České vysoké učení technické
Fakulta stavební
Katedra technologie staveb

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Katedra technologie staveb

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Lehký obvodový plášť - srovnání dvou variant

Jan Ribár

2016

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Neumann

České vysoké učení technické
Fakulta stavební
Katedra technologie staveb

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 22. 05. 2016

……
Jan Ribár

České vysoké učení technické
Fakulta stavební
Katedra technologie staveb

Poděkování

Děkuji panu Ing. Pavlovi Neumannovi za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání bakalářské práce. Dále také děkuji panu Josefovi Mihalovičovi, paní Renátě Novotné, panu Ing. Milanovi Šívrovi a panu doc. Dr. Ing. Zbyňkovi Svobodovi za dobré rady a vstřícnost při konzultacích mé bakalářské práce.

České vysoké učení technické
Fakulta stavební
Katedra technologie staveb

Lehký obvodový plášť - srovnání dvou variant

Práce pojednává o výhodách, nevýhodách, možných řešeních lehkých obvodových plášťů nejprve v obecné rovině. Následují dva konkrétní případy aplikace plášťů a porovnání výsledků jednotlivých případů. Zabývá se také stanovením zatížení větrem na fasádu. V neposlední řadě je zde řešena varianta, která splňuje požadavky na pasivní lehký obvodový plášť. V závěru práce se autor zamýšlí nad možnostmi v budoucnosti.

Klíčová slova:

lehký obvodový plášť

obecné informace

zatížení větrem

aplikace vybraných variant

České vysoké učení technické
Fakulta stavební
Katedra technologie staveb

Lightweight cladding – differences between options

(Lightweight circumferential plastic – the comparison of two variations)

The work discusses of the advantages, disadvantages, potential solutions for light claddings at the first in general terms. The following are two specific instances of the application and comparison of the results of individual cases. The work deals with the determination of wind load on the façade,too. In the last rank is solved the variant,which meets the requirements of passive light shell. In the end of the work the author reflects on the possibilities in the future.

Keywords:

The lightweight cladding

General information

Wind load

The application of the selected variant

České vysoké učení technické
Fakulta stavební
Katedra technologie staveb

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Říbár Jméno: Jan Osobní číslo: 410170

Zadávající katedra: Katedra technologie staveb (k122)

Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství

Studijní obor: (3607R045) Příprava, realizace a provoz staveb L

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Lehký obvodový plášť - srovnání dvou variant

Název bakalářské práce anglicky: lightweight cladding - differences between options

Pokyny pro vypracování:
Příprava a realizace. Posouzení jednotlivých variant vícekriteriálním hodnocením

Seznam doporučené literatury:
Obvodové pláště budov - Anton Puškár
Okna, dveře a prosklené stěny - Anton Puškár
Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov - Jiří Novák

Jméno vedoucího bakalářské práce: ing. Pavel Neumann

Datum zadání bakalářské práce: 22. 02. 2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22. 05. 2016

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce" a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací".

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Obsah

1 Úvod 9

2 Obecné informace o dílčích částech lehkých obvodových plášťů 11

2.1. Sloupky a příčníky 11

2.2. Prosklené plochy 12

2.3. Neprůhledné plochy 14

2.4. Těsnící prvky 15

2.5. Lišty 19

2.6. Spoje a kotvení 20

2.6.1. Spoje sloupků a příčníků 20

2.6.2. Kotvení fasády 22

2.7. Druhy montážních postupů 23

3 Zatížení větrem 26

3.1. Odečtení základní rychlosti větru z mapy větrových oblastí dle ČSN EN 1991-1-4/NA 26

3.2. Výpočet základního dynamického tlaku větru 26

3.3. Zatížení větrem – vliv výšky nad terénem 27

3.4. Vypočtené hodnoty tlaků na fasádu 27

3.5. 3D vyznačení hodnot 28

4 Představení vybraných variant 29

4.1. Elegance 52 29

4.2. Systém CW 50 30

4.3. Systém CW 50 HI 31

5 Aplikace do projektu 32

5.1. Kontrola projektu výpočtem 32

5.2. Výpočet se systémem Elegance 52 35

5.3. Výpočet se systémem CW 50 38

5.4. Vyhodnocení výsledků 40

5.5. Srovnání obou variant 41

6 Aplikace pasivní varianty 42

6.1. Kontrola projektu výpočtem 42

6.2. Výpočet s CW 50 HI 45

6.3. Vyhodnocení výsledků 46

Závěr 47

Literatura 48

1 Úvod

Jedním z důležitých návrhů při projektování budov je zvolení typu obvodového pláště. Správnou optimalizací z možností na trhu vzejde návrh, který bude pro budoucí využití budovy nejvhodnější z mnoha hledisek.

V dnešní době se chtějí investoři z různých zemí proslavit tím, že postaví nejvyšší budovu světa. U takovýchto monumentálních staveb se řeší mnoho problematiky a jednou z nich je i obvodový plášť. Ten musí budovu co možná nejvíce ochránit před vlivy teplot, slunečního záření, hluku a jiných možných problémů, ale na druhou stranu musí co nejméně zatěžovat z hlediska statiky. K tomu všemu musí zaujmout svým originálním vzhledem co možná nejvíce lidí, kteří ho spatří. Kvůli tomuto všemu nečeká na oslovené odborníky lehký úkol.

V dnešní době je na trhu spousta možností z hlediska tvarů, barev, funkcí z kterých lze vybírat. Jendou z nejpoužívanějších variant řešení fasád pro výškové budovy je lehký obvodový plášť. Jedná se o soubor svislých a vodorovných roznášecích prvků, které tvoří dost často co možná nejmenší plochu finální fasády. Ve zbývajícím prostoru jsou skleněné tabule opatřené různými fóliemi ať už proti slunečnímu záření nebo z bezpečnostního hlediska.

V České republice funguje od roku 2007 instituce pod názvem Česká komora lehkých obvodových plášťů (zkráceně CKLOP), která sdružuje významné firmy z řad výrobců prosklených plášťů a jejich dodavatelů. Instituce dohlíží hlavně na kvalitu používaných materiálů, na informovanost odborné veřejnosti a nastavení pravidel ve výběrových řízeních.

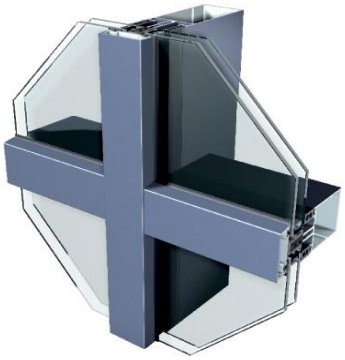
Zastoupení v odborné literatuře na téma lehkých obvodových plášťů lze nalézt v publikacích pana Antona Puškára Obvodové pláště budov – Fasády z roku 2002, Okna, dveře a prosklené stěny z roku 2003 a dále například publikace od pana Jiřího Nováka Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov z roku 2008.

Důvodem pro výběr tohoto tématu je zvyšující se zájem o řešení fasád způsobem lehkého obvodového pláště a to nejen u výškových budov typu jedné z nejvyšších na světě Burj Khalifa v Dubaji, ale také například výzkumných center jakým je Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky v Praze 6 Dejvicích, který má v porovnání jen několik nadzemních podlaží.

Cílem této práce je porovnání mezi vybranými výrobky dvou firem zabývajících se lehkými obvodovými plášti na českém trhu a následnou aplikací jedné z variant na vybraný projekt obytné budovy.

2 Obecné informace o dílčích částech lehkých obvodových plášťů

Lehké obvodové pláště jsou oproti jiným konstrukcím na stavbách zvláštní tím, že každá realizace je originál. Na první pohled se liší v maličkostech, jako jsou barvy předních lišt, ale ve skutečnosti 99% staveb se od sebe liší v detailech, které ovlivňují mnoho částí jak ve výpočtech, tak samotnou realizaci.



Obr. 1: Strukturální fasáda [1]

2.1. Sloupky a příčníky

Jednou z hlavních částí lehkého obvodového pláště jsou sloupky a příčníky.

Svislé sloupky jsou primární nesoucí konstrukcí celého systému. Jsou kotvené do stropních konstrukcí a to buď z čela, v takových případech se na fasádě vytvoří vodorovný neprůhledný pruh ze skla, případně i z tepelně izolačních panelů, kterými se zakryje kotvení nebo se vytvoří kotvení v úrovni skladby podlahy či podhledu.
Středy sloupků se často nechávají volné. V tom případě se těmito místy vede odvodnění fasády. Ne vždy je to ale výhodné řešení. Někteří inovátoři však do středů sloupků vkládají dřevěné profily. S dřevěnými prvky je sice fasáda o něco těžší, ale dřevo má dobré tepelně technické vlastnosti a zvyšuje únosnost sloupků.

Sekundárními nesoucími prvky jsou vodorovné příčníky. Ty jsou podle velikosti jednotlivých polí, respektive podle zatížení od zasklení, napojeny na svislé sloupky.

Hlavní zásadou po únosnosti u vodorovných příčníků ve výpočtech je průhyb. Zatížení od zasklení bývá často velké, 1mm skleněné tabule váží přibližně 2,5 kg/m^2, což v přepočtu na panel o velikosti 2x2 metry a síle skleněné tabule 24 mm znamená váhu 240 kg pouze vlastní váhy skla, kterou musí zachytit spodní příčník. Když vezmeme v potaz trend dnešní doby, který je snaha o stále lepší tepelně technické vlastnosti budovy, což se zajišťuje například větší mocností prosklených částí fasády, je více než jasné, že vodorovné části fasády budou stále více zatěžovány a tudíž se budou i prohýbat. Maximální dovolený průhyb v České republice je 1/300 rozpětí, ne však více než 8 mm. V modelovém případě panelu 2x2 metry je tento dovolený průhyb roven 6,7 mm, což není mnoho při zatížení více jak 240 kg.

Pro výrobu sloupků a příčníků se nejčastěji používá hliník. Je lehký, a jelikož je celý rám zasazený za skleněnou částí, není třeba řešit jeho tepelně technické vlastnosti, které nejsou zrovna chvályhodné. Další možnosti jsou například ocelové profily s popozinkovanými povrchy a práškovou vypalovací barvou nebo ocelové konstrukce a zasklívací hliníkové profily aj.

2.2. Prosklené plochy

Jak již bylo zmíněno v předešlé pasáži, prosklené části zaujímají největší část z hmotnosti celé fasády. Tudíž také nejvíce ovlivňují výsledné vlastnosti celku. V dnešní době se již vyrábí poměrně kvalitní zasklení. Co je ale stále největším problémem, jsou místa styku prosklených částí s nesoucími prvky. Spoje dokáží snížit tepelně technické vlastnosti konstrukce až o 20%.

Jelikož se jedná v dosti případech návrhů či již realizací o celoprosklené fasády, musí se dbát i na další vlastnosti prosklených částí. Jednou z nich je odolnost proti propadnutí nebo rozbití předmětem a následné vysypání skleněných kousků do prostoru interiéru a exteriéru. Těžko říct, do které části je vysypání kousků horší, každopádně kamkoliv

padající skleněné částečky jsou vysoce nebezpečné. Proto se mezi skla přidává průhledná folie. Ta má ještě další výbornou funkci a to protipožární. Tyto folie jsou vlepeny mezi dvě tabule skla a při rozbití některé z částí fasády se okno nevysype, ale vytvoří se tzv. pavouk a sklo vydrží v pozici, dokud nepřijede firma, která vzniklý problém odstraní. Tím se eliminuje nejen problém vysypání skleněných střepů kolemjdoucím na hlavu, ale také problém velmi nebezpečného otvoru, kterým by mohl někdo vypadnout.

