstrukcí : Určeno [též] posl. vys. a prům. škol stavebního směru*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1973. 765 s.
4. STUDNIČKA, J. *Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí : příručka k ČSN EN 1994-1-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009. 116 s. ISBN 978-80-87093-85-6.
5. STUDNIČKA, J. *Navrhování tenkostěnných za studena tvarovaných profilů : Studie AV ČR číslo 2/94*. 1. vyd. Praha: Academia, 1994. 188 s. ISBN 80-200-0181-6.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: květen 2016

L. S.

Martin Smrž
Autor práce



Ing. Karel Krantorád, CSc.
Vedoucí ústavu



Ing. Martin Sviták, Ph.D.
Vedoucí práce




doc. Ing. Radomír Klvač, Ph.D.
Děkan LDF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Návrh nosného ocelového spoje pro konstrukce na bázi dřeva zpracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:

.....

podpis studenta

Poděkování:

Rád bych poděkoval rodině a přátelům, kteří mě podporovali po celou dobu studia. Dále bych chtěl poděkovat mému vedoucímu Ing. Martinu Svitákovi, Ph.D. za cenné rady a za pomoc při sestavování práce.

Jméno

Martin Smrž

Název práce

Návrh nosného ocelového spoje pro konstrukce na bázi dřeva

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem ocelového nosného prvku pro konstrukce na bázi dřeva. Ocelový prvek je navrhován pro specifickou dřevěnou konstrukci. V práci je vypracován návrh ocelového spoje, včetně podrobného popisu, výběru materiálu a technologického postupu výroby. V závěru práce je ekonomické zhodnocení výroby ocelového prvku. Přílohy zahrnují výkresovou dokumentaci, seznam výkresů a technologický postup.

Klíčová slova

Spoje dřevěných konstrukcí, ocelový spojovací prvek, dřevěná konstrukce, návrh

Name

Martin Smrž

Title of bachelor thesis

Design of a steel support element for a wood-based construction

Abstract

This bachelor thesis proposes a design of a steel support element for a wood-based construction. The steel element is designed for a specific wooden construction. In this thesis the particular steel joint is designed and a detailed description, selection of material and technological manufacturing process is included. In conclusion of the thesis there is an economical evaluation of the steel element production. The attachments include drawing documentation, a list of all drawings and a technological process.

Keywords

Wooden construction joints, steel joint element, wooden construction, design

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce.....	10
3	Metodika.....	11
4	Krovové soustavy šikmých a strmých střech	12
4.1	Rozdělení konstrukcí.....	12
4.2	Vaznicová soustava.....	13
5	Spoje kovovými prvky	14
5.1	Hřebíky.....	14
5.2	Svorníky	15
5.3	Kolíky.....	15
5.4	Vrutky	16
5.5	Hmoždíky.....	16
5.6	Styčnickové desky	17
5.7	Tvarové součásti z ocelového plechu.....	17
5.8	Kotvící prvky	18
6	Konstrukční řešení.....	20
6.1	Popis konstrukce	20
6.2	Třída trvání zatížení	21
6.3	Třída provozu	21
6.4	Návrh nosných profilů.....	21
6.5	Návrh řešení ocelového nosného spoje	25
6.5.1	Další varianty řešení	26
6.6	Svorníkový spoj svislé konstrukce.....	28
6.7	Svorníkový spoj vzpěry.....	30
6.7.1	Posouzení spoje.....	30
6.7.1.1	Vstupní hodnoty	30
6.7.1.2	Charakteristická pevnost v otlacení stěny pro jehličnaté dřevo	31
6.7.1.3	Výpočet únosnosti svorníku pro tenké ocelové desky jako vnější prvky dvojstřížných spojů:.....	31
6.7.1.4	Návrhová hodnota únosnosti na stříhovou spáru.....	31
6.7.1.5	Minimální rozteče nebo vzdálenosti.....	32
6.7.1.6	Účinný počet svorníků v řadě.....	32
6.7.1.7	Charakteristická únosnost spoje	33

6.8	Kotvení do betonového podkladu	33
6.9	Výkresová dokumentace	34
6.10	Výběr materiálu.....	35
6.11	Shrnutí konstrukčního řešení.....	35
7	Výroba	36
7.1	Stanovení rozvinutých tvarů ohýbaných profilů	36
7.1.1	Rozvinutý tvar U - profilu	36
7.2	Rozvinutý tvar L - profilu	37
7.3	Technologický postup s časovou náročností.....	37
7.4	Popis jednotlivých pracovních operací	37
7.4.1	Příprava materiálu a pracoviště.....	37
7.4.2	Pálení polotovarů vodním paprskem	37
7.4.3	Ohýbání.....	38
7.4.4	Vrtání	38
7.4.5	Svaření v sestavu	39
7.4.6	Kontrola rozměrů a svaru	39
7.4.7	Povrchová úprava	39
7.5	Zmenšený model	39
8	FINANČNÍ ZHODNOCENÍ.....	40
8.1	Náklady na materiál	40
8.2	Stanovení nákladu na práci	41
8.3	Náklady na ohýbání, vrtání, svařování.....	42
8.4	Náklady na povrchovou úpravu	43
8.5	Celková cena	43
9	Diskuze	45
10	Závěr	47
	Seznam literatury	49
	Elektronické zdroje:.....	50
	Seznam obrázků.....	52
	Seznam tabulek.....	53
	Přílohy.....	54

1 Úvod

Dřevo bylo odjakživa nejvyhledávanějším materiálem, které se uplatnilo ve všech obdobích lidské společnosti. Dřevěné konstrukce jaké známe teď, vycházejí z původních dřevěných staveb a konstrukcí které se v závislosti na čase upravovali kvůli potřebám a požadavkům člověka dané doby. Od rozvoje cihlářství v 16. stol. dřevěné konstrukce ustoupily do pozadí, ovšem v 70. letech 20. století se dřevo začalo opět hojně využívat v bytové výstavbě. Rozmach výstavby dřevostaveb v posledním období naznačuje tomu, že dřevěné stavby s přehledem konkurují ostatním stavebním systémům a poskytují plný komfort a variabilitu dispozičního řešení stavby.

S vývojem dřevěných konstrukcí a inovací konstrukčních systémů jde ruku v ruce i navrhování nových konstrukčních detailů jako jsou např. spoje konstrukcí. Do konce 18. století byly konstrukce spojovány výhradně tesařskými spoji, které měli nevýhodu oslabení průřezu spojovaného prvku. Od konce 18. století se začínají objevovat první kovové spojovací prostředky v konstrukci. Spojovací prostředky ocelového charakteru se neustále vyvíjejí a vytvářejí se nové technologie jejich výroby. V novostavbách se stále častěji využívá ocelových spojovacích prostředků, neboť jsou cenově dostupné, jsou schopné přenášet zatížení, jejich montáž je několika násobně rychlejší, neoslabují průřez materiálu a dovolují nám vytvářet velkou variabilitu spojů.

Práce je zaměřena na návrh ocelového nosného spoje pro dřevěné konstrukce. Variant funkčního řešení může být hned několik a každé má své kladné i záporné vlastnosti. Trvanlivost a použitelnost konstrukcí především závisí na návrhu spoje konstrukčních prvků. Spoj dřevěné konstrukce musí zajišťovat dostatečnou tuhost konstrukce. Při návrhu je stěžejní vybrat správnou technologii výroby, správný materiál a vytvořit návrh, který bude odpovídat požadavkům na spoj. Snaha autora práce bylo naplnit jedno z hlavních kritérií při návrhu spoje a to jednoduchost spoje, která by se měla odrážet i na časové náročnosti montáže spoje. Montáž by měla být zjednodušena ve smyslu minimální úpravy dřevěných dílců pro vytvoření navrhovaného spoje. Jedinými úpravami dřevěných prvků je jejich zakrácení vzhledem k situaci na montáži a vyvrtání otvorů pro spojovací prvky. Jako podklad pro výrobu spoje slouží výrobní výkresy a technologický postup, které spolu vzájemně korespondují. Výběr materiálu, technologie a konstrukčního řešení spoje se projevuje v nákladech na výrobu, které se mohou lišit v závislosti na počtu vyrobených kusů.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vytvořit návrh ocelového spojovacího prvku pro dřevěnou konstrukci, který bude plnit nosnou funkci, a zároveň bude poskytovat vysokou variabilitu pro architektonické a dispoziční řešení stavby. Navrhovaný prvek bude sloužit k ukotvení dřevěných nosných konstrukcí do betonového pilíře. Bude navrženo několik variant řešení.

Pro finální variantu bude vypracována výrobní výkresová dokumentace, dále bude vypracován technologický postup s časovou náročností výroby, popsáním jednotlivých kroků výroby a samotné vyrobení zmenšeného modelu. Náklady na pořízení materiálu a výroby budou doloženy ve finančním zhodnocení. Součástí práce bude provedení výrobní projektová dokumentace dle platných norem.

3 Metodika

Před vypracováním návrhu spoje je nutné upřesnit, jaké prvky konstrukce budou spojovány a pro jaký typ konstrukce bude spoj určen. Při návrhu spoje je kladen důraz na jednoduchost montáže spoje. Návrh byl proveden pro několik variant řešení, z nichž je vybrána jedna varianta, která je dále konstrukčně řešena. Finální varianta byla vybrána v závislosti na potřebné tuhosti a jednoduchosti konstrukčního řešení.

Navržený spoj slouží k ukotvení nosné konstrukce do betonového pilíře. Byla navržena příslušná střešní konstrukce a její nosné průřezy dle empirických vzorců. Pro navržení spoje byly nejvíce důležité rozměry svislé nosné konstrukce, která podepírá vazník a přenáší zatížení do betonových pilířů, dále vzpěry které jsou kotveny hluboko pod okapovou vaznicí do navrženého ocelového spoje.

Pro ocelový spoj je vypracován technologický postup formou tabulky s jednotlivými pracovními úkoly, které se provedou dle výkresové dokumentace. Technologický postup je navržen v závislosti na výrobní technologii s podporou strojního vybavení.

Výkresová dokumentace je vytvořena v programu AutoCAD 2015. Obrázky jednotlivých detailů jsou pořízeny z 3D modelu který byl vytvořen v programu SOLIDWORKS 2015. Tabulky autora jsou vytvořeny za pomoci programu Microsoft Excel 2010.

V závěru práce je ekonomické zhodnocení, které zahrnuje náklady na materiál, výrobu a celkové náklady. Cena materiálu odpovídá současným cenám.

4 Krovové soustavy šikmých a strmých střech

Rostlé dřevo bylo až do konce 19. a počátku 20. století jediným materiálem pro konstrukci krovu. Dřevěné krovy tak jsou nejstarší a tvoří většinu realizovaných konstrukcí. Krov přenáší zatížení od střešního pláště, sněhu, větru apod. do ostatních nosných částí objektu (Jelínek, 2003).

4.1 Rozdělení konstrukcí

Dle ČSN 73 1901 se střešní konstrukce rozdělují na:

- Ploché – sklon střešní plochy $\alpha \leq 5^\circ$
- Šikmé – sklon střešní plochy $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$
- Strmé – sklon střešní plochy $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$

Z hlediska tvaru střešní plochy mohou být jednotlivé střešní konstrukce plochy rovinné, zakřivené nebo kombinované. Dle použitého materiálu provedení nosných konstrukcí krovu lze rozdělit krovy na dřevěné, kovové, betonové či kombinované.

Názvy krovových soustav jsou odvozeny od prvků užitých v plných vazbách.

Vlček, Fajkoš a kol. (1998) uvádí nejznámější tradiční krovové soustavy:

- Hambálková soustava
- Ránková soustava
- Vaznicová soustava
- Vlašská soustava
- Věžová soustava
- Ardantová soustava
- Skružové soustavy

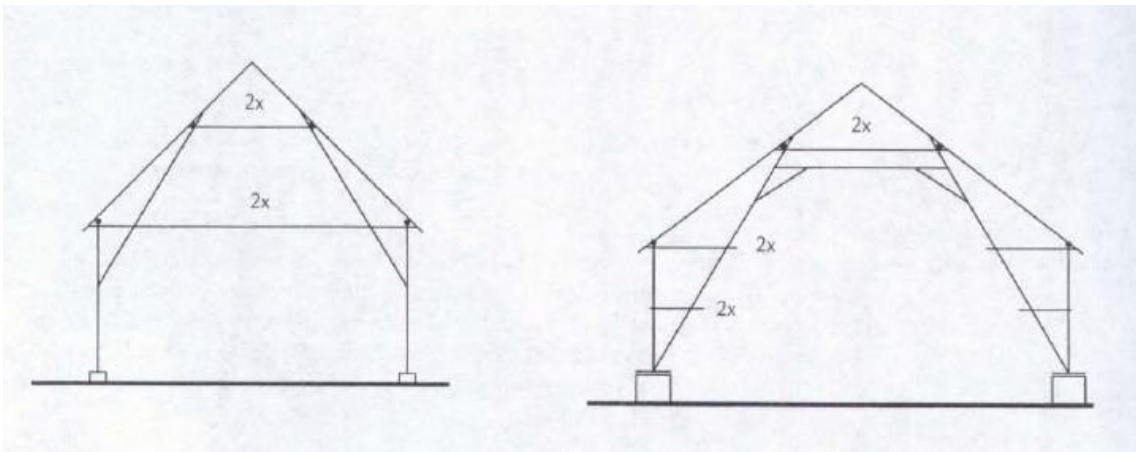
Vzhledem k navržení spoje pro vaznicovou soustavu bude dále v práci řešena pouze vaznicová soustava.

