

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Návrh dřevěné konstrukce jízdárny a jezdeckého zázemí

Diplomová práce

Autor: Bc. Irena Štěrbová

Vedoucí práce: Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Irena Štěřbová

Dřevařské inženýrství

Název práce

Návrh dřevěné konstrukce jízdárny a jezdeckého zázemí

Název anglicky

Design of timber construction for horse riding hall

Cíle práce

Cílem práce je teoretický rozbor řešené problematiky, na který bude navazovat konstrukční návrh dřevostavby jízdárny a stáje. Zpracovaný konstrukční návrh bude následně staticky ověřen.

Metodika

1. Zpracování výkresové dokumentace konstrukčního návrhu dřevostavby jízdárny a stáje ve zvoleném programu.
2. Statické posouzení návrhu.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran + přílohy

Klíčová slova

dřevostavba jízdárny, dřevostavba stáje, zemědělská stavba, návrh dřevěné konstrukce

Doporučené zdroje informací

ČSN EN 1995: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
HERZOG, T. a kol. Timber construction manual. Basel: Birkhauser, 2004. 375 s. ISBN 3-7643-7025-4
JELÍNEK, L. *Tesařské konstrukce*. ISBN 978-80-87438-34-3.
KOŽELOUH, B. – KOLB, J. *Dřevostavby : systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
KUKLÍK, P. – BRAUNŠTEINOVÁ, Z. – ŠTEFKO, J. – REINPRECHT, L. *Dřevěné stavby : konstrukce, ochrana a údržba*. Bratislava: Jaga, 2009. ISBN 978-80-8076-080-9.
KUTNAROVÁ, M. *Navrhování stavebních konstrukcí a budov zemědělské výstavby z hlediska tepelné techniky.*
REINPRECHT, L. *Ochrana dřeva: vysokoškolská učebnica*. Zvolen: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.
SÝKORA, J. *Zemědělské stavby : základy navrhování*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5273-0.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Elektronicky schváleno dne 27. 6. 2017

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2018

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh dřevěné konstrukce jízdárny a jezdeckého zázemí vypracovala samostatně pod vedením Ing. Kamila Trgaly Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Katovicích dne 16.4.2018

Poděkování

Na tomto místě chci poděkovat Ing. Kamilovi Trgalovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady a především za ochotu, se kterou odpovídal na všechny mé dotazy.

ABSTRAKT

Práce je rozdělena na dvě hlavní části, a to teoretickou a praktickou. Teoretická část se věnuje rozboru problematiky týkající se lepeného lamelové dřeva, zemědělských staveb a zásadám navrhování podle Eurokódu 5.

Praktická část práce je zaměřena na návrh velkorozponové haly s půdorysným rozměrem 25×45 m, za účelem vytvoření jezdeckého komplexu, jehož součástí je jízdárna a přilehlá stáje pro koně, ve které se nachází prostory pro uložení jezdeckých potřeb. Jako materiál pro nosnou konstrukci bylo zvoleno smrkové lepené lamelové dřevo třídy GL 24c. Na ostatní konstrukční prvky bylo použito smrkové rostlé dřevo či KVH hranoly, opláštění konstrukce tvoří palubky z modřínu, které patří mezi trvanlivé dřeviny. Součástí střešní konstrukce jsou ocelová táhla třídy S355, která jsou aplikována i ve stěnách konstrukce, kde plní funkci zajištění tuhosti konstrukce. Rozměry průřezů nosných střešních prvků byly staticky ověřeny v softwaru DLUBAL, konkrétně v modulu RSTAB, umožňující posouzení dle Eurokódů. V poslední fázi byla zpracována výkresová dokumentace v softwaru SEMA.

Klíčová slova: dřevostavba jízdárny, dřevostavba stáje, zemědělská stavba, návrh dřevěné konstrukce

ABSTRACT

The thesis consists of the two parts – theoretical and practical. The theoretical part analyses the issue of the glued laminated timber, agricultural structures and designing principles as per Eurocode 5.

The practical part focuses on the design of the wide-span hall with a floor surface of 25x45 metres, intended as a horse riding complex consisting of the horse riding hall and the adjacent stables for horses with additional premises for storage of the jockey equipment. The spruce glued laminated timber of the GL 24c class was chosen as a material for the supporting structure. For other structural elements, the natural spruce wood or KVH beams were used. The casing of the structure is formed by wood planks of larch which belong to durable tree species. The roof structure includes the steel draw bars of the S355 class, which are also applied in the structure's walls where they ensure rigidity of the structure. Dimensions of supporting roof elements' cross-sections were statically verified using the DLUBAL software, namely the RSTAB module, enabling the assessment according to Eurocodes. In the last phase, the technical drawings were developed using the SEMA software.

Key words: Wooden construction of the horse riding hall, wooden construction of the stable, agricultural structure, design of wooden structure

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	11
SEZNAM TABULEK.....	12
ÚVOD.....	13
CÍLE PRÁCE.....	14
1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY ZEMĚDĚLSKÝCH STAVEB A VÝSTAVBY	15
1.1 ZÁKLADNÍ SOUVISEJÍCÍ POJMY	15
1.2 INVESTIČNÍ VÝSTAVBA	17
1.2.1 PROCESY INVESTIČNÍ VÝSTAVBY	17
1.2.2 ZADÁVACÍ A OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY VÝSTAVBY.....	18
2. DŘEVO A MATERIÁLY NA BÁZI DŘEVA.....	19
2.1 DŘEVO.....	19
2.2 MATERIÁLY NA BÁZI DŘEVA	20
3. LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO.....	23
3.1 CHARAKTERISTIKA LAMEL	25
3.1.1 ROZMĚRY.....	25
3.2 TVARY LEPENÝCH NOSNÍKŮ	25
3.3 POŽADAVKY NA ŘEZIVO PRO VÝROBU LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA..	26
3.3.1 VIZUÁLNÍ TRŽDĚNÍ.....	26
3.3.2 POŽADAVKY NA PRKNA	28
3.3.3 POŽADAVKY NA JAKOST LEPENÝCH SPOJŮ.....	29
3.3.4 POŽADAVKY NA MECHANICKOU ODOLNOST.....	29
3.4 POPIS VÝROBNÍHO POSTUPU	29
3.5 STATICKÝ VÝPOČET LEPENÝCH NOSNÍKŮ	31
3.5.1 NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ V OHYBU.....	31
3.5.2 PRŮHYB	32
3.5.3 KLOPENÍ.....	32
3.6 VÝHODY LEPENÝCH PRVKŮ	32
3.7 VYBRANÍ VÝROBCE LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA V ČESKÉ REPUBLICE	33
3.7.1 PALIS PLZEŇ.....	33
3.7.2 SIBIŘSKÝ DŘEVO s.r.o.	34
3.7.3 DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE s.r.o.	34

3.8 VYBRANÍ ZAHRANIČNÍ VÝROBCI LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA	34
3.8.1 SCHNEIDER HOLZ.....	34
3.8.2 MAYR-MELNHOF HOLZ.....	35
3.8.3 HASSLACHER NORICA TIMBER.....	35
3.8.4 WIEHAG GmbH.....	36
3.9 TRANSPORT LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA	36
3.10 CENA LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA	36
4. ZEMĚDĚLSKÉ STAVBY	38
4.1 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA STAVBY PRO HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA	38
4.2 JÍZDÁRNY A STÁJE PRO KONĚ	39
4.2.1 STÁJE.....	39
4.2.1.1 STÁJOVÉ PROSTŘEDÍ	40
4.2.1.1.1 TEPLOTA	41
4.2.1.1.2 VLHKOST VZDUCHU	41
4.2.1.1.3 ČISTOTA STÁJOVÉHO VZDUCHU.....	41
4.2.1.2 VĚTRÁNÍ.....	42
4.2.1.2.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ.....	42
4.2.1.2.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ	43
5. NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ	44
5.1 EUROKÓDY	44
5.1.1 EUROKÓD 5 – ČSN EN 1995	45
5.2 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ	47
5.2.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY	47
5.2.2 MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI.....	47
5.2.3 MEZNÍ STAVY	47
5.2.4 VLASTNÍ TÍHA.....	49
5.2.5 UŽITNÁ ZATÍŽENÍ	49
5.2.6 ZATÍŽENÍ SNĚHEM	50
5.2.7 ZATÍŽENÍ VĚTREM.....	52
5.2.8 VLIV TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ A VLHKOSTI NA PEVNOST.....	56
5.2.9 NÁVRHOVÁ HODNOTA VLASTNOSTI MATERIÁLU	57
5.2.10 MODIFIKAČNÍ SOUČINITELE DEFORMACE PRO TŘÍDY PROVOZU.....	57
5.2.11 TRVANLIVOST	59
5.2.12 POŽÁRNÍ ODOLNOST.....	60
6. METODIKA.....	64

7. VLASTNÍ NÁVRH	65
7.1 ÚČEL A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ NÁVRHU	65
7.2 POUŽITÉ MATERIÁLY	66
7.3 KONSTRUKČNÍ PRVKY	67
7.3.1 NOSNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY – JÍZDÁRNA.....	67
7.3.2 NOSNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY – STÁJ	68
7.3.3 VLAŠSKÉ KROKVE - JÍZDÁRNA.....	69
7.3.4 VLAŠSKÉ KROKVE – STÁJ.....	69
7.3.5 STĚNOVÉ RÁMY - STÁJ	70
7.3.6 ROŠT – JÍZDÁRNA	70
7.4 STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	70
7.4.1 STŘEŠNÍ KRYTINA.....	70
7.4.2 VĚTRÁNÍ.....	71
7.5 OPLÁŠTĚNÍ.....	72
7.6 IZOLACE	72
7.7 OCELOVÁ TÁHLA.....	73
7.8 OKNA A DVEŘE.....	74
7.9 OCHRANA DŘEVA.....	75
7.9.1 KONSTRUKČNÍ OCHRANA	75
7.9.2 POŽÁRNÍ OCHRANA	76
7.9.3 CHEMICKÁ OCHRANA.....	76
7.10 STATICKÁ ČÁST.....	77
7.10.1 VYMODELOVÁNÍ PRVKŮ V PROGRAMU DLUBAL	77
7.10.1.1 VLASTNÍ TÍHA.....	77
7.10.1.2 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ.....	78
7.10.1.3 ZATÍŽENÍ SNĚHEM.....	79
7.10.1.4 ZATÍŽENÍ VĚTREM.....	79
7.10.2 POSOUZENÍ OCELOVÉHO TÁHLA	81
7.11 VÝMĚRY A CENOVÉ ZHODNOCENÍ POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	81
ZÁVĚR	83
SEZNAM LITERATURY	84
SEZNAM PŘÍLOH.....	92

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Hustota materiálů na bázi dřeva a smrkového dřeva

Obrázek č. 2 Pevnost v ohybu materiálů na bázi dřeva a smrkového dřeva

Obrázek č. 3 Jízdárna v Seattlu

Obrázek č. 4 Tenisová hala Belá

Obrázek č. 5 Příklady tvarů lepených nosníků pro budovy s velkým rozponem

Obrázek č. 6 Schéma výroby lepených nosníků

Obrázek č. 7 Početnost rozdělení pevnosti pro lepené lamelové dřevo a řezivo

Obrázek č. 8 Přirozené větrání stáje s hřebenovou štěrbinou

Obrázek č. 9 Složky průhybu

Obrázek č. 10 Mapa sněhových oblastí

Obrázek č. 11 Mapa větrných oblastí

Obrázek č. 12 Vizualizace jízdárny se stájí

Obrázek č. 13 Dispoziční řešení stavby

Obrázek č. 14 Konstrukce jízdárny

Obrázek č. 15 Kotvící prvek

Obrázek č. 16 Konstrukce jízdárny a stáje

Obrázek č. 17 Spojovací prvek na vaznice

Obrázek č. 18 Trapézový plech

Obrázek č. 19 Střešní průsvitná krytina – stáj

Obrázek č. 20 Větrání v jízdárně

Obrázek č. 21 Ocelové táhlo

Obrázek č. 22 Detail řešení ocelového táhla

Obrázek č. 23 Jednotlivé části ocelového táhla ve stěnách a střeše

Obrázek č. 24 Řešení ocelových táhel ve stěnách a střeše

Obrázek č. 25 Technické řešení sekčních garážových vrat

Obrázek č. 26 Model střešní konstrukce jízdárny v programu DLUBAL

Obrázek č. 27 Model střešní konstrukce stáje v programu DLUBAL

Obrázek č. 28 Označení oblastí (půdorys)

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Požadavky na vizuální kontrolu s největší celkovou délkou trhlin v prvku dřeva

Tabulka č. 2 Požadavky na vizuální kontrolu pro oblasti neúplně tříděné strojně

Tabulka č. 3 Charakteristické vlastnosti pevnosti a tuhosti pro T-třídy v jednotkách MPa a hustoty v kg/m³ pro prkna nebo fošny pro LLD

Tabulka č. 4 Souhrn dosud vydaných EN Eurokódů a k nim přiřazené odpovídající ČSN EN

Tabulka č. 5 Užitná zatížení střech kategorie H

Tabulka č. 6 Kategorizace střech

Tabulka č. 7 Třídy trvání zatížení

Tabulka č. 8 Příklady přiřazení trvání zatížení

Tabulka č. 9 Vybrané materiály s hodnotami k_{mod}

Tabulka č. 10 Dílčí součinitele γ_M pro vlastnosti materiálu a únosnosti

Tabulka č. 11 Charakteristické hodnoty pro lepené lamelové dřevo

Tabulka č. 12 Rychlost zuhelnatění lepeného lamelového dřeva

Tabulka č. 13 Návrhové a charakteristické hodnoty jednotlivých komponentů

Tabulka č. 14 Tvarový součinitel zatížení sněhem (pro sedlové střechy)

ÚVOD

Současná situace v oblasti výstavby zemědělských objektů se značně liší oproti stavu před koncem minulého režimu. V současnosti je realizováno méně nových projektů a dochází k postupnému snižování technické hodnoty stávajících staveb. Ve velké míře jsou zde zastoupeny chátrající a nevyužité zemědělské objekty, nebo dokonce celé areály (Dřevo&Stavby, ©2018). Tato situace byla podpořena také tím, že studijní programy středních a vysokých škol v České republice téměř neobsahují danou problematiku, což má za důsledek nedostatek architektů a projektantů zemědělských staveb. Aby bylo možné zachovat existenci zemědělského odvětví, je nezbytné pracovat na nahrazování a modernizaci dosluhujících zemědělských budov.

Tento fakt byl prvotním důvodem zpracování práce týkající se zmiňovaného tématu, se snahou i touto cestou umísťovat zemědělské novostavby znovu do povědomí společnosti. Diplomová práce má být přínosem především pro výstavbu zemědělských objektů, u kterých je dřevo převládajícím materiálem použitým na realizaci stavby. Zejména materiály na bázi dřeva (např. lepené lamelové dřevo) jsou perspektivní z hlediska únosnosti, vzhledu a chování, ať už vůči klimatickým vlivům, tak i reakcím na látky vylučované samotnými zvířaty.

CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce je zpracování konstrukčního návrhu zemědělské stavby, konkrétně jízďárny s boxy pro ustájení koní. Součástí tohoto cíle je také základní statické posouzení stavby.

Teoretická část je zpracována s cílem vytvořit literární rešerši týkající se všeobecného rozboru zemědělských staveb, z hlediska jejich navrhování a základních materiálů používaných pro jejich výstavbu.

Praktická část práce je zaměřena na vypracování výkresové dokumentace a dále na základním statickém posouzení vypracovaného konstrukčního návrhu.

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY ZEMĚDĚLSKÝCH STAVEB A VÝSTAVBY

1.1 ZÁKLADNÍ SOUVISEJÍCÍ POJMY

Stavebnictví

Je průmyslovým oborem, který má významný vliv na ekonomiku státu. Na základě spojitosti výstavby a ostatních hospodářských činností např. výrobou stavebních materiálů, souvisejících služeb, dopravy apod. je situace v oblasti stavebnictví ukazatelem stavu státní ekonomiky (Junga 2014).

Pomocí stavebnictví je zajišťována výstavba, údržba, modernizace, rekonstrukce a demolice stavebních objektů. Vznik stavebnictví je spojen s procesem specializace stavební výroby. Konečným cílem stavebnictví je uspokojit potřeby člověka a jeho společnosti (Synapsis, ©2018).

Na ekonomických výsledcích ve stavebnictví jsou závislé také ostatní odvětví a celostátní ekonomika. V současné době se stavebnictví podílí cca šesti procenty na tvorbě hrubého domácího produktu (HDP) České republiky. Základním úkolem výstavby je zajistit vhodné životní a technické podmínky pracovního prostředí pro existenci lidské společnosti, živočichů a rostlin. Toto by mělo být vykonáváno s maximální snahou o udržení přírodního a kulturního bohatství (Junga, 2014).

Stavební produkce představuje stavební práce realizované podniky s převažující stavební činností (ČSÚ, 2018).

Stavebnictví patří mezi důležité indikátory vývoje ekonomiky a má multiplikační a synergické účinky na další odvětví národního hospodářství (Stavební výroba, 2012).

Stavební objekt

Dle ČKAIT stavební objekt představuje prostorově, funkčně a technicky definovaný celek na úrovni stavby anebo její části plnící stanovenou účelovou funkci. Stavebním objektem může být např. budova, stavba, ale také technická a dopravní infrastruktura a další prostorově vymežitelné části stavby (Kubečková, 2007). Rozsáhlé stavební objekty mohou být tvořeny z několika dílčích stavebních objektů (Junga, 2014).

Stavby pozemní

- a) stavby pro bydlení (rodinné domy, bytové domy, rekreační objekty)
- b) stavby občanské (stavby pro kulturu, zdravotnictví, školství a vzdělávání, sport, administrativu a obchod),
- c) stavby zemědělské (stavby pro zemědělskou výrobu a související činnosti)
- d) stavby průmyslové (stavby pro výrobu, servis, skladování, energetiku)

(Junga 2014)

Podle technického řešení staveb, charakteru a účelu jejich užití je lze rozdělit do dvou skupin, a to:

a) stavby pozemní

- tyto stavby jsou specifické vytvářením umělého prostředí uvnitř stavebního objektu, které je od vnějšího prostředí odděleno obvodovými konstrukcemi. Do této kategorie patří především stavby pro bydlení, občanské stavby a většina staveb průmyslových a zemědělských

b) stavby inženýrské

- stavby inženýrské mají většinou jednoúčelové využití a liniový charakter. Patří sem zejména sítě technické infrastruktury (rozvody plynu a elektrické energie, vodovodní řady, kanalizační řady, rozvody centrálního zásobování teplem, telekomunikační vedení atd.), dopravní stavby (komunikace, mosty, železniční stavby, tunely apod.), vodohospodářské stavby (vodní nádrže, závlahy apod.)

(Junga, 2014)

Stavební povolení

Stavebním povolením se rozumí celkový počet stavebních povolení (vč. společných), stavebních ohlášení, staveb povolených na podkladě veřejnoprávní smlouvy a staveb ve zkráceném stavebním řízení autorizovaným inspektorem, které byly ve smyslu zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, vydány a evidovány příslušným stavebním úřadem (ČSÚ, 2018).

Stavební práce

Jsou zejména práce na výstavbě, rozšíření, údržbě, opravách, přestavbě a obnově stálých i dočasných staveb. Zahrnují i montážní práce stavebních konstrukcí a hodnotu zabudovaného materiálu a konstrukcí (ČSÚ, 2018).

Zemědělské stavby

Z hlediska zatřídění lze konstatovat, že mezi těmito stavbami lze nalézt zastoupení jak staveb pozemních, tak i inženýrských. Jedná se o technologické, účelové stavby, které mají zabezpečovat technický výkon některé ze zemědělských činností (výrobních i nevýrobních) (Junga, 2014).

1.2 INVESTIČNÍ VÝSTAVBA

Jedná se o sled činností (procesů) od úvodního plánování investičního záměru až po zahájení užívání stavby. Investiční projekt je složen z několika fází. V před investiční a přípravné fázi probíhá formulace cílů, stanovení nákladů a výnosů, dále rozhodnutí investora o zahájení nebo nezahájení projektu. Investiční fáze, představující hlavní výkonnou etapu projektu, která je spojena s vynakládáním investičních prostředků s cílem vytvoření stavebního díla. Tato fáze je obvykle ukončena zahájením zkušebního provozu. Poté následuje fáze užívání, která je zároveň konečnou fází, při které je stavební dílo schváleno (nejčastěji kolaudačním souhlasem) a může být zahájeno jeho využití pro plnění svého účelu (Junga, 2014).

1.2.1 PROCESY INVESTIČNÍ VÝSTAVBY

Do procesů investiční výstavby patří:

- projektování
- umístování a povolování stavby
- provádění stavby
- uvedení stavby do provozu
- odstraňování vad

(Junga, 2014)

1.2.2 ZADÁVACÍ A OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY VÝSTAVBY

Pod tyto podmínky je zařazován investiční záměr definovaný investorem a předpoklady jeho realizace v uvažované lokalitě. Jedná se především o úroveň požadovaných výrobních kapacit, vlastností místa stavby (zejména hydrogeologické podmínky, širší územní vztahy, technická infrastruktura), úroveň technického řešení a technologického vybavení stavby (zejména konstrukční systém a materiálové řešení, standard technologického vybavení a stupeň automatizace), splnění právních regulativů a limitů vymezených souvisejícími právními předpisy (Junga, 2014).

2. DŘEVO A MATERIÁLY NA BÁZI DŘEVA

2.1 DŘEVO

Dřevo patří mezi tradiční stavební materiál, jehož hlavní předností je obnovitelnost a environmentální příznivost. Moderní dřevostavby, dřevěné mosty, haly atd. jsou důkazem toho, že dřevo stále patří mezi oblíbené stavební materiály (Žák, 1998). Autor Kržišnik (2018) uvádí, že využití dřeva v oblasti výstavby zemědělských staveb se v posledních desetiletích velmi rozšířilo. Tento materiál je výsledkem přírodních procesů spojených s tvorbou dřevní biomasy. Při svém růstu váže CO₂ z atmosféry a následně ho využívá ke svým biochemickým procesům, z toho vyplývá, že s využitím dřeva se přispívá k redukci koncentrace CO₂ v atmosféře (na rozdíl od většiny ostatních stavebních materiálů, které mají výraznou uhlíkovou stopu) (Junga, 2014).

