



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOTECHNIKA PROSTORU AUTOSALONU

AIR CONDITIONING AREA OF THE CAR SHOWROOM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Leona Svobodová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIS Stavební inženýrství – pozemní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Leona Svobodová
Název	Vzduchotechnika prostoru autosalonu
Vedoucí práce	doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální právní předpisy ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Analýza výkonů vzduchotechnických zařízení s ohledem na tepelnou zátěž obsluhovaného prostoru, normové a právní požadavky.

Cíl práce, zvolené metody řešení.

Aktuální technická řešení v praxi.

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování.

Technické řešení vybrané varianty specializace vzduchotechnika s grafickými i textovými výstupy v úrovni projektu pro povolení stavby.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá stínícími prvky v teoretické, projektové i experimentální rovině. Teoretická část popisuje varianty stínění budov a srovnává jednotlivé stínící prvky. Vysvětluje řadu pojmů z oboru techniky prostředí, které mají souvislost s řešeným tématem. Projektová část se zabývá klimatizací prostoru showroomu se specifickým vnitřním prostředím. Prostor disponuje prosklenou fasádou, a tak vykazuje velkou tepelnou zátěž. Jedná se o showroom veteránů, kde je třeba udržovat optimální konstantní vlhkost po celý rok. Pro tyto potřeby byla navržena VZT jednotka. Experimentální část popisuje měření hodnot stínícího součinitele venkovních žaluzií pro jednotlivé sklony lamel. Výsledky měření jsou aplikovány na referenční místnosti a pomocí software je vyhodnocena závislost mezi náklonem lamel a potřebou energie pro chlazení prostoru.

KLÍČOVÁ SLOVA

stínící součinitel, autosalon, veteráni, VZT jednotka, směšování, řízené odvlhčování, vzduchová clona, fotorezistor, Arduino, tepelná zátěž, Teruna

ABSTRACT

The diploma thesis deals with shielding elements in the theoretical, project and experimental level. The theoretical part describes the variants of building shading and compares individual shading elements. It explains several concepts from the field of environmental technology, which are related to the topic. The design part deals with the air conditioning of the showroom space with a specific indoor environment. The space has a flush facade, so it has a high heat load. This is a showroom for veterans, where it is necessary to maintain optimal constant humidity throughout the year. An air conditioning unit was designed for these needs. The experimental part describes the measurement of the values of the shielding factor of external blinds for individual slopes of slats. The measurement results are applied to the reference room and the dependence between the inclination of the slats and the energy demand for space cooling is evaluated by the software.

KEYWORDS

shielding factor, car show, veterans, air conditioning unit, air mixing, controlled dehumidification, air curtain, photorezistor, Arduino, heat load, Teruna

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Leona Svobodová *Vzduchotechnika prostoru autosalonu*. Brno, 2022. 107 s., 121 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Vzduchotechnika prostoru autosalonu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Leona Svobodová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Vzduchotechnika prostoru autosalonu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Leona Svobodová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Především bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce, panu doc. Ing. Aleši Rubinovi, Ph.D. za odborné vedení práce, ochotu, trpělivost a cenné rady při vypracovávání této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, kamarádům a partnerovi za podporu.

OBSAH

ÚVOD	11
1 TEORETICKÁ ČÁST	12
ÚVOD	12
1.1 TECHNIKA PROSTŘEDÍ	13
1.1.1 AKUMULACE TEPLA DO STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ	13
1.1.2 VÝŠKA SLUNCE NAD OBZOREM	14
1.1.3 SLUNEČNÍ DEKLINACE	15
1.1.4 ZEMĚPISNÁ ŠÍŘKA	15
1.1.5 ČASOVÝ ÚHEL	16
1.1.6 AZIMUT SLUNCE	16
1.1.7 PŘÍMÉ A DIFUZNÍ SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	16
1.1.8 SOLÁRNÍ KONSTANTA	16
1.1.9 SOUČINITEL ZNEČIŠTĚNÍ ATMOSFÉRY	17
1.1.10 LOM SVĚTLA	18
1.1.11 PROSTUP SVĚTLA STAVEBNÍMI OTVORY	18
1.1.12 TEPELNÁ ZÁTĚŽ OKNY	20
1.1.13 STÍNÍCÍ SOUČINITEL	21
1.2 VARIABILITA STÍNÍCÍCH PRVKŮ	23
1.2.1 VNĚJŠÍ STÍNÍCÍ PRVKY	23
1.2.2 VNITŘNÍ STÍNÍCÍ PRVKY	27
1.2.3 VLIV BARVY STÍNÍCÍHO PRVKU	30
1.2.4 SROVNÁNÍ VNITŘNÍCH A VENKOVNÍCH ŽALUZÍ	30
1.2.5 MEZIOKENNÍ ŽALUZIE	31
ZÁVĚR	32
2 PROJEKTOVÁ ČÁST	33
2.1 ANALÝZA OBJEKTU	33
2.2 KLIMATICKÉ PODMÍNKY	34
2.3 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	35
2.4 VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA	35
2.5 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE	38
2.5.1 LETNÍ OBDOBÍ	38
2.5.2 ZIMNÍ OBDOBÍ	39
2.6 STANOVENÍ PRŮTOKU VZDUCHU	41
2.7 TLAKOVÝ POMĚR	41
2.8 DISTRIBUČNÍ PRVKY	42
2.8.1 PŘÍVODNÍ ELEMENTY	42
2.8.2 ODVODNÍ ELEMENTY	43
2.9 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	43
2.9.1 DIMENZAČNÍ SCHÉMA	44

2.9.2	TABULKY DIMENZOVÁNÍ	45
2.10	NÁVRH VZT JEDNOTKY	46
2.11	NÁVRH VZDUCHOVÉ CLONY	52
2.12	ÚTLUM HLUKU	57
2.13	IZOLACE POTRUBÍ	60
2.14	TECHNICKÁ ZPRÁVA	62
2.14.1	ÚVOD	62
2.14.2	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	62
2.14.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ	63
2.14.4	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	63
2.14.5	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	63
2.14.6	HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE	64
2.14.7	ENERGETICKÉ ZDROJE	64
2.14.8	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ	64
2.14.9	NÁROKY NA ENERGII	65
2.14.10	MĚŘENÍ, REGULACE A PROTIMRAZOVÁ OCHRANA	66
2.14.11	NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE	66
2.14.12	PROTIHLUKOVÁ A PROTIOTŘESOVÁ OPATŘENÍ	67
2.14.13	IZOLACE A NÁTĚRY	67
2.14.14	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	68
2.14.15	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ	68
2.14.16	ZÁVĚR	68
2.15	FUNKČNÍ SCHÉMA	69
2.16	POLOŽKOVÁ SPECIFIKACE	70
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	71
ÚVOD		71
3.1	PŘÍSTROJE A SOFTWARE K MĚŘENÍ	72
3.2	POSTUP MĚŘENÍ	74
3.3	PRINCIP MĚŘENÍ	77
3.4	CHYBY V MĚŘENÍ	78
3.4.1	ABSOLUTNÍ CHYBA MĚŘENÍ	78
3.4.2	RELATIVNÍ CHYBA MĚŘENÍ	79
3.5	URČENÍ STÍNÍCÍHO SOUČiniteLE PRO JEDNOTLIVÉ PŘÍPADY	79
3.5.1	DVOJSKLO	80
3.5.2	VENKOVNÍ ŽALUZIE	81
3.6	POLOHA LAMEL PODLE ROČNÍHO OBDOBÍ	89
3.7	VLIV INTENZITY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA HODNOTĚ STÍNÍCÍHO SOUČiniteLE	90
3.8	VLIV NÁKLONU ŽALUZÍ NA TEPELNÝCH ZISCÍCH PRO REFERENČNÍ MÍSTNOST	92
3.8.1	POSOUZENÍ MÍSTNOSTI BEZ STÍNÍCÍCH PRVKŮ	93
3.8.2	POSOUZENÍ MÍSTNOSTI PRO SKLON LAMEL 90°	94
3.8.3	POSOUZENÍ MÍSTNOSTI PRO SKLON LAMEL 60°	95
3.8.4	POSOUZENÍ MÍSTNOSTI PRO SKLON LAMEL 0°	96

3.8.5	ZÁVISLOST POTŘEBY CHLADU NA HODNOTĚ STÍNÍČÍHO SOUČiniteLE	97
	ZÁVĚR	98
4	ZÁVĚR	99
5	POUŽITÉ ZDROJE	100
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	104
7	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	105
	PŘÍLOHY	108

ÚVOD

Diplomová práce obsahuje výčet aktuálně užívaných stínících prvků včetně jejich srovnání, projektovou dokumentaci pro stavební povolení s aplikací stínění na konkrétní budově a v poslední části experimentální měření hodnot stínícího součinitele venkovních žaluzií.

Práce je rozdělena na tři části – teoretická, projektová a experimentální.

Teoretická část se zabývá stínícími prvky. Popisuje pojmy jako je sluneční deklinace, výška slunce nad obzorem, časový úhel, azimut slunce, přímé a difuzní záření, solární konstanta, součinitel znečištění atmosféry, lom světla či tepelná zátěž okny a v neposlední řadě hodnotu stínícího součinitele. Teorie obsahuje výčet stínících prvků aktuálně užívaných v praxi, jejich popis, výhody i nevýhody a také vzájemné srovnání. Zaobírá se také vlivem barvy stínícího prvku na jeho účinnosti.

Projektová část obsahuje projektovou dokumentaci části autosalonu – showroomu, která má specifické vnitřní prostředí. Jedná se o showroom veteránů. Veterány je nutné udržovat v konstantní relativní vlhkosti po celý rok. Těmto požadavkům byla přizpůsobena VZT jednotka. Zároveň se jedná o showroom, který má ze tří stran prosklenou fasádu, a tak vykazuje v letním období velké tepelné zisky. V projektu je stínícím prvkem horizontální slunolam, který je tvořen prodlouženou střešní konstrukcí.

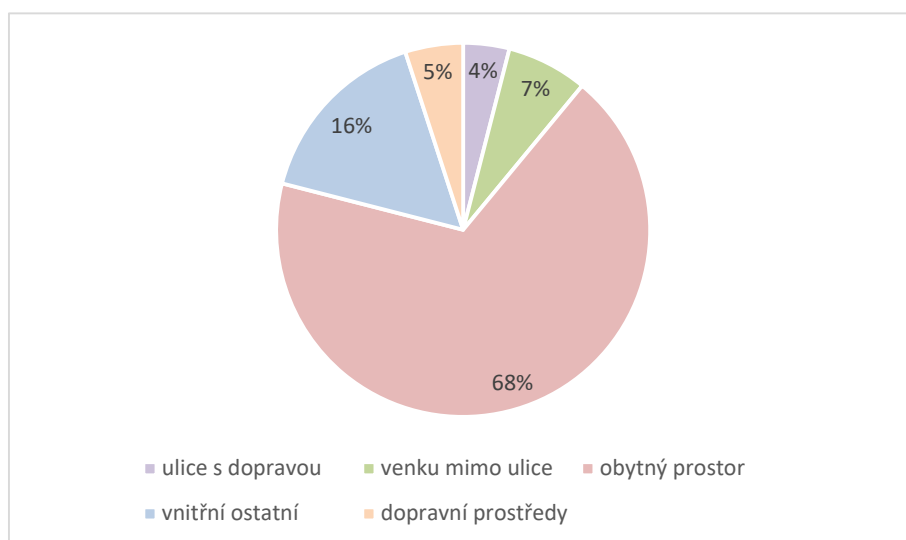
Experimentální část popisuje měření hodnot stínícího součinitele na venkovních žaluziích pro šest různých sklonů lamel. Je popsáno zapojení a seřízení měřících přístrojů, princip měření a dále vyhodnocení naměřených dat včetně absolutní a relativní chyby měření. Část doplňují grafy vlivu intenzity slunečního záření na hodnotě stínícího součinitele či vliv náklonu žaluzií na tepelných ziscích pro referenční místnost. Závěrem je grafické znázornění závislosti potřeby chladu na hodnotě stínícího součinitele.

1 TEORETICKÁ ČÁST

ÚVOD

V dnešní době jsou kladeny stále větší nároky na pocit pohodlí jak v obytných místnostech rodinných či bytových domů, tak i v administrativních budovách, v nákupních centrech nebo restauracích. Život se v posledních dekáдах přemísťuje do interiéru, kde člověk vykonává většinu činností a tráví tak v budovách převážně více času než v exteriéru.

Celoroční expozici člověka zachycuje následující grafické znázornění.



Obrázek 1 Celoroční expozice člověka

Pocit pohodlí je navozen tehdy, pokud člověk cítí tepelný komfort. To je stav, kdy necítí teplo ani zimu.

Tepelný komfort člověka ovlivňuje řada faktorů:

- Fyzická činnost člověka
- Tepelný odpor oděvů
- Teplota vzduchu
- Relativní vlhkost vzduchu
- Střední radiační teplota
- Proudění vzduchu

Tepelná pohoda může být lokálně narušena i dalšími faktory jako jsou průvan, velký vertikální rozdíl teplot mezi hlavou a kotníky anebo příliš nízkou či vysokou dotykovou teplotou podlahy.

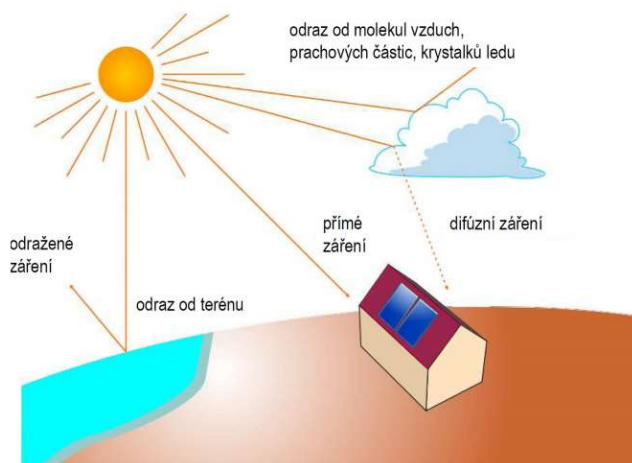
Jestliže se zaměříme na moderní výstavbu 21. století, lze si všimnout, že je kladen důraz na vzdušnost a prostorovost budov. Malé místnosti jsou dnes nahrazeny jednou prostornou místností, která má velké okenní otvory či je ohraničena prosklenou fasádou. Člověk usiluje

o více slunečního světla a pocit, že je blíže přírodě a simuluje tím venkovní prostředí. V administrativních budovách se jedná o velké open space kanceláře a v rodinných domech spojení obývacích pokojů s kuchyní či otevření obytných místností až do krovu. Toto nese značné nevýhody v letním období, kdy se tyto místnosti mohou velmi přehřívat a člověk je v tepelném diskomfortu. Nabízí se řešení použitím úpravy vzduchu klimatizací, což je finančně nákladné, ale účinné. Pro optimalizaci tepelné zátěže je primárně nezbytné správné navržení obvodových konstrukcí místností. Konstrukce by měla mít příznivé akumulární vlastnosti a hodnoty stínícího součinitele pro posuzovaný objekt.

1.1 TECHNIKA PROSTŘEDÍ

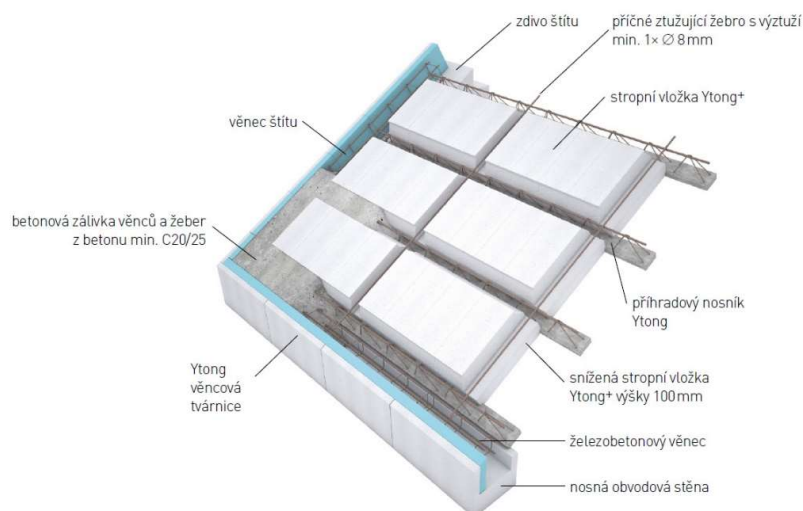
1.1.1 AKUMULACE TEPLA DO STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Největším a zároveň nejlevnějším zdrojem tepelné energie je Slunce. Energie vzniká jadernými přeměnami v jeho nitru. Sluneční energie dopadá na povrch Země jako ultrafialové záření (vlnová délka <380 nm) a mění se na teplo, které je vyzařováno jako infračervené záření (vlnová délka 780 až 10^6 nm). Rozdíl je v tom, že infračervené záření nedokáže prostupovat průhlednými konstrukcemi. Přes okenní tabule prochází do budovy pouze přímé (neodražené a nijak nerozptýlené) ultrafialové záření. Tok slunečního záření dopadající na plochu, které změní směr záření vlivem rozptylu v atmosféře, se nazývá difúzní záření.



Obrázek 2 Přímé a difúzní záření

Tepelná energie se akumuluje do stavebních konstrukcí a tím ji lze tzv. přenést v čase. Čím větší objemovou hmotnost má stavební materiál, tím je v něm energie déle akumulována. Pro zimní období je ideální akumulovat sluneční energii v konstrukcích přes den a v noci ji využívat sáláním vystupujícím z konstrukcí do místností. V letním období je akumulace tepla nežádoucí. Vhodným řešením je použít materiál s vysokou objemovou hmotností pro konstrukce střech. Těžká střecha zabraňuje pronikání tepla oproti lehké střešní konstrukci. Tímto řešením je například skládaná střecha systému Ytong, která zabraňuje přehřívání interiéru. Je skládaná z ocelových nosníků a pórobetonových vložek.



Obrázek 3 Ukázka těžké střešní konstrukce

1.1.2 VÝŠKA SLUNCE NAD OBZOREM

Výška Slunce nad obzorem h je *úhel*, který svírá sluneční paprsek s rovinou horizontu.

$$\sin h = \sin \delta * \sin \varphi + \cos \delta * \cos \varphi * \cos \tau$$

kde:

δ sluneční deklinace [°]

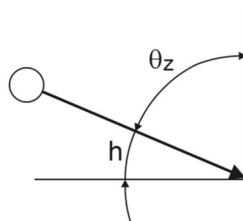
φ zeměpisná šířka [°]

τ časový úhel [°]

1.1.2.1 ÚHEL ZENITU

Doplňkový úhel do 90°.

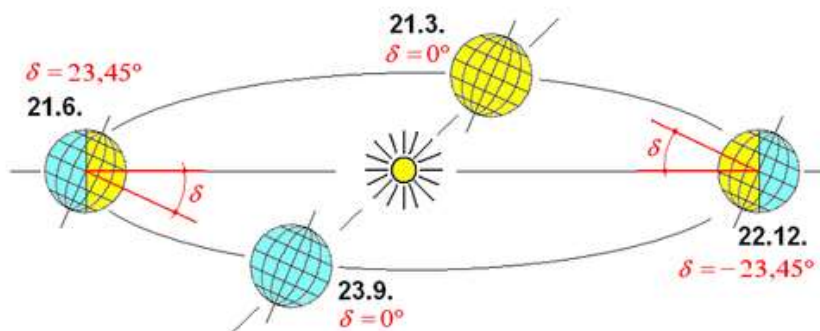
$$\theta_z = 90^\circ - h$$



Obrázek 4 Úhel zenitu

1.1.3 SLUNEČNÍ DEKLINACE

Sluneční deklinace δ [°] je definovaná jako úhel mezi spojnicí středů Slunce a Země a rovinou zemského rovníku. Jinými slovy je to úhel náklonu zemské osy nebo také zeměpisná šířka, kde je v daný den ve 12 hod Slunce kolmo nad obzorem. Hodnota δ se mění v průběhu roku v závislosti na poloze Země vůči Slunci v hodnotách od $-23,45^\circ$ do $+23,45^\circ$. Na deklinaci závisí výpočet výšky slunce nad obzorem i výpočet slunečního azimutu.



Obrázek 5 Sluneční deklinace a roční období

Při výpočtu tepelné zátěže se hodnota δ stanovuje zjednodušeným výpočtem dle normy ČSN 73 05 81. Vztah je určen pro posouzení oslunění 1. března. Výsledky se mohou lišit od skutečné hodnoty sluneční deklinace v určitém roce. Pro stavební praxi je ovšem tento výpočet dostačující.

$$\delta = 23,45 \sin (0,98 D + 29,7 M - 109)$$

kde:

D číslo dne v měsíci

M číslo měsíce v roce

Tabulka 1 Hodnoty sluneční deklinace k 15. dni v měsíci

měsíc	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen
δ [°]	-2,13	9,73	19,02	23,3	21,49	14,01	2,86	-9,05

1.1.4 ZEMĚPISNÁ ŠÍŘKA

Zeměpisná souřadnice φ [°] určující úhlovou vzdálenost od rovníku směrem k pólům. Jde o úhel, který svírá rovina rovníku s normálou referenční plochy v příslušném bodě na povrchu země. Místa se stejnou zeměpisnou šířkou se nazývají rovnoběžky. Nultá rovnoběžka se nazývá rovník.

1.1.5 ČASOVÝ ÚHEL

Časový či hodinový úhel τ [°] popisuje pomyslný pohyb Slunce způsobený rotací Země, který je vztažený k zemským poledníkům. Země se otočí kolem své osy za 24 hodin. To znamená, že za jednu hodinu je posun Slunce o 15°. Časový úhel je vztažený ke slunečnímu polední. Při výpočtu se dodržuje konvekce dopoledne (-) a odpoledne (+).

$$\tau = 15 (H-12)$$

Kde:

H čas [h]

1.1.6 AZIMUT SLUNCE

Je to úhel, který popisuje odklon od severu. Konvekce úhlu je po směru hodinových ručiček.

$$\alpha = 180 - \arcsin \frac{\sin \tau \cdot \cos \delta}{\cosh}$$

Kde

δ sluneční deklinace [°]

h výška Slunce nad obzorem [°]

τ časový úhel [°]

1.1.7 PŘÍMÉ A DIFUZNÍ SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Sluneční záření je elektromagnetické vlnění v rozsahu vlnových délek 380–780 nm. Sluneční záření dělíme na přímé, difuzní a odražené.

Přímé sluneční záření dopadá přímo na plochu, aniž by změnilo směr. Přímé záření můžeme pozorovat, pokud není zataženo a obloha je bez mraků. Pak nedochází k rozptylu záření v mracích nebo částicích atmosféry.

Difuzní záření vzniká rozptylem přímého slunečního záření buď v mraku nebo v částicích atmosféry, čímž změní svůj směr a na Zemi přichází rozptýlené ve všech směrech.

Součet přímého, difuzního a odraženého záření na horizontálním zemském povrchu je globální sluneční záření.

Odražené záření je záření odražené od okolních předmětů dopadající na určitou plochu až po odrazu.

1.1.8 SOLÁRNÍ KONSTANTA

Slunce a Země jsou od sebe vzdáleny jednu astronomickou jednotku, tj. $1,45 \times 10^{11}$ m. Slunce vyzařuje průměrné záření mimo zemskou atmosféru 1360 W. Jedná se o průměrnou hodnotu, jelikož se vzdálenost Slunce a Země může lišit o 1,7 %. Na hranici zemské atmosféry

dopadne na 1 m² plochy záření hodnoty 1360 W. Tato hodnota se nazývá *solární konstanta* $I_o = 1360 \text{ W/m}^2$.

1.1.9 SOUČINITEL ZNEČIŠTĚNÍ ATMOSFÉRY

Intenzitu slunečního záření může značně snižovat součinitel znečištění atmosféry z [-].

$$z = \frac{\ln I_o - \ln I_n}{\ln I_o - \ln I_{\check{c}}}$$

Kde:

I_o solární konstanta [W/m²]

I_n intenzita slunečního záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při daném znečištění ovzduší [W/m²]

$I_{\check{c}}$ intenzita slunečního záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při dokonale čistém ovzduší [W/m²]



Obrázek 6 Smog ve srovnání s čistým horským vzduchem

Součinitel znečištění atmosféry z je ovlivněn typem oblasti a také *měsícem v roce*. Největších hodnot dosahuje mezi květnem a srpnem. Následující tabulka uvádí průměrné roční hodnoty vztažené k jednotlivým typům krajiny.

Tabulka 2 Hodnoty součinitele znečištění atmosféry

	horské oblasti	venkov	města	průmyslové oblasti
roční průměr	1,9	2,8	3,8	5,0

1.1.10 LOM SVĚTLA

Lom světla lze v rámci geometrické optiky popsat jako optický jev vznikající při průchodu světla dvěma různými prostředími. Jedná se o Snellův zákon.

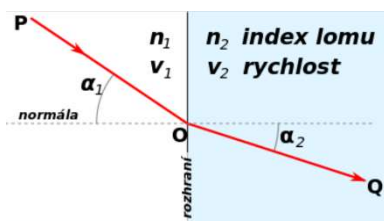
Rychlost šíření světla se liší v různých prostředích. Jestliže pro tato prostředí označíme indexy lomu n_1 a n_2 a úhly dopadajícího svazku α_1 a α_2 , potom platí:

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

Snellův zákon lze převést také do tvaru

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

kde v_1 a v_2 jsou rychlosti šíření vlnění v daném prostředí.

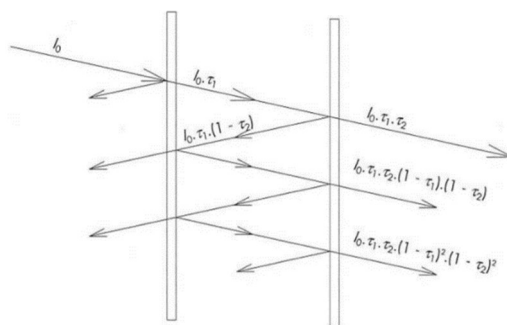


Obrázek 7 Lom světla

1.1.11 PROSTUP SVĚTLA STAVEBNÍMI OTVORY

Stavební otvory jsou v dnešní době vyplněné především dvojsklem či trojsklem. U těchto skel dochází k jinému odrazu světla než při průchodu jednovrstvým zasklením.

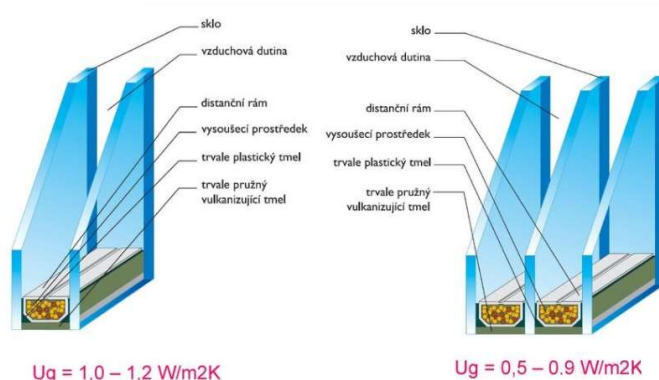
Světlo prochází jednovrstvým zasklením téměř bez rozptylu. Dvojitě či trojitě sklo je tvořeno skleněnými tabulemi od sebe oddělenými vzduchovou mezerou. Dochází k rozdílnému lomu a odrazu světla.



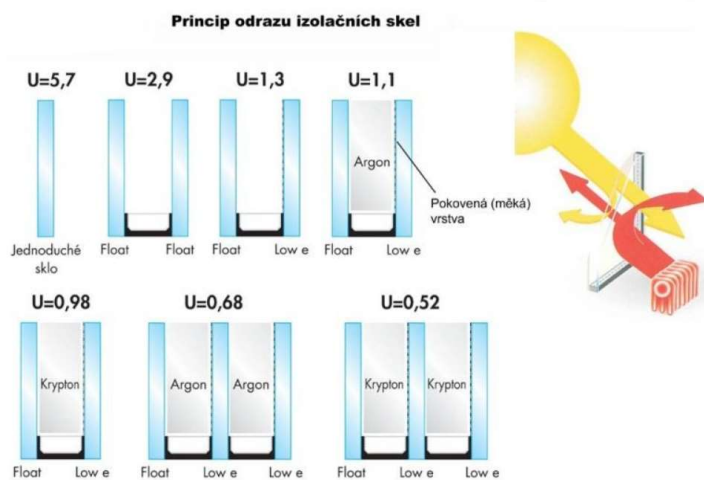
Obrázek 8 Prostup svělelných paprsků dvojsklem

Počet vrstev skla ovlivňuje hodnotu součinitele prostupu tepla oknem U_g . Nejlepší tepelně technické vlastnosti má trojsklo, jelikož teplo přestupuje přes 3 vrstvy skla a také obsahuje 2

vzduchové mezery, které jsou výborným izolantem. Izolační trojsklo má dvojnásobně lepší izolační vlastnosti než dvojsklo. Dvojskla i trojskla jsou tvořena pokoveným sklem (povlak stříbra), které snižuje prostup tepla díky nízké emisivitě. To znamená, že nevyzařují na chladnou stranu tolik tepelného záření. Takový povrch odráží radiační záření dopadající z exteriéru. Tyto faktory jsou přínosné jak v letním, tak i v zimním období. Počet skel neovlivňuje zvukovou izolaci. Izolační trojsklo je tvořeno vnějšími pokovenými skly a vnitřním obyčejným sklem. Vzduchové mezery jsou vyplněny inertním plynem. Inertní plyn je plynná nehořlavá látka, která má vysoké hodnoty měrného tepla a nízkou tepelnou vodivost. Tyto plyny nepodléhají chemickým reakcím. Jedná se o jednoprvkové plyny – nejčastěji argon či krypton.



Obrázek 9 Dvojsklo a trojsklo



Obrázek 10 Součinitel prostupu tepla různých variant oken

1.1.12 TEPELNÁ ZÁTĚŽ OKNY

Jedním z faktorů, která ovlivňuje vnitřní mikroklima, je bezpochyby tepelná zátěž. Na vypočítané hodnoty tepelné zátěže se navrhují vzduchotechnická a topenářská zařízení. Tepelnou zátěž dělíme na vnitřní a vnější. Mezi vnitřní zdroje tepla patří lidé, svítidla, stroje a elektronické vybavení. Tepelné zisky z vnějšího prostředí získáváme ze Slunce. Výpočet tepelných zisků z vnějšího prostředí je rozdělen na tepelnou zátěž okny a tepelnou zátěž stěnami.

Tepelná zátěž okny je jednou z primárních složek při návrhu vzduchotechnického či topenářského systému. Rozlišujeme prostup tepla oknem konvekcí a radiací a s tím spojené tepelné zisky konvekcí Q_{ok} a radiací Q_{or} .



Obrázek 11 Aplikace stínícího prvku

Konvekce (*proudění tepla*) probíhá pouze u plynných či kapalných látek. Jedná se o přenos tepla látek o různé teplotě. Tento jev nastává například při stoupání teplého vzduchu.

Radiace (*sálání tepla*) je jediný způsob, kterým se teplo může přenášet i ve vakuu. Jde o přenos bez nutnosti látkového prostředí. Při sálání je látka vyzařována do prostoru ve formě elektromagnetického záření.

1.1.12.1 TEPELNÉ ZISKY KONVEKČÍ

Tepelná zátěž oken konvekcí závisí na velikosti plochy okna a na rozdílu teplot mezi vnějším a vnitřním prostředím. Závisí i na součiniteli prostupu tepla okna U_g . Tepelné zisky konvekcí zpravidla nabývají nižších hodnot než tepelné zisky radiací.

Tepelnou zátěž oken konvekcí lze určit dle následujícího vztahu:

$$Q_{ok} = S_o \times U_g \times (t_e - t_i)$$

Kde

S_o	<i>plocha okna včetně rámu</i>	$[m^2]$
U_g	<i>součinitel prostupu tepla</i>	$[W/m^2.K]$
t_e	<i>teplota na vnější straně zasklení</i>	$[K]$
t_i	<i>teplota na vnitřní straně zasklení</i>	$[K]$

1.1.12.2 TEPELNÉ ZISKY RADIACÍ

Tepelné zisky radiací závisí na intenzitě sluneční radiace, na osluněné části okna, na znečištění atmosféry a na hodnotě stínícího součinitele.

$$Q_{or} = [S_{os} \times I_o \times z + (S_o - S_{os}) \times I_{o,DIF}] \times s$$

Kde

S_{os}	osluněný povrch okna [m ²]
I_o	intenzita sluneční radiace [W/m ²]
$I_{o,DIF}$	intenzita difuzní sluneční radiace [W/m ²]
z	součinitel znečištění atmosféry [-]
s	stínící součinitel [-]

1.1.13 STÍNÍCÍ SOUČINITEL

Stínící součinitel s [-] vyjadřuje podíl mezi celkovou sluneční radiací dopadající na prosklenou část okna a celkovou sluneční radiací procházející prosklenou částí okna do interiéru.

$$s = \frac{I_{o,i}}{I_{o,e}}$$

Takto bychom popsali reálnou hodnotu stínícího součinitele. V experimentální části této diplomové práce je stínící součinitel přímo změřen na fyzickém modelu. V praxi se při výpočtu tepelné zátěže používají ustálené tabulkové hodnoty pro jednotlivé případy zastínění. Používané normové hodnoty stínícího součinitele se liší od reálně naměřených.

