

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekonomiky a řízení lesního hospodářství

**Komparace efektivity vybraných stavebních výplní na
bázi dřeva**

Bakalářská práce

Autor: Jakub Vocelka

Vedoucí práce: doc. Ing. Roman Sloup, Ph.D.

2015



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekonomiky a řízení lesního hospodářství

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce: Jakub Vocelka
Studijní program: Lesnictví
Obor: Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Vedoucí práce: doc. Ing. Roman Sloup, Ph.D.

Název práce: **Komparace efektivity vybraných stavebních výplní na bázi dřeva**

Název anglicky: **Comparison of effectiveness of selected wood based construction fillers**

Cíle práce: Cílem práce je provést komparaci efektivity vybraných stavebních výplní na bázi dřeva. V práci budou zohledněny různé typy izolačních skel.

Metodika: Bude analyzován vývoj eurooken až do současnosti, jejich vlastnosti a tvary profilů. V práci bude provedena komparace oken na bázi dřeva se stavební hloubkou 68mm, 78mm, 88mm a 92mm a také vchodových dveří se stavební hloubkou 68mm, 78mm, 92mm. Budou porovnány různé varianty oken a to nejen jejich cena, ale i jejich tepelně-izolační vlastnosti a předpokládané náklady na vytápění. Bude vytvořeno tabulkové vyjádření jejich vhodnosti pro klienty z hlediska poměru cena - výkon.

Doporučený rozsah práce: 40-65 stran

Klíčová slova: dřevěná okna, euro okna, ekonomika, stavební výplně, dveře, tepelně izolační vlastnosti

Doporučené zdroje informací:

1. POLÁŠEK, M. A7 - Navrhování výplní otvorů budov dle principů trvale udržitelné výstavby. 1. vyd. Brno: Národní stavební centrum, 2012, 78 s. ISBN 978-80-87665-06-0
2. POLÁŠEK, M. B4 - Zásady provádění výplní otvorů při realizaci budov dle principů trvale udržitelné výstavby. 1. vyd. Národní stavební centrum, 2012, 79 s. ISBN 978-80-87665-24-4
3. PUŠKÁR, A. Okna, dveře, prosklené stěny. 1. čes. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 255 s. ISBN 80-889-0547-8
4. ČSN 730540-2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011

Předběžný termín obhajoby: 2015/06 (červen)

Elektronicky schváleno: 14. 5. 2014
doc. Ing. Václav Kupčák, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 9. 8. 2014
prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.
Děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Komparace efektivnosti vybraných stavebních výplní na bázi dřeva, vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Praze, dne 15. 4. 2014

.....

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. Romanu Sloupovi, Ph.D. za vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Agát s.r.o. za vypracování cenových nabídek na okna a poskytnutí firemních materiálů.

V Praze, dne 15. 4. 2014

.....

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou ohledně výběru stavebních výplní. Komparace stavebních výplní byla provedena na základě výpočtu nákladů na vytápění modelového domu s vybranými profilovými variantami oken a pořizovací cenou vybraných profilových variant oken. Profilové varianty oken byly vybrány tak, aby došlo k porovnání dvojskla, trojskla a čtyřskla. Pro vybraný modelový dům jsou finančně nejvýhodněji okna v profilové variantě IV92 – okna o stavební hloubce 92 mm osazené trojsklem.

Klíčová slova: dřevěná okna, euro okna, ekonomika, stavební výplně, dveře, tepelně izolační vlastnosti.

Abstract

This thesis deals with problems of the choice of building fillings. The comparison of the building fillings was made on the basis of the calculating of the costs of a model house with selected profile variants of windows and the acquisition costs of the selected profile variants of windows. The profile variants of windows were selected to compare the double, triple and quadruple glazing. For the chosen model house are the most financially advantageous windows the windows in the profile alternative IV 92 – windows installation depth 92 mm fitted with triple glazing.

Keywords: timber windows, euro windows, economics, building fillings, doors, heat insulating properties

Obsah

Úvod	1
1. Cíle práce.....	2
2. Literární rešerše	3
2.1. Co je to okno	3
2.2. Funkce oken.....	3
2.3. Rozdělení oken	3
2.3.1. Podle materiálu.....	3
2.3.2. Podle způsobu otevírání	9
2.3.3. Podle konstrukčního uspořádání rámu	11
2.4. Eurookno	11
2.4.1. Sklo.....	12
2.4.2. Kování	12
2.4.3. Povrchová úprava	13
2.5. Vývoj eurookna	14
2.6. Vlastnosti eurookna	21
2.6.1. Součinitel prostupu tepla	21
2.6.2. Odolnost proti zatížení větrem	22
2.6.3. Vodotěsnost	22
2.6.4. Součinitel spárové průvzdušnosti	23
2.7. Tepelné ztráty	23
2.7.1. Tepelné ztráty prostupem tepla stěnami	23
2.7.2. Tepelné ztráty větráním	24
2.7.3. Celková tepelná ztráta modelového domu.....	25
2.7.4. Celková roční spotřeba tepla modelového domu	26

3. Metodika.....	27
4. Výsledky.....	29
4.1. Stanovení tepelných ztrát modelového domu.....	29
4.1.1. Tepelné ztráty okny	29
4.1.2. Výpočet tepelných ztrát stěnami.....	33
4.1.3. Výpočet tepelných ztrát větráním.....	35
4.1.4. Celková tepelná ztráta modelového domu.....	36
4.1.5. Celková roční spotřeba tepla modelového domu	36
4.1.6. Stanovení ročních nákladů na vytápění	36
4.2. Komparace oken	37
4.3. Komparace investic	40
5. Diskuze	42
6. Závěr.....	43
Seznam použité literatury:	44
Seznam obrázků.....	48
Seznam příloh.....	50

Úvod

V dnešní době, ale i v minulých dobách jsou a byly na okna kladeny specifické požadavky a díky těmto požadavkům se tak okna stávají nejslabším článkem obvodového pláště budovy. Tepelná ztráta okny může dosahovat až 40 % tepelných ztrát celé budovy. Proto je velmi důležité vybrat nejvhodnější okna, která mohou tyto tepelné ztráty výrazně snížit a tím i přispět ke snížení provozních nákladů celé budovy.



Obrázek č. 1: Celkový únik tepla z domu (převzato z [1])

V současné době je na trhu se stavebními výplněmi nabízeno spoustu druhů a typů oken s rozdílnými vlastnostmi a je tak velmi komplikované vybrat to nejvhodnější okno. Většina výrobců oken nabízí svým zákazníkům to nejlepší okno, které vyrábí. Zpravidla bývá i tím nejdražším oknem. Avšak výrobci oken nejsou schopni říci, zda je investice do toho nejlepšího okna tou nejvýhodnější investicí. Mohli jsme se tomu přesvědčit například na veletrhu FOR PASIV v letech 2014 a 2015, kterého se účastní řada renomovaných výrobců oken, ať už dřevěných, plastových či kombinovaných. Ani jediný z oslovených výrobců oken nedokázal odpovědět na otázku, které okno je z ekonomického hlediska nejvýhodnější investicí. Většina odpovídala, že je to právě to jejich okno, které bylo zpravidla ve trojskle a hlavním argumentem bylo, že má téměř jednou tak lepší tepelně izolační vlastnosti než dvojsklo. Ale ani jediný výrobce oken se nezabýval otázkou ohledně nákladů na vytápění, a jak jsou právě tyto náklady na vytápění ovlivňovány okny a jaký finanční přínos bude mít investice do oken s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi.

1. Cíle práce

Cílem práce je provést komparaci efektivnosti vybraných oken na bázi dřeva a určení nejvýhodnějších oken pro modelový dům z finančního hlediska. Komparace bude provedena na základě tepelně izolačních vlastností a pořizovací ceny. Tepelně izolační vlastnosti oken budou zkoumány na základě vlivu změny energetické náročnosti modelového domu. V komparaci bude kalkulováno s různými typy izolačních skel, konkrétně se bude jednat o izolační dvojsklo, trojsklo a čtyřsklo. Výsledkem bude výběr nejvhodnější varianty euro okna pro zvolený modelový dům.

2. Literární rešerše

2.1. Co je to okno

Okna jsou výrobky sloužící pro vyplnění stavebních výplní. Na tyto výrobky platí požadavky uvedené v českých a evropských normách. Tyto normy stanovují závazné vlastnosti, jejichž úroveň musí výrobce prokázat dříve, než uvede výrobek na společný trh Evropské unie. Harmonizovaná norma nazývá tyto vlastnosti mandátovými a současně v příloze stanovuje způsob prokazování těchto vlastností. [2]

2.2. Funkce oken

Primární funkcí oken je propojení interiéru s exteriérem a zároveň musejí chránit vnitřní prostředí před negativními vlivy venkovního prostředí. Negativními vlivy prostředí můžou být například chlad, teplo, déšť, vítr, hluk. Díky těmto specifickým požadavkům jsou tak na okna kladeny velké požadavky a stávají se tím tak nejslabším prvkem obvodového pláště.

Díky plnění primární funkce tak okna zabezpečují základní hygienické, psychologické a fyziologické lidské potřeby pro pobyt v budově. Mezi tyto potřeby se zejména řadí přívod denního světla, čerstvého vzduchu a vizuální kontakt s exteriérem. Přírozenou funkcí oken je výměna vzduchu.

Další důležitou funkcí oken je vytváření architektonického dojmu celé budovy. Okna můžou mít různý tvar, rozměr a mohou být vyrobeny z různých materiálů, čímž se velkou mírou podílejí na architektonickém dojmu budovy.

2.3. Rozdělení oken

Okna lze rozdělit dle materiálu, ze kterého jsou vyrobena. Dále je můžeme rozdělit podle způsobu otevírání a konstrukčního uspořádání rámu. [3]

2.3.1. Podle materiálu

V dnešní době jsou okna vyráběna z různých materiálů, avšak tyto materiály jsou od sebe velmi odlišné. Na jedné straně je dřevo, které je jedním z nejstarších stavebních materiálů a na druhé straně je plast, který se oproti dřevu používá velmi krátkou dobu. Někde mezi těmito dvěma materiály se nachází kov.

2.3.1.1. Dřevěná okna

Dřevo je jedním z nejvhodnějších materiálů pro výrobu oken. Jeho kvality jsou prověřeny již staletími.

Mezi hlavní přednosti dřevěných oken patří jejich fyzikální vlastnosti a to především tepelně izolační, které se po jeho životnost zásadně nemění a při pravidelné údržbě je zajištěna velmi dlouhá životnost. Důkazem tomu jsou okna vyrobená již před stovkami let, která stále plní svojí funkci. Je pravda, že už nesplňují současné požadavky kladené na nově vyrobená okna, ale stále plní základní funkce.

Limitem tvaru a rozměru dřevěných oken jsou komponenty jako sklo a kování nebo schopnosti výrobce, neboť dřevěná okna lze velmi dobře individualizovat na přání zákazníka, ať už se jedná o atypický tvar, čímž může být i 3D okno nebo různé ozdobné prvky, které mohou být osazeny, či vyfrézovány do okna. Takto rozsáhlé individuální úpravy neumožňuje žádný jiný materiál.

Velkou výhodou dřevěných oken je jejich poměrně snadná oprava vzniklého poškození povrchové úpravy a to i případné mechanické poškození vzniklé například domácími mazlíčky nebo zloději.

Nesmíme opomenout, že dřevo je neekologičtějším materiálem, který se na planetě Zemi vyskytuje a to díky tomu, že stromy při svém růstu zbavují atmosféru uhlíku prostřednictvím fotosyntézy tak, že vážou CO₂ a uhlík z něj uskladňují do biomasy. Tento uhlík je uskladněn ve dřevě a to po celou dobu jeho životnosti. Při rozkladu dřeva se uhlík uvolní zpět do atmosféry a stane se zdrojem skleníkových plynů. Tím, že se vytěžený les znovu zalesní, tak celý cyklus začne znovu a nové stromy budou opět absorbovat uhlík a dojde tak k rovnováze. Většinu současně vyráběných dřevěných oken nesmíme však spalovat doma, protože obsahují různé chemikálie jako například lepidla a nátěry. [4]

Z ekologického hlediska lze dřevěné okno označit jako nejvhodnější otvorovou výplň, protože základ okna je tvořen ze dřeva a samotná výroba dřevěných oken je i energeticky nejméně náročná.

Největší nevýhodou dřevěných oken oproti plastovým oknům je výrazně vyšší pořizovací cena. Je nutno ale podotknout, že toto tvrzení platí především u méně kvalitních

plastových oken (profil může například obsahovat menší počet komor, možná absence kovových výztuh). Fakt, že dřevěná okna jsou dražší, je do jisté míry vykompenzován přidanou hodnotou, kterou dřevěná okna mají, neboť dřevěná okna jsou považována za známku luxusu.

Tím, že na povrch dřevěných oken působí mnoho klimatických podmínek jako je slunce, sníh, déšť, kroupy a mechanická zátěž je nutné se každoročně starat o exteriérový povrch ošetřujícím přípravkem, který ošetří případné vzniklé mikropraskliny laku.