Z pohledu složení i fyzikálních vlastností dřeva se jedná o heterogenní materiál, který se liší od homogenních materiálů tím, že má různé vlastnosti v různých směrech. Z důvodu rozdílných vlastností je dřevo posuzováno na třech základních řezech (příčný, radiální, tangenciální).

Výhody dřeva:

- nízká hmotnost
- relativně vysoká pevnost (vzhledem poměru k hmotnosti je dokonce lepší než u ocelových konstrukcí)
- nízká tepelná vodivost
- snadná opracovatelnost
- nízká energetická náročnost zpracování a výroby dřevěných materiálů a konstrukcí (zejména v porovnání s ocelí či betonem)
- snadné využití (případně likvidace) odpadů ze dřeva

Nevýhody dřeva:

- anizotropie (různé vlastnosti v různých směrech)
- hygroskopicitata (schopnost pohlcovat vlhkost)
- relativně nízká přirozená odolnost vůči působení biologických škůdců (plísňe, houby, dřevokazný hmyz)
- nehomogenita

(Böhm, 2012; Lokaj, 2010)

2.2 MATERIÁLY NA BÁZI DŘEVA

Mezi hlavní důvody vzniku materiálů na bázi dřeva patří:

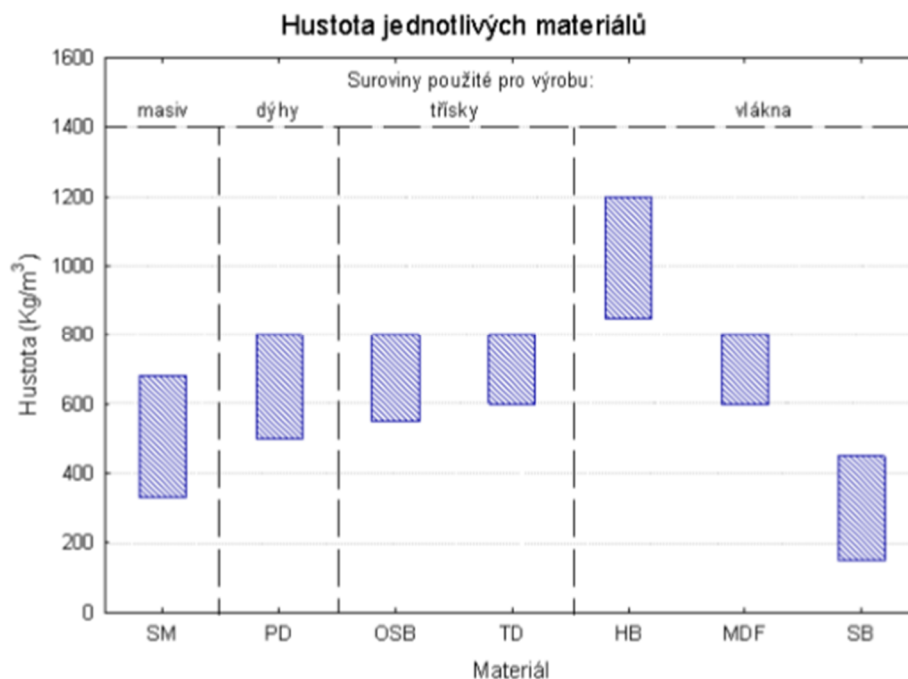
- podpoření žádoucích vlastností dřeva
- potlačení nehomogenity dřeva
- minimalizace rozměrových změn
- rozšíření variability konstrukčních řešení
- nižší roztažnost dřeva vlivem vlhkosti
- nižší variabilita mechanických vlastností
- efektivnější využití dřeva

(Böhm, 2012; Thelanderson, 2003)

Mechanické i fyzikální vlastnosti materiálů na bázi dřeva významně ovlivňují téměř všechny výrobní parametry. Mezi nejdůležitější zejména patří: druh dřeviny, velikost, geometrie, orientace, formování a kvalita třísek, typ a množství použitého lepidla a přídatných látek a lisovací faktory (lisovací čas, teplota a tlak, rychlost uzavírání lisu, vlhkost, chemické reakce při lepení třísek, plastifikace), které vzájemnou interakcí v průběhu lisování třískového koberce usměrňují zejména tvorbu hustotního profilu charakterizující rozložení hustoty v deskách (Böhm, 2012).

Způsob použití jednotlivých materiálů a jejich mechanicko-fyzikální vlastnosti se obvykle odvozují dle hustoty (příčného hustotního profilu). Obecně lze konstatovat, že s rostoucí hustotou se mechanické vlastnosti materiálů zlepšují, avšak při vlhkostních změnách dochází ke většímu bobtnání (Böhm, 2012).

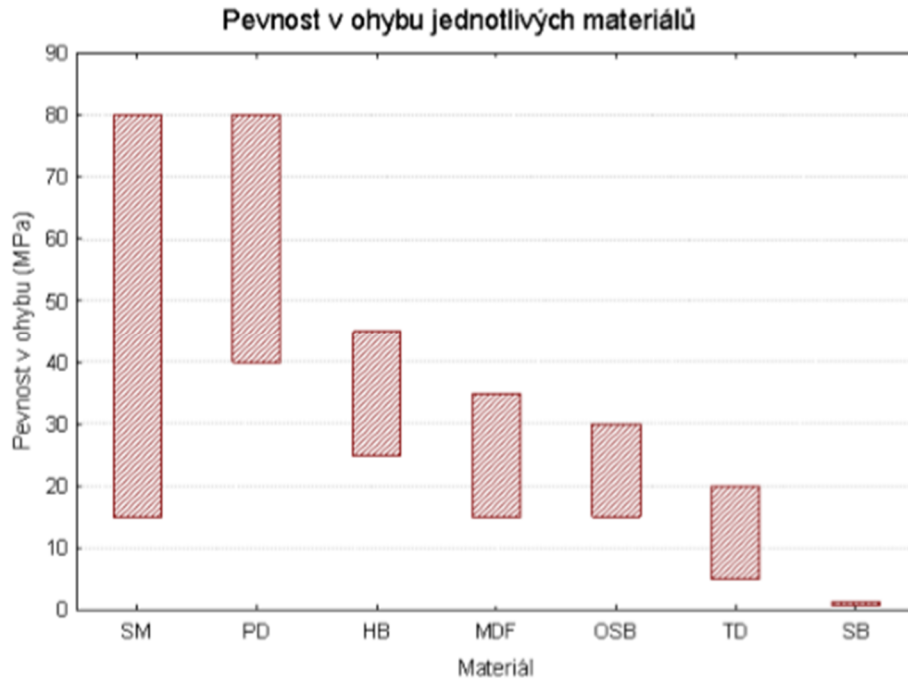
Při namáhání v ohybu působí na konstrukční prvky největší napětí v povrchových vrstvách. Z tohoto důvodu je výhodné, aby konstrukční materiály byly vyráběny s příčným hustotním profilem ve tvaru písmene „U“ s větší hustotou povrchových vrstev než ve vrstvě středové (Böhm, 2012).



Obrázek č. 1 Hustota materiálů na bázi dřeva a smrkového dřeva
(Böhm, 2012)

SM – smrk, PD – překližované desky, OSB – desky z plochých orientovaných třísek, TD – třískové desky, HB – tvrdé vláknité desky, MDF – středně tvrdé vláknité desky, SB – měkké vláknité desky

Materiály s příčným hustotním profilem ve tvaru písmene „U“ dosahují příznivých hodnot ohybové pevnosti a modulu pružnosti v ohybu na rozdíl od desek s rovnoměrným příčným hustotním profilem při stejné průměrné hustotě (Painter, 2006). Pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu se zařazují mezi základní charakteristické hodnoty, které výrazně ovlivňují způsob aplikace jednotlivých materiálů. Používají se především pro výpočty a dimenzování konstrukcí (Kuklík, 2005).



Obrázek č. 2 Pevnost v ohybu materiálů na bázi dřeva a smrkového dřeva
(Böhm, 2012)

SM – smrk, PD – překližované desky, OSB – desky z plochých orientovaných třísek, TD – třískové desky, HB – tvrdé vláknité desky, MDF – středně tvrdé vláknité desky, SB – měkké vláknité desky

3. LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO

Lepené lamelové dřevo je možné najít pod českou zkratkou LLD, německou BSH (Brettschichtholz) a anglickou GLT (Glued laminated timber) (Konstrukce Tesko, ©2008).

Jedná se o konstrukční vysokohodnotný materiál s řadou výhod ve srovnání s rostlým dřevem (Alsmarker, 1998). Zároveň LLD je jedním z nejstarších materiálů na bázi dřeva (Moody, 1997). Autor Reisner (2010) považuje LLD za perspektivní výrobek, při jehož výrobě se využije značné množství dřeva a umožňuje výrobu kvalitních stavebních prvků velkých průřezů a délek. Princip výroby lepeného lamelového dřeva spočívá v délkovém nastavení lamel a tloušťkovém slepení v několika vrstvách. Povrch je čtyřstranně frézován, popřípadě i broušen. Avšak konečný výrobek obvykle bývá zhotoven podle požadavků odběratele. Tímto způsobem se vyrábějí přímé nebo tvarové nosníky, které mají široké možnosti použití ve stavebnictví například pro střešní konstrukce, průmyslové a zemědělské budovy, tělocvičny a zimní stadiony (Böhm, 2012). Nejvíce používanými druhy dřeva pro výrobu LLD jsou: smrk, modřín sibiřský, modřín evropský (Tesko, 2018), někteří výrobci uvádí i dub, autor Jelínek (2012) tento seznam doplňuje o jedli, borovici a douglasku.

Konstrukční systém lepení dřeva z lamel vyvinul německý tesař Otto Hetzer. V roce 1906 získal patent a byl schopen zahájit komerční výrobu lepených nosníků pomocí kaseinových lepidel. Avšak teprve až po 2. světové válce se začaly vyrábět nosníky takové, jaké jsou známy dnes. Hlavní zásluhu na tom měla právě válka, jelikož se v tomto období vyvinuly silné syntetické pryskyřice pro laminování námořních a leteckých komponentů. Továrny pro výrobu stavebních nosníků se začaly objevovat až po válce. Otvíraly se v Severní Americe, v některých částech Evropy a po celé Skandinávii (Glulam, ©2014). V České republice byla zahájena výroba lepených prvků v roce 1952, a to firmou TESKO (Jelínek, 2012).



Obrázek č. 3 Jízdárna v Seattlu

(<http://www.horsesandheels.com/stable-style-amazing-indoor-riding-arena/> 4.3.2018)



Obrázek č. 4 Tenisová hala Belá

(<http://www.kontrakting.sk/sk/Sluzby/Lepene-lamelove-drevo.html> 4.3.2018)

3.1 CHARAKTERISTIKA LAMEL

3.1.1 ROZMĚRY

1) Tloušťka

- maximální tloušťka lamel z jehličnatého řeziva pro konstrukce ve třídách použití 1 a 2 je 45 mm. U tvarových prvků závisí tloušťka lamel na poloměru křivosti a také na charakteristické pevnosti v ohybu podélných spojů.

Pro tloušťku lamel po opracování platí vztah:

$$t \leq r (1 + f_{m,k}/80) / 250$$

t...tloušťka lamel

r...poloměr křivosti

$f_{m,k}$...charakteristická pevnost v ohybu

(Jelínek, 2012)

2) Šířka

- je omezena tím, že plocha jejich průřezu pro konstrukce ve třídě použití 1 je povolena nejvíce 100 cm² a ve třídě použití 2 jen 90 cm². Pokud je průřezová plocha větší jak 75 cm² autor Jelínek (2012) doporučuje provést v lamelách odlehčovací zářezy.

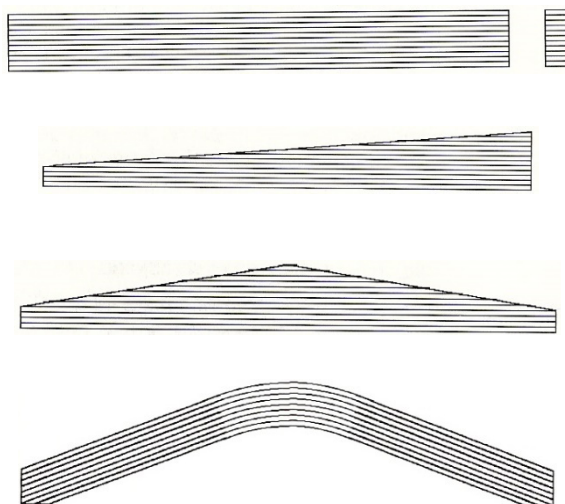
Při větších velikostech (šířkách) prvků z LLD je možné lamelovou vrstvu zhotovit ze dvou přířezů vedle sebe. Stykové boční plochy nejsou lepeny a styčné plochy jsou v sousedních vrstvách vystřídány. Lepeny jsou však boční plochy vnějších lamel vytvořeného nosníku (Jelínek, 2012).

3) Délka

- zpravidla se délka lamel pohybuje v rozmezí 1,5 – 5,0 m. Lamely jsou délkově nastavovány zubovitým spojem. Detailnější postup nastavování lamel je popsán v kapitole 3.4 (Jelínek, 2012).

3.2 TVARY LEPENÝCH NOSNÍKŮ

- s konstantním průřezem
- pultové
- sedlové
- zakřivené



Obrázek č. 5 Příklady tvarů lepených nosníků pro budovy s velkým rozponem

(Motyčka, 2009)

Od shora: 1 – nosník s konstantním průřezem, 2 – pultový nosník, 3 – sedlový nosník, 4 – zakřivený nosník

3.3 POŽADAVKY NA ŘEZIVO PRO VÝROBU LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA

3.3.1 VIZUÁLNÍ TŘÍDĚNÍ

Z hlediska únosnosti LLD má významný vliv třídění lamel dle pevnosti a jakost ozubených spojů. Strojní třídění dřeva na základě hustoty a modulu pružnosti je klíčem pro vysokohodnotný materiál. Dále dřevo používané pro výrobu LLD musí splňovat charakteristické hodnoty pevnosti v ohybu, tahu, tlaku a ve smyku (Alsmarker, 1998).

Do vizuálního třídění dle pevnosti spadá kontrola suků, odklon vláken, trhliny, hustota a průměrná šířka letokruhu, oblíny a zakřivení (Alsmarker, 1998).

Tabulka č. 1 Požadavky na vizuální kontrolu s největší celkovou délkou trhlin v prvku dřeva

Třída pevnosti dle EN 338		C18 a nižší	Nad C18
Největší dovolená tloušťka trhlin		Trhliny s hloubkou menší než polovina tloušťky se mohou zanedbat	
	Trhliny neprocházející tloušťkou	Ne více než 1,5m nebo 1/2 délky prvku, rozhodující je menší hodnota	Ne více než 1 m nebo 1/4 délky prvku, rozhodující je menší hodnota
	Trhliny procházející tloušťkou	Ne více než 1 m nebo 1/4 délky prvku, rozhodující je menší hodnota. Pokud jsou trhliny na koncích nesmí být větší než 2× šířka prvku	Jsou dovoleny pouze na koncích s délkou nepřesahující šířku prvku
Největší zakřivení v mm na 2 m délky	Podélné zakřivení ve směru tloušťky	20 mm	10 mm
	Podélné zakřivení ve směru šířky	12 mm	8 mm
	Šroubové zakřivení	2 mm/25 mm šířky	1 mm/25 mm šířky
	Příčné zakřivení	Neomezuje se	Neomezuje se
Oblina		Oblina nesmí být větší než 1/3 plného rozměru boku či plochy prvku	
Měkká hniloba a tvrdá hniloba		Měkká hniloba se nedovoluje, tvrdá hniloba se dovoluje	Měkká hniloba se nedovoluje, tvrdá hniloba se nedovoluje
Poškození hmyzem		Aktivní napadení se nedovoluje, otvory po hmyzu se stanovují jako abnormální vady	
Největší zakřivení v mm na 2 m délky	Podélné zakřivení ve směru tloušťky	20 mm	10 mm
	Podélné zakřivení ve směru šířky	12 mm	8 mm
	Šroubové zakřivení	2 mm/25 mm šířky	1 mm/25 mm šířky
	Příčné zakřivení	Neomezuje se	Neomezuje se
Oblina		Oblina nesmí být větší než 1/3 plného rozměru boku či plochy prvku	
Měkká hniloba a tvrdá hniloba		Měkká hniloba se nedovoluje, tvrdá hniloba se dovoluje	Měkká hniloba se nedovoluje, tvrdá hniloba se nedovoluje
Poškození hmyzem		Aktivní napadení se nedovoluje, otvory po hmyzu se stanovují jako abnormální vady	
Abnormální vady		Nebereme v úvahu, pokud se vada nebude zvětšovat po zpracování a vysoušení	

Zdroj: ČSN EN 14080

Co se týká strojního třídění dle pevnosti, tak pro dřevinu a třídu, tříděné systémem, kde kontrolu zajišťuje stroj je zapotřebí, aby byly nastavené hodnoty pro celou růstovou oblast, ze které bude dřevo tříděno. Vizuální charakteristiky strojně tříděného řeziva musí vyhovovat požadavkům pro třídu, které mohou dosáhnout nejvýše hodnot uvedených níže v tabulce (ČSN EN 14080, 2013).

Tabulka č. 2 Požadavky na vizuální kontrolu pro oblasti neúplně tříděné strojně

	Třída pevnosti dle EN 338	
	C18 a nižší	nad C18
Průměr suku v ploše	$\frac{1}{2} \times$ šířka prvku	$\frac{1}{4} \times$ šířka prvku
Průměr suku v boku	$\frac{3}{4} \times$ tloušťka prvku	$\frac{1}{4} \times$ tloušťka prvku
Odklon vláken	1 : 6	1 : 10

Zdroj: ČSN EN 14080

3.3.2 POŽADAVKY NA PRKNA

Tabulka č. 3 představuje jednotlivé třídy prken a fošen a požadavky, které musí daná třída splňovat.

Tabulka č. 3 Charakteristické vlastnosti pevnosti a tuhosti pro T-třídy v jednotkách MPa a hustoty v kg/m³ pro prkna nebo fošny pro LLD

T - třída prken a fošen (*)	$F_{t,0,1,k}$	$E_{t,0,1,mean}$	ρ_{lk}
T8 (C14)	8	1 000	290
T9	9	7 500	300
T10(C16)	10	8 000	310
T11(C18)	11	9 000	320
T12(C20)	12	9 500	330
T13(C22)	13	10 000	340
T14(C24)	14	11 000	350
T14,5	14,5	11 000	350
T15	15	11 500	360
T16(C27)	16	11 500	370
T18(C30)	18	12 000	380
T21(C35)	21	13 000	390
T22	22	13 000	390
T24(C40)	24	13 500	400
T26	26	14 000	410
T27(C45)	27	15 000	410
T28	28	15 000	420
T30(C50)	30	15 500	430

Pozn.: (*) Třídy C dle EN 338 splňují nejméně požadované hodnoty příslušných T – tříd

Zdroj: ČSN EN 338

3.3.3 POŽADAVKY NA JAKOST LEPENÝCH SPOJŮ

ČSN EN 14080 napomáhá k výrobě spolehlivých lepených spojů se zachováním jakosti lepení po celou dobu životnosti stavebního objektu. Požadavky týkající se jakosti lepených spojů musí být založeny na zkouškách na zkušebním tělese, které se odřeže z konstrukčního prvku LLD.

Podle třídy použití konstrukce se provádí zkoušky dle ČSN EN 14080.

3.3.4 POŽADAVKY NA MECHANICKOU ODOLNOST

Pod tyto požadavky se zařazuje pevnost v tahu, v tlaku a ve smyku, dále modul pružnosti a pevnost v ohybu. Mechanická odolnost se určuje na základě vlastností materiálu např. pevnosti, hustotě apod. Dále na základě geometrických charakteristik, tedy průřezových rozměrech (Jelínek, 2012).

Lepené lamelové dřevo je vyráběno jako:

a) homogenní (stejnorodé)

- homogenní LLD, které má v celém průřezu řezivo o shodné kvalitě. Označuje se např. GL 24h, přičemž číslo představuje jeho charakteristickou pevnost v ohybu v MPa a písmeno **h** znamená homogenní (homogeneous).

b) kombinované

- s označením např. GL 24c, má z důvodu úspory, vnitřní lamely v průřezu s nižší kvalitou, a to v normou předepsaném rozsahu. Kombinované LLD má charakteristickou pevnost v ohybu stejnou jako homogenní LLD, avšak charakteristická pevnost v tahu, v tlaku a ve smyku je nižší.

(Jelínek, 2012)

3.4 POPIS VÝROBNÍHO POSTUPU

Lepené lamelové dřevo je vyráběno z běžného pilařského řeziva s finální tloušťkou max. 45 mm a délkou v rozmezí 1,5 – 5,0 m, které je skladováno v exteriéru a následně vysušeno v sušárnách na vlhkost 15 ± 3 % (Jelínek, 2012; Böhm, 2012). Hlavním důvodem sušení je rozměrová a tvarová stálost konečného výrobku (Böhm, 2012). Další důvod nutného sušení je i z hlediska optimální aplikace používaných lepidel, které je dosaženo ve výše zmíněném rozsahu vlhkosti (Alsmarker, 1998).

Po procesu sušení se řezivo předběžně frézuje a následovně roztrídí. Kontroluje se i vlhkost dřeva, řezivo se kapuje a ukládá do hrání (Alsmarker, 1998). Vzniklé různě dlouhé přířezy jsou po několika kusech přemístěny k automatické čepovací frézce, u kterých jsou na čelních koncích vytvořeny zubovité spoje s délkou

ozubu nejméně 50 mm a nanese lepidlo, vytvářející tzv. nekonečný prvek (Böhm, 2012). Zubovitý spoj je samosvorný, jednotlivé spojované lamely drží pohromadě ihned po sestavení z důvodu tření mezi ozuby (Jelínek, 2012). Charakteristický zubovitý spoj je konkrétněji popsán v ČSN EN 14080.