4.2 Vaznicová soustava

Jedná se o kroevní soustavu u které jsou krokve podporovány výhradně vodorovnými podélnými nosníky tzv. vaznicemi. Tyto vaznice jsou podporovány v plných vazbách, které jsou konstrukčním jádrem vaznicových soustav, popřípadě příčnými zděnými stěnami nebo sloupky. Vlček, Fajkoš a kol. (1998) uvádí rozdělení vaznicových soustav dle způsobu podepírání středních a vrcholových vaznic na stolice stojaté, ležaté kombinované, kozové, věšadlové a vzpěradlové.

Zvláštním typem ležatých stolic jsou stolice bez vazných trámů. Schémata plných vazeb těchto systémů jsou zobrazeny na obrázku 1. U těchto stolic jsou šikmé sloupky zapuštěny hluboko pod okapovou vaznici do sloupků svislé nosné konstrukce, případně patek nízkých pilířů.

Tento konstrukční systém byl inspirací k vytvoření návrhu ocelového spoje.



Obr. 1 Schémata plných vazeb ležatých stolic bez vazných trámů

Zdroj: Vlček, Fajkoš a kol. (1998)

5 Spoje kovovými prvky

Kovové spojovací prvky patří do kategorie mechanických spojů a to poddajného charakteru. Poddajné spoje jsou takové, v kterých při působení síly nastane malý posuv.

Na správnou funkci krovu mají zásadní důležitost spoje. V mnoha případech jsou rozhodující pro únosnost celé konstrukce. Klasické krovy jsou spojovány výhradně tesařskými vazbami a kovové spojovací prostředky zde mají jen funkci zajištění spoje a užívají se jen v minimální míře.

Mechanické spojovací prostředky můžeme rozdělit podle přenosu sil ve spoji:

- Spojovací prostředky kolíkového typu
- Spojovací prostředky povrchového typu

Spojovací prostředky kolíkového typu (hřebíky, sponky, svorníky a vruty) jsou při přenosu sil většinou ohýbány a zatlačovány do dřeva. Spojovací prostředky povrchového typu (hmoždíky a desky s prolisovanými trny) jsou do dřevěných konstrukčních prvků vkládány či zalisovány a k přenosu sil tak v zásadě dochází na povrchu konstrukčních prvků (Kuklík, 2005).

Ocelové spojovací prvky jsou používány ve dřevěných konstrukcích zpravidla jako styčnickové plechy, tvarové spojovací prvky vyrobené z tenkostěnných plechů, svařované elementy různých tvarů podle geometrického a konstrukčního uspořádání detailu a speciálně vyrobené ocelové prvky pro konstrukce specifikovaného účelu (Šmak, 2011).

Obliny, trhliny, suky nebo jiné vady se musí v oblasti spojů s mechanickými spojovacími prostředky omezit do té míry, aby se nesnížila únosnost spojů (ČSN EN 73-1701).

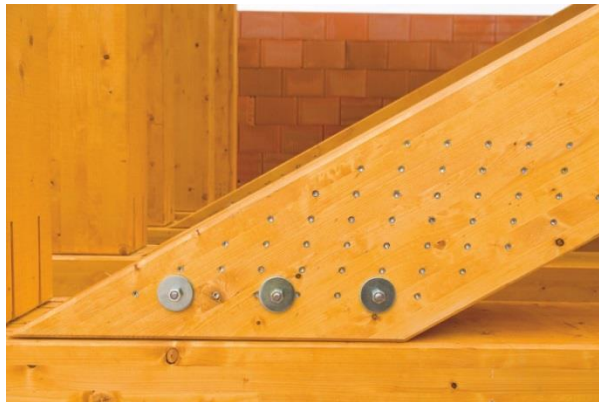
5.1 Hřebíky

Hřebíky jsou jedny z nejstarších a také nejvíce používaných spojovacích prostředků v dřevěných konstrukcích. Kuklík (2005) uvádí minimální pevnost v tahu hřebíků 600 MPa. Hřebíky mají většinou kruhový průřez dřívku, ovšem jsou hřebíky i s čtvercovým nebo trojúhelníkovým průřezem. Hlava hřebíku je kruhová a plochá, odpovídá přibližně dvojnásobku průměru dřívku. Dřík hřebíku bývá hladký, při namáhání hřebíku na tah ve směru dřívku, může dojít k vytažení hřebíku a rozebrání

spoje. To se dá částečně eliminovat úpravou povrchu dřívku hřebíku. Hřebíky tedy můžeme mít hladké, drážkové nebo šroubové. Běžné rozměry hřebíků se vyrábějí v rozmezí průměrů od 2,75 do 8 mm a délky od 40 do 200 mm uvádí Koželouh (1998). Otvory pro hřebíky mají být předvrtány do dřeva s charakteristickou hustotou 500 kg/m^3 a vyšší, uvádí Straka (1996), průměr předvrtaných otvorů nemá překročit $0,8d$, kde d je průměr hřebíku uvádí ČSN EN 73-1701.

5.2 Svorníky

Svorník je tyčový prvek opatřený šestihrannou hlavou a metrickým závitem. Běžné svorníky jsou dostupné v průměru 10 - 24 mm. Svorníky slouží ke spojení prvků větších tloušťek, které po utažení musí být v těsném kontaktu. Pod hlavou a maticí se mají používat podložky o délce strany nebo průměru alespoň $3d$ a tloušťce minimálně $0,3d$, kde d je průměr dřívku svorníku (Lokaj, 2006). Předvrtané otvory mohou být maximálně o 1 mm větší, než je průměr svorníků, uvádí Rotter (2007). Svorníkové spoje jsou z pravidla dvoustřížného nebo vícestrážného charakteru. V nosném svorníkovém spoji musí být minimálně dva svorníky z důvodu zamezení úhlového pootočení spojovaných prvků vůči sobě.



Obr. 2 Svorníkový spoj v kombinaci s kolíky

Zdroj: (Konstrukce, 2016)

5.3 Kolíky

Kolíky jsou obdobné jako svorníky, používají se na spojování dřevěných prvků větších tloušťek nebo jako zabezpečení tesařských, hřebíkových a hmoždíkových spojů. Kolíky jsou vhodné pro přenos větších sil. Průměry kolíků se pohybují v rozmezí 6-30 mm. Otvory ve spojovaných prvcích se předvrtávají na stejný průměr jako je průměr kolíku, v případě, že je ve spoji užit ocelový plech, pak jsou v něm otvory větší, nejvíce

však o 1 mm, uvádí Jelínek (2003). U velkých kolíkových spojů se některé kolíky nahrazují svorníky z důvodu zajištění celistvosti spoje (Rotter, 2007). Kolíkový spoj v kombinaci se svorníky je zobrazen na obrázku 2.

5.4 Vrutý

Vrutý se v dřevěných konstrukcích používají především k připojování ocelových plechů, desek na bázi dřeva, kde hrozí k odtržení, nahrazují tak hřebíky které jsou náchylné na zatížení v ose hřebíku. Převážně tvoří jednostřížné spoje. Vrutý s větším průměrem než 5 mm se šroubují, nikoli zarážejí do předvrtaných otvorů, předchází se tak rozštěpení dřeva (Kuklík, 2008). Otvory pro vrutý se předvrtávají v délce hladkého dřívku s průměrem dřívku, nebo v délce závitové části s průměrem 0,7d uvádí Jelínek (2003). U spojů s předvrtanými dírami se únosnost výrazně snižuje, u namáhání na vytažení. Vrutý do dřeva jsou rozděleny dle typu hlavy na vrutý se šestihrannou hlavou, zápusťnou nebo půlkulatou hlavou. Dále už jsou specifikovány dle typu drážky, průměru dřívku, hloubky závitů, stoupání a délky závitové části.

5.5 Hmoždíky

Hmoždíky se zapouštějí do spojovaných dřev, aby se zabránilo jejich vzájemnému posunutí. Jsou namáhány smykem a jsou doplněny stahovacími svorníky. Dělíme na hmoždíky vkládané a zalisované, vkládané se vkládají do předem připravených drážek, zatímco zalisované se do spojovaných částí zatlačují lisem, pomocí svorníků vysoké pevnosti, které následně nahradí trvalý svorník nebo u malých hmoždíků běžnými svorníky (Jelínek, 2003). Malé hmoždíky jsou kruhové, větší pak čtvercové. Na obrázku 3 je zobrazen hmoždík typu Bulldog který je nejvíce využíván v České republice. Vyrábí se jako jednostranný nebo oboustranný.



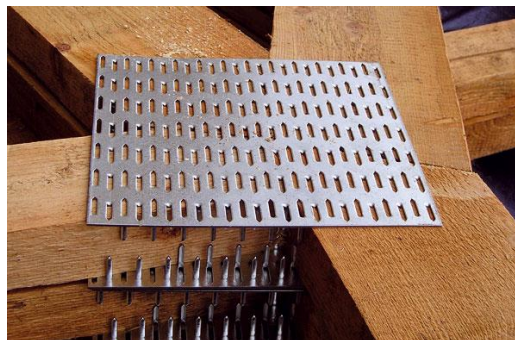
Obr. 3 Použití hmoždíku typu Bulldog

Zdroj: (Obchodprodilnu, 2016)

5.6 Styčnickové desky

Styčnickové desky se využívají pro spojení dřevěných prvků stejné tloušťky v jedné rovině. Největší uplatnění mají v konstrukci příhradových vazníků. Styčnicková deska je opatřena prolisovanými trny, které jsou podobné hřebíku, trny jsou ohnuté na jednu stranu kolmo k rovině desky. Zatlačení desek do dřeva se provádí lisem a to z obou stran spojovaných prvků. Důležité je, aby styčnickové desky byly stejného typu, rozměru i orientace. Na obrázku 4 je vidět styčnickový spoj s využitím desek s prolisovanými trny.

Desky jsou vyráběny z plechu tloušťky 1 až 2 mm s vrstvou zinku cca 0,04 mm nebo z plechu z nerezové oceli (Hájek, 1997). Trny desky lze zatlačit pouze do dřev tloušťky do 80mm, při větších tloušťkách dřev se projevuje fakírový efekt, to znamená, že dřevo se pod tlakem trnů bortí jako celek a k zatlačování trnů do dřeva vůbec nedochází, to je způsobeno vlivem vyčerpání únosnosti dřeva v tlaku kolmo na vlákna vlivem tlaku trnů na dřevo (Jelínek, 2003).



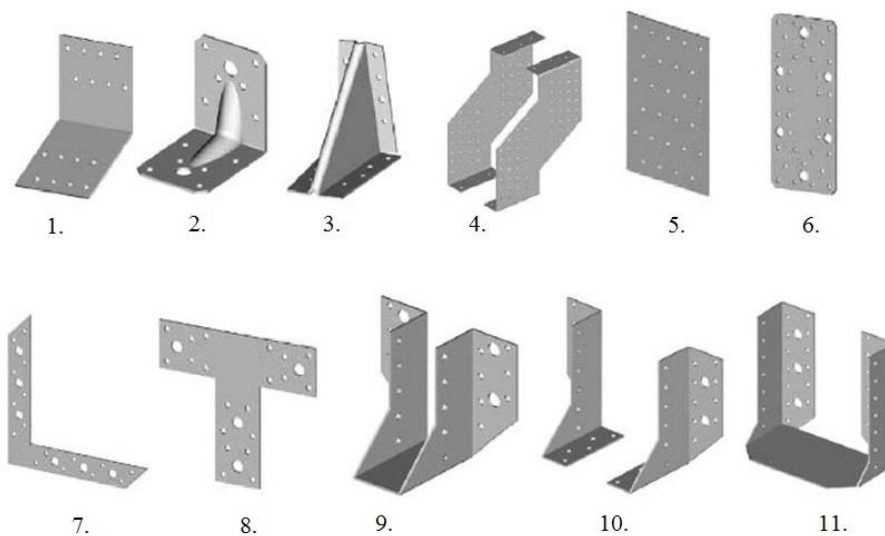
Obr. 4 Styčnickový spoj

Zdroj: (Asb-portal, 2016)

5.7 Tvarové součásti z ocelového plechu

Tvarové součásti z ohýbaných ocelových plechů dovolují vytvořit velkou variabilitu spojů. Výhod těchto součástí je hned několik a to především jednoduchá montáž, se kterou odpadá opracování spojovaných dřevěných prvků, což nám šetří hlavně čas a tím i finance. To je také důvodem proč se dnes už nepoužívají tradiční tesařské spoje tak často jako dříve. Mezi tvarové součásti patří třmeny, úhelníky, trámové spojky, zavětrovací pásy a další (viz obr. 5).