Další nevýhodou dřevěných oken je vlastnost dřeva přijímat vzdušnou vlhkost, která vede k poškozování okna. Tento problém nastává při dlouhodobé vysoké vlhkosti dosahující hodnotu okolo 70 % v interiéru. Při dlouhodobém překročení této hodnoty dochází k poškození nejen kování oken, ale u dřevěných oken dojde k poškození venkovního laku. To je způsobeno příliš velkým výparem způsobeným slunečním zářením. Toto poškození vzniká i přesto, že se používají paropropustné lazury. Vlivem vysoké vzdušné vlhkosti dochází i k bobtnání a sesychání dřeva a tímto jevem může docházet k tvarové deformaci dřevěného okna.



Obrázek č. 2: Dřevěné okno (převzato z [5])

2.3.1.2. Plastová okna

Plastová okna jsou nejrozšířenějšími výrobky na současném trhu. Podíl na trhu je odhadován na 60%. K jejich přednostem patří snadná údržba a nízká pořizovací cena. Hlavní nevýhodou je, že se jedná o výrobek, který mění svůj tvar vlivem teplotního nebo mechanického namáhání a případná poškození povrchu jsou velmi složitě opravitelná nebo dokonce neopravitelná. Další nevýhodou plastových profilů je nízká pevnost a tuhost, proto se otvorové výplně zpevňují různými výztuhami. Obvykle se jedná o

ocelové pozinkované profily, může však jít o profily slitinové, popřípadě může být okenní profil vyroben z kompozitních materiálů o vyšší pevnosti nebo z jiných pevnějších materiálů. Někteří výrobci také používají místo vyztužení ocelovým profilem v komoře vlepené skleněné výplně do křídla. [6]

Pro výrobu plastových oken je používán polyvinylchlorid (PVC). Tento plast je jedním z nejdéle a nejčastěji používaných plastů. Nevýhodou tohoto materiálu je možný negativní vliv na lidské zdraví. Může to být zejména způsobeno vysokým obsahem chlóru. Mezi další nevýhody se řadí možnost opravy poškozeného povrchu, který je opravitelný jen v určitém rozsahu a na rozdíl od dřevěných oken je oprava patrná. Z globálního hlediska dochází k poškozování životního prostředí, jak již při samotné výrobě tak i při likvidaci plastových oken. [7]



Obrázek č. 3: Plastové okno (převzato z [8])

2.3.1.3. Hliníková okna

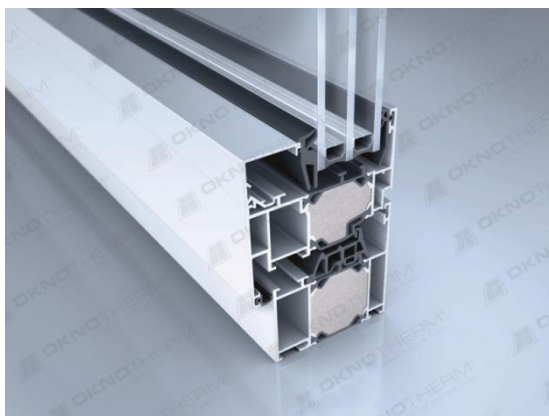
Díky vlastnostem hliníku jsou tyto otvorové výplně velmi odolné a nedochází k tvarovým deformacím, tzn. křídla oken a dveří dosedají přesně do rámu a poskytují dokonalé utěsnění. Problém hliníkových oken je promrzání konstrukcí okna v zimním období. To se ale eliminovalo přerušením tepelného mostu, kdy se do hliníkového profilu vsadil pruh z nekovového materiálu, většinou z polyamidu, vyztuženého sklolaminátovými vlákny. Ten zabraňuje tepelné vodivosti a tím zlepšuje tepelně izolační vlastnosti hliníkového profilu. [7]

Velkou předností hliníkových oken je odolávání povětrnostním vlivům, čímž se stávají téměř bezúdržbovými okny.

Z estetického vjemu nejsou vhodná do většiny rodinných domů, kde působí příliš chladným dojmem a na dotyk nejsou tak příjemné jako dřevěná okna. Proto se jejich největší uplatnění nachází u průmyslových staveb, kde mohou být tou nejvhodnější volbou.

Je nutno zmínit jednu negativní fyzikální vlastnost hliníku a to je délková roztažitelnost, která je způsobena změnami teplot.

Z globálního hlediska je hliník nekonečně mnohokrát recyklovatelný bez ztráty kvality. Nesmíme však zapomínat, že investiční energetická náročnost na specifickou jednotku ze slitiny hliníku je 30x větší než v případě umělé hmoty a 100x větší než u dřevěných konstrukcí. [7]



Obrázek č. 4: Hliníkové okno (převzato [9])

2.3.1.4. Kombinovaná okna

V dnešní době se nejvíce kombinuje dřevo s hliníkem a vznikají okna nazývaná dřevohliníková okna. V poslední době dochází i ke kombinaci plastu s hliníkem, kdy se okna v této kombinaci nazývají plastohliníková okna. V obou dvou kombinacích je hliník osazen z venkovní strany, kde jsou využity jeho přednosti a to zejména schopnost odolávat povětrnostním vlivům. V obou variantách je největší nevýhodou pořizovací cena.

V případě dřevohliníkových oken je pořizovací cena vyšší zhruba o 50 %. Je ale nutno brát v potaz, že se jedná o okno, které kombinuje to nejlepší z obou dvou materiálů. Z interiérové strany estetické a na dotek velmi příjemné dřevo a z exteriéru hliník, který je velmi odolný povětrnostním vlivům.

2.3.1.4.1. Dřevohliníková

Výrobu dřevohliníkových oken lze rozdělit do dvou základních výrobních technologií. Levnější výrobní technologie spočívá v „pouhém“ opláštění dřevěných oken hliníkem pomocí hliníkových klipů. Dřevěná část okna je vyrobena ve stejném profilu jako eurookno, kde sklo je zasklené z interiérové strany pomocí zasklívací lišty a poté je okno osazeno hliníkovými profily z venkovní strany.

Druhý způsob výroby spočívá v jiném profilu dřevěné části okna, než je eurookno. Tento profil musí být přizpůsoben tvaru hliníkového profilu, který je z exteriérové strany okna. Zasklení je z venkovní strany okna a zasklívací lišty jsou nahrazeny hliníkovým profilem křídla okna. Tento způsob je estetičtější než první způsob a nabízí daleko širší výběr hliníkových profilů. Tímto způsobem lze dřevohliníková okna rozdělit na rustikální a integrálová dřevohliníková okna. Výhoda integrálových dřevohliníkových oken spočívá v tom, že můžeme „dovést“ ostění téměř až ke sklu okna a tím vznikne velmi estetický prvek, který bude mít i lepší tepelněizolační vlastnosti.



Obrázek č. 5: Dřevohliníkové okno MIRA SPREE (převzato [10])



Obrázek č. 6: Dřevohliníkové okno INTEGRAL (převzato z [10])

2.3.1.4.2. Plastohliníková

Opláštění plastových oken z exteriéru pomocí hliníkových plechů - ALU klipů má své opodstatnění z několika důvodů. Jedním z nich je estetický dojem, kdy exteriérový vzhled okna vypadá jako z celohliníkového profilu, přičemž se jedná o levnější verzi, než kdyby byla otvorová výplň opravdu celohliníková. Hlavním důvodem proč se plastová okna opláštějí, je ochrana před slunečním svitem a rostoucí teplotou na povrchu rámu a křídel. Tuto vysokou teplotu zachytává hliníkové opláštění, které jí z velké části absorbuje a nepřenáší na plastový profil. Tímto ho chrání před zkroucením a deformacemi. [11]



Obrázek č. 7: Plastohliníkové okno (převzato z [11])

2.3.2. Podle způsobu otevírání

Dalším způsobem, jak lze rozdělit okna, je podle způsobu otevírání.

2.3.2.1. Otevíravě - sklopná

Jedná se o nejpoužívanější typ otvírání eurooken, který umožňuje okno standardně otevřít a také umožňuje okno částečně sklopit tak, aby byla zajištěna výměna vzduchu v letním období a zároveň bylo okno zabezpečeno proti nežádoucímu otevření z venkovní strany. Je označováno jako OSP – otevíravě sklopné pravé nebo OSL – otevíravě sklopné levé. Pravé nebo levé značí, na jaké straně jsou umístěny panty z pohledu zevnitř.

2.3.2.2. Sklápěcí

Tento typ otevírání je u eurooken volen, když má okno poměry výšky a šířky, které neumožňují okno zakovat kováním OSP/ OSL. Rozdíl v ceně kování oproti otevíravě sklopnému je zanedbatelný.

2.3.2.3. Otevíravá

Tento typ otevírání je u eurooken volen, když má okno nestandardní rozměry a nelze tak použít okenní kování otevíravě sklopné. Rozdíl v ceně kování je malý. Ve střední Evropě se okna otevírají do interiéru, ale například v Anglii a USA se okna otevírají do exteriéru.

2.3.2.4. Pevná

Jedná se o typ okna, které neumožňuje otevírání. Okno se skládá pouze z rámu okna a pevně vsazeného skla. Tento typ zasklení je velmi populární u pasivních domů, kde je velmi často výměna vzduchu zajištěna rekuperační jednotkou. Je populární, protože má oproti otevíravě sklopnému oknu užší rám a tím i lepší tepelně izolační vlastnosti.

2.3.2.5. Vyklápěcí

Jedná se o typ otevírání okna, kdy se okenní křídlo vyklápí do exteriéru. Tento typ otevírání se používá například pro nadsvětliky, pro eurookna se nepoužívá.

2.3.2.6. Posuvná

Princip otevření okna spočívá v posunutí okenního křídla nahoru nebo do strany. Tento typ otevírání je velmi populární v Anglii, kde se okenní křídlo posouvá nahoru a je zde využit systém závaží. Ve střední Evropě je tento typ otevírání velmi populární u balkónových dveří, které se dají rozdělit na dva typy. Jedním typem jsou posuvně zdvižné balkónové dveře - HS-portál. HS portál je tvořen jedním nebo více posuvnými křídly a pevným zasklením. Díky této konstrukci lze zasklít a zároveň otevírat velké prosklené stěny s minimálním členěním plochy. Tento typ balkónových dveří je považován za „mercedes“ mezi balkónovými dveřmi. HS-portálové dveře jsou bezbariérové a splňují normu DIN 18025. Druhým typem je systém posuvně sklopné balkónové dveře – PSK. [12]

2.3.2.7. Kyvná

Tento typ otevírání oken se používal v panelových domech stavěných v minulém století. V současné době se používá pro střešní okna, ne však pro eurookna.

2.3.3. Podle konstrukčního uspořádání rámu

2.3.3.1. Jednoduchá

Skládají se z okenního rámu a okenního křídla. Mohou být zasklená jednoduchým sklem, dvojsklem, nebo trojsklem. [7]

2.3.3.2. Dvojitě zasklená

Skládají se z jednoho okenního rámu upraveného pro zavěšení dvou okenních křídel, která jsou navzájem spojená. [7]

2.3.3.3. Dvojitá

Skládají se ze dvou okenních rámu dvou křídel. Okenní rámy jsou navzájem opticky spojené. [7]

2.4. Eurookno

V současné době je eurookno nejprodávanějším oknem na bázi dřeva. Je to díky jeho dobrým vlastnostem a příznivé ceně ve srovnání s ostatními okny na bázi dřeva.

Eurookno je dřevěné okno jednoduché, které je vyrobeno z třívrstevných nebo čtyřvrstevných eurohranolů. Jednotlivé vrstvy eurohranolů jsou tvořeny vzájemně slepenými přibližně 30 cm dlouhými přířezy, které jsou vybrány tak, aby splňovaly stanovené normy. Spojení je řešeno pomocí cinkového spoje. Cinkové spoje jednotlivých vrstev nesmějí být nad sebou. Jako pojivo se používá disperzní lepidlo s vlastnostmi D4. Rozlišují se dva základní typy eurohranolu, cinkový (napojovaný) a fixní (nenapojovaný). Fixní hranol má vrchní pohledové plochy vyrobené z radiálního dřeva bez cinkového spoje. Cinkovaný eurohranol je díky své nižší ceně používanější. Eurohranoly díky své lepené konstrukci zajišťují oknům tvarovou stálost, která je nezbytná k dosažení požadovaných vlastností okna. Eurohranoly jsou vyráběny z různých druhů dřevin. Je to například smrk, borovice, modřín, dub nebo z exotických dřevin například meranti. Nejpoužívanějším materiálem je smrk a to z důvodu, že má nejlepší poměr cena/ kvalita. Borovice má vysoký obsah pryskyřice a při opracovávání dochází k zanášení nástrojů, které se poté musí čistit, například pomocí louhové lázně. Vysoký obsah pryskyřice může také způsobovat vytékání prosmolů na povrchu hotového okna. Toto vytékání prosmolů je způsobeno zvýšením povrchové teploty vzniklé slunečním zářením. Pro tyto zmíněné

důvody není borovice výrobci příliš doporučována. U pórovitých dřevin jako je například dub nebo meranti je nutné použít při nanášení barvy plnič pórů, který póry zalije a následně nanesený lak bude hladký. Bez použití plniče by vrchní lak nevytvořil souvislou vrstvu, čímž by došlo k výraznému snížení jeho životnosti a tím i ke snížení životnosti celého okna.