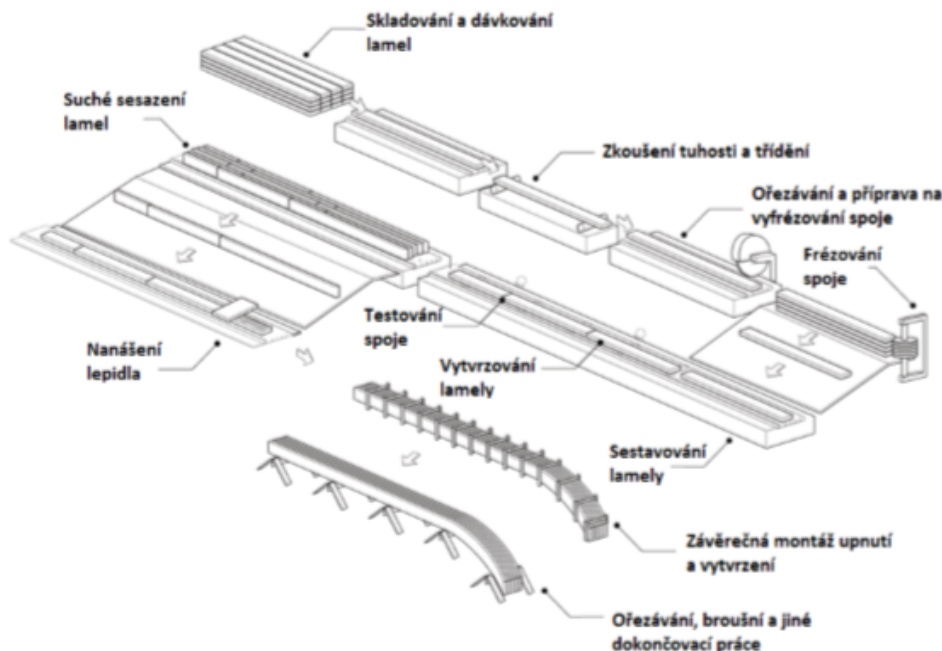
Pro délkové lepení lamel se nejčastěji využívá modifikované PVAC lepidlo, lepicí směsi musí splňovat normované požadavky na pevnost a odolnost proti působení vlhkosti. Po nánosu lepidla jsou jednotlivé prvky ihned dopravníkem přesunuty do průběžného podélného lisu a délkově lisovány. Vzniklá nekonečná lamela je po lisování zkracována na požadované délky a následuje uložení do hrání, které zaručuje vytvrzení lepidla. Po vytvrzení lepicí směsi prochází délkově slepené lamely čtyřstrannou frézku a jsou přesně ofrézovány. Poté následuje jednostranný rovnoměrný nános vrstvy lepidla za pomoci polévací nebo postřikovací nanášedky. Pro lepení se nejčastěji používá fenolformaldehydové lepidlo vyznačující se tmavou barvou, nebo je možné aplikovat lepidlo melamin-formaldehydové, které je bezbarvé, avšak z hlediska ceny méně výhodné (Böhm, 2012). Kvalita lepených spojů musí být taková, aby byla zachována po celou dobu životnosti stavebního díla (Jelínek, 2012).

Lamely po nánosu lepidla jsou přesunuty do šroubových lisů. Po složení lepeného prvku je v jednotlivých lisovacích jednotkách vyvinut tlak. Lepidlo se v lisovaném souboru vytvrzuje několik hodin za dílenské teploty. Většina výrobců LLD má umožněno jednotlivé lisovací jednotky přestavovat a lepit přímý nebo zakřivený prvek. Lisovací systém také dovoluje lepení kónických prvků (Böhm, 2012).

Slepený prvek je po vyjmutí ze šroubového lisu přemístěn k robustní dvoustranné tloušťkovací frézce, ve které je tloušťkově egalizován z důvodu dosažení rovinných povrchů a odstranění zbytku lepidla. Průřezové rozměry lepeného prvku jsou omezeny velikostí právě tohoto stroje. Tento stroj dovoluje opracovat zpravidla max. šířku 200 cm, tomu odpovídá také max. lepená šířka (výška nosníku). Tloušťkově egalizovaný prvek se dále zkracuje na přesnou délku a zpravidla pomocí ručních nástrojů se zhotovují konstrukční spoje a osazení kování. Délka prvků je omezena přepravními podmínkami (Böhm, 2012).

Na konci výroby bývá na hotový výrobek aplikována povrchová úprava ochrannými nebo dekoračními nátěrovými systémy. Jelikož prvky na konci své výroby dosahují poměrně velkých rozměrů, povrchová úprava se aplikuje většinou ručně (Böhm, 2012).

Jednotlivé obráběcí stroje jsou mezi sebou propojeny podélnými a příčnými dopravníky. Zpravidla v konečné části výroby se s nosníkem manipuluje za pomoci jeřábových drah (Böhm, 2012).



Obrázek č. 6 Schéma výroby lepených nosníků
(Canadian wood council, 2011)

3.5 STATICKÝ VÝPOČET LEPENÝCH NOSNÍKŮ

Za pomoci výpočtu je třeba posoudit normálová napětí, tangenciální napětí, velikost průhybu a klopení. U nosníků sedlových, zakřivených a vyklenutých se dále posuzuje tahové napětí kolmo k vláknům (Jelínek, 2012).

3.5.1 NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ V OHYBU

Při posuzování tohoto druhu napětí u pultových nosníků se musí zvážit vliv tzv. náběhu. U nosníků s výškou menší jak 600 mm je zapotřebí brát v úvahu součinitel k_h .

Pro sedlové, zakřivené a vyklenuté nosníky z LLD mají napětí v ohybu ve vrcholové oblasti prvku vyhovovat podmínce:

$$\sigma_{m,d} \leq k_r * f_{m,d}$$

k_r ...součinitel, kterým se zohledňuje snížení pevnosti způsobené ohýbáním lamel během výroby nosníku; platí $k_r < 1$

$k_r = 1$ pro nosníky sedlové, zakřivené a vyklenuté při $r_{in} / t \geq 240$

$k_r = 0,76 + 0,001 r_{in} / t$ pro nosníky, zakřivené a vyklenuté při $r_{in} / t < 240$

r_{in} ... vnitřní poloměr (mm)

t ... tloušťka lamely (mm)

(Jelínek, 2012)

3.5.2 PRŮHYB

Posuzuje se podle zásad nauky o pevnosti a pružnosti. Účinek posouvajících sil na průhyb je potřebné vzít v úvahu u vyšších prvků a u prvků profilových. Co se týče prvků s obdélníkovým průřezem, konstantní výškou a rovnoměrným zatížením platí pro výpočet průhybu od posouvajících se sil tento zjednodušený vztah:

$$w_v = 1,2 M_{k,max} / (G_{mean} * b * h) \text{ [mm]}$$

w_v ... průhyb

b, h ... šířka a výška průřezu prvku (m)

$M_{k,max}$... maximální hodnota ohybového momentu vypočtená z charakteristického zatížení (kNm)

G_{mean} ... modul pružnosti LLD ve smyku (kPa)

(Jelínek, 2012)

3.5.3 KLOPENÍ

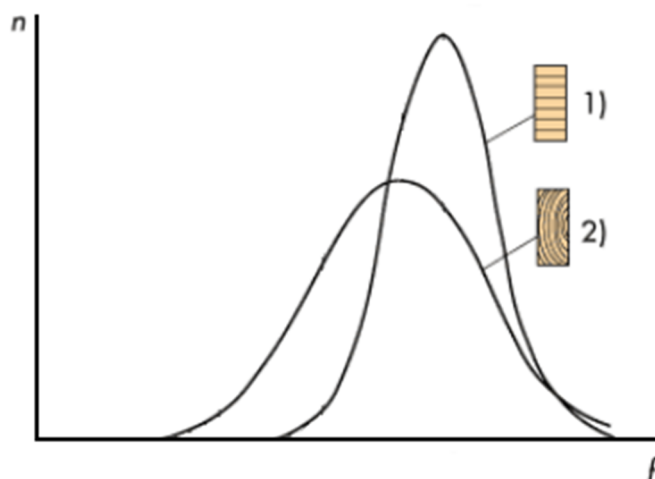
Pomocí součinitele k_{crit} se redukuje pevnost s ohledem na klopení. Tento součinitel se smí určit podle poměru průřezu nosníku. Podmínkou jejich použití je, aby amplitudy zakřivení, měřené uprostřed mezi podpěrami nosníku, nebyly větší než 1/300 délky (Jelínek, 2012).

3.6 VÝHODY LEPENÝCH PRVKŮ

- lepší mechanicko-fyzikální vlastnosti ve srovnání s rostlým dřevem
- přesné tvarové provedení
- rozměrová stabilita
- vysoká kvalita povrchu
- možná výroba velkých rozměrů
- možná výroba tvarovaných prvků
- třídy pevnosti dle harmonizovaných norem
- výborná tepelná vodivost
- konkurenceschopnost z hlediska ceny
- nízká hmotnost ve srovnání s jinými stavebními materiály

- nižší montážní a dopravní náklady kvůli hmotnosti
- pozitivní vliv na cenu základových konstrukcí díky hmotnosti
- výborná požární odolnost
- vysoká estetika

(Schickhofer, 2006; Böhm, 2012; KasperCZ, ©2018; Malo, 2008)



Obrázek č. 7 Početnost rozdělení pevnosti pro lepené lamelové dřevo a řezivo (Malo, 2008)

n – početnost, f - pevnost

Z obrázku č. 7 vyplývá, že LLD se vyznačuje vyšší průměrnou pevností a menším rozptylem vlastností z hlediska pevnosti.

3.7 VYBRANÍ VÝROBCI LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA V ČESKÉ REPUBLICE

3.7.1 PALIS PLZEŇ

Rodinná firma PALIS vznikla v roce 1991 jako společnost zabývající se zpracováním dřevní hmoty na tesařské a truhlářské výrobky a polotovary. Postupně firma byla rozšířena a zmoderněna. Ve vlastním provozu je vyráběno stavební řezivo, dále hoblovaný a lepený program. V moderních halách s jeřábovou dráhou jsou produkovány prefabrikované stavební dílce na bázi dřeva, z nichž jsou následně stavěny dřevostavby (PalisPlzeň, ©2018).

Lepené prvky jsou vyráběny ze smrku, modřínu nebo borovice o maximálních rozměrech:

- délka: do 24 m
- šířka: do 180 mm
- výška: do 1400 mm

(PalisPlzeň, ©2018)

3.7.2 SIBIŘSKÝ DŘEVO s.r.o.

Firma vznikla v roce 1999, která se věnuje prodeji řeziva, hranolů KVH a BSH, palubek a fasád ze sibiřského modřínu nebo sibiřského cedru. Současně je firma přímým dovozcem řeziva ze Sibíře. Rozměry lepených prvků:

- délka: do 24 m
- šířka: od 80 do 200 mm
- výška: od 80 do 1060 mm

(Sibiřské dřevo s.r.o., ©2015)

3.7.3 DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE s.r.o.

Firma vznikla v roce 1999, která sídlí ve městě Sedlčany. Jejich hlavním zaměřením je navrhování, výroba a dodávka příhradových vazníků. Dále se věnují i dřevěným konstrukcím a výrobě lepených prvků. Firma je schopna vyrobit tyto rozměry lepených prvků:

- délka: do 18 m
- šířka: do 350 mm
- výška: do 1200 mm

(Dřevěné konstrukce s.r.o., ©2018)

3.8 VYBRANÍ ZAHRANIČNÍ VÝROBCI LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA

3.8.1 SCHNEIDER HOLZ

Tato německá společnost byla založena před více jak 100 lety, konkrétně v roce 1898. Firma Schneider Holz se zabývá výrobou produktů ze dřeva, ale i stavěním dřevostaveb. Kromě lepeného lamelového dřeva dále vyrábí např. KVH hranoly a CLT panely (Schneider, ©2018).

Lepené lamelové dřevo vyrábí ze smrku či modřínu (Schneider, ©2018).

Vyráběné rozměry:

- délka: od 2 do 18 m
- šířka: od 60 do 280 mm
- výška: od 120 do 1000 mm

(Schneider, ©2018)

3.8.2 MAYR-MELNHOF HOLZ

Rakouská firma Mayr-melnhof Holz působí na trhu od roku 1850. Firma je zaměřena na pilařské zpracování dřeva a na výrobu materiálů ze dřeva. Tři pilařské provozy se nacházejí v Leoben (Rakousko), Paskov (Česká republika) a Efimovskij (Rusko). Výroba materiálů ze dřeva probíhá ve třech lokalitách, a to v Gaishornu (Rakousko), Reuthe (Rakousko) a Richen (Německo). Mezi firmou nabízené produkty, kromě řeziva, patří např. lepené lamelové dřevo, CLT desky, biodesky apod. Doplňkovou činností firmy je výroba pelet a briket (Mayr-Melnhof Holz, ©2018).

Lepené lamelové dřevo firma zpracovává hlavně ze smrku a modřínu, je možná výroba z borovice na vyžádání. LLD vyrábí v těchto rozměrech:

- délka: od 4 do 32 m
- šířka: od 60 do 280 mm
- výška: od 100 do 2200 mm

(Mayr-Melnhof Holz, ©2018)

3.8.3 HASSLACHER NORICA TIMBER

Rodinná rakouská společnost vznikla v roce 1901 ve městě Sachsenburg. Věnuje se výrobě široké škály produktů ze dřeva (řezivo, palubky, stavební překližka, DUO a TRIO hranoly, lepené lamelové dřevo apod.) (Hasslacher, ©2018).

Lepené lamelové dřevo je nejčastěji zpracováno z jedle, smrku, modřínu a borovice. Ostatní druhy dřevin jsou možné na vyžádání. Vyráběné rozměry:

- délka: do 27 m (speciální prvky do 40 m)
- šířka: od 60 mm do 280 mm
- výška: od 80 mm do 1280 mm (speciální prvky do 4000 mm)

(Hasslacher, ©2018)

3.8.4 WIEHAG GmbH

Rakouská firma založena v roce 1849 v Altheimu. Od samého začátku se firma věnuje výrobě lepeného lamelového dřeva a z hlediska výroby tohoto produktu má v Evropě velmi významné postavení. Mezi její další činnosti patří výroba stěnových a střešních panelů, KVH hranolů apod. (Wiehag, ©2018).

Lepené lamelové dřevo převážně vyrábí ze smrku a modřínu, ostatní dřeviny jsou možné na vyžádání. Vyráběné rozměry:

- délka: od 2,5 do 24 m (speciální prvky do 50 m)
- šířka: do 260 mm
- výška: do 2500 mm

(Wiehag, ©2018)

3.9 TRANSPORT LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA

U dřevěných konstrukcí větších rozpětí existují určitá omezení, do kterých patří i transport lepených prvků. Proto je nutné navrhovat takové mechanické spoje, které mohou být zhotoveny na staveništi (Straka, 2007).

Typ použitého přepravního prostředku se odvíjí od tvaru a rozměrů přepravovaných prvků. V některých případech je snahou návrh konstrukce z menších částí, aby bylo možné pro transport využít běžné kamióny (Malo, 2008). Maximální rozměry (výška a délka) nákladu bez povolení o nadměrném nákladu jsou 4,00 x 18,75 m (Vyhláška č. 341/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích).

3.10 CENA LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA

Autor Böhm (2012) ve svém díle uvedl, že cena tvarových lepených prvků se v roce 2012 pohybovala v rozmezí 8.000 – 13.000 Kč/m³. V současnosti je cena prvků z LLD o něco vyšší. Například vybraná firma Palis Plzeň (©2018) uvádí tyto ceny:

- BSH hranol nepohledový: 16 000 Kč bez DPH / m³
- BSH hranol pohledový: 18 000 Kč bez DPH / m³

Velkoobchod Weyland s produkty ze dřeva oceňuje lepené prvky v průměru za 18.000 Kč/m³ (Weyland, ©2018). Společnost M.T.A. poskytuje ceník platný k 2/2018, kde se ceny LLD pohybují následovně:

- BSH hranol nepohledový: 16 800 Kč bez DPH / m³

- BSH hranol pohledový: 17600 Kč bez DPH / m³

(M.T.A. s.r.o., ©2018)

Cena lepených prvků se odvíjí od tvaru, délky, průřezu i kvality (Böhm, 2012).
Tudíž cenu nelze obecně porovnávat např. s ocelovými velkorozponovými halami,
jelikož finanční hledisko je závislé na mnoha faktorech.

4. ZEMĚDĚLSKÉ STAVBY

Mezi tyto stavby se řadí:

- a) stáje pro hospodářská zvířata (pro skot, prasata, koně a výkrmné stáje pro hrabavou drůbež)
- b) zemědělské sklady (sklady krmiv tzv. siláže, podestýlky, hnoje, kejdy, trusu a vybraných plodin)
- c) skleníky
- d) bioplynové stanice.

(Sýkora, 2014)

Pro uskutečnění zemědělských činností je vedle půdy nutná existence technických prostředků pro výrobu. Mezi tyto výrobní prostředky řadíme strojně-mechanizační prostředky a dále zemědělské stavby. Klíčový je především výběr technického řešení pro soulad ekonomických, energetických a environmentálních požadavků, a to ve všech fázích výstavby (příprava, provádění, provoz a údržba, odstraňování staveb). Na procesu investiční výstavby zemědělských staveb se účastní celá řada subjektů. Výkonnou roli zastávají stavební odborníci (projektanti, architekti, stavbyvedoucí, technologové apod.), ale prioritním subjektem zůstává investor (Sýkora, 2014).

Základní požadavky na umístování staveb pro hospodářská zvířata je možné dohledat v normě ČSN 73 4501. Ta stanovuje požadavky z hlediska vlivů na životní prostředí, územně technické požadavky pro výběr staveniště a základní technické požadavky. Také požadavky na inženýrské sítě a účelové komunikace, hygienu a bezpečnost staveb i provozu (ČSN 73 4501, 2004).

4.1 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA STAVBY PRO HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA

Technické řešení staveb určených pro hospodářská zvířata musí umožňovat, aby rychlost proudění, teplota a relativní vlhkost vzduchu, prašnost, koncentrace plynů, osvětlení a hlučnost byly v mezích, které nejsou pro zvířata škodlivá (Vyhláška č. 20/2012 Sb., o technických požadavcích na stavby).

Řešení, povrchová úprava a materiály staveb, zvláště krmné žlaby a další zařízení, s nimiž přicházejí zvířata do styku, nesmí být s ohledem na zdraví zvířat závadné. Všechny prvky a části staveb pro ustájení zvířat musí být řešeny a udržovány

tak, aby nedošlo ke zranění zvířat (Vyhláška 20/2012 Sb., o technických požadavcích na stavby).

Stavby pro chov hospodářských zvířat bez možnosti přirozené výměny vzduchu a přirozeného osvětlení musí mít zabezpečenou plynulou dodávku elektrické energie s nouzovým zdrojem (Vyhláška 20/2012 Sb., o technických požadavcích na stavby).

Stavby, se zřetelem na produkci nebezpečných látek, musí zamezit samovolnému proniknutí látek do okolního prostředí a podloží a následně do povrchových a podzemních vod. Doplnkové zabezpečení staveb se vedle požadavků na jejich základní zabezpečení uplatňuje při jejich umístování na územích se zvýšenou ochranou vod a v ochranných pásmech (Vyhláška 20/2012 Sb., o technických požadavcích na stavby).

4.2 JÍZDÁRNÝ A STÁJE PRO KONĚ

Skutečnost, že kůň je brán především jako tažná síla z pohledu zemědělství, již v současnosti neplatí. Tažní koně se dnes používají ve výjimečných případech lesnických prací v extrémních terénech. Dnes se význam koně přemístil do oblasti sportovní, agroturistické a také plemenářské (Sýkora, 2014).

Nemělo by být opomíjeno, že zvíře vyžaduje pohyb a volnost, přestože je vychované. Tuto skutečnost by architekti, projektanti a technologové měli respektovat a dávat jí přednost před vidinou nižších investičních nákladů zmenšením prostoru, jelikož tímto mohou zvířeti způsobit psychické problémy (Doležal, 1996).

4.2.1 STÁJE

V našich klimatických podmínkách nelze poskytnout koním po dobu celého roku pouze venkovní ustájení s výjimkou některých plemen. Z tohoto důvodu je nutné budovat pro koně zastřešené stáje, a to nejen kvůli stanovení vlády, ale především proto, aby nebylo ohroženo zdraví koně (Vyhláška 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu koní)

Stáje pro koně mají několik možných půdorysných variant. Ustájení koní probíhá v halách velkých rozměrů, které jsou členěny na jednotlivé boxy, přičemž jeden box by měl být s půdorysnou plochou min. 12 m², který je doplněn o posuvná nebo otevíratelná vrata. Halu ve většině případů rozděluje chodba (umístěná uprostřed nebo podél obvodu haly), která slouží pro propojení boxů s dalšími částmi stáje např. sedlovnou (Sýkora, 2014).

Ustájení může být navrženo jako:

a) ustájení koně na stání

- tento typ ustájení je považován za nejlepší z hygienického hlediska, jelikož dochází ke každodenní výměně hnoje a odtoku moči. Jednotlivá stání jsou oddělena přívorami.

b) boxové ustájení

- boxové ustájení není až tak hygienické jako tomu bylo v prvním případě. Určitý podíl steliva zůstává ve stání delší dobu a prosákne močí. Rozkladem hnoje vznikají škodlivé látky a hnůj současně je i shromaždištěm choroboplodných zárodků. Vyjma hygieny je tento způsob ustájení nejvýhodnější.

c) volné ustájení

- v tomto případě jsou koně ustájeny volně a jsou přivazovány pouze ke krmení. V těchto stáních jsou většinou klisny s malými hříbaty a ročníky hříbat v hřebčínech či hříbárnách. Dospělí hřebci tímto způsobem nemohou být ustájeni. Volné ustájení je vyváženo v intervalech jednou za 2 – 3 měsíce. Veškerá moč se vsakuje do podestýlky, kde se rozkládá zároveň s hnojem. Kromě škodlivých zplodin rozkladu, které znečišťují vzduch stáje, má tento typ stáje další nevýhodu v tom, že samo zahřívací procesy v podestýlce zvyšují teplotu ve stáji. Je-li podestýlka příliš mokrá, má nepříznivý vliv na kopyta koní, jelikož podporuje vznik hniloby střelky a v dalším stádiu pak rakovinu kopyt. Avšak z pracovního hlediska má toto ustájení četné výhody a pro koně je nejvýhodnější.

