



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Analýza denního osvětlení v učebnách základních škol  
Analysis of daylighting in classrooms of elementary schools

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí, zaměření Konstrukce budov

Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

**Bc. Tereza Weisová**

---

Praha 2018



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Weisová</u>	Jméno: <u>Tereza</u>	Osobní číslo: <u>410 651</u>
Zadávací katedra: <u>K 124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>N3649 - Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>3608 T006 - Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Analýza denního osvětlení v učebnách základních škol

Název diplomové práce anglicky: Analysis of daylighting in classrooms of elementary schools

Pokyny pro vypracování:  
Požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení. Zdůvodnění potřeby denního světla. Zaměření vybraných školních učeben a popis všech povrchů s uvedením jejich plochy a barevnosti. Výpočtové posouzení kmenových učeben na prvním a druhém stupni základní školy z hlediska denního osvětlení podle požadavků kladených platnou legislativou. Změření osvětlenosti a jasu povrchů, na základě kterých bude stanoven činitel prostupu světla materiálem zasklení a činitel odrazu světla většiny povrchů v učebnách. Zjištění názorů žáků na úroveň a kvalitu osvětlení v daných učebnách kvantitativní metodou. Porovnání výsledků výpočtů s názory žáků zjištěných v dotazníkovém šetření. Doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení.

Seznam doporučené literatury:  
ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení. Praha : ÚNMZ, 2014, 16 s.  
ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007.  
ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov – Část 3: Denní osvětlení škol, ČNI Praha, červen 2007.  
VYCHYTIL, Jaroslav. Stavební světelná technika - cvičení. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 156 s. 2015.  
VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. Stavební světelná technika - přednášky. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 176 s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5  
WEIGLOVÁ, Jiřina., KAŇKA, Jan. Stavební fyzika 10. Denní osvětlení a oslunění budov. Dotisk prvního vydání. Praha : ČVUT v Praze, 2002, 172 s., 16 příloh (na volných listech). ISBN 80-01-01913-6.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 26. 2. 2018 Termín odevzdání diplomové práce: 21. 5. 2018  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

[Redacted Signature] Podpis vedoucího práce

[Redacted Signature] Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

26. 2. 2018 Datum převzetí zadání

[Redacted Signature] Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ


Jméno diplomanta: Bc. Tereza Weisová

Název diplomové práce: Analýza denního osvětlení v učebnách základních škol

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 100 %

Formulace úkolů: Požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení.

Zdůvodnění potřeby denního světla. Výpočtové posouzení denního osvětlení kmenových učeben na prvním a druhém stupni základních škol. Změření vybraných vstupních parametrů. Zjištění názorů žáků na úroveň a kvalitu osvětlení pomocí dotazníků. Porovnání výsledků výpočtů s názory žáků. Doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení.

Podpis vedoucího DP: ...  .....

Datum: 26.2.2018...

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

3. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

4. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 20. 5. 2018

.....

podpis



## Poděkování

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, za poskytnutí cenných rad, vstřícnost a výpomoc při měření v učebnách základních škol. Zároveň bych chtěla poděkovat své rodině, hlavně mamince a tatínkovi za podporu a trpělivost v průběhu mého studia na vysoké škole. Dále bych chtěla poděkovat svým přátelům za pomoc a optimismus, který mi dodávali celé roky studia. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat ředitelkám škol, pedagogickým pracovníkům a žákům, kteří mi ochotně vyšli vstříc při dotazníkovém šetření a měření v učebnách základních škol.

# Abstrakt

Tato diplomová práce se zaměřuje na hodnocení denního osvětlení v učebnách základních škol. Analýza byla provedena na dvou základních školách. V každé základní škole byly vybrány dvě učebny z prvního stupně a dvě učebny z druhé stupně. Proběhlo zaměření vybraných učeben včetně zaměření a popisu jednotlivých povrchů. Dále byla změřena hodnota osvětlenosti a jasu daných povrchů. Z naměřených dat byl stanoven činitel prostupu světla materiálem zasklení a činitel odrazu světla jednotlivých ploch učeben. Pomocí výpočetního softwaru byly vytvořeny a porovnávány dvě varianty výpočtu množství denního osvětlení v učebnách. V první variantě byly použity hodnoty činitele odrazu světla dle normových požadavků. Ve druhé variantě byly použity hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých ploch vypočtených z naměřených dat. Další část diplomové práce se zabývá subjektivním hodnocením kvality světelných podmínek v kmenových učebnách na základě dotazníkového šetření. Následně jsou porovnána vypočtená data se subjektivním názorem žáků. Závěr práce obsahuje návrh případného opatření vedoucího ke zkvalitnění světelných podmínek v učebnách základních škol.

## Klíčová slova

denní osvětlení, činitel odrazu světla, kvalita osvětlení, světelné podmínky, osvětlenost, rovnoměrnost osvětlení, základní škola, dotazníkové šetření, učebna

# Abstract

This diploma thesis focuses on the analysis of daylight illumination at the classrooms of elementary school. For this analysis there were selected two elementary schools. In each elementary school there were selected two first grade and two second grade classrooms. At the elementary schools the dimensional focus of the selected classrooms was performed, including the coverage and description of individual surfaces. Next was focused on illumination and brightness of the surfaces. The light transmittance factor by the glazing material and the reflection factors of the individual areas of the classrooms were obtained from the measured data. These data were subsequently used to calculate the amount of daylight illumination in the classrooms by using computational software. By using this program, two versions of calculating the amount of daylight illumination in the classrooms were created and compared. In the first version, the light reflection factors were used according to standard requirements. In the second version, the values of the light reflection factor of the individual surfaces calculated from the measured data were used. The next part of the diploma thesis contains the results of the questionnaire survey focused on the subjective view of the students of the quality of light conditions in the classrooms. The conclusion of the thesis compares the calculated data with the students' subjective views and presents or contains an appropriate arrangement proposal aimed to improve the lighting conditions at the elementary school classrooms.

## Keywords

daylight, light reflection factor, quality of lighting, light conditions, illuminance, uniformity of light, elementary school, questionnaire survey, classroom

# Obsah

1. Základní principy světelné techniky.....	15
1.1 Slunce .....	15
1.1.1 Fyzikální charakteristika slunečního záření.....	15
1.1.2 Zrakový systém .....	16
1.1.3 Akomodace.....	17
1.1.4 Adaptace .....	18
1.1.5 Fototropický reflex.....	19
2. Denní osvětlení .....	20
2.1 Obecné požadavky .....	20
2.1.1 Kvantitativní úroveň denního osvětlení.....	20
2.1.2 Kvalitativní požadavky.....	22
2.2 Požadavky na denní osvětlení základních škol.....	25
3. Psychologie působení barev.....	27
3.1.1 Použití teplých a studených barev .....	27
4. Řešené objekty.....	28
4.1 1. Základní škola.....	28
4.1.1 Výběr učeben.....	29
4.1.2 Popis učebny 4. A.....	30
4.1.3 Popis učebny 4. B.....	32
4.1.4 Popis učebny 7. A.....	34
4.1.5 Popis učebny 8. B.....	36
4.2 2. Základní škola.....	38
4.2.1 Výběr učeben.....	39
4.2.2 Popis učebny 4. A.....	40

4.2.3	Popis učebny 5. B.....	42
4.2.4	Popis učebny 6. B.....	44
4.2.5	Popis učebny 9. A.....	46
5.	Měření .....	49
5.1	Měřicí přístroje a pomůcky.....	49
5.2	Měření činitele odrazu světla .....	52
5.3	Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru.....	52
5.4	Měření v učebnách 1. ZŠ.....	53
5.4.1	Učebna 4. A.....	53
5.4.2	Učebna 4. B.....	56
5.4.3	Učebna 7. A.....	58
5.4.4	Učebna 8. B.....	61
5.5	Měření v učebnách 2. ZŠ.....	63
5.5.1	Učebna 4.A.....	63
5.5.2	Učebna 5.B.....	66
5.5.3	Učebna 6. B.....	69
5.5.4	Učebna 9. A.....	72
6.	Výpočet.....	75
6.1	Vstupní hodnoty .....	75
6.1.1	Činitel jasu stínící překážky .....	75
6.1.2	Činitel znečištění .....	75
6.1.3	Čistá plocha zasklení.....	75
6.1.4	Činitel prostupu světla výplní.....	76
6.1.5	Průměrný činitel odrazu světla .....	76
6.1.6	Činitel denní osvětlenosti .....	76
6.1.7	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	77



6.2	Výpočet učebny 4. A na 1. ZŠ.....	77
6.2.1	Čistá plocha zasklení.....	77
6.2.2	Činitel odrazu světla.....	78
6.2.3	Činitel denní osvětlenosti .....	79
6.2.4	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	81
6.3	Výpočet učebny 4. B na 1. ZŠ.....	83
6.3.1	Činitel čisté plochy zasklení .....	83
6.3.2	Čistá plocha zasklení.....	83
6.3.3	Činitel odrazu světla.....	83
6.3.4	Činitel denní osvětlenosti .....	85
6.3.5	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	87
6.4	Výpočet učebny 7. A na 1. ZŠ.....	89
6.4.1	Čistá plocha zasklení.....	89
6.4.2	Činitel odrazu světla.....	89
6.4.3	Činitel denní osvětlenosti .....	91
6.4.4	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	93
6.5	Výpočet učebny 8. B na 1. ZŠ.....	95
6.5.1	Čistá plocha zasklení.....	95
6.5.2	Činitel odrazu světla.....	95
6.5.3	Činitel denní osvětlenosti .....	97
6.5.4	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	99
6.6	Výpočet učebny 4.A na 2.ZŠ.....	101
6.6.1	Čistá plocha zasklení.....	101
6.6.2	Činitel odrazu světla.....	102
6.6.3	Činitel denní osvětlenosti .....	103
6.6.4	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	105

6.7	Výpočet učebny 5. B na 2. ZŠ.....	107
6.7.1	Čistá plocha zasklení.....	107
6.7.2	Činitel odrazu světla.....	107
6.7.3	Činitel denní osvětlenosti .....	109
6.7.4	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	111
6.8	Výpočet učebny 6. B na 2. ZŠ.....	113
6.8.1	Čistá plocha zasklení.....	113
6.8.2	Činitel odrazu světla.....	114
6.8.3	Činitel denní osvětlenosti .....	115
6.8.4	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	117
6.9	Výpočet učebny 9. A na 2. ZŠ.....	119
6.9.1	Čistá plocha zasklení.....	119
6.9.2	Činitel odrazu světla.....	119
6.9.3	Činitel denní osvětlenosti .....	121
6.9.4	Rovnoměrnost denního osvětlení .....	123
7.	Dotazníkové šetření.....	125
7.1	Tvorba dotazníku a způsob vyhodnocení.....	125
7.2	Stanovení hypotéz .....	126
7.3	Popis respondentů.....	127
7.4	Vyhodnocení hypotéz.....	130
8.	Celkové zhodnocení učeben.....	134
8.1	Učebny 1. ZŠ .....	134
8.2	Učebny 2.ZŠ .....	135
9.	Návrh opatření.....	137
9.1	Regulace .....	137
9.1.1	Výplň osvětlovacích otvorů .....	137

9.1.2 Stínící prvky .....	138
9.2 Zlepšení činitele denní osvětlenosti .....	138
9.3 Údržba povrchů.....	139
Závěr .....	140
Použitá literatura.....	142

# Úvod

V dnešní uspěchané době tráví lidé až 90% svého života v budovách. Z tohoto důvodu bychom se měli zaměřit na to, aby prostředí, ve kterém trávíme svůj čas, bylo co nejkvalitnější. Vnitřní prostředí budov má velký vliv na naše zdraví a to jak fyzické, tak i psychické.

Tato diplomová práce se zaměřuje na jednu z velmi důležitých složek vnitřního prostředí, kterou je osvětlení, konkrétně denní osvětlení. To je nepostradatelnou součástí lidského života, přispívá ke správné stabilitě biologického rytmu těla, redukuje stres, podněcuje produktivitu, má pozitivní dopady na psychiku člověka a je velmi důležité pro správný zrakový výkon.

V současné době, kdy je velkým trendem snižování energetické náročnosti budov, se do popředí dostává především stavební tepelná technika, jeden z oborů stavební fyziky. Bohužel další části oboru stavební fyziky, jako jsou stavební akustika a světelná technika, se díky tomu dostávají do pozadí, přitom jejich důležitost je naprosto srovnatelná. Tendence snižování energetické náročnosti budov vede mimo jiné ke zmenšování okenních otvorů a zlepšování tepelně technických vlastností oken, což přináší snížení propustnosti světla výplní osvětlovacího otvoru.

Hlavní problém shledávám v tom, že obor stavební světelné techniky není často zakomponován do prvotního návrhu budovy a až při následném prověření požadavků kladených na denní osvětlení daného typu budovy dochází k případným úpravám. Je to způsobeno zřejmě tím, že následky nedostatku denního osvětlení nejsou patrné okamžitě, a proto se této problematice nepřikládá dostatečná váha. Myslím si, že důležitost světelné techniky, která má velký vliv na zdraví člověka, by se měla dostat více do povědomí všech lidí, především pracujících v oboru stavebnictví, kteří mohou při svých návrzích kvalitu vnitřního prostředí ovlivnit.

Vzhledem k tomu, že při vypracování diplomové práce jsem stále ještě studentkou a ve školních budovách jsem prožila značnou část svého dosavadního života, rozhodla jsem se ve své diplomové práci zaměřit na školské stavby, konkrétně na budovy základních škol. Žáci základních škol tráví velkou část dne ve školní budově, někdy i více než sedm hodin, proto je důležité, aby učebny měly dostatek denního osvětlení, jenž je pro jejich správný vývoj a zdraví potřebný.

Zajímavou součástí této práce je dotazníkové šetření, které má poukázat na to, jak se žáci opravdu cítí ve svých kmenových učebnách. Kvalitu denního

osvětlení posuzujeme pomocí výpočtu a srovnáváme je s požadovanými hodnotami činitele denní osvětlenosti v závislosti na třídě zrakové činnosti uvedené v normě ČSN 73 0580-1 [1]. Tyto požadavky většina uživatelů budov nezná a přirozeně posuzují kvalitu vnitřních světelných podmínek zcela subjektivně. Poznatky z podobných výzkumů, zaměřujících se na kvalitu vnitřního prostředí z hlediska světelné techniky, by mohly do budoucna pomoci při návrhu kvalitních učeben nově vznikajících základních škol.

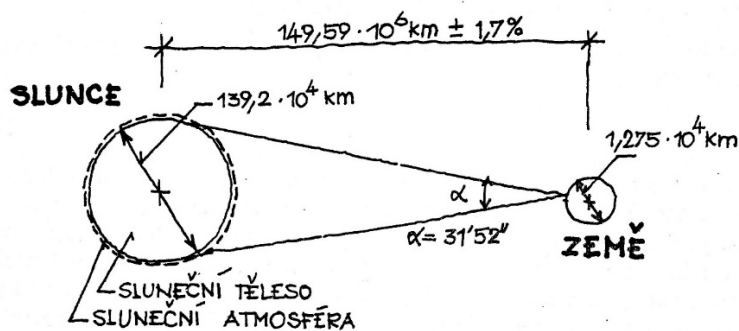


# 1. Základní principy světelné techniky

Jak již z názvu vyplývá, hlavním tématem mé diplomové práce je denní osvětlení. Zdrojem denního osvětlení je Slunce. Již od dětských let nás učí, že celý náš svět se točí kolem Slunce, proto asi nikdo z nás o jeho důležitosti nepochybuje. Slunce je zdrojem světla a tepla, je hybným motorem pro fotosyntézu, jež je nejdůležitější chemickou reakcí na zemi, bez které by život vlastně ani nebyl možný. [2]. Světlo má důležitý vliv na naše zdraví a psychiku. Ač následky nedostatku denního osvětlení nemusí být patrné ihned, časem se mohou projevit. O tom také pojednává jedno známé přísloví: „Kam nechodí slunce, chodí doktor“.

## 1.1 Slunce

Slunce je hlavním tělesem naší sluneční soustavy. Díky jeho gravitačnímu poli obíhá Slunce osm planet, jednou z nich je Země. Slunce je zároveň naší nejbližší hvězdou o průměru cca 1,392mil. kilometrů a jeho střední vzdálenost od Země činí asi 149,6 mil. kilometrů. Slunce je zdrojem tepla a světla pro Zemi, kdy světlo od Slunce dorazí na zemský povrch za neuvěřitelných 8min a 19. sekund.

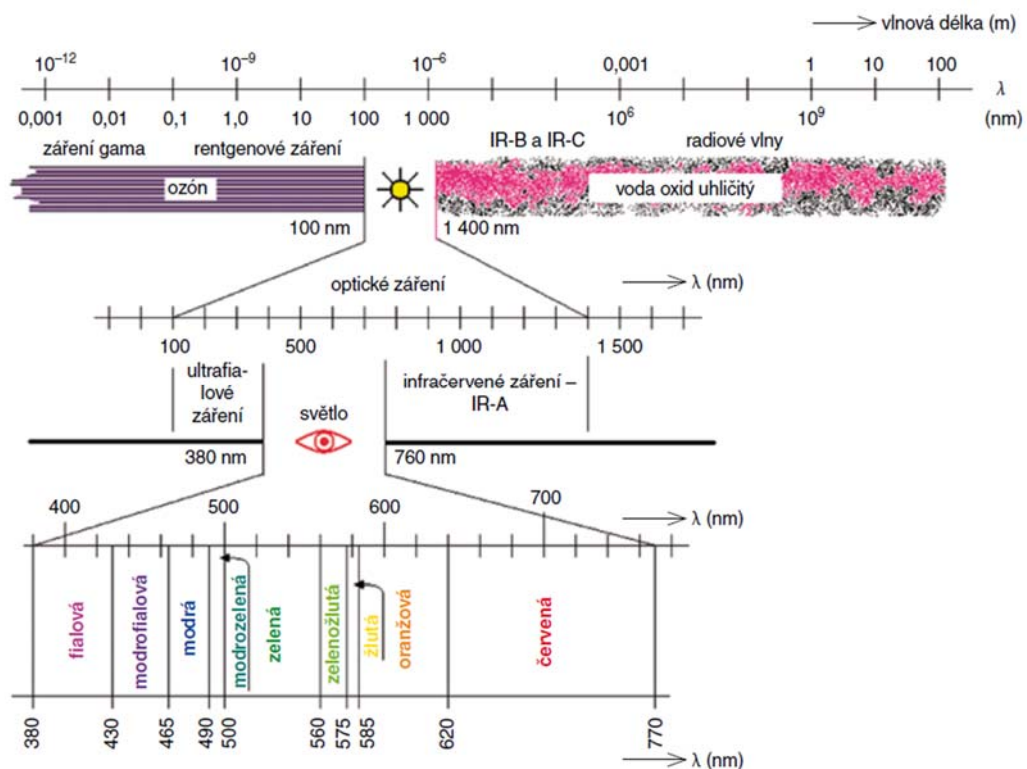


Obrázek 1: Rozměrové charakteristiky Slunce a Země [2]

### 1.1.1 Fyzikální charakteristika slunečního záření

Slunce je zdrojem elektromagnetického záření v širokém rozsahu vlnových délek od kosmického záření  $\lambda=10^{-13}\text{m}$ , až po rádiové vlny  $\lambda=10$  a více metrů. NA zemský povrch pronikne ovšem jen část tohoto záření. Většina slunečního záření je odkloněna magnetickým polem Země nebo pohlcena atmosférou. Jak je vidět na obrázku č.2, na zemský povrch dopadne pouze záření o rozsahu 100 až 1400 nm, tzv. optické záření. Optické záření se obvykle dělí na tři části, ultrafialové záření, viditelné záření a infračervené záření. Ultrafialové záření má vliv na lidské zdraví,

neboť je nezbytné pro tvorbu vitamínu D v lidském organismu, avšak při nadměrném působení může způsobovat degenerativní změny kůže, či vyvolávat tvorbu zhoubných nádorů. Dalším částí optického záření je viditelné záření. Viditelné záření o vlnových délkách 380 až 760 nm je vnímáno lidským okem jako spektrum barev od fialové přes modrou, zelenou, žlutou až po červenou. Abychom byli schopni vnímat svět kolem nás pomocí zrakového systému, je viditelné světlo naprostou nezbytností, jelikož vyvolává zrakový vjem. Poslední částí optického záření je infračervené záření. Toto záření vnímáme povrchem těla jako působení tepla. V letním období může způsobovat nepříjemné přehřívání interiéru, ale v zimním období přes průnik okny naopak přispívá k vytápění budov. [3]

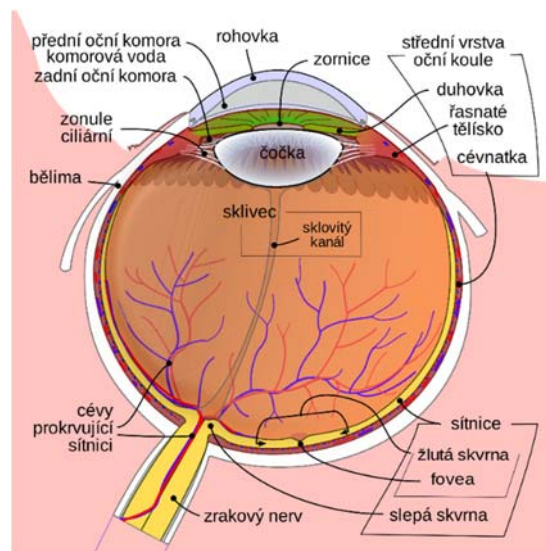


Obrázek 2: Spektrum slunečního záření [4]

### 1.1.2 Zrakový systém

Primární funkcí zrakové systému je zprostředkovat zrakový vjem. K této práci je dokonale přizpůsoben. Systém se skládá z očí, nervů, podkorové a korové oblasti mozku. Aby mohl kvalitně fungovat, je zapotřebí příznivých světlených podmínek tak, aby nedocházelo k přílišnému namáhání zrakového systému vedoucího k únavě zraku. Pro kvalitní návrh vnitřního prostředí budov z hlediska denního osvětlení je znalost zrakového systému nezbytná.

Lidské oko měří v průměru cca 24 mm a jeho pohyb je zajištěn šesticí svalů. Zadní stěna oka se skládá z nosné vrstvy zvané bělima. V přední části oka se část bělimy mění v rohovku. Cévnatka přechází v duhovku a v řasnaté tělísko, které slouží pro zavěšení čočky a změnu jejího tvaru pro dosažení požadovaných optických vlastností. Světlo do oka vstupuje zornicí, což je otvor uprostřed duhovky s proměnným průměrem, který svou velikostí reguluje průnik světelného toku. Obraz vnímaný okem je přes čočku promítán na sítnici, kde vstřebanou světelnou energii fotochemicky analyzují tyčinky a čípky. K tomuto ději slouží na sítnici sítnicový pigment, který se světlem rozkládá. Odtud je informace odvedena pomocí optických vláken zrakového nervu do mozku pro následné zpracování a vznik zrakového vjemu. Fotoreceptory mají rozdílné funkce. Pro rozpoznání barev slouží čípky fungující pouze za silného světla, jedná se o fotopické vidění. Tyčinky naopak pracují za šera, díky nim oko rozlišuje intenzitu jasu, toto vidění se nazývá skotopické. Mezopické vidění pak slučuje obě předchozí.



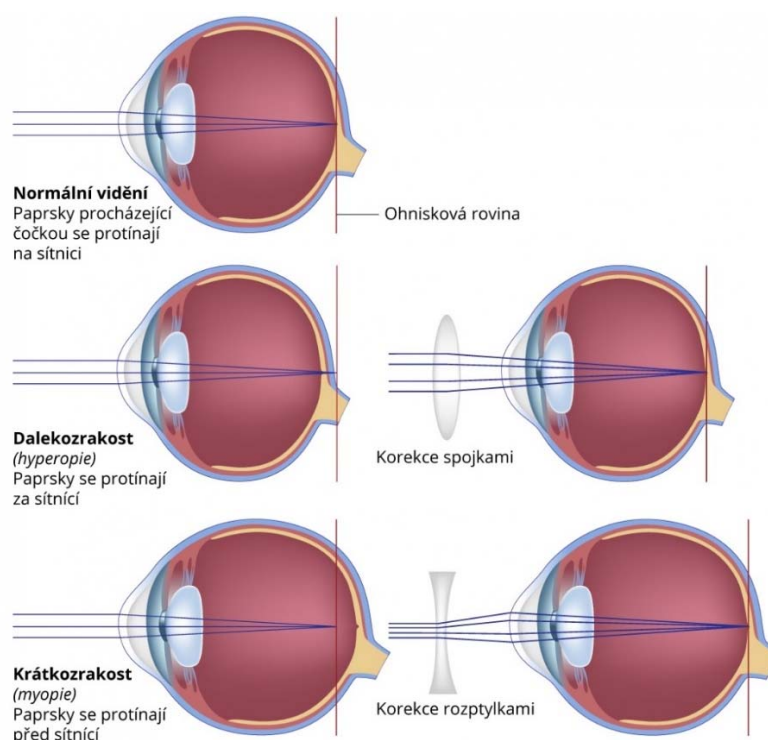
**Obrázek 3:** Průřez lidským okem [16]

### 1.1.3 Akomodace

Akomodace je schopnost zraku přizpůsobit se vidění na různé vzdálenosti. Proces akomodace je umožněn pomocí pružné oční čočky, jež je uchycena na vlákních řasnatého tělíska a její napětí je regulováno ciliárním svalem. Při pohledu do dálky je oční čočka nejvíce zploštělá a ciliární svaly jsou uvolněny. Pohled do dálky je proto pro oko nejpohodlnější, jelikož není spojen s namáháním akomodačních svalů. Na druhou stranu pokud pozorujeme předměty blízké, tedy předměty ve vzdálenosti menší než 6 m, je nutné zapojit akomodační svaly. Tento

proces probíhá automaticky bez našeho vědomí, ale je spojen s jistým úsilím. Proto při dlouhém pozorování blízkých předmětů může docházet k únavě zraku.

K poruchám akomodace patří především krátkozrakost (myopie), kdy obraz vzdálených předmětů vzniká před sítnicí, tito lidé vidí dobře na blízko, ale špatně na dálku. Další vadou spojenou se špatnou akomodací zraku je dalekozrakost, čili hypermetropie, při které ostrý obraz blízkých předmětů vzniká za sítnicí, jinými slovy tito lidé vidí dobře na dálku, ale špatně na blízko. Na obrázku č. 4 jsou zobrazeny výše popsané poruchy akomodace zraku a způsob jakým je lze korigovat. Akomodační schopnost oka je také do značné míry ovlivněna věkem. Rychlost a šíře akomodace s věkem klesá. Akomodační svaly s věkem ochabují, a proto je naprosto přirozené, že starší lidé hůře vidí nablízko.



Obrázek 4: Oční vady [17]

#### 1.1.4 Adaptace

Adaptace lidského zraku je reakcí oka na změnu intenzity osvětlení, a to především změnou průměru zornice. Schopností zornice je měnit svůj průměr v závislosti na množství přicházejících světelných paprsků. Pokud například přecházíme z osvětleného prostoru do tmy, zornice reagují rozšířením. Naopak pokud vycházíme z temné místnosti na světlo, zornice náhle zmenší svůj průměr.

Obecně platí, že lidské oko se hůře adaptuje na tmou. Adaptace oka na tmou může trvat až několik minut, zatímco adaptace na světlo jen několik sekund. Při adaptaci se průměr zornice mění přibližně v rozsahu 2-6 mm a trvá přibližně 360-380 ms, při velké náhlé změně intenzity osvětlení se rychlost reakce snižuje až na 100 ms. Tento proces pro oko přirozený, avšak pokud je adaptace častá a výrazná, může docházet k namáhání a následné únavě zraku. [5]

### **1.1.5 Fototropický reflex**

Fototropický reflex je další vlastností oka spojenou s rozložením jasů v prostoru. Je to reflex, při kterém se oči automaticky obracejí k místu v zorném poli, jež má nejvyšší jas nebo největší kontrast jasů. Abychom docílili správného soustředění při zrakové práci, je vhodné vyloučení rušivých jasů nebo kontrastů v zorném poli pozorovatele. V případě, že zrakový systém musí vědomě fototropický reflex překonávat, může docházet k únavě zraku.