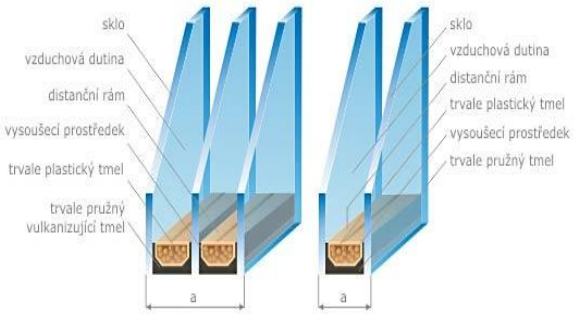
Zmíněna byla také funkce protipožární. Při zvýšených teplotách folie mezi skly změní svou průhlednost na mléčné zabarvení a náhlé nabobtnání. Podle počtů folií mezi skly pak výplň odolává teplotám 30 až 90 minut. Další velkou výhodou je, že otvorem neproniká kouř ani nešlehají plameny ohně a může po určenou dobu probíhat evakuace osob z budovy. Mezi další protipožární úpravy skleněných výplní je drátosklo. To se sice také nevysype, ale při vysokých teplotách dokáže popraskat natolik, že ním pronikne kouř do vedlejších prostor. Doba, po kterou odolává požáru, je také podstatně menší. Bývá to mezi 5 až 15 minutami.

Pro tak velké plochy je samozřejmě nezbytné vytvoření dilatačních spár. Ty jsou zajištěny v úrovních sloupků a příčníků překryté lištami nebo tmely.

Jelikož se jedná o velké skleněné plochy a jak je známo za takovýmito plochami je v teplých dnech roku nemožné běžně fungovat, vytváří se proto různá opatření. První z možností jsou venkovní slunolamy. Výhodou je, že opravdu odrazí potřebnou část slunečních paprsků pryč a nedovolí jim projít do interiérových prostor. Nevýhodou však je vzhled na fasádě, který, ač se výrobci snaží přijít na trh stále s lepšími nápaditostmi, změní pohled na fasádu razantním způsobem. Další z možností stínění jsou klasické stínící žaluzie. Opět by se daly najít klady a zápory těchto stínících prvků. Jednou z neposledních možností je také klimatizování vyhřívaných prostor. To ale přináší spoustu nevýhod, jako například spousta lidí klimatizaci nemá rádo, protože jim vyvolává alergickou reakci, rychle se nachladí nebo také to, že chladící jednotka je

3x dražší než ta pro vytápění. V každém případě se musí navrhnout to nejlepší řešení stínění pro spokojenost zákazníka.

Prostory mezi jednotlivými skly můžou být taktéž klasicky odděleny jako u oken distančními rámečky a vyplněny vzácnými plyny například argonem nebo suchým vzduchem.

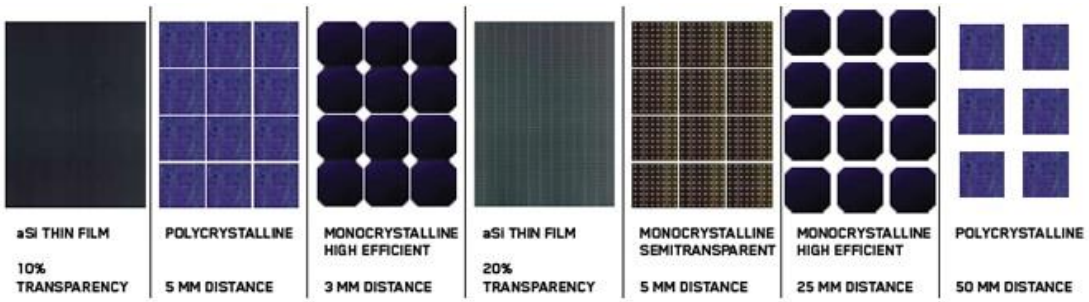


Obr 2: Detail zasklení [2]

2.3. Neprůhledné plochy

Tyto plochy se navrhují do míst, kam z různých důvodů nemá být vidět. První z možností je úroveň stropní konstrukce. Zde bývá dost často celý systém zakotven. Druhé, nejčastější, využití neprůhledných ploch na fasádě je ve spodní části plochy mezi úrovněmi stropní konstrukce a parapetního příčníku. A třetí možnost se provádí, pokud u prosklené části končí stěna.

Do míst s neprůhlednými plochami jsou velmi často umisťovány panely s dobrými teplými a zvukovými vlastnostmi, čímž se o dost zlepší technické vlastnosti konstrukce. Jelikož je systém lehkých obvodových plášťů stále ve vývoji, objevují se na fasádách i aktivní prvky s využitím pro obnovitelné zdroje. Jedním z nich je nepochybně ten, že právě do takovýchto nepotřebných míst na fasádě se umisťují fotovoltaické panely.

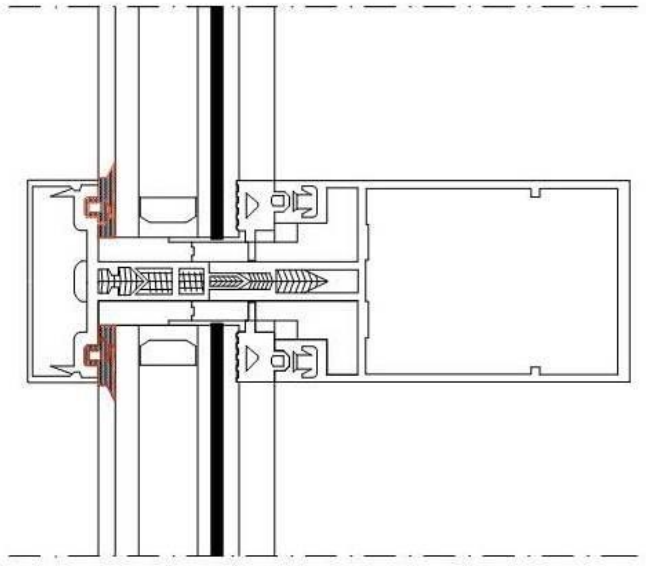


Obr 3: Zasklení s fotovoltaickými články [1]

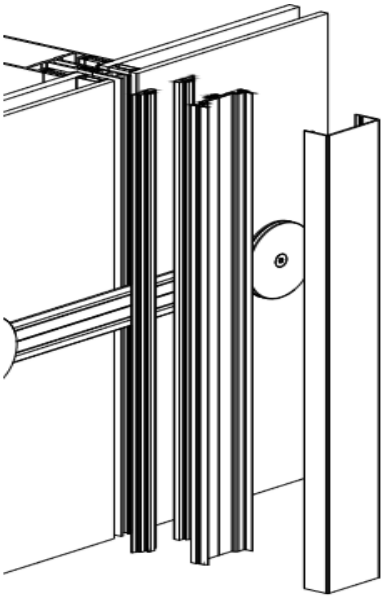
2.4. Těsnící prvky

V místech, kde se nachází dilatační spáry skleněných ploch, musí vždy probíhat těsnící prvky.

Jedná se o tři základní umístění, podle kterých se těsnění rozlišuje. V prvním případu se jedná o těsnění umístěné nejblíže exteriéru. Je to těsnění, které se instaluje jako poslední v pořadí. Utěsňuje spáru mezi skleněnými tabulemi a zasklívací lištou. Musí být trvale pružné. Velikostně se jedná o rozpětí 3 až 15 mm.

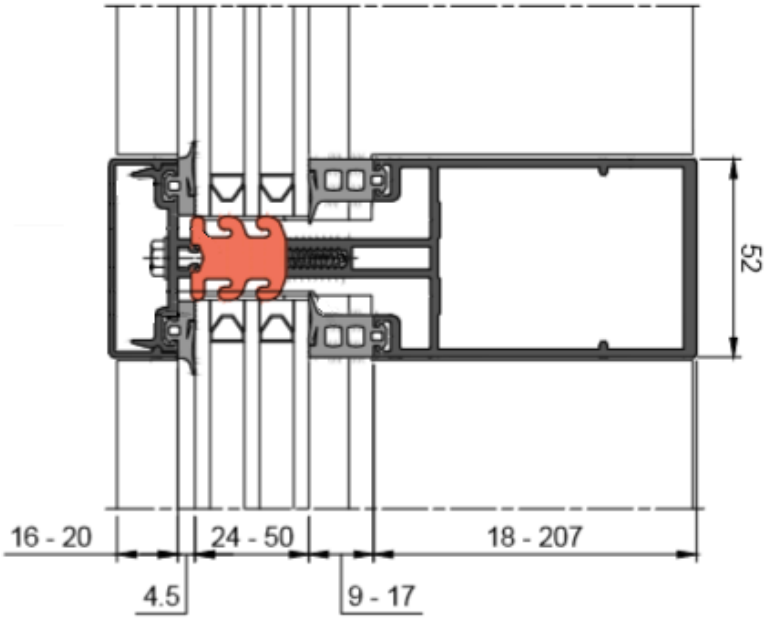


Obr. 4: Zasklívací těsnění [5]

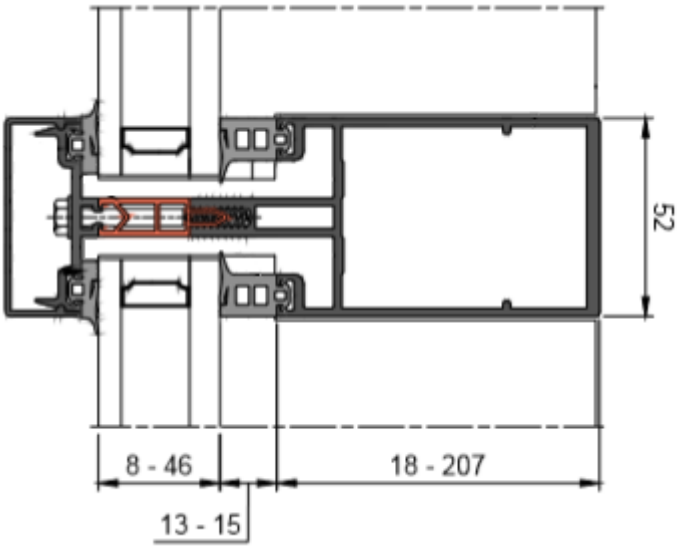


Obr. 5: Skladba zasklívacího těsnění a lišt [1]

V dalším případu mluvíme o těsnění přímo mezi skleněnými tabulemi. Díky svému tvaru udržuje dilatační mezeru mezi nimi stále v určitých mezích a nikdy se nestane, že do sebe skla svou teplotní průtažností narazí případně, že by se začaly o sebe drtit. Hloubka těsnění je 30 až 40 mm a šířka dilatační spáry se pohybuje od 25 do 20 mm.