(Dušek, 2011)

Stáje jsou často navrhovány v podobě ocelových, zděných nebo dřevěných konstrukcí. Co se týče dřevěných konstrukcí, existuje také více možných variant pro návrh konstrukce stáje. Hala pro ustájení koní může být navržena jako např. skeletová, roubená či sloupková konstrukce (Sýkora, 2014).

4.2.1.1 STÁJOVÉ PROSTŘEDÍ

Má-li být dosaženo co nejkvalitnějšího stájového prostředí pro koně, je nutné mít na mysli to, že funkční účinnost stájového objektu je vždy výslednicí dvou faktorů, a to:

- objemového, konstrukčního a materiálového řešení a provedení
- způsobu užívání a udržování

Mezi těmito faktory je přímá závislost, to znamená, že čím důkladněji je stájový objekt navržen a proveden, tím méně je citlivý na způsob užívání, udržování a naopak (Kic, 1996).

V mnoha případech jsou hospodářské stavby vybudovány s plně automatickým vnitřním prostředím s poskytnutím regulace teploty a vlhkosti vzduchu, dále také proudění vzduchu a regulací světla (Farm Structures, 2015).

4.2.1.1.1 TEPLOTA

Teplota má největší vliv na pohodu ustájených zvířat. Nejenže je základním faktorem tepelného stavu prostředí, ale zároveň je také výsledkem tepelné bilance stájového prostoru, o níž rozhoduje celkový součet tepla produkovaného ve stáji (největší podíl na něm mají zpravidla ustájená zvířata) a tepelné ztráty (Kic, 1995).

4.2.1.1.2 VLHKOST VZDUCHU

Pohodu stájového prostředí značně ovlivňuje i vlhkost vzduchu, která je ve stájovém prostoru rozdělena nerovnoměrně, přičemž nejvyšší vlhkost vzduchu bývá v nejvyšších místech. Takovým místem je obvykle oblast pod stropem, kde při špatném větrání prostoru dochází k vysrážení kondenzátu, a tím k znehodnocení stavebního materiálu. Vlhký vzduch se na rozdíl od vzduchu suchého vyznačuje lepší tepelnou vodivostí. Proto ve vlhkém chladném vzduchu ztrácí organismus zvířat více tepla než při stejné teplotě a suchém vzduchu. Velkým nebezpečím stavebních konstrukcí, a to zejména dřevěných, je vysoká vlhkost vzduchu, která napomáhá rozkladným pochodům organických látek a rozvoji mikroorganismů i plísní, čímž zhoršuje kvalitu vdechovaného vzduchu a vytváří předpoklad k snadnému onemocnění zvířat. Příliš suchý vzduch (pod 35 %) také nepůsobí příznivě (Kic, 1995).

4.2.1.1.3 ČISTOTA STÁJOVÉHO VZDUCHU

Znečišťování stájového vzduchu je zapříčiněno škodlivými látkami, vznikajícími ve vnitřních prostorách objektu nebo se do stáje přivádějí s větracím vzduchem z venkovního prostředí. Tyto indikátory je možné rozdělit do dvou skupin (škodlivé plyny a prach). Do stájového vzduchu se navíc dostávají plynné škodliviny z ustájených zvířat, které se vytvářejí za pomoci biologických pochodů probíhajících např. ve výkalech a podestýlce. Mezi nejčastější stájové plyny patří oxid uhličitý, amoniak a sirovodík. Kromě toho se v tomto prostředí mohou objevovat další plyny, např. metan,

merkaptan, indol nebo kyselina máselná atd. Často bývá opomíjeno to, že výše zmíněné škodliviny nepůsobí na organismus jednotlivě, ale v komplexu směsi. Proto i nízké koncentrace jednotlivých plynů mohou mít ve svém souhrnu negativní dopady na živý organismus, který je jim trvale vystaven (Kic, 1996).

4.2.1.2 VĚTRÁNÍ

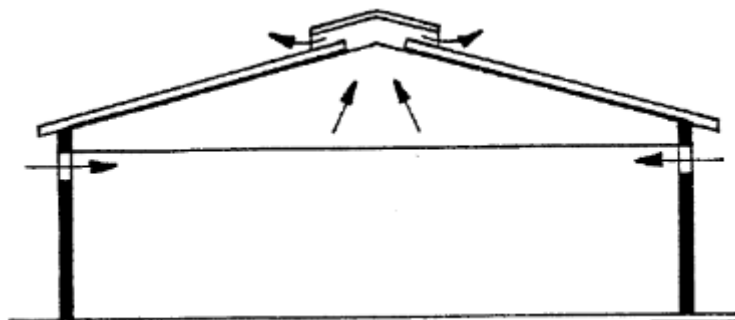
Hlavním cílem funkce větracího zařízení je zabezpečení optimálního ovzduší v daném stájovém prostoru, při kterém je předpoklad nejvyšší užitkovosti zvířat, pokud možno s nejnižšími náklady. Požadovaných kritérií stájového ovzduší lze ve většině případů dosáhnout regulovatelnou výměnou venkovním, zpravidla neupraveným vzduchem. Nejnižší požadovaný průtok vzduchu je v zimě, kdy je třeba odvést především plynné škodliviny a vodní páry. Naopak nejvyšší je v létě, kdy k uvedeným škodlivinám dále přistupuje citelné teplo, a to jednak metabolické od zvířat a venkovní zátěž konstrukce obvodového pláště objektu v důsledku oslunění. Zajištění optimální výměny vzduchu v zimním provozu je důležité, jelikož při nadměrné výměně dochází k podchlazení stájového prostoru. Naopak při nedostatečné výměně vzduchu sice stoupne jeho teplota, ale současně obvykle stoupá též relativní vlhkost vzduchu, a vždy stoupá koncentrace plynných škodlivin (Matějka, 1994).

4.2.1.2.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ

Pro zajištění stájového ovzduší je využíváno výhradně přirozeného větrání, které využívá vztlaku v důsledku rozdílu měrných hmotností venkovního a vnitřního vzduchu a dynamických účinků větru (Matějka, 1994). Působení teplot na větrání bude tím větší, čím bude větší rozdíl mezi teplotami vnitřního a venkovního vzduchu a čím je větší svislá vzdálenost mezi osami otvorů pro přívod vzduchu. Je-li předpokládáno, že za normálních podmínek je teplota vnitřního stájového vzduchu vyšší než venkovního vzduchu, má venkovní vzduch ve spodních částech stáje snahu pronikat dovnitř. Vnitřní teplejší a vlhčí stájový vzduch má naopak tendenci stoupat vzhůru a unikat ze stáje výše umístěnými otvory. Ve výšce odpovídající vyrovnání obou tlaků (tzv. neutrální rovina) je tlak vyrovnáný s tlakem atmosférickým. Tlaky vznikají rozdílnými teplotami vnitřního a venkovního vzduchu a působením větru se sčítají. Z toho vyplývá, že přirozené větrání je nejúčinnější v zimním období. Naopak v létě, kdy je rozdíl obou teplot malý, je větrání méně účinné. Celoročně je proto možno používat přirozené

větrání pouze tam, kde není příliš vysoká biologická zátěž stáje a není potřeba tak intenzivně větrat (Kic, 1995)

Ve velkém množství je ve stájích využíváno přirozeného větrání tzv. hřebenovou větrací štěrbinou, tento příklad je znázorněn na obrázku č. 8. Odvod vzduchu je zabezpečen štěrbinou v nejvyšším místě střešní konstrukce. Pro přívod vzduchu slouží pootevřená okna nebo zvláštní přívodní otvory v obvodových stěnách stáje. Vzhledem k potřebnému výškovému rozdílu přívodních a odváděcích otvorů je tento způsob větrání vhodný pouze pro sedlové střechy s nejvyšším možným sklonem. Nutná je v tomto případě i vhodná regulace velikosti přívodních a odváděcích otvorů. Přirozené větrání je vhodné ve stájích pro skot, koně a ovce s nižšími kapacitami ustájených zvířat. Při vhodné regulaci může být využito především v užších objektech do šířky 24 m celoročně (Kic, 1995).



Obrázek č. 8 Přirozené větrání stáje s hřebenovou štěrbinou
(Kic, 1995)

4.2.1.2.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ

Nucené větrání je zapotřebí v objektech, u kterých nelze v průběhu celého roku dosáhnout požadovaných parametrů stájového vzduchu přirozeným větráním. Podle distribuce je možné rozlišovat jednotková a centrální nucená větrací zařízení. Jednotkové větrací zařízení je takové, u něhož jsou většinou použity větrací jednotky bez rozvodu vzduchu potrubím. Základem větrací jednotky je zpravidla axiální ventilátor. Centrální větrací zařízení využívá pro větrání společnou strojovnu nebo jednotku, které jsou většinou propojeny s rozvodem vzduchu potrubím, jímž se může vzduch odvádět a přivádět. Výhodou centrálních větracích systémů je možnost rozvodu vzduchu do stájového prostoru co nejbližší dýchací zóně zvířat a možnost úpravy vzduchu (ohřev, chlazení, vlhčení, filtrace apod.). Nucené větrání se mnohdy kombinuje s větráním přirozeným. Je využíváno v objektech, u nichž nelze v průběhu celého roku dosáhnout požadovaných kritérií stájového vzduchu přirozeným větráním (Kic, 1995).

5. NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ

5.1 EUROKÓDY

V technické komisi CEN TC 250 bylo vypracováno dohromady 9 souborů Eurokódů EN 1991 až EN 1999, přičemž každý soubor se skládá z několika částí (norem). Vzhledem ke složitosti řešené problematiky byly jednotlivé dokumenty vydány nejprve formou evropských předběžných norem (ENV) pro ověření a připomínkování s tím, že měly být v jednotlivých členských státech CEN vydány jako alternativní normy k normám národním (TZBinfo, ©2016; Kuklík, 2005). Předběžné normy ENV Eurokódy, zpracované v letech 1992 až 1998, tvořily celkem 62 norem a v České republice byly zavedeny jako ČSN P ENV. Při transformaci předběžných norem ENV na EN Eurokódy bylo numerické číslování upraveno a jejich počet snížen na 58. Od roku 2009 do konce března 2010 bylo možné v České republice navrhovat stavební konstrukce podle původních ČSN nebo ČSN EN Eurokódů. Zároveň byla ukončena platnost předběžných ČSN ENV Eurokódů (Koželouh, 2016).

Od března roku 2010 jsou v účinnosti Eurokódy, představující převzaté evropské jednotné normativní dokumenty pro navrhování pozemních a inženýrských staveb, které jsou zavedeny do soustavy ČSN. Dokumenty zahrnují všechny základní stavební materiály (beton, ocel, dřevo, zdivo a hliník) a zásady jejich navrhování, zatížení a požární odolnost. K výše uvedenému datu byly konfliktní národní normy zrušeny, v některých zemích však existují výjimky, a to v tom smyslu, že se využívá přechodného období koexistence, v němž jsou aplikovány pro domácí konstrukce národní normy (Koželouh, 2016).

Pro vyhovění rozdílným hladinám spolehlivosti v Evropě povolují Eurokódy volbu národně stanovených parametrů, které vyjadřují národní předpisy, uvedených v národní příloze. Bez zavedení národních příloh je aplikace Eurokódů náročná. Přestože národní přílohy k evropským normám nebo Eurokódům jsou předpisy CEN (Evropská komise pro normalizaci) povoleny a mnohdy i doporučeny, ÚNMZ (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví) zavedl specifickou politiku tvorby národních informativních příloh k evropským a mezinárodním normám, která české národní přílohy významně omezuje (TZBinfo, ©2016).

Obsah národní přílohy:

- vyjádření k parametrům určeným pro národní volbu (třídy, hodnoty výslovně specifikované v EN, výběr z možných způsobů řešení apod.)

- specifické údaje z hlediska klimatických a geografických podmínek státu
- používané postupy (pokud je umožněna jejich volba)
- rozhodnutí o používání informativních příloh
- odkazy - informace usnadňující používání EN

(Bačáková, 2009)

Eurokódy jsou určeny k prokázání shody se směrnicí 89/106/EHS v oblasti dvou základních požadavků, kterými jsou:

- mechanická odolnost a stabilita
- požární odolnost

(Bačáková, 2009)

Mezi hlavní cíle Eurokódů patří:

- sjednocení metodiky navrhování ve společných oblastech různých typů konstrukcí
- poskytnout obecná návrhová kritéria a metody splňující předepsané základní požadavky i hlediska trvanlivosti a hospodárnosti
- poskytnout obecné podklady pro jednání týkající se navrhování konstrukcí mezi projektanty, provozovateli, vlastníky, dodavateli a výrobci konstrukčních výrobků
- umožnit v rámci členských států EU výměnu a spolupráci v oblasti výstavby a obchodování s konstrukčními prvky
- vytvořit společný základ pro výzkum a vývoj v oblasti stavebnictví
- umožnit přípravu společných návrhových pomůcek a výpočtových programů

(Kuklík, 2005)

5.1.1 EUKÓD 5 – ČSN EN 1995

Konkrétně Eurokód 5 se vztahuje na navrhování dřevěných konstrukcí, je sestaven ze 3 částí (ASB-portal, ©2008) a navazuje na příslušné evropské normy pro dřevo, materiály na bázi dřeva apod. (Kuklík, 2005). Tabulka č.4 představuje přehled jednotlivých částí Eurokódu 5.

Tabulka č. 4 Souhrn dosud vydaných EN Eurokódů a k nim přiřazené odpovídající ČSN EN

Označení normy	Třídící znak	Název normy	Účinnost	Změny a opravy: Účinnost
ČSN EN 1995-1-1	731 701	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1 - 1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby N Příloha NA ed. (National Annex) Nahrazuje: E ČSN EN 1995-1-1 z 2005-04-01	01/2007 10/2007	Změna A1 06/2009 Změna A2 06/2015
ČSN EN 1995-1-1 NA ed. A	731 701	National Annex - Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings (Národní příloha - Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby)	12/2011	
ČSN EN 1995-1-2	731 701	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru N Příloha NA ed. A (National Annex) Nahrazuje E ČSN EN 1995-1-2 z 2005-04-01	01/2007 10/2007	Oprava 1 10/2010
ČSN EN 1995-1-2 NA ed. A	731 701	National Annex - Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: General - Structural fire design (Národní příloha - Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru)	12/2011	
ČSN EN 1995-2	736 212	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 2: Mosty N Příloha NA ed. A (National Annex) Nahrazuje: E ČSN EN 1995-2 z 2005-06-01	01/2007 06/2007	
ČSN EN 1995-2 NA ed. A	736 212	National Annex - Eurocode 5: Design of timber structures - Part 2: Bridges (Národní příloha - Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 2: Mosty)	12/2011	

Zdroj: Bačáková, 2009

V České republice v letech 1996 až 1998 byly zavedeny všechny 3 části Eurokódu 5 na úrovni přednormy jako ČSN P ENV 1995-1-1, ČSN P ENV 1995-1-2 a ČSN P ENV 1995-2. V roce 2004 byla dokončena další fáze. Na základě předcházejícího řízení zabývající se připomínkováním a ověřováním byl Eurokód 5 transformován do podoby evropské normy EN. Po zpracování národních verzí všech

jejích částí, včetně národních příloh byl Eurokód 5 zaveden v České republice jako ČSN EN (Bačáková, 2009).

ČSN EN 1995 se věnuje pouze požadavkům na únosnost, použitelnost, trvanlivost a požární odolnost dřevěných konstrukcí. Nezohledňuje požadavky týkající se např. tepelné nebo zvukové izolace (TZBinfo, ©2016). Autor Kuklík (2005) považuje tyto dokumenty za velice přínosné pro navrhování staveb na bázi dřeva, poskytujících řadu cenných návrhových postupů.

5.2 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ

5.2.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY

Navrhování staveb na bázi dřeva musí být v souladu s EN 1990:2000. Požadavky u dřevěných konstrukcí jsou označeny za splněné, jestliže se aplikuje navrhování dle mezních stavů ve spojení s metodou dílčích součinitelů, při použití EN 1990:2002 a EN 1991 pro zatížení a jejich kombinace a dále pravidla ČSN EN 1995 pro únosnost, použitelnost a trvanlivost (Kuklík, 2010).

5.2.2 MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI

Pokud jsou vyžadovány různé úrovně spolehlivosti, mělo by se jich dosáhnout vhodnou volbou řízení jakosti při navrhování a provádění dle EN 1990:2000 přílohy C (Kuklík, 2010).

5.2.3 MEZNÍ STAVY

Návrhové modely pro různé mezní stavy musí náležitě zohlednit:

- rozdíly ve vlastnostech materiálů (např. pevnost)
- rozdíly v chování materiálů v závislosti na čase (např. doba trvání zatížení)
- rozdílné klimatické podmínky (např. kolísající vlhkost)
- rozdílné návrhové situace (např. stádium výstavby)

(Kuklík, 2005)

1) Mezní stavy únosnosti

Je nutné, aby analýza konstrukcí byla provedena s použitím následujících hodnot tuhostních vlastností:

- a) pro první řád lineárně pružné analýzy konstrukce

- rozdělení vnitřních sil není nijak ovlivněno rozložením tuhosti po konstrukci (např. všechny prvky mají totožné na čase závislé vlastnosti), je nutné použít průměrné hodnoty

b) pro první řád lineárně pružné analýzy

- rozdělení vnitřních sil je ovlivněno rozdělením tuhosti po konstrukci (např. kompozitní elementy obsahující materiály, které mají odlišné vlastnosti závislé na čase), je nutné použít průměrné hodnoty, které jsou přizpůsobeny složce zatížení, způsobující největší napětí ve vztahu k pevnosti

c) pro druhý řád lineárně pružné analýzy konstrukce

- je nutné použít takové návrhové hodnoty, které nejsou upraveny s ohledem na délku trvání zatížení

(Kuklík, 2010)

2) Mezní stavy použitelnosti

Účinky zatížení (např. prokluz spoje, osově a posouvající síly, ohybové momenty) a vlhkost, které způsobují deformaci konstrukce, nesmí překročit příslušné meze.

a) Prokluz spoje

- pro realizované spoje kolíkového typu je potřeba určit modul prokluzu K_{ser} jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku při provozním zatížení

b) Mezní hodnoty průhybů nosníků

- složky průhybů vzniklé v důsledku kombinace zatížení jsou znázorněny na obrázku č. 9. Přičemž čistý průhyb lze uvažovat následovně:

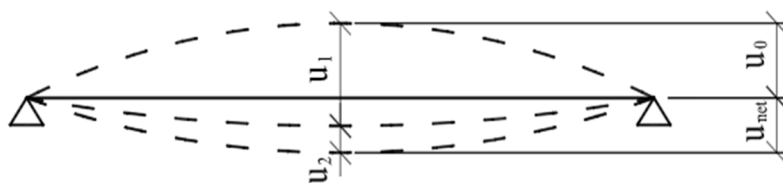
$$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$$

u_{net} ... čistý průhyb

u_1 ... prvotní (okamžitý) průhyb (od stálého zatížení)

u_2 ... průhyb od dotvarování (od nahodilého zatížení)

u_0 ... nadvýšení (jestliže ho lze realizovat a realizuje se)



Obrázek č. 9 Složky průhybu
(Kuklík, 2010)

c) Kmitání

- u zatížení, která se mohou vyskytovat na prvku či konstrukci, je třeba předejít vzniku kmitání, které mohou zhoršit např. funkci konstrukce. Úroveň kmitání se má odhadnout měřením anebo výpočtem s ohledem na tuhost prvku či konstrukce a modálního poměrného tlumení

(Kuklík, 2005)

5.2.4 VLASTNÍ TÍHA

Vlastní tíha zahrnuje tíhu nosných a nenosných prvků vč. pevných vybavení, tíhy zeminy a šterkového lože. Mezi nenosné prvky se zařazují např. střešní krytina, nenosné příčky, tepelné izolace apod. Do pevného vybavení patří např. vybavení pro výtahy a pevná schodiště, vzduchotechnika, topná tělesa apod. (ČSN EN 1991-1-1).

Během dopravy či zvedání nosných prvků je zapotřebí posoudit skutečné podmínky jejich podepření a dále věnovat pozornost účinkům hmot (setrvačných sil) vzniklých svislým a vodorovným zrychlením. Uchycení zvedaných materiálů se navrhne pro působící zatížení podle ČSN EN 1991-3 (Holický, 2007).

5.2.5 UŽITNÁ ZATÍŽENÍ

ČSN EN 1991-1-1 tento typ zatížení definuje jako proměnné volné zatížení, které vzniká v důsledku užívání. Patří sem:

- běžné užívání osobami
- nábytek a různé další přemístitelné předměty
- vozidla
- mimořádné případy (např. soustředění osob či nábytku)

Užitná zatížení střech a stropů se rozdělují podle druhu zatěžovacích ploch na zatížení:

- obytných, společenských, obchodních a administrativních ploch (kategorie: A, B, C, D)
- skladovacích prostor a ploch pro průmyslovou činnost (kategorie: E, FL)
- garáží a dopravních ploch pro vozidla – kromě mostů (kategorie: F, G)
- střech (kategorie: H, I, K)

(ČSN EN 1991-1-1, 2004)

Pro zvolení příslušné charakteristické hodnoty q_k a Q_k pro rovnoměrná a soustředěná užitná zatížení slouží tabulky, které poskytuje výše zmíněná norma (ČSN EN 1991-1-1, 2004).