2.4.1. Sklo

Pro zasklení eurooken se používají izolační skla s pokovením. Tato skla jsou zhotovena z dvou, tří a nově i čtyř tabulí skel. Vzdálenost mezi nimi je vymezena meziskelními (distančními) rámečky. Meziskelní prostor je nejčastěji vyplněn argonem, případně kryptonem. Vnější okraj skla je utěsněn po celém obvodu tmelem, který zabraňuje úniku plynu z meziskelního prostoru a rovněž brání vnikání vlhkosti do meziskelního prostoru. Vzhledem k tomu, že sklo tvoří zhruba 70 % povrchu okna, má tak velký vliv na celkové vlastnosti okna. Z tohoto důvodu je velmi důležité zvolit správné zasklení, aby bylo docíleno nejlepších vlastností celého okna. Správné zasklení snižuje náklady na vytápění, což má vliv i na životní prostředí spojené s výrobou potřebné energie. Správně zvolené sklo může také zabránit nadměrnému přehřívání domu slunečními paprsky. Zároveň ovlivňuje pronikání zvuků z exteriéru do interiéru a naopak. Použitím bezpečnostního skla lze zabránit možnému poranění při rozbití skla a zároveň zvyšuje bezpečnostní třídu okna. U skel se hodnotí nejen součinitel prostupu tepla značený U_g , ale i řada dalších vlastností, a to například solární zisk značený g , či prostup světla značený L_t . [13]

Používaná izolační dvojskla v eurooknech dosahují tepelně izolační hodnoty $U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, trojsklo dosahuje nejlepší hodnoty $U_g = 0,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ a čtyřsklo $U_g = 0,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

2.4.2. Kování

Pod pojmem okenní kování rozumíme všechny prvky okna, kterými se zabezpečuje jeho kompletní konstrukce otevírání, zavírání a manipulace při jeho užívání. Okenní závěsy jsou částkové konstrukční prvky kování, jimiž se přenáší síly z okenního křídla do okenního rámu. Jsou to síly vyvolané vlastní hmotností okenního křídla jako celku a bodové zatížení vertikální silou způsobenou občasným provozním zatížením okna. [2]

U eurooken se používá celoobvodové kování, které umožňuje okno otevírat, sklápět, posouvat a uzavírat.

Před několika lety bylo vyvinuto skryté kování. Jedná se o typ, u kterého je veškeré kování kromě okenní kličky, umístěno v meziokenním prostoru a nejsou tak viditelné závěsy v uzavřené poloze okna. Výhoda těchto pantů je estetická i funkční. Z estetického hlediska působí okno se skrytými panty elegantnějším dojmem, v rozích okna nejsou vidět žádné závěsy. Z funkčního hlediska je veškeré kování umístěno v meziokenním prostoru a není nijak zafrézováno do vnitřní plochy rámu, čímž je docílena dokonalá dosedací plocha prvního těsnění.

Současná kování nabízejí možnost větrání i při zavřeném okně – spárové větrání (mikroventilaci). Toto řešení však řada výrobců oken už nenabízí, neboť v letním období tento typ větrání uživatelé nepoužívají. Naopak v zimních měsících, kdy by mohlo teoreticky nalézt své uplatnění, se také nepoužívá a to hned z několika důvodů. Při používání spárového větrání v zimním období nedochází k dostatečné výměně vzduchu, ale pouze k vnikání chladného venkovního vzduchu do budovy, což je neekonomické. Druhý problém je, že chladný venkovní vzduch ochlazuje meziokenní prostor, čímž dochází ke snížení povrchové teploty falců okna. Problém nastane, když ochlazený falc okna bude mít nižší povrchovou teplotu, než je rosný bod vnitřního vzduchu, který proudí z interiéru do exteriéru. Když nastane tento moment, dochází ke vzniku kondenzátu vodních par v meziokenním prostoru a okno díky svým vlastnostem absorbuje vzniklý kondenzát vody a dochází nejen k poškození okna popisovaným v kapitole 3.1.1, ale i k poškození kování okna a i přesto, že kování má antikorozi povrchovou úpravu.

2.4.3. Povrchová úprava

Povrchová úprava je velmi důležitou operací při výrobě oken. I když bude mít okno sebelepší konstrukci a bude použito nejlepší kování a zasklení, ale nebudou dodrženy technologické postupy při nanášení povrchové úpravy, nebo dokonce bude některý technologický postup povrchové úpravy opomenut, tak povrchová úprava může být poškozena za velmi krátkou dobu užívání okna a tím i celé okno. V současné době se používají několikavrstvé systémy povrchové úpravy. Skládají se z bezbarvé impregnace, která okno chrání před škůdci, plísněmi a houbami. Nejvhodnější je, když jsou impregnací ošetřeny veškeré plochy jednotlivých dílců okna. Další vrstvou je barevný

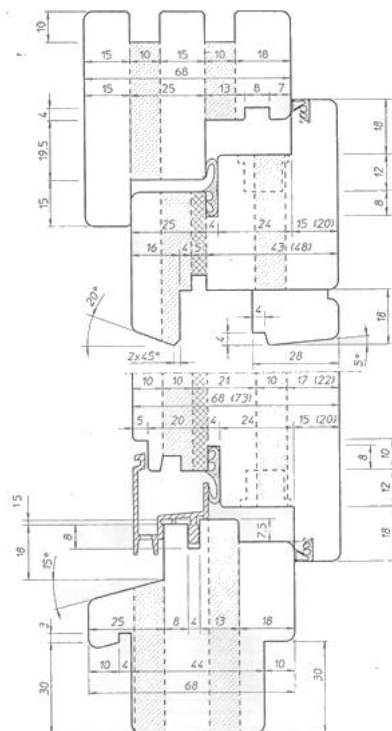
základ, po kterém následuje zatmelení V-spár. Po barevném základu může být použit máčecí lak. Je to pro zlepšení kvality povrchové úpravy. Poté je nastříkán vrchní lak okna. Nanáší se buď v jedné vrstvě nebo ve dvou vrstvách. Jeho celková tloušťka by se měla pohybovat okolo 300 μm mokrého filmu. Mezi jednotlivými vrstvami musí být dodržena časová prodleva. [14]

2.5. Vývoj eurookna

Na základě požadavků zákazníků a vzniku norem, které udávají maximální součinitel prostupu tepla okny, se výrobci oken snaží vyvíjet stále lepší a lepší okna. Určitý vývoj eurookna je umožněn i strojním vybavením výrobce, které umožňuje jednotlivé díly okna vyrábět s určitou přesností. Přesnost výroby je velmi důležitá, protože jen přesně vyrobené okno má dokonalé vlastnosti.

Eurookna prošla řadou tvarových změn, které jsou patrné z obrázků, viz níže. Tyto tvarové změny jsou nejen z estetických důvodů, ale je i zlepšení vlastností oken a zdokonalení samotné konstrukce.

Na obrázku č 8 je eurookno o stavební hloubce 68 mm a je označována jako profil IV68. Toto eurookno lze označit za eurookno první generace, konkrétně se jedná o konstrukci PROGRAMM 8000. První generace eurookna se zasklívala standardním dvojsklem s hodnotou součinitele prostupu tepla okolo $U_g = 3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. V průběhu devadesátých let se začalo používat izolační dvojsklo s hodnotou součinitele prostupu tepla $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, čímž došlo k výraznému zlepšení tepelně izolačních vlastností eurookna. Tato konstrukce eurookna umožňuje použití jednoho hlavního – středového celoobvodového těsnění a možnost přidání malého přídatného – vnitřního celoobvodového těsnění, které zlepšuje utěsnění okna. Kovací drážka této konstrukce je 18 mm.



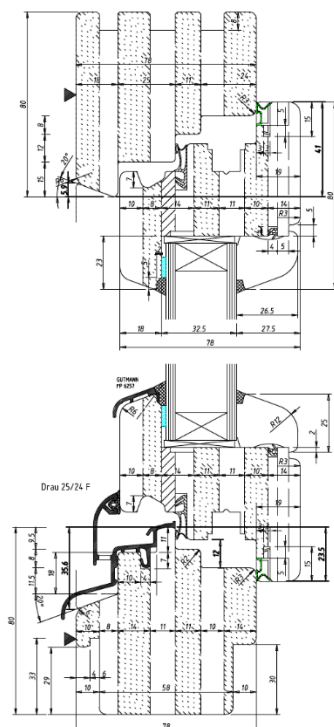
Obrázek č. 8: Okno IV68 PROGRAMM 8000 (převzato z [15])

Z tepelně izolačních vlastností je velkou nevýhodou tohoto typu eurookna celohliníková rámová okapnice. Tím, že je její konstrukce celohliníková, není přerušen tepelný most a tím je chlad veden téměř až do poloviny konstrukce okna. Další nevýhodou této rámové okapnice je, že nemá přesah přes dolní rám okna. Voda vytéká na rám okna a tím dochází k velkému namáhání povrchové úpravy a životnost okna je snižována. V průběhu používání této konstrukce se začala používat rámová okapnice, která odváděla vodu mimo konstrukci okna – až na venkovní parapet.

Na obrázku č. 9 je eurookno v profilu IV78. Tuto konstrukci eurookna lze označit za druhou generaci, konkrétně se jedná o konstrukci okna Softline. Je navržena pro stavební hloubku 68mm – profil IV68, stavební hloubku 78 mm - profil IV78. Okolo roku 2000 se profil IV78 rozšířil na stavební hloubku 88 mm – profil IV88 a posléze vznikla konstrukce okna o stavební hloubce 92 mm – profil IV92.

Tato konstrukce eurookna umožňuje použití jednoho hlavního – středového celoobvodového těsnění a jednoho přídatného – vnitřního celoobvodového těsnění. Výška vnitřní nalehávky je 18 mm. Oproti první generaci byla vnější profilace křídla sjednocena. Důvodem bylo urychlení výroby a zároveň nedošlo ke snížení kvality

konstrukce. Kovací drážka této konstrukce je 24 mm, která je optimalizovaná pro použití celobvodového kování.

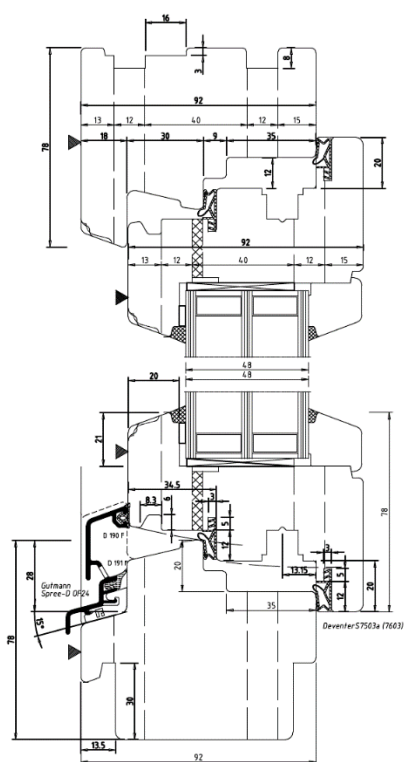


Obrázek č. 9: Okno IV78 Softline (převzato z [15])

Tato konstrukce je navržena s křídlovou okapnicí, která je vyrobena z hliníku. Tato okapnice chrání nejvíce exponovanou část křídla okna a tím zabraňuje případnému poškození povrchové úpravy okna. Dále je použita rámová okapnice - Donau s přerušným tepelným mostem. Je vyrobena z hliníku a plastu. Rámová okapnice má dvě základní funkce, a to ochrannou a odvod vody z meziokenního prostoru.

Velký vývoj eurookna spočívá i v malých technologických změnách, jako je například utěsnění zasklívacích lišt silikonem nebo speciálním těsněním (například Deventer S6867), které se usazuje do drážky v okenním křídle pod zasklívací lištu. Pod neutěsněnou zasklívací lištou vzhledem k tomu, že tlaková bilance ve většině domácností je nesprávně přetlaková, dochází k proudění vzduchu, který je nezřídka teplý a vlhký a zejména v zimním období pak dochází ke kondenzaci v prostoru zasklívacího falcu a poškozování konstrukce okna a následně pak povrchové úpravy. Tento technologický postup je i jedním z řešení, vznikajícího kondenzátu na spodní části skla okna v zimních měsících, kdy bez utěsnění lišty dochází k pronikání chladu až k vnitřní tabuli skla, která má poté nižší povrchovou teplotu než je rosný bod.