Stínící součinitel dosahuje hodnot v intervalu $s \in (0;1)$. Zjednodušeně lze říct, že pokud by ve stavebním otvoru nebyla žádná výplň, ale pouze díra, byla by hodnota stínícího součinitele rovna jedné. Naopak pokud by byl stavební otvor úplně celý zastavěn, byla by hodnota stínícího součinitele maximální, tedy rovna nule. Čím je nižší hodnota stínícího součinitele, tím je větší stínění okenního otvoru.

Hodnoty stínících součinitelů pro jednotlivé druhy zasklení a stínící prvky dle normy ČSN 73 05 48 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů:

Tabulka 3 Normové hodnoty stínícího součinitele

<i>Druh zasklení</i>	<i>s</i>	<i>Druh zasklení</i>	<i>s</i>
<i>Jednoduché sklo</i>	<i>1,00</i>	<i>Barevné vrstvy stříkané světlé</i>	<i>0,80</i>
<i>Dvojité sklo</i>	<i>0,90</i>	<i>Barevné vrstvy stříkané střední</i>	<i>0,70</i>
<i>Jednoduché determinální sklo</i>	<i>0,70</i>	<i>Reflexní folie tmavá</i>	<i>0,25</i>
<i>Vnější determinální, vnitřní obyčejné</i>	<i>0,60</i>	<i>Reflexní folie světlá</i>	<i>0,42</i>
<i>Reflexní sklo dvojité, špičkové výroby</i>	<i>0,24</i>	<i>Sklo s drátěnou vložkou</i>	<i>0,80</i>
<i>Vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné</i>	<i>0,60</i>	<i>Zdvojené reflexní sklo dobré jakosti</i>	<i>0,30</i>

<i>Stínící prvky</i>	<i>s</i>
<i>Vnitřní žaluzie, lamely 45°, světlé</i>	<i>0,56</i>
<i>Vnitřní žaluzie, lamely 45°, střední barvy</i>	<i>0,65</i>
<i>Vnitřní žaluzie, lamely 45°, tmavé</i>	<i>0,75</i>
<i>Vnější žaluzie, lamely 45°, světlé</i>	<i>0,15</i>
<i>Vnější markýzy, meziprostor větrán</i>	<i>0,30</i>
<i>Meziokenní žaluzie, prostor nevětrán</i>	<i>0,50</i>
<i>Reflexní záclony světlé, vnější reflexní vrstva</i>	<i>0,60</i>
<i>Závěsy: bavlna, umělá vlákna</i>	<i>0,80</i>
<i>Reflexní záclony tmavé, vnější reflexní vrstva</i>	<i>0,70</i>

Jestliže je použito více stínících prvků, celkový stínící součinitel daného okna se počítá pomocí vztahu: $s = s_1 \times s_2 \times \dots \times s_n$

Zdvojené reflexní sklo dobré jakosti, $s = 0,30$



Obrázek 12 Reflexní sklo

Bavlněné závěsy, $s = 0,80$



Obrázek 13 Bavlněné závěsy

1.2 VARIABILITA STÍNÍCÍCH PRVKŮ

Na trhu je nepřeberné množství variant, jak zamezit oslunění. Mezi nejčastěji používané stínící prvky se řadí vnitřní žaluzie, které se vyskytují skoro v každé domácnosti či kanceláři. Dále se v domácnostech setkáváme se záclonami nebo závěsy, které jsou k levnější variantou zastínění. Venkovní žaluzie či rolety jsou více finančně náročné, ale v dnešní době se stále více objevují, a to převážně u novostaveb s velkými francouzskými okny. K netradičním stínícím prvkům se řadí reflexní folie či meziokenní žaluzie. Přidanou hodnotou všech stínících prvků je také větší pocit soukromí. Stínící prvky se zpravidla instalují na jižní, jihozápadní či západní stranu. Tam dopadá v létě nejvíce slunečního záření a vzniká velká tepelná zátěž.

1.2.1 VNĚJŠÍ STÍNÍCÍ PRVKY

1.2.1.1 STROMY JAKO STÍNÍCÍ PRVKY

Dalo by se říct, že stromy jsou jedním z nejlevnějších stínících prvků. Výsadba stromů kolem budov je žádaná nejen z důvodu stínění, ale také z estetického a zdravotního hlediska. Jelikož není strom vyroben na míru určitému oknu, jako to je u jiných stínících prvků, záleží na výšce slunce nad obzorem. Stromy nestíní okenní otvor celý den. Čím blíže je strom u budovy, tím více hodin denně stíní. V zimním období, kdy je tepelná zátěž vnějšími zisky žádaná, stromům opadají listy a sluneční záření je propuštěno až k oknu a prostor prohřívá, což je velice výhodné. Nevýhodou je naopak dlouhá doba růstu stromů, zabránění výhledu z okna a také nečistoty, které strom přináší při opadání. Hodnota stínícího součinitele není dána normou, jelikož je to u každé budovy velice individuální. Lze změřit pouze jeho reálnou hodnotu na určitém objektu. Tato hodnota je při projektování neznámá, protože budova ještě reálně nestojí.



Obrázek 14 Stínění budovy stromy

1.2.1.2 SLUNOLAMY

Slunolamy jsou fasádní stínící konstrukce, které cloní přímému slunečnímu záření a tím zmenšují tepelnou zátěž budov. Jedná se o soustavu lamel přichycených k fasádě buď v horizontálním nebo vertikálním směru. Lamely se vyrábějí buď pevné nebo pohyblivé. Slunolamy se vyrábějí nejčastěji z extrudovaných hliníkových profilů. Hodnota stínícího součinitele

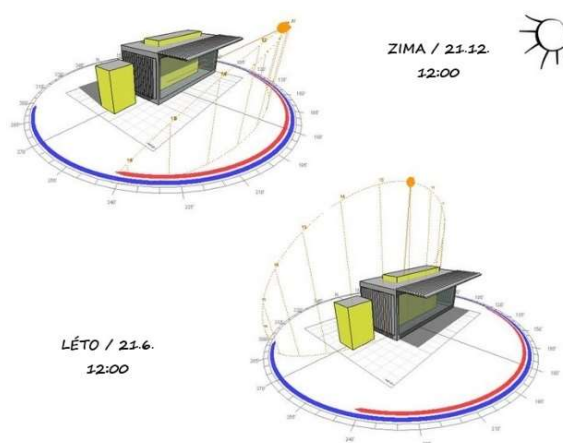
se liší v závislosti na výšce slunce nad obzorem, denní době a ročním obdobím. Norma nerespektuje užití slunolamů. Ty ovšem mohou výrazně snižovat výrazné tepelné zisky.



Obrázek 15 Horizontální slunolam

HORIZONTÁLNÍ SLUNOLAMY

Jedná se o horizontální konstrukci instalovanou nad okny konzolovitě do fasády. Díky správnému pootočení lamel zachytí přímé sluneční záření, aniž by zastiňovala okenní otvor před difuzním zářením. Místnost zůstává osvětlená a zároveň stíněná. To je velká výhoda slunolamů oproti venkovním žaluziím, při kterých si uživatel zamezí výhled i přísun světla. Výhodou je lehká instalace, snadná údržba a podtržení architektonického záměru moderních budov. Pevné lamely mají fixní polohu. Ta se určuje již při výrobě podle lokace instalace. Součástí pohyblivých lamel je pohon. Lamely je možno naklánět pod úhlem 0° - 115° od horizontální roviny. Je možné si určit polohu, která odpovídá zastínění při aktuální výšce slunce nad obzorem.

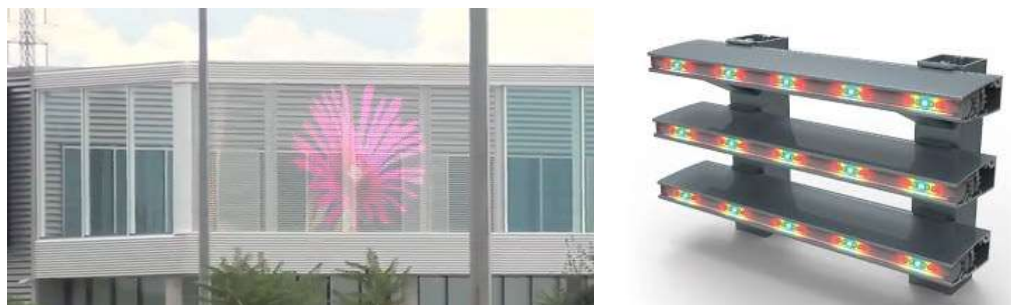


Obrázek 16 Stínění slunolamy v ročních obdobích

Horizontální slunolamy jsou vhodným řešením pro jižní až jihozápadní stranu. V letním období je slunce vysoko nad obzorem a horizontální lamely zachycují sluneční svit. V zimním období je slunce nízko a prohřívá budovu i přes nainstalované horizontální slunolamy. Při západu v letním období je slunce velmi nízko, a tak sluneční záření svítí kolmo do interiéru. V tomto případě zabrání slunečnímu vniknutí *vertikální slunolamy*.

VERTIKÁLNÍ SLUNOLAMY

Dnes se můžeme setkat s vertikálními slunolamy s LED diodami, které plní dvě funkce najednou. Jsou vhodné pro komerční budovy, kde stíní slunečnímu záření a zároveň mohou na lamelách promítat například reklamu.



Obrázek 17 Vertikální slunolamy

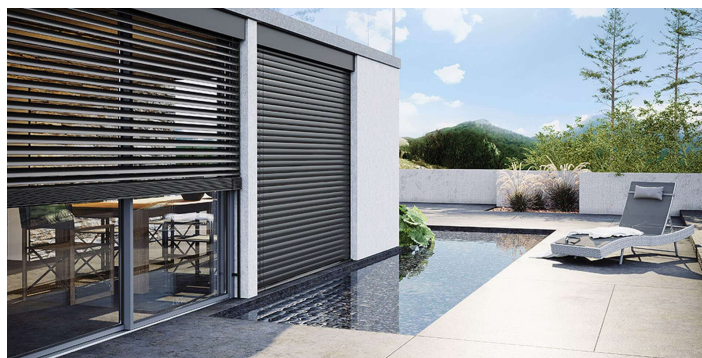
1.2.1.3 VENKOVNÍ ŽALUZIE A ROLETY

Mezi venkovními žaluziemi a roletami je velký rozdíl. Venkovní žaluzie se vyrábí z hliníkových lamel, které se dají naklánět pod úhlem 0°-180°. Pomocí náklonu lamel si uživatel může regulovat množství slunečního světla, které prochází do místnosti. U rolet, které mají lamely spojené, a tedy nepohyblivé, nelze regulovat průchod slunečního záření. Řešením je roletu povysunout.

Tabulka 4 Srovnání venkovních rolet a žaluzií

VENKOVNÍ ŽALUZIE		VENKOVNÍ ROLETY	
VÝHODY	NEVÝHODY	VÝHODY	NEVÝHODY
<i>optimální regulace světla v místnosti</i>	<i>nevytvoří absolutní tmu</i>	<i>účinnost bez ohledu na polohu slunce</i>	<i>nelze regulovat propustnost světla</i>
<i>možnost regulace stínění díky naklápění lamel</i>	<i>nižší odolnost proti větru</i>	<i>vysoká míra bezpečnosti ochrana před lupiči</i>	<i>zatemnění místnosti</i>
<i>pocit soukromí</i>	<i>hlučnost ve větru</i>	<i>odolnost vůči větru</i>	<i>dobrá hluková clona</i>
<i>větší úspora energie</i>	<i>náročnost na údržbu</i>	<i>manuální i inteligentní ovládání</i>	
<i>manuální i inteligentní ovládání</i>	<i>velikost kastlíku</i>	<i>snadné čištění</i>	

Venkovní žaluzie mají největší výhodu v polohovatelnosti lamel, což zajišťuje regulaci stínění a světla v místnosti. Při automatizaci dochází k větší úspoře energie. Lamely budou mít vždy mezi sebou mezeru, a tak nám nikdy žaluzie neposkytnou absolutní tmu. Mají nízkou odolnost proti větru, a zároveň povětrnostních podmínkách svým pohybem vykazují poměrně velký hluk. Žaluziové kastlíky mohou být zabudované ve fasádě pod překladem nebo v jeho úrovni. Při dodatečné montáži žaluzií se kastlíky umísťují přiznané na fasádě.



Obrázek 18 Venkovní žaluzie

Venkovní rolety nejen, že chrání před slunečním zářením, ale plní i zvukově a tepelně izolační funkci. Je vhodné je instalovat do ložnic, kde je žádoucí celkové zatemnění a zvuková izolace prostoru. Slouží také jako bezpečnostní prvek proti vniknutí do domu. Jejich údržba je velmi snadná. Světelné záření regulujeme výškou vytažení rolet.



Obrázek 19 Venkovní rolety

Venkovní rolety i žaluzie lze ovládat pomocí chytrého telefonu, dálkového ovládaní či nástěnného vypínače. Oba prvky lze napojit na spínací hodiny a přednastavit tak čas automatického spuštění nebo vytažení. Pro úplný komfort lze prvky doplnit o sluneční čidlo. To vyšle signál pohonu a žaluzie či roleta se automaticky zatáhnou. Tím se eliminuje přehřátí budovy v době nepřítomnosti uživatele.

Vnější stínící prvky jsou vyráběny z hliníku. Ten je lehký, má nízkou tepelnou vodivost a odolává vnějším vlivům.

V porovnání s vnitřními stínícími prvky jsou vnější stínící prvky lepší variantou, protože se teplo zachytí ještě před průchodem do místnosti. Architektonicky ovlivňují budovu jako celek, což může či nemusí být přínosné.

1.2.1.4 MARKÝZY

Markýzy jsou stínící prvky umístěné na fasádě nad okny. Slouží nejčastěji pro krytí balkónů, teras či zahrady. Většinou bývají doplněny majitelem a při projekci se s nimi neuvažuje. Jejich výhodou oproti jiným vnějším stínícím prvkům jsou nízké pořizovací náklady a snadná instalace. Markýzy lze vysunout do libovolné polohy. Stínící součinitel markýz se pohybuje v rozmezí $s = 0,4 - 0,5$.



Obrázek 20 Markýza

1.2.1.5 GEOMETRIE

Mezi venkovní stínící prvky lze zařadit i střešní přesahy či jinak zvolenou geometrii domu tak, aby stínila proskleným plochám. Stínění především velkých prosklených ploch by měl mít projektant na mysli již při prvotních návrzích domu. Někdy lze řešit venkovní stínění i bez přidaných stínících prvků viz následující obrázek.



Obrázek 21 Geometrie domu zajišťující stínění

1.2.2 VNITŘNÍ STÍNÍCÍ PRVKY

Vnitřní žaluzie jsou jedním z nejpoužívanějších stínících prvků. Jsou cenově dostupné a splňují požadavky uživatele. Lamely jsou nejčastěji hliníkové nebo v různých barevných variantách či imitaci dřeva. Vnitřní žaluzie se ovládají manuálně. Stínící součinitel je $s = 0,6$.



Obrázek 22 Vnitřní žaluzie

Vnitřní rolety jsou především látkové a nejčastěji se v domácnostech užívají ve střešních oknech. Lze si vybrat z nejrůznějších designových rolet.



Obrázek 23 Vnitřní roleta

Vnitřní stínící prvky jsou velmi oblíbené i pro svůj vzhled. Interiérový designéři je využívají k zvelebení prostoru a dodání osobitého charakteru interiéru. Jedná se často o látkové prvky, takže lze jejich barvu sladit s interiérem. Je třeba říct, že barva stínících prvků hraje v jejich funkci větší roli, než by se mohlo zdát. O tom více v následujícím textu. Mezi nejrůznější varianty se řadí například japonské panelové stěny nebo vertikální žaluzie.



Obrázek 24 Japonské panelové stěny



Obrázek 25 Vertikální žaluzie

REFLEXNÍ FOLIE

Jedná se o tenké fólie lepené přímo na sklo z interiérové nebo exteriérové strany. Fólie jsou vyráběny z polyesteru s tenkou kovovou mikro vrstvou. Fólie odrážejí část slunečního záření a zabraňují tak přehřívání interiéru. Zároveň chrání proti UV záření. Samotná okenní tabule funguje jako UV filtr, fólie pouze zvyšuje ochranu. Větší účinnost mají fólie lepené z exteriérové strany okna, protože odrazí většinu tepelné energie ještě před průchodem oknem.



Obrázek 26 Reflexní folie

Na trhu jsou fólie s různou účinností. Tmavší fólie jsou více účinné, protože odrazí více záření, ale propouštějí méně světla. Ideální propustnost reflexních fólií užívaných v obytných místnostech je 50 %. Znatelně snižují tepelnou zátěž místnosti a zároveň prochází dovnitř optimální množství viditelného světla. Z vnější strany jsou neprůhledné, chrání tedy i soukromí uživatele a ty nejúčinnější vykazují zrcadlový efekt.

Reflexní fólie jsou levným stínícím prvkem využívaným často v kancelářských či komerčních prostorech. Jejich hodnota stínícího součinitele je $s = 0,25 - 0,42$.

1.2.3 VLIV BARVY STÍNÍČÍHO PRVKU

V předchozí tabulce hodnot stínícího součinitele je uvedeno, že vnitřní žaluzie světlé barvy mají hodnotu $s = 0,56$, žaluzie střední barvy $s = 0,65$ a tmavé žaluzie $s = 0,75$. U všech je uvažován stejný sklon lamel 45° . Z těchto normových údajů vyplývá, že světlejší stínidla stíní více než ta tmavá. *Proč tomu tak je?*

Je prokázáno, že bílá barva má největší schopnost odrazet sluneční záření. Každý předmět, který vidíme, má nějakou barvu. Na předmět dopadá světlo jako část elektromagnetického vlnění. Z hlediska optiky není správné říct, že například tráva je zelená. Tráva odráží střední část barevného spektra, tedy zelenou barvu a ostatní barvy pohlcuje. Proto se nám jeví jako zelená. Každý předmět vidíme v té barvě, jakou část spektra odráží. Bílé předměty odrážejí nejvíce světla. Čerstvě napadlý sníh až 90 %, bílá oblaka až 80 %. Čerstvě zoraná černá půda odráží pouze 5 % záření a 95 % tak pohlcuje. Američtí vědci z Purdueovy univerzity na jaře roku 2021 přišli s odstínem bílé, který odrazí až 98,1 % slunečního záření. Takto barevný povrch doslova chladí na dotek.

Pokud převedeme tuto myšlenku na stínící prvky, je zjevné, že barva žaluzií, rolet či záclon značně ovlivňuje hodnotu stínícího součinitele. V praxi se investor často přikloní spíše k estetické stránce věci, a proto můžeme vidět u většiny domů venkovní žaluzie antracitové barvy.

1.2.4 SROVNÁNÍ VNITŘNÍCH A VENKOVNÍCH ŽALUZIÍ

1) Cena

Cena vnitřních žaluzií bez montáže a dodávky činí cca 650 Kč/m². Cena vnějších žaluzií na ruční ovládání je 2400 Kč/m² a pokud se jedná o žaluzie s pohonem, cena dosahuje 3350 Kč/m².

2) Kvalita

Vnitřní žaluzie se skládají z plastových komponentů jako jsou řetízky, ovládací tyče či spojky. Ty se mohou časem zničit. U horizontálních žaluzií často praská vodící struna. Venkovní žaluzie jsou vyráběné z hliníku a nerez a mají dlouhou životnost.

3) Možnost použití

Venkovní žaluzie se hodí k zastínění oken rodinných domů, administrativních budov, bytových domů či zimních zahrad. Naopak u budov s prosklenou fasádou či na střešní okna je nelze použít, protože tyto stínící prvky není jak uchytit. V těchto případech jsou vhodnější vnitřní žaluzie. Ty se hodí na menší okna, do koupelen, prádeln či technických místností, kde je zbytečné investovat do venkovních žaluzií.

4) Tepelná ochrana

Žaluzie jsou primárně instalovány k zamezení průchodu slunečního záření do místnosti. Venkovní žaluzie pohltí sluneční záření ještě před vstupem do místnosti. Zároveň mají výborné tepelné technické vlastnosti a v zimním období zamezují úniku tepla okenními otvory. Vnitřní žaluzie zachycují záření až po průchodu do místnosti. Mezi vnitřními žaluziemi a okenním sklem se akumuluje teplý vzduch, který stoupá nahoru a dál do místnosti, čímž celou místnost ohřívá. U vnějších žaluzií se zase teplý vzduch akumuluje mezi žaluzií a oknem. Ten může částečně ohřívat okenní sklo.

5) Stínící součinitel

Podle normových hodnot stínícího součinitele lze zjevně vidět, že venkovní žaluzie jsou mnohem účinnější než vnitřní.

Tabulka 5 Hodnoty stínícího součinitele pro žaluzie

<i>Stínící prvky</i>	<i>s</i>
<i>Vnitřní žaluzie, lamely 45°, světlé</i>	<i>0,56</i>
<i>Vnitřní žaluzie, lamely 45°, střední barvy</i>	<i>0,65</i>
<i>Vnitřní žaluzie, lamely 45°, tmavé</i>	<i>0,75</i>
<i>Vnější žaluzie, lamely 45°, světlé</i>	<i>0,15</i>

1.2.5 MEZIOKENNÍ ŽALUZIE

Žaluzie jsou umístěné mezi dvě okenní tabule v hermeticky uzavřeném prostředí. Jsou tak zcela bezúdržbové. Ovládají se provázkem nebo tyčkou na vnitřní fasádě. Při instalaci je třeba rám okna provrtat pro provlečení ovládání. Další typ ovládání je pomocí dvojice rotačních magnetů umístěných naproti sobě. Ten umožňuje vytahování žaluzií i naklápění lamel.



Obrázek 27 Meziokenní žaluzie

Meziokenní žaluzie dosahují hodnot stínění $s = 0,5$. Použití je především u starších dřevěných oken či v prostorech se zvýšenými hygienickými nároky, neboť toto řešení zamezuje usazování prachu na lamelách.

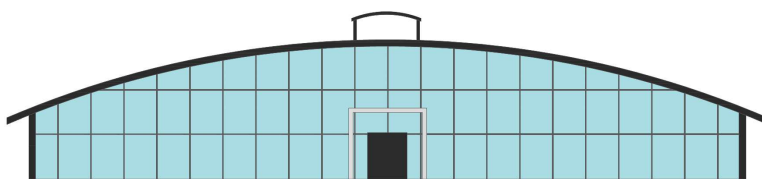
ZÁVĚR

Okenní stínění je v dnešní době nutností, pokud chceme v interiéru udržet rozumnou teplotu po celý rok. Tepelné ztráty v zimě kompenzuje správně zvolená tepelná izolace, ovšem problémovějším se stává letní období. Nejvíce tepla přichází do objektu okenními otvory. Samotná okna s dvojitým sklem mají stínící součinitel $s = 0,9$. Zabrání tak pouze 10 % slunečního záření. Při aktuálním trendu velkých prosklených ploch pak dochází k přehřívání interiéru. Řešením může být instalace klimatizačního zařízení, které je finančně náročné, ale účinné. Pro snížení tepelných zisků je primárně nejdůležitější instalace stínících prvků. Každá budova je jedinečná, a proto nelze říct, který ze stínících prvků je obecně nejlepší. Nejlepšího stínění v laboratorních podmínkách dosahují bezesporu venkovní žaluzie a reflexní folie. Je třeba se zaměřit na konkrétní řešenou budovu a její tepelné zisky a poté vybrat na míru nejvhodnější řešení.

2 PROJEKTOVÁ ČÁST

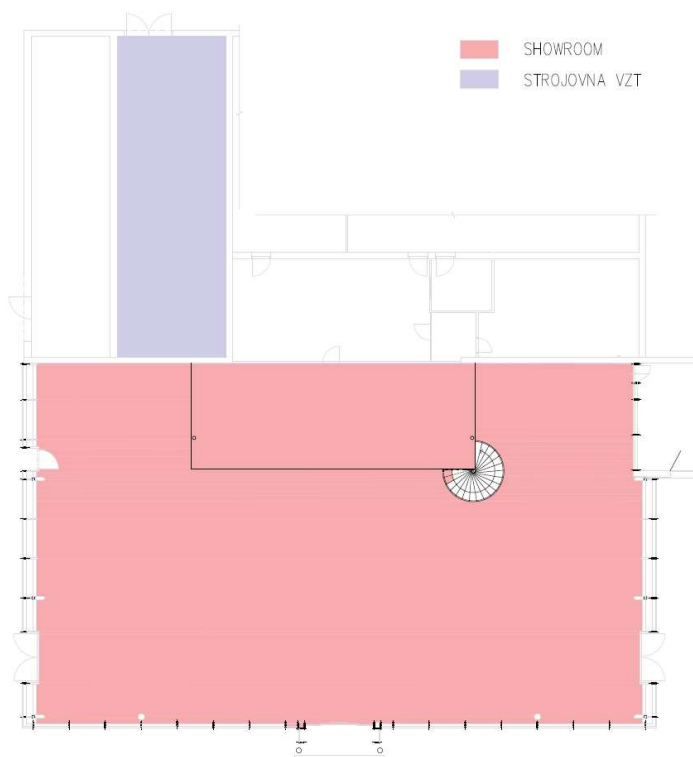
2.1 ANALÝZA OBJEKTU

Předmětem projektové části je návrh vzduchotechniky pro showroom autosalonu. Autosalon se nachází v Brně. Jeho řešená část má obdélníkový půdorysný tvar. Tři obvodové zdi jsou tvořeny prosklenou fasádou. Střecha má obloukový tvar a v nejvyšším místě je umístěn světlík se stříškou. Střešní konstrukce je tvořena sendvičovými panely z trapézových plechů s polyuretanem. Střecha je podpírána čtyřmi ocelovými příhradovými vazníky usazenými na sloupech.



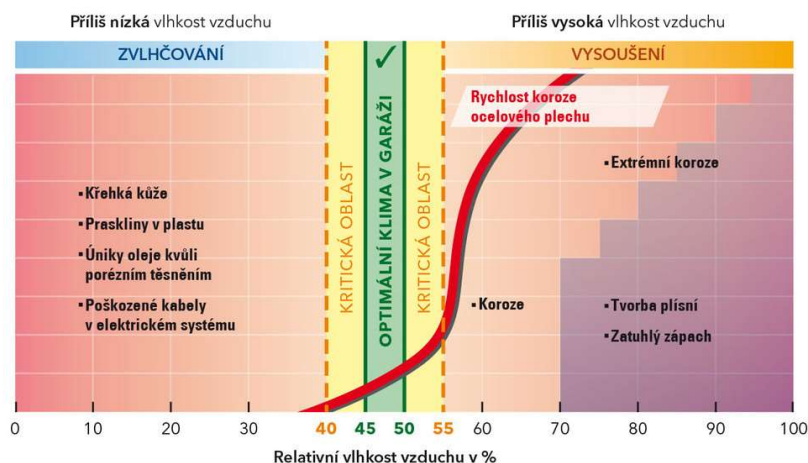
Obrázek 28 Pohled na přední fasádu

Sloupkovo-příčková prosklená fasáda propouští v letním období nadměrné množství sluneční energie, a proto je třeba tepelné zisky snížit užitím stínících prvků. Vzhledem k charakteru prostoru je nevhodné užití stínících prvků, které znemožňují vidět na automobily z exteriéru. Zvolila jsem horizontální slunolamy, které budou tvořeny střešním přesahem délky 1 metr. V showroomu je uvažováno 10 automobilů a 10 lidí (zaměstnanci + návštěvníci). Funkční celek 1 – klimatizace showroomu



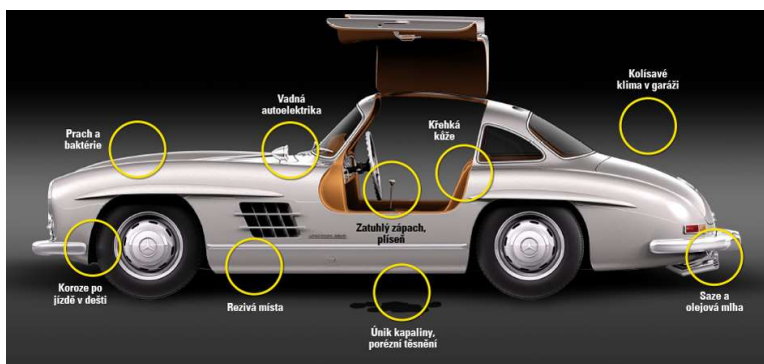
Obrázek 29 Funkční celek

Z důvodu umístění veteránů v tomto prostoru jsou kladeny specifické požadavky na vnitřní prostředí. Pro zachování kvality vozu je nutné dodržet relativní vlhkost nejlépe mezi 45-50 %, minimálně pak mezi 40-55 %. Při relativní vlhkosti nižší než 40 % může u veteránů docházet ke křehnutí kůže a prasklinám v plastu. Naopak při vyšší RH než 55 % hrozí koroze, tvorba plísní a zatuchlý zápach.



Obrázek 30 Optimální vlhkost pro veterány

Při návrhu VZT zařízení volím $RH = 47\%$ konstantně po celý rok.



Obrázek 31 Nežádoucí účinky

2.2 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Tabulka 6 Klimatické podmínky

	teplota [°C]	měrná vlhkost [g/kg]	entalpie [kJ/kg s.v.]
LÉTO	32	-	62,8
ZIMA	-12	1	-
Místo	BRNO		
Nadmořská výška	237 m.n.m		

2.3 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Požadavky na vnitřní prostředí podle účelu prostoru dle platných předpisů.

