



Moravskoslezský dřevařský klastr

STAVEBNÍ PARTNER



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mendelova
univerzita
v Brně



ISSN 1805-5958

Informace o projektu PARTNERSTVÍ

Hlavním cílem projektu „Partnerství v oblasti stavebnictví a architektury“, jehož hlavním realizátorem je Moravskoslezský dřevařský klastr (MSDK) je podpora spolupráce a vytvoření silného partnerství v oblasti stavebnictví a architektury mezi vysokými školami (VŠB-TUO – Fakulta stavební, Mendelova univerzita v Brně – Lesnická a dřevařská fakulta) a Moravskoslezským dřevařským klastrem. Účelem partnerství bude výměna informací, poznatků a prohlubování spolupráce v oblasti stavebnictví a architektury prostřednictvím kulatých stolů, interaktivních seminářů – panelových diskuzí, workshopů a konferencí. Těžištěm projektu bude vytvoření dobře fungující sítě odborných praxí, které budou realizovány přímo na stavbách. Studenti a akademičtí pracovníci budou úzce spolupracovat s firmami na procesu výstavby objektů a získají poznatky přímo z praxe. Budou si tak moci sami prakticky vyzkoušet projektování stavby, získání stavebních povolení, přípravu stavby a jejich realizace, zajištění technického zařízení budov a architektury interiéru apod. Odborných praxí se budou účastnit skupiny složené z odborných asistentů, studentů doktorského a magisterského studia 4. a 5. ročníků vždy pod dohledem zkušených pracovníků firem (členů MSDK) zapojených do partnerství. Prostřednictvím praxí tak dojde k přenosu poznatků z praxe do výuky. Transfer informací z výuky do oblasti stavebnictví do praxe bude realizován prostřednictvím kulatých stolů, neformálních diskuzí, vytvořeného odborného e-časopisu, seminářů, workshopů a konferencí s mezinárodní účastí. Celkovým výstupem projektu bude navázání dlouhodobé spolupráce mezi VŠ institucemi a firmami sdruženými v MSDK v oblasti stavebnictví a architektury prostřednictvím realizování jednotlivých projektových aktivit.

Složení vědecké rady

doc. Dr. Ing. Pavel Král

doc. Dr. Ing. Zdeňka Havířová

Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.

prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.

doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.

Složení redakční rady

Ing. Jitka Čechová

Ing. et Ing. Jan Klepárník, Ph.D.

Ing. Pavla Mocová

Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.

Ing. Miroslav Vacula

Ing. Jiří Labudek

Pavel KRÁL¹, Tomáš PIPÍŠKA², Vladimír LINHART³

DIGITALIZACE A ROBOTIZACE ZPRACOVÁNÍ VELKOPLOŠNÝCH MATERIÁLŮ

Abstrakt

Témata digitalizace a robotizace jsou již dlouho diskutována a často i realizována napříč průmyslem zpracování dřeva a materiálů na bázi dřeva. Hovoří se o nich zejména v kontextu s akutním nedostatkem pracovníků (jakýchkoliv) na trhu práce a zvýšením produktivity práce. Podle všeho představují jedinou cestu, jak dlouhodobě obstát v tvrdém konkurenčním prostředí. Článek se zabývá digitalizací skladu velkoplošných materiálů a robotizací ukládání dílců na pracovní stůl CNC obráběcích center v sériové a zakázkové výrobě.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, materiály na bázi dřeva, skladování materiálu, CNC obráběcí centrum

1 ÚVOD

V případě zpracování velkoplošného materiálu se již používá systém **automatického skladu**, který řeší nejen uskladnění všech používaných materiálů, ale provádí také automatizované zakládání do velkoplošné dělicí pily, případně nestingového obráběcího centra. Sklad se skládá z plochy, kde jsou umístěny pozice jednotlivých balíků materiálů a dále z manipulačního ramene, které pomocí podtlakových přísavek provádí přesun desek v rámci skladu (pohyb v osách X a Y, včetně otočení). Jednotlivé pozice jsou buďto pevně definované (stejný typ materiálu), nebo jsou složeny z kombinace různých desek. Zakládání do skladu probíhá tak, že pracovník zaveze celý balík desek do vyhrazené pozice, ze které si podtlakový manipulátor postupně všechny desky přesune na pozice ve skladu.

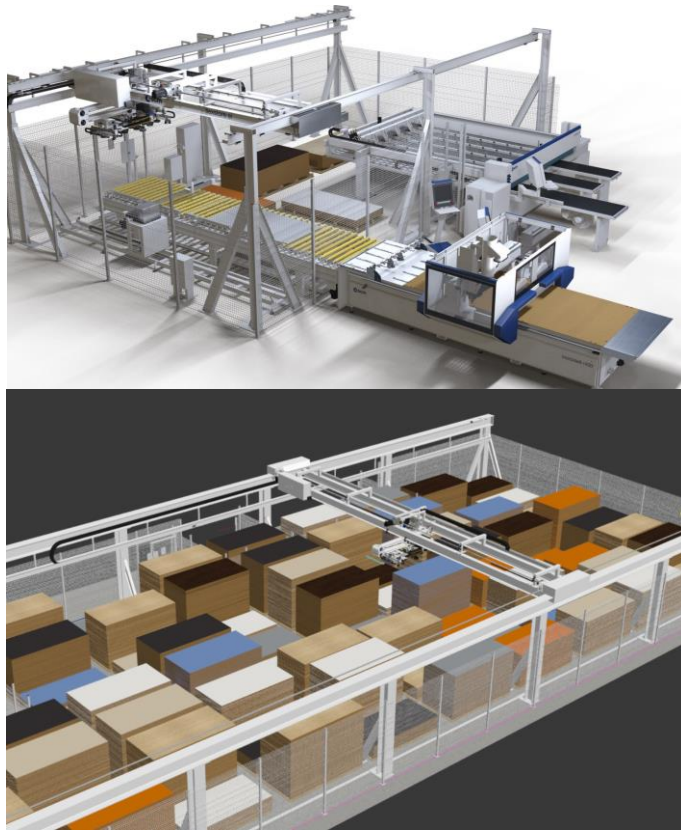
Příprava materiálu pro danou výrobní dávku je řízena z nadřazeného softwaru, který v kombinaci s automatickým skladem s předstihem připraví potřebný materiál na další den. Předností tohoto systému je zcela autonomní chod, jehož cyklus je optimalizovaně řízen dle požadované výrobní dávky.

Rozměry skladu jsou modulární dle počtu požadovaných pozic a dále pak podle orientace a napojení obsluhovaných strojů. Obecně se rozměry mohou pohybovat v těchto hodnotách: 7 až 16 m (šířka), 12 až 60 m (délka). Výška balíku desek ve skladu je cca 2 metry (viz obr. 1).

¹ doc. Dr. Ing. Pavel Král., Ústav nauky o dřevě, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, tel.: (+420) 604 847 509, e-mail: kral@mendelu.cz

² Ing. et Ing. Tomáš Pipíška., Ústav nauky o dřevě, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, tel.: (+421) 910 417 933, e-mail: xpipiska@node.mendelu.cz

³ Ing. Vladimír Linhart, Ústav nauky o dřevě, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, tel.: (+420) 732 102 027, e-mail: vllinhart@seznam.cz



Obr. 1: Automatizovaný sklad SCM (FlexStore) [1]

2 ROBOTIZACE

U CNC obráběcích center (s pohyblivým ramenem či portálem) lze realizovat automatizaci např. v podobě robota (obr. 2), který provádí operace zakládání a odebírání obrobků. Uchopování materiálu probíhá ve většině případů pomocí podtlaku, ale existují i speciální hlavy např. s mechanickým upnutím do svěrek. Na trhu je k dispozici velké množství robotů, které je možné pro tyto činnosti využít. Klíčovým faktorem je však úroveň komunikačního a řídicího propojení mezi robotem a CNC strojem. Důležitá je také otázka bezpečnosti a certifikace dle CE norem. Po přidání robota k CNC stroji přestávají platit jednotlivé CE normy obou zařízení a je nutná nová certifikace celého řešení. Zejména z těchto důvodů se doporučuje zvolit řešení přímo od výrobců CNC strojů.



Obr. 2: Robot pro zakládání a odebrání obrobků [1]

Nejjednodušší aplikace je v **sériové výrobě**, kde se ke stroji doveze paleta stejných dílců a obsluha robota „naučí“ pohyb, který je potřeba vykonávat. Robot pak postupně stejnými pohyby zpracuje celou paletu. Pracovní program a nastavení CNC stroje je v těchto případech pro všechny dílce z palety stejný, takže není nutné žádné pokročilé řešení. Robot se strojem sdílí signály pro upnutí/uvolnění dílce, spuštění pracovního cyklu a bezpečnostní zóny pro eliminaci kolize.

Výrazně složitější je robotizace v **zakázkové výrobě**, kde každý dílec má nejen různý rozměr, ale i odlišný pracovní program. K tomu je nutné pro každý dílec nastavit správné uspořádání pracovního stolu (trámce a přísavky). Obsluha stroje ke stroji přiváží paletu s různými dílci vyrovnanými do stohu, který je dostatečně stabilní i po obrobení (opačné uspořádání). Pořadí dílců je buďto předem pevně dané a CNC stroj dle toho automaticky spouští jednotlivé programy (včetně nastavení pracovního stolu). Pořadí dílců může být libovolné (dle toho, jak je nachystá obsluha). V tomto případě musí být každý dílec na horní straně opatřen etiketou s **čárovým kódem**, který je nasnímám pomocí kamery umístěné na upínací hlavě robotického ramene. Po načtení kódu je vyvolán příslušný pracovní program a nastaven stůl.

Důležitým bodem je fáze **zarovnání dílců vůči referenčním dorazům**. Jedním z řešení nepřesné orientace dílce je provedení jeho dotlačení vůči dorazům na pracovním stole. To však klade zvýšené nároky na přesnost naskládání dílců na paletě a funguje jen do určité míry nepřesnosti. Druhou možností je odložení dílce do **rovnací stolice**, kde je dílec uvolněn. Ten vlastní vahou sjede po šikmé ploše do dorazového rohu. Podtlakové rameno dílec znovu upne a umístí ho na pracovní stůl stroje. Jedná se sice o časově delší operaci, ale eliminuje se tím riziko nepřesného založení.

Klasická CNC obráběcí centra mají různě velké pracovní stoly. Většinou se jejich délka pohybuje v rozpětí od 3 do 6 m. Akční rádius **stacionárních** (nepojízdných) robotů se dosahuje max. do cca 3,5 metru. S tímto dosahem však nelze, při dodržení všech bezpečnostních odstupových vzdáleností, plnohodnotně obsáhnout 3 m verzi stolu. V takových případech je proto robot často určen pro použití pouze na jedné polovině pracovního stolu. Dochází tak k prodlevám, protože během činnosti robota nemůže stroj obrábět dílec na opačné straně stolu (tzv. kyvadlové obrábění). Naproti tomu použití **pojízdného robota** (obr. 3) dovoluje plně využít **kyvadlové obrábění** při jakékoliv rozměrové variantě CNC stroje. Toto řešení je nejčastěji řešeno tak, že za strojem je umístěna pojízdná dráha, po které se robot pohybuje. Další výhodou je získání více prostoru pro zakládací a odebrací palety. V neposlední řadě je důležité, aby bylo možné robotickou manipulaci zcela vypnout a mít možnost stroj obsluhovat standardně z přední strany bez jakéhokoliv omezení. [2]



Obr. 3: Pojízdný robot KUKA umístěný ze zadní strany CNC stroje Accord 40 FX (SCM) [1]

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu Partnerství v oblasti stavebnictví a architektury, č. projektu: CZ.1.07/2.4.00/17.0064.

LITERATURA

- [1] Firemní podklady firmy PANAS, spol. s r.o.
- [2] https://www.scmgroup.com/en_US/scmwood/products/machining-centres.c874/machining-centres-for-boring-routing-edge-banding.876

DIGITALIZATION AND ROBOTIZATION OF MANUFACTURING WOOD BASED MATERIALS

Keywords

Industry 4.0, wood based materials, storage of material, CNC machining center

Summary

This topics about digitalization and robotization have been discussed for a long time. They are implement in the industry of wood working and wood based materials too. We are talking about with acute lack of labor in the labor market and increasing of productivity. It seems to be the only way to be successful in a hard competitive surroundings. This article talking about digitalization of material storage and robotization of loading of wood based panels on working place in the CNC machining center in series or working for customer.

Pavla KOTÁSKOVÁ⁴

DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ SPORTOVNÍCH HAL

Abstrakt

Článek je zaměřen na možné způsoby řešení nosné konstrukce střech objektů sportovních hal s velkým rozpětím dřevěnou konstrukcí. V současné době je větší zájem o dřevěné konstrukce i v oblasti zastřešení objektů velkých rozpětí, jako jsou zimní stadiony, plavecké bazény nebo jiné sportovní haly. Dřevěné konstrukce se ponechávají pohledové, vyhledávané jsou zejména pro přírodní a esteticky příjemný vzhled. Ze dřeva je tak možné vytvořit i technicky velmi zajímavé konstrukce.

Průměr stromů sice omezuje velikost řezaného sortimentu, ale výroba lepeného lamelového dřeva nebo vrstveného dřeva poskytuje projektantům několik kompenzačních alternativ. Prvky lepených konstrukcí jsou prakticky neomezené ve výšce, šířce i délce a mohou být vyráběny v širokém rozsahu tvarů. Lepená konstrukce poskytuje vyšší návrhové pevnosti než běžné řezivo a poskytuje lepší využití dostupných zásob dřeva tím, že dovoluje výrobu velkých dřevěných konstrukčních dílců z menších profilů řeziva. Technický pokrok v lamelování za posledních pět desetiletí dále zvýšil vhodnost a technické vlastnosti dřeva pro moderní užití i u konstrukcí zastřešení.

Klíčová slova

vazníky, rámové konstrukce, příhradové konstrukce, dřevěné spoje, lepené lamelové dřevo, vrstvené dřevo

ÚVOD

Stavby občanské, jako jsou i větší sportovní haly, bývají navrhovány se specifickými požadavky na vzhled objektu a z toho vychází i různé geometrické tvary střechy a zajímavá architektonická řešení střešní konstrukce.

Nosné konstrukce s velkým rozpětím často dosahují stejné konstrukční výšky, jako je užitková výška nacházející se pod ní. Při začlenění nosné konstrukce do prostoru se dosáhne účinné výšky prostoru až po střešní plášť. Nosná konstrukce se potom stává architektonickým prostorotvorným prvkem a její zformování hraje důležitou úlohu. [1]

Velikost rozpětí střešní konstrukce vychází z dispozice a podpůrné konstrukce pro zastřešení sportovní haly. Velikosti těchto objektů závisí na tom, zda se jedná o halu pouze pro trénování nebo je navrhována i pro určitý počet diváků. Základní rozměry hrací plochy se odvozují především podle potřeb sportovní činnosti, která bude v hale provozována. Dispozice sportovních hal sice nezahrnuje jen hrací plochy, ale je třeba z těchto rozměrů vycházet. Pro každý sport jsou rozličné potřebné půdorysné rozměry i světlá výška haly viz tab. 1.

⁴ Ing. Pavla Kotásková, Ph.D., Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny, LDF MENDELU, Zemědělská 1, 613 00 Brno, tel.: (+420) 545 134 010, e-mail: pavlakot@mendelu.cz

Tab. 1: Rozměry jednotlivých sportovních hřišť [2]:

druh sportu	rozměry hrací plochy
volejbal	18 x 9 m + výběhy
tenis	23,77 x 10,97 m + výběhy (např. 36 x 18 m)
malá kopaná (futsal)	40 x 20 m + výběhy
házená	40 x 20 m + výběhy
basketbal	minimálně 26 x 14 m
nohejbal	25 x 15 m
vybíjená	16 x 18 m
florbal	40 x 20 m
hokej	61 x 30 m, minimálně 56 x 26 m

V dnešní době se navrhují často haly víceúčelové pro možnost provozovat několik sportů. Příklady rozměrů multifunkčních sportovních hřišť:

- 43 x 23 m – pro házenou, malý fotbal, tenis, badminton, volejbal, nohejbal a košíkovou,
- 34 x 17 m - tenis, badminton, volejbal, nohejbal a košíkovou

Dřevěné konstrukce zastřešení se navrhují i v halách s plaveckými bazény. Bazény mohou být navrhovány pro plavání, vodní pólo, skokanské nebo jako víceúčelové pro možnost kombinace těchto sportů, dále bazény relaxační - welnes centra apod. Relaxační bazény se mohou navrhovat libovolných tvarů a velikostí.

Plavecké bazény jsou o rozměrech 50 x 25 m nebo 25 x 12,5 m. Plavecké dráhy jsou u 25-ti metrového bazénu 2,0 m a u bazénu 50-ti metrového 2,5 m. Počet drah se doporučuje sudý. Krajiní dráhy mají být rozšířeny o 0,25 m u 25-ti metrového bazénu a 0,5 m u 50-ti metrového. Pokud se navrhují menší bazény, které mají sloužit i pro závodění např. ve školách, mají mít délkové rozměry 10 m, 12,5 m nebo 16,67 m. Šířka je libovolná, doporučuje se 6 až 8 m pro vytýčení 3 – 4 drah. Bazény pro vodní pólo se samostatně nestaví, vyhovují i běžné plavecké bazény 25 x 12,5 m. Skokanské bazény nejsou většinou problematické půdorysnými rozměry, ale jejich hloubkou, která u 10 metrové věže musí být až 5 m. [3]

Požadavky na prostory pro diváky v hledištích se zabývá norma ČSN EN 13200-1, v níž je stanoven mimo jiné i výpočet křivky viditelnosti. Technická kritéria pro navrhování nových hygienických (sanitárních) a pomocných zařízení a šaten, požadavky na rozměry a vybavení (i pro osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace) stanovuje ČSN 73 4108.