Na obrázku č. 10 je eurookno v profilu IV92. Tuto konstrukci eurookna lze označit za třetí generaci eurookna, konkrétně se jedná o konstrukci okna NOVÝ DESIGN. Je navržena pro stavební hloubku 78 mm - profil IV78 a stavební hloubku 92 mm – profil IV92. Třetí generace eurookna používá rámovou okapnici SPREE, která zasahuje co nejméně do konstrukce okna. Je použito dvou stejných celoobvodových těsnění pro vnitřní i středovou nalehávku a zatěsnění štulpu praporkovým těsněním s koncovkami s možností aplikace těsnění i pod lištu. Pro zlepšení vlastností okna lze použít třetí těsnění do vnějšího falce rámu okna. Výška vnitřní nalehávky je 20 mm, čímž je zvětšená dosedací plocha vnitřního těsnění a dochází k lepšímu zamezení infiltrace vnitřní vlhkosti do meziokenního prostoru. Významnou inovací této konstrukce je maximální zúžení křídlových i rámových profilů okna, které vedou ke snížení plochy rámu okna a ke zvýšení plochy skla. Díky tomu má okno lepší vlastnosti a to nejen tepelně izolační, ale může dosahovat i větších solárních zisků. Dále došlo k vytvoření těsnících komor v meziokenním prostoru. [16]



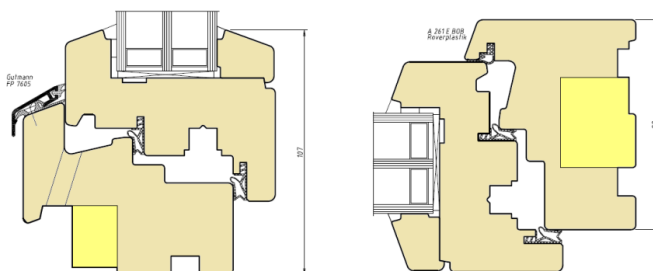
Obrázek č. 10: Okno IV92 NOVÝ DESIGN (převzato z [15])

Profil IV92 se zasklívá trojsklem s hodnotou součinitele prostu tepla $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ nebo $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Tento profil však umožňuje použití skla o šířce až 54 mm, kdy bude použita zasklívací lišta o šířce 15 mm. To umožní použití trojskla v kombinaci se

speciálním sklem, například ornamentní sklo o šířce 6 mm. Sklo v této kombinaci bude ve složení 6-18-6-18-6 o celkové šířce 54 mm a hodnotou součinitele prostu tepla $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Profil IV78 se zasklívá dvojsklem s hodnotou součinitele prostu tepla $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nebo trojsklem s hodnotou součinitele prostu tepla $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

V současné době, aby se docílilo ještě lepších parametrů rámu okna, dochází ke kombinaci různých materiálů. Jedná se o vylepšený typ konstrukce okna vkládáním materiálů s nižší tepelnou vodivostí, než má smrkové dřevo, ze kterého se nejčastěji vyrábí okna. Tímto materiálem může být například purenit či korek. Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti purenitu: $\lambda_D = 0,080 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. [17]

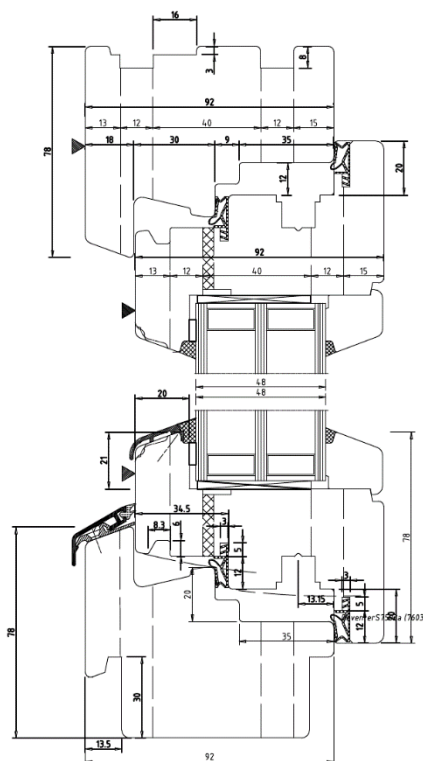
Nejčastěji se tyto materiály vkládají do spodního dílce okna, kde je šířka rámu zúžená, což je způsobeno vyfrézováním drážek pro vnitřní a venkovní parapet. Možné vložení purenitu do rámového dílce je vyobrazeno na obrázku č. 11.



Obrázek č. 11: Purenit v rámu okna (převzato z [18])

Na obrázku č. 12 je okno o stavební hloubce 92 mm. Jedná se o konstrukci eurookna pojmenovanou NOVÝ DESIGN. Tato konstrukce okna se oproti standardní konstrukci eurookna NOVÝ DESIGN liší v profilaci spodního dílce rámu, kde je dílec vyprofilován pro použití křídlové okapnice namísto SPREE okapnice. Křídlová okapnice má ochrannou funkci nejexponovanější části rámu proti povětrnostním vlivům a zároveň utěsňuje dolní spáru mezi křídlem a rámem okna a zabraňuje tak částečnému vnikání vody do meziokenního prostoru. Křídlová okapnice má však pouze ochrannou funkci, nikoli funkci odvodu vody. Odtok vody musí být zajištěn pomocí vyfrézovaných odtokových kanálků umístěných v dolním vlisu rámu okna. Odtokové kanálky musejí být vyústěny mimo konstrukci okna, nejlépe na venkovní parapet tak, aby voda byla odvedena z konstrukce domu. Tímto řešením odvodu vody vzniká riziko spojené s možností nedokonalého odvedení vody z meziokenního prostoru. Voda se do něho

dostává různými způsoby. Může to být například odtokovými kanálky z okenního křídla nebo možným zatečením vody při dešti. Zajištění odvedení vody z konstrukce okna je velmi důležité, protože při neodvedení vody z konstrukce okna může docházet nejen k poškození povrchové úpravy okna, ale i k hnilobám dřeva, které vede k znehodnocení celého okna. Hlavním důvodem vývoje tohoto řešení profilu je dosažení lepších tepelně izolačních vlastností rámu okna.

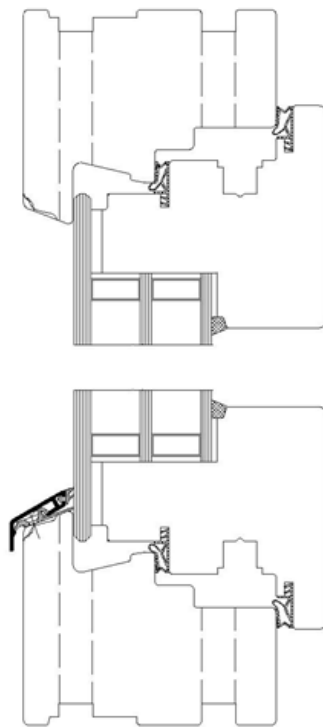


Obrázek č. 12: Okno NOVÝ DESIGN (převzato z [15])

Mezi technologický vývoj lze i zařadit dílcovou metodu, která spočívá v pořadí výroby jednotlivých vlisů okna, které se vyrábí v tomto pořadí: čepování, profilování, máčení do impregnace, případně i do barevného základu, slepení. Zbylé pořadí je shodné s klasickou výrobou oken. Tento technologický postup umožňuje nanesení impregnace na celý povrch jednotlivých dílců okna a to i na čepy a rozpory, čímž je docílena dokonalejší ochrana okna. Další výhodou dílcové metody je v pořadí obrábění jednotlivých dílců okna. Dochází nejprve k čepování a poté profilování, čímž se eliminují otřepy hran. Dílcová metoda zvyšuje i přesnost výroby, neboť u dílcové metody dochází k profilaci zároveň vnitřního i vnějšího profilu dílce, čímž je zaručený přesný rozměr jednotlivých dílců. Po slepení jednotlivých dílců vzniká rám okna nebo křídlo okna o přesných rozměrech a je tak eliminována možná chyba, která by mohla způsobit, že křídlo bude

větší, či menší než je požadovaný rozměr. Chybný rozměr křídla okna vede nejen k nedokonalému dosedání těsnění na dosedací plochy, čímž okno bude mít daleko horší průvzdušnost, ale může dojít i k tomu, že okno nepůjde uzavřít, neboť čepy kování nebudou zapadat do zámků v rámu okna.

Na obrázku č. 13 je okno o stavební hloubce 92 mm, které vychází z konstrukce eurookna NOVÝ DESIGN. Tento typ konstrukce je výrobcem označován různě. Například MODERN. Okno MODERN je velmi často zabudováno tak, že je venkovní špaleta dovedena těsně na vnitřní okraj rámu, čímž je celý rám téměř zakryt fasádou a z venkovní strany je vidět pouze sklo okna. Tímto řešením zabudování okna vzniká velmi pohledný detail, který se z venkovní strany tváří téměř jako bezrámové okno. Velkou výhodou okna MODERN je, že z venkovní strany je jen velmi malá plocha okna, která vyžaduje péči v podobě ošetřování laku a navíc nejexponovanější část okna je chráněna hliníkovou okapnicí. Lze říci, že popisovaným způsobem zabudované okno odstraňuje hlavní nedostatek dřevěného okna, kterým je péče o venkovní povrchovou úpravu. Další výhodou zmiňovaného řešení zabudování je, že takto dovedená špaleta bývá velmi často z materiálu, který má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti, čímž dojde ke zlepšení tepelně izolačních vlastností okna. Velkou nevýhodou tohoto typu okna je vyšší pořizovací cena, která je způsobena nutností použití přesahového skla, které musí mít zabroušené hrany a musí být použit speciální tmel pro lepení skla. Tím se okno stává zhruba o 30 % dražším, než eurookno třetí generace. Další nevýhoda je spojena s možným rizikem odtoku vody, jako u okna NOVÝ DESIGN s křídlovou okapnicí, která nahrazuje SPREE okapnici. U tohoto typu okna je velmi důležité, aby se hliníková okapnice nedotýkala skla. Tento detail je ošetřen použitím okapnice s těsněním, které doléhá ke sklu.



Obrázek č. 13: Okno MODERN (převzato z [15])

V dnešní době byl vyvinut profil o stavební hloubce 112mm, který je označován jako profil IV112. Hlavní výhodou tohoto profilu je možnost použití izolačního čtyřskla, které má však řadu nevýhod. Jednou je vysoká cena oproti trojsklu. Další nevýhoda je spojená s životností tohoto skla, která v současné době nemůže být garantována. Je to způsobeno vysokými teplotami hran skel, které ohřívají tmel. Vystavováním takto vysokých teplot na tmel skla není zaručena životnost tmelu a tím i celého skla.

2.6. Vlastnosti eurookna

Vlastnosti okna jsou dány profilem okna, technologií výroby, dodržováním technologických postupů a vlastnostmi jednotlivých komponentů, ze kterých je okno složeno. Jak bylo uvedeno v kapitole 4.2 největší podíl na celkovém součiniteli prostupu tepla má sklo.

2.6.1. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K . [19]

Součinitel prostupu tepla U se vypočítá ze vztahu [20]:

$$U_w = \frac{\sum A_g * U_g + \sum A_f * U_f + \sum l_g * \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} [W/(m^2 \cdot K)]$$

kde:

A_g	zasklená plocha v m^2
A_f	navrhovaná plocha rámu v m^2
l_g	celkový viditelný obvod zasklení v m
U_g	součinitel prostupu tepla zasklení ve $W/(m^2 \cdot K)$
U_f	součinitel prostupu tepla rámu ve $W/(m^2 \cdot K)$
Ψ_g	lineární činitel prostupu tepla způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení, distančního rámečku a rámu ve $W/(m \cdot K)$

V současné době se tato hodnota těch nejlepších oken pohybuje pod $0,70 W/(m^2 \cdot K)$. Na součinitel prostupu tepla se v současné době bere největší ohled.

2.6.2. Odolnost proti zatížení větrem

Odolnost proti zatížení větrem posuzuje stabilitu konstrukce otvorové výplně, vzhledem k působení tlaku větru. Při zkoušce se měří deformace rámových a křídlových profilů oken a vchodových dveří při působení tlaku větru. Zkouška je provedena podle normy ČSN EN 12211 – Okna a dveře – Odolnost proti zatížení větrem – Zkušební metoda. Klasifikace je provedena podle normy ČSN EN 12210 – Okna a dveře – Odolnost proti zatížení větrem – Klasifikace. Výsledkem je třída odolnosti proti zatížení větrem, například třída C4. Třída odolnosti proti zatížení větrem hodnotí průhyb rámu ve třídách A–C, kdy třída C je nejlepší a znamená tedy nejmenší průhyby. Třída odolnosti proti zatížení větrem dále udává tlakové zatížení ve třídách 1–5. Vyšší číselné označení udává vyšší tlak působícího větru. [21]

2.6.3. Vodotěsnost

Účelem zkoušky vodotěsnosti je zjistit, jak dané okno či vchodové dveře odolávají působení deště v součinnosti s působením větru. Zkoušku je možné provádět dvěma zkušebními postupy: Postup A, který je vhodný pro nechráněný výrobek. Postup B, který je vhodný pro částečně chráněný výrobek. Při zkoušce vodotěsnosti je zkušební vzorek vystaven působení předepsaného množství vody a současně na něj působí tlak vzduchu. Posuzuje se jeho vodotěsnost. Zkušebním předpisem je norma ČSN EN 1027 – Okna a

dveře – Vodotěsnost – Zkušební metoda. Klasifikace je prováděna podle normy ČSN EN 12208 – Okna a dveře – Vodotěsnost – Klasifikace. Podle toho, jakému tlaku vzduchu zkušební vzorek odolá bez průniku vody na vnitřní část konstrukce, se poté zařadí do třídy vodotěsnosti dle příslušné klasifikace. Tyto třídy jsou 1A–9A (1B–7B), lepší výsledky se pak hodnotí přímo hodnotou tlakového zatížení, které konstrukce odolá bez průniku vody např. E750 (750 Pa), E1050. [21]

2.6.4. Součinitel spárové průvzdušnosti

Součinitel spárové průvzdušnosti vyjadřuje objemový tok vzduchu v m³ za 1 sekundu, proudící l [metr] délky otevíravých spár oken a dveří, při tlakovém rozdílu mezi oběma stranami konstrukce 1 Pa. Má rozměr m³/m.s⁻¹.Pa-0,67. U moderních oken je kladen velký důraz na co nejmenší průvzdušnost a to proto, že to vede k menší spotřebě energií. Lze tedy říci, že moderní okna mají čím dál tím menší průvzdušnost a tím tak zabraňují oknům v plnění tradiční funkce okna – přirozené větrání. Při užívání moderních oken musíme brát v potaz tento fakt a zajistit tak dostatečné větrání prostorů. V nedostatečně větraných místnostech se následkem užívání hromadí škodliviny a zvyšuje se relativní vlhkost. [21]

2.7. Tepelné ztráty

2.7.1. Tepelné ztráty prostupem tepla stěnami

Tepelné ztráty prostupem tepla stěnami se vypočítají podle vzorce [22]:

$$Q_z = S_z * dt * k$$

kde: S_z je plocha stěny bez oken

dt je rozdíl vnitřní výpočtové teploty a venkovní výpočtové teploty

k součinitel prostupu tepla stěnou

Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla okny se vypočítá ze vzorce:

$$Q_w = U_{okna} * dt$$

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla celé stěny je pak součtem tepelných ztrát prostupem tepla oken a tepelné ztráty prostupem tepla stěny. Vypočítá se ze vzorce:

$$Q_o = Q_z + Q_w$$

kde: Q_z je tepelná ztráta stěny

Q_w je tepelná ztráta oken

Výpočet přírážek k základní tepelné ztrátě se skládá z přírážky na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí, přírážka na urychlení zátopu a přírážka na světovou stranu.

Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí se vypočítá ze vzorce [22]:

$$P_1 = 0,15 * k_c$$

kde je k_c [22]:

$$K_c = \frac{Q_o}{S * (t_i - t_e)}$$

Přírážka na světovou stranu se určí z tabulky č. 3-8 pro jednotlivé stěny.

Tabulka č. 1: Přírážka na světovou stranu (převzato z [22])

světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
přírážka p_3	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tepelná ztráta prostupem tepla se vypočítá ze vzorce [22]:

$$Q_p = Q_o * (1 + p_1 + p_2 + p_3) [W]$$

2.7.2. Tepelné ztráty větráním

Větrání obytných prostor je velmi důležité a to jak z hygienických důvodů, tak i z hlediska životnosti oken. Větrání zajišťuje zdravé nezávadné prostředí v domě. Znečištění vzduchu v domě je způsobeno řadou činitelů. Mezi tyto znečišťovatele se řadí i člověk. Průměrný člověk vydýchá okolo 2,5L vody za den, čímž zvyšuje vlhkost v domě a také produkuje řadu jedovatých plynů, především CO_2 . Zvýšená koncentrace CO_2 se projevuje únavou, bolestí hlavy, pálením očí nebo zhoršenou schopností soustředit se. Životnost oken je ovlivňována především vlhkostí v domě, která by se měla pohybovat okolo 45%. Při vysoké vlhkosti vzduchu dochází ke kondenzaci vodních par na chladných površích a následně na nich vznikají plísně. Velmi často se těmito povrchy stávají skla oken.

Nezvratným důkazem je tomu plíseň, která se vyskytuje na zatmělení skla. Tuto vzdušnou vlhkost zároveň absorbují dřevěné prvky konstrukce domu, jako jsou například okna a může docházet k poškození. Způsobené poškození je popsáno v kapitole č. 2.3.1.1..

Obecná rovnice pro výpočet tepelné ztráty větráním je [23]:

$$Q_v = \frac{V}{3600} * \rho * c * (t_i - t_e)[W]$$

kde: V je objemový tok vzduchu do místnosti

ρ je hustota vzduchu [$\text{kg} * \text{m}^{-3}$]

c je měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]

t_i je vnitřní teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

t_e je venkovní teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

Rovnice pro určení objemového toku V se vypočítá ze vztahu:

$$V = O_v * n [\text{m}^3\text{h}^{-1}]$$

kde: n je intenzita výměny vzduchu větrané místnosti

O_v objem vzduchu ve větraném prostoru, který lze vypočítat ze vztahu:

$$O_v = d * \check{s} * v [\text{m}^3]$$

kde: d je délka místnosti

\check{s} je šířka místnosti

v je výška místnosti

2.7.3. Celková tepelná ztráta modelového domu

Celková tepelná ztráta modelového domu je dána součtem tepelné ztráty modelového domu a tepelné ztráty větráním a je vypočítána rovnicí [22]:

$$Q_c = Q_p + Q_v$$

kde: Q_p je tepelná ztráta prostupem tepla

Q_v je tepelná ztráta větráním

2.7.4. Celková roční spotřeba tepla modelového domu

Celková roční spotřeba tepla musí být navržena tak, aby byla dosažena žádaná vnitřní teplota, za určité časové období, při určitých tepelně izolačních vlastnostech budovy a vnějších povětrnostních podmínkách. Nejčastěji se jako časové období volí jeden rok.

Celková teoretická roční spotřeba tepla při nepřerušovaném vytápění se počítá ze vztahu [24]:

$$Q_d = \frac{24 * TZ * e * d * (t_{is} - t_{es})}{(t_{is} - t_e)} \text{ [kWh/rok]}$$

kde: TZ je celková ztráta tepla modelového domu

e součinitel charakterizující nesoučasnost vytápění

d počet dnů topného období

t_{is} průměrná vnitřní teplota

t_{es} průměrná venkovní teplota

t_e výpočtová venkovní teplota.

Celková skutečná roční spotřeba tepla se liší oproti teoretické spotřebě tepla o ztráty vzniklé při výrobě tepla a následnému jeho rozvodu do vytápěných místností. Skutečnou spotřebu tepla spočítáme ze vzorce:

$$Q_{d \text{ skut.}} = \frac{Q_d}{x \%} \text{ [kWh/ rok]}$$

kde: Q_d je celková teoretická roční spotřeba tepla

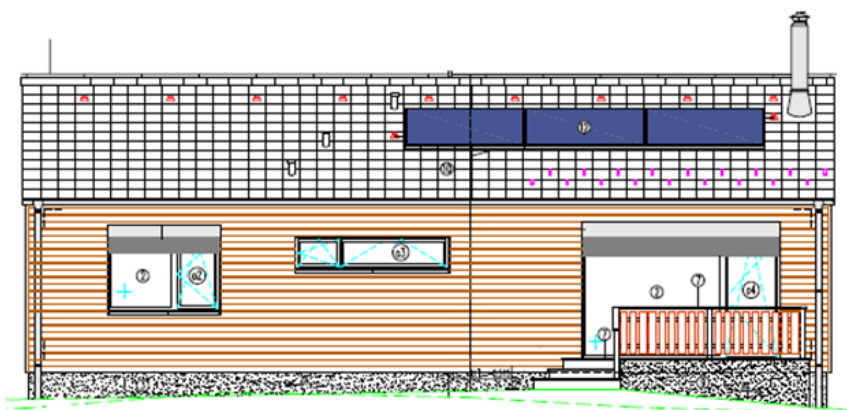
x jsou ztráty vzniklé při výrobě tepla a následnému jeho rozvodu do vytápěných místností

3. Metodika

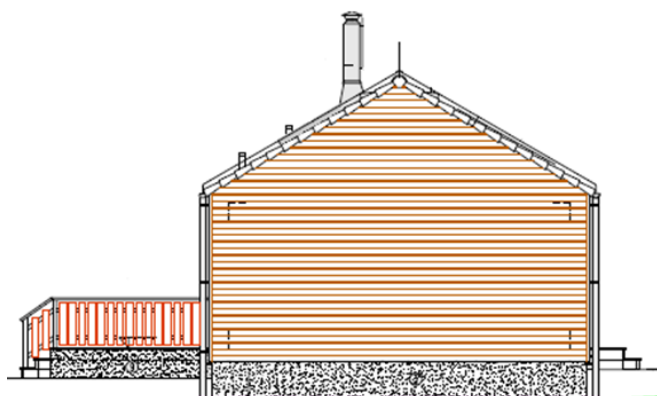
Pro komparaci oken byl zvolen modelový dům. Lokalita modelového domu byla zvolena Praha. Podle této lokality byla určena délka otopného období, průměrná roční teplota a venkovní výpočtová teplota. Vnitřní výpočtová teplota byla zvolena 20 °C. [25]



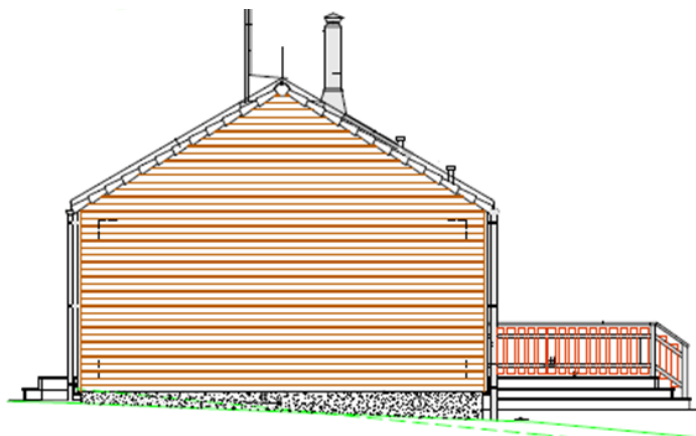
Obrázek č. 14: Severní strana modelového domu (převzato z [26])



Obrázek č. 15: Jižní strana modelového domu (převzato z [26])



Obrázek č. 16 Východní strana modelového domu (převzato z [26])



Obrázek č. 17 Západní strana modelového domu (převzato z [26])

Celková tepelná ztráta modelového domu byla vypočítána dle ČNS 06 0210 – obálková metoda. Tepelné ztráty prostupem tepla zdmi byly vypočítány bez oken. Výpočty tepelných ztrát prostupem tepla okny byly vypočteny pro jednotlivé profilové varianty oken zvlášť. Výpočtový vzorec pro výpočet tepelné ztráty prostupem tepla okny byl použit vzorec pro výpočet součinitele prostupu tepla okny, který se upravil tak, aby byla získána tepelná ztráta celými okny, nikoliv pro 1 m^2 okna. Tepelná ztráta modelového domu je součet tepelných ztrát prostupem tepla jednotlivých stěn s tepelných ztrát prostupem tepla okny. Dále byla vypočítána tepelná ztráta se zohledněním tepla použitého na výměnu vzduchu, kdy byla zvolena intenzita výměny vzduchu $0,3 \text{ h}^{-1}$. Celková tepelná ztráta modelového domu je součtem tepelné ztráty modelového domu s tepelnými ztrátami větráním.

Teoretická roční spotřeba tepla byla vypočítána pomocí klimatických denostupňů. Následně byla spočítána skutečná roční spotřeba tepla, kde byla stanovena účinnost kotle a otopné soustavy na 90%. Tato skutečná roční spotřeba tepla byla použita pro výpočet potřebných ročních finančních nákladů na vytápění modelového domu, která se vypočítala vynásobením skutečné roční spotřeby tepla v MWh/rok s cenou plynu v Kč/MWh. Takto byla vypočtena skutečná roční spotřeba tepla a finanční náklady na vytápění modelového domu pro všechny profilové varianty oken.

Komparace oken byla provedena na základě porovnávání skutečné roční spotřeby tepla a finančních ročních nákladů na vytápění jednotlivých profilových variant oken.

4. Výsledky

4.1. Stanovení tepelných ztrát modelového domu

4.1.1. Tepelné ztráty okny

V následujících tabulkách jsou uvedeny tepelné prostupy profilových variant IV78-44, IV68-44, IV78-444, IV88-444, IV92-444, IV112-444 a IV112-4444. Dále jsou uvedeny tepelné prostupy jednotlivých oken/ dveří a jednotlivé hodnoty oken nezbytných pro výpočet tepelných ztrát oken/ dveří, které jsou navrhovány do modelového domu.

Okno IV68-44 značí eurookno o stavební hloubce 68mm s dvojsklem, IV78-44 eurookno o stavební hloubce 78mm s dvojsklem, IV78-444 eurookno o stavební hloubce 78mm s trojsklem, IV88-444 eurookno o stavební hloubce 88mm s trojsklem, IV92-444 eurookno o stavební hloubce 92mm s trojsklem, IV112-444 eurookno o stavební hloubce 112mm s trojsklem a IV112-4444 eurookno o stavební hloubce 112mm s čtyřsklem.