Tabulka 7 Požadavky na vnitřní prostředí

	teplota [°C]	relativní vlhkost [%]	hluk [dB/A]
LÉTO	23	47	45
ZIMA	20	47	45

2.4 VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA

Tabulka 8 Výpočet součinitelů prostupu tepla

S1 – prosklená fasáda				
Vrstva	Materiál	d[m]	λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	R[m ² KW ⁻¹]
1	Fasáda sloupko-příčková polostrukturální	0,05	0,068	0,74
	celková tloušťka [m]	0,05	$\Sigma R=$	0,74

R_{si} [m ² KW ⁻¹]=	0,13	U [Wm ⁻² K ⁻¹]=	1,10
R_{se} [m ² KW ⁻¹]=	0,04	$U_{N,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	1,29
R_T [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,91	$U_{rec,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	1,18

Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m²/m², kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m²; A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m².	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$	$0,15 + 0,85 \cdot f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$		

S2 - vnitřní nosná zeď				
Vrstva	Materiál	d[m]	λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	R[m ² KW ⁻¹]
1	Vnitřní systémová omítka Ytong	0,005	0,12	0,04
2	Pórobetonové zdivo Ytong Univerzal PDK 300	0,3	0,115	2,61
3	Vnitřní systémová omítka Ytong	0,005	0,12	0,04
	celková tloušťka	0,31		$\Sigma R= 3,57$

R_{si} [m ² KW ⁻¹]=	0,13	U [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,265
R_{se} [m ² KW ⁻¹]=	0,13	$U_{N,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	2,2
R_T [Wm ⁻² K ⁻¹]=	3,78	$U_{rec,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	1,45

S3 – podlaha				
Vrstva	Materiál	d[m]	λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	R[m ² KW ⁻¹]
1	Epoxidový nátěr na vodní bázi	0,005	1,4	0,00
2	Penetrace			
3	Cementová samonivelační stěrka	0,01	1,19	0,01
4	Penetrace			
5	Cementový potěr	0,05	1,16	0,04
6	Separční vrstva – oxidovaný asfalt			
7	Tepelná izolace z EPS	0,15	0,04	3,75
8	Hydroizolace z asfaltového pásu	0,001	0,88	0,00
9	Penetrace			
10	Podkladní beton	0,15	1,36	0,11
	celková tloušťka	0,366	ΣR=	3,92

R_{si} [m ² KW ⁻¹]=	0,17	U [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,245
R_{se} [m ² KW ⁻¹]=	0,00	$U_{N,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,45
R_T [Wm ⁻² K ⁻¹]=	4,09	$U_{rec,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,3

S4 - střešní konstrukce				
Vrstva	Materiál	d[m]	λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	R[m ² KW ⁻¹]
1	Sendvičový panel - trapézový plech s polyuretanem	0,16	0,026	6,15
2	Ocelový příhradový vazník			
	celková tloušťka	0,16	ΣR=	6,15

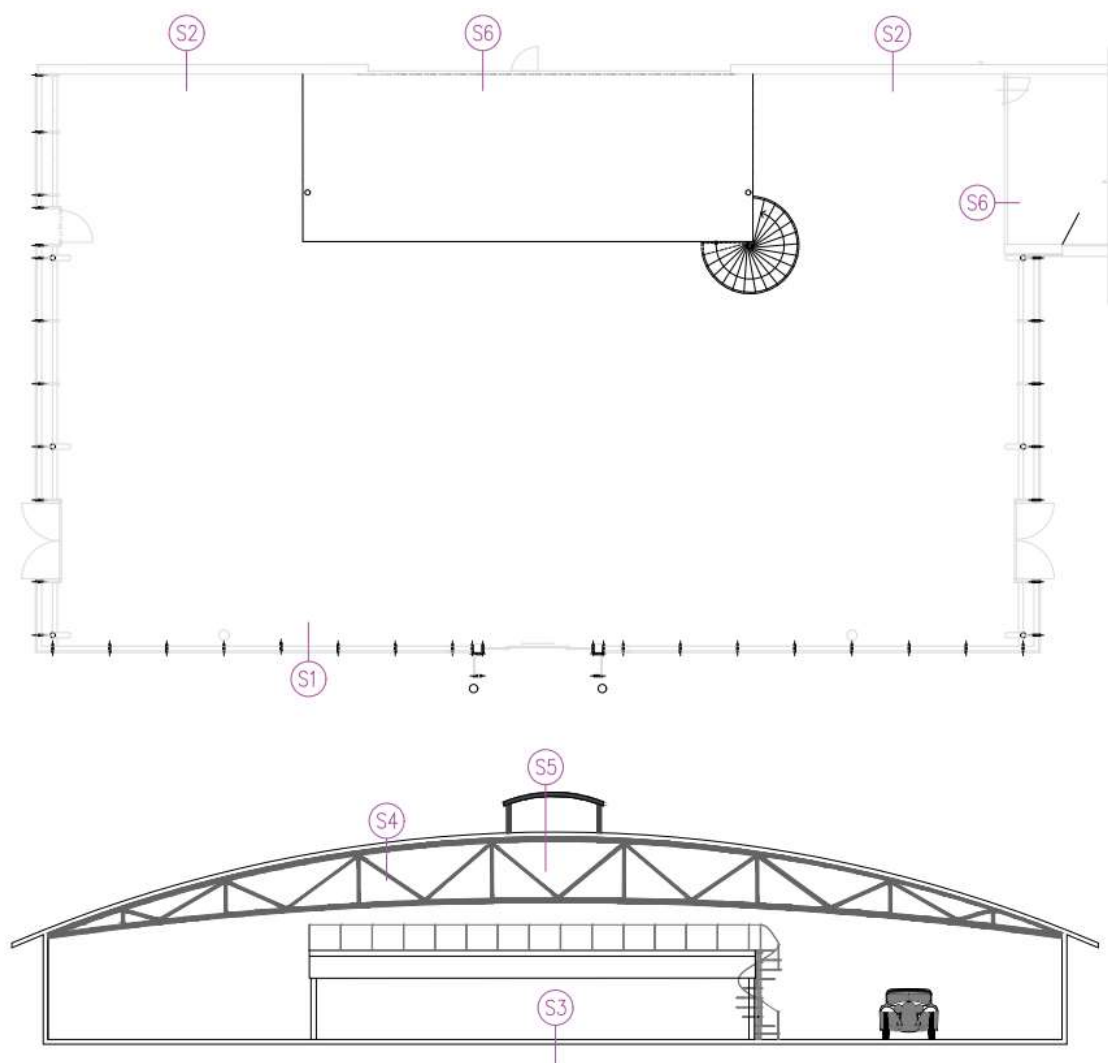
R_{si} [m ² KW ⁻¹]=	0,1	U [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,159
R_{se} [m ² KW ⁻¹]=	0,04	$U_{N,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,24
R_T [Wm ⁻² K ⁻¹]=	6,29	$U_{rec,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,16

S5 - světlík		
Vrstva	Materiál	$U_{rc,ref}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]
1	Světlík Velux se zaobleným zasklením	0,72
	celková tloušťka	0,72

R_{si} [m ² KW ⁻¹]=	0,1	U [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,654
R_{se} [m ² KW ⁻¹]=	0,04	$U_{N,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	1,4
R_T [Wm ⁻² K ⁻¹]=	1,53	$U_{rec,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	1,1

S6 - vnitřní příčka				
Vrstva	Materiál	d[m]	λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	R[m ² KW ⁻¹]
1	Vnitřní systémová omítka Ytong	0,005	0,12	0,04
2	Pórobetonové zdivo Ytong Klasik 100	0,1	0,137	0,73
3	Vnitřní systémová omítka Ytong	0,005	0,12	0,04
	celková tloušťka	0,11		$\Sigma R = 3,57$

R_{si} [m ² KW ⁻¹]=	0,13	U [Wm ⁻² K ⁻¹]=	0,265
R_{se} [m ² KW ⁻¹]=	0,13	$U_{N,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	2,2
R_T [Wm ⁻² K ⁻¹]=	3,78	$U_{rec,20}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]=	1,45



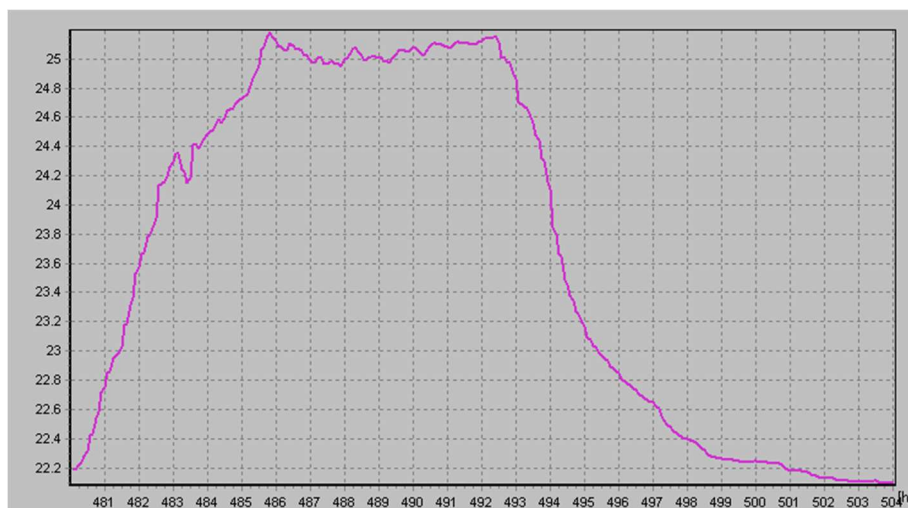
Obrázek 32 Popis konstrukcí

2.5 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE

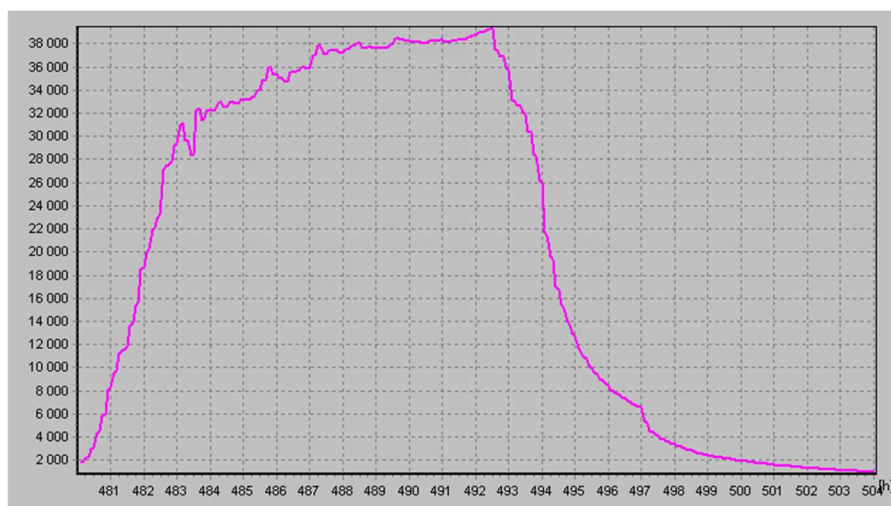
Výpočet tepelné zátěže byl proveden v software Teruna. Otevírací doba showroomu je 7-17 hodin. Je uvažováno 10 automobilu a 10 lidí (zaměstnanci i návštěvníci). Pro výpočet akumulace energie do hmoty je uvažována tíha jednoho auta 1200 kg. Osvětlení bude řešeno LED diodami, které vykazují tepelný zisk 2 W/m².

2.5.1 LETNÍ OBDOBÍ

Tepelná zátěž byla spočítána pro datum 21.7.

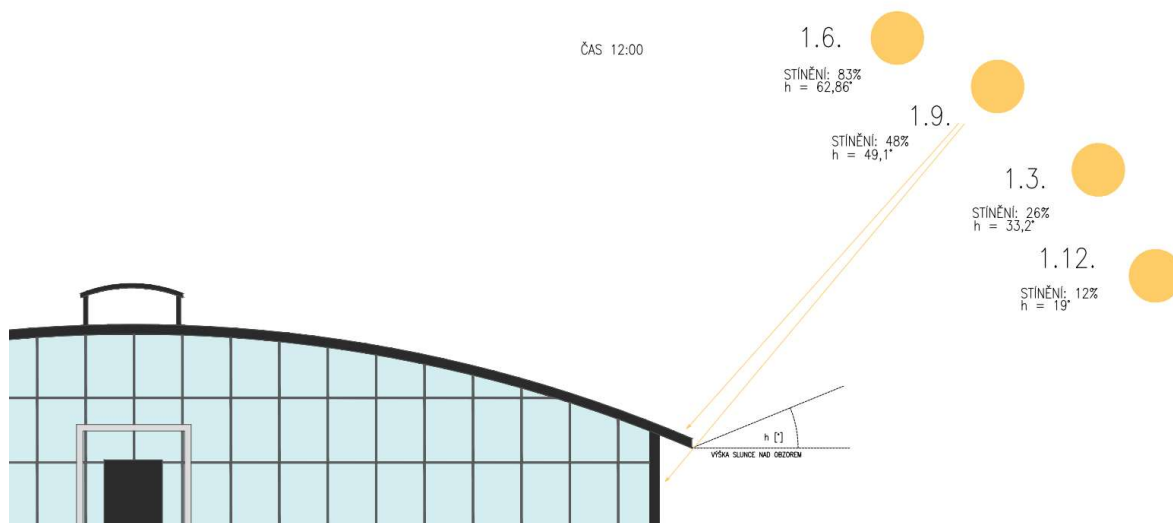


Obrázek 33 Průběh teplot 21.7.



Obrázek 34 Graf tepelné zátěže 21.7.

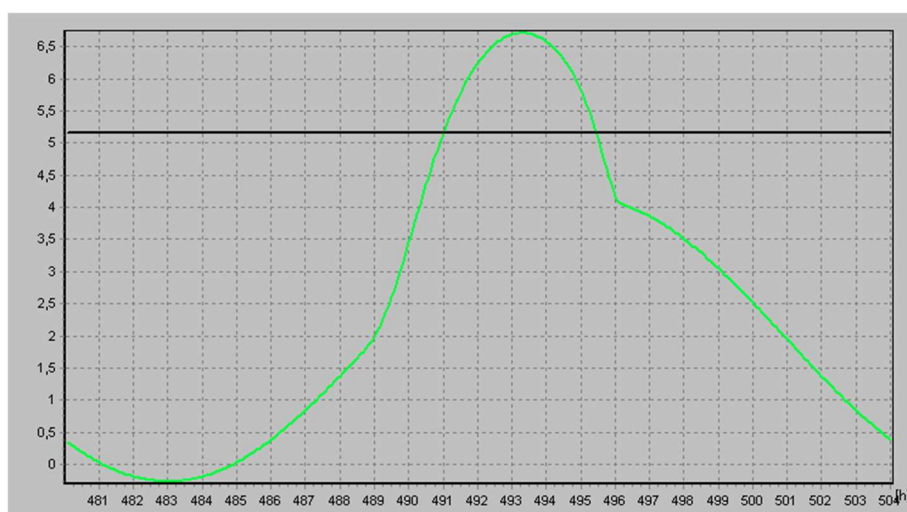
Ve výpočtu je zahrnut i střešní přesah 1 m, který z části zastíní prosklenou fasádu. Obrázek znázorňuje výšku slunce nad obzorem a procentuální zastínění plochy okna pro čas 12 hodin pro jednotlivá data.



Obrázek 35 Pohyb slunce a procentuální zastínění oken

2.5.2 ZIMNÍ OBDOBÍ

Tepelná zátěž byla spočítána pro 21.1. Z důvodu rozsáhlých prosklených ploch byla posouzena i povrchová teplota oken a rosný bod. Pokud povrchová teplota klesne pod hodnotu rosného bodu, začne na povrchu oken docházet ke kondenzaci vodní páry. Dle grafu k tomu bude docházet skoro 20 hodin denně.



Obrázek 36 Povrchová teplota oken a teplota rosného bodu

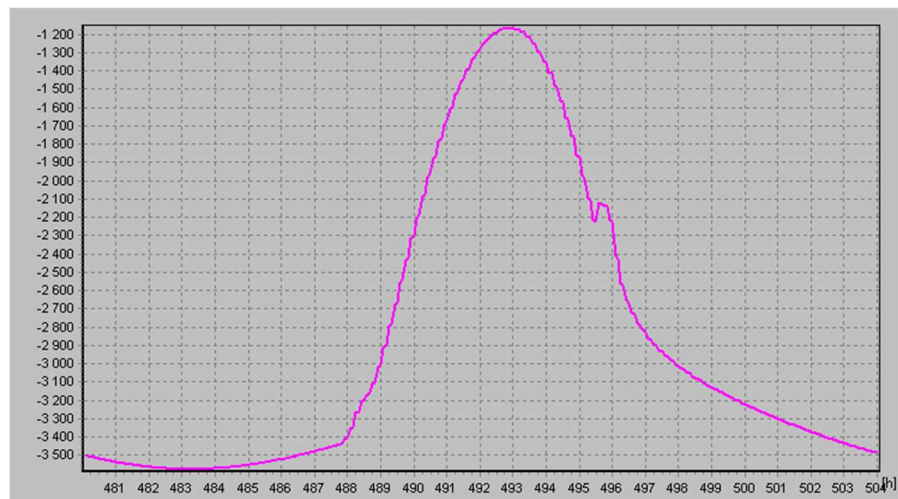
Výpočet proveden pro období od 21.1. do 21.1.
 Časový krok: 300s
 Objem místnosti : 3074m³

Ve výpočtu bylo zavedeno:
 Simulace oblačnosti: NE
 Referenční rok: ANO
 Uvažován vliv sluneční radiace: ANO
 Načtená klimatická data: NE
 Osvětlení: NE
 Větrání: NE
 Ostatní tepelné zdroje: NE
 Odpar vody: NE
 Biologická produkce: NE
 Sálavé plochy: NE

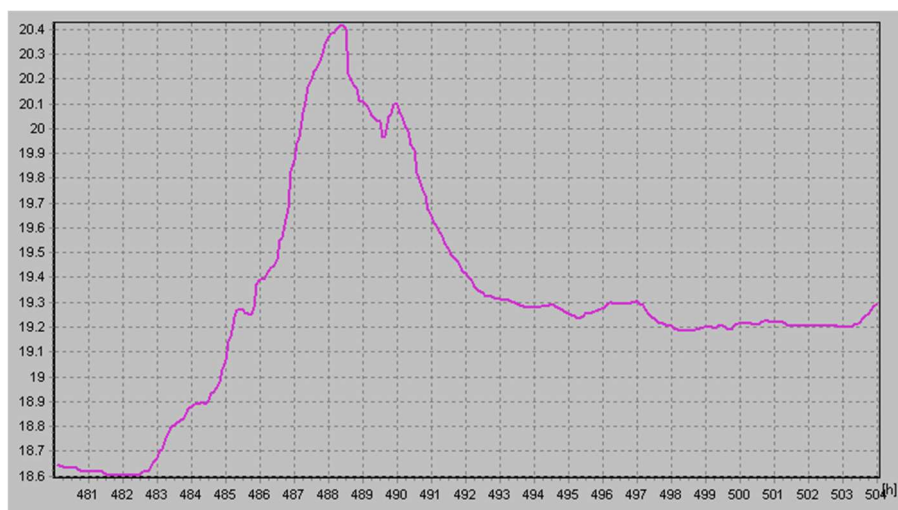
***** VÝSLEDKY *****

Maxima tepelné zátěže:
 21.1. 12,83h: Citelné teplo Max= -1162,97W
 21.1. 3,25h: Citelné teplo Min= -3577,1W
 21.1. 12,83h: Vázané teplo=0W Merna Tz = -0,88W/K
 21.1. 12,83h: Potřeba chladu = 0kWh Potřeba tepla = 68,96kWh

Suma potřeby chladu = 0kWh
 Suma potřeby tepla = 68,96kWh



Obrázek 37 Průběh tepelných ztrát 21.1



Obrázek 38 Průběh teplot 21.1.

2.6 STANOVENÍ PRŮTOKU VZDUCHU

Léto:

$$V_{p,L} = \frac{Q_L}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_{k,L\acute{E}T\acute{O}}} = \frac{39290}{1,2 \cdot 1010 \cdot 8} = 4,02 \frac{m^3}{s} \doteq 14\,500 \frac{m^3}{h}$$

Zima:

$$V_{p,Z} = \frac{Q_Z}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_{k,ZIMA}} = \frac{3577}{1,2 \cdot 1010 \cdot 10} = 0,29 \frac{m^3}{s} \doteq 1050 \frac{m^3}{h}$$

Z důvodu konstantního průtoku po celý rok volím: $V_p = 14500 \frac{m^3}{h}$

$$\Delta t_{k,Z} = \frac{Q_Z}{\rho \cdot c \cdot V_{p,L}} = \frac{3577}{1,2 \cdot 1010 \cdot 4,02} = 0,73 \doteq 1 \text{ K}$$

Přívodní vzduch v létě:

$$\Delta t_{p,L} = t_i - \Delta t_{k,L} = 23 - 8 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Přívodní vzduch v zimě:

$$\Delta t_{p,Z} = t_i + \Delta t_{k,Z} = 20 + 1 = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Průtok čerstvého vzduchu:

- *Potřeba čerstvého vzduchu pro osoby*

$$V_{p,\check{c}} = 50 \frac{m^3}{h \cdot os} \cdot 10 \text{ osob} = 500 \frac{m^3}{h}$$

- *Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb*

$$V_{p,\check{c}} \geq 15\% V_{p,celk}$$

$$V_{p,\check{c}} \geq 0,15 \cdot 14500$$

$$V_{p,\check{c}} = 2200 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{p,cirk} = V_{p,celk} - V_{p,\check{c}} = 14500 - 2200 = 12300 \frac{m^3}{h}$$

2.7 TLAKOVÝ POMĚR

Zařízení je navrženo jako rovnotlaké. Průtok přívodního i odvodního vzduchu je 14500 m³/h.

2.8 DISTRIBUČNÍ PRVKY

Upravený vzduch bude distribuován do místnosti přes čtyřhranné potrubí, regulační klapku a ohebné potrubí sonoflex ukončené distribučním elementem.

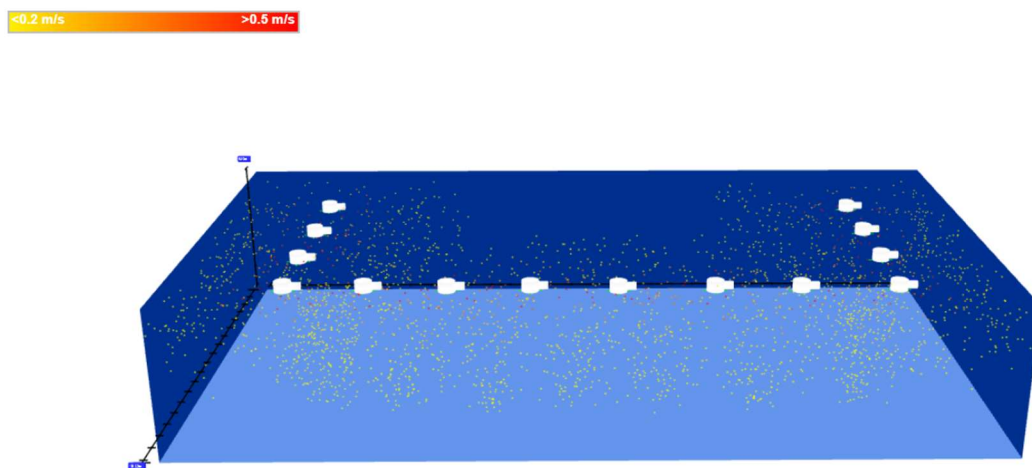
2.8.1 PŘÍVODNÍ ELEMENTY

Bylo zvoleno 14 pohledových difuzorů typu DCS 315 od výrobce Lindab.



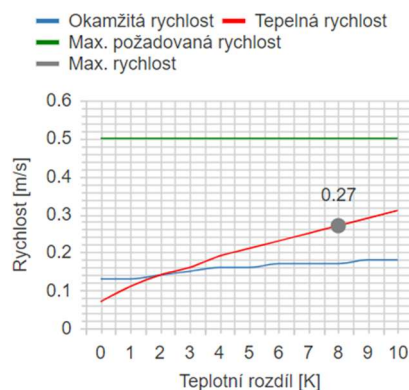
Obrázek 39 Přívodní prvek

Správná simulace vzduchu a rychlost proudění byla ověřena v programu Quick Selection Tool od firmy Lindab.



Obrázek 40 Distribuce a rychlost vzduchu

Posouzení rychlosti vzduchu v pobytové zóně (ve výšce 1,8 m nad podlahou):



Obrázek 41 Rychlost vzduchu při teplotním rozdílu 8 K

2.8.2 ODVODNÍ ELEMENTY

Jako odvodní prvky byly zvoleny mřížky NOVA-A-2-2-1000x400-R1-UR-H-SW od výrobce Systemair, a.s. Mřížky budou umístěny v sádkartonu z boční stěny balkonu. Mřížka bude napojena přímo na potrubí. Bude dodána s regulační klapkou NOVA-R1 a montážním rámečkem pro mřížky

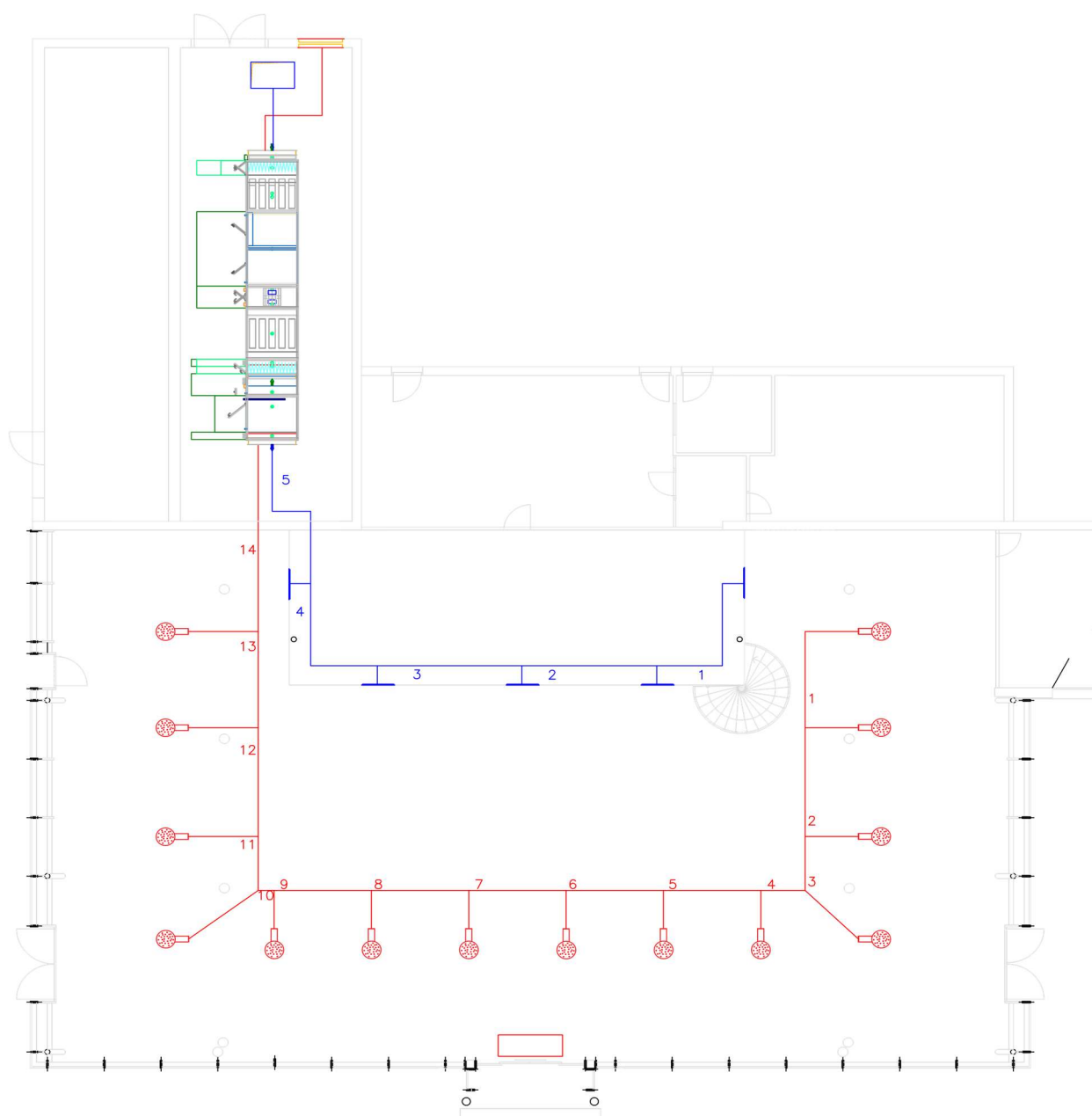


Obrázek 42 Odvodní prvek

2.9 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

Pro distribuci vzduchu bylo navrženo obdélníkové potrubí z pozinkovaného ocelového plechu. Distribuční elementy budou napojeny k potrubí pomocí kruhového, ohebného, zvukově izolačního potrubí. Přívodní potrubí bude probíhat ocelovými příhradovými vazníky volně v prostoru. Odvodní potrubí bude zasazeno v podhledu pod balkonem.

2.9.1 DIMENZAČNÍ SCHÉMA



Obrázek 43 Dimenzační schéma

2.9.2 TABULKY DIMENZOVÁNÍ

Tabulka 9 Dimenzování potrubí

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ													
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku[m ³ /h]	Délka úseku[m]	Předběžná rychlost[m/s]	Průtočná plocha S[m ²]	Průměr kruhového potrubí d[m]	AxB[m]	Skutečná plocha S [m ²]	Průměr kruhového potrubí d[m]	Skutečná rychlost[m/s]	Měrná tlaková ztráta[Pa/m]	Vřazený odpor E	Tlaková ztráta místními odpory Z	Součet tlakové ztráty: Z+R*L
1	1035	5,2	2	0,14	0,43	355x355	0,26	0,58	2,28	0,188	1,2	1,92067	2,90
2	2070	5,2	2,25	0,26	0,57	630x355	0,224	0,53	2,57	0,171	0,6	0,54124	1,43
3	3105	3,5	2,5	0,35	0,66	630x500	0,315	0,63	2,74	0,148	1,2	2,30818	2,83
4	4140	3,8	2,75	0,42	0,73	800x500	0,4	0,71	2,88	0,143	0,6	0,60653	1,15
5	5175	4,3	3	0,48	0,78	800x560	0,448	0,76	3,21	0,16	0,6	0,67603	1,36
6	6210	4,3	3,25	0,53	0,82	800x630	0,504	0,80	3,42	0,166	0,6	0,72025	1,43
7	7245	4,3	3,5	0,58	0,86	900x630	0,567	0,85	3,55	0,167	0,6	0,74763	1,47
8	8280	4,3	3,75	0,61	0,88	900x630	0,567	0,85	4,06	0,213	0,6	0,85504	1,77
9	9315	4,3	4	0,65	0,91	1000x630	0,63	0,90	4,11	0,208	1,2	3,46226	4,36
10	10350	3,25	4,25	0,68	0,93	1000x630	0,63	0,90	4,44	0,232	0,6	0,93506	1,69
11	11385	4,1	4,5	0,70	0,95	1120x630	0,63	0,90	4,48	0,234	0,6	0,94349	1,90
12	12420	5,7	4,75	0,73	0,96	1120x630	0,63	0,90	4,69	0,277	0,6	0,98771	2,57
13	13455	5,7	4,9	0,76	0,99	1250x630	0,79	1,00	4,75	0,25	0,6	1,00035	2,43
14	14500	8,7	5	0,69	0,94	1250x630	0,79	1,00	5,11	0,287	1,8	9,68549	12,18
celková tlaková ztráta [Pa]													39,46

ODVODNÍ POTRUBÍ													
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku[m ³ /h]	Délka úseku[m]	Předběžná rychlost[m/s]	Průtočná plocha S[m ²]	Průměr kruhového potrubí d[m]	AxB[m]	Skutečná plocha S [m ²]	Průměr kruhového potrubí d[m]	Skutečná rychlost[m/s]	Měrná tlaková ztráta[Pa/m]	Vřazený odpor E	Tlaková ztráta místními odpory Z	Součet tlakové ztráty: Z+R*L
1	2900	6,8	2	0,40	0,72	900x400	0,36	0,68	2,24	0,104	1,2	1,88698	2,59
2	5800	4,5	2,75	0,59	0,86	900x630	0,567	0,85	2,84	0,111	0,6	0,5981	1,10
3	8700	3,8	3,5	0,69	0,94	1120x630	0,706	0,95	3,42	0,141	0,6	0,72025	1,26
4	11600	3,8	4,25	0,76	0,98	1120x630	0,706	0,95	4,57	0,243	1,2	3,84977	4,77
5	14500	5	5	0,81	1,01	1250x630	0,79	1,00	5,11	0,287	0,6	1,07617	2,51
celková tlaková ztráta [Pa]													12,23

SACÍ POTRUBÍ												
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku [m ³ /h]	Délka úseku [m]	Předběžná rychlost [m/s]	Průtočná plocha S [m ²]	Průměr kruhového potrubí d [m]	AxB [m]	Skutečná plocha S [m ²]	Průměr kruhového potrubí d [m]	Skutečná rychlost [m/s]	Měrná tlaková ztráta [Pa/m]	Vřazený odpor E	Tlaková ztráta místními odpory Z
1	14500	4,5	2,5	1,61	1,43	1400x900	1,26	1,27	3,2	0,0865	0,6	0,67392
celková tlaková ztráta [Pa]												1,06

VÝTLAČNÉ POTRUBÍ												
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku [m ³ /h]	Délka úseku [m]	Předběžná rychlost [m/s]	Průtočná plocha S [m ²]	Průměr kruhového potrubí d [m]	AxB [m]	Skutečná plocha S [m ²]	Průměr kruhového potrubí d [m]	Skutečná rychlost [m/s]	Měrná tlaková ztráta [Pa/m]	Vřazený odpor E	Tlaková ztráta místními odpory Z
1	14500	10,5	2,5	1,61	1,43	1400x900	1,26	1,27	3,2	0,0865	1,2	2,69568
celková tlaková ztráta [Pa]												3,60

Celková tlaková ztráta:

	PŘÍVOD	ODVOD
	Regulační klapka: 50 Pa	Regulační klapka: 50 Pa
	Koncový element: 40 Pa	Koncový element: 2 Pa
	Žaluzie 42 Pa	Výfuková hlavice 46 Pa
	Sací potrubí: 1 Pa	Výtlačné potrubí 4 Pa
	Požární klapka: 25 Pa	Požární klapka: 25 Pa
	Prívodní potrubí: 39 Pa	Odvodní potrubí: 12 Pa
Celkem	198 Pa	139 Pa
ZAOKROUHLENO	200 Pa	140 Pa

2.10 NÁVRH VZT JEDNOTKY

VZT jednotka byla navržena v programu AeroCAD od firmy Remak. Zařízení bude obsluhováno jednotkou AeroMaster XP 28 ve vnitřním provedení. Z důvodu vysoké tepelné zátěže v létě, a zároveň potřeby odvlhčování v zimě, byla jednotka navržena se směšovací komorou. Jedná se o prezentaci extrémních provozních stavů a směšování má podstatně menší energetickou náročnost. Podíl čerstvého vzduchu činí 15 %.

Jednotka je opatřena kapsovými filtry třídy M5. Útlum hluku je zajištěn umístěním tlumičů před i za ventilátory. Dále jednotka obsahuje deskový rekuperátor, vodní ohříváče, přímý výparník, parní zvlhčovač, tlumící vložky a uzavírací klapky.

STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 28
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne

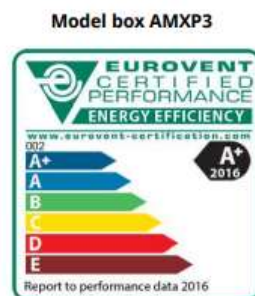
Hmotnost (+/-10%)	4 641 kg
Umístění VZT jednotky	Vnitřní
Materiálové provedení	
Vnější plášť	Pozinkovaný plech
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech

	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	14500 m³/h	14500 m³/h
Externí tlaková rezerva	200 Pa	140 Pa
Rychlost v průřezu	2.10 m/s	2.10 m/s
Výkon motoru nominální	2 x 3.40 kW	2 x 2.40 kW
Typ motoru ventilátoru	EC motor	EC motor
1. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	M5 / ISO ePM 10 >60%
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _{tot}	651 W.m³.s	498 W.m³.s

Parametry pláště dle EN1886

Mechanická stabilita	D2(M)
Netěsnost skříně	L1(R)
Netěsnost skříně (reál. jednotka)	L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
Termická izolace	T4(M)
Faktor tepelných mostů	TB3(M)
Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

SFP _{VAHU}	1149 W.m³.s
---------------------	-------------



Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

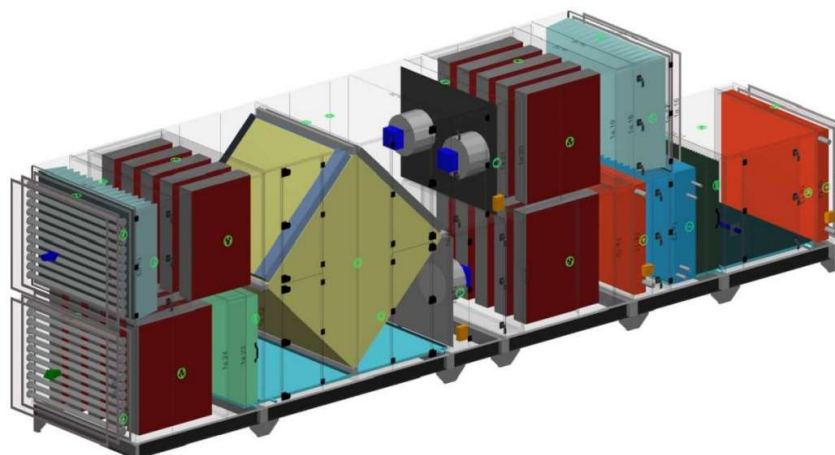
	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 16.1 °C	88 %, 19.5 kW	
Směšování	16.1 → 19.4 °C	%	
Ohřev1	14.4 → 21.0 °C	32.1 kW	70/50 °C, Voda, 0.8 kPa, 1.37 m³/h, 2 "
Ohřev2	12.0 → 15.0 °C	14.8 kW	70/50 °C, Voda, 0.2 kPa, 0.65 m³/h, 2 "
Chlazení	24.3 → 12.0 °C	69.5 kW	5 °C, Freon R410A (Mix), 7.1 kPa, 1672 kg/h
Vlhčení	21.0 → 21.0 °C	39 → 44 %	5.0 kg/h, 3.8 kW**

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

** Napájení a jištění zvlhčovače není řešeno z ŘJ VCS

Hlukové parametry zařízení

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	ΣLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo									
Přívod - sání	42	42	40	40	40	40	40	40	50
Přívod - výtlač	47	55	50	43	40	41	42	48	58
Přívod - okolí	48	53	55	51	51	50	48	40	60
Odvod - sání	47	53	47	40	40	40	40	47	56
Odvod - výtlač	40	46	40	40	40	40	40	40	51
Odvod - okolí	46	56	52	51	47	44	43	40	59



Obrázek 44 Axonometrický pohled na jednotku

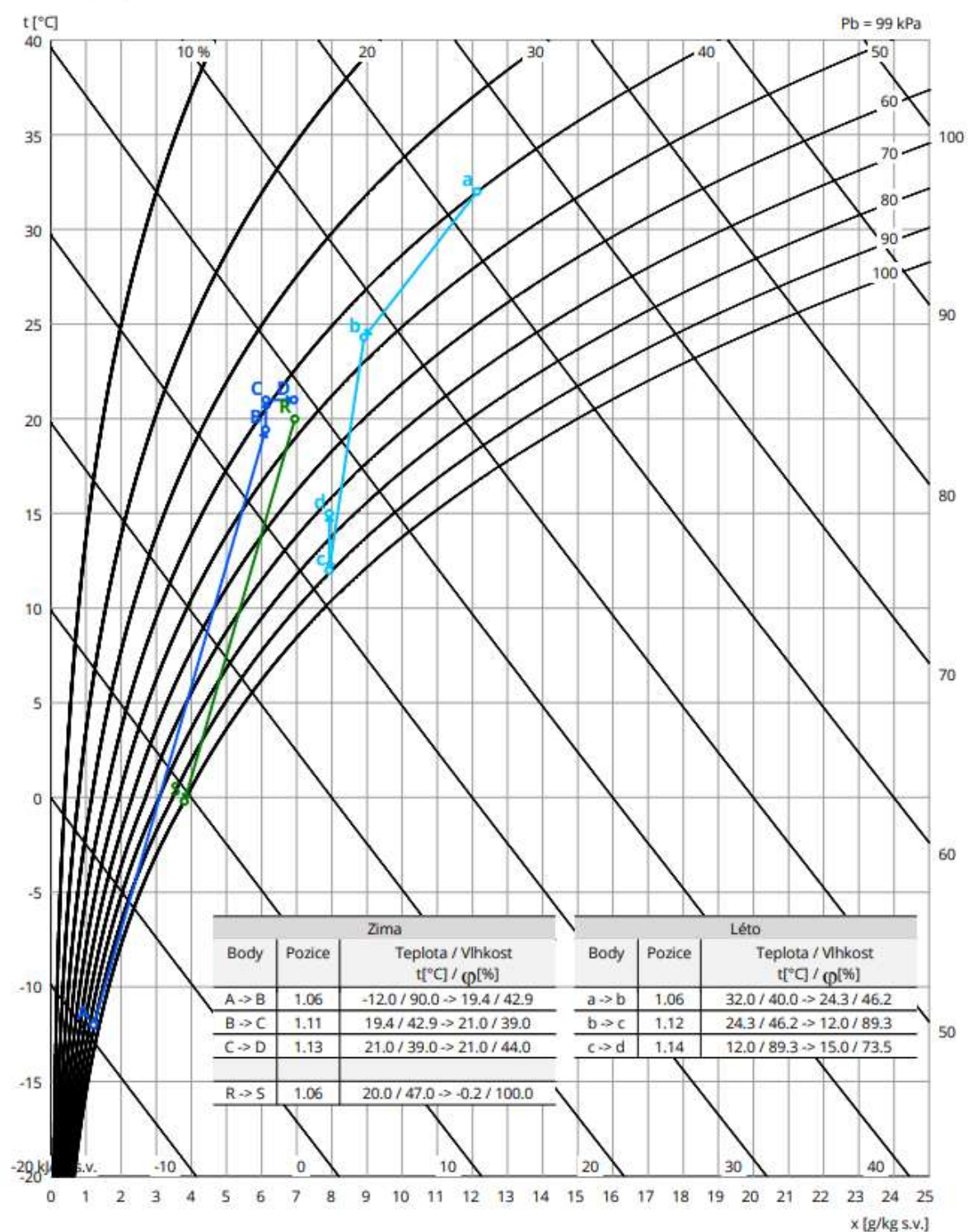
Jednotka splňuje nařízení Evropské komise č. 1253/2014, tj. splňuje Ekodesign.

Zařízení je ve shodě s požadavky ErP 2018: Ano

* **	Požadovaná informace	Požadavek ErP 2018	Hodnota	Vyhovuje ErP 2018
Název zařízení: 1 - VZT jednotka 14500m³/h				
x x	a) Název výrobce	info	REMAK	
x x	b) Identifikační značka modelu	info	AeroMaster XP 28	
x x	c) Deklarovaná typologie	info	NRVU / BVU ¹⁾	
x x	d) Typ pohonu	info a shoda typu	Vícerychlostní pohon ²⁾	Ano
x x	e) Typ systému zpětného získávání tepla	info a shoda typu	Jiný - PHE ³⁾	Ano
x	f) Tepelná účinnost systému ZZT	$\eta_{t, nrvu, min} = 73 \%$	$\eta_{t, nrvu} = 78.3 \%$	Ano
x x	g) Jmenovitý průtok větrací jednotky	info	$q_{nom} = 4.028 \text{ m}^3/\text{s}$	
x	h) Efektivní elektrický příkon	info	$P = 5.43 \text{ kW}$	
x	i) Vnitřní měrný příkon ventilátoru větracích součástí	$SFP_{int, limit} = 769 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$	$SFP_{int} = 212 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$	Ano
x	Přívodní ventilátor	bez požadavku	$SFP_{int, SUP, F} = 68 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$	
x	Odtahový ventilátor	bez požadavku	$SFP_{int, EHA, F} = 144 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$	
x x	j) Účinná nátoková rychlost při konstrukčním průtoku	info	$v = 2.10 \text{ m/s}$	
x x	k) Jmenovitý vnější tlak			
x x	Přívodní větev	info	$\Delta p_{e, ext, SUP} = 200 \text{ Pa}$	
x x	Odvodní větev	info	$\Delta p_{e, ext, EHA} = 140 \text{ Pa}$	
x	l) Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí			
x	Přívodní větev	info	$\Delta p_{e, int, SUP} = 35 \text{ Pa}$	
x	Odvodní větev	info	$\Delta p_{e, int, EHA} = 72 \text{ Pa}$	
x	m) Vnitřní tlaková ztráta jiných než větracích součástí			
x	Přívodní větev	info	$\Delta p_{e, add, SUP} = 261 \text{ Pa}$	
x	Odvodní větev	info	$\Delta p_{e, add, EHA} = 122 \text{ Pa}$	
x	n) Statická účinnost ventilátorů			
x	Přívodní větev	$\eta_{fan, min} = 0 \%$	$\eta_{fan, SUP} = 67 \%$	Ano
x	Odvodní větev	$\eta_{fan, min} = 0 \%$	$\eta_{fan, EHA} = 64 \%$	Ano
x x	o) Deklarovaná maximální netěsnost skříní			
x x	Vnější netěsnost (podtlak/přetlak)	info	0.80 / 0.61 %	
x x	Vnitřní netěsnost obousměrných jednotek	info	0.1 %	
x x	p) Energetická náročnost filtrů	info	E	
x x	q) Popis vizuálního upozornění na výměnu filtru	info	Snímač tlakové difference ⁴⁾	
x	r) Hladina akustického výkonu skříně			
x	Přívodní větev	info	$L_{WA, SUP} = 60 \text{ dB(A)}$	
x	Odvodní větev	info	$L_{WA, EHA} = 59 \text{ dB(A)}$	

1.06 Deskový rekuperátor	Přívod/Odvod	XPMK 28/BPW (SV - 170/AL - 157 Optim New)		
Kód	XPMK228Z50-L11P221SVJ0I2550		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	14500 / 14500 m ³ /h	Teplota / Vlhkost - Přívod		
Tlaková ztráta	21 / 21 Pa	Vstup	-12.0 °C / 90 %	32.0 °C / 40 %
Tlaková ztráta při standardní hustotě	21 / 21 Pa	Výstup	16.1 °C / 11 %	32.0 °C / 40 %
Rychlost v průřezu	0.3 / 0.3 m/s	Teplota / Vlhkost - Odvod		
Materiálové provedení kostky	V - Standard	Vstup	20.0 °C / 47 %	23.0 °C / 47 %
Typ	-	Výstup	-0.2 °C / 100 %	23.0 °C / 47 %
Rozteč lamel	6.3 mm	Účinnost	88 %	
Třída účinnosti / Účinnost (EN 13053)	H1 / 78 %	Suchá teplotní účinnost	78 %	
Množství kondenzátu	8.0 kg/h	Výkon	19.5 kW	

1.06 Směšování	Přívod	XPMIX 28		
Nominální průtok vzduchu	14500 m ³ /h		Zima	Léto
Tlaková ztráta	13 / - Pa	Teplota / Vlhkost		
		Vstup	16.1 °C / 11 %	32.0 °C / 40 %
		Výstup	19.4 °C / 43 %	24.3 °C / 46 %
		Průtok cirkul. vzduchu (ICH)	0 m ³ /h	0 m ³ /h
		Průtok cirkul. vzduchu	12300 m ³ /h	12300 m ³ /h



Obrázek 45 HX diagram – jednotka se směřováním

JEDNOTKA BEZ SMĚŠOVÁNÍ

Zařízení je ve shodě s požadavky ErP 2018: Ne

* **	Požadovaná informace	Požadavek ErP 2018	Hodnota	Vyhovuje ErP 2018
Název zařízení: 1a - VZT jednotka 14500m³/h bez směšování				
x x	a) Název výrobce	info	REMAK	
x x	b) Identifikační značka modelu	info	AeroMaster XP 28	
x x	c) Deklarovaná typologie	info	NRVU / BVU ¹⁾	
x x	d) Typ pohonu	info a shoda typu	Vícerychlostní pohon ²⁾	Ano
x x	e) Typ systému zpětného získávání tepla	info a shoda typu	Jiný - PHE ³⁾	Ano
x	f) Tepelná účinnost systému ZZT	$\eta_{t,nrvu, min.} = 73 \%$	$\eta_{t,nrvu} = 73.7 \%$	Ano
x x	g) Jmenovitý průtok větrací jednotky	info	$q_{nom} = 4.028 \text{ m}^3/\text{s}$	
x	h) Efektivní elektrický příkon	info	$P = 7.98 \text{ kW}$	
x	i) Vnitřní měrný příkon ventilátoru větracích součástí	$SFP_{int, limit} = 631 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$	$SFP_{int} = 797 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$	Ne
x	Přívodní ventilátor	bez požadavku	$SFP_{int, SUP, F} = 364 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$	
x	Odtahový ventilátor	bez požadavku	$SFP_{int, EHA, F} = 433 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$	
x x	j) Účinná nátoková rychlost při konstrukčním průtoku	info	$v = 2.10 \text{ m/s}$	
x	k) Jmenovitý vnější tlak			
x x	Přívodní větev	info	$\Delta p_{s, ext, SUP} = 200 \text{ Pa}$	
x x	Odvodní větev	info	$\Delta p_{s, ext, EHA} = 140 \text{ Pa}$	
x	l) Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí			
x	Přívodní větev	info	$\Delta p_{s, int, SUP} = 222 \text{ Pa}$	
x	Odvodní větev	info	$\Delta p_{s, int, EHA} = 265 \text{ Pa}$	
x	m) Vnitřní tlaková ztráta jiných než větracích součástí			
x	Přívodní větev	info	$\Delta p_{s, add, SUP} = 353 \text{ Pa}$	
x	Odvodní větev	info	$\Delta p_{s, add, EHA} = 135 \text{ Pa}$	
x	n) Statická účinnost ventilátorů			
x	Přívodní větev	$\eta_{fan, min} = 0 \%$	$\eta_{fan, SUP} = 70 \%$	Ano
x	Odvodní větev	$\eta_{fan, min} = 0 \%$	$\eta_{fan, EHA} = 68 \%$	Ano
x x	o) Deklarovaná maximální netěsnost skříní			
x x	Vnější netěsnost (podtlak/přetlak)	info	0.80 / 0.61 %	
x x	Vnitřní netěsnost obousměrných jednotek	info	0.1 %	
x x	p) Energetická náročnost filtrů	info	E	
x x	q) Popis vizuálního upozornění na výměnu filtru	info	Snímač tlakové difference ⁴⁾	
x	r) Hladina akustického výkonu skříně			
x	Přívodní větev	info	$LWA_{SUP} = 61 \text{ dB(A)}$	
x	Odvodní větev	info	$LWA_{EHA} = 60 \text{ dB(A)}$	

Shodná jednotka bez směšování vzduchu vykazuje velkou energetickou náročnost a nesplňuje tak Ecodesign.

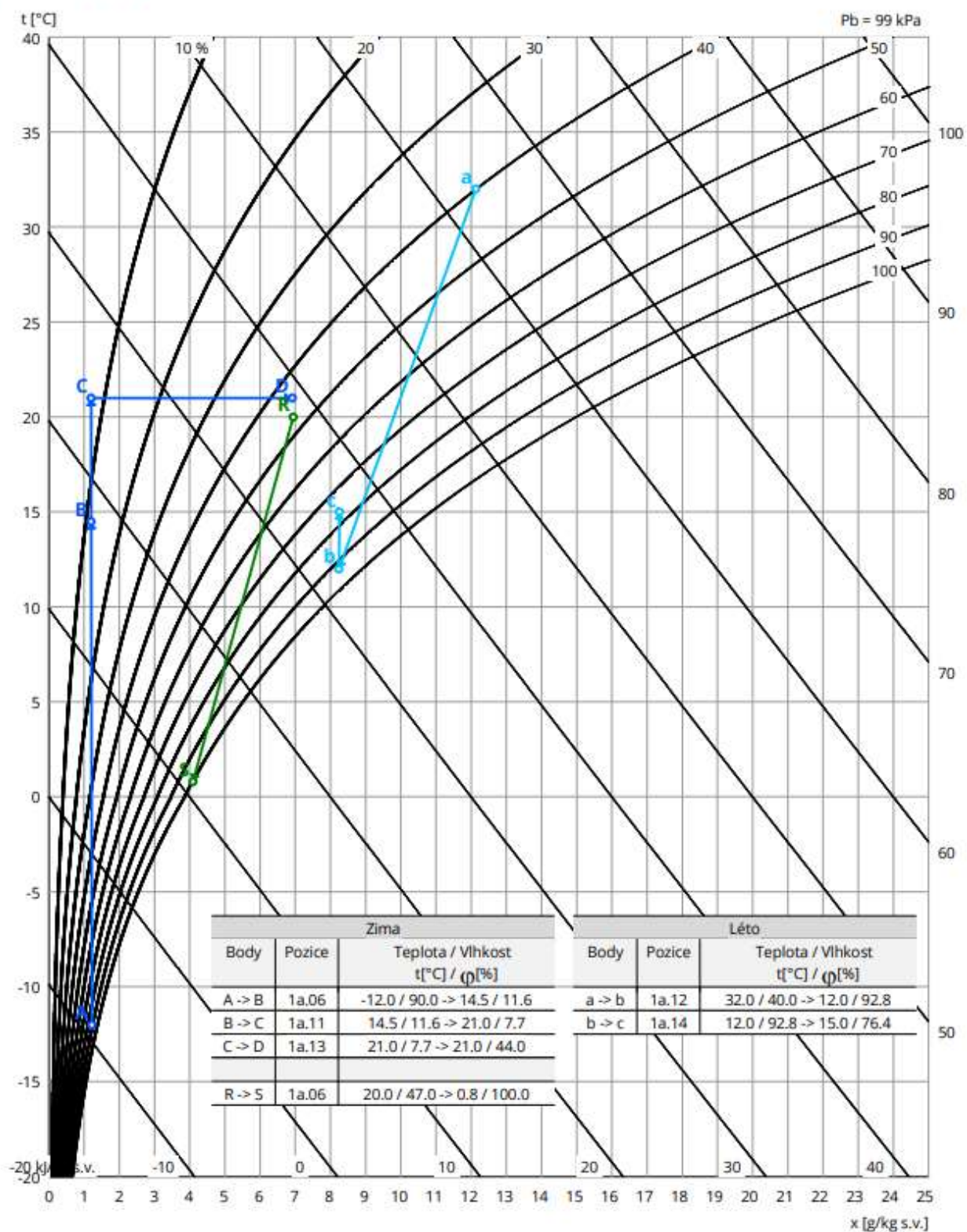
POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI JEDNOTKY BEZ A SE SMĚŠOVÁNÍM VZDUCHU

Tabulka 10 Posouzení energetické náročnosti VZT jednotek

	Potřebný výkon <i>bez směšování</i>	Potřebný výkon <i>se směšováním</i>	Úspora energie <i>se směšováním</i>
LÉTO	135,8 kW	69,5 kW	48,8 %
ZIMA	57,2 kW	32,1 kW	43,9 %

Směšování vzduchu zajistí úsporu energie v létě 48,8 % a v zimě 43,9 %.

Pozn.: Pro léto je uvažován potřebný výkon přímého výparníku a pro zimu výkon vodního ohřívače.



Obrázek 46 HX diagram – jednotka bez směšování

2.11 NÁVRH VZDUCHOVÉ CLONY

Při vstupu do autosalonu se nachází posuvné dveře, kterými proudí do místnosti velké množství neupraveného vzduchu. Tyto dveře se v prodejních prostorech velmi často otevírají. Vzduchová dvevní clona odděluje vzduchovou bariérou vnitřní a venkovní prostředí a eliminuje tak nežádoucí tepelnou zátěž z exteriéru. Pro dimenzaci vzduchové clony byl použit návrhový program od firmy Stavoklima s.r.o. U výpočtu se odhaduje, že budou dveře otevřené jednu osminu času z celkové provozní doby.

Rozměr otvoru: $b \times h = 1,8 \times 2,1 \text{ m}$

Výpočet hustoty vzduchu:

$$\rho = \frac{1,276}{1 + 0,00366 \cdot t}$$

kde

ρ hustota vzduchu [kg / m³]

t teplota vzduchu [°C]

Hustota vzduchu v interiéru v letním období:

$$\rho_{i,L} = \frac{1,276}{1 + 0,00366 \cdot 23} = 1,177 \text{ kg / m}^3$$

Hustota vzduchu v interiéru v zimním období:

$$\rho_{i,Z} = \frac{1,276}{1 + 0,00366 \cdot 20} = 1,189 \text{ kg / m}^3$$

Hustota vzduchu v exteriéru v letním období:

$$\rho_{e,L} = \frac{1,276}{1 + 0,00366 \cdot 32} = 1,142 \text{ kg / m}^3$$

Hustota vzduchu v exteriéru v zimním období:

$$\rho_{e,Z} = \frac{1,276}{1 + 0,00366 \cdot (-12)} = 1,335 \text{ kg / m}^3$$

Určení průtoku vzduchu přes otevřené dveře:

$$V = \mu \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \rho_i \cdot \rho_e \cdot h^3 \cdot (\rho_e - \rho_i)}{(\sqrt[3]{\rho_i} + \sqrt[3]{\rho_e})}}$$

kde

V průtok vzduchu přes otevřené dveře [m³/h]

μ výtokový součinitel [-]

g gravitační zrychlení [m/s²]

b	šířka stavebního otvoru	[m]
h	výška otvoru	[m]

Průtok vzduchu přes otevřené dveře v zimě:

$$V_Z = 0,64 \cdot 1,8 \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 1,189 \cdot 1,335 \cdot 2,1^3 \cdot (1,335 - 1,189)}{(\sqrt[3]{1,189} + \sqrt[3]{1,335})}} = 3,391$$

$$V_Z = 3,391 \text{ m}^3/\text{s} = 12\,205 \text{ m}^3/\text{hod}$$

$$V_{\text{ODHAD}} = \frac{1}{8} \cdot 12\,205 = 1525 \text{ m}^3/\text{hod}$$

Průtok vzduchu přes otevřené dveře v létě:

$$V_L = 0,64 \cdot 1,8 \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 1,177 \cdot 1,142 \cdot 2,1^3 \cdot (1,177 - 1,142)}{(\sqrt[3]{1,177} + \sqrt[3]{1,142})}} = 1,549$$

$$V_L = 1,549 \text{ m}^3/\text{s} = 5\,577 \text{ m}^3/\text{hod}$$

$$V_{\text{ODHAD}} = \frac{1}{8} \cdot 5577 = 698 \text{ m}^3/\text{hod}$$

Návrh vzduchové clony ve výpočtovém programu STAVOKLIMA, RATUS II v 2.1.1.0

Zařízení

Vzduchová dveřní clona THCP-200-4-Li0N EC

samonosná konstrukce z pozinkovaného plechu lakovaná barvou RAL 7047 (na přání lze jakákoliv barva RAL ze vzorkovníku), oblá lakovaná čelní plocha s možností umístění statické reklamy, EC radiální ventilátory staticky a dynamicky vyvážené, motor s vestavěnou tepelnou ochranou – termokontaktem, směrovatelné lamely, provedení výměníku z Cu-Al pro 1,6 Mpa/90°C, vzduchový vložkový filtr EU 3 – snadno vyjímatelný a omyvatelný.

Zadání

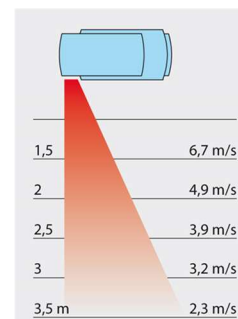
Provedení: **komfortní**

Typ umístění: **horizontální**

Délka clony: **2060 mm**

Ohřev: **teplovodní**

Prostředí: **základní**



Technická data

	MIN	MID	MAX	
Vzduch. výkon:	1262	2525	3825	m ³ /h
Maximální výkon:	11.53	17.77	22.63	kW
Topné médium:	70 / 50			°C
Maximální teplota média:	90			°C
Teplota sání vzduchu:	20			°C
Výstupní teplota:	46.9	40.8	37.4	°C
Tlaková ztráta výměníku:	2.04	4.44	6.86	kPa
Tlaková ztráta ventilu:	-			kPa
Průtok:	0.14	0.21	0.27	l/s
Připojení UT	pravé (standardní)			
Připojovací rozměr:	20			DN
Provedení motoru:	EC			
Ventilátory napětí:	230			V
Ventilátory příkon:	0,66			kW
Ventilátory proud:	4,8			A
Elektrické krytí:	IP20			
Hlučnost Lp(A) 3m od jednotky:	-	-	62	dB(A)
Hmotnost:	90			kg
Povrchová úprava:	RAL7043 - Dopravní šedá B			
Barevné provedení nástavců jednotky	RAL7043 - Dopravní šedá B			
Rozměry délka/hloubka/výška:	2060 / 730 / 330			mm

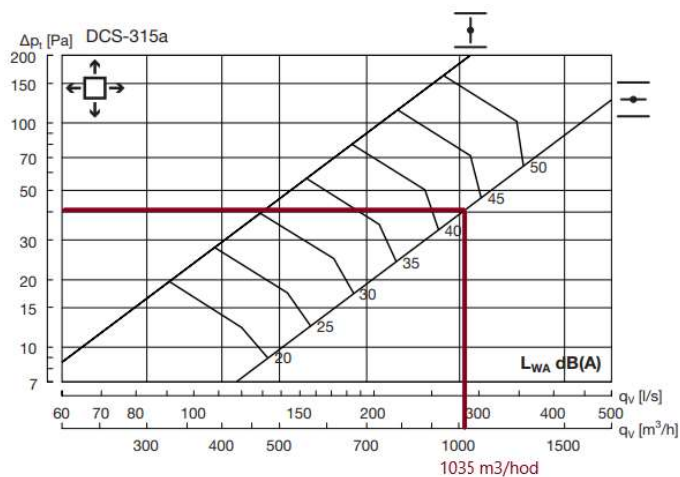
2.12 ÚTLUM HLUKU

Dle nařízení vlády č. 217/2016 Sb., kterými se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací je pro prodejní prostory max. hladina akustického tlaku 45 dB. Hluk vycházející ze zařízení nesmí v denní dobu ovlivňovat okolní budovy vyšší hodnotou akustického tlaku než 50 dB. Pro noc je stanovena maximální hodnota hladiny akustického tlaku 40 dB. V návrhu neuvažuji chod jednotky v noční době.

Zdrojem hluku jsou ventilátory ve VZT jednotce. Jednotka má umístěné v každé větvi tlumiče hluku před i za ventilátorem. Tím je utlumen hluk, který by se mohl šířit jak do obsluhované místnosti, tak do venkovního prostředí. V přívodní větvi je tlumič hluku umístěn hned za deskovým výměníkem. Pokud by se stala havárie v komoře zvlhčovače vzduchu, mohl by tlumič umístěný až za ním navlhnout a znehodnotit se.

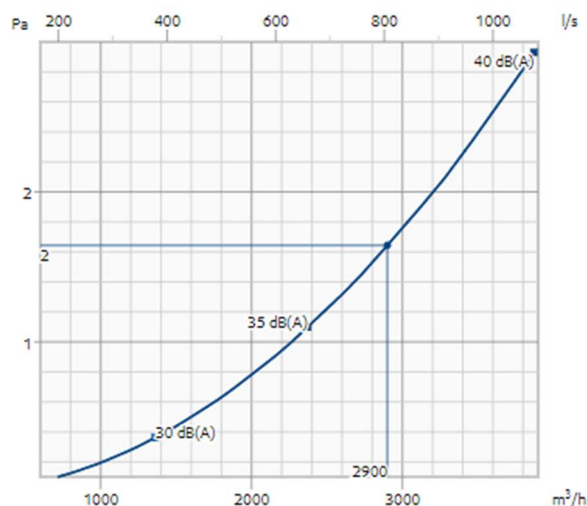
Tabulka 11 Hlukové parametry zařízení

Hlukové parametry zařízení		L _{WA} okt [dB(A)]							ΣL _{WA} [dB(A)]
Oktávové pásmo		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Přívod - sání		42	42	40	40	40	40	40	40
Přívod - výtlak		47	55	50	43	40	41	42	48
Přívod - okolí		48	53	55	51	51	50	48	40
Odvod - sání		47	53	47	40	40	40	40	47
Odvod - výtlak		40	46	40	40	40	40	40	40
Odvod - okolí		46	56	52	51	47	44	43	40



Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
K _{ok}	9	6	1	-2	-6	-13	-16	-16

Obrázek 49 Tlaková ztráta a hladina akustického tlaku přívodního prvku



Obrázek 50 Tlaková ztráta a hladina akustického tlaku odvodního prvku

Tabulka 12 Útlum hluku – přívodní potrubí

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										PŘÍVOD
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet
L _{vv}	Hluk ventilátoru											
L _{vv}	Přívod - výtlak	0	47	55	50	43	40	41	42	48	58	Dle výrobce (Remak)
K _a	Regulační klapka kruhová	0	32	28	22	18	15	13	10	7	34	poklady výrobce
L _{vv}	součet	3	47	55	50	43	40	41	42	48	58	
D _p	Přirozený útlum											
	Rovné potrubí	zanedbáno z důvodu bezpečnosti výpočtu										
	Oblouky											
	Odbočka k vyústce	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48		Dle vzorce
	Útlum koncovým odrazem	16	11	6	3	1	0	0	0	0		Dle vzorce
	útlum - sonoflex	3,15	5,25	9,45	12,25	10,15	7,7	5,6	7,35	4,2		Dle výrobce (Elektrodesign)
L _{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	26	35	30	27	28	31	30	39	42	
L _{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky										43	pohledový difuzér Lindab
K	Korekce na počet vyústek							počet vyústek		14	11	
L _s	Hladina akustického výkonu všech vyústek										57	
Q	směrový činitel										1	volně v prostoru
r	vzdálenost od vyústky k posluchači										2,45	
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m2)					1769	pohltivost (-)		0,1	177	
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										42	
L _{pA}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										45	VYHOVUJE

Tabulka 13 Útlum hluku – odvodní potrubí

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										ODVOD
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet
L _w	Hluk ventilátoru											
L _w	Odvod - sání	0	47	53	47	40	40	40	40	47	56	Dle výrobce (Remak)
K _a	Regulační klapka kruhová	0	32	28	22	18	15	13	10	7	34	poklady výrobce
L _w	součet	3	47	53	47	40	40	40	40	47	56	
D _p	Přirozený útlum											
	Rovné potrubí	zanedbáno z důvodu bezpečnosti výpočtu										
	Oblouky											
	Odbočka k výústce	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48		Dle vzorce
	Útlum koncovým odrazem	18	12	7	3	0	0	0	0	0		Dle vzorce
L _{v1}	Hladina akustického výkonu ve výústce	0	31	42	40	36	36	36	36	43	48	
L _{vy}	Hladina akustického výkonu výústky										37	mřížka NOVA, Systemair
K	Korekce na počet výústek							počet výústek:	4	6		
L _s	Hladina akustického výkonu všech výústek										54	
Q	směrový činitel										2	
r	vzdálenost od výústky k posluchači										2	
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m2)					1769	pohltivost (-)		0,1	177	
L _{s0}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										42	
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										45	VYHOVUJE

Součet hladiny akustického tlaku přírodního a odvodního potrubí:

$$L_{CELK} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 42} + 10^{0,1 \cdot 42}) = 45 \text{ dB} \leq 45 \text{ dB}$$

VYHOVUJE

Tabulka 14 Útlum hluku – sací potrubí

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO EXTERIÉRU	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										SÁNÍ
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet
L _{vv}	Hluk ventilátoru											
L _{vv}	Přívod - sání	0	42	42	40	40	40	40	40	40	50	Dle výrobce (Remak)
L _{vv}	součet	0	42	42	40	40	40	40	40	40	50	
D _p	Přirozený útlum											
	Rovné potrubí	zanedbáno z důvodu bezpečnosti výpočtu										
	Oblouky											
	Útlum koncovým odrazem	6	3	2	1	0	0	0	0	0		Dle vzorce
L _{v1}	Hladina akustického výkonu v žaluzii	0	39	40	39	40	40	40	40	40	50	
L _{vy}	Hladina akustického výkonu výústky										60	protidešťová žaluzie
K	Korekce na počet výústek							počet výústek:	1	0		
L _s	Hladina akustického výkonu všech výústek										60	
Q	směrový činitel										2	
r	vzdálenost od žaluzie k sousední budově										6	
L _{s0}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										37	
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50	VYHOVUJE

Tabulka 15 Útlum hluku – výtlačné potrubí

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO EXTERIÉRU	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										VÝTLAK
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet
L _w	Hluk ventilátoru											
L _w	Odvod - výtlač	0	40	46	40	40	40	40	40	40	51	Dle výrobce (Remak)
L _w	součet	0	40	46	40	40	40	40	40	40	51	
D _p	Přirozený útlum											
	Rovné potrubí	zanedbáno z důvodu bezpečnosti výpočtu										
	Oblouky											
	Útlum koncovým odrazem	6	3	2	1	0	0	0	0	0		Dle vzorce
L _{v1}	Hladina akustického výkonu v žaluzii	0	37	44	39	40	40	40	40	40	51	
L _y	Hladina akustického výkonu výústky										60	protidešťová žaluzie
K	Korekce na počet výústek							počet výústek:	1	0		
L _s	Hladina akustického výkonu všech výústek										61	
Q	směrový činitel										1	
r	vzdálenost od žaluzie k sousední budově										8	
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										31	
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50	VYHOVUJE

2.13 IZOLACE POTRUBÍ

Čtyřhranné potrubí je třeba opatřit tepelnou izolací pro minimalizaci tepelných ztrát či zisků v potrubí a zamezení kondenzace vodní páry. Přívodní potrubí v interiéru bude izolováno tvrzenou tepelnou izolací tl. 40 mm. Sací potrubí a výtlačné potrubí bude tl. 60 mm. Výtlačné potrubí nad střechou bude zároveň opatřeno oplechováním.

