

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE
Světelná odrazivost barevných hliněných
omítek**

**Bc. Štěpán Kutíš
2018**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Procházka, Ph.D.

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

V Praze

.....
Jméno a příjmení diplomanta

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Michalovi Procházkovi, Ph.D. za vedení a cenné rady při konzultacích a zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Michalovi Navrátilovi za poskytnutí vzorků a prostoru pro měření. Firmě MOMOSO s.r.o. za zapůjčení měřicích přístrojů.

Anotace

Autor se v práci zabývá tématem světelné odrazivosti barevných hliněných omítek. Nejprve stanovuje hodnoty činitelů odrazivosti pro různé hliněné omítky následně s naměřenými hodnotami provádí výpočty na vytvořeném modelu několika vzorových místností. Všechny výsledky jsou srovnávány s nejběžnějším povrchem interiérů, kterým je bílá malba.

Model a výpočty jsou provedeny pomocí jednoho ze software pro návrhy osvětlení. A výsledky jsou zaznamenány do přehledných tabulek a grafů doplněných komentářem. Výpočty jsou zhotoveny pro umělé i denní osvětlení. Na závěr je ještě uveden návrh na zvětšení oken pro dosažení stejné intenzity osvětlení při použití tmavé hliněné omítky ve srovnání s bílou malbou.

Práce rozšiřuje poznatky o hliněných omítkách o další údaj, kterým je činitel odrazivosti světla a ukazuje na konkrétních příkladech, jak velký vliv má použití omítek s rozdílným činitelem odrazu na celkovou intenzitu osvětlení v interiéru.

Abstract

In this paper the author discusses the topic of light reflection from coloured clay plaster wall finishes. First, the values of the clay reflection factors for different types of wall finishes are established. Then calculations are performed with a pre-made model for several different rooms. All the results are compared to a white paint, which is the most commonly used interior finish. The model and the calculations are made with a software used for lighting design for both natural and artificial lighting. The results are recorded in structured tables and graphs with additional comments. To conclude the calculations, a recommendation has been made to increase the size of the windows to obtain the same lighting intensity in the dark coloured clay wall finish compared to a white paint.

Obsah:

Úvod.....	7
1. Cíle práce	7
2.1. Určení činitele odrazu ρ pro hliněné omítky.....	7
2.2. Vytvoření virtuálního modelu domu s použitím hliněných omítek.....	7
2.3. Porovnání vlivu hliněných omítek na osvětlenost interiérů s klasickými omítkami.....	7
2. Teoretická východiska.....	8
2.1. Zrak a vidění.....	8
2.2. Světlo.....	10
2.2.1. Definice	10
2.3. Světelně technické veličiny.....	15
2.3.1. Odraz světla.....	18
2.4. Denní osvětlení budov	22
2.4.1. Termíny a definice.....	22
2.4.2. Denní osvětlení	25
2.4.3. Výpočet denního osvětlení	27
2.5. Umělé osvětlení budov	31
2.5.1. Požadavky na umělé osvětlení	32
2.6. Hliněné omítky	34
2.6.1. Výroba.....	35
2.6.2. Pracovní postup aplikace hliněných omítek.....	37
3. Metody a software	38
3.1. Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru	38
3.2. Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru	39
3.3. Měření činitele odrazu světla pomocí jasoměru nebo luxmetru s jasovým nastavcem.....	39
3.4. Určení činitele odrazu světla pomocí reflexních tabulek	40
3.5. Software pro výpočet a návrh osvětlení	40
3.5.1. Relux.....	40
3.6. Měřicí přístroje.....	42
3.6.1. Luxmetr	42
3.6.2. Jasoměr	44
4. Vlastní výsledky	45
4.1. Měření odrazivosti	45
5.1.1. Naměřené hodnoty všech vzorků.....	54
4.2. Vytvoření virtuálního modelu domu s použitím hliněných omítek.....	61
4.3. Porovnání vlivu hliněných omítek na osvětlenost interiérů s klasickými omítkami.....	69
4.3.1. Umělé osvětlení.....	69
4.3.2. Umělé osvětlení – výsledky výpočtů.....	71
5.3.4. Denní osvětlení	73
5.3.5. Denní osvětlení – výsledky výpočtů.....	75
5. Přínosy a doporučení	78
6. Závěr.....	78
6.1. Určení činitele odrazu ρ pro hliněné omítky.....	78
6.2. Vytvoření virtuálního modelu domu s použitím hliněných omítek.....	79
6.3. Porovnání vlivu hliněných omítek na osvětlenost interiérů s klasickými omítkami.....	80

Použitá literatura	82
---------------------------------	-----------

Úvod

Jak už název práce napovídá, na následujících stranách je řešena problematika odrazivosti hliněných omítek a jejich vliv na intenzitu světla v interiéru.

Činitelé odrazu všech povrchů v místnosti ovlivňují velkou mírou výsledné hodnoty osvětlenosti dosažené v prostoru. Nezařízený prostor, který vyhovuje požadavkům na osvětlení, bude mít po vybavení nábytkem zcela odlišné výsledné hodnoty a vliv na náladu člověka a zátěž zrakového ústrojí při vykonávání zrakových činností.

Hliněné omítky se dostávají zase zpět do stavebnictví, většinou v rámci ekodomů a staveb, které vznikají za pomoci přírodních materiálů. U těchto omítek dosud není možné vyrobit čistě bílou omítku a v interiérech je často použita jako dekorativní povrch v tmavších odstínech především hnědé barvy. Díky tomu se autor rozhodl zjistit, jak velký je vliv těchto omítek na množství světla v místnosti a potvrdit, popřípadě vyvrátit obavy z nedostatku světla při použití tmavších odstínů hliněných omítek.

Problém odrazivosti je řešen na modelu vzorového domu, na kterém bude porovnáváno několik druhů hliněných omítek s běžně známou povrchovou úpravou interiérů – bílou malbou.

Práce je určena především projektantům a architektům, kteří by měli ve svých projektech skloubit požadavky norem s požadavky uživatelů a vytvořit tak funkční, krásné a zdravé prostředí pro život a práci. Jedním dílkem z této pomyslné skládky je světlo a osvětlení budov, které je v práci řešeno z pohledu, kterému nebyla doposud věnovaná taková pozornost. Hliněné omítky asi zůstanou i nadále spíše menšinovým typem povrchu v interiérech a exteriérech budov, ale i pro tyto povrchy je důležité znát jejich vlastnosti a chování, co nejlépe.

1. Cíle práce

2.1. Určení činitele odrazu ρ pro hliněné omítky

Určení činitele odrazu bude provedeno měřením světleného toku dopadajícího na omítku a toku, který se odrazí. Následně bude pomocí známých vztahů dopočítána hodnota činitele odrazu.

2.2. Vytvoření virtuálního modelu domu s použitím hliněných omítek

Bude vytvořen 3D virtuální model vzorových místností, ve kterých se aplikují všechny změřené druhy hliněných omítek a proveden výpočet pro denní a umělé osvětlení.

2.3. Porovnání vlivu hliněných omítek na osvětlenost interiérů s klasickými omítkami

Provedení vyhodnocení výpočtů z výpočetního softwaru pro návrh osvětlení, porovnání výsledků s interiérem s bílou malbou (nejběžnější povrchová úprava interiérů).

2. Teoretická východiska

2.1. Zrak a vidění

Jelikož se tato práce zabývá otázkou odrazivosti světla není možné opomenout ani stručný popis zraku a zrakového ústrojí člověka. Zrakové ústrojí člověka je systém, který je schopný vnímat světlo. Oko v současné době již není chápáno jako pouhý orgán, který umožňuje vnímat viditelnou část elektromagnetického záření a orgán, který slouží pouze k příjmu informací. Proces vidění je nyní chápán jako složitý souběh více operací v celém zrakovém ústrojí.

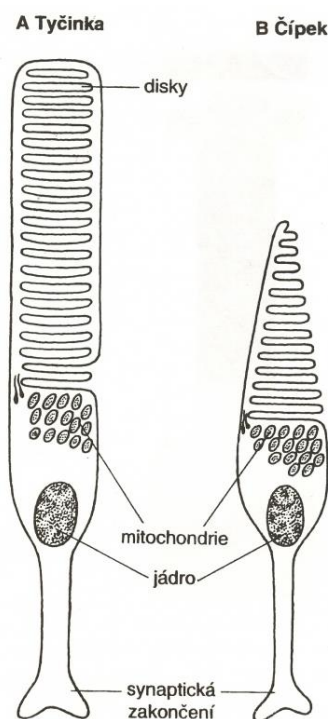
Tento proces zahrnuje příjem informací, přičemž je světlo nositelem informace, zpracování této informace a transformaci podnětů na nervové vzruchy. Tyto vzruchy jsou následně přenášeny zrakovým nervem do mozku – centrum zraku je uloženo v mozkové kůře (Brodmannova area), kde dochází k identifikaci pozorovaných objektů a zatřídění informací, buď k bezprostřednímu využití například při nějaké činnosti nebo pro uložení do paměti.

Zrakové ústrojí

„Průměr lidské bulvy u dospělého člověka je přibližně 24mm. Stěna oka je tvořena bělimou (sklerou), cévnatkou (chorioideamou) a sítnicí (retinou). Bělma je neprůhledná, opálově bílá tkáň. Cévnatka tvoří spleť krevních cév a vlásečnic. Od sítnice je cévnatka oddělena tenkou elastickou blánou, přes níž cévnatka sítnici vyživuje.

V přední části oka přechází bělima v průhledný pevný obal zvaný rohovka (kornea), kdežto cévnatka přechází v tzv. řasnaté tělísko (corpus ciliare), na němž je zavěšena oční čočka (lens) a jednak v duhovku (iris). Mezi rohovkou a duhovkou je prostor (přední komora) vyplněný vnitrooční tekutinou. Duhovka tvoří jakousi mechanickou optickou clonu oka. Uprostřed duhovky je přibližně kruhový otvor – zornice (pupila), kudy vstupuje do oka světlo. Průměr zornice se mění v závislosti na smrštění či uvolnění hladkých svalů duhovky, a tím se upravuje hodnota světelného toku vstupujícího do oka. Za zornicí se nachází čočka, což je průzračné dvojevypuklé tělísko polotuhé pružné konzistence, obalené do pružného pouzdra. Vnitřní prostor (zadní komoru) oka vyplňuje bezbuněčná čirá, průhledná, bezbarvá, rosolovitá a pružná hmota – sklivce. V zadní části oka, pod úhlem asi 18° od zadního pólu směrem k nosu, vystupuje z oka zrakový nerv, spojující sítnici oka s vyššími zrakovými nervovými centry v mozku. V místě, kde vstupuje zrakový nerv do sítnice, nejsou žádné nervové buňky, tedy ani fotoreceptory, a toto místo se proto nazývá slepá skvrna. Uprostřed sítnice je jasně hnědá, cév prostá oblast, tzv. žlutá skvrna, jejíž střední prohloubená část se nazývá centrální jamka.“ [4]

Tyčnky a čípky



Obr. 1: Tyčinka a čípek (převzato z webu: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/block_images/5333/00281.jpg 5.12.2017 11:54)

Tyčinky umožňují vnímání kontrastů, černobílé vidění za nízké viditelnosti. Čípky jsou evolučně mladší a vyvinuly se z tyčinek, umožňují savcům vnímat barvy, tím poskytly savcům výhodu v evoluci.

Na sítnici má každý člověk přibližně 120 miliónů tyčinek, čípků je v oku 20 krát méně.

Metamerie

„Metamerie je jev, kdy pozorovatel vnímá stejný barevný vjem za různých podmínek různě. Tento jev je způsoben (ne)dokonalostí lidského oka, které nerozlišuje spektrální složení světla, ale rozlišuje vjemy – signály z oka.

Oko je vybaveno třemi druhy čípků (ρ , γ , β – čípky), které lze přirovnat k filtrům R-G-B. Jakmile je určitý čípek podrážděn, vyšle signál do mozku. Signál do mozku však nenesení informaci o přesné vlnové délce zdroje světla. Proto dva různé objekty dokáží vyvolat jeden a ten samý vjem u pozorovatele.

Rozlišujeme dva typy metamerie:

- Metamerie osvětlení: dva různé objekty pod určitým osvětlením vypadají stejně, ale při změně osvětlení, vypadají už jinak.
- Metamerie pozorovatele: situace, kdy dva různí pozorovatelé označují dva různé objekty odlišně. Jeden je vnímá jako shodné a druhý jako odlišné.“ [8]

Zraková dráha

Zraková dráha je multisynaptická, čtyřneuronová sensitivní dráha, patřící mezi sensorické dráhy. První tři neurony zrakové dráhy se nacházejí v nervové části sítnice.

„První neurony jsou speciální světločivé buňky, jejichž dendrit je přeměněn ve světločivý výběžek přeměňující světelné podněty na nervové signály; jsou umístěny v nejzevnější vrstvě sítnice a jejich krátké axony míří směrem dovnitř, kde se napojují na dendrity bipolárních neuronů.

Druhé neurony jsou bipolární neurony, které se souhrnně nazývají ganglion retinae. Jejich dendrity jsou spojeny s axony světločivých buněk a axony vedou k dendritům gangliových buněk.

Třetí neurony jsou gangliové buňky označované souhrnně jako ganglion opticum. Byly popsány tři typy gangliových buněk – parasol cells, midget cells a bistratified cells. Jejich axony vedou po vnitřním obvodu bulbu a sbíhají se v discus nervi optici, kde prostupují stěnou bulbu. Poté, co opustí oko, získávají myelinovou pochvu a tvoří nervus opticus, který je na povrchu kryt mozkovými obaly. Myelinová pochva je tvořena oligodendroglíí. Po průchodu skrz canalis opticus se oba nervy optici spojují a tvoří chiasma opticum, ve kterém se kříží axony pocházející z mediálních částí sítnice a některé axony ze žluté skvrny. Axony, které vycházejí z dolních nasálních (mediálních) kvadrantů sítnice tvoří v chiasma opticum tzv. Willebrandovo kolénko, neboť při svém křížení nepatrně zabíhají do druhostranného n. opticus.

Čtvrté neurony se nacházejí v corpus geniculatum laterale a jejich axony probíhají jako tractus geniculocorticalis ke kůře okcipitálního laloku.“ [1]

Hlavní funkcí zrakové dráhy je převod obrazu vnějšího světa, zachyceného světločivými buňkami, do mozkové kůry, který je umožněn přesným retinotopickým uspořádáním po celé její délce. Odbočky ze zrakové dráhy potom umožňují řízení reflexů jako miosy a mydriasy, a různých okohybných pohybů i motoriky celého těla. Odbočka do hypothalamu ovlivňuje vegetativní funkce a řízení cirkadiálních rytmů

2.2. Světlo

Světlo má významný vliv na celý lidský organismus, náladu a únavu a vyvolává nesčetné množství reakcí, které jsou potřeba pro existenci života na Zemi. V této kapitole se autor věnuje pojmům, které se týkají oblasti světla a jevů spojených s odrazivostí světla.

2.2.1. Definice

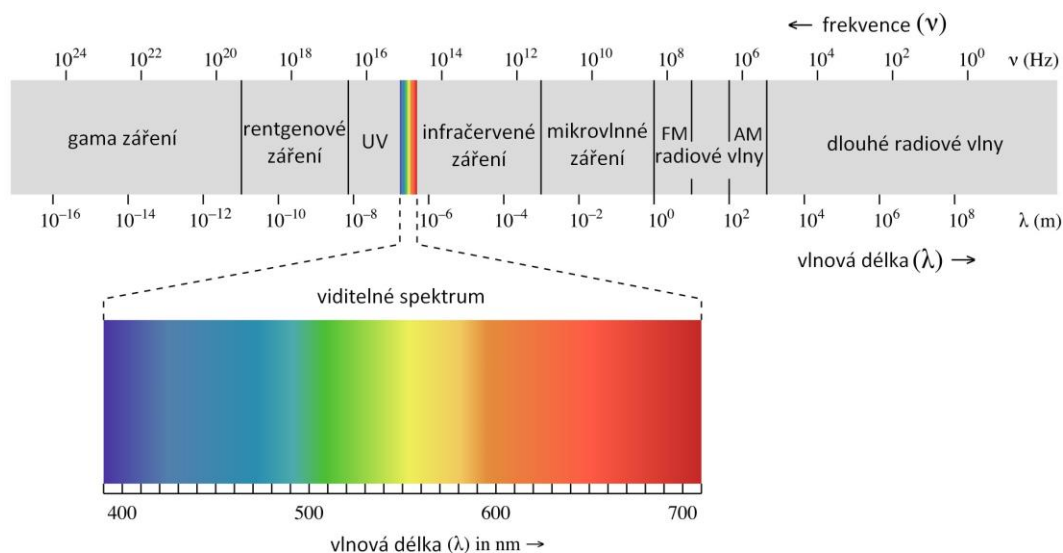
Zde se nachází stručné zavedení pojmů, které jsou v oblasti světla a světlené techniky obecně známé.

Záření

„Záření (radiace) je šíření či přenos energie prostorem v podobě elektromagnetických vln nebo hmotných částic.“ [4]

Spektrum záření

Druhy záření lze rozlišovat podle frekvencí (kmitočtu) ν (Hz) nebo podle vlnové délky λ . Záření se stejnou vlnovou délkou se označují jako monofrekvenční a pokud se jednotlivá monofrekvenční záření seřadí podle jejich vlnových délek nebo kmitočtů, tak se získá celé spektrum záření.



Obr. 2: Spektrum záření (převzato z webu: <http://tesla.xf.cz/rentgen.html> 7.11.2017 14:32)

Světlo

„Pod pojmem světelné záření (světlo) se rozumí viditelné záření, které je zhodnoceno zrakovým orgánem pozorovatele podle citlivosti oka k záření různých vlnových délek. Ve viditelné oblasti spektra budí každé monofrekvenční záření zcela určitý barevný počitek, a proto se toto záření označuje pojmem záření monochromatické.“ [4]

Viditelné záření se liší u každého člověka, obecně se uvádí orientační rozmezí o vlnové délce 380–780 nm. Oko člověka má schopnost rozlišovat přibližně 128 barevných tónů.

Vlnová délka se definuje jako podíl rychlosti šíření světla v prostředí a frekvence.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1.1)$$

Ultrafialové záření

Ultrafialové záření (UV) je rozděleno do tří skupin záření podle vlnových délek

- 1) UV-A s vlnovou délkou 315–400 nm
- 2) UV-B s vlnovou délkou 280–315 nm
- 3) UV-C s vlnovou délkou 100–280 nm

V přírodě se UV záření objevuje jako složka slunečního záření, umělé zdroje UV záření jsou například rtuťové výbojky. UV záření prochází řadou materiálů například vodou, vzduchem, křemenem a některými skly, a naopak jej pohlcuje ozónová vrstva, kovy a olovnaté sklo.
„UV záření vybuzuje luminiscenci luminoforů“ [4]

Infračervené záření

Podobně jako je tomu u UV záření rozlišujeme i u infračerveného záření tři základní druhy na základě rozdílných vlnových délek:

- 1) IR-A s vlnovou délkou 780–1 400 nm
- 2) IR-B s vlnovou délkou 1 400–3 000 nm
- 3) IR-C s vlnovou délkou 3 000–10⁶ nm

IR záření je záření s tepelnými účinky. Zdrojem tohoto záření je především sluneční záření. Dále jsou tímto zdrojem ale také veškerá topná tělesa, elektrické oblouky a také speciální světlené zdroje označované jako infražárovky.

Infračervené záření se dobře šíří ve vzduchu, mlze, tenkými vrstvami kovů atd. Látky, které dokáží toto záření pohlcovat, jsou například voda a tepelné izolanty.

Luminiscence

Jev, který je způsoben UV zářením. Jde o vyzařování světelné energie působením jiného druhu energie.

Luminiscence umožnila vzniku tzv. fluorescenční analýzy, díky které je možné rozlišovat materiály, které za osvětlení pouze viditelným spektrem světla nebylo možné rozlišit.

Luminofor

Luminofor je látka, které umožňuje luminiscenci. Je schopná pohlcovat energii a vydávat jí dál ve formě světla. Luminofor mění neviditelné UV záření ve viditelné světlo.

Zrakový výkon

Příjem a zpracování určitého množství světlem přenášených informací za jednotku času.

Zrakový výkon je podstatně nižší při umělém osvětlení než při denním světle, zároveň se u člověka v prostředí pouze uměle osvětleném dostavuje rychleji únava.

Teplota chromatičnosti

„Teplota chromatičnosti T_c je rovna teplotě černého zářiče, jehož záření má tutéž chromatičnost jako uvažované záření. Udává se v kelvinech (K), často se pracuje s převrácenou hodnotou T_c v kelvinech násobenou 10⁶, tj. s veličinou (10⁶/ T_c) udávanou v převrácených megakelvinech (MK⁻¹).“ [4]

Zraková pohoda

Pod pojmem zraková pohoda se ukrývá více interpretací, z nichž se autor ztotožňuje s vysvětlením, které podává profesor Habel. *„Zrakovou pohodou je třeba rozumět příjemný psychologický stav, při němž celý zrakový systém plní optimálně své funkce a při kterém má člověk i po delším pobytu nejen pocit, že dobře vidí, ale cítí se také psychicky dobře a prostředí, v němž se nachází, je mu vzhledově příjemné. Zraková nepohoda tedy nejenže vede k narušení zrakových funkcí a tím k oční únavě, ale projevuje se nepříznivě v celkové kondici a v jeho výkonnosti.“* [4]

V souvislosti s pojmem zraková pohoda je uváděn další pojem.

Světelné mikroklima

„Světelné mikroklima je vytvářeno geometrickými rozměry prostoru, typem světlených zdrojů, druhem a rozmístěním svítidel, hladinami osvětlení a jejich rovnoměrností v různých rovinách, tedy rozložením jasů v prostoru, dále rozmístěním potřebného záření, barevnou úpravou prostoru a veškerého vybavení a konečně i barevným podáním a plastickým vzhledem všech předmětů a lidí v prostoru.“ [4]

Pokud se má člověk cítit v nějakém prostředí příjemně a komfortně, je zapotřebí dbát na všechny aspekty, které ovlivňují mikroklima daného prostoru. K dosažení zdravého mikroklimatu a zrakové pohody člověka, je nutné zamezit oslnění.