## 2. Denní osvětlení

Při posuzování množství či kvality denního osvětlení pracujeme pouze se světlem rozptýleným v atmosféře, nikoli s dopadem přímých slunečních paprsků do posuzovaných prostor. Na rozdíl od proslunění či oslunění počítáme při výpočtu denního osvětlení pouze s nejméně příznivými stavem oblohy, kterým je rovnoměrně zatažená obloha v zimě při zohlednění gradovaného jasu oblohy. Ten zohledňuje, že obloha je směrem k zenitu jasnější. Používají se dva modely gradovaného jasu, pro tmavý terén se používá CIE 1:3, tudíž že jas zenitu je 3x větší než jas horizontu, zatímco pro model zasněženého terénu používáme CIE 1:2, což nám říká, že jas zenitu je 2x větší než jas horizontu. Hodnocení denního osvětlení je právě díky tomuto požadavku mimořádně obtížné, jelikož ke stavu rovnoměrně zatažené oblohy dle CIE dochází jen pár dní v roce.

### 2.1 Obecné požadavky

Abychom zjistili vyhovující světelné prostředí, musí místnost splňovat dle ČSN 73 0580-1 [1] kvantitativní a kvalitativní požadavky, které budou podrobněji rozepsány v následujících kapitolách. Kvalitní prostředí z hlediska osvětlení přispívá ke zrakové pohodě.<sup>1</sup>

#### 2.1.1 Kvantitativní úroveň denního osvětlení

Pro vyjádření kvantitativní úrovně denního osvětlení je používán činitel denní osvětlenosti D (%). Tento činitel je definován jako procentuální vyjádření podílu osvětlenosti v kontrolním bodě E (lx) ku současné<sup>2</sup> horizontální<sup>3</sup> exteriérové osvětlenosti na nezastíněné rovině<sup>4</sup> E<sub>n</sub> (lx):

$$D = \frac{E}{E_n} \cdot 100 \quad (1)$$

---

<sup>1</sup> zraková pohoda = je příjemný psychofyzický stav, při kterém zrakový systém optimálně plní svou funkci a člověk má i po delším pobytu v místnosti pocit, že se cítí dobře, a že dobře vidí.

<sup>2</sup> současné: měření jednotlivých složek musí proběhnout ve stejném okamžiku

<sup>3</sup> horizontální: fotonka luxmetru musí být umístěna ve vodorovné poloze

<sup>4</sup> na nezastíněné rovině: fotonce nesmí při měření nic stínit

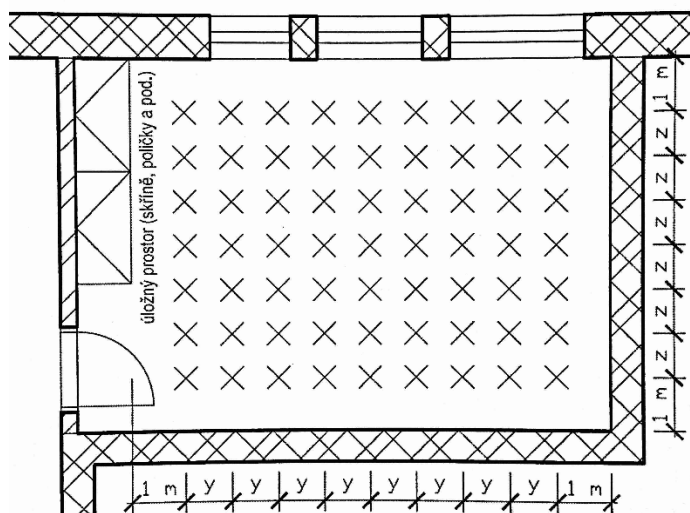
Osvětlenost  $E_h$  (lx) je závislá na průměrném jasu oblohy  $L_m$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) a stanovuje se ze vztahu:

$$E_h = \pi \cdot L_m \quad (2)$$

### 2.1.1.1 Poloha kontrolních bodů

Kontrolní body se umísťují na srovnávací rovinu a to ve výšce 0,85 m nad podlahou, což představuje zrakovou činnost v úrovni pracovní desky. Srovnávací rovina ve výšce 0,45 m nad podlahou se používá při posuzování zařízení pro předškolní výchovu. Ve výšce podlahy se používá například v tělocvičnách, kde je potřeba dobře vidět i při zemi. Určení polohy srovnávací roviny určují hygienické předpisy, ale nejčastěji se setkáme se srovnávací rovinou ve výšce 0,85 m nad podlahou

U místností s trvalým pobytem osob<sup>5</sup>, kterými jsou v našem případě kmenové učebny žáků, se počítá činitel denní osvětlenosti v pravidelné síti kontrolních bodů. Krajiné body kontrolní sítě jsou umístěny 1 m od vnitřního povrchu, nejčastěji to bývají stěny, ale pokud by byla v místnosti umístěna například vestavená skříň, hranice kontrolního bodu se o tuto vzdálenost posouvá.



**Obrázek 5:** Ukázka pravidelné sítě kontrolních bodů u místností s trvalým pobytem osob[3]

<sup>5</sup> Trvalý pobyt osob je pobyt osob v posuzované místnosti, nebo ve funkčně vymezené části, který trvá během jednoho dne více než 4 hodiny a opakuje se více než jednou týdně.

### 2.1.1.2 Poměrná pozorovací vzdálenost a třídy zrakové činnosti

Ve vnitřním prostředí budov se odehrávají různé činnosti práce. Každá činnost má rozdílné nároky na hodnoty činitele denní osvětlenosti. Kritériem pro zařazení dané činnosti do jedné ze sedmi tříd zrakové činnosti je poměrná pozorovací vzdálenost, jež je definována vztahem:

$$p_v = \frac{P}{d} \quad (3)$$

Tento vztah je stanoven jako podíl pozorovací vzdálenosti  $P$  (m) ku velikosti kritického detailu  $d$  (m). Kritický detail je nejmenší podrobnost, kterou je třeba při dané zrakové činnosti rozlišit. Například při pozorování textu se běžně považuje za konvenční vzdálenost  $P = 250$  mm. Pokud budeme předpokládat, že kritickým detailem je například velikost tečky v textu, která má velikost cca  $d = 0,5$  mm, můžeme ze vztahu (3) dostat, že poměrná pozorovací vzdálenost při čtení textu v tomto případě bude  $p_v = 500$ . Díky tomuto výpočtu lze čtení textu zařadit do dané třídy zrakové činnosti dle tabulky uvedené v ČSN 73 0580-1 [1], v tomto případě se jedná o IV. třídu zrakové činnosti.

Každá třída zrakové činnosti má své požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti, které je třeba dodržet. Minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}$  (%) by měly být dodrženy ve všech kontrolních bodech vnitřního prostoru nebo alespoň v prostoru přesně vymezeném pro danou třídu zrakové činnosti. U místností s trvalým pobytem osob se obecně požaduje dodržení činitele denní osvětlenosti  $D_{\min} = 1,5\%$ . Někdy se posuzuje denní osvětlení v celém vnitřním prostoru, někdy tento výpočet slouží k vymezení funkčního prostoru. Funkční prostor je prostor vhodný pro trvalý pobyt osob vymezený prostorem mezi okny a izočárou<sup>6</sup> o hodnotě 1,5%.

## 2.1.2 Kvalitativní požadavky

### 2.1.2.1 Rovnoměrnost osvětlení

Přijatelné rozložení jasů v pohledovém poli pozorovatele je důležitou veličinou pro zachování zrakové pohody. Rovnoměrnost osvětlení se značí  $U$  (-) a jeho hodnota se stanovuje ve funkčně vymezeném prostoru v kontrolních bodech

---

<sup>6</sup> Izočára je čára, která spojuje místa se stejnými hodnotami činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) na srovnávací rovině. (x)

na srovnávací rovině. Hodnota rovnoměrnosti osvětlení u místností s bočním osvětlením je dána poměrem nejmenší hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}$  (%) a největší hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}$  (%):

$$U = \frac{D_{\min}}{D_{\max}} \quad (4)$$

Dle třídy zrakové činnosti uvedené v normě ČSN 73 0580-1 jsou stanoveny hodnoty rovnoměrnosti denního osvětlení takto:

- pro zrakové třídy I-IV:  $U \geq 0,20$  (pro třídy I až III je doporučeno  $U \geq 0,30$ );
- pro zrakovou třídu V:  $U \geq 0,15$

Rovnoměrnost denního osvětlení lze ovlivnit určitými faktory. Mezi ovlivnitelné faktory je možné zařadit například výšku místnosti (se zvyšující se výškou dochází ke zlepšení). Dále je vhodná světlá výmalba či použití světlo-rozptylujících materiálů (záclony, sklo). Rovnoměrnost denního osvětlení ovlivňuje i poloha oken (výhodnější je vyšší umístění) a barva stínících objektů (čím světlejší tím lepší). [3]

### **2.1.2.2 Rozložení jasů ploch v zorném poli**

Rozložení jasů ploch v zorném poli je úzce spjato s udržení zrakové pohody, konkrétně s fototropickým reflexem, kterým je dáno, že se náš zrak nevědomky obrací na nejvíce jasné kontrastní místo v zorném poli. Pokud vyloučíme rušivé jasy a kontrasty v zorném poli uživatele, přispějeme tak ke kvalitní zrakové práci. Například pro namáhavou zrakovou činnost je nezbytné docílit dostatečného kontrastu mezi pozorovaným detailem a jeho blízkým okolím. Aby nedocházelo ke vzniku rušivého kontrastu mezi světlou plochou osvětlovacího otvoru a okolím jemu náležícím, doporučuje se používat v okolí okenního otvoru světlou výmalbu.

### **2.1.2.3 Zabránění oslnění**

Při vzniku oslnění dochází k narušení zrakové pohody a možnosti porušení očního orgánu. Tento jev snižuje možnost vidění, v krajních případech je dokonce znemožňuje, proto je vhodné tomuto jevu zabránit. Oslnění můžeme rozdělit do několika skupin, v závislosti na stupni působení (rušivé, omezující a oslepující) nebo dle příčiny (absolutní, přechodové, relativní a závojové). Z těchto uvedených typů je nejhorší oslnění kontrastem, protože pro oko je nemožné se na něj adaptovat, neboť v zorném poli je současně více ploch různých jasů. Metody

pro hodnocení oslnění osvětlovacími otvory zatím v praxi normalizované nejsou, proto oslnění zle předcházet pouze tím, že osvětlovací otvory navrhujeme mimo pohledové pole uživatele prostoru, případně snižujeme propustnost světla sklem nebo dokonce zmenšujeme rozměry otvoru.

#### 2.1.2.4 Světelně technické vlastnosti interiéru

Při dopadu světelného paprsku na plochu mezi dvěma optickými prostředími se paprsek částečně odrazí a částečně vniká do druhého prostředí. Tato plocha se pak stává druhotným zdrojem světla. Rozložení světelného toku je ovlivněno také světelně technickými vlastnostmi interiéru (činitelem odrazu vnitřních ploch, barvou a lesklostí).

Jas a osvětlenost jsou v úzké souvislosti a závisí na mnoha podmínkách. Světelný tok je závislý na směru šíření i na jeho velikosti. Při výpočtu denního osvětlení je uvažováno se stavem, u kterého nedochází k odleskům, tedy že dochází k rovnoměrnému rozptylu světla. Z této úvahy lze odvodit jednoduchý vztah, ve kterém jas není závislý na směru pozorování ani na směru dopadu světelného toku. Pro stanovení činitele odrazu světla  $\rho_i$  konkrétního povrchu použijeme vztah:

$$\rho_i = \frac{\pi \cdot L_i}{E_i} \quad (5)$$

kde  $L_i$  ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) představuje jas dokonale rozptylné osvětlené oblohy a  $E_i$  ( $\text{lx}$ ) osvětlenost dané plochy.

Při návrhu se musí navrhovat vnitřní povrchy staveb nelesklé (takové, aby nedocházelo k odrazu světla a k oslnění). Pro povrchy vnitřního prostředí jsou doporučené hodnoty činitele odrazu světla dle ČSN 73 0580-1 [1]:

- $\rho_m = 0,7$  pro strop a pro plchy sousedící s osvětlovacími otvory,
- $\rho_m = 0,5$  pro stěny a průčelí budov,
- $\rho_m = 0,3$  pro podlahy

Při výpočtech prováděných v projektové fázi projektu, kde není ještě známo konkrétní barevné řešení vnitřního prostředí, se uvažuje s průměrným činitelem odrazu světla  $\rho_m = 0,5$ .



## 2.2 Požadavky na denní osvětlení základních škol

Požadavky na denní osvětlení v budovách základních škol vychází především z norem ČSN 73 0580-1 [1] a z ČSN 73 0580-3 [7]. Na tyto normy se odkazuje i §12 z vyhlášky č. 410/2005 sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení s provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve které stojí []: *Ve vnitřních prostorech budov zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovných pro výchovu a vzdělávání, určených k dlouhodobému pobytu žáků, musí být vyhovující denní osvětlení odpovídající normovým požadavkům. U užívaných staveb je po předchozím projednání s orgánem ochrany veřejného zdraví výjimečně možné použít celkové sdružené osvětlení. Toto osvětlení musí být v souladu s normovými požadavky české technické normy upravující sdružené osvětlení. Místa žáků v lavicích musí být v učebnách orientována tak, aby žáci nebyli v zorném poli oslňováni jasným osvětlovacích otvorů a ani si nestínili místo zrakového úkolu.*

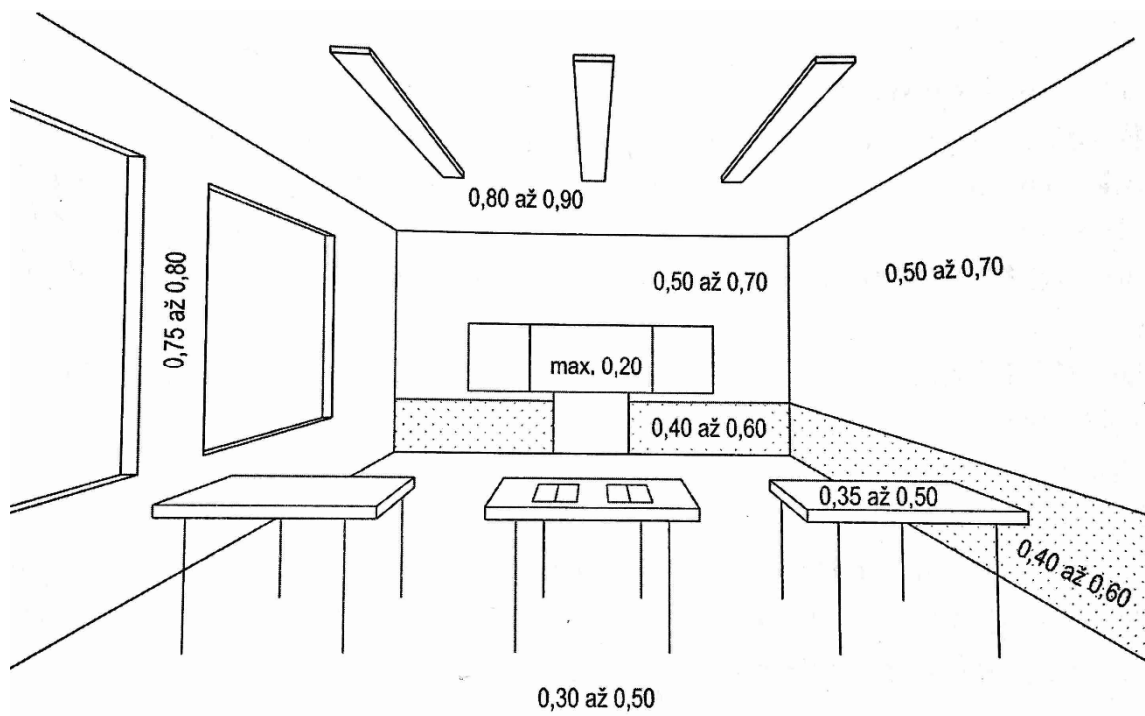
Pokud se zaměříme konkrétně na kmenové učebny, tj. učebny, které mají charakter místnosti určené k trvalému pobytu osob, musí podle normy [7] splňovat požadavky uvedené v tabulce č. 1. Činitel denní osvětlenosti se u učeben počítá v síti kontrolních bodů umístěných 1m od stěn ve výšce srovnávací roviny 0,85 m nad podlahou. Dále norma [1] udává pro IV. třídu zrakové činnosti hodnotu rovnoměrnosti denního osvětlení  $U \geq 0,20$ .

**Tabulka 1:** Požadavky na denní osvětlení ve školách dle ČSN 73 0580-3 [7]

Účel prostoru	Trvalý pobyt	Třída zrakové činnosti	Činitel denní osvětlenosti	
			minimální $D_{\min}(\%)$	průměrná $D_m(\%)$
kmenové a víceúčelové učebny, posluchárny, družiny, kanceláře, kabinety	ano	IV	1,5	5
studovny, čítárny	ano	IV	1,5	5
pracovny, výtvarné dílny, rýsovny	ne	III	2	6
klubovny, společenské místnosti, jídelny	ne	V	1	3
šatny, hygienická zařízení, komunikace	ne	VI	1,5	5

Osvětlovací otvory dle normy [7] mají zajistit zrakové spojení s exteriérem. Maximální výška okenního parapetu v učebnách pro žáky do 14 let je 1,05m, pro žáky starší 14 let 1,2m. Okna musí být bezpečná a snadno ovladatelná, zasklení čiré, bezbarvé, nezkrslující.

Učebny, kde probíhají náročnější pracovní úkony, by měly mít vnitřní povrchy rozptylovou povrchovou úpravu v chladných barvách, zatímco pro mladší generace se doporučují teplejší barvy povrchů. Mezi kvalitativní požadavky denního osvětlení patří také zabránění oslnění. Na oslnění osob mají vliv venkovní i vnitřní podmínky. Vnitřní podmínky jsou vyjádřeny odrazivými vlastnostmi povrchu v těsné souvislosti s barevným řešením. Na obrázku č. 6 vidíme doporučené hodnoty činitele odrazu světla pro vybrané plochy školní učebny.



**Obrázek 5:** Doporučené hodnoty činitele odrazu světla vybraných ploch školních učeben [3]

### 3. Psychologie působení barev

Barevný odraz je nám zprostředkován pomocí zrakového systému a je ovlivněn nejen kvalitou zraku, ale také našimi zkušenostmi. To, jakým způsobem barvy vnímáme, je závislé na kulturním prostředí, ale také je do značné míry ovlivněno sociálními či psychickými vlivy. Barvy působí na lidský organismus a mohou ovlivňovat jak fyzické, tak i psychické zdraví. Působení barev z psychologického hlediska vyzdvihoval již Johann Wolfgang Goethe ve svém učení o barvách. Od té doby mnoho vědců zkoumalo, jakým způsobem barvy působí na psychiku člověka. Barvy odrážejí duševní stav člověka, jeho pocity a nálady.

Světelné paprsky, které vnímáme v podobě barev, působí na lidský organismus psychologicky i fyziologicky. Barvy dokážou ovlivnit naši náladu, podpořit soustředěnost, nebo naopak navodit prostředí odpočinku. Barvy mohou také ovlivnit subjektivní vnímání času či okolní teploty. Například pokud v místnosti použijeme žlutou barvu, můžeme navodit pocit vyšší teploty aniž bychom měnili skutečnou teplotu. [5]

#### 3.1.1 Použití teplých a studených barev

Barevné světlo o delší vlnové délce jako je například červené, oranžové či žluté, probouzí v lidech větší vitalitu a povzbuzuje k činnosti. Tyto barvy si lidé spojují s ohněm a sluncem, což v nich může evokovat pocit tepla, proto jsou tyto barvy označovány za barvy teplé. Teplé barvy vyvolávají nárůst krevního tlaku, zvyšují tělesnou teplotu, zrychlují pulz, způsobují zvýšení svalové aktivity a činnosti nervového systému.

Barevné světlo se střední až krátkou vlnovou délkou, jako je například zelená, modrá či fialová, působí na lidi spíše uklidňujícím dojmem. Tyto barvy si lidé většinou spojují s pocitem chladu, proto jsou označovány za barvy studené. Studené barvy utlumují tělesné funkce, například puls a krevní tlak. Studené barvy je proto dobré používat v místnostech odpočinku či relaxace.

Obecně se dá říci, že jasné barvy člověka povzbuzují, a naopak tmavé barvy utlumují. [5]

## 4. Řešené objekty

Pro měření v mé diplomové práci byly vybrány dvě základní školy nacházející se v severních Čechách. Základní školy si nepřejí být uváděny pod přesným názvem, proto jim bylo přiřazeno označení 1. Základní škola a 2. Základní škola. V rámci každé základní školy, byly vybrány vždy čtyři učebny. Dvě učebny z prvního stupně a dvě učebny ze stupně druhého.

### 4.1 1. Základní škola

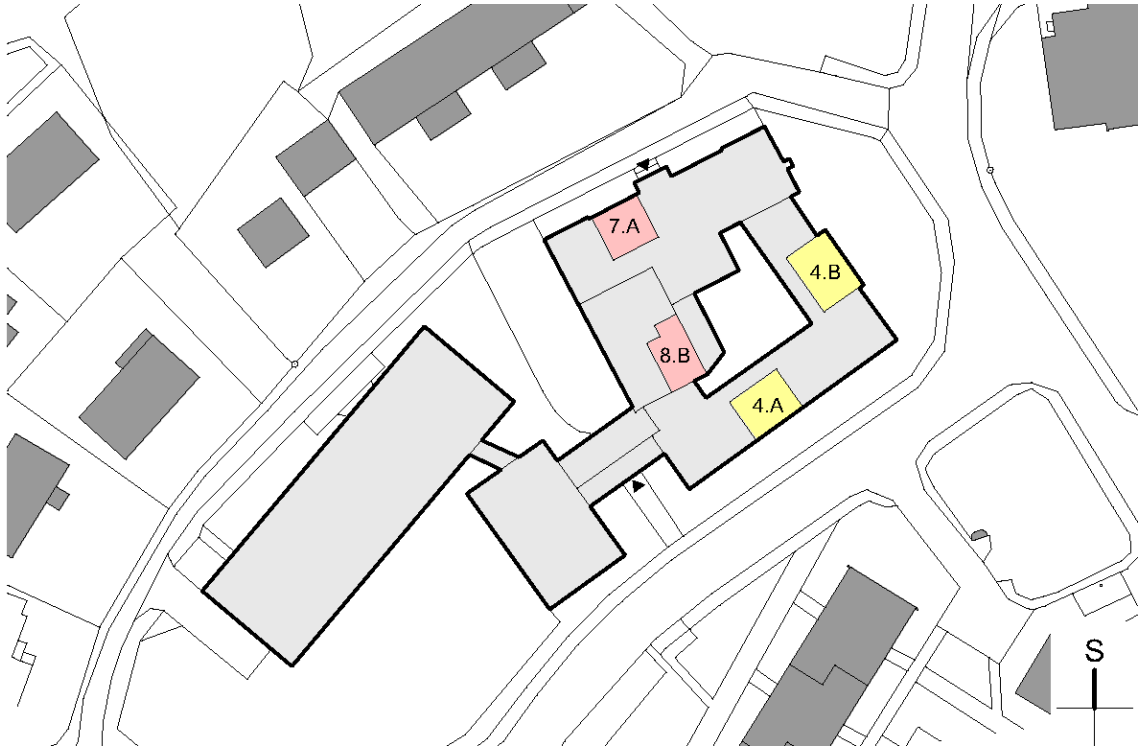
1. Základní škola (dále také 1. ZŠ) se nachází v okrajové městské části a je jednou z mnoha základních škol velkého severočeského města. Objekt se nachází na mírně svažitém terénu. Základní škola je obklopena rodinnými domy a vysokou panelovou zástavbou. Původní budova základní školy má třídy orientované převážně na sever. V tomto objektu se nachází hlavní vstup do objektu, ředitelna a třídy druhého stupně. Pozdější přístavba má svůj samostatný vchod a je určena především pro žáky prvního stupně, jsou zde družiny a některé odborné učebny.



Obrázek 6: Letecká mapa 1. ZŠ [6]

### 4.1.1 Výběr učeben

Na obrázku č. 7 jsou znázorněny vybrané učebny pro 1. ZŠ. Žlutou barvou jsou označeny učebny prvního stupně a barva růžová znázorňuje učebny druhého stupně.



Obrázek 7: Umístění učeben 1.ZŠ

Učebny prvního stupně se nacházejí ve 2. NP přístavby 1. ZŠ. Obě tyto třídy jsou kmenovými učebnami žáků prvního stupně, kteří zde tráví téměř všechny vyučovací hodiny. Pro výběr učeben zde byla určující jejich odlišná orientace. Učebna 4.A je orientována jihovýchodně, zatímco učebna 4.B je orientována severovýchodně.



Obrázek 8: Pohled na okna učebny 4.A



Obrázek 9: Pohled na okna učebny 4.B

Učebny žáků druhého stupně se nacházejí v původní budově 1. ZŠ. Především na druhém stupni byl kladen důraz na to, aby se jednalo o kmenové učebny, tedy učebny, ve kterých žáci tráví převážnou část školního dne. Učebna 7.A se nachází v 3.NP a je orientována na sever, zatímco třída 8.B má okna orientovaná severovýchodně a nachází se ve 2 .NP nad prostory tělocvičny.



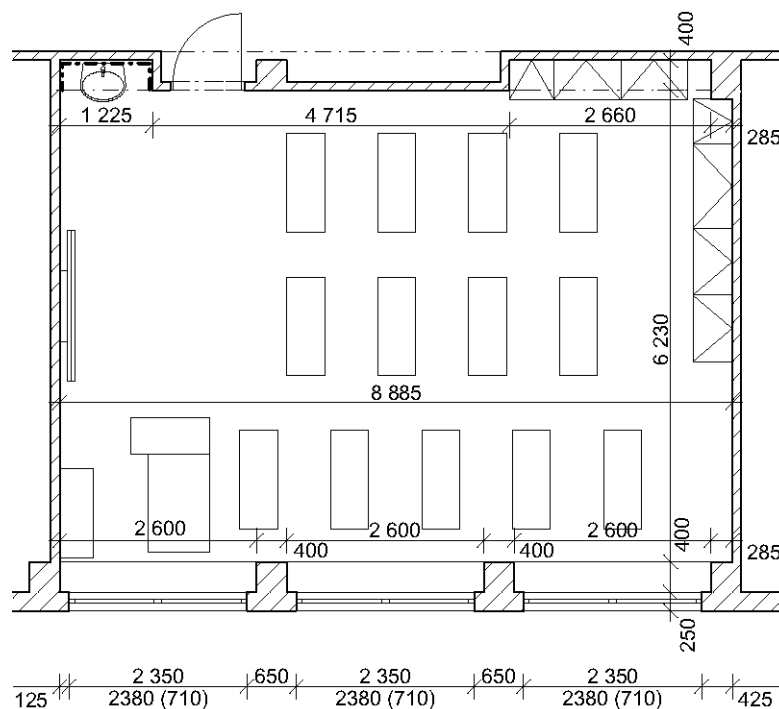
Obrázek 10: Pohled na okna učebny 7.A



Obrázek 11: pohled na okna učebny 8.B

#### 4.1.2 Popis učebny 4. A

První učebna se nachází v 2. NP přístavby 1. ZŠ. Tato učebna je kmenovou učebnou žáků čtvrté třídy, tedy žáků prvního stupně. Učebna má tvar obdélníku o rozměrech 6 230 x 8 885 mm a světlé výšce 3 200 mm.