Výpočty tepelných prostupů oken jsou počítány jednotlivě pro každé okno. Výpočty jsou dle skutečných hodnot. Tepelný průstup jednotlivých oken/ dveří je počítán podle vzorce, který byl odvozen ze vzorce pro výpočet U_w hodnoty:

$$U_{\text{okna}} = \sum A_g * U_g + \sum A_f * U_f + \sum l_g * \Psi_g [W]$$

Hodnota součinitele průstupu tepla skly byla získána pro jednotlivá okna z vypracovaných nabídek od výrobce. U okna č. 5 jsou tyto hodnoty rozdílné. Je to dáno velikostí skla, které musí být vyrobeno v jiném složení skel, než je tomu tak u ostatních oken. Pouze u profilové varianty IV78-44 a IV92-444 je použito sklo s U_g hodnotou stejnou, jako u ostatních oken. Je to dáno technologií výroby oken. Hodnota součinitele průstupu tepla a lineární činitel průstupu tepla rámečkem pro profilové varianty IV78-44, IV68, IV78-444, IV88 a IV92 byly převzaty z firemních materiálů firmy Agát s.r.o. [27] Pro profilové varianty IV112-444 a IV112-4444 byly převzaty ze základního výpisu z listu výrobku Nová Zelená úsporám 2013 [28]. Ostatní hodnoty byly vypočítány dle výkresové dokumentace oken. [15]

Tabulka č. 2: Tepelný prostup okny IV78-44

IV78 - 44	š	v	S_w	A_g	A_f	l_g	U_g	U_f	Ψ_g	U_{okna}
	m	m	m^2	m^2	m^2	m	W/($m^2 \cdot K$)	W/($m^2 \cdot K$)	W/(m.K)	W
okno 1	2,000	1,355	2,710	1,912	0,798	3,827	1,1	0,97	0,031	2,996
okno 2	2,000	1,355	2,710	1,912	0,798	3,827	1,1	0,97	0,031	2,996
okno 3	1,855	0,630	1,169	0,634	0,535	4,036	1,1	0,97	0,031	1,341
okno 4	0,880	0,630	0,554	0,254	0,300	2,086	1,1	0,97	0,031	0,636
okno 5	3,500	2,200	7,700	6,368	1,332	14,646	1,1	0,97	0,031	8,751
okno 6	1,600	0,630	1,008	0,534	0,474	3,526	1,1	0,97	0,031	1,157
dveře IV78	0,960	2,205	2,117	1,191	0,926	5,056	1,1	1,25	0,031	2,624
									celkem	20,500

Tabulka č. 3: Tepelný prostup okny IV68-44

IV68	š	v	S_w	A_g	A_f	l_g	U_g	U_f	Ψ_g	U_{okna}		
	m	m	m^2	m^2	m^2	m	W/($m^2 \cdot K$)	W/($m^2 \cdot K$)	W/(m.K)	W		
okno 1	2,000	1,355	2,710	1,878	0,832	3,755	1,1	1,1	0,047	3,157		
okno 2	2,000	1,355	2,710	1,878	0,832	3,755	1,1	1,1	0,047	3,157		
okno 3	1,855	0,630	1,169	0,599	0,570	4,036	1,1	1,1	0,047	1,475		
okno 4	0,880	0,630	0,554	0,237	0,317	2,086	1,1	1,1	0,047	0,708		
okno 5	3,500	2,200	7,700	1,33	4,98	1,385	14,583	1,1	1,3	1,1	0,047	10,152
okno 6	1,600	0,630	1,008	0,504	0,504	3,526	1,1	1,1	0,047	1,275		
dveře IV68	0,960	2,205	2,117	1,081	1,036	4,804	1,1	1,5	0,047	2,969		
									celkem	22,893		

Tabulka č. 4: Tepelný prostup okny IV78-444

IV78 - 444	š	v	S _w	A _g		A _f	l _g	U _g		U _f	Ψ _g	U _{okna}
	m	m	m ²	m ²		m ²	m	W/(m ² .K)		W/(m ² .K)	W/(m.K)	W
okno 1	2,000	1,355	2,710	1,912		0,798	3,827	0,7		0,97	0,031	2,231
okno 2	2,000	1,355	2,710	1,912		0,798	3,827	0,7		0,97	0,031	2,231
okno 3	1,855	0,630	1,169	0,634		0,535	4,036	0,7		0,97	0,031	1,088
okno 4	0,880	0,630	0,554	0,254		0,300	2,086	0,7		0,97	0,031	0,534
okno 5	3,500	2,200	7,700	1,360	5,008	1,332	14,646	0,7	0,8	0,97	0,031	6,705
okno 6	1,600	0,630	1,008	0,534		0,474	3,526	0,7		0,97	0,031	0,943
dveře IV78	0,960	2,205	2,117	1,191		0,926	5,056	0,7		1,25	0,031	2,148
											celkem	15,879

Tabulka č. 5: Tepelný prostup okny IV88-444

IV88	š	v	S _w	A _g		A _f	l _g	U _g		U _f	Ψ _g	U _{okna}
	m	m	m ²	m ²		m ²	m	W/(m ² .K)		W/(m ² .K)	W/(m.K)	W
okno 1	2,000	1,355	2,710	1,878		0,832	3,755	0,5		0,87	0,031	1,779
okno 2	2,000	1,355	2,710	1,878		0,832	3,755	0,5		0,87	0,031	1,779
okno 3	1,855	0,630	1,169	0,599		0,570	4,036	0,5		0,87	0,031	0,920
okno 4	0,880	0,630	0,554	0,237		0,317	2,086	0,5		0,87	0,031	0,459
okno 5	3,500	2,200	7,700	1,332	4,983	1,385	14,583	0,5	0,6	0,87	0,031	5,313
okno 6	1,600	0,630	1,008	0,504		0,504	3,526	0,5		0,87	0,031	0,800
dveře IV78	0,960	2,205	2,117	1,191		0,926	5,056	0,7		1,25	0,031	2,148
											celkem	13,199

Tabulka č. 6: Tepelný prostup okny IV92-444

IV92	š	v	S_w	A_g	A_f	l_g	U_g	U_f	Ψ_g	U_{okna}
	m	m	m^2	m^2	m^2	m	W/($m^2 \cdot K$)	W/($m^2 \cdot K$)	W/($m \cdot K$)	W
okno 1	2,000	1,355	2,710	1,912	0,798	3,827	0,5	0,8	0,031	1,713
okno 2	2,000	1,355	2,710	1,912	0,798	3,827	0,5	0,8	0,031	1,713
okno 3	1,855	0,630	1,169	0,634	0,535	4,036	0,5	0,8	0,031	0,870
okno 4	0,880	0,630	0,554	0,254	0,300	2,086	0,5	0,8	0,031	0,432
okno 5	3,500	2,200	7,700	6,368	1,332	14,646	0,5	0,8	0,031	4,704
okno 6	1,600	0,630	1,008	0,534	0,474	3,526	0,5	0,8	0,031	0,755
dveře IV92	0,960	2,205	2,117	1,191	0,926	5,056	0,5	1,1	0,031	1,771
									celkem	11,958

Tabulka č. 7: Tepelný prostup okny IV112-444

IV112- 444	š	v	S_w	A_g	A_f	l_g	U_g	U_f	Ψ_g	U_{okna}	
	m	m	m^2	m^2	m^2	m	W/($m^2 \cdot K$)	W/($m^2 \cdot K$)	W/($m \cdot K$)	W	
okno 1	2,000	1,355	2,710	1,912	0,798	3,827	0,5	0,75	0,031	1,673	
okno 2	2,000	1,355	2,710	1,912	0,798	3,827	0,5	0,75	0,031	1,673	
okno 3	1,855	0,630	1,169	0,634	0,535	4,036	0,5	0,75	0,031	0,843	
okno 4	0,880	0,630	0,554	0,254	0,300	2,086	0,5	0,75	0,031	0,417	
okno 5	3,500	2,200	7,700	1,360	5,008	1,332	14,646	0,5	0,6	0,75	5,138
okno 6	1,600	0,630	1,008	0,534	0,474	3,526	0,5	0,75	0,031	0,732	
dveře IV92	0,960	2,205	2,117	1,191	0,926	5,056	0,5	1,1	0,031	1,771	
									celkem	12,247	

Tabulka č. 8.: Tepelný prostup okny IV112-4444

IV112-4444	šířka	výška	S_w	A_g	A_f	l_g	U_g		U_f	Ψ_g	U_{okna}	
	m	m	m ²	m ²	m ²	m	W/(m ² .K)		W/(m ² .K)	W/(m.K)	W	
okno 1	2,000	1,355	2,710	1,912	0,798	3,827	0,4		0,75	0,031	1,482	
okno 2	2,000	1,355	2,710	1,912	0,798	3,827	0,4		0,75	0,031	1,482	
okno 3	1,855	0,630	1,169	0,634	0,535	4,036	0,4		0,75	0,031	0,780	
okno 4	0,880	0,630	0,554	0,254	0,300	2,086	0,4		0,75	0,031	0,391	
okno 5	3,500	2,200	7,700	1,360	5,008	1,332	14,646	0,5	0,6	0,75	0,031	5,138
okno 6	1,600	0,630	1,008	0,534	0,474	3,526	0,4		0,75	0,031	0,678	
dveře IV92	0,960	2,205	2,117	1,191	0,926	5,056	0,5		11	0,031	1,771	
										celkem	11,722	

4.1.2. Výpočet tepelných ztrát stěnami

Při výpočtech tepelných ztrát modelového domu byl modelový dům počítán jako jedna velká místnost, kde nebyli brány ohledy na vnitřní příčky a interiérové dveře.

Součinitel prostupu tepla bočními stěnami byl stanoven 0,17 W/(m².K), stropem 0,12 W/(m².K) a podlahou 0,23 W/(m².K). [26]

Výpočet tepelné ztráty severní stěny bez oken:

$$Q_z = 30,78 * 32 * 0,17 = 167,46$$

Výpočet tepelné ztráty oken severní stěny:

$$Q_w = 6,78 * 32 = 216,85$$

Výpočet tepelné ztráty celé stěny je pak součtem tepelné ztráty oken a tepelné ztráty stěny. Vypočítá se ze vzorce:

$$Q_o = 167,46 + 216,85 = 384,31$$

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí:

$$P_1 = 0,15 * k_c$$

$$k_c = \frac{1952,03}{280,91 * (20 - (-12))} = 0,217$$

$$P_1 = 0,15 * 0,217 = 0,033$$

Přirážka na urychlení zátoku se v případě našeho modelového domu nepočítá.

Přirážka na světovou stranu pro severní stěnu:

$$P_3 = 0,1$$

Tepelná ztráta prostupem tepla pro severní stěnu:

$$Q_p = 384,31 * (1 + 0,033 + 0 + 0,1) = 435,26 \text{ W}$$

Tepelné ztráty prostupem tepla jednotlivých stěn modelového domu jsou vypočítány v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: Tepelná ztráta prostupem tepla modelového domu

Označení stěny		S	J	V	Z	strop	podlaha	celkem	
Tloušťka stěny	cm	34	34	34	34	34	34	-	
délka	m	14,03	14,03	6,78	6,78	14,03	14,03	-	
šířka nebo výška	m	2,61	2,61	2,61	2,61	6,78	6,78	-	
plocha	m ²	36,62	36,62	17,70	17,70	95,12	95,12	-	
plocha otvorů	m ²	5,83	12,13	0	0	0	0	-	
plocha bez otvorů	m ²	30,78	24,49	17,70	17,70	95,12	95,12	-	
souč. prostupu tepla - kce	k	W.m ⁻² .K ⁻¹	0,17	0,17	0,17	0,17	0,12	0,23	-
rozdíl teplot	dt	K	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	20,00	-
souč. prostupu tepla - okna	U _{okna}	W	6,78	13,72	0,00	0,00	0,00	0,00	-
tepelná ztráta kce	Q _z	W	167,46	133,20	96,27	96,27	365,27	437,57	-
tepelná ztráta okna	Q _w	W	216,85	439,14	0	0	0	0	-
tepelná ztráta	Q ₀	W	384,31	572,34	96,27	96,27	365,27	437,57	-
tepelná ztráta prostupem tepla	Q _p	W	435,26	562,37	104,21	99,40	377,17	451,82	2030,24

Tepelná ztráta prostupem tepla modelového domu je 2030,24 W.

4.1.3. Výpočet tepelných ztrát větráním

Modelový dům není opatřen rekuperační jednotkou, která by větraný vzduch jakkoli předehtřivala a proto počítáme s chladným vzduchem odebíraným z těsného okolí budovy. Tento vzduch vstupuje do domu okny, případně veškerými možnými netěsnostmi. Ve výpočtu objemu vzduchu ve větraném prostoru byl celý dům počítán jako jedna místnost. Hustota vzduchu byla stanovena $\rho = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ o tepelné kapacitě $c = 1010 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$.

$$O_v = 14,03 * 6,78 * 2,61 = 248,27 \text{ m}^3$$

$$V = 248,27 * 0,3 = 74,48 \text{ m}^3$$

$$Q_v = \frac{74,48}{3600} * 1,2 * 1010 * (20 - (-12)) = 802,415 \text{ W}$$

Celková tepelná ztráta větráním činí pro modelový dům 802,415 W.

4.1.4. Celková tepelná ztráta modelového domu

Celková tepelná ztráta modelového domu je dána součtem tepelné ztráty modelového domu a tepelné ztráty větráním a je vypočítána rovnicí:

$$Q_c = Q_p + Q_v = 2030,240 + 802,415 = 2832,655 \text{ W}$$

Celková tepelná ztráta modelového domu je 2832,655 W

4.1.5. Celková roční spotřeba tepla modelového domu

$$Q_d = \frac{24 * 2,899 * 0,85 * 216 * (20 - 4)}{(20 - (-12))} = 6388,61 \text{ kWh/rok}$$

Celková tepelná ztráta modelového domu je 6388,61 kWh/ rok.

$$Q_{d \text{ skut.}} = \frac{6388,61}{0,9} = 7098,46 \text{ kWh/ rok}$$

Celková skutečná roční spotřeba tepla pro modelový dům s profilovou variantou oken IV78-44 je 7098,46 kWh/ rok.

4.1.6. Stanovení ročních nákladů na vytápění

Roční náklady na vytápění jsou stanoveny podle celkové skutečné roční spotřeby tepla [kWh/ rok] a současné ceny zemního plynu [Kč/ kWh].