Způsob zastřešení tedy vychází zejména z požadavku na architektonický vzhled, rozpětí a možnosti podepření střešní konstrukce. Jak uvádí ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení, střechy musí splňovat základní požadavky jako je mechanická odolnost a stabilita, požární odolnost, ochrana vnitřního prostředí proti hluku, hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí (vyloučení výskytu plísní, průsaku vody a

vyloučení vlhnutí stavebních konstrukcí a následné zhoršení vnitřního prostředí vlhkostí), úspora energie a tepelná ochrana, ale je třeba při návrhu splnit i estetické požadavky na vzhled střechy.

Nosná konstrukce střechy má být navržena tak, aby její trvanlivost byla stejná jako nosná konstrukce stavby. Spolehlivost se zajišťuje odpovídajícím technickým řešením a údržbou střech. Musí být projektantem stanoven režim prohlídek, kontrol, údržby a obnovy střechy včetně odvodňovacích prvků. [4]

Tradičním materiálem pro střešní nosné konstrukce je dřevo. Pevnost dřeva, nízká hmotnost a schopnost pohlcování energie poskytují vlastnosti nezbytné i pro dřevěné střešní konstrukce velkých rozpětí. Dřevo je schopné přenášet zejména krátkodobé přetížení bez nepříznivých účinků. V rozporu s všeobecným přesvědčením o hořlavosti dřeva, velké dřevěné prvky poskytují dobré ohnivzdorné vlastnosti, které se rovnají nebo převyšují vlastnosti jiných materiálů při extrémním působení požáru. Z ekonomického hlediska, dřevo je konkurenční s dalšími materiály na základě nákupní ceny a ukazuje výhody při srovnávání nákladů na životnost.

Dřevo je náchylné k hnilobě nebo napadení hmyzem ve specifických podmínkách, je to však neodmyslitelně velmi trvanlivý materiál, když je chráněno před vlhkostí. Použití konzervačních prostředků na dřevo prodloužilo životnost dřeva použitého i ve vlhkém prostředí jako jsou haly s bazény. Použitím moderních aplikačních technik a ochranných chemických prostředků, může být dřevo nyní efektivně chráněno před poškozením pro období 50 nebo více let.

MOŽNOSTI ZASTŘEŠENÍ

Zastřešení pro velká rozpětí je možné řešit rovinnými dřevěnými konstrukcemi (konstrukce přenáší zatížení, které působí v jejich rovině, zatížení působící kolmo na jejich rovinu je nutné převést ztužidly - zavětrováním konstrukce) nebo prostorovými dřevěnými konstrukcemi (působí jako jeden celek, přenáší zatížení působící v libovolném směru, na únosnosti se podílejí všechny prvky).

Rovinné dřevěné konstrukce

Vazníky

Nejjednodušším a nejpoužívanějším typem rovinné dřevěné konstrukce zastřešení jsou vazníky. Z hlediska konstrukčního mohou být navrhovány vazníky plnostěnné nebo příhradové. Vazníky jsou horizontální nosné konstrukční prvky, které jsou ukládány na vertikální nosné konstrukční prvky (stěny, průvlaky nebo přímo sloupy). Prostorová stabilita nosné konstrukce, která vznikne spojením vazníků a podpěr, se zajistí ztužidly - zavětrováním. [5]

Plnostěnné vazníky

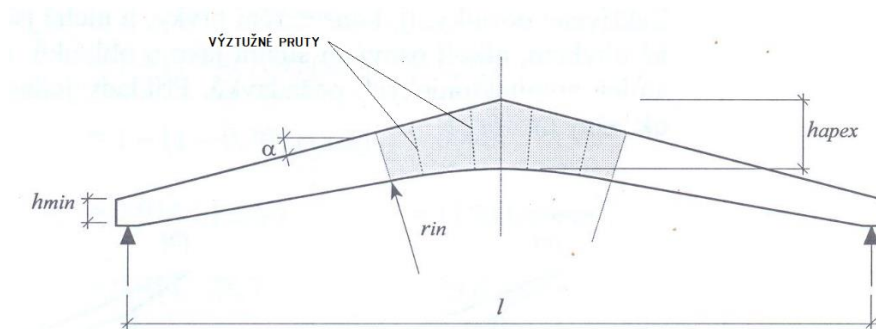
Překlenutí velkých rozpětí plnostěnnými vazníky lze zajistit nejlépe lepenými lamelovými nosníky. V zásadě je možné vyrobit nosníky jakékoli velikosti, ale je třeba počítat nejen s možnostmi výrobních závodů, ale i s dopravou prvků z výroby na stavbu. Jak uvádí Larsen [6] při šířkách větších než 240 mm je lamela obvykle vytvořena ze dvou přířezů, uložených vedle sebe. To však zvyšuje náklady a cenově příznivější je používání zdvojených prvků. Pokud je nutné spolupůsobení vedle sebe uložených prvků, lze ho zajistit mechanickými spojovacími prostředky nebo lepením.



Obr. 1: Kanadský olympijský park - winssport arenas Calgary Alberta, Kanada [7]

Vazníky pak mohou být řešeny jako nosníky konstantního průřezu, pultové nebo sedlové. Výhodou sedlových nosníků je lepší využití výšky nosníku, která sleduje momentovou čáru. Zajímavou alternativou po stránce architektonické jsou zakřivené nosníky nebo nosníky s nadvýšeným průřezem, u kterých je však nutné počítat s vysokým napětím v tahu kolmo k vláknům [8].

Na obr. 2 je ukázka zesílení vazníku (konstrukce s namáháním tahem kolmo k vláknům) a vyztužení vlepanými ocelovými tyčemi.



Obr. 2: Nadvýšený sedlový vazník – střední část (šrafovaná vrcholová oblast) je na dolní straně zakřivená a je vyztužena výztužnými pruty [9]

Jak uvádí Kuklík [5], u dřevěných nosníků dochází při dlouhodobém zatížení vlivem dotvarování ke zvětšení průhybu, který dosahuje přibližně dvojnásobku okamžitého pružného průhybu. Proto je výhodné navrhovat nosníky s nadvýšením odpovídajícím 1/300 rozpětí.



Obr. 3: Střešní konstrukce sportovní haly v Plzni realizována v r. 2007 - lepené dřevěné sedlové vazníky se spodní částí obloukovou, ve střední části mají vazníky výšku lepeného profilu 2 750 mm. Konstrukce je dále doplněna lepenými dřevěnými ztužidly a ocelovým zavětrováním. [10]

Příhradové vazníky

Střešní příhradové vazníky mohou být realizovány z řeziva, ale v dnešní době je výhodné využívat pro jednotlivé pruty lepené lamelové dřevo nebo i vrstvené dřevo (LVL – Laminated Veneer Lumber). U vrstveného dřeva i lepeného lamelového dřeva se použitým výrobním postupem a skladbou účinně kompenzuje nestejnorodost suroviny.

Vrstvené dřevo na příhradové vazníky je vyráběné slisováním několika vrstev dýh opatřených lepidlem, podobně jako u výroby překližky. Na rozdíl od překližky jsou dýhy pokládány na sebe s vzájemně rovnoběžnými vlákny. Požadavky pro vrstvené dřevo na nosné účely jsou stanoveny v ČSN EN 14374 Vrstvené dřevo pro nosné účely – Požadavky. Výrobní postup je založen na využití několikanásobně vyšší pevnosti dřevních vláken v podélném směru než ve směru příčném [11]. Jak srovnává Koželouh [12], průměrná variabilita pevnosti v ohybu vrstveného dřeva byla zjištěna menší než 15 %, zatímco u pevnostně tříděného rostlého dřeva je tato hodnota 20 až 30 %.

Příhradový vazník je typická prutová soustava, která sestává z dolního a horního pásu a výplňových prutů – diagonál a svislic. Pro spojování prutů ve styčnicích se používají různé druhy spojovacích prostředků [13]:

- připojení pomocí tradičních mechanických spojovacích prostředků (hřebíků, svorníků, vrutů) se stále používá, ale pro rozpětí zpravidla do 15 m event. 18 m,
- připojení pomocí kovových desek s prolisovanými trny - desky Gang-Nail je vhodné pro rozpon vazníků až do 30 m,
- připojení pomocí hmoždíkových spojů – ozubené hmoždíky typu Bulldog zalisované do spár spojovaných dřev,
- připojení pomocí vnitřních nebo vnějších ocelových styčnickových plechů – styčnickové plechy jsou vkládány do výřezů ve dřevěných profilech, pro spojení dřeva a plechů malé tloušťky se používají hřebíky, pro spojení s plechy tloušťky nad 4 mm se používají ocelové kolíky nebo samovrtné vruty,

- připojení pomocí speciálních spojovacích prvků, např. ocelové desky s navařenými trny – systém MKD

Poslední z uvedených způsobů patří mezi novější typy. Jak uvádí Straka [13], výhodou vazníků s připojením pomocí vnitřních nebo vnějších ocelových styčnickových plechů je velká únosnost a možnost vytvářet geometricky složité tvary na velká rozpětí.

Spojovací desky (hmoždíky) MKD jsou spojovací prostředky, které lze používat pro spojování příhradových prutů z rostlého dřeva, lepeného lamelového dřeva nebo vrstveného dřeva. Jedná se o ocelové desky tl. 10 mm, na ně jsou oboustranně navařeny hřeby v předepsaných roztečích. Tyto spojovací desky (hmoždíky) MKD jsou zalisovány mezi dva dřevěné prvky.

Dřevěné prvky se složí do tvaru požadované příhradoviny a aretují se. Potom se ve styčnicích do těchto dřevěných prutů zalisují pomocí hydraulického lisu spojovací desky MKD. Druhé poloviny dřevěných prvků se uloží na hroty hřebíků spojovacích desek MKD a zalisují se na speciálním lisovacím zařízení. [14]

Terminologie pro spojovací desky (hmoždíky) MKD není v české odborné literatuře zatím sjednocena. V německy psané literatuře se používá názvu MKD (Multi-Krallen-Dubel), v anglicky psané literatuře název MNC (Multiple Nail Connectors = spojovací desky s vícenásobnými hřebíky).

Vazníky MKD působí velmi elegantně, neboť na jejich povrchu nejsou vidět žádné spojovací prostředky, na rozdíl od vazníků spojovaných hřebíky, kolíky, svorníky nebo deskami s prolisovanými hroty (Gang-nail). Tím, že jsou spojovací prostředky (hmoždíky MKD) z obou stran chráněny dřevem dosahují vazníky MKD velmi vysokou požární odolnost. Požární odolnost do 30 minut je prakticky vždy splněna a to bez použití jakýchkoliv protipožárních nátěrů, či nástřiků. [14]

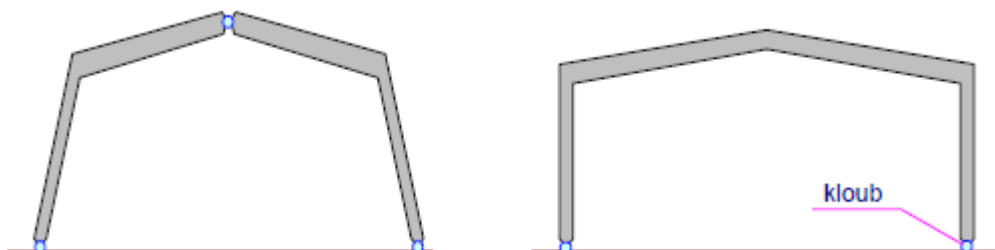
Navíc působí velmi čistě a elegantně, neboť na povrchu nejsou vidět žádné spojovací prostředky. Na rozdíl od předchozího systému lze tedy tyto konstrukce ponechat v interiéru jako pohledové. [15]



Obr. 4: Zastřešení tenisové haly v Turnově - dřevěná příhradová konstrukce s ocelovými styčnickovými deskami s prolisovanými trny [16]

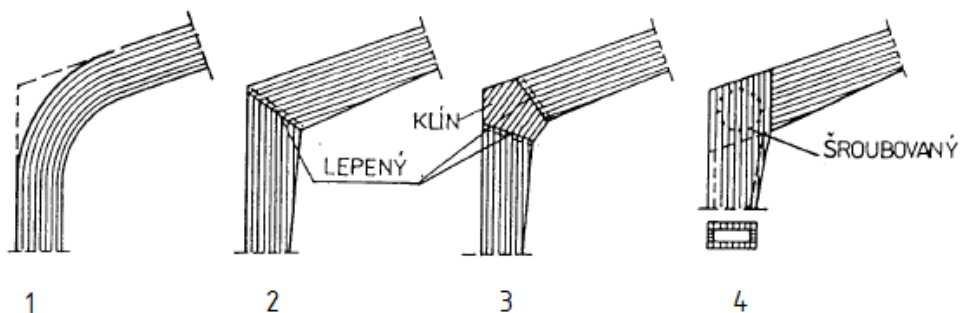
Rámové soustavy

Nosná střešní konstrukce u rámové soustavy je tvořena příčlím rámu, která je propojena s rámovými stojkami. Rámy mohou být plnostěnné i příhradové. Po stránce statické se nejčastěji na haly velkých rozpětí navrhují rámy trojkloubové a dvojklobové.



Obr. 5: Trojkloubové a dvojklobové rámy [17]

Provedení rámového rohu - napojení příčle ke stojce je nejdůležitějším detailem. U plnostěnných ráků se řeší několika způsoby, viz obr. 6:



Obr. 6: Možnosti provedení rámového rohu [5]: 1 – stykování zakřivením střednice rámu, 2 – lepený zubovitý spoj, 3 – lepený spoj s vloženým klínem, 4 – šroubovaný rámový roh

Zakřivené rámy jsou zpravidla vyráběny s vnitřním poloměrem křivosti v rámovém rohu 3 až 5 m. Je nutné navrhnut dostatečnou tloušťku lamel, neboť jejich ohýbáním při výrobě se vyvozují napětí v ohybu. [9]

Příklad využití rámové lepené konstrukce je na obr. 7. Jedná se o bazénovou halu v Brně – Kohoutovicích, která má nepravidelný půdorysný tvar se základními půdorysnými rozměry přibližně 58 × 38 m a různou výškovou úroveň střešní plochy. Nosnou konstrukci tvoří dvojklobové rámy se zakřiveným rámovým rohem (rozpětí činí 24,8 m až 35,4 m). Zakřivené rohy nosných ráků působí dobrým dojmem jak uvnitř haly, tak i z venkovní části, a celek je tak architektonicky zajímavý. Průřez hlavních ráků je 240 × 1960 mm, v rohu pak 2945 mm z důvodu dodržení požadovaného tvaru. Konstrukce je zařazena do 3. třídy provozu (vlhké prostředí), a proto je pro tuto konstrukci použito lepeného lamelového dřeva

pevnosti SA (GL 24). Vrstvy střešních a stěnových plášťů jsou provedeny z OSB desek. Používanými spoji jsou vložené ocelové plechy s otvory pro čepy (tj. kolíkové spojení). Stabilita jednotlivých segmentů je zajištěna střešním opláštěním a výztuhami. [18]



Obr. 7: Bazénová hala v Brně – Kohoutovicích [19]

Na specifický konstrukční detail rámového rohu, jak uvádí Straka [13], se používají lepené zubovité spoje s délkou zubů cca 50 mm nebo ocelové plechy a kolíkové spojovací prostředky. Lepený spoj lze považovat za tuhý, u spojů s mechanickými prostředky je třeba počítat s poddajností přípoje v rámovém rohu, která se projeví odpovídajícím pootočením a zvýšeným namáháním příčle rámu.

Příhradové rámy se řeší podobně jako příhradové vazníky. Z důvodů přepravy se ve výrobě připraví jednotlivé dílce (nejčastěji stojky a vazník) a montážními spoji se sestaví na stavbě.

Obloukové konstrukce

Oblouky jsou pro větší rozpětí vhodnější než rámy, protože ohybové momenty jsou v porovnání s rámy poměrně malé. Na výrobu obloukových konstrukcí lze využít plnostěnné vazníky z lepeného nebo vrstveného dřeva nebo příhradové konstrukce z téhož materiálu, včetně masivního dřeva. Nejčastěji jsou využívány kruhový nebo parabolický tvar oblouku, ale z architektonického důvodu mohou být navrhovány i tvary nepravidelné.

