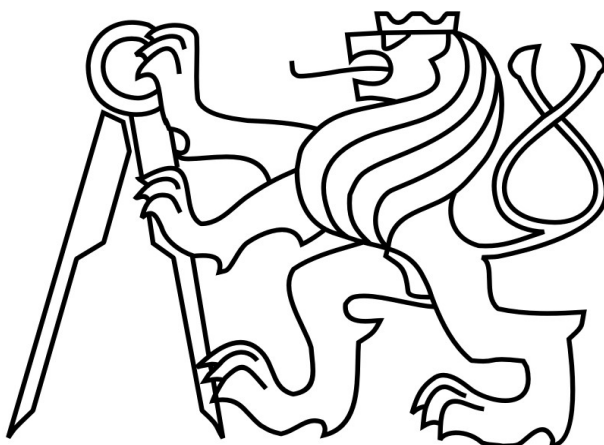


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vady a rizika při výstavbě
montovaných dřevostaveb**

Michal Tesařík

2016

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne 16. 5. 2016

.....

Michal Tesařík

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Václavu Pospíchalovi, Ph.D. za odborné rady a vedení při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Lence Hanzalové, Ph.D. za cenné připomínky a také stavební firmě, která umožnila provést výzkum a jejím zaměstnancům za vstřícnost.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství
studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb
akademický rok: 2015/2016

Jméno a příjmení studenta: Michal Tesařík
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.
Název bakalářské práce: Vady a rizika při výstavbě montovaných dřevostaveb
Název bakalářské práce
v anglickém jazyce: Construction defects and risks of prefabricated wooden structures

Rámcový obsah bakalářské práce: Problematika materiálu a jeho ochrany před vnějšími vlivy.
Problematika výstavby a kontrola jakosti během provádění konkrétního objektu.
Vyhodnocení ztrátovosti řeziva vlivem realizace a vad materiálu.
Stavebně fyzikální problematika konkrétního objektu, zvolení variant, technické a ekonomické
vyhodnocení a porovnání.

Datum zadání bakalářské práce: 10.2.2016 Termín odevzdání: **22.5.2016**
(vyplňte poslední den výuky příslušného semestru)

Pokud student neodevzdal bakalářskou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu bakalářskou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998. (SZŘ ČVUT čl. 21, odst. 4)

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

.....
vedoucí bakalářské práce

.....
vedoucí katedry

Zadání bakalářské práce převzal dne: 10.2.2016

.....
student

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání BP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se BP do databáze KOS.
BP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student BP zapsanou.
(Směrnice děkana pro realizaci studijních programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5, odst. 7)

Vady a rizika při výstavbě montovaných dřevostaveb

V této bakalářské práci se autor zabývá vadami a riziky vznikajícími při výstavbě montovaných dřevostaveb metodou Two by Four. Autor analyzuje všechny technologické etapy výstavby, které jsou klíčové pro realizaci a během kterých může ze strany stavebníka docházet k chybám a ukazuje tyto chyby a vhodná řešení na konkrétním objektu. Tato práce rovněž obsahuje návrh technologického řešení stavebně fyzikální problematiky zateplení konkrétního objektu. Tyto návrhy jsou následně posouzeny z hlediska technického a finančního. Předmětem této práce je také řešení problematiky výběru vhodného stavebního materiálu a jeho ochrany a následného vyhodnocení ztrátovosti řeziva vlivem realizace.

Klíčová slova:

Dřevostavba, třídění řeziva, postupový diagram, vyhodnocení rizik

Construction defects and risks of prefabricated wooden structures

In this bachelor thesis, the author deals with defects and risks arising during construction of prefabricated wooden structures by the Two by Four method. The author analyzes all technological phases of constructing, which are key for the realization, and during which mistakes caused by contractor can be made, and shows these mistakes and appropriate solutions on particular building. This thesis also contains technological solution design of the building physics issues of ETICS on specific building. These designs are then assessed from technical and financial point of view. This thesis is also dealing with the selection issues of the suitable building material and its protection against external influences and following evaluation of the loss rate of timber caused by realization.

Keywords:

Wooden structure, timber grading, flowchart, risk evaluation

Obsah

Úvod	10
1. Dřevostavby.....	12
1.1 Technologie Two by Four	13
2. Problematika materiálu	16
2.1 Výběr materiálu	16
2.2 Třídění materiálu	18
2.2.1 Vizuální třídění podle pevnosti	18
2.2.2 Mechanické třídění podle pevnosti.....	18
2.3 Typy materiálu pro třídění.....	19
2.4 Konstrukční dřevo (dřevo s převážně nosnou funkcí).....	20
2.4.1 Rostlé dřevo	20
2.4.2 Lepené dřevo	21
2.4.3 Lepené lamelové dřevo	21
2.6 Vady dřeva ovlivňující výběr materiálu	23
2.6.1 Suky	23
2.6.2 Odklon vláken (točitost).....	24
2.6.3 Dřeň	25
2.6.4 Šířka letokruhů	26
2.6.5 Trhliny	26
2.6.6 Obliny	28
2.6.7 Zakřivení	28
2.6.8 Zbarvení a hniloba	29
2.6.9 Tlakové dřevo.....	30
2.6.10 Poškození hmyzem napadajícím čerstvé dřevo	31
2.6.12 Další znaky třídění	31

2.6.13 Multikriteriální vyhodnocení řeziva	32
2.7 Ochrana dřeva před vnějšími vlivy.....	34
3. Rizika vad při výstavbě konkrétního objektu.....	36
3.1 Charakteristika objektu	36
3.2 Skladování dřeva.....	37
3.3 Založení stavby	38
3.4 Založení prahů.....	39
3.4.1 Hydroizolace proti zemní vlhkosti.....	39
3.4.2 Osazení kotevních prvků.....	40
3.4.3 Osazení prahů.....	40
3.5 Montáž nosné konstrukce 1.NP.....	44
3.5.1 Osazení svislých sloupků.....	44
3.5.2 Provedení pozedního věnce	46
3.5.3 Realizace otvorů a ztužení stěn	47
3.6 Realizace zastřešení	52
3.6.1 Provedení nosné konstrukce střechy	52
3.6.2 Realizace vrstev střešního pláště.....	55
3.6.3 Osazení tepelné izolace podkroví	58
3.7 Kompletace svislých nosných konstrukcí 1.NP	63
3.7.1 Vnější obklad stěn deskami OSB.....	63
3.7.2 Vložení výplňové minerální izolace nosných stěn	64
3.7.3 Montáž dveřních a okenních profilů	64
3.7.4 Provedení parozábrany	65
3.8 Následující procesy výstavby	69
4. Vyhodnocení ztrátovosti řeziva.....	70
5. Volba varianty obvodového zateplení.....	72

5.1 Pěnový fasádní polystyren	72
5.2 Minerální fasádní vlna	74
5.3 Posouzení skladeb v programu Teplo 2014 EDU.....	75
5.3.1 Protokol skladby s pěnovým polystyrenem	76
5.3.2 Protokol skladby s minerální vlnou.....	77
5.3.3 Vyhodnocení tepelně – technických parametrů.....	78
5.4 Porovnání cen klíčových materiálů skladeb.....	78
5.5 Výběr nejvhodnější varianty zateplení	79
Závěr.....	80
Použitá literatura	84
Seznam obrázků	86
Seznam tabulek	88

Úvod

Se současným rozvojem ekologie a neustále vyššími nároky na tepelně technické požadavky budov se dřevostavby začaly pomalu dostávat do podvědomí veřejnosti. Po období masivního rozvoje prefabrikované výstavby zejména z betonu či silikátových materiálů na našem území je však vzestup podílu dřevostaveb oproti ostatním variantám výstavby hluboko za světovým průměrem. Dlouhou dobu česká veřejnost odmítala stavby ze dřeva jako stavby pro trvalé bydlení, jako je tomu například v USA, Japonsku či zemích severní Evropy již několik desítek let. Jedinou přijatelnou variantou pro obyčejného člověka byly v dřívějších dobách pouze roubené historické chalupy či objekty sloužící pro občasnou rekreaci.

Tento trend se však v současné době obrací a vzhledem k požadavkům na energetickou úspornost budov, na jejich cenu a co nejmenší dopad na životní prostředí se opět začíná při projektování uvažovat o stavbách s dřevěným konstrukčním systémem. Ovšem jako u každé nově se prosazující metody mohou i při výstavbě dřevostaveb vznikat rizika a z nich pramenící chyby, které nenávratným způsobem ovlivní výsledný objekt a rozhodně nepřispějí k rozvoji tohoto pozitivního trendu.

Cílem této bakalářské práce je upozornit na možná rizika související s výstavbou dřevostaveb a to především jednou z dnes nejvíce používaných metod, tzv. systémem Two by four, při kterém je na stavbu dopravováno pouze řezivo, které je až na místě upravováno dle potřeb výstavby a spojováno v rámovou konstrukci. Dále jsou na základě zmíněných rizik vyspecifikovány nejčastější vady, které se mohou v průběhu výstavby objevit.

Jedná se kupříkladu o vady samotného stavebního materiálu, které ovlivňují jeho použitelnost ve stavebních konstrukcích, ať už jde o vady růstové či výrobní, nebo vady způsobené vnějšími vlivy. Následují varianty ochrany dřeva vůči vnějším vlivům, aby bylo zamezeno jeho degradaci a kritéria pro výběr vhodného řeziva. Součástí této práce je rovněž přehled typů používaných dřevěných prvků a popis způsobu jejich vizuálního zatřídění, který je doplněn multikriteriální tabulkou sloužící pro urychlení tohoto procesu.

Na konkrétním objektu jsou následně podrobně vyspecifikovány a zhodnoceny nejčastější rizika a vady, které mohou vzniknout během výstavby a jakým způsobem těmto vadám předcházet. Kritická místa jsou systematicky řazena směrem s postupující výstavbou od založení stavby až po dokončení nosné konstrukce objektu. Současně jsou vždy uvedeny způsoby kontroly jakosti konkrétní stavební konstrukce, která je v dané kapitole prověřována. Pro zefektivnění procesu kontroly provedených prací jsou následně uvedeny postupové diagramy obsahující požadavky na provedení a způsob nápravy v případě jejich nedodržení.

Součástí práce je rovněž vyhodnocení ztrátovosti řeziva vlivem realizace a vad materiálu s přihlédnutím zejména k volbě rýsovacího softwaru a v něm náležitě zpracovaných montážních výkresů nosné konstrukce a dále pak nutnosti správné realizace výstavby a třídění použitého řeziva.

Závěrečná část bakalářské práce je věnována stavebně – fyzikální problematice dřevostaveb, která je vztažena opět na konkrétní objekt. Nejprve jsou zde navrženy dvě varianty obvodového zateplení, které jsou následně posouzeny z hlediska technologického a ekonomického, a je zvolena nejvhodnější varianta.

1. Dřevostavby

Dřevostavby jsou v současnosti vyhledávanou variantou mezi investory a jejich obliba v poslední době strmě stoupá. Současný trend je stavět nízkoenergetické a pasivní domy, které jsou minimální měrou závislé na vývoji cen topných médií a investoři se pro ně rozhodují s vidinou úspory a finanční návratnosti. Vždy to však není pouze o penězích, životní návyky a potřeby české společnosti se totiž mění. Stále více si lidé uvědomují, že svým chováním a způsobem života ovlivňují nejen své bezprostřední okolí, ale že jejich rozhodnutí například o tom, kde a jak budou bydlet, má vliv na životní prostředí v globálním měřítku i na to, v jakých podmínkách budou žít jejich děti.

Rozhodnutí postavit vlastní dům tak už dnes není vedeno jen touhou po vlastním příbytku, ale také po zodpovědném a ekologickém způsobu života. Těmto potřebám vycházejí vstříc zejména dřevostavby. Domy stavěné ohleduplně vůči přírodě a přitom otevřené vůči všem technickým inovacím a nárokům moderního života.

Jako dřevostavby jsou obecně označovány budovy, jejichž hlavním konstrukčním prvkem je dřevo. Dřevo tvoří nosnou konstrukci stavby, přičemž ostatní (nenosné) prvky mohou představovat i jiné materiály (jejich podíl po odečtení materiálů na bázi dřeva může být i více než 60 %). Při stavbě jsou kromě dřeva používány zejména kvalitní izolační materiály, ocelové spojovací prvky, speciální folie, obklady, nátěry aj. Tyto materiály a technologie prochází neustálou inovací a napomáhají tak eliminovat některé z negativních vlastností dřevostaveb, jakými jsou například nižší požární odolnost či náchylnosti vůči vlhkosti. Základy stavby bývají zpravidla z betonu nebo zděné. Díky kombinaci těchto materiálů a postupů je zaručena výsledná vynikající technologická kvalita stavby a vysoká kvalita bydlení. V zahraničí (hlavně Skandinávie a USA) jsou přednosti dřevostaveb využívány již několik desetiletí.

Tab. 1: Podíl dřevostaveb na nové výstavbě [Vytvořeno autorem]

Česko	1%
Německo	7%
Anglie, Rakousko, Švýcarsko	10%
Skotsko	50%
USA	70%
Skandinávské země	80%

1.1 Technologie Two by Four

Pro účely poukázání na nejčastější rizika a vady při výstavbě montovaných dřevostaveb je systém Two by Four nejvhodnějším ze všech stupňů prefabrikace. Řadí se totiž do takzvaného nultého stupně prefabrikace, případně prvního stupně rozpracovanosti stavebních prvků, při kterém dochází pouze k dodání základních materiálů a řeziva na stavenišť. Veškerá montáž a kompletace probíhá přímo v místě stavby a může tak docházet k velkému množství chyb a nepřesností, ale zároveň také k důsledné kontrole po celou dobu výstavby.

Konstrukční systém Two by Four vznikl v USA na konci 19. Století a postupně se rozšířil do Evropy a Austrálie. Hlavním důvodem, proč systém vznikl a rychle se rozvíjel, byla automatizace výroby hřebíků, které se až do té doby vyráběly ručně. Prudký cenový pokles těchto spojovacích prostředků tak znamenal masivní nárůst jejich používání.



Obr. 1: Příklad realizace systémem Two by Four [Vytvořeno autorem]

Jedná se o rámový způsob výstavby, při kterém byly původně používány sloupky o průřezu 2 x 4 palce, což v metrických jednotkách odpovídá přibližně rozměrům 50 x 100 mm. V dnešní době jsou však tyto rozměry sloupků dřevostaveb ovlivněny spíše tepelně technickými a statickými

požadavky. Tento rozměr tak není pravidlem, stejně jako koordinační modul dřevostavby (rastr), který je převážně 625 nebo 417 mm a to z důvodu navazujících rozměrů velkoplošných materiálů a výplňových tepelných izolací.

Celý proces výstavby systémem Two by Four se odehrává přímo na staveništi. Podle aktuální potřeby je dováženo řezivo, které se co nejrychleji zpracovává. Na základovou konstrukci jsou nejprve položeny vrstvy hydroizolace. Dřevěný materiál je naimpregnován a napenetrován, zejména pak spodní práh obvodových stěn, který se pomocí závitových tyčí a chemické kotvy osadí v místě budoucí nosné stěny. K tomuto prahu jsou pomocí spojovacích prostředků v pravidelném modulu kotveny sloupky, na něž se z horní části osadí konstrukce pozedního věnce. Celý takto vytvořený rám dřevostavby je zavětrován. Nejprve se tak děje za pomoci prken, po vytvoření celistvého nosného rámu jsou diagonály nahrazeny ocelovou pásovinou a velkoplošným konstrukčním materiálem (např. OSB deskami). Na horní pásnici se buď ukládá stropní nosník (a dále se pokračuje obdobným způsobem v případě dalšího poschodí) nebo se zde uloží již střešní konstrukce - například příhradového typu (sbíjené vazníky) - která se zaizoluje a zastřeší.

Do takto připravené konstrukce stačí pouze dodat stavebně truhlářské výrobky a zaizolovat prostor mezi sloupky minerální izolací a kontaktním zateplovacím systémem z vnější strany objektu. Z vnitřní strany obvodové stěny či stropů se umístí parozábrana, předstěnami vytvořenými před parotěsnou izolací povedou rozvody inženýrských sítí. V dalším konstrukčním kroku se vytvoří na stěnách a stropu finální vrstva, nejčastěji se k tomuto účelu využívá sádkokarton. Samozřejmostí je také realizace skladby podlahy sestávající se z tepelné izolace, následně roznášecí vrstvy a finálních vrstev podlahy. [1]

Pro konstrukční nosnou část takto vzniklých dřevostaveb se v dnešní době nejčastěji používá tzv.: konstrukčního masivního dřeva, neboli KVH hranolů, jejichž charakteristika a výhody využití jsou předmětem kapitoly: 2. Problematika materiálu.

Tab. 2: Výhody a nevýhody technologie Two by Four [Vytvořeno autorem]

VÝHODY	NEVÝHODY
<ul style="list-style-type: none"> • Přímý dohled při samotné montáži, včetně možného korigování využití materiálu. • Možnost úpravy konstruovaného objektu i v průběhu výstavby. • Dřevostavby nemusí ležet pouze na základové desce, ale i na základových pasech nebo pilotech, na něž budou uloženy nosné trámy, záklop, izolace a podlahová vrstva (tento způsob umožní dokonalé větrání pod objektem - v oblasti se zvýšenou koncentrací radonu). • Možná téměř výhradní absence těžké techniky – stavba se může provádět i na obtížně dostupných místech. 	<ul style="list-style-type: none"> • Závislost pracovní činnosti na ročním období a na počasí • Časově náročnější výstavba v porovnání s panelovým způsobem výstavby (vyšší stupeň prefabrikace) • Kvalita práce musí být dozorována celou dobu výstavby přímo na staveništi. • Složité uskladnění materiálu během výstavby z důvodu možného napadení škůdci a zabezpečení proti krádeži.

2. Problematika materiálu

Prvním krokem při záměru stavět ze dřeva je zvolení vhodného a kvalitního stavebního materiálu, který má pro vznik kvalitní stavby zásadní význam. Už v této přípravné fázi před samotným zahájením výstavby však mohou vznikat rizika spojená s vadami dřeva vzniklými při růstu, těžbě, skladování či dopravě. Nelze rovněž opomenout i rizika, která nejsou patrná na první pohled, jejich účinek se projevuje postupně a mohou rovněž nepříznivě ovlivnit budoucí stavbu. Jsou to zejména rizika atmosférické degradace a napadení biotickými škůdci, která je třeba předem řešit návrhem vhodného opatření.

2.1 Výběr materiálu

Montované dřevostavby jsou pouze jedním z typů dřevostaveb, ale co se týká volby materiálu, jsou kritéria výběru vždy podobná. Pro nosné konstrukce se v případě montovaných dřevostaveb výhradně využívá jehličnatých stromů a to zejména nejdostupnějšího smrku a jedle, méně často pak borovice, modřínu a douglasky.

Prvním důvodem této volby jsou vlastnosti tohoto typu dřeva, kterou je například nízká objemová hmotnost. Dřevo z jehličnatých stromů totiž vykazuje při nízké hustotě vysokou pevnost. To znamená, že dřevo je při vysoké účinnosti (pevnosti) poměrně lehké. Smrk se proto jakožto lehké, ale pevné dřevo využívá pro prvky, jako jsou nosníky či sloupy. Další již výše zmíněnou vlastností je pevnost. Dřevo je také konstrukční materiál s výrazně usměrněnými vlákny ve směru růstu, tj. podélném směru kmene (anizotropní materiál). I přes výborné pevnostní vlastnosti je třeba zvážit jeho použití vzhledem ke směru zatížení. V podélném směru je tlaková a tahová pevnost dřeva mnohonásobně vyšší než ve směru příčném. Neméně důležitou vlastností je zpracovatelnost. Vzhledem k tomu, že je dřevo z jehličnatých stromů ve velké většině považováno za měkké dřevo, lze snadněji kácet, dopravovat a dále opracovávat (např.: řezat, brousit či obrábět). Další vlastností je kupříkladu schopnost jehličnatého dřeva rychleji vysychat a zbavovat se vlhkostí, oproti dřevu z listnatých stromů.

Druhým, a pro mnohé investory zásadnějším důvodem použití jehličnatého řeziva je jeho cena. V České republice se ročně vytěží okolo 14 – 15 mil. m³ dřeva, což je přibližně 6 m³ na 1 ha lesního porostu. Roční přírůst dřeva v ČR je 7,8 m³/ha, což znamená, že v českých lesích ročně přiroste přibližně 18 mil. m³ dřeva. Z toho vyplývá, že zásoba dřeva v našich lesích rok od roku stoupá, jelikož přírůstové možnosti jsou u nás využívány z cca 83 %. Již tento samotný fakt ukazuje na to, že českým lesům nehrozí v dlouhodobém horizontu vykácení, což cenu dřeva snižuje. Dalším faktem, který vysvětluje nižší cenu jehličnatého dřeva oproti listnatému, je mýtní věk. Jedná se o věk stromu, při kterém přestává zaznamenávat výrazné přírůsty a stává se náchylným k chorobám a působení škůdců, a stromy před dovršením tohoto věku jsou káceny pouze v případě jejich poškození škůdcem, chorobou či kalamitou. Tento věk se u jehličnanů pohybuje v rozmezí 90 až 110 let, oproti tomu u listnatých okolo 150 let. Navíc ze statistik vyplývá, že v roční těžbě 15 mil. m³ jsou jehličnaté stromy zastoupeny z 87% celkového objemu. V případně dřeva z jehličnatých stromů se tedy jedná o kvalitní a zároveň levný a dostupný stavební materiál. [2]

Listnaté druhy dřeva, zejména duby a buky, jsou však při výstavbě, i když v omezené míře využívány také. Listnaté dřevo má své neocenitelné vlastnosti, mezi které patří například velmi vysoká pevnost a odolnost vůči vnějším vlivům, zejména vlhkosti. Díky nim se tento typ dřeva využívá zejména pro založení stavby (zakládací prahy nebo polštáře), pro vysoce namáhané spojovací prvky, kterými jsou například: hmoždíky, klíny či kolíky, nebo pro jiné speciálně namáhané prvky (různé podkladní desky, nášlapné plochy schodišť apod.).

V zásadě lze říci, že výběr vhodného stavebního materiálu začíná již v lese. Vlastnosti dřeva jakožto organického materiálu ovlivňují vnější faktory. Jsou jimi například nadmořská výška, sluneční záření, vlhkost, vítr či teplota. Dřevo těžených stromů určených pro výstavbu rovněž nesmí být napadeno dřevokaznými škůdci. Nejvyšší a nejtrvanlivější dřevo pak můžeme získat těžbou v zimním období. Takto získané tzv. „zimní dříví“, které má většinu mízy staženou do kořenového systému, vykazuje nižší hodnoty procentuální

vlhkosti, rychleji vysychá, tvoří se méně prasklin a dochází k menšímu kroucení nežli u dřeva vytěženého mimo období vegetačního klidu.

2.2 Třídění materiálu

Jedním z klíčových problémů efektivního používání dřeva jako konstrukčního materiálu je garance jeho technických parametrů. Na rozdíl od uměle vyrobených konstrukčních materiálů (beton, ocel), jejichž jakost lze ovlivnit během výroby v závislosti na účelu použití, lze u dřeva zabezpečit požadovanou kvalitu pouze tříděním. Rozeznáváme dva základní způsoby třídění stavebního dřeva:

2.2.1 Vizuelní třídění podle pevnosti

Dle ČSN 73 2824-1 *Třídění dřeva podle pevnosti – Část 1: Jehličnaté řezivo* se při vizuelním třídění konstrukční řezivo klasifikuje podle vnějších znaků, tzv. vad dřeva a vad výroby, které se posuzují se zřetelem na jejich vliv na mechanické vlastnosti. Mezi nejdůležitější kontrolované charakteristiky patří např.: suky, odklon vláken (točitost), či rozsah trhlin, které budou předmětem následujících kapitol. [3]

Vizuelní třídění konstrukčního dřeva je svou podstatou složitým, zdoluhavým a málo přesným postupem s omezenými možnostmi zdokonalení. Přesnost dosažitelná při kontrole parametrů vizuelního třídění (suků, odklonu vláken aj.) je relativně nízká. Účinnost vizuelního třídění, vyjádřená součinitelem korelace parametrů třídění a pevností řeziva je asi 0,4 až 0,6. Provádění tohoto třídění v praxi je pro jeho složitost často problematické, tj. jeho skutečná účinnost může být ještě nižší. Nadále se však jedná o nejčastěji používanou metodu a to především z důvodu nižší ceny oproti strojnímu třídění a současně malé dostupnosti mechanizace pro kvalitní strojní třídění. Navíc v současnosti pro nejobvyklejší pevnostní třídy dřeva není přesnější mechanické třídění vyžadováno v rámci normového předpisu. [4]

2.2.2 Mechanické třídění podle pevnosti

V posledních 50 letech došlo v celosvětovém měřítku k rozvoji dokonalejšího způsobu třídění konstrukčního řeziva, tzv. mechanického neboli strojního třídění.

Strojním tříděním se odhaduje pevnost řeziva nepřímo na základě měření jeho tuhosti. Řezivo projíždí plynule strojem za následného měření velikosti průhybu při určitém zatížení (případně velikosti zatížení při určitém průhybu) se nedestruktivním způsobem posuzuje únosnost každého prvku. Řezivo se zpravidla zatěžuje ve směru menšího rozměru průřezu, tj. tloušťky.

V průmyslovém používání, které je zpravidla podmíněno udělením licence pro provozovnu, je však omezený počet strojů, které pracují na rozličných principech, jakým je například optický postup, postup průhybu s použitím mikrovlnného či rentgenového záření, popřípadě měření ultrazvukem. Výhodou tohoto způsobu třídění je zajisté jeho vyšší účinnost oproti vizuálnímu třídění, protože strojní třídění eliminuje chyby lidského faktoru při měření. Dále pak oproti vizuálnímu třídění odhaluje skryté vady uvnitř prvků a svojí přesností měření umožňuje využít i řezivo, které by bylo v důsledku nepřesností při vizuálním třídění vyřazeno jako nepoužitelné.

Strojní třídění tedy umožňuje dosažení vyšší jakosti z hlediska návrhových pevností řeziva, tj. menší spotřebu materiálu. Podle britských údajů se stroj na třídění řeziva podle pevnosti při dobrém využití „zaplatí“ přibližně za půl roku, avšak v současné době u nás na rozdíl od řady vyspělých evropských zemí není strojní třídění řeziva zavedeno a vyžadováno [4].

2.3 Typy materiálu pro třídění

Při výstavbě montovaných dřevostaveb se v současné době nepoužívá pouze klasické řezivo vyrobené pouhým vyřezáním z dřeva rostlého, ale i kombinované průřezy, složené a pevně spojené z více kusů řeziva za účelem dosažení lepších především mechanických vlastností. Dále je pak hojně využíváno dřeva s nenosnou funkcí a materiálů vyrobených na bázi dřeva, které slouží především jako dělicí či obkladové prvky. Následující kapitola slouží jako přehled těchto typů materiálu včetně jejich zatřídění.

Pro účely třídění stavebního dřeva se rozlišuje mezi těmito dvěma oblastmi použití:

- Dřevo s převážně nosnou funkcí, u kterého záleží na pevnostních a přetvárných vlastnostech a na trvanlivosti (zpravidla konstrukční dřevo), se třídí dle tříd pevnosti;

- Dřevo s převážně nenosnou, dělicí, obkladovou či zčásti výztužnou funkcí, u kterého záleží na vzhledu a charakteru povrchu i stabilitě tvaru a trvanlivosti, se třídí podle jakostních tříd.

Jestliže dřevo s nosnou funkcí, které je primárně tříděno dle tříd pevnosti, musí současně odpovídat také estetickým požadavkům, používají se obě kritéria třídění. Jedná se tedy například o viditelné (pohledové) nosné konstrukce. [5]

2.4 Konstrukční dřevo (dřevo s převážně nosnou funkcí)

V následujícím přehledu je patrné dělení dřeva s převážně nosnou funkcí do podskupin rostlé dřevo, lepené dřevo a lepené lamelové dřevo. Všechny tyto tři pojmy jsou dle současných předpisů zahrnuty pod výraz „konstrukční dřevo“.