Tabulka č. 5 Užitná zatížení střech kategorie H

Střecha	q_k (kN/m²)	Q_k (kN)
Kategorie H	q_k (0,75)	Q_k (1,0)
Pozn. 1: Pro kategorii H mohou být hodnoty q_k vybrány v rozmezí od 0,0 kN/m ² do 1,0 kN/m ² a hodnoty Q_k v rozmezí od 0,9 kN do 1,5 kN. Tam, kde je uvedeno rozmezí hodnot, mohou se hodnoty určit v národní příloze. Doporučené hodnoty jsou: $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$, $Q_k = 1,0 \text{ kN}$		

Zdroj: ČSN EN 1991-1-1

Soustředěná břemena Q působící samostatně se uvažují při určování lokálních účinků zatížení tak, že mohou působit v kterémkoli místě konstrukce na ploše ve tvaru čtverce o straně 50 mm.

Tabulka č. 6 Kategorie střech H

Kategorie zatěžovaných ploch	Stanovené použití
H	střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav

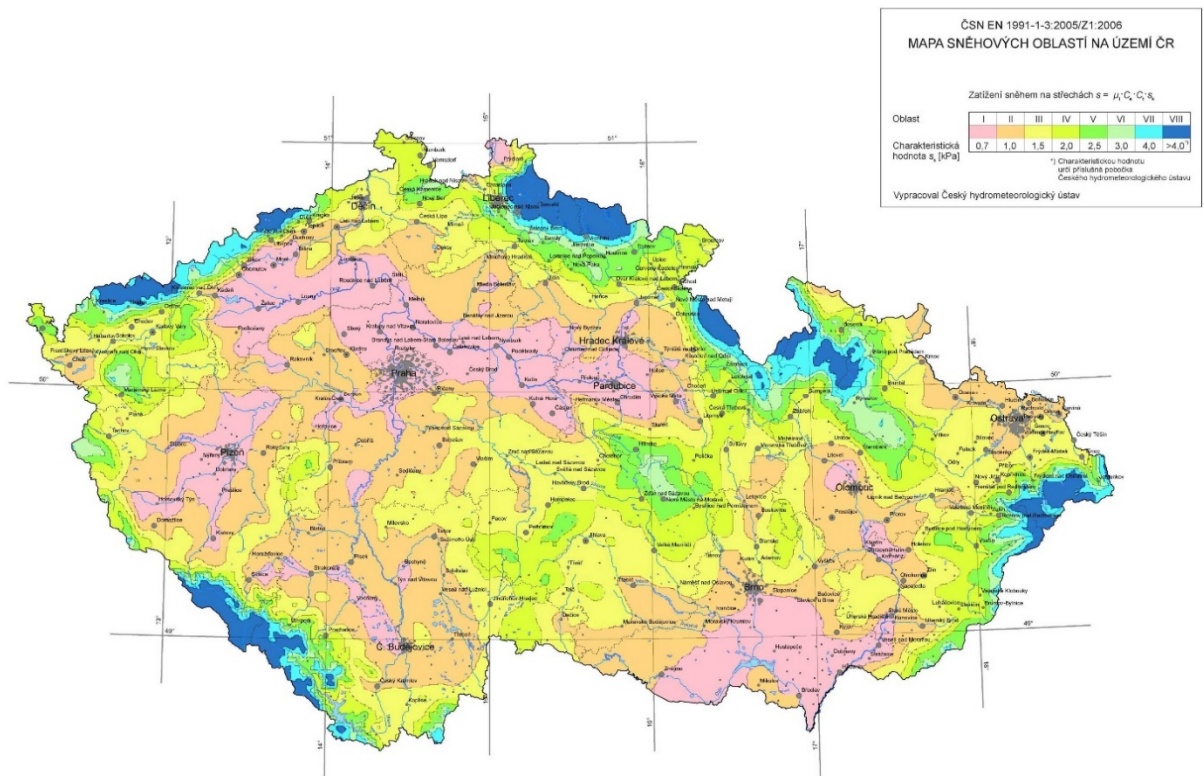
Zdroj: ČSN EN 1991-1-1

5.2.6 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Norma ČSN EN 1991-1-3 je nápomocná ke stanovení hodnot zatížení sněhem pro návrh pozemních a inženýrských staveb. Zmíněná norma platí pro celé území České republiky včetně horských oblastí.

Zatížení sněhem ve výše zmíněné normě je definováno jako statické zatížení, avšak v normě ČSN EN 1990 se má toto zatížení uvažovat jako proměnné pevné zatížení. Pouze ve výjimečných případech se má uvažovat jako mimořádné zatížení.

Dle zeměpisné polohy se určuje sněhová oblast podle mapy sněhových oblastí, která je znázorněna na obrázku č.10 (Lorenz, 2015). Každé sněhové oblasti náleží charakteristická hodnota zatížení na zemi s_k , představující 2 % kvantil ročních maximální tíhy sněhu (ČSN EN 1991-1-3, 2005). Překročení této hodnoty je dáno s určitou statickou jistotou (ČSN EN 1991-1-3, 2005; Lorenz, 2015). Následně je charakteristická hodnota s_k poupravena pomocí součinitelů (Lorenz, 2015). U výpočtu zatížení sněhem na střešních konstrukcích součinitelé zohledňují především sklon a tvar střechy, její tepelné vlastnosti a situování střechy v okolním terénu a zástavbě. Pro posouzení spolehlivosti konstrukce se zpravidla berou v úvahu dvě základní uspořádání zatížení (rovnoměrné a nerovnoměrné zatížení nenavátým sněhem na střeše) (ČSN EN 1991-1-3, 2005).



Obrázek č. 10 Mapa sněhových oblastí (Tambor, 2007)

Pro trvalé a dočasné návrhové situace je charakteristická hodnota dána vztahem:

$$s = \mu * C_e * C_t * s_k \text{ [N/m}^2\text{]}$$

kde: μ ... tvarový součinitel podle tvaru střechy

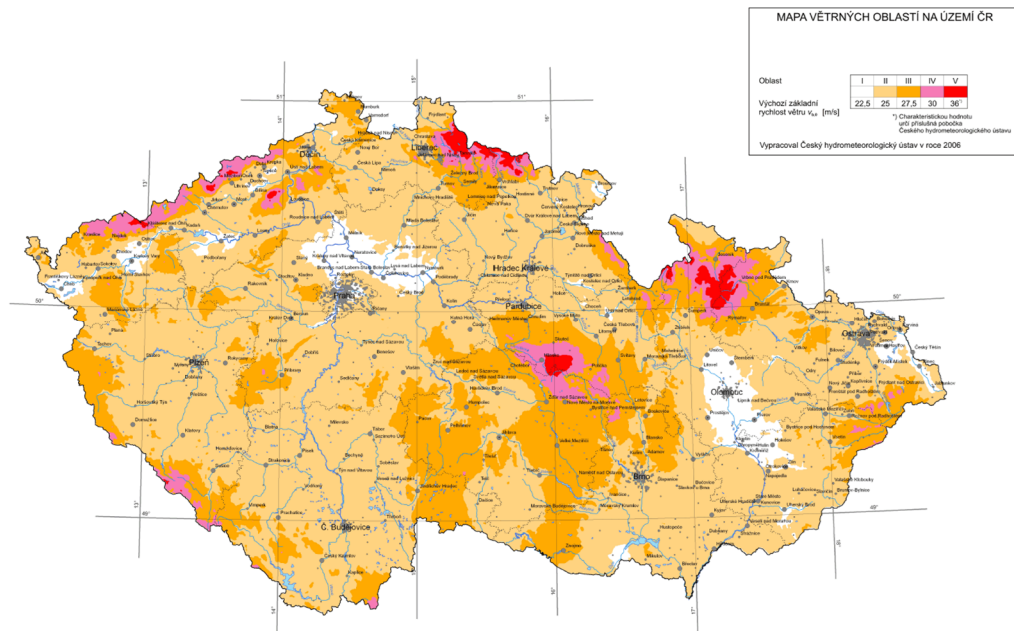
C_e ... součinitel expozice dle okolí stavby

C_t ... tepelný součinitel vázaný na tepelnou propustnost střechy

5.2.7 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Tento typ zatížení se stanovuje podle normy ČSN EN 1991-1-4, vyžadující určení několika dílčích parametrů (Lorenz, 2015). Norma poskytuje pravidla pro stavby do výšky 200 m a pro mosty do rozpětí až 200 m (jsou-li splněna kritéria pro dynamickou odezvu). Eurokód neobsahuje všechny možné požadavky na zatížení účinky větru, nezabývá se např. lokálními účinky teplot na charakteristiku větru, torzním kmitáním apod. (ČSN EN 1991-1-4, 2007).

Zatížení větrem je v normě ČSN EN 1991-1-4 definováno jako proměnné pevné zatížení, vzhledem ke své proměnlivosti v čase a prostoru.



Obrázek č. 11 Mapa větrných oblastí
(Štíčka, 2017)

Vstupním údajem pro stanovení účinku větru je jeho základní výchozí rychlost, která je stanovena pro určitou geografickou polohu v České republice podle mapy znázorňující jednotlivé větrné oblasti viz. obrázek č. 11. Jedná se o hodnotu charakteristické desetiminutové střední rychlosti s roční pravděpodobností překročení $p = 0,02$ ve výšce 10 m nad zemí v terénu s nízkou vegetací (terén kategorie II.). Tato hodnota v běžných případech je považována v České republice za základní rychlost větru v_b (Lorenz, 2015). V České republice existují dvě větrné oblasti s rychlostmi

větru $v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$ a $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$. Základní rychlost větru v_b lze vypočítat podle vztahu:

$$v_b = c_{\text{dir}} * c_{\text{season}} * v_{b,0} \text{ [m/s]}$$

kde: c_{dir} ... součinitel směru větru

c_{season} ... součinitel ročního období

Základní dynamický tlak větru q_b ve výšce 10 m nad terénem lze vypočítat dle vztahu:

$$q_b = 0,5 * \rho * v_b^2 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

kde: ρ ... hustota vzduchu závislá na nadmořské výšce, teplotě a tlaku vzduchu (většinou 125 kg/m^3)

v_b ...základní rychlost větru (m/s)

V základním tlaku větru není zohledněn vliv turbulentních poryvů větrného proudu.

Mezi další faktory, ovlivňující zatížení větrem, patří drsnost a tvar terénu (tzv. ortografie) v okolí stavby. Okolní terénní útvary (kopce, hřebeny, terénní zlomy významně ovlivňují proudění vzduchu. Tyto dva faktory jsou vyjádřeny pomocí součinitele drsnosti $c_{r(z)}$ a součinitele ortografie $c_{0(z)}$. Součinitel drsnosti terénu je dán vztahem:

$$c_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \text{ [-]} \quad \text{pro } z_{\text{min}} \leq z \leq z_{\text{max}}$$

$$c_{r(z)} = c_{r(z_{\text{min}})} \quad \text{pro } z \leq z_{\text{min}}$$

kde: k_r ... součinitel terénu

z_{min} ...minimální výška

z_{max} ...uvažuje se 200 m

z_0 ... parametr drsnosti terénu

Charakteristická střední rychlost větru $v_{m(z)}$ ve výšce z nad terénem je určena vztahem:

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} * c_{0(z)} * v_b \text{ [m/s]}$$

kde: $c_{r(z)}$... součinitel drsnosti terénu

$c_{0(z)}$... součinitel ortografie

v_b ...základní rychlost větru (m/s)

Kvazistatická odezva se musí vypočítat pro všechny konstrukce. V případě, že mají tuhé konstrukce vysokou vlastní frekvenci (rezonanční účinek větru je druhořadý), není třeba, aby byla určena dynamická nebo aerostatická odezva. V souladu s ČSN EN 1991-1-4 je možné kvazistatickou odezvu považovat za dostačující pro konstrukční prvky s vlastní frekvencí vyšší než 5 Hz a pro některé základní typy konstrukcí. Postup výpočtu kvazistatické odezvy je následující:

- a) výpočet maximálního charakteristického tlaku
- b) určení součinitelů tlaků a sil
- c) výpočet tlaku nebo síly větru

a) maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = (1+7 \cdot I_v(z)) \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2 = c_e(z) \cdot q_b \text{ [N/m}^2\text{]}$$

kde: $q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2$ je základní tlak větru
 $(1+7 \cdot I_v(z)) \cdot c_{r(z)}^2$ je součinitel expozice

b) součinitelé tlaků a sil

$c_{pe,1}$...pro malé zatěžovací plochy (< 1 m²) – povrchy přímo zatížené větrem (např. obvodový plášť)

$c_{pe,10}$...pro velké zatěžovací plochy (> 10 m²) – pro hlavní konstrukce a velké konstrukční prvky (např. rámy)

c) tlak větru

- pro tlak větru w_e působící na vnější povrchy:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \text{ [N/m}^2\text{]}$$

c_{pe} ... součinitel vnějšího tlaku (závisí na velikosti plochy vystavené větru a zejména na tvaru konstrukce)

z_e ... referenční výška pro vnější tlak

- pro tlak větru w_i působící na vnitřní povrchy:

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \text{ [N/m}^2\text{]}$$

c_{pi} ...součinitel vnitřního tlaku (závisí na velikosti a rozmístění otvorů v obvodovém plášti, poměrů otvorů a na propustnosti obvodového pláště)

z_i ... referenční výška pro vnitřní tlak

(ČSN EN 1991-1-4, 2007)

Autoři Lorenz (2015), Vácha (2010), Michalcová (2006), Koutný (2011) se shodují na tom, že výpočet zatížení staveb větrem je poměrně složitý. U klasických konstrukcí pozemních staveb je za nejrizikovější místo považováno připojení prvků pláště vzájemně nebo do hlavní nosné konstrukce z hlediska účinku větru. Autor Vácha (2010) vnímá postup posuzování staveb zatížených větrem dle ČSN EN 1991-1-4 za uživatelsky méně vstřícný a vyšší náklady na opláštění přisuzuje právě výše zmíněné normě.

Tabulka č. 7 Třídy trvání zatížení

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	

Zdroj: Kuklík, 2005

Tabulka č. 8 Příklady přiřazení trvání zatížení

Třída trvání zatížení	Příklady zatížení
Stálé	vlastní tíha
Dlouhodobé	skladové zatížení
Střednědobé	užitné zatížení stropů, sníh
Krátkodobé	sníh, vítr
Okamžikové	vítr, mimořádné zatížení

Zdroj: Kuklík, 2005

Třídy provozu

a) Třída provozu 1

- vlhkost materiálů při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu přesahující 65 % pouze po dobu jen několika týdnů v roce

b) Třída provozu 2

- vlhkost materiálů při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu přesahující 85 % pouze po dobu jen několika týdnů v roce

c) Třída provozu 3

- tato třída provozu je charakterizována takovými klimatickými podmínkami směřujícími k vyšší vlhkosti než v třídě provozu 2

(Lokaj, 2010)

5.2.8 VLIV TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ A VLHKOSTI NA PEVNOST

Pro tento ukazatel existují modifikační součinitele k_{mod} , které představuje tabulka č. 9. V případě, že se kombinace zatížení skládá ze zatížení různých tříd trvání zatížení, zvolí se taková hodnota k_{mod} odpovídající zatížení s nejkratší dobou trvání.

Pokud spoj tvoří více dřevěných prvků mající různé chování z hlediska času, výpočet návrhové únosnosti se provede s následujícím modifikačním součinitelem k_{mod} :

$$k_{\text{mod}} = \sqrt{k_{\text{mod},1} k_{\text{mod},2}}$$

$k_{\text{mod},1} k_{\text{mod},2} \dots$ modifikační součinitele dvou dřevěných prvků

(Kuklík, 2005)

Tabulka č. 9 Vybrané materiály s hodnotami k_{mod}

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouho - době zatížení	Středně - době zatížení	Krátko - době zatížení	Okamžiko - vé 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 lamelové 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
	Část 1, Část 2, Část 3						
	Část 2, Část 3 Část 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 1,80 1,10 0,90
	Část 4, Část 5						
	Část 5						
	Část 6, Část 7 Část 7						
Vláknitá deska, tvrdá	EN 622 - 2 HB.LA, HB.HLA 1 nebo 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10

	HB.HLA 1 nebo 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Vláknitá deska středně tvrdá	EN 622 - 3						
	MBH.LA 1 nebo 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 nebo 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 nebo 2	2	-	-	-	0,45	0,80
Vláknitá deska, MDF	EN 622 - 5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Zdroj: Kuklík, 2005

5.2.9 NÁVRHOVÁ HODNOTA VLASTNOSTI MATERIÁLU

Návrhová hodnota X_d pevnostní vlastnosti je nutné vypočítat následovně:

$$X_d = k_{\text{mod}} * X_k / \gamma_M$$

X_k ... charakteristická hodnota pevnostní vlastnosti

γ_M ... dílčí součinitel vlastnost materiálu

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

Tabulka č. 10 Dílčí součinitele γ_M pro vlastnosti materiálu a únosnosti

Základní kombinace:	
Rostlé dřevo	1,3
Lepené lamelové dřevo	1,25
LVL, překližková 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

Zdroj: Kuklík, 2005

5.2.10 MODIFIKAČNÍ SOUČINITELE DEFORMACE PRO TŘÍDY PROVOZU

1) Rostlé dřevo

Dřevěné prvky musí vyhovět ČSN EN 14081-1. Pro rostlé dřevo s obdélníkovým průřezem s charakteristickou hustotou $\leq 700 \text{ kg/m}^3$ je srovnávací výška pro ohyb nebo šířka (max. rozměr průřezu) pro tah 150 mm. Pokud je výška u ohybu a šířka u tahu

menší než 150 mm mohou se charakteristické hodnoty $f_{m,k}$ a $f_{t,0,k}$ zvětšit součinitelem k_h tímto vztahem:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \\ 1,3 \end{array} \right\}$$

h ...výšky pro prvky ohýbané nebo šířka pro prvky tažené (mm)

Pro dřevo zabudované ve stavu na mezi nebo blízko meze nasycení vláken a jež bude s velkou pravděpodobností vysychat pod zatížením, se má hodnota k_{def} zvýšit o 1,0 (Kuklík, 2005).

2) Lepené lamelové dřevo

Prvky z LLD musí vyhovět ČSN EN 14080. Vliv rozměru prvku na pevnost v tahu kolmo k vláknům se musí brát v úvahu.

Pro LLD s obdélníkovým průřezem je srovnávací výška pro ohyb nebo šířka u tahu 600 mm. Pokud je výška u ohybu a šířka u tahu menší než 600 mm mohou se charakteristické hodnoty $f_{m,k}$ a $f_{t,0,k}$ zvětšit součinitelem k_h tímto vztahem:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} \\ 1,1 \end{array} \right\}$$

h ...výšky pro prvky ohýbané nebo šířka pro prvky tažené (mm)

(Kuklík, 2005)

Tabulka č. 11 Charakteristické hodnoty pro lepené lamelové dřevo

Lepené kombinované lamelové dřevo: Charakteristické hodnoty v Mpa					
Hodnoty lze aplikovat, pokud zkoušky podle EN 408 a EN 1193 nedávají hodnoty menší					
Pozn.: pro homogenní lamelové dřevo (kde jsou všechny lamely ze stejné jakosti) jsou pevnosti označené písmenem h (např. GL 24h) a pevnosti mohou být vyšší (viz norma).					
	třídy pevnosti	GL 24c	GL28c	GL 32c	GL36c
ohyb	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
pevnost v tahu	$f_{t,0,g,k}$	14	16,5	19,5	22,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,35	0,4	0,45	0,5
pevnost v tlaku	$f_{c,0,g,k}$	21	24	26,5	29
	$f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
pevnost ve smyku	$f_{v,g,k}$	2,2	2,7	3,2	3,8
modul pružnosti II	$E_{0,g,mean}$	11600	12600	13700	14700
	$E_{0,g,,0,05}$	9400	10200	11100	11900
modul pružnosti \perp	$E_{90,g,mean}$	320	390	420	460
modul ve smyku	$G_{g,mean}$	590	720	780	850
průměrná hustota (kg/m ³)	$\rho_{g,k}$	350	380	410	430

Zdroj: Kuklík, 2010

5.2.11 TRVANLIVOST

1) Biologičtí škůdci

Dřevo i materiály na bázi dřeva musí mít přiměřenou vlastní trvanlivost vůči biologickým škůdcům podle EN 350-2 pro odpovídající třídu ohrožení, definovanou v EN 335-1, EN 335-2 a EN 335-3. Nebo musí být opatřeny vhodně vybranými ochrannými prostředky dle EN 351-1 a EN 460 (Kuklík, 2005). Odolnost jednotlivých druhů dřevin je dána jejich chemickým složením dřeva a anatomickou strukturou (Baier, 2001). Reinprecht (2008) však zdůrazňuje, že odolnost dřeva proti biologickým organismům není přímo úměrná hustotě dané dřeviny, v přirozené trvanlivosti hraje velkou roli především obsah jádrových látek (trísloviny, terpeny apod.), u exotických dřevin obsah extraktivních látek. Přirozenou trvanlivost lze podpořit tzv. konstrukční

ochranou např. vhodným přesahem střechy nebo zajištěním dostatečného větrání (Hugues, 2004).

Co se týče ochranných prostředků, tak ty mají zajistit, aby dřevo bylo maximálně chráněno vůči jakýmkoliv degradačním činitelům, avšak za takových podmínek, aby aplikace vedoucí k dosažení výše zmíněného cíle probíhala v souladu s životním prostředím a upravené dřevo stále bylo zdravotně nezávadné (Reinprecht, 2008). Autor Kuklík (2005) ve své literatuře podotýká, že ochranné prostředky mohou mít vliv na pevnostní a tuhostní vlastnosti.

2) Koroze

Dřevěné prvky bývají ve velkém množství navzájem spojeny kovovými spojovacími prostředky, proto tyto prostředky a ostatní konstrukční spoje musí být v některých situacích samy o sobě odolné vůči korozi, nebo musí být chráněny vůči korozi např. ochranným nátěrem (Kuklík, 2005; Daňková, 2015).

5.2.12 POŽÁRNÍ ODOLNOST

1) Chování dřeva při požáru

Požární odolnost lze chápat jako jednu z funkcí stavby, která má při požáru zabraňovat především ztrátám na životech a zdraví osob, popř. zvířat a dále i ztrátám na majetku (Dufková, 2011).