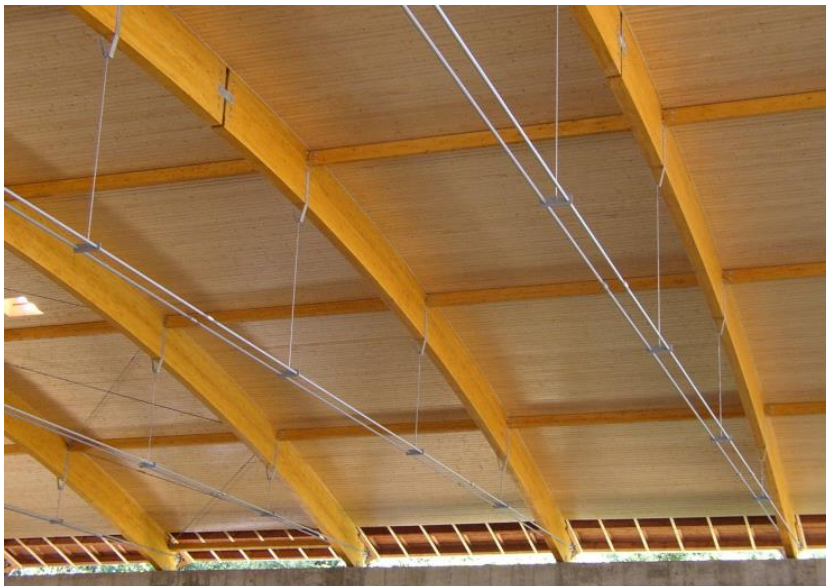


Obr. 8: Multifunkční hala v Kašperských horách (realizace 2015) - lepené obloukové vazníky s ocelovým táhlem a s dřevěnou vzpěrou. [20]

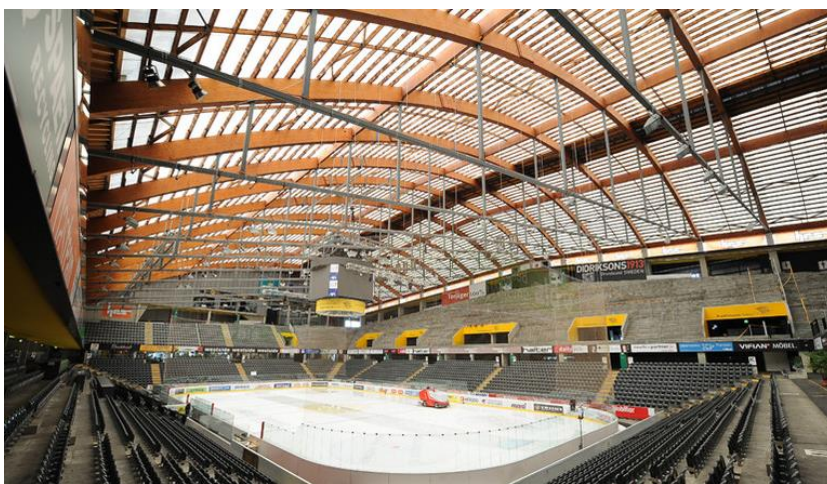
Lepené trojkloubové a dvojkoubové oblouky patří k běžně používaným nosným dílcům halových staveb. Výhodou je příznivé statické působení oblouků, poměrně jednoduchá skladba konstrukce, zavedená technologie výroby oblouků, estetický vzhled, použití standardních konstrukčních detailů a z toho vyplývající, zpravidla ve srovnání s jinými typy příznivé, ekonomické náklady na realizaci konstrukce. [21]

Kombinované konstrukce

Kombinací dřevěných prvků s ocelovými je možné vytvořit konstrukce vhodné pro velká rozpětí. Jsou to například příhradové vazníky s kovovými taženými pásy, nebo lepené vazníky ze dřeva a oceli, vlepené ocelové tyčové prvky do dřevěného prvku tvořící výztuž. Některé lepené dřevěné obloukové vazníky musí být doplněné o dvojici ocelových táhel, lepená ztužidla, ocelové zavětrovací kříže tak, jak je patrné z konstrukce např. zimního stadionu ve Zlíně (obr. 9) nebo zimního stadionu v Bernu (obr. 10). Aréna v Bernu byla postavena v roce 1967 a pojmul 17 131 diváků. Nosná konstrukce střechy obsahuje oblouky z lepeného lamelového dřeva, je doplněná ocelovými táhly a zavětrováním. Maximální rozpětí těchto oblouků je 85 metrů.

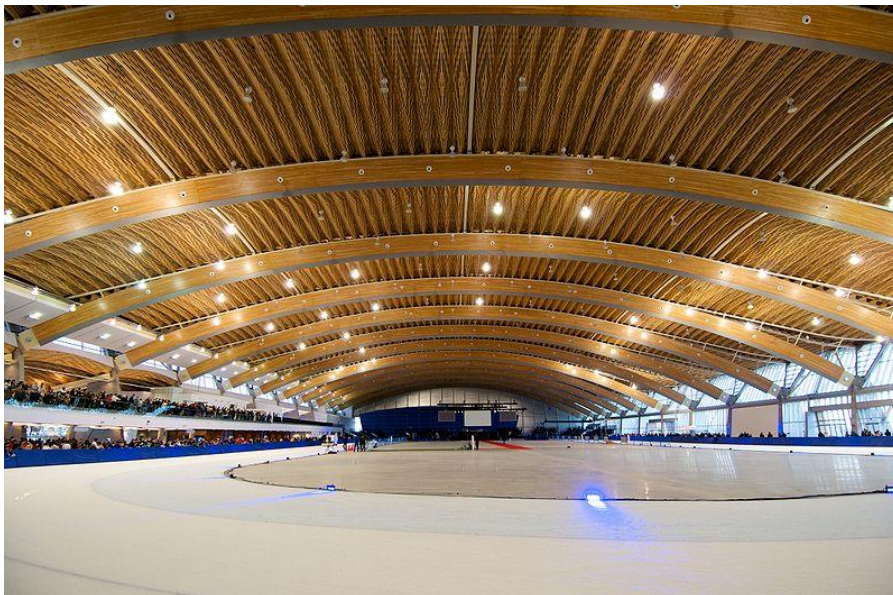


Obr. 9: Zimní stadion ve Zlíně - lepené dřevěné obloukové vazníky s dvojicí ocelových táhel [22]



Obr. 10: Zimní stadion v Bernu - PostFinance Arena, parabolický dvoukloubový oblouk s ocelovým táhlem [23]

Další kombinovaná konstrukce byla realizována v kanadském Richmondu v provincii Britská Kolumbie (obr. 11 a 12). Postavena byla v letech 2006–2008 v nadmořské výšce 4 m pro konání rychlobruslařských soutěží na Zimních olympijských hrách 2010, během ZOH 2010 její kapacita činila 8000 diváků.



Obr. 11: Střecha z lamelových nosníků víceúčelové sportovní haly v kanadském Richmondu. Hala postavena pro konání rychlobruslařských soutěží na zimních olympijských hrách 2010, po jejich skončení slouží k různým sportovním akcím. [24]



Obr. 12: Detailní pohled na kombinovanou konstrukci nosníků [25]

Prostorové konstrukce

Dřevěné prostorové rámové konstrukce nejsou tak časté. Na přenosu zatížení prostorových konstrukcí se podílejí všechny konstrukční prvky. Nevýhodou jsou většinou

složitější stavební konstrukce, požadující vyšší náklady a vyšší pracnost a horší protipožární odolnost díky velké povrchové ploše prvků prostorové konstrukce. Naopak výhodou jsou menší deformace oproti rovinným konstrukcím. Jak uvádí Koželouh [9], selhání jednoho nebo omezeného počtu konstrukčních prvků nevede nutně k selhání celé konstrukce.

Pro zastřešení hal prostorovými konstrukcemi se používá lepené lamelové dřevo nebo vrstvené dřevo. Ve spojích se používají ocelové spojovací prvky.

Jedná se o trojrozměrné nosné systémy ve formě trámových roštů u použití plnostěnných nosníků, prostorových prutových konstrukcí u příhradových nosníků nebo použití kopulí. Mezi nejrozšířenější typ kopulí lze zařadit žebrové kopule nad kruhovým nebo mnohoúhelníkovým půdorysem viz obr. 13 a 14.



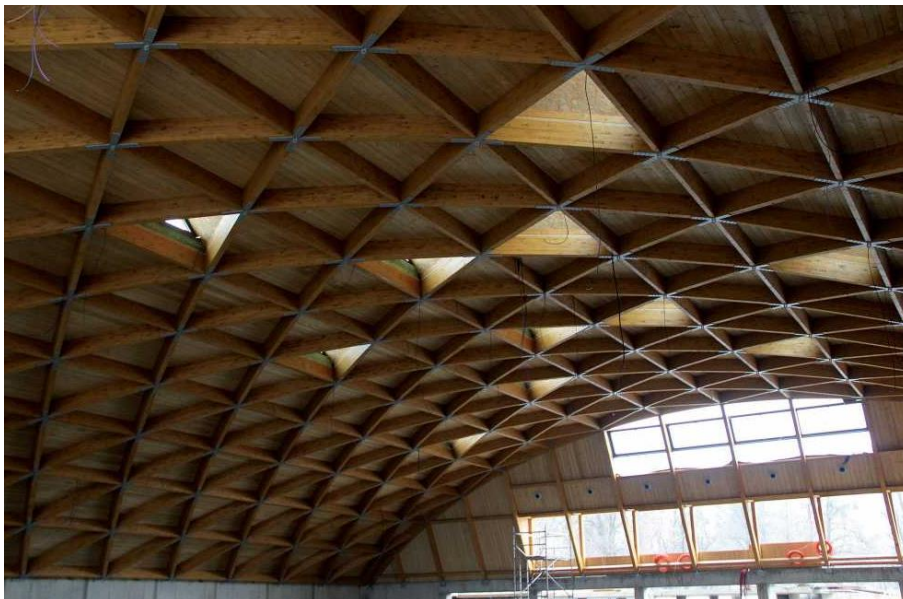
Obr. 13: Montáž zastřešení haly Skydome (kopule) v roce 1977, průměr 153 m, 1977, Flagsaff, Arizona, USA [26]



Obr. 14: Hala Skydome Flagsaff, Arizona, USA – prostorová konstrukce zastřešení - 15 tisíc pevných sedadel [26]

Dalším typem prostorové konstrukce jsou skořepiny (obr. 15). Jedná se o tenké a tuhé zakřivené membrány, které plní nejen nosnou funkci, ale vytváří tvar povrchu střešního pláště. Tloušťka skořepinové konstrukce je malá v porovnání s ostatními rozměry skořepinové plochy. Plochy skořepiny mohou být jednoduše nebo dvojité zakřivené (hyperbolické a eliptické paraboloidy) vždy tak, aby byly minimalizovány ohybové momenty kolmo k ploše skořepiny na minimum.

Dřevěné skořepiny sestávají ze dvou hlavních částí, samotné skořepinové membrány a okrajových nosníků. U některých střech se také používají výztužná žebra. Mohou být tedy řešeny jako plnostěnné nebo mřížové a síťové, pokud je membrána vyztužena žebry, oblouky nebo mřížovinou. Nosná plocha je tradičně z řeziva, ale v dnešní době z materiálů na bázi dřeva nejčastěji překližek nebo vrstveného dřeva.



Obr. 15: Zastřešení tenisové haly v Košicích je navrženo jako příhradová skořepina ve tvaru válcové klenby, která má vzepětí 5,7 m a rozpětí 36,9 m. Základní síť je tvořena rovnostrannými trojúhelníky z přímých lepených dřevěných prvků o průřezu 140×400 mm a délce 3 m. Celkem bylo vylepeno 350 kusů diagonál a 2 postranní oblouky. Konstrukce byla navržena tak, aby bylo maximálně využito klenbového efektu, tedy hlavní namáhání v diagonálách bylo tlakové. [27]

V následující části jsou vybrány další stavby, kde je realizováno architektonicky zajímavé řešení zastřešení sportovních hal. Dřevo, jako ideální materiál pro tyto konstrukce, na člověka v těchto prostorách příjemně působí. Střešní konstrukce v solánkových lázních Bad Dürreim spočívá na pěti stromových podpěrách, žebra skořepiny jsou z lepeného lamelového dřeva. Plášť tvoří dvě vrstvy bednění. Stavba byla postavena před 30 lety a nosná dřevěná konstrukce i v těchto prostorách s bazény se slanou vodou nevykazuje porušení.



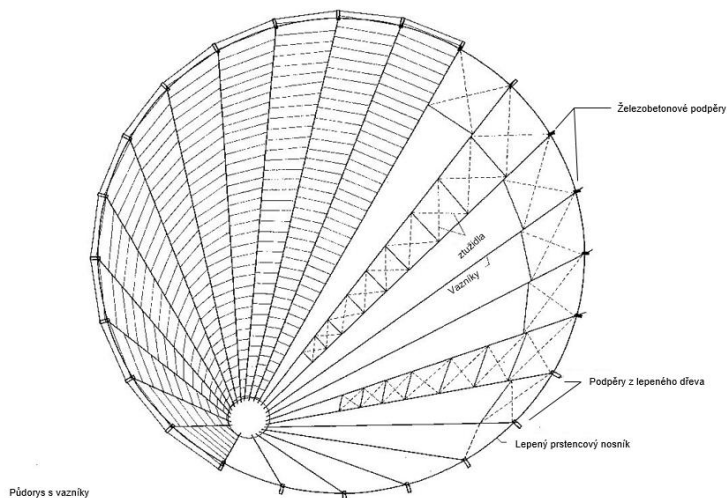
Obr. 16: Žebrová skořepina – zastřešení solánkové lázně, 1987, Bad Dürreim, Německo [28]



Obr. 17: Žebra dřevěné střešní konstrukce konstrukce - Bad Dürreim [30]



Obr. 18: Zastřešení bazénu Barsinghausen - průměr 42 m, závěsné lepené nosníky [29]



Obr. 19: Schéma zastřešení bazénu Barsinghausen, průměr 42 m, závěsné lepené nosníky

LITERATURA

- [1] SCHUNCK, E. Atlas střech: šikmé střechy. Bratislava: Jaga, 2003. ISBN 80-88905-58-3.
- [2] KOTÁSKOVÁ, P. Krajinné stavitelství pro rekreační využití. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 978-80-7375-342-9.
- [3] APPL, T. Sportovní bazény - jejich konstrukce a využití [online]. 2005 [cit. 2018-08-19].

Dostupné

z:

http://www.bazeny-wellness.cz/pages/clanky/osveta/sportovni_bazeny.pdf

- [4] ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení. ÚNMZ Praha 2011.
- [5] KUKLÍK, P. Dřevěné konstrukce. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. 171 s. ISBN 80-86769-72-0
- [6] LARSEN, H. J. Zakřivené a nadvýšené nosníky z lepeného dřeva In Koželouh, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: STEP 2. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. ISBN 80-867-6913-5
- [7] Projects - Recreation [online]. In: . [cit. 2018-07-12]. Dostupné z: http://www.westernarchrib.com/?page_id=468/
- [8] KOŽELOUH, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: STEP 1, Navrhování a konstrukční materiály. Zlín: Zlínské tiskárny, 1998. ISBN 80-238-2620-4.
- [9] KOŽELOUH, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Step 2, Navrhování detailů a nosných systémů. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-13-5.
- [10] Městská sportovní hala v Plzni [online]. In: . [cit. 2018-07-29]. Dostupné z: <http://www.konstrukce-tesko.cz/reference/sportovni-haly/mestska-sportovni-hala-v-plzni>
- [11] BÖHM, M., REISNER, J., BOMBA, J. Materiály na bázi dřeva. Praha, ČZU 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
- [12] KOŽELOUH, B. Konstrukční materiál vrstvené dřevo [online]. 9. 5. 2016 [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-material-vrstvene-drevo_43529.html
- [13] STRAKA, Bohumil. Konstrukce šikmých střech. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 230 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-4205-2
- [14] Pohledové vazníky MKD [online]. [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: <http://www.strechy92.cz/2-pohledove-vazniky-mkd.html>
- [15] DAŇKOVÁ. Zastřešení hal a tělocvičen pomocí dřevěných konstrukcí [online]. 25. 6. 2008 [cit. 2018-08-10]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zastreseni-hal-a-telocvicen-pomoci-drevenych-konst/>
- [16] ŠRŮTEK, Z. Netradiční technické řešení konstrukce zastřešení tenisové haly v Turnově 2008 [online]. [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/netradicni-technicke-reseni-konstrukce-zastreseni-tenisove-haly-v-turnove_N1644
- [17] HÁJEK, P. Konstrukce pozemních staveb 10: nosné konstrukce 1. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02243-9.
- [18] STRAKA, B. a kol. Konstrukce bazénové haly v Brně – Kohoutovicích [online]. 28. 01. 2010 [cit. 2018-09-05]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/konstrukce-bazenove-haly-v-brne-kohoutovicich>
- [19] AQUAPARK KOHOUTOVICE [online]. [cit. 2018-09-09]. Dostupné z: <https://www.aquapark-kohoutovice.cz/bazen-galerie>
- [20] Multifunkční hala v Kašperských horách [online]. [cit. 2018-09-20]. Dostupné z: <http://www.lekon-tsk.cz/multifunkcni-hala-v-kasperskych-horach>

- [21] STRAKA, B. a M. ŠMAK. Halové stavby s dřevěnými obloukovými, vazníkovými a rámovými nosnými dílci [online]. 5. 10. 2007 [cit. 2018-08-20].
- [22] Zimní stadion ve Zlíně (druhá tréninková plocha) [online]. [cit. 2018-09-20]. Dostupné z: <http://www.konstrukce-tesko.cz/reference/zimni-stadiony/zimni-stadion-ve-zline-druha-treninkova-plocha>
- [23] PostFinance Arena [online]. [cit. 2018-08-16]. Dostupné z: https://www.stadionwelt.de/sw_stadien/index.php?arena=postfinance-arena&folder=sites&site=arena_fotos&sportart=eishockey&id=152&page=1
- [24] Glulam in sport structures .. [online]. 22.07.2013 [cit. 2018-08-20]. Dostupné z: <http://ghaydaa-hemaida.blogspot.com/2013/07/glulam-in-sport-structures.html>
- [25] Visionary Legacy Olympic Venue Catalyzes Urban Redevelopment [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.cannondesign.com/our-work/work/city-of-richmond-richmond-olympic-oval/>
- [26] Western wood structures [online]. [cit. 2018-09-10]. Dostupné z: <https://westernwoodstructures.com/index.php/timber-domes/>
- [27] RÖDER, V., E. VOLKOVÁ a J. VALÍČEK. Zastřešení tenisové haly. [online]. 2016 [cit. 2018-09-10]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/fotogalerie/architektura/zastreseni-tenisove-haly-foto/obr7>
- [28] Wohlfühltag im Südschwarzwald – Wellness und Aktivurlaub im Schwarzwald [online]. [cit. 2018-09-05]. Dostupné z: <https://hotel-restaurant-lindenhof.de/p/wohlfuehltag-wellness-im-schwarzwald>
- [29] [online]. [cit. 2018-09-05]. Dostupné z: <http://www.deisterbad.de/zeugnisferien-02-03-februar-2015/>
- [30] Solemar Bad Dürrheim. Burgbacher [online]. [cit. 2018-09-07] Dostupné z: http://www.burgbacher.de/?page_id=95

WOODEN STRUCTURES OF THE SPORTS HALL

Keywords

truss, frame structures, wooden joints, glued laminated timber, laminated veneer lumber

Summary

The paper deals with possibilities of large-area roofing using wooden structures. Wooden constructions can be designed as planar or spatial. Nowadays, except lumber more glued laminated wood or laminated wood is used. The supporting members can be massive with relatively large profiles, or lattice. The paper presents the possibilities of connections solving with visible or concealed connecting means. Currently, it is recommended to keep supporting structures visible, because wood in the interior excels better. The paper presents realized architecturally interesting roof structure of halls not only from the Czech Republic but also from abroad.