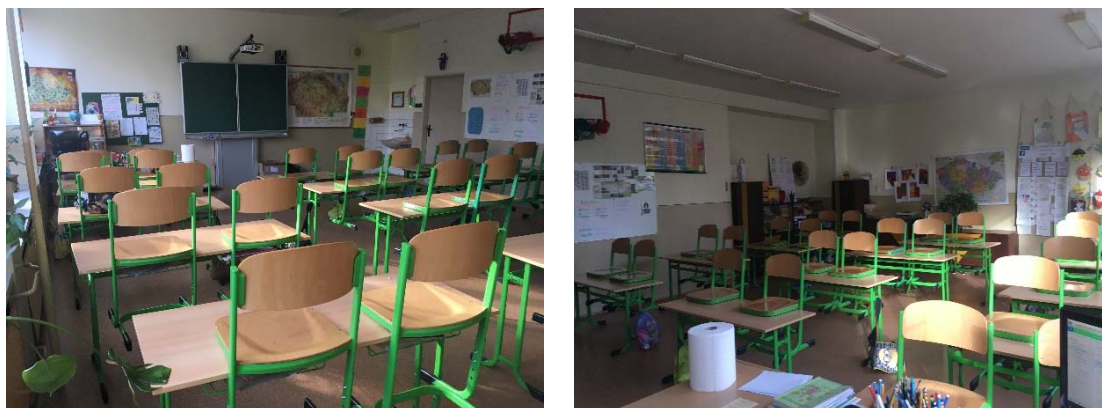


Obrázek 12: Půdorys učebny 4.A na 1.ZŠ



Ve třídě je umístěno 13 dřevotřískových lavic s laminátovou povrchovou úpravou o rozměrech 500 x 1 300 mm, celkově pro 26 žáků. Vzhledem k tomu, že se jedná o učebnu prvního stupně, je zde výška lavic snížena na 640 mm tak, aby odpovídala výšce žáků. Vstup do učebny se nachází na stěně protilehlé ke stěně s okenními otvory. Dveře o rozměru 900 x 1 970 mm mají lesklou béžovou barvu. Po vstupu do učebny se po pravé straně, ve výklenku vedle dveří, nachází umyvadlo s bílým obkladem, který sahá do výšky 1 350 mm. Učebna je vymalována po celém obvodu do výšky 1 350 mm od země lesklým, odolným nátěrem béžové barvy. Stěny učebny mají jemně žlutou barvu. Žlutá barva nad umyvadlem má jen o něco tmavší odstín. Výklenky u oken mají barvu bílou stejně jako strop učebny. Nábytek v podobě skříní a skříněk má převážně tmavě hnědou barvu. Tabule se nachází na stěně vpravo od dveří. Při otevřeném stavu má bílou lesklou barvu a slouží také jako místo projekce. Při zavřeném stavu má tabule zelenou barvu a je určena pro popis křídami. Pro měření jsme uvažovali zavřený stav tabule. V učebně se ještě nachází jedna bílá magnetická tabule a jedna malá křídová tabule. Podlaha má žlutohnědou barvu. Výzdoba ve formě výkresů a různých naučných materiálů byla při měření zanedbána vzhledem k její lehké přemístitelnosti a pestrobarevnost.

Okna učebny jsou orientována na jihovýchod. V učebně se nacházejí tři okenní otvory stejných rozměrů. Rozměry jsou zobrazeny na obrázku č. 53 v kapitole 5.2.1. Okna jsou členitá, otvíravá, s plastovým rámem bílé barvy. Na každém okenním rámu se nachází žaluzie. Spodní části oken se z bezpečnostních důvodů dají pouze vyklápat. Pod okny jsou umístěny parapety, které slouží jako ochrana pro otopná tělesa.



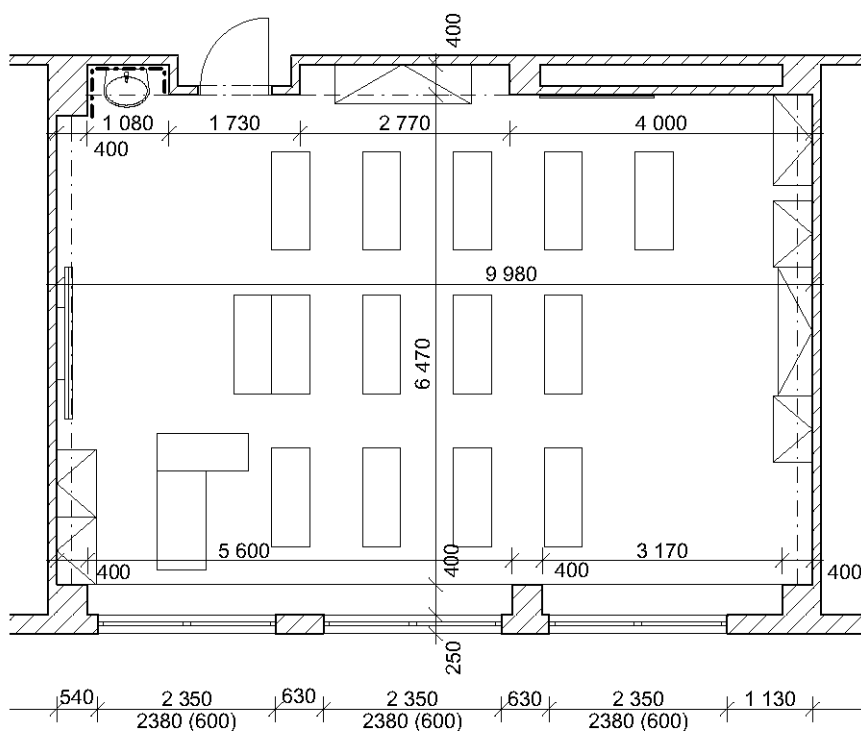
**Obrázek 13a:** Fotodokumentace tříd y 4. A – 1. část



Obrázek 13b: Fotodokumentace třídy 4. A – 2. část

### 4.1.3 Popis učebny 4. B

Druhá posuzovaná učebna se nachází také v 2. NP přístavby 1. ZŠ. Jedná se rovněž o kmenovou učebnu žáků čtvrtého ročníku, tedy žáků prvního stupně. Mění se zde ale orientace učebny, která je umístěna na severovýchod. Učebna má tvar obdélníku o rozměrech 6 470 x 9 980 mm a světlé výšce 3 200 mm.



Obrázek 14: Půdorys učebny 4.B na 1.ZŠ



Ve třídě je umístěno 13 dřevotřískových lavic s laminátovou povrchovou úpravou o rozměrech 500 x 1 300 mm celkově pro 26 žáků a jedna lavice odkládací stejných rozměrů. Vzhledem k tomu, že se jedná také o učebnu prvního stupně, je zde výška lavic snížena na 640 mm tak, aby odpovídala výšce žáků. Vstup do učebny se nachází na stěně protilehlé ke stěně s okenními otvory. Dveře o rozměru 900 x 1 970mm mají lesklou, béžovou barvu. Po vstupu do učebny se po pravé straně, ve výklenku vedle dveří, nachází umyvadlo s bílým obkladem, který sahá do výšky 1 350 mm. Učebna je vymalována po celém obvodu od země do výšky 1 350 mm lesklým, odolným nátěrem béžové barvy. Zadní stěna, tedy stěna za zády žáků, je vymalována ve žluté barvě, zbylé stěny mají barvu oranžovou. Výklenky u oken mají barvu bílou stejně jako strop učebny. Nábytek v podobě skříní a skříněk má převážně tmavě hnědou barvu. Tabule se nachází na stěně vpravo od dveří. Při otevřeném stavu má bílou, lesklou barvu a slouží také jako místo projekce. Při zavřeném stavu má tabule zelenou barvu a je určena pro popis křídami. Pro měření jsme uvažovali zavřený stav tabule. Podlaha má žlutohnědou barvu imitující skladbu parket. Výzdoba ve formě výkresů a různých naučných materiálů byla při měření zanedbána vzhledem k její lehké přemístitelnosti a pestrobarevnosti.

Okna učebny jsou orientována na severovýchod. V učebně se nacházejí tři okenní otvory stejných rozměrů. Rozměry jsou zobrazeny na obrázku č. 59 v kapitole 5.3.1. Okna jsou členitá, otvíravá, s plastovým rámem bílé barvy. Na každém okenním rámu se nachází žaluzie. Spodní části oken se dají z bezpečnostních důvodů pouze vyklápat. Pod okny jsou umístěny parapety, které slouží jako ochrana pro otopná tělesa.



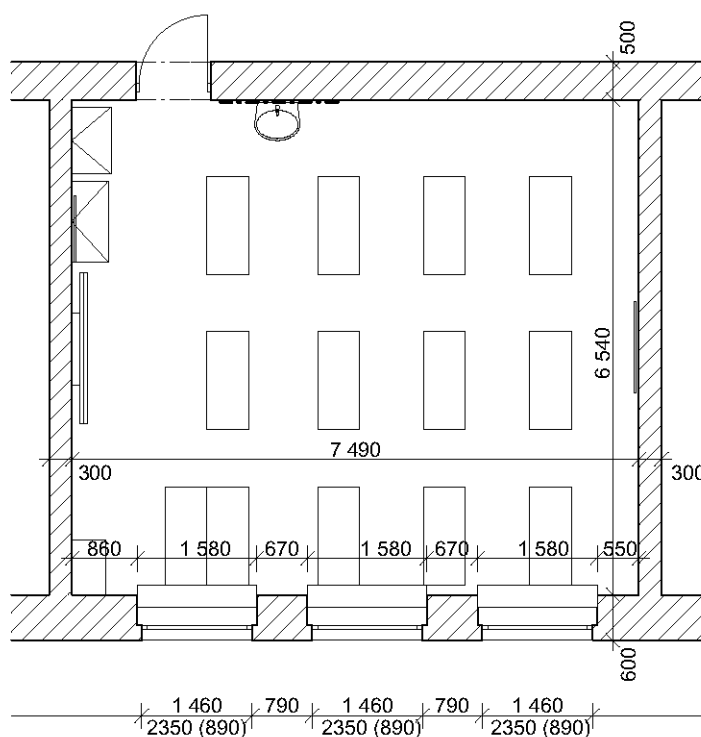
**Obrázek 15a:** Fotodokumentace třídy 4. B -1. část



**Obrázek 15b:** Fotodokumentace třídy 4. B - 2.část

#### 4.1.4 Popis učebny 7. A

Třetí posuzovaná učebna 1. ZŠ se nachází v 3.NP původního objektu. Jedná se o kmenovou učebnu žáků 7. ročníku (druhého stupně). Učebna má tvar obdélníku o rozměrech 6 540 x 7 490 mm a světlé výšce 3 900 mm.



**Obrázek 16:** Půdorys učebny 7.A na 1.ZŠ

Ve třídě je umístěno 12 dřevotřískových lavic s laminátovou povrchovou úpravou povrchovou o rozměrech 550 x 1300 mm, celkově pro 24 žáků. Vstup do učebny se nachází na stěně protilehlé ke stěně s okenními otvory. Dveře

o rozměru 900 x 1 970 mm mají lesklou béžovou barvu. Po vstupu do učebny se po levé straně nachází umyvadlo s bílým obkladem, který sahá do výšky 1 600 mm. Učebna je vymalována po celém obvodu do výšky 1 300 mm od země lesklým, odolným nátěrem béžové barvy. Stěny učebny mají oranžovou barvu a strop je v bílém provedení. V učebně se nachází skříňka ze světlého dřeva se zásuvkami a jedna světle béžová skříňka. Tabule je umístěna na stěně vpravo od dveří. Při otevřeném stavu má bílou, lesklou barvu a slouží jako také jako místo projekce. Při zavřeném stavu má tabule zelenou barvu a je určena pro popis křídami. Pro měření jsme uvažovali zavřený stav tabule. V učebně se nachází ještě jedna zelená, magnetická tabule a bílá nástěnka v zadní části učebny. Podlaha má žlutohnědou barvu. Výzdoba ve formě výkresů a různých naučných materiálů byla při měření zanedbána vzhledem k její lehké přemístitelnosti a pestrobarevnosti.

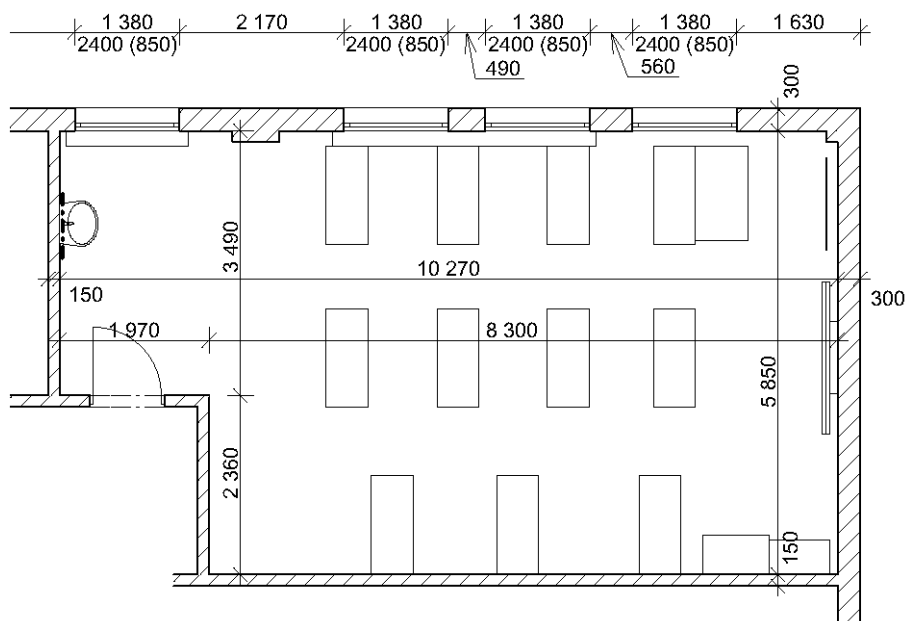
Okna učebny jsou orientována na sever. V učebně se nacházejí tři okenní otvory stejných rozměrů. Rozměry jsou zobrazeny na obrázku č. 65 v kapitole 5.4.1. Okna jsou členitá, otvíravá, s plastovým rámem bílé barvy. Na každém okenním rámu se nachází žaluzie. Spodní části oken se z bezpečnostních důvodů dají pouze vyklápnout. Pod okny se nachází parapety tmavě hnědé barvy, které slouží jako ochrana pro otopná tělesa.



**Obrázek 17:** Fotodokumentace třídy 7.A

#### 4.1.5 Popis učebny 8. B

Čtvrtá posuzovaná učebna 1. ZŠ se nachází ve 2. NP původní budovy. Jedná se o kmenovou učebnu žáků 8. ročníku (druhého stupně). Hlavním rozdílem oproti učebně 7.A je výška podlahy učebny a orientace. Učebna je orientována severovýchodně s okny do dvora. Místnost má nepravidelný tvar, kdy jeho nejdelší rozměry jsou 5 850 x 10 270 mm. Světlá výška této místnosti činí 3 470 mm.



Obrázek 18: Půdorys učebny 8.B na 1.ZŠ

Ve třídě je umístěno 11 dřevotřískových lavic s laminátovou povrchovou úpravou o rozměrech 550 x 1 300 mm, celkově pro 22 žáků a jedna lavice pro učitele o rozměrech 700 x 1 20 mm. Vstup do učebny se nachází na stěně protilehlé ke stěně s okenními otvory. Dveře o rozměru 900 x 1 970 mm mají lesklou, béžovou barvu. Nad dveřmi se nacházejí luxfery, které přivádějí alespoň částečně denní osvětlení do tmavé chodby před učebnou. Po vstupu do učebny je po levé straně umístěno umyvadlo s modrým obkladem, který sahá do výšky 1 350 mm. Učebna je vymalována po celém obvodu od země do výšky 1 600 mm lesklým, omyvatelným nátěrem béžové barvy. Zbylé stěny mají barvu bílou stejně jako strop učebny. Nábytek v podobě skříněk má převážně tmavě hnědou barvu, na jedné ze skříněk je z boční stany použit oranžový závěs. Tabule se nachází na protilehlé stěně od umyvadla. Při otevřeném stavu má bílou, lesklou barvu a slouží také jako místo projekce. Při zavřeném stavu má tabule zelenou barvu a je určena pro popis



křídami. Pro měření jsme uvažovali zavřený stav tabule. Podlaha má žlutohnědou barvu imitující skladbu parket ve dvou různých odstínech. Výzdoba ve formě výkresů a různých naučných materiálů byla při měření zanedbána vzhledem k její lehké přemístitelnosti a pestrobarevnosti.

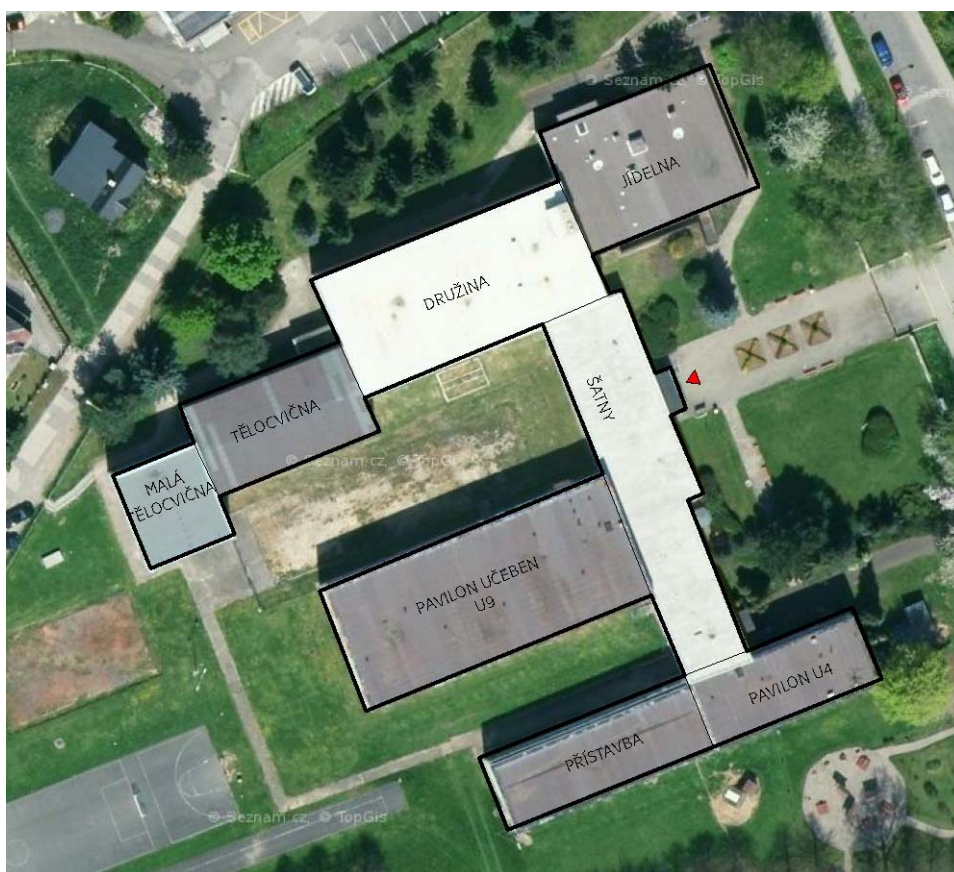
Okna učebny jsou orientována na severovýchod. V učebně se nacházejí čtyři okenní otvory stejných rozměrů. Rozměry jsou zobrazeny na obrázku č. 71 v kapitole 5.5.1. Okna jsou členitá, otvíravá, s plastovým rámem bílé barvy. Na každém okenním rámu se nachází žaluzie. Spodní části oken se z bezpečnostních důvodů dají pouze vyklápat. Pod okny jsou umístěny parapety, které slouží jako ochrana pro otopná tělesa.



**Obrázek 19:** Fotodokumentace třídy 8.B

## 4.2 2. Základní škola

Tato základní škola se nachází v centru malého severočeského města. Je jedinou základní školou pro toto město. Lokalita základní školy je klidná a velmi příjemná. Základní školu obklopují rodinné domy a panelová zástavba s budovou městského úřadu. Areál základní školy stojí na svažitém terénu, který klesá ze severu k jihu. Objekty 2. Základní školy (dále také 2. ZŠ) jsou ve dvou výškových úrovních. Rozdíl mezi jednotlivými úrovněmi odpovídá přibližně výšce jednoho nadzemního podlaží. Hlavní vstup do objektu se nachází ze severovýchodní strany. Učebny prvního i druhého stupně se nachází v pavilonu U9, pavilonu U4 a v objektu přístavby. Převážná většina kmenových učeben základní školy je orientována jihovýchodně, zatímco na severozápad jsou orientovány učebny, kanceláře a chodby.



Obrázek 20: Letecká mapa 2. ZŠ [6]

## 4.2.1 Výběr učeben

Na obrázku č. 21 jsou znázorněny vybrané učebny pro 2. ZŠ. Modrou barvou jsou označeny učebny prvního stupně a barva zelená znázorňuje učebny druhého stupně.



*Obrázek 21: Umístění učeben 2. ZŠ*

Obě učebny prvního stupně jsou orientovány jižně. Rozdílné je umístění učeben v rámci areálu školy a výška podlahy učeben. Učebna žáků 4. A se nachází v 1. NP pavilonu U4 a druhá učebna prvního stupně, tedy učebna 5. B, je umístěna v 1. NP pavilonu U9. Výškový rozdíl založení pavilonu U9 a pavilonu U4 činí přibližně výšku jednoho nadzemního podlaží, kdy pavilon U9 je umístěn výše.

Učebny druhého stupně se liší jak výškou podlahy učeben, tak orientací. Učebna 6 B má okna orientována jak na sever, tak i na západ a nachází se v 2. NP pavilonu U9. Učebna žáků 9. A se nachází v 1. NP pavilonu U9 a okna má orientována na jih.





**Obrázek 22:** Pohled na okna učebny 4. A



**Obrázek 23:** Pohled na okna učebny 5. B



**Obrázek 24:** Pohled na okna učebny 6. B

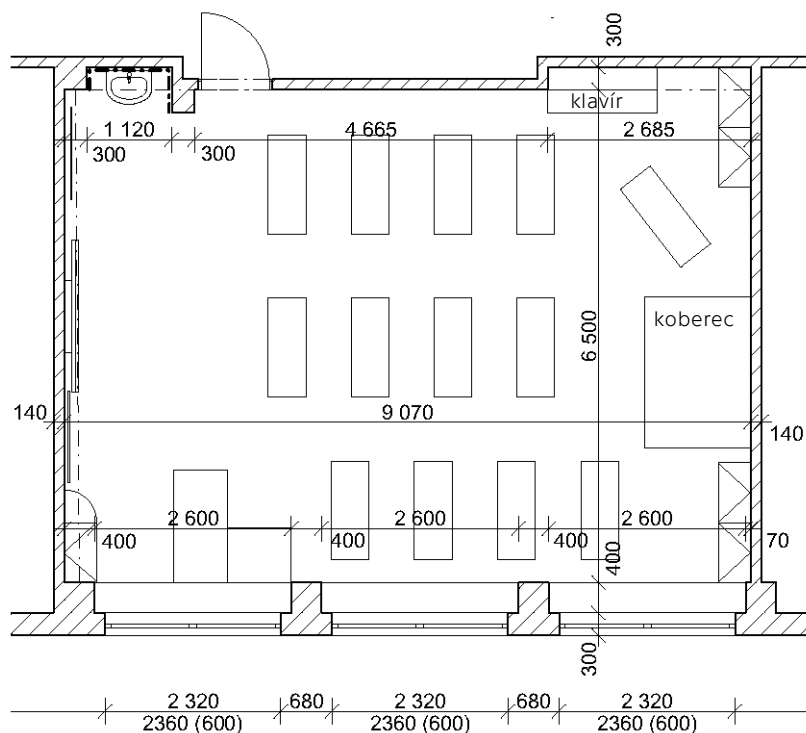


**Obrázek 25:** Pohled na okna učebny 9. A

#### 4.2.2 Popis učebny 4. A

První posuzovaná učebna 2. ZŠ je umístěna v 1. NP pavilonu U4. Jedná se o kmenovou učebnu žáků čtvrtého ročníku, tedy žáků prvního stupně. Učebna má přibližně tvar obdélníku o rozměrech 6 500 x 9 070 m a světlé výšce 3 230 m. Ve třídě je umístěno 12 dřevotřískových lavic s laminátovou úpravou povrchu o rozměrech 500 x 1 300 mm, celkově pro 24 žáků a jedna lavice v zadní části třídy, která není využívána žáky při výuce. Vstup do učebny se nachází na stěně protilehlé ke stěně s okenními otvory. Dveře o rozměru 900 x 1 930 mm mají lesklou, béžovou barvu. Po vstupu do učebny se po pravé straně, ve výklenku vedle dveří, nachází umyvadlo s bílým obkladem, který sahá do výšky 1 500 mm. Stěny učebny mají v některých částech bílou a jemně žlutou barvu. Konkrétní rozmístění barev v učebně je vyobrazeno na obrázku č. 45 a č. 46 v kapitole 4.4.1. Výklenky u oken mají barvu bílou stejně jako strop učebny. Nábytek v podobě skříní a skříněk má tmavě hnědou barvu stejnou jako učitelský stůl.





**Obrázek 26:** Půdorys učebny 4.A na 2.ZŠ

Tabule se nachází na stěně vpravo od dveří. Při otevřeném stavu má bílou, lesklou barvu a slouží také jako místo projekce. Při zavřeném stavu má zelenou barvu a je určena pro popis křídami. Pro měření jsme uvažovali zavřený stav tabule. V učebně se nachází ještě hnědý klavír, jedna černá, křídlová tabule a jedna zelená, magnetická. Podlaha má hnědoběžovou barvu, v zadní části místnosti je umístěn koberec šedé barvy. Výzdoba ve formě výkresů a různých naučných materiálů byla při měření zanedbána vzhledem k její lehké přemístitelnosti a pestrobarevnosti.

Okna učebny jsou orientována na jih. V učebně se nacházejí tři okenní otvory stejných rozměrů. Rozměry jsou zobrazeny na obrázku č. 77 v kapitole 5.6.1. Okna jsou členitá, otvíravá, s plastovým rámem bílé barvy. Na každém okenním rámu se nachází žaluzie. Spodní části oken se z bezpečnostních důvodů dají pouze vyklápat. Pod okny jsou umístěny parapety.

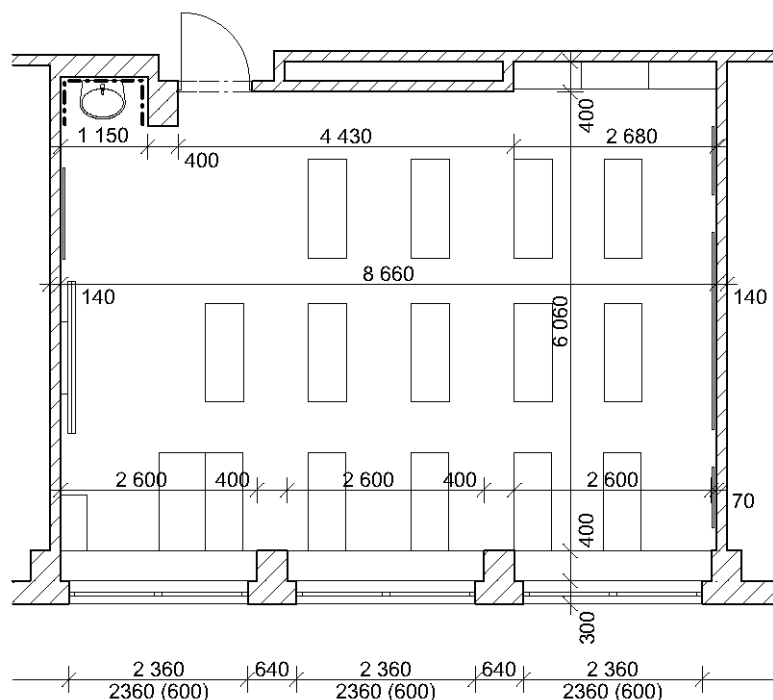


Obrázek 27: Fotodokumentace třídy 4. A

#### 4.2.3 Popis učebny 5. B

Druhá posuzovaná učebna se nachází také v 1. NP pavilonu U9 2. ZŠ. Jedná se o kmenovou učebnu žáků pátého ročníku (prvního stupně). Učebna má tvar obdélníku o rozměrech 6 050 x 8 660 mm a světlé výšce 3 230 mm. Ve třídě je umístěno 14 dřevotřískových lavic s laminátovou úpravou povrchu o rozměrech 500 x 1 300 mm, celkově pro 28 žáků a jedna lavice pro učitele. Vstup do učebny se nachází na stěně protilehlé ke stěně s okenními otvory. Dveře o rozměru 900 x 1 940 mm mají lesklou, béžovou barvu a jsou částečně prosklené. Nad dveřmi se nachází luxfery, které přivádějí, alespoň v malé míře, denní osvětlení na školní chodbu. Po vstupu do učebny se po pravé straně, ve výklenku vedle dveří, nachází umyvadlo se světle modrým obkladem, který sahá do výšky 1 500 mm. Zadní stěna, tedy stěna za zády žáků a stěna s tabulí, jsou vymalovány žlutou barvou, zbylé stěny mají barvu bílou stejně jako strop učebny. Skříňky v zadní části třídy mají bílou barvu a skříňka za stolem učitele je ve dřevěném provedení. Tabule se nachází na stěně vpravo od dveří. Při zavřeném stavu má tabule zelenou barvu a je určena pro popis

křídami, při otevřeném stavu má tabule bílou barvu a je určena k popisu fixami. Při měření jsme uvažovali zavřený stav tabule.



**Obrázek 28:** Půdorys učebny 5. B na 2. ZŠ

V zadní části učebny na stěně za zády žáků jsou umístěny tři bílé nástěnky různých rozměrů. V přední části učebny vpravo od hlavní tabule se nalézají ještě jedna zelená, magnetická tabule. Podlaha má tmavou červenohnědou brávu. Výzdoba ve formě výkresů a různých naučných materiálů byla při měření zanedbána vzhledem k její lehké přemístitelnosti a pestrobarevnosti.

Okna učebny jsou orientována na jih. V učebně se nacházejí tři okenní otvory stejných rozměrů. Rozměry jsou zobrazeny na obrázku č. 83 v kapitole 5.7.1. Okna jsou členitá, otvíravá, s plastovým rámem bílé barvy. Na každém okenním rámu se nachází žaluzie. Spodní části oken se z bezpečnostních důvodů dají pouze vyklápat. Pod okny jsou umístěny parapety.

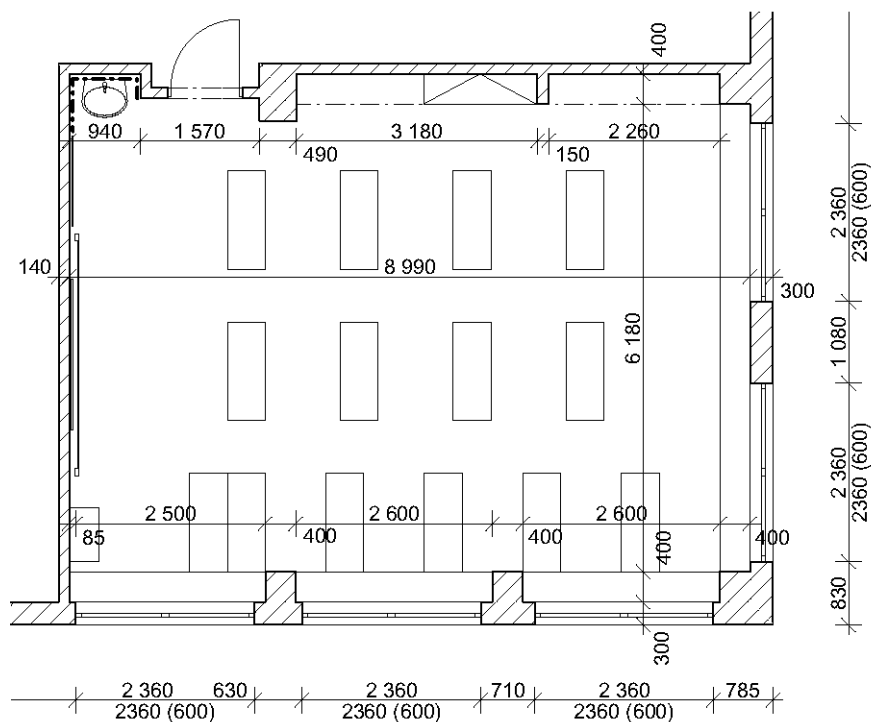


Obrázek 29: Fotodokumentace třídy 5. B

#### 4.2.4 Popis učebny 6. B

Třetí posuzovaná učebna 2. ZŠ se nachází v 2. NP pavilonu U9. Jedná se o kmenovou učebnu žáků šestého ročníku. Učebna má tvar obdélníku o rozměrech 6 18 x 8 990 mm a světlé výšce 3 260 mm. Ve třídě je umístěno 13 dřevotřískových lavic s laminátovou úpravou povrchu o rozměrech 550 x 1300 mm, celkově pro 26 žáků. Vstup do učebny se nachází na stěně protilehlé ke stěně s okenními otvory směřujícími k severu. Dveře o rozměru 900 x 1 970 mm mají lesklou bílou barvu. Po vstupu do učebny se po pravé straně nachází umyvadlo s bílým obkladem, který sahá do výšky 1 350 mm. Stěny učebny mají převážně bílou barvu, jen v některých částech je použita barva zelená. Pro lepší představu rozmístění barev jsou v kapitole 4.5.3 na obrázku č. 49 zobrazeny pohledy na jednotlivé stěny. Ve výklenku vlevo od dveří je umístěna skříňka ze světlého dřeva. V tomto výklenku se nachází také bílá nástěnka. V učebně jsou dvě tabule, které nalezneme na stěně vpravo od dveří. První tabule je interaktivní, bílé barvy, druhá větší tabule je vysunovací, bílá, lesklá, určená k popisu fixami. Při měření jsme uvažovali stav, kdy jsou obě tabule viditelné, tudíž stav, kdy je vysunovací tabule zvednuta do výšky

nad tabulí interaktivní. V učebně se nachází ještě jedna žlutá nástěnka, u které jsme předpokládali stav bez umístěných uměleckých děl žáků, stejně jako u všech nástěnek během celého měření ve všech učebnách. Podlaha má žlutohnědou barvu. Výzdoba ve formě výkresů a různých naučných materiálů byla při měření zanedbána vzhledem k její lehké přemístitelnosti a pestrobarevnosti.



**Obrázek 30:** Půdorys učebny 6. B na 2.ZŠ

Zajímavostí této rohové třídy je umístění oken ve dvou obvodových stěnách. Okna směřují na sever a na západ. Okenní otvory směřující na sever jsou tři a mají stejný rozměr. Okenní otvory směřující na západ jsou dva a oba mají stejný rozměr, který je ale menší, než u okna směřujícího na sever. Přesné rozměry oken jsou zobrazeny na obrázku č. 89 a č. 90 v kapitole 5.8.1. Okna jsou členitá, otvíravá, s plastovým rámem bílé barvy. Na každém okenním rámu se nachází žaluzie. Spodní části oken se z bezpečnostních důvodů dají pouze vyklápět. Pod okny se nachází parapety tmavě hnědé barvy.



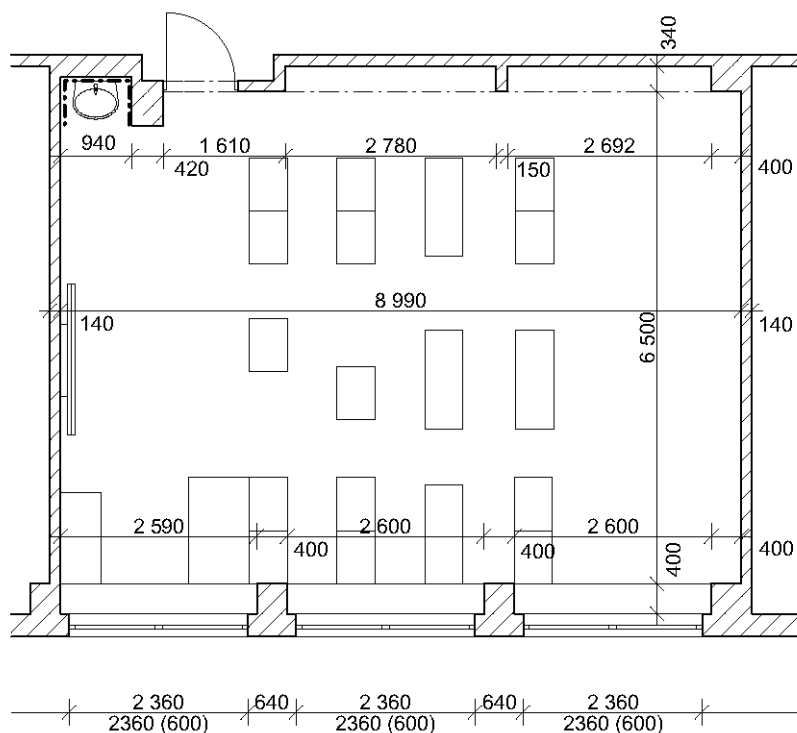


**Obrázek 31:** Fotodokumentace třídy 6. B

#### 4.2.5 Popis učebny 9. A

Čtvrtá posuzovaná učebna 2. ZŠ se nachází v 1. NP pavilonu U9. Jedná se o kmenovou učebnu žáků devátého ročníku, tedy žáků druhého stupně. Hlavním rozdílem oproti učebně 6. B je výška podlahy učebny a orientace. Místnost má tvar obdélníku o rozměrech 6 500 x 8 990 mm. Světlná výška této místnosti činí 3 220 mm. Ve třídě je umístěno 14 lavic o rozměrech 500 x 700 mm a 4 lavice o rozměrech 500 x 1 300 mm, celkově pro 22 žáků, dále jedna lavice pro učitele o rozměrech 530 x 1 200 mm. Vstup do učebny se nachází na stěně protilehlé ke stěně s okenními otvory. Dveře o rozměru 900 x 1 940 mm mají lesklou, béžovou barvu a jsou částečně prosklené. Nad dveřmi se nacházejí světlíky, které přivádějí, alespoň v malé míře, denní osvětlení na školní chodbu. Po vstupu do učebny se po pravé straně nachází umyvadlo s modrým obkladem, který sahá do výšky 1 500 mm. Zadní stěna, tedy stěna za zády žáků, a stěna s tabulí, jsou vymalovány žlutou barvou, zbylé stěny mají barvu bílou stejně jako strop učebny. Tabule se nachází na stěně vpravo od dveří. Při zavřeném stavu má tabule zelenou barvu a je určena pro popis křídami, při otevřeném stavu má tabule bílou barvu a je určena

k popisu fixami. Pro měření jsme uvažovali zavřený stav tabule. Podlaha má světle šedou barvu. Výzdoba ve formě naučných materiálů byla při měření zanedbána vzhledem k její lehké přemístitelnosti a pestrobarevnosti.



**Obrázek 32:** Půdorys učebny 9. A na 2.ZŠ

Okna učebny jsou orientována na jih. V učebně se nacházejí tři okenní otvory stejných rozměrů. Rozměry jsou zobrazeny na obrázku č. 96 v kapitole 5.9.1 Okna jsou členitá, otvíravá, s plastovým rámem bílé barvy. Na každém okenním rámu se nachází žaluzie. Spodní části oken se dají z bezpečnostních důvodů pouze vyklápět. Pod okny jsou umístěny parapety.



**Obrázek 33a:** Fotodokumentace třídy 9. A – 1. část



*Obrázek 33b: Fotodokumentace třídy 9. A – 2. část*



## 5. Měření

Při získávání hodnot činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech lze postupovat několika způsoby. Jedním ze způsobů je měření činitele denní osvětlenosti pod skutečnou oblohou. Činitel denní osvětlenosti se přímo neměří, ale určuje se ze vztahu (1) rozebraného v kapitole 2.1.1. Při tomto měření se používají minimálně 2 luxmetry a jeden jasoměr. Uvedené měřicí přístroje budou rozebrány v nadcházející kapitole 4.1. Aby měření mělo vypovídající hodnotu, je nutné provádět měření při rovnoměrně zatažené obloze v zimním období. Vzhledem k proměnlivé oblačnosti a nerovnoměrné zataženosti oblohy je toto měření dosti komplikované.

Pro eliminaci nepřesnosti spojené s nerovnoměrností exteriérových podmínek vznikla umělá obloha. Proto dalším způsobem měření může být měření činitele denní osvětlenosti pod umělou oblohou, a to buď v reálném stavu, nebo na modelu. Umělá obloha se nachází v laboratoři, má většinou půlkruhový tvar a je zavěšena na stropní konstrukci. Tato umělá obloha je nasvícena umělými svítidly, která jsou umístěna po jejím obvodu. Umělá svítidla jsou nastavena tak, aby vytvářela konstantní i gradovaný jas. Pod umělou oblohou se nachází stůl pro umístování vzorků. Toto měření je však spojené s vysokými náklady, což je jeho hlavní nevýhodou.

Jak již bylo zmiňováno, měření může probíhat také na modelu, a to jak pod skutečnou, tak i umělou oblohou. Pro měření na modelu je důležitá jeho velikost. Správné měřítko musíme určit tak, aby bylo možné do modelu umístit fotonku luxmetru. Dále je důležité se zaměřit na použité materiály, které svou barevností a činiteli odrazu světla odpovídají reálnému stavu.

Poslední metodou pro získání činitele denní osvětlenosti je metoda výpočtu. Tato metoda byla využita pro tuto diplomovou práci a bude podrobněji popsána v následující kapitole 5.

### 5.1 Měřicí přístroje a pomůcky

Pro získání vstupních hodnot činitele odrazu světla jednotlivých povrchů a vstupních údajů pro stanovení činitele prostupu světla výplní osvětlovacích otvorů bylo za potřebí dvou měřicích přístrojů, a to konkrétně jasoměru a luxmetru.

Tyto měřicí přístroje jsou majetkem Katedry konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze.

Dle požadavků na přesnost se k měření musí používat přístroje kalibrované a odpovídající přesností dle ČSN 36 0011-1 [8], které jsou uvedeny v tabulce č. 1.

*Tabulka 1: Maximální možné chyby přístrojů a intervaly kalibrace přístrojů v závislosti na přesnosti měření [8]*

Přesnost měření	Maximální celková chyba přístroje		Maximální interval kalibrace přístroje
	luxmetr	jasoměr	
přesné	± 5 %	± 7,5 %	2 roky

K měření jasů  $L$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) byl využit jasoměr **Konica Minolta Luminance Meter LS - 110**, který má tyto parametry [3]:

- úhel měření  $1/3^\circ$ ;
- úhel pohledu  $9^\circ$ ;
- Rozsah  $0,001 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$  až  $299\,9900 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ;
- zaostřovací vzdálenost od  $1014 \text{ mm}$  do nekonečna;
- relativní spektrální odezva je  $8\%$  CIE spektrální světelné účinnosti  $V(\lambda)$



**Obrázek 34:** Jasoměr Konica Minolta

Druhým měřícím přístrojem použitým k měření osvětlenosti  $E$  ( $\text{lx}$ ) byl luxmetr Konica Minolta Illuminance Meter T – 10AM s odnímatelnou hlavou receptoru s těmito parametry [3]:

- přesnost  $\pm 2\% \pm 1$  digitální zobrazované hodnoty;
- vybaveno filtrem pro kosinovou odchylku;
- rozsah  $0,001 \text{ lx}$  až  $299\,900 \text{ lx}$ ;
- relativní spektrální odezva je  $6\%$  CIE spektrální světelné účinnosti



**Obrázek 35:** Luxmetr Konica Minolta

Při druhé metodě určení činitele odrazu světla jednotlivých ploch byl použit vzorník CEMIX, který obsahuje 490 barevných odstínů a udává hodnotu činitele odrazu světla pro mnoho barev.



**Obrázek 36:** Vzorník barev CEMIX (9)

## 5.2 Měření činitele odrazu světla

Jednou z důležitých částí mé diplomové práce je měření činitele odrazu světla jednotlivých povrchů vybraných učeben. Tento činitel vychází ze vztahu:

$$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E} . \quad (6)$$

Dílcí veličiny pro získání činitele odrazu světla byly měřeny pomocí jasoměru a luxmetru. Měření probíhá tak, že jasoměr se zamíří a zaostří ve směru kolmém k měřenému povrchu a změří se jas povrchu  $L$  ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ). V ten stejný okamžik se pomocí luxmetru změří osvětlenost  $E$  ( $\text{lx}$ ) daného povrchu. Při měření nesmí fotonka luxmetru zasahovat do zorného úhlu jasoměru a zároveň jasoměr a osoby obsluhující přístroje nesmí stínit fotonce luxmetru. Jak již bylo zmiňováno, měření jasu a osvětlenosti daných povrchu musí být prováděno ve stejný okamžik, proto měření hodnot pro výpočet činitele odrazu světla jednotlivých ploch probíhalo ve spolupráci s vedoucím mé diplomové práce, panem Ing. Bc. Jaroslavem Vychytillem, Ph.D.

## 5.3 Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru

Dalším činitelem, který byl měřen v rámci mé diplomové práce, je činitel prostupu světla výplní osvětlovacích otvorů, který byl stanoven ze vztahu:

$$\tau_{s,nor} = \frac{L_s}{L_o} \quad (7)$$

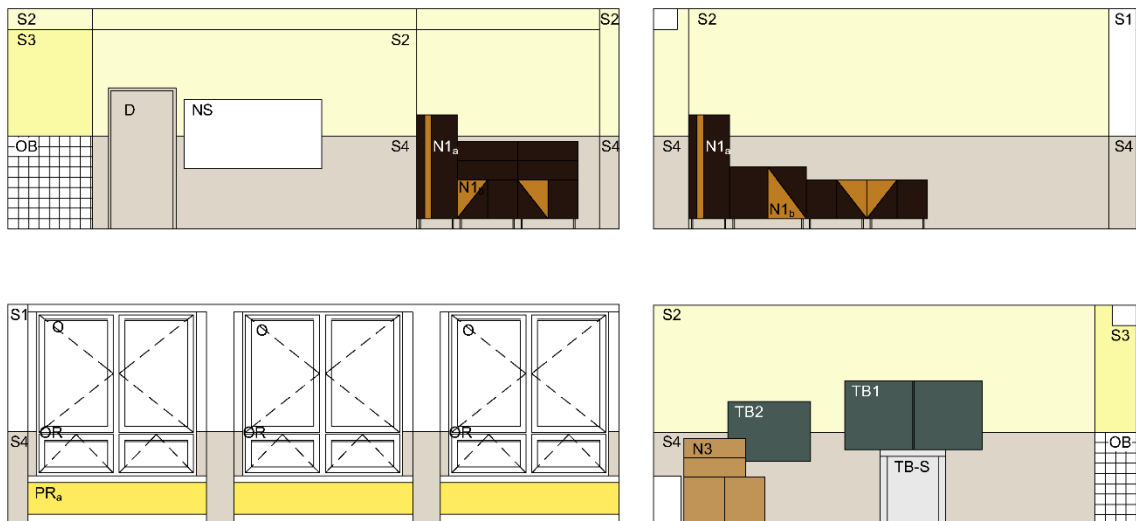
Nejdřív se změří pomocí jasoměru jas oblohy nebo jiného pozadí skrz osvětlovací otvor, a to ve směru kolmém k němu. Tak dostaneme při měření hodnotu jasu  $L_s$  ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Poté se co nejrychleji otevře osvětlovací otvor a změří se jas oblohy či jiného pozadí bez vlivu osvětlovacího otvoru, čímž dostaneme hodnotu jasu  $L_o$  ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Změřené hodnoty jasu poté dosadíme do vztahu (7) a získáme tím činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru  $\tau_{s,nor}$  (-).

## 5.4 Měření v učebnách 1. ZŠ

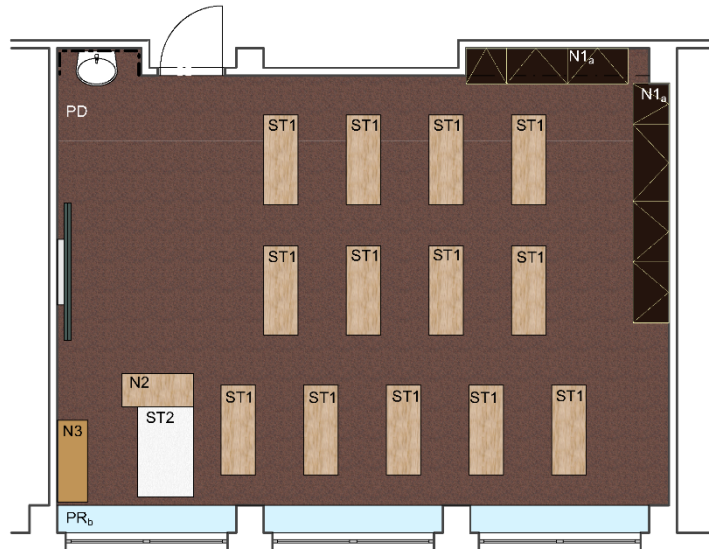
### 5.4.1 Učebna 4. A

Pro získání vstupních dat pro učebnu 4. A proběhlo dne 29. 1. 2018 její zaměření. Dále byly změřeny jednotlivé povrchy učebny, sepsán jejich seznam a pořízena fotodokumentace.

Dne 7. 2. 2018 od 8:00 do 9:00 hod. proběhlo v učebně 4. A měření, během něhož byly stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů třemi různými způsoby. První způsob určení činitele odrazu světla byl proveden dle tabulky Tab 5.4 uvedené ve skriptech [3]. Tato tabulka shrnuje několik zdrojů vycházejících především z normy ČSN 73 0580-1 [1]. Pro další způsob určení činitele odrazu světla byl použit vzorník barev od značky CEMIX [9], popsáný v kapitole 4.1. Posledním a hlavním způsobem určení činitele odrazu světla daných povrchů bylo samotné měření pomocí jasoměru a luxmetru. Postup měření je popsán v kapitole 4.2. Všechny měřené povrchy v učebně a hodnoty činitele odrazu světla pro tyto povrchy jsou uvedeny v tabulce č. 2a a č. 2b. Barevné schéma a označení měřených povrchů je ve zjednodušené formě znázorněno na obrázku č. 37 a č. 38.



Obrázek 37: Barevné schéma a označení měřených povrchů stěn učebny 4. A



Obrázek 38: Barevné schéma a označení měřených povrchů půdorysu učebny 4. A

Tabulka 2a: Měření činitele odrazu světla v učebně 4. A – 1. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			$\rho$ (-)
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	
stěna bílá	S1	malba-bílá	0,75-0,80	0,87	8,17	31,6	0,812	0,81
					8,19	31,7	0,812	
stěna žlutá	S2	malba - světle žlutá	0,60-0,70	0,84	13,62	55,7	0,768	0,77
					13,55	55,4	0,768	
stěna nad umyvadlem	S3	malba- středně žlutá	0,50-0,60	0,7	13,74	52,8	0,818	0,82
					13,64	52,4	0,818	
stěna do v.1380 mm	S4	lesklý nátěr - béžová	0,60-0,70	0,67	14,79	85,6	0,543	0,54
					14,33	84,7	0,532	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,87	8,17	31,6	0,812	0,81
					8,19	31,7	0,812	
podlaha	PD	PVC - středně hnědá	0,25	0,27	11,20	135,4	0,260	0,26
					3,17	37,9	0,263	
dveře	D	lesklý nátěr- béžová	0,60-0,70	0,67	14,99	81,3	0,579	0,58
					14,94	81,0	0,579	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky- bílá lesklá	0,60-0,70	0,88	27,60	299,0	0,290	0,29
					26,34	295,0	0,281	
stůl- student	ST1	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,41	45,80	379,0	0,380	0,38
					46,72	382,0	0,384	
stůl-učitel	ST2	dřevotříska- béžová	0,60-0,70	0,72	71,82	334,0	0,676	0,67
					75,83	355,0	0,671	

Tabulka 2b: Měření činitele odrazu světla v učebně 4. A – 2. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	$\rho$ (-)
tabule	TB1	tmavě zelená	0,05-0,20	- *	4,40	120,3	0,115	0,11
					4,20	117,5	0,112	
tabule stojan	TB-S	stojan-šedá	0,75-0,85	0,33	33,68	278,3	0,380	0,38
					33,33	274,7	0,381	
tabule malá	TB2	tmavě zelená	0,05-0,20	- *	8,68	245,6	0,111	0,11
					8,81	242,5	0,114	
nástenka bílá	NS	bílá	0,60-0,70	0,88	24,11	90,2	0,840	0,84
					23,81	89,0	0,840	
skříňky- hnědá barva	N1 <sub>a</sub>	nátěr-tmavě hnědá	0,08-0,30	- *	0,70	47,9	0,046	0,04
					0,67	48,5	0,043	
skříňky- žlutá barva	N1 <sub>b</sub>	nátěr- tmavě žlutá	0,3	0,34	7,26	79,9	0,285	0,28
					6,72	75,5	0,280	
skříňka se šuplíky	N2	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,41	23,19	224,2	0,325	0,32
					23,08	223,2	0,325	
skříňka za učitelem	N3	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,38	42,80	379,0	0,355	0,36
					43,72	382,0	0,360	
parapet bok	PR <sub>a</sub>	bok parapetu- žlutý	0,60-0,70	0,62	15,12	84,5	0,562	0,57
					15,02	81,3	0,580	
parapet vrch	PR <sub>b</sub>	parapet- světle modrý	0,40-0,60	0,59	67,42	443,0	0,478	0,48
					68,75	442,0	0,489	
okno	O	sklo	0,1	- *	- **	- **	-	-
okno-rám	OR	plast-bílá	0,75-0,80	0,83	- **	- **	-	-

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole č. 4.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 3.

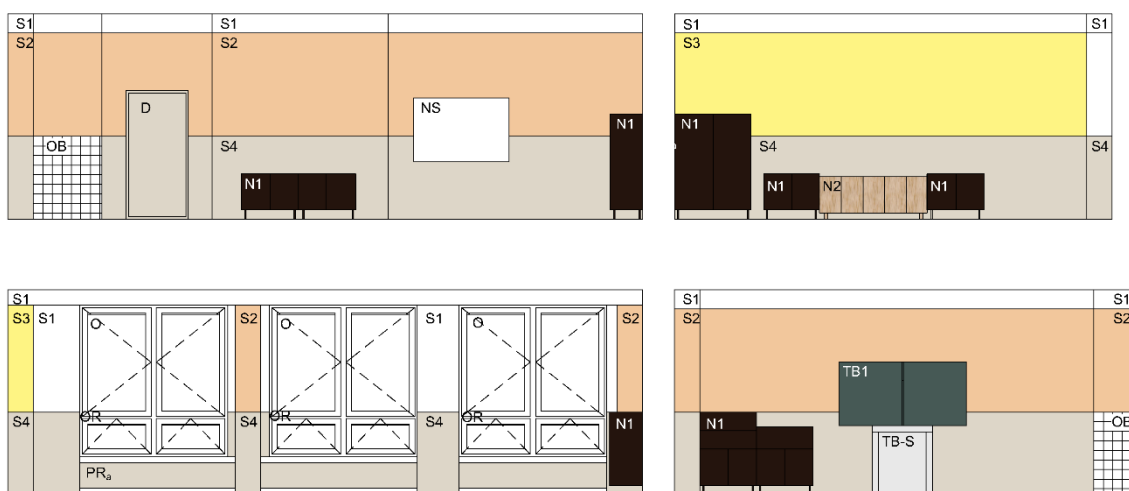
Tabulka 3: Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru učebny 4. A

$L_s$ (cd.m <sup>-2</sup> )	$L_o$ (cd.m <sup>-2</sup> )	$\tau_{s,nor}$ (-)
359,3	464,3	0,774
352,6	448,5	0,786
Průměrná hodnota		$\tau_{s,nor} = 0,780$

## 5.4.2 Učebna 4. B

Pro získání vstupních dat pro učebnu 4. B proběhlo v učebně dne 26. 1. 2018. její zaměření. Dále byly změřeny jednotlivé povrchy učebny, sepsán jejich seznam a pořízena fotodokumentace.

Dne 7. 2. 2018 od 9:00 do 9:50 hod. proběhlo v učebně 4. B měření, během něhož byly stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů třemi různými způsoby. První způsob určení činitele odrazu světla byl proveden dle tabulky Tab. 5.4 uvedené ve skriptech [3]. Tato tabulka shrnuje několik zdrojů vycházejících především z normy ČSN 73 0580-1 [1]. Pro další způsob určení činitele odrazu světla byl použit vzorník barev od značky CEMIX [9], popsáný v kapitole 4.1. Posledním a hlavním způsobem určení činitele odrazu světla daných povrchů bylo samotné měření pomocí jasoměru a luxmetru. Postup měření je popsán v kapitole 4.2. Všechny měřené povrchy v učebně a hodnoty činitele odrazu světla pro tyto povrchy jsou uvedeny v tabulce č. 4a a č. 4b. Barevné schéma a označení měřených povrchů je ve zjednodušené formě znázorněno na obrázku č. 39 a č. 40.



**Obrázek 39:** Barevné schéma a označení měřených povrchů stěn učebny 4.B





Obrázek 40: Barevné schéma a označení měřených povrchů půdorysu učebny 4. B

Tabulka 4a: Měření činitele odrazu světla v učebně 4. B – 1. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			$\rho$ (-)
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	
stěna bílá	S1	malba-bílá	0,75-0,80	0,87	10,00	34,5	0,911	0,90
					10,06	35,4	0,893	
stěna oranžová	S2	malba-oranžová	0,40-0,50	0,62	4,54	19,5	0,732	0,73
					4,56	19,7	0,727	
stěna žlutá	S3	malba-středně žlutá	0,50-0,60	0,68	16,99	64,9	0,822	0,83
					17,29	65,4	0,831	
stěna do v.1330 mm	S4	lesklý nátěr-běžová	0,60-0,70	0,67	15,73	96,8	0,511	0,51
					16,11	98,0	0,516	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,87	10,00	34,5	0,911	0,90
					10,06	35,4	0,893	
podlaha	PD	PVC-středně žlutá	0,50-0,60	0,59	5,41	47,3	0,359	0,36
					5,28	46,5	0,357	
dveře	D	lesklý nátěr-běžová	0,60-0,70	0,67	20,41	106,2	0,604	0,60
					20,56	106,9	0,604	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky-bílé leské	0,60-0,70	0,89	27,60	299,0	0,290	0,29
					26,34	295,0	0,281	
stůl-student	ST1	dřevotříska-světlé dřevo	0,35-0,50	0,41	31,61	227,5	0,437	0,44
					34,15	239,0	0,449	
stůl-učitel	ST2	dřevotříska-světlé dřevo	0,35-0,50	0,41	42,66	304,0	0,441	0,43
					41,18	302,0	0,428	

Tabulka 4b: Měření činitele odrazu světla v učebně 4. B – 2. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	$\rho$ (-)
tabule	TB1	tmavě zelená	0,05-0,20	- *	4,40	120,3	0,115	0,11
					4,20	117,5	0,112	
tabule stojan	TB-S	stojan-šedá	0,75-0,85	0,33	33,68	278,3	0,380	0,38
					33,33	274,7	0,381	
nástěnka bílá	NS	bílá	0,60-0,70	0,88	8,69	33,8	0,808	0,81
					8,51	32,6	0,820	
hnědé skříňky	N1	nátěr-tmavě hnědá	0,08	- *	1,62	54,0	0,094	0,09
					1,56	55,0	0,089	
skříňka se šuplíky	N2	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,48	67,42	443,0	0,478	0,48
					68,75	442,0	0,489	
parapet bok	PR <sub>a</sub>	lesklý nátěr- béžová	0,60-0,70	0,67	15,73	96,8	0,511	0,51
					16,11	98,0	0,516	
parapet vrch	PR <sub>b</sub>	parapet- světle modrý	0,75-0,80	0,59	5,67	29,0	0,614	0,61
					5,58	28,5	0,615	
okno	O	sklo	0,1	- *	- **	- **	-	-
okno-rám	OR	plast-bílá	0,75-0,80	0,83	- **	- **	-	-

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole č. 4.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru učebny 4.B

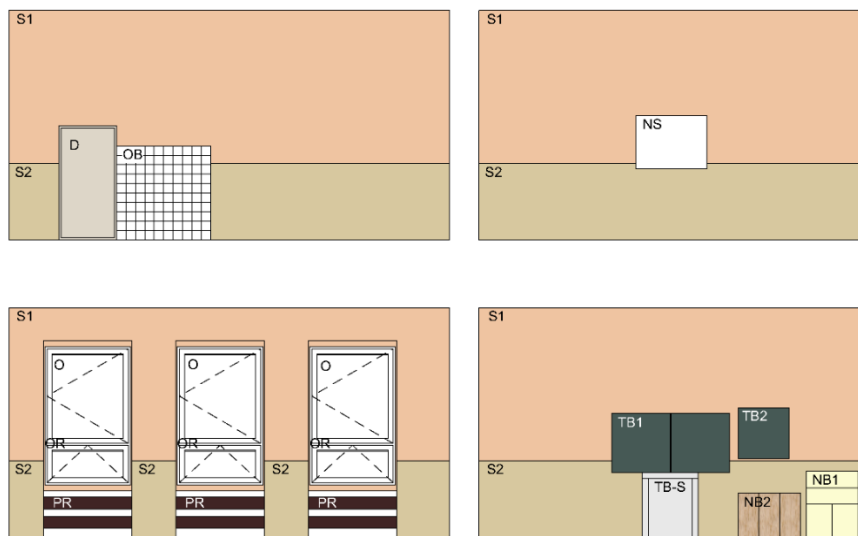
L <sub>s</sub> (cd.m <sup>-2</sup> )	L <sub>o</sub> (cd.m <sup>-2</sup> )	$\tau_{s,nor}$ (-)
359,3	464,3	0,774
352,6	448,5	0,786
Průměrná hodnota		$\tau_{s,nor} = 0,780$

### 5.4.3 Učebna 7. A

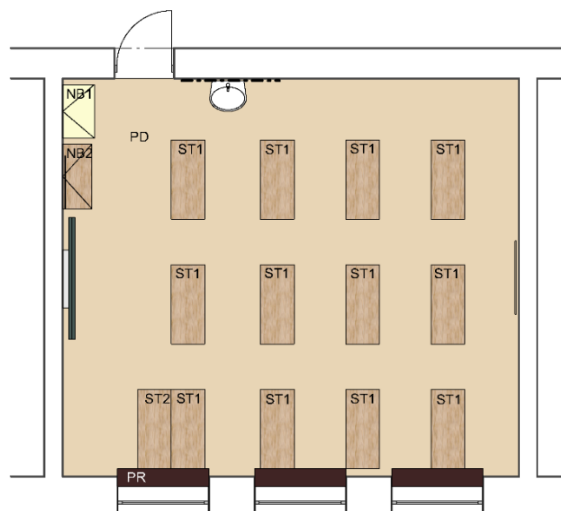
Pro získání vstupních dat pro učebnu 7. A proběhlo v učebně dne 29. 1. 2018 její zaměření. Dále byly změřeny jednotlivé povrchy učebny, sepsán jejich seznam a pořízena fotodokumentace.

Dne 7. 2. 2018 od 11:50 do 12:30 hod. proběhlo v učebně 7. A měření, během něhož byly stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů třemi

různými způsoby. První způsob určení činitele odrazu světla byl proveden dle tabulky Tab. 5.4 uvedené ve skriptech [3]. Tato tabulka shrnuje několik zdrojů vycházejících především z normy ČSN 73 0580-1 [1]. Pro další způsob určení činitele odrazu světla byl použit vzorník barev od značky CEMIX [9], popsáný v kapitole 4.1. Posledním a hlavním způsobem určení činitele odrazu světla daných povrchů bylo samotné měření pomocí jasoměru a luxmetru. Postup měření je popsán v kapitole 4.2. Všechny měřené povrchy v učebně a hodnoty činitele odrazu světla pro tyto povrchy jsou uvedeny v tabulce č. 6. Barevné schéma a označení měřených povrchů je ve zjednodušené formě znázorněno na obrázku č. 41 a č. 42.



**Obrázek 41:** Barevné schéma a označení měřených povrchů stěn učebny 7. A



**Obrázek 42:** Barevné schéma a označení měřených povrchů půdorysu učebny 7. A

Tabulka 6: Měření činitele odrazu světla v učebně 7. A

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	$\rho$ (-)
stěna oranžová	S1	malba- oranžová	0,40-0,50	0,47	9,05	46,40	0,6127	0,61
					4,34	22,79	0,5983	
stěna do v.1300 mm	S2	lesklý nátěr- středně žlutá	0,50-0,60	0,54	4,78	28,70	0,5232	0,51
					4,82	29,90	0,5064	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	8,17	31,60	0,8122	0,81
					8,19	31,70	0,8117	
podlaha	PD	PVC-středně hnědá	0,25	0,31	8,29	80,50	0,3235	0,31
					8,04	82,90	0,3047	
dveře	D	lesklý nátěr- běžová	0,60-0,70	0,66	4,43	20,10	0,6924	0,70
					4,97	22,20	0,7033	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky- bílé leské	0,60-0,70	0,88	7,29	38,10	0,6011	0,59
					6,95	37,50	0,5822	
stůl- student	ST1	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,34	8,05	79,20	0,3193	0,33
					8,52	79,40	0,3371	
stůl-učitel	ST2	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,48	28,35	207,50	0,4292	0,43
					30,49	223,20	0,4292	
tabule	TB1	tmavě zelená	0,05-0,20	- *	1,17	34,10	0,1078	0,11
					1,20	32,70	0,1153	
tabule stojan	TB-S	stojan-šedá	0,75-0,85	0,33	4,02	31,10	0,4061	0,40
					3,84	30,30	0,3981	
tabule malá	TB2	zelená	0,05-0,20	- *	0,54	16,3	0,104	0,10
					0,54	16,5	0,103	
nástěnka bílá	NS	bílá	0,60-0,70	0,69	6,22	28,2	0,693	0,69
					6,26	29,0	0,678	
skříňky běžové	NB1	krémová	0,60-0,70	0,58	3,67	25,18	0,4579	0,47
					3,65	23,75	0,4828	
skříňka se šuplíky	NB2	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,31	2,28	22,78	0,3144	0,33
					1,89	17,62	0,3370	
parapet	PR	tmavě hnědý	0,08	- *	4,05	321,00	0,0396	0,04
					4,02	342,00	0,0369	
okno	O	sklo	0,1	- *	- **	- **	-	-
okno-rám	OR	plast-bílá	0,75-0,80	0,83	- **	- **	-	-

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole č. 4.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 7.

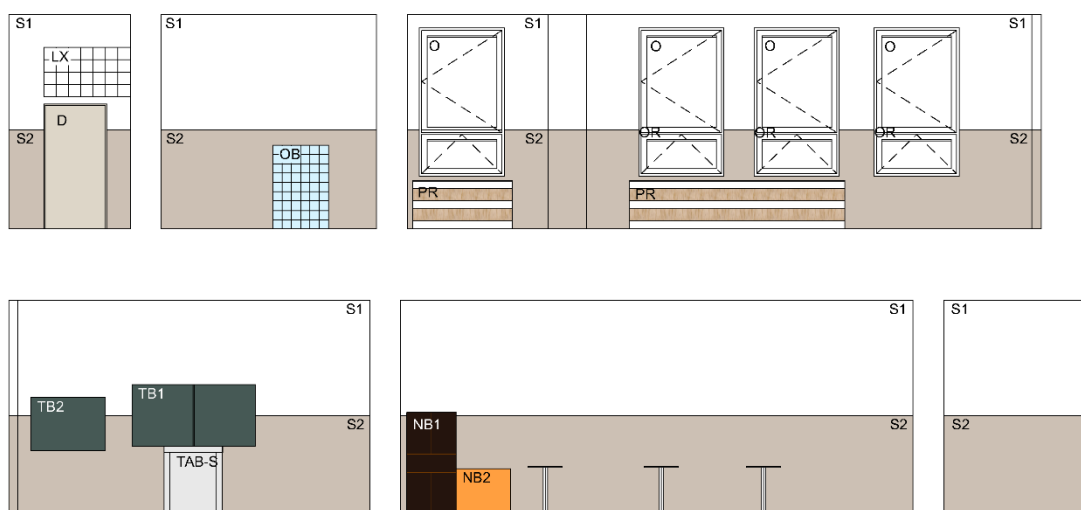
**Tabulka 7:** Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru učebny 7. A

$L_s(\text{cd.m}^{-2})$	$L_o(\text{cd.m}^{-2})$	$\tau_{s,nor}(-)$
359,3	464,3	0,774
352,6	448,5	0,786
Průmerná hodnota	$\tau_{s,nor} =$	0,780

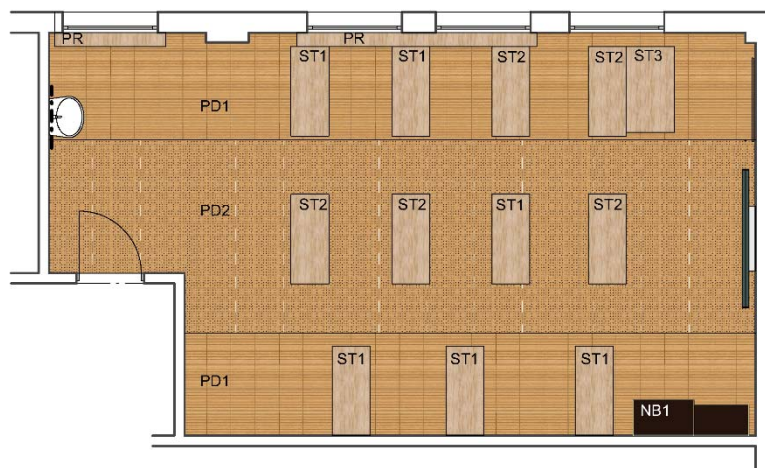
#### 5.4.4 Učebna 8. B

Pro získání vstupních dat pro učebnu 8.B proběhlo v učebně dne 29 .1. 2018 její zaměření. Dále byly změřeny jednotlivé povrchy učebny, sepsán jejich seznam a pořízena fotodokumentace.

Dne 7. 2. 2018 od 9:55 do 10:50 hod. proběhlo v učebně 8 B měření, během něhož byly stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů třemi různými způsoby. První způsob určení činitele odrazu světla byl proveden dle tabulky Tab. 5.4 uvedené ve skriptech [3]. Tato tabulka shrnuje několik zdrojů vycházejících především z normy ČSN 73 0580-1 [1]. Pro další způsob určení činitele odrazu světla byl použit vzorník barev od značky CEMIX [9], popsáný v kapitole 4.1. Posledním a hlavním způsobem určení činitele odrazu světla daných povrchů bylo samotné měření pomocí jasoměru a luxmetru. Postup měření je popsán v kapitole 4.2. Všechny měřené povrchy v učebně a hodnoty činitele odrazu světla pro tyto povrchy jsou uvedeny v tabulce č. 8a a 8b. Barevné schéma a označení měřených povrchů je ve zjednodušené formě znázorněno na obrázku č. 43 a č. 44.



**Obrázek 43:** Barevné schéma a označení měřených povrchů stěn učebny 8. B



Obrázek 44: Barevné schéma a označení měřených povrchů půdorysu učebny 8. B

Tabulka 8a: Měření činitele odrazu světla v učebně 8. B – 1. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			$\rho$ (-)
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	
stěna bílá	S1	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	47,26	173,4	0,856	0,86
					49,46	179,4	0,866	
stěna do v.1600 mm	S2	lesklý nátěr- středně žlutá	0,50-0,60	0,59	28,24	176,0	0,504	0,51
					28,44	176,3	0,507	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	47,26	173,4	0,856	0,86
					49,46	179,4	0,866	
podlaha	PD	PVC-středně hnědá	0,25	0,41	11,06	107,1	0,324	0,32
					10,43	103,6	0,316	
podlaha 2	PD2	PVC-středně hnědá	0,25	0,41	16,28	168,5	0,304	0,31
					18,41	184,7	0,313	
dveře	D	lesklý nátěr- běžová	0,60-0,70	0,59	38,45	198,9	0,607	0,61
					39,13	200,7	0,613	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky- světle modrá	0,40-0,60	0,39	19,88	246,0	0,254	0,26
					20,60	247,7	0,261	
stůl- student	ST1	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,41	29,52	232,6	0,399	0,40
					30,20	231,3	0,410	
stůl- student	ST2	dřevotříska- tmavší dřevo	0,35-0,50	1,41	17,97	197,7	0,286	0,28
					17,33	197,2	0,276	
stůl-učitel	ST3	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,28	22,22	202,6	0,345	0,34
					21,27	197,9	0,338	

Tabulka 8b: Měření činitele odrazu světla v učebně 8. B – 2. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	$\rho$ (-)
tabule	TB1	tmavě zelená	0,05-0,20	- *	4,40	120,3	0,115	0,11
					4,20	117,5	0,112	
tabule stojan	TB-S	stojan-šedá	0,75-0,85	0,33	33,68	278,3	0,380	0,38
					33,33	274,7	0,381	
tabule malá	TB2	zelená	0,05-0,20	- *	3,86	130,9	0,093	0,09
					3,81	128,9	0,093	
hnědé skříňky	NB1	dřevotříska- tmavě hnědá	0,08	- *	4,57	107,7	0,133	0,13
					4,45	102,7	0,136	
závěs oranžový	NB2	závěs oranžový	0,40-0,50	0,32	8,19	97,2	0,265	0,26
					8,42	102,0	0,259	
parapet	PR	lesklý světle hnědý	0,12-0,25	0,28	37,32	336,0	0,349	0,35
					36,60	325,0	0,354	
luxfery	LX	sklo	0,1	- *	30,05	275,3	0,343	0,35
					33,34	292,0	0,359	
okno	O	sklo	0,1	- *	- **	- **	-	-
okno-rám	OR	plast-bílá	0,75-0,80	0,83	- **	- **	-	-

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole č. 4.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tabulka 9: Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru učebny 8. B

$L_s(\text{cd.m}^{-2})$	$L_o(\text{cd.m}^{-2})$	$\tau_{s,nor}(-)$
359,3	464,3	0,774
352,6	448,5	0,786
Průmerná hodnota	$\tau_{s,nor} =$	0,780

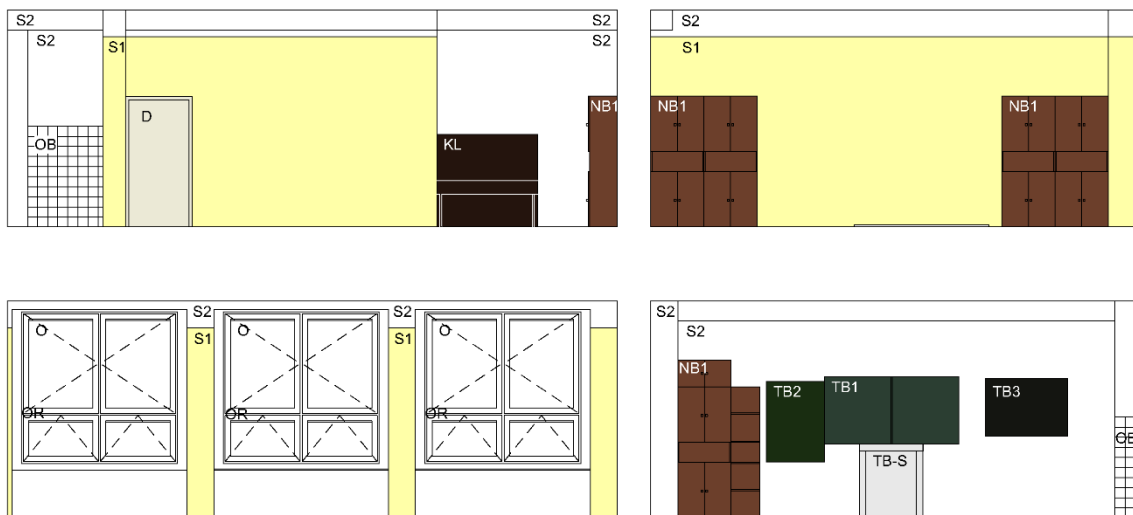
## 5.5 Měření v učebnách 2. ZŠ

### 5.5.1 Učebna 4.A

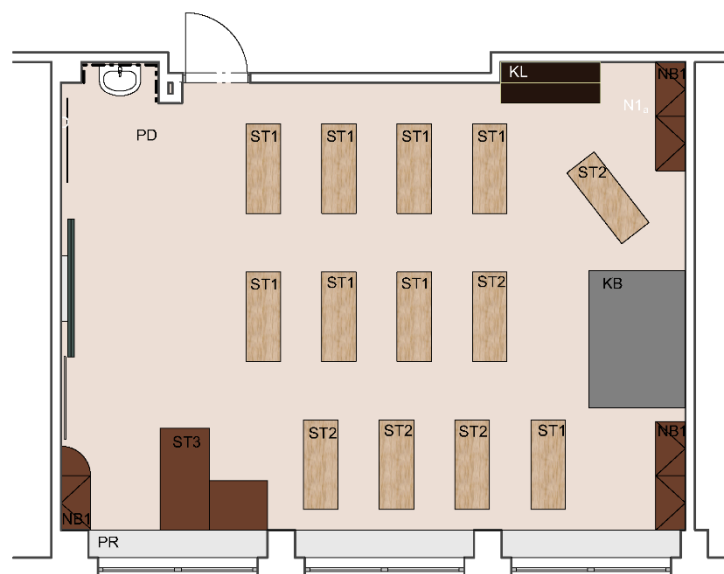
Pro získání vstupních dat pro učebnu 4. A proběhlo v učebně dne 22. 1. 2018 její zaměření. Dále byly změřeny jednotlivé povrchy učebny, sepsán jejich seznam a pořízena fotodokumentace.



Dne 7. 2. 2018 od 16:00 do 16:45 hod. proběhlo v učebně 4. A měření, během něhož byly stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů třemi různými způsoby. První způsob určení činitele odrazu světla byl proveden dle tabulky Tab. 5.4 uvedené ve skriptech [3]. Tato tabulka shrnuje několik zdrojů vycházejících především z normy ČSN 73 0580-1 [1]. Pro další způsob určení činitele odrazu světla byl použit vzorník barev od značky CEMIX [9], popsáný v kapitole 4.1. Posledním a hlavním způsobem určení činitele odrazu světla daných povrchů bylo samotné měření pomocí jasoměru a luxmetru. Postup měření je popsán v kapitole 4.2. Všechny měřené povrchy v učebně a hodnoty činitele odrazu světla pro tyto povrchy jsou uvedeny v tabulce č. 10. Barevné schéma a označení měřených povrchů je ve zjednodušené formě znázorněno na obrázku č. 45 a č. 46.



**Obrázek 45:** Barevné schéma a označení měřených povrchů stěn učebny 4.A



**Obrázek 46:** Barevné schéma a označení měřených povrchů půdorysu učebny 4. A

Tabulka 10: Měření činitele odrazu světla v učebně 4 .A

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	$\rho$ (-)
stěna-žlutá	S1	malba- středně žlutá	0,50-0,60	0,69	13,55	54,7	0,778	0,77
					13,08	53,3	0,771	
stěna -bílá	S2	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	7,97	29,0	0,863	0,86
					7,58	27,7	0,859	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	7,97	29,0	0,863	0,86
					7,58	27,7	0,859	
podlaha	P	PVC-béžová	0,40-0,50	0,39	8,22	62,2	0,415	0,41
					8,24	63,3	0,409	
koberec	KB	šedivý	0,15-0,20	0,16	1,90	49,5	0,121	0,12
					2,35	60,7	0,122	
dveře	D	lesklý nátěr- béžová	0,60-0,70	0,67	4,93	22,5	0,688	0,69
					4,90	22,1	0,698	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky- bílé leské	0,60-0,70	0,88	30,28	160,6	0,592	0,60
					31,42	163,9	0,602	
stůl- student	ST1	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,39	16,39	152,6	0,337	0,33
					15,39	146,1	0,331	
stůl- student tmavý	ST2	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,28	3,00	44,3	0,213	0,21
					2,61	40,2	0,204	
stůl-učitel	ST3	tmavé dřevo	0,08	0,11	2,96	100,1	0,093	0,09
					2,61	98,6	0,083	
tabule	TB1	tmavě zelená	0,05-0,20	- *	2,97	76,1	0,123	0,12
					2,88	74,5	0,121	
tabule stojan	TB-S	stojan-šedá	0,75-0,85	0,33	2,66	19,6	0,427	0,43
					2,34	17,1	0,429	
tabule malá	TB2	středně zelená	0,3	- *	2,72	73,2	0,117	0,12
					3,01	74,5	0,127	
tabule malá černá	TB3	černá	0,01-0,03	- *	0,81	46,6	0,055	0,05
					0,79	45,8	0,054	
hnědé skříňky	NB1	dřevo tmavé	0,08	- *	5,37	196,0	0,086	0,09
					5,34	182,7	0,092	
klavír	KL	tmavě hnědá	0,08	- *	0,92	29,2	0,099	0,09
					0,74	27,6	0,084	
parapet	PR	lesklý světle šedý	0,40-0,60	0,68	127,50	915,0	0,438	0,44
					150,30	1082,0	0,436	
okno	O	sklo	0,1	- *	177,40	2479,0	0,225	0,22
					148,30	2193,0	0,212	
okno-rám	OR	plast-bílá	0,75-0,80	0,83	- **	- **	-	-

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole č. 4.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 11.

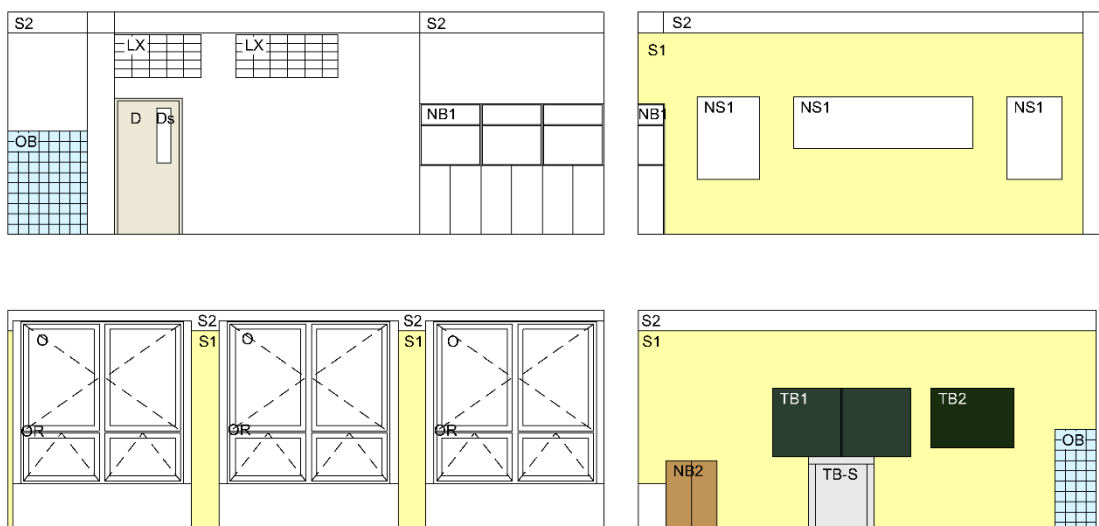
**Tabulka 11:** Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru učebny 4.A

$L_s(\text{cd}\cdot\text{m}^{-2})$	$L_o(\text{cd}\cdot\text{m}^{-2})$	$\tau_{s,nor}(-)$
564,4	856,3	0,659
780,7	1183	0,660
Průměrná hodnota	$\tau_{s,nor} =$	0,660

### 5.5.2 Učebna 5.B

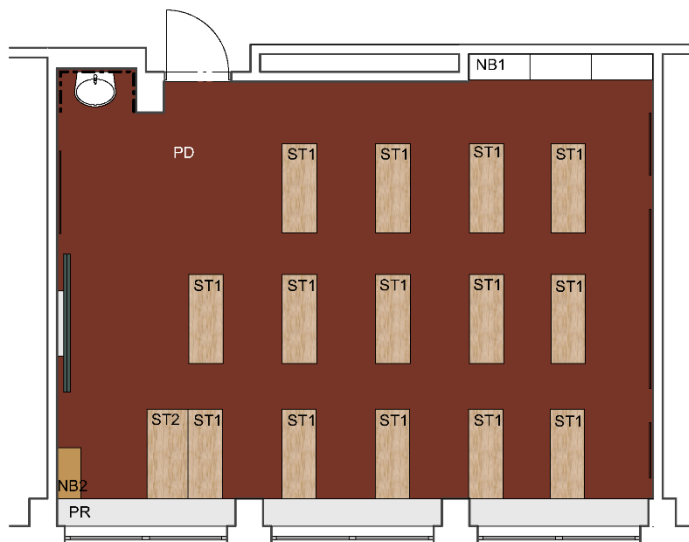
Pro získání vstupních dat pro učebnu 5. B proběhlo v učebně dne 22. 1. 2018 její zaměření. Dále byly změřeny jednotlivé povrchy učebny, sepsán jejich seznam a pořízena fotodokumentace.

Dne 7. 2. 2018 od 13:30 do 14:30 hod. proběhlo v učebně 5. B měření, během něhož byly stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů třemi různými způsoby. První způsob určení činitele odrazu světla byl proveden dle tabulky Tab. 5.4 uvedené ve skriptech [3]. Tato tabulka shrnuje několik zdrojů vycházejících především z normy ČSN 73 0580-1 [1]. Pro další způsob určení činitele odrazu světla byl použit vzorník barev od značky CEMIX [9], popsáný v kapitole 4.1. Posledním a hlavním způsobem určení činitele odrazu světla daných povrchů bylo samotné měření pomocí jasoměru a luxmetru.



**Obrázek 47:** Barevné schéma a označení měřených povrchů stěn učebny 5. B

Postup měření je popsán v kapitole 4.2. Všechny měřené povrchy v učebně a odnoty činitele odrazu světla pro tyto povrchy jsou uvedeny v tabulce č.12a a č. 12b. Barevné schéma a označení měřených povrchů je ve zjednodušené formě znázorněno na obrázku č. 47 a č. 48.



Obrázek 48: Barevné schéma a označení měřených povrchů půdorysu učebny 5. B

Tabulka 12a: Měření činitele odrazu světla v učebně 5. B – 1. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			ρ (-)
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	
stěna-žlutá	S1	malba- středně žlutá	0,50-0,60	0,69	53,02	217,3	0,767	0,77
					55,11	224,3	0,772	
stěna-bílá	S2	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	35,55	126,3	0,884	0,89
					36,08	126,1	0,899	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	35,55	126,3	0,884	0,89
					36,08	126,1	0,899	
podlaha	PD	PVC-červená	0,15-0,30	- *	3,55	101,3	0,110	0,12
					3,37	84,9	0,125	
dveře	D	lesklý nátěr- běžová	0,60-0,70	0,71	35,20	116,2	0,952	0,96
					36,43	118,5	0,966	
dveře sklo	Ds	sklo	0,1	- *	6,42	65,8	0,307	0,30
					6,03	63,6	0,298	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky- světle modrá	0,40-0,60	0,49	24,42	138,3	0,555	0,55
					24,96	143,9	0,545	

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Tabulka 12b: Měření činitele odrazu světla v učebně 5. B – 2. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	$\rho$ (-)
stůl- student	ST1	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,28	11,35	158,0	0,226	0,22
					11,31	159,5	0,223	
stůl-učitel	ST2	tmavé dřevo	0,35-0,50	0,34	28,25	303,0	0,293	0,30
					25,56	269,5	0,298	
tabule	TB1	zelená tmavě	0,05-0,20	- *	4,80	127,5	0,118	0,12
					4,84	126,4	0,120	
tabule stojan	TB-S	šedá	0,40-0,60	0,33	11,22	88,7	0,397	0,40
					10,30	81,8	0,396	
nástenky bílá	NS1	bílá	0,75-0,80	0,88	29,54	116,5	0,797	0,80
					29,21	113,5	0,809	
tabule malá	TB2	zelená tmavě	0,05-0,2	- *	2,72	73,2	0,117	0,12
					3,01	74,5	0,127	
bílá skříňky	NB1	bílá	0,75-0,80	0,75	23,20	102,9	0,708	0,70
					22,65	103,2	0,690	
skříňka za učitelem	NB2	středně hnědá	0,25	0,28	10,82	137,6	0,247	0,25
					11,21	141,7	0,249	
parapet	PR	lesklý světle šedý	0,40-0,60	0,52	127,50	915,0	0,438	0,44
					150,30	1082,0	0,436	
luxfery	LX	sklo	0,1	- *	7,76	85,1	0,286	0,29
					8,87	95,2	0,293	
okno	O	sklo	0,1	- *	177,40	2479,0	0,225	0,22
					148,30	2193,0	0,212	
okno-rám	OR	plast-bílá	0,75-0,80	0,83	- **	- **	-	-

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole č. 4.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 13.

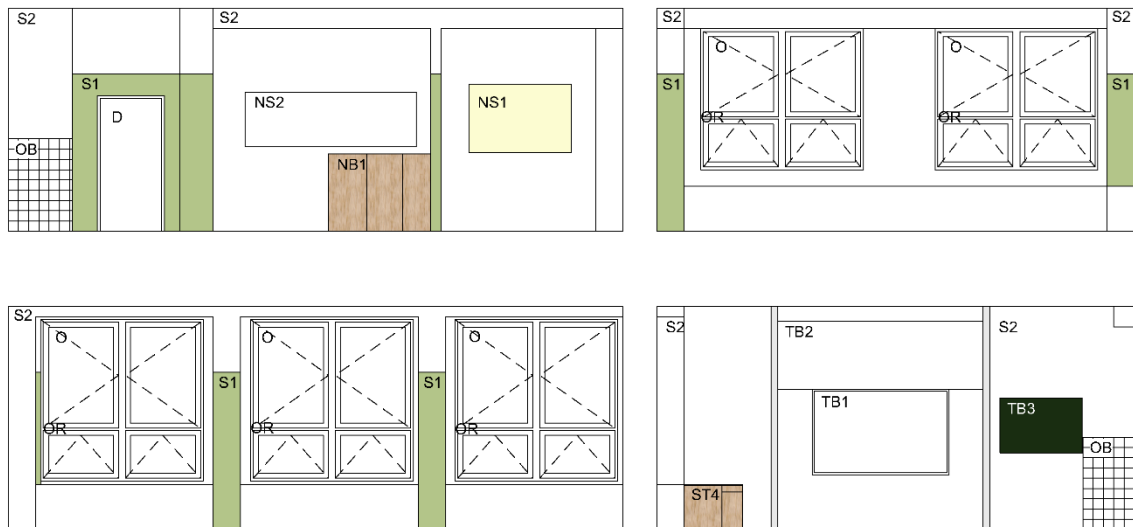
Tabulka 13: Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru učebny 5. B

$L_s$ (cd.m <sup>-2</sup> )	$L_o$ (cd.m <sup>-2</sup> )	$\tau_{s,nor}$ (-)
564,4	856,3	0,659
780,7	1183	0,660
Průměrná hodnota $\tau_{s,nor}$ =		0,660

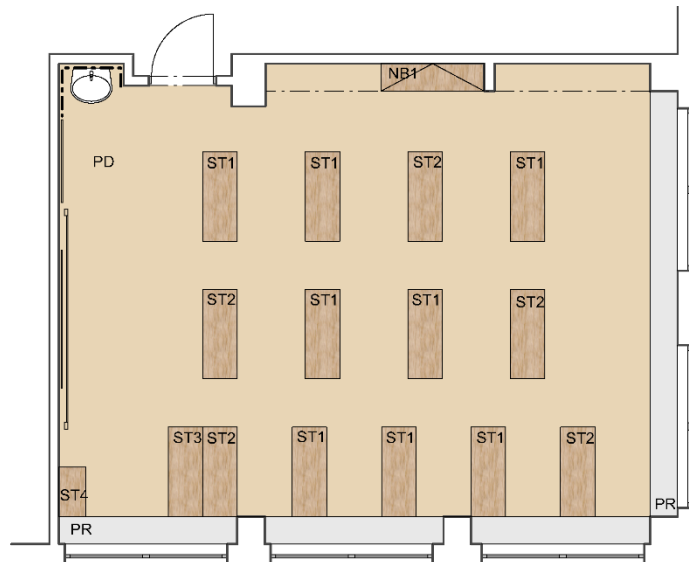
### 5.5.3 Učebna 6. B

Pro získání vstupních dat pro učebnu 6. B proběhlo v učebně dne 22. 1. 2018 její zaměření. Dále byly změřeny jednotlivé povrchy učebny, sepsán jejich seznam a pořízena fotodokumentace.

Dne 7. 2. 2018 od 15:10 do 16:00 hod. proběhlo v učebně 6. B měření, během něhož byly stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů třemi různými způsoby. První způsob určení činitele odrazu světla byl proveden dle tabulky Tab. 5.4 uvedené ve skriptech [3]. Tato tabulka shrnuje několik zdrojů vycházejících především z normy ČSN 73 0580-1 [1]. Pro další způsob určení činitele odrazu světla byl použit vzorník barev od značky CEMIX [9], popsáný v kapitole 4.1. Posledním a hlavním způsobem určení činitele odrazu světla daných povrchů bylo samotné měření pomocí jasoměru a luxmetru. Postup měření je popsán v kapitole 4.2. Všechny měřené povrchy v učebně a hodnoty činitele odrazu světla pro tyto povrchy jsou uvedeny v tabulce č. 14a a č. 14b. Barevné schéma a označení měřených povrchů je ve zjednodušené formě znázorněno na obrázku č. 49 a č. 50.



Obrázek 49: Barevné schéma a označení měřených povrchů stěn učebny 6.B



Obrázek 50: Barevné schéma a označení měřených povrchů půdorysu učebny 6. B

Tabulka 14a: Měření činitele odrazu světla v učebně 6. B – 1. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			ρ (-)
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	
stěna zelená	S1	malba-středně zelená	0,3	0,6	47,79	232,3	0,646	0,65
					46,41	221,6	0,658	
stěna bílá	S2	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	57,11	214,3	0,837	0,84
					57,72	214,1	0,847	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	57,11	214,3	0,837	0,84
					57,72	214,1	0,847	
podlaha	PD	PVC-světle hnědá	0,12-0,25	0,38	19,21	193,9	0,311	0,31
					17,71	184,8	0,301	
dveře	D	lesklý nátěr- běžová	0,60-0,70	0,74	38,32	156,0	0,772	0,77
					38,97	158,8	0,771	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky- bílé leské	0,60-0,70	0,88	30,28	160,6	0,592	0,60
					31,42	163,9	0,602	
stůl- student	ST1	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,28	46,10	489,0	0,296	0,30
					44,77	478,0	0,294	
stůl- student tmavý	ST2	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,32	72,27	638,0	0,356	0,36
					76,60	667,0	0,361	
stůl-učitel	ST3	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,41	46,10	489,0	0,296	0,30
					44,77	478,0	0,294	
tabule interaktivní	TB1	bílá lesklá	0,75-0,80	0,89	34,82	113,6	0,963	0,96
					45,04	146,8	0,964	
					34,90	114,4	0,958	



Tabulka 14b: Měření činitele odrazu světla v učebně 6. B – 2. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	$\rho$ (-)
stěna zelená	S1	malba-středně zelená	0,3	0,6	47,79	232,3	0,646	0,65
					46,41	221,6	0,658	
stěna bílá	S2	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	57,11	214,3	0,837	0,84
					57,72	214,1	0,847	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,88	57,11	214,3	0,837	0,84
					57,72	214,1	0,847	
podlaha	PD	PVC-světle hnědá	0,12-0,25	0,38	19,21	193,9	0,311	0,31
					17,71	184,8	0,301	
dveře	D	lesklý nátěr- běžová	0,60-0,70	0,74	38,32	156,0	0,772	0,77
					38,97	158,8	0,771	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky- bílá lesklé	0,60-0,70	0,88	30,28	160,6	0,592	0,60
					31,42	163,9	0,602	
stůl- student	ST1	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,28	46,10	489,0	0,296	0,30
					44,77	478,0	0,294	
stůl- student tmavý	ST2	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,32	72,27	638,0	0,356	0,36
					76,60	667,0	0,361	
stůl-učitel	ST3	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,41	46,10	489,0	0,296	0,30
					44,77	478,0	0,294	
tabule interaktivní	TB1	bílá lesklá	0,75-0,80	0,89	34,82	113,6	0,963	0,96
					45,04	146,8	0,964	
					34,90	114,4	0,958	

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole č. 4.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 15.

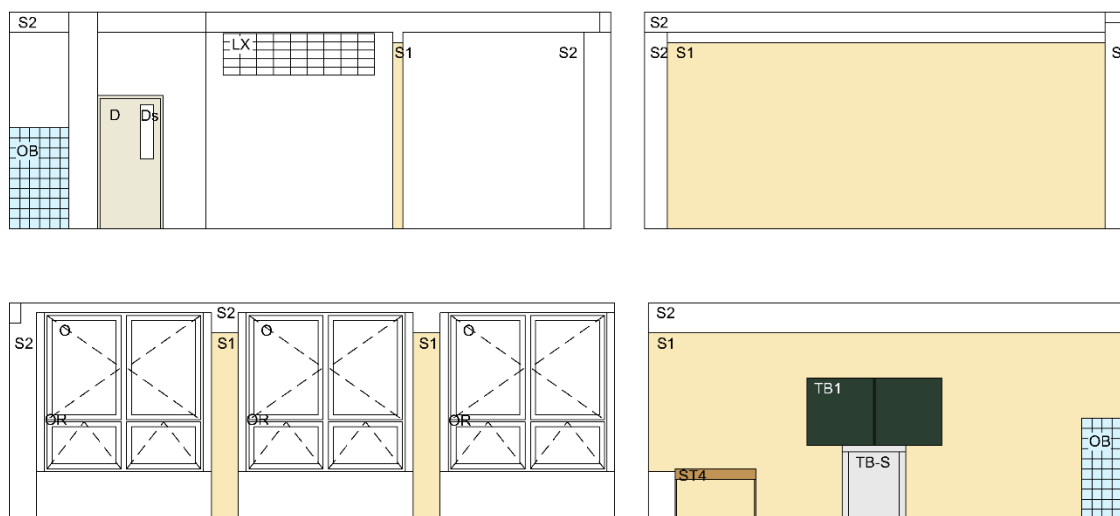
Tabulka 15: Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru učebny 6.B

$L_s(\text{cd.m}^{-2})$	$L_o(\text{cd.m}^{-2})$	$\tau_{s,nor}(-)$
564,4	856,3	0,659
780,7	1183	0,660
Průměrná hodnota	$\tau_{s,nor} =$	0,660

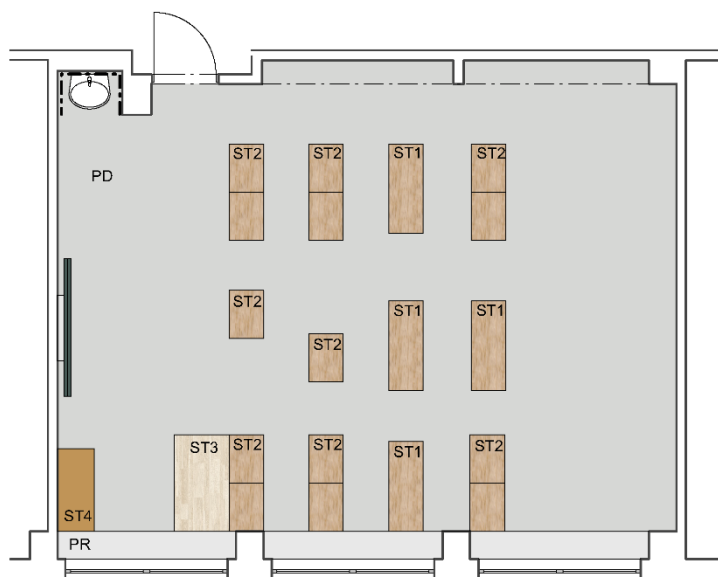
### 5.5.4 Učebna 9. A

Pro získání vstupních dat pro učebnu 9. A proběhlo v učebně dne 22. 1. 2018 její zaměření. Dále byly změřeny jednotlivé povrchy učebny, sepsán jejich seznam a pořízena fotodokumentace.

Dne 7. 2. 2018 od 14:30 do 15:10 hod. proběhlo v učebně 9 A měření, během něhož byly stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů třemi různými způsoby. První způsob určení činitele odrazu světla byl proveden dle tabulky Tab. 5.4 uvedené ve skriptech [3]. Tato tabulka shrnuje několik zdrojů vycházejících především z normy ČSN 73 0580-1 [1]. Pro další způsob určení činitele odrazu světla byl použit vzorník barev od značky CEMIX [9], popsáný v kapitole 4.1. Posledním a hlavním způsobem určení činitele odrazu světla daných povrchů bylo samotné měření pomocí jasoměru a luxmetru. Postup měření je popsán v kapitole 4.2. Všechny měřené povrchy v učebně a hodnoty činitele odrazu světla pro tyto povrchy jsou uvedeny v tabulce č. 16a a č. 16b. Barevné schéma a označení měřených povrchů je ve zjednodušené formě znázorněno na obrázku č. 51 a 52.



**Obrázek 51:** Barevné schéma a označení měřených povrchů stěn učebny 9. A



Obrázek 52: Barevné schéma a označení měřených povrchů půdorysu učebny 9. A

Tabulka 16a: Měření činitele odrazu světla v učebně 9. A – 1. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			ρ (-)
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	
stěna žlutá	S1	malba- žlutá	0,60-0,70	0,74	49,95	207,9	0,755	0,76
					51,63	212,7	0,763	
stěna bílá	S2	malba-bílá	0,75-0,80	0,89	37,30	133,7	0,876	0,88
					36,58	131,4	0,875	
strop	SP	malba-bílá	0,75-0,80	0,89	37,30	133,7	0,876	0,88
					36,58	131,4	0,875	
podlaha	PD	PVC-světle šedá	0,40-0,60	0,68	14,67	103,8	0,444	0,45
					14,48	99,8	0,456	
dveře	D	lesklý nátěr- béžová	0,60-0,70	0,71	35,20	116,2	0,952	0,96
					36,43	118,5	0,966	
dveře sklo	Ds	sklo	0,1	- *	6,42	65,8	0,307	0,30
					6,03	63,6	0,298	
obklad u umyvadla	OB	dlaždičky- světle modrá	0,40-0,60	0,73	8,48	79,6	0,335	0,36
					9,47	78,5	0,379	
stůl- student tmavý	ST1	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,28	23,57	249,8	0,296	0,30
					24,38	255,0	0,300	
stůl- student	ST2	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,28	20,24	177,9	0,357	0,36
					16,41	145,6	0,354	
stůl-učitel	ST3	dřevotříska- světlé dřevo	0,35-0,50	0,59	22,74	192,7	0,371	0,37
					23,47	197,4	0,374	

\*) vzorník barvu neobsahuje

Tabulka 16b: Měření činitele odrazu světla v učebně 9. A – 2. část

Povrch	Ozn.	Popis - barva	Činitel odrazu světla					
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku CEMIX	Měření			
					L (cd.m <sup>-2</sup> )	E (Lx)	$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$	$\rho$ (-)
tabule	TB1	zelená tmavě	0,05-0,20	- *	4,80	127,5	0,118	0,12
					4,84	126,4	0,120	
tabule stojan	TB-S	šedá	0,40-0,60	0,33	11,22	88,7	0,397	0,40
					10,30	81,8	0,396	
stůl za učitelem	ST4	dřevotříská- středně hnědá	0,25	0,48	15,92	151,2	0,331	0,33
					13,89	133,2	0,328	
parapet	PR	světle šedý	0,40-0,60	0,69	127,50	915,0	0,438	0,44
					150,30	1082,0	0,436	
luxfery	LX	sklo	0,1	- *	7,76	85,1	0,286	0,29
					8,87	95,2	0,293	
okno	O	sklo	0,1	- *	177,40	2479,0	0,225	0,22
					148,30	2193,0	0,212	
okno-rám	OR	plast-bílá	0,75-0,80	0,83	- **	- **	-	-

Pozn. k tabulce: \*) vzorník barvu neobsahuje

\*\*) pro měření dané plochy nebyly vhodné podmínky

Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole č. 4.3. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 17.

Tabulka 17: Měření činitele prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru učebny 9. A

$L_s(\text{cd.m}^{-2})$	$L_o(\text{cd.m}^{-2})$	$\tau_{s,nor}(-)$
564,4	856,3	0,659
780,7	1183	0,660
Průměrná hodnota $\tau_{s,nor} =$		0,660

## 6. Výpočet

Tato kapitola se zaměřuje na výpočet a posouzení jednotlivých učeben z hlediska denního osvětlení. Zde jsou vysvětleny jednotlivé vstupní hodnoty použité pro výpočet činitele denní osvětlenosti a rovnoměrnosti denního osvětlení. Vypočtená data z každé učebny jsou poté vyhodnocena.

### 6.1 Vstupní hodnoty

#### 6.1.1 Činitel jasu stínící překážky

Vlastnosti stínící překážky jsou vyjádřeny činitelem jasu stínící překážky a definovány vztahem:

$$k_{\gamma} = \frac{L_p}{L_{\gamma}} \quad (8)$$

kdy  $L_p$  ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) je jas stínící překážky a  $L_{\gamma}$  ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) je jas oblohy v uhlu  $\gamma$  ( $^{\circ}$ ) nad horizontem. Pro vstupní hodnoty výpočtu činitele denní osvětlenosti byla použita hodnota  $k_{\lambda}=0,1$  uvedená v normě ČSN 73 0580-1 [1], tedy že jas stínících překážek je desetinou jasu oblohy.

#### 6.1.2 Činitel znečištění

Znečištění světlo propustné části okenního otvoru způsobuje snížení množství dopadajícího světelného toku do interiéru. Hodnotu činitele znečištění na vnější a vnitřní straně lze získat na základě měření, při výpočtech činitele denní osvětlenosti byly využity hodnoty uvedené v normě ČSN 73 0580-1 [1]. Pro vstupní údaje byly použity hodnoty pro osvětlovací otvor svislý, kdy na vnitřní straně uvažujeme malé znečištění tedy  $\tau_{z,i}=0,95$  a na vnější straně uvažujeme střední znečištění tedy  $\tau_{z,e}=0,90$ . Tyto hodnoty vycházejí z předpokladu, že okenní otvory budou čištěny v intervalu, jenž je dán hygienickými a jinými předpisy. Daný interval se běžně uvažuje půl roku.

#### 6.1.3 Čistá plocha zasklení

Čistá plocha zasklení neboli činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo  $\tau_k$  (-) se stanovuje ze vztahu:

$$\tau_k = \frac{A_s}{A_c} \quad (9)$$

Tento vztah je definována jako poměr celkové plochy zasklení  $A_s$  ( $m^2$ ) ku celkové ploše okna  $A_c$  ( $m^2$ ). Celková plocha okna je stanovena z celkových rozměrů okna, tedy z plochy rámu i zasklení, zatímco celkovou plochou zasklení se myslí pouze plocha skla, tedy jen část okna, která je schopna propouštět světlo.

#### 6.1.4 Činitel prostupu světla výplní

Činitel prostupu světla výplní osvětlovacího otvoru byl vypočten dle vztahu (7) podrobněji rozebraného v kapitole 4.3. Hodnoty činitele prostupu světla konkrétních otvorů byly získány na základě měření a jsou uvedeny pro každou z učeben v kapitole č. 4.

#### 6.1.5 Průměrný činitel odrazu světla

Světelně technické vlastnosti interiéru jsou výrazně ovlivněny rozložením světelného toku a to především činitelem odrazu světla vnitřních ploch. Činitel odrazu jednotlivých ploch pro každou učebnu byl vypočten v kapitole č. 4. Průměrná hodnota odrazivosti světla vnitřních konstrukcí byla vyjádřena pomocí průměrného činitele odrazu světla  $\rho_m$  (-), který vychází ze vztahu:

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot \rho_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (10)$$

ve kterém  $S_i$  ( $m^2$ ) značí plochu  $i$ -tého povrchu,  $\rho_i$  (-) činitel odrazu světla daného povrchu a  $n$  (-) počet povrchů posuzované konstrukce či místnosti jako celku.

#### 6.1.6 Činitel denní osvětlenosti

Stanovení činitele denní osvětlenosti bylo provedeno pomocí programu Světlo+ [10], který distribuuje společnost JpSoft s.r.o. Tento program je ve studijní verzi přístupný v počítačové učebně Fakulty stavební ČVUT v Praze. Pro modelaci jednotlivých učeben byl nejprve vytvořen v programu ArchiCad situační výkres s výškovým popisem okolní zástavby, do kterého byl zanesen i půdorys posuzované učebny. Podle vloženého výkresu byl v programu Světlo+[10], v modu „Obloha“, vytvořen model budovy školy s okolní zástavbou a konkrétní učebnou. U dané učebny byly vždy zadány konkrétní vstupní parametry charakterizující danou učebnu. Činitel denní osvětlenosti byl počítán ve výšce srovnávací roviny 0,85m nad podlahou učebny v pravidelné síti kontrolních bodů umístěných 1m od stěn. Města, ve kterých se nacházejí základní školy, jsou v nadmořské výšce do 600 m. n.

m, tudíž byl činitel denní osvětlenosti počítán při rovnoměrně zatažené obloze v zimě, při tmavém terénu. Dalším výstupem z programu byly izočáry o hodnotě 1,5% vymezující v učebnách prostor pro trvalý pobyt osob.

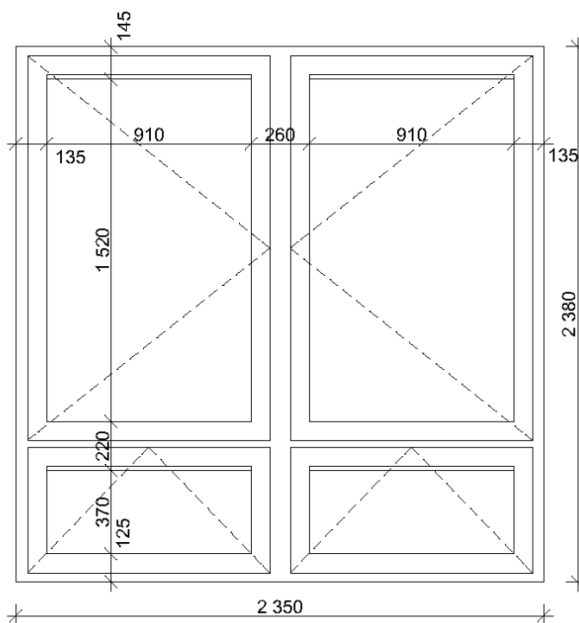
### 6.1.7 Rovnoměrnost denního osvětlení

Učebny byly posouzeny také z hlediska rovnoměrnosti denního osvětlení pomocí vztahu (4) uvedeného v kapitole 2.1.2. Hodnota rovnoměrnosti osvětlení vypočtená z minimálních a maximálních hodnot činitele denní osvětlenosti ve vymezeném prostoru byla porovnána s hodnotou požadovanou pro IV. třídu zrakové činnosti dle ČSN 73 0580-1 [1] jenž je  $U \geq 0,20$ .

## 6.2 Výpočet učebny 4. A na 1. ZŠ

### 6.2.1 Čistá plocha zasklení

Hodnota činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo byla vypočtena dle vztahu (9) a je uvedena v tabulce č. 18. Vstupní hodnoty pro výpočet čisté plochy zasklení byly vypočteny z rozměrů okna dané učebny zobrazeného na obrázku č. 53.



Obrázek 53: Pohled na okenní otvor učebny 4.A

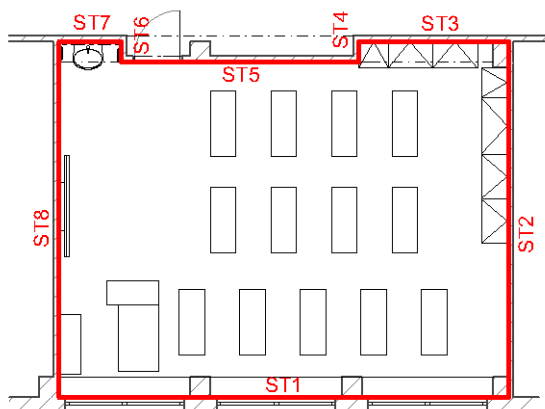
Tabulka 18: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

$A_s(m^2)$	$A_c(m^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
3,440	5,593	0,615



## 6.2.2 Činitel odrazu světla

V kapitole 4.4.1 byly získány hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy učebny. Dané plochy byly přiřazeny jednotlivým konstrukcím a následně z nich vypočítány pomocí vztahu (10) hodnoty průměrného činitele odrazu světla pro stěny, podlahu a strop, viz tabulka č. 19a a č. 19b. Poslední hodnota vypočtená opět dle vztahu (10) je průměrnou hodnotou činitele odrazu světla celé místnosti.



Obrázek 54: Označení stěn učebny 4.A

Tabulka 19a: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 4. A – 1. část

Konstrukce	Povrch	plocha $S_i$ [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Strop	malba strop	59,99	0,81	48,71
	$\rho_{\text{strop}} =$			<b>0,81</b>
Podlaha	PVC podlaha	43,23	0,26	11,30
	stůl-student	9,75	0,38	3,72
	stůl-učitel	1,05	0,67	0,71
	skříňky-hnědá barva	3,02	0,04	0,13
	skříňka za učitelem	0,52	0,36	0,19
	parapet-vrch	3,12	0,48	1,51
$\rho_{\text{podlaha}} =$			<b>0,29</b>	
Stěna 1	okno	10,32	0,10*	1,03
	okno rám	6,27	0,83**	5,20
	stěna bílá	6,57	0,81	5,33
	stěna do výšky 1380 mm	1,82	0,54	0,98
	parapet-bok	3,60	0,57	2,06
	$\rho_{\text{st1}} =$			<b>0,51</b>

Pozn. k tabulce: \*) činitel odrazu světla dle ČSN 73 0580-1 [1]

\*\*\*) činitel odrazu světla dle vzorníku CEMIX [9]

Tabulka 19b: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 4. A – 2. část

Konstrukce	Povrch	plocha Si [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Stěna 2	stěna bílá	0,74	0,81	0,60
	stěna žlutá	12,08	0,77	9,28
	stěna do výšky 1380 mm	6,96	0,54	3,74
	skříňky-hnědá barva	2,11	0,04	0,09
	skříňky-žlutá barva	0,61	0,28	0,17
$\rho_{\text{st2}} =$				<b>0,62</b>
Stěna 3	stěna žlutá	4,73	0,77	3,63
	skříňky-hnědá barva	2,47	0,04	0,11
	skříňky-žlutá barva	0,39	0,28	0,11
$\rho_{\text{st3}} =$				<b>0,51</b>
Stěna 4	stěna žlutá	0,50	0,77	0,38
	skříňky-hnědá barva	0,66	0,04	0,03
$\rho_{\text{st4}} =$				<b>0,35</b>
Stěna 5	stěna žlutá	6,98	0,77	5,36
	stěna do výšky 1380 mm	4,10	0,54	2,20
	nástěnka bílá	2,00	0,84	1,68
	dveře	2,01	0,58	1,16
$\rho_{\text{st5}} =$				<b>0,69</b>
Stěna 6	stěna nad umyvadlem	0,74	0,82	0,61
	obklad u umyvadla	0,54	0,29	0,15
$\rho_{\text{st6}} =$				<b>0,59</b>
Stěna 7	stěna nad umyvadlem	2,27	0,82	1,86
	obklad u umyvadla	1,65	0,29	0,47
$\rho_{\text{st7}} =$				<b>0,59</b>
Stěna 8	stěna žlutá	9,85	0,77	7,57
	stěna nad umyvadlem	1,01	0,82	0,83
	stěna do výšky 1380 mm	5,91	0,54	3,17
	obklad u umyvadla	0,81	0,29	0,23
	tabule	2,00	0,11	0,23
	tabule-stojan	1,04	0,38	0,40
	tabule malá	0,96	0,11	0,11
	skříňka za učitelem	1,32	0,36	0,48
$\rho_{\text{st8}} =$				<b>0,57</b>
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			$\rho_m =$	<b>0,56</b>

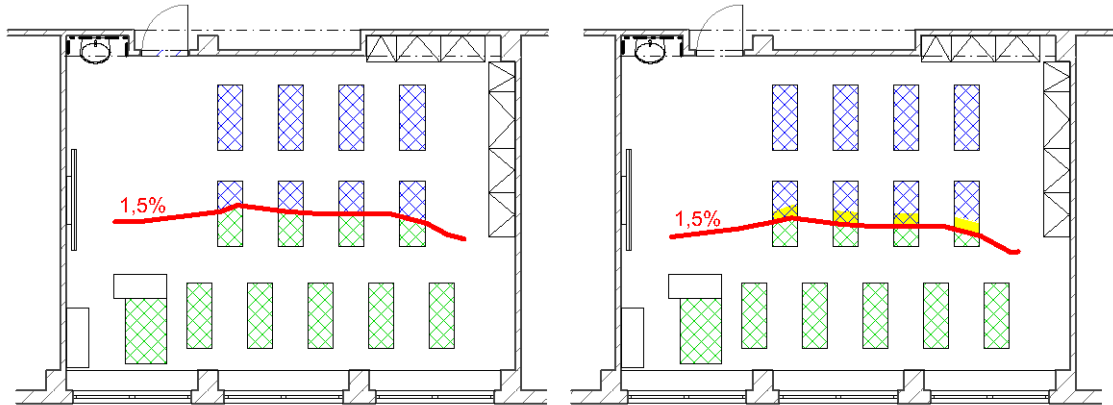
### 6.2.3 Činitel denní osvětlenosti

V následující tabulce č. 20 jsou uvedeny vstupní údaje zadané do programu Světlo+[10]. Vstupní údaje jsou vytvořeny ve dvou variantách. Ve variantě č. 1 jsou vstupní hodnoty pro činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí zadány z vypočtených hodnot získaných při měření, zatímco varianta č. 2 vychází

z normových hodnot činitele odrazu světla stěny, podlahy a stropu dle ČSN 73 0580 -1 [1]. Další použité vstupní parametry byly popsány v kapitole 5.1.

Tabulka 20: Vstupní hodnoty

Název	Označení	Varianta č.1	Varianta č.2
činitel odrazu světla stropu	$\rho_{strop}$	0,81	0,70
činitel odrazu světla podlahy	$\rho_{podlaha}$	0,29	0,30
činitel odrazu světla stěny 1	$\rho_{st1}$	0,51	0,50
činitel odrazu světla stěny 2	$\rho_{st2}$	0,62	0,50
činitel odrazu světla stěny 3	$\rho_{st3}$	0,51	0,50
činitel odrazu světla stěny 4	$\rho_{st4}$	0,35	0,50
činitel odrazu světla stěny 5	$\rho_{st5}$	0,69	0,50
činitel odrazu světla stěny 6	$\rho_{st6}$	0,59	0,50
činitel odrazu světla stěny 7	$\rho_{st7}$	0,59	0,50
činitel odrazu světla stěny 8	$\rho_{st8}$	0,57	0,50
činitel prostupu světla výplní	$\tau_s$	0,78	0,78
činitel poměru čisté plochy zasklení	$\tau_k$	0,62	0,62
činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,i}$	0,95	0,95
činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,e}$	0,90	0,90
činitel jasů stínících překážek	$k_y$	0,10	0,10



Obrázek 55: Varianta č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$

Obrázek 56: Varianta č. 2 – normové hodnoty  $\rho_m$

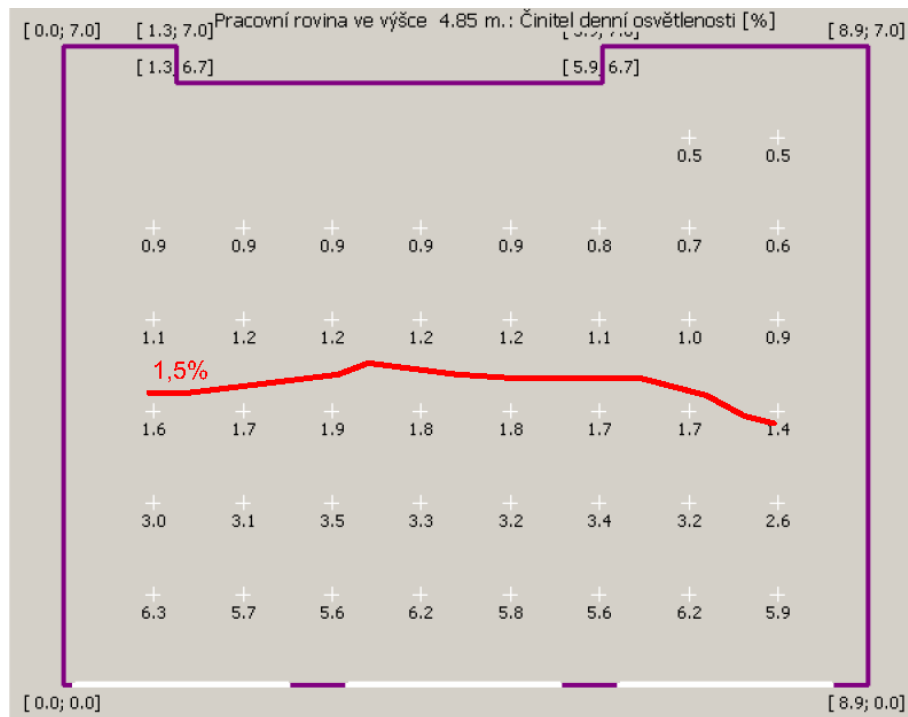
pozn. k obrázkům č 55 a 56 :červená čára znázorňuje izočáru 1,5%

Jak je vidět z výstupů výpočtu na obrázcích č. 55 a 56, ani v jedné variantě výpočtu učebna 4. A nespĺňuje požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{min}=1,5\%$  v celé své ploše. Pomocí izočáry o hodnotě 1,5% je vyznačen v učebně prostor určený k trvalému pobytu osob. Zelená brava značí lavice, které vyhovují minimálním požadavkům činitele denní osvětlenosti, zatímco modrá barva označuje lavice, které tyto požadavky nespĺňují. Na obrázků č. 57 je vidět, že pokud

při výpočtu použijeme normové hodnoty odrazu světla jednotlivých konstrukcí, prostor pro trvalý pobyt osob se nám **zmenší** o oblast znázorněnou v obrázku žlutou barvou.

## 6.2.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

### Varianta č. 1



Obrázek 57: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 1- měřené hodnoty  $p_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

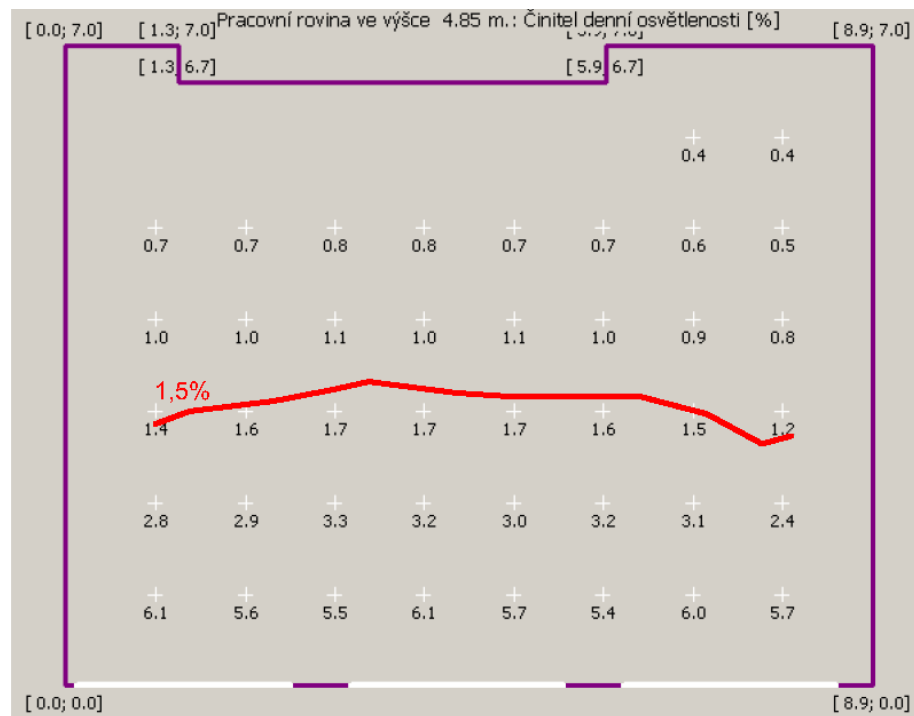
### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,3\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,079 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,3\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,238 > 0,2$

## Varianta č. 2



Obrázek 58: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 2- normové hodnoty  $\rho_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,4\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,1\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,065 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,1\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,245 > 0,2$

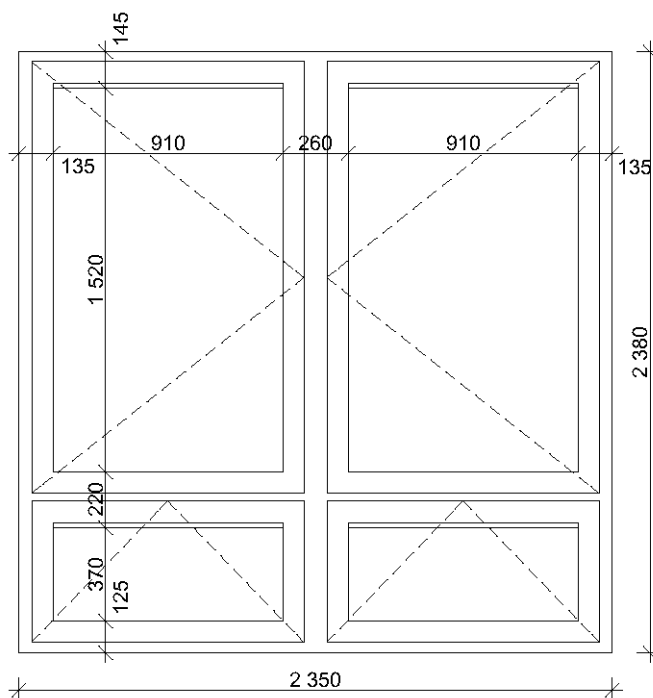
Jak je patrné z výpočtu rovnoměrnosti osvětlení  $U$  (-), vypočtené ze vztahu (4), ani při jedné variantě výpočtu nevyhoví učebna 4. A v celé své ploše na rovnoměrnost denního osvětlení. Pokud se však zaměříme pouze na prostor vymezený pro trvalý pobyt osob, tak v obou variantách tento prostor splňuje požadavek  $U \geq 0,2$  uváděný normou ČSN 73 0580-1 [1].

## 6.3 Výpočet učebny 4. B na 1. ZŠ

### 6.3.1 Činitel čisté plochy zasklení

### 6.3.2 Čistá plocha zasklení

Hodnota činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo byla vypočtena dle vztahu (9) a je uvedena v tabulce č. 21. Vstupní hodnoty pro výpočet čisté plochy zasklení byly vypočteny z rozměrů okna dané učebny zobrazeného na obrázku č. 59.



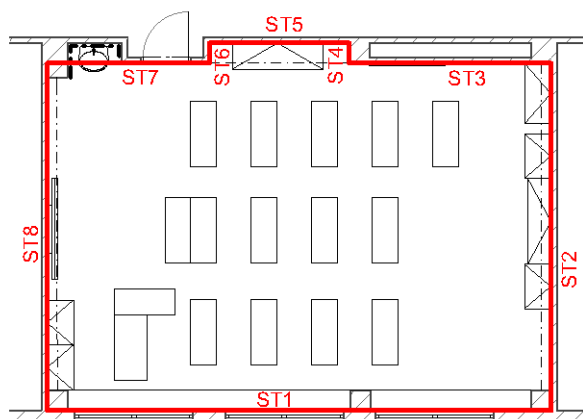
Obrázek 59: Pohled na okenní otvor učebny 4.B

Tabulka 21: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

$A_s(\text{m}^2)$	$A_c(\text{m}^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
3,440	5,593	0,615

### 6.3.3 Činitel odrazu světla

V kapitole 4.4.2 byly získány hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy učebny. Dané plochy byly přiřazeny jednotlivým konstrukcím a následně z nich vypočítány pomocí vztahu (10) hodnoty průměrného činitele odrazu světla pro stěny, podlahu a strop, viz tabulka č. 22a a č. 22b. Poslední hodnota vypočtená opět dle vztahu (10) je průměrnou hodnotou činitele odrazu světla celé místnosti.



Obrázek 60: Označení stěn učebny 4. B

Tabulka 22a: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 4. B – 1 část

Konstrukce	Povrch	plocha $S_i$ [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Strop	malba strop	69,50	0,90	62,67
	$\rho_{\text{strop}} =$			<b>0,90</b>
Podlaha	PVC podlaha	50,98	0,36	18,25
	stůl-student	9,10	0,44	4,03
	stůl-učitel	0,85	0,43	0,37
	hnědé skříňky	3,39	0,09	0,31
	skříňka se šuplíky	0,60	0,48	0,29
	parapet vrch	3,51	0,61	2,16
	$\rho_{\text{podlaha}} =$			<b>0,37</b>
Stěna 1	okno	10,32	0,10*	1,03
	okno rám	6,27	0,83**	1,88
	stěna oranžová	1,34	0,73	0,98
	stěna žlutá	0,67	0,83	0,55
	stěna do výšky 1 330 mm	3,02	0,51	1,55
	hnědé skříňky	0,60	0,09	0,06
	parapet bok	2,92	0,51	1,49
	$\rho_{\text{st1}} =$			<b>0,30</b>
Stěna 2	stěna bílá	2,71	0,90	2,44
	stěna žlutá	10,06	0,83	8,31
	stěna do výšky 1 330 mm	5,00	0,51	2,57
	hnědé skříňky	3,22	0,09	0,30
	skříňka se šuplíky	1,13	0,48	0,55
	$\rho_{\text{st2}} =$			<b>0,64</b>

Pozn. k tabulce: \*) činitel odrazu světla dle ČSN 73 0580-1 [1]

\*\*\*) činitel odrazu světla dle vzorníku CEMIX [9]



Tabulka 22b: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 4. B – 2. část

Konstrukce	Povrch	plocha S <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla		
			ρ <sub>změřené</sub> (-)	S <sub>i</sub> · ρ (-)	
Stěna 3	stěna bílá	1,20	0,90	1,08	
	stěna oranžová	5,39	0,73	3,93	
	stěna do výšky 1 330 mm	3,94	0,51	2,02	
	nástěnka bílá	1,50	0,81	1,22	
	hnědé skříňky	0,85	0,09	0,08	
ρ <sub>st3</sub> =				<b>0,65</b>	
Stěna 4	stěna bílá	0,12	0,90	0,11	
	stěna oranžová	0,65	0,73	0,47	
	stěna do výšky 133mm	0,52	0,51	0,27	
ρ <sub>st4</sub> =				<b>0,66</b>	
Stěna 5	stěna bílá	0,83	0,90	0,75	
	stěna oranžová	4,49	0,73	3,27	
	stěna do výšky 133mm	2,34	0,51	1,20	
	hnědé skříňky	1,26	0,09	0,12	
ρ <sub>st5</sub> =				<b>0,60</b>	
Stěna 6	stěna bílá	0,12	0,90	0,11	
	stěna oranžová	0,65	0,73	0,47	
	stěna do výšky 133mm	0,52	0,51	0,27	
ρ <sub>st6</sub> =				<b>0,66</b>	
Stěna 7	stěna bílá	0,84	0,90	0,76	
	stěna oranžová	3,85	0,73	2,81	
	stěna do výšky 1 330 mm	0,97	0,51	0,50	
	dveře	1,98	0,60	1,20	
	obklad u umyvadla	1,40	0,29	0,40	
ρ <sub>st7</sub> =				<b>0,63</b>	
Stěna 8	stěna bílá	2,18	0,90	1,97	
	stěna oranžová	10,19	0,73	7,43	
	stěna do výšky 1 330 mm	5,02	0,51	2,58	
	obklad u umyvadla	0,88	0,29	0,25	
	tabule	2,00	0,11	0,23	
	tabule stojan	1,04	0,38	0,40	
	hnědé skříňky	2,09	0,09	0,19	
ρ <sub>st8</sub> =				<b>0,56</b>	
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			ρ <sub>m</sub> =		<b>0,59</b>

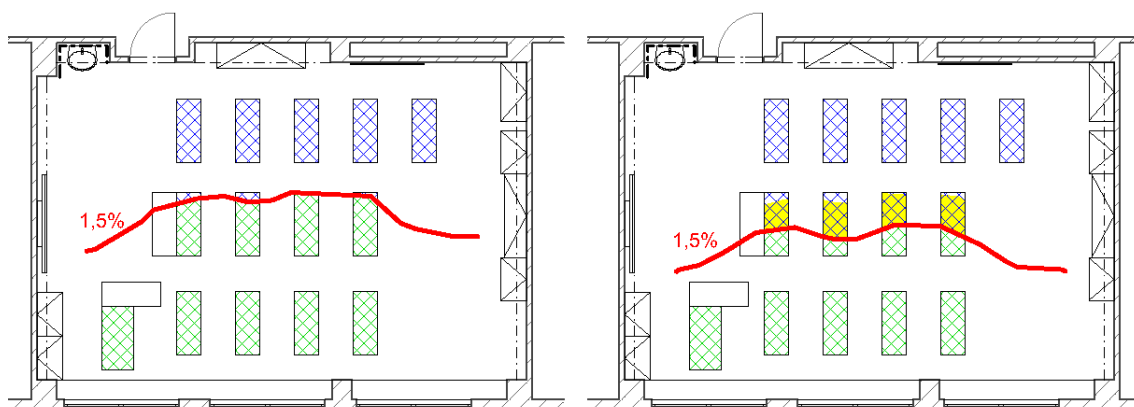
### 6.3.4 Činitel denní osvětlenosti

V následující tabulce č. 23 jsou uvedeny vstupní údaje zadané do programu Světlo+[10]. Vstupní údaje jsou vytvořeny ve dvou variantách. Ve variantě č. 1 jsou vstupní hodnoty pro činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí zadány z vypočtených hodnot získaných při měření, zatímco varianta č. 2 vychází

z normových hodnot činitele odrazu světla stěny, podlahy a stropu dle ČSN 73 0580 -1 [1]. Další použité vstupní parametry byly popsány v kapitole 5.1.

Tabulka 23: Vstupní hodnoty

Název	Označení	Varianta č.1	Varianta č.2
činitel odrazu světla stropu	$\rho_{\text{strop}}$	0,90	0,70
činitel odrazu světla podlahy	$\rho_{\text{podlaha}}$	0,37	0,30
činitel odrazu světla stěny 1	$\rho_{\text{st1}}$	0,30	0,50
činitel odrazu světla stěny 2	$\rho_{\text{st2}}$	0,64	0,50
činitel odrazu světla stěny 3	$\rho_{\text{st3}}$	3,93	0,50
činitel odrazu světla stěny 4	$\rho_{\text{st4}}$	0,66	0,50
činitel odrazu světla stěny 5	$\rho_{\text{st5}}$	0,60	0,50
činitel odrazu světla stěny 6	$\rho_{\text{st6}}$	0,66	0,50
činitel odrazu světla stěny 7	$\rho_{\text{st7}}$	0,63	0,50
činitel odrazu světla stěny 8	$\rho_{\text{st8}}$	0,56	0,50
činitel prostupu světla výplní	$\tau_s$	0,78	0,78
činitel poměru čisté plochy zasklení	$\tau_k$	0,62	0,62
činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,i}$	0,95	0,95
činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,e}$	0,90	0,90
činitel jasů stínících překážek	$k_v$	0,10	0,10



Obrázek 61: Varianta č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$       Obrázek 62: Varianta č. 2 – normové hodnoty  $\rho_m$

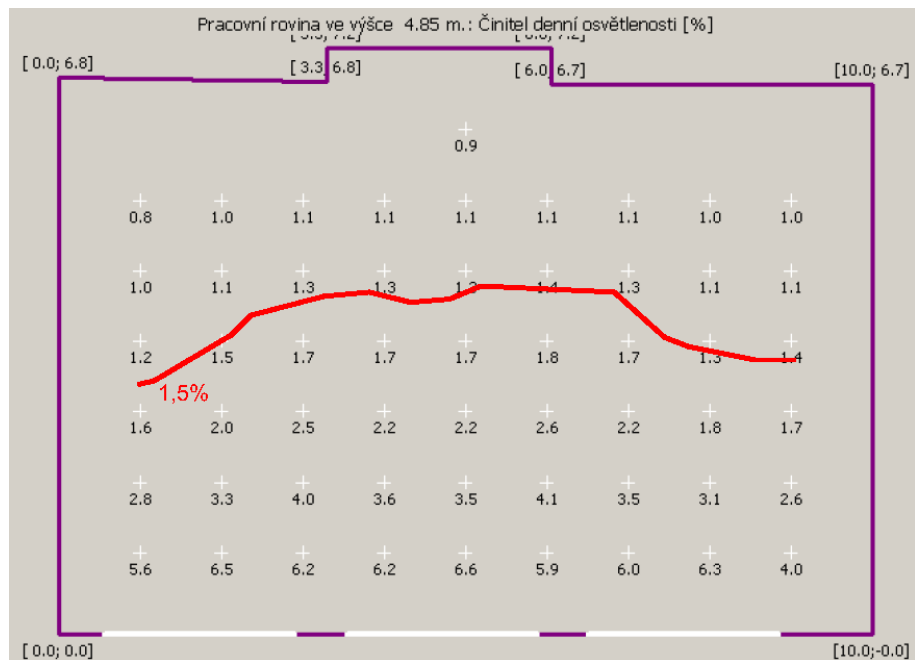
pozn. k obrázkům č 61 a 62 :červená čára znázorňuje izočáru 1,5%

Jak je vidět z výstupů výpočtu na obrázcích č. 61 a č. 62, ani v jedné variantě výpočtu učebna 4. B nespĺňuje požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\text{min}}=1,5\%$  v celé své ploše. Pomocí izočáry o hodnotě 1,5% je vyznačen v učebně prostor určený k trvalému pobytu osob. Zelená barva značí lavice, které

vyhovují minimálním požadavkům činitele denní osvětlenosti, zatímco červená barva označuje lavice, které tyto požadavky nesplňují. Na obrázku č. 62 je vidět, že pokud při výpočtu použijeme normové hodnoty odrazu světla jednotlivých konstrukcí, prostor pro trvalý pobyt osob se nám **zmenší** o oblast znázorněnou žlutou barvou.

### 6.3.5 Rovnoměrnost denního osvětlení

#### Varianta č. 1



**Obrázek 63:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 1- měřené hodnoty  $\rho_m$   
(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

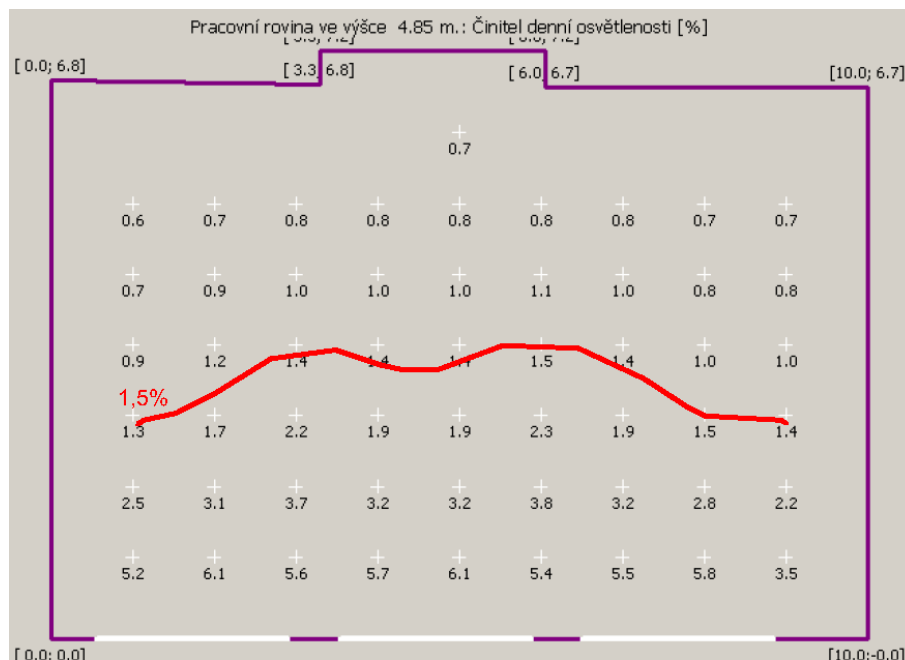
#### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,8\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,6\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,121 < 0,2$

#### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,6\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,227 > 0,2$

## Varianta č. 2



Obrázek 64: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 2- normové hodnoty  $\rho_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,6\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,1\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,098 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

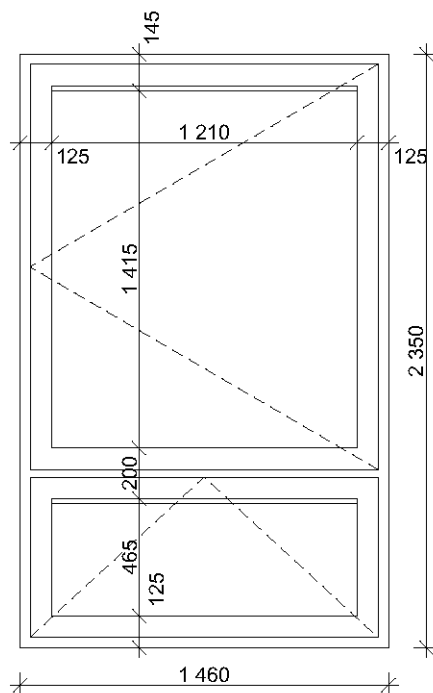
- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,1\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,245 > 0,2$

Jak je patrné z výpočtu rovnoměrnosti osvětlení  $U$  (-), vypočtené ze vztahu (4), ani při jedné variantě výpočtu nevyhoví učebna 4 B v celé své ploše na rovnoměrnost denního osvětlení. Pokud se však zaměříme pouze na prostor vymezený pro trvalý pobyt osob, pak v obou variantách tento prostor splňuje požadavek  $U \geq 0,2$  uváděný normou ČSN 73 0580-1 [1].