Tloušťky plechů těchto prvků se pohybují od 1 do 4 mm a prvek je opatřen vhodně rozmístěnými otvory pro konvexní hřebíky, které mají stromkovitě upravený povrch dřívku pro zaručenou stálost spoje (Bova-nail, 2016).



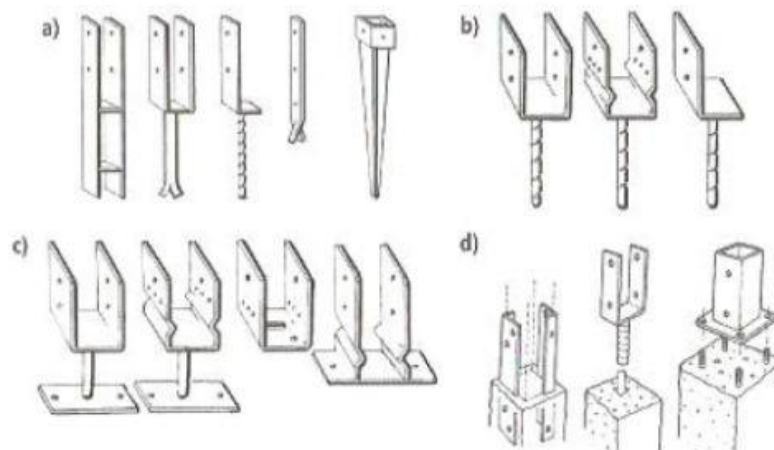
1. úhelní montáží 2.úhelník s prolisem 3. Klín tesařský 4. Krokrová spojka
 5.spojovací deska 6. Spojka plochá 7. Spojka konstrukční tvar L 8. Spojka
 konstrukční tvar T 9.Tesařský třmen 10. Tesařský třmen dělený 11. Tesařský třmen
 dělený

Obr. 5 Tvarové součásti z ocelový plechů.

Zdroj: (Asb-portal, 2016)

5.8 Kotvící prvky

Tesařská kování toho typu rozdělujeme do tří základních kategorií a to na patky do betonu, patky nastavitelné a kotevní hroty (viz obr. 6). Používají se ke kotvení dřevěných konstrukcí. Dostupné jsou v profilech typu U, L, T a jiné, v široké škále rozměrů a provedení. Kotevní patky mohou být do betonu zabetonovány už při čerstvé betonáži. Připevnění kotevních patek je možné taky pomocí kotevních šroubů. Kotevní hroty umožňují vytvořit základy bez betonáže (Metalfix, 2016). Je to výrazně rychlejší i méně finančně nákladnější alternativa kotvení. Zajištění spoje se provádí pomocí svorníků a hřebíků. Patky jsou z ohýbaného plechu různých tloušťek v závislosti na provedení. Ty mohou být pevného rozměru nebo výškově i šířkově stavitelné a s prolisem nebo bez prolisu. Prolis slouží k tomu, aby trám neležel přímo na dně patky a čelo trámu nebylo tak v přímém kontaktu s vodou.



- a) Základní typy kotevních prvků
- b) Kotevní prvky pro usazení do betonu
- c) Kotevní prvky pro upevnění na pevný podklad
- d) Betonové patky na upevnění sloupků

Obr. 6 Typy kotevních prvků

Zdroj: (Krytiny-strechy, 2016)

6 Konstrukční řešení

Kapitola obsahuje návrh konstrukce a jeho nosných profilů dle empirických vzorců, návrh ocelového spoje a další alternativy řešení, posouzení svorníkového spoje a návrh způsobu kotvení do betonového podkladu.

Konstrukční spoje dřevěných konstrukcí jsou navrhovány dle příslušné ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5. Charakteristická únosnost svorníkového spoje diagonál je řešena výpočty pro tenké ocelové desky, jako vnější prvky dvojitřizných spojů uvedených ve výše uvedené normě. Mezi tenké ocelové desky patří ocelové desky tloušťky menší nebo rovné 0,5d, uvádí ČSN EN 1995-1-1. Navrhovaný spoj je z ocelových plechů tl. 5 mm, spadají tak do kategorie tenkých plechů.

6.1 Popis konstrukce

Navrhovaný ocelový spoj je určen pro dřevěnou vaznicovou střešní konstrukci, přesněji se jedná o ležatou stolicí bez vazných trámů. U vybraného konstrukčního systému je předností otevřený prostor krovu díky absenci vazných trámů. Dosáhne se tak vyšší užitné výšky prostoru a celkově interiér stavby působí prostorněji. Nejčastěji se takový typ konstrukce využívá jako přístřešky, stodoly, sklady, dílny, haly a jiné budovy zemědělské, průmyslové nebo sportovní.

Budova je navržena jako jednopodlažní, kde prvky krovu jsou zespodu viditelné. Konstrukce se uvažuje jako opláštěná. Osová vzdálenost betonových pilířů, do kterých jsou kotveny svislé konstrukce, v rovině plných vazeb je 15 m. Vzdálenosti pilířů jsou pak ve stejné vzdálenosti jako plné vazby krovu a to 3,8 m. Mezi plnými vazbami jsou navrženy tři prázdné vazby v osově vzdálenosti 0,95 m. Vaznice jsou podepřeny vždy trámem a v délce poloviny plné vazby vzpěrami, které jsou kotveny do ocelového spojovacího prvku. Hřeben krovu se tyčí do výšky 9,47 m. Sklon střechy je 35° a střešní krytinu tvoří trapézové plechy.

6.2 Třída trvání zatížení

Třídy trvání zatížení jsou charakterizovány účinkem konstantního zatížení působícího po určitou dobu během doby životnosti konstrukce, uvádí Kuklík (2008). Navrhovaný spoj i celá konstrukce se řadí do první třídy trvání zatížení, což je zatížení stálé. Trvání zatížení stálého je zobrazeno v tabulce 1, které je dle ČSN EN 1995-1-1 charakterizováno jako zatížení delší než 10 let. Příkladem zatížení stálého je vlastní tíha konstrukce.

Tab. 1 Třídy trvání zatížení

Zdroj: ČSN EN 1995-1-1

Třída trvání zatížení	Řád souhrnného trvání charakteristického zatížení
Stálé	déle než 10 let
Dlouhodobé	6 měsíců – 10 let
Střednědobé	1 týden – 6 měsíců
Krátkodobé	méně než 1 týden
Okamžikové	

6.3 Třída provozu

Podle podmínek prostředí je potřeba konstrukci zařadit do jedné ze tří tříd provozu, které jsou vstupními hodnotami pro určování hodnot pevností a výpočet deformací při daných podmínkách. Navrhovaná konstrukce je zařazena do třídy provozu 2. Třída provozu 2 se vyznačuje vlhkostí materiálu odpovídající teplotě 20°C a relativní vlhkostí okolního vzduchu přesahujícího 85% pouze několik týdnů v roce. Ve třídě provozu 2 nepřesahuje průměrná vlhkost u většiny dřeva jehličnatých dřevin 20%, uvádí ČSN EN 1995-1-1.

6.4 Návrh nosných profilů

Návrh průřezu nosných profilů (b/h) je proveden pomocí empirických vzorců, ovšem tyto hodnoty jsou pouze orientační, tudíž v praxi by se měli hodnoty takto navržené ověřit statickými výpočty.

Tab. 2 Empirické vzorce pro návrh profilů nosných prvků dřevěných krovů

Zdroj: Vlček, Fajkoš a kol. (1998)

Druh prvku	Výška průřezu prvku v cm - pro krytiny			Šířka průřezu v cm
	Těžké (prejzy, dvojité tašky)	Středně těžké (jednoduché tašky, břidlice)	Lehké (šindel, lepenka, plech)	
Krokve	3a+4	3a+3	3a+2	4/5·v
Vaznice	a·d+3	a·d	a·d+1	3/4 - 4/5·v
Sloupky	a+14	a+12	a+10	V
Kleštiny	a+16	a+14	a+12	1/2·v
Vzpěry	a+14	a+12	a+10	4/5·v
Rozpěry	a+12	a+11	a+10	4/5·
Vazné trámy	1/2·a+18	1/2·a+17	1/2·a+16	3/5 - 5/7·v
Pásky	10/12 - 12/15			

Výpočet předběžných průřezů se provádí na základě daných veličin a, d.

a... vzdálenost trámce (krokve) v metrech od podpory k podpoře

d... osová vzdálenost plných vazeb v metrech

Střešní krytinou konstrukce jsou uvažovány trapézové plechy, tudíž jednotlivé průřezy budou počítány pro lehkou krytinu pomocí výpočtů uvedených v tabulce 2.

Krokve

a = 5,3 m

Výška

$$h = 3 \cdot a + 2$$

$$h = 3 \cdot 5,3 + 2 = 17,9 \text{ cm}$$

Dle empirického vzorce je výška h = 17,9 cm. Volena je výška **h = 180 mm**.

Šířka

$$b = \frac{4}{5} \cdot h$$

$$b = \frac{4}{5} \cdot 18 = 14,4 \text{ cm}$$

Dle empirického vzorce je šířka b = 14,4 cm. Volena je šířka **b = 150 mm**.

Navržený průřez krokve b/h – **150x180 mm**.

Vaznice

a = 5,3 m

d = 3,8 m

Výška

$$h = a \cdot d + 1$$

$$h = 5,3 \cdot 3,8 + 1 = 21,14 \text{ cm}$$

Dle empirického vzorce je výška h = 21,14 cm. Volena je výška **h = 210 mm**.

Šířka

$$b = \frac{4}{5} \cdot h$$

$$b = \frac{4}{5} \cdot 21 = 16,8 \text{ cm}$$

Dle empirického vzorce je šířka b = 16,8 cm. Volena je šířka **b = 170 mm**.

Navržený průřez vaznice b/h – **170x210 mm**.

Tento průřez platí pro mezilehlou vaznici. Pro okapovou vaznici je volen průřez b/h **250x250 mm** z důvodu napojení hlavního sloupu na vaznici který má volený průřez.

Sloup

Vzdálenost podpěr a = 15 m

Průřez čtvercový

$$\begin{aligned} \text{Strana } x & x = a + 10 \\ & x = 15 + 10 = 25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dle empirického vzorce je průřez sloupu **250x250 mm**.

Kleština

a = 5,3 m

$$\begin{aligned} \text{Výška} & h = a + 12 \\ & h = 5,3 + 12 = 17,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dle empirického vzorce je výška h = 173 mm. Volena je výška **h = 180 mm**.

$$\begin{aligned} \text{Šířka} & b = \frac{1}{2} \cdot h \\ & b = \frac{1}{2} \cdot 17,3 = 8,65 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dle empirického vzorce je šířka b = 86,5 mm. Volena je šířka **b = 90 mm**.

Navržený průřez kleštiny b/h – **180x90 mm**.

Vzpěra

a = 5,3 m

$$\begin{aligned} \text{Výška} & h = a + 10 \\ & h = 5,3 + 10 = 15,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

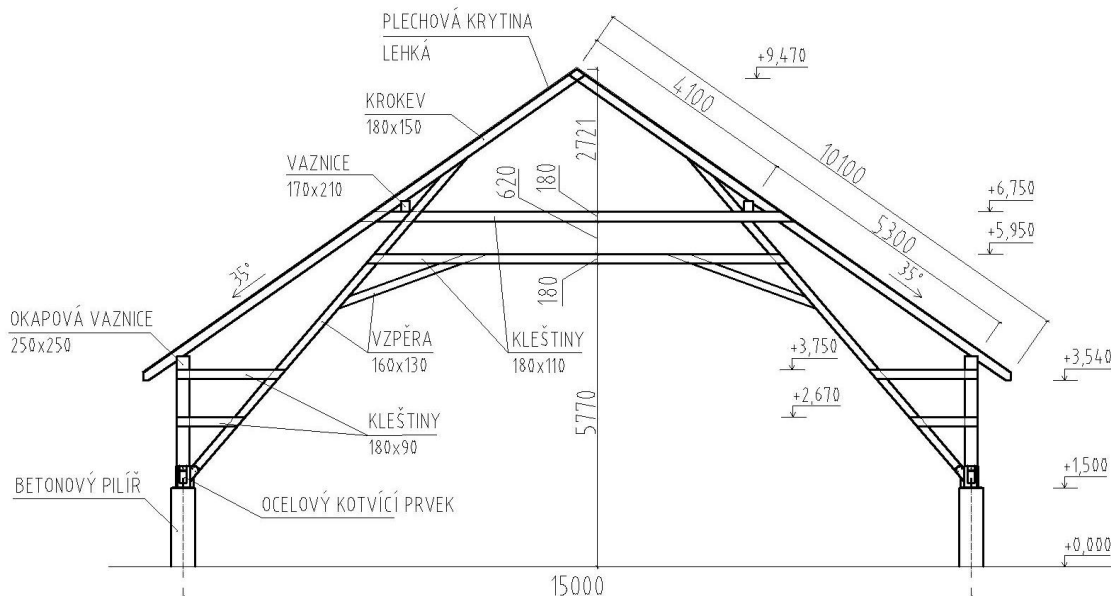
Dle empirického vzorce je výška h = 153 mm. Volena je výška **h = 160 mm**.

$$\begin{aligned} \text{Šířka} & b = \frac{4}{5} \cdot h \\ & b = \frac{4}{5} \cdot 15,3 = 12,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dle empirického vzorce je šířka b = 124,4 mm. Volena je šířka **b = 130 mm**.