Posouzení tloušťky izolace s možností vzniku námrazy či kondenzace bylo provedeno v software Teruna.

Tabulka 16 Výpočet tloušťky izolace potrubí

Vstupní údaje

	teplota [°C]	RH [%]
LÉTO		
strojovna	25	60
showroom	23	47
exteriér	32	40
ZIMA		
strojovna	22	40
showroom	20	47
exteriér	-12	90

λ [W/mK]	0,04
v [m³/h]	14500

Výstupní údaje

Popis potrubí	Umístění potrubí	t_{po} [°C]	t_{ro} [°C]	t_{pv} [°C]	t_{rv} [°C]	tl [mm]	optimální tl. [mm]
Sací potrubí – léto	vnitřní s pohybem	25,46	16,7	31,7	16,7	60	45
Sací potrubí – zima	vnitřní s pohybem	19,75	7,79	-10,57	-13,16	60	20
Přívod-interiér-léto	vnitřní s pohybem	23,25	16,7	15,39	3,8	40	35
Přívod-interiér-zima	vnitřní s pohybem	21,91	7,79	21,06	9,27	40	40
Výtlačné potrubí – léto	venkovní	31,41	16,7	23,38	11,09	60	40
Výtlačné potrubí – zima	venkovní	-12,14	-13,16	19,6	9,27	60	40
Výtlačné potrubí – léto	vnitřní s pohybem	24,87	16,7	23,08	11,09	60	40
Výtlačné potrubí – zima	vnitřní s pohybem	21,93	7,79	21,04	9,27	60	40

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: sací potrubí léto

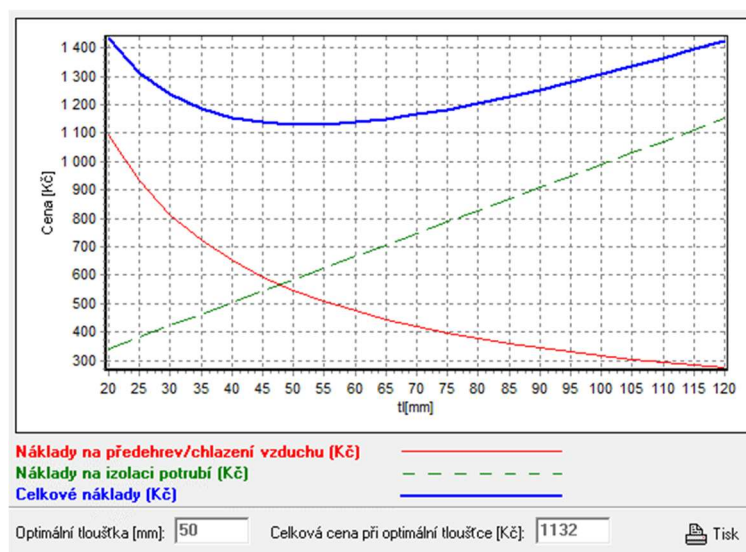
Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalizace tloušťky izolace - graf Tisk OK

t_{ol} [°C] = 25
 RH_{ol} [%] = 60
 a [mm] = 1120
 b [mm] = 630
 D [mm] = 0
☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

t_{vst} [°C] = 32
 RH_{vst} [%] = 40
 t_{po} [°C] = 25,46
 t_{ro} [°C] = 16,7
 t_{pv} [°C] = 31,7
 t_{rv} [°C] = 16,7
 l [mm] = 60

Délka [mm] = 1000
 Průtok vzduchu [m³/h] = 14500
 Tepelná vodivost izolace [W/mK] = 0,04
 Potrubí je situováno v prostředí:
☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W] = -17,75

Obrázek 51 Ukázka návrhu tloušťky izolace



Obrázek 52 Optimální tloušťka izolace

2.14 TECHNICKÁ ZPRÁVA

2.14.1 ÚVOD

Předmětem této projektové dokumentace pro stavební povolení je návrh klimatizace showroomu autosalonu s udržení konstantní vlhkosti po celý rok. Návrh zajišťuje, aby byly splněny předepsané hodnoty hygienických výměn vzduchu a pohody prostředí ve vybraných místnostech objektu. Technická zpráva doplňuje výkresy o potřebné údaje, které se ve výkresech neuvádějí. Při montáži je nutné zohlednit jak údaje v technické zprávě, tak výkresy.

2.14.2 PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ

Podkladem pro zpracování byla projektová dokumentace stavební části ve stupni pro povolení stavby a následující vyhlášky, české normy a podklady výrobců jednotlivých zařízení:

- ČSN 730540-1 Tepelná ochrana budov – část 1: Terminologie ČSN 730540-2
- Tepelná ochrana budov – část 2: Požadavky ČSN 730540-3
- Tepelná ochrana budov – část 3: Návrhové hodnoty veličin ČSN 730548
- Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN EN 1505 Větrání budov – Kovové plechové potrubí a armatury pravoúhlého průřezu – rozměry
- ČSN EN 1507 Větrání budov – Kovové plechové potrubí pravoúhlého průřezu – požadavky na pevnost a těsnost
- ČSN 12 7010/Z1 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení (1996)
- Nařízení vlády č. 217/2016 Sb., kterými se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytočných místností některých staveb
- Návrhový software Teruna
- Remak a.s. – podklady výrobce, návrhový program AeroCAD
- Lindab, s.r.o. – podklady výrobce, návrhový software Indore Climate Designer
- Elektrodesign Ventilátory spol. s.r.o – podklady výrobce
- Systemair, a.s. – podklady výrobce

2.14.3 VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ

• Místo	Brno
• Nadmořská výška	237 m.n.m.
• Normální tlak vzduchu	99 kPa
• Výpočtová teplota vzduchu	léto: +32 °C, zima: -12 °C
• Entalpie	léto: 62,8 kJ/kg s.v.

2.14.4 VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Výsledná teplota v prostorách showroomu je uvažována v letním období 23 °C a v zimním období 20°C. Relativní vlhkost vzduchu bude z důvodu charakteru prostředí, kde jsou umístěni veteráni, udržována na konstantní hodnotě 47 % po celý rok. Hladina akustické tlaku může nabývat v prodejních prostorech maximálně 45 dB. Maximální hodnota v exteriéru může nabývat přes den max. 50 dB a v noci max. 40 dB.

2.14.5 ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Předmětem projektové dokumentace je návrh vzduchotechnického zařízení prostoru autosalonu v Brně. Řešenou částí je showroom autosalonu, kde budou k prodeji umístěni veteráni. Pro veterány musí být zajištěna ideální relativní vlhkosti mezi 45-50 %. Nižší hodnoty by mohly způsobit křehnutí kůže a praskání plastů. Naopak vysoká relativní vlhkost by způsobila korozi materiálů, tvorbu plísní a zatuchlý zápach. Uvažuje se, že bude v showroomu 10 automobilů a 10 lidí (personál a návštěvníci).

Řešená část autosalonu má obdélníkový půdorys a prosklenou fasádu ze 3 stran. Střecha je kopulovitého tvaru. Ve vrcholu je dlouhý světlík zajišťující prosvětlení prostoru. Prosklené plochy vykazují v letním období velké tepelné zisky, a proto je nutné použití stínících prvků. Z důvodu charakteru prostoru není možné takové stínění, které by zabraňovalo nahlédnutí do místnosti z exteriéru. Byly proto navrženy horizontální slunolamy, které jsou tvořeny střešní konstrukcí prodlouženou o 1 metr za obvodovou zdí.

Strojovna vzduchotechniky je umístěna v sousedící místnosti a splňuje velikost podlahové plochy vzhledem k obsluhovanému prostoru. VZT jednotka zajišťuje jednostupňovou filtraci čerstvého vzduchu, útlum hluku pro interiér i exteriér, rekuperaci pomocí deskového výměníku s kříženým prouděním vzduchu, směšování vzduchu, ohřev, chlazení, vlhčení i odvlhčování vzduchu. Jednotka splňuje požadavky na Ecodesign. Jednotka je navržena ve vnitřním provedení. Sání vzduchu bude pomocí žaluziové klapky umístěné na fasádě. Výtlačné potrubí bude zakončeno nad střešní konstrukcí. Sání a výtlač budou situovány tak, aby nedošlo k zpětnému nasátí znehodnoceného odvodního vzduchu. Součástí VZT jednotky bude základový rám, sifony pro odvod kondenzátů a tlumící manžety.

Pro distribuci filtrovaného, tepelně a vlhkostně upraveného vzduchu a pro odvod znehodnoceného vzduchu bude navrženo čtyřhranné potrubí z pozinkovaného ocelového plechu. Koncové elementy budou připojeny pomocí kruhového, ohebného, zvukově izolačního SPIRO potrubí. Jako koncové elementy budou použity na přívodním potrubí pohledové

difuzory DCS od firmy Lindab o průměru 680 mm. Každý přívodní prvek bude zaregulován na průtok vzduchu 1035 m³/h. Jako koncové prvky na odvodním potrubí budou instalovány stěnové mřížky NOVA - A včetně regulace od firmy Systemair. Průtok každého odvodního prvku bude zaregulován na 2900 m³/h.

Na odbočkách čtyřhranného potrubí k distribučním prvkům budou osazeny regulační klapky, které slouží k regulaci průtoku vzduchu. Je uvažován rovnotlaký systém klimatizace.

Nad vstupními dveřmi bude instalována vzduchová dveřní clona THCP-200-4-LiON EC od firmy Stavoklima, která pokryje nežádoucí tepelnou zátěž. Clona bude instalována horizontálně s připojením ELE a ÚT.

2.14.6 HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

Hygienické větrání je navrženo tak, aby splňovalo hygienické minimum ve smyslu obecně závazných předpisů. Zařízení bude vytápěno i chlazeno, vlhčeno i odvlhčováno pomocí VZT jednotky.

Uvažovaná dávka čerstvého vzduchu:

Zařízení č.1 2200 m³/h

2.14.7 ENERGETICKÉ ZDROJE

2.14.7.1 ELEKTRICKÁ ENERGIE

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů VZT jednotek a vzduchové clony.

2.14.7.2 TEPELNÁ ENERGIE

K ohřevu vody v tepelném výměníku VZT jednotky a vzduchové dveřní clony bude sloužit topná voda, která má teplotní spád 70/50 °C. K chlazení vody bude sloužit studená voda teplotního spádu 7/13 °C. Rozvody topné a studené vody zajistí profese ÚT a chlazení.

2.14.8 POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Zařízení č. 1 obsluhuje místnost showroomu. Pro toto zařízení byla navržena vzduchotechnická jednotka Remak AeroMaster XP 28. VZT jednotka přivádí upravený vzduch do rovnotlakého systému, množství přiváděného i odváděného vzduchu je 14500 m³. Zařízení pracuje s 15 % čerstvého vzduchu, zbylá část bude cirkulovat. Motory ventilátoru jsou řízené frekvenčními měniči (měniče – dodávka MaR). Regulace potřebného množství vzduchu proběhne pomocí tzv. Prandtlovi trubice, kterou zajistí profese VZT.

Navržená VZT jednotka bude umístěna ve strojovně VZT. Součástí vybavení jednotky budou tlumící manžety, zápachové uzávěry pro odvod kondenzátu na rekuperátoru a zvlhčovači jednotky. Jednotka bude v provedení s rámem na nožičkách. Ty budou podloženy rýhovanou gumou. Jednotka zajišťuje jednostupňovou filtraci M5 venkovního vzduchu (ISO Coarse 80), útlum hluku kulisovými tlumiči, které jsou tvořeny profilovaným rámem z pozinkovaného

plechu a absorpční výplní z nehořlavého zvukoizolačního materiálu, dále rekuperaci vzduchu pomocí protiproudého deskového rekuperátoru, v zimě zajišťuje ohřev vzduchu pomocí vodního ohřívače (spád 70/50 °C), v létě chlazení vzduchu pomocí vodního chladiče, který má v dolním panelu integrovanou nerezovou vanu s trubicí zakončenou šroubením pro odvod kondenzátu (spád 7/13 °C). Jako chladivo bude použito R410a. VZT jednotka také upravuje vzduch pomocí elektrodového parního zvlhčovače, který obsahuje soupravu pro odvod kondenzátu. V zimním období bude vzduch řízeně odvlhčován pomocí podchlazení vzduchu v chladiči, čímž se výrazně sníží vlhkost vzduchu a následným ohřevem. Z tohoto důvodu jsou v jednotce umístěny dva teplovodní ohřívače vzduchu. Na přívodu i odvodu jsou osazeny tlumící vložky. Z důvodu zamezení šíření hluku od ventilátorů s volně oběžným kolem a přímým pohonem jsou součástí jednotky 4 tlumiče hluku (v každé větvi před a za ventilátorem).

Distribuce vzduchu bude řešena čtyřhranným potrubím třídy těsnosti D, které v přívodní větvi přechází v ohebné kruhové potrubí SONOFLEX. Přívodní potrubí prostupuje v určitých místech ocelovými příhradovými vazníky, větší část je umístěna ve volném prostoru. Bude instalováno na závěsných tyčích. Odvodní potrubí je umístěno v podhledu pod balkonem.

Přívodní potrubí bude zaizolováno tvrzenou tepelnou izolací, a to v interiéru tl. 40 mm, výtláčné a sací potrubí bude mít tl. 60 mm. Výtláčné potrubí nad střechou bude opatřeno oplechováním. Izolace zamezí při vyšších teplotách kondenzaci vodní páry, zajišťuje z části přirozený útlum hluku a je odolná proti požáru.

V místě prostupu čtyřhranného potrubí nosnou zdí, kde je rozhraní dvou požárních úseků, budou osazeny požární klapky, které budou utěsněny certifikovanou požární ucpávkou a tmelem.

Množství přiváděného vzduchu je nad hranicí hygienického minima. V letním období bude přiváděn vzduch o teplotě 15 °C, který zajistí výslednou teplotu vzduchu 23 °C a pokryje tak tepelnou zátěž. V zimním období je navržen přívod vzduchu o teplotě 21 °C, který pokryje tepelné ztráty a prostor dosáhne teploty 20 °C.

Regulaci systému rovnotlaké klimatizace zajistí profese MaR. Do odvodního potrubí bude profesí MaR umístěno teplotní a vlhkostní čidlo z důvodu ověřování správné teploty a vlhkosti v prostorech.

Transport VZT jednotky do strojovny bude proveden exteriérovými dveřmi po jednotlivých dílech.

2.14.9 NÁROKY NA ENERGII

Je nutné zabezpečit elektrickou energii, která bude pohánět elektromotory ventilátorů, regulačních klapek, požárních klapek a vzduchovou dveřní clonu.

2.14.10 MĚŘENÍ, REGULACE A PROTIMRAZOVÁ OCHRANA

Koncept VZT jednotek neobsahuje vlastní prvky měření a regulace ani protimrazovou ochranu. Navržené vzduchotechnické jednotky budou řízené a regulované pomocí MaR:

- Řízení chodu ventilátorů
- Regulace teploty vzduchu pomocí řízení výkonu teplovodního ohřívače směřováním v zimním období
- Regulace teploty vzduchu pomocí řízení výkonu vodního chladiče v letním období
- Řízení výměny vzduchu pomocí čidel teplotních, vlhkostních a čidel na koncentraci oxidu uhličitého ve vzduchu
- Řízení uzavíracích klapek na jednotce pomocí servopohonu
- Řízení protipožárních klapek pomocí servopohonu
- Regulace účinnosti deskového výměníku
- Signalizace správného chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- Regulace cirkulační klapky řídící směšovací poměr na obtoku deskového výměníku
- Protimrazová ochrana teplovodního výměníku – měření na straně vody i vzduchu
- Signalizace znečištění filtrů
- Signalizace závady
- Kontrola signalizace chodu, poruchy a zapnutí a vypnutí zdroje chladu
- Dálkový dohled VZT jednotky
- Osazení čidel teploty a vlhkosti vzduchu na VZT systémech podle požadavku

2.14.11 NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE

Stavební úpravy

- Otvory pro prostupy vzduchovodů včetně zapravení a odklizení sutě
- Zřízení SDK podhledu pod balkonem
- Zřízení revizních otvorů v nerozebíratelných částech podhledu umožňující dostupnost k distribučním prvkům a regulačním klapkám
- Dotěsnění a oplechování prostupů střešní konstrukcí
- Zhotovení základového rámu pro položení VZT jednotky
- Vysekání otvoru ve fasádě pro osazení žaluziové klapky pro napojení sacího potrubí

Sílnoproud

- Připojení vzduchotechnické jednotky na elektrickou energii
- Připojení vzduchové dveřní clony na elektrickou energii
- Silové napojení rozvaděče MaR
- Silové napojení elektroodových parních vyvíječů

ZTI

- Umístění podlahových vpustí ve strojovně VZT a napojení na odpadní potrubí přes zápachovou uzávěrku

ÚT

- Ohříváč centrální VZT jednotky bude připojen na topnou vodu, včetně příslušného směšovacího okruhu, spád 70/50 °C
- Ohříváč vzduchové dveřní clony bude připojen na topnou vodu, spád 70/50 °C

2.14.12 PROTIHLUKOVÁ A PROTITŘESOVÁ OPATŘENÍ

Součástí VZT jednotky jsou také tlumiče hluku, které tlumí ventilátory z obou stran. Není nutné osazovat další tlumiče hluku do potrubí. Za účelem zamezení přenosu vibrací do stavebních konstrukcí budou veškeré točivé stroje (ventilátory, jednotky) podloženy rýhovanou gumou. Všechny vzduchovody budou napojeny na ventilátory přes tlumící vložky nebo SONOFLEX. Rám vzduchotechnické jednotky bude umístěn na gumových podložkách. Potrubí bude na závěsech podloženo tlumící gumou. Vzduchotechnické jednotky jsou opatřeny tlumící vložkami v místě napojení vzduchovodů. Prostupy stavebními konstrukcemi budou oplechovány a dotěsněny izolací.

2.14.13 IZOLACE A NÁTĚRY

Veškeré přívodní čtyřhranné potrubí bude v interiéru opatřeno tepelnou izolací tloušťky 40 mm. Sací přívodní a výtlačné odvodní potrubí bude opatřeno tepelnou izolací tl. 60 mm. Potrubí bude na prostupu střešní konstrukcí opatřeno protipožární izolací. Potrubí nad střešní konstrukcí bude opatřeno tepelnou izolací tl. 60 mm a bude oplechováno.

Tvrzená izolace zajistí, aby nedošlo ke kondenzaci vodních par, omezí ztráty tepla v zimním období a chladu v letním období a zredukuje šíření hluku do okolního prostředí. Nátěry vzduchovodů nejsou uvažovány.

Bude použita tvrzená, nenasákavá tepelná izolace o tloušťce 40 mm se součinitelem tepelné vodivosti 0,04 W/m²K. Materiál tvrzené izolace zabrání zmenšení tloušťky izolace při montáži. Nenasákavost izolace zajistí hydrofobizovaný materiál.

2.14.14 PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ

Vzduchovody procházející vnitřní nosnou zdí, kde je rozhraní dvou požárních úseků, budou osazeny protipožárními klapkami, které budou utěsněny certifikovanou požární ucpávkou a tmelem. Protipožární klapky budou se servopohonem BF24-TN, s optickým hlásičem kouře ORS 142 K a napájecí jednotkou BKN 230-24-MOD (napětí sestavy AC 230 V). Při detekci kouře bude klapka automaticky uzavřena a vzduchotechnická jednotka bude vypnuta. Protipožární klapka musí obsahovat údajový štítek. Ke klapkám bude zajištěn servisní přístup. Potrubí bude v místě prostupu izolováno protipožární izolací.

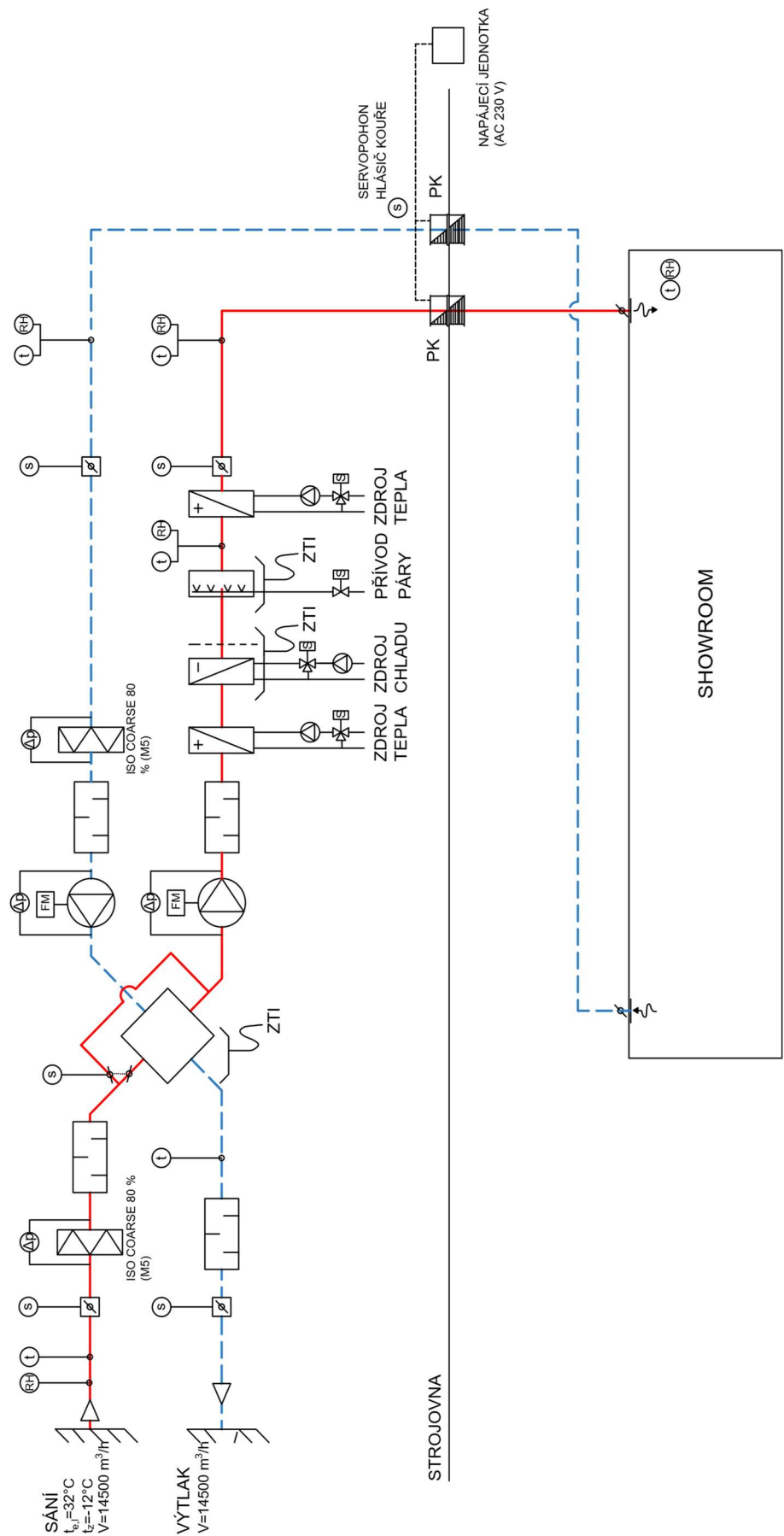
2.14.15 MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ

- Montáž bude prováděna dle pokynů uvedených v podkladech výrobce a dodavatele zařízení
- Všechna zařízení budou při montáži vyzkoušena a zaregulována
- Montáž VZT potrubí bude uskutečněna před ostatními profesemi z důvodu prostorových požadavků
- Pomocí Prandtlovy trubice budou nastaveny požadované průtoky vzduchu, a to na centrálním vzduchovodu. Prandtlova (Pitotova) trubice funguje na principu měření rychlosti média, kterou převádí na tlak.
- VZT jednotky budou položeny na podložkách z rýhované gumy
- Spodní hrana potrubí uvedená na výkresech je uvažována od čisté podlahy
- VZT zařízení budou průběžně kontrolována a čištěna. Okolí zařízení bude čisté a přístupné pro kontrolu. Profese MaR bude kontrolovat zanášení jednotlivých stupňů filtrace, které se provádí měřením tlakové difference filtru.
- Navržená VZT zařízení budou řízena a regulována samostatným systémem MaR. Údržbu a provoz zařízení budou vykonávat techničtí pracovníci, kteří musí být řádně proškoleni.
- Nakonec se provede zkouška chodu, měření hluku a prohlídka požárních klappek.

2.14.16 ZÁVĚR

Navržené klimatizační zařízení plní nároky na provoz daného typu prostoru a celoročně zajišťuje pohodu prostředí danou hygienickými předpisy při zabezpečení maximální hospodárnosti provozu těchto zařízení.

2.15 FUNKČNÍ SCHÉMA



2.16 POLOŽKOVÁ SPECIFIKACE

Tabulka 17 Položková specifikace

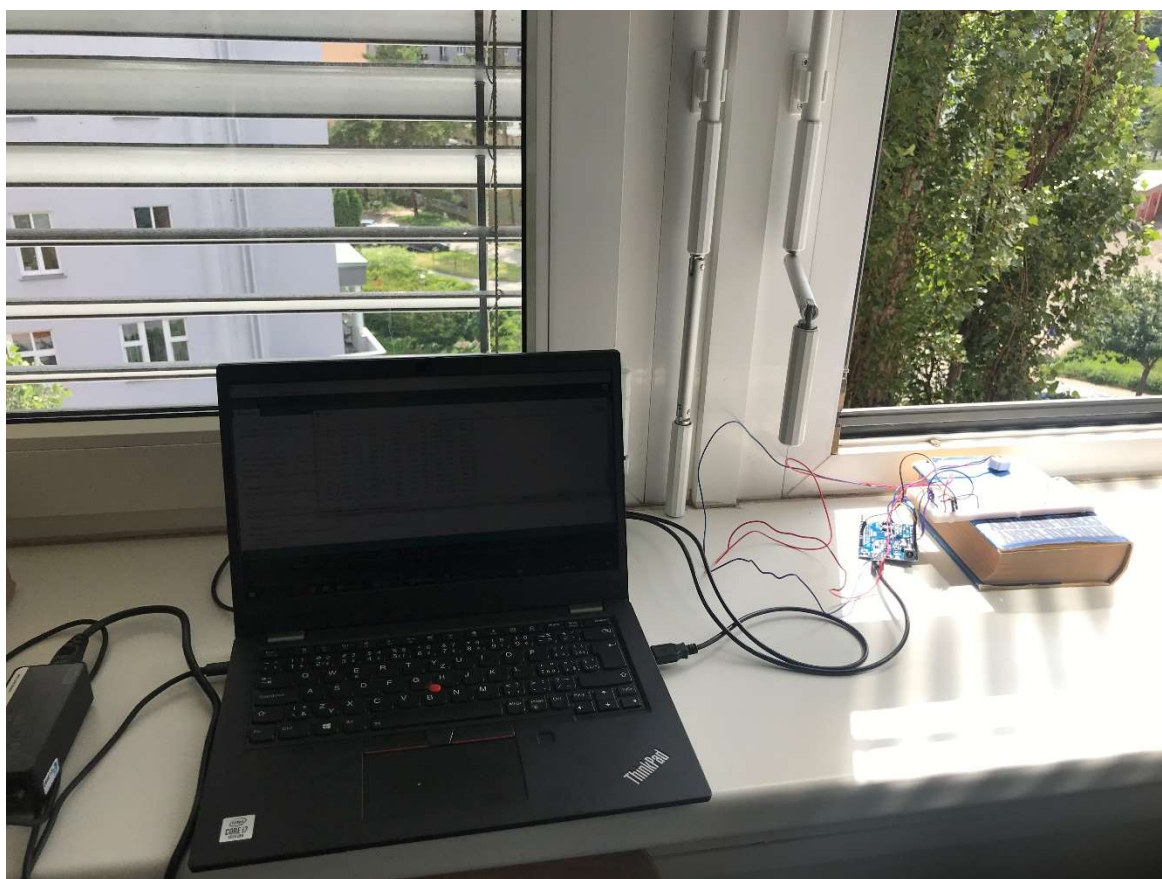
Položka	Specifikace položky (popis)	Měrná jednotka	Množství
	<u>Zařízení č. 1 - klimatizace showroomu</u>		
1.1	Centrální jednotka pro přívod a odvod vzduchu REMAK AeroMaster XP 28	ks	1
	Materiálové provedení: vnější i vnitřní plášť pozinkovaný plech, technické parametry pláště dle EN 1886 D2, L1, L3, T4, TB3		
	Část přívodu: žaluzie, tlumící vložka, uzavírací klapka, sekce filtru, tlumič hluku, deskový rekuperátor, sekce směřování, ventilátor, tlumič hluku, vodní ohřívač, přímý výparník, eliminátor kapek, parní zvlhčovač, vodní ohřívač, tlumící vložka		
	Část odvodu: tlumící vložka, filtr, tlumič hluku, ventilátor, eliminátor kapek, tlumič hluku, uzavírací klapka, tlumící vložka		
1.2	Regulační klapka do čtyřhranného potrubí, těsná, d=315, ovládání ruční	ks	14
1.3	Pohledový difuzor kruhový, přívodní, horizontální připojení, rozměr d=680 mm, h=420 mm, V = 1035 m ³ /h	ks	14
1.4	Stěnová mřížka, odvodní, povrchová úprava RAL9003, rozměr 1000x400 mm, V = 2900 m ³ /h, dodávka včetně regulační klapky a montážního rámečku	ks	5
1.5	Ohebná Al hadice s tepelnou a hlukovou izolací SONOFLEX, d=315	bm	39
1.6	Čtyřhranné ocelové potrubí sk. I třídy těsnosti D	m ²	251
1.7	Tvrzená nenasákavá protihluková izolace tl. 40 mm s Al popelem, přelepení spojů Al páskou	m ²	122
1.8	Tvrzená nenasákavá protihluková izolace tl. 60 mm s Al popelem, přelepení spojů Al páskou	m ²	19
1.9	Tvrzená nenasákavá protihluková izolace tl. 60 mm s Al popelem, přelepení spojů Al páskou, vnější strana oplechována	m ³	4,5
1.10	Požární klapka čtyřhranná s atestem, odolnost 90 min., 1250x630	ks	2
1.11	Protidešťová žaluzie, rozměr 1400x900 mm	ks	1

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

ÚVOD

Stínění je v dnešní době velmi aktuálním tématem. Investoři chtějí situovat rozhlehlá okna do obývacích místností orientovaných na jih, aby měli vzdušné a prosluněné prostory. Tyto otvory přináší sice velké proslunění, ale také s tím spojené velké tepelné zisky, které mohou být nežádoucí. Vhodně zvolenými stínícími prvky lze tepelné zisky eliminovat a tím zajistit vhodné uživatelské prostředí.

Předmětem experimentální části diplomové práce bylo určení stínícího součinitele pro různé polohy náklonu lamel venkovních žaluzií pomocí fotočidel, pyranometru a software Arduino. Po naměření a výpočtu hodnot stínícího součinitele jsem navrhla referenční místnost, ve které se bude stínit právě venkovními žaluziemi. Provedla jsem výpočet tepelné zátěže místnosti v programu Teruna pro různý sklon lamel a vyhodnotila nejlepší variantu pro úsporu energie a zajištění tepelné pohody uživatele.