Jitka ČECHOVÁ⁵

PŘÍBYTKY V KORUNÁCH STROMŮ (TREE HOUSE)

Abstrakt

Mezi nové trendy rekreačních pobytů i celoročního bydlení ve světě se postupně i u nás dostávají stromodomy. V kombinaci s rychlou výstavbou dřevěných objektů bez mokrých stavebních procesů mohou tak reagovat na požadavky zákazníků na zdravé bydlení v přírodě. Předpokládaná životnost příbytků na stromech je kolem 15 let, prodloužení jejich životnosti je přímo závislé na pravidelné údržbě tohoto typu konstrukce a optimálních místních podmínkách, pak tyto stavby mohou potěšit i několik generací.

Klíčová slova

Strom, bydlení, dřevostavba, Tree House, rekreační objekt, dokumentování.

1 ÚVOD

I když ideálem bydlení je pro velkou část naší populace tradiční stavba pevně spojená se zemí, začínají se prosazovat i jiné formy bydlení, například domy umístěné do korun stromů. Tato atraktivní varianta návratu k přírodě sice má mnohá úskalí, ale také i své kouzlo. V České republice se zdaleka nejedná jen o jednoduché dětské stavby či úkryty, ale je již k dispozici celá řada rekreační stromových chat ke krátkodobému pronájmu. Ve větvích nad zemí se také objevují i soukromé příbytky na zahradách jako doplněk hlavního bydlení, případně ubytování pro hosty, letní byt či moderní rezidence.

Realizace stromodomů je z hlediska stavebního zákona a nutnosti náležitých povolení natolik osobitá (naše legislativa tento způsob bydlení totiž nedefinuje), proto je vhodné postup raději konzultovat se stavebním úřadem. Zřejmě nebude rozhodující jen zastavěná plocha daná rozměrem vnějšího půdorysu, tak jak je to u klasických pozemních staveb, ale může se vyskytnout i řada dalších nařízení, například omezení týkající se povolené výšky nebo chráněných stromů. Rovněž umístění příbytku na stromech blízko hranic pozemku většinou narušuje soukromí souseda nebo mu omezuje jeho výhled.

Tree House označuje tedy stavbu nad úrovní země většinou využívanou pro rekreační užití. Konstrukce těchto domů je umístěná mezi stromy, popřípadě kolem jednoho stromu a většinou nám umožňuje natočení stavby vůči světovým stranám s ohledem na vizuální propojení vnitřního prostoru s okolní krajinou. Vznikají tak osobité stavby, kde pohled z výšky umožní nahlédnout na okolní přírodu z jiného úhlu, vnímat zvuky lesa a užívat si klidu v korunách nádherných stromů.

Dispoziční a prostorového řešení příbytků na stromech je přirozeně omezeno konstrukčními a statickými možnostmi dané dřeviny, proto by měly být nosné stromy kontrolovány před zahájením realizace stavby i v průběhu užívání (vitalita a zdravotní stav stromů), včetně pravidelné kontroly stromového domu (stabilita a provozní bezpečnost konstrukce i spojů).

⁵ Ing. Jitka Čechová, Ústav dřevařských technologií, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, tel.: (+420) 545 134 162, e-mail: cech@mendelu.cz.

2 ZALOŽENÍ STROMOVÉHO DOMU (TREE HOUSE)

U stromového domu lze mimo vlastních nosných stromů za základ považovat i vodorovnou nosnou konstrukci v požadované výšce, která nese vlastní objekt. Tato konstrukce přenáší zatížení stálá i zatížení nahodilá dána provozem a polohou (užitné zatížení, sníh, vítr apod.) na stromy, případně na sloupy se samostatnou základovou patkou v zemi (v závislosti na půdním podloží lze využít i zemní vruty). Pro založení stavby lze aplikovat i vzpěry a ocelová lana pro zavěšení. Zavěšení patří mezi šetrnější způsoby, pokud se provede odborně a zajistí se, aby se lano v místě kontaktu nezařezávalo do dřeva, například výstelkou.

K nejpoužívanějším a technologicky nejjednodušším založení staveb v korunách stromů patří svorkové založení, a to patrové nebo kruhové. Patrový systém nemusí být vždy spolehlivý, zejména pokud strom roste šikmo pod větším úhlem. Může dojít k usmýknutí jednoho patra a tím ke kolapsu celé konstrukce. Rovněž svorky většinou omezují strom v růstu, také je nutné pečlivě izolovat stykové plochy stromu a základové konstrukce, aby nedocházelo vzniku plísní nebo hniloby. Mezi další způsoby se může zahrnout přímé uchycení. Jedná se o přišroubování dřevěné či ocelové vzpěry přímo ke kmeni stromu, případně použití styčnickových desek či kovových segmentů. Při návrhu tohoto typu podpory je důležité zajistit rovnoměrné rozložení zatížení do všech vzpěr (shodná délka a stejný úhel mezi vzpěrou a kmenem).

Jako šetrný způsob vzhledem ke stromu patří založení přes šroubovací kotvu (běžně nazývaná „GL“ – Garnierská končetina).



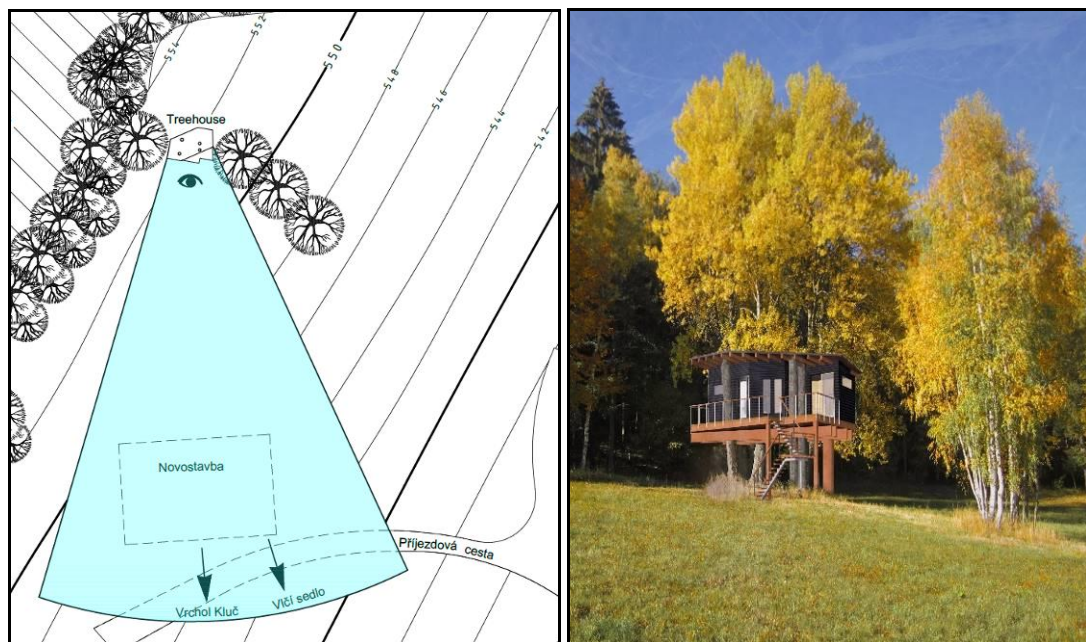
Obr. 1: Speciální šroubovací kotva a zabudovaný kotevní systém-tzv. flexibilní podpora, potřebné nářadí – obrázek dole [4].

Jedná se o speciální ocelové šrouby s vysokou pevností, vyvinuté průkopníkem Michaelem Garnierem a inženýrem Charleym Greenwoodem, které se po vyvrtání speciálního otvoru zašroubují přímo do stromu. Pokud jsou správně nainstalované, mohou tyto kotvy bezpečně unést až 3720 kg. Tento systém spolu s připojovacím prvkem tvoří posuvnou podporu, která je nejen velmi stabilní, ale umožňuje posun v podélném směru. Rovněž zde odpadá problém se zadržováním vody. Pokud je při stavbě stromodому využito více stromů, umožní tato plovoucí konzola jejich pohyb při větru.

3 PŘÍBYTEK NA STROMĚ V REJHOTICÍCH

Své místo mezi současnými stavbami v kategorii netradiční formy bydlení zajisté najde i dřevěná konstrukce obydlí v korunách stromů na konkrétním pozemku v obci Loučná nad Desnou-Rejhotice, okres Šumperk v nadmořské výšce 569 m n. m. (Diplomová práce – Ing. Miroslav Kubiček, 2016. Vedoucí práce Ing. Jitka Čechová).

Celoročně využívaný jednopodlažní stromový domek má stát na okraji smíšeného lesa v blízkosti stávajícího domu majitele s cílem sloužit k rekreačním pobytům a sezónnímu přespání hostů i v chladnějších měsících.

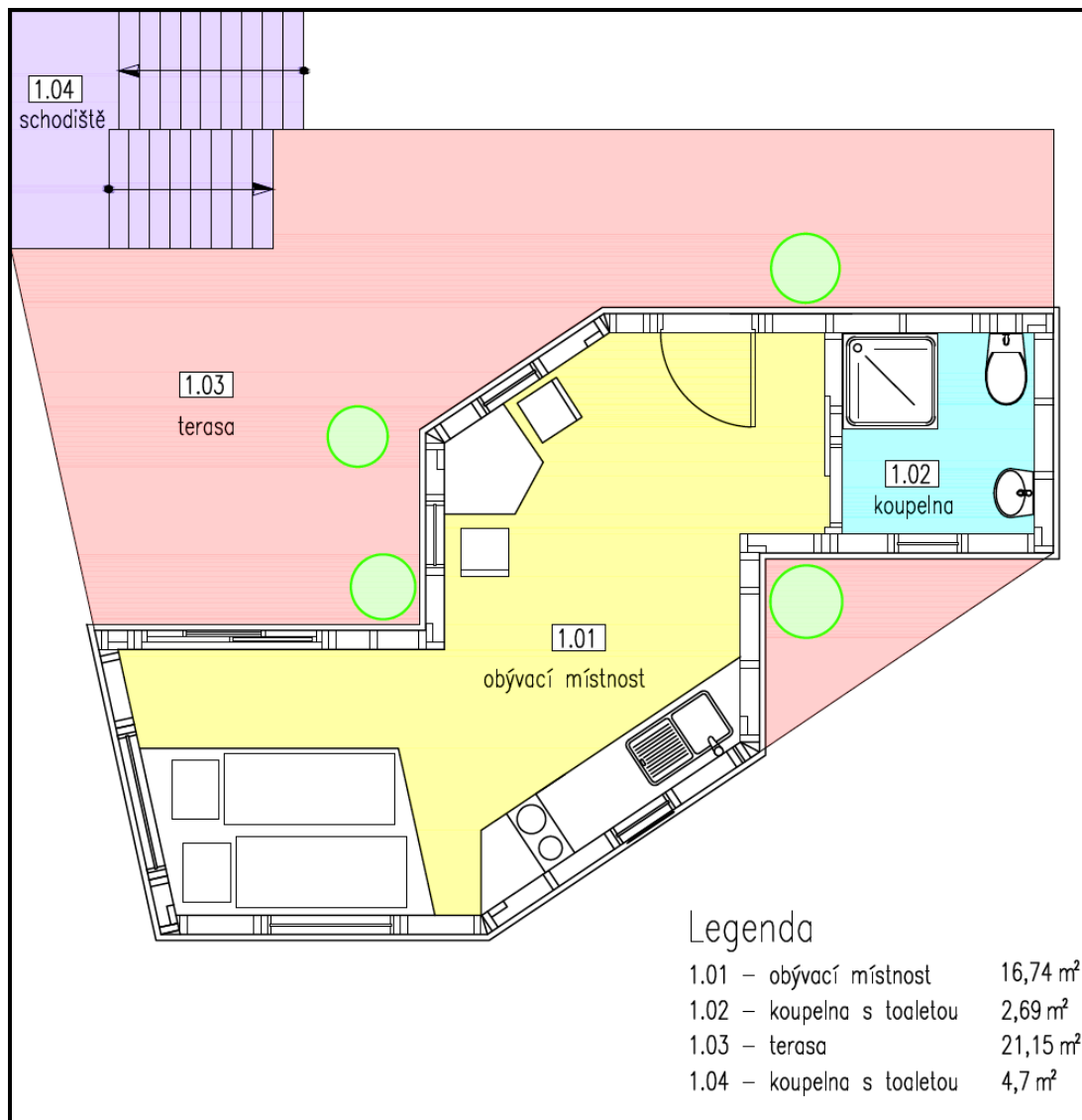


Obr. 2: Situační plán s výhledem do údolí – vlevo, vpravo – vizualizace dřevostavby v korunách stromů výřez z dokumentace závěrečné práce [1]

Tree House je navržen jako jednopodlažní dřevostavba sloupkové konstrukce s plochou střechou malého spádu. Vhodně volený půdorys domu tvaru blesku proplétajícího se mezi kmeny umožňuje průchod stromů jen terasou, vlastní pobytový vytápěný prostor včetně zastřešení není proto narušen. Pochůznost základové konstrukce domu se pohybuje v rozmezí od 2,5 do 3,5 metrů nad poměrně svažitém terénem.

Půdorysná dispozice (Obr. 3) je tvořena pobytovou místností s kuchyňským koutem, hygienickým zázemím (sprcha, záchod, umyvadlo) o užité ploše téměř 21 m² a téměř stejně velkou terasou s přístupovým dvouramenným schodištěm z jižní strany.

V chladných měsících bude v provozu elektrické podlahového topení v celé půdorysné ploše, které bude doplněno topným žebříkem. Příprava teplé vody bude řešena pomocí průtokového ohřívače.

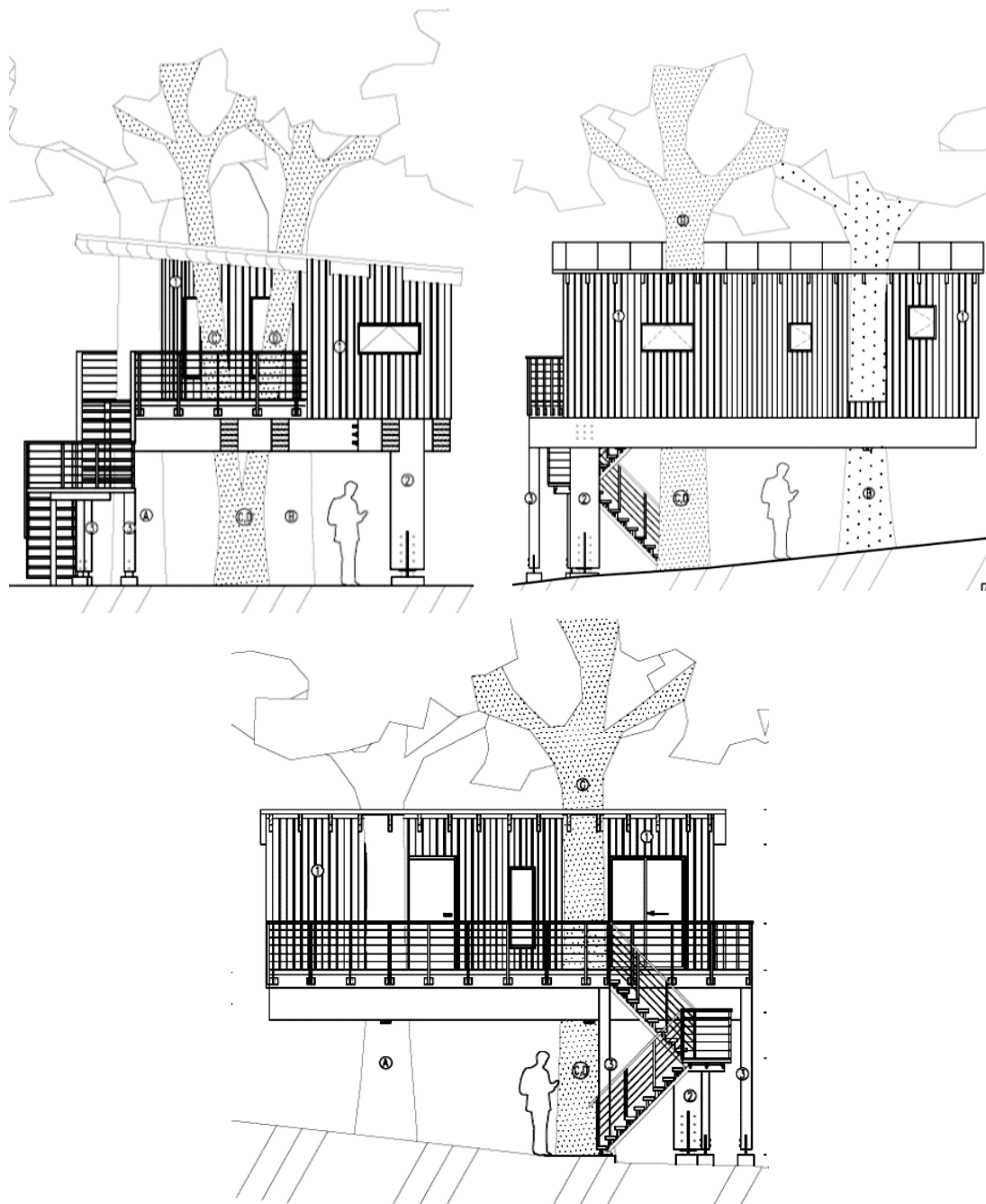


Obr. 3: Dispoziční studie: Obytná místnost a terasa domu v korunách stromů, výtah z diplomové práce [1]

Stromy, jako je bříza nebo topol, které nemají hluboké kořeny, nejsou pro realizaci Tree House ideální, avšak díky podpurným nosníkům nebo sloupům lze i na nich vybudovat stromový příbytek.

Obydlí v Rejhoticích je začleněno mezi čtyři vzrostlé stromy (Topol osika), jako nosné se uvažují jen tři – o průměrech 580, 610 a 510 mm. U čtvrtého stromu (ø 550 mm) přebírá jeho nosnou funkci dřevěný kruhový sloup s hlavicí, který podepírá konzolové vyložení domu (pod spacím koutem). V prostoru schodiště na terasu pomáhají přenést zatížení ještě dva čtvercové sloupy 200×200 mm. Nosné prvky a jejich umístění je patrné z pohledů na stromodům (Obr. 4).

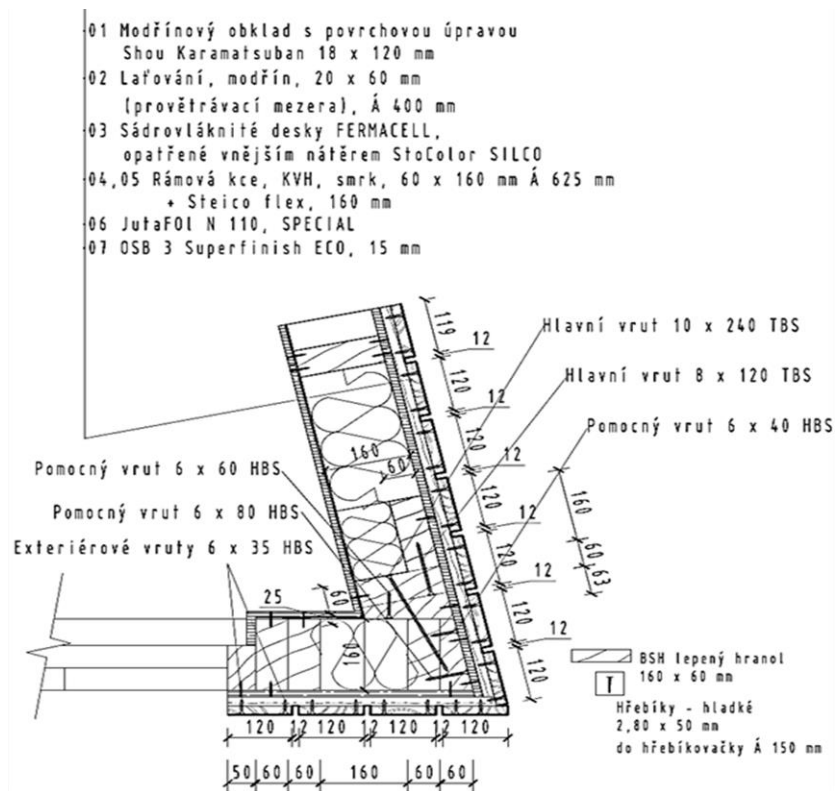
Vodorovné základové trámy domu (BSH lepené lamelové trámy 160×500 - 9000 mm) budou založeny na flexibilních podporách – přes šroubovací kotvy, které mají minimální vliv na průtok živin do koruny stromu a stromy tak „neškrtí“. Díky tomu se mohou stromy volně pohybovat a vegetovat bez omezení.



Obr. 4: Příbytek v korunách stromů: Nahoře východní a severní pohled, dole pohled jižní, výtah z projektové dokumentace [1]

Podlahový rošt i konstrukce zastřešení má dvě skladby, liší se pro vytápěnou obytnou část a pro terasu či její zastřešení zejména v zateplení.

Detail vybraného rohového spoje a skladba stěny je patrná z Obr. 5, výsledná prostorová skica domu ve větvích je na Obr. 6.



Obr. 5: Příbytek v korunách stromů: Detail obvodové stěny domu – rohové spojení v části nejbližší ke schodišti, skladba stěny – výťah z projektové dokumentace [1]



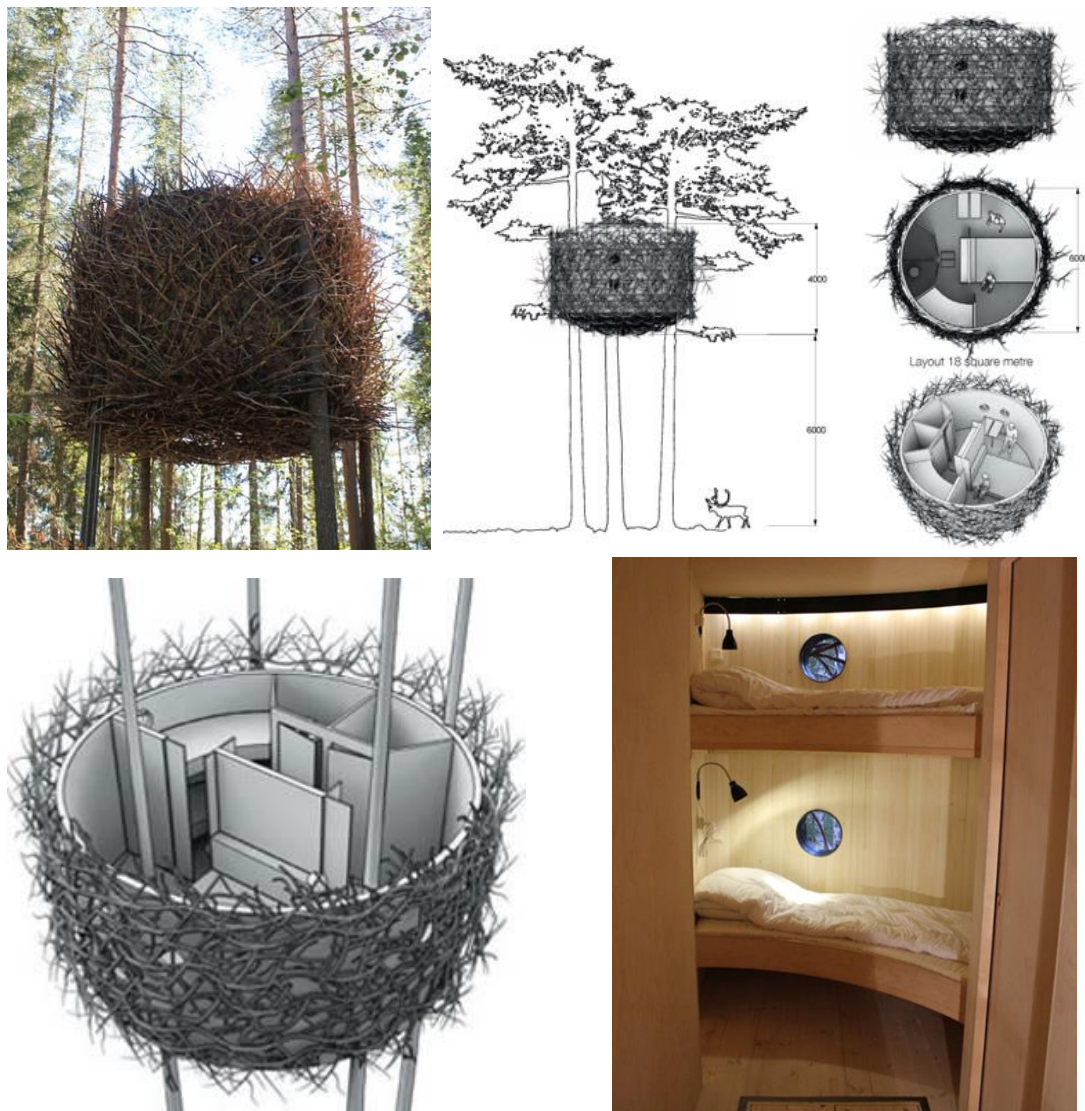
Obr. 6: Výsledná prostorová skica stromového domu v obci Loučná nad Desnou-Rejhotice, okres Šumperk, výťah z projektové dokumentace [1]

Komplexnost zvládnutí návrhu obydlí na stromech diplomantem dokazuje souladem funkčních prvků s designem stavby i jejím zasazením do krajiny s okouzlujícím výhledem na hřeben Hrubého Jeseníku – vrchol Kluč.

Konstrukční, dispoziční i prostorové řešení umožňuje pokračování růstu stromů, zachovává stávající koruny stromů bez velkých prořezů větví a zaručuje bezpečný provoz. Podpůrné konstrukce (nosné sloupy) pomáhají zajistit stabilitu prostorově náročnějšího objektu ve tvaru blesku.

4 PTAČÍ HNÍZDO – KONTRAST MEZI EXTERIÉREM A INTERIÉREM

Mezi zajímavá obydlí v korunách stromů se jistě řadí netradiční stavba tzv. „Ptačí hnízdo“ se zasouvatelným schodištěm. Tvoří součást hotelového komplexu na stromech v severním Švédsku (architekt: Bertil Harström, rok výstavby 2010).



Obr. 7: Hotel „Ptačí hnízdo“ vysoko ve větvích v pořadí: nahoře vlevo s vytaženým přístupovým schodištěm, uprostřed schéma a vpravo pohled do hnízda na vnitřní dispozici ubytování, dole vlevo pohled od dvoulůžka a vpravo foto patrového spaní dětí [5].

Při pohledu z exteriéru vidíme opravdu velké hnízdo mezi stromy, kde okna překrývají větve. Moderní interiér hnízda tvoří prostor pro manželskou postel s posuvnými dveřmi oddělujícími od zákoutí obsahující dvě postele dětí nad sebou.

5 ZÁVĚR

Ve světě se domy v korunách stromů těší poměrně velké oblibě, ale na českém trhu si tyto stavby zatím hledají své místo. Zřejmě je otázka času, kdy se objeví i v katalogových nabídkách některých našich stavebních firem.

Nejběžnějším typem Tree House v zahraničí je stavba pro 3-4 osoby s jednou až dvěma místnostmi, doplněné o hygienické zázemí a kuchyňský kout. Samozřejmostí je venkovní terasa s posezením a přístupem do objektu. Velké obytné domy pro celoroční nebo přechodné bydlení s veškerým komfortem se objevují převážně v Anglii nebo v Americe. V Česku se v současné době budují ve většině případech stromové chatky pro rekreační účely – pro zábavu či relaxaci, bez zavedení vody a odpadů, někdy i bez elektřiny. Často se také objevuje stromová varianta zahradního domku pro děti.

Závěrem snad jen ilustrace z pohádkové knihy pro děti (Lindsay, 2009), i toto obydlí lze považovat za stromodům.



Obr. 8: Ukázka bydlení na stromě z pohádkové knihy pro děti - Lindsay, 2009 [2].

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu Partnerství v oblasti stavebnictví a architektury, č. projektu: CZ.1.07/2.4.00/17.0064.

LITERATURA

- [1] KUBÍČEK, M. Tree House – Příbytky v korunách stromů. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2016. 77 s. Vedoucí práce: Ing. ČECHOVÁ.
- [2] LINDSAY, N.: Kouzelná bašta. 1. vyd. Praha: Albatros, 2009. 144 s. ISBN 978-80-00-02501-8
- [3] <https://www.wikihow.cz/Jak-postavit-d%C5%AFm-na-strom%C4%9B>
- [4] <https://peacemakertreehouses.wordpress.com/>
- [5] <https://www.dezeen.com/2011/05/27/the-birds-nest-by-inrednin-gsgruppen/>

ARBOREAL ABODES (TREE HOUSE)

Keywords

Tree, living, wooden construction, arboreal abodes, tree house, recreational object, documentation

Summary

Arboreal housing is getting among new trends in recreational or year-round living in the world and also in our country. Combination of dry construction processes and fast construction can respond to customers requirement for healthy housing in nature.

The expected life of these buildings is about 15 years, its extension is directly dependent on regular maintenance type of construction and optimal local conditions, than these buildings can be enjoyed by several generations.

Tomáš MANSBART⁶

DŘEVOSTAVBY S PAROZÁBRANOU PO DESETI LETECH PROVOZU. JE ČAS NA REKONSTRUKCI?

Abstrakt

Na našem trhu můžeme nalézt v rámci dřevostaveb dva typy konstrukcí: difuzně otevřené a difuzně uzavřené. Difuzně otevřené jsou obecně bezpečnější z hlediska životnosti, protože neobsahují parozábranu a jsou schopny se vyrovnat s vlhkostí v konstrukci pozvolnou difuzí této vodní páry do exteriéru. Příspěvek je zaměřen na dřevostavby s difuzně uzavřenými obvodovými stěnami, které jsou žádanější, pokud chceme snížit cenu stavby. Jejich příznivá cena pro investora je kompenzována použitím parozábrany, abychom na fasádu mohli použít neprodyšný polystyren. S touto vrstvou nejsou problémy, pokud je provedena kvalitně, ale při vysokém tlaku na cenu a rychlost výstavby, dochází k nekvalitnímu provedení této stěžejní vrstvy konstrukce. Již nyní se na našem trhu objevují stavby z let 2000–2007, které jsou cenově stále příznivé, vlastně se jedná o novostavby. V příspěvku jsou uvedena rizika, která se mohou projevit na objektu za deset let provozu, a na co si tedy dát pozor.

Klíčová slova

dřevostavba, poruchy staveb, kondenzace vlhkosti, nákup nemovitostí

1 ÚVOD

Rizika u dřevostaveb s difuzně uzavřenými obvodovými stěnami budou představeny na příkladu stavby, která byla v nabídce k prodeji. Jedná se o rodinný dům, vystavěný během roku 2004 jako nízkoenergetická dřevostavba. Dům je situován na okraji vesnice. Na domu jsou použity prvky domů typických pro USA, kde je tento typ staveb velmi rozšířen (bílé prkenné podbití přesahu střechy, otevřená dispozice obývacího pokoje s galerií, přístup do jednotlivých pokojů je přes centrální schodiště s ochozem v obývacím pokoji).



Obr. 1 a 2: Dřevostavba postavená v roce 2004 - čelní pohled na stavbu. Detail přesahu střechy.

⁶ Ing. Tomáš Mansbart, Ústav dřevařských technologií, LDF MENDELU, Zemědělská 1, 613 00 Brno, tel.: (+420) 545 134 013, e-mail: tomas.mansbart@mendelu.cz

Dispozičně je tento dům řešen jako dvoupodlažní. Půdorys objektu je tvaru L. V přízemí se nachází předsíň, chodba, obývací pokoj s kuchyňským koutem. V chodbě je situována koupelna a samostatné WC. Dále jsou zde dva pokoje a malá technická místnost. Z prostoru obývacího pokoje je umístěno schodiště pro přístup do obytného podkroví. V podkroví se nachází samostatná ložnice a koupelna.



Obr. 3: Interiér obývacího pokoje

Stavba je řešena jako dřevostavba, vystavěná systémem „two by four“. Stěny jsou řešeny v difuzně uzavřené skladbě s tepelnou izolací ve formě polystyrenu v konstrukci obvodových stěn a minerální vatou ve střešní konstrukci. Bilanci vodních par udržuje v rovnováze parozábrana a její bezchybné provedení. Střecha je sedlová s betonovou krytinou. Prostor před domem je vydlážděn zámkovou dlažbou, pozemek není oplocen.