Požární bezpečnost je dána předpisy, podle nichž se musí při návrhu a výstavbě projektant řídit. Postupy týkající se navrhování dřevěných konstrukcí z hlediska účinku požáru jsou popsány v ČSN EN 1995-1-2 a musí být aplikována společně s normou ČSN EN 1995-1-1. Podle Eurokódu 5 jsou navrhovány konstrukce a jejich části na odpovídající únosnost zohledňující dobu normou stanovené požární odolnosti (Motyčka, 2009).

Příklady funkcí stavebních objektů při požáru:

- zabránění šíření požáru mezi jednotlivými požárními úseky uvnitř objektu
- zabránění šíření požáru mimo objekt
- umožnění bezproblémového zásahu požárních jednotek

(Dufková, 2011)

Dřevěné konstrukce jsou stále často přiřazovány veřejností ke stavbám s nízkou odolností z hlediska požáru, přičemž dřevo a stavby na bázi dřeva jsou ve srovnání s ocelovými konstrukcemi nesrovnatelně vhodnější, jelikož dřevo na rozdíl od oceli

neztrácí ihned svou stabilitu a únosnost (Dufková, 2011). Ke snížení pevnosti dochází v důsledku zmenšení průřezu v důsledku vytvoření zuhelnatělé vrstvy. Dřevěné konstrukce ztrácí svou úplnou únosnost, když plocha průřezu ohněm nezasaženého dřeva je tak malá, že napětí vznikající účinkem zatížení dosáhne pevnosti dřeva (Jelínek, 2012).

Při působení vyšších teplot na dřevní hmotu nejprve dochází k úniku nezápalných plynů, což způsobuje její vysušování. Po částečném vysušení a dosažení teploty okolo 300 °C nastává postupné odhořívání, tato teplota definuje hranici mezi zuhelnatělou dřevní hmotou a neporušeným dřevem (PromatPraha, ©2018). Zuhelnatělá povrchová vrstva má tepelně izolační význam, jelikož zabraňuje přístupu kyslíku a tím se zpomaluje hoření dřeva nebo může dojít i k úplnému přerušení hoření (Stavíme srub, ©2018). Tento jev je dán tím, že vodivost dřevěného uhlí je přibližně šestina tepelné vodivosti dřeva rostlého a kvůli tomu je přiváděno do ohněm nezasažené části dřeva málo tepla (Jelínek, 2012).

Chování dřeva ve vztahu k požáru lze snižovat několika způsoby:

a) povrchovou úpravou či impregnací

- zředěním hořlavých plynů nehořlavými plyny, které jsou uvolňovány ze speciální impregnace dřeva. Uvolňovanými látkami jsou ředěny pyrolyzní plyny a je tedy zamezen vznik zápalné a hořlavé směsi. Současně je spotřebováno teplo, které zamezuje zahřátí. Mezi látky splňující tento požadavek patří amonné soli (např. fosforečnany).
- existují látky, které podporují tvorbu zuhelnatělé vrstvy, která má tepelně izolační vlastnosti. Jedná se především o kyselinu boritou a boritany.

(Nábytkářský informační sever, ©2013)

b) prvotním návrhem prvků či konstrukčním řešením

- konkrétně tvarem, povrchem a rozměry průřezů. Vyšší požární odolnosti prvků dřevěných konstrukcí lze také dosáhnout např. opláštěváním, omítnutím nebo aplikací speciálních nátěrových hmot s antipyrény. U dveří jsou používány zpěnitelné pásy, které omezují proudění vzduchu a zabraňují šíření ohně do dalších prostor (Jelínek, 2012; Nábytkářský informační sever, ©2013).

Hořlavost závisí především na:

a) poměru povrch: objem

- čím větší je tento poměr, tím větší rychlostí se plamen šíří. Ostré hrany, drsný povrch a trhliny šíření ohně podporují. Proto u lepeného lamelového dřeva je vykazována menší rychlost zuhelnatění než u dřeva rostlého.

b) hustotě dřeva (v úplně suchém stavu)

- čím vyšší je hustota dřeva, tím déle trvá než se dřevo zapálí.

c) vlhkosti dřeva

- u dřevěných konstrukcí se nejčastěji vlhkost pohybuje v rozmezí 8–15 %, v tomto případě musí nejprve ze 100 kg dřeva uniknout 8 – 15 litrů vody, než dojde k jeho zapálení.

(Jelínek, 2012)

2) Rychlost zuhelnatění dřeva

Tabulka č. 12 Rychlost zuhelnatění lepeného lamelového dřeva

Druh dřeva	β (mm/min)
Lepené lamelové dřevo (charakteristická hustota $\geq 290 \text{ kg/m}^3$)	0,64
Rostlé dřevo (charakteristická hustota $\geq 290 \text{ kg/m}^3$)	0,67
Lepené lamelové dřevo nebo rostlé dřevo (charakteristická hustota $\geq 350 \text{ kg/m}^3$)	0,54

Zdroj: Kuklík, 2005

3) Posouzení konstrukcí ze dřeva na účinky požáru

- dle účelu konkrétní stavby je požárním technikem stanovena požadovaná doba požární odolnosti v minutách, přičemž základní stupnice je 15, 30, 45, 60, 90, 120 a 180 minut. Návrhová pevnost $f_{d,fi}$ při požáru se vypočítá:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * f_k / \gamma_{M,fi} \quad (\text{MPa})$$

$k_{mod,fi}$... modifikační součinitel pro požár ($k_{mod,fi} = 1$)

f_k ... charakteristická pevnost (MPa)

$\gamma_{M,fi}$... dílčí součinitel spolehlivosti dřeva během požáru ($\gamma_{M,fi} = 1$)

k_{fi} ... pro lepené lamelové dřevo = 1

pro rostlé dřevo = 1,25

pro desky na bázi dřev = 1,15

(Jelínek, 2012)

4) Posuzování požární odolnosti spojů

- velkou část spojovacích prostředků tvoří prostředky vyrobené z oceli. Pokud ocelový spoj není nijak chráněn proti ohni, pak jeho únosnost se účinkem tepla významně snižuje. Pro chování ocelových spojovacích prvků při působení ohně je klíčovým faktorem plocha nechráněného povrchu ocelových částí. Požární odolnost

výrazně zvýší skrytí spojovacího prvku ve dřevěném prvku, to zároveň podpoří i estetickou stránku (Jelínek, 2012).

Dobrou požární odolností se vyznačují lamelové prvky, jejichž rychlost odhořívání se pohybuje v rozmezí 0,5 – 0,7 mm za minutu bez jakékoliv ztráty únosnosti či stability. Z toho důvodu je LLD ještě více vhodné pro konstrukce, kde dochází ke shromažďování lidí (Huml, 2014). Nicméně zemědělské stavby vyžadují zvýšená protipožární opatření, jelikož velkokapacitní budovy jsou náročnější na uhašení požáru (Adema, 2012).

6. METODIKA

K vypracování diplomové práce bylo nejprve zapotřebí seznámení s danou problematikou formou shromáždění a prostudování české i zahraniční publikace, na jehož základě byla vypracována literární rešerše obsahující všeobecný rozbor týkající se zemědělských staveb a jejich návrhu. Nedílnou součástí rešerše byl i rozbor materiálu na bázi dřeva (lepeného lamelového dřeva), který je často aplikován pro velkorozponové stavby.

Na základě rešerše vzniklo několik variant nákresů, ze kterých byla vybrána jedna nejvhodnější. Posuzovalo se především hledisko použitého materiálu, rozměrů průřezů prvků, tvarů prvků a dispozičního řešení stavby. Nosná konstrukce zvolené varianty byla vypracována v softwaru SEMA. Následovala statická část, ve které byla posuzována střešní konstrukce jízdárny pomocí softwaru DLUBAL, konkrétně se jednalo o přídatný modul RSTAB, který umožňuje posouzení podle Eurokódu 5. Statickému posouzení předcházela příprava vstupních dat potřebných pro výpočet. Obsahem této části bylo vymodelování konstrukce včetně ocelového táhla a určení působících zatížení. Dále následovalo stanovení počtu spojovacích prostředků v hřebeni střešní konstrukce a jejich rozmístění v nosné konstrukci. Stanovení probíhalo opět v programu DLUBAL. Po zjištění síly v ocelovém táhle probíhal návrh dimenze spojovacích prvků, jejich počet a rozmístění dle příslušné normy. Po statickém ověření s výsledkem „vyhovující“ byl konstrukční návrh stavby podrobněji zpracován formou výkresové dokumentace a vizualizace ve výše zmíněném softwaru SEMA. Práce byla zakončena zpracováním kusovníku. Pro přehlednost kusovníku byly konstrukční prvky rozděleny do skupin na základě určitých parametrů (průřez, materiál). Následoval výpočet objemu, plochy či orientační počet kusů spojovacích prostředků. Po zjištění prodejní ceny daného materiálu či položky byla daná skupina ekonomicky ohodnocena.

7. VLASTNÍ NÁVRH

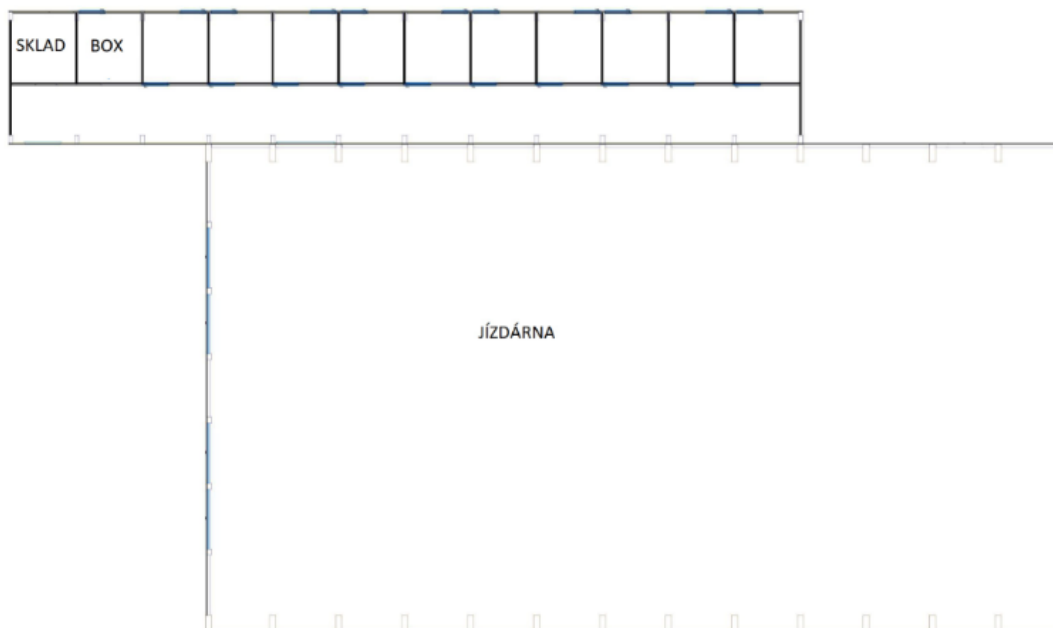


Obrázek č. 12 Vizualizace jízdárny se stájí
(Vlastní tvorba)

7.1 ÚČEL A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ NÁVRHU

Jízdárna je určena pro sezónní nižší až střední soutěže. Dále slouží jako místo, které umožňuje trénování koní. Čistý rozměr tzv. jezdeckého pole je navržen větší než je pro tyto druhy soutěží potřeba, to je však z toho důvodu, aby bylo možné do jízdárny umístit mobilní pódium, které by zajišťovalo divákům vyšší komfort. Na hlavní halu jsou napojeny stáje poskytující 11 boxů pro ustájení koní. Vedle stájí jsou prostory pro odložení či uskladnění koňských potřeb a potravin.

Do jízdárny lze vstoupit hlavními dveřmi, umístěnými ve štítové stěně či dalšími dveřmi, které se nachází na stěně boční. V hlavní hale jsou navrženy i třetí dveře, které by neměly sloužit pro každodenní provoz, ale jsou navrženy především z požárního důvodu. Jízdárna se stájí je propojena dveřním otvorem, který je vyřešen tak, aby jím byl umožněn průjezd dvou jezdců sedících na koních. Jelikož ve stáji má každý box dveřní křídlo z exteriéru, pro umožnění vstupu či výstupu koně přímo do jeho stáje, jsou v tomto objektu umístěny pouze jedny hlavní dveře, které se nachází naproti skladu potřeb a zásob. Ve stáji je podél celé konstrukce vedena chodba šířky 2,7 m, tento rozměr by měl být dostačující pro snadnou manipulaci se zvířaty a pomůckami např. při výměně podestýlky.



Obrázek č. 13 Dispoziční řešení stavby
(Vlastní tvorba)

7.2 POUŽITÉ MATERIÁLY

Na nosnou konstrukci hlavní haly (jízárny) a stáje je za materiál použito lepené lamelové dřevo třídy GL 24 c. Dřevěné prvky tvořící stěny a vaznice jsou ze smrkových masivních či KVH hranolů. V tabulce č. 3 jsou uvedeny charakteristické vlastnosti pevnosti a tuhosti pro prkna nebo fošny pro lepené lamelové dřevo.

Výrobci LLD nejčastěji tento materiál vyrábí z jehličnatých dřevin, konkrétně ze smrku, modřínu, jedle a borovice. Produkt pro tento návrh je vyroben v pohledové kvalitě Si ze smrkových lamel tloušťky 40 mm. Jednotlivé lamely jsou vzájemně slepeny lepidlem na bázi močovinové a melaminové pryskyřice.

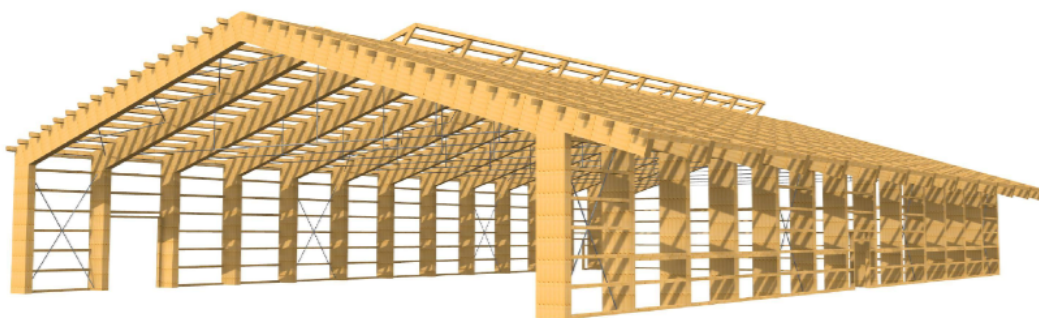
Ocelová táhla jsou navržena z oceli třídy S355. Ocelová tyč je vybavena pravotočivým a levotočivým závitem v metrické řadě a vyfrézovanými plochami pro umožnění nasazení stranového klíče, díky kterému je možné táhlo dle potřeby dotáhnout. Jelikož tyč je o průměru 40 mm, závity jsou vyrobeny z válcované oceli a ne strojní, kvůli zvýšení odolnosti z hlediska únavy materiálu. Ocel S355 pro průměr 40 mm má únosnost 379,3 kN (Protah, ©2018).

7.3 KONSTRUKČNÍ PRVKY

7.3.1 NOSNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY – JÍZDÁRNA

Nosné konstrukční prvky jsou navrženy ze smrkového lepeného lamelového dřeva třídy GL 24c. Průřezy nosných prvků jsou 320 x 950 mm. Výrobní délka střešních prvků je 16349 a 13874 mm a svislé prvky jsou vyrobeny o délce 5000 mm. Výhodné je, že prvky s touto délkou, které nejsou nijak tvarově upravené, lze vyrobit v České republice a není nutná zahraniční výroba, která by měla vliv na cenu.

Konstrukční prvky obdélníkového tvaru tvoří nosný rám a jsou rozmístěny osově po 3,5 m. Přičemž střešní nosné prvky jsou osedlány na stojaté prvky a zajištěny pomocí ocelových kolíků s vloženou deskou tloušťky 12 mm o rozměru 500 x 700 (šířka x výška). V místě hřebenu je spojení prvků vyřešeno pomocí vsazeného ocelového plechu s ocelovými kolíky. Ukotvení svislého prvku je řešeno kotevním prostředkem z oceli, viz. obrázek č. 15, který bude ve dřevěném prvku zajištěn kolíky, zapuštěná kotevní patka je vyrobena na zakázku s tloušťkou plechu 12 mm o rozměrech 600 x 370 x 250 mm (šířka x výška x délka) a aplikuje se při betonáži. Přesah nosných střešních prvků z jedné strany činí 2628 mm.



Obrázek č. 14 Konstrukce jízdárny
(Vlastní tvorba)



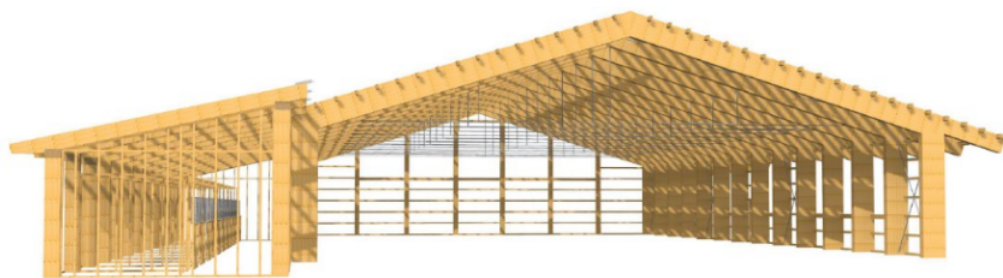
Obrázek č. 15 Kotvící prvek

(<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/konstrukce-bazenove-haly-vbrne-kohoutovicich> 1.4.2018)

7.3.2 NOSNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY – STÁJ

Nosné dřevěné prvky u stáje jsou zhotoveny ze smrkového lepeného lamelového dřeva třídy GL 24 c. Průřezy nosných prvků jsou 200 x 450 mm, o délce 5000 mm pro sloupce a 3450 mm pro střešní prvky. Střešní prvky jsou navrženy s přesahem 1000 mm. Dřevěné elementy jsou od sebe rozmístěny v osové vzdálenosti 3500 mm, čtvrté pole je v osové vzdálenosti 3415 mm, které je ovlivněno velikostí hlavní haly, jelikož hlavní nosné prvky stáje osově lícují s nosnými prvky jízdárny. Spojení sloupků a krokví je vyřešeno osedláním, které je zajištěno dvěma vruty o průměru 10 mm a délce 400 mm, pro které je v krokvích předpřipraven otvor kvůli vyráběným rozměrům těchto spojovacích prostředků, u nichž je maximální délka právě 400 mm. Kotvení sloupků je vyřešeno stejným způsobem jako u jízdárny, přičemž v tomto případě jsou kotevní patky s ocelovými kolíky rozměru 400 x 250 x 200 mm (šířka x výška x délka), které jsou vyrobeny z oceli tloušťky 12 mm.

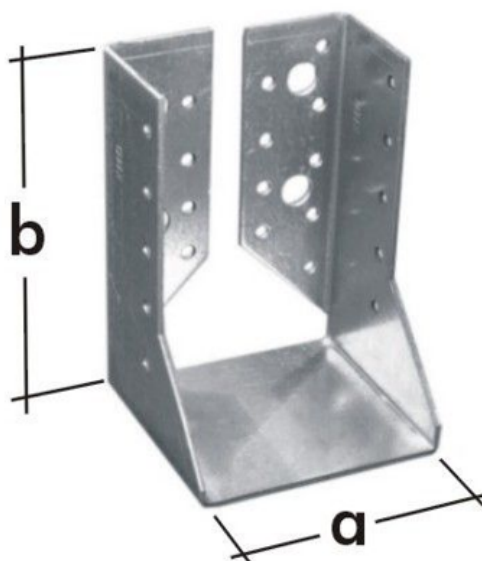
U napojení stáje na jízdárnu bylo využito odlišných rozměrů hlavních nosných prvků. Jako spojovací prvek je využit úhelník, který je částečně připevněn k nosnému prvku jízdárny a částečně k nosnému prvku stáje. Na každém spojovacím místě byly využity 3 kusy těchto spojovacích prostředků.



Obrázek č. 16 Konstrukce jízdárny a stáje
(Vlastní tvorba)

7.3.3 VLAŠSKÉ KROKVE - JÍZDÁRNA

Krokve o průřezu 100 x 180 mm jsou vyrobeny ze smrkových masivních hranolů. S nosnými prvky jsou spojeny kovovými profily tvaru U rozměru 100 x 170 mm (a x b), do nichž jsou krokve vloženy a zafixovány vruty M8 o délce 140 mm. Kromě uchycení palubek a střešní krytiny splňují další funkci, a to zvýšení stability konstrukce. Prvky jsou rozmístěny v osové vzdálenosti 800 mm s přesahem 385 mm.



Obrázek č. 17 Spojovací prvek na vaznice
(https://pozmet.pl/laczniki-do-drewna-dmx/38-wbz-wieszak-belki-zagiety.html#/wbz-wbz_28_wieszak80x180x75x20 27.3.2018)

7.3.4 VLAŠSKÉ KROKVE – STÁJ

U stáje jsou zvoleny vlašské krokve menší dimenze, a to 100 x 160 mm, které jsou vyrobeny ze smrkových hranolů. Spojení krokví s nosnými lepenými prvky je

vyřešeno pomocí kovových spojovacích profilů tvaru U (viz. obrázek č. 17) s rozměry 100 x 150 mm (a x b).

7.3.5 STĚNOVÉ RÁMY - STÁJ

Mezi svislými nosnými prvky u stáje jsou vsazeny rámy, které jsou zde umístěny především z důvodu aplikace izolace. Rámy jsou tvořeny smrkovými latěmi průřezu 60 x 40 mm. Rám je složen z horního a dolního prahu, dvou bočnic a vsazených svislých prvků, které jsou osově rozmístěny po 650 mm s tím, že první sloupek je osově odsazen pouze 575 mm kvůli dveřnímu otvoru ve stěně, který je šířky 1305 mm.