Obrázek 53 Fotografie z měření

3.1 PŘÍSTROJE A SOFTWARE K MĚŘENÍ

Měření probíhalo na Ústavu technických zařízení budov FAST VUT v Brně. Z důvodu přesnosti výsledků bylo nutné přímé sluneční záření. Nejvhodnější bylo jasné a slunečné počasí, proto měření probíhalo v srpnu a v září.

Pro měření byly použity následující pomůcky:

1. Vývojová deska Arduino UNO s fotorezistorem

Deska navazuje kontakt mezi počítačem se softwarem a fotorezistorem. Deska obsahuje digitální a analogové vstupy. Fotorezistor je zapojen do analogového vstupu a přenáší okamžitě naměřené hodnoty.

2. Nepájivé kontaktní pole Arduino

Do nepájivého pole byl zapojen jeden fotorezistor a rezistory s odpory $2200\ \Omega$ a $220\ \Omega$.

3. Pyranometr

Přístroj, který dokáže změřit intenzitu slunečního záření. Přístroj se musí vyvážit, aby byl v rovnoměrné poloze. K tomu jsou na třech místech osazeny polohovatelné šrouby. Uprostřed pyranometru je kapalina s bublinou. Vyvážení je podobné jako u vodováhy či geodetických přístrojů. Pyranometry pracují na termoelektrickém principu a jsou schopny změřit záření v rozsahu $0\text{--}1500\ \text{W/m}^2$.

4. Datalogger Almemo 2590

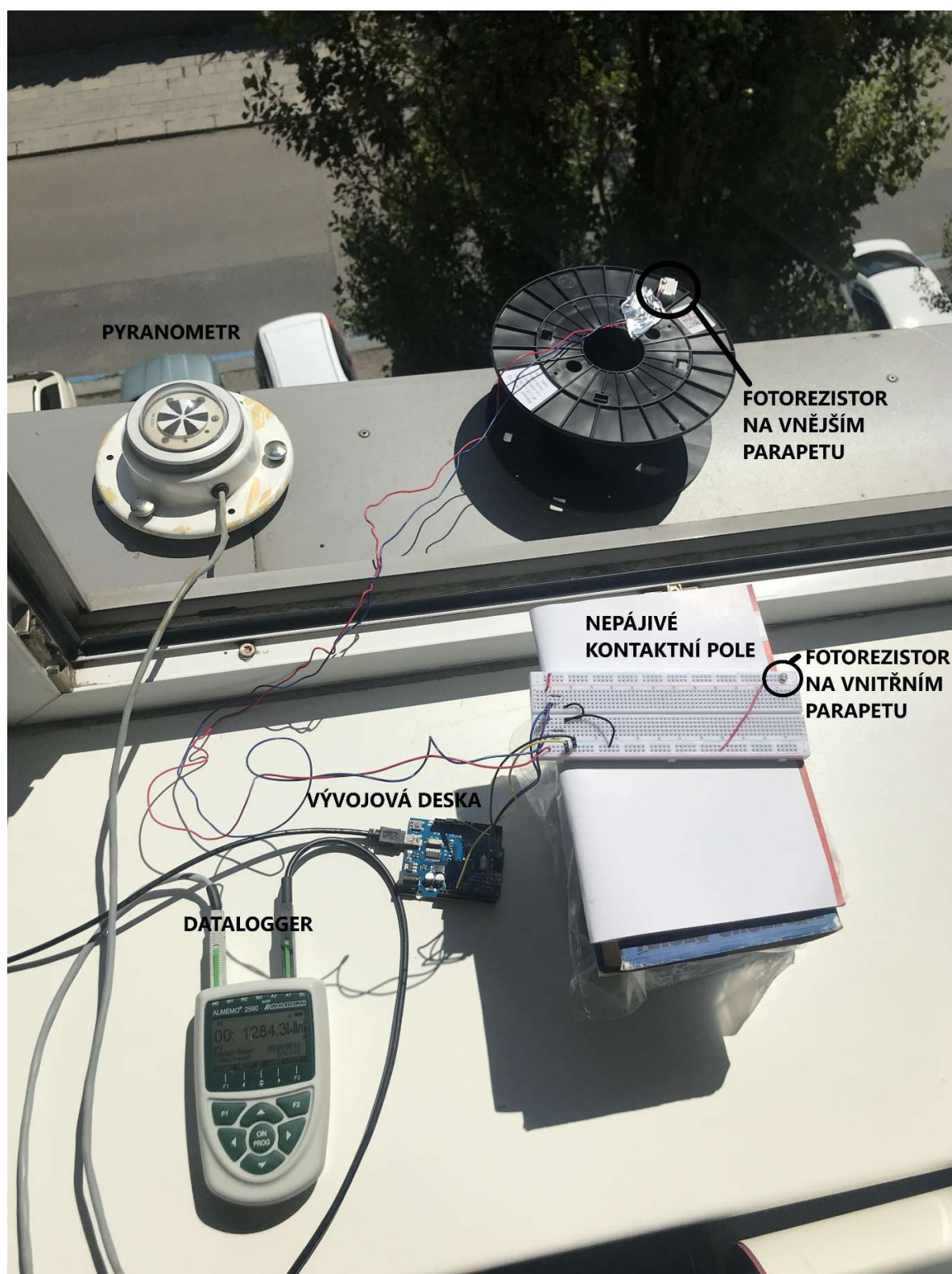
K pyranometru byl připojen datalogger Almemo 2590, který má v sobě paměťovou SSD kartu. Na displeji ukazuje aktuální hodnoty slunečního záření. Později lze získat veškerá naměřená data za dobu měření z paměťové karty.

5. Software Teruna

Pro výpočet tepelné bilance a průběh teplot pro vyhodnocení jednotlivých stavů byl využit software Teruna.

6. Software Arduino IDE

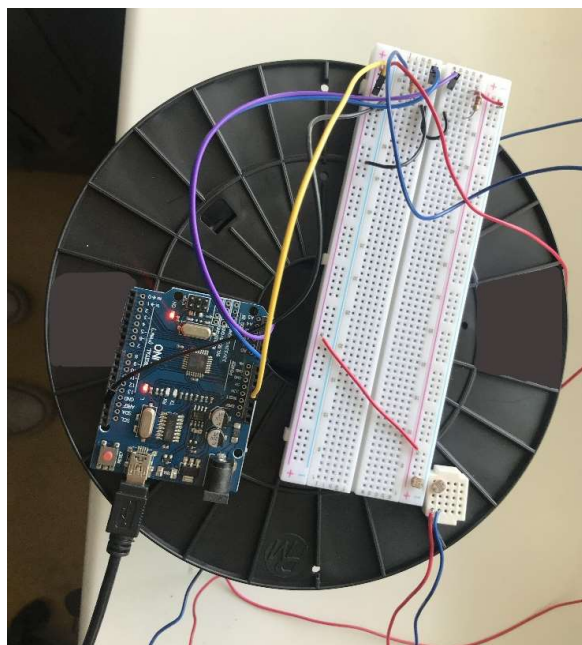
Do softwaru je zapsán kód v programátorském jazyce C nebo C++. PC je připojen přes USB kabel s vývojovou deskou. Pomocí tohoto propojení dochází ke komunikaci software a vývojové desky. Na PC můžeme vidět aktuální měřené hodnoty a poté s nimi dále pracovat.



Obrázek 54 Zapojení a popis jednotlivých měřících přístrojů a komponentů

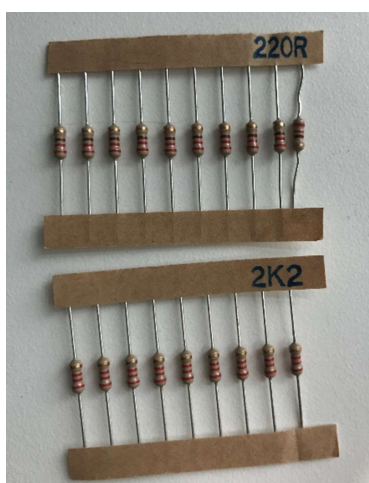
3.2 POSTUP MĚŘENÍ

Nejprve bylo nutné správně zapojit vývojovou desku Arduino UNO a fotorezistory. Jeden fotorezistor byl umístěn na velkém bílém nepájivém kontaktním poli a druhý byl na menším s pouze 25 piny. Propojení bylo provedeno pomocí kabelů. Zapojení lze vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 55 Zapojení vývojové desky a fotorezistorů

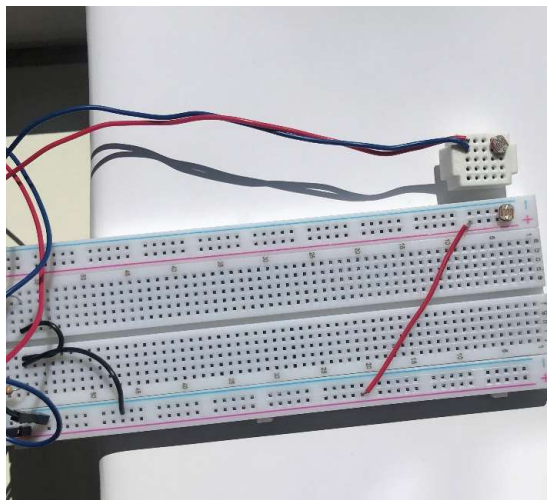
Fotorezistory nebyly seřizené na stejnou hodnotu, a proto bylo nutné přidat odpory tak, aby vykazovaly co nejpodobnější hodnoty. Odpory bylo důležité umístit tak, aby jejich konce byly ve stejném řádku, jako připojení na vývojovou desku a tím se okruh propojil. Po několika pokusech se hodnoty fotorezistorů ustálily na podobných hodnotách po zvolení odporů $2200\ \Omega$ na venkovním fotorezistoru a $220\ \Omega$ na vnitřním fotorezistoru.



Obrázek 56 Výběr rezistorů s nejvhodnějším odporem

Vývojová deska se přes USB kabel propojila s PC, ve kterém byl nainstalován software Arduino. Do software se nahrál kód a upravily číselné hodnoty podle toho, do kterého pinu byl umístěn fotorezistor a jaké bude zpoždění – tedy v jakých časových intervalech se bude hodnota zaznamenávat. Pro mé měření jsem zvolila hodnotu 3 a 5 sekund.

Fotorezistory byly pomocí přidaných odporů seřizeny na přibližné hodnoty. Pro přesnost celého měření jsem oba fotorezistory umístila vedle sebe a sledovala jejich hodnoty.



Obrázek 57 Seřízení fotorezistorů přidanými odpory

Fotorezistor je polovodič, který mění svůj odpor v závislosti na míře dopadajícího světla na jeho povrch. Se zvyšující se intenzitou dopadajícího světla se elektrický odpor snižuje. U těchto fotorezistorů můžeme v programu Arduino zaznamenávat hodnoty v rozmezí 0-1024 jednotek.

Hodnoty fotorezistorů v pozici vedle sebe byly odlišné o 100 W. Pomocí matematické korekce jsem hodnotu vnitřního čidla vynásobila korekcí $k = 1,13$ tak, aby byly hodnoty na obou fotorezistorech shodné. V následující tabulce jsou zachyceny hodnoty před a po korekci při seřizování čidel dne 9.8.2021 v 12 hod a 21 min.

V levém sloupci je čas měření v intervalu po 3 sekundách. V dalších dvou sloupcích jsou hodnoty intenzity slunečního záření. O – outside pro venkovní čidlo a I – inside pro vnitřní čidlo. V pravých sloupcích jsou hodnoty po matematické korekci. Ok – outside po korekci, Ik – inside po korekci.

Seřízení fotorezistorů je velice důležité pro správnost měření. V opačném případě bych nikdy nedošla ke správným hodnotám a měření by nebylo správně.

Tabulka 18 Seřízení fotočidel pomocí matematické korekce

12:21:02.3'->	O	=	897 I	=	791	Ok	=	897 Ik	=	893.83
12:21:05.3'->	O	=	893 I	=	792	Ok	=	893 Ik	=	894.96
12:21:08.3'->	O	=	896 I	=	791	Ok	=	896 Ik	=	893.83
12:21:11.3'->	O	=	897 I	=	791	Ok	=	897 Ik	=	893.83
12:21:14.3'->	O	=	896 I	=	792	Ok	=	896 Ik	=	894.96
12:21:17.3'->	O	=	898 I	=	793	Ok	=	898 Ik	=	896.09
12:21:20.3'->	O	=	895 I	=	792	Ok	=	895 Ik	=	894.96
12:21:23.4'->	O	=	897 I	=	792	Ok	=	897 Ik	=	894.96
12:21:26.3'->	O	=	897 I	=	792	Ok	=	897 Ik	=	894.96
12:21:29.3'->	O	=	896 I	=	792	Ok	=	896 Ik	=	894.96
12:21:32.3'->	O	=	897 I	=	791	Ok	=	897 Ik	=	893.83
12:21:35.3'->	O	=	896 I	=	790	Ok	=	896 Ik	=	892.70
12:21:38.3'->	O	=	897 I	=	791	Ok	=	897 Ik	=	893.83
12:21:41.4'->	O	=	898 I	=	792	Ok	=	898 Ik	=	894.96
12:21:44.4'->	O	=	898 I	=	792	Ok	=	898 Ik	=	894.96
12:21:47.3'->	O	=	898 I	=	792	Ok	=	898 Ik	=	894.96
12:21:50.4'->	O	=	898 I	=	792	Ok	=	898 Ik	=	894.96
12:21:53.3'->	O	=	899 I	=	793	Ok	=	899 Ik	=	896.09
12:21:56.3'->	O	=	899 I	=	794	Ok	=	899 Ik	=	897.22
12:21:59.4'->	O	=	898 I	=	793	Ok	=	898 Ik	=	896.09
12:22:02.3'->	O	=	894 I	=	785	Ok	=	894 Ik	=	887.05
12:22:05.4'->	O	=	887 I	=	772	Ok	=	887 Ik	=	872.36
12:22:08.3'->	O	=	886 I	=	772	Ok	=	886 Ik	=	872.36
12:22:11.4'->	O	=	888 I	=	774	Ok	=	888 Ik	=	874.62
12:22:14.4'->	O	=	872 I	=	748	Ok	=	872 Ik	=	845.24
12:22:17.3'->	O	=	872 I	=	747	Ok	=	872 Ik	=	844.11
12:22:20.4'->	O	=	853 I	=	715	Ok	=	853 Ik	=	807.95
12:22:23.4'->	O	=	889 I	=	776	Ok	=	889 Ik	=	876.88
12:22:26.4'->	O	=	901 I	=	798	Ok	=	901 Ik	=	901.74
12:22:29.4'->	O	=	904 I	=	805	Ok	=	904 Ik	=	909.65
12:22:32.4'->	O	=	900 I	=	810	Ok	=	900 Ik	=	915.30
12:22:35.4'->	O	=	900 I	=	809	Ok	=	900 Ik	=	914.17
12:22:38.4'->	O	=	895 I	=	803	Ok	=	895 Ik	=	907.39
12:22:41.4'->	O	=	903 I	=	813	Ok	=	903 Ik	=	918.69
12:22:44.4'->	O	=	907 I	=	812	Ok	=	907 Ik	=	917.56
12:22:47.4'->	O	=	905 I	=	812	Ok	=	905 Ik	=	917.56

Pro pozdější stanovení hodnot stínícího součinitele bylo výhodné sledovat i jeho proměnlivost se změnou intenzity slunečního záření I [W/m^2]. Přístroj, který je schopný měřit intenzitu slunečního záření se nazývá pyranometr. Ten měří hodnotu globálního slunečního záření, tedy součet přímého a difuzního záření. Pyranometr jsem měla umístěný na vnějším parapetu v přesné horizontální poloze. Přístroj byl napojen na datalogger, který zaznamenával všechna data do své paměti, a zároveň na displeji ukazoval aktuální hodnoty. Naměřené hodnoty jsem zprůměrovala a s výslednou denní hodnotou jsem dále pracovala. Měření probíhalo vždy v době mezi 10-14 hod při slunečném počasí. Následující tabulka názorně ukazuje výběr z měření 10.8.2021 v intervalu 5 sekund.

Tabulka 19 Měření pyranometrem

12:09:59	0:00 +0712.7	W/m^2	12:10:54	0:00 +0718.0	W/m^2
12:10:04	0:00 +0713.8	W/m^2	12:10:59	0:00 +0718.6	W/m^2
12:10:09	0:00 +0714.0	W/m^2	12:11:04	0:00 +0718.8	W/m^2
12:10:14	0:00 +0714.0	W/m^2	12:11:09	0:00 +0719.1	W/m^2
12:10:19	0:00 +0714.4	W/m^2	12:11:14	0:00 +0719.4	W/m^2
12:10:24	0:00 +0714.9	W/m^2	12:11:19	0:00 +0719.6	W/m^2
12:10:29	0:00 +0715.6	W/m^2	12:11:24	0:00 +0719.7	W/m^2
12:10:34	0:00 +0716.4	W/m^2	12:11:29	0:00 +0719.7	W/m^2
12:10:39	0:00 +0716.9	W/m^2	12:11:34	0:00 +0719.7	W/m^2
12:10:44	0:00 +0717.4	W/m^2	12:11:39	0:00 +0720.2	W/m^2
12:10:49	0:00 +0717.6	W/m^2	12:11:44	0:00 +0720.9	W/m^2

3.3 PRINCIP MĚŘENÍ

Principem měření bylo experimentálně zjistit hodnotu stínícího součinitele s [-] pro venkovní žaluzie, které jsou velmi rozšířeným stínícím prvkem dnešní doby. Jeden fotorezistor je umístěn na vnějším parapetu a druhý na vnitřním.

Po naměření obou hodnot se použil následující vztah:

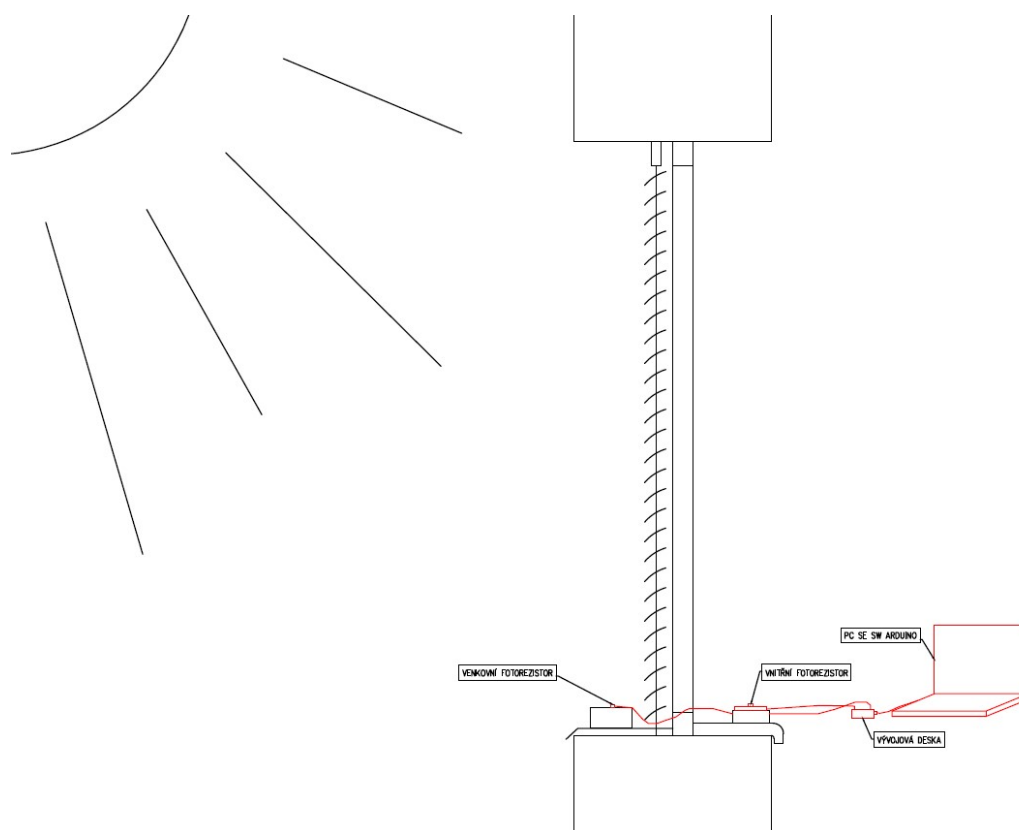
$$s = \frac{I_k}{O_k}$$

Kde:

I_k naměřená hodnota na vnitřním fotorezistoru (0-1024 jednotek)

O_k naměřená hodnota na vnějším fotorezistoru (0-1024 jednotek)

Stínící součinitel je bezrozměrná veličina nabývající hodnot $s \in (0;1)$.



Obrázek 58 Zjednodušené schéma měření

3.4 CHYBY V MĚŘENÍ

3.4.1 ABSOLUTNÍ CHYBA MĚŘENÍ

Je to algebraický rozdíl mezi ukazovanou hodnotou a porovnávanou hodnotou. Absolutní hodnota chyby měření je vždy udávána v jednotkách měřené veličiny. Při hledání absolutní chyby měření je třeba mít více výsledků téhož měření. Zapisuje se jako přičtená a odečtená hodnota od naměřené hodnoty. Tento rozsah definuje interval, ve kterém se nachází skutečná hodnota měřené veličiny.

Pokud měříme veličinu, u které neznáme porovnávanou hodnotu (tedy správný výsledek), musíme odhadnout absolutní chybu měření Δ .

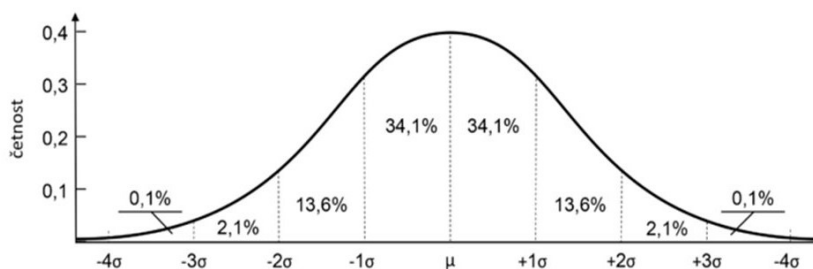
Pokud uvažujeme jako správnou hodnotu číslo A , naměřenou hodnotou číslo a , potom odhad absolutní chyby je Δ_a . Platí následující vztah:

$$\Delta = |A - a| \leq \Delta_a.$$

Odhad absolutní chyby Δ_a musí splňovat následující nerovnosti:

$$a - \Delta_a \leq A \leq a + \Delta_a$$

Při výpočtu absolutní chyby je třeba znát směrodatnou odchylku σ . Ta určuje tvar Gaussovy křivky dané pravděpodobnosti. Pokud je četnost naměřených hodnot do 68,7 %, uvažuje se s hodnotou pravděpodobnosti 0,683.



Obrázek 59 Gaussova křivka pravděpodobnosti

Směrodatná odchylka:

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta a - \bar{a})^2}{n(n-1)}}$$

kde

$\bar{a}$ je průměrná naměřená hodnota

n je počet měření

Vztah pro výpočet odhadu směrodatné odchylky výběrem průměru. Užívá se pro výpočet nepřímých měření. Chyba měření je většinou způsobena dvěma základními chybami – systematickou a nahodilou chybou měření.

Zápis naměřené hodnoty s absolutní chybou: $x = \bar{a} \pm \sigma_a$

3.4.2 RELATIVNÍ CHYBA MĚŘENÍ

Je to poměr absolutní chyby měření Δ k absolutní hodnotě přesné hodnoty A . Podmínkou je, že $A \neq 0$. Oproti absolutní chybě nemá stejnou jednotku jako měřená veličina. Může být zapísána jako bezrozměrná veličina, v procentech nebo v jednotkách ppm.

Vztah pro výpočet relativní chyby:

$$\delta = \frac{\Delta}{|A|}$$

Relativní chybu lze vypočítat i pomocí směrodatné odchylky:

$$\rho = \sigma_a * v_\zeta$$

kde v_ζ je hodnota pravděpodobnosti.

V praxi se nejčastěji uvažuje $v_\zeta=0,683$.

3.5 URČENÍ STÍNÍCIHO SOUČiniteLE PRO JEDNOTLIVÉ PŘÍPADY

Následující tabulky zobrazují část naměřených hodnot a výpočet stínícího součinitele pro jednotlivé dny. Pro každý náklon žaluzií je přiložena jedna názorná tabulka. Ostatní jsou umístěny jako přílohy práce.

3.5.1 DVOJSKLO

Nejprve byla změřena hodnota stínícího součinitele pro dvojitvrstvé zasklení okna. Okno bylo před měřením umyto.

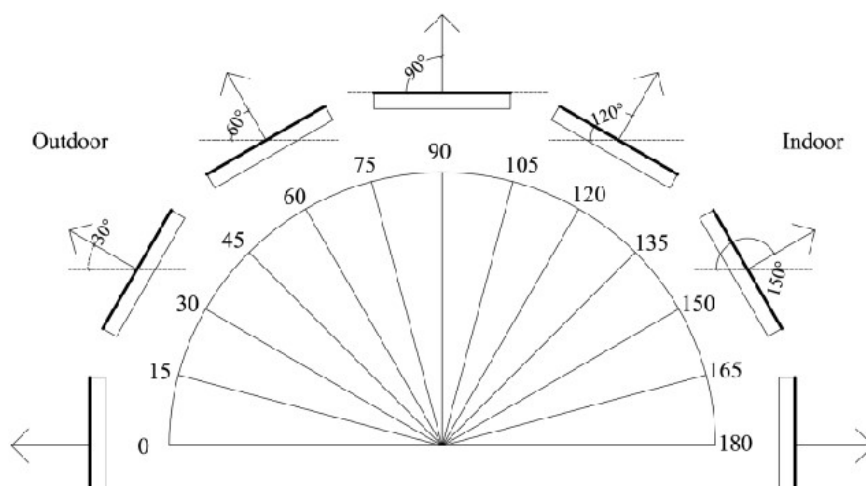
Tabulka 20 Měření – dvojsklo - 9.9.

Datum měření:		09.09.2021		
Úhel natočení lamel:		bez stínícího prvku		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel $s= I_k/O_k$	Aritmetický průměr $s [-]$	Odhad absolutní chyby Δa
817	740,15	0,906	0,953	0,906
801	717,55	0,896		0,896
806	725,46	0,900		0,900
817	742,41	0,909		0,909
840	779,7	0,928		0,928
860	815,86	0,949		0,949
859	814,73	0,948		0,948
857	822,64	0,960		0,960
803	722,07	0,899		0,899
804	724,33	0,901		0,901
802	720,94	0,899		0,899
868	844,11	0,972		0,972
849	807,95	0,952		0,952
882	870,1	0,987		0,987
895	893,09	0,998		0,998
900	897,39	0,997		0,997
888	881,4	0,993		0,993
874	855,41	0,979		0,979
874	855,41	0,979		0,979
860	828,29	0,963		0,963
837	785,35	0,938		0,938
890	885,92	0,995		0,995
874	853,15	0,976		0,976
893	891,57	0,998		0,998
888	882,53	0,994		0,994
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} \pm \Delta \bar{x} = 0,953 \pm 0,179$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 12,66\%$	
Průměrná hodnota:			$\langle \varepsilon \rangle =$	0,952627
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,12063$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,179$		

Průměrná hodnota stínícího součinitele pro okenní sklo je $s = 0,89$. Dle normy ČSN 73 05 48 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů je hodnota $s = 0,9$. Hodnoty jsou velmi podobné. Nepřesnost měření může být způsobena povrchovými nečistotami okenního skla.

3.5.2 VENKOVNÍ ŽALUZIE

Náklon lamel u venkovních žaluzií výrazně ovlivňuje hodnotu stínícího součinitele. Měření bylo prováděno celkem pro 5 poloh. Sklon úhlu žaluzií je volen dle následujícího obrázku.



Obrázek 60 Polohy lamel venkovních žaluzií



Obrázek 61 Fotografie z měření – sklon lamel 30°

3.5.2.1 SKLON 0°

Tabulka 21 Měření - 0° - 9.9.

Datum měření:		09.09.2021		
Úhel natočení lamel:		0°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
876	45,2	0,052	0,052	0,052
877	45,2	0,052		0,052
878	46,33	0,053		0,053
879	46,33	0,053		0,053
877	46,33	0,053		0,053
876	46,33	0,053		0,053
875	45,2	0,052		0,052
876	46,33	0,053		0,053
878	45,2	0,051		0,051
877	46,33	0,053		0,053
877	47,46	0,054		0,054
878	46,33	0,053		0,053
876	45,2	0,052		0,052
876	45,2	0,052		0,052
875	45,2	0,052		0,052
876	45,2	0,052		0,052
876	45,2	0,052		0,052
877	46,33	0,053		0,053
877	46,33	0,053		0,053
877	46,33	0,053		0,053
876	45,2	0,052		0,052
877	46,33	0,053		0,053
878	46,33	0,053		0,053
876	45,2	0,052		0,052
877	46,33	0,053		0,053
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} \approx 0,052 \pm 0,003$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 4,41\%$	
Průměrná hodnota:			$\langle \epsilon \rangle =$	0,052329
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,00231$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,003$		

Žaluzie jsou rovnoběžné s okenním sklem a stíní nejvíce ze všech poloh. Jedná se o úplné zatemnění, a proto stínící součinitel nabývá velice malých hodnot. Průměrná hodnota $s = 0,07$.

3.5.2.2 SKLON 30°

Poloha zajišťuje dostatečné stínění, ale zároveň proniká část slunečního záření pro osvětlení místnosti.

Tabulka 22 Měření - 30° - 9.9.

Datum měření:		09.09.2021		
Úhel natočení lamel:		30°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel $s = I_k/O_k$	Aritmetický průměr $s [-]$	Odhad absolutní chyby Δa
885	85,23	0,096	0,081	0,096
886	78,45	0,089		0,089
886	71,67	0,081		0,081
887	70,54	0,080		0,080
887	70,54	0,080		0,080
888	70,54	0,079		0,079
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
885	70,54	0,080		0,080
887	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	70,54	0,080		0,080
886	71,67	0,081		0,081
885	70,54	0,080		0,080
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,081> \pm 0,009$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 7,85\%$	
Průměrná hodnota:			$<\varepsilon> =$	0,080732
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_\xi =$		
		0,00633		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} =$		
		0,009		

3.5.2.3 SKLON 60°

Průměrná hodnota je $s = 0,16$.

Tabulka 23 Měření - 60° - 9.9.

Datum měření:		09.09.2021		
Úhel natočení lamel:		60°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
885	127,69	0,144	0,145	0,144
885	127,69	0,144		0,144
885	127,69	0,144		0,144
886	127,69	0,144		0,144
885	126,56	0,143		0,143
886	110,74	0,125		0,125
884	131,08	0,148		0,148
882	128,82	0,146		0,146
880	126,56	0,144		0,144
882	128,82	0,146		0,146
883	128,82	0,146		0,146
884	131,08	0,148		0,148
884	129,95	0,147		0,147
886	131,08	0,148		0,148
885	131,08	0,148		0,148
886	129,95	0,147		0,147
886	129,95	0,147		0,147
886	131,08	0,148		0,148
885	129,95	0,147		0,147
886	129,95	0,147		0,147
887	131,08	0,148		0,148
886	129,95	0,147		0,147
886	129,95	0,147		0,147
886	129,95	0,147		0,147
885	128,82	0,146		0,146
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,145> \pm 0,022$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 10,23\%$	
Průměrná hodnota:			$< \varepsilon > =$	0,145382
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,01487$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,022$		

V normě ČSN 73 05 48 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů je pro vnější žaluzie uvedena pouze jedna hodnota, a to pro sklon 45°, lamely světlé: stínící součinitel $s = 0,15$. Dle mého měření pro sklon 30° je $s = 0,1$ a pro sklon 60° $s = 0,16$. Výsledky měření jsou srovnatelné s normovou hodnotou.

Nepřesnosti měření mohou být způsobeny chybným natočením lamel do požadovaného úhlu.

3.5.2.4 SKLON 90°

Lamely jsou ve vertikální poloze. Pokud je slunce v letním období vysoko nad horizontem, i tato poloha je dostatečná pro stínění. V zimním období by sluneční paprsky pronikaly mezi lamely.

Průměrná hodnota je $s = 0,65$.



Obrázek 62 Fotografie z měření – sklon 90°

Tabulka 24 Měření - 90° - 9.9.

Datum měření:		09.09.2021		
Úhel natočení lamel:		90°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
884	207	0,234	0,236	0,234
871	195	0,224		0,224
861	188	0,218		0,218
888	212	0,239		0,239
898	226	0,252		0,252
895	221	0,247		0,247
898	226	0,252		0,252
891	217	0,244		0,244
891	219	0,246		0,246
895	221	0,247		0,247
898	225	0,250		0,250
880	206	0,234		0,234
852	183	0,215		0,215
885	210	0,237		0,237
878	203	0,232		0,232
887	211	0,238		0,238
874	197	0,225		0,225
856	184	0,215		0,215
851	182	0,214		0,214
877	201	0,229		0,229
899	227	0,253		0,253
889	216	0,243		0,243
875	201	0,230		0,230
879	206	0,234		0,234
894	221	0,248		0,248
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,236> \pm 0,061$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 17,29\%$	
Průměrná hodnota:			$< \varepsilon > =$	0,235997
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,04081$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,061$		

3.5.2.5 SKLON 120°

Sklon lamel pod úhlem 120° se využívá v zimním období, kdy chceme zvýšit tepelné zisky v místnosti. Lamely je třeba co nejvíce otevřít a zajistit tak velký tok energie do místnosti.

Průměrná hodnota je $s = 0,8$. Žaluzie zachycují jen o 10 % více slunečního záření než při stavu bez použití žaluzií, tedy průchodem pouze přes dvojsklo.

Tabulka 25 Měření - 120° - 9.9.

Datum měření:		09.09.2021		
Úhel natočení lamel:		120°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel $s = I_k/O_k$	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
833	675,5237	0,811	0,785	0,811
833	675,5237	0,811		0,811
833	675,5237	0,811		0,811
838	678,9182	0,810		0,810
838	678,9182	0,810		0,810
837	678,2393	0,810		0,810
838	678,9182	0,810		0,810
838	678,9182	0,810		0,810
838	637,0182	0,760		0,760
837	636,3893	0,760		0,760
838	637,0182	0,760		0,760
838	637,0182	0,760		0,760
838	637,0182	0,760		0,760
838	637,0182	0,760		0,760
838	637,0182	0,760		0,760
838	637,0182	0,760		0,760
838	637,0182	0,760		0,760
837	636,3893	0,760		0,760
837	636,3893	0,760		0,760
837	661,3319	0,790		0,790
837	661,3319	0,790		0,790
837	661,3319	0,790		0,790
837	661,3319	0,790		0,790
837	661,3319	0,790		0,790
837	661,3319	0,790		0,790
836	660,6732	0,790		0,790
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = \langle 0,785 \rangle \pm 0,104$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 8,94\%$	
Průměrná hodnota:			$\langle \varepsilon \rangle =$	0,784679
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_\xi = 0,07015$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,104$		

3.5.2.6 SKLON 150°

Lamely jsou natočené obdobně jako při úhlu 30°. Pokud bude slunce vysoko nad obzorem, je při tomto obráceném pootočení možnost průchodu slunečných paprsků. Poloha lamel se využívá v zimním období.

Průměrná hodnota je $s = 0,21$. Při sklonu 30° pro letní období je $s = 0,1$.

Tabulka 26 Měření - 150° - 9.9.

Datum měření:		09.09.2021		
Úhel natočení lamel:		150°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
897	178,77	0,199	0,202	0,199
897	178,77	0,199		0,199
897	179,90	0,201		0,201
897	181,03	0,202		0,202
897	179,90	0,201		0,201
897	179,90	0,201		0,201
897	181,03	0,202		0,202
897	181,03	0,202		0,202
897	181,03	0,202		0,202
897	181,03	0,202		0,202
897	181,03	0,202		0,202
897	179,90	0,201		0,201
897	181,03	0,202		0,202
897	181,03	0,202		0,202
897	182,16	0,203		0,203
897	182,16	0,203		0,203
897	182,16	0,203		0,203
897	182,16	0,203		0,203
897	183,29	0,204		0,204
896	182,16	0,203		0,203
896	182,16	0,203		0,203
896	182,16	0,203		0,203
896	183,29	0,205		0,205
896	182,16	0,203		0,203
896	183,29	0,205		0,205
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,202> \pm 0,007$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 2,22\%$	
Průměrná hodnota:			$< \varepsilon > =$	0,202117
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,00448$		
		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,007$		
Směrodatná odchylka měření:				

3.6 POLOHA LAMEL PODLE ROČNÍHO OBDOBÍ

Letní období

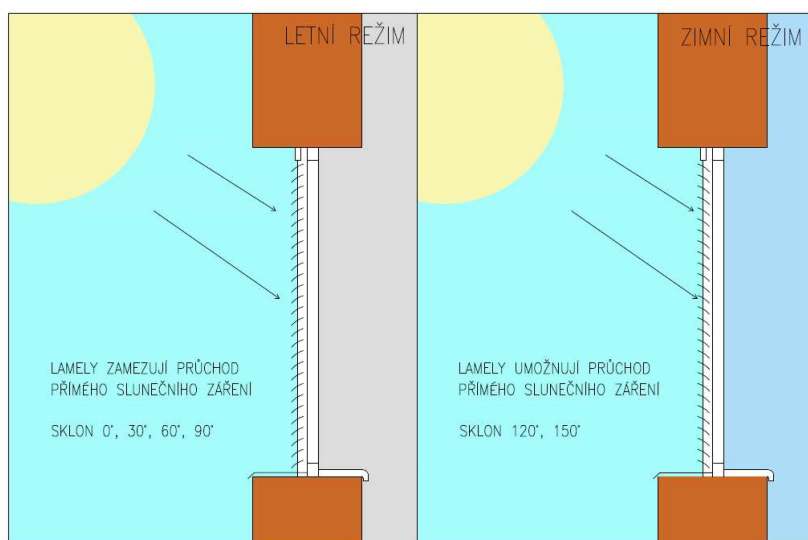
Přebytečné tepelné zisky v letním období lze redukovat venkovními žaluziemi. Pro efektivnost a úsporu energie na chlazení i osvětlení je nejvhodnější žaluzie ráno a večer nastavit do co největšího otevření lamel. To umožní osvětlení místnosti a zároveň nedodá velké tepelné zisky. Vhodný náklon lamel pro ranní a večerní dobu je tedy 60–90°. V době kolem poledne, kdy vzrůstá intenzita slunečního záření, je vhodné žaluzie postupně zatahovat, aby co nejvíce stínily a místnost se nepřehřívala. Lamely je vhodné otočit do polohy 0–30°. Při úplném zastínění bude prostor nedostatečně osvětlen, ale úspory na energii chlazením místnosti budou vyšší než energie, která by byla vynaložena na umělé osvětlení.

Zimní období

V topné sezóně je žádoucí zvyšovat tepelné zisky. Neúčinnější poloha žaluzií je ta, kdy jsou světelné paprsky rovnoběžné s lamelami. Při sklonu lamel 120–150° není omezen průchod slunečních paprsků a dochází k velkému toku tepelné energie do místnosti.

Otázkou může být, proč tedy venkovní žaluzie užívat v zimním období? Žaluzie mohou sloužit přes noc jako tepelný izolant okenních otvorů, které zpravidla vykazují největší tepelné ztráty ze všech konstrukcí tvořících obálku budovy. Přes noc je tedy vhodné nechávat lamely rovnoběžně s okenním sklem. Přes den může při zimních slunných dnech slunce svítit a oslňovat obrazovky televizorů či PC. Správným náklonem zamezíme průchodu paprsků na obrazovky, a zároveň neomezíme přístup paprsků do místnosti. Dalším důvodem může být pocit soukromí. Pokud jsou žaluzie ve správném úhlu, teplo a světlo může pronikat do interiéru, ale soukromí uživatele není omezeno.

Následující obrázek popisuje efektivní náklon žaluzií pro letní a pro zimní období.



Obrázek 63 Náklon žaluzií podle ročního období

3.7 VLIV INTENZITY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA HODNOTĚ STÍNÍČÍHO SOUČiniteLE

Měření se uskutečnilo ve třech dnech. Všechny dny bylo jasné počasí a na měřicí přístroje dopadalo přímé sluneční záření. Intenzita slunečního záření byla měřena pyranometrem, který byl umístěn na vnějším parapetu. Pro jednotlivé dny byla poté vyhodnocena průměrná hodnota intenzity slunečního záření.

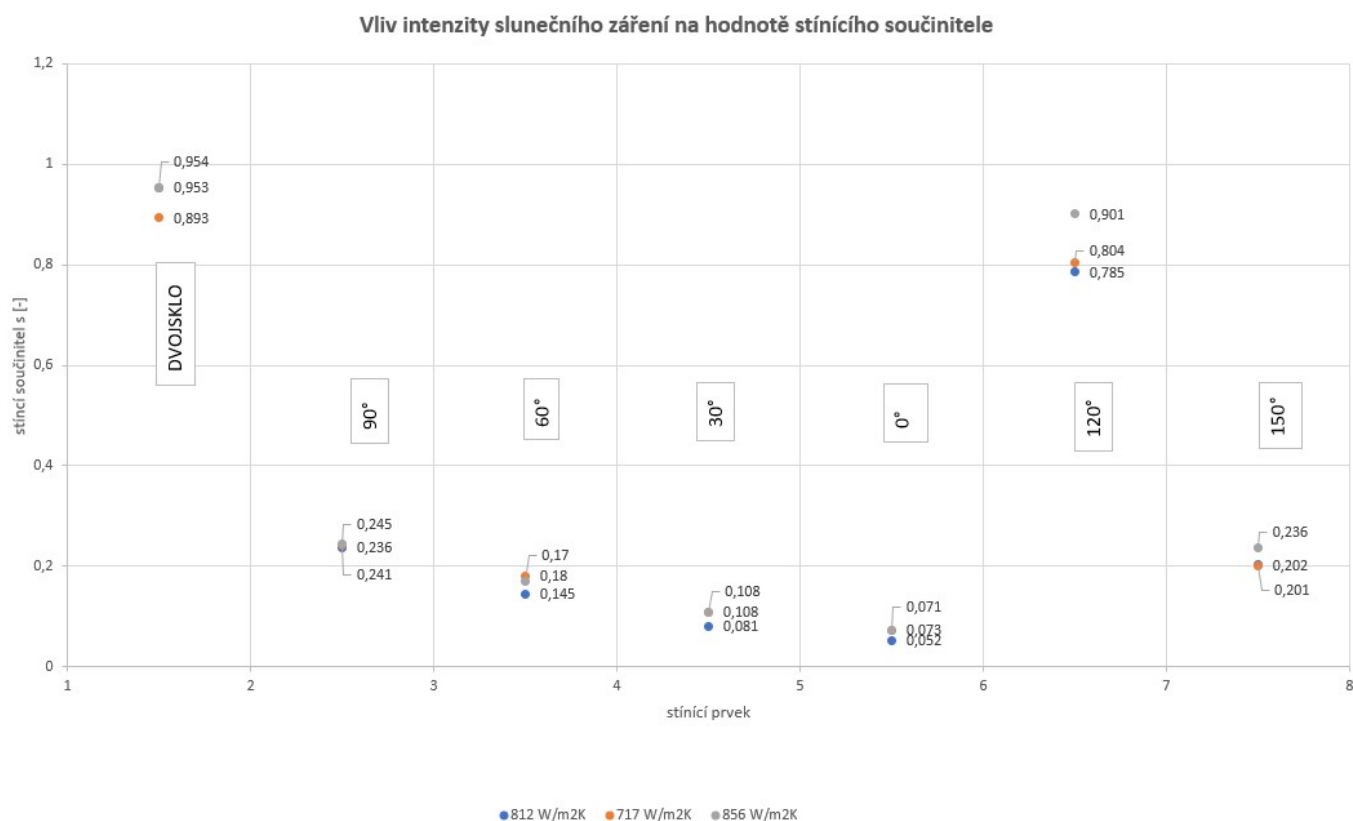
Ve všech dnech probíhalo měření pro pět poloh žaluzií. Hodnoty stínění se v různé dny liší pro stejný úhel natočení lamel. Z naměřených hodnot tedy vyplývá, že je hodnota stínícího součinitele ovlivňována intenzitou slunečního záření.

Tabulka 27 Výsledné hodnoty z měření

<i>Datum měření:</i>	9.8.	10.8.	23.9.	<i>průměr</i>
<i>I [W/m²K] exteriér</i>	812,059	717,504	856,264	795,28
<i>s [-] dvojsklo</i>	0,953	0,893	0,954	0,93
<i><u>Průměrné hodnoty stínícího součinitele [-] pro sklon žaluzií</u></i>				
90°	0,236	0,241	0,245	0,24
60°	0,145	0,18	0,17	0,17
30°	0,081	0,108	0,108	0,10
0°	0,052	0,073	0,071	0,07
120°	0,785	0,804	0,901	0,83
150°	0,202	0,201	0,236	0,21

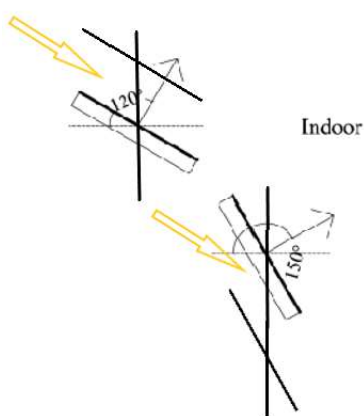
Pro sklon lamel 30° roste hodnota s [-] přímo úměrně s narůstající hodnotou I [W/m²]. Stejně je tomu i pro sklon lamel 0°, 60° a 90°, tedy pro režimy vhodné pro letní období. Jelikož se měřilo právě v letním období, dalo by se říct, že při správném užívání nám při rostoucí intenzitě slunečního záření roste také účinnost stínění.

Pro dvojsklo je hodnota s [-] rozdílná pro jednotlivé dny v řádu jedné desetiny. Rozdíl může být způsoben nestejným znečištěním okenní plochy.



Obrázek 64 Vliv intenzity slunečního záření na hodnotě stínícího součinitele

Pro zimní režimy žaluzií, tedy 120° a 150°, je hodnota stínícího součinitele rozdílná o 0,59 při otočení lamel pouze o 30°. Při 120° náklonu lamely není zabráněn průchod velkého toku energie, proto je hodnota $s [-]$ velmi vysoká. U 150° náklonu paprsky naráží na lamely a stínící součinitel dosahuje mnohem menších hodnot.

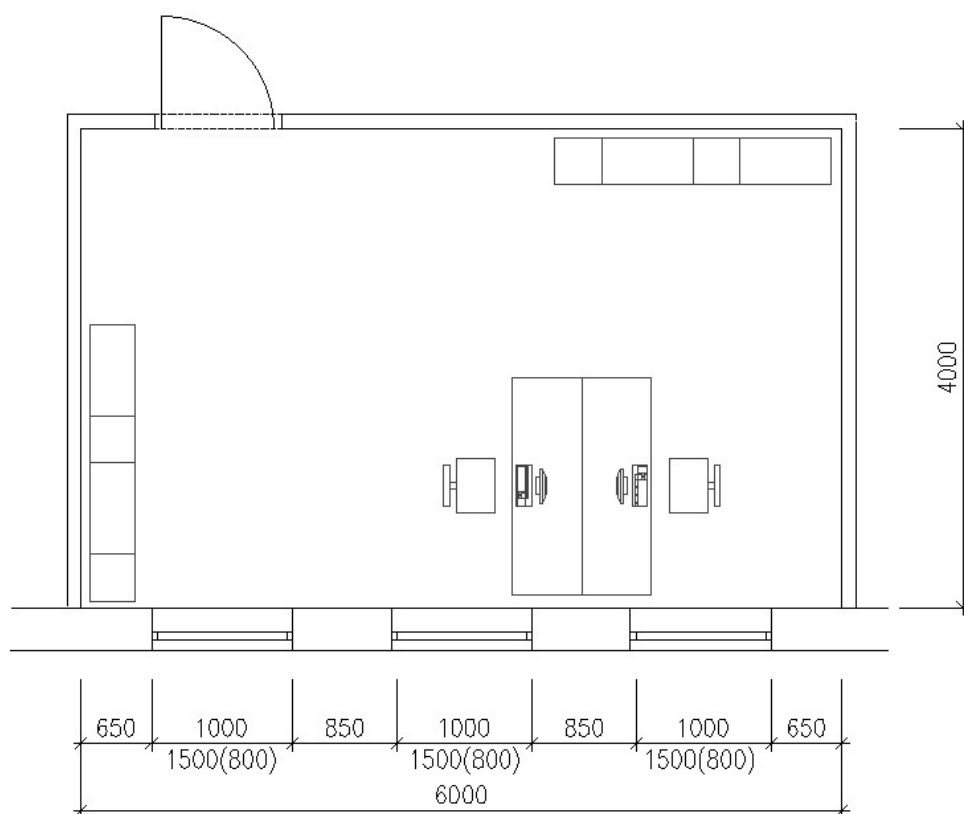


Obrázek 65 Průchod světla přes lamely žaluzií

3.8 VLIV NÁKLONU ŽALUZÍ NA TEPELNÝCH ZISCÍCH PRO REFERENČNÍ MÍSTNOST

Pro posouzení, jak moc ovlivňuje sklon žaluzií celkovou tepelnou zátěž, jsem navrhla referenční místnost rozměru 6x4 m se třemi okny rozměru 1x1,5 m. Místnost bude sloužit jako kancelář s 24hodinovým provozem. Místnost budou obývat dva lidé. Okna místnosti budou situována na jihozápad. Počítá se s nepřetržitým kancelářským provozem. Jelikož budou lidé zaneprázdněni, je vhodné nastavit žaluzie na určitý sklon, který bude udržovat vhodné tepelné podmínky v místnosti po celý den tak, aby se o žaluzie nemuseli uživatelé starat. Následně ověřuji pomocí software Teruna tepelnou bilanci a průběh teplot v místnosti v letním období pro různé stavy. Návrhová teplota v interiéru bude 24°C. Výpočet bude proveden pro 21.července. Je uvažováno i s akumulací tepla do kancelářského nábytku.

Referenční místnost:



Obrázek 66 Referenční místnost

V následujících variantách budou použity naměřené hodnoty stínícího součinitele.

3.8.1 POSOUZENÍ MÍSTNOSTI BEZ STÍNÍCÍCH PRVKŮ

Pro určení rozdílu je třeba posoudit místnost bez jakéhokoliv stínícího prvku. Zadávám průměrnou naměřenou hodnotu pro okenní dvojsklo: $s = 0,89$

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 12.5h: Citelné teplo $Max = 290,35W$

21.7. 24h: Citelné teplo $Min = -4,22W$

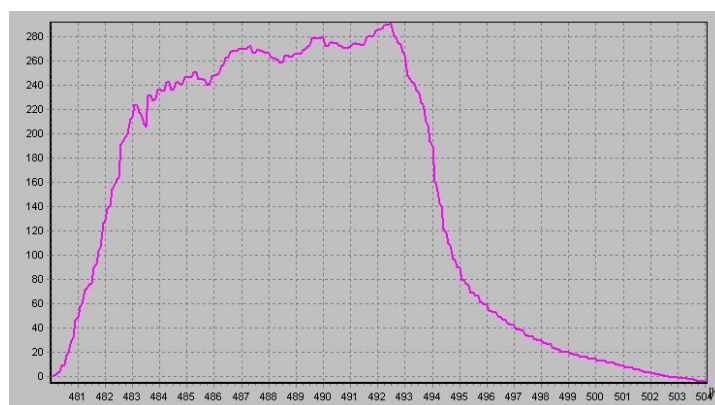
21.7. 12.5h: Vázané teplo $= 0W$ Merna $Tz = -4,9W/K$

21.7. 12.5h: Potřeba chladu $= 3,44kWh$ Potřeba tepla $= 0kWh$

Suma potřeby chladu $= 3,44kWh$

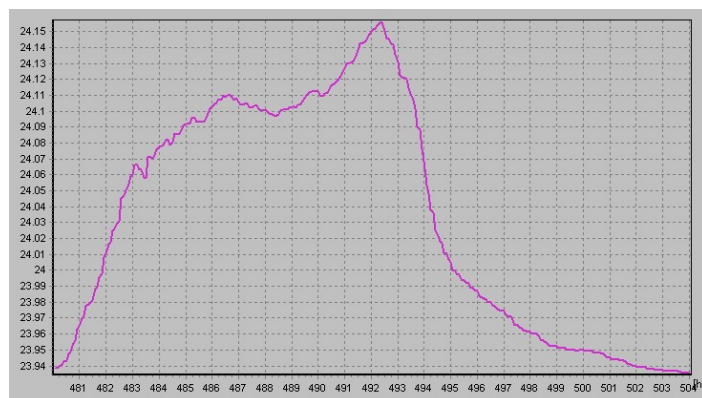
Suma potřeby tepla $= 0kWh$

Citelné teplo dosahuje ve 12:30 hod 290 W.



Obrázek 67 Průběh tepelné zátěže – dvojsklo

Rozdíl maximální a minimální teploty v místnosti je $0,23^{\circ}C$.



Obrázek 68 Průběh teplot – dvojsklo

Pokud nebudou okna stíněna přídatným prvkem, bude potřeba místnost chladit. Na chlazení je třeba 3,44 kWh. Z tohoto důvodu je vhodné doplnit okenní otvor o stínící prvek.

3.8.2 POSOUZENÍ MÍSTNOSTI PRO SKLON LAMEL 90°

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 12.33h: Čitelné teplo Max= 53.67W

21.7. 24h: Čitelné teplo Min= -38.76W

21.7. 12.33h: Vázané teplo=0W Merna Tz = -5.11W/K

21.7. 12.33h: Potřeba chladu = 0.5kWh Potřeba tepla = 0.3kWh

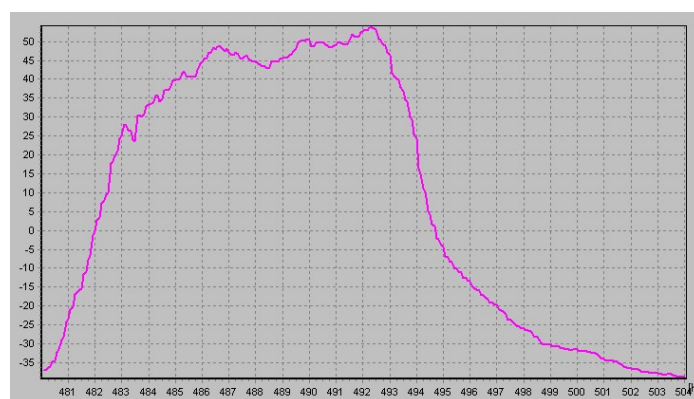
Suma potřeby chladu = 0.5kWh

Suma potřeby tepla = 0.3kWh

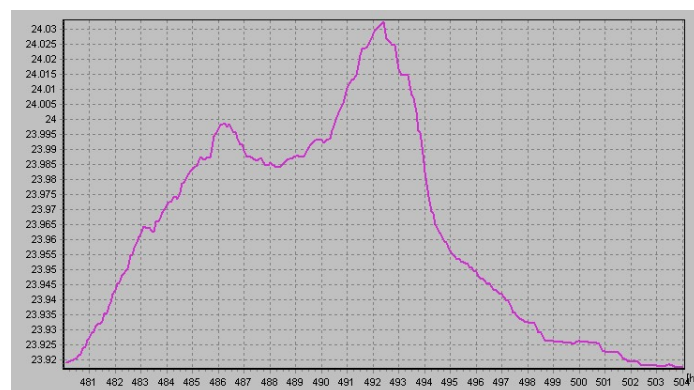
$s = 0,24$

Při vodorovné poloze lamel je potřeba tepla i chladu téměř nulová. Pro referenční místnost je tato poloha lamel ideální jakožto konstantní, pokud se uživatelé nechtějí o žaluzie starat.

Tepelná zátěž místnosti bude kolísat kolem nulové hodnoty. Celkově jsou tepelné ztráty a zisky v rovnováze.



Obrázek 69 Průběh tepelné zátěže – sklon 90°



Obrázek 70 Průběh teplot – sklon 90°

3.8.3 POSOUZENÍ MÍSTNOSTI PRO SKLON LAMEL 60°

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 12.33h: Čitelné teplo Max= 24.59W

21.7. 24h: Čitelné teplo Min= -43.01W

21.7. 12.33h: Vázané teplo=0W Merna Tz = -5.11W/K

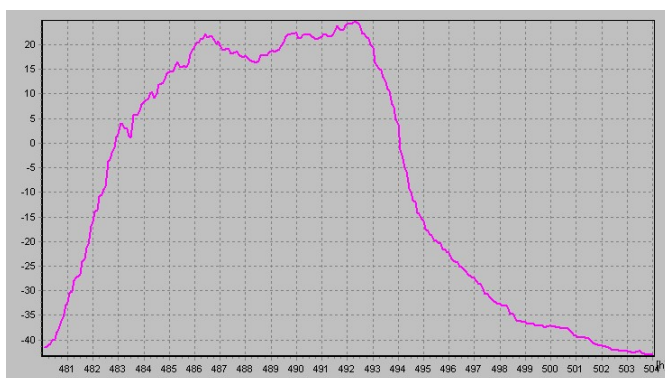
21.7. 12.33h: Potřeba chladu = 0.19kWh Potřeba tepla = 0.39kWh

Suma potřeby chladu = 0.19kWh

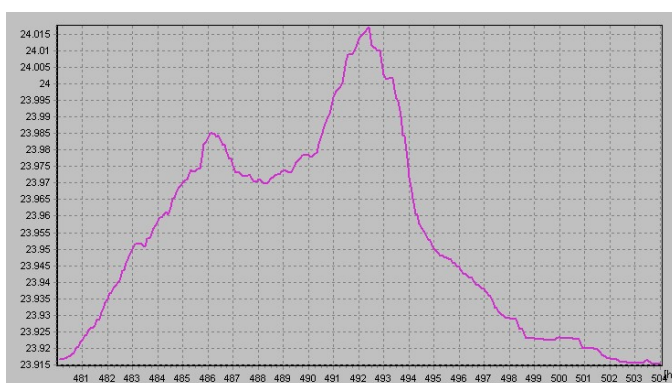
Suma potřeby tepla = 0.39kWh

s = 0,17

Při sklonu 60° jsou tepelné ztráty větší než zisky. Jestliže mají venkovní žaluzie sloužit k redukci tepelných zisků v místnosti, jejich zastínění po celý den v úhlu 60° je kontraproduktivní. Pokud by měla být v místnosti konstantní teplota 24 °C, muselo by se v nočním období topit.



Obrázek 71 Průběh tepelné zátěže – sklon 60°



Obrázek 72 Průběh teplot – sklon 60°

3.8.4 POSOUZENÍ MÍSTNOSTI PRO SKLON LAMEL 0°

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 6.42h: Cítné teplo Max= -7.51W

21.7. 24h: Cítné teplo Min= -47.79W

21.7. 6.42h: Vázané teplo=0W Merna Tz = -6.15W/K

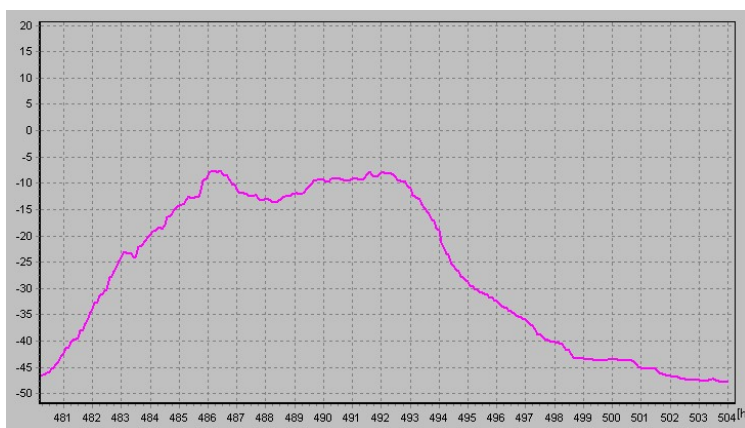
21.7. 6.42h: Potřeba chladu = 0kWh Potřeba tepla = 0.65kWh

Suma potřeby chladu = 0kWh

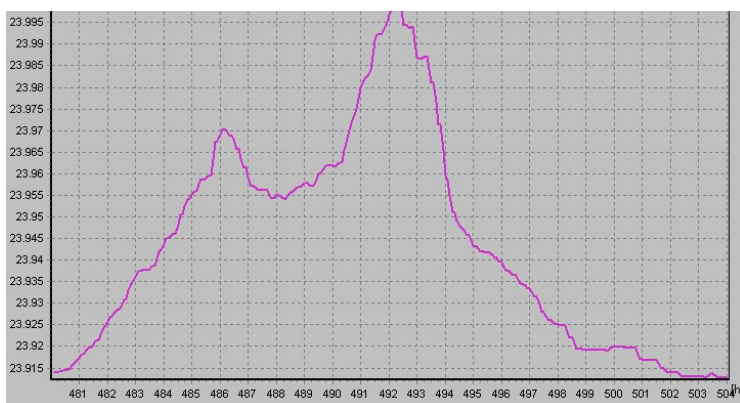
Suma potřeby tepla = 0.65kWh

s = 0,07

Při úplném zatmění místnosti přes den i noc by byl nutný zdroj tepla, abychom udrželi teplotu v interiéru na 24°C. Tomu by v reálném provozu nedošlo, je to pouze výsledek výpočtu. Tímto je prokázáno, že jsou žaluzie dobrým stínícím prvek, ale je třeba je užívat pouze v určité denní době.



Obrázek 73 Průběh tepelné zátěže – sklon 0°



Obrázek 74 Průběh teplot – sklon 0°

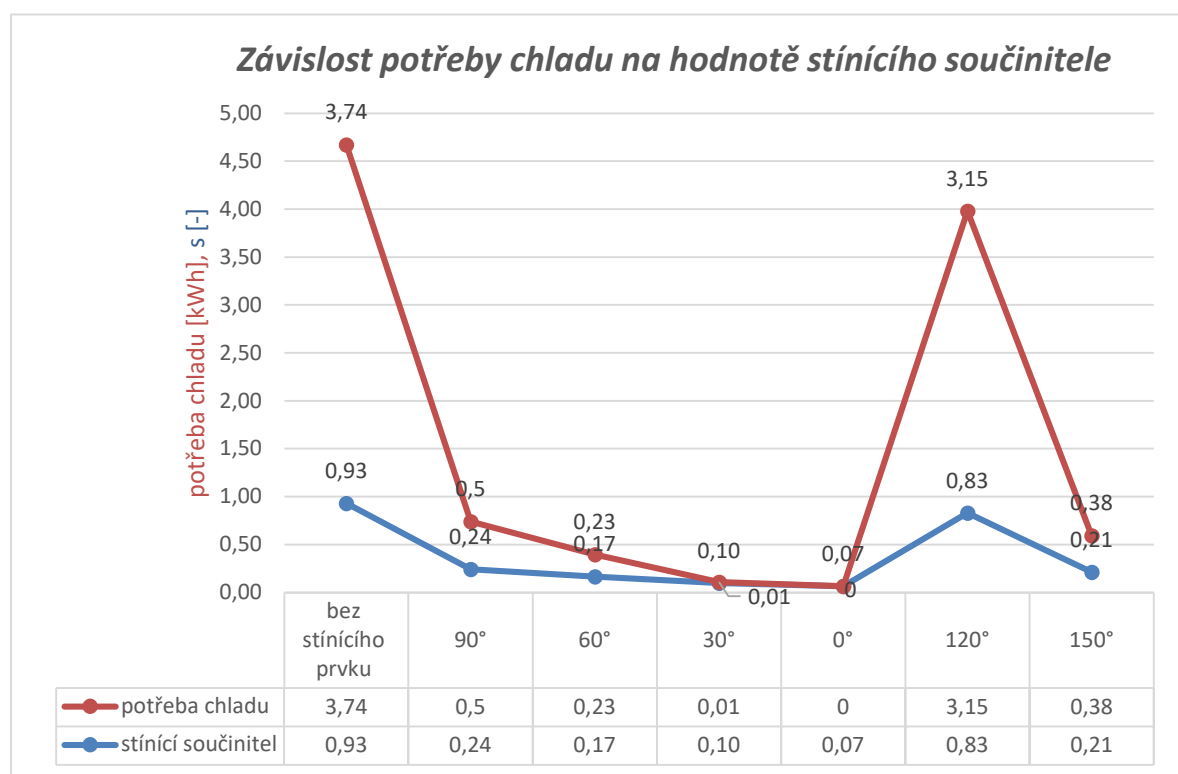
Vertikální poloha žaluzií při 24hodinovém provozu u referenční místnosti způsobí pokles teploty pod požadovaných 24 °C po celý den. Pro ustálení teploty na požadované teplotě by bylo nutné dodat 0,65 kWh tepla.

Pomocí výpočtu v softwaru Teruna je prokazatelné, že žaluzie nemusí vždy pozitivně plnit funkci stínícího prvku. Pokud jsou venkovní žaluzie nesprávně ovládány, mohou omezit přísun žádaných tepelných zisků.

3.8.5 ZÁVISLOST POTŘEBY CHLADU NA HODNOTĚ STÍNÍCIHO SOUČiniteLE

Následující graf popisuje závislost potřeby chladu na hodnotě stínícího součinitele. Výpočet byl zhotoven v software Teruna pro referenční místnost pro den 21.7. při teplotě vnitřního vzduchu 24°C.

Z grafu lze vidět, že i mírný nárůst hodnoty stínícího součinitele s [-] několikanásobně zvýší potřebu chladu [kWh]. Pootočení žaluzií, byť o malý úhel, může hrát v letních měsících velkou roli.