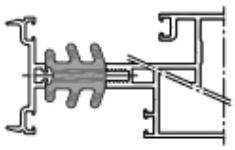
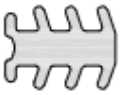
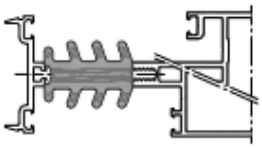
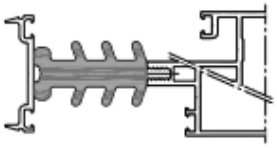
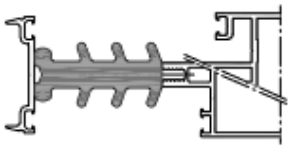
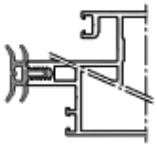
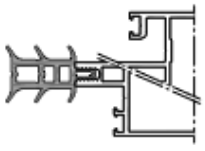


Obr. 6a: Těsnění v dilatační spáře [1]

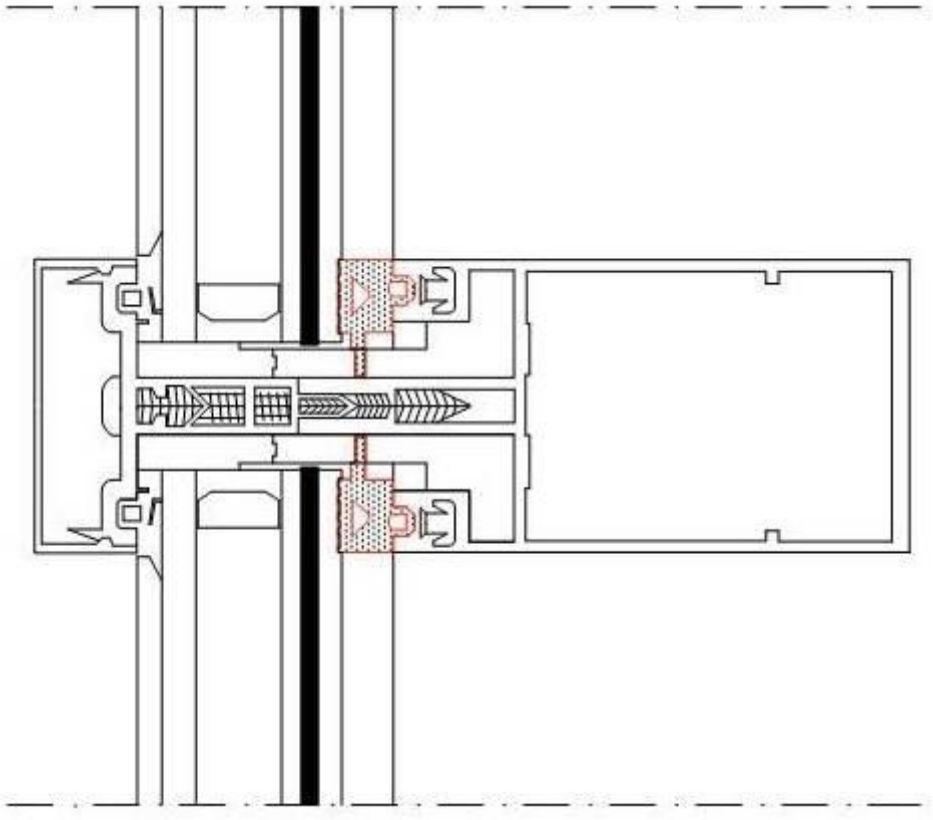


Obr. 6b: Další možnost provedení dilatační spáry – dilatační vložka [1]

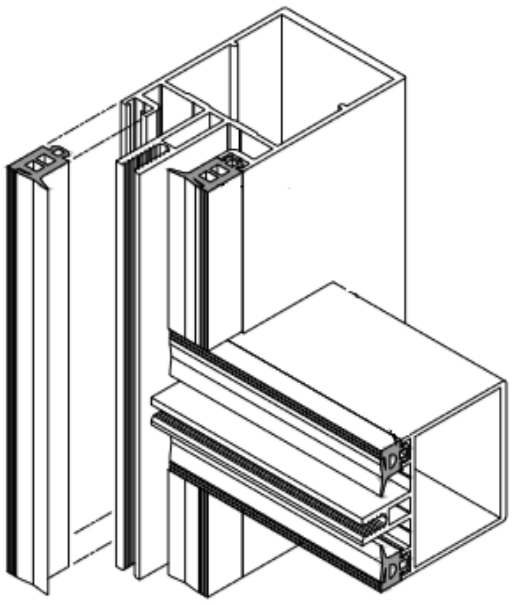
Tab. 1: další možnosti provedení těsnění [1]

DRAWING	NO (MM)	DESCRIPTION	APPLICATION
	BT6011 PE-Foam 2 m	Thermal break (24 mm) 7.6.1	
	***BT6012*** PE-Foam 2 m	Thermal break (36 mm) 7.8.1	
	BT6021 PE-Foam 2 m	Thermal break (42 + 4.5 = 46.5 mm) 7.9.1	
	BT6032 PE-Foam 2 m	Thermal break (48 + 4.5 = 52.5 mm) 7.10.1	
	RU9096 EPDM 50 m	Thermal break (6.9 mm) 7.11.1	
	RU9097 EPDM 50 m	Thermal break (26.9 mm) 7.11.3	

Poslední v pořadí je těsnění, které zajišťuje skleněné tabule ze strany interiéru. Skla jsou tak pružně uložena a opřena o svislé sloupky a vodorovné příčníky.



Obr. 7: Interiérové těsnění

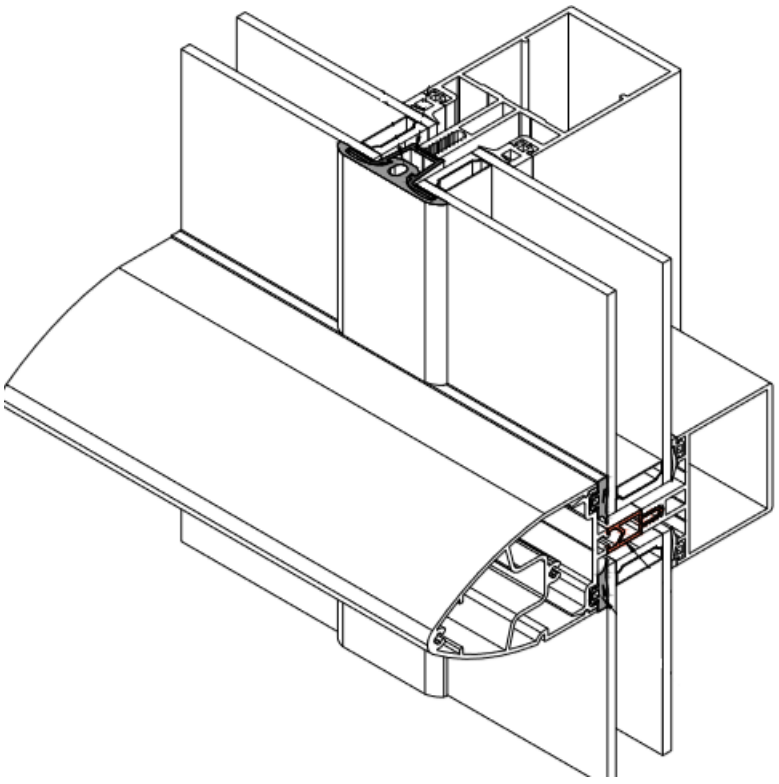


Obr. 8: Montáž interiérového těsnění [1]

2.5. Lišty

Po montáži skleněných tabulí přichází na řadu montáž lišt. Tou první je přítlačná lišta, do které je nasunuté exteriérové těsnění, které uzavírá poslední mezeru do interiéru. Lišta se vždy šroubuje. Na takto namontovaný rošt se už jen nacvakne poslední naklapávací lišta. Ta tvoří finální vzhled nejvíce. Proto má několik variant a to jak barevných, tak i tvarových. Pokud se stavebník nerozhodne pro variantu skrytých šroubů pod lištu, lze nalézt ještě další možnosti řešení. První je bez finální zacvakávací lišty. Šrouby sice jsou viditelné, můžou být více namáhané povětrnostními vlivy, ale lze to. V neposlední řadě přichází v potaz ještě varianta bez šroubů. Do dilatační spáry se nejprve mezi skla zacvakne dilatační lišta, která slouží jako podklad pro tmel. Zbytek spáry se vytmelí, ale nesmí nic přesahovat.

Do lišt se často dostává voda. Proto jsou vodorovné lišty, stejně jako okenní rámy, opatřeny ze spodu výtokovými otvory, kterými je voda opět vyvedena ven na fasádu.



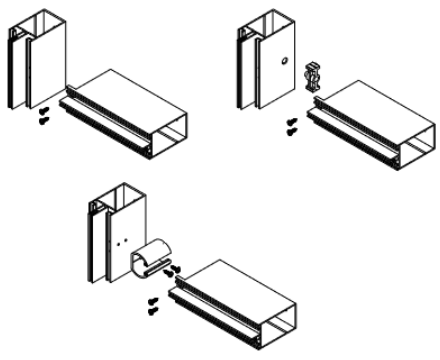
Obr. 9: Prostorová lišta sloužící i jako stínění proti slunci [1]

2.6. Spoje a kotvení

2.6.1. Spoje sloupků a příčníků

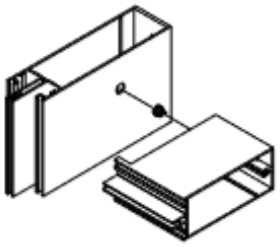
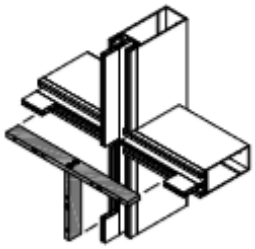
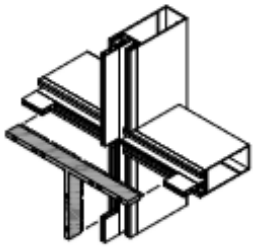
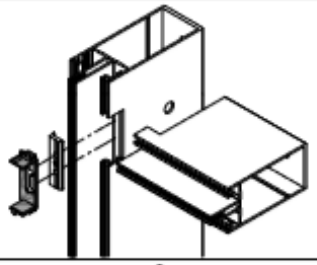
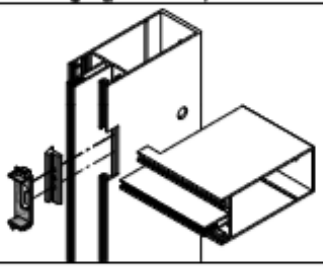
Podle velikosti zatížení od prosklených částí fasády dělíme spoje sloupků a příčníků do několika kategorií. Spojení je důležitá detailní část návrhu, která se nikdy nesmí zanedbat.

Nejzákladnější spojení pro nejlehčí konstrukce je spojení, kdy se sloupek a příčník přiloží bez jakéhokoliv frézování k sobě a shora se vloží spojka, kterou se prošroubují oba komponenty. Tento spoj je ale použitelný pouze pro velmi lehké zasklení. Jak již bylo řečeno, sklo váží přibližně 2,5 kg/m^2 při síle 1mm. Proto se musí při návrhu obezřetně postupovat. Tento spoj se používá zřídka kdy. U dalšího spojení se již frézuje vodorovný příčník. Z příčníku zbývá u horního okraje pouze 6 mm. Toto spojení funguje již pro těžší zasklení, ale ne více jak přibližně 150kg. Na boční stranu sloupku se přišroubuje malý prvek ve tvaru kruhu, elipsy nebo písmena X na který se navleče vodorovný příčník. Z čela tohoto spoje se dvěma šrouby spojí dohromady. Vše je závislé na více parametrech, a tudíž je třeba individuální výpočet na každou realizaci zvlášť. Třetí možností je frézování drážky do sloupku i na příčník. Spoje jsou hlubší nežli v případu dva o 7mm čili jsou hluboké 13mm. Spojení se využívá při zatížení od zasklení přibližně do 250kg. Jelikož je někdy potřebné přenést i větší zatížení, jedná se do 420kg hmotnosti prosklení, je tu ještě další možnost. Začátek je obdobný jako u třetí varianty, čili frézování do hloubky 13 mm. Pak se vše sesadí dohromady a přes takto sešroubovaný spoj se vloží do drážek speciální plastový ‘‘T‘‘ profil, který zpevní dané místo pro velké zatížení.