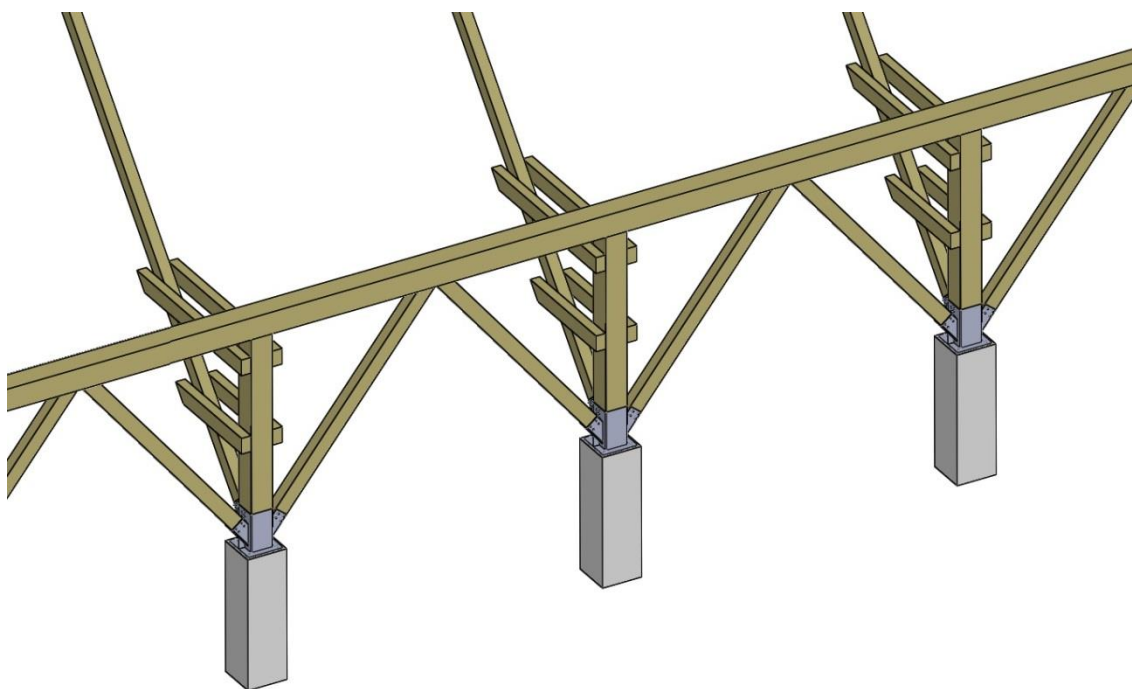
Navržený průřez vzpěry je b/h – **160x130 mm**.

Na obrázku 7 je zobrazeno schéma plné vazby navržené konstrukce s popisem a rozměry nosných prvků. Na obrázku 8 je vizualizace umístění spoje v konstrukci.



Obr. 7 Schéma plné vazby konstrukce

Zdroj: vlastní



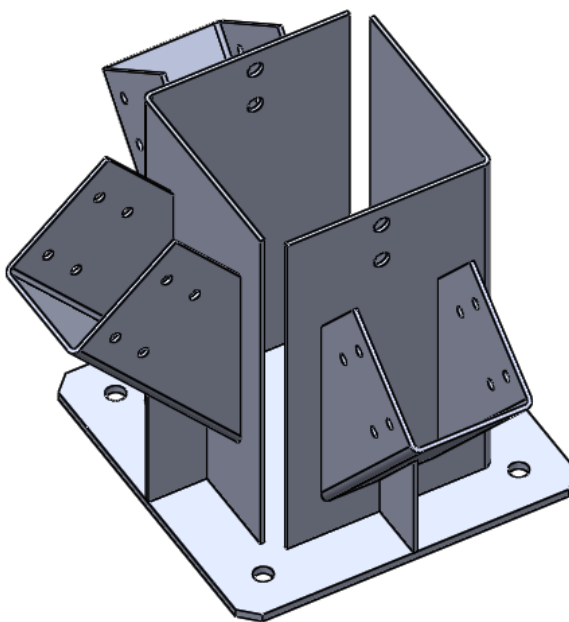
Pohled z exteriéru na neopláštěnou stěnu konstrukce. Vzdálenost betonových pilířů – 3,8 m. Jsou zde vidět vzpěry podepírající vaznice a vzpěry, které přenášejí zatížení z krokve do ocelového spoje (zobrazeno bez krokve).

Obr. 8 Umístění spoje v konstrukci.

Zdroj: vlastní

6.5 Návrh řešení ocelového nosného spoje

Prioritou bylo vytvořit spoj takový, který bude potřebovat jen minimální úpravy na montáži a časově zkrátí provádění montážních prací v porovnání s klasickými tesařskými spoji. Tento spoj plní dvě funkce, těmi jsou ukotvení svislé nosné konstrukce a zároveň připojení vzpěr do svislé konstrukce. Odpadá tak vyřešení napojení těchto vzpěr, které by byli nejspíše uchyceny jiným ocelovým prvkem nebo tesařským spojem. Ocelový spoj je kotven pomocí kotveních šroubů do betonového pilíře přes kotevní plech. Betonové pilíře jsou rozmístěny ve stejné vzdálenosti jako plné vazby krovu, tudíž pod každou plnou vazbou se v místě pod okapovou vaznicí nachází trám, který je pomocí navrhovaného ocelového spoje ukotven do betonového pilíře. Počet pilířů je dán délkou budovy.



Obr. 9 Ocelový spoj Variant A – finální výrobek

Zdroj: vlastní

Samotný spoj je navržen ze spodní kotevní desky, která je z plechu tl. 10 mm a má sražené hrany o velikosti 20 mm pod úhlem 45°. Objímka, do které je zasunuta svislá nosná konstrukce, je z plechu tl. 5 mm a je dělená na dvě poloviny v podobě dvou plechů ve tvaru L které v půdorysu tvoří čtvercový průřez. Toto řešení je zvoleno

z důvodu technologie výroby, tuhosti a nákladů na výrobu jelikož otevřené tenkostěnné ocelové profily, které jsou běžně dostupné na trhu, nevyhovují rozměrově návrhu spoje. Je potřeba tudíž tyto profily nechat vyrobít. Dalším důvodem bylo ponechat objímku po obvodu alespoň z části otevřenou kvůli snadnějšímu odtoku a odpaření vody, která by se za výjimečných situací mohla dostat do ocelového spoje. Nosný trám dosedá na kotevní plech, konstrukce by tak neměla být v přímém kontaktu s vodou. V případě vystavení spoje vnějším vlivům, by musela být provedena konstrukční ochrana konstrukce tak, aby dřevěný trám nebyl v přímém kontaktu s vodou. Na obrázku 9 jsou vidět objímky z U-profilu, ty jsou z ohýbaného plechu tl. 5mm. Jsou přivařeny ze tří stran na objímku svislé konstrukce. Slouží k ukotvení vzpěr. Všechny U profily jsou podepřeny žebry v polovině jejich šířky z plechu tl. 5 mm, které mají podpěrnou funkci a taktéž zajišťují spojovacímu prvku dostatečnou tuhost.

6.5.1 Další varianty řešení

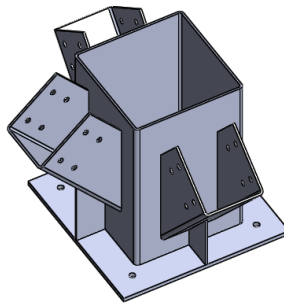
Variant konstrukčních řešení může být hned několik, jelikož na trhu je nespočet spojovacích prvků, které mohou být inspirací k vytvoření konkrétního výrobku. Jen způsob zajištění dřevěných prvků může být provedeno svorníky, kolíky, vruty do dřeva, hřebíky nebo kombinací těchto prvků. V průběhu tvorby práce bylo navrženo hned několik variant, které mají své kladné i záporné vlastnosti díky kterým byla vybrána finální varianta. Už v začátcích návrhu bylo upřednostňováno spojení pomocí svorníků a vložení do ocelových objímek. Díky sepnutí svorníky dojde k tření mezi dřevěnými a ocelovými prvky a zatížení bude přenášeno i vlivem tření a ne pouze tahem nebo tlakem kolmo na osy svorníků.

Než byl návrh dopracován do finální podoby, byly navrženy dvě varianty. První z nich byla varianta B, ze které dále vzešel návrh na variantu C. Tyto dvě alternativy jsou konstrukčně založené na stejném principu, ovšem varianta B je technologicky náročnější na výrobu, jelikož uzavřený ocelový profil by musel být vyráběn nejspíše pomocí svaření dvou U profilů, dvou L profilů nebo ohnutí plechu do potřebného profilu a následného svaření, což jsou pracovní operace navíc, které se promítnou v nákladech. Varianta C je zjednodušením předchozí varianty, odpadají zde operace ohýbání, ovšem při pálení se zvyšuje délka řezu, jelikož je objímka tvořena 4 kusy samostatných plechů a tím se zvyšují i náklady na pálení, které jsou nejvíce nákladnou položkou výroby. Z těchto dvou variant vychází návrh finálního spoje, který je

modifikací obou návrhů. Z hlediska tuhosti spoje byla poté navržena objímka z dvou L profilů, které nejsou vzájemně spojeny.

Varianta B

Na obrázku 10 je vidět první varianta, ta se od vybrané varianty moc neliší, její jediný rozdíl je uchycení svislého nosného konstrukce z neděleného ocelového pouzdra, které objímá profil po celém obvodu. Zajištění svislé i diagonální konstrukce je řešeno taktéž pomocí svorníků.

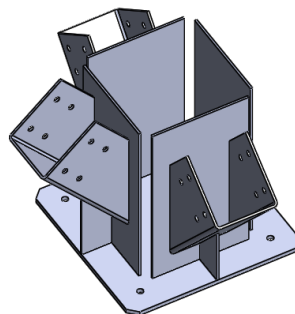


Obr. 10 Varianta B

Zdroj: vlastní

Varianta C

Další alternativou spoje bylo nahrazení pouzdra z uzavřeného čtvercového profilu plechy, které tvoří jednotlivé strany objímky (viz obr. 11). Na plechy jsou pak přivařeny objímky pro zajištění diagonál.

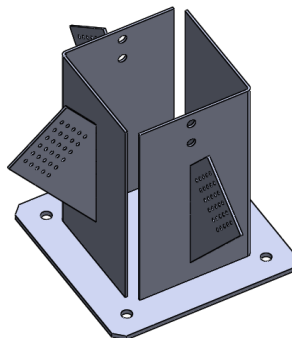


Obr. 11 Variant C

Zdroj: vlastní

Varianta D

Konstrukční řešení uchycení svislé konstrukce je stejné jako u finální varianty. Rozdíl je v uchycení diagonál, které jsou zde řešeny pomocí styčnickových plechů, vkládaných do spár vyřezaných v dřevěných profilech. Zajištění je provedeno pomocí kolíků o průměru 7 mm.