Obrázek 75 Graf závislosti potřeby chladu na hodnotě stínícího součinitele

ZÁVĚR

Pomocí experimentálního měření se mi podařilo zjistit hodnoty stínícího součinitele pro dvojsklo a 5 poloh lamel venkovních žaluzií. Naměřené hodnoty jsou velmi podobné normové hodnotě. Hodnotu stínícího součinitele přímo úměrně ovlivňuje intenzita slunečního záření. V programu Teruna jsem pro referenční místnost vyhodnotila tepelnou bilanci v místnosti pro různé úhly natočení lamel. Bylo zjištěno, že pokud by chtěl člověk žaluzie užívat bezstarostně po dobu 24 hodin, ideální je horizontální poloha lamel. Pak by nedocházelo při návrhové teplotě 24 °C k tepelným ztrátám ani k tepelným ziskům. Pokud budou žaluzie v referenční místnosti ve vertikální poloze po celý den, uživatel by neřešil problém s tepelnými zisky, ale naopak s tepelnými ztrátami. Žaluzie stíní tak dobře, že v této poloze zabráňují vniku slunečního záření a tím i tepelné energie. Potom by nám v letním období vznikaly tepelné ztráty, což je nežádoucí.

Venkovní žaluzie jsou prvkem s výbornými stínícími vlastnostmi. Je však nutné s nimi umět správně zacházet tak, aby uživatel co nejvíce využíval slunečního svitu a energie, ale zároveň si vytvářel příjemné vnitřní prostředí.

4 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá stínícími prvky v teoretické, projekční i experimentální rovině. Teoretická část popisuje varianty stínění budov, srovnává jednotlivé stínící prvky a poukazuje například i na to, jak ovlivňuje barva prvku jeho efektivnost. Vysvětluje řadu pojmů z oboru techniky prostředí, které mají souvislost s řešeným tématem. Projektová část se zabývá klimatizací prostoru showroomu se specifickými vnitřními podmínkami. Prostor disponuje prosklenou fasádou a vykazuje tak velkou tepelnou zátěž. Jedná se o showroom veteránů, které je třeba udržovat v daných podmínkách, aby neztrácely na hodnotě. V prostoru je třeba udržet optimální konstantní vlhkost po celý rok. Pro tyto potřeby byla navržena VZT jednotka. Experimentální část popisuje měření hodnot stínícího součinitele venkovních žaluzií pro jednotlivé sklony lamel. Naměřené hodnoty jsou porovnány s normou. Dále jsou výsledky měření aplikovány na referenční místnosti a pomocí software je vyhodnocena závislost mezi náklonem lamel a potřebou energie pro chlazení prostoru.

5 POUŽITÉ ZDROJE

Zákony, vyhlášky, normy směrnice

1. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
2. Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
3. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
4. ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
5. ČSN 12 7010/Z1 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení
6. ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

Knihy, články v odborných časopisech a akademické práce

7. RUBINA, Aleš, Olga RUBINOVÁ a Pavel UHER. BT02 – TZB III _ Vzduchotechnika: sbírka příkladů. Brno: Litera Brno, c2013. ISBN 978-80-903586-6-9.
8. GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. Vzduchotechnika. 2. vydání. Brno: ERA GROUP spol. s r.o., 2007. ISBN 978-80-7366-091-8.
9. SVOBODOVÁ, Leona. *Vzduchotechnika v multifunkčním centru*. Brno, 2020. Bakalářská práce. VUT FAST.
10. NĚMCOVÁ, Aneta. *Vliv ročního období na tepelnou stabilitu vnitřního prostoru*. Brno, 2016. Diplomová práce. VUT FAST.
11. DVOŘÁKOVÁ, Hana. *Vliv prosklení na vnitřní mikroklima objektů*. Brno, 2013. Diplomová práce. VUT FAST.
12. DVOŘÁK, Petr. *Přístavba výrobní haly*. Brno, 2020. Bakalářská práce. VUT FAST.
13. KOTAS, Marek. *Energeticky úsporný administrativní objekt s posilovnou a wellness Kostka*. Brno, 2021. Diplomová práce. VUT FAST.

Elektronické a obrazové zdroje

14. *Vnitřní prostředí budov* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitřni-prostredi-budov>
15. *Akumulace tepelné energie do stavebních konstrukcí* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla/1401-akumulace-tepelne-energie-do-stavebnich-konstrukci>

16. *Deklinace slunce v průběhu desetiletí* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/8381-deklinace-slunce-v-prubehu-desetileti>
17. *Zeměpisné souřadnice* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zem%C4%Bpisn%C3%A9_sou%C5%99adnice
18. *Sluneční energie* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/AZE-P1-slunecni_energie.pdf
19. *Solární tepelné soustavy* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://profe-sis.ckait.cz/dokumenty-ckait/mp-1-6/mp-1-6-11/>
20. Snellův zákon. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Snell%C5%AFv_z%C3%A1kon
21. *Izolační dvojskla a trojskla* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.jktokna.cz/menu/zaskleni>
22. *Zasklení* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.arokna.cz/technologie/380-1043-zaskleni.htm>
23. Šíření tepla. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0%C3%AD%C5%99en%C3%AD_tepla
24. *Výpočet tepelného zisku klimatizovaného prostoru* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/tb2a_tepelny-zisk.pdf
25. *Venkovní žaluzie nebo rolety* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.minirol.cz/aktuality/novinky/venkovni-zaluzie-nebo-rolety>
26. *Zatemňovací závěsy* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.ikea.com/cz/cs/p/vilborg-zatemnovaci-zavesy-1-par-seda-90423415/>
27. *Tiskové zprávy* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.rsre.cz/tiskove-zpravy/obermeyer-helika-je-generalnim-projektantem-galerie-pardubice-obchodniho-a-spolecenskeho-centra/>
28. *Jak funguje slunolam?* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.batima.cz/blog/70-vse-o-produktech/356-jak-funguje-slunolam>
29. *Hliníkové slunolamy* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.batima.cz/produkty/stineni-a-pristresky/hlinikove-slunolamy>
30. *Horizontální a vertikální slunolam* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.liniedesign-stinicechnika.cz/gallery/horizontalni-slunolam/>
31. *Slunolam s LED IRISS* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.liniedesign-stinicechnika.cz/gallery/slunolam-s-led/>

32. *Předokenní žaluzie nebo rolety* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.lo-xone.com/cscz/blog/predokenni-zaluzie-nebo-rolety/>
33. *Venkovní žaluzie vs. rolety* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: https://www.bydle-nimagazin.cz/rubriky/inspirace/venkovni-zaluzie-vs-rolety_5554.html
34. *Předokenní rolety* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.bubik-vrata.cz/produkty/venkovni-rolety/predokenni-rolety/>
35. *Markýzy* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.markyzy.cz/>
36. *Předokenní rolety* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.alukon.com/cs/rolety/predokenni-rolety>
37. *Vnitřní žaluzie* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.climax.cz/vnitri-zaluzie>
38. *Vertikální žaluzie* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.sunsystem.cz/vnitri-stineni/detail/vertikalni-svisle-zaluzie/>
39. *Nátěr v nejběleším možném odstínu odrazí přes 98 procent světla* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/bydleni/tipy-a-trendy/clanek/nater-v-nejbelejsim-moznem-odstinu-odrazi-pres-98-procent-svetla-40357473>
40. *Sluneční záření* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <http://www.metamater.cz/slunecni-zareni/slunecni-zareni/>
41. *Protisluneční folie* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/doma-a-bydleni/premyslite-o-protislunecni-folii-8-nejcastejsi-otazek-a-odpovedi-20190624.html>
42. *Venkovní vs. vnitřní žaluzie: kam se které hodí a lze je kombinovat?* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.neva.eu/rady-a-navody/venkovni-vs-vnitri-zaluzie-kam-se-ktere-hodi-a-lze-je-kombinovat/>
43. *Meziskelní žaluzie Plus* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: https://eshop.zaluzieroletysite.cz/horizontalni-zaluzie-c-87/meziokenni-zaluzie-plus-c-87_86/meziokenni-mezi-skelni-zaluzie-plus-sirka-35-az-44-cm-p-437.html
44. *Smog na severu Moravy* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/oslava/zpravy/i-desetkrat-vic-prachu-smog-lamal-rekordy.A170405_2317379_ostava-zpravy_sme
45. *Švýcarsko, hory* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.ckaztour.cz/cs/svycarsko/svycarsko/nejkrasnejsi-svycarsko-hory-jezera-pamatky-nejsvycarsko/>
46. *Prosklené fasády* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.thermont.cz/sortiment/pro-stavebni-firmy-a-developery/prosklene-fasady/mb-sr50-efekt>
47. *Systémová skladba do garáže a technické místnosti. Sika CZ* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://cze.sika.com/cs/reseni/byty-a-rodinne-domy/podlahy/podlaha-do-garaze.html>

48. Sendvičový panel s polyuretanem PUR /. *Panelshop CZ* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.panelshop.cz/sendvicove-panely/stresni-s-polyuretanem-pur-pirf/>
49. *Normové hodnoty součinitele prostupu tepla* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
50. *Odpor při přestupu tepla* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla>
51. *Světlíky VELUX* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.velux.cz/produkty/svetliky>
52. *Electroexpert* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://electroexp.com/cs/chto-takoe-fotorezistory.html>
53. *The assessment of window blinds effect on conserving energy consumption of office buildings in Tehran* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-assessment-of-window-blinds-effect-on-energy-of-Haghani-Kari/37355e477382bbb71b02c1bde84ba9e640bb2a0f/figure/0>
54. *Zdroje chyb.* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <http://mat.fsv.cvut.cz/aznm/predn5.pdf>
55. *Gaussova křivka* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://uemy.cz/stesti/chvala-prumernosti/>
56. *Teorie měření a regulace* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/tst/rada.v/TMaR/t-mar-2015-p2p-tm2-CHYB1.pdf>
57. *PERFEKTNÍ KLIMA V GARÁŽI PRO OPTIMÁLNÍ UDRŽENÍ HODNOTY* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://cz.trotec.com/produkty-a-sluzby/stroje-highperformance/vysou-seni-vzduchu/kondenzacni-vysousece-vzduchu-stacionarni/vysousec-vzduchu-dh-vpr/udrzovani-hodnoty-historickych-vozidel-oldtimer-klasicka-vozidla/>

Software

58. AutoCAD 2018
59. Teruna, Technika budov s.r.o.
60. AeroCAD, Remak a.s.
61. LindQST, Lindab
62. Systemair DESIGN, Systemair
63. RATUS II v 2.1.1.0. Stavoklima

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Zkratky

VZT – vzduchotechnika

Fyzikální veličiny

ξ – součinitel vřazených odporů
 c – měrná tepelná kapacita [J/kg K]
 h – výška [m]
 b – šířka [m]
 m – hmotnost [kg]
 n – násobnost výměny vzduchu [h^{-1}]
 S – plocha [m^2]
 t – čas [s], teplota [$^{\circ}C$]
 v – rychlost [m/s]
 V – objemový průtok [m^3/h]
 ε – efektivita [-]
 P – hustota [kg/m^3]
RH – relativní vlhkost [%]
 λ – součinitel tepelné vodivosti [W/m K]
 h – entalpie [kg/kJ] výška slunce nad obzorem [$^{\circ}$]
 U – součinitel prostupu tepla [W/m² K]

Indexy

i – interiér
e – exteriér
o – odvodní
p – přívodní
L – léto
Z – zima

7 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Seznamy obrázků tabulek a grafů se generují automaticky podle titulků v textu.

Obrázky

Obrázek 1 Celoroční expozice člověka.....	12
Obrázek 2 Přímé a difuzní záření.....	13
Obrázek 3 Ukázka těžké střešní konstrukce	14
Obrázek 4 Úhel zenitu	14
Obrázek 5 Sluneční deklinace a roční období.....	15
Obrázek 6 Smog ve srovnání s čistým horským vzduchem	17
Obrázek 7 Lom světla	18
Obrázek 8 Prostup svělelných paprsků dvojsklem.....	18
Obrázek 9 Dvojsklo a trojsklo.....	19
Obrázek 10 Součinitel prostupu tepla různých variant oken.....	19
Obrázek 11 Aplikace stínícího prvku	20
Obrázek 12 Reflexní sklo.....	22
Obrázek 13 Bavlněné závěsy.....	22
Obrázek 14 Stínění budovy stromy	23
Obrázek 15 Horizontální slunolam.....	24
Obrázek 16 Stínění slunolamy v ročních obdobích	24
Obrázek 17 Vertikální slunolamy	25
Obrázek 18 Venkovní žaluzie.....	26
Obrázek 19 Venkovní rolety	26
Obrázek 20 Markýza	27
Obrázek 21 Geometrie domu zajišťující stínění.....	27
Obrázek 22 Vnitřní žaluzie	28
Obrázek 23 Vnitřní roleta.....	28
Obrázek 24 Japonské panelové stěny	28
Obrázek 25 Vertikální žaluzie	29
Obrázek 26 Reflexní folie	29
Obrázek 27 Meziokenní žaluzie.....	31
Obrázek 28 Pohled na přední fasádu.....	33
Obrázek 29 Funkční celek	33
Obrázek 30 Optimální vlhkost pro veterány	34
Obrázek 31 Nežádoucí účinky	34
Obrázek 32 Popis konstrukcí.....	37
Obrázek 33 Průběh teplot 21.7.	38
Obrázek 34 Graf tepelné zátěže 21.7.	38
Obrázek 35 Pohyb slunce a procentuální zastínění oken	39
Obrázek 36 Povrchová teplota oken a teplota rosného bodu.....	39
Obrázek 37 Průběh tepelných ztrát 21.1	40
Obrázek 38 Průběh teplot 21.1.	40

Obrázek 39 Přívodní prvek	42
Obrázek 40 Distribuce a rychlost vzduchu.....	42
Obrázek 41 Rychlost vzduchu při teplotním rozdílu 8 K	43
Obrázek 42 Odvodní prvek.....	43
Obrázek 43 Dimenzační schéma	44
Obrázek 44 Axonometrický pohled na jednotku.....	47
Obrázek 45 HX diagram – jednotka se směřováním	49
Obrázek 46 HX diagram – jednotka bez směřování.....	51
Obrázek 47 HX diagram pro zimní období (vzduchová clona)	55
Obrázek 48 HX diagram pro letní období (vzduchová clona)	56
Obrázek 49 Tlaková ztráta a hladina akustického tlaku přívodního prvku.....	57
Obrázek 50 Tlaková ztráta a hladina akustického tlaku odvodního prvku	58
Obrázek 51 Ukázka návrhu tloušťky izolace	61
Obrázek 52 Optimální tloušťka izolace	61
Obrázek 53 Fotografie z měření	71
Obrázek 54 Zapojení a popis jednotlivých měřících přístrojů a komponentů	73
Obrázek 55 Zapojení vývojové desky a fotorezistorů	74
Obrázek 56 Výběr rezistorů s nejvhodnějším odporem.....	74
Obrázek 57 Seřízení fotorezistorů přidanými odpory	75
Obrázek 58 Zjednodušené schéma měření.....	77
Obrázek 59 Gaussova křivka pravděpodobnosti	78
Obrázek 60 Polohy lamel venkovních žaluzií.....	81
Obrázek 61 Fotografie z měření – sklon lamel 30°	81
Obrázek 62 Fotografie z měření – sklon 90°	85
Obrázek 63 Náklon žaluzií podle ročního období	89
Obrázek 64 Vliv intenzity slunečního záření na hodnotě stínícího součinitele	91
Obrázek 65 Průchod světla přes lamely žaluzií	91
Obrázek 66 Referenční místnost	92
Obrázek 67 Průběh tepelné zátěže – dvojsklo.....	93
Obrázek 68 Průběh teplot – dvojsklo.....	93
Obrázek 69 Průběh tepelné zátěže – sklon 90°	94
Obrázek 70 Průběh teplot – sklon 90°	94
Obrázek 71 Průběh tepelné zátěže – sklon 60°	95
Obrázek 72 Průběh teplot – sklon 60°	95
Obrázek 73 Průběh tepelné zátěže – sklon 0°	96
Obrázek 74 Průběh teplot – sklon 0°	96
Obrázek 75 Graf závislosti potřeby chladu na hodnotě stínícího součinitele	97

Tabulky

Tabulka 1 Hodnoty sluneční deklinace k 15. dni v měsíci	15
Tabulka 2 Hodnoty součinitele znečištění atmosféry	17
Tabulka 3 Normové hodnoty stínícího součinitele	21
Tabulka 4 Srovnání venkovních rolet a žaluzií	25
Tabulka 5 Hodnoty stínícího součinitele pro žaluzie	31
Tabulka 6 Klimatické podmínky	34
Tabulka 7 Požadavky na vnitřní prostředí	35
Tabulka 8 Výpočet součinitelů prostupu tepla	35
Tabulka 9 Dimenzování potrubí	45
Tabulka 10 Posouzení energetické náročnosti VZT jednotek	50
Tabulka 11 Hlukové parametry zařízení	57
Tabulka 12 Útlum hluku – přívodní potrubí	58
Tabulka 13 Útlum hluku – sací potrubí	59
Tabulka 14 Útlum hluku – odvodní potrubí	59
Tabulka 15 Útlum hluku – výtlačné potrubí	60
Tabulka 16 Výpočet tloušťky izolace potrubí	60
Tabulka 17 Položková specifikace	70
Tabulka 18 Seřízení fotočidel pomocí matematické korekce	76
Tabulka 19 Měření pyranometrem	76
Tabulka 20 Měření – dvojsklo - 9.9.	80
Tabulka 21 Měření - 0° - 9.9.	82
Tabulka 22 Měření - 30° - 9.9.	83
Tabulka 23 Měření - 60° - 9.9.	84
Tabulka 24 Měření - 90° - 9.9.	86
Tabulka 25 Měření - 120° - 9.9.	87
Tabulka 26 Měření - 150° - 9.9.	88
Tabulka 27 Výsledné hodnoty z měření	90

PŘÍLOHY

Datum měření:		10.09.2021		
Úhel natočení lamel:		bez stínícího prvku		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel $s = I_k/O_k$	Aritmetický průměr $s [-]$	Odhad absolutní chyby Δa
856,81846	765,02	0,893	0,893	0,893
858,08745	766,15	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
858,08745	766,15	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
858,08745	766,15	0,893		0,893
858,08745	766,15	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
858,08745	766,15	0,893		0,893
858,08745	766,15	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
855,54947	763,88	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
856,81846	765,02	0,893		0,893
855,54947	763,88	0,893		0,893
855,54947	763,88	0,893		0,893
855,54947	763,88	0,893		0,893
855,54947	763,88	0,893		0,893
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} \approx 0,893 \pm 0,000$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 0,00\%$	
Průměrná hodnota:			$\langle \varepsilon \rangle =$	0,892857
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_\xi = 0,00000$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,000$		

Datum měření:		23.09.2021		
Úhel natočení lamel:		bez stínícího prvku		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s = I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
902	852,02	0,945	0,945	0,945
902	853,15	0,946		0,946
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	853,15	0,946		0,946
901	852,02	0,946		0,946
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	853,15	0,946		0,946
902	853,15	0,946		0,946
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
901	850,89	0,944		0,944
901	852,02	0,946		0,946
902	852,02	0,945		0,945
902	852,02	0,945		0,945
901	850,89	0,944		0,944
901	850,89	0,944		0,944
901	850,89	0,944		0,944
901	850,89	0,944		0,944
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} \approx 0,945 \pm 0,003$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 0,19\%$	
Průměrná hodnota:			$\langle \varepsilon \rangle =$	0,944833
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_\xi = 0,00180$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,003$		

Datum měření:		10.09.2021		
Úhel natočení lamel:		0°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
897	64,41	0,072	0,073	0,072
897	65,54	0,073		0,073
897	65,54	0,073		0,073
897	64,41	0,072		0,072
897	65,54	0,073		0,073
897	65,54	0,073		0,073
897	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
895	64,41	0,072		0,072
896	64,41	0,072		0,072
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	66,67	0,074		0,074
895	66,67	0,074		0,074
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
896	65,54	0,073		0,073
Absolutní chyba měření:				$\bar{x} = \langle 0,073 \rangle \pm 0,002$
Relativní chyba měření:			$\rho = 2,64\%$	
Průměrná hodnota:			$\langle \varepsilon \rangle =$	0,073030
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,00193$		
		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,003$		
Směrodatná odchylka měření:				

Datum měření:		23.09.2021		
Úhel natočení lamel:		0°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
897	62,89	0,070	0,071	0,070
897	62,89	0,070		0,070
897	61,76	0,069		0,069
897	62,89	0,070		0,070
897	62,89	0,070		0,070
897	62,89	0,070		0,070
897	61,76	0,069		0,069
897	62,89	0,070		0,070
897	62,89	0,070		0,070
897	62,89	0,070		0,070
898	64,02	0,071		0,071
898	64,02	0,071		0,071
898	64,02	0,071		0,071
899	64,02	0,071		0,071
899	65,15	0,072		0,072
899	65,15	0,072		0,072
900	65,15	0,072		0,072
900	66,28	0,074		0,074
899	66,28	0,074		0,074
899	65,15	0,072		0,072
898	65,15	0,073		0,073
899	65,15	0,072		0,072
899	65,15	0,072		0,072
899	65,15	0,072		0,072
899	64,02	0,071		0,071
900	65,15	0,072	0,072	
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,071> \pm 0,005$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 6,24\%$	
Průměrná hodnota:			$<\varepsilon> =$	0,071372
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,00446$		
		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,007$		
Směrodatná odchylka měření:				

Datum měření:		10.09.2021		
Úhel natočení lamel:		30°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel $s = I_k/O_k$	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
896	90,4	0,101	0,108	0,101
895	92,66	0,104		0,104
895	91,53	0,102		0,102
895	97,18	0,109		0,109
896	98,31	0,110		0,110
896	97,18	0,108		0,108
896	99,44	0,111		0,111
896	99,44	0,111		0,111
896	98,31	0,110		0,110
846	88,14	0,104		0,104
896	94,92	0,106		0,106
896	94,92	0,106		0,106
896	90,4	0,101		0,101
895	94,92	0,106		0,106
896	98,31	0,110		0,110
896	98,31	0,110		0,110
896	98,31	0,110		0,110
896	98,31	0,110		0,110
896	97,18	0,108		0,108
896	91,53	0,102		0,102
896	97,18	0,108		0,108
896	94,92	0,106		0,106
896	98,31	0,110		0,110
896	96,05	0,107		0,107
697	85,88	0,123		0,123
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = \langle 0,108 \rangle \pm 0,021$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 13,16\%$	
Průměrná hodnota:			$\langle \varepsilon \rangle =$	0,107687
Vyloučení chyb měření:			$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_\xi =$	0,01417
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,021$		

Datum měření:		23.09.2021		
Úhel natočení lamel:		30°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
899	96,34	0,107	0,108	0,107
899	96,34	0,107		0,107
897	96,34	0,107		0,107
898	95,21	0,106		0,106
899	96,34	0,107		0,107
898	96,34	0,107		0,107
897	96,34	0,107		0,107
897	97,47	0,109		0,109
897	98,6	0,110		0,110
897	98,6	0,110		0,110
898	97,47	0,109		0,109
898	96,34	0,107		0,107
897	96,34	0,107		0,107
897	95,21	0,106		0,106
897	95,21	0,106		0,106
898	96,34	0,107		0,107
898	97,47	0,109		0,109
898	97,47	0,109		0,109
898	97,47	0,109		0,109
898	97,47	0,109		0,109
899	97,45	0,108		0,108
897	97,42	0,109		0,109
897	97,39	0,109		0,109
896	97,38	0,109		0,109
897	97,31	0,108		0,108
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,108> \pm 0,005$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 3,16\%$	
Průměrná hodnota:			$< \varepsilon > =$	0,107913
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\zeta} = 0,00341$		
		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,005$		
Směrodatná odchylka měření:				

Datum měření:		10.09.2021		
Úhel natočení lamel:		60°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
851	150,29	0,177	0,180	0,177
853	154,81	0,181		0,181
869	157,07	0,181		0,181
850	155,94	0,183		0,183
843	154,81	0,184		0,184
837	151,42	0,181		0,181
836	154,81	0,185		0,185
831	153,68	0,185		0,185
833	151,42	0,182		0,182
845	155,94	0,185		0,185
877	161,59	0,184		0,184
854	160,46	0,188		0,188
843	159,33	0,189		0,189
873	155,94	0,179		0,179
876	155,94	0,178		0,178
876	155,94	0,178		0,178
887	151,42	0,171		0,171
881	155,94	0,177		0,177
878	155,94	0,178		0,178
877	155,94	0,178		0,178
897	157,07	0,175		0,175
899	158,2	0,176		0,176
887	157,07	0,177		0,177
893	157,07	0,176		0,176
898	158,2	0,176		0,176
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,180> \pm 0,021$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 8,03\%$	
Průměrná hodnota:			$<\epsilon> =$	0,180097
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,01446$		
		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,021$		
Směrodatná odchylka měření:				

Datum měření:		23.09.2021		
Úhel natočení lamel:		60°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
897	149,93	0,167	0,170	0,167
897	151,06	0,168		0,168
897	151,06	0,168		0,168
897	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
896	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
896	151,06	0,169		0,169
897	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
897	153,32	0,171		0,171
897	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
896	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
897	153,32	0,171		0,171
897	153,32	0,171		0,171
896	152,19	0,170		0,170
896	152,19	0,170		0,170
897	152,19	0,170		0,170
896	152,19	0,170		0,170
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,170> \pm 0,003$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 1,22\%$	
Průměrná hodnota:			$<\varepsilon> =$	0,169610
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,00207$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,003$		

Datum měření:		10.09.2021		
Úhel natočení lamel:		90°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
901	212,44	0,236	0,241	0,236
899	212,44	0,236		0,236
900	213,57	0,237		0,237
899	213,57	0,238		0,238
899	214,7	0,239		0,239
897	212,44	0,237		0,237
894	212,44	0,238		0,238
898	213,57	0,238		0,238
890	212,44	0,239		0,239
897	213,57	0,238		0,238
888	213,57	0,241		0,241
771	209,05	0,271		0,271
900	212,44	0,236		0,236
889	213,57	0,240		0,240
891	212,44	0,238		0,238
891	215,83	0,242		0,242
888	214,7	0,242		0,242
895	215,83	0,241		0,241
881	212,44	0,241		0,241
882	213,57	0,242		0,242
879	214,7	0,244		0,244
800	197,75	0,247		0,247
900	219,22	0,244		0,244
838	202,27	0,241		0,241
872	207,92	0,238		0,238
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,241> \pm 0,033$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 9,32\%$	
Průměrná hodnota:			$< \epsilon > =$	0,240979
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,02247$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n - 1)}} = 0,033$		

Datum měření:		23.09.2021		
Úhel natočení lamel:		90°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
894	214,79	0,240257271	0,245	0,240
895	215,92	0,241251397		0,241
895	215,92	0,241251397		0,241
895	215,92	0,241251397		0,241
895	218,18	0,243776536		0,244
895	218,18	0,243776536		0,244
895	219,31	0,245039106		0,245
895	219,31	0,245039106		0,245
895	219,31	0,245039106		0,245
895	220,44	0,246301676		0,246
895	220,44	0,246301676		0,246
894	220,44	0,246577181		0,247
894	219,31	0,245313199		0,245
892	219,31	0,245863229		0,246
893	219,31	0,245587906		0,246
892	219,31	0,245863229		0,246
892	217,05	0,243329596		0,243
892	218,18	0,244596413		0,245
892	218,18	0,244596413		0,245
892	219,31	0,245863229		0,246
893	220,44	0,246853303		0,247
893	220,44	0,246853303		0,247
894	221,57	0,247841163		0,248
894	222,7	0,249105145		0,249
894	223,83	0,250369128		0,250
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,245> \pm 0,011$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 2,96\%$	
Průměrná hodnota:			$<\epsilon> =$	0,245116
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = 0,00726$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,011$		

Datum měření:		10.09.2021		
Úhel natočení lamel:		120°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
890	632,8	0,711	0,804	0,711
890	636,19	0,715		0,715
890	640,71	0,720		0,720
890	646,36	0,726		0,726
890	655,4	0,736		0,736
890	662,18	0,744		0,744
890	671,22	0,754		0,754
890	680,26	0,764		0,764
890	688,17	0,773		0,773
890	697,21	0,783		0,783
890	705,12	0,792		0,792
889	713,03	0,802		0,802
890	722,07	0,811		0,811
890	728,85	0,819		0,819
890	735,63	0,827		0,827
890	748,06	0,841		0,841
890	754,84	0,848		0,848
890	761,62	0,856		0,856
890	765,01	0,860		0,860
890	771,79	0,867		0,867
890	771,79	0,867		0,867
890	775,18	0,871		0,871
890	778,57	0,875		0,875
890	778,57	0,875		0,875
890	778,57	0,875		0,875
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} \approx \mathbf{0,804} \pm \mathbf{0,268}$	
Relativní chyba měření:			$\rho = \mathbf{22,49\%}$	
Průměrná hodnota:			$\langle \varepsilon \rangle =$	0,804494
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\xi} = \mathbf{0,18093}$		
Směrodatná odchylka měření:		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n - 1)}} = \mathbf{0,268}$		

Datum měření:		23.09.2021		
Úhel natočení lamel:		120°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
891	822,64	0,923	0,901	0,923
892	821,51	0,921		0,921
893	821,51	0,920		0,920
893	821,51	0,920		0,920
893	819,25	0,917		0,917
893	818,12	0,916		0,916
893	815,86	0,914		0,914
893	815,86	0,914		0,914
892	814,73	0,913		0,913
893	813,6	0,911		0,911
892	811,34	0,910		0,910
892	810,21	0,908		0,908
893	807,95	0,905		0,905
892	806,82	0,905		0,905
892	803,43	0,901		0,901
893	801,17	0,897		0,897
892	798,91	0,896		0,896
892	795,52	0,892		0,892
892	792,13	0,888		0,888
893	789,87	0,885		0,885
893	787,61	0,882		0,882
893	784,22	0,878		0,878
893	780,83	0,874		0,874
893	779,7	0,873		0,873
893	774,05	0,867		0,867
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,901> \pm 0,080$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 6,01\%$	
Průměrná hodnota:			$<\epsilon> =$	0,901157
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\zeta} = 0,05415$		
		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,080$		
Směrodatná odchylka měření:				

Datum měření:		10.09.2021		
Úhel natočení lamel:		150°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s= I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
892	176,28	0,198	0,201	0,198
892	176,28	0,198		0,198
892	177,41	0,199		0,199
892	178,54	0,200		0,200
892	177,41	0,199		0,199
892	177,41	0,199		0,199
892	178,54	0,200		0,200
892	178,54	0,200		0,200
892	178,54	0,200		0,200
892	178,54	0,200		0,200
892	178,54	0,200		0,200
892	178,54	0,200		0,200
892	178,54	0,200		0,200
892	177,41	0,199		0,199
892	178,54	0,200		0,200
892	178,54	0,200		0,200
892	179,67	0,201		0,201
892	179,67	0,201		0,201
892	179,67	0,201		0,201
892	179,67	0,201		0,201
892	180,8	0,203		0,203
891	179,67	0,202		0,202
891	179,67	0,202		0,202
891	179,67	0,202		0,202
891	180,8	0,203		0,203
891	179,67	0,202		0,202
891	180,8	0,203		0,203
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} = <0,201> \pm 0,007$	
Relativní chyba měření:			$\rho = 2,25\%$	
Průměrná hodnota:			$< \varepsilon > =$	0,200515
Vyloučení chyb měření:		$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_{\zeta} = 0,00451$		
		$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,007$		
Směrodatná odchylka měření:				

Datum měření:		23.09.2021		
Úhel natočení lamel:		150°		
Hodnota na fotočidle v exteriéru O_k	Hodnota na fotočidle v interiéru I_k	Stínící součinitel s = I_k/O_k	Aritmetický průměr s [-]	Odhad absolutní chyby Δa
896	220,38	0,246	0,236	0,246
897	191	0,213		0,213
897	197,78	0,220		0,220
898	201,17	0,224		0,224
898	202,3	0,225		0,225
897	203,43	0,227		0,227
897	205,69	0,229		0,229
897	206,82	0,231		0,231
897	206,82	0,231		0,231
897	209,08	0,233		0,233
897	209,08	0,233		0,233
897	209,08	0,233		0,233
897	211,34	0,236		0,236
896	210,21	0,235		0,235
896	211,34	0,236		0,236
896	211,34	0,236		0,236
896	211,34	0,236		0,236
896	211,34	0,236		0,236
896	202,3	0,226		0,226
896	228,29	0,255		0,255
896	227,16	0,254		0,254
895	225,58	0,252		0,252
895	222,18	0,248		0,248
894	222,02	0,248		0,248
894	221,95	0,248		0,248
894	220,05	0,246		0,246
Absolutní chyba měření:			$\bar{x} =$	<0,236> ± 0,053
Relativní chyba měření:			$\rho =$	15,18%
Průměrná hodnota:			$\langle \varepsilon \rangle =$	0,236006
Vyloučení chyb měření:			$\vartheta_{x,\xi} = \sigma_x v_\xi =$	0,03583
Směrodatná odchylka měření:			$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} =$	0,053