7.3.6 ROŠT – JÍZDÁRNA

Pro aplikaci palubek je v jízdárně navržen rošt, který je tvořen z masivních smrkových hranolů dimenze 80 x 100 mm a spojen s hlavními lepenými prvky pomocí kovových úhelníků zajištěnými vruty. Úhelník je zvolen o délce ramen 60 mm a šířce 45 mm. U okenních a dveřních otvorů jsou dřevěné prvky větších rozměrů (100 x 180 mm) kvůli požadavkům na únosnost dveří či oken.

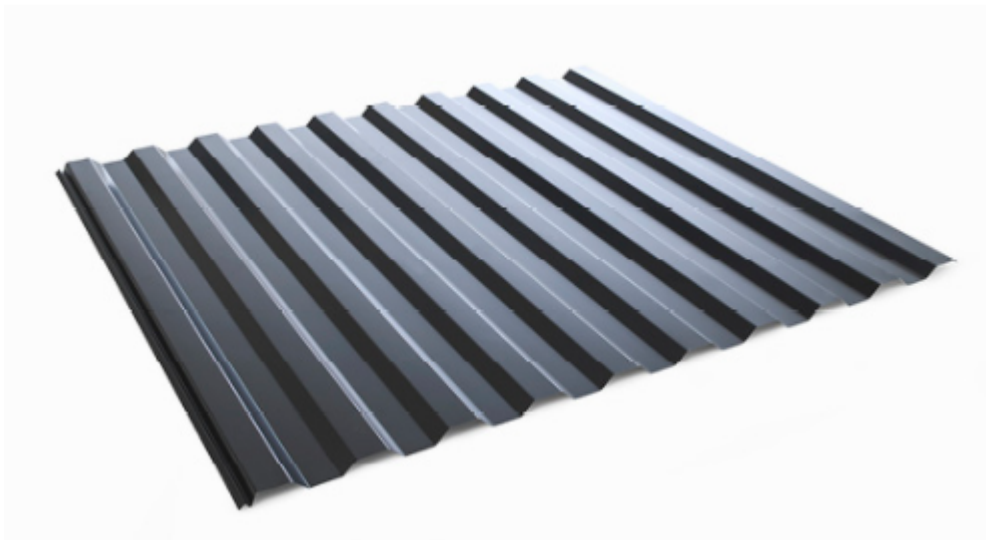
7.4 STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

7.4.1 STŘEŠNÍ KRYTINA

Střešní plášť je tvořen z trapézového plechu grafitové barvy, viz. obrázek č. 18. Tato střešní krytina je vyrobena z oceli třídy DX51, která je na obou plochách galvanizována zinkem a dále je opatřena pasivační vrstvou, základním nátěrem a povrchovou úpravou. Symetrický profil krytiny nepožaduje složitou základovou konstrukci z hlediska podepření. Speciální vodní drážkou je znemožněno proniknutí dešťové vody mezerami v místě překrytí plechů. Aplikovaný formát plechu je následující:

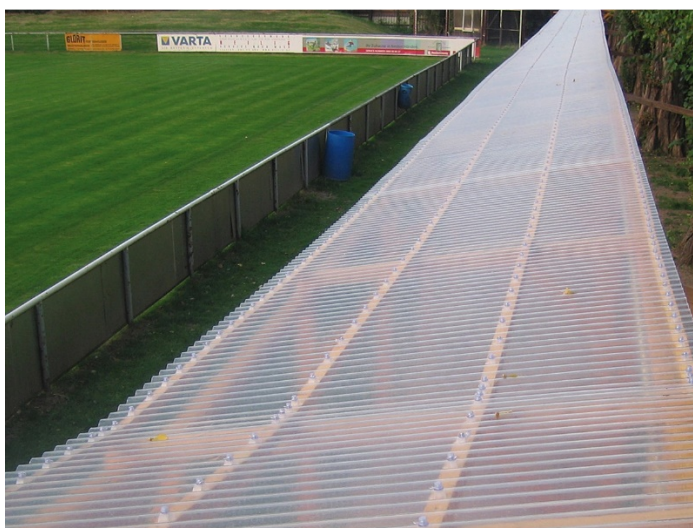
- tloušťka: 0,45 mm
- šířka: 1030 mm
- výška: 18 mm
- délka: 6000 mm

(Borga, ©2018)



Obrázek č. 18 Trapézový plech

(<https://www.borga.cz/plechova-stresni-krytina-a-doplanky/lehke-krytiny/> 1.4.2018)

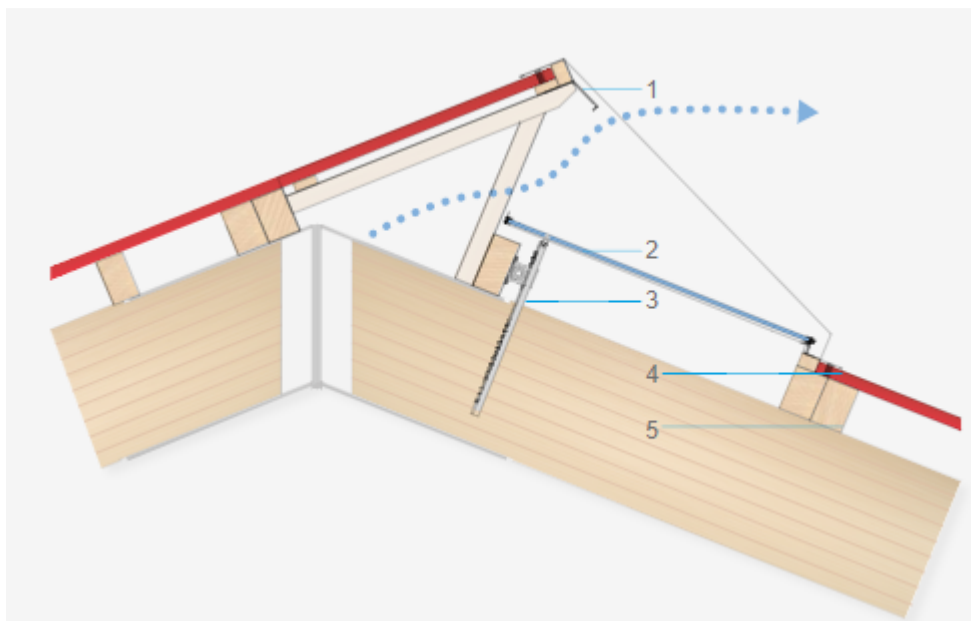


Obrázek č. 19 Střešní průsvitná krytina – stáj

(<https://www.xxlstavebniny.cz/sklolaminatova-role-filon-cira-prirodni-1-0x30m-30m2> 1.4.2018)

7.4.2 VĚTRÁNÍ

V jízdně je větrání řešeno v hřebenové části regulovatelným systémem v závislosti na požadovaném průtoku vzduchu. Výška odváděného vzduchu je běžných 350 – 400 mm. Řešení větrání je znázorněno na obrázku č. 20, které poskytuje firma Wolf systém, přičemž v daném návrhu vaznice lícují s horní hranou nosných rámu (WOLFsystem, ©2018).



Obrázek č. 20 Větrání v jízdárně

(<https://wolfsystem.de/unternehmen/technik/lueftungssysteme-dach.html>)

1 – odkapávací plech, 2 – akrylové sklo, 3 – polohovací mechanismus, 4 – střešní krytina, 5 – vaznice

U stáje je větrání řešeno pomocí větrací mezery mezi stěnou a střešní konstrukcí, která je výšky 10 cm. Mezera zajišťuje přívod čerstvého vzduchu a předchází vzniku nežádoucích klimatických podmínek pro koně ve stáji, viz. kapitola 4.2.1.2.

7.5 OPLÁŠTĚNÍ

Opláštění stěn je řešeno smrkovými palubkami o rozměrech 20 x 140 x 4000 mm, které jsou připojeny k vaznicím pomocí vrutů s průměrem závitů 4 mm a délkou 35 mm. Palubky současně zabezpečují část konstrukční ochrany tím, že zakrývají z bočních stran nosné prvky a vaznice. Pouze ve štítech jsou nosné rámy přiznané. Uvnitř jednotlivých boxů jsou stěny ve výšce 1 m zakryty materiálem, který je omyvatelný.

7.6 IZOLACE

Stěnové rámy ve stáji jsou vyplněny izolačním materiálem, konkrétně minerální vatou tloušťky 40 mm. Tato malá tloušťka je volena především z toho důvodu, aby nedocházelo k pronikání větru skladbou stěny, které je nežádoucí a dále, aby naopak v letních měsících nedocházelo k přehřívání vzduchu, který má negativní dopad na samotná zvířata.

7.7 OCELOVÁ TÁHLA

Ocelová táhla \varnothing 40 mm jsou součástí střešní konstrukce viz. obrázek č. 21, která jsou spojena spolu s dřevěnými prvky pomocí ocelových třmenů a vyvážena ocelovými prvky. Tyto táhla jsou součástí každého nosného rámu jízdárny. Ocelové táhlo je zajištěno na každé straně třemi šrouby o průměru 24 mm. Dále jsou v projektu ocelové prvky \varnothing 22 mm aplikovány v podobě prostorového ztužení, umístěných v každém čtvrtém poli jízdárny.



Obrázek č. 21 Ocelové táhlo
(PrvníStatická, ©2018)



Obrázek č. 22 Detail řešení ocelového táhla
(PrvníStatická, ©2018)



Obrázek č. 23 Jednotlivé části ocelového táhla ve stěnách a střeše
(Halfen, ©2018)



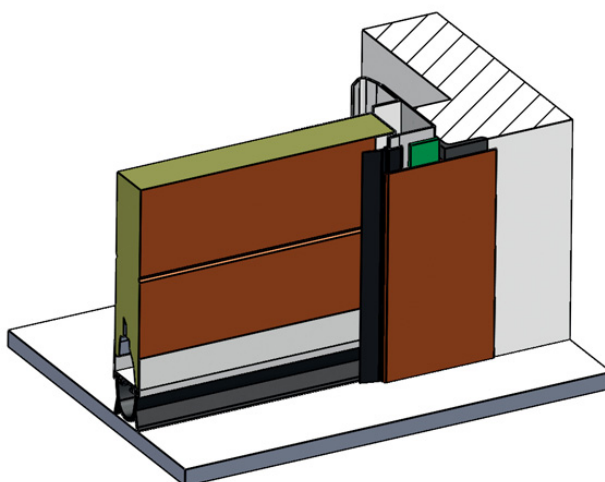
Obrázek č. 24 Řešení ocelových táhel ve stěnách a střeše
(Vala, 2018)

7.8 OKNA A DVEŘE

Okna se nachází především v hlavní hale a jsou navržena na obou štítových stěnách a jedné podélné. Jelikož jsou použity okenní křídla poměrně velkých rozměrů dochází k dostačujícímu prosvětlení objektu přirozeným světlem. Okna jsou navržena jako dřevěná povrchově upravena tmavým odstínem, který je v souladu s barvou střešní konstrukce. Okna ve stájích nejsou použita z důvodu toho, že každý box je vybaven otvorem nad dveřním křídlem. Aby však prosvětlení stáje bylo také dostačující,

aplikoval se na střešní konstrukci sklolaminátový materiál podél celé konstrukce stáje o šířce 0,7 m.

Dveře se nachází na několika místech objektu. Dveřní křídla umístěna ve štítové stěně jízdrny a boční stěně stáje jsou navržena jako garážová vrata, která jsou opět ve shodném designu jako okna a střešní konstrukce. Jelikož jsou vrata tvořena z jednotlivých prvků, tak při otevírání dochází k jejich skládání a není tedy vyžadován velký prostor při otevírání dveří. Ostatní dveře jsou řešeny jako dvoukřídlé dřevěné dveřní otvory, která jsou celá prosklená.



Obrázek č. 25 Technické řešení sekčních garážových vrat
(Trido, ©2011)

7.9 OCHRANA DŘEVA

7.9.1 KONSTRUKČNÍ OCHRANA

Konstrukční ochrana představuje souhrn konstrukčních a technických opatření, která napomáhají dřevu z hlediska ochrany před povětrnostními vlivy a zvýšenou vlhkostí ve stavbě (Ptáček, 2009). Voda proniká nejspíše do dřeva podél vláken, v takovém případě může dojít např. ke snížení pevnosti, změně vzhledu apod. Z tohoto důvodu by se měl brát zřetel na vystavování čelních ploch přímému působení vody, kterému lze předejít vhodným konstrukčním uspořádáním, popř. chemickou ochranou (Ptáček, 2009).

Prvky konstrukční ochrany aplikované na daném projektu:

- všechny dřevěné prvky nejsou v přímém kontaktu se zemí, ale jsou k zemi připojeny pomocí ocelových patek
- přesah střechy řešen dle autora Mohrmanna (2015), který poskytuje ochranu celé stěně vůči dešti nebo slunečnímu záření
- čela prvků tvořící přesah jsou řešena zkosením a oplechováním
- spoje řešeny tak, aby v nich nedocházelo ke shromažďování vody

7.9.2 POŽÁRNÍ OCHRANA

V kapitole 5.2.12 je uvedeno, že lepené lamelové dřevo z hlediska požární odolnosti je velice vhodným materiálem. LLD není upraveno žádnými chemickými prostředky, které mají za úkol zpomalovat hoření či zrychlovat tvorbu zuhelnatělé vrstvy. U velkorozměrových objektů musí být brána větší pozornost na tento aspekt, jelikož u těchto staveb je více komplikované hašení požáru (Remeš, 2017).

Při tomto návrhu byly zohledněny z hlediska požární bezpečnosti tyto řešení:

- dveřní otvory rozmístěny maximálně do vzdálenosti 30 m
- přednost dána kovovým spojům, které jsou z větší části zakryty ve dřevě

7.9.3 CHEMICKÁ OCHRANA

Dle normy ČSN EN 335-2 se návrh z hlediska chemické ochrany zařazuje do třídy ohrožení 2. Tato třída ohrožení se vyznačuje tím, že vlhkost může občas překročit více jak 20 %, dále se zde mohou vyskytovat dřevokazné houby Basidiomycetes, houby způsobující zamodránání dřeva, plísně a hmyz. Každá třída ohrožení požaduje určité účinky chemických ochranných prostředků. U třídy ohrožení 2 jsou následující:

- I_P (účinnost vůči hmyzu (preventivní))
- F_B (účinnost vůči houbám Basidiomycetes)
- B (účinnost vůči houbám způsobující zamodránání)
- P (účinnost vůči plísním)

(Ptáček, 2009)

Způsoby aplikace ochranného prostředku:

- povrchové (S)
- do hloubky (P)
- oba způsoby (SP)

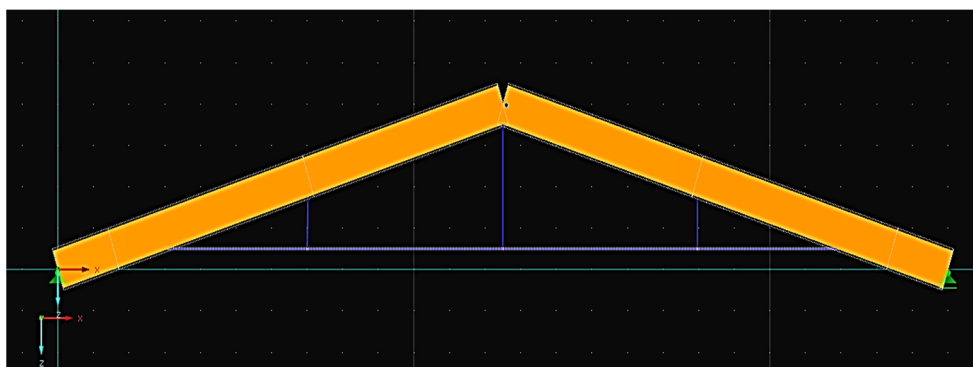
(Ptáček, 2009)

7.10 STATICKÁ ČÁST

7.10.1 VYMODELOVÁNÍ PRVKŮ V PROGRAMU DLUBAL

V přídatném modulu RSTAB je vymodelována střešní konstrukce jízďárny vč. ocelového táhla i střešní nosné prvky stáje v podobě 2D modelu. Nejprve ke každému modelu byly přiřazeny vazby, a následně určena působící zatížení, pro která byla ručně vypočtena tzv. vstupní data. Konkrétně se jednalo o tyto zatížení:

- vlastní tíha střechy
- zatížení sněhem
- zatížení větrem



Obrázek č. 26 Model střešní konstrukce jízďárny v programu DLUBAL
(Vlastní tvorba)

7.10.1.1 VLASTNÍ TÍHA

Pod tento druh zatížení patří vlastní tíha nosných i nenosných prvků. Pro získání vstupních hodnot týkající se stálého zatížení je potřebné mít informace o jednotlivých materiálech od výrobce či je nutný převod hmotnosti na zatížení pomocí tohoto vzorce:

$$F = m * g = \rho * V * g \text{ (N)}$$

kde: m ... hmotnost

g ... tíhové zrychlení

ρ ... hustota

V ... objem

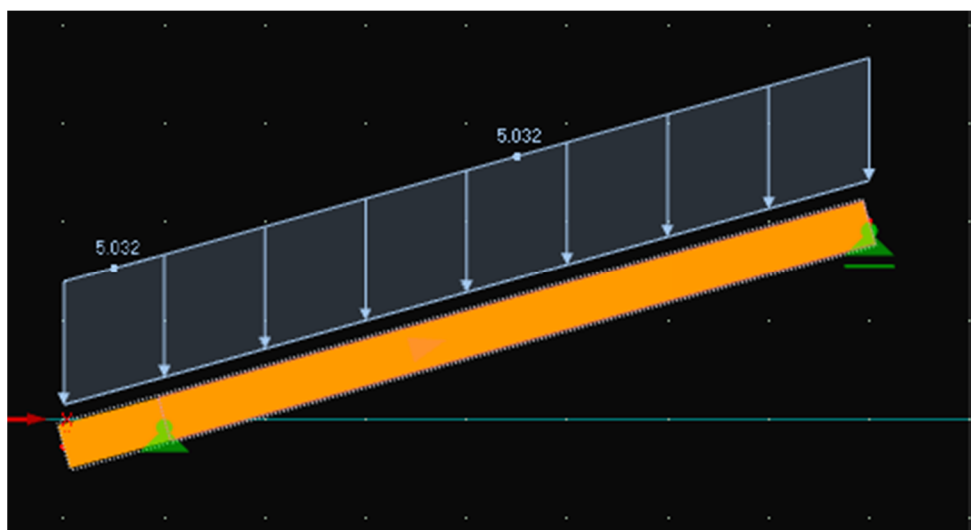
POZN.: Při tomto převodu je uvažováno tíhové zrychlení 10 m/s²

Tabulka č. 13 znázorňuje návrhové a charakteristické hodnoty jednotlivých komponentů střešní konstrukce. Návrhová hodnota daného elementu se získá tím, že charakteristická hodnota je vynásobena bezpečnostním koeficientem s hodnotou 1,3. Není zde výpočet lepeného nosníku, jelikož tento údaj nebyl potřeba vkládat do softwaru DLUBAL.

Tabulka č. 13 Návrhové a charakteristické hodnoty jednotlivých komponentů

Prvky	charakteristická hodnota	návrhová hodnota
Střešní krytina	0,172	0,224
Fólie	0	0
Vlašská krokev	0,347	0,451
Palubky	0,322	0,419
Σ	0,841	1,094

Zdroj: Vlastní tvorba



Obrázek č. 27 Model střešní konstrukce stáje v programu DLUBAL
(Vlastní tvorba)

7.10.1.2 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Jízdárna s přilehlou stájí spadá do kategorie užitného zatížení střech H (viz. kapitola 5.2.5). Ve zmíněné kapitole je uvedena hodnota $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$, která je dále vynásobena zatěžovací šířkou ($=3,5 \text{ m}$), a tím je dosaženo hodnoty zatížení na 1 m.

$$1) \quad q_1 = q_k * \text{š}$$

$$q_1 = 0,75 * 3,5$$

$$q_1 = 2,625 \text{ kN/m}$$

kde: q_k ... charakteristická hodnota pro užitné zatížení (střeška kategorie H)

š ... zatěžovací šířka

q_1 ... charakteristická hodnota pro užitné zatížení (vztaženo na 1 m)

Vynásobení charakteristické hodnoty q_1 bezpečnostním koeficientem k :

$$1) q_d = q_1 * k$$

$$q_d = 2,625 * 1,5$$

$$q_d = \underline{3,938 \text{ kN/m}}$$

7.10.1.3 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Tento typ zatížení je podrobněji popsán v kapitole 5.2.6. v němž je obsažen i tento vzorec: $s = \mu * C_e * C_t * s_k$ [N/m²]

Objekt je navržen pro sněhovou oblast II s indexem $s_k = 1,0$ kN/m², jelikož hlavní hala má sklon střechy 17° a stáj je navržena se sklonem střechy 12,5° byl použit tvarový součinitel $\mu = 0,8$. Místo, které je vybráno pro stavbu, se nenachází na zcela otevřeném prostranství, ale vyskytují se v okolí domy a vegetace, tudíž je pro součinitel expozice zvoleno $C_e = 1,0$. Pro tepelný součinitel, který je vázán na tepelnou propustnost střechy, je dle ČSN 1991-1-3 zvolena hodnota $C_t = 1,0$, jelikož se nejedná o zasklenou plochu, kde dochází k tání sněhu v důsledku prostupu tepla střechou.