Obr. 12 Varianta D

Zdroj: vlastní

6.6 Svorníkový spoj svislé konstrukce

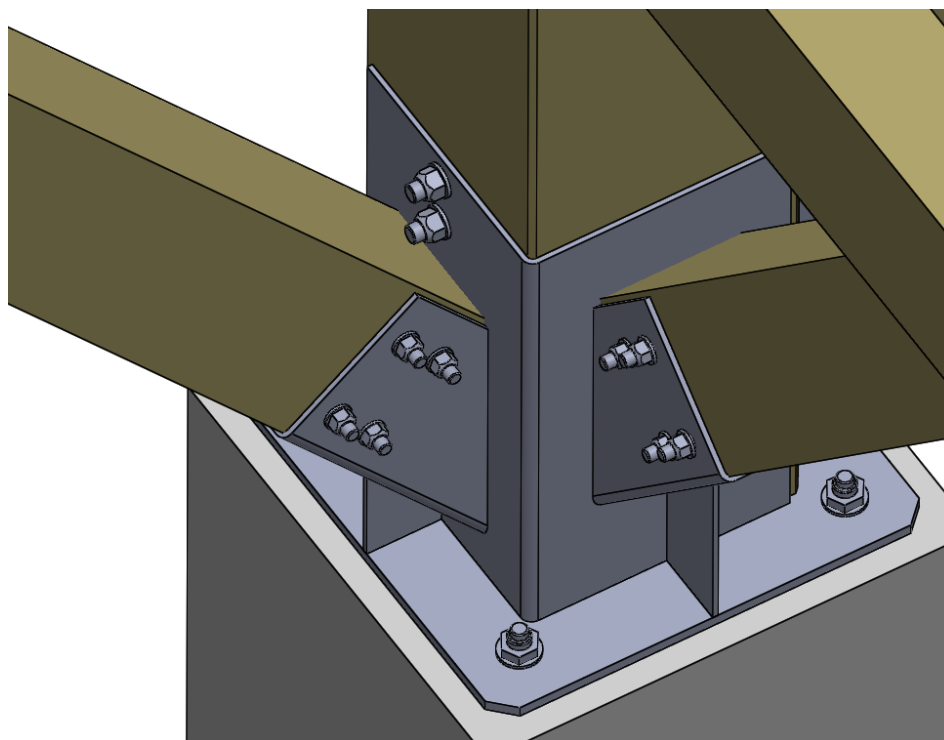
Svislá konstrukce je kotvena do ocelové objímky a dosedá na spodní kotevní plech spojovacího prvku. Konstrukce je zajištěna 2 ks svorníků M16, třídy pevnosti 8.8 které jsou v horní části L profilu. Jak je vidět na obrázku 13, svorníky jsou rozmístěny v jedné ose kolmo k vláknům trámu. Podložka je použita DIN 125-1A a samojistící matice M16 celokovová DIN-980V.

Při návrhu konstrukce a tím i spoje a svorníkového spojení je potřeba brát v úvahu zatížení větrem. Jak uvádí ČSN 73 1901, u střech nad prostorem volně spojeným s vnějším prostředím je třeba kromě sání větru na povrch střechy započítat i tlak větru zespod střechy přičemž za volné spojení prostoru pod střechou s vnějším prostředím se uvažují i velké stavební prostory jako jsou otevřená vrata. Otvory pozemních staveb zahrnují také otevřená okna, ventilátory, komíny atd. V potaz se bere také prodyšnost pozadí, např. průnik vzduchu kolem dveří, oken jak je uvedeno v normě ČSN – EN – 1991 – 1– 4.

Navrhovaná konstrukce je uvažována jako celkově opláštěná, dle charakteru využití je možné navrhnou předpokládané vnější otvory v opláštění a jejich rozmístění. Vnitřní tlak pro pozemní stavby se pak vypočítá v závislosti na rozmístění otvorů v jednotlivých stěnách opláštění a jejich ploch.

Vnitřní tlak by se snažil zvednout konstrukci a kotevní šrouby v ocelovém spoji jsou namáhány na tah. Ocelové svorníky jsou namáhány na ohyb a stříh a dřevěné svislé konstrukce jsou namáhány na tah. Ve svorníkovém spoji obecně dochází k otláčení dřevěného prvku od svorníků. V ČSN EN 1995-1-1 je uvedena pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny pro jehličnaté dřevo konstrukčního dřeva C30 23 MPa a pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny 18 MPa.

Uvažujeme-li že konstrukce nebude zatížena vnitřním tlakem, dvojice svorníků by měla být vyhovující vzniklému zatížení. Dvojice svorníků je umístěná nad sebou v jedné ose ve směru kolmo k vláknům (viz obr. 13).



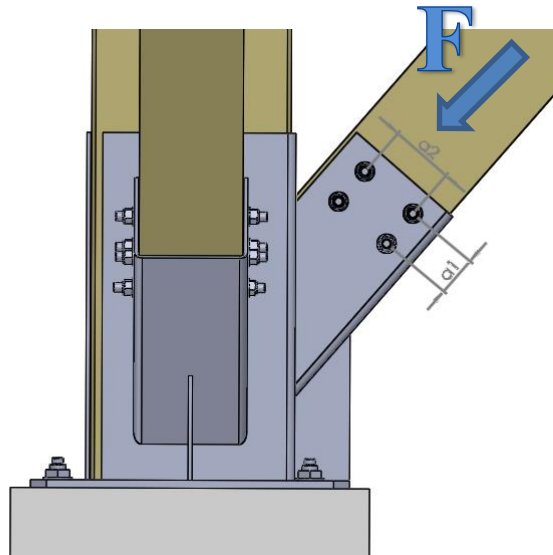
Obr. 13 Zajištění svislé konstrukce pomocí dvou závitových tyčí M16

Zdroj: vlastní

6.7 Svorníkový spoj vzpěry

Diagonály jsou kotveny do ocelového prvku pod úhlem 50°. Zajištěna je pomocí 4 kusů závitových tyčí M12 (viz obr. 14), třídy pevnosti 8.8. Podložka je použita DIN 125-1A a matice samojistící M12, celokovová DIN 980V.

6.7.1 Posouzení spoje



Obr. 14 Schéma zatížení svorníků

Zdroj: vlastní

Výpočet charakteristické únosnosti spoje je proveden dle ČSN EN 1995-1-1

6.7.1.1 Vstupní hodnoty

Třída pevnosti dřeva je C30.

$\rho_k - 380 \text{ kg/m}^3$

Charakteristická pevnost v tahu závitové tyče 8.8 – 800 MPa dle ČSN EN ISO 898-1

Síla F působí rovnoběžně s vlákny v svislé konstrukci.

$d - 12 \text{ mm}$

$k_{\text{mod}} - 0,6$

$\gamma_M - 1,1$

k_{mod} – modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti [-]

γ_M – dílčí součinitel vlastnosti materiálu [-]

d – průměr svorníku [mm]

ρ_k – charakteristický hustota dřeva [kg/m^3]

$f_{h,0,k}$ – charakteristická pevnost v otláčení stěny [MPa]

$F_{v,Rk}$ – charakteristická únosnost svorníku pro jeden stříh jednoho spojovacího prvku [N]

6.7.1.2 Charakteristická pevnost v otláčení stěny pro jehličnaté dřevo

$$k_{90}=1,35+0,015 \cdot d$$

$$k_{90}=1,35+0,015 \cdot 12=1,53$$

$$f_{h,0,k}=0,082(1-0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k}=0,082(1-0,01 \cdot 12) \cdot 380=27,42 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost v otláčení pro jehličnaté dřevo je 27,42 MPa.

6.7.1.3 Výpočet únosnosti svorníku pro tenké ocelové desky jako vnější prvky dvojstřížných spojů:

$f_{h,0,k}$ – charakteristická pevnost v otláčení stěny [MPa]

t_2 – tloušťka dřevěného prvku [mm]

d – průměr svorníku [mm]

$$F_{v,Rk} = \min\{0,5 \cdot f_{h,0,k} \cdot t_2 \cdot d\}$$

$$F_{v,Rk} = 0,5 \cdot 27,42 \cdot 130 \cdot 12 = 21\,387 \text{ N}$$

Charakteristická únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prvku vyšla 21 387 N. Ve spoji pro upevnění jedné vzpěry je navržený počet svorníku 4

6.7.1.4 Návrhová hodnota únosnosti na stříhovou spáru

k_{mod} – modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti

γ_M – dílčí součinitel vlastnosti materiálu

Hodnota k_{mod} je vybrána z tabulky 11 na základě třídy provozu a třídy trvání zatížení.

Hodnota γ_M je vybrána z tabulky 10

$$F_{RD} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot F_{v,Rk}$$

$$F_{RD} = \frac{0,6}{1,1} \cdot 21387 = 11\,672 \text{ N}$$

6.7.1.5 Minimální rozteče nebo vzdálenosti

Vzorec pro výpočet rozteče a vzdálenosti rovnoběžně s vlákny

d- průměr svorníků

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|)d$$

$$a_1 = (4 + |\cos 0|)12 = 60 \text{ mm}$$

Rozteč svorníků rovnoběžně s vlákny **60mm**.

Vzorec pro výpočet rozteče a vzdálenosti kolmo k vláknům

$$a_2 = 4d$$

$$a_2 = 4 \cdot 12 = 48 \text{ mm}$$

Rozteč kolmo k vláknům je 48 mm. Rozteč je zvolena **70mm**.

6.7.1.6 Účinný počet svorníků v řadě

Únosnost spoje s n spojovacími prostředky je často menší než n násobek únosnosti spoje s jedním spojovacím prostředkem jak uvádí Hradil (2007) ve své disertační práci.

Jsou zde mnohdy rozhodující modely porušení mezi těmito prostředky jako například křehký lom, rozštěpení dřeva nebo blokové smykové porušení spoje. V takových případech je vždy únosnost spoje menší než únosnost stanovená z únosnosti jednoho spojovacího prostředku. Většinou se proto doporučuje stanovit účinný počet n_{ef} (Hradil, 2007)

n-počet navržených svorníků v řadě.

a_1 -vzdálenost rovnoběžně s vlákny

$$n_{ef} = \min\left\{n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}}\right\}$$

$$n_{ef} = \min\left\{n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{60}{13 \cdot 12}}\right\}$$

$$n_{ef} = 1,469$$

6.7.1.7 Charakteristická únosnost spoje

Charakteristická únosnost spoje se vypočítá jako součin návrhové únosnosti na stříhovou spáru a počtu řad, účinného počtu svorníků v řadě a počtu stříhových spár.

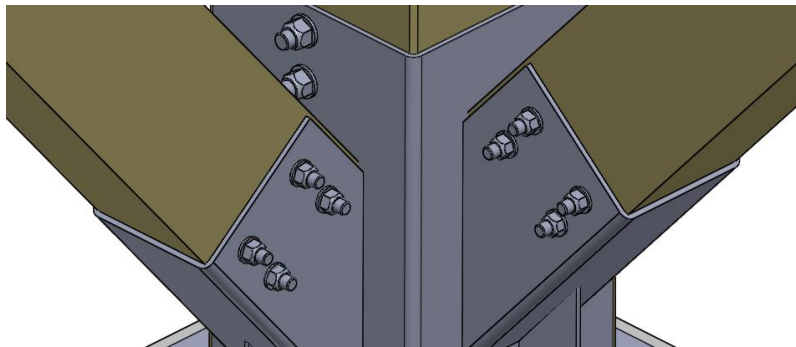
n_{ef} – Účinný počet svorníků v řadě

F_{RD} – Návrhová hodnota únosnosti na stříhovou spáru

$$F_k = 2 \cdot n_{ef} \cdot 2 \cdot F_{RD}$$

$$F_k = 2 \cdot 1,46 \cdot 2 \cdot 11672 = 68\ 164\ \text{N}$$

Charakteristická únosnost spoje je **68 164 N**.



Obr. 15 Zajištění vzpěr pomocí závitových tyčí M12

Zdroj: vlastní

6.8 Kotvení do betonového podkladu

Kotvení do betonového podkladu je navrženo pomocí kotevního šroubu M20 Hilti HIT-V popřípadě obyčejné závitové tyče M20. V každém rohu kotevní desky se nachází jeden z těchto šroubů jak je vidět na obrázku 16, který se dodává s podložkou i maticí. K ukotvení je potřeba příslušná lepicí hmota. Je zapotřebí dodržet stanovené rozměry a podmínky pro jejich užití (viz tab. 3). Z technických dat pro použití kotevního šroubu, jsou navrženy otvory v kotevní desce pro šroub M20 o průměru 22 mm. Efektivní kotevní hloubka je doporučována 170 mm. Při namáhání konstrukce vnitřním tlakem větru jsou tyto kotvy namáhány na tah. Dovolené namáhání v tahu jednoho kotevního šroubu M20 je 38,1 kN. Návrhová únosnost pak 58,3 kN.