Obr. 10: spoje pro lehké opláštění [1]

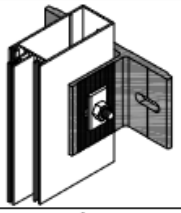
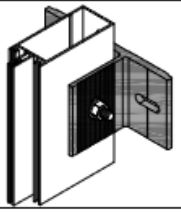
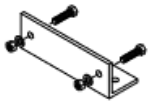
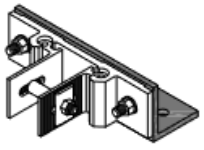
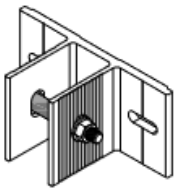
Tab. 2: Spoje pro těžší opláštění [1]

DRAWING	NO (MM)	DESCRIPTION	APPLICATION
	CO2169 Aluminium *(casting)* 1000 pcs	T-connector (for ladder fabrication) 6.3.17	
	CO2163 Aluminium 1 pcs	Glazing support 6.3.27	
	CO2165 Steel 1 pcs	Glazing support 6.3.27	
	VS1415 EPDM 50 pcs	3rd drainage level connection molding 6.3.13	
	VS1416 EPDM 50 pcs	2nd drainage level connection molding 6.3.11	

2.6.2. Kotvení fasády

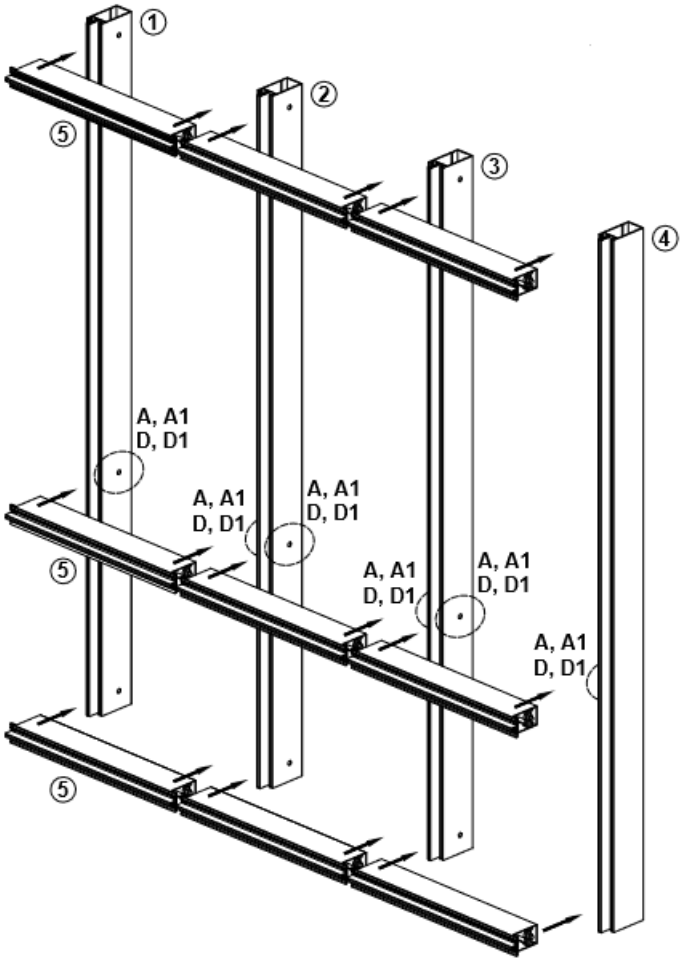
Kotvení je další z důležitých detailů, které se musí perfektně vyřešit už na papíře v kanceláři. Samozřejmě pak musí dávat vedoucí pracovník na stavbě velký pozor, jestli se dělají všechny detaily, jak mají, protože návrh na papíře může být sebelepší, ale když se na stavbě nedělá podle něj, tak je vše stejně špatně. Fasáda se kotví v místech stropních konstrukcí, kde se dá spojení skrýt.

Tab. 3: Druhy kotvení sloupků do konstrukcí [1]

DRAWING	NO (MM)	DESCRIPTION	APPLICATION
	CO2099 Aluminium 12 pcs	Fixing bracket (Dead load) 6.10.2	
	CO2110 Aluminium 12 pcs	Fixing bracket (Live load) 6.10.2	
	52C001 Aluminium 1 pcs	Fixing bracket (3-way dead load)	
	52C002 Aluminium 1 pcs	Fixing bracket (Live load)	
	*52C003* Aluminium 1 pcs	Transition angle for fixing bracket (Live load)	
	CO2113 Stainless steel 50 pcs	Anti crush tube (Live load) 6.10.2	

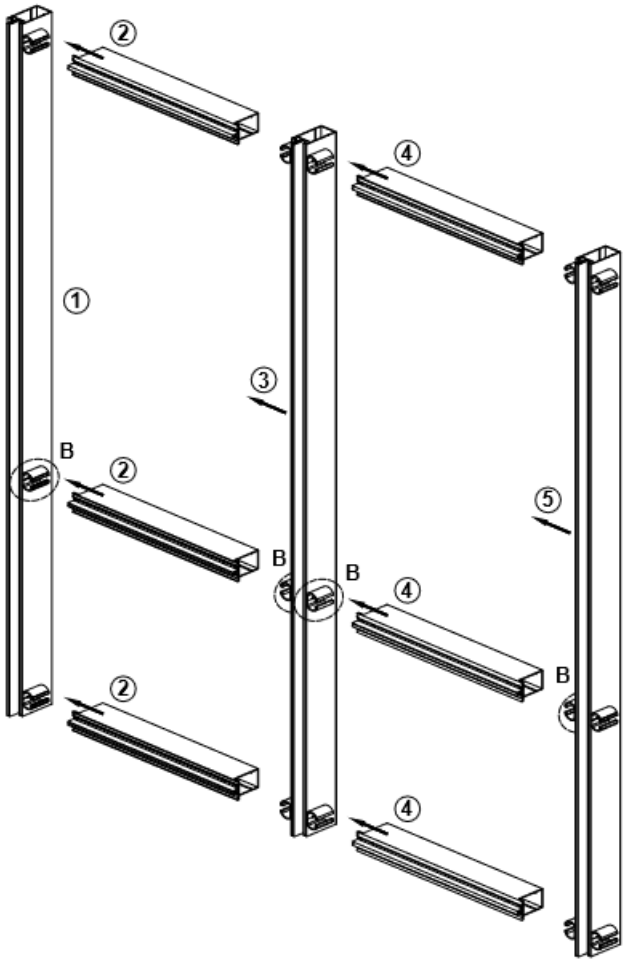
2.7. Druhy montážních postupů

Zpravidla se jedná o tři druhy montážních postupů. V prvním případě, opět pro nejlehčí zasklívací prvky, se jedná o jednoduché zacvaknutí příčníků do namontovaných sloupků. Tento spoj má jednu nevýhodu a tou je, že je nerozebíratelný. Při jakékoliv demontáži je třeba nenávratně sloupek nebo příčníky poškodit. Tato nevýhoda ale často nikomu nevadí. Dokud nepřijde čas reklamace nebo rozhodnutí stavebníka o rekonstrukci s tím, že se staré části pouze zdemontují pro další použití.



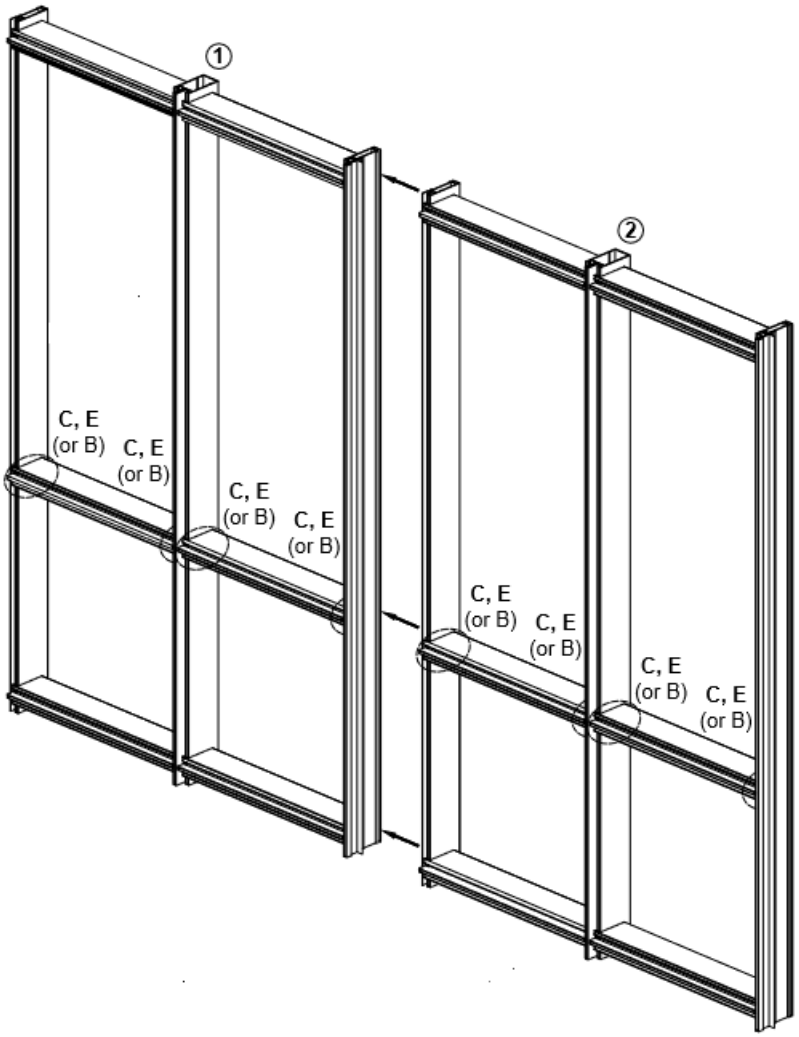
Obr. 11: montážní postup č.1 [1]

V druhém případě se jedná o montážní postup pro těžší fasádní systémy. Tento postup je na stavbách častý, ale začíná být nahrazován z důvodu větší časové náročnosti na montáži. Jak je z obrázku zřejmé, nejdříve se namontuje úplně první sloupek například vpravo. Na ten se osadí držící konzoly. Pak se osadí vyfrézované příčníky a dvěma šrouby z čela fasády se přikotví ke sloupkům. Postup se opakuje pořád stejně, dokud se nedodělá celá fasáda. Opět je tu ale nevýhoda v podobě doživotní nemožnosti demontáže částí. Lze se k nim však dostat, ale až po zdemontování části fasády, která problémovému místu předchází.



Obr. 12: montážní postup č.2 [1]

Jedním z dalších montážních postupů je tzv. panelový postup. Jednotlivé prvky se předpřipraví v dílně a spojí do modulových panelových polí. Velikost polí se volí podle hmotnosti a jeřábu, který jej bude vyzdvihovat. Krajní sloupky těchto panelů jsou poloviční, ale při osazení dvou stejných prvků k sobě není na první pohled poznat spoj. Pole se přiváží postupně na staveniště a hned se montují. Na první pohled nejrychlejší metoda provádění lehkého obvodového pláště, ale samozřejmě tomu tak není. V dílně se také stráví čas, ale tento čas dělníků není vidět. Velkou výhodou je demontovatelnost jednotlivých panelů dle potřeby. Samozřejmě po určitém odlištování.

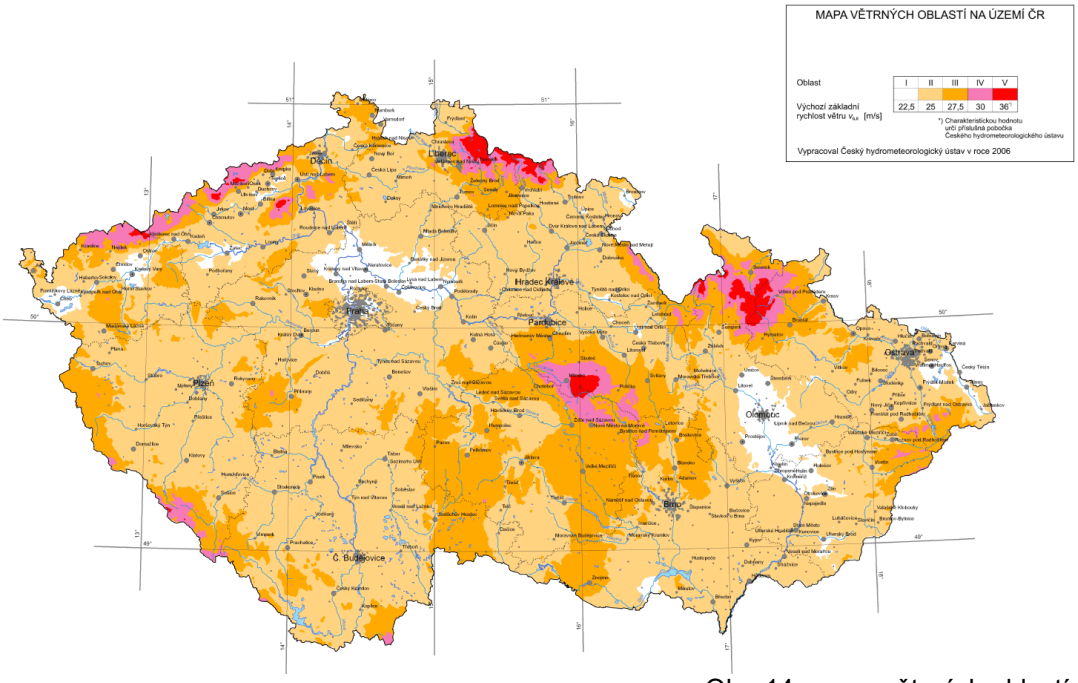


Obr. 13: montážní postup č.3 [1]

3 Zatížení větrem

Pro danou geometrii objektu bude spočítáno zatížení větrem na 1 m^2 fasády. Jedná se o přípravu pro návrh kotvení lehkého obvodového pláště. Je uvažován vítr podélný i příčný.

3.1. Odečtení základní rychlosti větru z mapy větrových oblastí dle ČSN EN 1991-1-4/NA



Obr. 14: mapa větrných oblastí [3]

Odečtení z mapy: pro okrajovou část Prahy (jihozápadní část)

v_b = 25 m/s

v_b ....základní rychlost větru

3.2. Výpočet základního dynamického tlaku větru

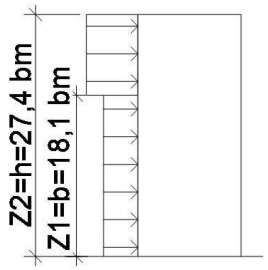
Doporučená hodnota pro ρ (měrná hmotnost vzduchu) je 1,25 kg/m^3.

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = 0{,}5 * 1{,}25 * 25^2 = 391Pa = \underline{\underline{0{,}391kPa}}$$

ρ...měrná hmotnost vzduchu [kg/m^3]
v_b ...základní rychlost větru [m/s]
q_b…základní dynamický tlak větru [Pa]

3.3. Zatížení větrem – vliv výšky nad terénem

var. α)	h<b	
var. β)	b≤ h≤ 2h	18,1≤ 27,41≤ 54,82
var. γ)	h>2b	varianta vyhovuje



h...výška budovy [m]
b...rozměr budovy kolmý ke směru větru
d...rozměr budovy rovnoběžný se směrem větru
e... koeficient výběru

var. β) b≤ h≤ 2h

Odečteno z křivky 4

$C_{e(Z1)}$= 1,6 $C_{e(Z2)}$= 1,8

$q_{p(Z1)}= q_b * C_{e(Z1)}$= 0,391*1,6= 0,626 kPa

$q_{p(Z2)}= q_b * C_{e(Z2)}$= 0,391*1,8= 0,704 kPa

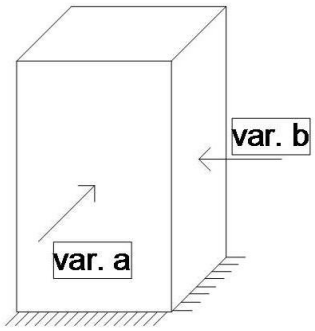
var. a)

e= min(b,2h)= min(18,1, 54,8)

e<d…..18,1,=18,1

3.4. Vypočtené hodnoty tlaků na fasádu

$$w_e = q_{p(Z1,2)} * c_{pe}$$



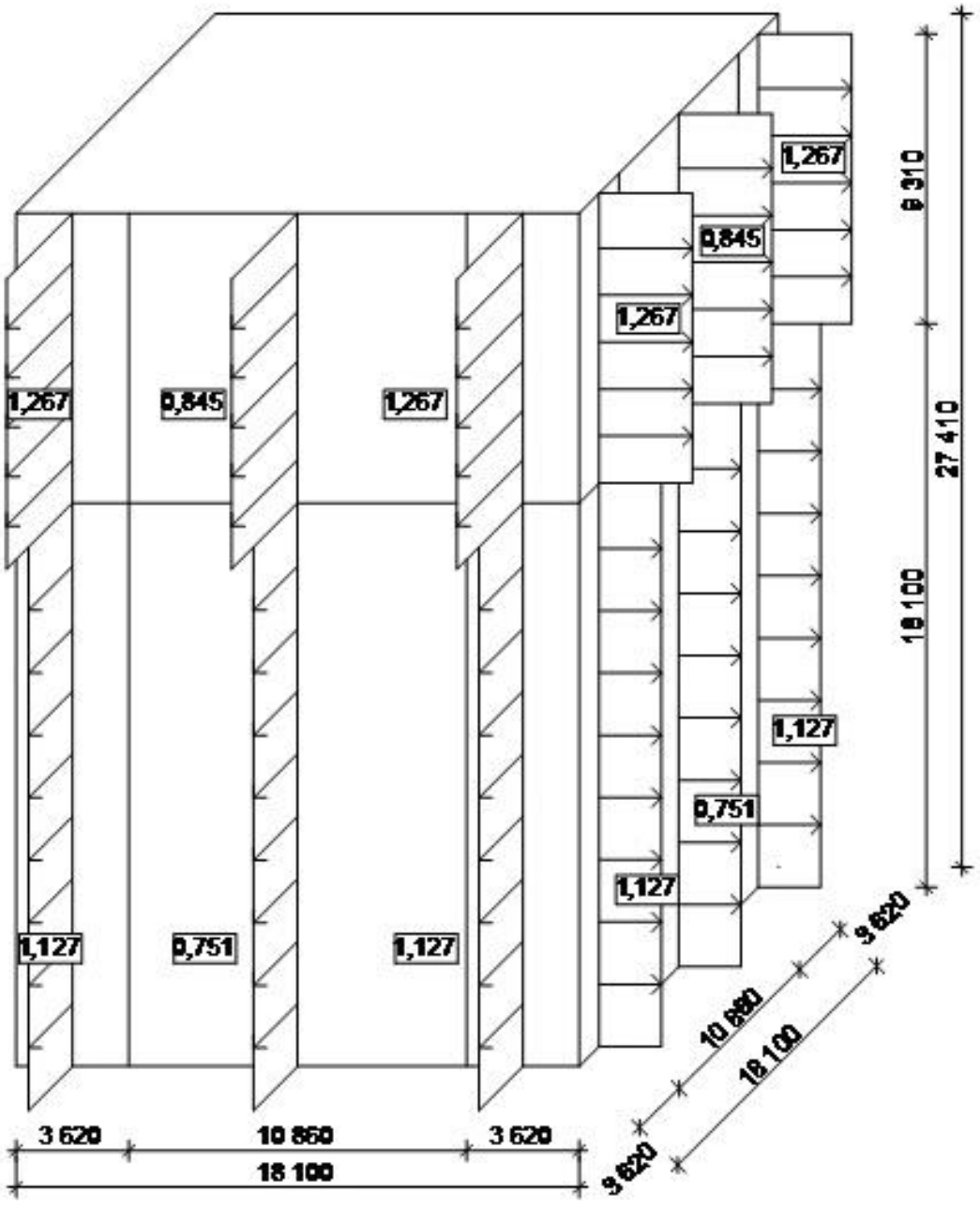
Tab. 4: Výsledky výpočtů zatížení fasády větrem

w_e	[kPa]	*1,5[kPa]	w_e	[kPa]	*1,5[kPa]
1A	-0,7512	-1,1268	1C	-0,313	-0,4695
2A	-0,8448	-1,2672	2C	-0,352	-0,528
1B	-0,5008	-0,7512	1D	0,5008	0,7512
2B	-0,5632	-0,8448	2D	0,5632	0,8448
			1E	-0,313	-0,4695
			2E	-0,352	-0,528

w_e...tlak větru [Pa, kPa]
$q_{p(Z1,2)}$…maximální dynamický tlak ve výšce $Z_{1,2}$
c_{pe}...normový součinitel

Varianta b je z důvodu čtvercového půdorysu totožná s variantou a.

3.5. 3D vyznačení hodnot



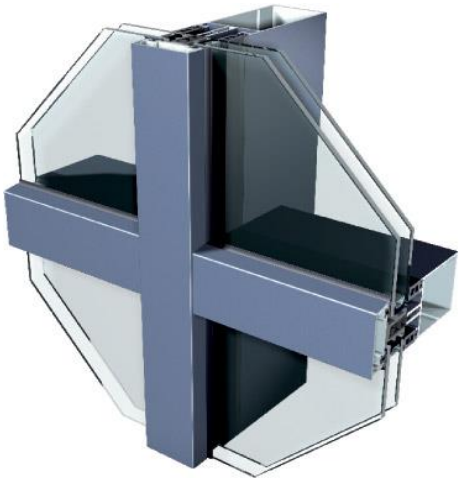
Obr. 15: 3D vyznačení zatížení na fasádu

4 Představení vybraných variant

4.1. Elegance 52

Systém Elegance 52 od společnosti Sapa Building Systém zahrnuje sedm různých druhů fasádních plášťů. Společné pro všechny kategorie řady 52 je pohledová šířka sloupků a příčníků z interiéru, která je právě 52 mm. Liší se například v možnosti instalace fotovoltaických článků, zdůrazněním vodorovné linie oproti svislé, která není zakryta lištou nebo například ekonomická řada, u níž jsou všechny dilatační spáry pouze vytmelené. Druhý rozměr sloupků, hloubka do interiéru, se navrhuje podle individuálních výpočtů jednotlivých realizací. Závisí to například na rozpětí sloupků, tíze fasádních dílců, jak prosklených, tak plných, větrné oblasti, výšce budovy a další.

Pro tuto práci byl vybrán systém Elegance 52 ST. Systém se klasicky skládá ze sloupkově-příčníkové nosné konstrukce, prosklených anebo plných částí, přítlačných a naklapávacích lišt.



Obr. 16: Strukturální fasáda [1]

Tab. 5: Vlastnosti Elegance 52 [1]

Vlastnosti	
Neprůzvučnost	Rw (C,Ctr) ≤ 42 (-2;-5) dB, v závislosti na typu skla
Vzduchotěsnost	do 800 Pa
Odolnost proti vloupání	WK 2 a WK 3 (dle ENV 1627-1630)
Tepelná izolace	$U_f \geq 1,2$ W/m^{2}K, v závislosti na použité kombinaci profilů
Vodotěsnost	až 750 Pa (třída RE)
Odolnost proti tlaku větru	až 3000 Pa

4.2. Systém CW 50

Systém CW 50 od společnosti Reynaers obsahuje deset různých druhů fasádních plášťů. Společné pro všechny kategorie řady 50 je opět pohledová šířka sloupků a příčníků z interiéru, která je 50 mm nebo také to, že lze do všech systémů navrhovat větrací prvky. Liší se například v tloušťce přiznaných dilatačních spár, zdůrazněním vodorovné linie oproti svislé, která není zakryta lištou. Druhý rozměr sloupků, hloubka do interiéru, se navrhuje podle individuálních výpočtů jednotlivých realizací. Závisí to například na rozpětí sloupků, tíze fasádních dílců, jak prosklených, tak plných, větrné oblasti, výšce budovy a další.

Obr. 17: Paralelně výsuvné okno [4]

Pro tuto práci byl vybrán systém CW 50 základní řada. Systém se klasicky skládá ze sloupkově-příčníkové nosné konstrukce, prosklených anebo plných částí, přítlačných a naklapávacích lišt.

Obr. 18: Detail systém CW 50 [4]

Tab. 6: Vlastnosti CW 50 [4]

Vlastnosti	
Neprůzvučnost	Rw (C,Ctr) ≤ 48 (-2;-8) dB, v závislosti na typu skla
Vzduchotěsnost	do 600 Pa
Odolnost proti vloupání	WK 2 a WK 3 (dle ENV 1627-1630)
Tepelná izolace	$U_f \geq 0{,}8$ W/m^{2}K, v závislosti na použité kombinaci profilů
Vodotěsnost	až 900 Pa (třída RE)
Odolnost proti tlaku větru	až 2000 Pa

4.3. Systém CW 50 HI

Systém CW 50 od společnosti Reynaers obsahuje deset různých druhů fasádních plášťů. Jedním z nich je CW 50 HI. Tento systém má oproti základnímu CW 50 vylepšené tepelně technické vlastnosti. Na první pohled, pokud se neliší v počtu zasklení, jsou od sebe tyto dva systémy nerozpoznatelné.

Pro tuto práci byl vybrán systém CW 50 HI. Systém se klasicky skládá ze sloupkově-příčníkové nosné konstrukce, prosklených anebo plných částí, přítlačných a naklapávacích lišt. Vylepšený je v místech dilatačních spár mezi zasklením a v kombinaci s trojsklem vyhovuje doporučeným hodnotám pro pasivní budovy dle ČSN. Je ale nezbytně nutné provést návrh celé fasády správně.

Obr. 19: Detail systém CW 50 HI [4]

5 Aplikace do projektu

5.1. Kontrola projektu výpočtem

Pro začátek je potřeba zkontrolovat, zda konstrukce v projektu vyhovují požadovaným hodnotám podle ČSN 73 0540-2: 2011. K tomu kroku je využit program Teplo od pana doc. Zbyňka Svobody.

Zde je přiloženo pouze vyhodnocení výsledků, celý výpočet viz přílohy.

Příloha č.1:

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: obvodová stěna s kontaktním zateplovacím systémem

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota Ti: 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota TiM: 20,0 C
Návrhová venkovní teplota Tae: -13,0 C
Teplota na vnější straně Te: -13,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai:20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru RHi: 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Železobeton 1	0,300	1,430	23,0
2	Baumit open EPS-F	0,150	0,040	10,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: f,Rsi,N = f,Rsi,cr = 0,751

Vypočtená průměrná hodnota: f,Rsi,m = 0,941

Kritický teplotní faktor f,Rsi,cr byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota fRsi,m (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{,N}$ = 0,30 W/m^{2}K
Vypočtená hodnota: U = 0,242 W/m^{2}K

U < $U_{,N}$ ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III.Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí(čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky: 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu Mc,a musí být nižší než 0,1 kg/m2.rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

Teplo 2014 EDU, (c) 2014 Svoboda Software

Příloha č.1:
VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: posouzení stropní (podlahové) konstrukce

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota Ti: 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota TiM: 20,0 C
Návrhová venkovní teplota Tae: -13,0 C
Teplota na vnější straně Te: -13,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai: 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru RHi: 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Dlažba keramic	0,008	1,010	200,0
2	Lepidlo Baumit	0,005	0,600	150,0
3	Keramzitbeton 1	0,060	0,280	8,0
4	Dekpir Floor	0,040	0,022	60,0
5	Železobeton 1	0,300	1,430	23,0
6	Baumit open EPS-F	0,150	0,041	10,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: f,Rsi,N = f,Rsi,cr = 0,751

Vypočtená průměrná hodnota: f,Rsi,m = 0,960

Kritický teplotní faktor f,Rsi,cr byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota fRsi,m (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: U,N = 0,24 W/m^{2}K
Vypočtená hodnota: U = 0,163 W/m^{2}K

U < U,N ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III.Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí(čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky: 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu Mc,a musí být nižší než 0,1 kg/m2.rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

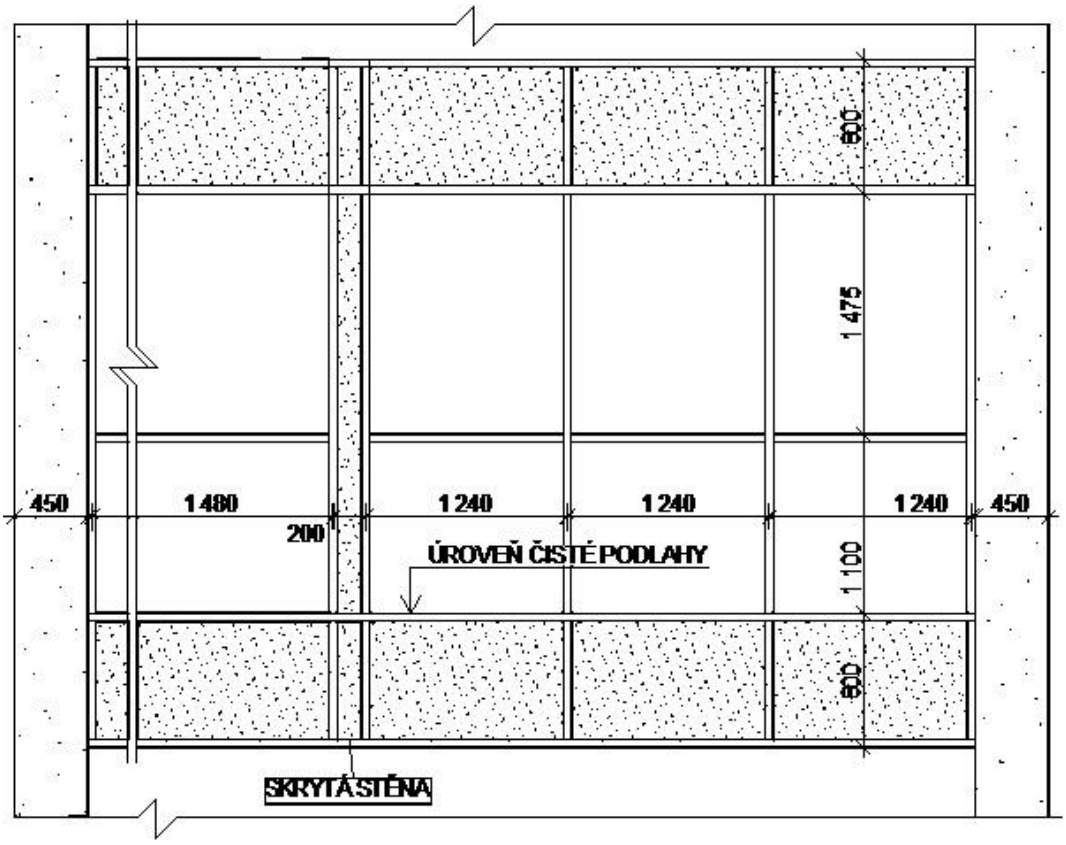
POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

Teplo 2014 EDU, (c) 2014 Svoboda Software

Vyhodnocení výsledků dopadlo úspěšně, jak obvodová konstrukce, tak strop nad venkovním prostředím vyhověly požadovaným hodnotám podle ČSN 73 0540-2: 2011. **Projekt vyhovuje**.

5.2. Výpočet se systémem Elegance 52

Z důvodu velké složitosti výpočtu U (součinitele prostupu tepla) pro lehké obvodové pláště byl po konzultaci s panem doc. Zbyňkem Svobodou zvolen zjednodušený postup výpočtu programem pro výpočet součinitele prostupu tepla. Výsledný výpočet programem je zde níže přiložen. Dále je již výpočet projektu s hodnotami pro systém Elegance 52 proveden v programu Energie. Celý výpočet je v příloze č.3.



Obr. 20: Výsek pohledu na fasádu

Zjednodušený výpočet Ucw a U,tot prosklených fasád a LOP

Název objektu bytový dům Jordán
Zpracovatel Jan Ribár
Zakázka bakalářská práce
Datum 19. 05. 2016

Počet charakteristických výseků 3

Tab.7: Stručný přehled hodnot charakterizující jednotlivé výseky a celkovou fasádu

	A_j	∑ (A*U)	∑ (ψ*l)	U_{cwj}	A_{cwj}	$U_{cwj}*A_{cwj}$
char. výsek č.1	6,05	4,53	1,14	0,94	6,05	5,68
char. výsek č.2	0,6	0,26	0,81	1,78	0,6	1,07
char. výsek č.3	3,75	2,84	0,85	0,98	3,75	3,69
					10,41	10,44

U_{cw} 1,00 W/(m²*K)

Posouzení dle ČSN 73 0540-2: 2011

$f_w=A_w/A$ 0,77
Požadavek $0,7+0,6*f_w= 0,7+0,6*0,77=$ 1,162

1,162 > 1,00

Požadavek ČSN 73 0540-2 JE SPLNĚN

Příloha č.2:
VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POSOUZENÍ PODLE ČSN 730540-2 (2011)

Název úlohy: posouzení bytového domu se systémem Elegance 52

Rekapitulace vstupních dat:
Objem vytápěných zón budovy V: 324,7 m^3
Plocha ohraničujících konstrukcí A: 232,6 m^2
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{im} pro určení $U_{em,N}$: 20,0 C

Podrobný výpis vstupních dat popisujících okrajové podmínky a obalové konstrukce
je uveden v protokolu o výpočtu programu Energie.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy (čl. 5.3)

Požadavek:
max. prům. souč. prostupu tepla $U_{,em,N}$: 0,48 W/m^2K

Výsledky výpočtu:
průměrný součinitel prostupu tepla $U_{,em}$: 0,47 W/m^2K

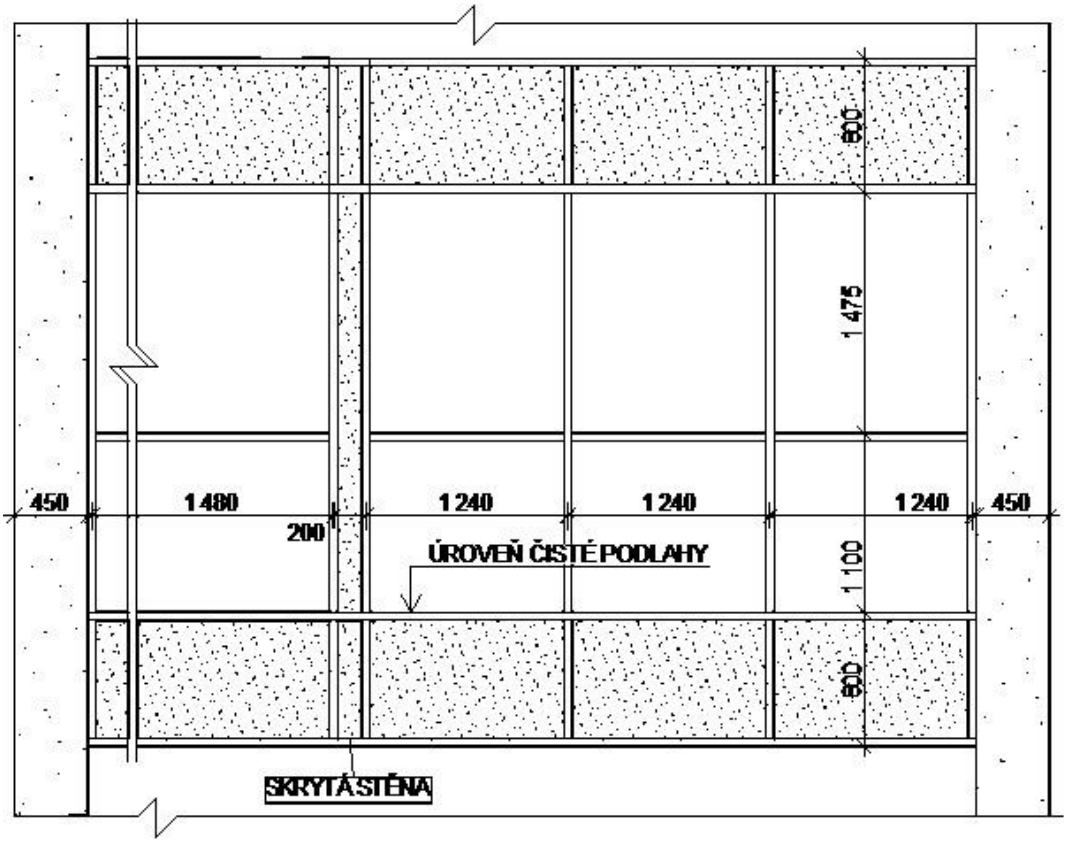
$U_{,em} < U_{,em,N}$ ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Klasifikační třída prostupu tepla obálkou budovy (čl. C.2)
Klasifikační třída: C
Slovní popis: vyhovující
Klasifikační ukazatel CI: 1,0

Energie 2015 EDU, (c) 2015 Svoboda Software

5.3. Výpočet se systémem CW 50

Opět byla nejdříve spočtena zjednodušenou metodou hodnota U (součinitele prostupu tepla) pro typ fasády CW 50. Členění fasády a vlastnosti výplní zůstaly stejné jako v předchozím výpočtu. Zde je přiloženo pouze vyhodnocení z programu Energie. Celý výpočet v je v příloze č.4.



Obr. 21: Výsek pohledu na fasádu

Zjednodušený výpočet Ucw a U,tot prosklených fasád a LOP

Název objektu bytový dům Jordán
Zpracovatel Jan Ribár
Zakázka bakalářská práce
Datum 19. 05. 2016

Počet charakteristických výseků 3

Tab. 8: Stručný přehled hodnot charakterizující jednotlivé výseky a celkovou fasádu

	A_j	? (A*U)	? (ψ*l)	U_{cwj}	A_{cwj}	$U_{cwj}*A_{cwj}$
char. výsek č.1	6,05	4,42	1,14	0,92	6,05	5,56
char. výsek č.2	0,6	0,21	0,81	1,69	0,6	1,02
char. výsek č.3	3,75	2,75	0,85	0,96	3,75	3,6
					10,40	10,19

U_{cw} 0,98 W/(m²*K)

Posouzení dle ČSN 73 0540-2: 2011

$f_w=A_w/A$ 0,77
Požadavek $0,7+0,6*f_w= 0,7+0,6*0,77=$ 1,162

1,162 > 0,98

Požadavek ČSN 73 0540-2 JE SPLNĚN

Příloha č.3:
VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POSOUZENÍ PODLE ČSN 730540-2 (2011)

Název úlohy: posouzení bytového domu se systémem CW 50

Rekapitulace vstupních dat:
Objem vytápěných zón budovy V: 324,7 m³
Plocha ohraničujících konstrukcí A: 232,6 m²
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{im} pro určení $U_{em,N}$: 20,0 C

Podrobný výpis vstupních dat popisujících okrajové podmínky a obalové konstrukce je uveden v protokolu o výpočtu programu Energie.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy (čl. 5.3)

Požadavek:
max. prům. souč. prostupu tepla $U_{em,N}$: 0,48 W/m^{2}K

Výsledky výpočtu:
průměrný součinitel prostupu tepla $U_{,em}$: 0,40 W/m^{2}K

$U_{em} < U_{em,N}$ ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Klasifikační třída prostupu tepla obálkou budovy (čl. C.2)
Klasifikační třída: C
Slovní popis: vyhovující
Klasifikační ukazatel CI: 1,0

Energie 2015 EDU, (c) 2015 Svoboda Software

5.4. Vyhodnocení výsledků

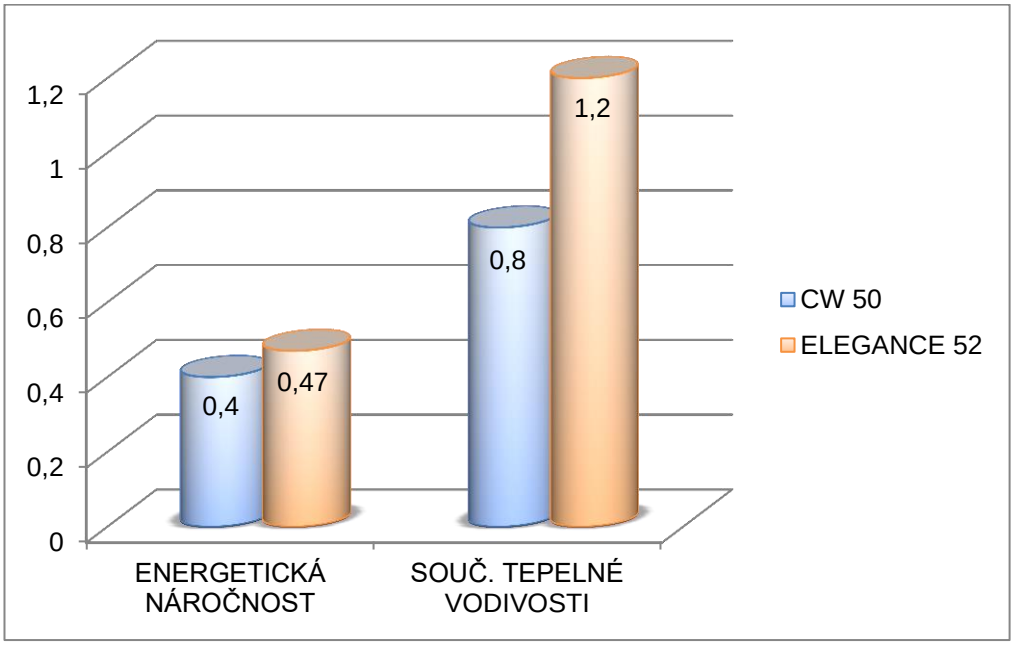
Z přiložených posouzení podle ČSN 73 0540-2: 2011 je zřejmé, že obě obálky budovy vyhověly požadavkům v kategorii C pro energetickou náročnost budov.

Tab. 9: určení energetické náročnosti budov[5]

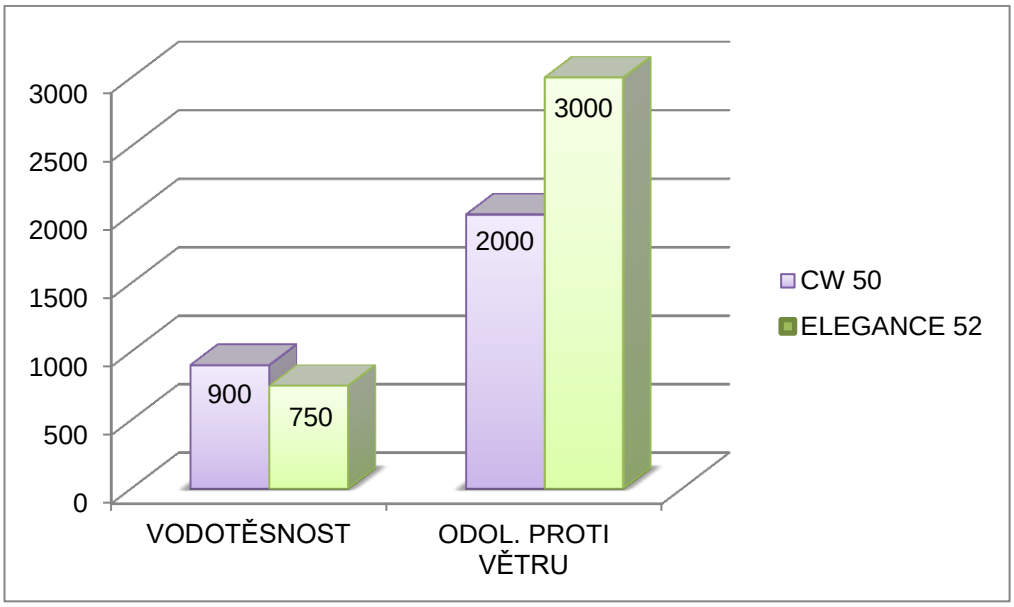
Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy	Měrná spotřeba energie (kWh/m2.rok)
Velmi úsporná A	Velmi úsporná	< 51
Úsporná B	Úsporná	51 - 97
Vyhovující C	Vyhovující	98 - 142
Nevyhovující D	Nevyhovující	143 - 191
Nehospodárná E	Nehospodárná	192 - 240
Velmi nehospodárná F	Velmi nehospodárná	241 - 286
Mimořádně nehospodárná G	Mimořádně nehospodárná	> 292

5.5. Srovnání obou variant

Na následující straně se nachází porovnání výsledků výpočtů obou variant a porovnání vlastností jednotlivých systémů. Až na odolnost proti vloupání, která je u obou posuzovaných fasád stejná (WK2 a WK3) se všechny hodnoty liší.



graf 1: Znázornění energetické náročnosti budovy a součinitele prostupu tepla U [W/m2K]



graf 2: Znázornění vodotěsnosti a odolnosti proti tlaku větru fasád [Pa]

Liší se také v laboratorní neprůzvučnosti. Ta je pro fasádu CW 50 48 dB a pro Elegance 42 dB.

6 Aplikace pasivní varianty

6.1. Kontrola projektu výpočtem

V první řadě je opět potřeba zkontrolovat, zda konstrukce v projektu vyhovují doporučeným hodnotám pro pasivní budovy podle ČSN 73 0540-2: 2011. K tomu kroku je využit program Teplo od pana doc. Zbyňka Svobody.

Zde je přiloženo pouze vyhodnocení výsledků, celý výpočet viz přílohy.

Příloha č.4:
VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: stěna obvodová (pasivní)

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i: 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM}: 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae}: -13,0 C
Teplota na vnější straně T_e: -13,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai}: 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi}: 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Železobeton 1	0,300	1,430	23,0
2	Isover EPS GreyWall Plus	0,200	0,032	30,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: f,Rsi,N = f,Rsi,cr = 0,751
Vypočtená průměrná hodnota: f,Rsi,m = 0,963

Kritický teplotní faktor f,Rsi,cr byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota fRsi,m (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{,N}$ = 0,18 W/m^{2}K
Vypočtená hodnota: U = 0,151 W/m^{2}K
$U < U_{,N}$ ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky: 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu Mc,a musí být nižší než 0,1 kg/m2.rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

Teplo 2014 EDU, (c) 2014 Svoboda Software

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Posouzení stropní konstrukce (pasivní varianta)

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i: 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM}: 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae}: -13,0 C
Teplota na vnější straně T_e: -13,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai}: 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi}: 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Dlažba keramic	0,008	1,010	200,0
2	Lepidlo Baumit	0,005	0,600	150,0
3	Keramzitbeton 1	0,060	0,280	8,0
4	Dekpir Floor	0,040	0,022	60,0
5	Železobeton 1	0,300	1,430	23,0
6	Baumit open EPS-F	0,180	0,041	10,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: f,Rsi,N = f,Rsi,cr = 0,751
Vypočtená průměrná hodnota: f,Rsi,m = 0,964

Kritický teplotní faktor f,Rsi,cr byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota fRsi,m (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{,N} = 0,15$ W/m^{2}K
Vypočtená hodnota: U = 0,146 W/m^{2}K

U < $U_{,N}$ ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:	1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce. 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu. 3. Roční množství kondenzátu Mc,a musí být nižší než 0,1 kg/m2.rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).
Vypočtené hodnoty:	V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

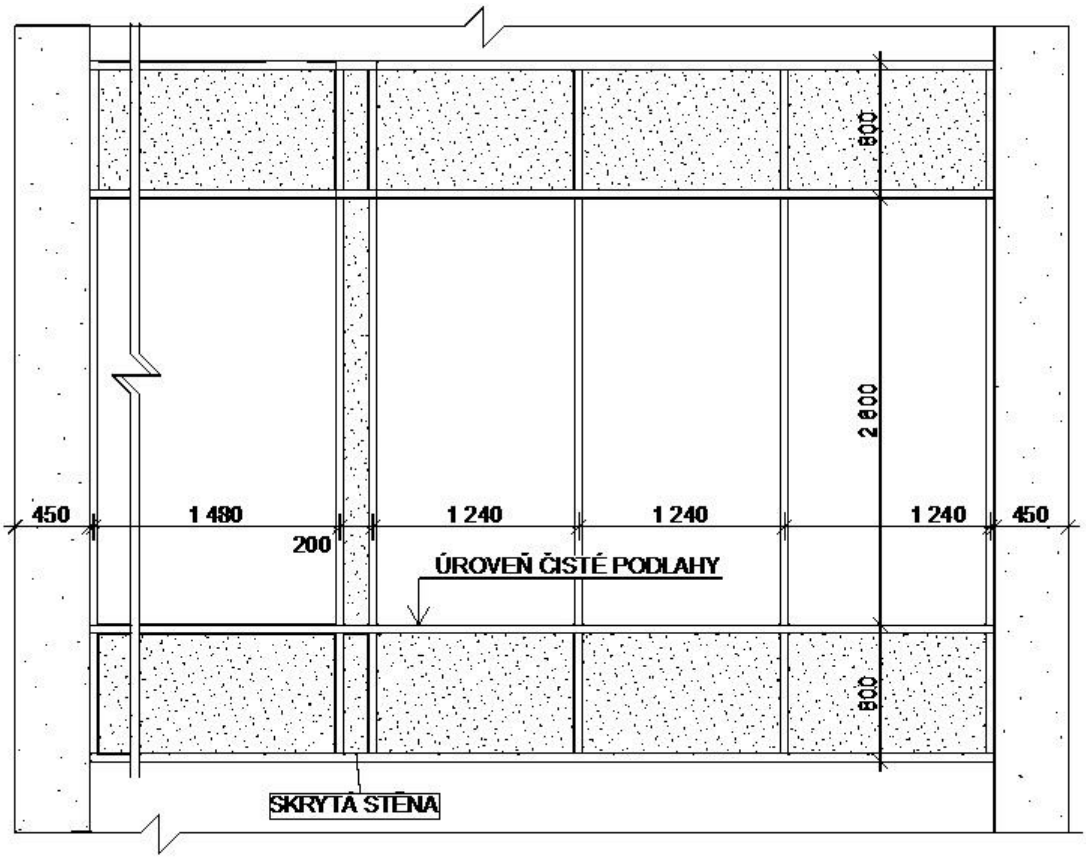
POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

Teplo 2014 EDU, (c) 2014 Svoboda Software

Vyhodnocení výsledků dopadlo úspěšně, jak obvodová konstrukce, tak strop nad venkovním prostředím vyhověly doporučeným hodnotám pro pasivní budovy podle ČSN 73 0540-2: 2011. **Projekt vyhovuje**.

6.2. Výpočet s CW 50 HI

Zjednodušenou metodou byla určena hodnota U (součinitele prostupu tepla) pro typ fasády CW 50 HI. Členění fasády je vidět na přiloženém pohledu níže. Zasklení bylo nutné upravit oproti předešlým výpočtům na trojsklo s tepelně izolačním distančním rámečkem. Zde je přiloženo pouze vyhodnocení z programu Energie. Celý výpočet v je v příloze č.6.



Obr. 22: Výsek pohledu na fasádu

Příloha č.5:
VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POSOUZENÍ PODLE ČSN 730540-2 (2011)

Název úlohy: posouzení bytového domu se systémem CW 50 HI

Rekapitulace vstupních dat:
Objem vytápěných zón budovy V: 324,7 m^3
Plocha ohraničujících konstrukcí A: 219,1 m^2
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{im} pro určení $U_{em,N}$: 20,0 C

Podrobný výpis vstupních dat popisujících okrajové podmínky a obalové konstrukce je uveden v protokolu o výpočtu programu Energie.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy (čl. 5.3)

Požadavek:
max. prům. souč. prostupu tepla $U_{,em,N}$: 0,37 W/m^2K

Výsledky výpočtu:
průměrný součinitel prostupu tepla $U_{,em}$: 0,35 W/m^2K

$U_{,em} < U_{,em,N}$ ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Klasifikační třída prostupu tepla obálkou budovy (čl. C.2)

Klasifikační třída:	C
Slovní popis:	vyhovující
Klasifikační ukazatel CI:	0,9

Energie 2015 EDU, (c) 2015 Svoboda Software

6.3. Vyhodnocení výsledků

Z přiložených posouzení podle ČSN 73 0540-2: 2011 je zřejmé, že obálka budovy v pořádku vyhověla požadavkům v kategorii C pro energetickou náročnost budov.

Tab. 10: určení energetické náročnosti budov[5]

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy	Měrná spotřeba energie (kWh/m2.rok)
Velmi úsporná A	Velmi úsporná	< 51
Úsporná B	Úsporná	51 - 97
Vyhovující C	Vyhovující	98 - 142
Nevyhovující D	Nevyhovující	143 - 191
Nehospodárná E	Nehospodárná	192 - 240
Velmi nehospodárná F	Velmi nehospodárná	241 - 286
Mimořádně nehospodárná G	Mimořádně nehospodárná	> 292

Závěr

V této práci bylo hlavním cílem porovnat a zjistit jak velké rozdíly se skrývají mezi jednotlivými produkty dvou dodavatelů lehkých obvodových plášťů. Výběr variant byl proveden na základě konzultace se zástupcem jednotlivých společností, kteří ochotně pomáhali a odpovídali na dotazy.

V dnešní době se trh s lehkými obvodovými plášti stále rozvíjí. Myslím si, že v České republice nejsme ve vývoji pozadu, ale vše je o financích, které jsou v tomto odvětví potřeba ve velkém množství. V 85% případů se nestaví u budov lešení, ale práce provádí mnohatunový jeřáb, jehož provoz se pohybuje v řádech tisícikorun za hodinu. Výhodou těchto systémů je pak ale velmi rychlá montáž jakou jsme mohli nedávno vidět například na budově A Fakulty stavební ČVUT. Finální pohled na takovéto fasády, když je vše správně navrženo a provedeno, je pro mnoho lidí uchvátivý. Nevýhodou by se mohla zdát situace, kdy se na fasádě vyskytne jakýkoliv problém. Ve světě to vypadá jako nemožný úkol, vyměnit například ve 200 metrové výšce panel, ale opak je pravdou. Tyto výškové budovy se již neoplášťují z exteriéru nýbrž z interiéru a strojní vybavení zahraničních firem připomíná trochu sci-fi. U nás to problém někdy být může. Pokud by bylo nutné měnit sloupky nebo příčníky, může nastat prekérní situace. Je to však proto, že většina systémů je navržena jedním slovem navždy a nepočítá s možností rekonstrukce v lokálním měřítku, což nemusí v budoucnosti být dobře.

Jsem velice rád, že se tyto fasády čím dál více objevují i u nás, sice jen ve velkých městech, ale znamená to, že i v takto malém státě se snažíme držet krok se světem a nevypadá to tu jako v zaostalé zemi. Tato problematika ale vyžaduje pečivý přístup a důsledný dohled při montáži, protože je to velice nebezpečná práce ve výškách a pokud někdo udělá chybu, tvrdě za to zaplatí.

Je nezbytné držet krok s vývojem. Neustále se budou vytvářet nové prvky a celé systémy. Například ve vývojové instituci při ČVUT UCEEB se nyní testuje nový typ panelu, tak kdo ví, třeba tu budeme mít zanedlouho průlom v oboru lehkých obvodových plášťů.

Literatura

Odborná literatura

[1] *Architectural Aluminium Solutions – Kestal* 02/2010

[2] *Architectural Aluminium Solutions* – Kestal 06/2015

[3] Vzduchotěsnost obvodových plášťů – Jiří Novák 2008

[4] *Obvodové pláště budov – Anton Puškár a kol.* 2002

[5] Reynaers: *Hliníkové systémy podklady pro architekty a projektanty 2015*

Normy a zákony

[6] ČSN 73 0540-2: 2011 Tepelná ochrana budov- Část 2: Požadavky

[7] ČSN 73 0532 Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky.

Elektronické zdroje

[8] Systémy skládaných lehkých obvodových plášťů při větších rozponech

In: Stavebnictví 3000 [online]. 2012 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z:

http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/systemy-skladanych-lehkych-obvodovych-plastu-pri-vetsich-rozponech/

[9] Lehké obvodové pláště budov – pokročilá řešení s přírodními materiály

In: **Tzb - info** [online]. 2015 [cit. 2015-06-22]. Dostupné z:

http://stavba.tzb-info.cz/fasadni-systemy/12877-lehke-obvodove-plaste-budov-pokrocila-reseni-s-prirodnimi-materialy/

[10] Problematika průvzdušnosti a vzduchotěsnosti oken II.

In: **Tzb - info** [online]. 2000 [cit. 2010-05-10]. Dostupné z:

http://www.tzb-info.cz/12502-problematika-pruvzdusnosti-a-vzduchotesnosti-oken-ii/

[11] Firma Sapa Building system: Dostupné z:

http://www.sapagroup.com/cz/sapa-building-system-sro/hlinikove-systemy/fasady/

[12] Firma Reynaers: Dostupné z:

https://www.reynaers.cz/cs-CZ/home/

[13] Firma isover: Dostupné z:

http://www.isover.cz/

Seznam použitých tabulek

Tab. 1: další možnosti provedení těsnění [1] 17
Tab. 2: Spoje pro těžší opláštění [1] 21
Tab. 3: Druhy kotvení sloupků do konstrukcí [1] 22
Tab. 4: Výsledky výpočtů zatížení fasády větrem 27
Tab. 5: Vlastnosti Elegance 52 [1] 29
Tab. 6: Vlastnosti CW 50 [4] 30
Tab.7: Stručný přehled hodnot charakterizující jednotlivé výseky a celkovou fasádu 36
Tab. 8: Stručný přehled hodnot charakterizující jednotlivé výseky a celkovou fasádu 39
Tab. 9: určení energetické náročnosti budov[5] 40
Tab. 10: určení energetické náročnosti budov[5] 46

Seznam použitých grafů

graf 1: Znázornění energetické náročnosti budovy a součinitele prostupu tepla U [W/m^{2}K] 41
graf 2: Znázornění vodotěsnosti a odolnosti proti tlaku větru fasád [Pa]..... 41

Seznam použitých obrázků

Obr. 1: Strukturální fasáda [1] 11
Obr 2: Detail zasklení [2] 14
Obr 3: Zasklení s fotovoltaickými články [1] 14
Obr. 4: Zasklívací těsnění [5] 15
Obr. 5: Skladba zasklívacího těsnění a lišt [1] 15
Obr. 6a: Těsnění v dilatační spáře [1] 16
Obr. 6b: Další možnost provedení dilatační spáry – dilatační vložka [1] 16
Obr. 7: Interiérové těsnění 18
Obr. 8: Montáž interiérového těsnění [1] 18
Obr. 9: Prostorová lišta sloužící i jako stínění proti slunci [1] 19
Obr. 10: spoje pro lehké opláštění [1] 20
Obr. 11: montážní postup č.1 [1] 23
Obr. 12: montážní postup č.2 [1] 24
Obr. 13: montážní postup č.3 [1] 25
Obr. 14: mapa větrných oblastí [3] 26
Obr. 15: 3D vyznačení zatížení na fasádu 28
Obr. 16: Strukturální fasáda [1] 29
Obr. 17: Paralelně výsuvné okno [4] 30
Obr. 18: Detail systém CW 50 [4] 30
Obr. 19: Detail systém CW 50 HI [4] 31
Obr. 20: Výsek pohledu na fasádu 35
Obr. 21: Výsek pohledu na fasádu 38
Obr. 22: Výsek pohledu na fasádu 45

Seznam příloh:

Příloha č. 1: Výpočet konstrukcí v Teplo (standard)
Příloha č. 2: Výpočet energetické náročnosti budovy (standard)
Příloha č. 3: Výpočet energetické náročnosti budovy (standard CW50)
Příloha č. 4: Výpočet konstrukcí v Teplo (nízkoenergetická varianta)
Příloha č. 5: Výpočet energetické náročnosti budovy (nízkoener. varianta)
Příloha č. 6: Vizualizace celého BD
Příloha č. 7: Výsek technického pohledu na fasádu (výkres)