2.4.1 Rostlé dřevo

Jako rostlé dřevo se v rámci kategorie Konstrukční dřevo označují hranoly a konstrukční rostlé dřevo. Hranoly jsou nosníky vyřezávané přímo z vytěžené kulatiny, zatímco označení konstrukční rostlé dřevo (zkratka KVH z německého „Konstruktionsvollholz“) se používá pro vysušené rostlé dřevo, délkově nastavované pomocí zubovitého spoje doplněného zpravidla polyuretanovým lepidlem. KVH hranoly jsou v současnosti nejčastěji využívaným typem konstrukčního dřeva při výstavbě způsobem „Two by Four“. Díky délkovému nastavení zubovitým spojem je možné tyto prvky používat pro větší délkové rozpony, přičemž samotný spoj zaručuje vyšší pevnost, než je tomu u klasického řezaného nosníku. Zvýšená pevnost je rovněž zapříčiněna eliminací vnějších vad materiálu (suky, trhliny) vyřezáním a následným napojením. [5]

Pro třídění staticky namáhaného rostlého dřeva a lepeného dřeva je na našem území směrodatná norma ČSN EN 338 „Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti“, která rozlišuje celkem 12 tříd dle ohybové pevnosti, přičemž nejčastěji se při výstavbě využívá těchto pět z nich:

- C20 – dřevo nízké pevnosti, vizuálně tříděné,
- C24 – dřevo normální pevnosti, vizuálně tříděné,
- C27 – dřevo vyšší pevnosti, vizuálně tříděné,
- C35 – dřevo vysoké pevnosti, strojně tříděné,
- C45 – dřevo vysoké pevnosti, strojně tříděné.

Jako nejběžnější konstrukční dřevo se používá třída pevnosti C24. Dřevo tříd C27 až C45 se vzhledem k vysokým požadavkům na strojní třídění nepoužívá. [6]

2.4.2 Lepené dřevo

Dalším typem konstrukčního dřeva, je dřevo lepené z více profilů rostlého dřeva. Takovýto prvek se skládá ze dvou (typ DUO) nebo tří (typ TRIO) středem rozříznutých, vzájemně bočně slepených hranolů nebo latí. Prvky jsou k sobě vzájemně slepeny v obrácené poloze než je jejich poloha v kmenu, tímto získávají trámy DUO a TRIO výbornou tvarovou stabilitu. Jednotlivé lamely jsou délkově nastavovány lepeným zubovitým spojem. Díky tomu lze vyrábět trámy DUO a TRIO až do délek 18 m. Hlavním důvodem použití těchto prvků je vysoká ohybová pevnost a tvarová stálost, kdy vzájemně opačně slepené prvky navzájem eliminují svoji snahu o kroucení a boulení. Další variantou může být tzv.: křížový nosník. U tohoto typu jsou celkem 4 hranoly slepeny v obrácené poloze, než je jejich poloha v kmenu, opět za účelem vysoké tvarové stability.

2.4.3 Lepené lamelové dřevo

Jako lepené lamelové dřevo se označují výrobky vytvořené mnohonásobným lepením tenkých dřevěných prvků (tzv. lamel). Tento proces umožňuje mimo jiné tvarování prvků během výroby za použití tepla a tlaku. Výsledný produkt tak může mít například tvar oblouku a díky pevnému spojení mnoha vrstev i vynikající ohybovou pevnost a tvarovou stálost. Lze tak vyrobit až 40 metrů dlouhé prvky, které mohou sloužit pro zastřešení sportovišť či koncertních hal, kde klasickou skeletovou konstrukci nelze uplatnit.

Lamely pro lepené lamelové dřevo podléhají třídění na základě normy ČSN EN 14080 – „Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a lepené

rostlé dřevo - Požadavky“. Jsou rozděleny do tříd T11, T14,5 a T18 pro vizuálně tříděné řezivo a T22 a T26 pro strojně tříděné lamely.

Hotové lepené lamelové dřevo se rozděluje do tříd pevnosti GL24, GL28 a GL36. Navíc se v tomto případě rozlišuje mezi průřezy homogenními, které jsou vytvořeny slepením lamel stejné třídy (označení např.: GL24h), a průřezy kombinovanými, které jsou tvořeny z lamel různých tříd (označení např.: GL24k). Převážně se při výstavbě používají nosníky s normální pevností, čili s třídou pevnosti GL24. [5][7]

2.5 Dřevo pro vnitřní výstavbu (dřevo s převážně nenosnou funkcí)

Jedná se o dřevo a výrobky z něj s převážně nenosnou, dělicí, obkladovou či zčásti výztužnou funkcí, u kterého záleží na vzhledu a charakteru povrchu či stabilitě tvaru a trvanlivosti.

V případě dřeva s převážně nenosnou funkcí se užívá třídění do následujících jakostních tříd:

- Třída I – Výběrové kvalitní řezivo používané jako truhlářské, bez zbarvení, hniloby a nízkým podílem suků a dalších vad (použití na výrobu nábytku, oken, schodů, dveří apod.),
- Třída II – Stavební řezivo s větším počtem vad (suky, trhliny), bez zbarvení či napadení škůdci (použití na soustružené výrobky, nepohledové stavební řezivo apod.),
- Třída III – konstrukční řezivo s vysokým počtem vad a se zbarvením, přípustné jsou oblíny a zbytková kůra (použití na přířezy a dočasné konstrukce apod.).

Pro ucelení problematiky následuje pouze přehled základních typů:

- Řezivo – bez povrchových úprav
- Hoblované řezivo
- Desky z rostlého dřeva – jednovrstvé
- Desky z rostlého dřeva – vícevrstvé
- Desky OSB, třískové desky [5]

2.6 Vady dřeva ovlivňující výběr materiálu

V rámci vizuálního třídění dřeva se kontrolují jeho vizuální charakteristiky, podle kterých je následně možné jej zatřídit do tří kvalitativních tříd S7, S10 a S13. Při třídění se klade důraz na zjišťování vad, které mohou výrazně ovlivňovat zejména mechanické vlastnosti dřeva. Vadami se tak rozumí odchylky od normálního stavu, popřípadě se za vady považují vlastnosti dřeva, které ovlivňují jeho účelové použití.

2.6.1 Suky

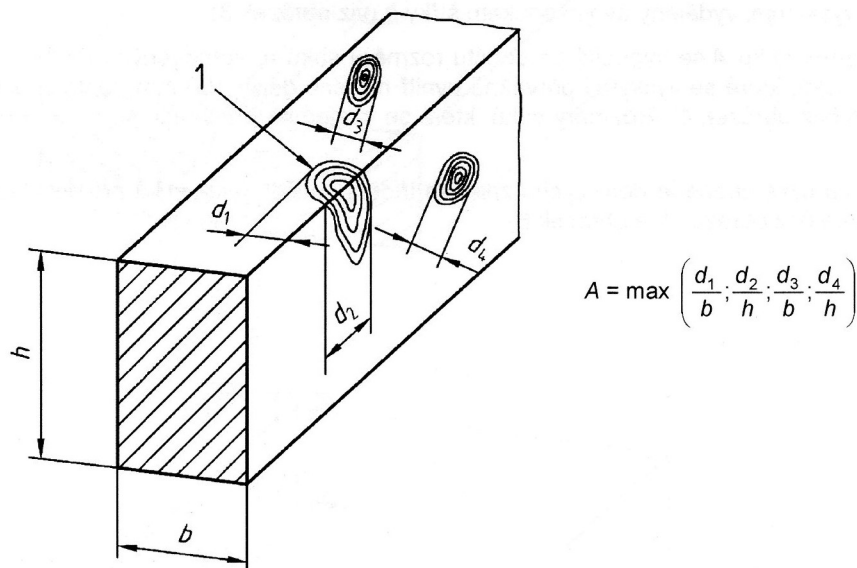
Suk je část větve obrostlá dřevem. Jedná se o jev vznikající při zarůstání větví, které jsou nezbytným funkčním orgánem každého stromu. Suky přerušují standardní průběh letokruhů, který je rovnoběžný s podélnou osou stromu. Jejich rozložení a výskyt ve kmeni stromu závisí na druhu dřeviny, podmínkách růstu a pěstebních zásadách.

Suky jsou jednou z nejčastějších a nejvýznamnějších vad. Jejich negativní dopad na další zpracování a využití dřeva tkví v tom, že svojí přítomností narušují stejnoměrnost stavby dřeva a tím ovlivňují základní mechanické vlastnosti dřeva. Jejich vliv je zásadní, zejména v případě pevnosti v tahu, ohybu a při dynamickém namáhání. Sukovité dřevo tedy nelze používat k náročnějším konstrukčním účelům. Nejméně příznivé je jejich umístění v místě největšího průhybu nebo v jeho blízkosti.

V případě technologických vlastností ztěžují suky zpracovatelnost dřeva tím, že při výrobě řeziva nesrostlé suky nebo částečně srostlé vypadávají ven. Suky se projevují negativně i při vysychání dřeva. Nestejnoměrná stavba dřeva v místě suku způsobuje nestejnou sesychání, které podporuje vznik výsušných trhlin. [8] Pro účely vizuálního třídění se uvažují následující kritéria:

- Nerozlišuje se mezi srostlými a nesrostlými sukami. Otvory po soku se při měření považují za suky.
- Rozměry soku menší než 5 mm se neuvažují.
- Rozhodující je nejmenší viditelný průměr d suků. U hranových suků platí výška zaoblené části (viz d_1 – Obr. 2), pokud je menší, než průměr.

Aby bylo možné zatřídit daný prvek, je třeba zjistit poměrný rozměr suku A. Ten se vypočte jako podíl průměru d a rozměru b popř. h příslušné strany průřezu (viz Obr. 2). Rozhodující je největší poměrný rozměr suku, který po porovnání s kritérii jednotlivých tříd určí finální zatřídění zkoumaného prvku (viz. Tab. 3).[3]



Legenda

1 hranový suk

Obr. 2: Způsob měření suků a výpočet poměrného rozměru suku u hranolů [3]

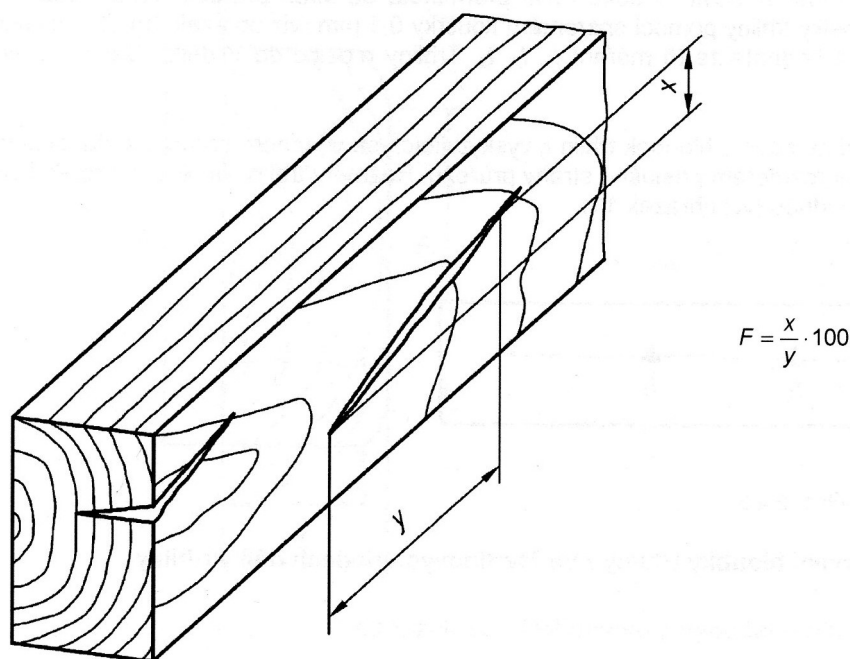
2.6.2 Odklon vláken (točitost)

Točitost se vyznačuje spirálovitým průběhem dřevních vláken kolem osy kmene, kdy směr vláken není rovnoběžný s osou kmene. Pro řezivo a dýhy se používá termín odklon vláken.

Příčina této vady dosud není přesvědčivě vysvětlena. Točitost je poměrně značně rozšířená a postihuje všechny druhy dřevin (častěji jehličnany). Na kmenech bývá patrná podle spirálovitě probíhajících trhlin v kůře. Směr točitosti může být různý, jak pravosměrný, tak levosměrný nebo se směr průběhu vláken u téhož stromu může měnit (tzv. střídavá točitost). U mladých stromů bývá úhel odklonu vláken obvykle menší než u stromů starších. Zmenšuje se také směrem od obvodu ke středu. [8]

V rámci vizuálního třídění se odklon vláken F vypočítá jako změřená odchylka x vláken vztažená na zvolenou měřenou délku y (nejčastěji 1 m), která je rovnoběžná s osou prvku (viz Obr. 3). Jejich vzájemný podíl je

následně vyjádřen v cm na 1 metr délky, nebo častěji v procentech. Výsledná hodnota se porovná s kritérii jednotlivých tříd a provede se zatížení prvku (viz Tab. 3). Odklon vláken lze měřit nejčastěji podle vysušných trhlin, případně podle průběhu vláken dřeva. U neodkorněné kulatiny dle brázd kůry. Jako oblast měření se volí úsek dřevěného prvku, vykazující největší točitost. [3]



Obr. 3: Stanovení odklonu vláken podle vysušných trhlin [3]

Točitost je velmi rozšířená a významná vada, která snižuje možnost využití dřeva. Se vzrůstajícím odklonem totiž klesá mechanická pevnost dřeva a úroveň dynamických pevnostních charakteristik. Dřevo s odklonem vláken vyšším než 12% není vhodné pro konstrukční účely, jako jsou nosné části konstrukce. Dřevo s točitým průběhem vláken rovněž sesychá nerovnoměrně, takže vyrobený materiál se kříví, bortí a praská. [8]

2.6.3 Dřeň

Jedná se o nejměkčí součást průřezu dřeviny, která vyživuje celý strom. Nachází se uprostřed kmene, kde je většinou více či méně posunuta mimo geometrický střed kmene. Má tvar kruhový nebo oválný, ve výjimečných případech čtyřúhelníkový, pětiúhelníkový nebo hvězdicovitý.

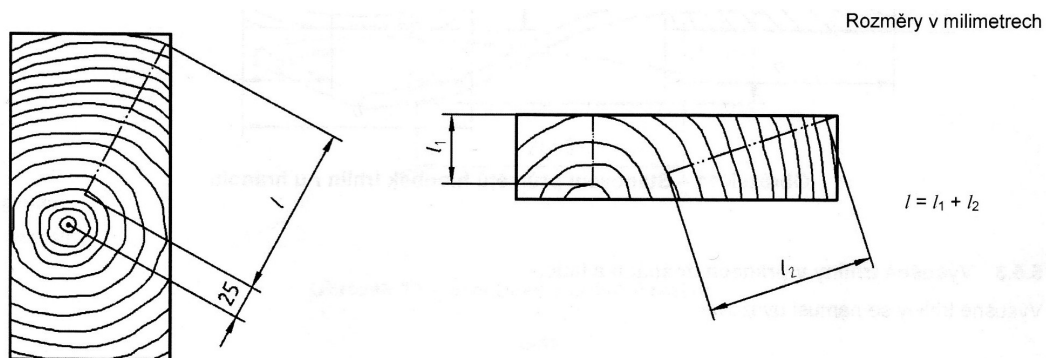
Pro účely vizuálního třídění je důležité pouze to, zda je dřeň v řezu přítomná, či nikoliv. Dřeň se považuje za přítomnou, ačkoliv probíhá v řezu

pouze částečně. Pro své zhoršené mechanické vlastnosti je například pro třídu S13 její přítomnost nežádoucí. [3]

2.6.4 Šířka letokruhů

Během vizuálního třídění dřeva je třeba zaznamenat šíři jednotlivých letokruhů. Letokruh je přírůstek dřeva vytvořený kambiem (rostlinným pletivem) v průběhu jednoho vegetačního období. Jeden letokruh odpovídá jednomu vegetačnímu období, což v našich zeměpisných podmínkách odpovídá jednomu roku. Počet letokruhů na radiálním řezu (příčný řez) tedy odpovídá stáří stromu. Čím jsou letokruhy blíže u sebe, tím rostl strom v náročnějších podmínkách a tím nabývá dřevo vyšší pevnosti a je odolnější.

V průběhu třídění se tedy měří šířka jednotlivých letokruhů. V případě řeziva s dřeně se neuvažuje oblast do vzdálenosti 25 mm od dřeně (viz Obr. 4). Měřený úsek l probíhá kolmo k letokruhům od dřeně až po letokruh v nejvzdálenějším rohu průřezu. Naměřené šířky poté musí splňovat maximální přípustnou hranici stanovenou jednotlivými vizuálními třídami (viz Tab. 3). [3]



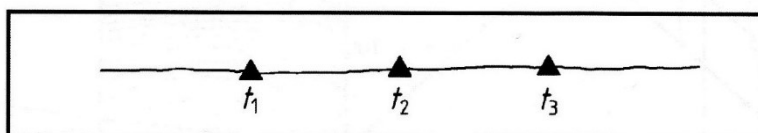
Obr. 4: Směrodatný měřený úsek pro stanovení šířky letokruhů [3]

2.6.5 Trhliny

Trhlina je oddělení sousedních vláken dřeva v podélném směru účinkem namáhání, ke kterým může dojít ve stojícím stromu (např.: trhliny způsobené bleskem, odlupčivé trhliny způsobené větrem), nebo při kácení či vysychání (výsušné trhliny).

Trhliny se obecně dělí na více druhů, ale pro účely vizuálního třídění se uvažují pouze boční výsušné trhliny. Jedná se o radiální trhliny, které vznikají v pokáceném stromu při vysychání dřeva. Probíhají od kůry směrem k dřeně. Jejich velikost a rozmístění závisí především na rychlosti vysychání a jeho

rovnoměrnosti, typu dřeviny a velikosti průřezu, době skladování a způsobu ochrany. Čím je postup vysychání intenzivnější, tím vznikají hlubší a delší trhliny. Při pokračování sesychání se vzniklé trhliny prohlubují a prodlužují, popřípadě se tvoří nové. Jako opatření proti vzniku trhlin se doporučuje šetrnější, avšak časově a finančně nákladnější přirozené sušení dřeva oproti mechanickému sušení v sušárnách dřeva. [8]

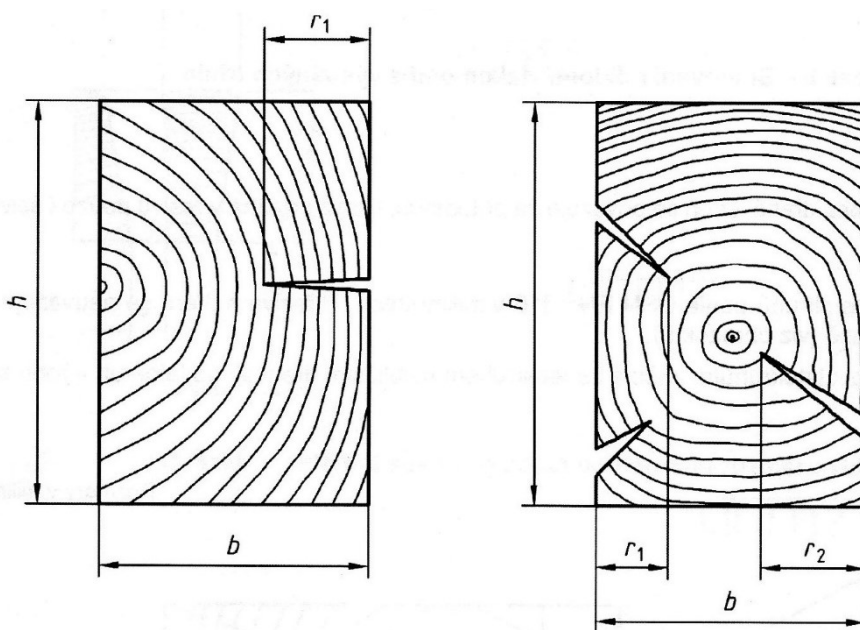


$$r = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$$

Legenda

t_1, t_2, t_3 hloubka trhlin v měřených bodech 1, 2 a 3

Obr. 5: Stanovení hloubky trhliny r ve čtvrtinových bodech délky trhliny [3]



$$R = \frac{r_1}{b}$$

$$R = \frac{r_1 + r_2}{b}$$

Obr. 6: Stanovení průmětů hloubek trhlin r u hranolu [3]

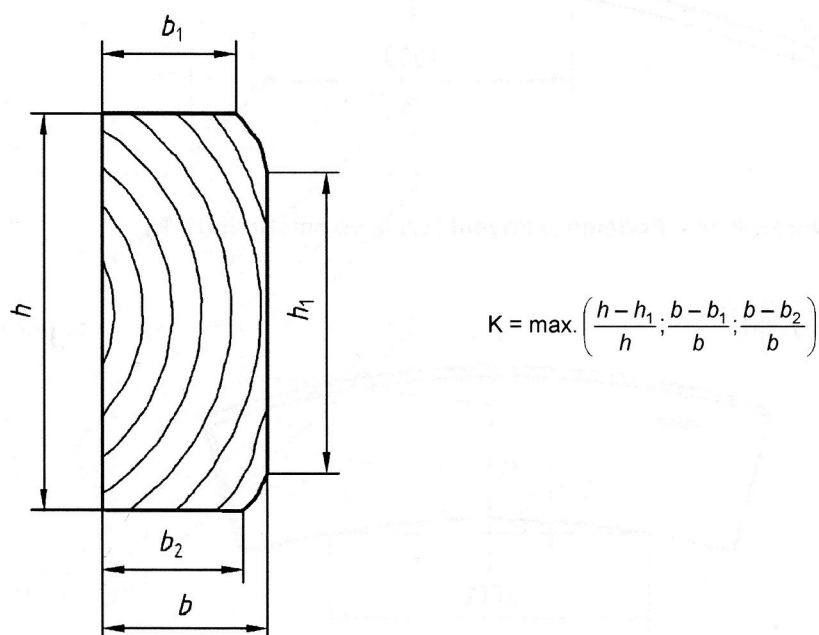
Jako kritérium pro třídění se musí stanovit hloubka trhlin promítnutá do stran průřezu. Tato hloubka se měří ve třech čtvrtinových bodech délky trhliny pomocí spároměru tloušťky 0,1 mm (viz Obr. 5). Za hloubku r jedné trhliny se považuje průměrná hodnota ze tří měření t_1, t_2, t_3 . Trhliny o délce do $\frac{1}{4}$ délky řeziva, nejvýše však 1 m, se neuvažují. Dále je třeba vypočítat znak třídění R , který vzejde ze součtu hloubek trhlin r_i vyskytujících se v jednom průřezu. Tento součet se vydělí rozměrem příslušné strany průřezu. Rozměry trhlin, které se v projekci vzájemně přesahují, se uvažují pouze jednou (viz Obr. 6).

Výsledná hodnota podílu se porovná s hodnotami vizuálních tříd a dojde k zařazení prvku (viz Tab. 3). [3]

2.6.6 Obliny

Oblina je tvarová nesrovnalost průřezu, zpravidla se jedná o pozůstatek povrchu kmene nebo o mechanické poškození vlivem nesprávné manipulace či řezání. Základním rozlišením jsou tupé a ostré obliny.

Pro vizuální třídění je důležité stanovení šířky obliny $h - h_1$, popř. $b - b_1$, která se měří v průmětu na příslušnou stranu průřezu. Výsledný znak třídění K se vyjadřuje jako podíl šířky obliny k šířce příslušné strany průřezu (viz Obr. 7). Výsledek podílů se poté porovná s hodnotami vizuálních tříd a dojde k zařazení prvku (viz Tab. 3). [3]

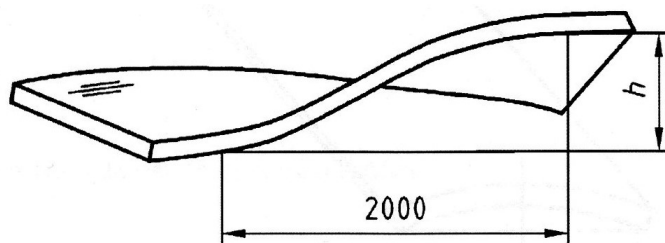


Obr. 7: Definování a výpočet obliny [3]

2.6.7 Zakřivení

Jedná o odchýlení tvaru prvku od přímé osové roviny. Rozeznáváme příčné zakřivení (tvar žlábků) způsobené rozdílným sesycháním dřeva v tangenciálním a radiálním směru – vzniká zejména u dostatečně tenkých prvků, dále točivost a tlakové dřevo mohou způsobit šroubové zakřivení a podélné zakřivení řeziva a to jak ve směru výšky, tak ve směru tloušťky prvku. Zakřivení zpravidla není patrné u čerstvého dřeva a dosahuje nejvyšších hodnot teprve po jeho vysušení. [8]

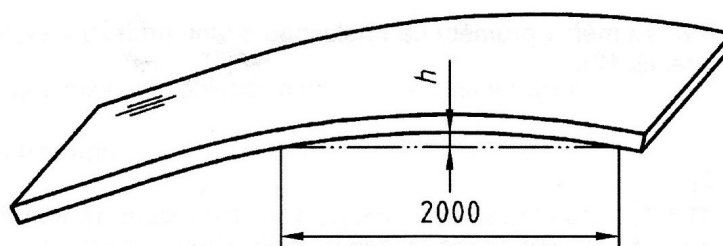
Pro účely vizuálního třídění se podélné zakřivení a šroubové zakřivení vypočítají jako vzezpetí h v místě největší deformace vztažené k délce 2000 mm měřeného úseku (viz Obr. 8 a 9). [3]



Legenda

h vzezpetí

Obr. 8: Šroubové zakřivení řeziva [3]



Legenda

h vzezpetí

Obr. 9: Podélné zakřivení řeziva ve směru tloušťky [3]

2.6.8 Zbarvení a hniloba

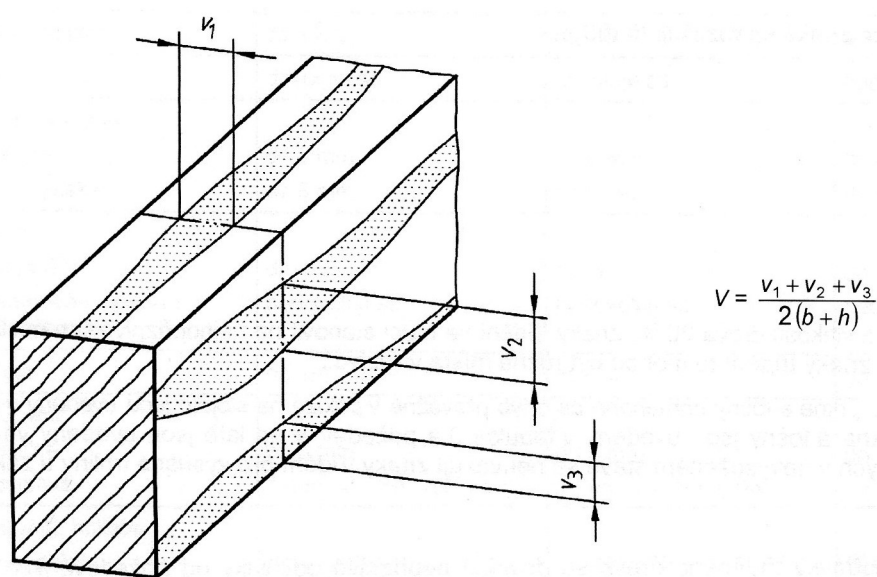
Zbarvení jádra a běli houbami je nestandardní barva, která vzniká v pokáceném stromě činností dřevozbarvujících hub, tj. hub nezpůsobujících hnilobu. Vada není provázená snížením tvrdosti dřeva.

Zbarvení dřeva způsobují různé druhy hub. Největší význam má zamodrání dřeva jehličnatých dřevin, i když se vyskytují jiné barevné varianty. Zbarvení proniká do rozličné hloubky a někdy postihne celou běl. Při vysychání toto zbarvení bledne. Technické vlastnosti dřeva s touto vadou, tj. zejména pevnost v tahu, tlaku, ohybu, se nemění. Samotná zamodralost nesnižuje trvanlivost dřeva, pokud ovšem není doprovázena hnilobou.

Hniloba je způsob rozkladu dřeva houbami nebo jinými mikroorganismy, který vede ke snížení jeho tvrdosti, hmotnosti a pevnosti, a obvykle i ke změně textury a barvy. Hniloba dřeva vzniká tím, že dřevokazné houby vylučují látky,

kterými poškozují strukturu dřeva. Nákaza vniká do dřeva v místech poškození dřeva. [8]

Zbarvení, ať už doprovázené hnilobou či nikoliv může mít v podélném směru dřeva různý rozsah. Pro vizuální třídění je rozhodující místo největšího rozsahu. Zbarvení se měří na povrchu řeziva kolmo k podélné ose v místě největšího rozsahu. Součet šířek v_i všech zbarvených pruhů se se vyjadřuje jako podíl V , vztažený na obvod průřezu (viz Obr. 10). [3]



Obr. 10: Měření a výpočet zbarvení nebo tlakového dřeva [3]

2.6.9 Tlakové dřevo

Jedná se o reakci dřeva jehličnatých stromů na namáhání tlakem zapříčiněnou působením větru či jiným vnějším vlivem. Tlakové dřevo nemá většinou významný vliv na pevnost prvku, ale může způsobit zakřivení řeziva. Projevuje se zhuštěním letokruhů řeziva doprovázených lokálním ztmavnutím dřeva. [8]

Pro účely vizuálního třídění se postupuje totožně, jako je tomu v případě třídění dle zbarvení a hniloby. Pro vizuální třídění je rozhodující místo největšího rozsahu. Zbarvení vlivem tlakového dřeva se měří na povrchu řeziva kolmo k podélné ose v místě největšího rozsahu. Součet šířek v_i všech zbarvených pruhů se se vyjadřuje jako podíl V , vztažený na obvod průřezu (viz Obr. 10). [3]

2.6.10 Poškození hmyzem napadajícím čerstvé dřevo

Jedná se o napadení živých stromů a čerstvé kulatiny tzv. škůdci čerstvého dřeva. Dřevo je pro některé druhy hmyzu jediným prostředkem přežití. Většina hmyzu působí škody tím, že dřevo je pro ně přímý druh potravy. Některý hmyz si ve dřevě buduje svůj domov (např. mravenci). Největší počet zástupců hmyzu se vyvíjí tak, že naklade vajíčka a z nich vylíhlé larvy pak vytvářejí ve dřevě chodby a následně se zde zakuklí. Nebezpečí je v případě tohoto typu poškození trojí, protože do dřeva spolu s hmyzem může pronikat voda a spolu s ní i zárodky dřevokazných hub. Stupeň poškození závisí v tomto případě na velikosti dospělého hmyzu či jeho larev a kukel a na hloubce vyhlodaných chodeb. [8]

Napadení prvku je patrné na povrchu dřeva vyústěním chodeb. Dle požadavků vizuálního třídění je třeba změřit průměry těchto viditelných vstupních otvorů. Pokud je průměr otvorů menší nebo roven 2 mm, pak pocházejí s největší pravděpodobností od kůrovce a jejich přítomnost se povoluje pro všechny vizuální třídy. Větší průměry otvorů, zpravidla do 5 mm, jsou způsobeny převážně piložravými či tesaříky a pro vizuální třídy přípustné nejsou. [3]

2.6.12 Další znaky třídění

Při vizuálním třídění dřeva lze uvážit zařazení dalších dodatečných kritérií a to na základě původních znaků třídění. Tyto další znaky nemají normou stanovený přesný postup měření, a tudíž slouží pouze pro stanovení správné třídy u prvku, u kterého původních deset kritérií nestanovilo jasné zařazení. Mezi tyto další znaky patří:

- Mechanické poškození – při kácení, řezání, nebo převozu
- Poškození cizopasnými rostlinami – např.: parazitování jmelí
- Zárost – zarůstání kůry do vnitřní struktury kmene
- Zhojená poranění kmene – v průběhu růstu
- Vrcholový zlom – zlomení části horní 1/3 koruny stromu [3]

Tab. 3: Kritéria třídění konstrukčního jehličnatého dřeva při vizuálním třídění [3]

Znaky třídění	Vizuální třída		
	S 7, S 7K	S 10, S 10K	S 13, S 13K
1. Suky	do 3/5	do 2/5	do 1/5
2. Odklon vláken	do 12 %	do 12 %	do 7 %
3. Dřeň	dovoluje se	dovoluje se	nedovoluje se ^a
4. Šířka letokruhů – obecně – u douglasky	do 6 mm do 8 mm	do 6 mm do 8 mm	do 4 mm do 6 mm
5. Trhliny – výsušné ^b – způsobené bleskem odlupčivé	do 1/2 nedovolují se	do 1/2 nedovolují se	do 2/5 nedovolují se
6. Oblina	do 1/4	do 1/4	do 1/5
7. Zakřivení ^b – podélné – šroubové	do 8 mm 1 mm / 25 mm výšky	do 8 mm 1 mm / 25 mm výšky	do 8 mm 1 mm / 25 mm výšky
8. Zbarvení, hniloba – zamodrání – pruhovitost (pevné hnědé a červené pruhy) – hnědá hniloba bílá hniloba	dovoluje se do 2/5 nedovoluje se	dovoluje se do 2/5 nedovoluje se	dovoluje se do 1/5 nedovoluje se
9. Tlakové dřevo	do 2/5	do 2/5	do 1/5
10. Poškození hmyzem napadajícím čerstvé dřevo	dovolují se chodbičky do průměru 2 mm		
11. Další znaky	uváží se přiměřeně na základě ostatních znaků třídění		

^a Dovoluje se u hranolů se šířkou > 120 mm.
^b Tyto znaky třídění se neuvažují u dřevěných prvků tříděných v nevysušeném stavu.

2.6.13 Multikriteriální vyhodnocení řeziva

V rámci urychlení a usnadnění procesu třídění autor vypracoval multifunkční tabulku sloužící pro vyhodnocení řeziva dle vizuálního třídění na základě všech jeho normových parametrů. Při použití tohoto početního nástroje lze podstatně zkrátit celkový proces o početní úkony a porovnávání jejich výsledků s požadavky daných tříd, uvedených v tabulce (viz. Tab. 3).

Tato tabulka, vytvořená autorem v MS Excel, funguje na principu zapsání vstupních údajů o zkoumaném dřevěném prvku do zadávacího formuláře (viz. Tab. 5), kde je třeba vyplnit hodnoty do žlutě označených polí. Jedná se o rozměrové charakteristiky dřevěného prvku a předem naměřené hodnoty všech třídících znaků v 1. – 10. oddílu. Naměřené hodnoty je třeba dosazovat v milimetrech, kromě otázky na přítomnost dřeně ve 3. oddílu, kde stačí pouze odpovědět Ano/Ne. Veškeré požadavky na zjišťování třídících znaků jsou uvedeny v předchozích kapitolách této práce. Po vyplnění

požadovaných hodnot dojde k výpočtu mezivýsledků v modře podbarvených polích, které slouží pro zpřehlednění jednotlivých kroků vyhodnocení.

Následně, po správném zadání všech požadovaných parametrů, se ve výsledkovém formuláři (viz. Tab. 4) zobrazí výsledné hodnoty třídících znaků vypočtené programem, které jsou základem pro vyhodnocení. Dále se sloupci „Zatřídění znaku“ zobrazí příslušná vizuální třída (S7, S10, případně S13) pro každý jednotlivý znak na základě normových požadavků (viz. Tab. 3). Poté program na základě dílčích tříd vyhodnotí celkovou třídu zkoumaného prvku, která se zobrazí v zeleném poli ve spodní části výsledkového formuláře. Pro výslednou třídu je vždy určující nejnižší dílčí třída, tzn.: pokud bude jeden parametr vyhodnocen jako třída S10 a ostatní parametry jako třída S13, výsledně bude prvek zatříděn jako vizuální třída S10. Na posledním řádku výsledkového formuláře se následně zobrazí údaj o výsledné pevnostní třídě prvku. Ta je příslušné vizuální třídě přiřazena na základě požadavků normy ČSN EN 1912 – „Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti – Přiřazení vizuálních tříd a dřevin“. Výsledná pevnostní třída je konečný parametr této výpočetní tabulky, který slouží jako rozhodovací pro to, zda lze právě posouzený prvek bez obav použít do konstrukce, nebo jej z procesu výstavby pro jeho nedostatečnou pevnost a nepříznivé vady vyřadit.

Tab. 4: Multikriteriální vyhodnocení řeziva - Výsledkový formulář [Vytvořeno autorem]

Ozn.	Hodnocený parametr	Výsledná hodnota	Zatřídění znaku
1.	Poměrný rozměr suku A :	0,1	S13
2.	Odklon vláken F :	5	S13
3.	Přítomnost dřenež:	ano	S10
4.	Průměrná šířka letokruhů:	2	S13
5.	Rozhodující třídící znak R :	0,33	S13
6.	Třídící znak K :	0,19	S13
7.	Hodnota vzepjetí h_1 :	7,6	S13
	Hodnota vzepjetí h_2 :	7	S13
8.	Součet šířek v_i všech pruhů:	0,17	S13
9.	Součet šířek v_i všech pruhů:	0,17	S13
10.	Průměr chodbiček na povrchu:	1,8	S13
Výsledná vizuální třída			S10
Výsledná pevnostní třída			C24

Tab. 5: Multikriteriální vyhodnocení řeziva - Zadávací formulář [Vytvořeno autorem]

Rozměry vizuálně tříděného prvku:	h	200	mm		
	b	100	mm		
	l	2500	mm		
Znaky třídění			Zadávané hodnoty/mezivýsledky		
1. Suky					
Nejmenší průměr suku d vzhledem k h :		10	mm		
Nejmenší průměr suku d vzhledem k b :		10	mm		
2. Odklon vláken					
Odchylka vláken x :		50	mm		
Vztažná délka y :		1000	mm		
3. Dřeň					
Přítomnost dřeně Ano/Ne:		ano			
4. Šířka letokruhů					
Průměrná šířka letokruhu na měřeném úseku:		2	mm		
5. Trhliny					
Hloubky trhliny na straně h :		trhlina 1	trhlina 2	trhlina 3	
Hloubka trhliny t_1 :		5	mm	3	mm
Hloubka trhliny t_2 :		20	mm	2	mm
Hloubka trhliny t_3 :		40	mm	8	mm
Výsledná hloubka trhliny r :		21,67	mm	4,333	mm
Třídící znak R pro stranu h :		0,333	mm		
Hloubky trhliny na straně b :		trhlina 1	trhlina 2	trhlina 3	
Hloubka trhliny t_1 :		2	mm	9	mm
Hloubka trhliny t_2 :		8	mm	8	mm
Hloubka trhliny t_3 :		13	mm	14	mm
Výsledná hloubka trhliny r :		7,667	mm	10,33	mm
Třídící znak R pro stranu b :		0,137	mm		
6. Oblina					
Zkrácený rozměr b_1 :		81	mm		
Zkrácený rozměr h_1 :		180	mm		
Třídící znak K :		0,19			
7. Zakřivení					
Maximální hodnota vzezpetí h_1 při šroubovém zakřivení:		7,6	mm		
Maximální hodnota vzezpetí h_2 při podélném zakřivení:		7	mm		
8. Zbarvení, hniloba					
Součet šířek v_j všech zbarvených pruhů:		100	mm		
9. Tlakové dřevo					
Součet šířek v_j všech zbarvených pruhů:		100	mm		
10. Poškození hmyzem					
Průměr chodbiček na povrchu prvku:		1,8	mm		

2.7 Ochrana dřeva před vnějšími vlivy

Ochranou dřeva před vnějšími vlivy se zpravidla rozumí jeho ochrana před atmosférickou degradací způsobenou zejména zemní vlhkostí, dešťovými a sněhovými srážkami, slunečním zářením a silovými účinky větru. Dále lze pak do této kategorie zahrnout i nebezpečí napadení dřeva dřevokaznými houbami a hmyzem. Vzhledem k tomu, že u montovaných dřevostaveb realizovaných systém Two by Four se nepředpokládá přímá expozice dřevěných konstrukcí vnějším vlivům, uplatňuje se v nejvyšší možné míře tzv. Konstruktivní ochrana dřeva.

Ta spočívá v důsledném zakrytí nosné konstrukce, případně jakékoliv konstrukce na bázi dřeva, aby nemohlo dojít k jejímu dlouhodobému vystavení vnějším vlivům. Proto je nutné exponované části konstrukce v průběhu

výstavby zakrýt plachtovinou, a ještě nezabudované konstrukce náležitě skladovat jak je uvedeno v kapitole 3.2 této práce. Dalším krokem je odpovídající náležité provedení všech skladeb konstrukcí tak, aby dřevěné prvky byly náležitě ochráněny před všemi vnějšími vlivy, které by je mohly ohrozit. V rámci provedení skladeb je v některých případech nutné aplikovat ochranné nátěry (Lignofix, Deksan Profi), které zajistí dodatečnou ochranu konstrukcí v místech, kde může docházet ke zvýšenému riziku působení vlhkosti (např.: úroveň založení nosné konstrukce, střešní rovina). Ochrana proti dřevokaznému hmyzu se u těchto konstrukcí neuvažuje, protože tyto škůdci napadají ve většině případů pouze dřevo čerstvé, kdežto při výstavbě je používáno dřevo již náležitě vyschlé. Mimo to je navíc přístup těchto škůdců výrazně znemožněn kvalitní konstrukční ochranou dřeva.

Pokud tedy dojde ke kvalitnímu zpracování výkresové a montážní dokumentace a pokud bude postup realizace splňovat všechny její náležitosti a požadavky technologických postupů, pak není třeba podnikat další opatření za účelem ochrany dřeva. Tu ve většině případů obstará správný návrh a kvalitní technické provedení při realizaci.

3. Rizika vad při výstavbě konkrétního objektu

Pro názorné poukázání na rizikové faktory při výstavbě a nejčastější chyby, které v průběhu ní mohou nastat, se je autor rozhodl vztáhnout na výstavbu konkrétního objektu. V následujících kapitolách bude popsán postup výstavby rodinného domu pomocí metody Two by Four. Kapitoly budou členěny chronologicky tak, aby svým pořadím odpovídaly jednotlivým krokům výstavby. Technologický postup realizace konkrétní etapy bude doplňovat tabulka s přehledem možných vad, jejich vlivem na kvalitu díla a případným řešením a hodnocením závažnosti problému (viz. Tab. 6). Obsah kapitol bude dále doplněn postupovými diagramy příslušných etap, zacílenými na řešení vzniklých vad a požadavky výrobců použitých materiálů s přihlédnutím k řešení objektu.

Tab. 6: Systém hodnocení rizik [Vytvořeno autorem]

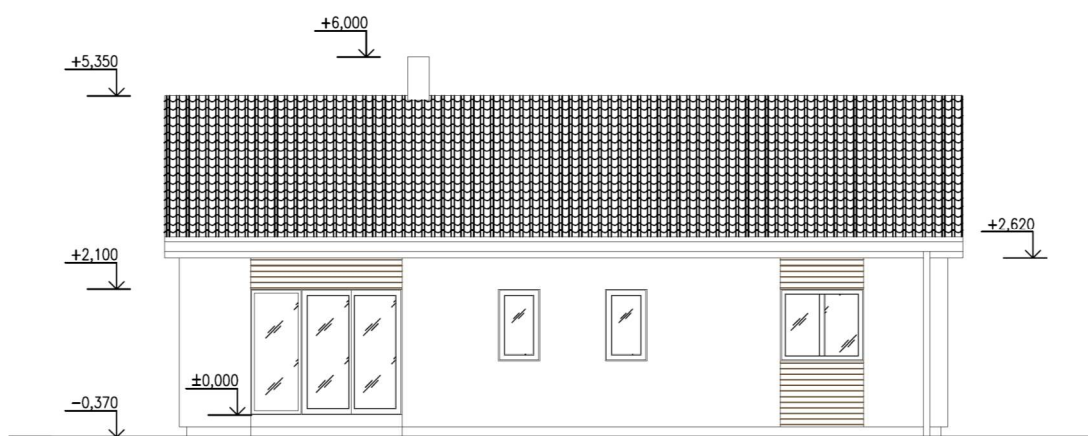
Označení	Četnost výskytu rizika vlivem provádění	Označení	Závažnost vady vzniklé při provádění
I.	Riziko ojedinělé	1.	Závažnost velmi nízká
II.	Riziko neobvyklé	2.	Závažnost malá
III.	Riziko obvyklé	3.	Závažnost střední
IV.	Riziko časté	4.	Závažnost vysoká
V.	Riziko velmi časté	5.	Závažnost velmi vysoká

3.1 Charakteristika objektu

Pro účely analýzy rizik a vad zvolil autor realizaci stavby, které se osobně zúčastnil. Jedná se o rodinný dům v obci Jince ve Středočeském kraji, realizovaný nejmenovanou stavební společností. Objekt je přízemní (typ bungalov) s dispozicí 4+kk o obdélníkovém půdorysu s orientačními rozměry 13 x 7 m a je zastřešen sedlovou střechou. Součástí dispozice tedy je vstupní předsíň s úložným prostorem, ze které se vstupuje na toaletu s umyvadlem. Předsíň následně ústí do podélné spojovací chodby. Ta je zakončena obývacím prostorem s kuchyňským koutem. Z něj lze vstoupit do prostoru spíže. Z centrální chodby je následně možný přístup do všech ostatních místností budovy. Jsou jimi celkem tři pokoje využitelné dle představ budoucích obyvatel, dále koupelna se sprchovým koutem a vanou a nakonec technická místnost pro umístění technické vybavení pro ohřev vody a domácí spotřebiče. Z chodby je rovněž umožněn přístup po výklopném schodišti, do prostoru podkroví, které lze využívat jako další skladovací prostor. Takto

navržená stavba plně vyhovuje požadavkům pro trvalé bydlení, stejně jako může posloužit jako objekt pro dočasnou rekreaci.

Založení stavby je řešeno pomocí základových pasů pod nosnými stěnami z prostého betonu, které jsou doplněny na nich vybetonovanou podkladní deskou. Nosná konstrukce objektu je řešená výhradně pomocí dřeva a to rámovým systémem Two by Four spolu s osazením prefabrikovaných dřevěných příhradových vazníků, na které je provedena konstrukce střechy. Pro tepelné zaizolování objektu je použita vata, umístěna jako výplň nosné konstrukce stěn a jako izolace podstřešního prostoru. Objekt je rovněž dle parametru ETICS obvodově zateplen fasádním polystyrenem. Expandovaný polystyren je rovněž použit na zateplení všech podlah objektu. Nenosné dělicí konstrukce, podhledy a instalační předstěny jsou shodně řešeny pomocí sádkartonových konstrukcí upevněných na nosném rámu. Konstrukce podlah jsou řešeny pomocí betonových mazanin s konečnou úpravou z keramické dlažby případně laminátové podlahy dle účelu místností.



Obr. 11: Řešený objekt - Technický pohled Jižní [Vytvořeno autorem]

3.2 Skladování dřeva

Prvním rizikem při zahájení práce se dřevem je jeho náležitá doprava a skladování. Dřevo na stavbu se dopravuje pomocí nákladních automobilů, kde je zajištěno proti pádu, posunutí a z toho vyplývajícímu možnému poškození. Při následném uložení dřeva na staveništi je třeba zajistit maximálně rovný a zpevněný povrch. Dřevo je třeba ukládat na podkladní hranoly, které nebudou později použity do konstrukce, protože budou přímo vystaveny vlivům zemní vlhkosti. První vrstva konstrukčního dřeva by měla být podložena tak, aby se její spodní povrch nacházel minimálně 300 mm nad povrchem terénu a

působení vlhkosti tak bylo minimální. Kolmé podkladní prvky by měly být umístěny ve vzdálenosti maximálně 1 m od sebe, aby byly eliminovány deformace prvků. Postupně by mělo být řezivo kolmo na nejdelší rozměr po vrstvách prokládáno pomocí ostrohranných prokladů o rozměrech min. 25 x 25 mm. Maximální výška takto vytvořené hráně je 2 m. Samozřejmostí je ochrana proti dešti, která se zajistí zakrytím řádně ukotvenou plachtovinou.

Tab. 7: Vyhodnocení rizik v průběhu skladování dřeva na staveništi [Vytvořeno autorem]

Prov. činnost	Požadavky na provedení	Možnosti kontroly	Vznikající rizika	Četnost výskytu	Hrozící vady	Možnosti nápravy při odhalení vady	Stupeň závaž.
Skladování dřeva na staveništi	Uložení prvků ve výšce > 300 mm nad terénem	Měření svinovací metr	Degradace řeziva hnilobou	III.	Přenesení vlhkosti a hniloby do kce	Vyřazení degradovaných prvků	2.
	Osivo vzájemnost podkladních prvků max. 1000 mm	Měření svinovací metr	Deformace řeziva - kroucení	III.	Přenesení křivosti do konstrukce	Vyřazení degradovaných prvků	2.
	Výška hráně max. 2 m	Měření svinovací metr	Zhoršená manipulace s řezivem	II.	Nebezpečí pádu prvků na zaměstnance	Snížení výšky hráně	3.
	Ochrana před působením deště zaplachtování	Vizuální kontrola	Degradace řeziva hnilobou	I.	Přenesení vlhkosti a hniloby do kce	Dodatečné zakrytí, vyřazení degrad. prvků	2.

3.3 Založení stavby

Založení stavby nebude v rámci této práce vzhledem k její povaze a zadání důkladně řešeno. Vzhledem k tomu, že stavba byla založena v souladu se stavebním povolením na výstavbu rodinného domu externí firmou v rámci subdodávky, je pro další postup realizace dřevostavby důležité pouze finální provedení, a proto bude uveden pouze jeho stručný popis.

V rámci založení stavby byly realizovány základové pasy, provedené pod všechny obvodové i vnitřní nosné stěny. Pasy byly zhotoveny z betonových tvárnic KB Blok s dodatečným vyztužením ocelovými profily a zálivkou z betonu tak, aby bylo vytvořeno homogenní ztracené bednění o výšce 1000 mm a šířce 300 mm. Následně po zatvrdnutí základových pasů došlo k podsypání vnitřního prostoru mezi pasy pomocí vrstvy z hutněné šterkodrti v tloušťce 200 mm. Poté proběhla betonáž základové desky z betonu C20/25 XC2 S3 dodatečně vyztuženého sítí KARI 6 mm s velikostí oka 100x100 mm, o celkové tloušťce 150 mm. V rámci subdodávky bylo dle výkresové dokumentace náležitě provedeno osazení zemních pásek, instalační vedení ležatých svodů kanalizace, přípojovacího potrubí vody a

položení přívodního kabelu elektrické energie v předepsaných chráničkách opatřených dilatační pěnovou páskou v místě prostupu podkladní deskou.

Pro účely realizace dřevostavby na této konstrukci bylo třeba zjistit náležité vyschnutí podkladu před prováděním dalších konstrukcí, které bylo stanoveno z časového hlediska na minimálně 7 dní. V případě nestandardních povětrnostních podmínek je nutné tuto dobu přiměřeně prodloužit. Nejdůležitějšími faktory ovlivňujícími další výstavbu byla rovinnost vyzrálého povrchu desky reprezentovaná maximální povolenou odchylkou ± 15 mm na ploše desky spolu s místní rovinností ± 8 mm na délce 2 m. Dalším pak pravoúhlost provedené desky, která byla stanovena maximální odchylkou ± 20 mm vztaženou na délku diagonály. Na takto zhotovený podkladní povrch bylo následně možné realizovat samotnou dřevostavbu.

3.4 Založení prahů

3.4.1 Hydroizolace proti zemní vlhkosti

Před samotným založením prahů bylo třeba svrchní stavbu, stejně jako v případě ostatních typů výstavby, ochránit proti pronikání zemní vlhkosti a radonu ze základových konstrukcí. Tím se docílilo pomocí natavení hydroizolačních asfaltových pásů. Prvním rizikem bylo poškození hydroizolační vrstvy v ploše v průběhu další výstavby. Proto se izolační pásy natavily zatím pouze v místě osazení obvodových zakládacích prahů a to s dostatečným šířkovým přesahem pro založení instalačních předstěn a ohnutí pásů po vnějším obvodu betonové desky. Zbytek vnitřní plochy byl ponechán volný a tudíž pochozí a vhodný ke skladování materiálu a provádění prací.

Na řádně vyzrálý (min. 7 dní) a očištěný povrch bez hrubých nečistot a ostrých výčnělků se nejprve provedla penetrační vrstva pomocí zastudena zpracovatelné asfaltové emulze Dekprimer, aby byla zaručena náležitá přídržnost pásů k podkladu. Nanášení se provádělo ručně pomocí štětce nebo válečku rovnoměrně v celé ploše budoucího natavování. Požadavky výrobce na provádění byly dány teplotou podkladu min. $+5^{\circ}\text{C}$ a dodržením technologické přestávky min. hodinu před aplikací dalších vrstev. [9]

Po řádném zaschnutí penetrační emulze bylo provedeno celoplošné natavení modifikovaných asfaltových hydroizolačních pásů v šířce pásu 1 m,

z čehož 100 mm posloužilo pro přetažení izolace na čelo podkladní desky. Pro účely této konkrétní stavby byly použity pásy Glastek 40 Special Mineral s výztužnou skleněnou tkaninou. Zde bylo nejčastější vadou nedodržení správných čelních a bočních přesahů pásů a tím vytvořených pevných spojů. Vzájemné přesahy byly výrobcem stanoveny na minimální hodnotu 100 mm, aby byla zaručena kvalita spoje. Pásy byly nahřívány pomocí pokrývačského hořáku celoplošně a přitlakem kotveny k povrchu. Výrobce pro provádění požadoval teplotu podkladu opět min. +5°C. [10]

3.4.2 Osazení kotevních prvků

Následně po natavení hydroizolace bylo třeba osadit samotné zakládací prahy. Ty byly tvořeny KVH hranoly o rozměrech 60x140 mm, které se dle montážního plánu zakrátily přesným řezem (ideálně pomocí pokosové pily) na požadované rozměry. Na nich bylo třeba vyznačit a vyvrtat otvory v místech budoucího kotvení, které měly vzájemný odstup ve volné délce maximálně 1800 mm a tyto kotevní body se nesměly nacházet blíže jak 500 mm od čel prvků a nesměly být osazeny v místě budoucích dveří. Následně se prahy podle montážního plánu přiložily přesně na požadované místo a označila se místa pro osazení kotev na podkladní desce. Prahy byly dočasně odejmuty a předvrtaly se otvory o průměru 18 mm pro kotvení hloubky 140 - 150 mm v betonové desce. Tyto otvory bylo třeba důkladně vyčistit, aby nečistoty nezneškodily přídržnost chemického kotvení. Do předvrtaných otvorů se následně aplikovala dvousložková chemická kotva Würth WIT – C140 do 4/5 hloubky otvoru a do ní se našroubováním usadila závitová tyč M16 celkové délky min. 250 mm. Výrobcem požadovaná minimální teplota pro provádění byla opět min. +5°C. Při této teplotě byla minimální doba vytvrzení stanovena na 50 minut [11] a se vzrůstající teplotou se čas úměrně snižuje. Místo prostupu tyče skrze hydroizolaci bylo třeba na závěr dodatečně ošetřit tekutým gumoasfaltem, aby nebyla porušena izolační vlastnost v místě porušení pásu.

3.4.3 Osazení prahů

Po vyvrtání otvorů se základové prahy natřely impregnační ochrannou látkou Deksan Profi, u které náležitá technologická přestávka pro zaschnutí činila 2 hodiny při minimální požadované teplotě +5°C. [12] Po dodržení

přestávky se na spodní plochu základových prahů nanasla asfaltová emulze DEKPRIMER. Náležitosti jejího provádění viz výše.

Impregnované základové prahy s předvrtanými otvory a opatřené asfaltovým nátěrem se následně osadily na závitové tyče a připevnily se šestihrannými maticemi s podložkami. Vnější průměr podložky musel být minimálně o 10 mm větší než průměr otvoru v základovém prahu. Po lehkém dotažení matic se zkontrolovalo půdorysné umístění základových prahů pomocí měření k referenční rovině v délce strany objektu. V případě, že pozice prahů měla od požadované polohy větší odchylku než ± 15 mm na délku strany objektu, bylo možné zkorigovat polohu pomocí přitažení šroubů, či vytvoření většího otvoru v hranolu a tím zajištění větší vůle pro posun. Výškové nerovnosti nebyly v této fázi výstavby významně řešeny a byly dorovnány až v oblasti obvodového věnce přiříznutím svislých sloupků do roviny.

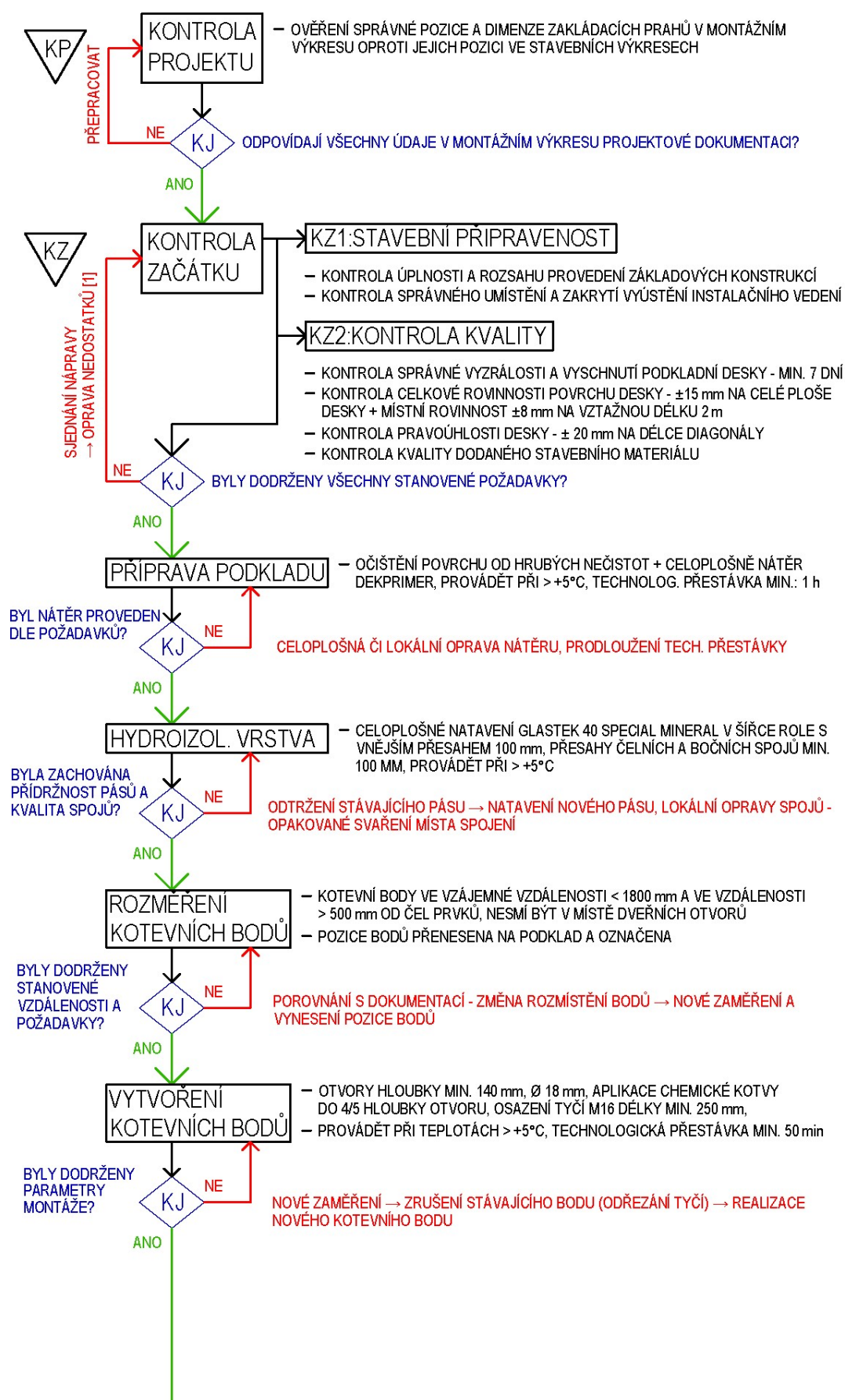
Před zahájením montáže základových prahů vnitřních stěn se do všech míst, kde se napojuje vnitřní stěna na obvodovou stěnu, vložil přířez parotěsnicí fólie Dekfol N110 Standard v délce rovnající se výšce stěn s ponecháním přesahů min. 150 mm pro pozdější napojování parotěsnicí fólie v ploše stěny. Dále se montáž prováděla shodně s montáží obvodových zakládacích prahů.

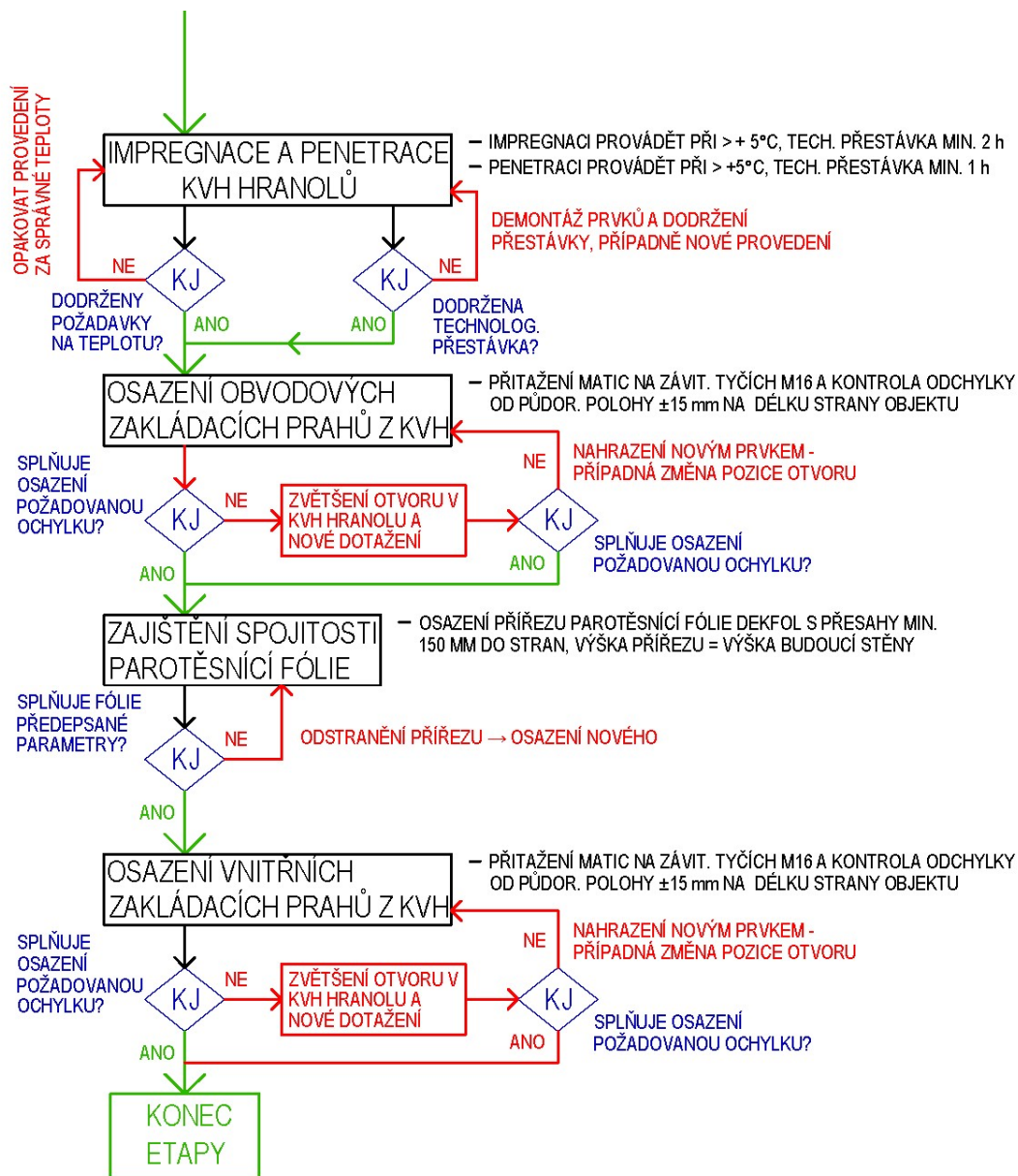


Obr. 12: Osazení zakládacích prahů na podkladní betonovou konstrukci [Vytvořeno autorem]

Tab. 8: Vyhodnocení rizik pro etapu - Založení prahů [Vytvořeno autorem]

Pořadí činnosti	Prováděná činnost	Požadavky na provedení	Možnosti kontroly	Vznikající rizika	Celost výskytu	Hrozici vady	Možnosti nápravy při odhalení vady	Stupeň závažnosti
1	Asfaltový penetrační nátěr Dekprimer	Předem očistit povrch od nečistot a ostrých výčnělků Rovnoměrná a celoplošná aplikace Provádět při teplotách vyšších než +5°C Dodržení technologické přestávky v délce min. 1 hodiny	Vizuální kontrola Vizuální kontrola Měření teploty Časový záznam, vizuální kontrola povrchu	Nerovnoměrnost aplikace, proužžení Zhoršená přídržnost pásů Zhoršené vlastnosti směsi Zhoršené vlastnosti směsi	II. III. II. IV.	Pronikání vlhkosti do konstrukce Boulení pásů, průnik vlhkosti, nedostatečná přídržnost Zhoršená přídržnost pásů Zhoršená přídržnost pásů	Lokální oprava již provedených vrstev Lokální oprava již provedených vrstev Lokální oprava již provedených vrstev Lokální oprava již provedených vrstev	4. 1. 3. 3.
2	Celoplošné natavení pásu Glastek 40 Special Mineral	Natavení provedeno celoplošně Provedení čelních a bočních spojů s přesahem min. 100 mm Provedení v šířce role (1 m) s větším přesahem 100 mm	Vizuální kontrola během aplikace, zkouška odtržení Kontrola měření během aplikace, kontrola přídržnosti Kontrola měření	Zhoršená přídržnost pásů Snížená těsnost spojů Nedostatečné opracování pásů	IV. II. III.	Boulení pásů, průnik vlhkosti Pronikání vlhkosti do konstrukce Netěsnost pásů, nedostatečná délka pro založení předstěn	Održení natavení nového pásu Održení natavení nového pásu Dodatečné natavení dalšího pásu	3. 4. 4.
3	Rozměření kotevních bodů na hranolech KVH a podkladu	Provádět při teplotách vyšších než +5°C Kotevní body umístěny ve vzájemné vzdálenosti < 1800 mm Kotevní body nesmí být umístěny blíže než 500 mm od čel prvků Přenesení pozice bodů na podkladní desku Předvrtání kotevních otvorů hl. 140 - 150 mm, Ø 18 mm Aplikace chemické kotvy do 4/5 hloubky otvoru Osazení závitových tyčí M16, délky min. 250 mm	Měření teploty Kontrola měření Kontrola měření, kontrola montážního plánu Porovnání pozice prvků oproti montážnímu plánu Kontrola měření, vizuální kontrola Kontrola měření, vizuální kontrola Kontrola měření, vizuální kontrola Kontrola měření, vizuální kontrola	Zhoršená přídržnost pásů Malá přídržnost, boulení, vyosení prahů Vznik prasklin na čele hranolu, podélné Nesprávná pozice bodů oproti dokumentaci Malá hloubka předvrtání, nesprávný rozměr otvoru Malá hloubka zakotvení Křivé osazení tyčí, špatné délka tyčí	I. II. II. V.	Vodorovná a svislá křivost nosných stěn Nedostatečná únosnost prahů Nedostatečná únosnost prahů v místě porušení Neodpovídající pozice bodů - nemožnost kotvení Snížená únosnost kotev, nemožnost osazení tyčí	Održení natavení nového pásu Demontáž prahů a dodatečné přidání kotevních bodů Demontáž prahu a výměna za nový prvek Převrtání otvorů na hranolech, změna polohy kotevních bodů Převrtání otvorů v podkladní konstrukci	2. 4. 3. 4. 4.
4	Vytvoření kotevních bodů	Provádět při teplotách vyšších než +5°C Dodržení technologické přestávky v délce min. 50 min	Měření teploty povrchu Časový záznam, vizuální kontrola	Delší doba tuhnutí, nezatuhnutí směsi Zhoršené vlastnosti směsi	II. IV.	Snížení celkové pevnosti kotevních kotvy Výosení závitové tyče v kotevním otvoru	Prodloužení tech. přestávky, nahradit novou kotvou Odrážení tyčí, změna pozice celé kotvy	3. 4.
5	Impregnace KVH hranolů	Provádět při teplotách vyšších než +5°C Dodržení technologické přestávky v délce min. 2 hodiny	Měření teploty povrchu Časový záznam, vizuální kontrola	Nedostatečná ochrana dřeva Zhoršené vlastnosti směsi	II. V.	Pronikání vlhkosti do profilu prahu a konstrukce Špatná přídržnost penetračního nátěru	Dodatečný nátěr Vyšší důraz na mechanické kotvení, dodatečné provedení	1. 2.
6	Penetrace KVH hranolů	Provádět při teplotách vyšších než +5°C Dodržení technologické přestávky v délce min. 1 hodiny	Měření teploty povrchu Časový záznam, vizuální kontrola	Nedostatečná přídržnost hranolů k podkladu Zhoršené vlastnosti směsi	II. V.	Pohyb hranolu, nedotěsnění mezer Pohyb hranolu, nedotěsnění mezer	Demontáž prvků a dodatečné provedení Demontáž prvků a dodatečné provedení	2. 2.
7	Osazení obvodových základacích prahů z hranolů KVH	Odcyčka od půdorysné polohy měří než ± 15 mm na vztaznou delku strany objektu	Měření nivelačním přístrojem, rotačním laserem	Křivé založení obvodových stěn, nedostatečná pravouhlost	II.	Přenesení křivosti do dalších konstrukcí	dotáčení kotevních šroubů, posun prvků pomocí vůle ve vyvrtaných otvorech	5.
8	Příprava zajištění spojitosti parotěsnicí vrstvy	Osazení příjezdu parotěsnicí fólie Dekfol s přesahem min. 150 mm do všech stran	Měření, vizuální kontrola	Nedostatečná ochrana konstrukce před vlhkostí	II.	Pronikání vlhkosti do konstrukce	Demontáž prahů vnitřních stěn a dodatečné osazení fólie	4.
9	Osazení vnitřních základacích prahů z hranolů KVH	Odcyčka od půdorysné polohy měří než ± 15 mm na vztaznou delku strany objektu	Měření nivelačním přístrojem, rotačním laserem	Křivé založení obvodových stěn, nedostatečná pravouhlost	II.	Přenesení křivosti do dalších konstrukcí	Vyrovnání pomocí povolení a dotáčení kotevních šroubů, posun prvků pomocí vůle ve vyvrtaných	5.





- [1] - DODATEČNÁ REALIZACE ZAKRYTÍ INSTALAČNÍHO VEDENÍ,
 - V PŘÍPADĚ NEDOSTATEČNÉ VYZRÁLOSTI → PRODLOUŽENÍ TECHNOLOGICKÉ PŘESTÁVKY,
 - V PŘÍPADĚ NESPLNĚNÍ POŽADAVKŮ NA ROVINNOST A PROVŮHLOST DESKY → LOKÁLNÍ DOROVNÁNÍ PLOCHY KONSTRUKCE, PŘÍPADNĚ ODSTRANĚNÍ A NOVÁ BETONÁŽ
 - NESPLNĚNÍ POŽADAVKŮ NA MATERIÁL → VYŘAZENÍ MATERIÁLU Z PROCESU VÝSTAVBY A POUŽITÍ KVALITNÍHO MATERIÁLU

Obr. 13: Postupový diagram pro etapu - Založení prahů [Vytvořeno autorem]

3.5 Montáž nosné konstrukce 1.NP

3.5.1 Osazení svislých sloupků

Po kontrole náležité stavební připravenosti (provedená hydroizolace a ukotveny základací prahy) bylo možné přejít k montáži svislé nosné konstrukce prvního nadzemního podlaží.

Nejprve byla vynesena pozice svislých sloupků na povrch zakládacích prahů dle jejich zakreslení v montážním výkresu. Rozteč těchto sloupků se standardně odvíjí od rozměrů navazujících velkoplošných materiálů a výplňových izolačních prvků. Pro statické účely by z hlediska únosnosti postačovala rozteč větší, avšak tento zvolený modul výrazně šetří čas a finance, protože výrazně eliminuje prořez dalších prvků. Zvolená osová vzdálenost 625 mm tedy v tomto případě odpovídala zejména rozměrům obkladových OSB desek šířky 1250 mm, umístěných přes dvě pole a výplňové minerální izolace Dekwool o šířce role 600 mm. Pro účely montáže byl vynesena světlý rozměr 585 mm spolu s rozměry jednotlivých sloupků z profilů KVH (40 x 140 mm). Ke zhuštění modulu došlo pouze mezi budoucími okenními otvory, kde bylo třeba vynechat modul a tímto krokem jej zpětně kompenzovat. Zde bylo největším rizikem správné rozměření prvků, protože při nedodržení rozměrů by bylo později obtížné osazovat dvevní a okenní profily a docházelo by ke zbytečnému prořezu později osazovaných materiálů. Tolerovaná odchylka od půdorysné pozice sloupků v tomto případě činila ± 5 mm. Realizace dále pokračovala přišroubováním ocelových kotevních úhelníku 100x100 mm k podkladním prahům pomocí vrutů do dřeva. Následně byly k úhelníkům přikotveny i samotné sloupky o délce 2750 mm. Vzápětí se vynesla vodorovná rovina pomocí čárového laseru ve výšce 2780 mm od podkladní betonové desky, což je finální požadovaná výška sloupků dle projektové dokumentace vyplývající z přání investora a případných požadavků stavebního úřadu, a následně došlo ke zkrácení těchto prvků tak, aby vznikl maximálně rovný podklad pro osazení obvodového pozedního věnce. Zde byl kladen velmi vysoký požadavek na rovinnost, a sice ± 5 mm od vztažné vodorovné roviny, protože v případě jejího nedodržení by došlo posléze k chybné montáži střešních vazníků a zkřivení celé konstrukce střechy. Posledním krokem v rámci této etapy se stalo provizorní zavětrování svislých sloupků pomocí diagonálně přibitých dřevěných latí. Ty byly osazeny přes dvě pole sloupků vždy v rozích a dále pak se vzájemnou roztečí dvou až tří polí. Bylo tak eliminováno riziko ztráty stability sloupků a vychýlení z jejich předepsané pozice vlivem působení větru v průběhu montáže pozedního věnce.

3.5.2 Provedení pozedního věnce

Po montáži svislých sloupků bylo třeba realizovat pozední věnec, aby došlo ke správnému převázání a ztužení svislých sloupků a zároveň byl vytvořen maximálně rovný a pevný podklad pro osazení nosné konstrukce střechy – příhradových vazníků. Celý věnec byl tvořen soustavou tří na sobě položených a vzájemně prokotvených KVH hranolů o průřezu 40x140 mm, které z důvodu nižší ceny a snadnější dopravy nahradily nákladnější prefabrikovaný vazník typu Trio.



Obr. 14: Příklad provedení nosné konstrukce 1.NP [Vytvořeno autorem]

Pro účely realizace věnce musely být napřed přišroubovány kotevní úhelníky 100x100 mm souběžně s horní hranou sloupků obdobně jako v případě kotvení do základových prahů. Následovalo zakotvení první řady KVH hranolů z trojice vrstev pomocí prošroubování vruty do dřeva skrze úhelníky. Zde bylo nejdůležitější dodržet odchylku od půdorysné polohy shodnou s pozicí základacích prahů a to sice ± 15 mm na vztažnou délku strany objektu. Měřena byla rovněž rovinnost první vrstvy obvodového věnce a to opět s požadovanou přesností shodnou s výškovou úrovní sloupků, která činila ± 5 mm od vynesené vodorovné vztažné roviny.

Po osazení první řady věncových hranolů se na jejich horní povrch celoplošně nanoslo tekuté transparentní polyuretanové lepidlo Würth pomocí plastové špachtle. Následně byly osazeny a urovnaný věncové hranoly v druhé vrstvě do pozice shodné se spodními hranoly. Profily k sobě byly následně staženy truhlářskými svěrkami a to ve vzdálenosti nepřesahující

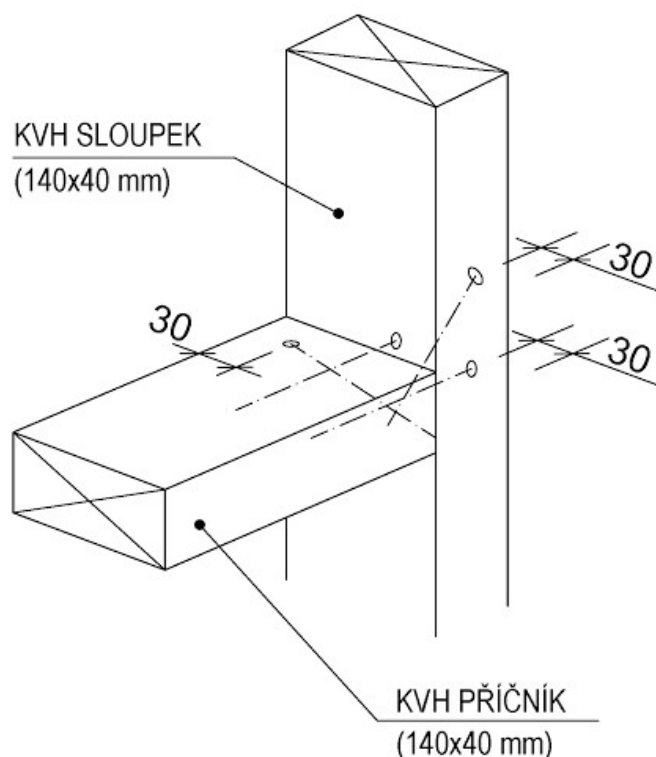
1000 mm, aby došlo k jejich vzájemnému pevnému spojení. Takto byl prvek ponechán po dobu min. 2 hodin, což je výrobcem stanovený čas technologické přestávky. [13] V případě nedodržení tohoto postupu by mohlo po sejmutí svěrek dojít k boulení a nedostatečnému spojení obou prvků. Po přitažení se následně mechanicky oba hranoly prokotvily pomocí hřebíků délky 100 mm pomocí pneumatické nastřelovačky. Ke kotvení došlo ve vzdálenosti 300 – 400 mm, vždy pomocí dvojice hřebíků tak, aby jejich vzdálenost od kraje hranolu byla vždy min. 30 mm. Tento způsob byl stanoven z důvodu možného rizika odštěpování dřeva z hranolu při nižší vzdálenosti. Vzájemná vzdálenost dvojic hřebíků 300 mm vycházela z požadavku na dostatečně tuhé spojení, kde by při nedodržení mohlo docházet k boulení a netěsnostem ve spoji mezi prvky. Po dodržení náležité technologické přestávky stanovené výrobcem lepidla, po které je garantována jeho dostatečná přídržnost, mohlo dojít k demontáži svěrek a osazení poslední řady věncových KVH hranolů obdobným způsobem jako u vrstvy prostřední. Na závěr byla zkontrolována finální rovinnost obvodového věnce pomocí dvoumetrové libely opět s povolenou odchylkou ± 5 mm od vztažné roviny. Takto provedený obvodový věnec dále posloužil jako pevný a rovný podklad pro montáž nosné konstrukce střešního pláště.

3.5.3 Realizace otvorů a ztužení stěn

Po řádném provedení obvodového věnce bylo následně provedeno ztužení nosného sloupkového modulu a to pomocí vodorovných rozpěr tvořených přířezy z KVH hranolů o rozměrech 40x140 mm, které byly osazovány vždy mezi dvěma sousedními svislými trámky v pravidelných roztečích a dále pak zavětrovacími ocelovými páskami, kladenými diagonálně přes dvě pole v pravidelných rozestupech. V rámci této etapy se také realizovala spodní nadpraží a horní překlady nad otvory, aby tak byl vymezen prostor pro osazení okenních a dveřních profilů. Nejčastějšími riziky v této etapě byla zejména rizika spojená se špatným vynesemím pozice prvků na základě montážních výkresů a z toho vznikající vady, jako například.: nesprávná pozice okenního otvoru, případně jeho špatné rozměry atd.

V průběhu této etapy bylo prováděno vodorovné rozepření pomocí příčníků z KVH o délkách, které byly změřeny dle pozice sloupků – standardně 585 mm, v případě zhuštění modulu méně. Následně byly vyneseny jejich

výškové pozice. Standartní světlý rozestup dvou příčníků činil 1200 mm, který byl stejně jako u modulu sloupků vztažen k rozměrům velkoformátových obkladových materiálů a výplňových minerálních izolací, aby tak eliminoval jejich prořez a v případě izolantu usnadnil jeho osazování. Ze statického hlediska je tento rozestup vyhovující, protože při pevném ukotvení sloupků na obou jeho koncích dochází k největšímu boulení průřezu v jeho středu. V rámci zpevnění celého rastru byl modul 1200 mm v sousedních polích prostřídán a to minimálně o 300 mm. Na svou předepsanou pozici se příčnky kotvily opět pomocí pneumatické nastřelovačky a hřebíků délky 100 mm. Při takovémto kolmém spojení byly vždy dva hřebíky umístěny z čela prvku a další dva šikmo z horní i spodní strany (pokud to umožňoval prostor) směrem do spoje (viz Obr. 15). Aby bylo eliminováno riziko odštěpování dřeva, umísťovaly se hřebíky opět ve vzdálenosti min. 30 mm od kraje hranolu. Pro zlepšení tuhosti obvodových stěn zejména z důvodů namáhání vzniklého větrem byly ještě dodatečně osazeny zavětrovací pásy z pozinkované oceli, které se přišroubovaly diagonálně přes dvě krajní pole v každém směru ve všech rozích a zajistily tak dostatečně pevné zavětrování.



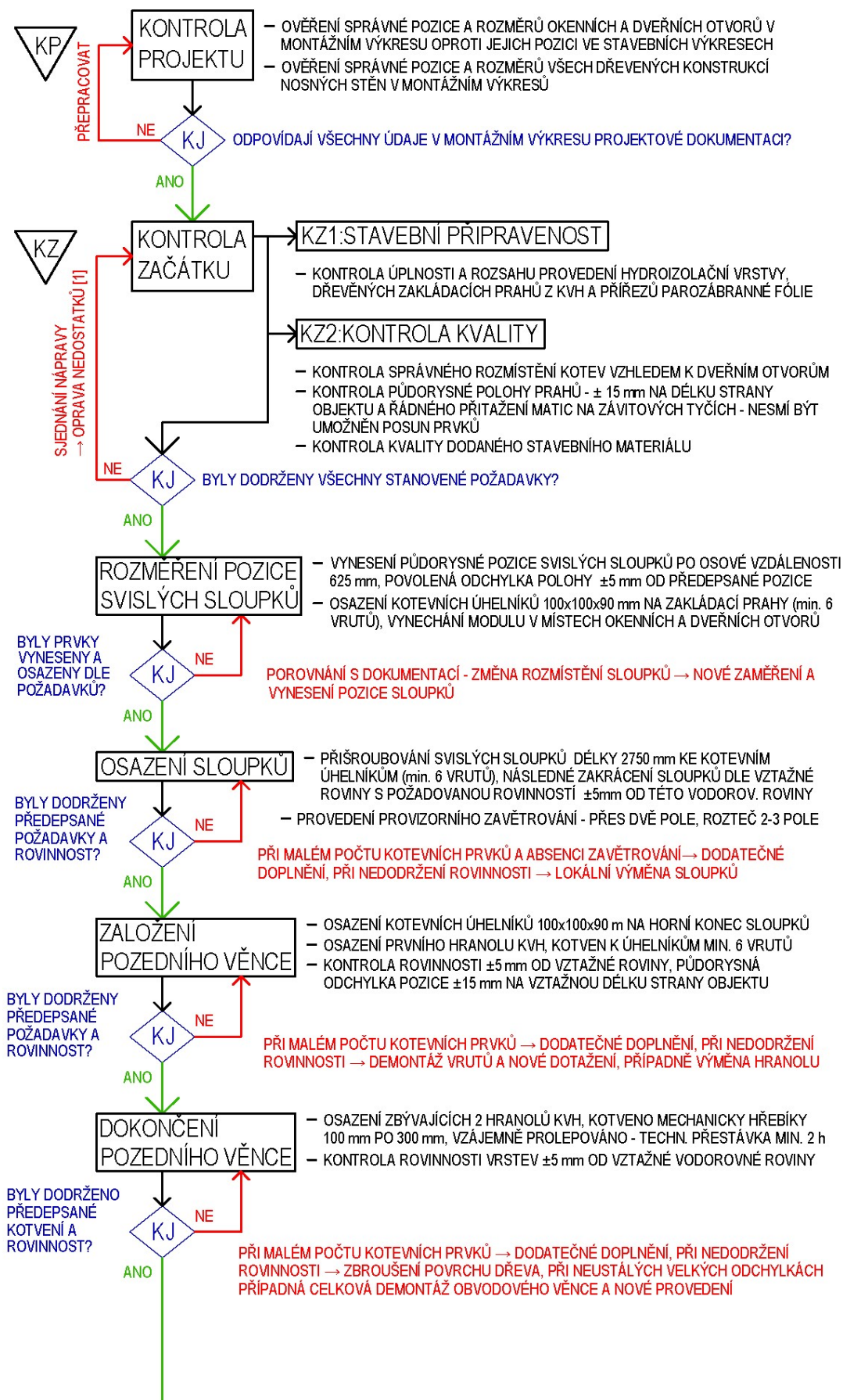
Obr. 15: Správné provedení spoje dřevěného rastru [Vytvořeno autorem]

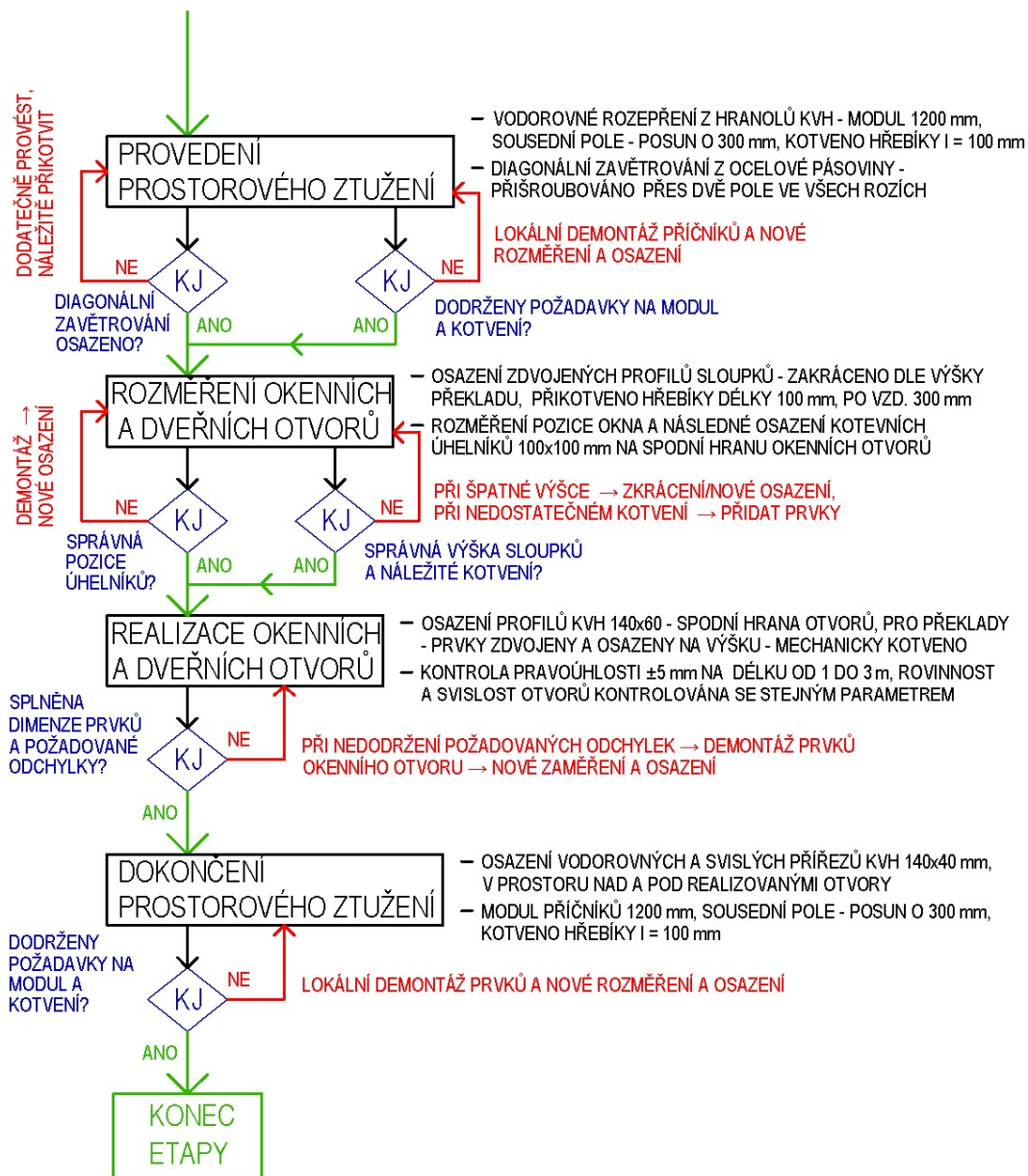
Zároveň se během této etapy prováděla realizace okenních a dveřních otvorů, jejichž rozměry byly stanoveny dle požadavků projektové dokumentace a výrobců příslušných otvorových výplní. Pro účely jejich vymezení byly použity robustnější hranoly KVH o průřezu 60x140 mm. Nejprve došlo k přesnému rozměření pozic jednotlivých prvků dle výkresové dokumentace tak, aby nedošlo k pozdějšímu chybnému osazení okenních a dveřních prvků včetně vynesení vztažné roviny – tzv. váhorysu, sloužícího pro odměření výškových vzdáleností vztažených ke srovnávací rovině zvolené nulové výškové úrovně. Následně byly zdvojeny obvodové sloupky vymezující prostor otvorů a to proto, aby na tyto zkrácené prvky mohly být osazeny nadedveřní a nadokenní překlady. Tyto prvky byly předem zkráceny na požadovanou výšku nadpraží a vzájemně se během osazování provázaly s předem stojícími sloupky opět pomocí hřebíkových spojů. Poté byly na předem daná místa přivrtány kotevní úhelníky 100x100 mm a vzápětí k nim i přesně zkrácené vodorovné hranoly. V případě spodní hrany okenního otvoru kladené naplocho (výška 60 mm) a u nadpraží okenních a dveřních otvorů umístěny na výšku (140 mm) do předpřipravených ozubů tvořených zkrácenými přidanými sloupky. V případě, že tyto prvky tvořily překlady nad otvorem, byly v rámci zvýšení únosnosti zdvojeny a vzájemně spojeny pomocí hřebíků.

V tuto chvíli bylo třeba zkontrolovat pozici všech otvorů oproti jejich zakreslení ve výkresové dokumentaci a zejména jejich pravoúhlost s předem stanovenou odchylkou ± 5 mm na vztažnou délku v rozmezí od 1 do 3 metrů. Stejný parametr byl zvolen i pro svislost a vodorovnost těchto otvorů. V případě nedodržení těchto podmínek by mohla být později velice zkomplikována montáž samotných okenních dílců. Případné odchylky v toleranci byly dorovnány při pozdějším osazování oken pomocí přitažení/povolení montážních šroubů a případného vyklínování a vypěnění prostoru okolo oken. Na závěr se osadily v prostoru okolo otvorů dodatečné přířezy sloupků a vodorovných příčníků dle výše popsaného postupu. Na takto provedenou svislou nosnou konstrukci bylo v další etapě možné osadit nosnou konstrukci střešního pláště, aby vznikající budova bylo co nejdříve ochráněna proti povětrnostním vlivům.

Tab. 9: Vyhodnocení rizik pro etapu - Montáž nosné konstrukce 1.NP [Vytvořeno autorem]

Profil činnosti	Prováděná činnost	Požadavky na provedení	Možnosti kontroly	Vznikající rizika	Cetnost výskytu	Hrozící vady	Možnosti nápravy při odhalení vady	Stupeň závažnosti
1	Rozměření pozice svislých sloupků	Vynesení pozice sloupků po osové vzdálenosti 625 mm Odchylna od požadované půdorysné polohy < než ± 5 mm Osazení kotevnic úhelníku 100x100x90 mm - 6 vřutů Vynechání modulu v místech okenních a dveřních otvorů	Měření - svinovací metr Měření - svinovací metr Vizuální kontrola	Chybné vynesení prvků, velká malá vzdálenost Neshoda s velkopl. obl. prvky a izolací Nedostatečná tuhost spojení s podkladem Nedostatečný prostor pro realizaci otvorů	II. I. I. II.	Nevhodné napojení obkladu, netěsnost tepelné izolace Nevhodné napojení obkladu, netěsnost tepelné izolace Deformace sloupků, odtržení z místa vlivem zat.	Porovnání s dokumentací, nové zaměření a vynesení pozice Porovnání s dokumentací, nové zaměření a vynesení pozice Doplnění správného počtu kotevnic prvků	2. 2. 3. 4.
2	Osazení svislých sloupků z KVH 40x140 mm	Počáteční délkový rozměr sloupků min. 2750 mm Přikotvení k úhelníkům 100x100x90 mm - min. 6 vřutů Zakrácení sloupků na 2720 mm s požad. rovinností ± 5 mm od zvolené vřaž. roviny Diagonální zavětrování pomocí latic - přes 2 pole rozteč 2 - 3 pole	Měření - svinovací metr Vizuální kontrola Měření rotačním laserem + ruční měření - svinovací metr Vizuální kontrola	Nedost. tuhost spojení s kotevním prvkem Nedost. rovinnost sloupků pro zal. věnce Snížená tuhost sloupků pro prov. požad. věnce	I. III. III.	Nutnost demontáže sloupků, natřazení modulu stěn Nedostatečná pevnost pozed. osazení nových prvků, a demontáž sloupků, nahrazení prvky se správnou délkou Deformace sloupků, odtržení z místa vlivem zatížení Výsoka křivost pozedního věnce a střešní roviny	Porovnání s dokumentací, nové zaměření, demontáž prvků Doplnění správného počtu kotevnic prvků Doplnění správného počtu kotevnic prvků	5. 3. 4.
3	Založení pozedního věnce z hranolů KVH 40x140 mm	Osazení kotevnic úhelníku na konec sloupků 100x100x90 mm - min. 6 vřutů Kontrola rovinnosti ± 5 mm od vřažné úhelníků - min. 6 vřutů Výškové roviny, odchylka od půdorysné pozice ± 15 mm na vřažnou délku objektu	Vizuální kontrola Vizuální kontrola Měření rotačním laserem + ruční měření - svinovací metr	Nedost. tuhost spojení s podkladním sloupkem Nedost. tuhost spojení s kotevním prvkem Nedost. Rov hranolu pro osaz. dalších vrstev, křivost věnce	I. I. III.	Deformace - vys. sloupků vlivem větrů a spal. zat. Deformace - pohyb sloupků, odtržení vlivem zatížení Deformace - pohyb sloupků, odtržení vlivem zatížení Vysoka křivost pozedního věnce a střešní roviny	Doplnění správného počtu kotevnic prvků Doplnění správného počtu kotevnic prvků Demontáž věncového hranolu, nové přikotvení, případně nahrazení novým prvkem	3. 2. 3.
4	Dokončení pozedního věnce z hranolů KVH 40x140 mm	Mechanické kotvení zbylých vrstev hřebíky I = 100 mm, po 300 mm Vzájemné celoplošné propletení - staženo světlými, TP - min. 2 hrobitry Kontrola rovinnosti vrstev ± 5 mm od vřažné vodorovné roviny, kontrola přeložení v rozích dla mont. výkresů	Kontrola měření, vizuální kontrola Časový záznam, vizuální kontrola vřesení hranolu Měření rotačním laserem + ruční měření - svinovací metr	Malá předržnost, boulení, vřesení hranolu Nedostatečná rovinnost věnce pro osazení střešních vazníků	IV. II. III.	Nedostatečná pevnost pozed. věnce a jeho křivost Nedostatečná pevnost pozed. věnce a jeho křivost Nemožnost osazení střešních vazníků - křivost a boulení střešního pláště	Doplnění správného počtu kotevnic prvků Prodloužení tech. přestávky, nahrazení novými věnc. hranoly Zbrousení horního povrchu pozedního věnce, demontáž a nové provedení věnce	3. 5. 4.
5	Provedení prostorového ztužení z KVH příčníků a ocelové pásoviny	Rozepnutí hranoly KVH po vzdálenosti 1200 mm, sousední pole - prostřídání modulu o 300 mm Mechanické kotvení ke sloupkům, min. 4 ks hřebíků I = 100 mm, min. 30 mm od hran průřezu prvků	Kontrola měření, vizuální kontrola Kontrola měření, vizuální kontrola Kontrola měření, vizuální kontrola	Rozebrání neshoda s deskami tepelné izolace, nedostatečné ztužení	II.	Zhoršená funkce vyplňové izolace, deformace konstrukce vlivem zatížení	Demontáž prvků a dodatečné provedení nového rozepnutí	2.
6	Rozměření pozice okenních a dveřních otvorů	Osazení zkrácených sloupků - přikotvení dvojici hřebíků I = 100 mm ke sloupkům po vzd. 300 mm, vynesení vřažné roviny Rozměření pozice otvorů a osazení úhelníků 100x100x90 mm na spodní hranu okenního otvoru - min. 6 vřutů	Kontrola měření, vizuální kontrola Kontrola měření, vizuální kontrola	Nedostatečné kotvení příčníků, odštěpování rohů dřevěných prvků	IV	Nedostatečná pevnost prostorového ztužení, kolaps konstrukce vlivem zatížení	Dodatečné doplnění chybějících kotevnic prvků, demontáž poškozeného prvku	1.
7	Realizace okenních a dveřních otvorů, hranoly KVH 60x140	Kotvení prvků spodní hrany okenního otvoru - min. 6 vřutů Kotvení překladů - vzájemně spojeno hřebíky I = 100 mm, po 300 mm, kotveno z celá min. 4 ks hřebíků	Vizuální kontrola Vizuální kontrola Kontrola měření, vizuální kontrola	Nesprávné umístění budoucího otvoru, nedostatečná tuhost spoje kotevním prvkem Nedostatečné kotvení překladů, odštěpování rohů dřevěných prvků	I. II.	Uvolnění rámu otvoru, nežadoucí dilatace Deformace rámu okenního otvoru, nutnost nového zaměření otvoru	Dodatečné doplnění chybějících kotevnic prvků Nové zaměření pozice otvoru, dodatečné doplnění chybějících kotevnic prvků	3. 2.
8	Dokončení prostorového ztužení nad a pod provedenými otvory	Osazení hranoly KVH po vzdálenosti 1200 mm, sousední pole - prostřídání modulu o 300 mm, sloupky po 625 mm Mechanické kotvení ke sloupkům, min. 4 ks hřebíků I = 100 mm, min. 30 mm od hran průřezu prvků	Kontrola měření, vizuální kontrola Kontrola měření, vizuální kontrola	Rozebrání neshoda s deskami tepelné izolace, nedostatečné ztužení	II.	Zhoršená funkce vyplňové izolace, deformace konstrukce vlivem zatížení Nedostatečná pevnost prostorového ztužení, demontáž poškozeného prvku	Demontáž prvků a dodatečné provedení nového rozepnutí kotevnic prvků, demontáž poškozeného prvku	2. 1.





- [1] - V PŘÍPADĚ NESPRÁVNÉHO ROZMÍSTĚNÍ KOTEV → ODŘEZÁNÍ STÁVAJÍCÍCH, A REALIZACE NOVÝCH KOTEV
 - V PŘÍPADĚ NESPLNĚNÍ SPRÁVNÉ POZICE PRAHŮ → ZMĚNA POLOHY POMOCÍ ZVĚTŠENÍ OTVORŮ V PRAZÍCH, OSAZENÍ A NOVÉ DOTAŽENÍ MATIC
 - V PŘÍPADĚ UVOLNĚNÝCH MATIC → DOTAŽENÍ TAK, ABY NEVZNIKAL POSUN → KONTROLA POZICE
 - NESPLNĚNÍ POŽADAVKŮ NA MATERIÁL → VYŘAZENÍ MATERIÁLU Z PROCESU VÝSTAVBY A POUŽITÍ KVALITNÍHO MATERIÁLU

Obr. 16: Postupový diagram pro etapu - Montáž nosné konstrukce 1.NP [Vytvořeno autorem]

3.6 Realizace zastřešení

3.6.1 Provedení nosné konstrukce střechy

Střešní nosná konstrukce řešeného objektu byla tvořena dřevěnými sedlovými příhradovými vazníky s ocelovými styčnickovými deskami s prolisovanými trny (typ Gang – nail) o délce 8200 mm, vzepjetí 2100 mm a předepsaném sklonu horních pásnic 25°. Návrh, výroba a dodávka těchto

nosníků včetně jejich osazení byla zadána v rámci subdodávky specializované firmě. Ta na základě poskytnuté výkresové dokumentace a požadavků dodavatele stavby provedla statický výpočet a dle něj i výrobu dle normou stanovených parametrů (třída dřeva C24, nátěr proti vlhkosti Lignofix Stabil apod.). Výsledkem bylo dovezení a osazení celkem dvanácti kusů takovýchto vazníků. Všeobecnými riziky v této etapě jsou bezpečnostní rizika při práci ve výškách, na jejichž základě směli montážní práce vykonávat pouze proškolení zaměstnanci, kteří zároveň museli být v průběhu celé realizační etapy jištění a to pomocí prvků osobní či kolektivní ochrany v souladu s požadavky BOZP.

Před dovezením bylo třeba předem vyhradit místo pro skladování těchto vazníků a prostor pro jejich kompletaci. K tomuto účelu postačila rovná plocha na staveništi zpevněna hutněným štěrkem. Po přivezení se vazníky složily na tuto plochu na dřevěné podklady, umístěné vždy minimálně v místech všech spojů vazníků. Pokud by tento požadavek nebyl dodržen, mohlo by vzniknout riziko nežádoucího přetvoření těchto vazníků či jejich vystavení vlhkosti.

Prvním krokem samotné montáže bylo vyznačení pozice kotevních bodů budoucích střešních vazníků. To proběhlo na základě výkresové dokumentace dodané výrobcem vazníků, který navrhl jejich vzájemnou osovou vzdálenost 1100 mm i předepsaný způsob kotvení. Následně po vynesení těchto rozměrů s odchylkou max. ± 5 mm. byly k obvodovému věnci osazeny kotevní ocelové úhelníky 100x100x90 mm. Jejich kotvení do věnce bylo provedeno pomocí maximálního počtu vrtů (dle počtu otvorů v úhelníku) do dřeva na jeden úhelník. Na jedné straně objektu byly osazeny úhelníky s kulatým otvorem pro montážní šroub – pro pevné spojení s konstrukcí a na straně druhé úhelníky s oválným otvorem – pro posuvné kotvení. Důvodem bylo umožnění dotvarování konstrukce po dodatečném zatížení, či možnost dilatování vlivem klimatických změn.

Po vynesení pozice vazníků a osazení kotevních prvků přišla na řadu montáž tzv. zavětrovacího pole. To se skládalo ze dvou sousedních vazníků, spojených v místě horní pásnice dalším prefabrikovaným příhradovým dílcem – příhradovým ztužidlem, které bylo rovněž součástí dodávky. Vzájemné spojení těchto prvků bylo provedeno pomocí hřebíků délky 120 mm o vzájemné rozteči nepřesahující 250 mm. Při větší vzdálenosti kotvení hrozí

riziko uvolnění zavětrovacího dílce a ztráta stability ostatních prvků. V místě budoucí podpory vazníků byly v zavětrovacím poli vloženy nízké svislé vazníky zajišťující přenos sil do podpor, kotvené stejným způsobem jako předešlé. Následně bylo provedeno ještě ztužení spodních pásnic vazníků pomocí nehoblovaných fošen o průřezu 32x120 mm, přikotvených poblíž místa styčnicku pomocí min. 2 kusů hřebíků délky 100 mm. Dále pak došlo k podélnému ztužení diagonál sousedních vazníků opět pomocí nehoblovaných fošen 32x120 mm stejným způsobem jako u dolní pásnice.



Obr. 17: Nosná konstrukce střechy z příhradových vazníků [Vytvořeno autorem]

Dalším krokem bylo samotné zdvižení a osazení prvního zavětrovacího pole na obvodový věnec. To proběhlo pomocí zvedacího prostředku – autojeřábu. Zodpovědná osoba (vazač) ručila za správné upevnění zavětrovacího pole ke zvedacímu prostředku. Důležité bylo ukotvení pouze v místech styčnicků, aby se předešlo riziku nadměrné deformace a případné destrukce vazníků. Zároveň byl kontrolován stav vázacích prostředků z hlediska jejich poškození a únosnosti pro daný typ břemene. Po náležitém provedení těchto úkonů se zavětrovací pole vyzvedlo a umístilo do předepsané polohy. Zde jej montážní četa dělníků ukotvila na předepsaných

místech. Kotvení proběhlo pomocí ocelového šroubu M12 s podložkou na dřevěné konstrukce a řádně dotaženou pojistnou maticí (v případě pevného kotvení) a s ne zcela dotaženou maticí (v případě posuvného kotvení), v obou případech skrze předem předvrtaný otvor ve vazníku a skrze osazený úhelník.

Následně po zakotvení krajního zavětrovacího pole bylo možné začít osazovat další jednotlivé vazníky postupně směrem k druhé straně objektu. Zásady manipulace a kotvení pomocí šroubů pro pevné a posuvné kotvení jsou shodné s předchozím postupem. Po jednom přidávané vazníky jsou následně napojovány na průběžné kotvení dolních pásnic a v pravidelných intervalech dle dokumentace i kotvení diagonál. Celá montáž střešních vazníků je ukončena opět osazením celého zavětrovacího pole na opačném konci stavby. Kromě průběžných kontrol správného kotvení a osazování vazníků se průběžně prováděla kontrola správné pozice všech vazníků – jejich souosost. Byla tedy zvolena srovnávací rovina od prvního zavětrovacího pole až po provizorní uchycení na obvodový věnec na straně druhé. Mezi těmito body byl napnut provázek a podle něj byly měřeny odchylky. Výsledná odchylka nesměla překročit hodnotu ± 15 mm na vztažnou délku od 8 do 16 metrů. V případě nedodržení tohoto požadavku bylo nutné inkriminovaný vazník demontovat a znovu přikotvit. V případě vyšší odchylky by totiž později mohly hrozit prostorové deformace střešního pláště a z něj plynoucí vady v těsnosti tohoto souvrství.

3.6.2 Realizace vrstev střešního pláště

Po provedení nosné konstrukce střechy bylo ihned přistoupeno k realizaci střešního pláště a to z důvodů co nejrychlejšího zastřešení objektu, aby mohly být prováděny kompletační práce vnitřních stěn a výstavba vnitřních konstrukcí, které by neměly být vystaveny případným vlivům povětrnosti.

Nejprve bylo provedeno oplechování okraje horních pásnic vazníků po obvodě střechy pomocí podokapního plechu z poplastovaného hliníku v šířce 200 mm se vzájemnými čelními přesahy 150 mm. Kotvení plechů bylo provedeno pomocí dvojice vrutů do dřeva na každém vazníku. Dalším krokem byla aplikace vysoce difúzní paropropustné podstřešní fólie Wütop Trio přímo přes rovinu nosných příhradových vazníků. Účelem této fólie bylo odvádění

vlhkosti z podstřešního prostoru a zároveň zabránění zbytkům vlhkosti v pronikání do nosné dřevěné konstrukce. Tato fólie o rozměrech 1,5x50 m byla postupně vodorovně rozbalována a mechanicky kotvena sponkami v ose pásnic vazníků v místě budoucích kontralatí. Vzájemná vzdálenost sponek přitom nepřesahovala 200 mm, aby byla zajištěna správná přídržnost fólie. Vzájemné čelní a boční přesahy byly realizovány pomocí samolepicích okrajů fólie a to v šířce 150 mm, čímž vznikl těsný spoj. Pro přikotvení prvního pruhu fólie k podokapnímu plechu se použila vysoce přilnavá těsnící páska Würth Eurasol, stejně jako pro zatěsnění prostupů po mechanických sponkách a zakončení v místě štítů.

Následně se na osu horních pásnic vazníků přes paropropustnou fólii osadily dřevěné střešní kontralatě o průřezu 60x40 mm, připevněné pomocí vrutů do dřeva délky 120 mm a průměru 6 mm ve vzdálenosti min. 500 mm a odstupu od konce prvku min 200 mm. Při nedodržení hrozí vlivem působení tlaku větru a sněhu posunutí či vytržení těchto kontralatí z podkladní konstrukce. Posléze se kolmo na předchozí vrstvu umístily střešní latě opět o průřezu 60x40 mm sloužící jako nosný prvek pod střešní krytinu. Jejich vzájemná osová rozteč byla stanovena na 350 mm, dle rozměrů velkoformátové krytiny Lindab Ideal. První lať byla osazena zároveň se spodní hranou střechy tak, aby na ni bylo možné osadit ocelové kotevní háky dešťových svodů. Další řada latí byla následně osazena v osově vzdálenosti 200 mm tak, aby bylo možné krytinou vytvořit přesah směrem do budoucího okapního žlabu. Následující řady latí již byly osazovány v předepsaném modulu 350 mm a poslední řada latí zároveň s hranou hřebene. Kotvení latí se provádělo opět pomocí vrutů do dřeva délky 120 mm a průměru 6 mm ve všech kříženích latí a kontralatí. Jako poslední byla osazena takzvaná hřebenová lať výšky 100 mm kotvená opět pomocí vrutů do poslední řady latí nacházejících se rovnoběžně s hranou hřebene. Všechny řady latí byly provedeny na celou délku střešní roviny a navíc s oboustranným přesahem 200 mm v místě štítu. Tento přesah byl zvolen z důvodu ochrany budoucí štítové stěny před dešťovými srážkami. Předposledním krokem se stala montáž okapních háků pro dešťové svody z ploché ocelové pásoviny šířky 30 mm, jenž byly osazeny po vzdálenosti 1100 mm, tj. v místě příhradových

vazníků a přikotveny ke kontralatím pomocí minimálně 2 kotevních vrutů délky 120 mm. Finálním krokem před osazením krytiny se stala montáž větrací mřížky s černého polyethylenu, sloužící jako zábrana před hnízděním ptáků v provětrávané mezeře. Tato mřížka byla připevněna pomocí vrutů do dřeva (délka 30 mm) z vnitřní strany okapní latě v roztečích 500 mm.



Obr. 18: Provedení střešního pláště – laťování [Vytvořeno autorem]

Závěrečným krokem této etapy se stalo osazení ocelové velkoformátové krytiny Lindab Ideal s povrchovou úpravou žárovým pozinkováním. Tabule krytiny byly na stavbu dodány v rozměrech 1180x2590 mm. Postup kladení jednotlivých tabulí byl na výšku směrem od spodního okapového rohu vzhůru, ve svislých pruzích. Kotvení jednotlivých tabulí bylo provedeno za pomoci šroubů SWT do dřeva s průměrem dříku 3 mm, opatřených těsnící podložkou, která po přitažení šroubu neprodyšně vyplní okolí vrtaného otvoru. Délka těchto šroubů byla výrobcem stanovena na min. 30 mm, aby došlo k řádnému prokotvení s podkladním laťováním. Tabule byly kotveny v místě okapové hrany, u štítu a v místě napojení dvou tabulí kotveny vždy jedním šroubem na výšku vlny (350 mm). Volně v plošti je vždy jeden šroub na výšku vynechán. V případě kotvení na šířku bylo postupováno obdobným způsobem – při okrajích v místě každé vlny a volně v ploše ob jednu. Na závěr byly osazeny speciálně profilované prvky VISK, ukončující

střešní plášť v místě štítu. Tyto tvarovky jsou dodávány výrobcem a jejich kotvení probíhalo z čelní strany přesahujících latí pomocí stejných kotevních prvků jako v případě tašek. Dalším ukončujícím prvkem byly hřebenáče. Ty byly přikotveny k poslední výškové vlně tabulí při zachování stejných kotevních míst jako v případě kotvení v ploše.

3.6.3 Osazení tepelné izolace podkroví

Jako závěrečná činnost při realizaci střechy bylo provedeno zateplení podkroví pomocí rolí z minerální vlny Dekwool osazené ve dvou vrstvách, každá o tloušťce 140 mm. Tepelná izolace byla osazována do prostoru mezi příhradové vazníky. Aby bylo zajištěno dostatečné kotvení minerální vlny, nejprve se provedlo celoplošné podbití z desek OSB EKO P+D tl. 12,5 mm o rozměrech 1250x2500 mm. Jejich kotvení bylo vytvořeno kotevními hřebíky délky minimálně 60 mm. Ty se osadily ve vzdálenosti max. 150 mm od sebe a min. 10 mm od okraje desky, v případě volné plochy pak ve vzájemné vzdálenosti 300 mm. Tam, kde desky nebyly spojeny pomocí pera a drážky, byla vynechána dilatační mezera 3 mm. V místě budoucího průlezu do podkroví byl záměrně vynechán otvor o půdorysných rozměrech 600x1200 mm. Tyto desky kromě zádržné funkce pro minerální tepelnou izolaci navíc vytvořily ještě rovný povrch pro osazení parozábrany ze spodní strany stropu a navíc svojí přítomností přispěly jakožto dodatečné ztužení objektu. Na desky se následně pokladly ve dvou vrstvách role tepelné izolace z minerální vlny Dekwool G035 r o tloušťce 140 mm a rozměrech role 1200x4000 mm. Desky byly kladeny celoplošně mezi pole vazníků s tím, že druhá vrstva vždy min. o 300 mm překrývala vrstvu spodní tak, aby byly vylepšeny tepelně – technické parametry skladby.

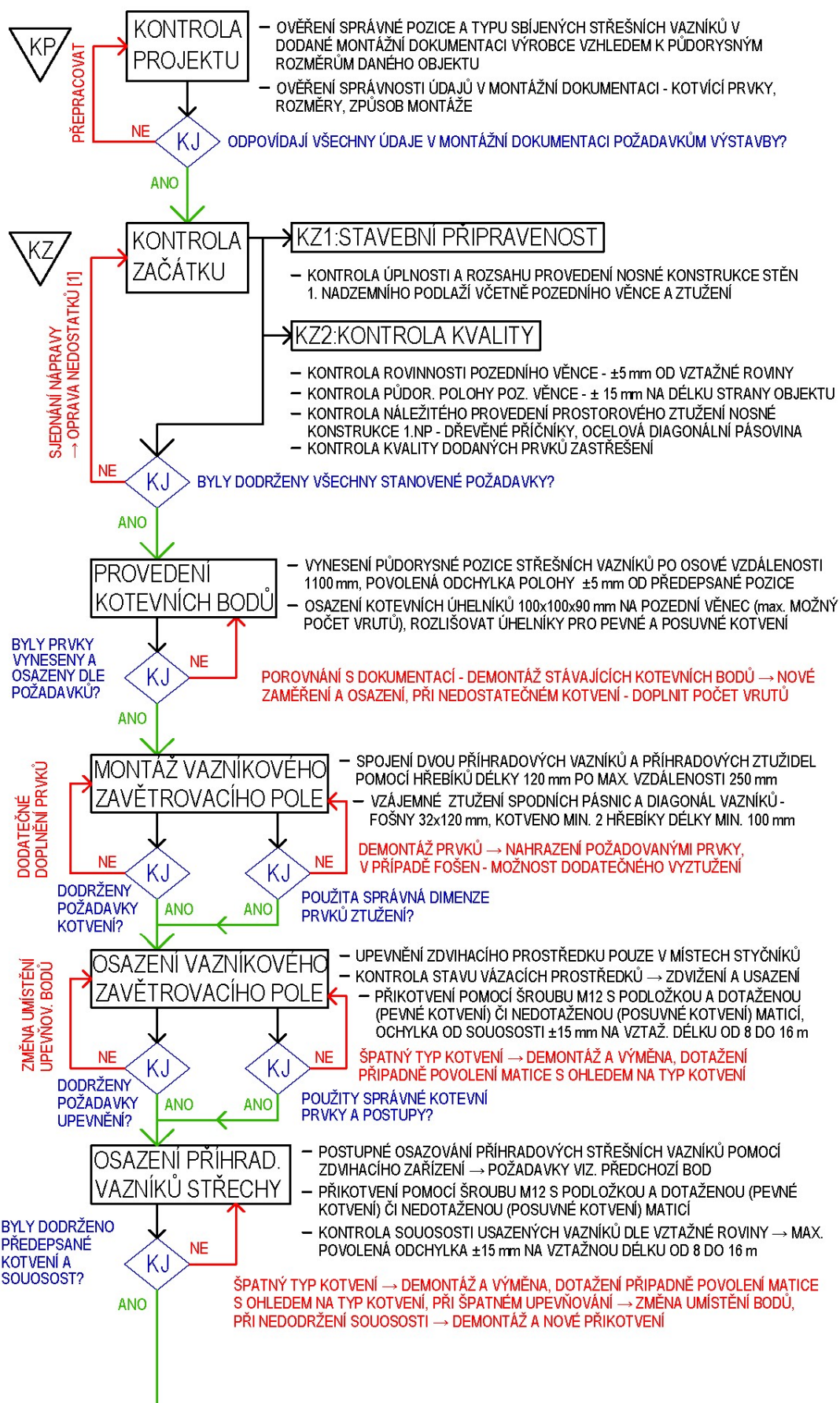
Následně se v prostoru budoucího úložného podkrovního prostoru osadily nehoblované fošny o průřezu 32x120 mm o vzájemné rozteči max. 500 mm a na ně byly následně přišroubovány desky OSB EKO P+D tloušťky 12,5 mm způsobem shodným jako při montáži záklopu. Po takto náležitě provedené montáži střešní konstrukce se mohlo bez obav přejít ke kompletaci obvodových stěn a provádění vnitřních prací objektu.

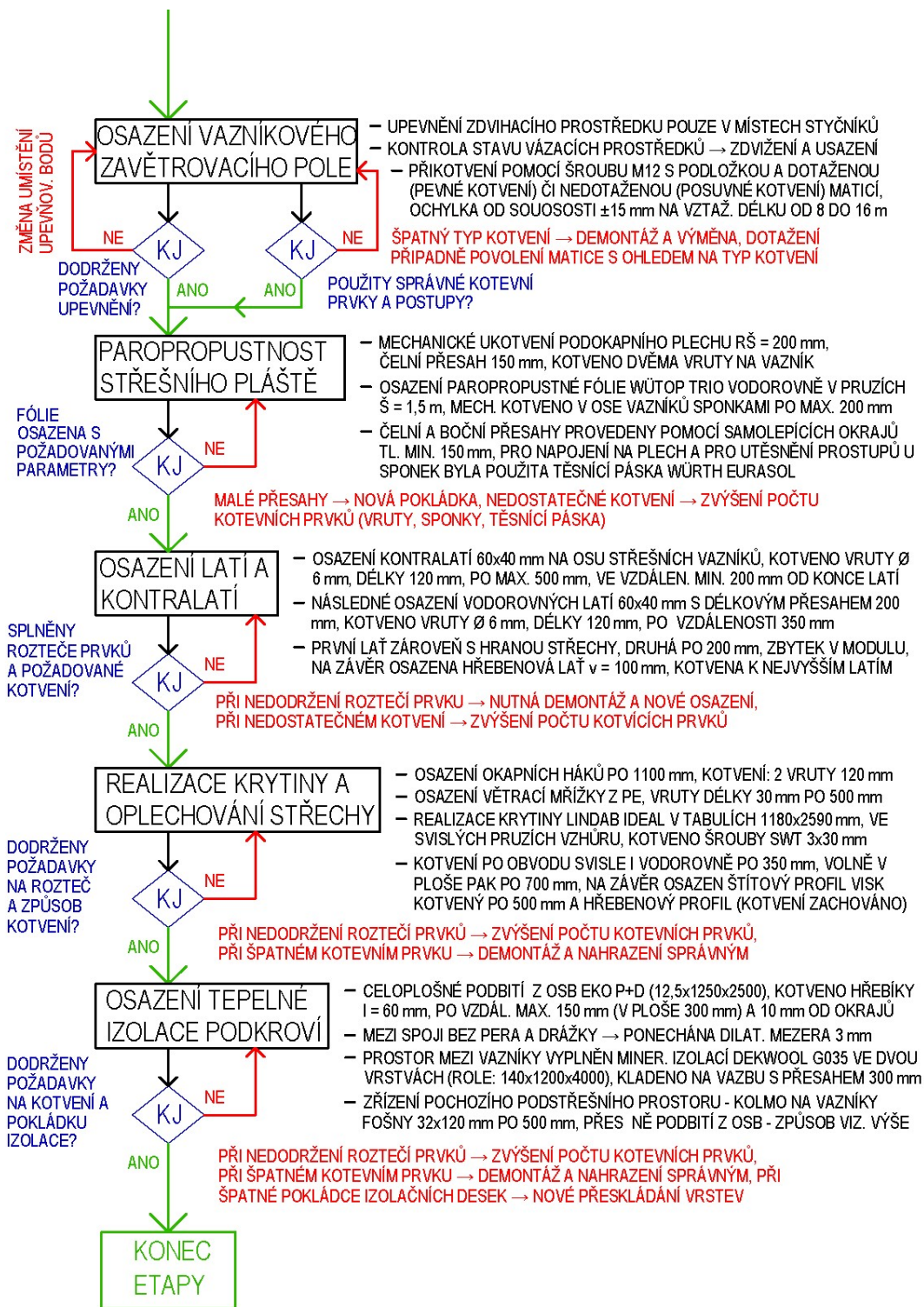
Tab. 10: Vyhodnocení rizik pro etapu - Realizace zastřešení - Nosná konstrukce [Vytvořeno autorem]

Pořadí činnosti	Prováděná činnost	Požadavky na provedení	Možnosti kontroly	Vznikající rizika	Četnost výskytu rizika	Hrozící vady	Možnosti nápravy při odhaletí vady	Stupeň závažnosti
1	Provedení kotevnic bodů pro osazení příhradových vazníků	Vynesení pozice vazníků na věnec po osově vzdálenosti 1100 mm Odhylka od půdorysné polohy < ne \pm 5 mm Osazení kotevnic úhelníku 100x100x90 mm pro pevné a posuvné kotvení - max. počet vrtů dle otvorů v úhelníku	Měření - svinovací metr Měření - svinovací metr Vizuální kontrola, porovnání s montážní dokumentací	Chybné vynesení prvků, velká/malá vzdálenost Nedodržení modulu osazovaných vazníků Nedost. tuhost spojení s podkladem, osazení nesprávného úhelníku	III. II. I.	Nevhodné napojení dalších konstrukcí střechy Nevhodné napojení dalších konstrukcí střechy Deformace vazníků, odtržení z místa vlivem zatížení, příliš pevné/volné kotvení	Porovnání s dokumentací, nové zaměření a vynesení pozice Porovnání s dokumentací, nové zaměření a vynesení pozice Doplnění správného počtu kotevnic prvků, výměna za správný typ úhelníku	2. 2. 3.
2	Montáž vazníkového zavětrovacího pole - 2 vazníky spojené ztužidly	Spojení vazníků a ztužidel pomocí třebíků I = 120 mm, po 250 mm Ztužení dolních pásnic a diagonál fošnami 32x120 mm, kotveno po 1100 mm min. 2 třebíky I = 100 mm	Měření - svinovací metr, vizuální kontrola Měření - svinovací metr, vizuální kontrola	Nedostatečné spojení nosné konstrukce Nedostatečné prostorové ztužení zavětrovacího pole	II. III.	Kolaps zavětrovacího pole vlivem manipulace a zatížení Kolaps zavětrovacího pole vlivem působení zatížení	Doplnění správného počtu kotevnic prvků Doplnění správného počtu kotevnic prvků, použití správného průřezu fošen	1. 2.
3	Osazení prvního vazníkového zavětrovacího pole	Upevnění zdvihacího prostředku pouze v místech styčnic, kontrola stavu vazacích prostředků Přikotvení k úhelníkům šroubem M12 s dotaženou (pevné kot.) / volnou (posuvné kot.) maticí	Vizuální kontrola Vizuální kontrola	Def. tvaru vazníku, uvolnění vazacích prostředků Nesprávné prov. kotvení - zaměna pevného a posuvného kotvení	III. II.	Nenávratné poš. vazníku, ostatních kci a ohrožení života a zdraví osob Nevyhovující statické působení konstrukce, přílišná pružnost/tuhost ve spoji	Uvázání prostředků na správná místa, vyřazení nevyhovujících vazacích prostředků Provedení náležitého způsobu kotvení - povolení/dotažení matice	3. 1.
4	Osazení ostatních vazníků konstrukce střechy s průběžné probíhající ztužením	Odhylka souososti \pm 15 mm na vziažnou délku od 8 do 16 m Upevnění zdvihacího prostředku pouze v místech styčnic, kontrola stavu vazacích prostředků Přikotvení k úhelníkům šroubem M12 s dotaženou (pevné kot.) / volnou (posuvné kot.) maticí	Vynesení vztažné roviny - měření svinovacím metrem Vizuální kontrola Vizuální kontrola	Nedost. souososti pro realizaci dalších vrstev Def. tvaru vazníku, uvolnění vazacích prostředků Nesprávné prov. kotvení - zaměna pevného a posuvného kotvení	II. III. II.	Def. a poškození dalších vrstev sřešního pláště Nenávratné poš. vazníku, ostatních kci a ohrožení života a zdraví osob Nevyhovující stat. působení konstrukce, přílišná pružnost/tuhost ve spoji	Demontáž vazníků a nové provedení jejich zakotvení Uvázání prostředků na správná místa, vyřazení nevyhovujících vazacích prostředků Provedení náležitého způsobu kotvení - povolení/dotažení matice	4. 3. 1.
5	Osazení závěrečného vazníkového zavětrovacího pole	Ztužení dolních pásnic a diagonál fošnami 32x120 mm, kotveno po 1100 mm min. 2 třebíky I = 100 mm Odhylka souososti \pm 15 mm na vziažnou délku od 8 do 16 m Upevnění zdvihacího prostředku pouze v místech styčnic, kontrola stavu vazacích prostředků Přikotvení k úhelníkům šroubem M12 s dotaženou (pevné kot.) / volnou (posuvné kot.) maticí	Měření - svinovací metr, vizuální kontrola Vynesení vztažné roviny - měření svinovacím metrem Vizuální kontrola Vizuální kontrola	Nedostatečné prostorové ztužení vazníkové soustavy Nedost. souososti pro realizaci dalších vrstev Def. tvaru vazníku, uvolnění vazacích prostředků Nesprávné prov. kotvení - zaměna pevného a posuvného kotvení	III. II. III. II.	Kolaps nosné konstrukce střechy vlivem zatížení Deformace a poš. dalších vrstev sřešního pláště Nenávratné poš. vazníku, ostatních kci a ohrožení života a zdraví osob Nevyhovující stat. působení konstrukce, přílišná pružnost/tuhost ve spoji	Doplnění správného počtu kotevnic prvků, použití správného průřezu fošen Demontáž vazníků a nové provedení jejich zakotvení Uvázání prostředků na správná místa, vyřazení nevyhovujících vazacích prostředků Provedení náležitého způsobu kotvení - povolení/dotažení matice	2. 4. 3. 1.
		Odhylka souososti \pm 15 mm na vziažnou délku od 8 do 16 m	Vynesení vztažné roviny - měření svinovacím metrem	Nedost. souososti pro realizaci dalších vrstev	II.	Deformace a poš. dalších vrstev sřešního pláště	Demontáž vazníků a nové provedení jejich zakotvení	4.

Tab. 11: Vyhodnocení rizik pro etapu – Realizace zastřešení – Střešní plášť [Vytvořeno autorem]

Pořadí činnosti	Prováděná činnost	Požadavky na provedení	Možnosti kontroly	Vznikající rizika	Četnost výskytu rizika	Hrozící vady	Možnosti naprawy při odhacení vady	Stupeň závaznosti
6	Zajištění paropropustnosti střešní konstrukce	Mechanické kotvení podokapního plechu RŠ = 200 mm, čelní přesah 150 mm, kotv. 2 vruty á 1100 mm Osazení paropropustné fólie Wütop Trio v průřezu š = 1500 mm, kotveno sponkami po 200 mm na vazník čelní a boční okraje min. 150 mm - samolepicí, spoje a prostupy těsněny páskou Würth Eurazol	Kontrola měřením, vizuální kontrola Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nedostatečná přídržnost, malý přesah plechu Nesplnění funkce paropropustnosti vrstvy	II. I.	Vizualní vřivkosti pod plech, nízká ochrana dřev. prvků Hromadění vlhkosti v podstřešním prostoru, špatná přídržnost fólie	Doplnění chybějících kotevnic prvků, osazení nového prvků s požadovanými parametry Dodatečné kotvení, odstranění a nové osazení vrstvy	3. 4.
7	Osazení latí a kontralatí průřezu 60x40 mm	Osazení kontralatí na osu vazníku, vruty 6x120 mm, po max. 500 mm, od konce latí min. 200 mm Osazení latí po 350 mm, čelní přesah 200 mm, vruty 6x120 mm kotveny po vzdálenosti 350 mm První latě zároveň s hranou, druhá po 200 mm, na závěr hřebenevá latě výšky 100 mm, montáž listů proti hlizdoění ptáků	Kontrola měřením, vizuální kontrola Kontrola měřením, vizuální kontrola Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nedost. přídržnost pro osazení střešních latí, praskliny na konce latí Nedost. přídržnost pro osazení střešní krytiny, malé krycí šifrové stěny	II. I. III.	Održení kontralatí vlivem sání větru, destrukce prvků Održení latí vlivem sání větru průhyb a boulení prvků, zatekání do šítu Špatně provedená realizace odvodnění střechy vč. založení krytiny	Dodatečné doplnění chybějících kotevnic prvků, výměna prvků a nové kotvení Dodatečné doplnění chybějících kotevnic prvků, výměna prvků s dostatečným přesahem Přidání potřebného počtu latí se správnými parametry	4. 4. 2.
8	Realizace krytiny Lindab Ideal (1180x2590 mm) a oplechování střechy	Ukotvení okapních háků - 2 vruty 6x120 mm po 1100 mm, ve spádu dle návrhu odvodnění Kotvení krytiny ve svislých pruzích vzhůru - šrouby SWT 3x30 mm, po okrajích svislé i vodorovně po 350 mm, volně v ploše po 700 mm Kotvení šifrového profilu VISK šroubem SWT po 500 mm, hřebentový profil kotven jako krytina, dostatečně provětrávání	Kontrola měřením, vizuální kontrola Kontrola měřením, vizuální kontrola Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nedostatečná přídržnost háků k podkladu Nedostatečná přídržnost krytiny, špatný způsob klázení segmentů krytiny, proslápnutí	II. III. III.	Održení háků i s okapem vlivem působení větru Boulení a případné odřzení krytiny vlivem působení větru, případně sněhu - zatekání, poškození povrch. úpravy	Dodatečné doplnění chybějících kotevnic prvků Dodatečné doplnění chybějících kotevnic prvků, demontáž a osazení nových prvků	1. 3. 3.
9	Provedení tepelné izolace podkrovního prostoru - minerální vlna Dekwool G035 (140x1200x4000)	Celoplošné podbití z desek OSB vruty 4,5x45 mm po max. 150 mm, v ploše 300 mm, od okraje min. 10 mm, dilatace rovných čel 3 mm Prostor mezi vazníky vyplněn tep. izolací ve dvou vrstvách, kládáno na vazbu s přesahem min. 300 mm	Kontrola měřením, vizuální kontrola Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nedostatečná přídržnost podbití, malý prostor pro dilataci desek Def. desek minerální vlny, nedost. přesahy při klázení na vazbu	V. IV.	Něžnost podbití, výpad. desek při vyšším zatížení, boulení desek v důsledku chybějící dilatace Snížení tepelné - izolačních vlastností skladby, vznik tepelných mostů	Dodatečné doplnění chybějících kotevnic prvků, demontáž a nové osazení prvků Výjimci desek a přeskládání dle požadovaných parametrů	2. 1.
		Pochodzí prostor - fošny 32x120 mm po max. 500 mm (kotveno hřebíky l = 100 mm), poté podbití z OSB	Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nedost. podpurných kci pro pochodzí vrstvu podbití, špatná přídrž.	III.	Velký průhyb nebo možné prolomení desek při pocházení	Přidání potřebného počtu fošen a nové provedení podbití	1.





- [1] - PŘI NEDODRŽENÍ ÚPLNOSTI A ROZSAHU → BEZPODMÍNEČNĚ DODATEČNĚ PROVEDENÍ
 - PŘI NEDODRŽENÍ ROVINNOSTI A PŮDORYSNÉ POLOHY → ZBROUŠENÍ POVrchU DO PŘIJATELNÉ ROVINNOSTI → POKUD NE, NÁSLEDUJE DEMONTÁŽ A NOVÉ PROVEDENÍ
 - V PŘÍPADĚ NEKOMPLETNOSTI PROSTOROVÉHO ZTUŽENÍ → BEZPODMÍNEČNĚ DODATEČNĚ ZHOTOVENÍ PROSTOROVÉHO ZTUŽENÍ PŘED ZAHÁJENÍM PRACÍ
 - NESPLNĚNÍ POŽADAVKŮ NA MATERIÁL → VYŘAZENÍ MATERIÁLU Z PROCESU VÝSTAVBY A POUŽITÍ KVALITNÍHO MATERIÁLU

Obr. 19: Postupový diagram pro etapu - Realizace zastřešení [Vytvořeno autorem]

3.7 Kompletace svislých nosných konstrukcí 1.NP

3.7.1 Vnější obklad stěn deskami OSB

Po náležitém provedení nosné konstrukce střechy bylo možné přejít k vnějšímu obkladu svislých stěn pomocí desek OSB EKO P+D tloušťky 12,5 mm z důvodu příčného ztužení objektu. Po dovezení těchto desek na stavbu je bylo třeba skladovat obdobným způsobem jako hranoly KVH. Desky musely být uloženy na rovném povrchu na podkladech s roztečí maximálně 350 mm, aby bylo zabráněno vzlínání vlhkosti. Zároveň byla nutnost desky chránit před kapalnou vlhkostí. Jejich krácení a řezání bylo výrobcem doporučeno pomocí ruční kotoučové pily, která zajišťuje přesnou a rovnou řezovou hranu. Funkce těchto desek byla nejen krycí pro usnadnění montáže výplňových izolací, ale rovněž jako podkladní pro osazení vnějšího zateplení a zároveň také jako dodatečné ztužení vodorovné a příčné roviny obvodových stěn.

Přípevňování desek probíhalo na výšku (delší rozměr desky 2500 mm byl svislý), přičemž spodní hrana desky lícovala zároveň se spodním okrajem základacího prahu. Naopak horní hrana horních desek byla zároveň se spodní hranou přesahujících střešních vazníků. V případě štítové stěny byly desky ukončeny šikmou rovinou vytvořenou spodními okraji přesahujících střešních latí. U okenních a dveřních otvorů se desky přípevňovaly tak, aby v rozích otvorů nebyla svislá či vodorovná spára. Desky se přípevňovaly bez ohledu na pozici otvorů a po dokončení opláštění se z vnitřní strany označila jejich pozice vývrty v rozích a následně byly tyto otvory z vnější strany vyříznuty přímočarou pilou. Kotvení bylo vytvořeno kotevními hřebíky délky minimálně 60 mm. Ty se osadily ve vzdálenosti max. 150 mm od sebe a min. 10 mm od okraje desky, v případě volné plochy pak ve vzájemné vzdálenosti 300 mm. Tam, kde desky nebyly spojeny pomocí pera a drážky, byla vynechána dilatační mezera 3 mm, umožňující dotvarování desek. V rámci této činnosti byla kontrolována celková rovinnost plochy vnější stěny s odchylkou ± 15 mm vztaženou na celou plochu vnější stěny. Dále pak ještě byla kontrolována místní rovinnost plochy stěny s maximální požadovanou odchylkou ± 5 mm na vztažnou délku 2 m. Největší riziko zde tvořilo nedostatečné přikotvení obkladových desek, které by později mělo za následek možnou nedostatečnou přídržnost při realizaci obvodového zateplení. Dále pak nesprávné osazení desek v nárožích otvorů, kde by při

vzniku vodorovné či svislé spáry mohlo docházet ke vznikání trhlin v budoucí venkovní omítce vlivem sedání stavby a dotvarováním.

3.7.2 Vložení výplňové minerální izolace nosných stěn

Pro účely zateplení nosných stěn byly použity desky z minerální izolace Dekwool DW r, tloušťky 140 mm o rozměrech desky 625x1250 mm, odpovídající tloušťce stěn potřebné k vyplnění a mírně přesahující světlé rozměry polí, tvořených dřevěným rastrem. Tyto desky byly tedy postupně vkládány do všech polí, dutin a mezer vniklých rozmístěním svislých a vodorovných prvků nosného rastru. V případě velké deformace desky nedostatkem prostoru, stejně jako v případě nutných přířezů, došlo k zakrácení pomocí rovně vedeného řezu ostrým nožem. Formát přířezu desky byl vždy větší v obou směrech o min. 20 mm, aby umožnil dobré vyplnění dutiny a to i v případě mírné nerovnosti ohraničující konstrukce. V případě nedodržení této podmínky by hrozilo později riziko vzniku tepelného mostu v konstrukci. Před aplikací bylo rovněž nutné dbát na to, že jsou jednotlivé prvky umístěné v kompresním obalu a před jejich osazením bylo tedy třeba je provzdušnit vyvěšením a následným poklepem o suchou a čistou podložku.

3.7.3 Montáž dveřních a okenních profilů

Pro tento konkrétní objekt byly jakožto otvorové výplně zvoleny plastové dveřní a okenní profily od společnosti Veka, typ Softline 70, o tloušťce rámu 70 mm. Jednalo se o pětikomorové plastové profily zasklené izolačním trojsklem se součinitelem prostupu tepla $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ a to jak v případě okenních tak i dveřních profilů. Jednotlivé typy včetně jejich otvíravosti, rozměrů a místa osazení byly specifikovány ve výpisů výplní otvorů v rámci tabulek PSV.

Před zahájením montáže byla napřed překontrolována rovinnost, svislost a pravoúhlost všech otvorů a to s jednotnou povolenou odchylkou velikosti $\pm 5 \text{ mm}$ na vztažnou délku v rozmezí od 1 do 3 metrů. V případě nedodržení této rovinnosti by muselo přijít na řadu přebroušení KVH hranolů na požadovanou přesnost či jejich odstranění a nová montáž. Okna byla následně osazena zároveň s vnějším lícem fasády tvořeným v danou chvíli

obkladem z OSB desek. Okno bylo ve stavebním otvoru náležitě urovnáno do vodorovné roviny pomocí dřevěných klínek a vodováhy.

Po vyrovnání přišlo na řadu mechanické kotvení pomocí samozávrtných okenních šroubů (turbošroubů) o průměru 7,5 mm a délce min. 120 mm. Toto kotvení bylo prováděno souměrně po obvodu rámu vždy tak, aby první kotevní šroub nebyl vzdálený více jak 200 mm od vnitřního rohu okna. Další šrouby po délce rámu okna byly umísťovány s důrazem na souměrnost v rozmezí mezi 500 – 700 mm. Důležité rovněž bylo optimální přitažení šroubů, kdy je jeho hlava zároveň s plastovým povrchem okna. Při malém přitažení totiž hrozí postupem času uvolnění okna a jeho pohyb v okenním otvoru, při naopak vyšším přitažení hrozí deformace okenního rámu a okamžitý vznik netěsností v prostoru mezi rámem a okenním křídlem. Zde byly kontrolovány základní rozměry osazeného prvku s odchylkou maximálně ± 2 mm a dále pak pravoúhlost rámu a křídel s odchylkou max. ± 3 mm na délku diagonály a následně svislost a vodorovnost osazeného výrobku s odchylkou maximálně ± 3 mm na daný rozměr výrobku, kterým byla buďto délka a případně šířka okenní či dveřní výplně.

Po náležitě provedeném mechanickém kotvení přišlo na řadu vytmelení prostoru mezi okenním profilem a stavebním otvorem pomocí jednosložkové polyuretanové pěny Ceresit Window – Flex. Zde byl jediný požadavek, a sice že pěna neměla být nanášena po větších šířkových záběrech, nežli 40 mm, kdy v případě nedodržení hrozí ztráta původních vlastností pěny. Po uplynutí technologické přestávky 1,5 hodiny bylo možné pěnu považovat za zcela vytvrzenou a plnící svoji funkci akustického a tepelného izolantu. Požadavek na provádění byl nepoužívat tuto pěnu při teplotě nižší než -10 °C [14], kde v případě nedodržení podmínky hrozí riziko ztráty původních vlastností pěny.

3.7.4 Provedení parozábrany

Poslední a nejdůležitějším krokem v rámci kompletace nejen svislých nosných konstrukcí bylo provedení parozábrany. Ta se realizovala z důvodu zabránění pronikání vzdušné vlhkosti z interiéru dovnitř do skladby stěn a stropu. Jelikož tyto konstrukce byly provedeny ze dřeva s použitím minerální tepelné izolace, mohlo při absenci docházet ke kondenzaci této vlhkosti uvnitř

konstrukce a zapříčinit tak například hnilobu, která by mohla v dlouhodobém důsledku znamenat znehodnocení tepelné izolace a v horším případě i narušení dřevěného rastru a tím i statiky celého objektu. Proto byla co nejbližší interiérové straně, tj. na vnitřní povrch dřevěného rastru vyplněného vatou realizována neprodyšná vrstva z parotěsnicí fólie Dekfol N 110 Standard.

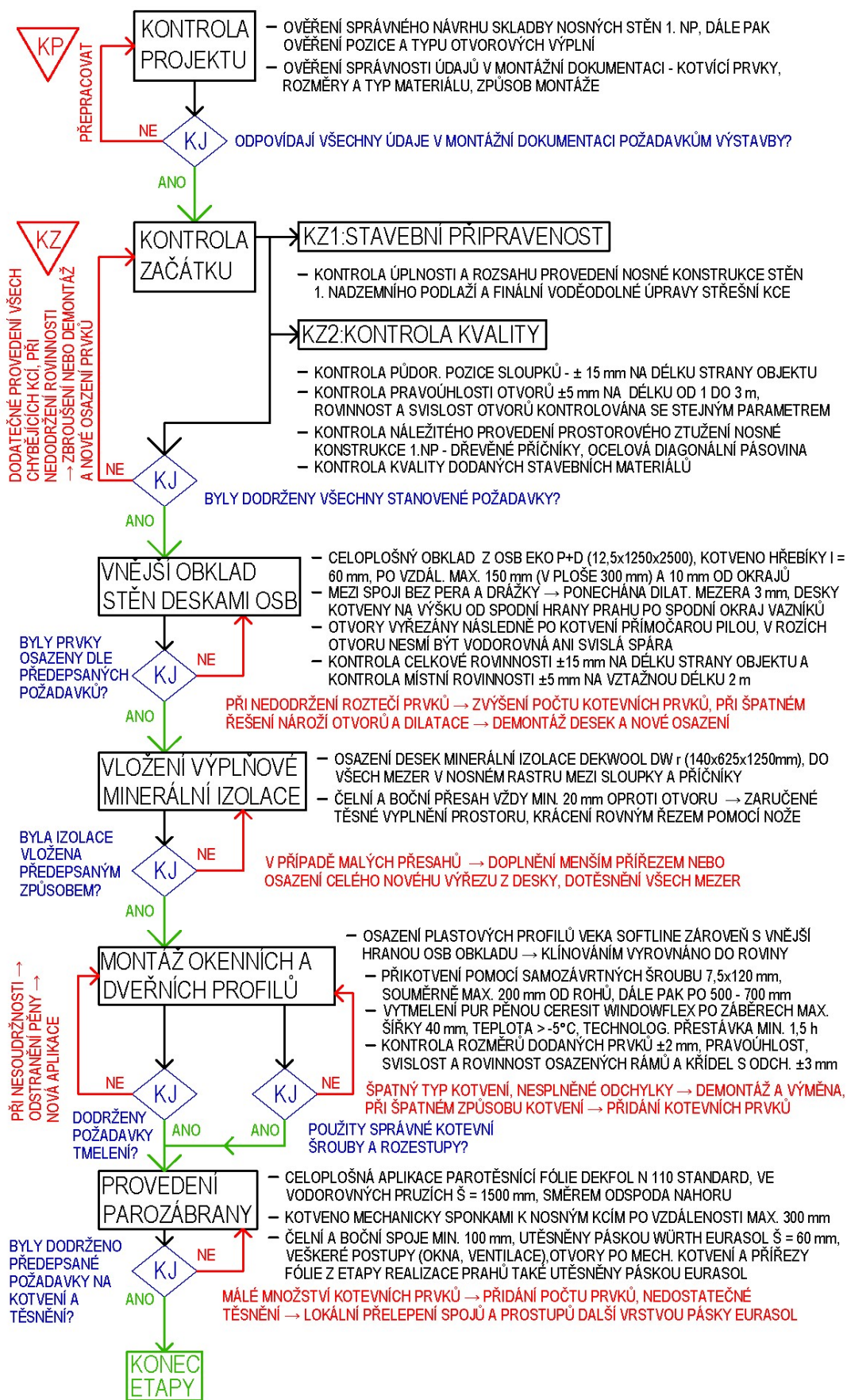


Obr. 20: Finální podoba obvodové nosné stěny [Vytvořeno autorem]

Fólie byla osazována ve vodorovných pruzích o výšce role 1500 mm, směrem odspodu nahoru. Veškeré spoje, čelní i boční, byly provedeny s přesahem minimálně 100 mm a utěsněny pomocí vysoce přilnavé neprodyšné pásky Würth Eurasol o šířce 60 mm. Fólie byla rovněž mechanicky kotvena pomocí ruční sponkovačky ve vzájemné vzdálenosti 300 mm ke dřevěnému nosnému rastru a stropnímu podbití. Důvodem bylo dostatečné napnutí a těsné obalení nosné konstrukce, aby nemohla být fólie vlivem provádění dalších prací náhodně poškozena. Veškeré tyto spoje byly následně přelepeny páskou Eurasol, aby bylo dosaženo parotěsnosti těchto spojů. V místě kolmému styku obvodových a vnitřních nosných stěn byla fólie napojena a přířezy osazené zde v rámci etapy realizace základových prahů. Dále byly pomocí pásky Eurasol ošetřena veškerá napojení fólie na konstrukci oken, dveří a prvků, probíhajících skrze nosnou konstrukci objektu (např.: větrací potrubí z koupelny). Pokud by nebyla dodržena některá z výše uvedených podmínek, hrozilo by vysoké riziko kondenzace vodní páry uvnitř nosné konstrukce, ze kterého by pak vyplývaly výše uvedené vady, kterými je například degradace nosné konstrukce.

Tab. 12: Vyhodnocení rizik pro etapu - Kompletace svislých nosných konstrukcí 1.NP
[Vytvořeno autorem]

Pořadí činnosti	Prováděná činnost	Požadavky na provedení	Možnosti kontroly	Vznikající rizika	Četnost výskytu rizika	Hrozící vady	Možnosti nápravy při odhalení vady	Stupeň závažnosti
1	Vnější obklad stěn deskami OSB EKO P+D (12,5x1250x2500 mm)	Celoplošný obklad z desek OSB tříbětky I = 60 mm po max. 150 mm, v ploše 300 mm, od okraje min. 10 mm, dilatace rovných čel 3 mm	Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nedostatečná přídržnost obkladu, malý prostor pro dilataci desek	III.	Netěsnost obkladu, odřízní desek vlivem působení větru, boulení desek v důsledku chybějící dilatace	Dodatečné doplnění chybějících kotevních prvků, demontáž a nové osazení prvků	3.
	Vnější obklad stěn deskami OSB EKO P+D (12,5x1250x2500 mm)	Obklad od spodní hrany prahů po spodní hranu sřezných vazníků	Vizuální kontrola	Nedostatečné plošné zakrytí nosné konstrukce	II.	Vystavení nosné konstrukce povětrnostním vlivům	Demontáž a nové osazení, případně osazení přířezy OSB	2.
	Vnější obklad stěn deskami OSB EKO P+D (12,5x1250x2500 mm)	Výřezání okenních otvorů na závěr, obklad bez spár v rozích otvorů	Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nežádoucí prnutí v nárožích otvorů, křivost ostění otvorů	IV.	Zhoršení podílné linie pro provedení obvod. zateplení	Demontáž a nové osazení, připevnění a zabroušení nerovnosti, osazení nových kotevních bodů v nosné kci	3.
	Vnější obklad stěn deskami OSB EKO P+D (12,5x1250x2500 mm)	Kontrola odchylky celkové rovinnosti ± 15 na celou plochu stěny a odchylky místní rovinnosti ± 5 mm na vztažnou délku 2 m	Kontrola měřením - 2 m libela + měřicí klíny, rotační laser	Nedostatečná rovinnost obkladu pro realizaci dalších vrstev	II.	Křivost podkladního povrchu pro lepení obvodového kontaktního zateplení	Lokální zbroušení desek, případně demontáž a osazení nových desek	3.
2	Vložení výplňové minerální izolace - minerální vlna Dekwool DW r (140x625x1250 mm)	Osazení desek minerální izolace do všech mezer v nosném rástru, čelní a boční přesáhy desek vždy min. 20 mm, krácení nožem	Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nedostatečné všechny mezery nosného rástru budovy	II.	Zhoršení tepelně - technických parametrů stěn, vznik tepelných mostů (ETICS)	Doplnění přířezů vlny do volných míst a dutin - možnost provedení snímkování termokamerou (standardně ale až po realizaci ETICS)	1.
	Vložení výplňové minerální izolace - minerální vlna Dekwool DW r (140x625x1250 mm)	Osazení okenních a dveřních profilů záraveň s vnější hranou obkladu - vyklimování do roviny, kontrola možného poškození rámu a výplně	Vizuální kontrola, měření - libelou	Osazení není zároveň s vnější hranou, neurovnání do roviny	I.	Zhoršení podílné linie pro obvod. zateplení, křivé osazení výplně otvoru	Vyjmutí prvků z otvoru - následně nové osazení a vyrovnání	2.
3	Montáž okenních a dveřních profilů Veka Softline 70	Přikotvení profilu samozátavnými šrouby 7,5x120 mm, max. 200 mm od rohů, dále pak po 500 - 700 mm Výměření obvodu prvků pomocí PUR pěny Ceresit, záběry max. 400 mm, > 45°C, TP: min. 1,5 h Kontrola rozměrů prvků s odchylkou max. ± 2 mm oproti dokumentaci, pravodlost max. ± 3 mm na délku diagonály, svislost a vodorovnost s max. odchylkou ± 3 mm na délku šírky daného prvků	Kontrola měřením, vizuální kontrola	Nedostatečné přikotvení, deformace rámu prvků	II.	Deformace prvků, netěsnost otvoru, tepelný most, pronikání vlhkosti	Doplnění správného počtu kotevních prvků v předepsaných roztečích, výměna kotev. prvků	2.
	Montáž okenních a dveřních profilů Veka Softline 70	Výměření obvodu prvků pomocí PUR pěny Ceresit, záběry max. 400 mm, > 45°C, TP: min. 1,5 h	Vizuální kontrola, časový záznam, měření teploty povrchu	Nedostatečná pevnost pěny, nevyplnění všech dutin v okolí rámu	IV.	Deformace prvků, netěsnosti v okolí prvků, tepelný most, pronikání vlhkosti	Odstranění pěny, nová aplikace, prodloužení doby přestávky	2.
	Montáž okenních a dveřních profilů Veka Softline 70	Kontrola rozměrů prvků s odchylkou max. ± 2 mm oproti dokumentaci, pravodlost max. ± 3 mm na délku diagonály, svislost a vodorovnost s max. odchylkou ± 3 mm na délku šírky daného prvků	Kontrola měřením - svinovací metr, rotační laser, olovnice	Zkrivení rámu a křídla dveřních a okenních otvorů, netěsnost oken, únik tepla, pronikání vlhkosti	II.	Zhoršená možnost používání profilů, degradace okolních konstrukcí vlivem pronikání vlhkosti, zhoršení estetických parametrů	Při nedodržení rozměrů prvků - reklamace výrobci, v ostatních případech demontáž a nové osazení, případně výměna celého prvků	4.
	Montáž okenních a dveřních profilů Veka Softline 70	Provedení ve vodorov. pružících š = 1500 mm, odpoda nahoru, kotveno k nosné kci sponkami po max. 300 mm	Kontrola měřením, vizuální kontrola	Malá přídržnost, nedostatečné napnutí fólie	I.	Nebezpečí protřetí nenapnuté fólie při dalším provádění jiných činností a následně pronikání vlhkosti	Doplnění správného počtu kotevních prvků	3.
4	Provedení parozábranné vrstvy z fólie Dekfol N 110 Standard	Čelní a boční spoje s přesáhem min. 100 mm, zatěsněno pomocí pásky Würth Eurasol š = 60 mm, včetně okolí všech prostupů a spoju a napojení na stávající přířezy	Vizuální kontrola, ruční zkoušení těsnosti	Nezatěsnění všech prostupů a otvorů v parozábranné vrstvě	II.	Nebezpečí kondenzace a pronikání vlhkosti z interiéru do nosné konstrukce budovy	Peclivě zatěsnění - doplnění těsnící pásky Eurasol, případně lokální výměna přířezy budovy	5.



Obr. 21: Postupový diagram pro etapu - Kompletace svislých nosných konstrukcí 1.NP [Vytvořeno autorem]

3.8 Následující procesy výstavby

Po dohodě s vedoucím práce bylo rozhodnuto, aby autor nepokračoval dále v analýze výstavby rodinného domu. Bylo tak rozhodnuto vzhledem k tomu, že následující etapy již nejsou zásadní pro montovanou výstavbu ze dřeva. Provádění dalších činností se v zásadě shoduje s výstavbou rodinných domů z ostatních stavebních materiálů, či konstrukčních systémů a analýza jejich průběhu by tak pro specifikování vad a rizik při výstavbě montovaných dřevostaveb neměla hlubšího významu.

Následujícím krokem v této fázi byla realizace sádkartonových předstěn a podhledů kotvených na ocelový nosný rastr spojená s hrubým rozvodem instalací. Souběžně rovněž probíhalo provedení obvodového kontaktního zateplení, přičemž optimalizace jeho výběru je řešena v kapitole 5 této práce. V rámci exteriéru budovy bylo provedeno podbití přesahující konstrukce střechy pomocí dřevěných palubek a osazení střešních okapních svodů včetně svislého potrubí. Vzápětí mohla být provedena konstrukce hrubé podlahy sestávající se z polystyrenových desek, v nichž byly vedeny ležaté rozvody vody a kanalizace, utěsněné pomocí studnařské montážní pěny a obsypu z Liaporu. Polystyrenová tepelně – izolační vrstva byla následně opatřena litou vrstvou ze strojně gletovaného drátkobetonu, na kterou byly po řádném vytvrzení dle požadavků výrobce uloženy systémové desky podlahového vytápění Raychem. Poté mohlo dojít k realizaci finálních povrchů uvnitř objektů, kterými byly nášlapná vrstva laminátové podlahy, případně keramická dlažba. Taktéž bylo realizováno finální provedení povrchů sádkartonových předstěn. Následovala závěrečná kompletace rozvodů včetně osazení zařizovacích předmětů.

Na závěr této kapitoly je třeba zmínit i nutnost důsledné kontroly požadavků BOZP v průběhu provádění všech výše zmíněných činností v rámci kapitoly 3. Vzhledem k zaměření této práce pouze na vady a rizika konstrukčního charakteru, je zároveň třeba mít na paměti i rizika ohrožení zdraví a života osob přítomných na staveništi. Důležité je zejména nošení osobních ochranných pracovních pomůcek, dbát bezpečnostních pokynů výrobců stavebních materiálů a dodržování požadavků souvisejících s výkonem příslušných dílčích činností jednotlivých etap.

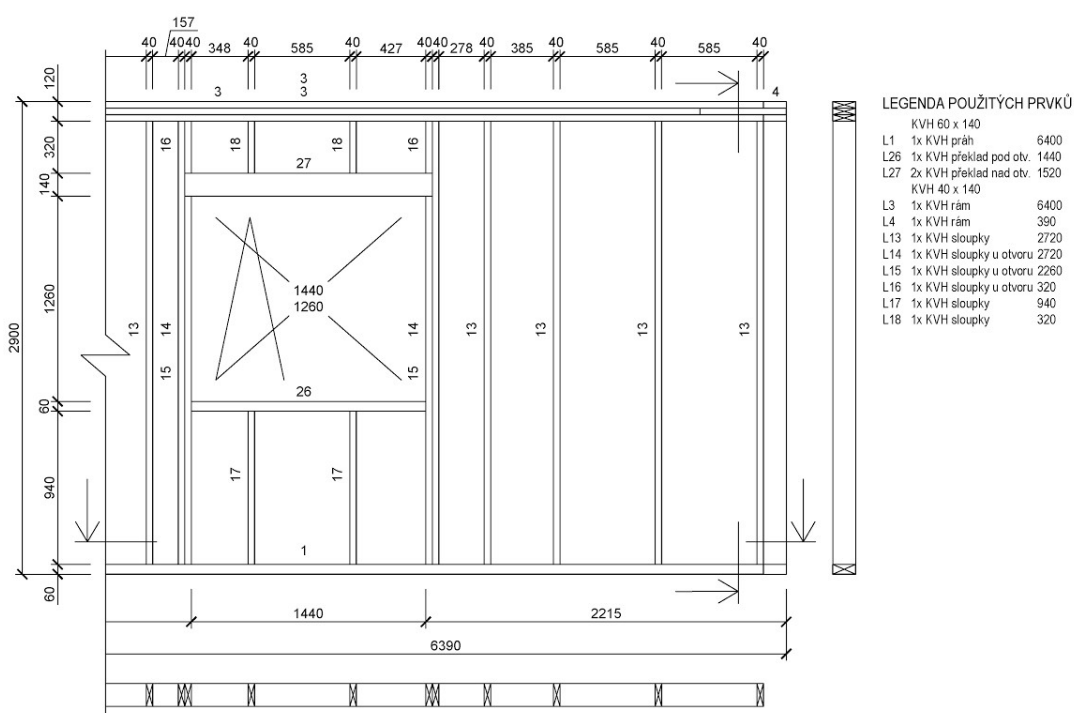
4. Vyhodnocení ztrátovosti řeziva

V rámci výstavby montovaných dřevostaveb je procentuální ztrátové důležitým aspektem výstavby. Hodnota tohoto údaje poukazuje na schopnosti projektanta vytvořit návrh stavby tak, aby již v této fázi byla zpracována dokumentace včetně montážních výkresů důsledně a byl eliminován zbytečný prořez dřeva. Dále pak údaj odráží schopnost pracovníků kvalitně realizovat konstrukci a v neposlední řadě také ukazuje na kvalitní kontrolu během přejímky používaných dřevěných prvků, z nichž se vadné kusy vyřadí v rámci vizuálního třídění materiálu.

Vzhledem k důležitosti správného konstrukčního návrhu a zpracování montážních výkresů bylo ve společnosti, ve které autor působil, přistoupeno k vypracování těchto podkladů v rýsovacím softwaru od firmy Dietrich's. Tato společnost svoje produkty specializuje na vytváření dokumentace pro dřevostavby. Montážní výkresy byly tedy zpracovány v tomto programu, který po nastavení počátečních parametrů, kterými jsou druh řeziva a jeho rozměry, je schopen sám eliminovat prořez dřeva. Po nastavení parametrů včetně potřebného modulu nosných sloupků a následném stanovení rozměrů objektu program sám navrhne nejvhodnější délkové dělení prvků a rozmístí je dle toho v konstrukci. V průběhu tohoto procesu vyhodnotí případné úpravy modulu v závislosti na rozmístění okenních a dveřních otvorů. Výstupem z programu jsou tedy půdorysná schémata a pohledy na nosnou konstrukci podlaží (viz. Obr. 22) doplněné o soupis prvků s jejich přesnými rozměry spolu s možností zobrazit celou konstrukci ve 3D prostorovém schématu, aby tak došlo k usnadnění orientace pracovníkům provádějícím výstavbu.

V průběhu vlastní realizace se pak úroveň ztrátového zvyšovala v závislosti na schopnostech a zručnosti zaměstnanců a na vzniklých chybách, které znamenaly demontáž prvků a nemožnost jeho nového použití. O nízkou úroveň ztrátového se naopak přičinila důsledná kontrola dodaných dřevěných prvků v okamžiku jejich přejímky od dodavatele. Velkou roli zde hrál samotný výběr kvalitního a prověřeného dodavatele, který náležitě prováděl vizuální kontrolu dle potřebných náležitostí uvedených v bodu 2.6 této práce již při výrobě a množství nepřijatých konstrukčních prvků tak bylo minimální.

Ačkoliv společnost, jejíž výstavbu autor analyzoval, sama neevidovala přesnou hodnotu prořezu u jednotlivých typů jimi používaných prvků, tak po zohlednění všech procesů ve fázi přípravy i realizace bylo patrné, že se jim hodnota ztrátého podařilo výrazně snížit. S ohledem na kvalitní a přesně zpracované montážní výkresy v programu Dietrich's a výsledné množství odpadového řeziva byla celková hodnota ztrátého pro konstrukční řezivo stanovena na hodnotu nepřesahující 5% z celkového objemu dodaného materiálu, což byl interní požadavek společnosti, který se tímto podařilo splnit.



Obr. 22: Příklad provedení montážního výkresu v programu Dietrich's [Vytvořeno autorem]

5. Volba varianty obvodového zateplení

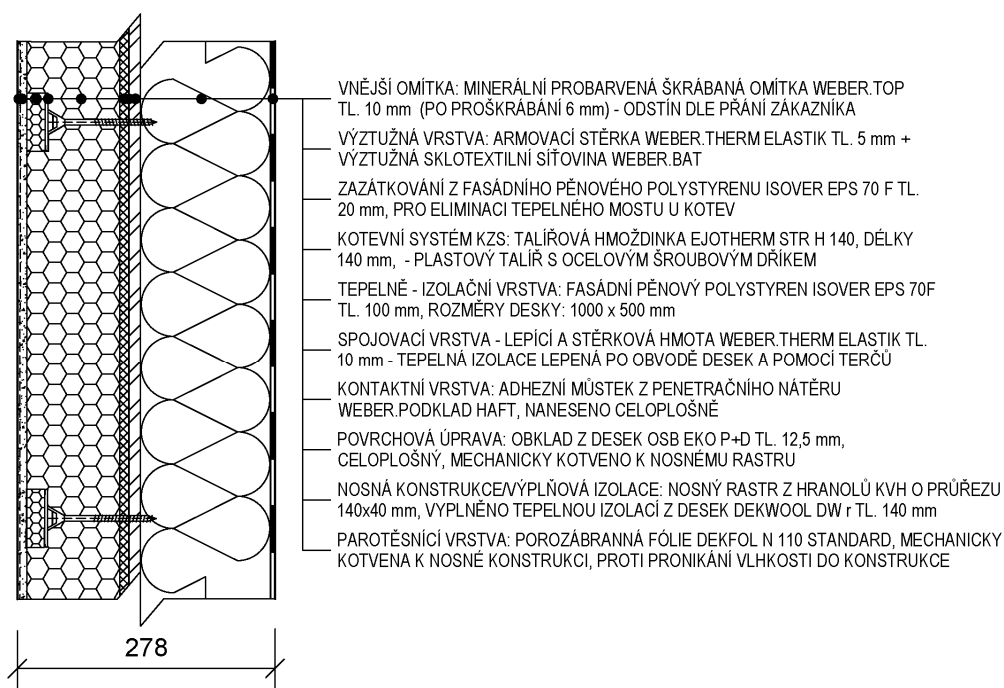
Vzhledem k tomu, že velká výhoda montovaných konstrukcí ze dřeva spočívá v jejich vynikajících tepelně – technických parametrech, hraje volba vnějšího zateplovacího systému důležitou roli. Ten je totiž spolu s vloženou tepelnou izolací obvodových stěn hlavním nositelem těchto parametrů. Vzhledem k rychlosti výstavby konkrétního objektu a jeho rozměrovým charakteristikám se autor rozhodl porovnat dva dnes nejčastěji používané způsoby kontaktního zateplení, a sice pomocí fasádního pěnového polystyrenu a minerální fasádní vlny. Tyto varianty se rozhodl autor posoudit jak z hlediska náročnosti jejich provedení, tak z hlediska výsledných izolačních vlastností celé skladby až po finanční porovnání obou variant. V závěru této kapitoly je rovněž provedeno celkové vyhodnocení s ohledem na všechna dosud zjištěná kritéria a výsledkem je zvolení nejoptimálnějšího způsobu provedení.

5.1 Pěnový fasádní polystyren

Jedná se o nejoblíbenější a nejrozšířenější tepelný izolant pro zateplení fasád. Bílý pěnový polystyren je mimo jiné lehký, s dobrými tepelně – izolačními parametry, tvarově stabilní, nenasákavý, do určité míry odolný proti stlačení, samozhášivý, velmi dobře se zpracovává, řeže a tvaruje. Dalším důvodem, proč je bílý fasádní polystyren tak oblíbený a mezi stavebníky hodně využívaný, je jeho nízká pořizovací cena a vysoká životnost při správném použití a zabudování. Nevýhodou polystyrenu může být jeho nízká odolnost vůči UV záření, a proto je nutné jej dlouhodobě skladovat tak, aby nepřišel do kontaktu s přímým slunečním zářením. Maximální doporučená doba jeho vystavení slunci bez aplikace dalších vrstev je obvykle 14 dní. Další nevýhodou je jeho nízká odolnost vůči organickým rozpouštědlům a teplotám nad 70°C, kdy velice rychle degraduje a proto na něj například nelze aplikovat příliš tmavé finální omítky.

Postup realizace skladby zvolený autorem pro tento materiál je následující. Nejprve se na podkladní povrch z OSB desek celoplošně nanese penetrační přípravek z řady Weber.podklad haft. Po uplynutí technologické přestávky dané výrobcem lze přikročit k lepení desek z EPS 70F o tloušťce

100 mm pomocí lepidla na bázi cementu Weber.therm elastik. Ty musí být nalepeny dle požadavků ETICS uvedených v technologickém předpisu výrobce (kladení na vazbu, založení systému, pozice desek v nároží otvorů atd.). Po dodržení požadované technologické přestávky v délce min. 24 hodin lze provést mechanické kotvení desek pomocí hmoždinek Ejotherm STR H s ocelovým šroubem do dřevěných materiálů. Pozice a hloubka kotvení je opět určena výrobcem systémového řešení Weber. Následně je možné aplikovat jako armovací stěrku opět směs Weber.therm elastik, která splňuje kritéria pro použití jako stěrková hmota. Ta je doplněna výztužnou tkaninou Weber.bat, zahlazenou do povrchu stěrkové hmoty dle požadavků výrobce. Armovací vrstva je rovněž předepsaným způsobem napojena na začišťovací okenní a dveřní profily a prvky oplechování. Následně lze po dodržení předepsané technologické přestávky v délce min. 5 dní aplikovat finální povrchovou úpravu pomocí jednovrstvé omítky Weber.top se škrábanou strukturou, opět dle požadavků výrobce.

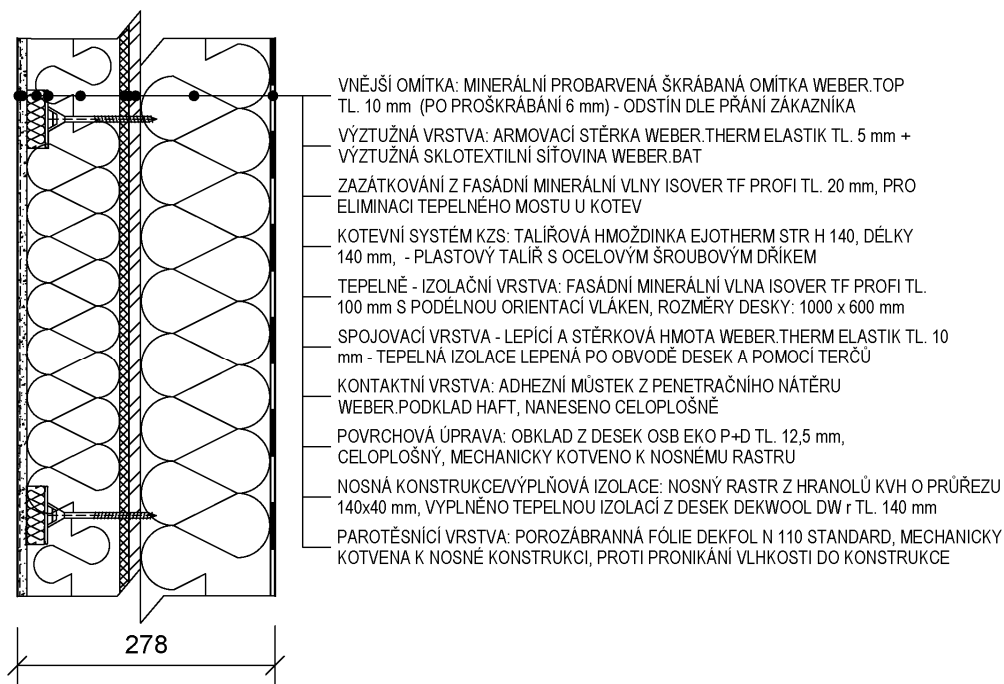


Obr. 23: Schéma navržené skladby s izolací z EPS [Vytvořeno autorem]

5.2 Minerální fasádní vlna

Jedná se o méně používanou, ale přesto používanou a populární variantu zateplení. Důvodem je velmi dobrá paropropustnost, dobré tepelně - izolační vlastnosti, nehořlavost a akustický útlum. Podstatnou výhodou zateplení stěn fasádní vlnou s ohledem na paropropustnost vnější povrchové úpravy (omítky) je, že ve stěně nedochází ke kondenzaci vodních par a to při jakékoliv použité tloušťce vaty. Vata je schopná postupně přenášet a vyrovnávat tok vodní páry. Nevýhodou fasádní kamenné vaty je vysoká objemová hmotnost a její náročnější montáž na fasádu a podstatně vyšší cena oproti EPS izolacím. Další nevýhodou může být nemožnost úpravy jejího povrchu po aplikaci, jako je tomu například u polystyrenu pomocí přebroušení povrchu. Dále pak oproti polystyrenu je to vyšší nasákavost, kdy vata při absorpci vody ztrácí své tepelně – izolační vlastnosti.

Postup realizace skladby zvolený autorem pro tento materiál je v mnoha ohledech shodný s provedením zateplení z EPS. Nejprve se na podkladní povrch z OSB desek opět celoplošně nanese penetrační přípravek z řady Weber.podklad haft. Po uplynutí technologické přestávky v délce stanovené výrobcem se přikročí k lepení desek z minerální vlny Isover TF Profi s podélnou orientací vláken o tloušťce 100 mm pomocí lepidla na bázi cementu Weber.therm elastik. Desky musí být nalepeny opět dle požadavků ETICS uvedených v technologickém předpisu výrobce. Po dodržení požadované technologické přestávky v délce min. 24. hodin lze provést mechanické kotvení desek pomocí hmoždinek Ejotharm STR H s ocelovým šroubem do dřevěných materiálů. Pozice a hloubka kotvení je opět určena výrobcem systémového řešení Weber. Následně je možné aplikovat jako armovací stěrku směs Weber.therm elastik, která také splňuje kritéria pro použití jako stěrková hmota. Ta je doplněna výztužnou tkaninou Weber.bat, zahlazenou do povrchu stěrkové hmoty dle požadavků výrobce. Armovací vrstva je opět náležitě napojena na začišťovací okenní a dveřní profily a prvky oplechování. Následně lze po dodržení předepsané technologické přestávky v délce min. 5 dní aplikovat finální povrchovou úpravu pomocí jednovrstvé omítky Weber.top se škrábanou strukturou, znovu dle požadavků výrobce.



Obr. 24: Schéma navržené skladby s izolací z minerální vlny [Vytvořeno autorem]

5.3 Posouzení skladeb v programu Teplo 2014 EDU

Pro zjištění tepelně – technických parametrů jednotlivých skladeb se autor rozhodl výše uvedené varianty posoudit ve freewarovém programu Teplo 2014 EDU. Do programu bylo třeba nejprve vyplnit všechny potřebné údaje, kterými byly materiály jednotlivých vrstev, jejich tloušťka a pozice v konstrukci, dále pak stanovené parametry nehomogenní vrstvy tvořené dřevěnou nosnou konstrukcí z KVH hranolů a do ní vložených desek z minerální vlny. Po vložení vstupních hodnot program následně provedl výpočet, jehož výsledkem jsou protokoly obsažené v kapitolách 5.3.1 a 5.3.2 této práce. Jejich součástí je nejprve shrnutí vstupních údajů a okrajových podmínek pro lokalitu, kde bude konstrukce umístěna, dále pak výsledný tepelný odpor a součinitel prostupu tepla navržené konstrukce a následně difúze vodní páry a její bilance v návrhových podmínkách.

5.3.1 Protokol skladby s pěnovým polystyrenem

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY								
podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540								
Název úlohy :	Zateplení obvodové nosné stěny dřevostavby – skladba č. 1							
Zpracovatel :	Michal Tesařík							
Zakázka :	Bakalářská práce – vyhodnocení parametrů skladby s pěnovým polystyrenem							
Datum :	10.5.2016							
ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :								
Typ hodnocené konstrukce :	Stěna vnější jednoplášťová							
Korekce součinitele prostupu dU :	0.000 W/m ² K							
Skladba konstrukce (od interiéru) :								
Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]	
1	Parozábrana De.	0,0001	0,3500	1470,0	900,0	180000,0	0.0000	
2	Deska z minerál.	0,1400	0,0500*	946,9	132,0	1,0	0.0000	
3	OSB deska EKO	0,0125	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000	
4	weber.therm el.	0,0100	0,8000	900,0	1630,0	20,0	0.0000	
5	Isover EPS 70F	0,1000	0,0390	1270,0	16,0	30,0	0.0000	
6	weber.therm el.	0,0050	0,8000	900,0	1630,0	20,0	0.0000	
7	Weber.top škráb.	0,0100	0,9300	850,0	1540,0	10,0	0.0000	
Poznámka:	D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.							
* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem								
Okrajové podmínky výpočtu :								
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :		0.13 m ² K/W						
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :		0.25 m ² K/W						
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :		0.04 m ² K/W						
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :		0.04 m ² K/W						
Návrhová venkovní teplota Te :		-13.0 C						
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :		21.0 C						
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :		84.0 %						
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH _i :		55.0 %						
VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :								
Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:								
Tepelný odpor konstrukce R :		5.490 m ² K/W						
Součinitel prostupu tepla konstrukce U :		0.177 W/m ² K						
Součinitel prostupu zabudované kce U _k :		0.20 / 0.23 / 0.28 / 0.38 W/m ² K						
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.								
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)								
Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:								
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	20.2	20.2	3.4	2.8	2.7	-12.7	-12.7	-12.8
p [Pa]:	1367	392	384	350	340	177	172	166
p _{sat} [Pa]:	2369	2369	779	748	744	204	204	202
Poznámka:	theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p _{sat} je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.							
Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.								
Množství difundující vodní páry Gd :		1.083E-0008 kg/(m ² .s)						

Obr. 25: Výstup z programu Teplo 2014 EDU pro skladbu s EPS [Vytvořeno autorem]

5.3.2 Protokol skladby s minerální vlnou

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Název úlohy : **Zateplení obvodové nosné stěny dřevostavby – skladba č. 2**
Zpracovatel : Michal Tesařík
Zakázka : Bakalářská práce – vyhodnocení parametrů skladby s minerální vlnou
Datum : 10.5.2016

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Parozábrana De.	0,0001	0,3500	1470,0	900,0	144000,0	0.0000
2	Deska z minerál.	0,1400	0,0500*	946,9	132,0	1,0	0.0000
3	OSB deska EKO	0,0125	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
4	weber.therm el.	0,0100	0,8000	900,0	1630,0	20,0	0.0000
5	Isover TF Profi	0,1000	0,0360	800,0	160,0	1,0	0.0000
6	weber.therm el.	0,0050	0,8000	900,0	1630,0	20,0	0.0000
7	weber.top škráb.	0,0100	0,9300	850,0	1540,0	10,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W
Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.704 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.170 W/m²K
Součinitel prostupu zabudované kce U,kc : 0.19 / 0.22 / 0.27 / 0.37 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	20.2	20.2	4.0	3.5	3.4	-12.7	-12.7	-12.8
p [Pa]:	1367	263	253	205	189	182	174	166
p,sat [Pa]:	2373	2373	815	784	780	204	203	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd : 1.533E-0008 kg/(m².s)

Obr. 26: Výstup z programu Teplo 2014 EDU pro skladbu s minerální vlnou [Vytvořeno autorem]

5.3.3 Vyhodnocení tepelně – technických parametrů

Z protokolů, uvedených v předchozích podkapitolách je patrné, že u obou skladeb se k sobě hodnoty součinitele prostupu tepla U velmi přibližují, přičemž mírně lepších výsledků dosáhla skladba s minerální vlnou. Obě posuzované skladby ovšem dosáhly nižší než maximální požadované normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N;20} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, a obě skladby dokonce splnily požadavek doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{\text{pas};20} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Z hlediska tepelně – technických parametrů lepších výsledků tedy dosáhla skladba obsahující desky z fasádní minerální vlny Isover TF Profi. [15]

5.4 Porovnání cen klíčových materiálů skladeb

Vzhledem k podobnosti obou porovnávaných skladeb se autor rozhodl vzájemně porovnat pouze ceny a pracnosti lišících se materiálů. Porovnány byly tedy samotné izolační materiály. V Tab. 13 jsou uvedeny ceny stavebního materiálu v závislosti na spotřebě, dále je uvedena pracnost montáže příslušné vrstvy materiálu a následně cena provedené práce. Všechna kritéria jsou vztažena na 1 m^2 .

Tab. 13: Porovnání cen a pracností provedení jednotlivých skladeb [Vytvořeno autorem]

Hodnocená kritéria	Pěnový polystyren Isover EPS 70 F tl. 100 mm	Minerální vlna Isover TF Profi tl. 100 mm
Spotřeba [MJ/m^2]	2 desky (1000x500 mm)	1,67 desky (1000x600 mm)
Cena materiálu [Kč/m^2]	84,92	189,64
Pracnost [Nh/m^2]	1,02	1,06
Cena práce [Kč/m^2]	113,38	118,62

Z hodnot uvedených v Tab. 13 je patrná lepší modulová koordinace desek z pěnového polystyrenu při pokládce vztažené na 1 m^2 . Dále je zřejmá více jak dvojnásobná cena minerální vlny oproti deskám z EPS, přičemž i pracnost montáže minerálních desek je nepatrně vyšší vlivem obtížnější práce s tímto materiálem, kterou je například stlačitelnost vaty, složitější řezání a krácení. Od toho se odvíjí i vyšší cena práce za provedení jednoho metru čtverečního. Pracnost a cena práce byly zjištěny z cenových soustav ÚRS při nahlédnutí do kalkulačního programu EuroCALC 3 od společnosti Callida. Ze všech zmíněných údajů tedy jasně vyplývá, že finančně výhodnější je varianta zateplení z fasádního pěnového polystyrenu.

5.5 Výběr nejvhodnější varianty zateplení

Veškeré již dříve zmíněné výhody a nevýhody jednotlivých variant provedení byly na závěr porovnány včetně výsledků finančního porovnání a vyhodnocení tepelně technických parametrů. V rámci přehlednosti byly autorem zpracovány do Tab. 14, kde byly uvedeny jednotlivé posuzované parametry, a k jednotlivým materiálovým variantám bylo doplněno, která z nich dosáhla v rámci daného parametru lepších výsledků.

Tab. 14: Porovnání výhod a nevýhod posuzovaných skladeb [Vytvořeno autorem]

Hodnocená kritéria	Pěnový polystyren Isover EPS 70 F tl. 100 mm	Minerální vlna Isover TF Profi tl. 100 mm
Nižší cena materiálu	✓	✗
Lepší tepelně - izolační schopnost	✗	✓
Lepší paropropustnost	✗	✓
Nižší objemová hmotnost	✓	✗
Větší tvarová stabilita	✓	✗
Lepší zpracovatelnost	✓	✗
Lepší odolnost proti UV záření	✗	✓
Vyšší odolnost proti vlhkosti	✓	✗
Odolnost vůči vysokým teplotám	✗	✓
Lepší akustické vlastnosti	✗	✓

Vzhledem k tomu, že dle vyhodnocení z Tab. 14 neobstála lépe ani jedna z posuzovaných variant, jelikož každá shodně dosáhla lepšího výsledku v pěti parametrech, bylo nutné přistoupit k preferencím konkrétní společnosti a řešeného objektu. Vzhledem k požadavku společnosti na rychlost výstavby, bylo nakonec rozhodnuto o použití tepelné izolace z EPS, zejména díky její lepší zpracovatelnosti a nižší celkové pracnosti. Svou roli hrála samozřejmě také výrazně nižší pořizovací cena pěnového polystyrenu oproti minerální vlně. Ta sice dosáhla lepších tepelně technických parametrů při posouzení v programu Teplo, ovšem rozdíl byl takřka nepatrný a z hlediska výběru nebyl rozhodující, neboť jej splnily obě varianty s dostatečnou rezervou. Po zvážení všech těchto hledisek tedy nebylo pochyb o tom, že pro účely výstavby tohoto konkrétního objektu bude zateplení pomocí desek z pěnového polystyrenu nejvhodnějším řešením.

Závěr

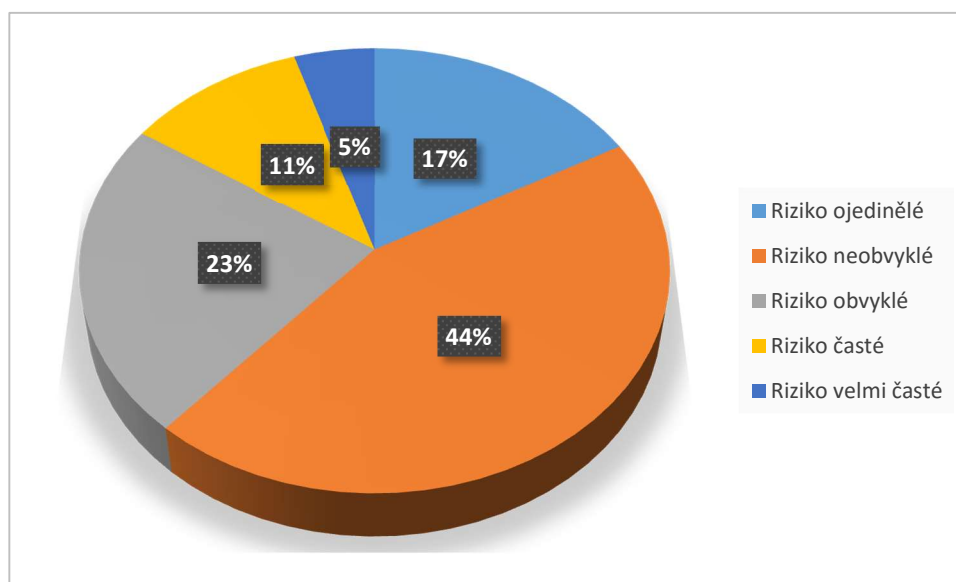
Cílem této bakalářské práce bylo upozornit na možná rizika vznikající při výstavbě montovaných dřevostaveb jednou z dnes nejpoužívanějších metod, tzv. systémem Two by Four a následně vyspecifikovat z nich vyplývající vady a případné možnosti nápravy.

V případě možných vad samotného stavebního materiálu bylo zacíleno na urychlení a zefektivnění vizuálního třídění řeziva. Nejprve byly náležitě a přesně popsány způsoby zjišťování jednotlivých hodnotících kritérií, dle kterých se určuje příslušná vizuální třída řeziva. Následně byla v softwaru MS Excel vypracována multikriteriální tabulka, která po vložení naměřených hodnot sama vypočítá příslušné třídící znaky a ve výsledkové formuláři pak vyhodnotí dle normových parametrů příslušnou vizuální třídu řeziva, kterou následně převede na třídu pevnosti. Aplikací tohoto způsobu vyhodnocení výsledků lze dosáhnout eliminace chyb při výpočtech a celkového urychlení procesu třídění.

V rámci analýzy chyb a rizik při samotné výstavbě konkrétního objektu bylo postupováno formou technologického postupu výstavby se specifikacemi jednotlivých konstrukčních dílů a použitých materiálů. V závěru každé kapitoly byla následně umístěna tabulka zabývající se hodnocením četnosti možných rizik a stupni závažnosti vad, vzniklých při provádění. Z této analýzy bylo následně možné zjistit podíl jednotlivých rizik a vad na celé výstavbě.

Z výsledného grafu na Obr. 27, který shromažďuje data z Tab. 8 – 12 lze tedy zjistit, že nejčastěji zastoupenou úrovní rizika je II. – Riziko neobvyklé, podílející se na objemu realizovaných činností z 44%. Z uvedeného grafu bylo tedy zjištěno, že rizikovost výstavby je poměrně nízká, ale přesto je třeba se zaměřit se na činnosti označené jako V. - Riziko velmi časté, při kterých téměř pravidelně dochází k nedodržení požadavků provádění. Těmito činnostmi jsou realizace kotevních bodů, konkrétně předvrtání těchto bodů, kdy je třeba pečlivěji kontrolovat správnou hloubku vrtu, jeho přímost a průměr. Další z takto rizikových činností je impregnace a následná penetrace zakládacích prahů, kdy je třeba důkladněji dodržovat délku technologické přestávky, aby byla zabezpečena dostatečná ochrana dřeva a jeho přidržnost k podkladu.

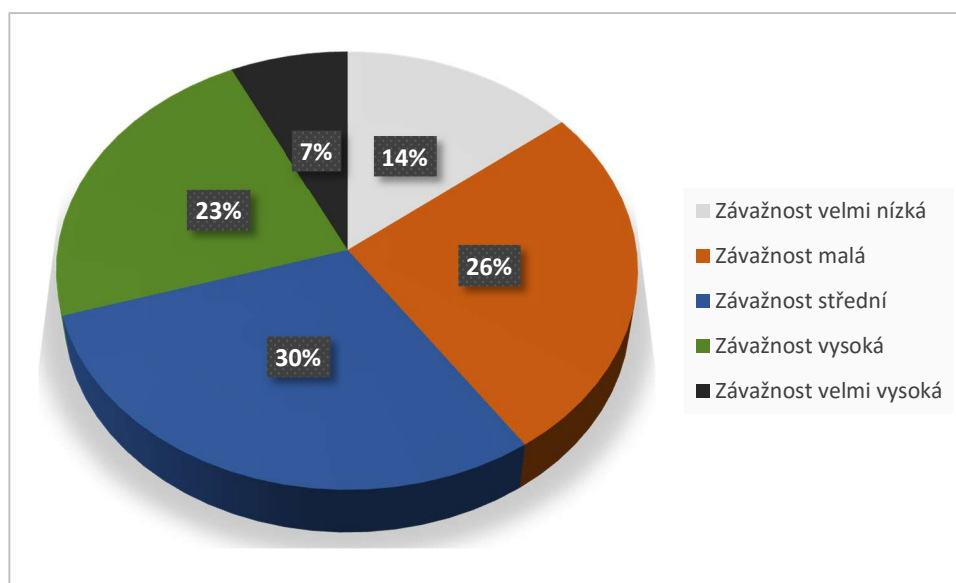
Poslední z takto ohodnocených činností je provádění podbití střešních vazníků pomocí OSB desek, kde je třeba pečlivě kontrolovat správnou pozici kotvení a náležitě provedení dilatací jednotlivých desek, což je vzhledem k provádění práce nad hlavou obtížné.



Obr. 27: Procentuální zastoupení rizikovosti v závislosti na objemu provedených činností [Vytvořeno autorem]

Z uvedeného grafu na Obr. 28, který opět shromažďuje data z Tab. 8 - 12 je tedy patrné, že úrovní rizika odpovídá i dvojice nejčastěji zastoupených úrovní závažnosti vad, kterými jsou 2. - Závažnost malá a 3. - Závažnost střední, které jsou na objemu analyzované výstavby zastoupeny 26 a 30%. Z toho tedy vyplývá, že závažnost vzniklých vad v průběhu výstavby je v 70% procentech případů nejvýše střední, což naznačuje, že chyby vzniklé při realizaci systémem Two by Four jsou z velké části snadno či bez větších obtíží opravitelné. Zdánlivě malou část, avšak velmi podstatnou pro celkovou kvalitu díla tvoří stupeň závažnosti vad 5. - Závažnost velmi vysoká, což jsou chyby, jejichž oprava při odhalení si žádá demontáž už stávajících prvků či složitější opravu. Jejich případné neodhalení pak obvykle má za následek významnou degradaci či ztrátu kvality a vlastností provedené konstrukce. Mezi tyto nejzávažnější možné vady patří křivost osazení vnitřních a vnějších základacích prahů, u nichž tímto hrozí přenesení zmíněné křivosti do nosných stěn dřevostavby, které se již později nedají příliš korigovat. Dále je mezi tyto vady zahrnuta nedostatečná délka vztyčených nosných sloupků rastru, která následně znemožňuje jejich zakrácení dle požadované rovinnosti a je třeba

tyto prvky demontovat a osadit nové profily. Do této kategorie vad je rovněž zahrnuto boulení, malá přídržnost a případné vyosení věncových hranolů způsobené nedostatečným provizorním stažením svěrkami a nedodržením technologické přestávky výrobce lepidla, které má obvykle za následek demontáž a nutnost nové realizace pozedního věnce. V neposlední řadě mezi tyto vady spadá i hromadění vlhkosti a zatékání vody do podstřešního prostoru vlivem nekvalitně provedených spojů paropropustné fólie. Tato vada má obvykle za následek pečlivou kontrolu a dodatečné přelepení těchto spojů, případně lokální výměnu vrstvy fólie. Poslední takto závažnou vadou je pronikání vlhkosti do nosných konstrukcí objektu vlivem nedostatečného provedení spojů a utěsnění parozábranné fólie umístěné na vnitřním povrchu nosných konstrukcí. V případě odhalení této vady je nutné dodatečně ošetřit spoje a prostupy pomocí těsnicí pásky či v inkriminovaných místech dodatečně vrstvu fólie odstranit a znovu nahradit.



Obr. 28: Procentuální zastoupení závažností v závislosti na objemu provedených prací [Vytvořeno autorem]

Na základě této analýzy je možné stanovit kritické procesy, které by bylo vhodné při následujících realizacích důsledněji kontrolovat, aby došlo k eliminaci rizik a vad, jenž časově prodlužují a finančně zatěžují výstavbu.

Pro zpřehlednění kontrol jakosti provádění byly rovněž pro každou etapu výstavby zhotoveny postupové diagramy (Obr. 13, 16, 19 a 21), obsahující vždy sled činností dané etapy včetně požadavků na provedení. Součástí těchto diagramů je rovněž doporučený postup v případě dodržení či

nedodržení těchto požadavků. Tato schémata tak vzhledem ke svému obsahu mohou při přímém použití během kontroly výstavby výrazně přispět k urychlení a zefektivnění těchto kontrol.

Vyhodnocení ztrátovosti řeziva vlivem vad materiálu a realizace v této práci nabádá k důslednému zpracování výkresové (především montážní) dokumentace určené přímo pro pracovníky na stavbě. Při správném použití vhodného rýsovacího softwaru a vytvoření přesných a přehledných montážních plánů lze totiž výrazně eliminovat možnost vzniku nežádoucích vad při realizaci a urychlit a zkvalitnit tímto samotnou výstavbu. Její průběh také velkou měrou závisí na samotných pracovnících a jejich schopnostech, stejně jako na důsledné kontrole nejen provedené práce, ale také vstupního materiálu – stavebního řeziva.

V poslední části této práce je zacíleno na optimalizaci výběru vhodného obvodového zateplení, jehož vlastnosti a provedení jsou velkou devizou tohoto typu dřevostavby. Následnou bilancí tepelně – technických parametrů, finanční náročnosti jednotlivých typů zateplovacích materiálů a závěrečného shrnutí všech jejich výhod a nevýhod bylo možné snadno určit vhodný způsob zateplení vzhledem k požadavkům konkrétního objektu.

Tato práce tak přináší komplexní přehled dané problematiky výstavby dřevostaveb způsobem Two by Four a technologicky správných řešení při provádění dílčích procesů výstavby. Zároveň upozorňuje na rizika a vady, kterých je třeba se při přípravě a realizaci takovéto stavby vyvarovat, či jak je případně bezpečně eliminovat. Zde obsažené informace mohou výrazně přispět ke správnému fungování výstavby stavebních společností zabývajících se realizací způsobem Two by Four, čímž byly splněny všechny předem stanovené cíle této práce.

Použitá literatura

- [1] *Stavba dřevostavby systémem Two by Four* [online]. Dřevostavitel. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/two-by-four-system>
- [2] *O dřevě* [online]. Lesy České republiky s.p. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.lesy.cz/drevo/Stranky/default.aspx>
- [3] ČSN 73 2824-1. *Třídění dřeva podle pevnosti – Část 1: Jehličnaté řezivo*. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [4] *Třídění a návrhové charakteristiky konstrukčního dřeva* [online]. TZB – info. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11353-trideni-a-navrhove-charakteristiky-konstrukcniho-dreva>
- [5] KOLB, Josef. *Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Vid. 3. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
- [6] ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [7] ČSN EN 14080. *Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [8] *Lexikon vad dřeva* [online]. ČZU. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/index.htm
- [9] *Technický list Dekprimer* [online]. Stavebniny DEK, a.s. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: https://www.dek.cz/get_dokument.php?id=626704947
- [10] *Technický list Glastek 40 Special Mineral* [online]. Stavebniny DEK, a.s. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: https://www.dek.cz/get_dokument.php?id=854386352
- [11] *Technický list Würth WIT - C140* [online]. Würth, spol. s.r.o. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: http://media.wuerth.com/stmedia/shop/catalogpages/LANG_cs/1239916.pdf

- [12] *Technický list Deksan Profi* [online]. Stavebniny DEK, a.s. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: https://www.dek.cz/docs/technicke/tl_deksan.pdf
- [13] *Technický list Würth Pur – leim Transparent DOS* [online]. Würth, spol. s.r.o. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <https://kat.wuerth.cz/download/katalogovy-list/07517.pdf>
- [14] *Technický list Ceresit TS 67 Window Flex* [online]. Henkel ČR, spol. s.r.o. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.ceresit.cz/stazeni/ceresit-ts-67-technicky-list.pdf?v=0519282a1b41abb9580250c06d45c42380e228c3>
- [15] *Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky* [online]. TZB – info. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>

Seznam obrázků

Obr. 1: Příklad realizace systémem Two by Four [Vytvořeno autorem]	13
Obr. 2: Způsob měření suků a výpočet poměrného rozměru suku u hranolů [3]	24
Obr. 3: Stanovení odklonu vláken podle výsušných trhlin [3]	25
Obr. 4: Směrodatný měřený úsek pro stanovení šířky letokruhů [3]	26
Obr. 5: Stanovení hloubky trhliny r ve čtvrtinových bodech délky trhliny [3].	27
Obr. 6: Stanovení průmětů hloubek trhlin r u hranolu [3]	27
Obr. 7: Definování a výpočet oblíny [3]	28
Obr. 8: Šroubové zakřivení řeziva [3]	29
Obr. 9: Podélné zakřivení řeziva ve směru tloušťky [3]	29
Obr. 10: Měření a výpočet zbarvení nebo tlakového dřeva [3]	30
Obr. 11: Řešený objekt - Technický pohled Jižní [Vytvořeno autorem]	37
Obr. 12: Osazení zakládacích prahů na podkladní betonovou konstrukci [Vytvořeno autorem]	41
Obr. 13: Postupový diagram pro etapu - Založení prahů [Vytvořeno autorem]	44
Obr. 14: Příklad provedení nosné konstrukce 1.NP [Vytvořeno autorem]	46
Obr. 15: Správné provedení spoje dřevěného rastru [Vytvořeno autorem] ..	48
Obr. 16: Postupový diagram pro etapu - Montáž nosné konstrukce 1.NP [Vytvořeno autorem]	52
Obr. 17: Nosná konstrukce střechy z příhradových vazníků [Vytvořeno autorem]	54
Obr. 18: Provedení střešního pláště – laťování [Vytvořeno autorem]	57
Obr. 19: Postupový diagram pro etapu - Realizace zastřešení [Vytvořeno autorem]	62
Obr. 20: Finální podoba obvodové nosné stěny [Vytvořeno autorem]	66

Obr. 21: Postupový diagram pro etapu - Kompletace svislých nosných konstrukcí 1.NP [Vytvořeno autorem].....	68
Obr. 22: Příklad provedení montážního výkresu v programu Dietrich's [Vytvořeno autorem].....	71
Obr. 23: Schéma navržené skladby s izolací z EPS [Vytvořeno autorem] ...	73
Obr. 24: Schéma navržené skladby s izolací z minerální vlny [Vytvořeno autorem].....	75
Obr. 25: Výstup z programu Teplo 2014 EDU pro skladbu s EPS [Vytvořeno autorem].....	76
Obr. 26: Výstup z programu Teplo 2014 EDU pro skladbu s minerální vlnou [Vytvořeno autorem].....	77
Obr. 27: Procentuální zastoupení rizikovosti v závislosti na objemu provedených činností [Vytvořeno autorem].....	81
Obr. 28: Procentuální zastoupení závažností v závislosti na objemu provedených prací [Vytvořeno autorem]	82

Seznam tabulek

Tab. 1: Podíl dřevostaveb na nové výstavbě [Vytvořeno autorem]	12
Tab. 2: Výhody a nevýhody technologie Two by Four [Vytvořeno autorem]	15
Tab. 3: Kritéria třídění konstrukčního jehličnatého dřeva při vizuálním třídění [3]	32
Tab. 4: Multikriteriální vyhodnocení řeziva - Výsledkový formulář [Vytvořeno autorem].....	33
Tab. 5: Multikriteriální vyhodnocení řeziva - Zadávací formulář [Vytvořeno autorem].....	34
Tab. 6: Systém hodnocení rizik [Vytvořeno autorem].....	36
Tab. 7: Vyhodnocení rizik v průběhu skladování dřeva na staveništi [Vytvořeno autorem].....	38
Tab. 8: Vyhodnocení rizik pro etapu - Založení prahů [Vytvořeno autorem]	42
Tab. 9: Vyhodnocení rizik pro etapu - Montáž nosné konstrukce 1.NP [Vytvořeno autorem].....	50
Tab. 10: Vyhodnocení rizik pro etapu - Realizace zastřešení - Nosná konstrukce [Vytvořeno autorem].....	59
Tab. 11: Vyhodnocení rizik pro etapu – Realizace zastřešení – Střešní plášť [Vytvořeno autorem].....	60
Tab. 12: Vyhodnocení rizik pro etapu - Kompletace svislých nosných konstrukcí 1.NP [Vytvořeno autorem].....	67
Tab. 13: Porovnání cen a pracností provedení jednotlivých skladeb [Vytvořeno autorem].....	78
Tab. 14: Porovnání výhod a nevýhod posuzovaných skladeb [Vytvořeno autorem].....	79