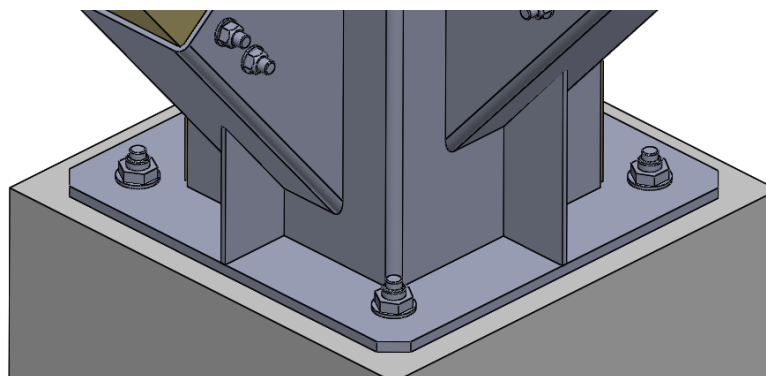
Tab. 3 Technická data pro kotevní šroub HIT-V

Zdroj: Katalog Hilti

**Technická data pro použití HIT-RE 500-SD
s kotevním šroubem HIT-V / HIT-C**



Data jsou kompatibilní s		ETA 07/0260 a EOTA TR 029								
Základní materiál		Beton C20/25 (B25), příklep vrtaný kotevní otvor								
HIT-V/HIT-C šroub		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	
Průměr vrtání	d_o [mm]	10	12	14	18	24	28	30	35	
Průměr otvoru v kotevní desce	$d_f \leq$ [mm]	9	12	14	18	22	26	30	33	
Efektivní kotevní hloubka	h_{ef} [mm]	80	90	110	125	170	210	240	270	
Vzdálenost od okraje	$c_{cr,sp}$ [mm]	170	205	250	285	385	475	545	610	
Osová vzdálenost	$s_{cr,sp}$ [mm]	340	410	500	570	770	950	1090	1220	
Minimální vzdálenost od okraje	c_{min} [mm]	40	50	60	80	100	120	135	150	
Minimální osová vzdálenost	s_{min} [mm]	40	50	60	80	100	120	135	150	
Minimální tloušťka betonu	h_{min} [mm]	110	120	140	165	220	270	300	340	
Maximální utahovací moment	T_{max} [Nm]	10	20	40	80	150	200	270	300	
Orientační spotřeba kotvicí hmoty	[ml]	4,4	6,4	9,5	15,1	41,8	63,3	67,2	122,3	
Beton bez trhlin										
Dovolené namáhání v tahu	N_{rec} [kN]	8,6	13,8	20,0	24,0	38,1	52,3	63,9	76,2	
Dovolené namáhání ve smyku	V_{rec} [kN]	5,1	8,6	12,0	22,3	34,9	50,3	65,7	80,0	
Návrhová únosnost v tahu	N_{Rd} [kN]	12,0	19,3	28,0	33,6	53,3	73,2	89,4	106,7	
Návrhová únosnost ve smyku	V_{Rd} [kN]	7,2	12,0	16,8	31,2	48,8	70,4	92,0	112,0	
Beton s trhlinami										
Dovolené namáhání v tahu	N_{rec} [kN]	4,8	6,7	13,2	19,9	31,7	43,5	53,1	63,4	
Dovolené namáhání ve smyku	V_{rec} [kN]	5,1	8,6	12,0	22,3	34,9	50,3	65,7	80,0	
Návrhová únosnost v tahu	N_{Rd} [kN]	8,9	12,6	17,3	20,9	35,6	52,2	63,0	72,7	
Návrhová únosnost ve smyku	V_{Rd} [kN]	7,2	12,0	16,8	31,2	48,8	70,4	92,0	112,0	



Obr. 16 Ukotvení spoje do betonového pilíře

Zdroj: Vlastní

6.9 Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace obsahuje, jednotlivé výrobní výkresy dílů a výrobní výkres sestavy. Dokumentace je provedena pomocí promítání ISO E, což je metoda pravoúhlého promítání v 1. kvadrantu. Tolerování délkových a úhlových rozměrů nepředepsaných tolerancí jsou prováděny dle normy ČSN ISO 2768. Předepsané tolerance dle ČSN 129-1 a ČSN ISO 1101.

6.10 Výběr materiálu

Ocelový spoj je navrhnout z konstrukční oceli požadované jakosti S235JRG2. Vhodná pro svařované konstrukce středních tloušťek namáhané staticky i dynamicky (Feromat, 2016). V tabulce jsou uvedeny hodnoty pevnostních veličin konstrukčních ocelí. Charakteristické hodnoty pevnostních veličin jsou uvedeny v tabulce 4. Charakteristická mez kluzu f_y , pro konstrukční ocel S235 je 235 MPa, pevnost v tahu f_u odpovídá hodnotě 360 Mpa.

Tab. 4 Charakteristické hodnoty pevnostních veličin konstrukčních ocelí

Zdroj: ČSN EN 10025-1,

Pevnostní třída oceli	Tloušťka t (mm)			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 100$	
	f_y	f_u	f_y	f_u
S235	235	360	215	340
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	490

6.11 Shrnutí konstrukčního řešení

Navržené konstrukční řešení je provedeno dle ČSN EN 1995-1-1. Rozměry jednotlivých prvků ocelového vychází z rozměrů nosných profilů. Zajištěný spojů je provedeno pomocí svorníků M12 a M16. Charakteristická únosnost svorníkového spoje vzpěr byla stanovena na 68,14 kN. Kotvení do betonu bylo navrženo kotevními šrouby značky Hilti, je možné použít závitové tyče odpovídající stejné pevnosti. Při montáži je nutné dodržet kritéria pro kotvení do betonu uvedené v tabulce 3. Takto navržený spoj je připraven pro výrobu, podkladem pro zhotovení spoje je výkresová dokumentace. Při navrhování spoje bylo dbáno na jednoduchost výroby spoje. Bylo bráno v potaz dostupné strojní vybavení pro výrobu, od čehož se odvíjí technologický postup výroby, ten je dále rozebrán v další kapitole.

7 Výroba

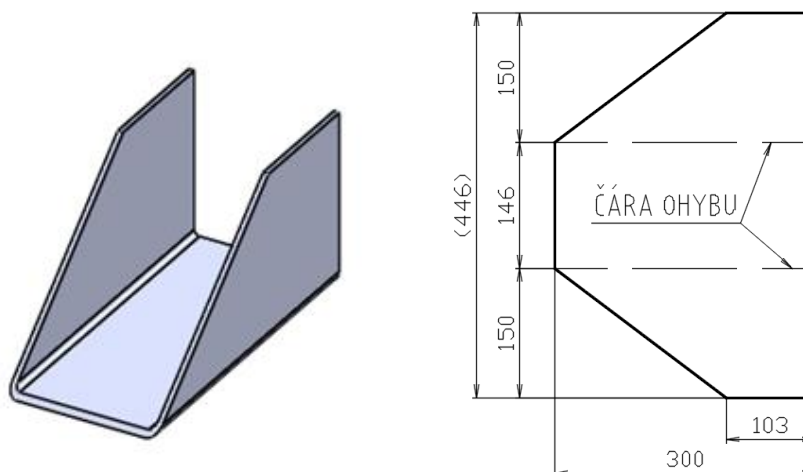
V dnešní době je nespočet technologií a strojních zařízení a variant jak dosáhnout stejného či obdobného ale přitom funkčně stejného výrobku. Důležitou složkou návrhu je najít způsob výroby, který bude optimální jak z hlediska náročnosti výroby, tak z hlediska nákladů.

7.1 Stanovení rozvinutých tvarů ohýbaných profilů

Před samotnou operací pálení je potřeba určit rozvinuté délky ohýbaných profilů. Rozvinutá délka je vypočítána z délky neutrální osy v ohýbaných částech a délek rovných úseků. Rozvinuté délky dílců byly zjištěny za pomoci programu AutoCAD 2015, kde se tyto délky dají odpočítat pomocí neutrální osy. Pro ověření byly tyto délky vypočítány pomocí tabulky pro výpočet rozvinutých délek ohýbaných součástí z ČSN 01 7009.

7.1.1 Rozvinutý tvar U - profilu

Ohýbaný U - profil je z plechu o tloušťce 5 mm výšky 160 mm a šířky 142 mm. Na obrázku 17 je zobrazen rozvinutý tvar U-profilu a 3D vizualizace ohnutého polotovaru. Rozvinutý tvar je plech o rozměrech 5 x 446 x 300.

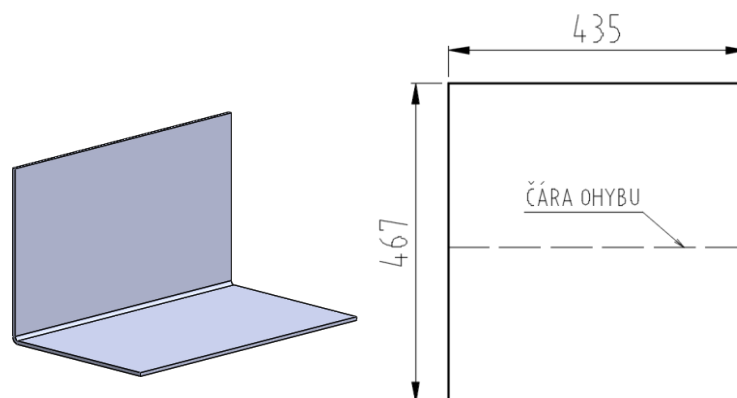


Obr. 17 Ohnutý U-profil a jeho rozvinutý tvar

Zdroj: Vlastní

7.2 Rozvinutý tvar L - profilu

L - profil je z plechu 5mm o rozměrech strany 237 mm. Rozvinutý tvar plechu má rozměry 5 x 467 x 435 mm, ten je vidět na obrázku 18.



Obr. 18 Ohnutý L-profil a jeho rozvinutý tvar

Zdroj: Vlastní

7.3 Technologický postup s časovou náročností

Technologický postup je vypracován v závislosti na dostupném strojním vybavení. Jednotlivé časové náročnosti pracovních operací byly vypracovány na základě pracovních rychlostí strojů, navržené rychlosti pálení a odhadované doby provedení operace pracovníka, ta se liší v závislosti na jeho kvalifikaci. Technologický postup je k nahlédnutí v příloze.

7.4 Popis jednotlivých pracovních operací

7.4.1 Příprava materiálu a pracoviště

Nedílnou součástí výroby je příprava materiálu a pracoviště. Mezi základní úkony patří vychystání materiálu a kontrola vizuálně jeho vad, příprava strojů, kontrola využívaných nástrojů.

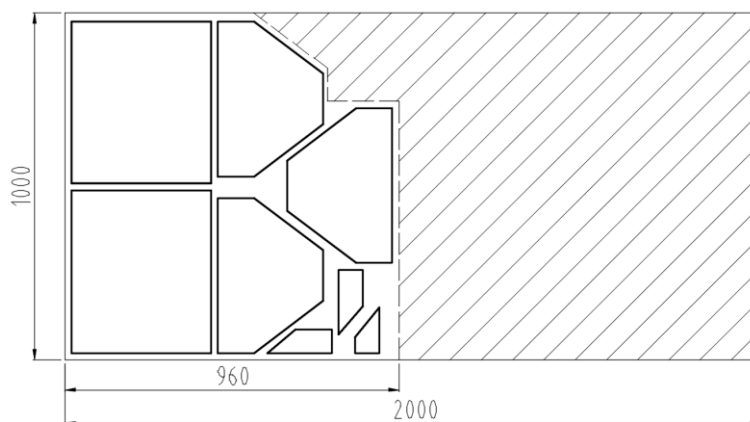
7.4.2 Pálení polotovarů vodním paprskem

Veškeré ocelové prvky, z kterých se spoj skládá, jsou výpalky. Vzhledem k tomu, že zařízení je počítačově řízeno, je možné dělit různých tvarů dle dat elektronické výkresové dokumentace.

Zařízení, na kterém jsou vypáleny tyto polotovary, je vysokotlaké zařízení, které funguje na principu stlačení vody až na hranici 400 MPa a ve směšovací komoře se

vodní proud mísí s abrazivním materiálem. Tato směs prochází tryskou a tvoří tak řezný vodní paprskem. Mezi hlavní výhody patří vysoká přesnost řezu, nedochází k tepelnému ovlivnění materiálu, vzniku vnitřního pnutí a tím i chemickému ovlivnění materiálu. Nevýhodou je kontakt materiálu s vodou. (Abjet, 2016)

Při pálení vodním paprskem je nutné vytvořit tzv. plán pálení, ten je zobrazen na obrázku 19, což je rozložení objektů, které budou obráběny do plochy tabule plechu. Největší důraz je kladen na rozložení prvků tak, aby vznikl co nejmenší odpad a plocha byla nejvíce využita. Hrubá využitá plocha plechu odpovídá po vytvoření schéma pálení $0,96 \text{ m}^2$.



Obrysy pálených polotovarů jsou rozloženy v minimální blízkosti u sebe, šrafy je vyznačena nevyužitá plocha

Obr. 19 Schéma pálení.

Zdroj: Vlastní

7.4.3 Ohýbání

Ohýbání se provádí na hydraulickém ohraňovacím lisu, který je schopný ohýbat plechy síly až 6 mm při tvářecí síle 200 t. Takto uhnuté plechy do tvaru U a L jsou připraveny k vrtání.

7.4.4 Vrtání

Díry pro svorníky v ohýbaném profilu tvaru U, které budou sloužit k ukotvení diagonálních vzpěr, mohou být předem vypáleny, ovšem při ohýbání může dojít nepřesnostem a tyto díry, které se nacházejí na obou stranách profilu, nemusí být soustředné. V takovém případě je potřeba otvory přizpůsobit situaci. Proto je volena varianta otvory pro svorníky vrtat až po ohnutí do potřebného profilu. Otvory jsou vrtány zámečnickou sloupovou vrtačkou.