Oslnění

„Oslnění vzniká, vyskytují-li se v zorném poli oka příliš velké jasy nebo jejich rozdíl, popřípadě vzniknou-li velké prostorové či časové kontrasty jasů, které výrazně překračují meze adaptability zraku.“ [4]

Oslnění je tedy nepříznivý stav zraku, kdy je oko vystaveno většímu jasů, než na který je adaptováno.

Rozlišujeme několik druhů oslnění:

- 1) Přímé – toto oslnění je zapříčiněné příliš vysokým jasnem povrchů v prostoru nebo svítící částí svítidel
- 2) Odrazem – je způsobené odrazy svítících ploch na lesklých částech pozorovaných předmětů
- 3) Přejížděvé – je způsobené náhlou změnou intenzity jasů v prostředí, ve kterém se nachází pozorovatel. Rychlost adaptability lidského oka na změnu jasů je omezená. Tento typ oslnění je velmi nebezpečný například při nočních cestách automobilem, kdy dochází k přejížděvému oslnění při míjení protijedoucího auta.
- 4) Závojevé – nejčastěji se s tímto oslněním setkáme v provozu na komunikacích, kdy pozorovatel sleduje pozadí přes prostředí s vyšším jasnem. (např. jízda v mlze)
- 5) Kontrastem (relativní oslnění) – vzniká, pokud se do zorného pole zraku dostane vyšší jas, než na který je zrak adaptován. Oslnění kontrastem je ještě dále členěno do několika kategorií:
 - a. Oslnění psychologické

- Pozorovatelné – zdroj oslnění odpoutává pozorovatele od činnosti, kterou vykonává, dochází k narušení zrakové pohody a snížení soustředění. Je to nižší stupeň rušivého oslnění
 - Rušivé
- b. Oslnění fyziologické – fyziologické oslnění je vyšší typ než psychologické oslnění a při jeho výskytu dochází již ke snížení funkčnosti zraku, snížení ostrosti a kontrastní citlivosti
- Omezující – je zjistitelné měřením zrakových funkcí
 - Oslepující (absolutní oslnění) – úplně znemožňuje činnost zraku, dokonce i po určitou dobu po zániku zdroje oslnění

Index oslnění se značí *UGR* – jednotný systém hodnocení oslnění, který se používá zejména v Evropě. Je to index oslnění pro *n* zdrojů a doporučuje se počítat dle vzorce

$$GI_s = UGR = 8 \log \left| \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n \frac{L_{zi}^2 \Omega_i}{L_p P_i^2} \right| \quad (-; \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{sr}, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, -) \quad (1.2)$$

Fotometrický pozorovatel

Každý člověk má jinak citlivý zrak, a proto se spektrum viditelného záření u jednotlivých jedinců může lišit. Z toho důvodu mezinárodní komise CIE zavádí pojem fotometrický pozorovatel. Tento pozorovatel má v každé situaci přesně známé vlastnosti jeho zraku, díky tomu je možné pokusy a měření opakovat a vzájemně porovnávat.

Fotopické vidění

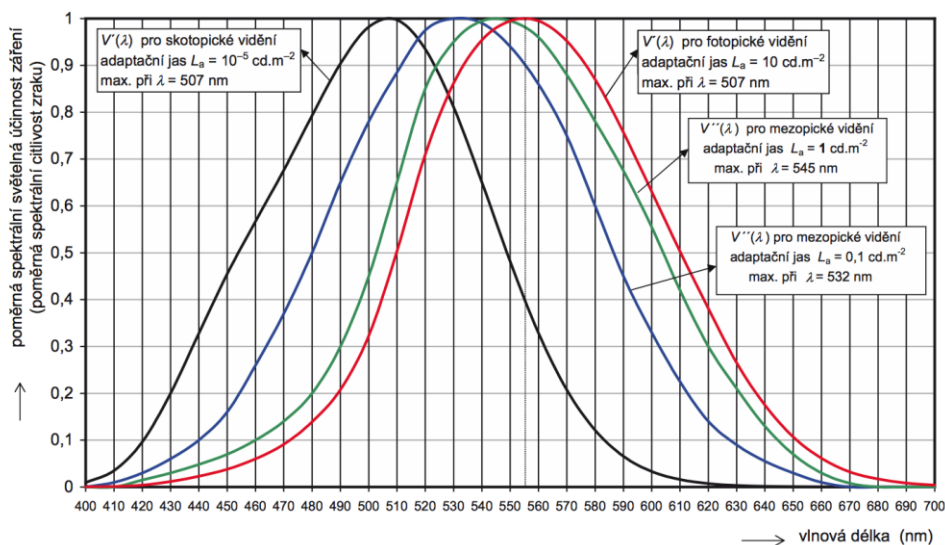
Fotopické vidění je denní vidění a je způsobeno především čípkami, které se nachází nejvíce ve žluté skvrně oka.

Mezopické vidění

Jedná se o vidění v přechodové oblasti mezi fotopickým a skotopickým viděním. Zrak se musí vypořádat s velkými rozdíly jasů. Při mezopickém vidění jsou zapojeny do funkce tyčinky i čípkami.

Skotopické vidění

Skotopické vidění je noční vidění. Je umožněno díky tyčinkám, které jsou mnohem citlivější než čípkami. Tyčinky jsou umístěny na okraji žluté skvrny a v okrajových částech sítnice.



Obr. 3: Křivky poměrné spektrální citlivosti zraku: [2]

2.3. Světelně technické veličiny

Zářivý tok

Zářivý tok je výkon přenesený zářením, tedy množství energie, kterou přeneše tok fotonů za jednotku času.

Světelný tok

Světelný tok je veličina, která vyjadřuje schopnost zářivého toku vyvolat zrakový počitek neboli vjem. Jednotkou světelného toku je lumen (lm). Světelný tok Φ monochromatického záření vlnové délky λ , jehož zářivý tok je Φ_e se určí ze vztahu

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \Phi_e = K_m V(\lambda) \Phi_e(\lambda) \quad (\text{lm}) \quad (1.4)$$

Veličina $K(\lambda)$ ($\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$) je světelný účinek monochromatického záření rovný poměru světelného toku a jemu odpovídajícího zářivého toku. $V(\lambda)$ je poměrná světelná účinnost monochromatického záření definovaná vztahem

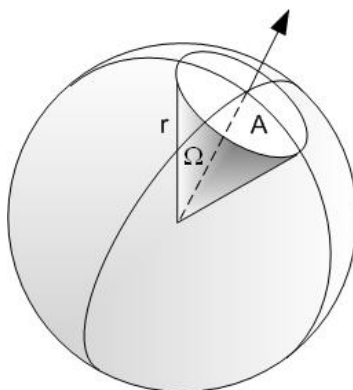
$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} \quad (-; \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}, \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}) \quad (1.5)$$

Prostorový úhel

Prostorový úhel je veličina, která je velmi důležitá a používaná pro definování dalších světelnětechnických veličin. Jde o geometrickou veličinu. Velikost prostorového úhlu je určena velikostí plochy vyřaté obecnou kuželovou plochou na povrchu jednotkové koule, jejíž střed je totožný s vrcholem uvažované kuželové plochy. Jednotkou prostorového úhlu je steradián (sr), určený jednotkovou plochou (1 m^2) na povrchu jednotkové koule (o poloměru 1 m).

Prostorový úhel Ω pod nímž je na povrchu koule o poloměru r vidět plocha A
 Vyřatá na povrchu této koule, se stanoví ze vztahu

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (\text{sr}; \text{m}^2, \text{m}) \quad (1.6)$$



Obr. 4: Prostorový úhel
 (převzato z webu: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Solid_Angle.png 18.11.2017 15:02)

Svítivost

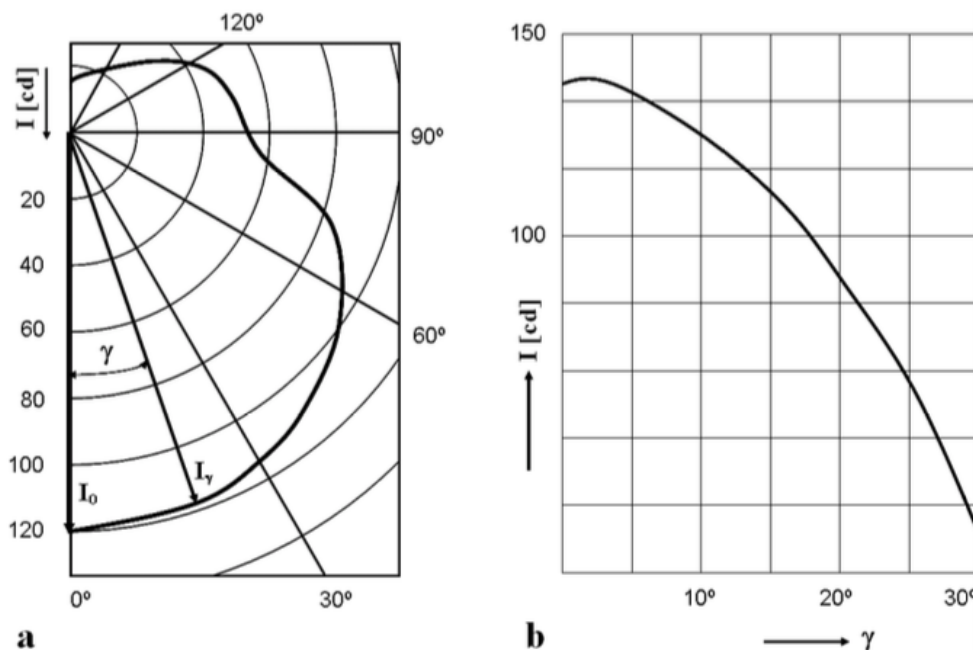
Svítivost je prostorová hustota světelného toku v různých směrech. Svítivost se značí $I_{\gamma\zeta}$ a ve směru určeném úhly γ, ζ je jako prostorová hustota vyzařovaného světelného toku rovna toku obsaženému v jednotkovém prostorovém úhlu. Je dána vztahem

$$I_{\gamma,\zeta} = \frac{d\Phi}{d\Omega_{\gamma,\zeta}} \quad (\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}) \quad (1.7)$$

kde $d\Omega_{\gamma,\zeta}$ je prostorový úhel, jehož osa leží ve směru určeném úhly γ, ζ a v jehož mezích uvažovaný zdroj vyzařuje tok $d\Phi$.

Jednotkou svítivosti je 1 kandela ($\text{cd} = \text{lm} \cdot \text{sr}^{-1}$), která patří k sedmi základním jednotkám SI. Svítivost zdroje je zpravidla jiná v každém směru, proto se svítivost zdroje charakterizuje křivkou svítivosti. Tato křivka by měla být součástí katalogového listu svítidla.

Příklad křivek svítivosti pro zdroj se světleným tokem $\Phi = 1000 \text{ lm}$ je patrný na obrázku níže (obr. 5). Příklad *a* zobrazuje křivky svítivosti v polárních souřadnicích a případ *b* ukazuje křivku svítivosti v pravoúhlých souřadnicích.



Obr. 5: křivky svítivosti (a – polární souřadnice, b – pravouhlé souřadnice)
 (převzato z webu: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_09.pdf 25.11.2017 12:58)

Osvětlenost

Osvětlenost neboli intenzita osvětlení E rovinné plošky dA . Vyjadřuje plošnou hustotu světelného toku, který dopadne na plošku dA . Osvětlenost je určena vztahem

$$E = \frac{d\Phi_d}{dA} \quad (\text{lx; lm, m}^2) \quad (1.8)$$

Osvětlenost plošky dA se často nazývá osvětlenost v bodě. Elementární okolí tohoto bodu tvoří plošku dA .
 Jednotkou osvětlenosti je lux (lx), rozměr jednotky 1 lx je $1 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$

Čáry spojující na dané rovině místa, která mají stejnou hodnotu osvětlenosti, se nazývají izoluxy a platí, že osvětlenost ve směru od zdroje světla klesá se čtvercem, což popisuje vztah

$$E = \frac{I}{l^2} \quad (\text{lx; cd, m}) \quad (1.9)$$

Pokud dopadají světelné paprsky na plochu pod jiným než kolmým úhlem, pak se musí vztah pro změnu osvětlenosti v závislosti na vzdálenosti od zdroje světla upravit následovně

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{l^2} \quad (\text{lx; cd, } ^\circ, \text{ m}) \quad (1.10)$$

Jas svazku světlených paprsků

Tato světelně technická veličina bezprostředně ovlivňuje zrakový orgán. Jde o veličinu určenou prostorovou a plošnou hustotou světelného toku přenášeného paprsky. Je dána vztahem

$$L_{OP} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dA_n} \quad (\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}; \text{lm}, \text{sr}, \text{m}^2) \quad (1.11)$$

kde

L_{OP} je jas svazku paprsků ve směru osy OP svazku

$d\Omega$ je prostorový úhel, ve kterém se paprsky šíří

dA_n je ploška kolmá k ose svazku paprsků, na níž se realizuje plošná hustota světelného toku

Jas v určitém směru na daném místě je vyjádřen vztahem

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega \cdot dS \cdot \cos\alpha} \quad (1.12)$$

Ekvivalentní prostorový úhel

Ekvivalentní prostorový úhel Ω_e je prostorový úhel, do kterého by bodový světelný zdroj vyzářil všechny světelný tok Φ , kdyby do všech směrů vyzařoval vztahnou svítivostí I_0 . Tento úhel je dán vzorcem

$$\Omega_e = \frac{\Phi}{I_0} \quad (\text{sr}; \text{lm}, \text{cd}) \quad (1.13)$$

2.3.1. Odraz světla

Každý světelný tok, který dopadá na určitý předmět (materiál) lze obecně rozdělit na tři části. Φ_ρ představuje část světelného toku, který se od materiálu, na který dopadá, odrazí. Φ_τ zastupuje část, která látkou projde a Φ_α představuje pohlcenou část světelného toku daným materiálem.

Platí tedy

$$\Phi = \Phi_\rho + \Phi_\tau + \Phi_\alpha \quad (\text{lm}; \text{lm}, \text{lm}, \text{lm}) \quad (1.14)$$

Světelně technické vlastnosti látek se dají charakterizovat pomocí tří integrálních činitelů, které korespondují s rozdělením světelného toku do tří částí, a to

- 1) integrální činitel odrazu $\rho = \Phi_\rho/\Phi$
- 2) integrální činitel prostupu $\tau = \Phi_\tau/\Phi$
- 3) integrální činitel pohlcení $\alpha = \Phi_\alpha/\Phi$

Tito činitelé určují vlastnosti látek z hlediska působení záření různých vlnových délek souhrnně tedy integrálně. Zároveň pro ně platí rovnice

$$\rho + \tau + \alpha = 1 \quad (1.15)$$

Pro neprůsvitné materiály z rovnice mizí činitel prostupu, rovnice tedy vypadá následovně

$$\rho + \alpha = 1 \quad (1.16)$$

Pokud materiál pohlcuje všechno záření, které na něj dopadá, mluvíme o něm jako o černém tělese a platí pro něj vztah

$$\alpha = 1 \quad (1.17)$$

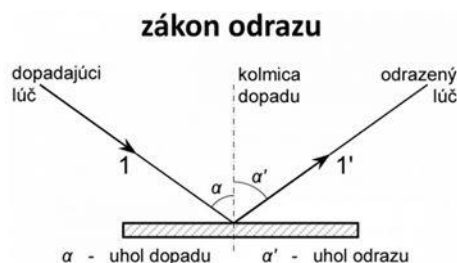
Hodnoty činitelů odrazu, prostupu a pohlcení nejsou závislé pouze na vlastnostech materiálu, ale závisí zároveň na vlnové délce záření, které na povrch dopadá, proto jsou definovány i spektrální hodnoty $\rho(\lambda)$, $\tau(\lambda)$ a $\alpha(\lambda)$.

Druhy odrazu

Při dopadu světelného toku na povrchy různých látek dochází k několika základním typům odrazu. Tyto typy se rozlišují podle rozložení odraženého světelného toku do prostoru.

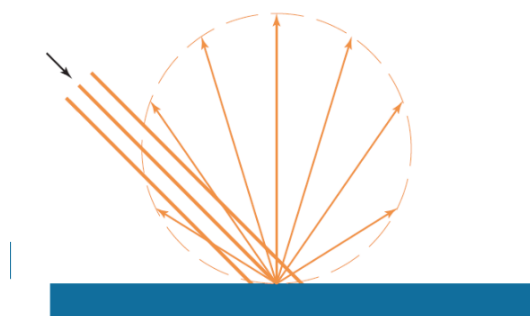
- 1) *zrcadlový odraz* – je to nejjednodušší možnost, která může nastat při odrazu světelného toku od povrchu látky. V této situaci se světelný paprsek odrazí od povrchu pod stejným úhlem, jako pod kterým na povrch dopadl.

Pokud bychom svítili na ideální zrcadlo, tak by byl jas pouze ve směru odraženého světelného paprsku. Výroba zrcadla, které by se svými vlastnostmi blížilo k ideálnímu zrcadlu, je v praxi velmi náročná a drahá.



Obr. 6: zrcadlový odraz: (převzato z webu: <http://blog.sme.sk/blog/25514/354479/odraz0.JPG> 22.11.2017 18:48)

- 2) *Rovnoměrně rozptýlený (difúzní) odraz* – jedná se o odraz světelného toku, při kterém dochází po nárazu na povrch k odražení (rozptýlení) do celého poloprostoru.



Obr. 7: zrcadlový odraz: [7]

$$L_{OP} = L_{\gamma} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega_2 dA_1 \cos\gamma} = \frac{dI_{\gamma}}{dA_1 \cos\gamma} \quad (\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}; \text{lm}, \text{m}^2, \text{sr}; \text{cd}, \text{m}^2) \quad (1.18)$$

Z této rovnice vyplývá, že velikost svítivosti ideálního rozptylovače je největší ve směru kolmém k rovině povrchu. Svítivost ve všech směrech se určí z Lambertova kosinusového zákona. Jas difuzních ploch není závislý na úhlu, pod kterým na něj dopadají světelné paprsky.

Plochy, které jsou dokonalými rozptylovači se nazývají Lambertovy zářiče. Ekvivalentní prostorový úhel těchto zářičů je $\Omega_e = \pi$

Mezi světlením M a konstantním jasem platí vztah

$$M = \pi L \quad (\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}; -, \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}) \quad (1.19)$$

Dále platí vztah pro světlení M a osvětlenost E plochy s činitelem odrazu ρ , od které se paprsky odrážejí $M = \rho E$, z této rovnice dále plyne vztah pro difuzně odrážející povrch mezi jasem L a osvětleností E

$$M = \rho E = \pi L \quad (\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}; -, \text{lx}, \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}) \quad (1.20)$$

Z uvedené závislosti těchto veličin je patrné, že lze ze známosti jakýchkoli dvou zmíněných veličin dopočítat zbývající, například vypočítat činitele odrazu z předem zjištěných hodnot L a E .

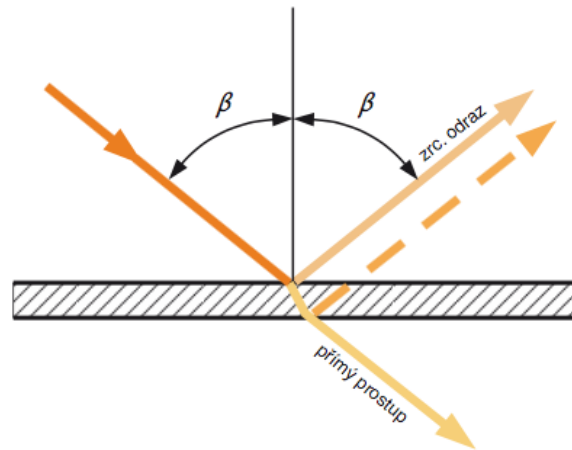
3) *Smíšený odraz* – tento typ odrazu charakterizuje nejpřesněji skutečný stav v praxi, jelikož ani ideální zrcadlo ani ideální rozptylovač nejsou v praxi běžné.

Činitel smíšeného odrazu vzniká součtem předchozích dvou případů, takto získaný činitel nejvíce odpovídá skutečným vlastnostem povrchu a materiálu.

Pro návrh umělého osvětlení budov se v praxi nejčastěji uvažují povrchy v prostoru za ideální rozptylovače, tímto předpokladem se světelně technické výpočty značně zjednodušují.

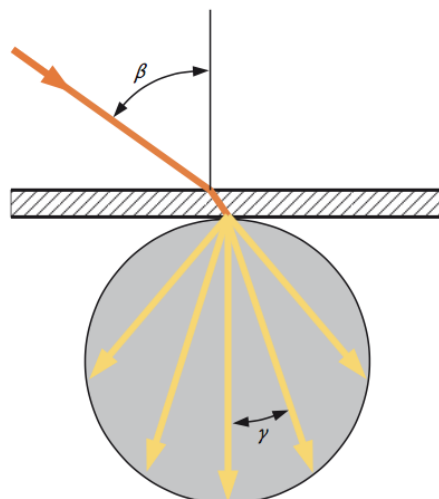
Světelný tok se od povrchu nemusí vždy pouze odrazit, ale často dochází také k jeho pohlcení a prostupu. U prostupu může opět nastávat několik případů

- 1) *Přímý prostup* – dochází k němu pouze u dokonale průhledných nebo čirých látek. Je to prostup, při kterém šikmo dopadající světelný tok na povrch prochází uvažovanou látkou ve stejném směru, jako na ni dopadal, pouze je rovnoběžně posunut. Při prostupu může u některých látek docházet i k částečnému odrazu.