Výpočet pro vstupní hodnotu do programu DLUBAL je následující:

$$1) s = \mu * C_e * C_t * s_k$$

$$s = 0,8 * 1 * 1 * 1$$

$$s = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

2) Pokud je tento výsledek vynásoben zatěžovací šířkou konstrukce, která u tohoto návrhu činí 3,5 m získáme hodnotu zatížení sněhem.

$$q = s * 3,5$$

$$q = 0,8 * 3,5$$

$$q = \underline{2,8 \text{ kN/m}}$$

Tabulka č. 14 Tvarový součinitel zatížení sněhem (pro sedlové střechy)

Úhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
Tvarový součinitel μ	0,8	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0

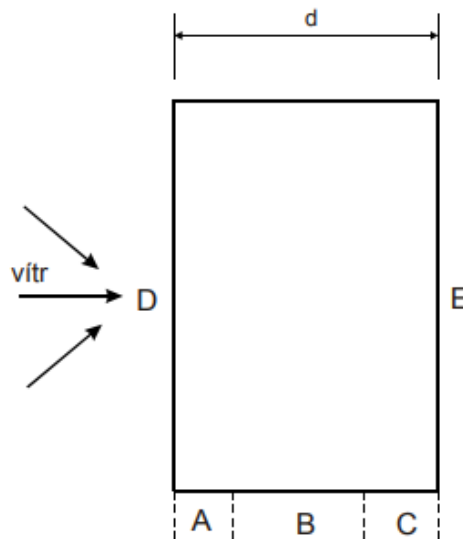
Zdroj: ČSN EN 1991-1-3

7.10.1.4 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení větrem je popsáno v kapitole 5.2.7. Stavba je umístěna ve větrné oblasti II a terénu, který je zařazen do kategorie III. Pro větrnou oblast II je výchozí základní rychlost větru 25 m/s, která byla zjištěna pomocí větrné mapy poskytované Českým

hydrometeorologickým ústavem. Terén, v jehož blízkosti se vyskytuje např. souvislý les, vesnice či předměstí spadá do kategorie III.

Jelikož se jedná o složitý výpočet, je aplikován zjednodušený výpočet dle ČSN 1991-1-4 a české národní přílohy, při kterém se vychází ze zjednodušeného dynamického tlaku větru $q_p = 0,5 \text{ kN/m}^2$. Určení hodnoty součinitele vnějšího tlaku c_{pe} předchází výpočet podílu h/d , kde písmeno **h** znamená celková výška budovy a písmeno **d** hloubku budovy. V tomto případě poměr činí $10/25 (= 0,4)$. Součinitel c_{pe} pro oblast D je roven 0,8. Pro oblast E, která představuje oblast sání je součinitel $c_{pe} = - 0,5$. Hodnota tohoto součinitele je doporučována normou pro hlavní konstrukce či rozměrné konstrukční prvky (např. rámy). Referenční výška (z_e) je uvažována 5 m.



Obrázek č. 28 Označení oblastí (půdorys)
(ČSN EN 1991-1-4)

Výpočet tlaku větru, který působí na vnější povrchy:

$$1) \quad w_D = q_p * c_{pe} * z_e$$

$$w_D = 0,5 * 0,8 * 5$$

$$w_D = \underline{\underline{2 \text{ kN/m}}}$$

Výpočet tlaku větru, který působí na vnitřní povrchy:

$$1) \quad w_E = q_p * c_{pi} * z_i$$

$$w_E = 0,5 * -0,5 * 5$$

$$w_E = \underline{\underline{- 1,25 \text{ kN/m}}}$$

7.10.2 POSOUZENÍ OCELOVÉHO TÁHLA

Po zjištění působící síly v táhle je navržen počet, dimenze a rozmístění spojovacích prostředků, kterými je ocelové táhlo $\varnothing 40$ mm spojeno s nosnými lepenými prvky. Pro návrh se vycházelo z normy ČSN 73 1702, tabulky z této normy jsou umístěny v příloze práce.

Ze statického výpočtu v softwaru DLUBAL bylo zjištěno napětí v táhle 243,390 MPa. Výpočet síly je následující:

$$1) \sigma = \frac{F}{S}$$

$$\sigma = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$243,390 = \frac{F}{\frac{\pi \cdot 0,04^2}{4}}$$

$$F = \underline{\underline{305,853 \text{ kN}}}$$

- 2) Pro upevnění ocelového táhla je vybrán šroub M24, materiálu 8.8 a třídy oceli S355. Dle normy ČSN EN 1993-1-8 je pevnost ve stříhu ($F_{v,Rd}$) pro jeden šroub tohoto typu 173,7 kN. Z toho vyplývá, že se musí aplikovat minimálně dva šrouby M24. V daném návrhu jsou zvoleny tři závitové tyče M24 a délky 350 mm.
- 3) Dle normy ČSN 73 1702 je navrženo rozmístění šroubů. Přičemž při směru působení síly šikmo k vláknům musí být spojovací prostředek od kraje dřevěného prvku $3,5 \cdot d$ (d = průměr šroubu). Osová vzdálenost těchto spojovacích prostředků musí být minimálně 100 mm, pro návrh byla zvolena osová vzdálenost 130 mm.

7.11 VÝMĚRY A CENOVÉ ZHODNOCENÍ POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

Na základě výkresové dokumentace je zpracován kusovník. Z kusovníku je patrné, kolik materiálu bude potřeba na realizaci jednotlivých konstrukčních prvků. Od těchto informací se odvíjí i ekonomické zhodnocení. Jelikož většina firem poskytuje

ceny produktů pouze na vyžádání, byla zvolena varianta osobní konzultace všech použitých prvků na stavbu s firmou Dřevěné konstrukce s.r.o.

Veškeré výměry a cenové zhodnocení použitých materiálů se nachází v příloze diplomové práce.

ZÁVĚR

Přínosem této diplomové práce má být především získání přehledu o zemědělských stavbách a jejich konstrukčních řešeních.

Praktická část je zaměřena na návrh jízďárny s přilehlou stájí. Pro tyto typy staveb je vhodné využití materiálů na bázi dřeva, a to také z architektonického hlediska.

Z tohoto důvodu bylo pro výše uvedenou stavbu použito lepené lamelové dřevo představující několik výhod, a tudíž je vhodnou volbou při aplikaci pro zemědělské budovy. Jedním z důvodů je i to, že dřevo a materiály z něj vyrobené jsou více odolné vůči agresivním látkám, které v těchto stavbách vznikají (např. látky vznikající z výkalů od zvířat) ve srovnání s ocelí. Pro nosné prvky bylo zvoleno smrkové lepené lamelové dřevo třídy GL 24 s homogenním průřezem, ostatní prvky jsou navrženy ze smrkového rostlého dřeva či KVH hranolů a opláštění konstrukce je vyřešeno smrkovými palubkami. Ztužení konstrukce je řešeno pomocí ocelových táhel. Co se týče kovových spojovacích prostředků, bylo zde snahou volit takové prvky, které jsou z větší části zakryté (např. ocelové kolíky s vloženou deskou ve dřevěném elementu), ať už z požárního hlediska, tak i estetického.

Po základním statickém ověření návrhu byla stavba označena jako vyhovující. Posuzována byla pouze nosná střešní konstrukce. Zvolené klimatické podmínky byly uvažovány pro Jihočeský kraj. Aby hlavní hala vyhověla statickým podmínkám, bylo potřeba střešní konstrukci doplnit o ocelové táhlo, jelikož největším problémem ve staticce bylo překlenutí velkého rozponu a eliminovat tak vodorovné síly. Základní statické posouzení bylo řešeno v programu DLUBAL a veškerý výpočet probíhal v souladu s Eurokódy. Protokol o statickém posouzení se nachází v příloze práce.

Výstupem je vlastní návrh jízďárny s přilehlou stájí, který je umístěn v příloze diplomové práce formou výkresové dokumentace. Jedním z hlavních cílů této práce je dostat zemědělské stavby na bázi dřeva do popředí a dávat přednost při volbě materiálu právě dřevu, jelikož se jedná o ekologický materiál, který dokáže být v příznivějším souladu se zvířaty. I přesto, že lepené lamelové dřevo, jak už vychází z názvu, obsahuje lepidlo, které je dominantním zdrojem formaldehydu, nehrozí žádné riziko ohledně dopadu na zdraví zvířat a lidí, jelikož všechny materiály na bázi dřeva jsou povinny splňovat přísné emisní limity. Navíc se jedná o velice zajímavou záležitost z hlediska estetického, která působí sama o sobě přirozeně.

SEZNAM LITERATURY

- ALSMARKER, T. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 Step1 – Navrhování a konstrukční materiály*. Zlín: Bohumil Koželouh, 1998. 114 s. ISBN 80-238-2620-4
- BAIER, J. *Ochrana dřeva*. Vyd.2. Praha: Grada, 2001. 93 s. ISBN 80-247-0050-6
- BÖHM, M.; REISNER, J.; BOMBA, J. *Materiály na bázi dřeva*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. 182 s. ISBN 978-80-213-2251-6
- DOLEŽAL, O.; BÍLEK, M. *Kritéria hodnocení kvality chovného prostředí z hlediska welfare zvířat a jejich uplatnění při ustájení skotu*. Odborný seminář s mezinárodní účastí „Ochrana zvířat a welfare“. FVHE VFU Brno, 1996. 14-18 s.
- DUŠEK, J. *Chov koní*. Vyd. 3. Praha: Brázda, 2011. 398 s. ISBN 978-80-209-0388-4
- FARM STRUCTURES. *Plan farm building as a system*. British Columbia, Ministry of Agriculture, 2015. 3 s. ISSN nevedeno
- GANDELOVÁ, L.; HORÁČEK, P.; ŠLEZINGEROVÁ, J. *Nauka o dřevě*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2002. 176 s. ISBN 80-7157-577-1
- HÁJEK, P.; FIALA, C.; HÁJEK, V. *Konstrukce pozemních staveb – komplexní přehled*. České vysoké učení technické v Praze, 2011. 180 s. ISBN nevedeno
- HUGUES, T.; STEIGER, L.; WEBER, J. *Timber construction*. Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG München. 2004. 110 s. ISBN 3-7643-7032-7
- HUML, M. *Problematika dřevěných lepených vazníků pro zastřešení hal*. Diplomová práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2014. 151 s.
- JELÍNEK, L.; ČERVENÝ P. *Tesařské konstrukce*. ČKAIT, 2012. 294 s. ISBN 978-80-87438-34-3
- JUNGA, P. *Zemědělské stavby I*. Mendelova univerzita v Brně, 2014. 160 s. ISBN 978-80-7509-012-6
- KIC, P. *Tvorba stájového prostředí*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, 1995. 47 s. ISBN 80-710-5106-3
- KIC, P. *Úprava vzduchu ve stájových objektech: (studijní zpráva) = Air conditioning in animal houses: (review)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996. 42 s. ISBN 80-851-2085-2

- KOUTNÝ, M. *Vliv zatížení sněhem a větrem na návrh velkorozponové halové konstrukce*. Diplomová práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011.
- KUKLÍK, P. *Dřevěné konstrukce*. ČKAIT, 2005. 172 s. ISBN 8086769720
- KUKLÍK, P.; KUKLÍKOVÁ, A. *Navrhování dřevěných konstrukcí*. ČKAIT, 2010. 140 s. ISBN 978-80-8709-388-7
- KUKLÍK, P.; KUKLÍKOVÁ, A.; MIKEŠ, K. *Dřevěné konstrukce I*. České vysoké učení technické v Praze, 2010. 95 s. ISBN 978-80-01-05227-3
- LOKAJ, A. *Dřevostavby a dřevěné konstrukce. I. a II. díl*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. 309 s. ISBN 978-80-7204-732-1
- LORENZ, K. *Navrhování nosných konstrukcí*. ČKAIT, 2015. 288 s. ISBN 978-80-87438-65-7
- MATĚJKA, J. *Teplotní a vlhkostní poměry stájových objektů pro skot v zimním a přechodném období*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 1994. 9 s. ISBN neuvedeno
- MOTYČKA, L. *Dřevěné konstrukce - Navrhování podle ČSN EN 1995-1-1*. Průmyslová škola v Letohradě, 2009. 82 s. ISBN neuvedeno
- PTÁČEK, P. *Ochrana dřeva*. Praha: Grada, 2009. 95 s. ISBN 978-80-247-2326-6
- REINPRECHT, L. *Ochrana dřeva*. Technická univerzita vo Zvolene, 2008. 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6
- REISNER, J.; BÖHM, M. *Lepené lamelové dřevo*. Lesnická práce 11/2010 str. 27
- REMEŠ, J. et al. *Stavební příručka*. Vyd. 2. Praha: Grada, 2017. ISBN 978-80-2475142-9
- STRAKA, B.; BUKOVSKÝ, L. *Navrhování dřevěných konstrukcí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1996. 120 s. ISBN 80-7204-015-4
- SÝKORA, J. *Zemědělské stavby – základy navrhování*. Vyd.1. Praha: Grada Publishing, 2014. 128 s. ISBN 978-80-247-5273-0
- THELANDERSSON, S.; LARSEN, H. J. *Timber Engineering*. Chichester: Wiley, 2003. 446 s. ISBN 0-470-84469-8
- ŽÁK, J.; REINPRECHT, L. *Ochrana dřeva ve stavbě*. Vyd. 1. Praha: Arch, 1998. 95 s. ISBN 80-86165-00-0

INTERNETOVÉ ZDROJE

- ADEMA, S. *Design and Construction of Farm Buildings: Current Issues and Concerns*. (online). 2012 (cit. 2018-03-03). Dostupné z WWW:<<https://www.oboa.on.ca/events/2012/sessions/files/221.pdf>>
- ASB-portal. *Navrhování dřevěných konstrukcí podle eurokódu 5*. (online). 2008 (cit. 2018-03-03). Dostupné z WWW:<<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/navrhovani-drevenych-konstrukci-podle-eurokodu-5>>
- ASB-portal. *Konstrukce bazénové haly v Brně - Kohoutovicích*. (online). 2008 (cit. 2018-03-03). Dostupné z WWW:< <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/konstrukce-bazenove-haly-vbrne-kohoutovicich> >
- CANADIEN WOOD COUNCIL. *Engineered wood products*. (online). 2011 (cit. 2018-02-12). Dostupné z WWW: <<http://cwc.ca/wood-products/glulam/>>
- ČSÚ. *Krátkodobá statistika stavebnictví – Metodika*. (online). 2018 (cit. 2018-03-15). Dostupné z WWW:<https://www.czso.cz/csu/czso/stavebnictvi_metodika>
- DAŇKOVÁ, J. et., *Koroze kovových spojovacích prostředků ve dřevě modifikovaném silikony*. (online). 2015 (cit. 2018-02-20). Dostupné z WWW: <<https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/kom.2015.59.issue-4/kom-2015-0023/kom-2015-0023.pdf>>
- DŘEVO&STAVBY. *Odborná konference na téma zemědělské stavby*. (online). 2017 (cit. 2018-03-27). Dostupné z WWW:<<http://www.drevoastavby.cz/kalendar/view/476> >
- DUFKOVÁ, M. *Požadavky na požární bezpečnost dřevostaveb*. (online). 2011 (cit. 2018-03-04). Dostupné z WWW:<<http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby-nove/7184-pozadavky-na-pozarni-bezpecnost-drevostaveb>>
- HOLICKÝ, M. *Zatížení během provádění*. (online). 2007 (cit. 2018-02-24). Dostupné z WWW: <http://www.betontks.cz/sites/default/files/2007-3-55_0.pdf>
- KASPERCZ. *Konstrukce z lepeného lamelového dřeva*. (online). 2018 (cit. 2018-03-15). Dostupné z WWW:<<http://kaspergroup.cz/media/1800/KasperCZ-Konstrukce-z-lepeneho-dreva.pdf>>
- KOŽELOUH, B. *Příklady výpočtu podle Eurokódu 5 (I.)*. (online). 2016 (cit. 2018-03-03). Dostupné z WWW:<<http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/13762-priklady-vypoctu-podle-eurokodu-5-i>>

- KRŽIŠNIK, D.; LESAR, B.; THALER, N.; HUMAR, M. *Micro and material climate monitoring in wooden buildings in sub-Alpine environments*. (online) 2018 (cit. 2018-02-25). Dostupné z WWW:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818301417>>
- KUBEČKOVÁ SKULINOVÁ, D. *Technologie řízení výstavby*. (online). 2007 (cit. 2018-02-25). Dostupné z WWW:<<http://fast10.vsb.cz/skulinova/technologie/>>
- MALO, K.A. *Educational Materilas for Designing and of Timber Structures – TEMTIS – Handbook 1 – Timber Structures*. (online). 2008 (cit. 2018-03-15). Dostupné z WWW:<http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook1_final.pdf>
- MICHALCOVÁ, V.; KOZUBKOVÁ, M. *Experimentální a numerické modelování účinků zatížení konstrukcí větrem*. (online). 2006 (cit. 2018-02-24). Dostupné z WWW:<http://fast10.vsb.cz/science/mm2006/docs/michalcova_1.pdf>
- MOODY, R.C.; HERNANDEZ, R. *Glued-Laminated Timber*. (online). 1997 (cit. 2018-02-24). Dostupné z WWW:<<https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1997/moody97a.pdf>>
- NIS. *Požární odolnost dřeva*. (online). 2013 (cit. 2018-03-04). Dostupné z WWW:<<http://www.n-i-s.cz/cz/pozarni-odolnost-dreva/page/493/>>
- PAINTER, G.; HSUMAN, H.; PRITZKER, M. *Prediction of oriented strand board properties from mat formation and compression operating conditions. Part 2: MOE prediction and process optimization*. (online). 2006 (cit. 2018-03-15). Dostupné z WWW:<<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00226-005-0050-9>>
- PORTÁL ČESKÉHO STAVEBNICTVÍ. *Eurokódy*. (online). 2009 (cit. 2018-02-19). Dostupné z WWW:<<http://www.ceskestavebnictvi.cz/rubrika.html?k=14&l=1.10>>
- PROMAT-Praha. *Dřevěné konstrukce*. (online). 2018 (cit. 2018-03-04). Dostupné z WWW:<http://web.promatpraha.cz/admin/files_upl/6372.pdf>
- SCHICKHOFER, G. *Holzbau*. (online). 2006 (cit. 2018-03-15). Dostupné z WWW:<<http://www.prolignum.sk/fileadmin/flippingbooks/prolignum-edice1/files/assets/basic-html/index.html#page1>>
- STAVÍMESRUB. *Požární odolnost dřevěných konstrukcí*. (online). 2018 (cit. 2018-03-04). Dostupné z WWW:<<http://www.stavimesrub.cz/kategorie/pozarni-odolnost.aspx>>

- STRAKA, B. *Halové stavby s dřevěnými obloukovými, vazníkovými a rámovými nosnými dílci*. (online). 2007 (cit. 2018-03-15). Dostupné z WWW: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/halove-stavby-s-drevenymi-obloukovymi-vaznikovymi-a-ramovymi-nosnymi-dilci_A442_I10_07>
- SYNAPSIS. *Stavebnictví*. (online). 2018 (cit. 2018-03-15). Dostupné z WWW: <<http://www.synapsis.cz/dotace-eu/dotace-dle-odvetvi/stavebnictvi/>>
- ŠTIČKA, D. *Mapa větrných oblastí ČR*. (online). 2007 (cit. 2018-03-04). Dostupné z WWW: <<http://www.sticka.cz/mapy/>>
- TAMBOR, V. *Mapa sněhových oblastí ČR*. (online). 2007 (cit. 2018-03-04). Dostupné z WWW: <<http://www.tvmetal.cz/mapy/>>
- TZBinfo. *Příklady výpočtu podle Eurokódu 5 (I.)*. (online). 2016 (cit. 2018-02-18). Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/13762-priklady-vypoctu-podle-eurokodu-5-i>>
- VÁCHA, J. *Zatížení větrem podle ČSN EN 1991-1-4 zvýší ceny konstrukcí stěn a opláštění*. (online). 2010 (cit. 2018-02-24). Dostupné z WWW: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/zatizeni-vetrem-podle-csn-en-1991-1-4-zvysi-ceny-konstrukci-sten-a-oplasteni_N3735>
- VALA, P. *Dřevo v kombinaci s dalšími materiály*. (online). 2018 (cit. 2018-03-30). Dostupné z WWW: <<http://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/3817-drevo-v-kombinaci-s-dalsimi-materialy>>

WEBOVÉ STRÁNKY

- www.azkotveni.cz
- www.borga.cz
- www.halfen.com
- www.hasslacher.com
- www.kaspercz.cz
- www.mm-holz.com/
- www.modrin-sibirsky.cz
- www.palis.cz
- www.pozmet.pl
- www.protah.cz
- www.prvnistaticka.cz
- www.schneider-holz.com
- www.technickenormy.cz
- www.trido.cz
- www.wiehag.com
- www.wolfssystem.de
- www.kontrakting.sk
- www.horsesandheels.com
- www.xxlstavebniny.cz

NORMY A VYHLÁŠKY

- Česko. Ministerstvo dopravy. Vyhláška č. 341 ze dne 31.12.2014 o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2014, částka 134. Dostupné z WWW: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>>
- Česko. Ministerstvo pro místní rozvoj. Vyhláška č. 20 ze dne 20. ledna 2012 o technických požadavcích na stavby. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2009, částka 6. Dostupné z WWW: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-20>>
- Česko. Ministerstvo pro místní rozvoj. Zákon č. 183 ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 63. Dostupné z WWW: <<https://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-183-2006-sb-o-uzemnim-planovani-a-stavebnim-radu-stavebni-zakon/uplne/>>
- Česko. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 208 ze dne 26. dubna 2004 o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2004, částka 69. Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_Vyhlaska-2004-208-ochranazvirat.html>
- ČSN 73 4501. *Stavby pro hospodářská zvířata - Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 28 s.
- ČSN 73 4501. *Stavby pro hospodářská zvířata – Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 28 s.
- ČSN EN 14080. *Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2013. 88 s.
- ČSN EN 14081-1. *Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo obdélníkového průřezu tříděné podle pevnosti - Část 1: Obecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2016. 44 s.
- ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 44 s.
- ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 52 s.
- ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 124 s.
- ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2016. 16 s.

- ČSN 73 1702. *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, 2007. 174 s.

SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

- 1) Pohledy
- 2) Půdorysné řezy
- 3) Příčné řezy
- 4) Podélné řezy
- 5) Detaily hlavních spojů
- 6) 3D model konstrukce

STATICKÁ ČÁST

- 1) Protokol – jízďárna
- 2) Protokol – stáj

KUSOVNÍK A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

- 1) Výměry jednotlivých konstrukčních prvků a jejich cenové zhodnocení