7.4.5 Svaření v sestavu

Pro svary je použit svařovací materiál dle ČSN EN ISO 14341.

7.4.6 Kontrola rozměrů a svaru

Kontrola rozměrů se provádí pomocí kontrolního úhelníku a ocelového měřítka. Kontrola jakosti svaru probíhá, dle ČSN EN ISO 5817 C. Jedná se o vizuální, nedestruktivní kontrolu svaru.

7.4.7 Povrchová úprava

Povrch je očištěn tryskáním na stupeň SA2 ½. Jak uvádí ČSN ISO 8501-2, stupeň čistoty SA2 ½ se vyznačuje povrchem bez přítomnosti nečistot, olejů a mastnot, volných okují, rzi, nátěrů, cizího materiálu a jakékoliv zbývající stopy znečištění se musí jevit pouze jako lehké skvrny ve formě bodů nebo pásů. Ochrana proti korozi je provedena metodou žárového zinkování dle ČSN EN ISO 1461.

7.5 Zmenšený model

Součástí práce je vyrobení zmenšeného modelu navrhovaného spoje. Model bude vyroben na základě navrženého technologického postupu a podkladem pro jeho výrobu poslouží výrobní výkresy. Materiálově bude model ze stejného materiálu jako návrh a to z konstrukční oceli S235JRG2. Výrobek bude v měřítku 1:2.

8 FINANČNÍ ZHODNOCENÍ

Finanční zhodnocení zahrnuje náklady jednotlivých operací a celkové náklady zobrazené formou tabulky. Jednotlivé náklady operací byly vypracovány dle současných cen materiálu a vypočítaných časových náročností operací.

8.1 Náklady na materiál

Cena tabule plechu o rozměrech 5 x 1000 x 2000 materiálu S235JRG2 odpovídá ceně 1 188,00 Kč bez DPH (viz tab. 5). Je potřeba dbát na rozložení pálených výrobků do plochy tabule s co nejmenším odpadem. Po vytvoření schéma pálení činí plocha 0,96 m² včetně odpadu, který tvoří zejména prostory mezi jednotlivými výpalky a je tak už nevyužitelný. Hmotnost spotřebované plochy činí 37 Kg. Dle tab. 5 odpovídá cena materiálu 570,00 Kč při ceně 15 Kč/kg.

Plotna, která tvoří dosedací část spoje o rozměrech 10 x 400 x 400 mm je vypálena z tabule o rozměrech 10 x 1000 x 2000 mm odpovídající ceně za tabuli 2442,00 Kč bez DPH. Plotna má plochu 0,16 m² a hmotnost 13 Kg. Cena materiálu činí 195 Kč (viz tab. 5).

Tab. 5 Cena materiálu

Zdroj: (Feromat, 2016)

Materiál (ceník Feromatu - rok 2016)						
Tloušťka	Rozměry (mm)	Materiál	Váha (kg)	Cena (Kč)	Obsah(mm ²)	Cena za kg
PLECH 1 (S235)	1000x2000	S235JRG2	16	245 Kč	2000000	15 Kč/kg
PLECH 2 (S235)	1000x2000	S235JRG2	32	490 Kč	2000000	15 Kč/kg
PLECH 3 (S235)	1000x2000	S235JRG2	48	735 Kč	2000000	15 Kč/kg
PLECH 4 (S235)	1000x2000	S235JRG2	64	952 Kč	2000000	15 Kč/kg
PLECH 5 (S235)	1000x2000	S235JRG2	80	1 188 Kč	2000000	15 Kč/kg
PLECH 6 (S235)	1000x2000	S235JRG2	96	1 434 Kč	2000000	15 Kč/kg
PLECH 8 (S235)	1000x2000	S235JRG2	128	1 927 Kč	2000000	15 Kč/kg
PLECH 10 (S235)	1000x2000	S235JRG2	160	2 442 Kč	2000000	15 Kč/kg

8.2 Stanovení nákladu na práci

Tabulka 6 popisuje stanovení nákladů na pálení vodním paprskem polotovarů z plechu tl. 5 mm. Spotřebovaná plocha činí 1000 x 960 mm, jehož cena je určena v kapitole 8.1. Doba pálení je určena délkou řezu, která je 8,896 m. Je spočítána ze všech řezů, tedy sečteny jsou všechny obvody výpalků. Rychlost pálení byla zvolena 10 m/h což odpovídá běžné jakosti řezu. Z těchto dvou veličin je vypočtena doba pálení 53 min. Hodinová sazba pálení činí 300 Kč. Náklady na stroj za 1 motohodinu činí 250 Kč. Přípravný čas činí 350 Kč/h. Cena abraziva je 8 Kč/Kg při využití 150 g abraziva za minutu náklady činí 64 Kč. Jako abrazivo se používá granátový písek. Náklady na vypálení bez materiálu odpovídají ceně 608 Kč a celkové náklady na vypálení včetně materiálu pak 1 178 Kč.

Tab. 6 Výpočet nákladů na pálení – pl.5mm

Zdroj: vlastní

Tabulka popisuje nákladové ceny na jednotlivé složky procesu pálení a celkové náklady. Zobrazuje také délku, řezu, dobu pálení a spotřebu abraziva za časovou jednotku.

Pálení - hodinová sazba	300 Kč		
Náklady na stroj - 1 Mth	250 Kč		
Přípravný čas - hod sazba	350 Kč		
Abrazivo - cena za kg	8 Kč		
Materiál	PLECH 5 (S235)		
Přípravný čas	10 min		58 Kč
Velikost plechu (v x š)	1000x960 mm		570 Kč
Abrazivo (g/min)	150 g/min	8kg	64 Kč
Doba pálení	0:53	= 53 min	265 Kč
Náklady na stroj	0,88 Mth		221 Kč
Nákladová cena			1 178 Kč
Délka řezu (mm)			8896 mm
Cena za metr řezu			68 Kč
Cena za metr řezu vč. materiálu			132 Kč
Váha výpalků a prořezu			38 kg
Cena na kg			31 Kč/kg
Cena materiálu			15 Kč/kg 570 Kč
Cena za kg (bez materiálu)			16 Kč/kg 608 Kč

Tabulka 7 popisuje výpočet nákladů na pálení z plechu tl. 10 mm. Rychlost řezu je zde volena stejná 10m/h. Délka řezu je 1776 mm. Princip výpočtu je totožný jako u výpočtu pálení plechu tl. 5 mm, náklady na pálení tak vychází 195 Kč a náklady včetně materiálu 368 Kč.

Tab. 7 Výpočet nákladů na pálení – pl.10mm

Zdroj: vlastní

Tabulka popisuje nákladové ceny na jednotlivé složky procesu pálení a celkové náklady. Zobrazuje také délku, řezu, dobu pálení a spotřebu abraziva za časovou jednotku.

Pálení - hodinová sazba	300 Kč		
Náklady na stroj - 1 Mth	250 Kč		
Přípravný čas - hod sazba	350 Kč		
Abrazivo - cena za kg	8 Kč		
Materiál	PLECH 10 (S235)		
Přípravný čas	10 min		58 Kč
Velikost plechu (v x š)	400 x400		195 Kč
Abrazivo (g/min)	150 g/min	2kg	13 Kč
Doba pálení	0:11	= 11 min	55 Kč
Náklady na stroj	0,18 Mth		46 Kč
Nákladová cena			368 Kč
Délka řezu (mm)			1776 mm
Cena za metr řezu			97 Kč
Cena za metr řezu vč. materiálu			207 Kč
Váha výpalků a prořezu			13 kg
Cena na kg			29 Kč/kg
Cena materiálu			15 Kč/kg 195 Kč
Cena za kg (bez materiálu)			13 Kč/kg 173 Kč

8.3 Náklady na ohýbání, vrtání, svařování

Hodinová sazba kvalifikovaného zámečníka/svářeče se pohybuje okol 300 až 500 Kč. Uvažujeme hodinovou sazbu 300 Kč/h. Operace ohýbání plechů trvá 40 min včetně příprav a kontroly. Vrtání otvorů pro svorníky, včetně rozměření a příprav, trvá 30 min. Svaření ocelového spoje, včetně závěrečné kontroly rozměrů, trvá 75 min. Celková doba těchto pracovních operací, činí 145 min, což je 2h 25 min. Náklady pracovníka k výrobě 1 kusu jsou zhruba 735 Kč. Cena se samozřejmě mění v závislosti na cenovém ohodnocení zaměstnance a rychlosti pracovníka.

8.4 Náklady na povrchovou úpravu

Cenu žárového zinkování se udává v závislosti na hmotnosti materiálu. Cena za pozinkování se počítá z hmotnosti materiálu po pozinkování, nárůst hmotnosti může být až 5% (Kondor, 2016). Čistá hmotnost prvků je 21,70 Kg, cena dle tabulky 8 odpovídá 30 Kč/kg. Výsledné náklady žárového zinkování jsou 660 Kč.

Tab. 8 Ceny žárového zinkování

Zdroj: (Kondor, 2016)

Hmotnost materiálu [kg]	Cena [Kč/kg] bez DPH
1 - 10	50
11 - 50	30
51 - 100	24
101 - 500	19
501 - 1.000	18
nad 1.000	individuálně

8.5 Celková cena

Celkový přehled nákladů je zobrazen v tabulce 9. Jedná se o součet všech nákladů. Nejvíce nákladnou položkou je pálení plechů vodním paprskem. Celková cena výroby ocelového spoje je 2 941 Kč. Cena je však závislá na počtu vyrobených kusů a s rostoucím počtem kusů se cena může snižovat.

Tab. 9 Celkové náklady

Zdroj: vlastní

Operace	Časová náročnost (min)	Náklady
Pálení plech 5mm	63	1 178,00 Kč
Pálení plech 10mm	21	368,00 Kč
Ohýbání	40	735,00 Kč
Vrtání	30	
Svařování	75	
Žárové zinkování	-	660,00 Kč
celkové náklady		2 941,00 Kč

Možností kde by bylo možné snížit náklady je především vrtání a pálení. Vrtané díry pro svorníky mohou být nahrazeny za pálené díry a tato operace tak zcela odpadá. Ovšem jak už bylo zmíněno, při ohýbání by otvory nemusely být soustředné. Tyto nepřesnosti je možné doladit vytvořením několika zkušebních prototypů, proměřením a správným nastavením stroje. Při pálení pak je možnost snížit náklady zvolením jiné výrobní technologie tvarového dělení materiálu. Prvek je možné taky galvanicky zinkovat namísto žárového zinkování.

9 Diskuze

Návrh ocelového spoje je řešen individuálně pro konkrétní typ konstrukce. Vychází z předpokladu, které uvádí Pedersen et al. (1999), kdy moderní mechanické spoje dřevěných konstrukcí jsou často prováděny s použitím vnějších nebo vkládaných styčnickových desek. Tato myšlenka byla modifikována a byl vytvořen spoj, kde jsou nosné konstrukce ukládány do ocelových objímek.

Volba navržení pouzder pro nosné prvky byly voleny, i přestože spoje s vkládanými styčnickovými plechy mohou dosahovat větších tuhostí, únosností a lepších odolností než spoje s vnějšími plechy. Spoje s vkládanými plechy jsou ekonomicky méně výhodné uvádí Hradil (2007). Byly navrženy 4 varianty řešení, z nichž 3 byly konstrukčně velmi podobné. U prvních 3 variant bylo uchycení vzpěr řešeno již zmíněnými objímkami. U poslední varianty s vkládanými plechy bylo pojištění provedeno kolíky. Systém vkládání hladkých kolíků do předvrtaných otvorů vyžaduje přesné provedení všech částí, aby tak nedocházelo k problémům na montáži. Celkové náklady varianty D s vkládanými plechy a kolíky se tak mohou dostat přes hranici nákladů navrženého spoje. Montážně je spoj náročnější na zhotovení, ale mezi jeho výhody patří ochrana prvku před vnějšími vlivy. Další předností je také ukrytí části spoje, to zvyšuje estetickou hodnotu, to je ovšem na zákazníkově, jaké má estetické požadavky.

Převážná většina mechanických spojovacích prostředků je tvořena spojovacími prostředky kolíkového typu, ty jsou namáhány na ohyb a stříh a dochází k otlacení stěny otvoru dřevěného prvku při přenosu sil. V práci je uvedeno posouzení svorníkového spoje šikmých vzpěr. Posouzení svorníkového spoje svislé konstrukce není uvedeno, jelikož trám dosedá na kotevní plech a zatížení je přenášeno plochou čela trámu. Svorníky zde mají funkci pouze zajišťovací. Působení vnitřního tlaku se neuvažuje, ale jeho řešení je zmíněno.