Obr. 8: přímý prostup: [4]

- 2) *Dokonale rovnoměrně rozptýlený prostup* – další případ, kdy dochází k prostupu. Na rozdíl od přímého prostupu jsou paprsky při rozptýleném prostupu na druhé straně látky částečně nebo úplně rozptýleny. Podobně jako u odrazu se znázorňuje způsob rozptylu světelného toku fotometrickou plochou. Při dokonalém rovnoměrně rozptýleném odrazu je tato plocha kulová. Světelně technické vlastnosti těchto materiálů jsou shodné s vlastnostmi látek, které způsobují rovnoměrně rozptýlený odraz.



Obr. 9: rovnoměrně rozptýlený prostup: [4]

- 3) *Smíšený prostup* – u většiny látek dochází ke smíšenému prostupu, činitel smíšeného prostupu je obdobně jako u smíšeného odrazu součtem činitelů přímého prostupu s činitelem rozptýleného prostupu.
- 4) *Zpětný (vratný) odraz* – zvláštní případ odrazu, který se využívá často v praxi. Světlo dopadající na povrch se odráží skoro ve stejném směru, jako dopadlo na povrch, zase zpět. Tento efekt se využívá například u odrazek.

2.4. Denní osvětlení budov

V této práci se autor zabývá pouze požadavky na osvětlení obytných budov. Postupy měření světelně technických veličin jsou shodné i pro další typy budov. Požadované hodnoty jsou často přísnější například pro pracovní prostory některých provozů, popřípadě kancelářské prostory.

Denní osvětlení budov je dáno sluneční energií a zdrojem světla je přímo Slunce. Jedná se o přirozené osvětlení, které je dostupné pouze v časovém intervalu od východu do západu Slunce a v průběhu dne i ročního období je velice proměnlivé. Požadavky na zrakovou pohodu v interiéru musí být splněny bez ohledu na proměnlivost přirozeného slunečního světla, proto je potřeba správně navrhnout velikosti a počet oken a zohlednit i orientaci místností ke světovým stranám podle jejich účelu využití.

Požadavky na denní osvětlení budov se zabývá norma ČSN 73 0580, ze které autor čerpá. Norma ve svém úvodu zavádí potřebné pojmy a definice, aby nedocházelo k rozdílnému způsobu jejího výkladu.

2.4.1. Termíny a definice

Poměrná pozorovací vzdálenost

Pod tímto pojmem je myšlen „*podíl vzdálenosti kritického detailu od oka pozorovatele a rozměru kritického detailu.*“ [10]

$$\rho_v = \frac{p}{d} \quad [10] \quad (1.21)$$

Na základě poměrné pozorovací vzdálenosti jsou zrakové činnosti rozděleny do sedmi tříd. Tyto třídy a požadavky na hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou uvedeny v tabulce níže.

Třída zrakové činnosti	Zraková činnost	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Hodnota činitele denní osvětlenosti v ‰	
				D_{min}	D_{max}
I	Mimořádně přesná	3 330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola	3,5	10
II	Velmi přesná	1 670 až 3 330	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce	2,5	7
III	Přesná	1 000 až 1 670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání	2	6
IV	Středně přesná	500 až 1 000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní (rukou i strojem), běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, obsluha strojů, hrubší šití, pletení, žehlení, příprava jídel	1,5	5
V	Hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídel a obsluha, oddechové činnosti, základní a rekreační tělovýchova, čekání	1	3
VI	Velmi hrubá	Menší než 100	Udržování čistoty, sprchování a mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti	0,5	2
VII	Celková orientace	–	Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu, celkový dohled	0,25	1

Tab. 1: Tabulka třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti převzato z webu: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_08.pdf 24.11.2017 10:58

Trvalý pobyt

„Trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne (za denního světla) déle než 4 hodiny a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně.“ [10]

Srovnávací rovina

„Je to rovina, na které se měří nebo určuje osvětlení“ [10]

Kontrolní bod

„Bod na srovnávací rovině, v němž se zjišťují parametry osvětlení“ [10]

Zraková pohoda

Zraková pohoda dle normy ČSN 73 0580-1 je „subjektivní stav zrakového pohodlí vyvolaný světelným prostředím. Zrakovou pohodou se rozumí příjemný psychofyziologický stav, potřebný pro účinnou práci i odpočinek, splňující hygienické požadavky, které závisí především na intenzitě a jakosti osvětlení, na architektonických vlastnostech prostoru (barvy, tvary, poměry) a na stavu zraku.“ [10]

Izofota

„čára spojující místa stejných hodnot činitele denní osvětlenosti na srovnávací rovině“ [10]

Plocha osvětlovacího otvoru propouštějící světlo

„Plocha, kterou osvětlovacím otvorem prochází světlo, bez ohledu na směr světelného toku se tato plocha zjišťuje v rovině zasklení“ [10]

Proslunění

V České republice se v rámci proslunění mluví pouze o bytech, kde jsou závazně stanoveny požadavky, které musí být splněny.

„Obytné budovy. Všechny byty musí být navrhovány tak, aby byly prosluněny. Byt je prosluněn, je-li součet ploch jeho prosluněných obytných místností roven nejméně jedné třetině (jedné polovině) součtu ploch všech jeho obytných místností. Přísnější požadavek v závorce v předchozí větě je uplatňován u samostatně stojících rodinných domků, dvojdomků a koncových řadových domků. Do součtu ploch z jedné strany prosluněných obytných místností ani do součtu ploch všech obytných místností se pro tento účel nezapočítávají části obytných místností, které leží ve větší vzdálenosti od okna, než je 2,3násobek světlé výšky obytné místnosti. Obytná místnost je považována za prosluněnou, jsou-li splněny tyto podmínky:

- a) *půdorysný průmět slunečních paprsků musí s hlavní přímkou roviny osvětlovacího otvoru svírat úhel nejméně 25°,*

přímé sluneční záření musí po stanovenou dobu vnikat do místnosti okenním otvorem nebo otvory krytými průhledným nezkreslujícím materiálem, jejichž celková plocha vypočtená ze skladebných rozměrů je rovna nejméně jedné desetíně podlahové plochy místnosti; žádný skladebný rozměr okna

zajišťujícího proslunění nesmí být menší než 900 mm s výjimkou šířky oken umístěných ve skloněné rovině střechy, která nesmí být menší než 700 mm,

- b) *sluneční záření musí po stanovenou dobu dopadat na kritický bod v rovině vnitřního zasklení ve výšce 300 mm nad středem spodní hrany okna, ale nejméně 1,2 m nad úrovní podlahy posuzované místnosti,*
- c) *výška slunce nad horizontem musí být nejméně 5°.* [12]

Text normy ČSN 734301 byl v bodě e) upraven změnou ČSN 73 4302/Z1

- d) *„při zanedbání oblačnosti musí být dne 1. března doba proslunění nejméně 90 minut. Doporučuje se dodržet dobu proslunění nejméně 90 minut také dne 21. června. Požadovanou dobu proslunění pro den 1. března lze nahradit bilancí, při které mimo přestupné roky je celková doba proslunění, ve dnech od 10. února do 21. března včetně, 3600 minut (jedná se o 40 dní s průměrnou dobou proslunění 90 minut)“* [11]

2.4.2. Denní osvětlení

Denní osvětlení by se mělo využívat co nejvíce, zejména v prostorech sloužících pro trvalý pobyt osob. Je ale zapotřebí vždy dbát na účel, kterému má prostor sloužit. Přirozené světlo je ale pro člověka nenahraditelné.

„Denní osvětlení musí vytvořit podmínky zdravé zrakové pohody“ [10] díky čemuž dochází u osob v prostoru ke zvýšení produktivity a prodloužení doby, kdy člověk nepocituje únavu. Dále má zabránit vzniku úrazu z důvodu zhoršené viditelnosti.

„Při denním osvětlení se musí zachovávat podmínky zrakové pohody při zatažené i jasné nebo polojasné obloze a přímém slunečním záření.“ [10]

Zraková pohoda je hodnocena pomocí kvalitativních a kvantitativních kritérií. Jako kvantitativní kritérium se užívá činitel denní osvětlenosti D , který se udává v procentech. Je definovaný vztahem

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (\%) \quad [10] \quad (1.22)$$

kde E (lx) je naměřená osvětlenost s kontrolním bodě dané roviny v interiéru, E_h (lx) je osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny

Hodnota činitele denní osvětlenosti v daném kontrolním bodě je proměnná a závisí na konkrétním ročním období, na množství oblačnosti a konkrétní hodině, kdy se provádí měření. Z tohoto důvodu se pro výpočty

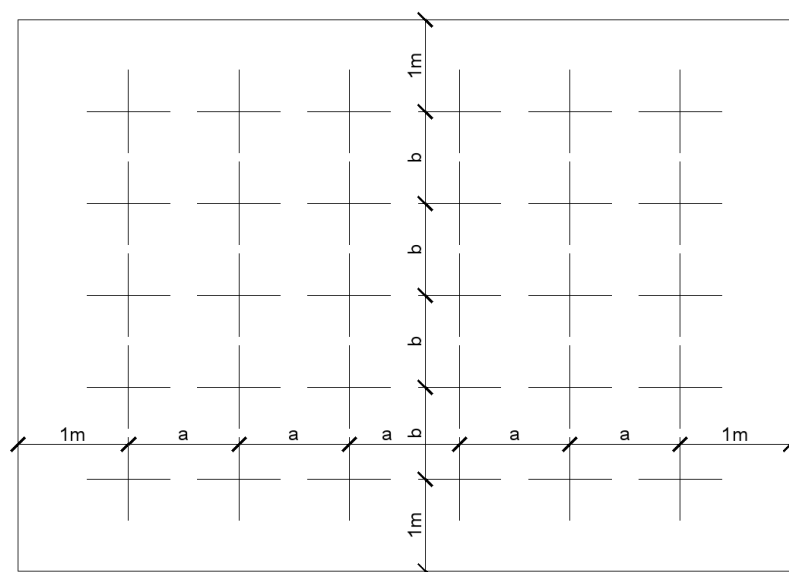
obvykle volí hodnota nejméně příznivého jevu, tedy při zatažené obloze v zimním období.

Druhým kritériem je kvalitativní kritérium, které se hodnotí především podle rovnoměrnosti denního osvětlení r (-). Rovnoměrnost denního osvětlení je dána poměrem minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti, která je změřena na dané pracovní rovině v interiéru.

$$r = \frac{D_{min}}{D_{max}} \quad (1.23)$$

Dalšími kvalitativními kritérii jsou rozložení světelného toku, kdy je považováno za nejvhodnější osvětlení z levé strany (popřípadě zleva a zepředu), což je nejlepší směr pro práci pravou rukou. Rozložení jasu ploch v zorném poli – cílem je eliminovat velké rozdíly jasů a kontrasty, které ruší koncentraci pozorovatele při určité činnosti. Dále zábrana oslnění, pro kterou platí to, že by osvětlovací otvory měly být navrhovány tak, aby nebyly v zorném poli pozorovatele a nedocházelo tak k oslnění při práci. Toto platí při přímém slunečním světle i při zatažené obloze. Pro zamezení oslnění se používají pevné, nebo pohyblivé zábrany, např. závěsy a žaluzie. Jedním z posledních kritérií je barevné podání ploch v interiéru, které má vliv na odrazivost světla v místnosti a i na množství světla, zároveň barvy ovlivňují psychiku člověka.

Pro určení činitele denní osvětlenosti je nutné stanovit pozice a rozmístění kontrolních bodů. „Kontrolní body se rozmisťují v pravidelné síti na vodorovné srovnávací rovině. Výška srovnávací roviny má být 0,85 m nad podlahou, není-li podle konkrétní funkce vnitřního prostoru požadována výška jiná. Krajiní řady kontrolních bodů se umisťují 1 m od vnitřních povrchů stěn.“ [10]



Obr. 10: rozmístění kontrolních bodů v místnosti, zdroj: autor

Denní osvětlení musí vždy vyhovět dle ČSN 73 0580-1 pro všechny obytné místnosti bytů, ložnice a pokoje budov určených pro dlouhodobý pobyt, denní místnosti jeslí a mateřských škol, učebny škol, jídelny, vyšetřovny a lůžkové místnosti zdravotnických zařízení.

„Minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti musí být splněny ve všech kontrolních bodech vnitřního prostoru nebo jeho funkčně vymezené části“ [10]
Pokud se jedná o prostory s horním denním osvětlením nebo prostory s kombinací horního a bočního denního osvětlení, tak musí být splněny i požadované hodnoty pro průměrného činitele denní osvětlenosti.

Průměrný činitel denní osvětlenosti D_m se určí jako aritmetický průměr všech hodnot D v kontrolních bodech.

„Jde-li o trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{min} rovna nejméně 1,5 % a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m rovna nejméně 3 %.“ [10]

2.4.3. Výpočet denního osvětlení

Světelné ztráty při průchodu světla osvětlovacím otvorem

Při výpočtu denního osvětlení je zapotřebí zohlednit také vliv ztrát, ke kterým dochází při průchodu světla přes osvětlovací otvory. Tyto ztráty jsou způsobeny neprůsvitnými částmi konstrukce, vlivem znečištění na povrchu okna a v neposlední řadě také částečným stíněním osvětlovacího otvoru. Vliv ztrát je do výpočtů zanesen v podobě činitele prostupu světla τ (-), který udává poměr prošlého světleného toku skrze okno a světleného toku na okno dopadajícího.

Druh materiálu		Činitel prostupu světla $\tau_{s,nor}$ [-]
Čiré tabulové sklo 3 až 4 mm		0,92
Surové sklo (nevizorované)		0,88
Vzorované sklo		0,85 až 0,90
Drátové sklo 6 až 7 mm		0,60 až 0,86
Mdlené sklo		0,75 až 0,80
Laminát se skelným vláknem		0,35 až 0,85
Akrylát	Čirý	0,85 až 0,92
	Rozptýlený	0,60 až 0,80
Netermální skla		0,35 až 0,70
Reflexní skla		0,55 až 0,65
Skleněné tvárnice	Jednovrstvé	0,85 až 0,89
	Dvouvrstvé	0,55 až 0,62
Skleněné příčky z tvárníc Copilit (podle údajů výrobce)	Jednovrstvé	0,86
	Dvouvrstvé	0,80
Záclony		0,50 až 0,75

Tab. 2: Tabulka činitelů prostupu světla převzata z webu: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_08.pdf 24.11.2017 10:58

„Nejsou-li k dispozici ověřené údaje pro směrovou propustnost světla použitého materiálu, zavedou se do výpočtu tyto vztahy činitele prostupu světla ve směru k povrchu $\tau_{s,nor}$ a činitele prostupu světla procházejícího pod úhlem ψ od normály $\tau_{s,\psi}$.

a) Pro jednoduché sklo s přímým vstupem světla (čiré sklo)

$$\frac{\tau_{s,\psi}}{\tau_{s,nor}} = \cos\psi(1 + \sin^3\psi) + e^{-\frac{\psi}{27}} - e^{-\frac{\psi}{26}} \quad (1.24)$$

kde e je základ přirozeného logaritmu,

b) Pro dvojité sklo s přímým vstupem světla a pro sklo s drátěnou vložkou

$$\frac{\tau_{s,\psi}}{\tau_{s,nor}} = \cos\psi \left(1 + \frac{\sin^2\psi}{2} \right) \quad (1.25)$$

nebo odpovídající hodnoty“ [10]

Vliv neprůhledných částí konstrukce okna se zohledňuje vztahem

$$\tau_k = \frac{S_s}{S_c} \quad (1.26)$$

kde S_s (m²) je průsvitná plocha a S_c (m²) je celková plocha okna.

Vliv znečištění skla je rozdělen do součinu dvou dílčích činitelů, a to činitele znečištění na vnější straně osvětlovacího otvoru $\tau_{z,e}$ (-) a činitele znečištění na vnitřní straně osvětlovacího otvoru $\tau_{z,i}$ (-)

$$\tau_z = \tau_{z,e} \cdot \tau_{z,i} \quad (1.27)$$

Několik dílčích činitelů znečištění je uvedeno v následující tabulce.

Druh osvětlovacího otvoru	Sklon zasklení osvětlovacího otvoru	Znečištění vzduchu	Činitel znečištění	
			Na vnější straně $\tau_{z,e} [-]$	Na vnitřní straně $\tau_{z,i} [-]$
Svislý	90°	Malé	0,95	0,95
		Střední	0,90	0,85
		Velké	0,85	0,65
Šikmý	45°	Malé	0,80	0,95
		Střední	0,70	0,90
		Velké	0,60	0,80
Vodorovný	0°	Malé	0,70	0,95
		Střední	0,60	0,90
		Velké	0,50	0,80

Tab. 3: Tabulka činitelů znečištění převzato z webu: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_08.pdf 24.11.2017 11:03

Celkový činitel světelné propustnosti $\tau_{o,\psi}$ při úhlu ψ na osvětlovací otvor je dán vztahem

$$\tau_{o,\psi} = \tau_{s,\psi} \cdot \tau_k \cdot \tau_z \quad (1.28)$$

Pokud dochází ke kolmému dopadu světla na osvětlovací otvor pak je souhrnný činitel světelné propustnosti $\tau_{o,n}$ určen vztahem

$$\tau_{o,n} = \tau_{s,nor} \cdot \tau_k \cdot \tau_z \quad (1.29)$$

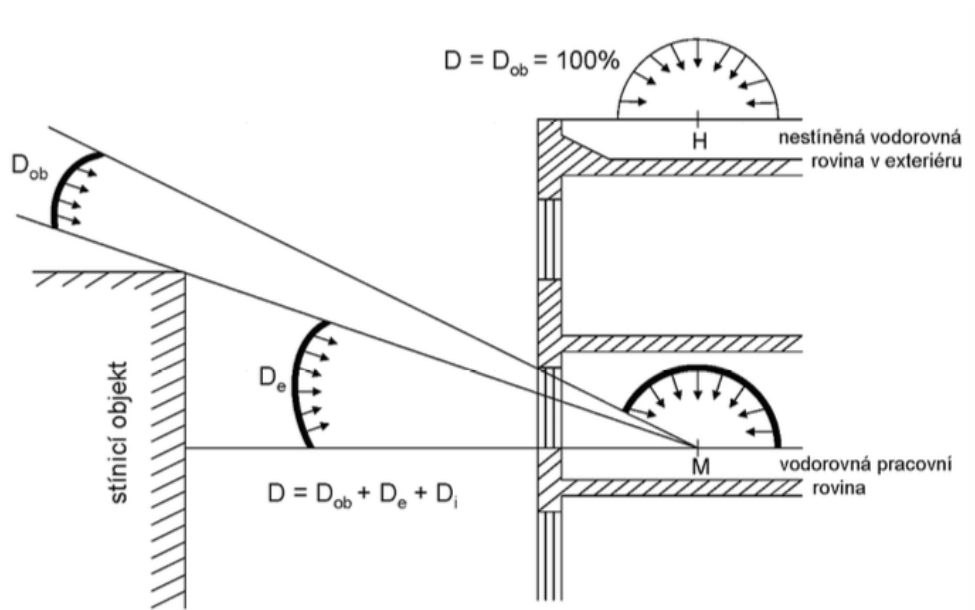
Stanovení činitele denní osvětlenosti

Stanovení činitele denní osvětlenosti lze provést měřením přímo na již hotové stavbě, měřením na virtuálním modelu v softwarech sloužících pro výpočet a návrh osvětlení, nebo výpočtovou metodou (početně nebo graficky)

Při měření na stavbě je nutné mít dva luxmetry, kterými se měří osvětlenosti. První luxmetr se použije k měření v kontrolních bodech a druhým se měří ve stejnou chvíli osvětlenosti nezastíněné venkovní vodorovné roviny. Celkového činitele denní osvětlenosti potom získáme součtem dílčích činitelů podle vztahu

$$D = D_{ob} + D_e + D_i \quad (\%) \quad (1.30)$$

příčemž D_{ob} je oblohová složka činitele denní osvětlenosti, D_e je vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti a D_i je vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti.



Obr. 11: Složky činitele denní osvětlenosti, převzato z webu http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_08.pdf 24.11.2017 12:10

Pro různé provozy a činnosti jsou požadovány rozdílné hodnoty denní osvětlenosti, tyto činnosti jsou rozděleny podle náročnosti na hodnotu činitele denní osvětlenosti do sedmi kategorií viz Tab. 1.

2.5. Umělé osvětlení budov

Umělé osvětlení by mělo správně doplňovat denní osvětlení nebo jej dokonce zcela nahrazovat za předpokladu, že není možné zajistit dostatečné osvětlení denním světlem a tím zlepšuje zrakovou pohodu pozorovatele.

Při návrhu umělého osvětlení vnitřních prostor je nutné zohlednit prostorové uspořádání, které je tvořeno stropem, stěnami a podlahou. Každá z těchto základních ploch má určitý činitel odrazu a tím ovlivňují celkovou hladinu osvětlení v místnosti, proto jsou označovány jako sekundární zdroje světla.

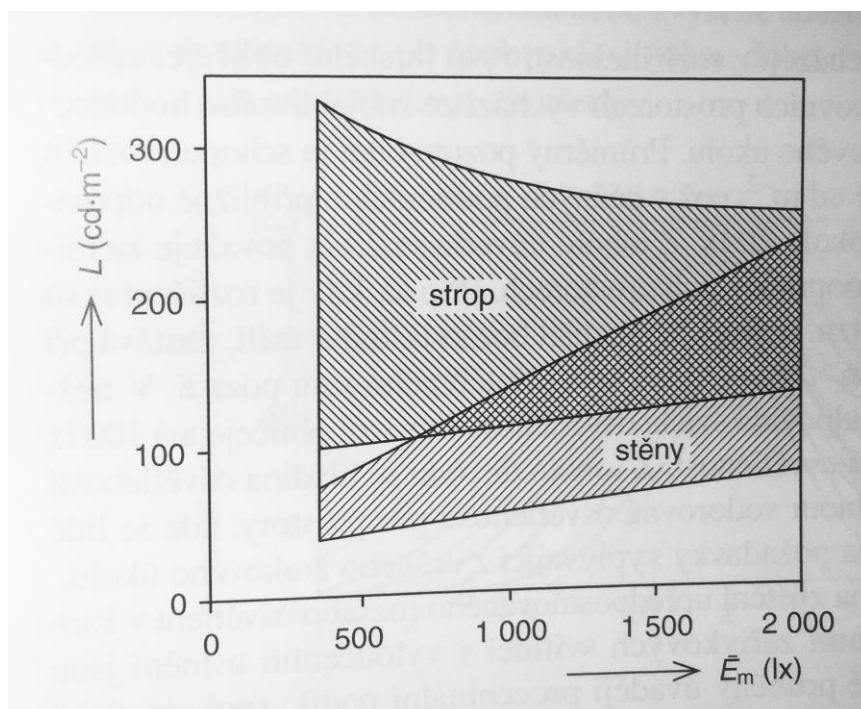
Vnitřní prostory jsou rozděleny do několika skupin na základě způsobu využití, každá skupina musí splňovat rozdílné požadavky na umělé osvětlení.