Obr. 4: Schodiště s galerií ve 2.NP

2 ZHODNOCENÍ STAVU STAVBY

Základy

Velmi slabým místem ve stavbě je základová deska, která neobsahuje dostatek tepelné izolace (pouze 5 cm polystyrenu v souvrství podlahy), čímž dochází k značným tepelným ztrátám objektu směrem k zemině a jevu velmi studené podlahy. Tímto se následně zvyšuje požadavek na teplotu interiéru. Tato izolace se velmi těžko doplňuje v rámci rekonstrukce stavby, protože vyžaduje rozebrání skladby podlahy a zvednutí úrovně podlahy výše. Dále mohou tímto zvýšením nastat problémy s balkónovými a vstupními dveřmi a jejich výškou. Konstrukce podlahy ještě není morálně dožitá, proto se nepředpokládá, že by bylo vhodné dodatečné zateplení v současné době jakkoliv řešit.

Svislé konstrukce

Dům je postaven podle průměrných standardů, platných před přibližně deseti lety. Jedná se o levnější typ konstrukce s difúzně uzavřenou skladbou. U těchto konstrukcí je stěžejní vrstvou dobře provedená parotěsná rovina ve formě folií. Vzhledem k povětrnostním podmínkám v dané lokalitě je zřejmé, že tepelná izolace je nedostatečná. Kotvení polystyrenu na terčíkové kotvy je systematickým tepelným mostem. Díky prostupům tepla lze na fasádě rozeznat místa kotev, které se díky zvýšenému tepelnému toku tzv. „prokreslují“ na fasádě.



Obr. 5: Prorýsování kotev zateplovacího systému na fasádě

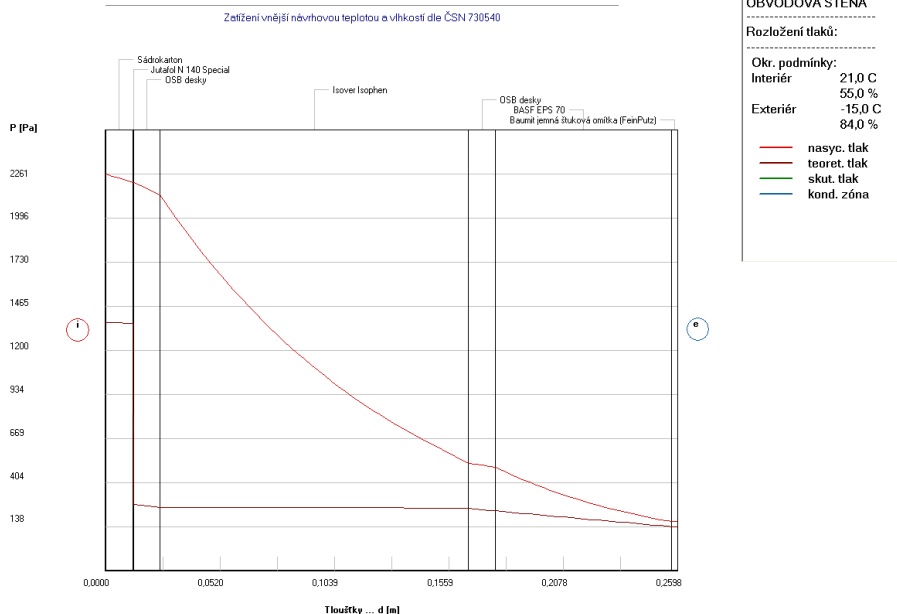
Ke stejnému jevu dochází v interiéru, kde se naopak zviditelňují dřevěné konstrukce na povrchu sádkartónu. Je to dáno kondenzací vzdušné vlhkosti na chladných místech. Zde se následně usazují drobné saze od kamen na dřevo v obývacím pokoji. Oba tyto jevy ukazují na nedostatečnou tepelnou izolaci obálky a nutnost výrazně podpořit podlahové topení s plynovým kondenzačním kotlem kamny na dřevo, aby bylo možné v zimních měsících dosáhnout komfortní teploty v interiéru.



Obr. 6: Prorýsování nosné konstrukce na povrchu sádkartónu v interiéru nad kamny

Výpočtově je skladba spočítána bez rezervy, tj. jakékoliv porušení parozábrany vyvolá kondenzaci ve stěně. Z grafu na obr. 7 je zřejmé, že skladba obvodové stěny vychází bez kondenzační zóny, ale mezera mezi vykreslenými průběhy parciálních tlaků vodní páry by měla být větší.

Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce



Obr. 7: Graf simulace bilance vlhkosti realizované skladby při ideálních podmínkách

Vodorovná konstrukce stropu

Systém, kde jsou stěny přerušeny stropní konstrukcí je vhodný pro jednopodlažní objekty. U vícepodlažních objektů dochází k problémům s vedením parozábrany a jejím propojením mezi jednotlivými podlažími. Vzhledem k tomu, že původní projekt počítal s 2. NP jako nevytápěným půdním prostorem a zbytečně 2.NP bylo v rámci změn projektu, bude pravděpodobně propojení parozábrany velmi nedokonalé, řešené operativně přímo na stavbě. Necelistvost parozábrany v těchto místech způsobuje zvýšenou vlhkost dřeva, možnost napadení dřeva škůdci a deformace dřevěné části vlivem vlhkostrní roztažnosti, které jsou již nyní patrné v rozích budovy na popraskaných sádkokartonech.



Obr. 8: Detail praskání sádkokartonu vlivem pohybu nosných trámů



Obr. 9: Kondenzace vodní páry s výskytem plísní na vnitřním povrchu v chladném koutu vlivem tepelných mostů

Dále při průzkumu stavby byla odhalena skutečnost, že došlo pravděpodobně k havárii vody nebo odpadů v koupelně v 2.NP, následkem čehož došlo k zatečení ke stropnímu panelu. Podlaha v koupelně 2. NP byla vyměněna a byly opraveny sádkartony na stropní části v přízemí. Je tu předpoklad, že nemuselo dojít k dokonalému vysušení dřevěné konstrukce. Toto by bylo možné zjistit pouze sondou do nosné vodorovné konstrukce. Na zaplavení poukazuje vlhká zárubeň koupelny v podkroví, která nebyla vyměněna, a to vzhledem k ceně zárubně a malému rozsahu poškození.

Střešní konstrukce

Pravděpodobně netěsnost parozábrany způsobuje kondenzaci v místech uložení krokví a deformaci trámů vlivem vyšší vlhkosti. Jinou možností vzniku deformací je zabudování nedostatečně vyschlého dřeva krovu do konstrukce a jeho zaklopení.



Obr. 10: Detail porušení sádkartonu v ostění střešních oken



Obr. 11: Detail chybně řešeného trámu obaleného sádkartonem bez možnosti dilatace

Okna

V objektu jsou osazena dřevěná okna s dvojskly. Důležitým kritériem pro výběr oken jsou jeho tepelně-izolační vlastnosti, které se posuzují na základě součinitele prostupu tepla U_w , který zohledňuje parametry okna jako celku. V ČR je normou doporučená hodnota u oken $U_w=1,2$. Trojskla mají výrazně lepší tepelně-izolační vlastnosti. Úniky tepla přes zasklenou plochu okna jsou nižší až o 45 %, ale významný vliv na celkovou hodnotu součinitele prostupu tepla má nejen výplň (zasklení), ale i okenní rám, distanční rámeček a způsob zabudování do konstrukce. Sebelepší okno, špatně zabudované, zhoršuje celkový součinitel prostupu tepla okna jako celku.

Okna ve zmiňovaném domě nejsou ještě morálně zastaralá a je zde stejný problém jako s nedostatečnou izolací v podlaze. Bohužel zde chybí i dostatečné stínění oken pro letní období. Stínění je řešeno pouze vnitřními žaluziemi, což způsobuje v letních měsících přehřívání místností.

Závěr

Celkově je dům obyvatelný a provozovatelný, ale za cenu vyšších nákladů na bydlení. Nachází se v nevhodné fázi stavby, kdy konstrukce již neodpovídá současným standardům, ale zároveň je ještě dostatečně funkční, než aby byl nutná rozsáhlejší rekonstrukce.

Je možné doporučit dům provozovat v současném režimu po dobu přibližně 20 let i za cenu vyšších nákladů na provoz. Poté provést rozsáhlou rekonstrukci za účelem zvýšení energetického standardu domu a zvýšení efektivity provozování.

Závěrečná otázka zní: „Co se bude dít s nekvalitními dřevostavbami s parozábranou, které budou mít na konci životnosti tuto důležitou část konstrukce?“ Výsledky jsou už pomalu viditelné kolem nás. Oprava je náročná na provedení. Je možné odstranit z fasády zmíněný polystyren a nahradit jej materiálem difúzně propustným například minerální

izolací. Další variantou bude možnost doplnit stavbu o ještě jednu vrstvu z exteriéru pro umístění foukané celulózy nebo jiné pro vodní páru propustné tepelné izolace, například foukané dřevní vlákno.

Obecně lze doporučit: dávat velký pozor při koupi i jen několik let staré dřevostavby a nebát se oslovit odborníka. Jeho názor na nabízenou stavbu a případné vytipování problémových míst mohou být zásadní. Minimálně je dobré nedávat všechny peníze do nákupu stavby a počítat s určitým obnosem pro nutné opravy, které mohou být ze stavby patrné, nebo vybírat ze staveb, které byly postaveny renomovanou firmou na trhu s dostatečnou zkušeností s difuzně uzavřenými konstrukcemi.

WOODEN BUILDINGS WITH VAPOR BARRIER AFTER TEN YEARS OF USE. IS IT RECONSTRUCTION TIME?

Keywords

wood structures, building defects, condensation of moisture, purchase of real estate

Summary

There are two types of structures in the real estate market: diffuse open and diffuse closed. Diffuse open are safer for longer because they do not contain a vapor barrier and they are able to cope with moisture in the structure.

I would like to deal with diffusion-closed buildings. Their favorable price for the investor is compensated by the use of a vapor barrier to have a polystyrene on the facade. We will show you an example of a building that was on offer for sale. This is a family-owned wooden building. The house was built in 2004 as a low-energy wooden building.

Martin BRABEC⁷, Ludka HLÁSKOVÁ⁸, Jan TIPPNER⁹, František ŠEBEK¹⁰, Petr KREJČÍ¹¹, Petr KUBÍK¹², Stephan FRÖMEL-FRYBORT¹³, Thomas KRENKE¹⁴, Ondřej DVOŘÁČEK¹⁵

**JE DŘEVAŘSKÝ PRŮMYSL PŘIPRAVEN NA VYUŽITÍ TVRDÝCH LISTNATÝCH DŘEV
V MATERIÁLECH NA BÁZI DŘEVA?**

Abstrakt

Jelikož se vlivem klimatických změn a současné hospodářské strategie středoevropského regionu začíná významně zvyšovat rozloha smíšených lesů s většinovým podílem tvrdých listnatých dřevin na úkor jehličnatých monokultur, je využití tvrdých listnatých dřev ve stavebnictví aktuálním a stále častěji diskutovaným tématem. Otázkou však zůstává, je-li na zpracování a využití listnatých sortimentů připraven dřevařský průmysl. Získání know-how v oblasti vysokorychlostního obrábění těchto sortimentů, které by mělo zpracovatelům pomoci se na zpracování tvrdých listnatých dřev adaptovat, je hlavním cílem přes-hraniční spolupráce mezi Lesnickou a dřevařskou fakultou Mendelovy univerzity v Brně (CZ) a výzkumným institutem Wood K plus v Tullnu (AT) v rámci projektu HARDIS.

Klíčová slova

vysokorychlostní obrábění dřeva, listnaté dřevo, řezná síla, metoda konečných prvků, korelace digitálního obrazu

⁷ Ing. Martin Brabec, Ph.D., Ústav nauky o dřevě, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, tel.: (+420) 545 134 545, e-mail: martin.brabec@mendelu.cz

⁸ Ing. Ludka Hlasková, Ph.D., Ústav dřevařských technologií, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, tel.: (+420) 545 134 106, e-mail: ludka.hlaskova@mendelu.cz

⁹ Ing. Jan Tippner, Ph.D., Ústav nauky o dřevě, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, tel.: (+420) 545 134 544, e-mail: jan.tippner@mendelu.cz

¹⁰ Ing. František Šebek, Ph.D., Ústav dřevařských technologií, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: frantisek.sebek@mendelu.cz

¹¹ Ing. Petr Krejčí, Ph.D., Ústav dřevařských technologií, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: petr.krejci@mendelu.cz

¹² Ing. Petr Kubík, Ph.D., Ústav dřevařských technologií, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: petr.kubik@mendelu.cz

¹³ Dr. Stephan Frömel-Frybort, Mechanical disintegration, Area Wood Materials Technologies, Competence Centre Wood K Plus in Tulln, Konrad-Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln, tel.: (+43) 1 47654-89158, e-mail: s.frybort@kplus-wood.at

¹⁴ Dr. Thomas Krenke, Mechanical disintegration, Area Wood Materials Technologies, Competence Centre Wood K Plus in Tulln, Konrad-Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln, tel.: (+43) 1 47654-89157, e-mail: t.krenke@kplus-wood.at

¹⁵ Ing. Ondřej Dvořáček, Junior Researcher, Area Wood Materials Technologies, Competence Centre Wood K Plus in Tulln, Konrad-Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln, tel.: (+43) 1 47654-89185, e-mail: o.dvoracek@kplus-wood.at

1 ÚVOD

Klimatické změny se projevují především kumulováním srážek (přívalové deště), čímž se prodlužuje období sucha. Teplé a suché prostředí je příhodné pro rozvoj některých skupin biotických škůdců dřeva, jako je např. dřevokazný hmyz. Zdá se, že v současné době je nejvíce profitujícím škůdcem lýkožrout, protože množství vykázaného kůrovcového dříví v roce 2016 bylo do té doby nejvyšší, které bylo kdy v ČR evidováno [1].

Jelikož jsou měnící se klimatické podmínky mnohem podobnější klimatickým podmínkám v místech přirozeného výskytu listnatých dřevin, daleko hůře se s nimi vyrovnávají dřeviny jehličnaté, které jsou uzpůsobeny spíše pro nižší a častější srážky (mělký kořenový systém) a chladnější podnebí (stálá plocha asimilačních orgánů). Odlišnost optimálních klimatických podmínek pro jehličnaté dřeviny od těch současných dokumentuje také skutečnost, že téměř na polovině území jehličnatých lesů v ČR by se jehličnany přirozeně nevyskytovaly. Podle modelu vycházejícího z nynějších klimatických podmínek by přirozený podíl jehličnatých dřevin byl na území ČR pouze kolem 35 % (stav v roce 2016 je cca 72 %). Největší měrou se na této disproporci podílí smrk, jehož přirozený podíl by nepřesahoval 12 % s aktuálním podílem kolem 50 % a buk s přirozeným podílem kolem 40 % oproti současnému cca 8% podílu [2].

Příčiny rozdílů mezi skutečnou a přirozenou skladbou našich lesů jsou dány způsobem lesního hospodaření v minulých staletích, který přestává být pro měnící se klimatické podmínky trvale udržitelný. Proto současné vize lesního hospodářství cílí na přiblížení se přirozené druhové skladbě lesů. Z toho vyplývá, že setrvale se snižující podíl jehličnatých dřevin (zejména smrku) v našich lesích není pouze důsledkem klimatických změn a působení škůdců, ale i cílenou dotačně podporovanou politikou lesních hospodářů. Kromě zvyšování podílu listnatých dřevin v našich lesích klade současná hospodářská politika důraz také na zvýšení jejich biodiverzity, tj. přechod od monokulturního hospodaření ke smíšeným lesům, čímž se významně sníží riziko kalamitního napadení škůdci. Pro měnící se klimatické podmínky středoevropského regionu se tedy jeví jako optimální smíšený les s převahou tvrdých listnatých dřevin, což nevyhnutelně povede ke zvýšení objemu listnaté kulatiny a změně sortimentů surového dříví, které bude pilařský průmysl zpracovávat.

2 OPTIMALIZACE DEZINTEGRAČNÍCH (ŘEZNÝCH) PROCESŮ PŘI OBRÁBĚNÍ DŘEVA

Většina způsobů zpracování tvrdé listnaté kulatiny využívá třískové obrábění. Jelikož objem vytěžené listnaté kulatiny tvoří pouze kolem 10 % z celkové těžby v ČR, není proces jeho dezintegrace zdaleka tak optimalizován jako proces dezintegrace měkkého jehličnatého dřeva. Proto je žádoucí pracovat na jeho zefektivnění, které bude mít pozitivní dopad nejen na ekonomickou náročnost tohoto procesu, ale také na životní prostředí (snížení spotřeby energie pro dezintegraci).

Technologické procesy, mezi které patří i proces dezintegrace dřeva, lze optimalizovat pomocí série experimentů, nicméně tento postup je obvykle zdoluhavý a finančně náročný. Existuje-li kalibrovaný a experimentálně ověřený model, který je schopen věrohodně napodobit realitu, potom můžeme simulovat desítky nebo i více případových studií pro konkrétně zvolené parametry procesu. Tímto způsobem lze definovat limity daného procesu a nalézt optimální parametry pro aktuální úlohu. Proto lze modelování technologických procesů považovat za velmi efektivní nástroj pro jejich optimalizaci.

2.1 Konvenční přístupy v modelování procesu dezintegrace dřeva

Pro modelování procesu dezintegrace dřeva je klíčové správně odhadnout řezné síly působící při tvorbě třísky. Tyto síly jsou zkoumány již od 50. let minulého století, přičemž pro jejich kvalifikovaný odhad byly navrženy různé empirické, statistické a číselné

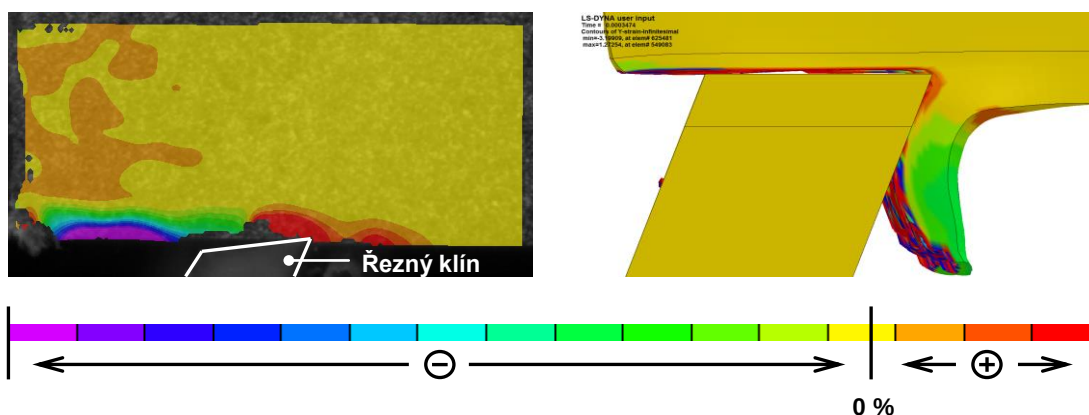
metody. První průkopníci se zabývali výpočtem velikosti řezné síly při nízkorychlostním řezání dřeva s různou orientací dřevních vláken vůči směru působící síly [3], [4] a [5]. Následoval model řezných sil pro dva druhy měkkého dřeva, který zohledňuje otupení nástroje, střední úhel přerezáni vláken, řeznou rychlost, posuv na zub a vlhkost dřeva [6]. Současné výzkumy ukazují, že velikost řezné síly lze také odhadnout využitím zákonů lomové mechaniky [7], [8], [9] a [10].

Všechny tyto konvenční modely jsou založeny na zjednodušeném popisu tvorby třísky a neumožňují do výpočtu současně zahrnout všechny proměnlivé faktory, jako je materiál a životnost nástroje, kvalita obrobeného povrchu, způsob tvorby třísky a podmínky řezání. Navíc většina modelů využívajících statistické a semi-empirické metody není experimentálně ověřena, a proto je nelze aplikovat pro odhad řezné síly při použití parametrů, které se liší od konkrétního původního výzkumu.

2.2 Pokročilé přístupy v modelování procesu dezintegrace dřeva

Zásadní progres v modelování technologických procesů nastal s vývojem výpočetní techniky, která umožnila zavést tzv. numerické modelování vycházející z analytického přístupu využívajícího parciálních diferenciálních rovnic, které dokážou reálně popsat vliv všech faktorů na optimalizované parametry procesu. Analytické řešení těchto rovnic je často velmi složité, nicméně jejich numerické řešení je snadnou úlohou pro výpočetní techniku. Kromě komplexity a rychlosti řešení poskytuje výpočetní technika také grafické zobrazení výstupů, což velmi usnadňuje jejich interpretaci. V rámci zmíněného projektu jsou tyto přednosti využity pro modelování procesu dezintegrace tvrdých listnatých dřev při vysokorychlostním obrábění.

Dřevo spojitě přenáší jakékoliv zatížení v rámci jeho vnitřní struktury. Jelikož je výpočetní (digitální) technika založena na diskrétním rozdělení (binární koncept), není schopná predikovat napětově-deformační chování vnitřní struktury materiálu se spojitým rozdělením. Proto se modelované plochy nebo objemy diskretizují nejběžněji pomocí tzv. metody konečných prvků (z angl. Finite Element Method – FEM) na konečný počet různých velkých prvků, které mají základní geometrické tvary (např. čtverec nebo krychle). Parciální diferenciální rovnice popisující daný obráběcí proces jsou potom numericky řešeny pro jednotlivé integrační body každého prvku (Obr. 1 – vpravo).

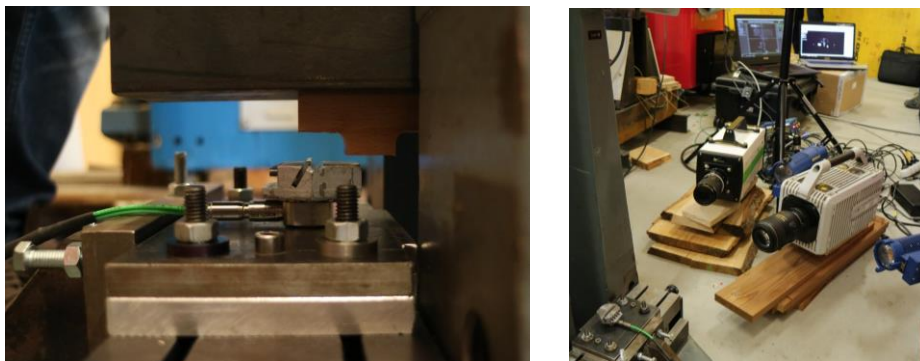


Obr. 1: Pole vertikálního poměrných deformací na povrchu obrobku: (vlevo) zjištěné experimentálně pomocí metody korelace digitálního obrazu (DIC), (vpravo) získané simulací reálného procesu řezání pomocí numerického modelu využívajícího metodu konečných prvků (FEM). Záporné hodnoty poměrných deformací vypovídají o stlačení materiálu, ke kterému dochází za řezným klímem.

Kladné hodnoty poukazují na rozpínání materiálu s maximem před řezným klímem, kde dochází k odštěpování třísky od obrobku.

Reálný fyzikální základ numerického modelu je tvořen experimentálně stanovenými mechanickými charakteristikami daného materiálu. Přesnost těchto parametrů je proto klíčová pro přesnost numerického modelu. S ohledem na komplikovanou strukturu rostlého dřeva je přínosné tvarovou změnu dřevěného tělesa monitorovat plošně, tj. v každém bodě tzv. oblasti zájmu (z angl. Area of Interest – AOI) vhodně vymezené na povrchu tělesa. Nejrozšířenější experimentální technikou poskytující tento sofistikovaný způsob snímání deformací je metoda korelace digitálního obrazu (z angl. Digital Image Correlation – DIC), která je v představovaném projektu využita vedle stanovení zmíněných mechanických charakteristik dřeva vstupujících do numerického modelu také pro snímání tvarové změny obrobku během jeho obrábění. Princip této metody spočívá ve snímání povrchu tělesa dvěma vysokorychlostními kamerami pracujícími ve stereoskopickém režimu, který umožňuje sledovat pohyb bodů (pixelů) na povrchu tělesa ve všech třech prostorových osách (Obr. 1 – vlevo).

Ověření funkčnosti a přesnosti numerického modelu probíhá srovnáním experimentálního a modelového napětově-deformačního chování obrobku. V případě nesouladu je numerický model kalibrován postupným laděním vstupních materiálových charakteristik dřeva až do okamžiku, kdy modelované chování plně odráží experimentálně popsanou realitu. Experimentální data jsou postupně získávána sérií měření na unikátním zařízení, které umožňuje měřit vznikající řezné síly (Obr. 2 – vlevo) a snímat kamerami celý povrch obrobku (Obr. 2 – vpravo) během jeho vysokorychlostního obrábění (do 100 m/s). Výstupy ověřeného numerického modelu dezintegrace tvrdých listnatých dřev jsou primárně určeny zpracovatelům tohoto sortimentu ve střední Evropě. Jste nebo chystáte se být jedním z nich? Neváhejte nás kontaktovat a zapojit se do výzkumu. Těšíme se na spolupráci.



Obr. 2: Experiment: (vlevo) řezných sil piezoelektrickým snímačem s osazeným obráběcím nástrojem, (vpravo) deformací (tvarových změn) na povrchu obrobku dvěma vysokorychlostními kamerami během obrábění

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu HARDIS financovaného v programu INTERREG, č. projektu: ATCZ21, (www.hardis.org).

LITERATURA

- [1] Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016 (Ministerstvo zemědělství, Praha)
- [2] Ústav pro hospodářskou úpravu lesů (Brandýs nad Labem)
- [3] Kivima, E., 1950. The cutting force in woodworking. Rep. No. 18, The State Institute of Technical Research, Helsinki.
- [4] Franz, N., C., 1958. An analysis of the Wood-cutting Process. The University of Michigan Press, Ann Arbor 1958.
- [5] McKenzie, W., 1960. Fundamental aspects of wood cutting process. Forest Product Journal, X(9):447–456.
- [6] Porankiewicz, B., Bermudez, J., C., Tanaka, C., 2007. Cutting force, low density wood, BioResources 2(4), 671-681.
- [7] Williams J., G., Patel, Y., Blackman B., R., K., 2010. A fracture mechanics analysis of cutting and machining. Engineering Fracture Mechanics. 77: 293-308.
- [8] Atkins, A., G., 2005. Toughness and cutting: a new way of simultaneously determining ductile fracture toughness and strength, Engineering Fracture Mechanics, 72: 849-860.
- [9] Orłowski, K., A., 2010. The Fundamentals of Narrow-Kerf Sawing: The Mechanics and Quality of Cutting, Publishing House of the Technical University in Zvolen, Technical University in Zvolen.
- [10] Hlásková, L., Orłowski, K., A., Kopecký, Z., Jedinák, M., 2015. Sawing processes as a way of determining fracture toughness and shear yield stresses of wood. BioResources. 10(3):5381–94.

ARE WE PREPARED FOR UTILIZATION OF HARDWOODS IN WOOD-BASED MATERIALS?

Keywords

high-speed machining of wood, hardwoods, cutting force, finite-element method, digital image correlation

Summary

Since the global climate change and current middle-european forest policy are aiming to increase an area of mixed forests with majority of hardwoods instead of coniferous monocultures, the utilization of hardwoods in civil engineering is actual and increasingly discussed topic. The opened question is, if the wood industry is able to properly process and utilize hardwoods assortments. Obtaining of know-how in the field of high-speed machining of hardwoods, which should help adapt the producers and practitioners to hardwoods processing, is the main goal of bilateral cooperation between Faculty of Forestry and Wood Technology of Mendel university in Brno (CZ) and research institute Wood K Plus in Tulln (AT) within the project HARDIS.

Marek JAŠEK¹⁶, Kateřina KUBENKOVÁ¹⁷, Jiří LABUDEK¹⁸

ÚPRAVA DIFÚZNÍCH VLASTNOSTÍ OSB DESEK

Abstrakt

Pasivní domy patří do kategorie budov, které mají velmi nízkou spotřebu energie na vytápění budovy. Jejich celkovou energetickou náročnost z konstrukčního hlediska ovlivňuje však řada ukazatelů, mezi něž patří: stavební řešení konstrukcí na systémové hranici budovy a jejich skladba, druhy použitých materiálů pro konstrukce na systémové hranici budova. Při návrhu objektu pasivního charakteru se přednostně snažíme využívat solárních (sluneční záření) a vnitřních zisků. Ale vzhledem ke klimatickým podmínkám ve Střední Evropě musíme v extrémnějších podmínkách využívat i vlastní promyšlený systém vytápění. Tento systém vytápění je nutno vždy posoudit efektivitu a realizovatelnost. V současné době však přibývá stavebníků, kteří se zajímají i o stránku ochrany životního prostředí v souvislosti s volbou systému a materiálů pro pasivní domy. Energeticky úsporná výstavba a vytápění mohou výrazně přispět k potřebnému snížení emisí oxidu uhličitého - a tím i k ochraně zemské atmosféry.

Příspěvek pojednává o posouzení variant systému vytápění rodinného domu pasivního charakteru z hlediska vztahu k životnímu prostředí, tak i z hlediska ekonomického.

Klíčová slova

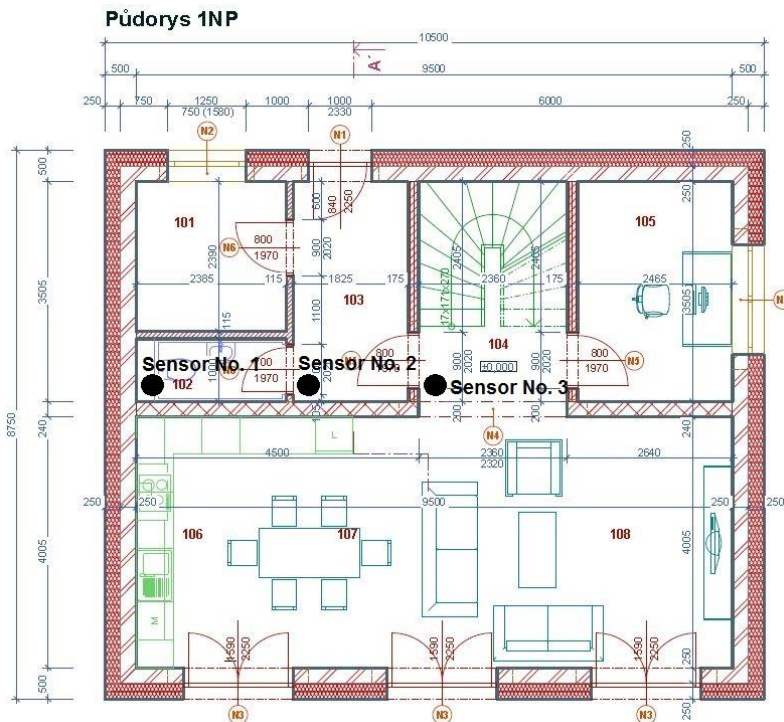
Pasivní domy, systém vytápění, environmentální aspekt.

1 ÚVOD

Článek pojednává o posouzení variant zdrojů systému vytápění a ohřevu teplé vody nejen z hlediska neobnovitelné primární energie, ale i z hlediska ekonomického. Hodnocení je provedeno na objektu rodinného dvoupodlažního domu s vnějšími rozměry 10,5 x 8,75 m (včetně zateplení) postaveného v pasivním standardu v Moravskoslezském kraji. Jedná se o budovu s pultovou střechou o spádu 5°. Obvodové zdivo je navrženo z keramických bloků o tloušťce 250 mm, vnitřní nosné zdivo tl. 240 mm. Obvodové zdivo je zatepleno tepelnou izolací z pěnového polystyrénu s příměsí grafitu tl. 250 mm (součinitel prostupu tepla pro obvodové stěny $0,09 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$). Střešní plášť je zateplen tepelnou izolací z minerální vlny o tloušťce 400 mm (součinitel prostupu tepla střechy $0,10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$). Podlaha na zemině je zateplena ze strany zeminy tepelnou izolací z pěnového skla tl. 400 mm (součinitel prostupu tepla podlahy na terénu $0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$). Okenní a balkonové otvory jsou plastové s izolačním trojsklem se součinitelem prostupu tepla okna max. $0,80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Vstupní dveře také plastové se součinitelem prostupu tepla vstupních dveří $0,90 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ [1]. Větrání objektu je nucené s rekuperační jednotkou [2]. Otopný systém je proveden jako velkoplošný sálavý - podlahové vytápění, s maximálním teplotním spádem 45/35°C.

^{16, 17, 18} Ing. Marek Jašek, Ph.D., Ing. Kateřina Kubenková, Ph.D., Ing. Jiří Labudek, Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební (FAST) 17. Listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava - Poruba, Czech Republic, email: marek.jasek@vsb.cz, katerina.kubenkova@vsb.cz, jiri.labudek@vsb.cz,

Celková energeticky vztažná podlahová plocha je 183,75 m², celková podlahová plocha (z vnitřních rozměrů) 147,25 m². Celkový obestavěný objem vytápěných prostor je 634 m³. Měrná roční potřeba tepla na vytápění pasivního domu EA vychází 14 kWh·m⁻²·a⁻¹ [3, 4].



Obr. 1: Půdorys rodinného domu

2 ENVIROMENTÁLNÍ VYHODNOCENÍ

Pro případ realizace novostaveb je stavebník povinen splnit požadavky na energetickou náročnost budovy, která se v ČR dokládá tzv. průkazem energetické náročnosti budovy (dale jen PENB), zpracovaným dle zákona č. 406/2000 Sb. a vyhlášky č. 78/2013. Součástí PENB je hodnocení ukazatelů energetické náročnosti budovy. Jedním z ukazatelů, který je nutné splnit pro novostavby vytápěných budov, je neobnovitelná primární energie za rok. Neobnovitelná primární energie za rok pro hodnocenou budovu se stanovuje jako součet součinů dodané energie v rozdělení po jednotlivých energonositelích a příslušných faktorů primární energie. Vybrané hodnoty faktorů neobnovitelné primární energie jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. 1 Faktory neobnovitelné primární energie v ČR pro vybrané energonositele

Energonositel	Faktor neobnovitelné primární energie
Zemní plyn	1,1
Černé uhlí	1,1
Hnědé uhlí	1,1
Elektrina	3,0
Dřevěné peletky	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	0,1
Energie okolního prostředí	0,0

Pro posouzení z hlediska neobnovitelné primární energie pro podmínky České republiky a pro posouzení ekonomické náročnosti jsou zvoleny tyto varianty zdrojů systému vytápění a ohřevu teplé vody:

1. tepelné čerpadlo země-voda,
2. tepelné čerpadlo země-voda a solární fotovoltaický ohřev vody pomocí AC a DC na střídavý a stejnosměrný proud,
3. plynový kondenzační kotel,
4. elektrokotel,
5. elektrokotel a krbová vložka s teplovodním výměníkem,
6. elektrokotel a krbová vložka s teplovodním výměníkem a solární fototermický ohřev vody.

V tabulce č. 2 jsou uvedeny vypočtené hodnoty měrné neobnovitelné primární energie za rok pro vybranou budovu při instalaci různých zdrojů tepla pro ohřev teplé vody a pro vytápění.

Tab. 2 Hodnocení neobnovitelné primární energie pro vybranou budovu dle instalovaného zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Číslo varianty	Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	Účinnost výroby energie zdrojem tepla [%]	Požadovaná měrná neobnovit. primární energie za rok [kWh/(m ² .a)]	Vypočtená měrná neobnovit. primární energie za rok [kWh/(m ² .a)]	Klasif. třída	Splnění požadavku
1	Tepelné čerpadlo země - voda	---	183	68	A	Ano
2	Tepelné čerpadlo země – voda + fotovoltaický ohřev vody	---		42	A	Ano
3	Plynový kondenzační kotel	94		87	A	Ano
4	Elektrokotel	94		165	C	Ano
5	Elektrokotel + krbová kamna s teplovodním výměníkem	94 + 75		106	B	Ano
6	Elektrokotel + krbová kamna s teplovodním výměníkem + solární kolektory	94 + 75		56	A	Ano

3 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Správný návrh pasivního domu má spočívat nejen v tepelné ochraně a stabilitě stavby, ale musí také brát na zřetel cenovou náročnost zdrojů systému vytápění a ohřevu teplé vody. Na základě konkrétních nabídek na dodávku, dle sborníku cen stavebních prací (datovou základnou) z prvního pololetí roku 2017 a odborného odhadu byly vyhodnoceny pořizovací náklady systému vytápění a ohřevu teplé vody, včetně montáže. Všechny náklady jsou uváděny bez DPH.

3.1 Varianta č. 1 Tepelné čerpadlo země-voda

Zdrojem teplé vody je tepelné čerpadlo typu země/voda o výkonu 5 kW se zemním kolektorem o délce 250 m a s přídatnou akumulační nádobou o objemu 100 l. Stanovení finanční náročnosti varianty č. 1 je uvedeno v tabulce 3.

Tab. 3: Cena varianty č. 1 tepelné čerpadlo země-voda

Poř. č.	Popis	MJ	Množství	Cena/MJ Kč	Cena celkem Kč
1.	Tepelné čerpadlo země-voda včetně dopravy	kpl	1	215000	215000
2.	Materiál a montáž pro připojení tepelného čerpadla	kpl	1	25000	25000
3.	Materiál a montáž plošného kolektoru	kpl	1	28000	28000
4.	Výkop a zához zeminy pro kolektor na pozemku	kpl	1	12000	12000
5.	Autorizované uvedení TČ do provozu, topná zkouška a zaregulování systému	kpl	1	7500	7500
6.	Akumulační nádoba 100 litrů + montáž + ventily	kpl	1	25000	25000
Cena celkem bez DPH		zaokrouhleno na koruny			312500

3.2 Varianta č. 2 Tepelné čerpadlo země-voda a solární fotovoltaický ohřev vody pomocí AC a DC na střídavý a stejnosměrný proud

Ohřev teplé vody je zajištěn výše zmíněným tepelným čerpadlem a předeřev fotovoltaickým ohřeváčem vody AC/DC o objemu 160 l. Tento ohřeváč je vybaven elektrickou topnou spirálou se dvěma termostaty (pro stejnosměrný a střídavý proud) [5]. Ohřev bude primárně zajištěn přes třicestný přepínací ventil z okruhu tepelného čerpadla. V případě odstávky fotovoltaického systému i tepelného čerpadla je zásobník dohříván z elektrické sítě. Na střeše rodinného domu je navrženo 8 kusů polykrystalických panelů $8 \times 1,64 \times 0,992 =$ cca 13,01 m², s účinností 15,4 %. Jmenovitý výkon 1 panelu je 250 Wp, celkový instalovaný výkon 2 kWp. Náklady na stanovení finanční náročnosti variant č. 2 jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4: Cena varianty č. 2 tepelné čerpadlo země-voda solární fotovoltaický ohřev pro kombinovaný ohřev vody pomocí AC a DC

Poř. č.	Popis	MJ	Množství	Cena/MJ Kč	Cena celkem Kč
1.	Tepelné čerpadlo země-voda včetně dopravy	kpl	1	215000	215000
2.	Materiál a montáž pro připojení tepelného čerpadla	kpl	1	25000	25000
3.	Materiál a montáž plošného kolektoru	kpl	1	28000	28000
4.	Výkop a zához zeminy pro kolektor na pozemku	kpl	1	12000	12000
5.	Autorizované uvedení TČ do provozu, topná zkouška a zaregulování systému	kpl	1	7500	7500

6.	Akumulační nádoba 100 litrů + montáž + ventily	kpl	1	25000	25000
7.	Materiál a montáž fotovoltaických panelů	kpl	1	55000	55000
8.	Materiál a montáž solární fotovoltaický ohřivač	kpl	1	18000	18000
Cena celkem bez DPH			zaokrouhлено na koruny		385500

3.3 Varianta č. 3 Plynový kondenzační kotel

Zdrojem tepla pro vytápění objektu a pro ohřev teplé vody je plynový kondenzační kotel o výkonu 12 kW. Součástí systému je samostatný externí zásobník vody o objemu 150 litrů. Pořizovací cena varianty č. 3 je uvedena v tabulce 5.

Tab. 5: Cena varianty č. 3 plynový kondenzační kotel

Poř. č.	Popis	MJ	Množství	Cena/MJ Kč	Cena celkem Kč
1.	Plynový kondenzační kotel	kpl	1	28000	28000
2.	Materiál a montáž pro připojení kotle	kpl	1	18000	21000
3.	Odkouření kotle	kpl	1	20000	20000
4.	Zásobník vody 150 litrů + montáž + ventily	kpl	1	18000	18000
5.	Autorizované uvedení kotle do provozu, topná zkouška a zaregulování systému	kpl	1	8000	6000
6.	Plynovodní přípojka	kpl	1	15000	15000
Cena celkem bez DPH			zaokrouhлено na koruny		108000

3.4 Varianta č. 4 Elektrokotel

Zdrojem tepla pro vytápění objektu a pro ohřev teplé vody je elektrokotel o výkonu 9 kW s externím zásobníkem teplé vody o objemu 120 l. Finanční náklady na pořízení varianty č. 4 jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 6: Cena varianty č. 4 elektrokotel

Poř. č.	Popis	MJ	Množství	Cena/MJ Kč	Cena celkem Kč
1.	Elektrokotel	kpl	1	20000	20000
2.	Materiál a montáž pro připojení elektrokotel	kpl	1	8000	8000
3.	Zásobník vody 150 litrů + montáž + ventily	kpl	1	16000	16000
4.	Autorizované uvedení kotle do provozu, topná zkouška a zaregulování systému	kpl	1	5000	7500
Cena celkem bez DPH			zaokrouhлено na koruny		51500

3.5 Varianta č. 5 Elektrokotel a krbová vložka s teplovodním výměníkem

Zdrojem tepla pro vytápění objektu a pro ohřev teplé vody je elektrokotel o výkonu 9 kW, který je doplněn o krbovou vložku s teplovodním výměníkem o výkonu 8,5 kW. Součástí systému je akumulární zásobník o objemu 500 l s externím zásobníkem teplé vody o objemu 120 l. Pořizovací cena varianty č. 5 je uvedena v tabulce 7.

Tab. 7: Cena varianty č. 5 elektrokotel a krbová vložka s teplovodním výměníkem

Poř. č.	Popis	MJ	Množství	Cena/MJ Kč	Cena celkem Kč
1.	Elektrokotel	kpl	1	20000	20000
2.	Materiál a montáž pro připojení elektrokotel	kpl	1	8000	8000
3.	Zásobník vody 120 litrů + montáž + ventily	kpl	1	14000	14000
4.	Zásobník vody 500 litrů + montáž + ventily	kpl	1	16000	16000
5.	Krbová vložka s výměníkem	kpl	1	18000	18000
6.	Materiál a montáž pro připojení vložky	kpl	1	15000	15000
7.	Obezdní krbové vložky	kpl	1	20000	18000
8.	Odkouření kotle	kpl	1	15000	15000
9..	Autorizované uvedení do provozu, topná zkouška a zaregulování systému	kpl	1	12000	12000
Cena celkem bez DPH		zaokrouhleno na koruny			136000

3.6 Varianta č. 6 Elektrokotel a krbová vložka s teplovodním výměníkem a solární fototermický ohřev vody

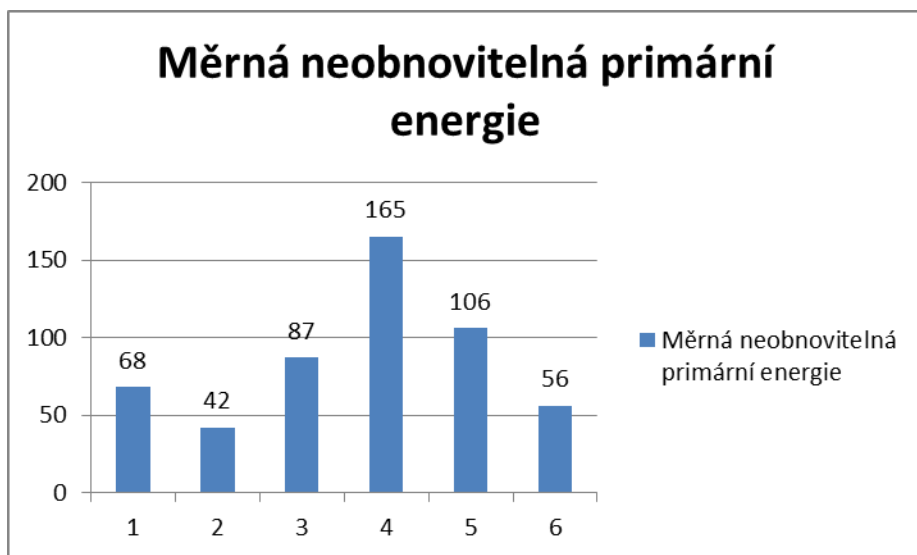
Zdroj tepla pro vytápění objektu a pro ohřev teplé vody je obdobný jako u předchozí varianty č. 5 a jako alternativní zdroj pro ohřev vody jsou navrženy 3 kusy termických solárních panelů 2,0 x 1,0 m o celkové ploše 6 m² umístěné na střeše objektu. Stanovení finanční náročnosti varianty č. 6 je uvedeno v tabulce 8.

Tab. 8: Cena varianty č. 6 elektrokotel a krbová vložka s teplovodním výměníkem a solární fototermický ohřev vody

Poř. č.	Popis	MJ	Množství	Cena/MJ Kč	Cena celkem Kč
1.	Elektrokotel	kpl	1	20000	20000
2.	Materiál a montáž pro připojení elektrokotel	kpl	1	8000	8000
3.	Zásobník vody 120 litrů + montáž + ventily	kpl	1	14000	14000
4.	Zásobník vody 500 litrů + montáž + ventily	kpl	1	16000	16000
5.	Krbová vložka s výměníkem	kpl	1	18000	18000

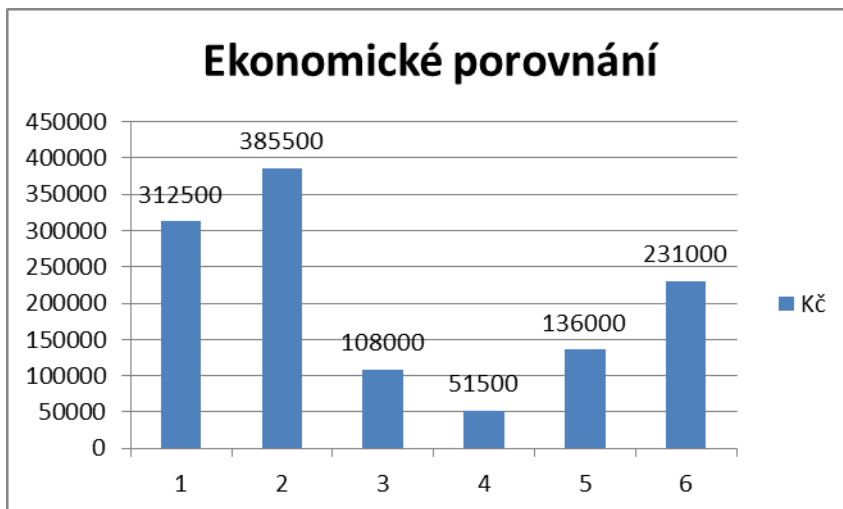
6.	Materiál a montáž pro připojení vložky	kpl	1	15000	15000
7.	Obezdní krbové vložky	kpl	1	20000	18000
8.	Odkouření kotle	kpl	1	15000	15000
9.	Materiál a montáž fototerminického ohřevu vody	kpl	1	85000	85000
10.	Autorizované uvedení do provozu, topná zkouška a zaregulování systému	kpl	1	12000	12000
Cena celkem bez DPH				zaokrouhleno na koruny	231000

V grafu č. 1 je uvedena měrná neobnovitelná primární energie pro vybranou budovu dle instalovaného zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody.



Graf 1 Grafické znázornění měrné neobnovitelné primární energie

Pořizovací náklady jednotlivých variant dle instalovaného zdroje tepla pro vytápění a ohřevu teplé vody jsou souhrnně uvedeny v grafu č. 2.



Graf 2 Grafické znázornění pořizovacích nákladů jednotlivých variant zdroje tepla pro vytápění a ohřevu teplé vody

4 ZÁVĚR

Nejen volba konstrukčního řešení je důležitá při návrhu pasivního domu. Důležitá je i volba systému vytápění a ohřevu vody. V tomto příspěvku bylo vyhodnoceno variantní řešení systému vytápění a ohřevu vody, z hlediska neobnovitelné primární energie, ale i z hlediska ekonomického. Jak je patrné z grafu č. 1, vypočtená měrná neobnovitelná primární energie za rok [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$] vychází nejlépe u alternativních zdrojů vytápění a ohřevu teplé vody využívající energií živelů (sluneční energie, energie země) jako tepelné čerpadlo, solární termický a fotovoltaický systém. Nejhorší vychází zdroj tepla využívající dodávanou elektrickou energii ze sítě. Všechny varianty však splňují požadavek požadované měrné neobnovitelné primární energie za rok [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]. Nevýhodou zdrojů vytápění a ohřevu teplé vody využívajících obnovitelnou energii je jejich pořizovací cena (investiční náročnost) viz graf č. 2. Jejich provozní náklady jsou však velmi nízké.

LITERATURA

- [1] ORAVEC P. Windows in Buildings - Diagnostics of Selected Properties after Time of Using. In *International Conference on Buildings and Environment, EnviBUILD 2013*, Bratislava, Slovakia, 17. 10. 2013. Advanced Materials Research, Vol. 899, 2014, pp. 184-187.
- [2] HORÁK P., PAVEL A., AMBROŽOVÁ I. A New Type of Heat Exchanger for Ventilation in Buildings with Nearly-Zero Energy Consumption. In *International Conference on Buildings and Environment, EnviBUILD 2013*, Bratislava, Slovakia, 17. 10. 2013. Advanced Materials Research, Vol. 899, 2014, pp. 231-234.
- [3] KUBENKOVÁ K., JAŠEK M. The Issue of Including the Influence of Thermal Bonds in the Passive House. In *International Conference on Buildings and Environment, EnviBUILD 2014*, Brno, Czech Republic, 18. - 19. 9. 2014. Advanced Materials

Research, Vol. 1041, 2014, p. 121-124. ISSN: 1022-6680. ISBN: 978-3-03835-280-8.

- [4] KUBENKOVÁ K., JAŠEK M., PANOVEC V. Research of the Temperature Field Process in the Soil for a Home - Founded on a Foam Glass Granulate. In *International Conference on Buildings and Environment, EnviBUILD 2014*, Brno, Czech Republic, 18. - 19. 9. 2014. Advanced Materials Research, Vol. 1041, 2014, p. 257-260. ISSN: 1022- 6680. ISBN: 978-3-03835-280-8.
- [5] CHUCHMA L., KALOUSEK M. Electricity Storage in Passive House in Central Europe Region. In *International Conference on Buildings and Environment, EnviBUILD 2013*, Bratislava, Slovakia, 17. 10. 2013. Advanced Materials Research, Vol. 899, 2014, pp. 213-217.

COMPARISON OF HEATING SYSTEMS IN PASSIVE STANDARD OBJECTS

Keywords

Passive house, heating system, environmental impact.

Summary

Passive houses primarily belong to the category of buildings with very low energy consumption for object heating. Their overall energy performance is affected by a number of indicators, including in particular: solution of building structures and details on boundary of building heated space, characteristics of the used materials and the choice of opening fillings. In the initial design phase of the building it is necessary to ensure maximum utilization of solar gains and internal gains from people and appliances. However, due to climatic conditions in Central Europe, we also have to use sophisticated systems of heating and forced ventilation. For these systems is then always necessary to assess their effectiveness and feasibility in the specific case. At present the number of builders who are interested in a site of environmental protection in connection with elected structure system and materials for passive houses is growing. Energy-efficient building structures and used heating systems can substantially contribute to the necessary reduction of carbon dioxide emissions - and thus to protect the earth's atmosphere.

The paper describes the assessment of heating system alternatives applicable in house of passive character with respect to the environment and long-term economic viewpoint.