Cena zemního plynu byla stanovena dle ceníku E.ON platný pro rok 2015. Požadovaná spotřeba zemního plynu modelového domu spadá pro všechny profilové varianty oken do stejného ročního odběrového pásma. Jedná se o pásmo odběru nad 1,89 MWh/ rok do 7,56 MWh/ rok. Cena zemního plynu je dvousložková. Pro dané pásmo je cena za odebraný zemní plyn 1 385,96 Kč/ MWh a stálý měsíční poplatek 173,76 Kč. [29]

Celkové roční náklady na vytápění jsou vypočítány z rovnice:

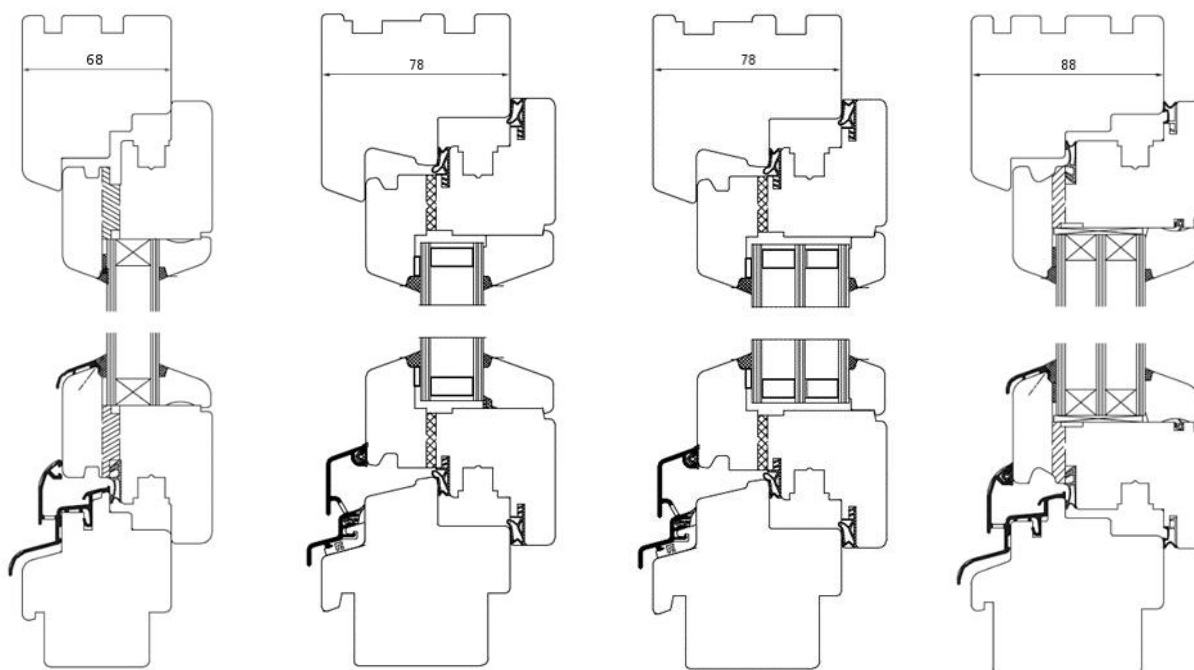
$$\text{roční náklady na vytápění} = 6,934 * 1385,96 + 173,76 * 12 = 11\,696 \text{ Kč}$$

Pro modelový dům s profilovou variantou oken IV78-44 jsou celkové roční náklady na vytápění 11 696 Kč.

4.2. Komparace oken

Jednotlivé profilové varianty oken jsou vzájemně porovnávány nejen podle jejich pořizovací ceny, ale i se zohledněním nákladů na vytápění v modelovém domě, kde byl zvolen jako vytápěcí médium plynový kotel. Pořizovací cena zahrnuje cenu oken včetně montáže. Montáž byla zahrnuta do pořizovací ceny z důvodů rozdílných cen pro jednotlivé profilové varianty oken.

Na obrázcích č. 18 až 24 jsou fotky řezů oken jednotlivých profilových variant oken použitých ve výpočtech pro modelový dům.

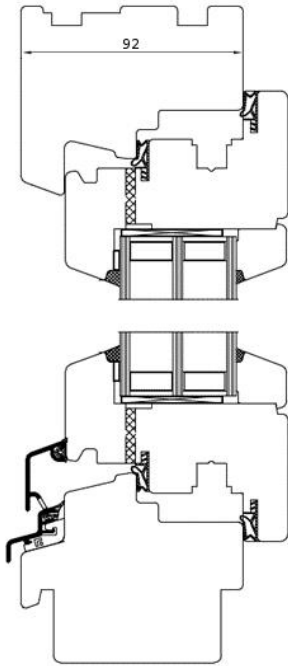


Obrázek č. 18:
IV 68-44

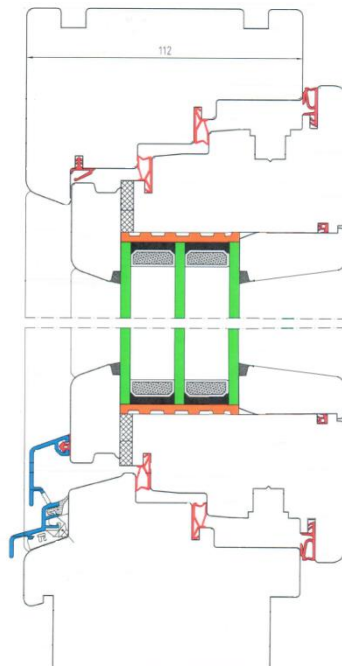
Obrázek č. 19:
IV 78-44

Obrázek č.20:
IV 78-444

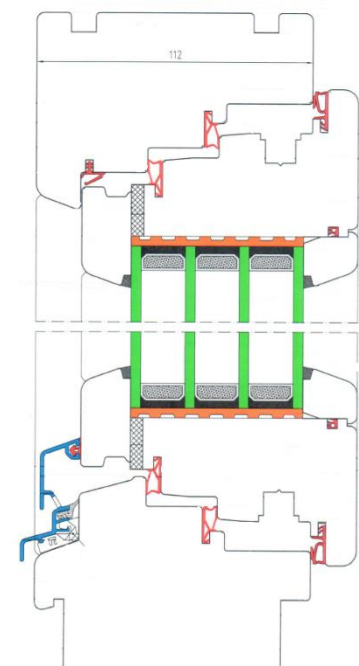
Obrázek č. 21:
IV 88-444



Obrázek č. 22:
IV 92-444



Obrázek č. 23:
IV 112-444



Obrázek č. 24:
IV 112-4444

Tabulka č. 10: Součinitel prostupu tepla okna pro 1 m² z okna o rozměrech 1,23 x 1,48 m

profilová varianta oken	U _w – prostup tepla oknem	U _f – prostup tepla rámem	U _g – prostup tepla sklem
	W/(m ² .K)	W/(m ² .K)	W/(m ² .K)
IV68	1,2	1,1	1,1
IV78-44	1,17	0,97	1,1
IV78-444	0,86	0,97	0,7
IV88	0,70	0,87	0,5
IV92	0,67	0,80	0,5
IV112-444	0,65	0,75	0,5
IV112-4444	0,58	0,75	0,4

V tabulce č. 10 jsou vypsány základní tepelně izolační hodnoty porovnávaných profilových variant oken. Je nutno podotknout, že tyto hodnoty jsou v jednotce W/(m².K), která byla zjištěna ze zkušební jednotkřídla okna o rozměrech 1,23 x 1,48 m. Ve vybraném modelovém domě je u všech profilových variant, kromě profilové varianty IV78-44 a IV92-444, použito u okna č. 5 sklo s horšími tepelně izolačními vlastnostmi, než je u okna o rozměrech 1,23 x 1,48 m. Je to dáno rozměry skla, které musí být o těchto rozměrech vyrobeno v jiném složení. Profilové varianty IV78-44 a IV92-444 umožňují použití skla o těchto rozměrech s U_g 0,5 W/(m².K).

Tabulka č. 11: Pořizovací ceny oken, včetně montáže

profilová varianta oken	pořizovací cena	rozdíl v pořizovací ceně
IV78-44	95 902 Kč	-
IV68-44	98 393 Kč	2 491 Kč
IV78-444	110 030 Kč	14 128 Kč
IV92-444	115 703 Kč	19 801 Kč
IV88-444	118 061 Kč	22 159 Kč
IV112-444	119 861 Kč	23 959 Kč
IV112-4444	130 838 Kč	34 936 Kč

V tabulce č. 11 jsou seřazena okna od nejlevnější varianty oken pro modelový dům až po nejdražší variantu. Rovněž je zde uveden rozdíl v pořizovací ceně oken oproti nejlevnější variantě.

Cena profilové varianty oken IV78-44, IV68-44, IV78-444, IV88-444 a IV92-444 byla stanovena na základě vypracovaných cenových nabídek od firmy Agát s.r.o. a cena profilové varianty oken IV112-444 a IV112-4444 byla stanovena na základě vypracovaných cenových nabídek od firmy TP EUROokna s.r.o.. Z tabulky č. 4-1 vyplývá, že nejlevnější profilovou variantou oken pro modelový dům je profilová varianta oken IV78-44 a nejdražší profilovou variantou oken je IV112-4444. Cena profilové varianty oken IV68-44 a IV88-444 je ovlivňována cenovou politikou výrobce oken, která je takto nastavena na základě výrobní technologie výrobce oken. Tyto dvě profilové varianty oken výrobce neinovoval a při případné výrobě těchto profilových variant oken musí dojít k výměně nástrojů ve všech výrobních strojích.

Tabulka č. 12: Energetická náročnost modelového domu jednotlivé zvolené varianty oken

profilová varianta oken	Spotřeba energií MWh/ 1 rok	Náklady na vytápění na 1 rok	rozdíl v nákladech na vytápění Kč/ 1 rok
IV112-4444	6,2061	10 687 Kč	-
IV92-444	6,2283	10 717 Kč	+ 30 Kč
IV112-444	6,2503	10 748 Kč	+ 61 Kč
IV88-444	6,3319	10 861 Kč	+ 174 Kč
IV78-444	6,5110	11 109 Kč	+ 422 Kč
IV78-44	6,9343	11 696 Kč	+ 1 009 Kč
IV68-44	7,0925	11 915 Kč	+ 1 228 Kč

V tabulce č. 12 jsou seřazeny jednotlivé profilové varianty oken od nejnižší roční spotřeby tepla a ročních nákladů na vytápění pro modelový dům. Je zde vyčíslen rozdíl v nákladech na vytápění, kde se porovnávají náklady na vytápění s profilovou variantou IV112-4444, která má nejnižší náklady na vytápění. Nejvyšší roční spotřeby tepla dosahují okna IV68-44. Tento výsledek šlo předpokládat. Avšak rozdíl v ročních nákladech na vytápění mezi okny IV112-4444 a IV92-444 je skoro až překvapivý. Je pouze 30 Kč. Je to zejména způsobeno tím, že rozdíl mezi součinitelem prostupu tepla čtyřsklem a trojsklem je pouze 0,1 W/(m².K). Velký vliv má okno č. 5, které je u profilové varianty oken IV112-4444 zaskleno trojsklem, které má horší U_g hodnotou, než trojsklo použité v profilové variantě oken IV92-444. Je to dáno technologií výroby jednotlivých výrobců oken.

4.3. Komparace investic

Investice jsou porovnávány na základě vlivu změn energetické náročnosti modelového domu, který je vytápěn plynovým kotlem. Základní investicí do oken modelového domu je profilová varianta oken IV78-44, nejlevnější varianta.

Doba pro porovnávání investic je 25 let. Tato doba byla stanovena na základě udávané životnosti skel, které nejvíce ovlivňují tepelně izolační vlastnosti oken. Pro celé hodnocené období je počítáno se současnou cenou zemního plynu.

Tabulka č. 13: Komparace investic

profilová varianta oken	výnosnost investice za 25 let	návratnost investice
IV78-44	-	-
IV92-444	4 674 Kč	20,3 let
IV78-444	547 Kč	24,1 let
IV112-444	-259 Kč	25,3 let
IV88-444	-1 284 Kč	26,6 let
IV68-44	-5 475 Kč	nenávratná
IV112-4444	-9 711 Kč	34,7 let

Z tabulky č. 13 vyplývá, že za výhodné investice lze považovat pouze dvě profilové varianty oken a to IV92, které mají nejkratší dobu návratnosti investice a výnosnost je 4 674 Kč. Druhou a zároveň poslední výhodnou investicí je profilová varianta oken IV78-444, které mají dobu návratnosti investice na konci hodnoceného období. Výnosnost této profilové varianty oken IV78-444 je 547,- Kč.

V hodnoceném období je nejhorší investicí profilová varianta oken IV112-4444, kde je dosahováno ztráty - 9 711 Kč. Je to dáno především vysokou pořizovací cenou.

Investice do profilové varianty oken IV68-44 je nenávratná, i kdybychom nebrali v úvahu udávanou životnost oken. Z tohoto důvodu někteří výrobci oken tento profil nenabízí a řada výrobců tento profil neinovuje a nabízí ho pouze pro své staré zákazníky, aby měli stejný profil oken na celém domě.