Pro zjištění předpokládaných nákladů na výrobu byly vypočítány náklady na materiál a práci. Náklady jsou vyčísleny bez spojovacího materiálu a nákladů na montáž. Nákladová cena výsledné varianty činí 2 941 Kč. Srovnat cenu navrhovaného spoje s obdobnými prvky stejných vlastností je obtížné, neboť prvek je navrhován pro specifickou konstrukci a výběr materiálu, konstrukční řešení, technologie výroby je závislá na mnoha faktorech. Nákladové ceny by bylo možno snížit výběrem jiné technologie výroby. Jak je vidět z tabulky celkových nákladů, pálení materiálu je nejvíce nákladnou položkou. Při výrobě několika málo kusů můžeme usoudit, že

levnější variantou by bylo například stříhání plechů tabulovými nůžky. Rozvinuté tvary jednotlivých prvků nejsou nijak tvarově náročné, tudíž by se cena mohla výrazně snížit. Ovšem u výroby několika desítek spojů by autor upřednostnil pálení. Pálení vodním paprskem je uvažováno z důvodu možnosti výroby modelu ocelového spoje touto technologií. Je možné ovšem pálit pomocí laseru, kde se cena pohybuje přibližně o polovinu levněji. Cena pálení bez materiálu činí 608 Kč. Délka řezu je 8,896 m z čehož vyplívá cena 69 Kč za 1 m řezu (viz tab. 6). Firma Ikov Trade a.s. uvádí cenu 28 Kč za 1m řezu konstrukční oceli síly 5 mm (Ikovtrade, 2016).

V rámci diplomové práce by bylo vhodné využít stávající navrženou konstrukci a zpracovat statický posudek pro stavební povolení. Ten by zahrnoval posouzení celkové stability konstrukce, dimenze všech hlavních konstrukčních prvků a dle výsledných zatížení by mohli být provedeny úpravy ocelového spoje.

10 Závěr

V rámci bakalářské práce byl vytvořen návrh ocelového nosného spoje. Autorem byly vypracovány celkem 4 konstrukční řešení, ze kterých bylo vybráno jedno, které bylo dále řešeno. Při návrhu spoje bylo dbáno na vytvoření funkčního spoje s jednoduchou montáží. Ocelový spoj je navržený na základě rozměrů nosných prvků vaznicové soustavy, která byla vybrána. Nosné profily jsou navrženy dle empirických vzorců. Součástí práce je posouzení svorníkového spoje a byla určena jeho charakteristická únosnost dle ČSN EN 1995-1-1.

Výstupem práce je zpracování vybraného řešení ocelového spoje formou výkresové dokumentace, ta je podkladem pro výrobu zmenšeného modelu, který je součástí práce. Zmenšený model je v měřítku 1 : 2 a je ze stejných materiálu vyrobený na základě stejného technologického postupu.

Pro zjištění předpokládaných nákladů na výrobu byly vypočítány náklady na materiál a práci. Celkové náklady jsou pak vyobrazeny formou tabulky. Cena nákladů je přibližná, může se měnit na základě ceny materiálu nebo počtu vyráběných kusů.

Summary

This bachelor thesis deals with designing a steel supported joint for a specific construction. These supported profiles are designed with the help of empirical formulas. There was one constructional solution chosen from a total amount of four, which was then manufactured. The main idea was to create a functional joint with a simple construction. The joint is based on dimensions of supported constructional elements. This bachelor thesis also contains an assessment of a screw joint and it was determined by its characteristic resistance according to ČSN EN 1995-1-1.

The output of this thesis is a design of a steel joint with a drawing documentation, which is a base for manufacturing the miniature. The miniature is out of the same material and it also uses the same technological process on a scale of 1:2

To find out the estimated costs for production, there were calculated costs for material and labor. Total costs are shown in a table. The cost price is approximate, it depends on the price of material or number of produced pieces.

Seznam literatury

HÁJEK, V. 1997. Stavím ze dřeva. Praha, Sobotáles, 153 s. ISBN 80-85920-44-1

HRADIL, P. 2007. Analýza působení polotuhých mechanických spojů v dřevěných konstrukcích. Disertační práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební., Ústav kovových a dřevěných konstrukcí.

JELÍNEK, L. 2003. Tesařské konstrukce. 1. vyd. Praha, Informační centrum České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, 189 s. ISBN 80-86364-98-4.

KOŽELOUH, B. 1998. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, STEP 1. Zlín, KODR, 460 s. ISBN 80-238-2620-4.

KUKLÍK, P. 2005. Dřevěné konstrukce. Praha, Česká technika - nakladatelství ČVUT, 187 s. ISBN 80-01-03310-4.

KUKLÍK, P. 2008. PŘÍRUČKA 2, Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5. 130 s.

LOKAJ, A. 2006. Prvky ocelových a dřevěných konstrukcí: Dřevěné konstrukce. Syllabus přednášek. Ostrava, Katedra konstrukcí, FAST VŠB – technická univerzita Ostrava, 53 s.

PEDERSEN, M. et al. 1999. Type Connections with Slotted-in Steel Plates. Gratz, Rakousko, Proc. of the CIB W18 Meeting, p.17.

ROTTER, T. (ed.) 2007. Navrhování ocelových a dřevěných konstrukcí podle evropských norem. Praha, České vysoké učení technické, 129 s. ISBN 978-80-01-03887-1.

STRAKA, B., BUKOVSKÝ, L. 1996. Navrhování dřevěných konstrukcí. Brno, CERM, 120 s. ISBN 80-7204-015-4.

VLČEK, M., FAJKOŠ, A. 1998. Střešní konstrukce od A do Z: komplexní přehled problematiky střešních konstrukcí – navrhování, posuzování a montáž tradičních ale i moderních materiálů a technologií. Část 5. Praha, Verlag Dashöfer. ISBN 8086229289.

Normy:

ČSN ISO 8501-2: *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část , 1992.*

ČSN 73 1901: *Navrhování střech - Základní ustanovení, 2011*

ČSN-EN-1991-1-4: Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, 2007*

ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: *Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2006*

ČSN EN ISO 898-1: *Mechanické vlastnosti spojovacích součástí z uhlíkové a legované oceli - Část 1: Šrouby, 2000*

ČSN 73 1701: *Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 2006*

Elektronické zdroje:

Abjet - firemní podklady [online]. Citováno 15. dubna 2016. Dostupné z: <http://www.abjet.cz/serv01.htm>

Asb-portal [online]. Citováno 11. března 2016. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/drevne-stresni-konstrukce-skovovymi-deskami-sprolisovanymi-trny>

Asb-portal [online]. Citováno 12. března 2016. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/spojovaci-prvky-drevenych-konstrukci>

Bova-nail - firemní podklady [online]. Citováno 28. dubna 2016. Dostupné z: <http://bova-nail.cz/>

Feromat - firemní podklady [online]. Citováno 15. dubna 2016. Dostupné z: http://www.feromat.cz/jakosti_oceli

Ikovtrade - Firemní podklady [online]. Citováno 27. dubna 2016. Dostupné z: <http://www.ikovtrade.cz/pdf/cenik-laser.pdf>

Kondor - firemní podklady [online]. Citováno 21. dubna 2016. Dostupné z: <http://www.kondor.cz>

Konstrukce [online]. Citováno 28. dubna 2016. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/kolikove-a-svornikove-spoje-pouzite-na-velkorozponovych-konstrukcich/>

Krytiny-strechy [online]. Citováno 12. března 2016. Dostupné z: http://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/pergoly/zakladni-modul-pergoly-serial-pergoly-a-pristresky/

Metalfix - firemní podklady [online]. Citováno 23. dubna 2016. Dostupné z: <http://www.metalfix.cz/tk-kotvici-hrot-50-50-600/d-3828/>

Obchodprodilnu [online]. Citováno 11. března 2016. Dostupné z: <http://www.obchodprodilnu.cz/podlozka-bulldog-pozinkovana-0560.html>

ŠMAK, M. *Spoje s ocelovými prvky dřevěných konstrukcí* [online]. Citováno 22. března 2016. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/7619-spoje-s-ocelovymi-prvky-v-drevenych-konstrukcich>

Seznam obrázků

Obr. 1 Schémata plných vazeb ležatých stolic bez vazných trámů	13
Obr. 2 Svorníkový spoj v kombinaci s kolíky	15
Obr. 3 Použití hmoždíku typu Bulldog	16
Obr. 4 Styčnickový spoj	17
Obr. 5 Základní tvarové součásti z ocelový plechů	18
Obr. 6 Typy kotevních prvků	19
Obr. 7 Schéma plné vazby konstrukce	24
Obr. 8 Umístění spoje v konstrukci	24
Obr. 9 Ocelový spoj Variant A – finální výrobek	25
Obr. 10 Varianta B	27
Obr. 11 Variant C	27
Obr. 12 Varianta D	27
Obr. 13 Zajištění svislé konstrukce pomocí dvou závitových tyčí M16	29
Obr. 14 Schéma zatížení svorníků	30
Obr. 15 Zajištění vzpěr pomocí závitových tyčí M12	33
Obr. 16 Ukotvení spoje do betonového pilíře	34
Obr. 17 Ohnutý U-profil a jeho rozvinutý tvar	36
Obr. 18 Ohnutý L-profil a jeho rozvinutý tvar	37
Obr. 19 Schéma pálení	38

Seznam tabulek

Tab. 1 Třídy trvání zatížení	21
Tab. 2 Empirické vzorce pro návrh profilů nosných prvků dřevěných krovů	22
Tab. 3 Technická data pro kotevní šroub HIT-V	34
Tab. 4 Charakteristické hodnoty pevnostních veličin konstrukčních	35
Tab. 5 Cena materiálu	40
Tab. 6 Výpočet nákladů na pálení – pl.5mm	41
Tab. 7 Výpočet nákladů na pálení – pl.10mm	42
Tab. 8 Ceny žárového zinkování (Kondor, 2016)	43
Tab. 9 Celkové náklady	43
Tab. 10 Doporučené dílčí součinitele γ_M	55
Tab. 11 Hodnoty k_{mod}	56

Přílohy

Výkresová část:

LDF-2-101/R0 - Ocelový spojovací prvek

LDF-3-101/R0 - L-profil

LDF-3-102/R0 - U-profil

LDF-4-101/R0 - Plotna

LDF-4-102/R0 - Žebro provedení 1

LDF-4-103/R0 - Žebro provedení 2

Ostatní:

Seznam výkresů

Technologický postup výroby

Tab. 10 Doporučené dílčí součinitele γ_M

Zdroj: ČSN EN 1995-1-1

Základní kombinace:	γ_M
Rostlé dřevo	1,3
Lepené lamelové dřevo	1,25
LVL, překližovaná deska, OSB	1,2
Třískové desky	1,3
Vláknité desky, tvrdé	1,3
Vláknité desky, středně tvrdé	1,3
Vláknité desky, MDF	1,3
Vláknité desky, měkké	1,3
Spoje	1,3
Kovové desky s prolisovanými trny	1,25
Mimořádné kombinace	1,0

Tab. 11 Hodnoty k_{mod}
Zdroj: ČSN EN 1995-1-1

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouhodobé zatížení	Střednědobé zatížení	Krátkodobé zatížení	Okamžikové zatížení
Rostlé dřevo	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lepené lame- lové dřevo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Překližovaná deska	EN 636	1 2 3	0,60 0,60 0,50	0,70 0,70 0,55	0,80 0,80 0,65	0,90 0,90 0,70	1,10 1,10 0,90
	Typ EN 636-1						
	Typ EN 636-2 Typ EN 636-3						
OSB	EN 300	1 1 2	0,30 0,40 0,30	0,45 0,50 0,40	0,65 0,70 0,55	0,85 0,90 0,70	1,10 1,10 0,90
	OSB/2						
	OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4						
Třísková deska	EN 312	1 2 1 2	0,30 0,20 0,40 0,30	0,45 0,30 0,50 0,40	0,65 0,45 0,70 0,55	0,85 0,60 0,90 0,70	1,10 0,80 1,10 0,90
	Typ P4, Typ P5						
	Typ P5						
	Typ P6, Typ P7 Typ P7						
Vláknitá deska, tvrdá	EN 622-2	1 2	0,30 0,20	0,45 0,30	0,65 0,45	0,85 0,60	1,10 0,80
	HB.LA, HB.HLA 1 nebo 2 HB.HLA1 nebo 2						
Vláknitá deska, středně tvrdá	EN 622-3	1 1 2	0,20 0,20 -	0,40 0,40 -	0,60 0,60 -	0,80 0,80 0,45	1,10 1,10 0,80
	MBH.LA1 nebo 2						
	MBH.HLS1 nebo 2 MBH.HLS1 nebo 2						
Vláknitá deska, MDF	EN 622-5	1 2	0,20 -	0,40 -	0,60 -	0,80 0,45	1,10 0,80
	MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS						