

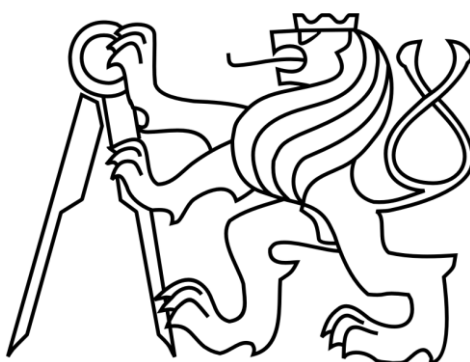
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí (zaměření Konstrukce budov)



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Pevné stínění okenních otvorů v budovách pro bydlení

Fixed shading of windows in residential buildings

Autor: Jan Hájek

2019

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

Prohlášení

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

V Praze

.....

Jan Hájek

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce, Ing. Pavlovi Kopeckému, Ph.D., za lidský přístup, časovou ochotu, pochopení, zápal, jeho znalosti a nejen profesní přehled, se kterým se ochotně podělil. Dále děkuji Ing. Kamilovi Staňkovi, Ph.D. za výpočtový model stínění a přehřívání. Děkuji Ing. Kateřině Sojkové, Ph.D. za podklady a konzultaci zadání. Také děkuji všem inspirativním vyučujícím a studentům, které jsem za dobu studia potkal, a ČVUT za možnosti, které za studijní léta nabídlo. V neposlední řadě děkuji své životní partnerce, rodině a přátelům za podporu.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hájek Jméno: Jan Osobní číslo: 409688

Zadávací katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb (k124)

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Pevné stínění okenních otvorů v budovách pro bydlení

Název diplomové práce anglicky: Fixed shading of windows in residential buildings

Pokyny pro vypracování:

Diplomová práce se má zabývat otázkou, zda lze navrhnout budovy pro bydlení pouze s pevnými stínícími překážkami (hledá se vhodné kompromisní nastavení ke snížení potřeby tepla na vytápění a současnému zachování přijatelného tepelného komfortu během teplé části roku).

Diplomová práce by měla obsahovat tyto body:

- 1) Rešerše stínění okenních otvorů se zaměřením na pevné stínící překážky a vlastnosti zasklení
- 2) Analýza různých geometrických konfigurací pevných stínících překážek (hodinové a měsíční hodnoty korekčních činitelů stínění)
- 3) Ověření různých variant stínění pro snížení rizika letního přehřívání modelového bytového domu nebo bytu
- 4) Vyhodnocení a navržení vhodné konfigurace stínění z hlediska celoroční tepelné bilance modelového bytového domu nebo bytu (hledání kompromisu mezi studenou a teplou částí roku)

Seznam doporučené literatury:

CIHELKA, Jaromír. Solární tepelná technika. Praha: T. Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 12.10.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

15.10.2018
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Anotace

Tato diplomová práce si klade otázku, zdali lze navrhnout budovy pro bydlení pouze s pevnými stínícími překážkami z pohledu protisluneční ochrany. Zkoumá se také vliv stínění na denní osvětlení v budovách. V úvodu je zpracován přehled horizontálních, vertikálních a dalších stínících prvků včetně vlastností zasklení. Následná kapitola analyzuje různé konfigurace stínění v ohledu na korekční koeficient stínění v hodinovém a měsíčním kroku. V praktické části práce jsou zvažovány stínící opatření a navržena varianta stínění na zadanou zónu v bytovém domě. Pro tuto zónu je pak simulován model rizika letního přehřívání a jsou ověřeny požadavky na denní osvětlení.

Klíčová slova

korekční koeficient stínění, pevné stínící prvky, protisluneční ochrana, přehřívání budov, solární zisky

Annotation

This diploma thesis asks whether it is possible to design buildings for housing only with fixed shading obstacles from the point of view of sun protection. The impact of shading on daylight in buildings is also investigated. In the introduction, an overview of horizontal, vertical and other shading elements including glazing properties is made. The following chapter analyses the different shading configurations in terms of the shading coefficient in the hourly and monthly steps. In the practical part of the thesis, the shading measures are considered, and a shading variant is proposed for the specified zone in the apartment building. For this zone, the model of the risk of summer overheating is then simulated and the requirements for daylighting are verified.

Keywords

fixed shading devices, overheating in buildings, solar control, solar gains, shading coefficient

Bibliografická citace VŠKP

HÁJEK, Jan. *Pevné stínění okenních otvorů v budovách pro bydlení*. Praha, 2019. 70 s., 3 s. příl. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb. Vedoucí práce Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

OBSAH

ÚVOD.....	10
Cíle práce.....	11
Struktura práce.....	11
1 SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU.....	12
1.1 Motivace.....	12
1.1.1 Globální motivace.....	13
1.2 Možnosti pevného stínění.....	17
1.2.1 Horizontální stínicí překážky.....	17
1.2.2 Vertikální stínicí překážky.....	20
1.2.3 Slunolamy.....	21
1.2.4 Další možnosti stínění.....	23
1.2.5 Vlastnosti zasklení.....	24
1.3 Solární záření.....	27
1.3.1 Složky solárního záření.....	27
1.3.2 Zdánlivý pohyb slunce po obloze.....	27
1.4 Doplnkové nástroje redukující přehřívání.....	29
1.4.1 Regenerace interiéru.....	29
1.4.2 Akumulace tepla.....	29
1.4.3 Velikost prosklené plochy.....	30
2 ANALÝZA GEOMETRICKÝCH KONFIGURACÍ.....	31
2.1 Definice pojmů.....	31
2.1.1 Korekční koeficient stínění F_{sh}	31
2.2 Výpočetní program.....	31
2.3 Analýza jižního okna.....	31
2.3.1 Dílčí diskuse.....	33
2.4 Analýza západního/východního okna.....	35
2.5 Dílčí závěr.....	38
3 PRAKTICKÁ ČÁST – SIMULACE.....	39
3.1 Zadání řešeného bytu.....	40
3.1.1 Konstrukce a skladby v zóně.....	41
3.2 Orientace vůči světovým stranám.....	44

3.3	Okrajové podmínky	47
3.3.1	Opatření O1	48
3.3.2	Opatření O2	49
3.3.3	Opatření O3	50
3.4	Simulace	51
3.4.1	Vstupní údaje	51
3.5	Potřeba tepla na vytápění	53
3.6	Kritérium denního osvětlení	54
3.7	Simulace denního osvětlení	56
3.8	Výsledky a diskuze	57
3.9	Další směřování	58
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59
	Seznam norem, vyhlášek a nařízení	64
	Použitý software	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	65
	SEZNAM ZKRATEK	68
	SEZNAM PŘÍLOH	70
	Příloha č.1: Situační výkres širších vztahů M 1:1500	70
	Příloha č.2: Půdorys 10-14 N.P. M 1:250	70
	Příloha č.3: Řez AA' M 1:250	70

ÚVOD

Pro lidské stavby je sluneční záření zdrojem světla a tepla, tedy se spoluúčastní na tvorbě vnitřního prostředí budov. Vynález izolačního dvojskla umožnil vstup solární energie při omezení tepelné ztráty. Nejen postupný vývoj technologií dovolil zpřísnění požadavků na tepelnou ochranu budov. [1] V Evropské unii je to dále směrnice o energetické náročnosti budov, kterou členské státy implementují do národní legislativy. [2] Kvalitnější obálka budovy včetně prosklené fasády, dostupnost řízeného větrání s rekuperací a další opatření umožní splnění těchto zpřísněných energetických požadavků. Vedle celkové spotřeby primární energie se jako požadavek objevuje také potřeba tepla na vytápění, což u energeticky úsporných budov nabídlo nekonvenční možnosti vytápění. Jedna z nich je i pasivní vytápění solární energií, k čemuž cílí solární architektura. Smyslem je z co největší části pokrýt potřebu tepla na vytápění solárními zisky vstupujícími do budovy prosklenými plochami.

A stejně tak jako existují optimalizované návrhy budov, existují i návrhy s předimenzovanou plochou prosklení a neřešenou solární ochranou. Vývoj stavebního skla dospěl do bodu, kdy je možné zajistit dobré tepelně izolační parametry budovy i s prosklenou fasádou. Vítaným přínosem je pak více než dostatečné množství denního osvětlení. Důkazem jsou celoprosklené fasády značného počtu administrativních budov kolem nás. Nadbytek prosklení, navíc podpořený o vysoké vnitřní tepelné zisky, vede však k přehřívání takových budov. Následná úprava vnitřního vzduchu je pak často zajišťována skrze energeticky náročné strojové chlazení. I budovy s rozumným podílem prosklení k neprůhledné fasádě jsou náchylné k přehřívání, když není řešena protisluneční ochrana. A kvalitní tepelněizolační obálka dále tento stav v teplé části roku paradoxně posílí, protože v nočních hodinách brání vychládání přehřátého interiéru. Tato práce pohlíží na návrh pevných stínících překážek z hlediska celoroční tepelné bilance. Jako omezující kritérium vstupuje do návrhu ještě činitel denní osvětlenosti, který limituje umístění, geometrii a vlastnosti stínících překážek.

V práci se zaměřuji na pevné stínící překážky pro svoji spolehlivost, životnost a nezávislost na uživateli. Jinými slovy, s vlivy pevných stínících překážek lze s maximální jistotou počítat a nelze je řízením pozměnit v porovnání s pohyblivými překážkami, i když budou perfektně řízené, čemuž tak vždy není. Další nejistota plyne z důvodu obsažení mechanických či pohyblivých částí vyžadujících údržbu. Takové části mají také omezenou životnost. Mimo stínící překážky bude práce počítat i s vlastnostmi zasklení a dalšími pasivními opatřeními solární kontroly.

Cíle práce

- Ucelený přehled pevných stínících překážek a popis stavebních prvků s vlivem na vnitřní prostředí;
- Analýza různých geometrických konfigurací stínění a odpovídajících hodnot korekčního činitele stínění (hodinové, měsíční hodnoty);
- Ověření variant stínění pro riziko letního přehřívání zadaného bytu;
- Vyhodnocení a navržení kompromisní varianty pro celoroční tepelnou bilanci zadaného bytu včetně zahrnutí denního osvětlení.

Struktura práce

V první kapitole představuji svou motivaci a ukazuji stínící překážky, možnosti jejich užití, dále připomínám vlastnosti slunečního záření a popisuji další vlivy na tepelnou pohodu vnitřního prostředí. Následuje druhá kapitola, která předkládá hodnoty korekčního koeficientu stínění pro různé geometrické konfigurace. Přehled hodnot je odrazový můstek pro sestavení vhodných variant stínění. V poslední kapitole je zvažovány varianty stínění a opatření ovlivňující tepelnou stabilitu pro daný byt. Následně je hodnocena navržená varianta z hlediska celoroční tepelné bilance s omezením činitele denní osvětlenosti. Návrh a výsledky budou poté popsány v diskuzi.

1 SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU

1.1 Motivace

Motivací je přesvědčení, že kvalitním a fundovaným návrhem lze připravit půdu pro fungující, architektonicky dobře zvládnutou budovu s kvalitním vnitřním prostředím z hlediska letní i zimní stability a denního osvětlení.

Znalosti nejen ze studia mne přiměly věřit tomu, že důslednou pasivní ochranou proti přímým solárním ziskům lze značně omezit nebo odstranit nutnost aktivně chladit. Dalším důvodem pro toto téma je možnost snížení energetických odběrových letních špiček, které jsou dále navyšovány zejména kvůli instalacím klimatizací. Právě tomuto řešení lze předejít protisluneční ochranou. Tyto nárazové odběry v horké části roku zvyšují riziko blackoutu a snižují spolehlivost veřejné sítě.

Tisková zpráva elektrárny Chvaletice [3] zveřejňuje informaci o rekordní výrobě (přeměně) elektrické energie vůbec, a to za měsíc červenec (511 GWh) s doprovodem denního milníku ze dne 4.7.2018 (18,5 GWh). Tato vysoká čísla dokonce překonávají jakékoli zimní extrémů této elektrárny.

Krytí dodané energie na pohon klimatizační jednotky přeměnou energie FV panely na elektrickou energii se překrývá pouze z části (typicky je potřeba dochlazení i dále po západu slunce). Pro všechny tyto důvody jsem motivován zaměřit zkoumání na pevné stínící překážky, které předvídatelně zabrání vstupu solárních zisků do interiéru. Mimoto každý z nás jsme byli přímými svědky slunného léta 2018. Tuto podkapitolu si dovolím doplnit a výstižné foto, které se obejde bez komentáře viz Obr. 1.



Obr. 1: Přehřívání vyřešeno? Budova vlakového nádraží. Beroun. Zdroj: autor

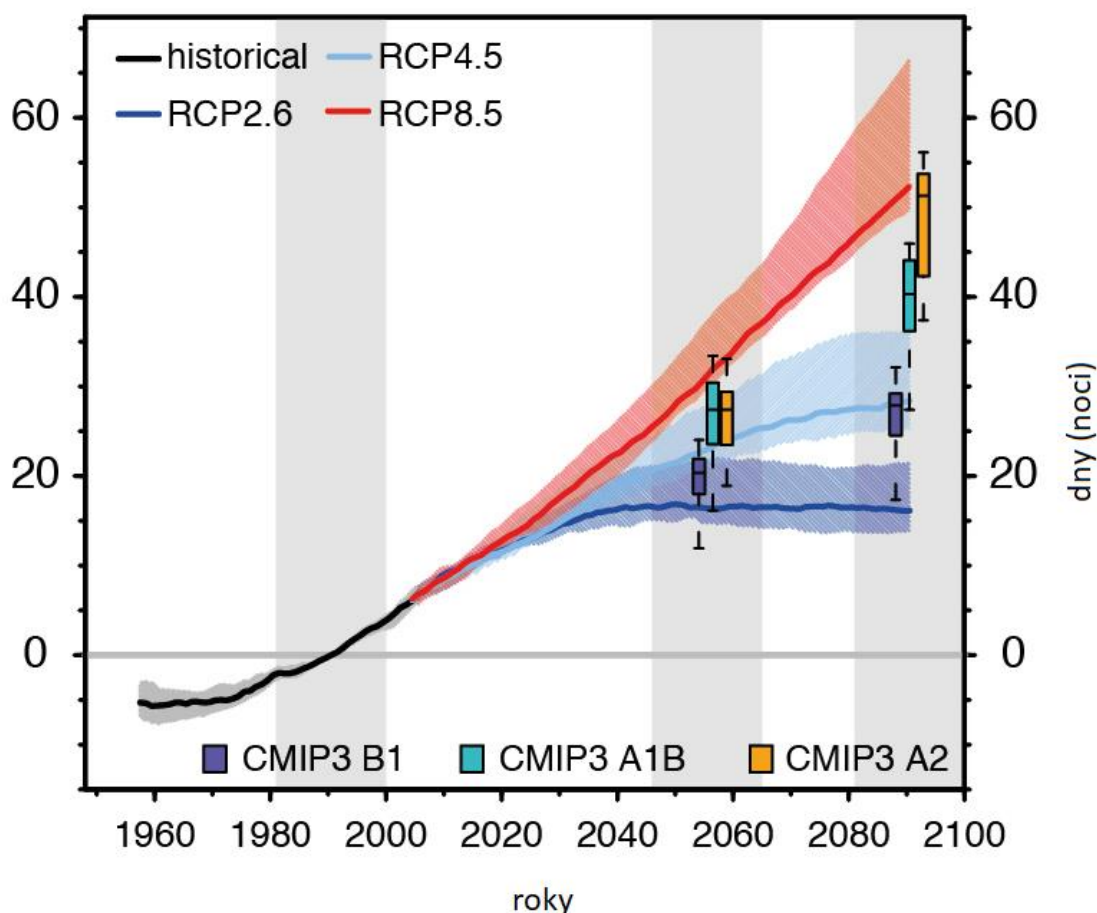
1.1.1 Globální motivace

Klimatická změna IPCC (Mezivládní panel pro změnu klimatu) předpovídá nejen pokračování globálního oteplování, ale také extrémnější hodnoty letních teplot, zejména pak v obydlených oblastech – typicky tepelný ostrov města. IPCC report [4] z 2014 také naznačuje s vysokou měrou přesvědčení, že Evropa se bude potýkat s horkými vlnami s několikadenními extrémy teplot. Totožný report hovoří o trendu narůstání počtu tropických nocí.

Vývoj na Obr. 2 znázorňuje globální nárůst počtu tropických nocí¹ dle scénářů reprezentativních směrů vývoje koncentrací, které reflektují prognózu celkového radiačního působení v roce 2100 v porovnání s rokem 1750. Analogicky je očekáván nárůst počtu tropických dnů² a navýšení průměrných maximálních teplot.

¹ Tropická noc je noc, kdy teplota vzduchu neklesne pod 20 °C.

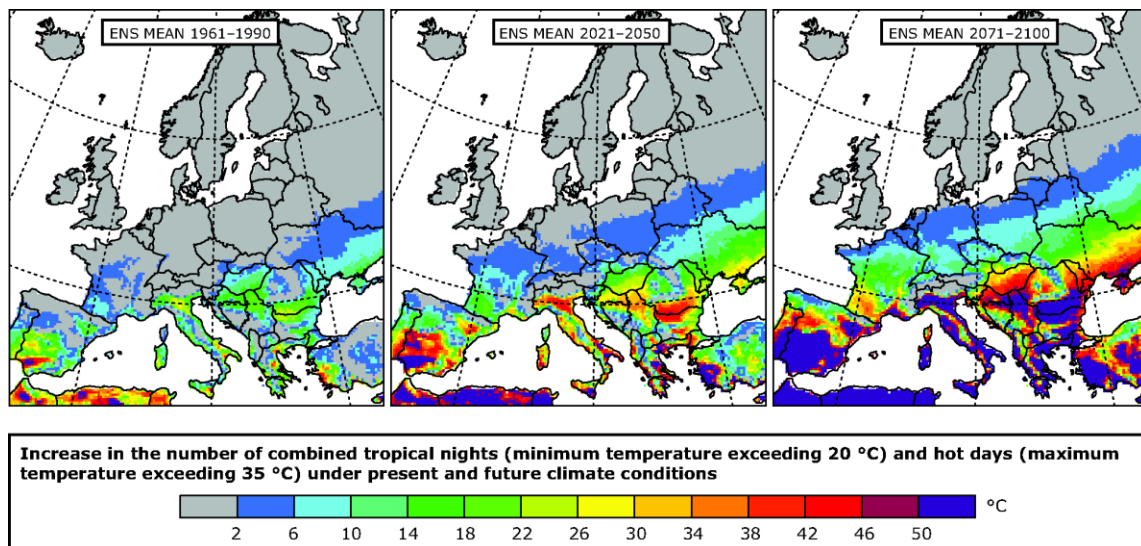
² Tropický den je den, kdy teplota vzduchu přesáhne 30 °C.



Obr. 2: Tendence nárůstu tropických nocí. Zdroj: [4]

Model Evropské agentury pro životní prostředí nabízí prognózu pro Evropu na Obr. 3. Zatímco pro většinu území Evropy (mimo oblasti jižní Evropy) byl počítán součet tropických nocí a horkých dnů³ do páru, tak do konce století je zřejmý nárůst. Pro území ČR v rozmezí 5-20. Pro města je tato hodnota vyšší pro vliv tepelného ostrova, jehož efekt je zřejmý u měst díky svoji geometrii (násobné odrazy dlouhovlnného záření v uliční zástavbě), pro masu použitých materiálů s vysokou kapacitou tepla, s dalším přeměnou energie v teplo lidskou činností a související zvýšený výskyt skleníkových plynů. Hodnota se liší v závislosti na hustotě zástavby, zelených a modrých ploch. [5]

³ Horký den je určen jako den, kdy teplota přesáhne 35 °C.



Obr. 3: Tendence nárůstu teplotně extrémních dní pro Evropu. Zdroj: [28]

Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR [6] také potvrzují nárůst horkých vln v dalších dvaceti letech o dvojnásobek a epizodu horké vlny definuje následovně: „Za jednu epizodu se přitom považuje interval, ve kterém dojde v alespoň pěti po sobě jdoucích dnech k překročení dlouhodobého průměru maximální denní teploty pro daný den o 5 stupňů a víc. Dlouhodobým průměrem se v tomto případě rozumí klouzavý pětidenní průměr za normálové období 1971-2000.“

Dalším důsledkem častějšího sucha a vyšších teplot je riziko odstavení velké energetiky. Přeměna energie v uhelných a jaderných elektrárnách vyžaduje v procesu vodu. Za předpokladu, že je chlazení průtočné a zdrojem je vodní tok, pak hrozí snížení výkonu, či dokonce odstavení dle hydrologických podmínek (minimální průtok a omezení zahřátí vodního toku). Ovlivněné vodním stavem jsou i vodní elektrárny, které nicméně tvoří malou část evropského energetického mixu. V srpnu 2015 postihla vlna veder Evropu a například Polsko muselo po odstavení turbíny tepelné elektrárny snížit dodávku velkým podnikům. [7]

V roce 2018 to pak bylo odstavení jaderného reaktoru elektrárny Fessenheim ve Francii, kvůli omezení maximální teploty chladicí vody, z důvodu neohrožení vodního života na řece Rýn. [8]

Mezi vědci existuje konsensus ohledně příčiny klimatické změny (a globálního oteplování, které je jejím doprovodným jevem). A i přestože se setkává s odpůrci, faktem zůstává, že klimatická změna je aktuální a jsou známé důsledky, které postupně nastávají a budou přibývat na intenzitě, i přes politické snažení o redukci CO₂. [9]

Jako student technické univerzity si myslím, že průchodnou cestou je klimatickou změnu přijmout a návrhy budov na důsledky globální změny adaptovat, aby bylo bydlení udržitelné, šetrné ekologicky i ekonomicky a uživatelsky komfortní.

1.2 Možnosti pevného stínění

Typicky rozeznáváme horizontální a vertikální pevné stínící překážky. Jako další prvek ovlivňující pasivně solární vstupy označíme samotné zasklení.

1.2.1 Horizontální stínící překážky

Horizontální stínící prvky jsou obecně účinné pro zajištění stínu na jižní fasádě využívající výšky slunce na obloze v letním období. Optimální návrh dovolí využití solárních zisků v období zimním, kdy je slunce níže. Typickým horizontálním prvkem jsou markýzy. Dále to mohou být přesahy konstrukcí (střechy, podlaží) či konstrukce vykonzolované před fasádu (balkonové desky) nebo naopak zapuštěné lodžie, terasy či arkádové chodby. Je třeba zmínit, že i samotné zapuštění okna do fasády vytváří určitou hloubku nadpraží, která se chová jako horizontální stínící prvek.



Obr. 4: Bohatě přesazené balkóny hotelu. Lagos, Portugalsko. Zdroj: autor

Dalším zástupcem jsou slunolamy – jejich výhodou je částečná propustnost denního světla a současně odrazení přímého solárního záření. Pozice horizontálních prvků je typicky v oblasti nadpraží okenního otvoru.

Účelné využití předsazených konstrukcí vidíme na ubytovacím zařízení na Obr. 4. U tohoto návrhu je prioritou uživatelský komfort a navýšení podlahové plochy právě balkónem. Případný tepelný most tvořený opakovanými konzolami není důsledně řešen, jelikož budova je umístěna v přímořském letovisku, kde teploty neklesají pod bod mrazu. [10] Jedná se o fasádu jihovýchodní, a tedy je druhotným důsledkem částečné stínění okenních otvorů. Případnou výhodou podobných desek a stínění je ochrana zasklení a předsazené konstrukce před srážkami.



Obr. 5: Administrativní budova ENERGYbase. Vídeň. Zdroj: [29]

Velmi chytrá implementace zalomené, striktně jižní fasády je demonstrována na Obr. 5. Geometrie je navržena tak, aby odclonila přímé paprsky směřující v poledne od letního slunce v nejvyšší deklinaci. Prosklení dovoluje vstup solárních zisků v chladném období. Přes své neměnné stínící vlastnosti je fasáda štědře prosklena, což nabízí množství denního světla distribuovaného velmi účinně horním pásem fasády v podlaží. Světlý interiér kancelářské budovy dále podporuje využití přirozeného světla.

Fotografie na Obr. 6 zastupuje podkategorii stínících, tkaninových membrán. Zde předně v roli velmi výrazného, vizuálního prvku, který architektonicky odlehčuje fasádu. Funkce stínění nebyla prioritou, což usuzuji již z orientace a umístění. Totiž, jedná se o severozápadní nároží.



Obr. 6: Budova Factory Office Centre na Smíchově. Praha. Zdroj: [31]

1.2.2 Vertikální stínící překážky

Vertikální stínící překážky zastupují žebra, také vertikální slunolamy či samotné členění fasády a ostění oken. Vertikální stínící překážky jsou pro svou pozici účinné pro stínění užších okenních otvorů a pro odstínění nižšího, bočního slunce. Nemohou clonit sluneční paprsky dopadající ve svislé rovině kolmé na zasklení, ať už je výška slunce jakákoliv. Jako omezení se může jevit kritérium uživatele ponechat z okna dostatečný a nerušený výhled.



Obr. 7: Fasáda budovy MAIN POINT Karlín. Praha. Zdroj: [30]

Na Obr. 7 vidíme využití probarvených žeber (pilastrů, meziokenních pilířů) pro stínění úzkých francouzských oken. Žebra mají půdorysný tvar blízky trojúhelníku, tedy nabízejí pro uživatele větší rozpětí výhledu než obdélníkové žebro. Tento koncept vizuálně podbízivého stínění je doplněn i o venkovní žaluzie.

1.2.3 Slunolamy

Slunolamy pro svou konstrukci ze sdružených lamel nabízejí odclonění přímých solárních paprsků a do různé míry zanechávají možnost prostoupit rozptýlenému světlu, a tím zvyšují světelný komfort v místnosti. Míru clonění, respektive prostupu určuje předně natočení lamel a jejich velikost, dále povrchová úprava ovlivňující odrazivost. Existují slunolamy pevné a pohyblivé. Pevné slunolamy se vždy navrhují individuálně s různým natočením lamel dle zeměpisné pozice, orientace stíněné fasády a požadovaného odstínění. [11]



Obr. 8: Budova krajského ředitelství policie hl. m. Prahy. Zdroj: autor

Slunolamy zastupují jak horizontální, tak vertikální stínící překážky. Ty horizontální, podobně jako markýzy, jsou efektivně využity ke stínění na jižní fasádě. Materiálově se jedná převážně o slitiny hliníků, tedy o lehkou a odolnou konstrukci. Uchycení je buďto bodové na kotvy nebo u většího vyložení na lanka/táhla. Horizontální

slunolamy dovolují nerušený výhled z okna. Popsané využití na jižní prosklené fasádě vidíme na Obr. 8.

Vertikální slunolamy se využívají na rozsáhlé aplikaci, což může být stínění velkých prosklených ploch až celých fasád. Takové instalace nejen zabraňují vstupu přímého záření do interiéru prosklením, nýbrž také chrání i neprůsvitnou fasádu před zahřátím. Taková obálka pak trpí méně fázovým posunem teplotního kmitu, který by nahříval interiér v teplém období v nevhodnou denní dobu. Naopak se zahřejí lamely slunolamy, které předají teplo do okolí, což je podpořeno přirozenou konvekcí venkovního vzduchu. Od tohoto využití se také odvíjí použití rozměrnějších lamel, které často mívají i nezanedbatelné architektonické zastoupení. Jako nevýhoda se může jevit snížený výhled z budovy.



Obr. 9: Vertikální slunolam na budově divadla ALFA. Plzeň. Zdroj: autor

Na Obr. 9 je zachycena budova divadla s instalací vertikálního slunolamu. Podobný fasádní systém – stále vertikální – ale s vodorovnou orientací lamel může být taky použit jako celkový fasádní systém, lze si představit jako jednu obrovskou exteriérovou žaluzii v různém odstupu od fasádní roviny.

1.2.4 Další možnosti stínění

Při návrhu nové budovy je nutné přihlídnout na způsob jejího využití, zejména na očekávané vnitřní zisky, časový režim a předpokládanou úroveň vnitřního prostředí. Nejen ze znalosti těchto informací vychází vhodná orientace fasád, kombinace neprůsvitné fasády s prosklením a odvíjí se také dispozice vnitřního prostoru. Zahrnutí sofistikované solární ochrany ve fázi konceptu garantuje budově pasivní ochranu proti nadměře solárních zisků v době celé životnosti budovy.



Obr. 10: Západní fasáda bytového domu Šafaříkovy sady. Plzeň. Zdroj: autor

Jako další možnost stínění uvádím stínění rostlou zelení. Listnaté stromy v důsledku shazování listů jsou sezónně řízenými stínícími překážkami, což umožní využití solárních zisků v chladném období a clonění v teplém období. Stínění zelení se uplatní spíše pro nižší stavby, respektive pro několik spodních podlaží budov. Lepší využitelnost stínu vrženým stromy najdeme u východní, ještě lépe u (jiho)západní fasády v letních měsících. Sekundárním benefitem zeleně, který je nepřímo ovlivněn pozicí slunce na obloze, je snižování okolní teploty způsobené odparem vody z listů. Odebírání skupenského tepla odparem částečně řeší neuhy městských tepelných ostrovů. [12]

Kombinace např. balkonů a více či méně zapuštěných lodžii nebo různě lomených fasád je také běžná, a to spíše u domů pro bydlení, kde je tento návrh také ovlivněn požadavkem investora na atraktivnost jednotlivých bytových jednotek. Takovou fasádu ukazuje Obr. 10.

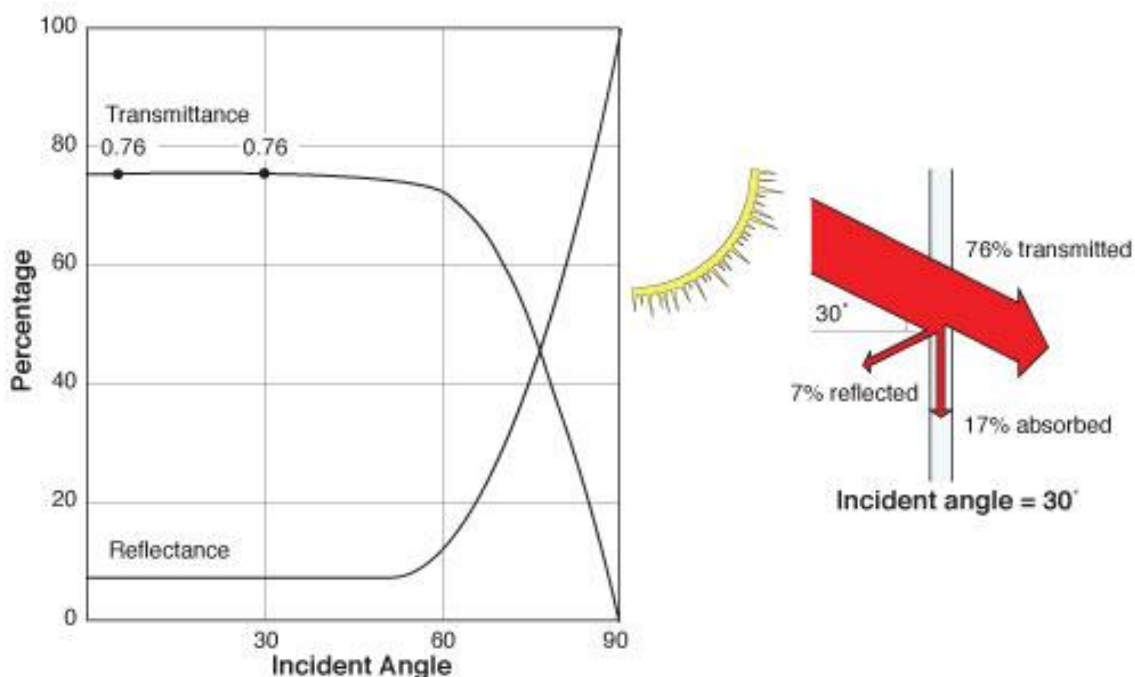
1.2.5 Vlastnosti zasklení

Další možností jak redukovat solární zisky je přímo na úrovni zasklení. Může to být změna fixních optických vlastností skla: absorpční skla, selektivní nebo reflexní vrstvy. Dále se nabízí přidání folie do souvrství zasklení. Jako poslední lze zahrnout fotochromická či termochromická skla, tyto adaptabilní skla mění vlastnosti, ale autonomně a v reakci na záření či teplotu. [13]

Klíčová vlastnost zasklení pro potřeby této práce je solární faktor neboli propustnost slunečního záření a označuje se jako g , někdy SF (nabývá hodnot 0-1, respektive 0-100 %). Udává, jaká část celkové solární energie před zasklením projde do interiéru za nestíněné zasklení, ať už přímou transmisí nebo sekundárním vyzářením z hmoty skla, která energii absorbovala.

U čirého 6 mm skla platí, že 7 % záření je odraženo, 76 % přímo prochází zasklením a 17 % záření je absorbováno, z čehož asi třetina se sekundárně vyzáří do interiéru. Platí pro dopad paprsků pod úhlem 30°. Solární faktor se udává a měří v kolmém směru, a vztahuje se na přímé i difusní záření. Solární faktor je závislý na úhlu dopadu slunečních

paprsků. Obr. 11 ukazuje závislost mezi úhlem dopadu slunečních paprsků a jejich transmisí, pro velké úhly dopadu se zvyšuje procentuální část odražených paprsků a ruku v ruce se snižuje transmise. Jedná se o čiré sklo 6 mm.

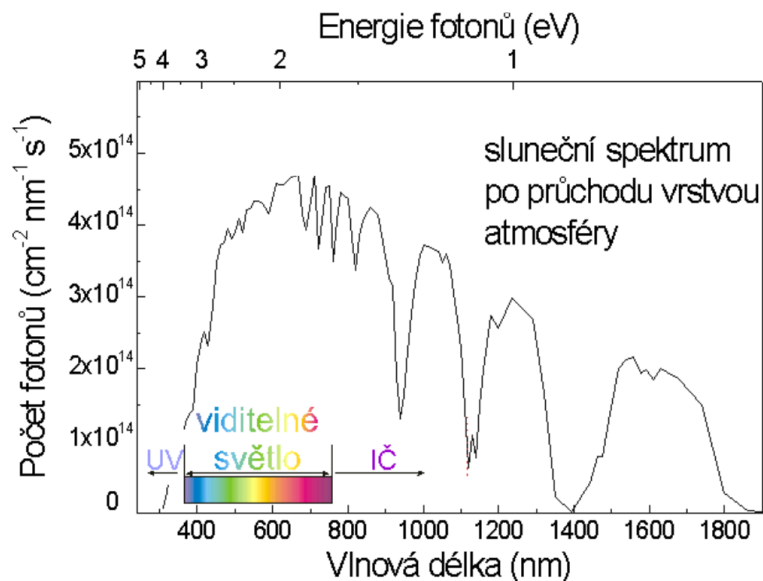


Obr. 11: Závislost mezi úhlem dopadu paprsků a solární propustností. Zdroj: [27]

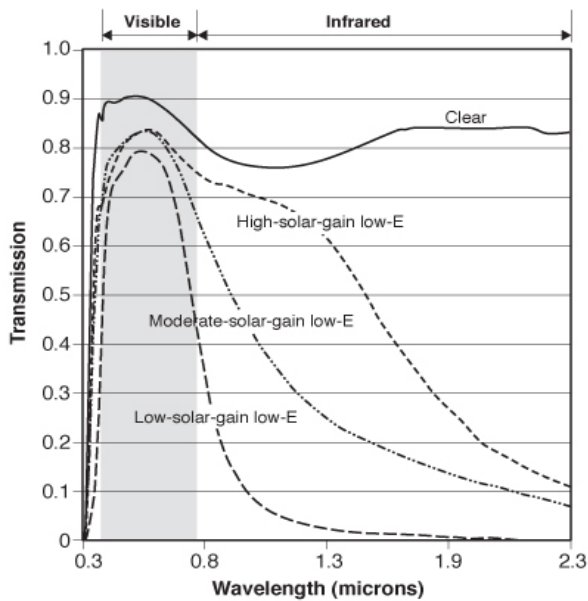
Jelikož součástí solární energie je také spektrum viditelného světla, je nutno brát v potaz, že v korelaci s nižším solárním faktorem je snižována i světelná propustnost označována LT , někdy τ (nabývá hodnot 0-1, respektive 0-100 %). Je to způsobeno vlivem nízkoemisivních (low-e) vrstev, které ačkoli cílí na snížení propustnosti ve spektru infračerveném, dotýká se tato redukce i spektra viditelného světla. Vliv je zřejmý z Obr. 13.