5. Diskuze

Při výběru oken se dnes řeší zejména otázka ohledně zasklení, zda dvojsklo nebo trojsklo. Volba profilu okna už není dle mého názoru zas až tak klíčová, neboť dřevěný rám v profilu IV78 bez sebemenších problémů unese váhu trojskla a je nutno brát v úvahu, že tepelně izolační vlastnosti jsou i velkou měrou ovlivněné způsobem zabudování okna. Tím, že špaleta maximálně překryje rám okna, dojde ke zlepšení tepelně izolačních vlastností. Ale i přes tohle tvrzení bych volil profil IV92, neboť umožňuje použití trojskel s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi. Hlavní výhodou trojskla oproti dvojsklu jsou téměř jednou tak lepší tepelně izolační vlastnosti, díky kterým má sklo v zimním období vyšší povrchovou teplotu. Nevýhodou trojskla je dosahování nižších solárních zisků. Je nutno ovšem říci, že solární zisky jsou k užitku jenom v průběhu otopného období, naopak v letních měsících jsou ke škodě. Solární zisky jsou také hůře zjištěitelné a nelze je tak snadno určit jako například tepelné ztráty. Jsem toho názoru, že je lepší výrazně snížit možné riziko vzniku kondenzátu na povrchu skla okna na úkor snížení možných solárních zisků, proto bych volil trojsklo. Můj názor je založen i na tom, že řada zákazníků firmy Agát s.r.o. si po několika letech užívání některých oken nechala okna z dvojskla přesklít do trojskla a to právě z důvodu vzniku kondenzátu na dvojsklech. Přesklením do trojskla byl tento problém odstraněn. Ohledně toho, že trojsklo je výhodnější i po finanční stránce mě ujistily výsledky této práce.

6. Závěr

Byla provedena komparace oken na bázi dřeva, jejichž cílem bylo určit finančně nejvýhodnější profilovou variantu oken pro modelový dům. Byla porovnávána okna v profilových variantách IV68-44 (dvojsklo), IV78-44 (dvojsklo), IV78-444 (trojsklo), IV88-444 (trojsklo), IV92-444 (trojsklo), IV112-444 (trojsklo) a IV112-4444 (čtyřsklo).

Komparace vybraných profilových variant oken byla provedena na základě zkoumání vlivu na energetické náročnosti modelového domu a s tím spojené náklady na vytápění. Komparace byla dále provedena na základě pořizovacích cen jednotlivých oken. Pro celkové srovnání profilových variant oken byla stanovena doba 25 let na základě udávané doby jejich životnosti.

Tabulka č. 14: Komparace oken

profilová varianta oken	Náklady na vytápění/ 25 let	Pořizovací cena	cena - výkon
IV92-444	267 925 Kč	115 703 Kč	383 628 Kč
IV78-444	277 725 Kč	110 030 Kč	387 755 Kč
IV78-44	292 400 Kč	95 902 Kč	388 302 Kč
IV112-444	268 700 Kč	119 861 Kč	388 561 Kč
IV88-444	271 525 Kč	118 061 Kč	389 586 Kč
IV68-44	297 875 Kč	98 393 Kč	396 268 Kč
IV112-4444	267 175 Kč	130 838 Kč	398 013 Kč

Tabulka č. 14 je seřazena od finančně nejvýhodnější investice až po nejméně výhodnou investici.

Pro modelový dům je nejen z finančního hlediska nejvýhodnější profilová varianta oken IV92-444. Investice do těchto oken má návratnost 20,3 let a výnosnost investice po dobu hodnocení investic je 4 674 Kč. Všeobecnou výhodou trojskel oproti dvojsklům je vyšší povrchová teplota skel, která tak snižuje možné riziko vzniku kondenzátu vodní páry na skle okna.

Tento výsledek práce může být užitečný jak pro výrobce oken, tak i pro zájemce o okna. Výrobci oken může sloužit nejen jako marketingový nástroj podporující jejich prodej, ale může jim být užitečný i při vývoji nových profilů oken. Zájemcům o okna usnadní rozhodování ohledně jejich výběru.

Seznam použité literatury:

- [1] TEPELNÉ ZTRÁTY. Energetický poradce PRE. [online]. 31.3.2015 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/tepelne-ztraty/>
- [2] PUŠKÁR, Anton. Okna, dveře, prosklené stěny. 1. čes. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 255 s. ISBN 80-889-0547-8.
- [3] Okno. Wikipedie. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Okno>
- [4] Dřevěná okna. Agát. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://agat.cz/produkty/drevena-okna/>
- [5] Dřevěné eurookno IV 92. Agát. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://agat.cz/produkty/drevena-okna/iv-92/>
- [6] Otvorové výplně z plastu. tzbinfo. [online]. 28.3.2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/otvorove-vyplne-z-plastu>
- [7] POLÁŠEK, Marek. A7 - Navrhování výplní otvorů budov dle principů trvale udržitelné výstavby. 1. vyd. Brno: Národní stavební centrum, 2012, 78 s. ISBN 978-80-87665-06-0.
- [8] Plastová okna VEKA Softline 82. Oknotherm. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.oknotherm.cz/plastova-okna/veka-softline82>
- [9] HLINÍKOVÁ OKNA – PROFIL W72. Oknotherm. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.oknotherm.cz/hlinikova-okna/profil-w72>
- [10] Dřevohliníková okna. Agát. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://agat.cz/produkty/drevohlinikova-okna/>
- [11] PLASTOHLINÍKOVÁ OKNA. Oknotherm. [online]. 28.3.2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.oknotherm.cz/plastohlinikova-okna/>
- [12] HS portál. Agát. [online]. 28.3.2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://agat.cz/produkty/posuvne-dvere/hs-portal/>

- [13] Izolační dvojskla a trojskla. Slavona. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.slavona.cz/izolacni-dvojskla-trojskla/>
- [14] Posuvné dveře. Agát. [online]. 28.3.2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://agat.cz/produkty/posuvne-dvere/>
- [15] výkresová dokumentace firmy Agát s.r.o. 2015.
- [16] Nástroje pro okna a dveře. Soukup. [online]. 28.3.2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: http://soukup.cz/eshop-produkt/nastroje_pro_vyrobu_oken_a_dveri/eurookno_iv78-92_-_novy_design/cz
- [17] Výborné izolační vlastnosti. Purenit. [online]. 28.3.2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.purenit.cz/vyborne-izolacni-vlastnosti>
- [18] firemní materiály Soukup s.r.o. 2015.
- [19] Součinitel prostupu tepla. tzbinfo. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/soucinitel-prostupu-tepla>
- [20] ČSN EN ISO 10077-1 (73 0567), Tepelné chování oken, dveří a okenic – Výpočet součinitele prostupu tepla – Část 1: Zjednodušená metoda. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [21] Klasifikační třídy zkoušených vlastností oken a vchodových dveří Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/9695-klasifikacni-tridy-zkousenych-vlastnosti-oken-a-vchodovych-dveri>. tzbinfo. [online]. 28.3.2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/9695-klasifikacni-tridy-zkousenych-vlastnosti-oken-a-vchodovych-dveri>
- [22] Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210 Zdroj: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/107-vypocet-tepelne-ztraty-objektu-dle-csn-06-0210.tzbinfo>. [online]. 28.3.2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/107-vypocet-tepelne-ztraty-objektu-dle-csn-06-0210>

[23] Tepelná ztráta větráním a zpětné získávání tepla. tzbinfo. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2988-tepelna-ztrata-vetranim-a-zpetne-ziskavani-tepla>

[24] Úspory tepla – denostupně. tzbinfo. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/717-uspory-tepla-denostupne>

[25] Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210 Zdroj: <http://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitрни-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>. tzbinfo. [online]. 16.4.2015 [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitрни-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>

[26] firemní materiály Penatus s.r.o. 2015.

[27] firemní materiály Agát s.r.o. 2015.

[28] Základní výpis z listu výrobku. Nová Zelená úsporám 2013. [online]. 31.3.2015 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z:<http://registrace.novazelenausporam.cz/vyhledavani/vyrobek/SVT5402/drevene-okno-iv112/>

[29] Přehled cen zemního plynu. tzbinfo. [online]. 30.3.2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-zemniho-plynu>

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Přírážka na světovou stranu (převzato z [24])

Tabulka č. 2: Tepelný prostup okny IV78-44

Tabulka č. 3: Tepelný prostup okny IV68-44

Tabulka č. 4: Tepelný prostup okny IV78-444

Tabulka č. 5: Tepelný prostup okny IV88-444

Tabulka č. 6: Tepelný prostup okny IV92-444

Tabulka č. 7: Tepelný prostup okny IV112-444

Tabulka č. 8: Tepelný prostup okny IV112-4444

Tabulka č. 9: Tepelná ztráta prostupem tepla modelového domu

Tabulka č. 10: Součinitel prostupu tepla okna pro 1 m² z okna o rozměrech 1,23 x 1,48 m

Tabulka č. 11: Pořizovací ceny oken, včetně montáže

Tabulka č. 12: Energetická náročnost modelového domu jednotlivé zvolené varianty oken

Tabulka č. 13: Komparace investic

Tabulka č. 14: Komparace oken

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Celkový únik tepla z domu (převzato z [1])

Obrázek č. 2: Dřevěné okno (převzato z [5])

Obrázek č. 3: Plastové okno (převzato z [8])

Obrázek č. 4: Hliníkové okno (převzato [9])

Obrázek č. 5: Dřevohliníkové okno MIRA SPREE (převzato [10])

Obrázek č. 6: Dřevohliníkové okno INTEGRAL (převzato z [10])

Obrázek č. 7: Plastohliníkové okno (převzato z [11])

Obrázek č. 8: Okno IV68 PROGRAMM 8000 (převzato z [15])

Obrázek č. 9: Okno IV78 Softline (převzato z [15])

Obrázek č. 10: Okno IV92 NOVÝ DESIGN (převzato z [15])

Obrázek č. 11: Purenit v rámu okna (převzato z [18])

Obrázek č. 12: Okno NOVÝ DESIGN (převzato z [15])

Obrázek č. 13: Okno MODERN (převzato z [15])

Obrázek č. 14: Severní strana modelového domu (převzato z [22])

Obrázek č. 15: Jižní strana modelového domu (převzato z [22])

Obrázek č. 16 Východní strana modelového domu (převzato z [22])

Obrázek č. 17 Západní strana modelového domu (převzato z [22])

Obrázek č. 18: IV68-44

Obrázek č. 19: IV78-44

Obrázek č. 20: IV78-444

Obrázek č. 21: IV88-444

Obrázek č. 22: IV92-444

Obrázek č. 23: IV112-444

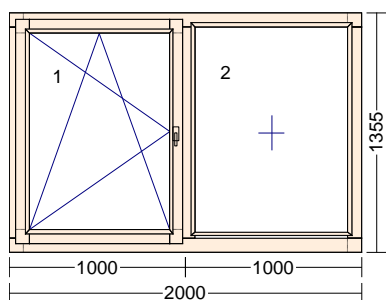
Obrázek č. 24: IV112-4444

Seznam příloh

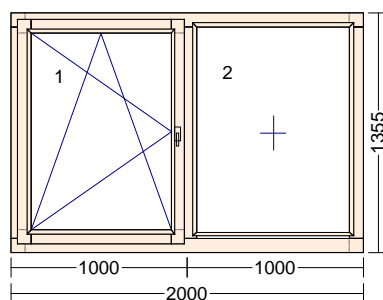
Příloha č. 1 – Výpis oken pro modelový dům

Příloha č. 1 – Půdorys modelového domu

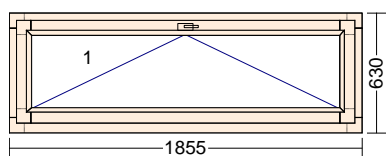
Příloha č. 1 – Výpis oken pro modelový dům



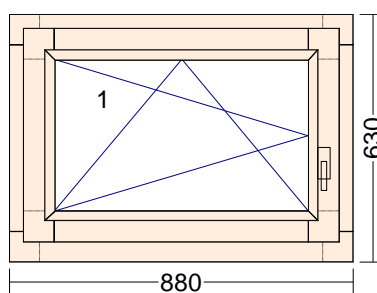
Okno 1 – jižní stěna



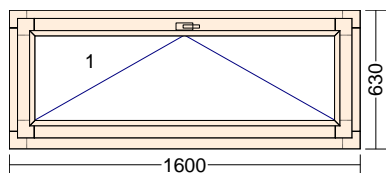
Okno 2 – severní stěna



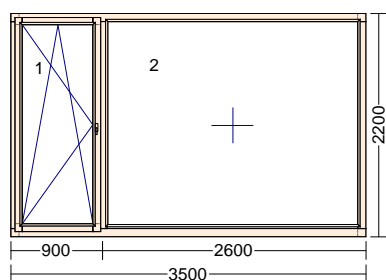
Okno 3 – jižní stěna



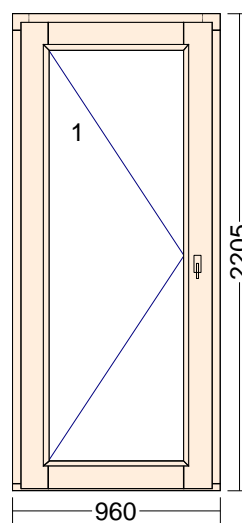
Okno 4 – jižní stěna



Okno 6 – severní stěna



Okno 5 – jižní stěna



Dveře – severní stěna

Príloha č. 2 – Půdorys modelového domu