- Administrativní budovy
- Průmyslové prostory
- Zemědělské prostory
- Školy
- Zdravotnická zařízení
- Obchodní prostory
- Muzea a galerie
- Kina, divadla a kulturní centra
- Historické budovy
- Sakrální prostory
- Restaurace a prostory sloužící pro stravování
- Byty a rodinné domy
- Sportovní haly a tělocvičny

Umělé osvětlení není možné navrhovat pouze podle normových hodnot. Požadované hodnoty musí být splněny, ale zároveň musí projektant osvětlení vycházet z představ uživatelů daného prostoru, jinak může snadno dojít k případům, že všechny hodnoty vyhovují předpisům, ale uživatel se bude v prostoru cítit nekomfortně.

Důležitá otázka je rozložení jasů v místnosti. Každý člověk má jinak vyvinutý zrakový systém, a proto nelze určit přesné hodnoty, které by vystihovaly ideální prostředí. Je ovšem obecně možné říci, že čím menší je osvětlenost srovnávací roviny tím větší jas by měl mít strop oproti stěnám.

Jak je patrné z následujícího grafu při 500 lx na srovnávací rovině, je optimální jas stropu přibližně čtyřikrát větší než jas stěn. Při 2 000 lx se tento rozdíl prakticky smazal.



Obr. 12: Přijatelné rozsahy jasů stropu a stěn v závislosti osvětlenosti srovnávací roviny [4]

Hodnocení a popis osvětlení pozadí činností, jedná se tedy o stěny a strop, by bylo pomocí jasů příliš náročné, z tohoto důvodu se uvádí doporučené hodnoty činitelů odrazu pro hlavní plochy.

Strop – $\rho \approx 70\text{--}90\%$

Stěny – $\rho \approx 50\text{--}80\%$

Podlaha – $\rho \approx 20\text{--}40\%$

Hlavní předměty – $\rho \approx 20\text{--}70\%$

2.5.1. Požadavky na umělé osvětlení

„Umělé osvětlení musí být v každém vnitřním prostoru. Nejnižší přípustné hodnoty udržované osvětlenosti na srovnávací rovině E_m , indexu oslnění UGR_L a indexu podání barev R_a jsou uvedeny v následující tabulce, pokud není celkovým, či odstupňovaným osvětlením zajištěno dosažení požadovaných hodnot, je nutno zajistit místní osvětlení, či možnost jeho připojení.“ [11]

Na základě tohoto odstavce z normy ČSN 73 4301/Z1 je patrné, že osvětlení v bytech a rodinných domech je v konečném důsledku na úsudku uživatelů těchto prostor. V případě nedostatečného celkového osvětlení je nutné zřídit zásuvky pro možnost připojení místního osvětlení a díky tomu daný prostor splní požadované hodnoty.

Prostor		Udržovaná osvětlenost E_m (lx)	Index oslnění UGR	Index podání barev R _a	Výška vodorovné srovnávací roviny nad podlahou (m)
1	Domovní dvory, atria	10	-	-	0
2	Domovní, méně frekventované komunikace	20	25	60	0
3	Vnitřní části domovních vstupů, vstupy do výtahů - málo frekventované objekty	30	25	60	0
4	Na místě se uživatele bytu	30	-	-	-
5	Celkové osvětlení obytné místnosti (ještě se doplňuje místním osvětlením)	50	22	80	0,85
6	Komunikace v bytě	75	22	80	0
7	Obytné kuchyně, šatny, spíže	100	22	80	0,85
8	Sušárny, úschovny kočárků a kol	100	28	60	0,85
9	Domovní frekventované komunikace a části vstupů a vstupy do výtahu	100	25	60	0
10	domovní prádelny	150	25	80	0,85
11	Koupelny, WC	200	22	80	0,85
12	Domácí dílny, místnost pro domácí práce, mandl	300	22	80	0,85
13	Kuchyňská pracovní linka, varná deska sporáku	300	22	90	-

Tab 4: Tabulka nejnižších požadovaných hodnot, zdroj: [11]

„Ve všech uzavřených prostorech musí být udržovaná osvětlenost stěn $E_m > 50$ lx a stropu $E_m > 30$ lx, při rovnoměrnosti $U_o \geq 0,10$.“ [4] U některých prostorů je povoleno dosáhnout nižší osvětlenosti těchto ploch, jelikož je kvůli jejich velikosti nebo prostorové složitosti nereálné nebo ekonomicky velmi náročné splnit požadované hodnoty (jde o prostory regálových skladů, železničních nástupišť apod.)

V interiérech se rozděluje úroveň osvětlení do tří kategorií:

- *Minimální úroveň osvětlení v mimopracovních prostorech* – vychází z předpokladu, že průměrný člověk dokáže rozlišit lidské tváře za jasu přibližně $1 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$, což odpovídá osvětlenosti 20 lx. Z toho důvodu je 20 lx považováno za minimální hodnotu osvětlenosti v mimopracovních prostorech
- *Minimální úroveň osvětlení v pracovních prostorech* – pro rozlišení obličejů bez větší námahy je zapotřebí hodnota 10 až $20 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$, to odpovídá přibližně 100 lx v úrovni obličeje, tedy 200 lx na vodorovné rovině, proto se za minimální hladinu osvětlenosti pracovních prostor udává 200 lx

- *Upřednostňovaný rozsah osvětlení v pracovních prostorech – doporučené hodnoty pro práci jsou od 1 000 lx do 2 000 lx*

„Pro vnitřní prostory byla sestavena základní řada doporučených osvětleností. Je odstupňována přibližně po 1,5násobku předcházející hodnoty, což odpovídá minimálnímu nárůstu osvětlenosti, který si je pozorovatel schopen zřetelně uvědomit. Řadu tvoří tyto hodnoty osvětleností (lx): 20–30–50–75–100–150–200–300–500–750–1 000–1 500–2 000–3 000–5 000. Z této řady jsou pak voleny normativní hodnoty pro konkrétní zrakové úkoly.“ [4]

Pokud je přesně známé místo pro vykonávání činnosti, je možné uvažovat prostor z hlediska návrhu osvětlení jako rozdělený do několika zón. První zóna je oblast, ve které je prováděna daná činnost, zde je nutné splnit normové hodnoty pro osvětlení dle konkrétní činnosti. Druhou zónou je bezprostřední okolí úkolu. Je to pás kolem místa úkolu o minimální šířce 0,5 m a zasahuje do zorného pole při práci. Pro druhou zónu je povoleno dosáhnout nižší osvětlenosti. Pro pozadí úkolu je dostatečná osvětlenost odpovídající $\frac{1}{3}$ osvětlenosti bezprostředního okolí úkolu, aby nedocházelo k narušení koncentrace pozorovatele a předčasné únavě. Přesněji jsou hodnoty zaznamenány v tabulce Tab. 5

Osvětlenost místa zrakového úkolu $E_{m,u}$ (lx)	Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu E_{bo} (lx)	Osvětlenot pozadí kolu $E_{m,p}$ (lx)
≥ 750	500	$\frac{1}{3} E_{m,bo}$
500	300	
300	200	
200	150	
150	$E_{m,u}$	
100	$E_{m,u}$	
≤ 50	$E_{m,u}$	

Tab. 5: osvětlenost bezprostředního okolí úkolu a pozadí úkolu [4]

„Rovnoměrnost osvětlení U_o je definovaná jako poměr minimální a průměrné hodnoty osvětlenosti na hodnocené srovnávací rovině. V místě zrakového úkolu je rovnoměrnost stanovena taxativně pro jednotlivé zrakové úkoly. Rovnoměrnost osvětlenosti bezprostředního okolí musí být $U_o \geq 0,4$ a pozadí $U_o \geq 0,1$.“ [4]

2.6. Hliněné omítky

Poptávka po hliněných omítkách v posledních letech vzrůstá, a tak se začíná do stavebnictví opět navracet tento typ tradiční povrchové úpravy interiéru a exteriéru. Je to způsobeno především větším důrazem na ekologii a větším počtem nově budovaných ekologických staveb, ve kterých bývá využití hliněných omítek nejčastější.

V současné době se na trhu pohybuje velké množství nejrůznějších druhů hliněných omítek, které mohou mít širokou škálu vlastností a barevných kombinací.

Někteří výrobci vlastnosti omítek vylepšují nejrůznějšími přísadami jako jsou polymery a deriváty, které zajišťují například zvýšení stability omítky, odolnost vůči vodě a další zlepšení vlastností. Tímto zásahem je možné posunout vlastnosti omítek na vyšší úroveň, zároveň již ale nejde o 100% přírodní materiál, složený pouze z látek, které se vyskytují běžně v hlíně.

2.6.1. Výroba

Základní surovinou pro výrobu hliněných omítek je jíl. Jíl se vyskytuje na velké většině našeho území. Pokud se pro výrobu použije místní jíl, celkové náklady na omítky se mohou značně zmenšit.



Obr. 13: Těžba jílu pro výrobu hliněných omítek, zdroj web: http://www.picas.cz/progres/tinymce/up/images/tezba_jilu.jpg 28.11.2017 12:33

Natěžený jíl je zapotřebí rozmělnit na co nejmenší hroudy a následně vložit do připravené „vany“, kde se nechá rozmočit. Vana by měla být pouze mělká (cca 50 cm) a opatřena nepropustnou vrstvou (např. folií, plachtou).

Po změknutí se jíl rozmíchá do konzistence připomínající jogurt. Je nutné dbát na to, aby ve vzniklé hmotě nebyly hrudky.



Obr. 14: Příprava natěženého jílu zdroj web: http://files.zepap.webnode.cz/system_preview_detail_200010169-0b5640d215/P1013028%209.01.42.JPG 28.11.2017 12:43

Takto připravená hmota je základem pro hrubé hliněné omítky nebo pro přílnavostní jílový nátěr, který je potřeba ještě rozředit vodou na správnou hustotu.

Každá hliněná omítka je složena z pojiva a plniva, které se namíchají dle potřeby a požadavků v různých poměrech pro dosažení správných vlastností. Jako pojivo se používá především jíl. Plnivo může být písek, slaměná řezanka a další.

Pokud je ve směsi moc jílu, dojde ke vzniku větších trhlin při vysychání omítky, jelikož jíl při vysychání zmenšuje svůj objem. Na obrázku 15 je možné vidět dva vzorky s rozdílným množstvím jílu ve směsi. Vlevo je směs v poměru jílu a písku 1:1, vpravo je poměr 1:2.



Obr. 15: Trhliny vzniklé vysycháním jílu, zdroj web: http://files.zepap.webnode.cz/system_preview_detail_200010171-7d3357ee33/P1010064.JPG 28.11.2017 13:10

2.6.2. Pracovní postup aplikace hliněných omítek

Hliněné omítky se mohou provádět na celou řadu povrchů, jako jsou například ekopanely, sádkartonové desky, dřevěný podklad (na rákosové rohoži), sádrovláknité desky, balíky slámy a další. V této kapitole je stručný a obecný souhrn základních pravidel a doporučení pro aplikaci hliněných omítek.

Podklad

Podklad je připravený pro aplikaci, pokud bylo provedeno vyspárování všech spojů tmelem nebo lepidlem (dle doporučení výrobce). Podklad musí být suchý a pevný a zbavený všech nečistot. Potom je možné nanést penetrační nebo impregnační nátěr (dle typu podkladu).

Zpracování

Když je podklad připravený, nanese se na něj kotvící nátěr nebo stavební lepidlo. Kotvící nátěr by měl obsahovat kamenivo o velikosti zrna min. 1 mm. Kotvící nátěr vysychá přibližně 3 hodiny. Následně se nanese hliněná omítka. Tloušťka vrstvy hliněné omítky může být maximálně 4 mm, aby nevznikalo riziko oddělení omítky od podkladu vlivem vibrací podkladních desek při provozu budovy

Omítka se důkladně rozmíchá v předepsaném poměru s vodou a nechá se odstát po dobu 30 minut, aby došlo k dokonalému spojení směsi. Potom se ještě jednou rozmíchá.

Před nanášením omítky je nutné podklad důkladně navlhčit. Vlhčení je nutné provádět i mezi nanášením jednotlivých vrstev omítky, jelikož voda není chemicky vázána a začne okamžitě vysychat.

Omítka se nanáší zpravidla ve dvou vrstvách. První vrstva o tloušťce 1 mm se nanese hladítkem na vyrovnaný podklad a nechá se zavadnout (už nelepí, ale povrch je stále měkký). Následně se provede nanesení druhé vrstvy pomocí nerezového hladítka. Po zavadnutí druhé vrstvy se povrch filcuje molitanovým hladítkem. Výsledný povrch se nedrolí a je stabilní.

Příliš rychlé vysychání omítek může způsobit vznik trhlin na povrchu. Omítky lze aplikovat pouze v teplotě nad 15 °C. Doporučuje se vždy vyzkoušet udělat kus omítky na vzorku podkladu a ujistit se, že není potřeba adaptovat složení omítky nebo poupravit pracovní postup pro konkrétní podmínky na stavbě.

3. Metody a software

Pro měření odrazivosti světla, resp. činitele odrazu materiálů je možné použít více metod. V následující kapitole autor uvede několik z nich a popíše základní principy zmíněných metod.

Podle normy ČSN 36 0011-1 je povoleno orientačně stanovit velikost činitele odrazu světla rovnoměrně rozptýlných povrchů těmito způsoby:

1. Měření činitele odrazu světla za pomoci luxmetru na základě poměrů osvětleností
2. Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru
3. Měření činitele odrazu světla pomocí jasoměru nebo luxmetru s jasovým nastavcem
4. Určení činitele odrazu světla pomocí reflexních tabulek

Výsledky všech těchto metod pro určení činitele odrazu světla jsou pouze přibližné a nemusí vždy odpovídat hodnotám získaným laboratorním měřením s normalizovaným zdrojem světla. Poskytují však výhodu oproti laboratornímu měření, že dávají výsledky, které odpovídají skutečným podmínkám na místě měření.

3.1. Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru

Pro stanovení činitele odrazu světla z poměru osvětleností se vychází ze vzorce

$$\rho = \frac{E_2}{E_1} \quad (-; lx, lx) \quad (1.31)$$

kde je nutné změřit hodnoty E_1 a E_2 pomocí luxmetru. E_1 odpovídá hodnotě osvětlenosti daného povrchu a E_2 představuje odražené množství světla od povrchu.

Nejprve se přiloží čidlo luxmetru na zkoumaný povrch, čidlo bude obráceno směrem ke zdroji světla, takto získáme hodnotu E_1 osvětlenosti daného povrchu. Hodnotu zaznamenáme a nyní je potřeba zjistit ještě hodnotu pro odraženou část světla.

Čidlo se umístí ve vzdálenosti minimálně pětinásobku průměru měřicí hlavičky od zkoumaného povrchu, rovnoběžně s tímto povrchem, tak aby nestínilo zdroj světla a opět se provede měření a zaznamenání hodnoty E_2 .

Měření se opakuje alespoň desetkrát. Následně se získané hodnoty dosadí do vzorce. Z vypočítaných hodnot se vyřadí nejvyšší a nejnižší hodnota a ze zbývajících hodnot se určí aritmetický průměr.

Po celou dobu měření je nutné mít stabilizované podmínky, tj. stejný a stálý zdroj světla a všechny ostatní zdroje světla pokud možno eliminovat, popřípadě co nejvíce minimalizovat, aby nedocházelo ke zkreslování výsledků měření.

3.2. Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru

Při metodě s použitím jasoměru se vychází ze vztahu

$$\rho = \pi \cdot \frac{L}{E} \quad (-; \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{lx}) \quad (1.32)$$

kde L ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$) představuje jas povrchu a E (lx) osvětlenost povrchu.

Pro určení osvětlenosti povrchu se použije luxmetr a postup měření je obdobný jako u předchozí metody – měření činitele odrazu světla pomocí luxmetrů na základě poměrů osvětleností. Pro určení druhé neznámé v rovnici, jasu povrchu L , se použije jasoměr. Získaná hodnota nemusí být vždy přímo v požadovaných jednotkách ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$), ale podle typu jasoměru je někdy nutné provést ještě převedení, aby bylo možné dosadit do vztahu.

Jasoměr se po sejmutí krytky namíří na povrchu a stiskne se tlačítko pro spuštění měření. Měření jasu L se provádí ve směru kolmo k danému povrchu.

Jasoměrem se nikdy nesmí mířit na Slunce! Při měření se nesmí stínit čidlo.

Měření se opakuje alespoň desetkrát. Následně se získané hodnoty dosadí do vzorce. Z vypočítaných hodnot se vyřadí nejvyšší a nejnižší hodnota a ze zbývajících hodnot se určí aritmetický průměr.

Po celou dobu měření je nutné mít stabilizované podmínky, tj. stejný a stálý zdroj světla a všechny ostatní zdroje světla pokud možno eliminovat, popřípadě co nejvíce minimalizovat, aby nedocházelo ke zkreslování výsledků měření.

3.3. Měření činitele odrazu světla pomocí jasoměru nebo luxmetru s jasovým nástavcem

Metoda měření pouze pomocí jasoměru nebo luxmetru s jasovým nástavcem je metodou srovnávací. A vychází ze vztahu

$$\rho = \frac{\rho_A \cdot L}{L_A} \quad (-; -, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (1.33)$$

kde L ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$) je jas zkoumaného povrchu ve směru kolmo k němu, L_A ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$) je jas rozptýlného povrchu srovnávaného materiálu, který je měřen za stejných podmínek a je u něho známa hodnota činitele odrazu světla ρ_A .

Vlastní měření s jasoměrem probíhá za stejných podmínek a stejným způsobem jako bylo popsáno v bodě 3.2.

3.4. Určení činitele odrazu světla pomocí reflexních tabulek

Metoda měření s přikládáním reflexních tabulek k danému povrchu patří mezi nejjednodušší a nejrychlejší způsoby, jak zjistit orientační hodnotu pro činitele odrazu světla.

Postupným přikládáním reflexních tabulek, které obsahují plošky s odstupňovanými hodnotami činitele odrazu světla, se vybere nejbližší hodnota posuzovaného povrchu.

Metoda je posuzována pouze pomocí zraku člověka, proto je závislá do jisté míry na kondici zrakového ústrojí hodnotitele. Citlivost zraku průměrného člověka je ale dostatečná pro vyhodnocení metody s reflexními tabulkami.

3.5. Software pro výpočet a návrh osvětlení

V současné době se pro návrhy osvětlovacích soustav používají sofistikované programy, které projektantům osvětlení usnadňují práci a poskytují rychlou informaci o funkčnosti navrhovaného systému osvětlení.

Mezi nejrozšířenější software a software s největší databází souborů s údaji o svítidlech a křivkami pro výpočty poskytovanými výrobcí patří Relux a Dialux.

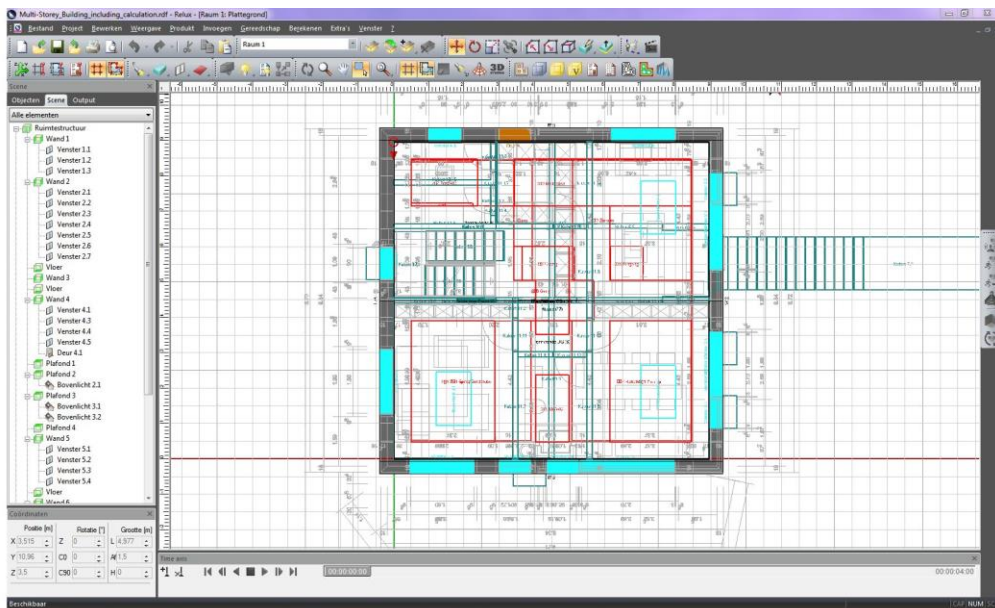
3.5.1. Relux

Relux je software, který umožňuje vytvářet modely pro výpočet a návrh osvětlovacích soustav. Jde o program komplexního zaměření, ve kterém je možné modelovat většinu typů prostorů od jednotlivých místností v bytových jednotkách přes velké kancelářské openspace a průmyslové haly až po sportovní areály a venkovní osvětlení.

Program je poměrně jednoduchý na obsluhu a uživatelsky příjemný. Zároveň poskytuje online databázi velké řady výrobců osvětlení, a tak je možné najít požadovaná svítidla s jejich křivkami přímo skrze Relux, což urychluje práci při návrhu osvětlení.

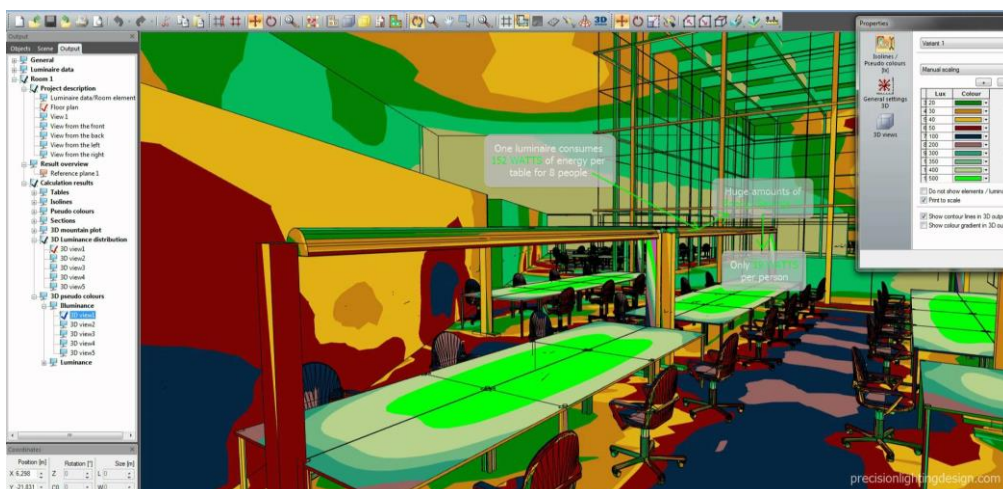
Tento program poskytuje možnosti pro výpočet denního, umělého osvětlení a jejich kombinace. Uživatel může vytvářet modely pro výpočty venkovních i vnitřních prostor, vkládat do prostoru objekty a předměty a vše editovat.

Základní pracovní prostor umožňuje konstrukci 3D modelu na půdorysu nebo bokorysu připojeného podkladu, který může být například ve formátech .dwg nebo .jpg. Podklady lze převést do správného měřítko.



Obr. 16: Pracovní prostředí Relux, zdroj: http://www.itsme.eu/sites/default/files/user_images/verlichtingsplan.jpg 11.12.2017 22:38

K programu existují další nadstavby, které umožní použití Relux například v programech AutoCAD nebo Revit.



Obr. 17: Pracovní prostředí Relux, zdroj: <http://lumenhub.com/wp-content/uploads/2015/02/relux-3.jpg> 11.12.2017 22:45

Výsledky výpočtů lze zobrazit pomocí klasického protokolu s grafickým zobrazením rozložení intenzity osvětlení na srovnávací rovině nebo může být výstupem prostor s rozkreslenými izočarami pro intenzitu osvětlení. K dispozici jsou i tabulky, které popisují přesné hodnoty intenzity osvětlení ve zvoleném rastru s kontrolními body pro každou srovnávací rovinu. Dále jsou v programu i 3D vizualizace se zobrazením rozložení jasů v prostoru.

Pro výpočty a návrh osvětlení existuje mnoho dalších softwarů a záleží na konkrétních uživateli jaký je pro ně nejpříjemnější.

3.6. Měřicí přístroje

Každý měřicí přístroj má určitou přesnost. Ty nejpřesnější přístroje jsou samozřejmě poměrně drahé, proto je stanoveno více typů měření. Volba měřicího přístroje je tady závislá na požadovaném výsledku. V tabulce níže jsou uvedeny rozmezí pro všechny tři typy měření (měření přesné, provozní a orientační).

Typ měření	Odhad rozšířené nejistoty U (%)	Příklady
přesná	$U \leq 8$	tvorba etalonů, kalibrace přístrojů, laboratorní měření
provozní	$8 < U \leq 14$	ověřování parametrů zdrojů, svítidel a osvětlovacích soustav
orientační	$14 < U \leq 20$	kontrola funkce osvětlovacího zařízení

Tab. 5: Rozdělení měření podle přesnosti, zdroj: [4]

3.6.1. Luxmetr

Luxmetr je přístroj, který slouží k měření osvětlenosti, a to jak v laboratorních podmínkách nebo přímo v praxi, měření pomocí těchto přístrojů je objektivní a není ovlivněno pozorovatelem.

Luxmetr se skládá z přijímače, vyhodnocovacího systému a digitálního nebo analogového indikátoru. Přijímač bývá nejčastěji tvořený křemíkovým fotoelektrickým článkem.

Luxmetry jsou rozděleny podle přednosti do čtyř tříd 1–4 resp. L, A, B, C. Každé třídě odpovídá určitá maximální povolená chyba f_c (2, 5, 10 a 20 %). U přístrojů je rozlišuje jedenáct druhů chyb (f_1 až f_{11}), jejich maximální přípustné hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

Třída přesnosti		Největší dovolená chyba (%)											
UNM	CIE	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_c
1	L	0,2	0,2	0,5	0,1	0,1	1,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,01	2
2	A	3,0	0,8	1,5	0,5	0,2	3,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,50	5
3	B	5,0	1,5	3,0	1,0	0,5	6,0	2,0	2,0	2,0	0,5	1,00	10
4	C	10,0	3,0	6,0	1,0	1,0	9,0	4,0	4,0	5,0	1,0	2,00	20

Tab. 6: maximální přípustné chyby měření luxmetrů, zdroj: [4]

F_1 – relativní chyba stupnice

F_2 – spektrální chyba

F_3 – směrová (úhlová) chyba

F_4 – chyba nestability

F_5 – chyba vlivu teploty

F_6 – odchylka spektrální citlivosti čidla od křivky $V(\lambda)$

F_7 – chyby vyplývající z citlivosti fotočlánku na záření UV

F_8 – chyby vyplývající z citlivosti fotočlánku na záření IČ

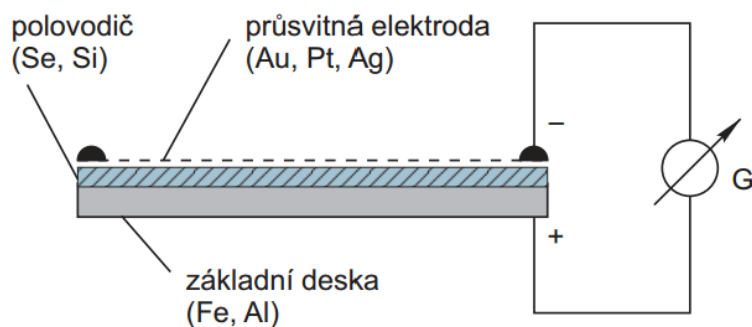
F_9 – chyba linearity

F_{10} – chyba při měření modulovaného záření

F_{11} – chyba při změně rozsahu přístroje

Celková přípustná chyba luxmetrů je následně určena z předchozích hodnot. Pro přesná laboratorní měření, případně jako sekundární etalony, jsou používány luxmetry, které vyhovují třídě přesnosti 1 nebo 2. Pro měření v praxi (v terénu) se používají přístroje třídy 3. V některých případech lze použít i přístroje ze 4. přesnostní třídy.

Luxmetr musí být vybaven korektorem – má možnost nastavení nuly. V každém ze svých rozsahů citlivosti musí luxmetr zvládnout přesah měřicího rozsahu o 20 % po dobu 5 minut a životnost přístroje je za normálních podmínek alespoň 5 000 provozních hodin.



Obr. 18: Princip luxmetru, zdroj [4]



Obr. 19: Luxmetr, zdroj: Autor

Luxmetr použitý pro měření:

Gossen MAVOLUX 5032B USB

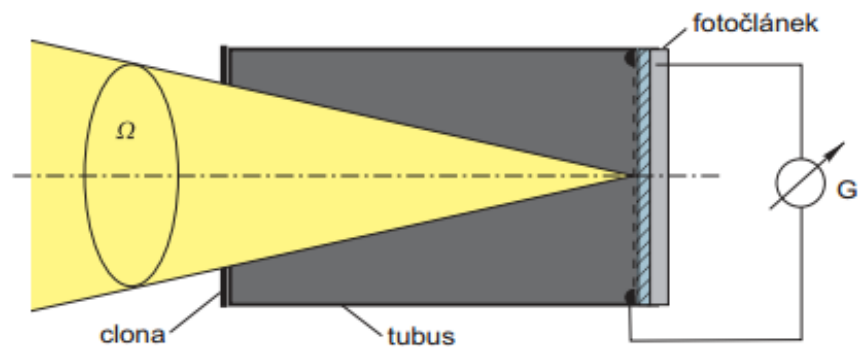
- Délka: 330 mm
- Šířka: 380 mm
- Hmotnost: 200 g
- Rozsah měření: 0,01 lx–199 900 lx
- Přesnost: podle DIN 5032-7 třída B

3.6.2. Jasoměr

Jasoměry jsou přístroje pro měření jasů reálných nebo fiktivních povrchů. Vizuální jasoměr porovnává neznámý jas s jasnem, který je vytvořen uměle integrovaným zdrojem přímo v jasoměru.



Obr. 20: Jasoměr, zdroj: Autor



Obr. 21: Princip objektivního jasoměru zdroj: [4]

Galvanometr G měří průměrný jas plochy, kterou vymezuje prostorový úhel Ω . Prostorový úhel je určen otvorem ve cloně a délkou tubusu nasazeného na fotočlánek.

Jasoměr měří střední hodnotu jasu měřené plochy, proto je potřeba dbát na to, aby v prostoru, který jasoměr snímá, byl pouze zkoumaný povrch. U běžných objektivních jasoměrů je plocha kterou chceme měřit pozorována přes okulár, kde je vyznačena přímo plocha, kterou přístroj zabírá.

Rozlišujeme jasoměry bodové a integrační, a to podle zorného úhlu přístrojů. Bodový jasoměr má zorný úhel do 1° a používá se pro měření jasů velmi malých plošek. Integrační jasoměry slouží pro měření velkých ploch. Pro měření jasů ploch v interiéru se používají bodové jasoměry. Měření se provádí v kontrolních bodech, které jsou rozmístěny tak, aby bylo možné posoudit rozložení jasů v interiéru.

Jasoměry jsou rozděleny, podobně jako luxmetry, do několika tříd přesnosti: L, A, B, C. Těmto třídám přesnosti odpovídají největší povolené chyby jasoměrů 5 %, 7,5 %, 10 % a 15 %.

Jasoměr použitý pro měření:

- Výška: 190 mm
- Šířka: 90 mm
- Délka: 57 mm
- Hmotnost: 400 g
- Rozmezí teplot pro použití: 0°C – 50°C
- Rozsah: 0,1 lx – 99 900 lx
- Přesnost: podle DIN 5032-7/EN 13032-1 třída B

4. Vlastní výsledky

4.1. Měření odrazivosti

Měření odrazivosti světla hliněných omítek, bylo prováděno vzorcích o rozměrech 200 x 100 mm a bylo změřeno 14 vzorků, které měly rozdílné složení, drsnost povrchu a barevnost.

Každý ze vzorků byl změřen pomocí dvou metod. Autor zvolil metodu určení činitele odrazu světla pomocí luxmetru a druhou metodu za pomoci luxmetru a jasoměru. Pro obě metody bylo provedeno měření ve dvaceti opakováních u každého vzorku. Všechny naměřené hodnoty byly zaznamenány pro následný dopočet činitele odrazu světla, vyhodnocení a další práci s výsledky.

Měření probíhalo v místnosti se stálými světlenými podmínkami – bylo zamezeno přístupu denního světla, které v průběhu dne značně kolísá. Během měření byla v místnosti stálá teplota a vlhkost a probíhalo dne 18.10.2017.

Povrchy v okolí měřených vzorků byly zakryty celistvou vrstvou se stejnými odrazivými vlastnostmi v celé své ploše. Materiál byl z černé pohltivé tkaniny, proto v okolí vzorku docházelo k násobně menším odrazům než od samotného vzorku.

Při měření bylo zjištěno, že měření odražené složky pomocí luxmetru u takto malých vzorků není příliš vhodná. Hodnota odražené složky od povrchu hliněných omítek byla ovlivněna i okolními povrchy, jelikož čidlo na luxmetru snímá v rozsahu celého poloprostoru.

Při porovnání získaných výsledků touto metodou s výsledky získanými měřeními za pomoci jasoměru autor zjistil, že došlo ke zkreslení výsledků. Hodnoty odražené složky světleného toku změřené pomocí luxmetru jsou v průměru 2,5krát menší než za použití jasoměru.

Na přiložených fotografiích číslo 23 až 25 je možné vidět rozložení sestavy při měření. Vzorek hliněné omítky byl umístěn do vzdálenosti 1 000 mm od zdroje světla. Světelný tok na vzorek dopadal pod úhlem 45°. Jako zdroj světla byl použitý LED reflektor o výkonu 14 W, teplotou chromatičnosti 3 000 K a světelným tokem 1 070 lm. Svítidlo bylo opatřeno reflektorem s úzkým vyzařovacím úhlem 8°.

Na fotografii č.22 je zachyceno měření, při kterém bylo jako zdroj světla použito difuzní svítidlo s opálovým difusorem. Měření s difuzním svítidlem bylo provedeno u několika ze vzorků. Získané hodnoty z těchto měření jsou v následujících tabulkách č. 7 až 9.

Vzorek		Světlá econom Difúzní světlo		
na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]	
567	66,5	0,3684584		36,85
570	68,4	0,37699112		37,70
569	68,2	0,37654942		37,65
562	66,4	0,3711775		37,12
563	66,9	0,37330826		37,33
562	66,7	0,3728545		37,29
559	66,4	0,3731695		37,32
560	67,8	0,38035711		38,04
562	66,4	0,3711775		37,12
558	66,8	0,3760903		37,61
559	65,8	0,36979749		36,98
561	66,03	0,36976714		36,98
566	67,1	0,37243969		37,24
558	67	0,37721632		37,72
557	66,9	0,37732953		37,73
556	67	0,37857322		37,86
558	66,8	0,3760903		37,61
560	66,75	0,37446662		37,45
561	66,9	0,37463912		37,46
560	67,02	0,37598132		37,60

Minimum	36,85
Maximum	38,04
Průměr	37,4 %

Tab. 7: Naměřené hodnoty s difúzním svítidlem pro vzorek Econom jemná světlá zdroj Autor

Vzorek		Základní econom Difúzní světlo		
na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]	
589	57,6	0,30722536		30,72
588	57,7	0,30828214		30,83
589	58	0,30935887		30,94
587	57,6	0,30827212		30,83
588	58,3	0,31148784		31,15
589	57,5	0,30669198		30,67
586	57,5	0,30826208		30,83
587	57,6	0,30827212		30,83
588	57,6	0,30774785		30,77
586	57,6	0,30879819		30,88
588	57,8	0,30881642		30,88
587	57,8	0,30934251		30,93
586	57,4	0,30772597		30,77
586	57,7	0,30933429		30,93
585	57,8	0,31040009		31,04
587	57,7	0,30880732		30,88
587	58	0,3104129		31,04
588	57,7	0,30828214		30,83
589	57,5	0,30669198		30,67
589	57,9	0,30882549		30,88

Minimum	30,67
Maximum	31,15
Průměr	30,9 %

Tab. 8: Naměřené hodnoty s difúzním svítidlem pro vzorek Econom jemná základní zdroj Autor

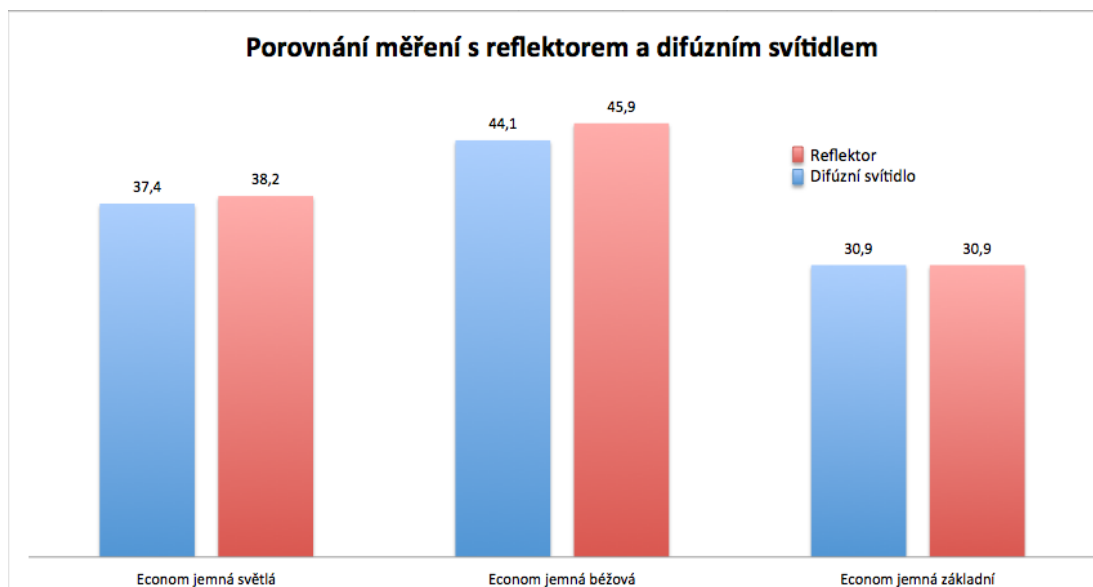
Vzorek běžová econom
Difúzní světlo

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
589	57,6	0,30722536	30,72
588	57,7	0,30828214	30,83
589	58	0,30935887	30,94
587	57,6	0,30827212	30,83
588	58,3	0,31148784	31,15
589	57,5	0,30669198	30,67
586	57,5	0,30826208	30,83
587	57,6	0,30827212	30,83
588	57,6	0,30774785	30,77
586	57,6	0,30879819	30,88
588	57,8	0,30881642	30,88
587	57,8	0,30934251	30,93
586	57,4	0,30772597	30,77
586	57,7	0,30933429	30,93
585	57,8	0,31040009	31,04
587	57,7	0,30880732	30,88
587	58	0,3104129	31,04
588	57,7	0,30828214	30,83
589	57,5	0,30669198	30,67
589	57,9	0,30882549	30,88

Minimum	30,67
Maximum	31,15
Průměr	30,9 %

Tab. 9: Naměřené hodnoty s difúzním světlem pro vzorek Econom jemná běžová zdroj Autor

Následující graf ukazuje, jak se liší hodnoty činitele odrazu světla při použití rozptýleného světla a reflektoru.



Obr. 22: graf porovnání vlivu rozptýleného světla a reflektoru zdroj: Autor

Jak je z grafu patrné, při použití reflektoru bylo při měření dosaženo vyšších hodnot odrazivosti omítek. Při použití reflektoru byl světlený tok směřovaný v největší intenzitě právě na zkoumaný vzorek a vliv okolí vzorku byl proto menší než při použití svítidla s opálovým difusorem. Pro stanovení činitele odrazu světla byl vybrán jako za vhodnější postup s použitím reflektoru, se kterým byla provedena měření na všech vzorcích.

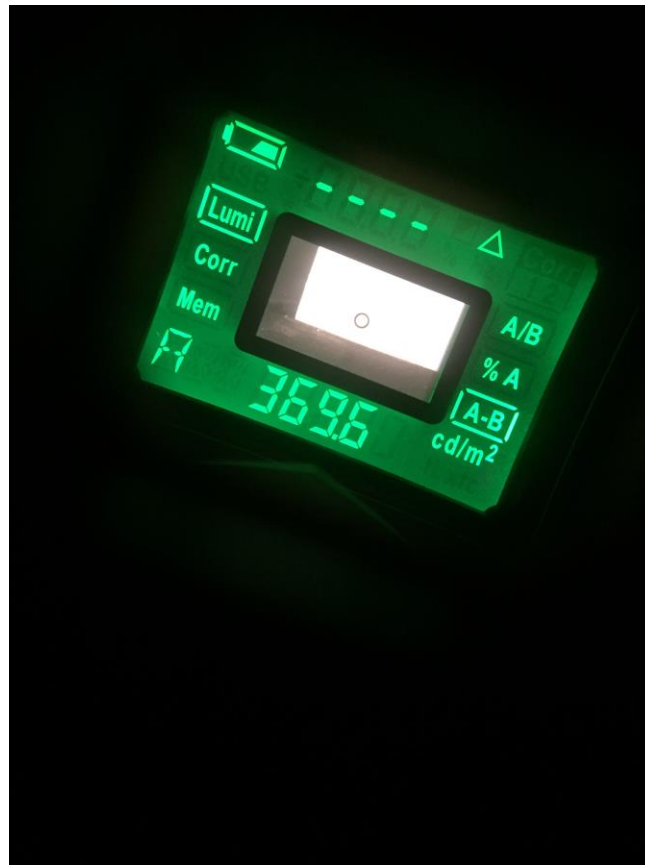


Obr. 23, 24, 25: Příprava měření, zdroj Autor



Obr. 26, 27: Měření luxmetrem, zdroj : Auto

Na obrázku 26 a 27 je pozice čidla luxmetru při měření dopadajícího světelného toku na povrch a toku odraženého. Při zjišťování odražené složky je patrné, že použití luxmetru v těchto podmínkách nebylo příliš vhodné kvůli velikosti dostupných vzorků a vlivu okolí.



Obr. 28: pohled přes jasoměr, zdroj Autor

Výsledkem tohoto měření bylo získání hodnot světleného toku dopadajícího na povrch vzorku hliněné omítky a jasu, který tento vzorek měl po nasvícení. Hodnoty získané měřením byly dosazeny do rovnice pro výpočet činitele odrazu. Ze všech měření bylo vyřazeno měření, které nabylo nejnižší a nejvyšší hodnoty. Ze zbylých 18 hodnot byl určen průměr – tato hodnota je použita pro další výpočty a výzkum.

Vzorek Antracitově černá

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1838	120,9	0,20664774	20,66
1852	121,6	0,20627304	20,63
1848	120,1	0,20416952	20,42
1849	121,8	0,20694753	20,69
1842	121,2	0,20671066	20,67
1834	122	0,20898272	20,90
1840	121	0,20659386	20,66
1842	121,8	0,20773398	20,77
1850	121,2	0,20581677	20,58
1845	121,8	0,2073962	20,74
1851	121,8	0,20672393	20,67
1839	121	0,20670621	20,67
1819	121,9	0,21053334	21,05
1830	121,3	0,20823781	20,82
1828	121,2	0,20829378	20,83
1824	121,2	0,20875056	20,88
1821	120,5	0,20788683	20,79
1830	121,1	0,20789446	20,79
1843	121,9	0,20779172	20,78
1838	121,8	0,20818606	20,82

Minimum	20,42
Maximum	21,05
Průměr	20,7 %

Tab 10: tabulka s naměřenými hodnotami pro vzorek omítky Art – antracitově černá zdroj Autor

Všechny dopočítané hodnoty činitelů odrazu jednotlivých omítek jsou uspořádány podle rodin, do kterých omítky patří, do přehledné tabulky viz. níže. Rodiny omítek jsou děleny podle výrobce, a to do tří základních kategorií – Econom, Cottage a Art – na základě rozdílné hrubosti, resp. jemnosti povrchu a složení.

Econom jemná světlá $\rho = 38,2\%$	Econom jemná červená $\rho = 23,9\%$	Econom jemná béžová $\rho = 45,9\%$	Econom jemná základní $\rho = 30,9\%$
Cottage oranžová $\rho = 49,9\%$	Cottage šedá $\rho = 55,3\%$	Cottage světle hnědá $\rho = 44,0\%$	Cottage červená $\rho = 27,4\%$
Cottage černá $\rho = 21,3\%$	Cottage žlutá $\rho = 50,1\%$	Art - oříškově červená $\rho = 23,9\%$	Art - vanilkově žlutá 100% $\rho = 61,7\%$
Art - atik bílá $\rho = 62,7\%$	Art - antracitově černá $\rho = 20,7\%$	dřevo - smrk $\rho = 40-45\%$	primalex - bílá $\rho = 75-85\%$

Tab 11: Srovnání činitelů odrazu hliněných omítek, Zdroj: Autor

5.1.1. Naměřené hodnoty všech vzorků

Vzorek Světlá econom

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
2090	223,7	0,336255635	33,63
1960	220,3	0,353108603	35,31
1810	221,5	0,384454571	38,45
1806	219,3	0,381479108	38,15
1814	220,1	0,381182218	38,12
1818	220	0,380170728	38,02
1816	223,4	0,386471255	38,65
1809	221,9	0,385361752	38,54
1806	219,9	0,382522826	38,25
1803	220,7	0,384553244	38,46
1811	217,2	0,376782951	37,68
1821	221,7	0,38247726	38,25
1808	223,4	0,388181305	38,82
1819	224,8	0,388251802	38,83
1818	218,8	0,37809707	37,81
1813	218,5	0,378619964	37,86
1815	221,8	0,383914739	38,39
1800	222,6	0,388510291	38,85
1804	222,8	0,387997141	38,80
1802	223,5	0,389648145	38,96

Minimum	33,63
Maximum	38,96
Průměr	38,2 %

Tab 12: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek Antracitově černá

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1838	120,9	0,20664774	20,66
1852	121,6	0,20627304	20,63
1848	120,1	0,20416952	20,42
1849	121,8	0,20694753	20,69
1842	121,2	0,20671066	20,67
1834	122	0,20898272	20,90
1840	121	0,20659386	20,66
1842	121,8	0,20773398	20,77
1850	121,2	0,20581677	20,58
1845	121,8	0,2073962	20,74
1851	121,8	0,20672393	20,67
1839	121	0,20670621	20,67
1819	121,9	0,21053334	21,05
1830	121,3	0,20823781	20,82
1828	121,2	0,20829378	20,83
1824	121,2	0,20875056	20,88
1821	120,5	0,20788683	20,79
1830	121,1	0,20789446	20,79
1843	121,9	0,20779172	20,78
1838	121,8	0,20818606	20,82

Minimum	20,42
Maximum	21,05
Průměr	20,7 %

Tab 13: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek vanilková žlutá 100%

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1960	371,7	0,59578061	59,58
1950	369,8	0,59577485	59,58
1950	371,5	0,59851368	59,85
1890	369,6	0,6143559	61,44
1900	370	0,61178383	61,18
1910	369,6	0,60792285	60,79
1900	369,2	0,61046106	61,05
1900	368,3	0,60897293	60,90
1910	372,7	0,61302177	61,30
1920	370,3	0,60590196	60,59
1910	371	0,61022559	61,02
1860	371,7	0,62781182	62,78
1850	374,6	0,63613006	63,61
1850	372,6	0,63273374	63,27
1840	372,4	0,63583103	63,58
1860	370,2	0,62527828	62,53
1870	373,1	0,62680653	62,68
1850	372,6	0,63273374	63,27
1860	370,9	0,6264606	62,65
1890	372	0,61834522	61,83

Minimum	59,58
Maximum	63,61
Průměr	61,7

%

Tab 14: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek atik bílá

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1820	366,8	0,63315175	63,32
1830	388	0,66608631	66,61
1830	373,9	0,6418806	64,19
1820	372,3	0,64264557	64,26
1840	367,7	0,62780631	62,78
1820	373,6	0,64488957	64,49
1840	371,6	0,63446513	63,45
1830	366,4	0,62900522	62,90
1870	371,3	0,62378254	62,38
1860	366,1	0,61835326	61,84
1880	366,9	0,61311189	61,31
1870	363,4	0,61051057	61,05
1860	362,9	0,61294837	61,29
1850	366,5	0,62237498	62,24
1840	364,9	0,62302563	62,30
1830	349,2	0,59947768	59,95
1860	372,1	0,62848743	62,85
1850	364,3	0,61863903	61,86
1850	368,2	0,62526185	62,53
1840	376,2	0,64231911	64,23

Minimum	59,95
Maximum	66,61
Průměr	62,7

%

Tab 15: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek oříškově červená

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1833	138,3	0,23703342	23,70
1843	142,5	0,24290665	24,29
1859	138,4	0,23388726	23,39
1860	138,3	0,23359262	23,36
1829	137,5	0,23617769	23,62
1818	141,8	0,24503731	24,50
1823	141,3	0,24350359	24,35
1835	141,3	0,24191119	24,19
1824	140,8	0,24250891	24,25
1817	139,9	0,24188707	24,19
1785	139,8	0,24604742	24,60
1807	138,6	0,24096555	24,10
1830	138,5	0,23776535	23,78
1826	137,5	0,23656571	23,66
1817	137,7	0,23808327	23,81
1827	136,7	0,2350606	23,51
1821	137,4	0,23704274	23,70
1824	138,6	0,2387197	23,87
1816	138	0,23873336	23,87
1820	138,1	0,23838129	23,84

Minimum	23,36
Maximum	24,60
Průměr	23,9 %

Tab 16: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor
Vzorek červená economy

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1830	136,9	0,2350186	23,50
1830	134,6	0,23107015	23,11
1850	125,6	0,21328867	21,33
1840	139,7	0,23852201	23,85
1820	143,4	0,24752988	24,75
1810	138,1	0,23969831	23,97
1820	137,8	0,23786344	23,79
1810	131,7	0,22858992	22,86
1820	138,5	0,23907175	23,91
1820	137,1	0,23665514	23,67
1810	139,3	0,24178114	24,18
1820	138,6	0,23924436	23,92
1840	138,9	0,2371561	23,72
1830	139,7	0,23982541	23,98
1840	138,2	0,23596093	23,60
1780	139,2	0,24567961	24,57
1799	138,2	0,24133858	24,13
1808	139,2	0,24187483	24,19
1809	140,6	0,24417243	24,42
1815	139,8	0,24198053	24,20

Minimum	21,33
Maximum	24,75
Průměr	23,9 %

Tab 17: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek běžová econom

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1880	264,1	0,44132693	44,13
1830	265,1	0,45510176	45,51
1800	265,8	0,46390852	46,39
1790	266,3	0,46737772	46,74
1800	265,5	0,46338492	46,34
1799	265,5	0,4636425	46,36
1798	261,8	0,45743546	45,74
1797	265,3	0,46380887	46,38
1808	264,9	0,46029198	46,03
1807	265	0,46072056	46,07
1804	266,1	0,46340233	46,34
1803	263,3	0,45878056	45,88
1860	266,9	0,45080166	45,08
1820	264,5	0,45656662	45,66
1830	264,6	0,4542434	45,42
1820	263,8	0,45535832	45,54
1840	265,1	0,45262838	45,26
1830	266,7	0,4578485	45,78
1830	266,8	0,45802017	45,80
1790	267,8	0,47001034	47,00

Minimum	44,13
Maximum	47,00
Průměr	45,9 %

Tab 18: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor
Vzorek základní econom

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1830	190,8	0,32754966	32,75
1860	190,2	0,32125318	32,13
1850	193,7	0,32893324	32,89
1880	189,2	0,31616454	31,62
1912	186,3	0,30610811	30,61
1930	191,1	0,31106651	31,11
1980	189,9	0,3013073	30,13
1900	189,6	0,31349788	31,35
1880	189,6	0,31683296	31,68
1980	189,2	0,30019663	30,02
1954	190,3	0,30595961	30,60
1949	189,9	0,30609977	30,61
1850	188,7	0,32044245	32,04
1900	189	0,3125058	31,25
1958	189,2	0,30356963	30,36
1940	186,9	0,30266168	30,27
1955	185,9	0,29873252	29,87
1961	186,7	0,29910013	29,91
2020	188,1	0,29254138	29,25
1992	188,9	0,29791509	29,79

Minimum	29,25
Maximum	32,89
Průměr	30,9 %

Tab 19: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek Cottage žlutá

na povrchu	odraženo	činitel odraziv [v [%]	
1946	300,5	0,48512261	48,51
1888	284,2	0,47290288	47,29
1882	300,8	0,50212065	50,21
1886	300,7	0,50088914	50,09
1879	300,5	0,50242075	50,24
1877	300,4	0,50278872	50,28
1883	300,9	0,50202083	50,20
1872	300,9	0,50497074	50,50
1885	300,3	0,50048821	50,05
1882	301,3	0,5029553	50,30
1892	303,1	0,5032858	50,33
1885	301,9	0,50315481	50,32
1883	303,8	0,50685919	50,69
1886	300,8	0,50105571	50,11
1892	301,2	0,50013092	50,01
1898	301,9	0,49970855	49,97
1880	301,5	0,50382457	50,38
1890	300,6	0,49966283	49,97
1880	300,7	0,50248772	50,25
1880	303,4	0,50699958	50,70

Minimum	47,29
Maximum	50,70
Průměr	50,1 %

Tab 20: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor
Vzorek cottage oranžová

na povrchu	odraženo	činitel odraziv [%]	
1880	298,4	0,49864428	49,86
1866	294	0,49497762	49,50
1860	284,8	0,48103526	48,10
1850	289,2	0,49110735	49,11
1860	285,7	0,48255539	48,26
1840	288	0,49172755	49,17
1830	293	0,50299817	50,30
1820	290,4	0,5012739	50,13
1830	290,4	0,4985347	49,85
1820	294,5	0,50835112	50,84
1830	294,2	0,50505823	50,51
1830	293,1	0,50316984	50,32
1840	298,5	0,50965511	50,97
1830	298,5	0,51244011	51,24
1840	293,9	0,50180113	50,18
1860	289,9	0,48964931	48,96
1830	291,8	0,50093811	50,09
1840	290,7	0,49633749	49,63
1830	291,7	0,50076644	50,08
1840	292,3	0,49906931	49,91

Minimum	48,10
Maximum	51,24
Průměr	49,9 %

Tab 21: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek cottage šedá

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1850	324	0,55020325	55,02
1843	319,3	0,54428135	54,43
1837	322,5	0,55153164	55,15
1830	323,1	0,55467136	55,47
1831	322,3	0,5529958	55,30
1825	321,7	0,55378102	55,38
1817	323,5	0,55933144	55,93
1836	324,4	0,55508315	55,51
1825	324,4	0,55842885	55,84
1821	324,6	0,56000054	56,00
1819	324,1	0,55975271	55,98
1818	321,2	0,55504926	55,50
1860	322,8	0,54521834	54,52
1850	323,7	0,54969381	54,97
1850	324,6	0,55122215	55,12
1830	322,8	0,55415634	55,42
1820	321,9	0,55564762	55,56
1820	321	0,55409409	55,41
1830	320,8	0,55072291	55,07
1825	318,8	0,5487889	54,88

Minimum	54,43
Maximum	56,00
Průměr	55,3

%

Tab 22: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek cottage světle hnědá

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1902	273,5	0,45174847	45,17
1904	268,9	0,44368396	44,37
1900	270,2	0,44676754	44,68
1901	267,8	0,44256629	44,26
1902	267,9	0,44249878	44,25
1940	267,7	0,4335074	43,35
1907	266,9	0,43969118	43,97
1920	265,4	0,43425973	43,43
1931	269,9	0,43910712	43,91
1918	268,7	0,4401178	44,01
1950	269,9	0,43482864	43,48
1940	274,1	0,44387142	44,39
1940	269,8	0,43690809	43,69
1900	270,2	0,44676754	44,68
1910	271	0,4457443	44,57
1920	270,7	0,44293184	44,29
1930	270,3	0,43998575	44,00
1910	264,8	0,43554646	43,55
1900	262,9	0,43469722	43,47
1910	263,6	0,43357268	43,36

Minimum	43,35
Maximum	45,17
Průměr	44,0

%

Tab 23: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek cottage červená

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1874	135,5	0,22715358	22,72
1823	136,4	0,23505937	23,51
1819	153,8	0,26562779	26,56
1820	153	0,26410092	26,41
1814	152,2	0,26358898	26,36
1817	160	0,27663997	27,66
1813	165	0,28591439	28,59
1849	165,6	0,28136709	28,14
1826	163,6	0,28147019	28,15
1828	158,5	0,27239739	27,24
1821	162,1	0,27965523	27,97
1808	160,7	0,27923337	27,92
1829	157,2	0,27001551	27,00
1823	162,5	0,28003774	28,00
1835	166,8	0,2855682	28,56
1832	162,9	0,27934795	27,93
1833	165,6	0,2838231	28,38
1876	166,1	0,27815487	27,82
1841	161,4	0,27542263	27,54
1846	162,2	0,2760381	27,60

Minimum	22,72
Maximum	28,59
Průměr	27,4

%

Tab 24: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

Vzorek cottage černá

na povrchu	odraženo	činitel odrazu	v [%]
1824	123,6	0,21288424	21,29
1813	126,2	0,21868119	21,87
1811	123,1	0,21354503	21,35
1806	123	0,21396229	21,40
1828	125,1	0,2149963	21,50
1826	123,8	0,21299516	21,30
1833	124,2	0,21286733	21,29
1835	126	0,21571699	21,57
1827	120,4	0,20703216	20,70
1823	125,7	0,21661997	21,66
1832	122,4	0,2098968	20,99
1828	124,6	0,214137	21,41
1850	122	0,2071753	20,72
1811	121,6	0,21094294	21,09
1807	121,1	0,2105406	21,05
1805	122,9	0,21390678	21,39
1804	123,7	0,21541852	21,54
1804	124,1	0,2161151	21,61
1813	123,5	0,21400259	21,40
1815	122,8	0,21255514	21,26

Minimum	20,70
Maximum	21,87
Průměr	21,3

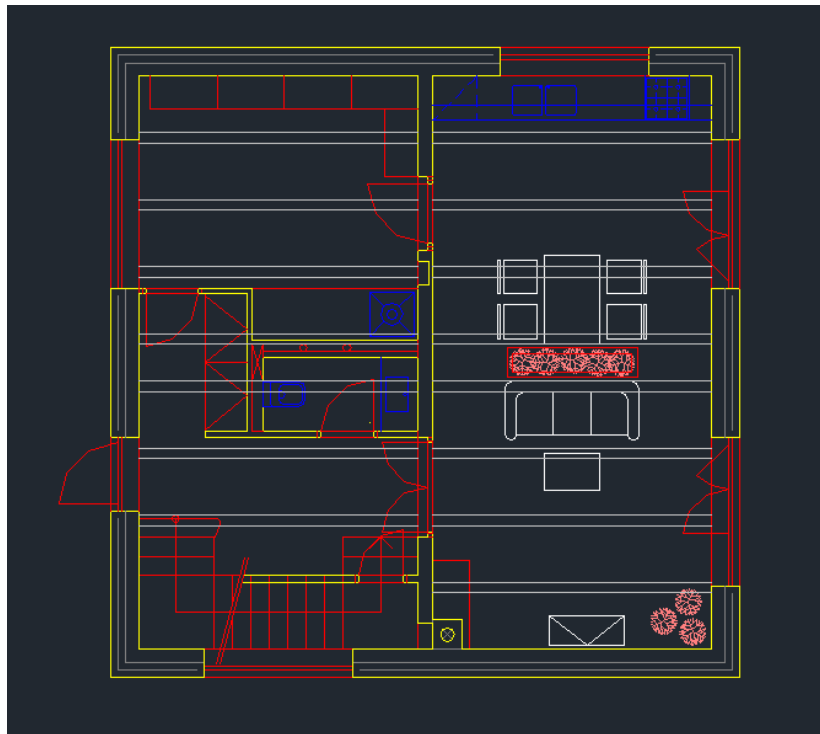
%

Tab 25: Tabulka naměřených hodnot, zdroj: Autor

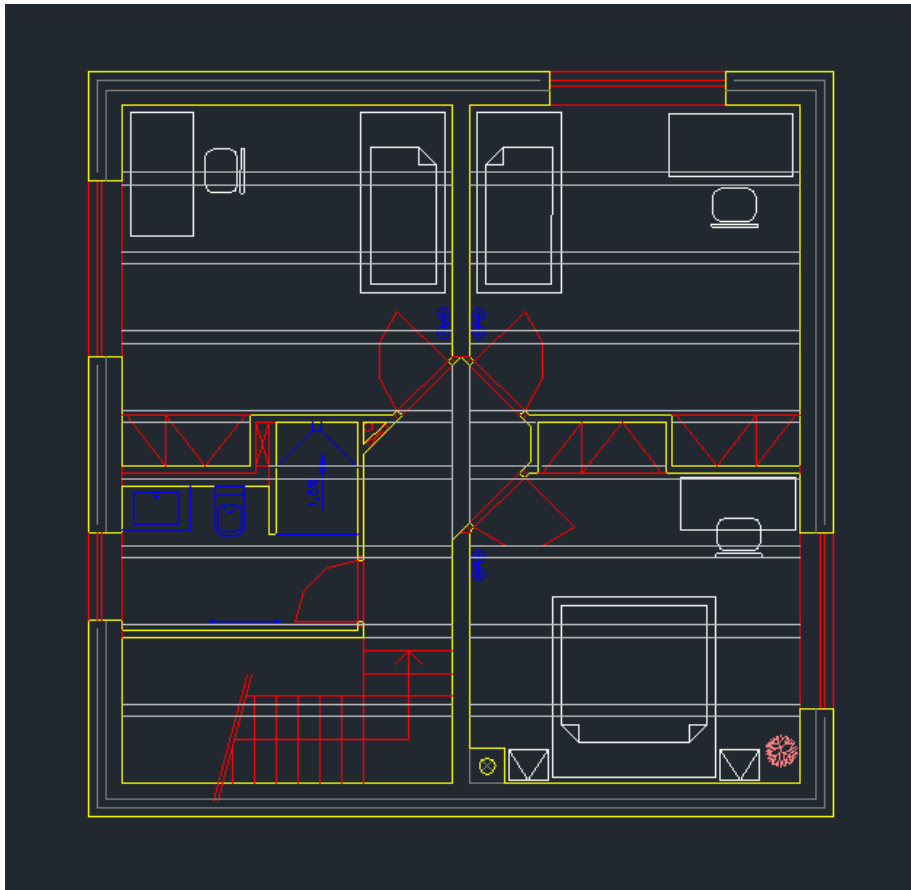
4.2. Vytvoření virtuálního modelu domu s použitím hliněných omítek

Virtuální model byl vytvořen v programu Relux, ve kterém byly následně provedeny i výpočty osvětlení, na jejichž základě je porovnáván vliv použití hliněných omítek v interiérech oproti klasické malbě. Toto srovnání se nachází v kapitole 4.3.

Autor pracoval s poskytnutými podklady k zatím ještě nerealizovanému ekodomu. Podklad byl ve formátu .dwg, který je kompatibilní se softwarem Relux, a mohl být proto rovnou použit jako podklad pro modelování vybraných místností.



Obr. 29: Projekt ekodomu – 1NP, Ing. Michal Procházka, Ph.D.



Obr. 30: Projekt ekodomu – 2NP, Ing. Michal Procházka, Ph. D.

Dům je dvoupatrový a autor ho umístil do lokality Zdiměřic u Prahy.



Obr. 31: Výšek z mapy, zdroj: <https://www.google.cz/maps/place/Zdiměřice,+252+42+Jesenice/@49.9918186,14.5373217,14z/data=!4m2!3m1!1s0x470b8e2e642c4fe3:0x25defbfefa78a612> 12.12.2017 11:14

Z celého domu byly vybrány pro další zkoumání a vytvoření modelu 4 místnosti, a to v přízemí obytná místnost, ve které je prostor obývacího pokoje jídelny a kuchyně. Další tři místnosti jsou situované v patře a jsou to dva dětské pokoje a ložnice.

Obytná místnost má okna orientovaná na jih a západ. Pokoje v patře mají vždy po jednom okně na východ nebo západ. Ložnice má okno směřované na západ. Všechny místnosti jsou modelovány s běžným vybavením a nábytkem, aby výsledky co nejvíce odpovídaly skutečnosti.

Osvětlení použité pro nasvícení místností je vše ve verzi LED 3 000 K. Ve všech místnostech je centrální difuzní svítidlo v závěsném provedení, které je doplněno zpravidla o přisazené bodové osvětlení.

Lokální osvětlení (stolní a stojací lampy) nebyly v modelu navrhovány. Lokální osvětlení v rodinných domech a bytech má významnou roli a dotváří prostor přesně na míru představám uživatele. Pro splnění cílů této práce však nebylo zapotřebí.



Obr. 32: Model – Pokoj 1, zdroj Autor



Obr. 33: Model – Pokoj 2, zdroj Autor



Obr. 34: Model – Ložnice, zdroj Autor



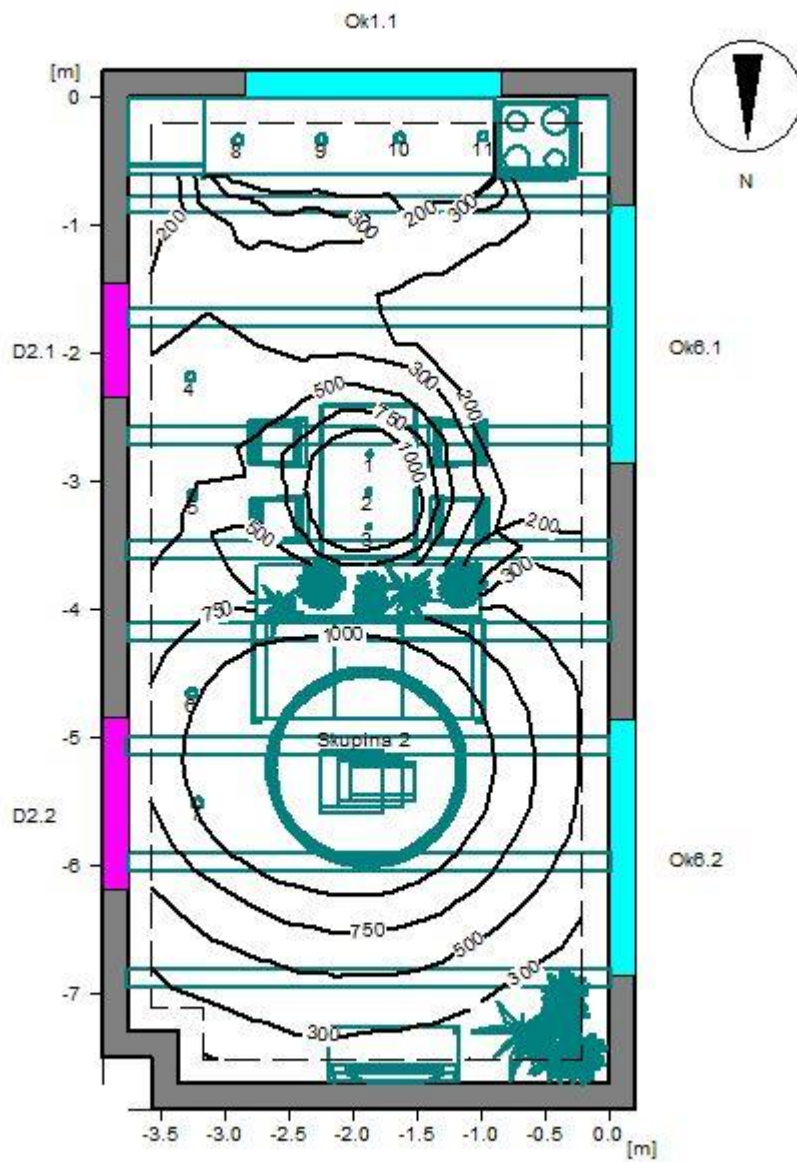
Obr. 35: Model – Obytná místnost 1/2, zdroj Autor



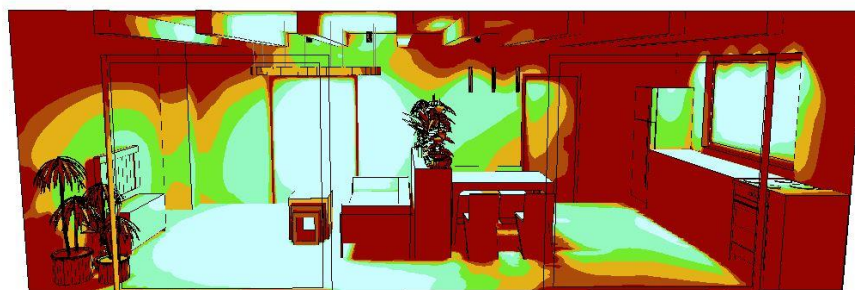
Obr. 36: Model – Obytná místnost 2/2, zdroj Autor

Podrobné výpočty pro všechny případy jsou přiložené k práci pouze v elektronické podobě z důvodu velikého rozsahu. Je přiložený soubor s výstupy výpočtů ve formátu .pdf a dále celý model ve formátu .rdf.

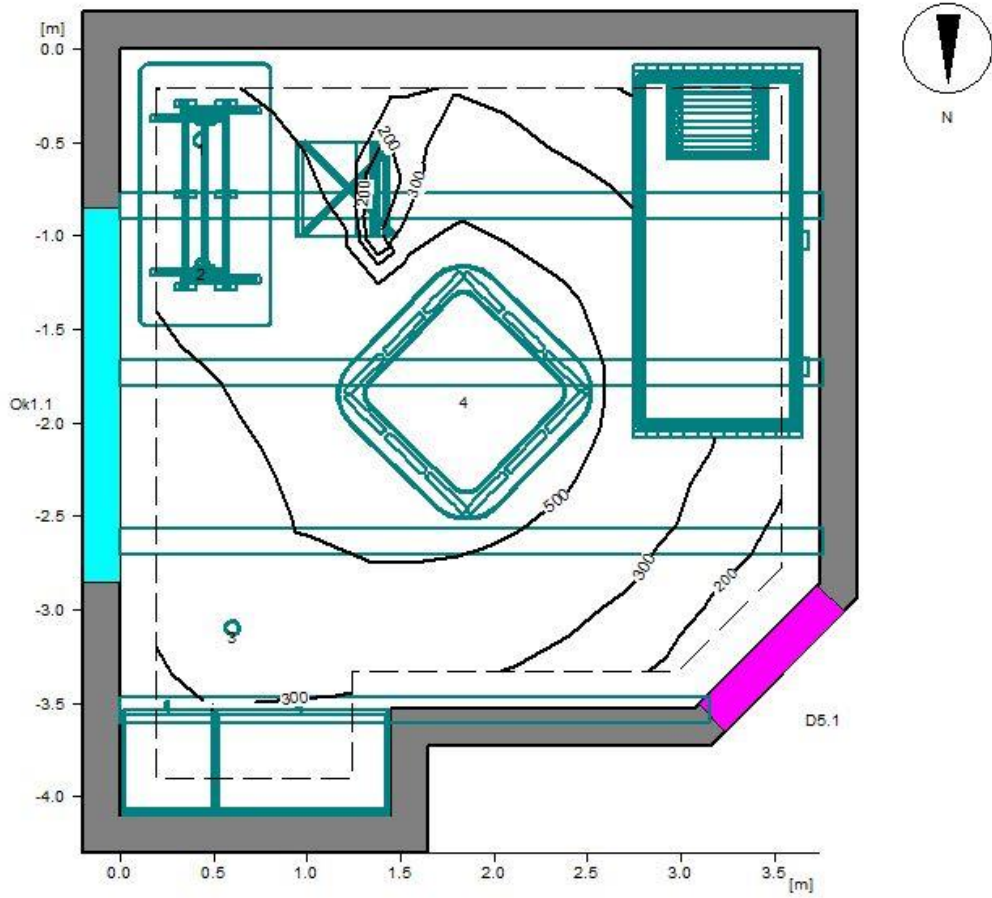
Následující obrázky ukazují část výstupů získaných výpočty na zkoumaném modelu. Jde pouze o výstup pro bílou malbu ve všech místnostech. Povrchová úprava s bílou malbou byla použita pro porovnávání se všemi vzorky hliněných omítek, proto zde autor ukazuje právě výsledky pro malbu.



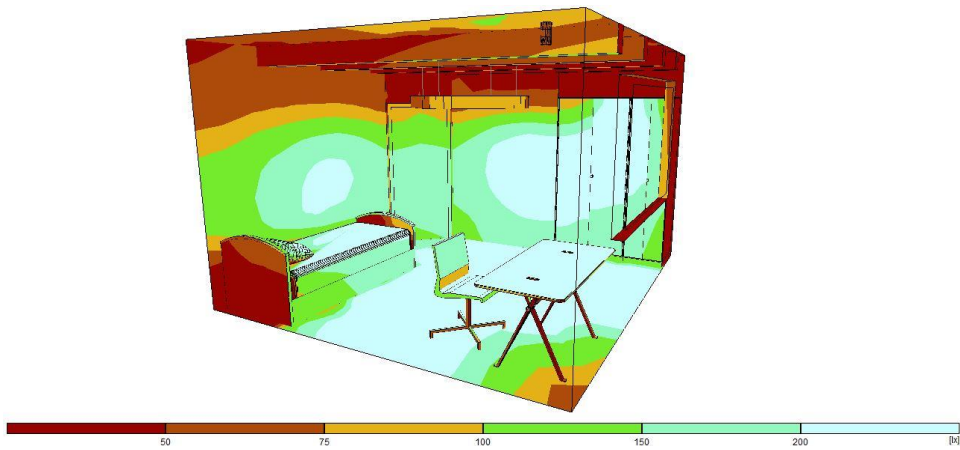
Obr. 37: Izočáry – obytná místnost, zdroj Autor



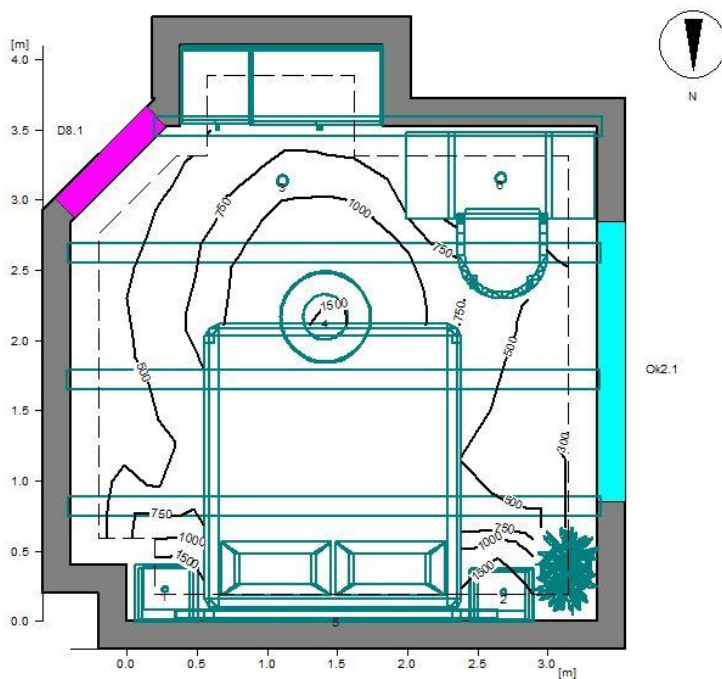
Obr. 38: Intenzita – obytná místnost, zdroj Autor



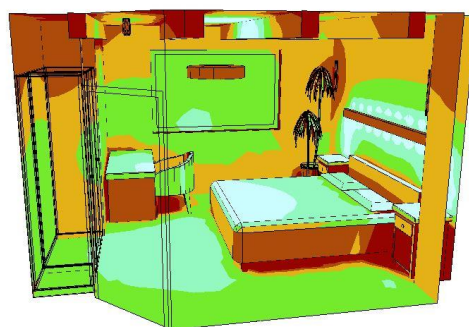
Obr. 39: Izočáry – Pokoj 1, zdroj Autor



Obr. 40: Intenzita – Pokoj 1, zdroj Autor



Obr. 42: Izočáry – Ložnice, zdroj Autor



Obr. 43: Izočáry – Ložnice, zdroj Autor

4.3. Porovnání vlivu hliněných omítek na osvětlenost interiérů s klasickými omítkami

4.3.1. Umělé osvětlení

V této kapitole se autor dostává ke srovnání interiérů s použitím hliněných omítek s místnostmi s klasickou bílou malbou. Použití hliněných omítek bylo vždy uvažováno pouze na stěnách místnosti. Stop byl ve všech případech uvažovaný stejný s činitelem odrazu 0,7. Podlaha je opět pro všechny místnosti uvažovaná s činitelem odrazu 0,2.

Následující graf ukazuje vzájemné srovnání místností.

Econom jemná světlá	1	Cottage červená	8
Econom jemná červená	2	Cottage černá	9
Econom jemná béžová	3	Cottage žlutá	10
Econom jemná základní	4	Art - oříškově červená	11
Cottage oranžová	5	Art - vanilkově žlutá 100%	12
Cottage šedá	6	Art - atik bílá	13
Cottage světle hnědá	7	Art - antracitově černá	14
		Malba bílá	15

Srovnání všech místností



Obr. 44: Umělé osvětlení – Srovnání místností, zdroj Autor

4.3.2. Umělé osvětlení – výsledky výpočtů

Zde jsou uvedeny kompletní výsledky pro všechny typy omítek ve zkoumaných čtyřech místnostech.

Pokoj 1		
Druh povrchu	činitel odrazu	udržovaná osvětlenost Em (lx)
Econom jemná světlá	38,20%	385,00
Econom jemná červená	23,90%	375,00
Econom jemná béžová	45,90%	396,00
Econom jemná základní	30,90%	384,00
Cottage oranžová	49,90%	399,00
Cottage šedá	55,30%	404,00
Cottage světle hnědá	44,00%	394,00
Cottage červená	27,40%	381,00
Cottage černá	21,30%	376,00
Cottage žlutá	50,10%	400,00
Art - oříškově červená	23,90%	378,00
Art - vanilkově žlutá 100%	61,70%	411,00
Art - atik bílá	62,70%	412,00
Art - antracitově černá	20,70%	376,00
Malba bílá	80,00%	431,00
	Minimum	375,00
	maximum	431,00
	rozdíl	56,00 lx

Tab. 26: Pokoj 1 – udržovaná osvětlenost, zdroj Autor

Pokoj 2		
Druh povrchu	činitel odrazu	udržovaná osvětlenost Em (lx)
Econom jemná světlá	38,20%	339,00
Econom jemná červená	23,90%	331,00
Econom jemná béžová	45,90%	344,00
Econom jemná základní	30,90%	335,00
Cottage oranžová	49,90%	347,00
Cottage šedá	55,30%	350,00
Cottage světle hnědá	44,00%	343,00
Cottage červená	27,40%	333,00
Cottage černá	21,30%	330,00
Cottage žlutá	50,10%	347,00
Art - oříškově červená	23,90%	331,00
Art - vanilkově žlutá 100%	61,70%	355,00
Art - atik bílá	62,70%	355,00
Art - antracitově černá	20,70%	330,00
Malba bílá	80,00%	369,00
	Minimum	330,00
	maximum	369,00
	rozdíl	39,00 lx

Tab. 27: Pokoj 2 – udržovaná osvětlenost, zdroj Autor

Ložnice		
Druh povrchu	činitel odrazu	udržovaná osvětlenost Em (lx)
Econom jemná světlá	38,20%	668,00
Econom jemná červená	23,90%	644,00
Econom jemná béžová	45,90%	683,00
Econom jemná základní	30,90%	656,00
Cottage oranžová	49,90%	692,00
Cottage šedá	55,30%	704,00
Cottage světle hnědá	44,00%	679,00
Cottage červená	27,40%	650,00
Cottage černá	21,30%	641,00
Cottage žlutá	50,10%	692,00
Art - oříškově červená	23,90%	644,00
Art - vanilkově žlutá 100%	61,70%	719,00
Art - atik bílá	62,70%	722,00
Art - antracitově černá	20,70%	640,00
Malba bílá	80,00%	774,00
	Minimum	640,00
	maximum	774,00
	rozdíl	134,00 lx

Tab. 28: Ložnice – udržovaná osvětlenost, zdroj Autor

Obytná místnost		
Druh povrchu	činitel odrazu (%)	udržovaná osvětlenost Em (lx)
Econom jemná světlá	38,20%	594,00
Econom jemná červená	23,90%	587,00
Econom jemná béžová	45,90%	597,00
Econom jemná základní	30,90%	590,00
Cottage oranžová	49,90%	599,00
Cottage šedá	55,30%	601,00
Cottage světle hnědá	44,00%	596,00
Cottage červená	27,40%	589,00
Cottage černá	21,30%	586,00
Cottage žlutá	50,10%	599,00
Art - oříškově červená	23,90%	587,00
Art - vanilkově žlutá 100%	61,70%	605,00
Art - atik bílá	62,70%	605,00
Art - antracitově černá	20,70%	586,00
Malba bílá	80,00%	614,00
	Minimum	586,00
	maximum	614,00
	rozdíl	28,00 lx

Tab. 29: Obytná místnost– udržovaná osvětlenost, zdroj Autor

5.3.4. Denní osvětlení

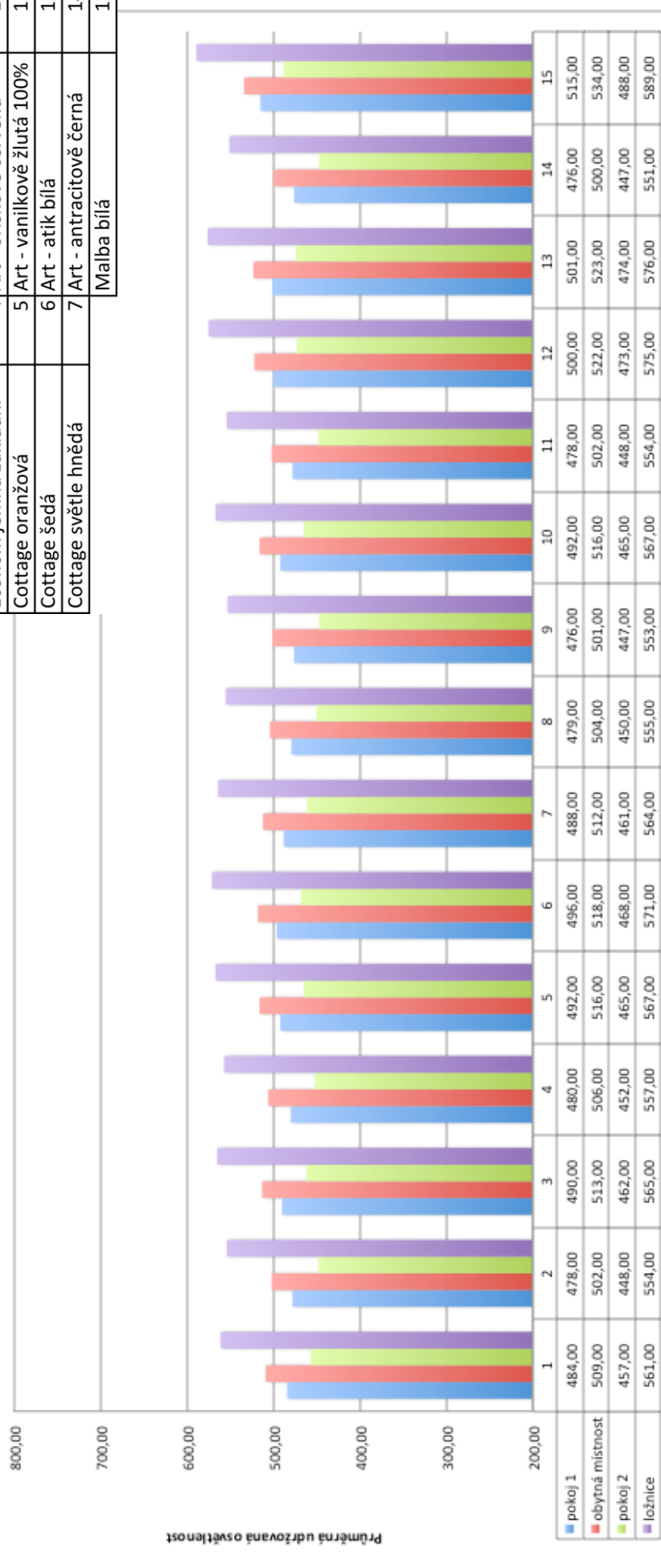
Denní osvětlení bylo počítané za stejných podmínek v místnosti jako umělé osvětlení, tj. strop s činitelem odrazu 0,7 a podlaha 0,2. Jako zdroj světla zde figuruje pouze sluneční záření procházející přes okna do místností. Intenzita světla získaného ze Slunce v průběhu dne velmi osciluje v závislosti na hodině, oblačnosti a ročním období. Pro výpočet se uvažuje stav za nepříznivých podmínek, tedy při zatažené obloze.

Velikost oken byla v obou pokojích a ložnici stejná – 2 000 mm x 1 250 mm. V obytné místnosti je umístěno směrem na jih okno velikosti 2 000 mm x 1 250 mm a na západní straně jsou dvě okna s rozměry 2 000 mm x 2 200 mm.

Následující graf ukazuje kompletní srovnání všech měřených druhů omítek ve čtyřech modelových místnostech.

Srovnání všech místností

Econom jemná světlá	1	Cottage červená	8
Econom jemná červená	2	Cottage černá	9
Econom jemná béžová	3	Cottage žlutá	10
Econom jemná základní	4	Art - oříškově červená	11
Cottage oranžová	5	Art - vanilkově žlutá 100%	12
Cottage šedá	6	Art - atik bílá	13
Cottage světle hnědá	7	Art - antracitově černá	14
		Malba bílá	15



Obr. 45: Denní osvětlení – Srovnání místností, zdroj Autor

místnost	Maximální udržovaná průměrná osvětlenost (lx)	druh povrchu	minimální udržovaná průměrná osvětlenost (lx)	druh povrchu	Rozdíl (lx)	zvětšení půdorysného rozměru okna	udržovaná osvětlenost Em (lx) po zvětšení okna
Pokoj 1	515,00	bílá malba	476,00	Art - antracitově černá	39,00	+ 15cm	514
Pokoj 2	488,00	bílá malba	447,00	Art - antracitově černá	41,00	+ 28cm	489
Ložnice	589,00	bílá malba	551,00	Art - antracitově černá	38,00	+ 12cm	589
Obytná místnost	534,00	bílá malba	500,00	Art - antracitově černá	34,00	+ 14cm (každé okno)	534

Tab. 30: návrh na zvětšení oken, zdroj Autor

Tato tabulka ukazuje, o kolik centimetrů je zapotřebí zvětšit půdorysný rozměr oken do místností, aby bylo dosaženo stejné hodnoty průměrné osvětlenosti v místnosti jako pro bílou malbu. Srovnání je uvedeno pouze pro případ s nejhůře odrazivou omítkou – Art antracitově černá. Odchylka od klasické bílé malby je v nejhorším případě 41 lx.

Zvětšení plochy okna:

- Pokoj 1 – zvětšení plochy o 7,5 % – okno orientováno na východ
- Pokoj 2 – zvětšení plochy o 14 % – okno orientováno na jih
- Ložnice – zvětšení plochy o 6 % – okno orientováno na západ
- Obytná místnost – zvětšení celkové plochy oken o 6,96 % – okna na jih a západ

Největší zvětšení bylo potřeba v místnosti s oknem orientovaným na jih, zde byla největší intenzita slunečního záření a díky tomu se nejvíce projeví rozdíly v odrazivosti povrchů v prostoru.

U návrhu oken nelze vytvořit obecné pravidlo pro všechny případy. Obecně známý fakt – čím světlejší povrchy v prostoru jsou, tím více světla tam bude, ne pouze pocitově, ale i skutečně po provedení měření, díky vyšší odrazivosti. Světlo se zde déle odráží, než se vytratí.

5.3.5. Denní osvětlení – výsledky výpočtů

V kapitole 5.3.5 je podrobný přehled všech vypočítaných hodnot pro případ denního osvětlení místností.

Graf vlivu odrazivosti omítek na hladinu osvětlenosti v prostoru - obytná místnost		
Druh povrchu	činitel odrazu (%)	udržovaná osvětlenost Em (lx)
Econom jemná světlá	38,20%	509,00
Econom jemná červená	23,90%	502,00
Econom jemná béžová	45,90%	513,00
Econom jemná základní	30,90%	506,00
Cottage oranžová	49,90%	516,00
Cottage šedá	55,30%	518,00
Cottage světle hnědá	44,00%	512,00
Cottage červená	27,40%	504,00
Cottage černá	21,30%	501,00
Cottage žlutá	50,10%	516,00
Art - oříškově červená	23,90%	502,00
Art - vanilkově žlutá 100%	61,70%	522,00
Art - atik bílá	62,70%	523,00
Art - antracitově černá	20,70%	500,00
Malba bílá	80,00%	534,00
	Minimum	500,00
	maximum	534,00
	rozdíl	34,00 lx

Tab. 31: Udržovaná osvětlenost – Obytná místnost, zdroj Autor

Graf vlivu odrazivosti omítek na hladinu osvětlenosti v prostoru - pokoj 1		
Druh povrchu	činitel odrazu	udržovaná osvětlenost Em (lx)
Econom jemná světlá	38,20%	484,00
Econom jemná červená	23,90%	478,00
Econom jemná béžová	45,90%	490,00
Econom jemná základní	30,90%	480,00
Cottage oranžová	49,90%	492,00
Cottage šedá	55,30%	496,00
Cottage světle hnědá	44,00%	488,00
Cottage červená	27,40%	479,00
Cottage černá	21,30%	476,00
Cottage žlutá	50,10%	492,00
Art - oříškově červená	23,90%	478,00
Art - vanilkově žlutá 100%	61,70%	500,00
Art - atik bílá	62,70%	501,00
Art - antracitově černá	20,70%	476,00
Malba bílá	80,00%	515,00
	Minimum	476,00
	maximum	515,00
	rozdíl	39,00 lx

Tab. 32: Udržovaná osvětlenost – Pokoj 1, zdroj Autor

Graf vlivu odrazivosti omítek na hladinu osvětlenosti v prostoru - pokoj 2		
Druh povrchu	činitel odrazu	udržovaná osvětlenost Em (lx)
Econom jemná světlá	38,20%	457,00
Econom jemná červená	23,90%	448,00
Econom jemná béžová	45,90%	462,00
Econom jemná základní	30,90%	452,00
Cottage oranžová	49,90%	465,00
Cottage šedá	55,30%	468,00
Cottage světle hnědá	44,00%	461,00
Cottage červená	27,40%	450,00
Cottage černá	21,30%	447,00
Cottage žlutá	50,10%	465,00
Art - oříškově červená	23,90%	448,00
Art - vanilkově žlutá 100%	61,70%	473,00
Art - atik bílá	62,70%	474,00
Art - antracitově černá	20,70%	447,00
Malba bílá	80,00%	488,00
Minimum		447,00
maximum		488,00
rozdíl		41,00 lx

Tab. 33: Udržovaná osvětlenost – Pokoj 2, zdroj Autor

Graf vlivu odrazivosti omítek na hladinu osvětlenosti v prostoru - ložnice		
Druh povrchu	činitel odrazu	udržovaná osvětlenost Em (lx)
Econom jemná světlá	38,20%	561,00
Econom jemná červená	23,90%	554,00
Econom jemná béžová	45,90%	565,00
Econom jemná základní	30,90%	557,00
Cottage oranžová	49,90%	567,00
Cottage šedá	55,30%	571,00
Cottage světle hnědá	44,00%	564,00
Cottage červená	27,40%	555,00
Cottage černá	21,30%	553,00
Cottage žlutá	50,10%	567,00
Art - oříškově červená	23,90%	554,00
Art - vanilkově žlutá 100%	61,70%	575,00
Art - atik bílá	62,70%	576,00
Art - antracitově černá	20,70%	551,00
Malba bílá	80,00%	589,00
Minimum		551,00
maximum		589,00
rozdíl		38,00 lx

Tab. 34: Udržovaná osvětlenost – Ložnice, zdroj Autor

5. Přínosy a doporučení

Přínosy

Mezi hlavní přínosy této práce patří jistě fakt, že se zabývá tématem, které je doposud stále nedostatečně probádané. Během práce byly zjištěny hodnoty činitele odrazu pro hliněné omítky. Hodnoty činitele odrazu pro různé povrchy jsou určovány již dlouho, ale u hliněných omítek tato měření nebyla tolik častá, jelikož nejde o nejběžnější a nejpoužívanější materiál v interiéru.

Na základě zjištěných hodnot a provedených výpočtů pro větší množství případů je zřejmé, že použití hliněných omítek v interiéru, které jsou zpravidla tmavších barev než klasické malby v pokojích, nemá příliš zásadní vliv na množství světla v místnosti. Pokud se majitel domu rozhodne pro použití hliněných omítek, tak nemusí mít strach z nedostatku světla v porovnání s běžnou malbou. Úbytek světla je znatelnější pouze při použití tmavších odstínů, které jsou ale srovnatelné s tmavými malbami. Pokud je tedy v prostoru navržen tmavý povrch, tak je pouze na uživateli, zda zvolí cestu hliněných omítek nebo klasických povrchů. Strach některých lidí z nedostatku světla v místnosti není opodstatněný; za předpokladu návrhu dostatečného umělého osvětlení místnosti a velikosti oken je množství světla v místnosti takřka shodné.

Doporučení

Nezodpovězených otázek, na které autor přišel při práci, je několik. Na prvním místě by bylo při pokračování výzkumů vhodné provést měření znovu na větším množství vzorků a v laboratorních podmínkách s laboratorní přesností.

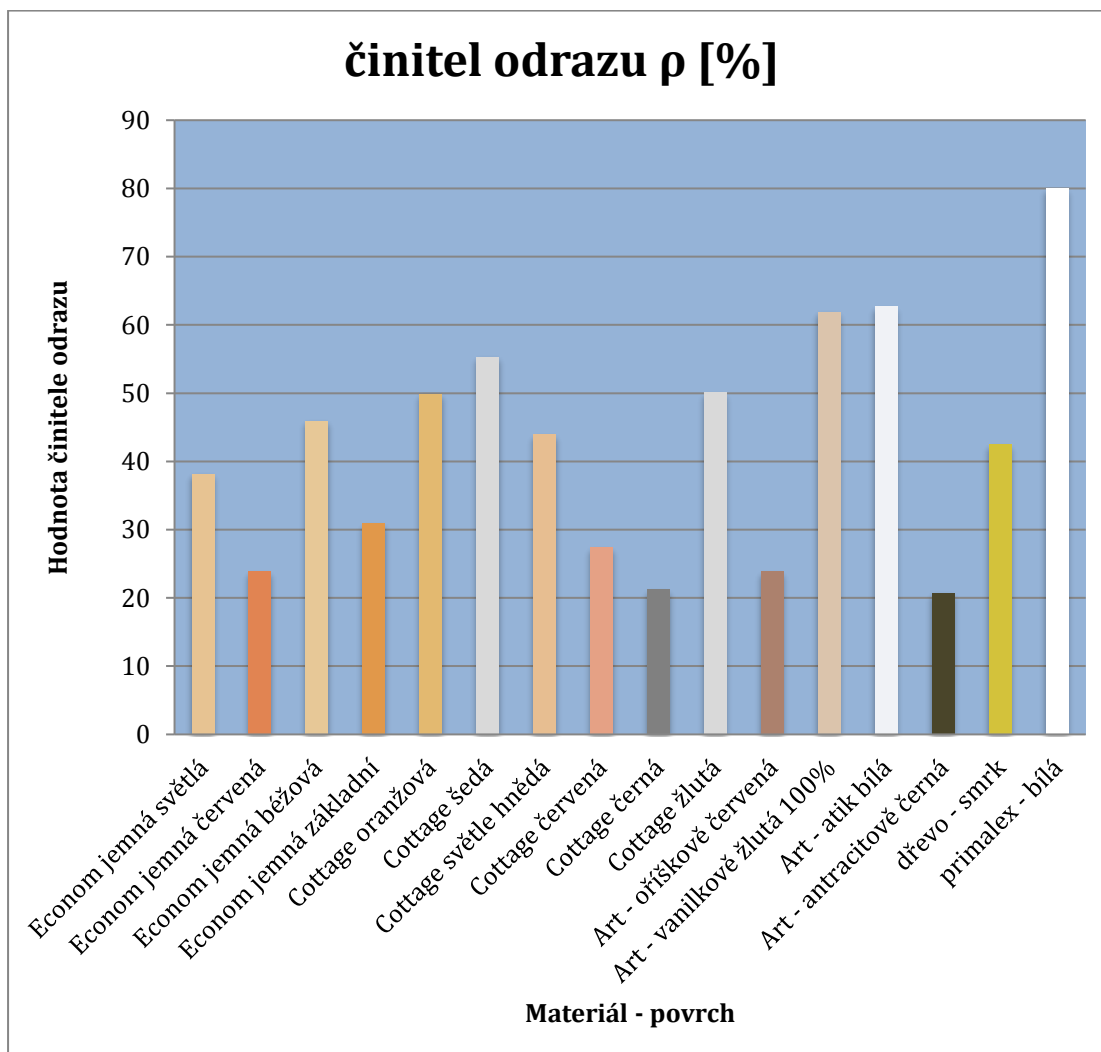
Dále je zajímavá otázka vlivu stáří hliněných omítek na odrazivost světla, jelikož tyto omítky jsou občas nazývané také jako „živé“ omítky. Například u bílé malby je již dlouho známý fakt, že nová malba má hodnoty činitele odrazu kolem 0,8 a staré malby je tato hodnota o 0,1–0,15 nižší. Hliněné omítky v průběhu svého života neustále pracují, proto by bylo zajímavé srovnání v závislosti na stáří.

Jako poslední z návrhů na další výzkum autor uvádí toto: zjištění vlivu vlhkosti obsažené v omítkách na odrazivost světla.

6. Závěr

6.1. Určení činitele odrazu ρ pro hliněné omítky

Cíl určení činitele odrazu vybraných hliněných omítek je dosažen v kapitole 4.1. Následující graf ukazuje srovnání odrazivosti zkoumaných hliněných omítek s obecně známými a velmi rozšířenými finálními povrchovými úpravami v interiéru, a to s bílou malbou a dřevěným obkladem/nábytkem ze smrkového dřeva.



Obr. 46: Činitel odrazu hliněných omítek, zdroj Autor

6.2. Vytvoření virtuálního modelu domu s použitím hliněných omítek

Model byl vytvořen v programu Relux na půdorysu ekodomu se slaměnou tepelnou izolací. Přesný vzhled a zpracování modelu je popsáno v kapitole 5.2.

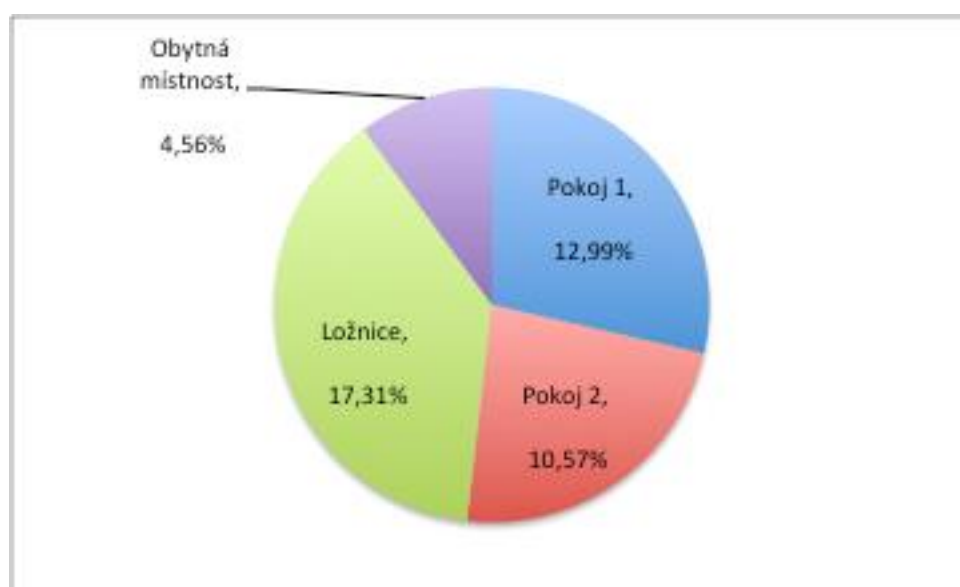
Vytvořený model poskytuje jasnou představu o vzniklém prostoru i pro laickou veřejnost a v dnešní době tvorba modelů neodmyslitelně patří k jakékoliv projekční činnosti. Napomáhá rychlejší a jasnější komunikaci mezi odborníky a laiky a také umožňuje provádění výpočtů a posuzování návrhu.

6.3. Porovnání vlivu hliněných omítek na osvětlenost interiérů s klasickými omítkami

Splnění cíle srovnání hliněných omítek se věnuje kapitola 4.3.

Umělé osvětlení

Graf poklesu průměrné udržované osvětlenosti v místnosti s hliněnou omítkou v porovnání s bílou malbou.

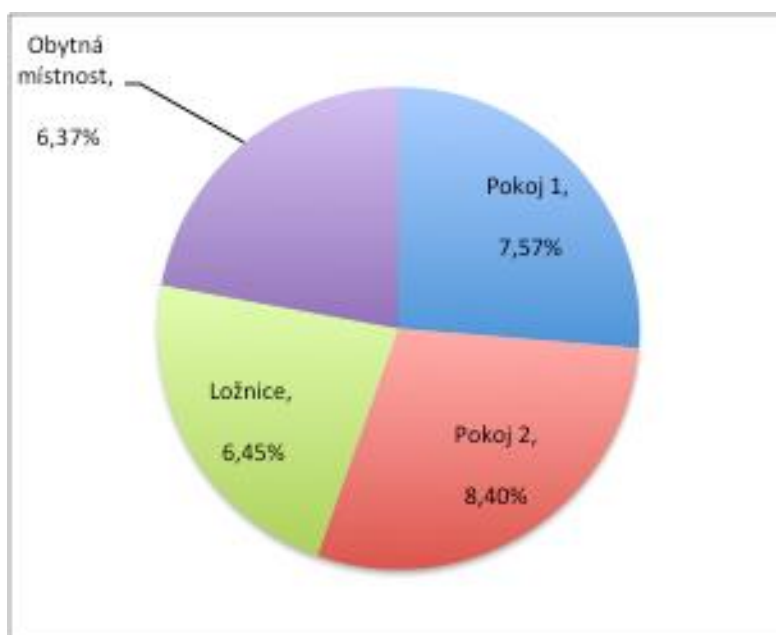


Obr. 47: Pokles intenzity osvětlení – Umělé osvětlení, zdroj Autor

Na tomto grafu je zobrazeno o kolik procent méně světla je v prostoru oproti bílé malbě. Hliněnou omítku zde zastupuje vždy vzorek, který pro danou místnost vyšel nejméně příznivě, tzn. vzorek, pro který vyšla v místnosti nejmenší průměrná udržovaná osvětlenost. Ve třech případech to byla omítka Art – antracitově černá. Pouze v místnosti *Pokoj 1* nejhůře vyšel vzorek Econom jemná červená. Pro stejný pokoj vychází u omítky antracitově černé o 1 lx vyšší průměrná osvětlenost. Pro vznik této anomálie neexistuje žádný fyzikální důvod. Příčina je v algoritmu, kterým výpočet provádí software a rozdíl 1 lx je v praxi lidským okem nepozorovatelný.

Pro dosažení stejné osvětlenosti ve dvou totožných místnostech osvětlených umělým osvětlením, z nichž jedna je vymalovaná bílou malbou a v druhé je aplikovaná hliněná omítka, je nutné zvýšit světelný tok všech zdrojů úměrně k rozdílu.

Denní osvětlení



Obr. 48: Pokles intenzity osvětlení – Denní osvětlení, zdroj Autor

Graf je obdobný jako při hodnocení umělého osvětlení. Ukazuje pokles osvětlenosti v procentech v jednotlivých místnostech. Jako 100 % je uvažována povrchová úprava stěn bílá malba a pokles je počítán z rozdílu nejlepší (bílá malba) a nejhorší (antracitově černá) povrchové úpravy z hlediska osvětlenosti prostoru.

Je zřejmé, že v porovnání s umělým osvětlením, jsou rozdíly, respektive poklesy, procentuálně nižší; to je způsobeno rozdílným rozmístěním zdroje světla. Umělé osvětlení využívá odrazů od všech povrchů umístěných do místnosti. Jelikož jde o horní osvětlení, tak na všechna místa dopadá poměrně velký světelný tok. Při denním osvětlení se světlo dostává do prostoru pouze jako boční skrze okno a navíc pod úhlem, takže než se dostane ke vzdálenějším povrchům dojde k jeho velké ztrátě (světlo je v tomto případě rychleji pohlcováno).

Při použití tmavých odstínů hliněných omítek lze pro dosažení srovnatelné průměrné udržované osvětlenosti, jako by měla shodná místnost vymalovaná čistě bíle, by bylo nutné zvětšit půdorysné rozměry oken o 10–30 cm v závislosti na konkrétní omítce a orientaci místnosti ke světovým stranám.

Použitá literatura

- [1] ČIHÁK, Radomír. Anatomie 3. 2. vydání. Praha : Grada Publishing, 2004. 692 s. ISBN 978-80-247-1132-4
- [2] HABEL, Jiří, ŽÁK, Petr. Význam mezopického vidění pro praxi. odbornecasopisy: Světlo [online]. 2007, [cit. 2017-12-5]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/36187.pdf>
- [3] HABEL, Jiří, *Základy světelné techniky, Světelnětechnické veličiny (2.část)*, Světlo 2009/2, str. 52-57, ISSN 1212-0812
- [4] HABEL, Jiří, DVOŘÁČEK, Karel, DVOŘÁČEK, Vladimír, ŽÁK, Petr, *Světlo a osvětlování*, Praha FCC Public 2013, ISBN 978-80-86534-21-3
- [5] KAŇKA, Jan. Proslunění budov a urbanismus. odbornecasopisy: Světlo [online]. 2014, [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/prosluneni-budov-a-urbanismus--634>
- [6] KÜLLER, Rikard. *Non-visual effects of light and colour: annotated bibliography*. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1981. Swedish Building Research Document.
- [7] NOVÁK, Tomáš, HELŠTÝNOVÁ, Barbara, SOKÁNSKÝ, Karel, MLCÁK, Tomáš, ORSÁG, Petr, *Projekce a konstrukce vyhrazených technických zařízení*, Ostrava, Technická univerzita Ostrava, 2014, ISBN 978-80-248-3536-5
- [8] POSPÍŠILOVÁ, Michaela. Hodnocení kvality povrchových úprav. Povrchové úpravy. 2016, 19(3), 38-40. ISSN 0551-7354
- [9] SUSKE, Petr. *Hlinené domy novej generácie*. Bratislava: Alfa, 1991.
- [10] ČSN 73 0580-1. Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2007. 23 s. Třídící znak 730580
- [11] ČSN 73 4301/Z1. Obytné budovy. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [12] ČSN 73 4301 Obytné budovy. Praha: Český normalizační institut, 2004, Třídící znak 734301
- [13] ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů – Část 1: základní ustanovení. Praha: Český normalizační institut, 2014, Třídící znak 360011
- [14] ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení prostorů – Část 2: Měření denního osvětlení. Praha: Český normalizační institut, 2014, Třídící znak 360011

[15] ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení prostorů – Část 2: Měření umělého osvětlení vnitřních prostor. Praha: Český normalizační institut, 2014, Třídící znak 360011