Světelná propustnost je klíčová a dále probrána v kapitole 3.2. Čiré sklo o síle 4 mm má světelnou propustnost 89-91 %, okna na trhu mají LT běžně: dvojsklo až 83 % a trojsklo až 74 %. Hodnota je ovlivněna konfigurací zasklení a zejména případnou vrstvou pokovení, absorpce. Na Obr. 12 je viditelné spektrum solárního záření a jeho

energie v závislosti na vlnové délce. Na spektrum UV záření připadá méně než 10 %, spektrum viditelného světla zastupuje 40-50 % a infračervené spektrum nese ca 50 % energie. Při pohledu na zmíněné dva obrázky je zřejmý záměr a důsledek použití selektivní vrstvy v zasklení se sníženým g . [14]



Obr. 12: Spektrum solárního záření. Zdroj: [32]



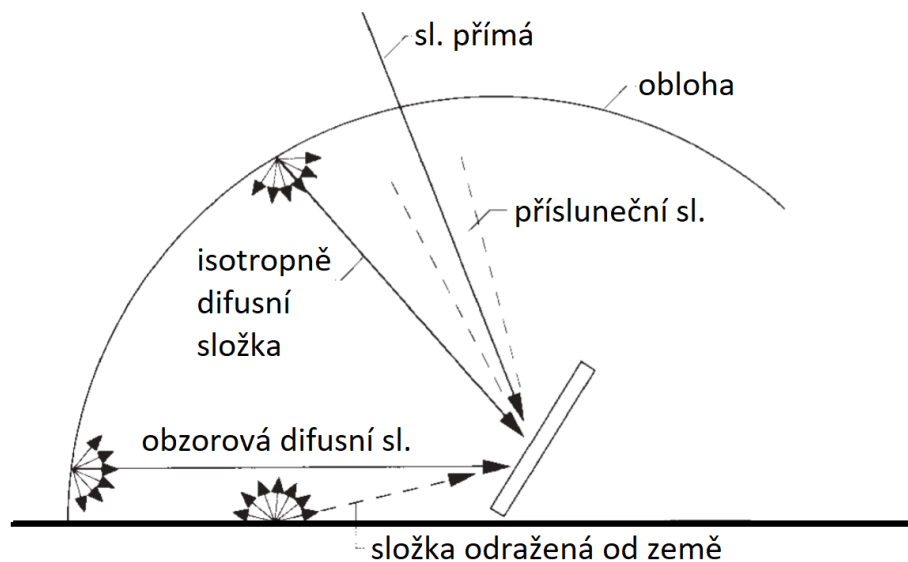
Obr. 13: Spektrální propustnost. Zdroj: [33]

1.3 Solární záření

V této kapitole jsou popsány složky solárního záření a vliv zdánlivého pohybu slunce po obloze na úlohy stínění.

1.3.1 Složky solárního záření

Globální (celkové) sluneční záření se dělí na složku přímou a difusní. Složka přímá je směrová. Difusní záření zahrnuje složku přísluneční, složku izotropní difusní, složku obzorovou a složku odraženou od země. [15]



Obr. 14: Složky slunečního záření. Zdroj: [34] (Přeložené popisky)

1.3.2 Zdánlivý pohyb slunce po obloze

Znalost trasy slunce v každém momentě v roce je nutným předpokladem pro fundovaný výběr analyzovaných variant stínění v následující kapitole. Pozice slunečního kotouče je popsána výškou slunce h a azimutem γ .

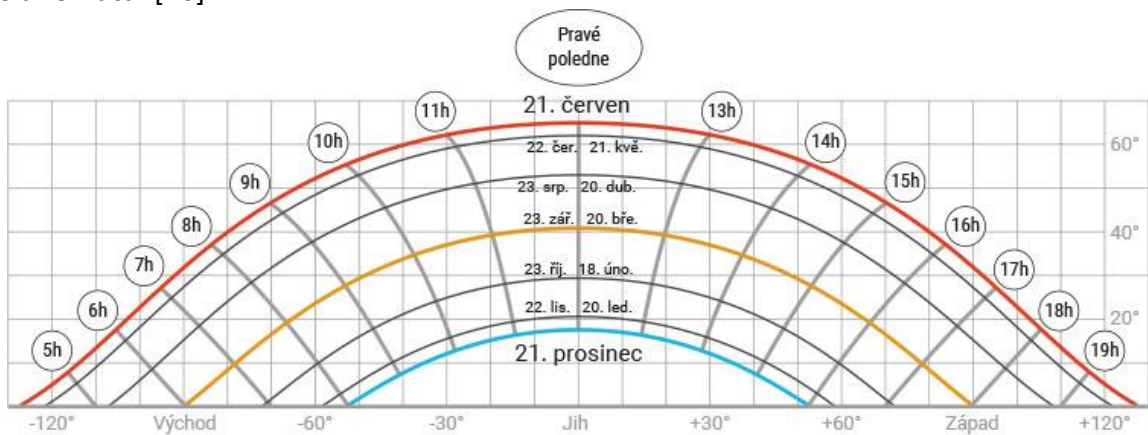
Výška slunce je úhel mezi horizontálou a paprskem slunečního záření. Značí se ve stupních a na Obr. 15 je vynesena na svislé ose. Nabývá hodnot $0-90^\circ$, což odpovídá krajní poloze na horizontu až krajní poloze v zenitu (nadhlavníku), která nastane při rovnodennosti na zemském rovníku.

Výška slunce se definuje jako

$$h = 90^\circ - \Phi + \delta$$

, kde Φ je zeměpisná šířka a δ je deklinace slunce.

Deklinace slunce je úhel, který svírá paprsek s rovinou rovníku v pravé poledne. Nabývá hodnot od $-23,45^\circ$ po $23,45^\circ$. Analogicky výška slunce nabývá pro Prahu (50. rovnoběžku) maximálních hodnot v pravé poledne $16,55^\circ$ při zimním slunovratu až $63,45^\circ$ při letním slunovratu. [16]



Obr. 15: Průběh trajektorií slunce s v průběhu roku. Zdroj: [35]

Azimut slunce je úhel mezi průmětem paprsku do vodorovné roviny a jihem. Na Obr. 15 jsou vyznačeny trasy slunce v měsících. Barevně je vyznačena rovnodennost a slunovraty. Pravidelnost pohybu Země zajišťuje symetrii v trasách mezi slunovraty, např 22. července sledujeme totožnou trasu slunce jako 21. května.

Dalšími pohyby Země je precese a nutace zemské osy. Precese neuplatňuje svůj význam v této práci pro svoji periodicitu 26000 let. Vliv nutace by pro tuto práci mohl být významnější, jelikož ovlivňuje deklinaci slunce. Blíže se tomuto věnuje článek pana docenta Kaňky v [17]. Model použitý v této práci zanedbává vliv precese a nutace. Jsou situace, kdy výpočet určité hodnoty, zde deklinace, „[...] je nezbytným konsenzem v situaci, kdy technické výpočty nemohou akceptovat celou složitost mechaniky planety Země.“ – uzavírá autor článku v [17].

1.4 Doplnkové nástroje redukující přehřívání

1.4.1 Regenerace interiéru

Teplo lze odvést nočním větráním. Efektivita větrání je závislá na teplotě venkovního vzduchu, respektive na rozdílu teplot. Se zvyšujícím se počtem tropických a obecně teplých nocí (kdy maximální teplota je v 90 % percentilu) je účinnost větrání ponížena. Tento způsob regenerace je dále znevýhodněn v městské zástavbě pro existenci důsledků tepelného ostrova. Nicméně stále se jedná o způsob jak regenerovat nabitě tepelně-akumulační vrstvy v bytě.

Využívá se přirozené větrání s nejistými výsledky využívající rozdíly tlaků vzduchu (provětrávání místností příčné, šachtový efekt v domě). To může/nemusí být podpořeno účinkem větru. Takové větrání je bez nákladů. Protichůdný aspekt zejména u domů pro bydlení je hluchost vstupující otevřenými otvory do bytu.

1.4.2 Akumulace tepla

V omezené míře a s časovým posunem lze přebytečné teplo v interiéru ukládat do tepelně-akumulační vrstvy zóny. Tato vrstva je účinná v několika centimetrech od holého povrchu a efekt je vyšší s narůstající tepelnou jímavostí této vrstvy. Akumulace je užitečná i v chladném období roku, kdy je ukládané teplo a zóna pomaleji vychládá. Samotná akumulační vrstva může v přechodném období zajistit úpravu teploty vzduchu. Je možné, že se objeví neveliká tepelná zátěž, respektive tepelná ztráta, ale díky akumulaci, respektive předání tepla není vyžadována strojová úprava vzduchu. Ta chvilková špička je utlumena a rozdrobena v čase. [18]

Konstrukčně se využívají těžké příčky opatřené omítkami (například hliněná omítky). Může to být těžká podlaha s keramickou nášlapnou vrstvou nebo odhalená stropní konstrukce (nikoliv kazetové nebo sádkartonové podhledy). Tato možnost funguje do té doby, než je akumulační kapacita vyčerpána/nabita. K tomu dochází při nedostatečné regeneraci vrstvy, typicky při několika navazujících, slunečných dnech.

1.4.3 Velikost prosklené plochy

Tedy z důvodů uvedených výše je zřejmé, že pro předcházení přehřívání budovy je nutné redukovat solární zisky již před vstupem do interiéru.

Tuto podkapitolu bych si dovolil uvést stanoviskem, že nejlépe se stíní zasklená plocha, která neexistuje. Je klíčové již ve fázi konceptu diskutovat poměr prosklených ploch k neprůsvitné fasádě a zejména jejich orientaci. Dále zvážit důvody pro okenní otvory s nízkým až nulovým parapetem. Argument denního osvětlení je lichý, mnohem efektněji se získává denní světlo otvory v horní části podlaží, není potřeba snižovat parapety pod úroveň pracovní roviny (běžně 850 mm nad čistou podlahou). Aby bylo francouzská okna možné účinně stínit, vyžadovalo by to rozměrné, vykonzolované stínící prvky. Vhodnější cestou by bylo využití exteriérových žaluzií.

2 ANALÝZA GEOMETRICKÝCH KONFIGURACÍ

V této kapitole bude snahou ověřit chování různých geometrických konfigurací různě orientovaných oken. Pozorováním chování různých konfigurací a jejich dílčích hodinových a měsíčních korekčních koeficientů stínění by mělo vést k fundovanému rozhodnutí o volbě stínění pro řešený byt v poslední kapitole.

2.1 Definice pojmů

2.1.1 Korekční koeficient stínění F_{sh}

Korekční koeficient stínění je definován jako:

$$F_{sh} = \frac{Q_s}{Q_{se}}$$

, kde Q_s je solární energie dopadající na řešené zasklení a Q_{se} je solární energie, která dopadá na nezastíněnou rovinou o stejné orientaci a sklonu jako řešené zasklení.

Nabývá hodnot 0-1, kde hodnota 1 znamená žádný vliv zastínění a extrémní hodnota 0 značí kompletní stínění.

2.2 Výpočetní program

Výpočty stínění jsou prováděné prostřednictvím programu MATLAB v aplikaci Model stínění okna. [19] Analýza této části je zpracována v režimu Clear-Sky model záření, tzn. bez vlivu oblačnosti. Důvodem je zjistit jak se chovají stínící překážky za nejméně přívných podmínek z hlediska přehřívání. Dané výpočty jsou platné pro 50. rovnoběžku.

2.3 Analýza jižního okna

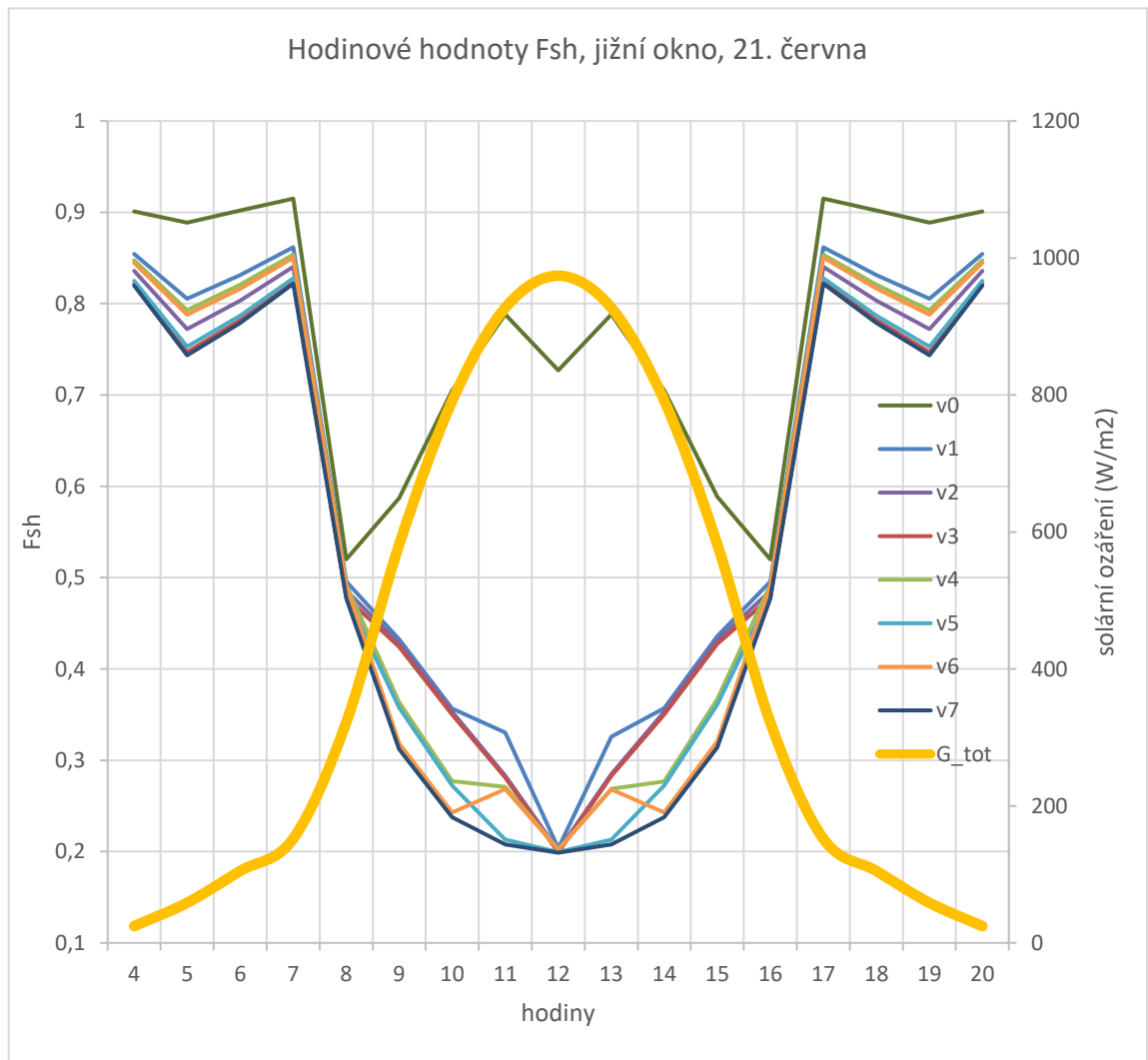
Jako první ověřím různé konfigurace markýzy na jižním okně.

Modelované okno má rozměry 1,5 x 1,5 m, zapuštění okna 0,2 m za hranu fasády, tloušťka rámu je 80 mm. Na daném okně budou ověřeny různé varianty (V0 až V7) stínění markýzou s daným odsazením od nadpraží 0,1 m.

Tab. 1: Varianty stínění jižního okna.

Varianty	V0	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
Vyložení [mm]	0	500	750	1000	500	750	500	750
Boční přesah [mm]	0	0	0	0	250	250	500	500

Níže jsou spočtené a vynesené hodnoty Fsh v hodinovém kroku pro letní slunovrat a také pro den 21. srpna/dubna. Hodinové koeficienty jsou doplněny měsíčními hodnotami pro dané varianty. Výsledky jsou rozebrány v diskuzi.



Graf 1: Hodinové hodnoty Fsh, jižní okno, 21. června



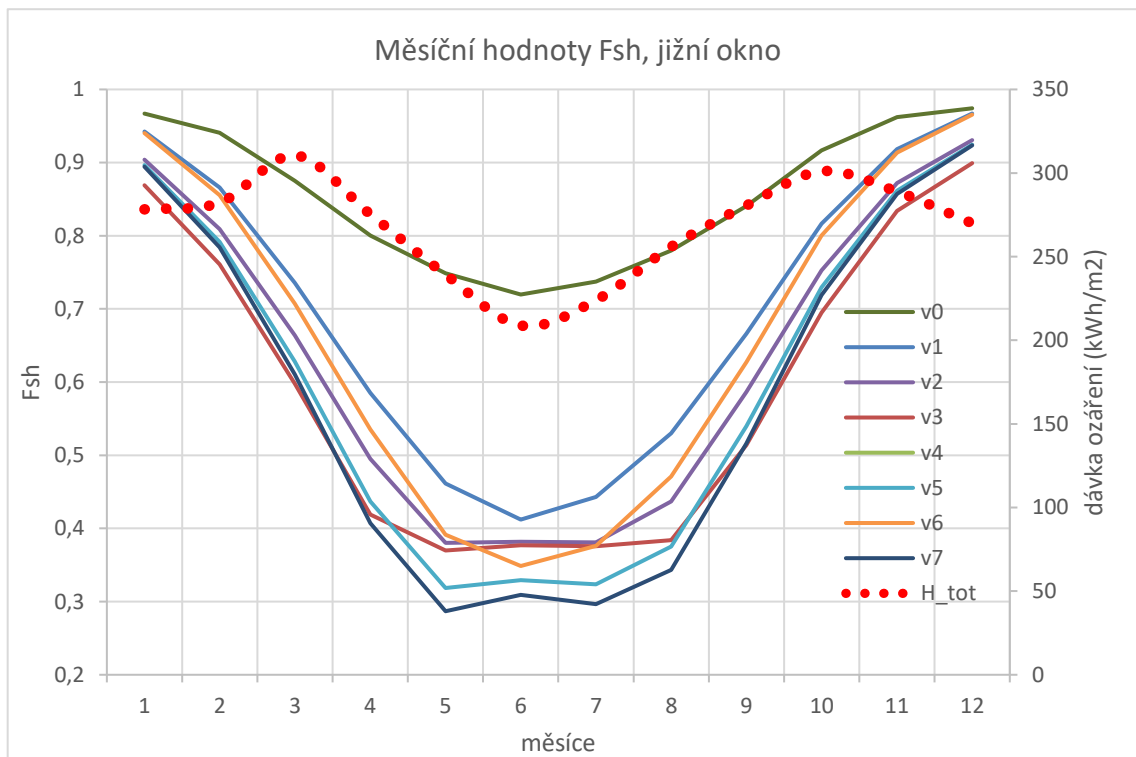
Graf 2: Hodinové hodnoty Fsh, jižní okno, 21. srpna/dubna

2.3.1 Dílčí diskuse

Referenční okno V0 je stíněno pouze vlastním ostěním a nadpražím. Vliv nadpraží je viditelný u letního slunovratu v pravé poledne, kde je pokles Fsh. Graf 1 ukazuje vysokou účinnost stínění již u markýzy s vyložením 500 mm (odpovídající 1/3 výšky okna). Další prodloužení vyložení má již malý dopad (V2, V3). Boční přesah markýzy má nezanedbatelný vliv na stínění dopoledního a odpoledního slunce.

Graf 2 ukazuje, že na řešené období 21. srpna jsou již vyložení rovné 1/3 výšky okna nedostatečná. Také vliv bočních přesahů je nižší. To ukazuje na vliv výšky slunce.

Nejúčinněji se jeví vyložení rovné min 2/3 výšky okna v kombinaci s bočními přesahy (V3 a V7). Analýza potvrzuje účinnost markýzy pro stínění jižních oken, což dokládají i měsíční hodnoty Fsh viz Graf 3.



Graf 3: Měsíční hodnoty Fsh, jižní okno

2.4 Analýza západního/východního okna

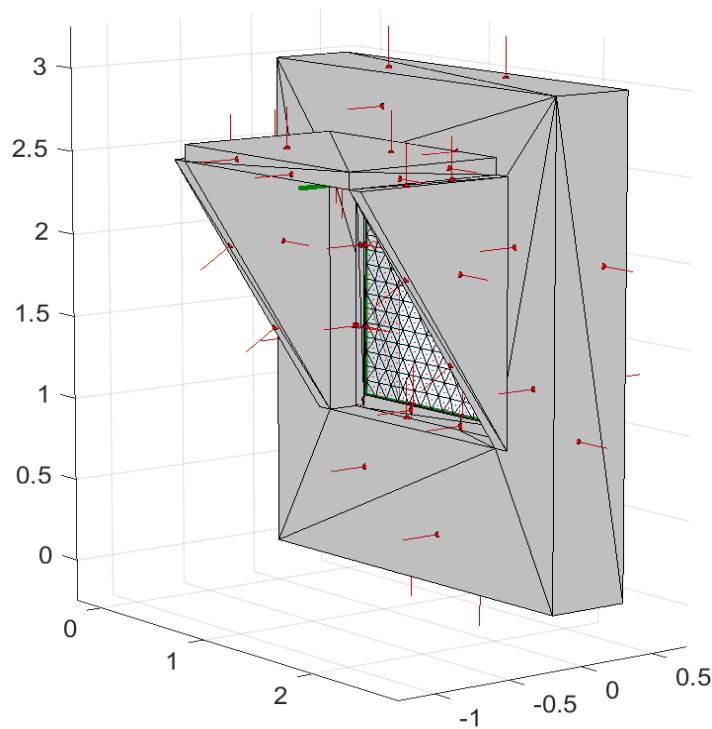
Ověřím různé konfigurace žebry a markýzy na západním/východním okně. Úloha je identická pro východní a západní fasádu, pouze jsou výsledky zrcadlově převrácené podle jižního směru.

Modelované okno má rozměry 1,5 x 1,5 m, zapuštění okna je 0,2 m, tloušťka rámu 80 mm. Na daném okně budou ověřeny různé varianty stínění markýzou bez bočních přesahů s daným odsazením od nadpraží 0,1 m v kombinaci s dvěma žebry, které simulují pokračování ostění.

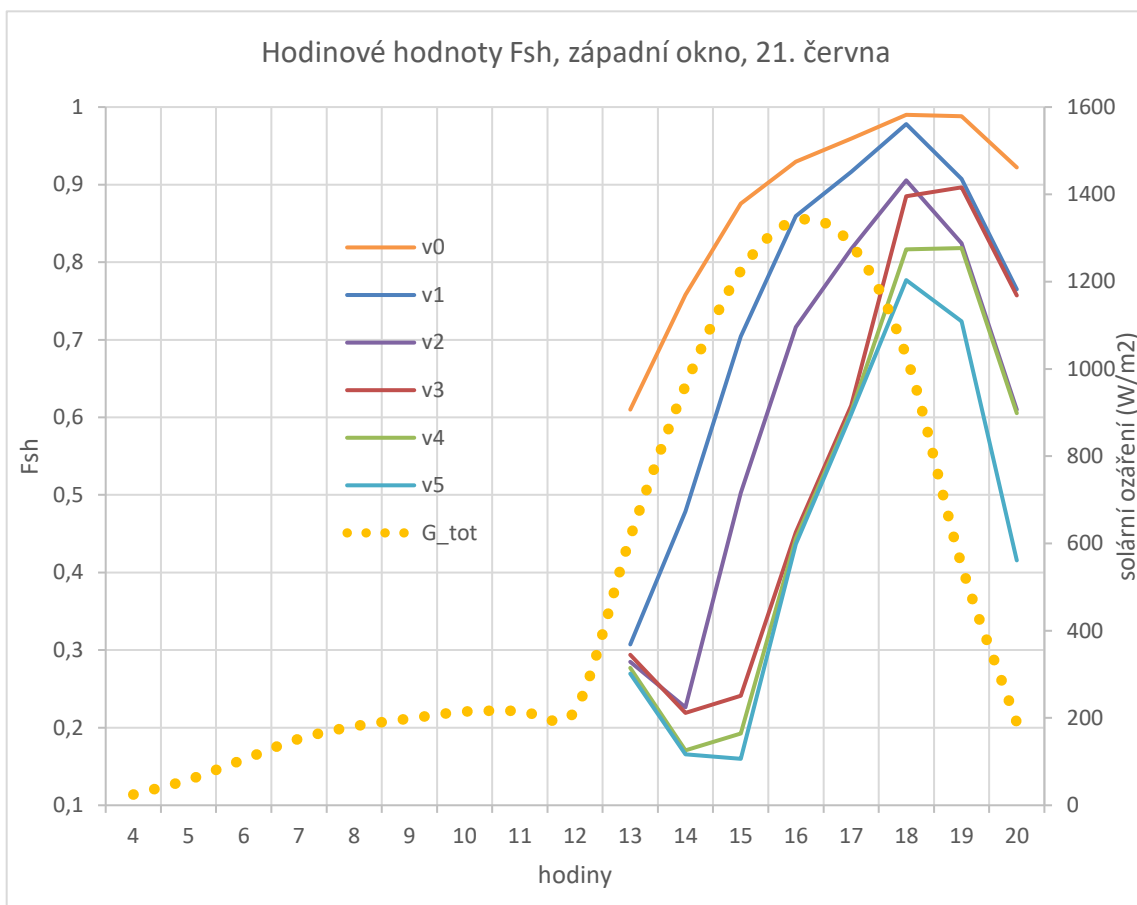
Tab. 2: Varianty stínění západního okna.

Varianty	V0	V1	V2	V3	V4	V5
Vyložení markýzy [mm]	0	250	500	1000	1000	1000
Vyložení žebra [mm]	0	250	500	250	500	Pozn. 1

Pozn.1: Žebro pouze u varianty V5 je vyloženo 1000 mm u horního ostění, u parapetu je naopak nulové vyložení. Názorně viz Obr. 16.

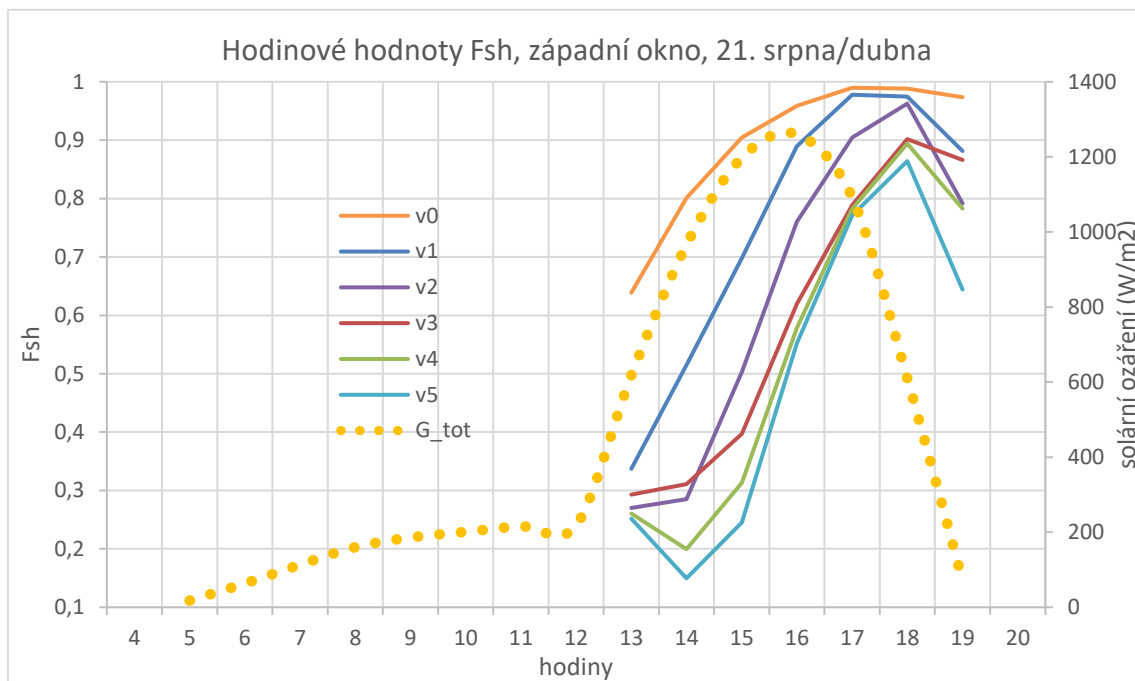


Obr. 16: Schéma stínění západního okna (varianta V5)



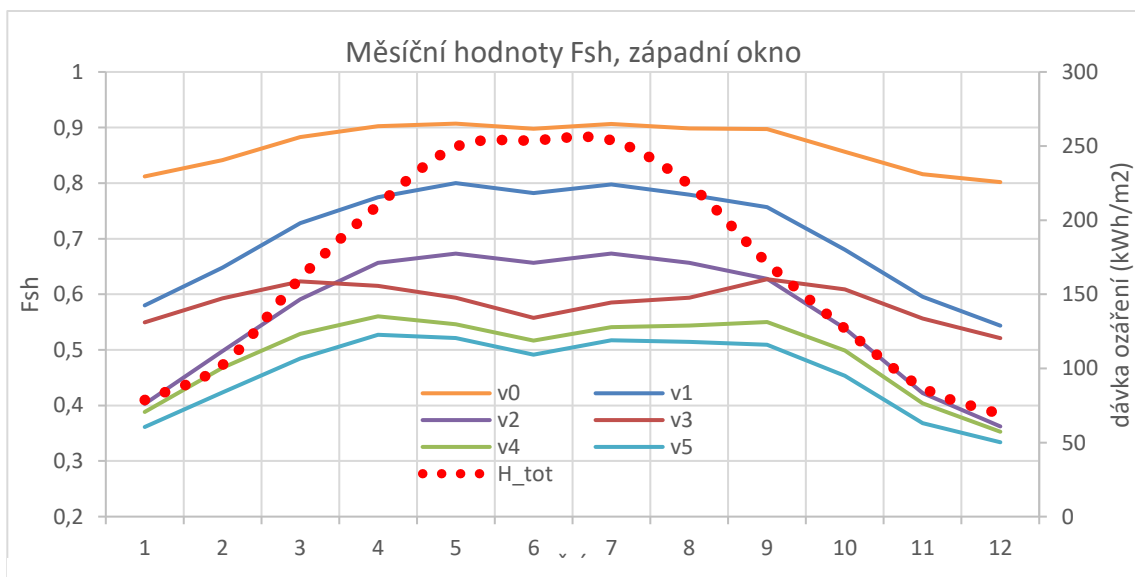
Graf 4: Hodinové hodnoty Fsh, západní okno, 21. června

Stínění západní fasády se uplatňuje až po polední. Graf 4 potvrzuje náročnost návrhu stínění pro západní fasádu. V1 a V2 jsou účinné jen po poledni, kdy dopadají sluneční paprsky pod ostrým úhlem. Pro účinnější stínění je třeba naddimenzovat jak žebro tak markýzu. Takové řešení vytvoří z okna krabicový prvek s omezeným výhledem do exteriéru a s omezeným vstupem denního osvětlení.



Graf 5: Hodinové hodnoty Fsh, západní okno, 21. srpna/dubna

Situace v srpnu má opět podobný charakter. Za zmínku stojí zmínit extrémní propustnost nestíněné varianty, která od odpoledních hodin až do západu slunce přijímá téměř všechnu dopadnuvší energii.



Graf 6: Měsíční hodnoty Fsh, západní okno

Pro západní fasádu je typická vysoká dávka ozáření v létě pro svoji kolmou orientaci vůči nižším, odpoledním paprskům.

2.5 Dílčí závěr

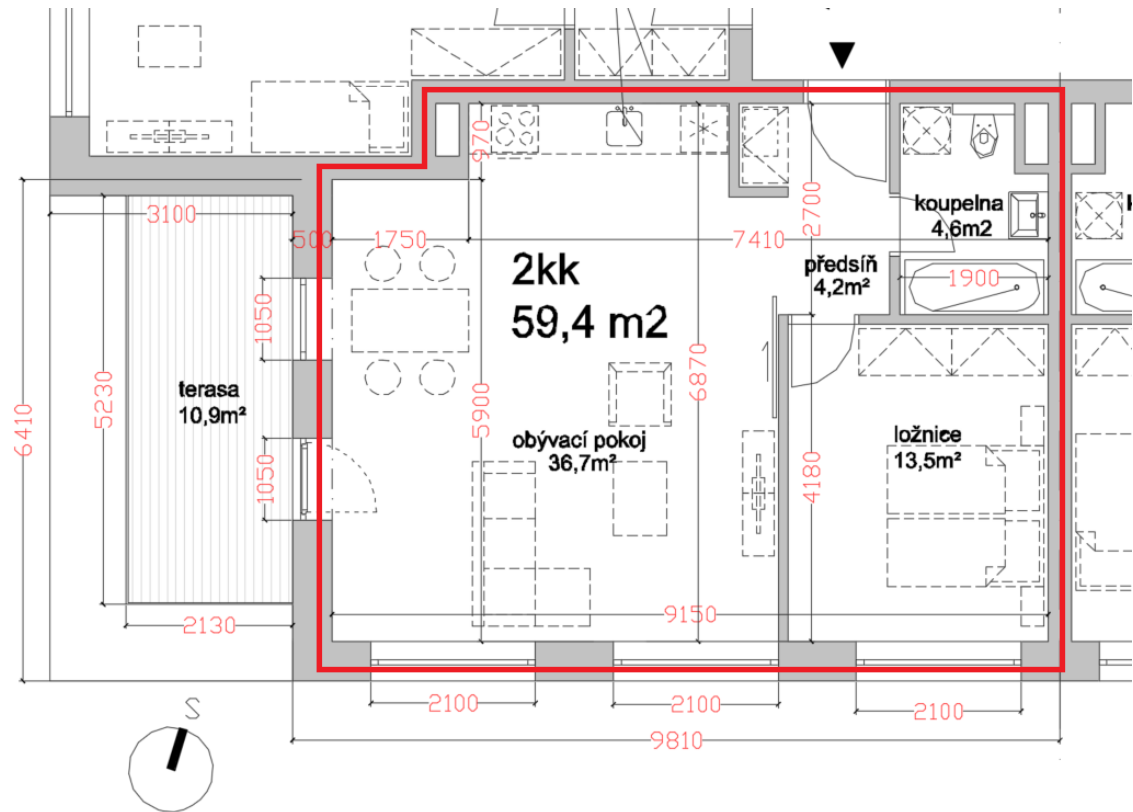
Platí, že s pevnými stínícími překážkami lze díky trajektorií slunce velmi účinně stínit jižní fasádu před letním sluncem. Zároveň v budově pro bydlení necloní před solárními zisky vítanými v chladném období. Naopak je téměř nemožné stínit západní/východní fasádu. Snad s výjimkou vertikálních slunolamů předsazených před fasádu, které snižují vizuální komfort uživatele a zároveň redukuje denní osvětlení. Jako možné pasivní opatření se nabízí redukovat plochu prosklení na minimum, které bude určovat požadavek na denní osvětlení. Druhou možností je využít skla s nízkou solární propustností (opět nutno ověřit č.d.o.). Třetí možností (závislou na umístění stavby a urbánní konfiguraci) je zastínění okolními budovami či zelení.

3 PRAKTICKÁ ČÁST – SIMULACE

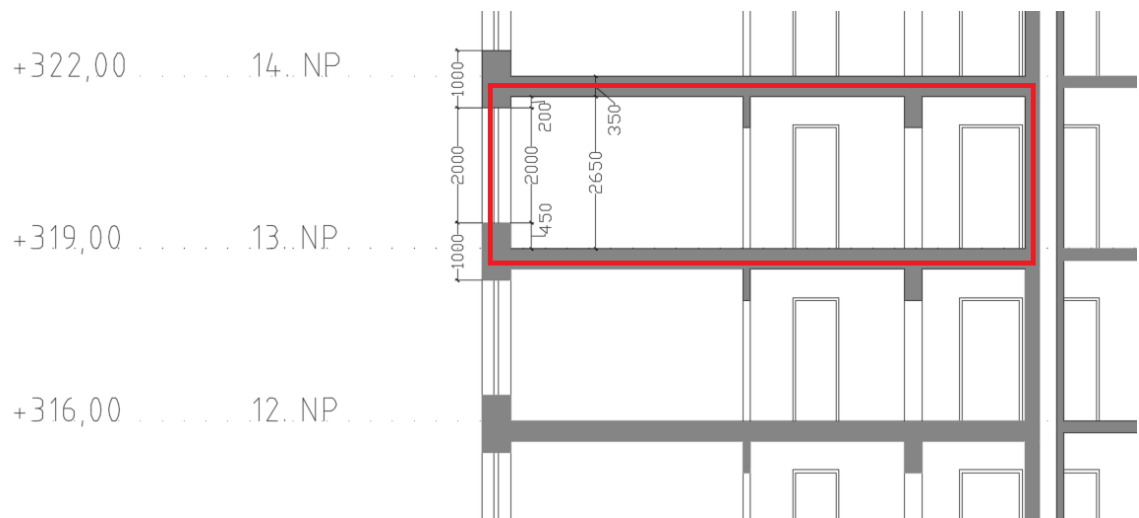
Tato kapitola bude ve sledovaném bytě řešit kvalitu vnitřního prostředí dle kritéria letního přehřívání, denního osvětlení a potřeby tepla na vytápění v zimě. Tyto kritéria je potřeba vyvážit. Prioritní bude zajistit tepelnou pohodu v teplém období, snaha je stínícími opatřeními eliminovat přehřívání. Toto kritérium je limitováno požadavkem na denní osvětlení, které vyžaduje určitou míru prosklení a viditelnou část oblohy. Závěrečným výpočtem bude stanovena potřeba tepla na vytápění. Výzkumná otázka tedy zní jestli lze pevnými stínícími překážkami eliminovat přehřívání (pro účel práce je definována maximální operativní teplota vnitřního vzduchu na 26 °C), pokud ne, pak o kolik je mez překročena.

Na stavební otvory zadaného bytu budou namodelovány pevné stínící překážky a budou zjištěny korekční koeficienty stínění. Posléze bude vyhodnocen referenční model z hlediska letního přehřívání a popsány vstupy, které ovlivní výsledky.

3.1 Zadání řešeného bytu



Obr. 17: Výřez půdorysného schéma s klíčovými kótami



Obr. 18: Výřez se schéma řezu AA' s klíčovými kótami

Zadaný byt bude součástí bytového domu v ulici Vosátkova, Praha. Jedná se o předprojektovou přípravu ve stupni dokumentace pro územní rozhodnutí. Upravené výřezy jsou převzaté a dokumentace [20]. Výkresovou dokumentaci půdorysu, řezu a situace lze v plné podobě nalézt v příloze v úplném závěru této práce.

Tab. 3: Základní popis a vlastnosti řešené zóny

Popis	Hodnota	Jednotka
Podlahová plocha zóny	61,2	m ²
Objem vzduchu	161	m ³
Konstrukční výška	3,00	m
Světlá výška	2,65	m
Zeměpisná šířka	50,015058	° s. š.
Zeměpisná délka	14,437212	° v. d.
Výšková poloha ±0,000	265	m n.m. v Bpv

3.1.1 Konstrukce a skladby v zóně

V této kapitole popisují jednotlivé bytové konstrukce a parametry, které jsou zadávány do výpočtu rizika přehřívání. Vrstvy jsou řazeny od interiéru zóny ven.

Obvodová stěna

Obvodová stěna železobetonová s KZS z minerálních vláken.

Tab. 4: Popis obvodové stěny

Název vrstvy	Tloušťka	Souč. tep. vod.	Měr. tep. kap.	Obj. hmotnost
	d [m]	λ [W/(m·K)]	c_p [J/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
Sádrová omítka	0,008	0,57	1000	1300
ŽB stěna	0,220	1,58	1020	2400
Desky z minerálních vláken	0,280	0,04	840	150
Vápenocementová omítka	0,006	0,47	790	1080
Plocha konstrukce A = 25,6 m²				
Součinitel prostupu tepla konstrukce U = 0,136 W/(m².K)				

Obvodové konstrukce vnitřní

Obalové konstrukce na adiabatické hranici. Se sousedním byty o stejné předpokládané teplotě hraničí vnitřní nosná stěna, podlaha a strop.

Tab. 5: Popis vnitřní stěny

Název vrstvy	Tloušťka	Souč. tep. vod.	Měr. tep. kap.	Obj. hmotnost
	d [m]	λ [W/(m·K)]	c_p [J/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
Sádrová omítka	0,008	0,57	1000	1300
Zdivo aku nosné	0,300	0,36	1000	980
Sádrová omítka	0,008	0,57	1000	1300
Plocha konstrukce A = 45,1 m²				

Skladba stropu a podlahy je totožná, ve výpočtovém programu je pořadí přetočeno, aby byla správně započtena tepelná kapacita vrstvy.

Tab. 6: Popis stropní konstrukce

Název vrstvy	Tloušťka	Souč. tep. vod.	Měr. tep. kap.	Obj. hmotnost
	d [m]	λ [W/(m·K)]	c_p [J/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
Sádrová omítka	0,008	0,570	1000	1300
ŽB panel	0,230	1,580	1020	2400
Akustické desky MW	0,060	0,044	840	110
Anhydritová stěrka	0,044	1,200	840	2100
Podlahová vrstva	0,008	0,170	1400	1200
Plocha konstrukce A = 61,2 m²				

Vnitřní konstrukce

Konstrukce celé utopené v zóně, tedy je počítáno s tepelnou kapacitou obou povrchů. V zadané zóně se jedná o bytové příčky omítnuté, respektive jednostranně obložené.

Tab. 7: Popis vnitřní příčky omítnuté

Název vrstvy	Tloušťka	Souč. tep. vod.	Měr. tep. kap.	Obj. hmotnost
	d [m]	λ [W/(m·K)]	c_p [J/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
sádrová omítka	0,008	0,570	1000	1300
tvarovky z lehčeného betonu	0,125	0,137	1000	500
sádrová omítka	0,008	0,570	1000	1300
Plocha konstrukce A = 17,3 m²				

Tab. 8: Popis vnitřní příčky koupelňové

Název vrstvy	Tloušťka	Souč. tep. vod.	Měr. tep. kap.	Obj. hmotnost
	d [m]	λ [W/(m·K)]	c_p [J/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
Sádrová omítka	0,008	0,570	1000	1300
Tvarovky z lehčeného betonu	0,125	0,137	1000	500
Obklad keramický	0,007	1,010	840	2000
Plocha konstrukce A = 7,4 m²				

Výplně stavebních otvorů

Byt disponuje třemi okny na jih, oknem na západ a balkónovými dveřmi na západ.

Dílcí rozměry jsou zřejmé z Obr. 17 a Obr. 18.

Tab. 9: Popis okenních prvků

Druh oken	Plocha	Plocha zasklení	Souč. prostupu	Energ. prop.
	A_w [m ²]	A_g [m ²]	U_w [W/(m ² ·K)]	g [-]
Okna jižní	4,20	3,36	0,8	0,5
	4,20	3,36	0,8	0,5
	4,20	3,36	0,8	0,5
Celkem	12,6	10,08		
Okna západní	2,10	1,79	0,8	0,5
	2,57	2,18	0,8	0,5
Celkem	4,67	3,97		

3.2 Orientace vůči světovým stranám

Jižní fasáda má azimut dle mapového podkladu $-17,2^\circ$. Pro získání skutečné orientace vůči skutečnému jihu je potřeba započítat meridiánovou konvergenci, která pro zeměpisnou délku domu činí $7,8^\circ$. [21]

$$C = \frac{24^\circ 50' - \lambda}{1,34}$$

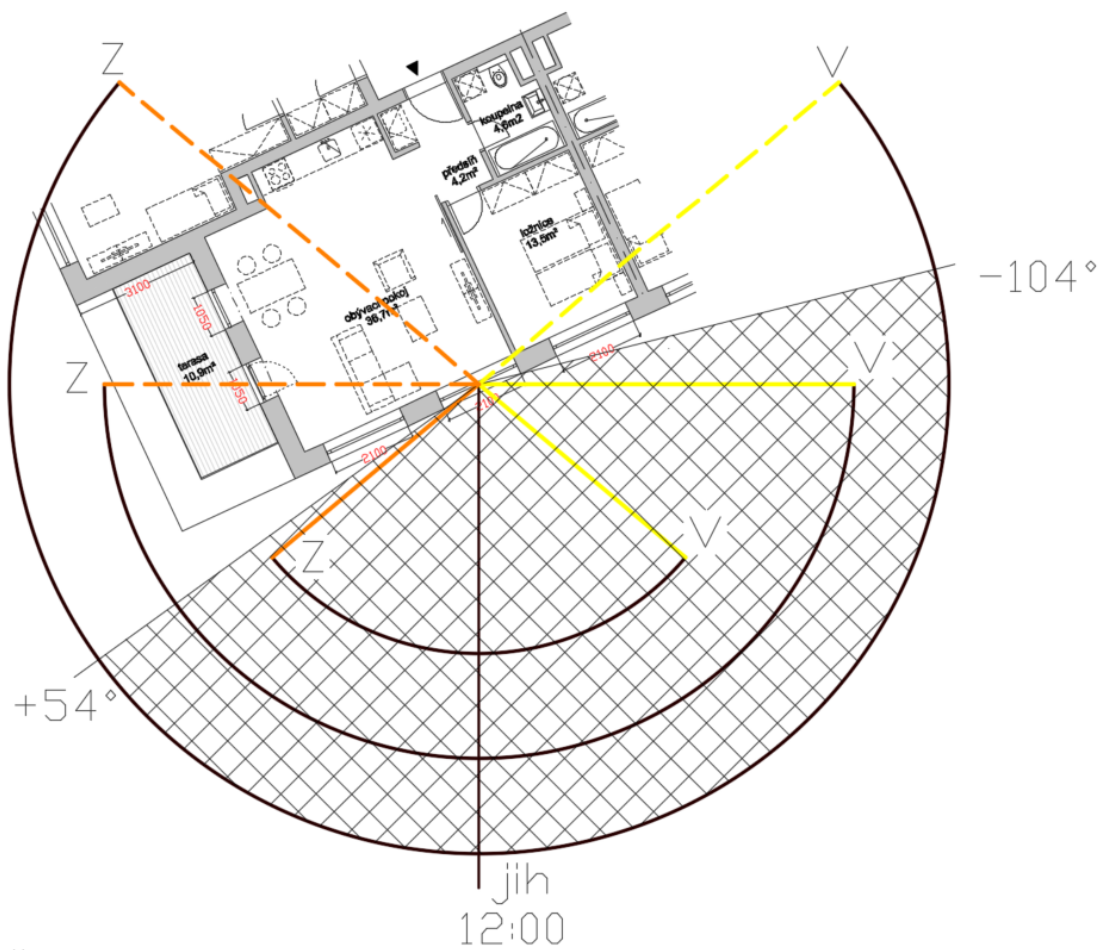
Azimut „jižní“ fasády domu je $-25,0^\circ$. Spíše tedy jiho-jihovýchod. Dále v této kapitole pro odlišitelnost je tato fasáda označována jako jižní. Analogicky její součástí jsou jižní okna.

Azimut „západní“ fasády domu je $+65,0^\circ$. Spíše tedy západo-jihozápad. Dále v této kapitole pro odlišitelnost je tato fasáda označována jako západní. Analogicky je její součástí západní okno a západní, balkonové dveře.

Pro názornost je na Obr. 19 otočené schéma s vyznačením skutečného jižního směru. Dále jsou zakresleny průměty zdánlivých drah slunce po obloze z pohledu pozorování v místě jižního okna. Jsou vyneseny pozice východu a západu slunce ve slunovratech a v rovnodennostech. Také je šrafovaným výsekem vyznačen prostor, ze kterého prosklení přijímá přímé solární záření. Jedná se o maximální možný výsek omezený pouze hranou ostění. Okraje jsou označeny hodnotou azimutu a odpovídající časy, kdy začnou/přestanou dopadat na hranici okna, jsou uvedeno v Tab. 10. Přepočítání dle [22].

Tab. 10: Doby osvitů oken na jižní fasádě

	Počátek osvitů zasklení	Výška slunce	Konec osvitů zasklení	Výška slunce
Letní slunovrat	7:10	19°	15:10	54°
Rovnodennosti	S východem	0°	15:20	25°
Zimní slunovrat	S východem	0°	Při západě	0°

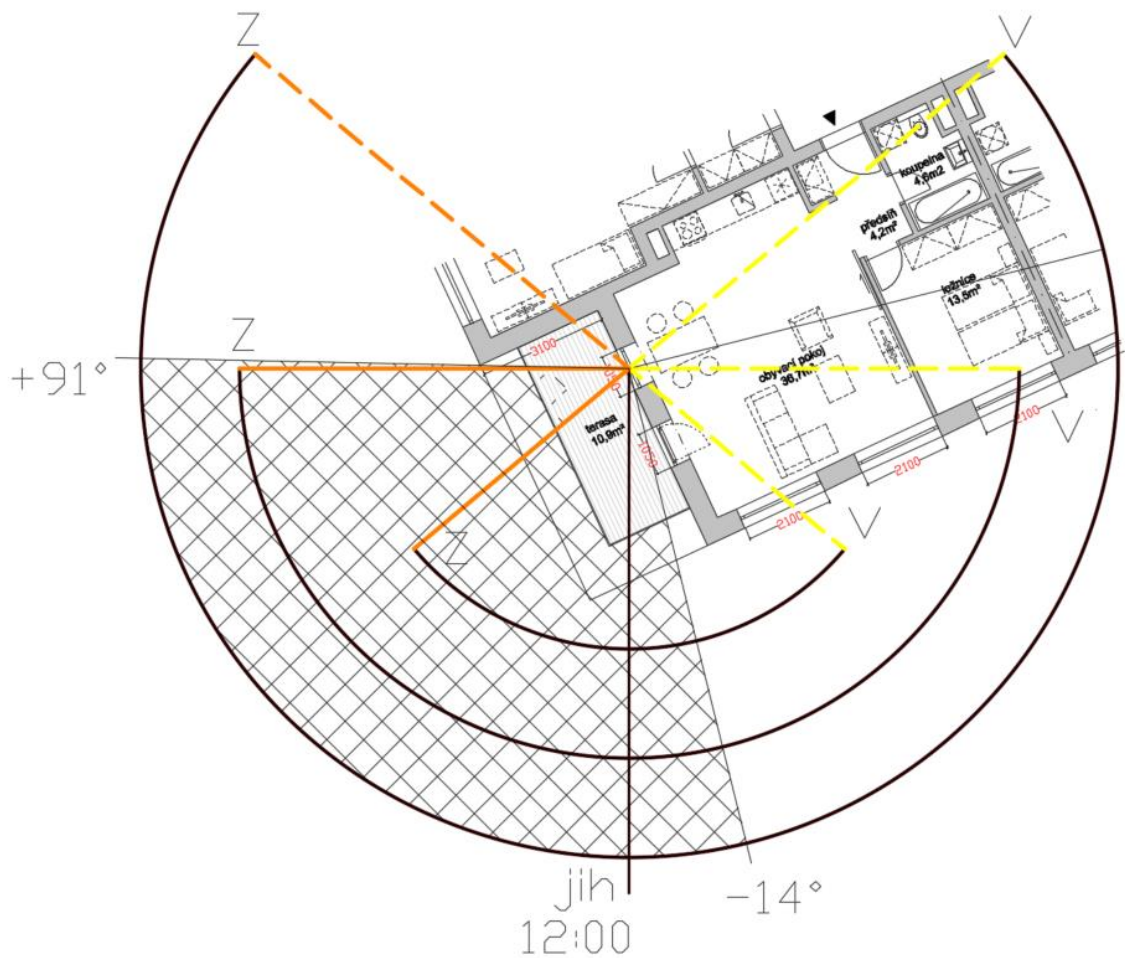


Obr. 19: Solární schéma pro jižní fasádu. Upraveno autorem

Totožný náčrt pro západní fasádu ukazuje Obr. 20. Doplňuji tabulku s časy osvitů.

Tab. 11: Doby osvitů oken na západní fasádě

	Počátek osvitů zasklení	Výška slunce	Konec osvitů zasklení	Výška slunce
Letní slunovrat	11:35	63°	16:45	30°
Rovnodennosti	11:25	38°	Při západě	0°
Zimní slunovrat	11:00	15°	Při západě	0°

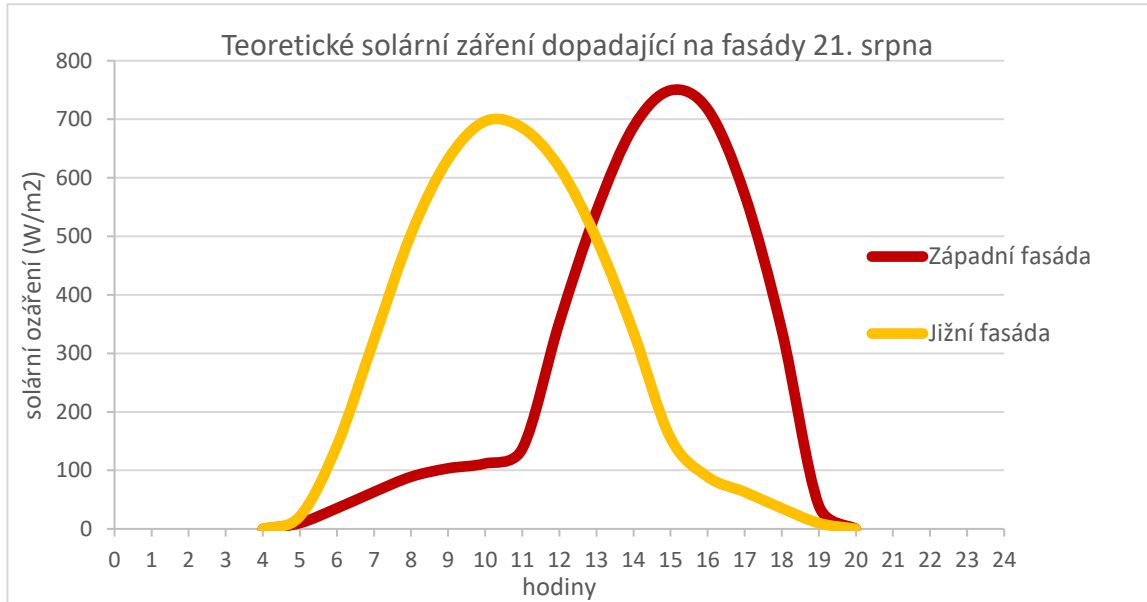


Obr. 20: Solární schéma pro západní fasádu. Upraveno autorem

Tato podkapitola názorně ukázala kdy, z jakého směru a z jaké výšky budou na která okna dopadat sluneční paprsky. Tato vizuální pomůcka je podkladem pro návržení variant stínění zadaného bytu. Pro jižní okna budu zvažovat markýzu a hledat optimální vyložení. Západní okna bude stínit zalomení fasády a navržená terasa.

3.3 Okrajové podmínky

Riziko přehřívání je počítáno v období týdne počínaje 21. srpna. Nejprve je nutné přepočítat teoreticky možné solární ozáření na řešené, natočené fasády. Teoreticky možné množství je při nezastíněné obloze, tedy byl použit Clear-sky model. Výsledná data v Graf 7 jsou použita jako okrajové podmínky pro výpočet rizika přehřívání.

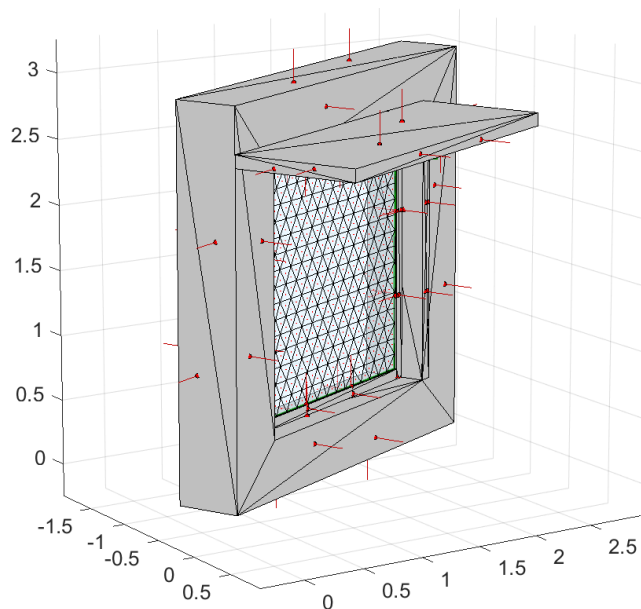


Graf 7: Teoretické solární záření dopadající na fasády 21. srpna

Dalším vstupem jsou hodinové hodnoty F_{sh} pro navržené stínící opatření.

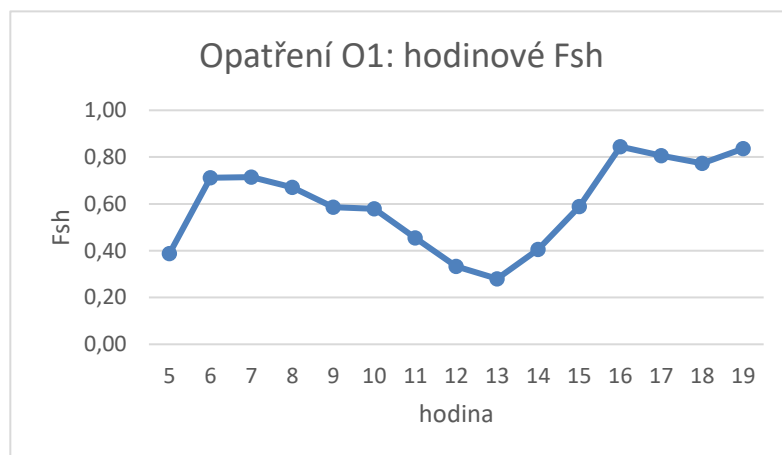
3.3.1 Opatření O1

Jedná se o stínění jižních oken markýzou vyloženu 1 000 mm s bočním přesahem 500 mm k západnímu ostění viz Obr. 21.



Obr. 21: Opatření O1: model

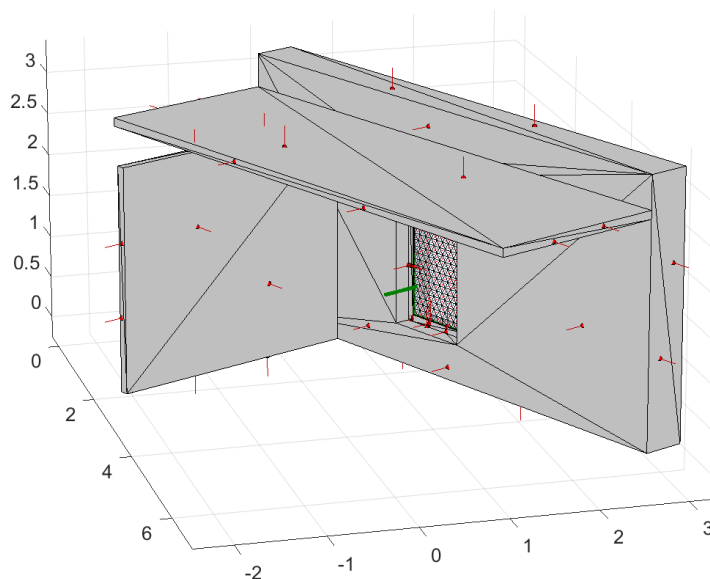
Hodnoty Fsh na Graf 8 říkají, že okno je od třetí hodiny stíněno pouze omezeně. Nicméně z rozboru slunečních trajektorií v předchozí kapitole si uvědomíme, že jižní fasáda od cirka třech hodin není přímo osluněna.



Graf 8: Opatření O1: hodinové Fsh

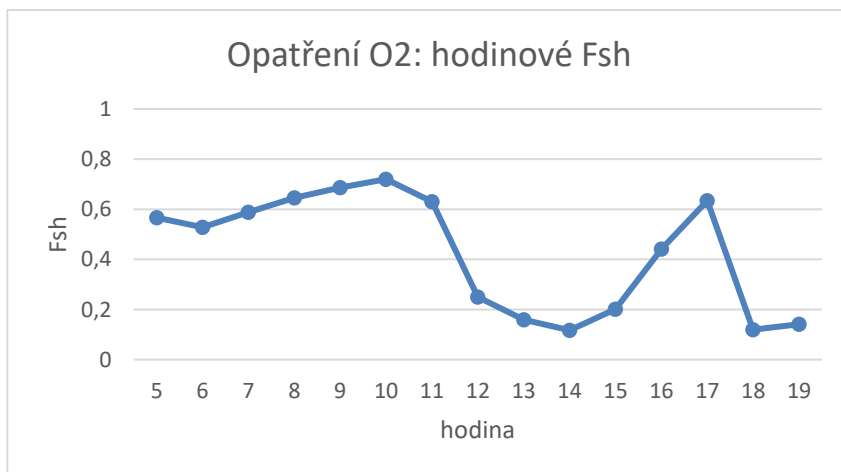
3.3.2 Opatření O2

Opatření O2 je zaměřeno na západní fasádu. Jedná se o stínění západního okna předsazenou terasou a zalomením fasády. Model situace viz Obr. 22.



Obr. 22: Opatření O2: model

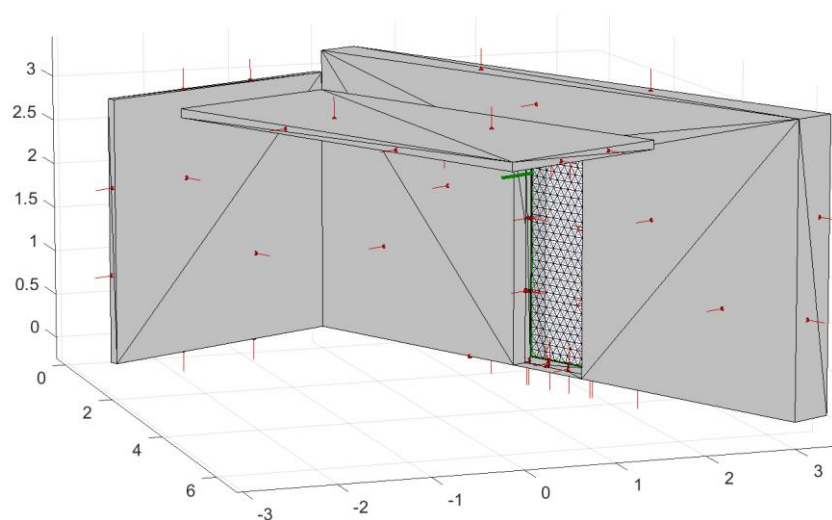
Graf 9 ukazuje opět vysoké Fsh v části dne, kdy tato fasáda není osvětlena přímo. Opatření O2 mezi 11:00 až 16:00 hodinou stíní dobře. Kolem páté hodiny bude okno přímo osvětleno než se sluneční kotouč schová za zalomení fasády.



Graf 9: Opatření O2: hodinové Fsh

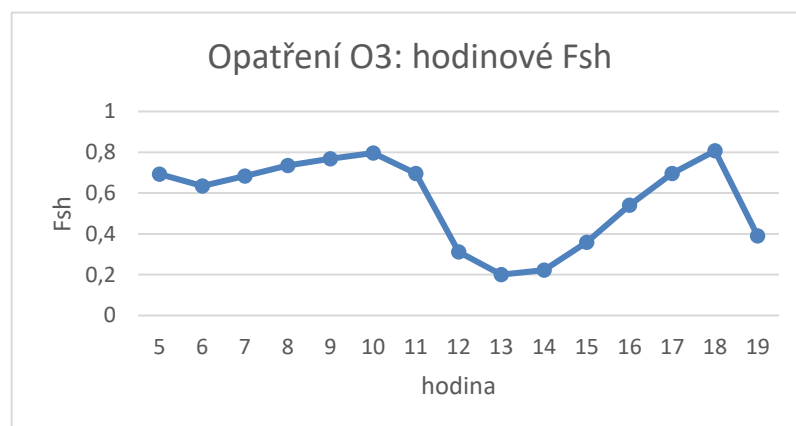
3.3.3 Opatření O3

Opatření O3 se věnuje stínění západních, balkonových dveří, které slouží jako vstup na terasu. Model viz Obr. 23.



Obr. 23: Opatření O3: model

Stínění balkonových dveří na západní fasádě má podobný charakter jako O2. S tím rozdílem, že jsou celkově více vystavené slunci a odpolední slunce na ně svítí i potom, co je okno na západní fasádě už v zákrytu zalomení fasády.



Graf 10: Opatření O3: hodinové Fsh

3.4 Simulace

3.4.1 Vstupní údaje

Tab. 12: Zadání podmínek referenčního modelu přehřívání

Hodina	Sluneční ozáření G_{sol} [W/m ²]		Ext. vzduch T_{ae} [°C]	Činitel stínění F_{sh} [-]		Výměny vzduchu n [h ⁻¹]	Vnitřní zisky Q_i [W]
	Jih	Západ		Jih	Západ		
1	0	0	16,9	1,00	1,00	3,0	150
2	0	0	16,2	1,00	1,00	3,0	150
3	0	0	16,0	1,00	1,00	3,0	150
4	0	0	16,2	1,00	1,00	3,0	150
5	22	10	16,9	0,39	0,63	3,0	150
6	142	35	18,1	0,71	0,58	3,0	150
7	323	63	19,5	0,71	0,64	0,5	200
8	504	89	21,2	0,67	0,69	0,5	200
9	632	104	23,0	0,59	0,73	0,5	150
10	697	112	24,8	0,58	0,76	0,1	50
11	685	137	26,5	0,45	0,66	0,1	50
12	618	353	27,9	0,33	0,28	0,1	50
13	496	543	29,1	0,28	0,18	0,1	50
14	336	687	29,8	0,40	0,17	0,1	50
15	155	749	30,0	0,59	0,28	0,1	50
16	89	717	29,8	0,84	0,49	0,1	150
17	63	571	29,1	0,81	0,67	0,5	150
18	35	340	28,0	0,77	0,46	0,5	175
19	10	40	26,5	0,84	0,27	2,0	250
20	0	0	24,8	1,00	1,00	2,0	200
21	0	0	23,0	1,00	1,00	3,0	200
22	0	0	21,2	1,00	1,00	3,0	150
23	0	0	19,5	1,00	1,00	3,0	150
24	0	0	18,1	1,00	1,00	3,0	150

V Tab. 12 jsou sepsány hodnoty, které jsou použity pro modelaci referenčního stavu. Hodnoty záření byly vypočteny v předchozí kapitole. Vnější teplota je modelová

periodická křivka s minimem 16 °C a s maximem 30 °C, činitele Fsh byly vypočteny výše, výměna vzduchu předpokládá minimální větrání přes den, když je byt dle uživatelského rozvrhu neobsazen, při přítomnosti osob je větráno na minimální hygienický požadavek. V rozmezí nočních hodin je uplatňováno větrání na vyšší násobnost, Při možnosti větrání v rámci jedné fasády je výměna omezena. Při možnosti příčného větrání se násobnost zvyšuje. Větrání mechanické bývá limitováno hlukem, případně ekonomikou výhodností. Vnitřní zisky jsou uvažované při využívání bytu dvěma osobami a výbava bytu je úsporná.

Referenční model dosahuje pátý den odpoledne maximální operativní teploty 25,6 °C. Pro dané zadání je splněna podmínka letní tepelné ochrany. Avšak je třeba si uvědomit, že modelace vycházela z předpokladu počáteční teploty v zóně 22 °C, což je optimistický výhled. Za předpokladu déle trvající vlny horka je třeba počítat s již zahřátou zónou. Dalším nejistým zobecněním je idealizace venkovní teploty v rozsahu 16-30 °C. Jak již bylo řečeno v úvodu, předpokládají se teploty vyšší, ať noční či denní. Předpokládaný vývoj a důsledky jsou také zpracovány v příspěvku zde [23]. Vliv tepelného ostrova města snižuje účinnost nočního větrání. Platí tedy, že prioritou je odstínění solární energie před vstupem do interiéru.

Při simulaci s počáteční teplotou vnitřního vzduchu 23 °C se operativní teplota přesáhne komfortní limit.

Nárůst teploty je zjevný v simulaci v čase od cca 15 do 17 hodin, je to nárůst okamžitý, ústředním činitelem jsou solární zisky vstupující západními okny. Prostřednictvím markýz a žeber je nemožné efektivně zastínit západní okna.

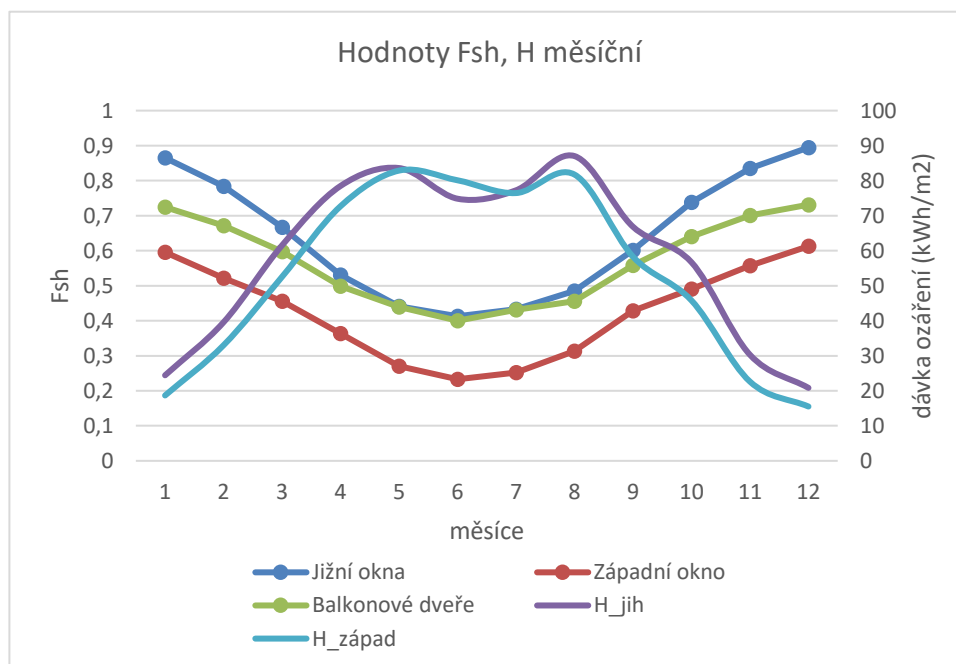
Hodinové teploty v rizikovém teplém období jsou vypočteny v aplikaci Letní přehřívání [24].

3.5 Potřeba tepla na vytápění

Výpočet potřeby tepla na vytápění dovršuje návrh z pohledu celoroční tepelné bilance. Pro danou zónu se známými obalovými konstrukcemi a okrajovými podmínkami v tabulce bude spočítána měrná potřeba tepla na vytápění.

Tab. 13: Okrajové podmínky výpočtu tepelné bilance

Okrajové podmínky	Hodnota	Jednotka
Požadovaná teplota	22	°C
Účinnost ZTZ	85	%
Počet osob	2	-
Užitná podlahová plocha	59	m ²
Solární propustnost zasklení	0,5	-
Průměrné měrný výkon vnitřních zisků	2	W/m ²
Násobnost výměny vzduchu n50	0,4	ach/h
Součinitel prostupu tepla obálkou	0,136	W/(m ² ·K)
Součinitel prostupu tepla oknem	0,8	W/(m ² ·K)



Graf 11: Hodnoty Fsh oken navržené varianty

Graf 11 znázorňuje měsíční Fsh jednotlivých oken a dávky ozáření pro obě z fasád.

Tab. 14: Bilance ztrát a zisků v zóně, potřeba tepla

Měsíc	Ztráty [kWh]	Zisky [kWh]	Využitelnost zisků[-]	Potřeba tepla [kWh]
1	357	206	1,00	151
2	298	256	1,00	46
3	272	324	0,92	4
4	204	331	0,70	0
5	126	309	0,47	0
6	84	272	0,36	0
7	66	287	0,27	0
8	68	336	0,23	0
9	122	319	0,44	0
10	195	325	0,69	0
11	274	225	1,00	51
12	328	191	1,00	137
Suma	2395	3381		389

Měrná potřeba tepla na vytápění = $389/59 = 6,69 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

Navržená varianta stínění vyhovuje požadavku na nízkou měrnou potřebu tepla na vytápění.

3.6 Kritérium denního osvětlení

V této práci řešené stínící prvky mají značný vliv na vnitřní prostředí i z hlediska denního osvětlení. Požadavek je v této práci nutné ověřit zejména s přihlédnutím na fakt, že se jedná o stínění pevnými překážkami, které jsou neměnné. Tedy v nejnepříznivější situaci, což je zatažená obloha v zimě, musejí dovolit požadované množství světla. Denní světlo je nezbytnou součástí života člověka, proto by musí být přítomno i v budovách: „Spolu s větráním, udržováním přiměřené teploty a ochranou před hlukem, vlhkostí a nepříznivými biologickými vlivy patří denní osvětlení vnitřních prostorů budov k nutným podmínkám zdravého pobytu v budovách.“ [25]

Denní světlo je tu pro nás bez finančních nákladů, nese nesporné zdravotní výhody a je vždy k dispozici. Umělé osvětlení i přes svojí zlepšující se úspornost a mimiku vlastností a barevné dynamiky přirozeného osvětlení zatím není plnohodnotnou náhradou. Vliv denního světla na člověka detailněji viz [26]. Dalším argumentem přidávajícím na prioritě přirozeného osvětlení je historicky rostoucí doba, kterou tráví lidé ve vnitřních prostorech. Tedy je vhodné zajistit podmínky pro vstup přirozeného světla do interiéru nejméně v míře, kterou diktuje norma ČSN 73 0580-1, tu dále legislativně zavazuje Vyhláška č. 268/2009 Sb., kde v paragrafu č. 11 stanovuje: „(2) *Obytné místnosti musí mít zajištěno denní osvětlení v souladu s normovými hodnotami.*“

Požadavky dle normy se dělí na kvalitativní a kvantitativní. V této simulaci bude ověřen požadavek kvantitativní. Požadavky kvalitativní jako je rovnoměrnost denního osvětlení, rozložení světelného toku, zabránění oslnění, rozložení jasu ploch v zorném poli řešeny nejsou, jelikož se upravují převážně pohyblivými vnitřními stíníci prvky, doplňkovým vybavením interiéru, odraznými plochami a uživatelským řízením. Požadavek kvantitativní určuje hodnotu činitele denní osvětlenosti v místnosti s trvalým pobytem. Kvantitativní požadavek zastupuje činitel denní osvětlenosti (dále č.d.o.), značí se D (nabývá hodnot 0-1, respektive 0-100 %). Je definován jako poměr osvětlenosti dané roviny v interiéru k současné osvětlenosti nezastíněné venkovní vodorovné roviny.

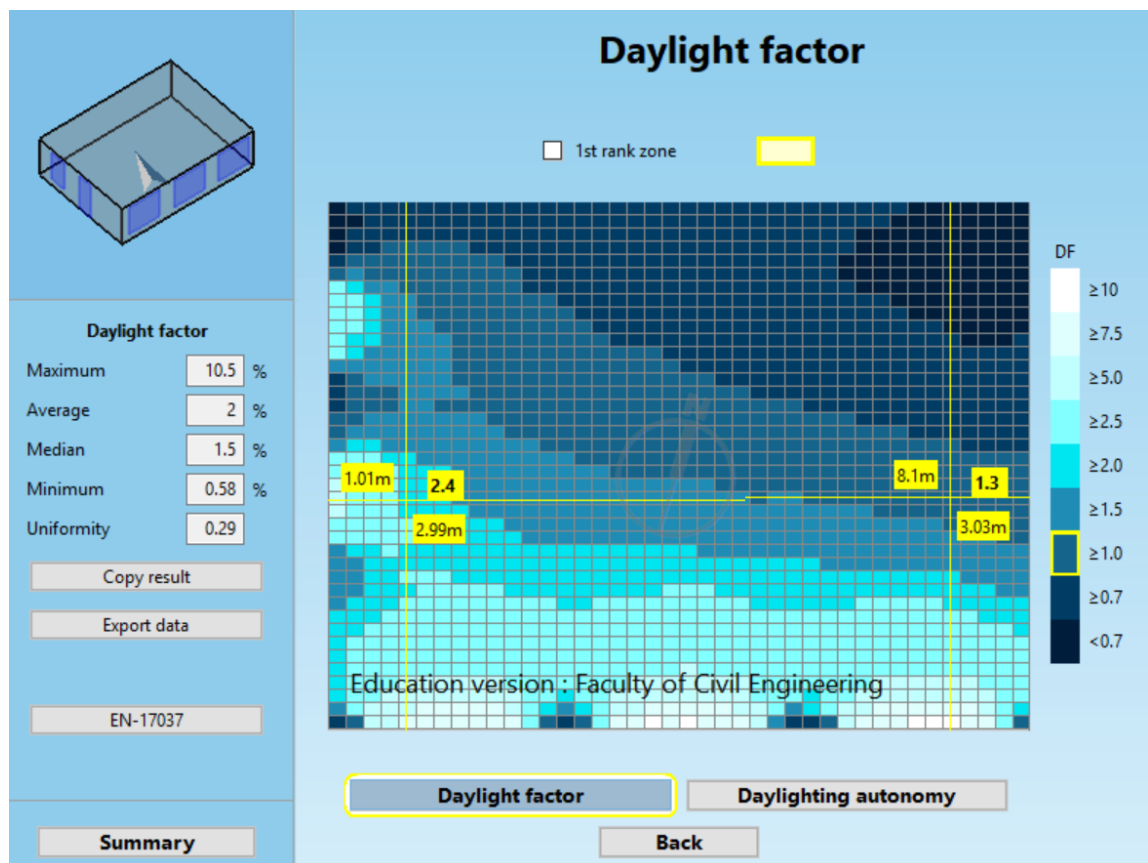
Norma požaduje: V obytných místnostech s bočním osvětlením musí být ve dvou kontrolních bodech v polovině hloubky místnosti, vzdálených 1 m od vnitřních povrchů bočních stěn hodnota činitele denní osvětlenosti nejméně 0,7 % nejdále 3 m od okna a průměrná hodnota z obou těchto bodů nejméně 0,9 %.

3.7 Simulace denního osvětlení

Simulace byla provedena v programu DIAL+. Byl vymodelován zadaný byt a navržené stínící překážky. Mimoto byly použity tyto koeficienty (Tab. 15).

Tab. 15: Koeficienty pro ověření denního osvětlení

Zadávané podmínky	Hodnota	Jednotka
Činitel odrazu od země	0,1	-
Činitel odrazu od horizontu	0,25	-
Světelná propustnost	0,73	-
Koeficient odrazu markýzy	0,45	-
Odraz podlahy	0,3	-
Odraz stěn	0,5	-
Odraz stropu	0,7	-
Pracovní rovina	0,85	m



Obr. 24: Posouzení místnosti na požadavky denního osvětlení

Přikládám posouzení z programu DIAL+, které uvádí hodnoty č.d.o. (neboli DF). Z Obr. 24 je zřejmé, že v kontrolních bodech je hodnota $D_A = 2,4 \%$, respektive $D_B = 1,3 \%$. **Požadavek na minimální $D = 0,7 \%$ byl splněn a byt vyhovuje požadavkům normy ČSN 73 0580-1.**

3.8 Výsledky a diskuze

Z analýzy je zřejmé, že promyšleným návrhem pasivních stínících překážek lze kontrolovat vstupující solární zisky. Mírným omezením jsou prosklené plochy s východní či západní orientací, které lze stínit ale společně s redukcí vizuálního komfortu.

Na riziko mírného přehřívání lze reagovat aktivním opatřením jako je adiabatické chlazení nebo free cooling, nejčastěji za předpokladu, že v budově pro bydlení stojí tepelné čerpadlo země-voda využívané pro vytápění (a případně jako první stupeň přípravy teplé vody).

Jako neznámá vstupuje do návrhu ještě skutečné chování uživatelů a míra odlišení od předpokladu. V otázce přehřívání je to typicky ovládání otevíravých oken, jejich (ne)otevření v horké či chladné části dne ve vztahu k interiérové teplotě. Dále míra ovládání pohyblivých stínících překážek. Za všechny uvedu příklad na kterém se projeví nesprávné řízení uživatelem asi nejmarkantněji, a to je vnější žaluzie/roleta zvláště pokud se jedná o jediný stínící prvek dané okenní výplně.

Do jisté míry ovlivňují energetickou náročnost i očekávání uživatelů na mikroklima a nastavení závazných požadavků, případně požadavek investora. Technologie umožňuje téměř dokonalou úpravu mikroklimatu, ale za adekvátní cenu, respektive vynaloženou energii. Myslím, že občas je vhodné si uvědomit, že někdy v létě je horko a někdy v zimě zima.

3.9 Další směřování

(Přesah spíše do kancelářských budov) Využití skel s odlišnými vlastnostmi v rámci stavebního otvoru: horní část okna s vyšší hodnotou LT, pro efektivní vpuštění viditelné složky světla do hloubky místnosti. Spodní část okna, která spíše bude absorbovat více solárních zisků, bude mít nižší solární propustnost. Doplnění o vhodné vnitřní prvky pro splnění kvalitativních požadavků denního osvětlení. Možnost oddělení otevíravé/pevné okno pro zlepšení U_w .

Práce na „knihovně“ typických variant stínění s odpovídajícími Fsh (hodinově, měsíčně) pro usnadnění rozhodování ve fázi konceptu.

ZÁVĚR

V práci byl čtenář seznámen s přehledem pevných stínících překážek a jejich využití na budově pro bydlení, kde byly modelovány různé geometrické konfigurace stínění. Pro zadaný byt byla navržena varianta stínění oken ve dvou fasádách. Tato varianta byla podrobena simulaci rizika letního přehřívání. Navržená varianta vyhověla z tohoto hlediska a zároveň nabídla prostor pro další diskuzi ohledně přehřívání budov, zvláště pak ve výhledu do blízké budoucnosti, kde zvýšená teplota bude redukovat účinnost nočního provětrávání. Nejeefektivnější je redukovat solární energii před vstupem do interiéru.

V praktické části byla navržena varianta podrobena ověření splnění požadavku na denní osvětlení, kterému vyhověla. Následné ověření kritéria potřeby tepla na vytápění bylo taktéž dokončeno kladně.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠÁLA, Jiří, Lubomír KEIM, Zbyněk SVOBODA a Jan TYWONIAK. *Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-30-6.
- [2] European Commission. *Energy Efficiency: Buildings* [online]. Brusel, 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- [3] Elektrárna Chvaletice dosáhla rekordní výroby elektřiny | Seven. *Česká energie je jistota | Seven* [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <http://www.7.cz/cz/promedia/aktuality/tz/2018/20180810.html>
- [4] Global Warming of 1.5 °C: IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels. *The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* [online]. b.r. [cit. 2018-10-30]. Dostupné z: <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- [5] ATHIENITIS, Andreas a M. SANTAMOURIS. *Thermal analysis and design of passive solar buildings*. 1st. London: James & James, 2002. ISBN 978-1-902916-02-6.
- [6] BELDA, Michal. *Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060* [online]. Katedra fyziky atmosféry, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze, 2015 [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: http://glopolis.org/wp-content/uploads/soubory/klima_modely_CR-2015-2060.pdf
- [7] Energetyka. *Susza i mroźna zima zagrozi systemowi energetycznemu? - Energetyka* [online]. Katowice, 2015 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: https://energetyka.wnp.pl/susza-i-mrozna-zima-zagrozi-systemowi-energetycznemu,256012_1_0_0.html

- [8] Le Parisien. *Canicule et sécheresse: les centrales nucléaires sont-elles en danger?* [online]. Paris, 2018 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.leparisien.fr/economie/canicule-arret-d-un-reacteur-de-la-centrale-nucleaire-de-fessenheim-04-08-2018-7843200.php>
- [9] NASA: Climate Change and Global Warming. *Causes / Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet* [online]. Pasadena, 2018 [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://climate.nasa.gov/causes/>
- [10] Estação Meteorológica do Litoral - Carvoeiro. *Gráficos (Anual)* [online]. b.r. [cit. 2019-01-03]. Dostupné z: <http://meteofonteslitoral.cm-lagoa.pt/graficos-anual.php>
- [11] LUBINOVÁ, Štěpánka. *Stínění oken: žaluzie, rolety, markýzy a slunolamy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4579-4.
- [12] Ústav stavitelství I : fakulta architektury ČVUT. *Pozemní stavitelství III : 15123 Ústav stavitelství I* [online]. Praha, 2014 [cit. 2018-12-27]. Dostupné z: http://15123.fa.cvut.cz/?download=_/predmet.ps3/2014_ps3_05-vn-jsi-stinici-prvky.pdf
- [13] STARK, Martin. *Kvalitní architektura funkčního stínění* [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <http://kolokvium.fa.cvut.cz/2017-konference/stark-martin-arch-kvalitni-architektura-funkcniho-stineni>. Doktorské konference FA ČVUT. Fakulta architektury ČVUT.
- [14] National Institute of Building Sciences. *Whole Building Design Guide: Windows and Glazing* [online]. Washington, 2016 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.wbdg.org/resources/windows-and-glazing>

- [15] ŽENKA, Marek. *Vliv stínění na využití solární energie v pasivních budovách*. Praha, 2011, 179 s. Disertační práce. Fakulta stavební, ČVUT. Vedoucí práce Prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc.
- [16] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. 1. vyd. Praha: T. Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9.
- [17] *Světlo - časopis pro světelnou techniku a osvětlování: Deklinace slunce v průběhu desetiletí*. Praha: FCC Public s. r. o., 1998, **2012**(1), 65 s. ISSN issn1212-0812.
- [18] SANTAMOURIS, Matheos a Demosthenes ASIMAKOPOULOS. *Passive Cooling of Buildings*. 1. London: James & James, 1996. ISBN 1873936478.
- [19] STANĚK, Kamil. *Aplikace Model stínění okna: výpočtový model pro MATLAB*. Praha: Fakulta stavební ČVUT, 2018.
- [20] QARTA ARCHITEKTURA, s.r.o. *Dokumentace pro územní rozhodnutí: Revitalizace objektu občanské vybavenosti s nástavbou bytového domu*. Praha, 2017.
- [21] VYCHYTIL, Jaroslav a Jan KAŇKA. *Stavební světelná technika: přednášky*. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.
- [22] Timeanddate.com. *Sunrise and sunset times in Prague* [online]. Stavanger, 2019 [cit. 2019-01-07]. Dostupné z: <https://www.timeanddate.com/sun/czech-republic/prague>
- [23] KOPECKÝ, Pavel. Pasivní domy v době klimatické změny. In: *13. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE CENTRA PASIVNÍCH DOMU*. Praha, 2018. Dostupné také z: http://konference.pasivnidomy.cz/wp-content/uploads/prezentace/102_Kopecky.pdf

- [24] STANĚK, Kamil. *Aplikace LETNÍ PŘEHŘÍVÁNÍ pro MS EXCEL: hodnocení rizika letního přehřívání zón*. Praha: Fakulta stavební ČVUT, 2018.
- [25] KAŇKA, Jan. *Požadavky na denní osvětlení budov* [online]. Praha, b.r. [cit. 2018-12-27]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/15093-pozadavky-na-denni-osvetleni-budov>
- [26] ZVĚŘINOVÁ, Zdeňka. *Odborná studie: Světlo, jeho vliv na člověka a vývoj obecných řešení pro posouzení denního osvětlení*. Fakulta stavební ČVUT, Praha, 2018, 36 s.
- [27] Efficient Windows Collaborative. *Windows for High-performance Commercial Buildings: Window Technologies: Properties Primer* [online]. Minneapolis, 2018 [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://www.commercialwindows.org/transmittance.php>
- [28] European Environment Agency. *Increase in the number of combined tropical nights and hot days under present and future climate conditions* [online]. Copenhagen, 2012 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/increase-in-the-number-of>
- [29] POS Architecture. *ENERGYbase* [online]. Wien, 2018 [cit. 2019-01-03]. Dostupné z: <http://www.pos-architecture.com/projects/energy-base/>
- [30] VIG ND. *MainPointKarlin.cz: Fotogalerie* [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <http://www.mainpointkarlin.cz/fotogalerie>
- [31] Archiweb.cz. *Factory Office Centre* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/en/b/factory-office-centre-rekonstrukce-a-dostavba>

- [32] VANĚČEK, Milan. Fyzikální ústav Akademie věd ČR. *Přeměna sluneční energie v energii elektrickou* [online]. Praha, 2010 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/popularizace/premena-slunecni-energie-v-energii-elektrickou>
- [33] Efficient Windows Collaborative. *Windows for High-performance Commercial Buildings: Window technologies: Glass* [online]. Minneapolis, 2018 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.commercialwindows.org/lowe.php>. Původní, necitovatelný zdroj: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- [34] DUFFIE, John a William BECKMAN. *Solar engineering of thermal processes / John A. Duffie, William A. Beckman*. 4th ed. Hoboken: John Wiley, 2013. ISBN 978-0470873663.
- [35] STOBAG. *Poradce zastínění: Ochrana před sluncem od STOBAG* [online]. Unterradlberg, 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.stobag.com/cs/servis/poradce-zastineni/>

Seznam norem, vyhlášek a nařízení

ČSN 73 0540 – 2: Tepelná ochrana budov - Část 2: Funkční požadavky

ČSN 73 0580 – 1: Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky

ČSN 73 0580 – 2: Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby

Použitý software

MS Office (<https://www.office.com/>)

MS Windows (<https://www.microsoft.com/cs-cz/windows>)

MATLAB R2017b (<https://www.mathworks.com/>)

DIAL+ (<http://www.dialplus.ch/>)

ZONER Photo Studio (<https://www.zoner.cz/>)

Google Chrome (<https://www.google.com/chrome/>)

Citace PRO (<https://www.citacepro.com/>)

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obr. 1: Přehřívání vyřešeno? Budova vlakového nádraží. Beroun. Zdroj: autor	13
Obr. 2: Tendence nárůstu tropických nocí. Zdroj: [4]	14
Obr. 3: Tendence nárůstu teplotně extrémních dní pro Evropu. Zdroj: [28]	15
Obr. 4: Bohatě předsazené balkóny hotelu. Lagos, Portugalsko. Zdroj: autor	17
Obr. 5: Administrativní budova ENERGYbase. Vídeň. Zdroj: [29]	18
Obr. 6: Budova Factory Office Centre na Smíchově. Praha. Zdroj: [31]	19
Obr. 7: Fasáda budovy MAIN POINT Karlín. Praha. Zdroj: [30].....	20
Obr. 8: Budova krajského ředitelství policie hl. m. Prahy. Zdroj: autor	21
Obr. 9: Vertikální slunolam na budově divadla ALFA. Plzeň. Zdroj: autor	22
Obr. 10: Západní fasáda bytového domu Šafaříkovy sady. Plzeň. Zdroj: autor	23
Obr. 11: Závislost mezi úhlem dopadu paprsků a solární propustností. Zdroj: [27]	25
Obr. 12: Spektrum solárního záření. Zdroj: [32]	26
Obr. 13: Spektrální propustnost. Zdroj: [33].....	26
Obr. 14: Složky slunečního záření. Zdroj: [34] (Přeložené popisky).....	27
Obr. 15: Průběh trajektorií slunce s v průběhu roku. Zdroj: [35]	28
Obr. 16: Schéma stínění západního okna (varianta V5).....	35
Obr. 17: Výřez půdorysného schéma s klíčovými kótami	40
Obr. 18: Výřez se schéma řezu AA' s klíčovými kótami.....	40
Obr. 19: Solární schéma pro jižní fasádu. Upraveno autorem.....	45
Obr. 20: Solární schéma pro západní fasádu. Upraveno autorem	46
Obr. 21: Opatření O1: model	48
Obr. 22: Opatření O2: model	49
Obr. 23: Opatření O3: model	50
Obr. 24: Posouzení místnosti na požadavky denního osvětlení	56

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Varianty stínění jižního okna	32
Tab. 2: Varianty stínění západního okna	35
Tab. 3: Základní popis a vlastnosti řešené zóny	41
Tab. 4: Popis obvodové stěny	41
Tab. 5: Popis vnitřní stěny	42
Tab. 6: Popis stropní konstrukce	42
Tab. 7: Popis vnitřní příčky omítnuté	43
Tab. 8: Popis vnitřní příčky koupelnové	43
Tab. 9: Popis okenních prvků	43
Tab. 10: Doby osvitů oken na jižní fasádě	44
Tab. 11: Doby osvitů oken na západní fasádě	45
Tab. 12: Zadání podmínek referenčního modelu přehřívání	51
Tab. 13: Okrajové podmínky výpočtu tepelné bilance	53
Tab. 14: Bilance ztrát a zisků v zóně, potřeba tepla	54
Tab. 15: Koeficienty pro ověření denního osvětlení	56

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Hodinové hodnoty Fsh, jižní okno, 21. června	32
Graf 2: Hodinové hodnoty Fsh, jižní okno, 21. srpna/dubna	33
Graf 3: Měsíční hodnoty Fsh, jižní okno	34
Graf 4: Hodinové hodnoty Fsh, západní okno, 21. června	36
Graf 5: Hodinové hodnoty Fsh, západní okno, 21. srpna/dubna	37
Graf 6: Měsíční hodnoty Fsh, západní okno	37
Graf 7: Teoretické solární záření dopadající na fasády 21. srpna	47
Graf 8: Opatření O1: hodinové Fsh	48
Graf 9: Opatření O2: hodinové Fsh	49
Graf 10: Opatření O3: hodinové Fsh	50

Graf 11: Hodnoty Fsh oken navržené varianty53

SEZNAM ZKRATEK

Bpv	Balt(ský) po vyrovnání
CO2	Oxid uhličitý
č.d.o.	Činitel denní osvětlenosti
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
DF	Daylight Factor
EEA	The European Environment Agency (Evropská agentura pro životní prostředí)
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change (Mezivládní panel pro změnu klimatu)
EU	Evropská unie
FV	Fotovoltaický
KZS	Kontaktní zateplovací systém

SEZNAM SYMBOLŮ A JEDNOTEK

Symbol	Význam	Jednotka
F _{sh}	Korekční činitel stínění	-
D	Činitel denní osvětlenosti	-
A _g	Plocha zasklení	m ²
U	Součinitel prostupu tepla	W/(m ² ·K)
U _w	Součinitel prostupu tepla oknem	W/(m ² ·K)
U _g	Součinitel prostupu tepla zasklením	W/(m ² ·K)
H _G	Dávka globálního solárního ozáření	Wh/m ²
G _{s,G}	Globální solární ozáření	W/m ²
LT, τ	Světelná propustnost (light transmittance)	-
g, SF	Propustnost solárního záření; solární faktor (solar factor)	-
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
c _p	Měrná tepelná kapacita	J/(kg·K)
ρ	Objemová hmotnost	kg/m ³
Φ	Zeměpisná šířka	°
γ	Azimut	°
δ	Deklinace slunce	°

Jednotka	Význam
hod, h	hodina
K	kelvin
M	metr
ppm	„parts per million“ (počet částic v milionu)
a	rok
kWh	kilowatthodina
W	watt
% RH	procent relativní vlhkosti
J	joule
kg	kilogram
°	Stupeň

SEZNAM PŘÍLOH

Následují výkresy zpracovávaného domu. V tištěné verzi přiloženy.

Příloha č.1: Situační výkres širších vztahů M 1:1500

Příloha č.2: Půdorys 10-14 N.P. M 1:250

Příloha č.3: Řez AA' M 1:250



LEGENDA

- řešené území
- nově navržené objekty
- stávající objekty
- stávající demolovaly objekt 285/1
- vjezd do území
- vstup do území
- zeleň - les
- napojovací bod IS

QARTA ARCHITEKTURA

AKCE
REVITALIZACE OBJEKTU OBČANSKÉ VYBAVENOSTI S NÁSTAVBOU BYTOVÉHO DOMU
 Vosátkova, Praha 12 - Kamýk
 parc. č.: 345/20, 345/30, 345/134, 1859/4, 1859/19, 1859/35, 1859/36, 1859/37, 1859/93, 1859/94, 1859/97, 1859/98, 1859/99, 1859/100, 1859/101, 1859/102, 2015/1, 2015/2, 2016/3

INVESTOR
TRIGEMA BUILDING a.s.
 Bucharova 264/14
 158 00 Praha 5 - Stodůlky

GENERÁLNÍ PROJEKTANT
QARTA ARCHITEKTURA s.r.o.
 Jindřišská 17
 110 00 Praha 1
 +420 226 200 150
 qarta@qarta.cz

AUTOR
 Jiří Rezák
 David Wittassek
 Tomáš Němec
 Jan Havel
 HIP
 Ing. Rudolf Púchy

ZPRACOVATEL ČÁSTI DOKUMENTACE
QARTA ARCHITEKTURA s.r.o.
 Jindřišská 17
 110 00 Praha 1
 +420 226 200 150
 qarta@qarta.cz

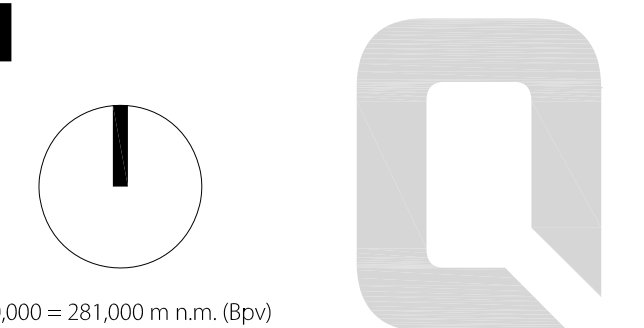
VYPRACOVAL
 Ing. Pavel Kříž

ODPOVĚDNÝ PROJEKTANT ČÁSTI
 Ing. arch. David Wittassek, ČKA 03078

RAZÍTKO
 DATUM
 08/2017
 MĚŘÍTKO
 1:1500
 ČÍSLO ZAKÁZKY
 319
 STUPĚŇ DOKUMENTACE
 DUR
 ČÁST

SITUAČNÍ VÝKRES ŠIRŠÍCH VZTAHŮ

ČÍSLO VÝKRESU
1



±0,000 = 281,000 m n.m. (Bpv)

AKCE

REVITALIZACE OBJEKTU OBČANSKÉ VYBAVENOSTI S NÁSTAVBOU BYTOVÉHO DOMU

Vosátkova, Praha 12 - Kamýk
 parc. č.: 345/20, 345/30, 345/134, 1859/4, 1859/19, 1859/35, 1859/36, 1859/37, 1859/93, 1859/94, 1859/97, 1859/98, 1859/99, 1859/100, 1859/101, 1859/102, 2015/1, 2015/2, 2016/3

INVESTOR

TRIGEMA BUILDING a.s.

Bucharova 264/14
 158 00 Praha 5 - Stodůlky

GENERÁLNÍ PROJEKTANT

QARTA ARCHITEKTURA s.r.o.

Jindřišská 17 +420 226 200 150
 110 00 Praha 1 qarta@qarta.cz

AUTOR

Jiří Rezák
 David Wittassek
 Tomáš Němec
 Jan Havel

HJP

Ing. Rudolf Púchy

ZPRACOVATEL ČÁSTI DOKUMENTACE

QARTA ARCHITEKTURA s.r.o.

Jindřišská 17 +420 226 200 150
 110 00 Praha 1 qarta@qarta.cz

VYPRACOVAL

ODPOVĚDNÝ PROJEKTANT ČÁSTI

Ing. arch. David Wittassek, ČKA 03078

RAZÍTKO

DATUM

08/2017

MĚŘÍTKO

1:250

ČÍSLO ZAKÁZKY

319

STUPEŇ DOKUMENTACE

DUR

ČÁST

D.1

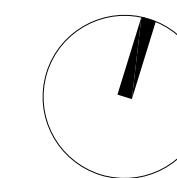
POLYFUNKČNÍ DŮM

OBSAH DOKUMENTU

PŮDORYS 10.-14.NP

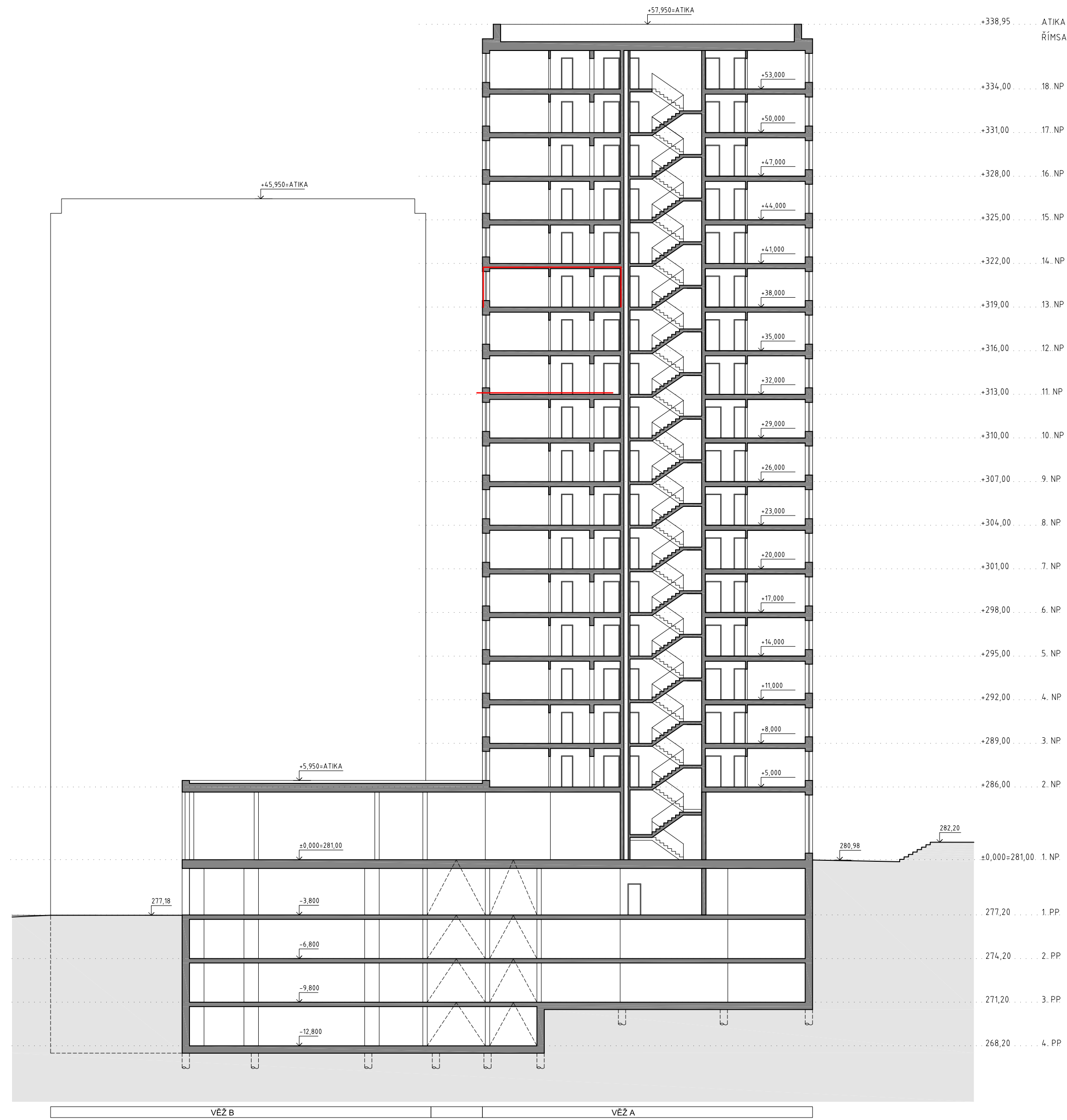
ČÍSLO VÝKRESU

105



±0,000 = 281,000 m n.m. (Bpv)





QARTA ARCHITEKTURA

AKCE

REVITALIZACE OBJEKTU OBČANSKÉ VYBAVENOSTI S NÁSTAVBOU BYTOVÉHO DOMU

Vosátkova, Praha 12 - Kamýk
 parc. č.: 345/20, 345/30, 345/134, 1859/4, 1859/19, 1859/35, 1859/36, 1859/37, 1859/93, 1859/94, 1859/97, 1859/98, 1859/99, 1859/100, 1859/101, 1859/102, 2015/1, 2015/2, 2016/3

INVESTOR

TRIGEMA BUILDING a.s.

Bucharova 264/14
 158 00 Praha 5 - Stodůlky

GENERALNÍ PROJEKTANT

QARTA ARCHITEKTURA s.r.o.

Jindřišská 17 +420 226 200 150
 110 00 Praha 1 qarta@qarta.cz

AUTOR

Jiří Řezák
 David Wittassek
 Tomáš Němec
 Jan Havel

HIP

Ing. Rudolf Půchy

ZPRACOVATEL ČÁSTI DOKUMENTACE

QARTA ARCHITEKTURA s.r.o.

Jindřišská 17 +420 226 200 150
 110 00 Praha 1 qarta@qarta.cz

VYPRACOVAL

ODPOVĚDNÝ PROJEKTANT ČÁSTI

Ing. arch. David Wittassek, ČKA 03078

RAZÍTKO

DATUM

08/2017

MĚŘÍTKO

1:250

ČÍSLO ZAKÁZKY

319

STUPĚŇ DOKUMENTACE

DUR

ČÁST

D.1

POLYFUNKČNÍ DŮM

OBSAH DOKUMENTU

ŘEZ AA'

ČÍSLO VÝKRESU

201

±0,000 = 281,000 m n.m. (Bpv)