## 6.4 Výpočet učebny 7. A na 1. ZŠ

### 6.4.1 Čistá plocha zasklení

Hodnota činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo byla vypočtena dle vztahu (9) a je uvedena v tabulce č. 24. Vstupní hodnoty pro výpočet čisté plochy zasklení byly vypočteny z rozměrů okna dané učebny zobrazeného na obrázku č. 65.



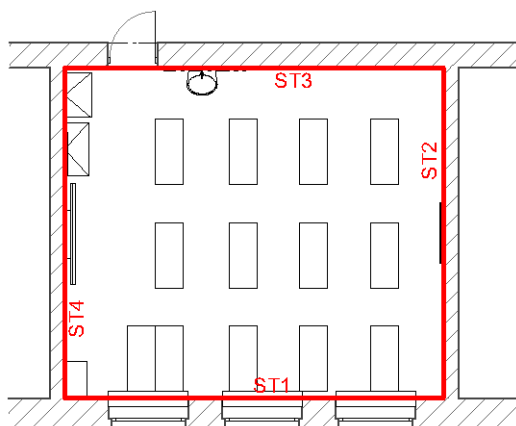
Obrázek 65: Pohled na okenní otvor učebny 7.A

Tabulka 24: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

$A_s(\text{m}^2)$	$A_c(\text{m}^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
2,275	3,431	0,663

### 6.4.2 Činitel odrazu světla

V kapitole 4.4.3 byly získány hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy učebny. Dané plochy byly přiřazeny jednotlivým konstrukcím a následně z nich vypočítány pomocí vztahu (10) hodnoty průměrného činitele odrazu světla pro stěny, podlahu a strop, viz tabulka č. 25 a č. 26. Poslední hodnota vypočtená opět dle vztahu (10) je průměrnou hodnotou činitele odrazu světla celé místnosti.



Obrázek 66: Označení stěn učebny 7. A

Tabulka 25: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 7. A – 1. část

Konstrukce	Povrch	plocha $S_i$ [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Strop	malba strop	48,98	0,81	39,77
	$\rho_{\text{strop}} =$			<b>0,81</b>
Podlaha	PVC podlaha	37,53	0,31	11,79
	stůl-student	8,64	0,33	2,84
	stůl-učitel	0,72	0,43	0,31
	skříňky béžové	0,46	0,47	0,22
	skříňka se šuplíky	0,51	0,33	0,17
	parapet	1,32	0,04	0,05
	$\rho_{\text{podlaha}} =$			<b>0,31</b>
Stěna 1	okno	6,81	0,10*	0,68
	okno rám	3,48	0,83**	2,89
	stěna oranžová	10,29	0,61	6,23
	stěna do výšky 1300 mm	3,90	0,51	2,01
	parapet	1,80	0,04	0,07
	$\rho_{\text{st1}} =$			<b>0,45</b>
Stěna 2	stěna oranžová	16,03	0,61	9,71
	stěna do výšky 1300 mm	8,39	0,51	4,32
	nástěnka bílá	1,08	0,69	0,74
	$\rho_{\text{st2}} =$			<b>0,58</b>
Stěna 3	stěna oranžová	18,36	0,61	11,12
	stěna do výšky 1300 mm	6,39	0,51	3,29
	obklad u umyvadla	2,56	0,59	1,51
	dveře	1,90	0,70	1,33
	$\rho_{\text{st3}} =$			<b>0,59</b>

Pozn. k tabulce: \*) činitel odrazu světla dle ČSN 73 0580-1 [1]

\*\*) činitel odrazu světla dle vzorníku CEMIX [9]

Tabulka 26:: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 7. A – 2. část

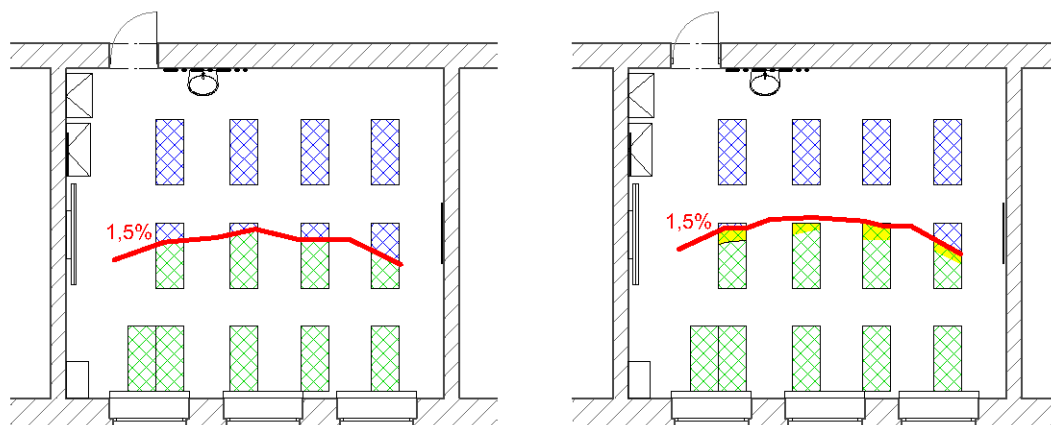
Konstrukce	Povrch	plocha S <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			ρ <sub>změřené</sub> (-)	S <sub>i</sub> · ρ (-)
Stěna 4	stěna oranžová	14,66	0,61	8,88
	stěna do výšky 1300 mm	4,85	0,51	2,50
	tabule	2,00	0,11	0,22
	tabule stojan	1,04	0,40	0,42
	tabule malá	0,75	0,10	0,08
	skříňky béžové	0,99	0,47	0,47
	skříňka se šuplíky	0,80	0,33	0,26
			ρ <sub>st4</sub> =	0,51
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			ρ <sub>m</sub> =	0,55

### 6.4.3 Činitel denní osvětlenosti

V následující tabulce č. 27 jsou uvedeny vstupní údaje zadané do programu Světlo+[10]. Vstupní údaje jsou vytvořeny ve dvou variantách. Ve variantě č. 1 jsou vstupní hodnoty pro činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí zadány z vypočtených hodnot získaných při měření, zatímco varianta č. 2 vychází z normových hodnot činitele odrazu světla stěn, podlahy a stropu dle ČSN 73 0580 -1 [1]. Další použité vstupní parametry byly popsány v kapitole 5.1.

Tabulka 27: Vstupní hodnoty

Název	Označení	Varianta č.1	Varianta č.2
činitel odrazu světla stropu	ρ <sub>strop</sub>	0,81	0,70
činitel odrazu světla podlahy	ρ <sub>podlaha</sub>	0,31	0,30
činitel odrazu světla stěny 1	ρ <sub>st1</sub>	0,45	0,50
činitel odrazu světla stěny 2	ρ <sub>st2</sub>	0,58	0,50
činitel odrazu světla stěny 3	ρ <sub>st3</sub>	0,59	0,50
činitel odrazu světla stěny 4	ρ <sub>st4</sub>	0,51	0,50
činitel prostupu světla výplní	τ <sub>s</sub>	0,78	0,78
činitel poměru čisté plochy zasklení	τ <sub>k</sub>	0,66	0,66
činitel znečištění na vnější straně	τ <sub>z,i</sub>	0,95	0,95
činitel znečištění na vnitřní straně	τ <sub>z,e</sub>	0,90	0,90
činitel jasů stínících překážek	k <sub>y</sub>	0,10	0,10



**Obrázek 67:** Varianta č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$

**Obrázek 68:** Varianta č. 2 – normové hodnoty  $\rho_m$

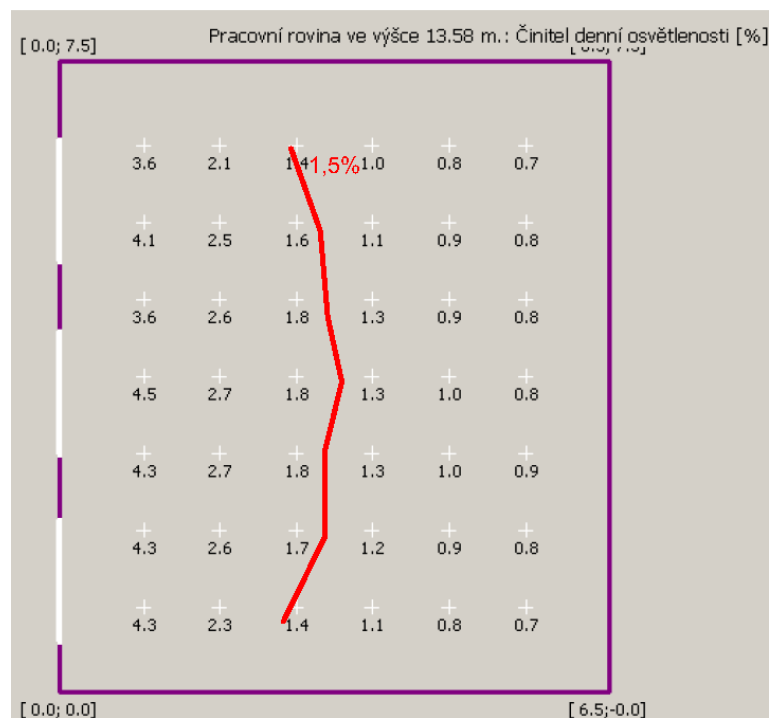
pozn. k obrázkům č 67 a 68 :červená čára znázorňuje izočáru 1,5%

Jak je vidět z výstupů výpočtu na obrázcích č. 67 a č. 68 ani v jedné variantě výpočtu učebna 7.A nesplňuje požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$  v celé své ploše. Pomocí izočáry o hodnotě 1,5% je vyznačen v učebně prostor určený k trvalému pobytu osob. Zelená brava značí lavice, které vyhovují minimálním požadavkům činitele denní osvětlenosti, zatímco modrá barva označuje lavice, které tyto požadavky nesplňují. Na obrázku č. 68 je vidět, že pokud při výpočtu použijeme normové hodnoty odrazu světla jednotlivých konstrukcí, prostor pro trvalý pobyt osob se nám **zvětší** o oblast znázorněnou žlutou barvou. Učebna 7.A je jedinou učebnou, ve které druhá varianta, tedy varianta s činiteli odrazu světla převzatými z normy vychází lépe, než varianta s naměřenými činiteli odrazu světla.



## 6.4.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

### Varianta č. 1



Obrázek 69: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

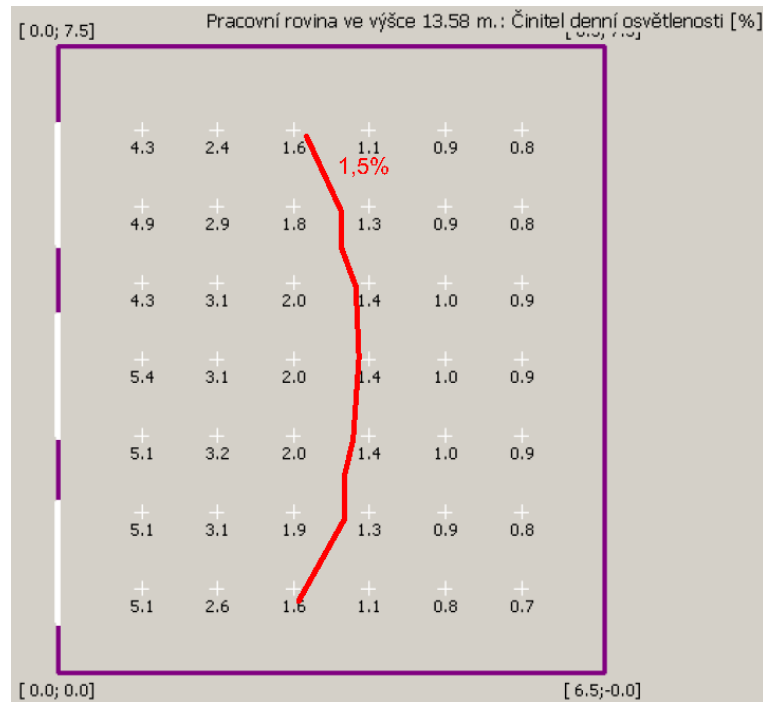
#### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,7\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=4,5\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,156 < 0,2$

#### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=4,5\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,334 > 0,2$

## Varianta č. 2



Obrázek 70: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 2- normové hodnoty  $\rho_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,7\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=5,4\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,130 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

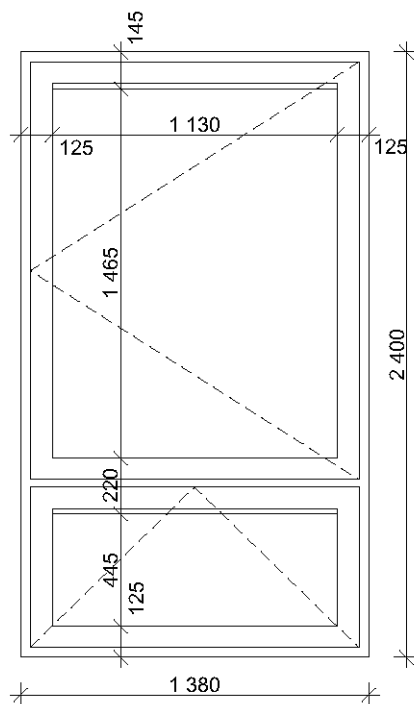
- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=5,4\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,278 > 0,2$

Jak je patrné z výpočtu rovnoměrnosti osvětlení  $U$  (-), vypočtené ze vztahu (4), ani při jedné variantě výpočtu nevyhoví učebna 7. A v celé své ploše na rovnoměrnost denního osvětlení. Pokud se však zaměříme pouze na prostor vymezený pro trvalý pobyt osob, pak v obou variantách tento prostor splňuje požadavek  $U \geq 0,2$  uváděný normou ČSN 73 0580-1 [1].

## 6.5 Výpočet učebny 8. B na 1.ZŠ

### 6.5.1 Čistá plocha zasklení

Hodnota činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo byla vypočtena dle vztahu (9) a je uvedena v tabulce č. 28. Vstupní hodnoty pro výpočet čisté plochy zasklení byly vypočteny z rozměrů okna dané učebny zobrazeného na obrázku č. 71.



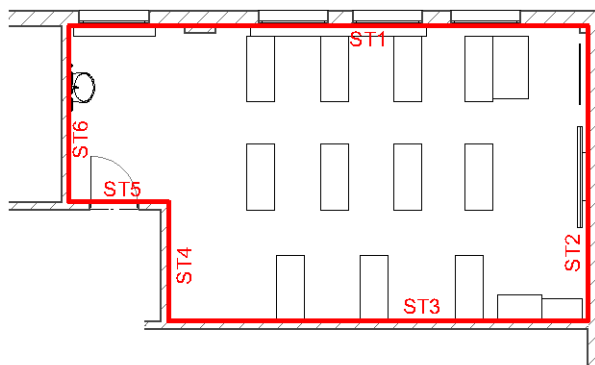
Obrázek 71: Pohled na okenní otvor učebny 8.B

Tabulka 28: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

$A_s(\text{m}^2)$	$A_c(\text{m}^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
2,158	3,312	0,652

### 6.5.2 Činitel odrazu světla

V kapitole 4.4.4 byly získány hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy učebny. Dané plochy byly přiřazeny jednotlivým konstrukcím a následně z nich vypočítány pomocí vztahu (10) hodnoty průměrného činitele odrazu světla pro stěny, podlahu a strop, viz tabulka č. 29a a 29b. Poslední hodnota vypočtená opět dle vztahu (10) je průměrnou hodnotou činitele odrazu světla celé místnosti.



Obrázek 72: Označení stěn učebny 8. B

Tabulka 29a: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 8. B – 1.část

Konstrukce	Povrch	plocha $S_i$ [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Strop	malba strop	55,32	0,86	47,58
	$\rho_{\text{strop}} =$			<b>0,86</b>
Podlaha	PVC podlaha	23,86	0,32	7,64
	PVC podlaha 2	20,83	0,31	6,42
	stůl-student	4,32	0,40	1,75
	stůl-student	3,60	0,28	1,01
	stůl-učitel	0,88	0,34	0,30
	parapet	1,02	0,35	0,36
	hnědé skříňky	0,82	0,13	0,11
	$\rho_{\text{podlaha}} =$			<b>0,32</b>
Stěna 1	okno	8,64	0,10*	0,86
	okno rám	3,45	0,83**	2,86
	stěna bílá	10,10	0,86	8,70
	stěna do výšky 1 600 mm	8,31	0,51	4,20
	parapet	2,04	0,35	0,72
	$\rho_{\text{st1}} =$			<b>0,53</b>
Stěna 2	stěna bílá	9,59	0,86	8,26
	stěna do výšky 1 600 mm	6,63	0,51	3,35
	tabule	2,00	0,11	0,23
	tabule stojan	1,04	0,38	0,40
	tabule malá	1,04	0,09	0,10
	$\rho_{\text{st2}} =$			<b>0,61</b>

Pozn. k tabulce: \*) činitel odrazu světla dle ČSN 73 0580-1 [1]

\*\*\*) činitel odrazu světla dle vzorníku CEMIX [9]

Tabulka 29b: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 8. B – 2. část

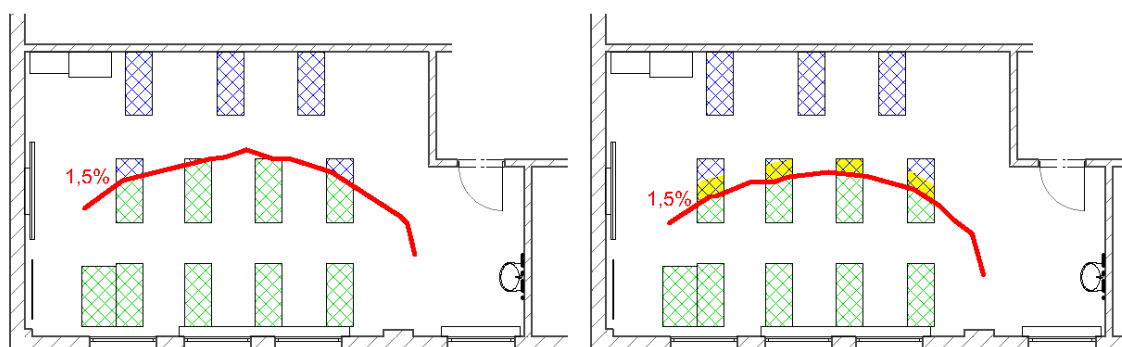
Konstrukce	Povrch	plocha S <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			ρ <sub>změřené</sub> (-)	S <sub>i</sub> · ρ (-)
Stěna 3	stěna bílá	15,48	0,86	13,33
	stěna do výšky 1 600 mm	11,11	0,51	5,62
	hnědé skříňky	1,32	0,13	0,18
	závěs oranžový	0,65	0,26	0,17
			ρ <sub>st3</sub> = 0,68	
Stěna 4	stěna bílá	4,41	0,86	3,80
	stěna do výšky 1 600 mm	3,78	0,51	1,91
			ρ <sub>st4</sub> = 0,70	
Stěna 5	stěna bílá	2,14	0,86	1,84
	stěna do výšky 1 600 mm	1,52	0,51	0,77
	dveře	2,06	0,61	1,26
	luxfery	1,12	0,35	0,39
			ρ <sub>st5</sub> = 0,62	
Stěna 6	stěna bílá	6,53	0,86	5,62
	stěna do výšky 1 600 mm	4,37	0,51	2,21
	obklad u umyvadla	1,22	0,26	0,31
			ρ <sub>st6</sub> = 0,67	
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			ρ <sub>m</sub> = 0,60	

### 6.5.3 Činitel denní osvětlenosti

V následující tabulce č. 30 jsou uvedeny vstupní údaje zadané do programu Světlo+[10]. Vstupní údaje jsou vytvořeny ve dvou variantách. Ve variantě č. 1 jsou vstupní hodnoty pro činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí zadány z vypočtených hodnot získaných při měření, zatímco varianta č. 2 vychází z normových hodnot činitele odrazu světla stěn, podlahy a stropu dle ČSN 73 0580 -1 [1]. Další použité vstupní parametry byly popsány v kapitole 5.1.

Tabulka 30: Vstupní hodnoty

Název	Označení	Varianta č.1	Varianta č.2
činitel odrazu světla stropu	$\rho_{\text{strop}}$	0,86	0,70
činitel odrazu světla podlahy	$\rho_{\text{podlaha}}$	0,32	0,30
činitel odrazu světla stěny 1	$\rho_{\text{st1}}$	0,53	0,50
činitel odrazu světla stěny 2	$\rho_{\text{st2}}$	0,61	0,50
činitel odrazu světla stěny 3	$\rho_{\text{st3}}$	0,68	0,50
činitel odrazu světla stěny 4	$\rho_{\text{st4}}$	0,70	0,50
činitel odrazu světla stěny 5	$\rho_{\text{st5}}$	0,62	0,50
činitel odrazu světla stěny 6	$\rho_{\text{st6}}$	0,67	0,50
činitel prostupu světla výplní	$\tau_s$	0,78	0,78
činitel poměru čisté plochy zasklení	$\tau_k$	0,65	0,65
činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,i}$	0,95	0,95
činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,e}$	0,90	0,90
činitel jasů stínících překážek	$k_y$	0,10	0,10



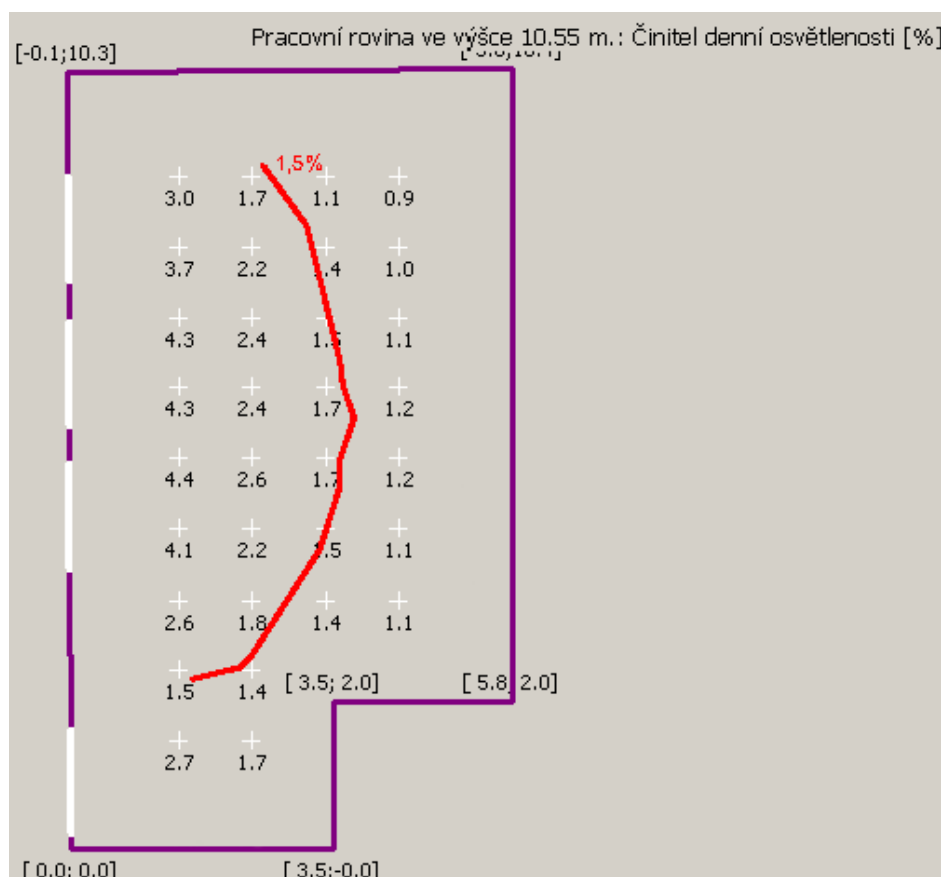
Obrázek 73: Varianta č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$       Obrázek 74: Varianta č. 2 – normové hodnoty  $\rho_m$

pozn. k obrázkům č 73 a 74 :červená čára znázorňuje izočáru 1,5%

Jak je vidět z výstupů výpočtu na obrázcích č. 73 a 74, ani v jedné variantě výpočtu učebna 8. B nespĺňuje požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$  v celé své ploše. Pomocí izočáry o hodnotě 1,5% je vyznačen v učebně prostor určený k trvalému pobytu osob. Zelená barva značí lavice, které vyhovují minimálním požadavkům činitele denní osvětlenosti, zatímco modrá barva označuje lavice, které tyto požadavky nespĺňují. Na obrázku č. 74 je vidět, že pokud při výpočtu použijeme normové hodnoty odrazu světla jednotlivých konstrukcí, prostor pro trvalý pobyt osob se nám **zmenší** o oblast znázorněnou žlutou barvou.

## 6.5.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

### Varianta č. 1



Obrázek 75: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 1 - měřené hodnoty  $p_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

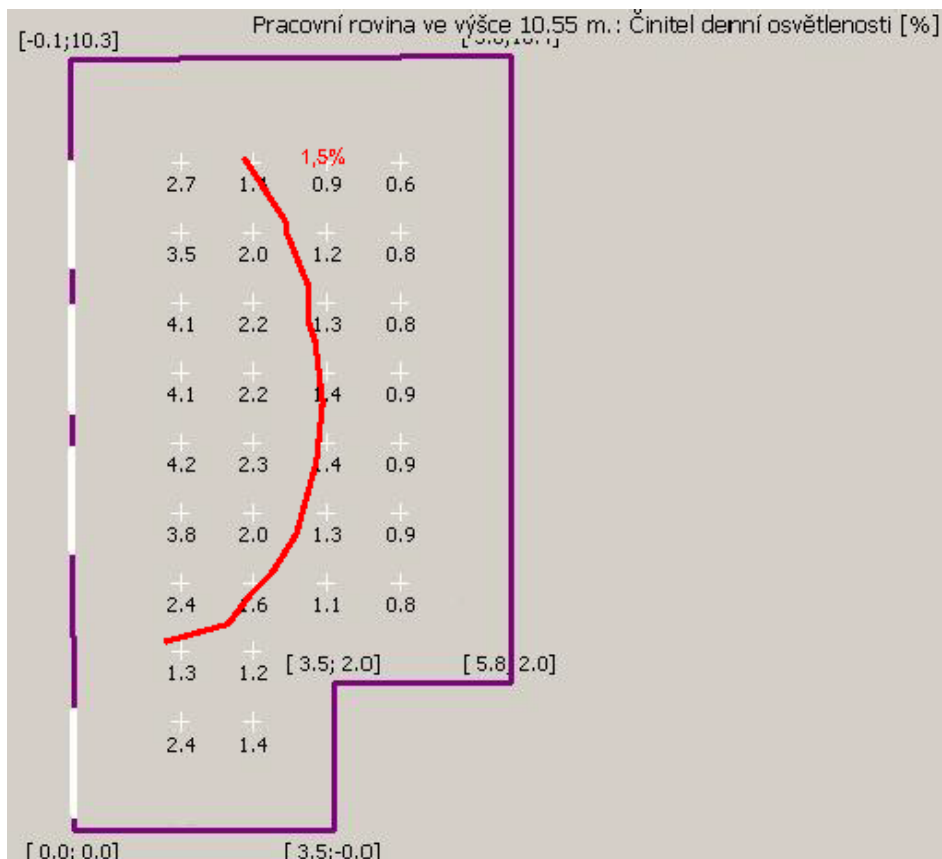
### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,9\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=4,4\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,204 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=4,4\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,341 > 0,2$

## Varianta č. 2



Obrázek 76: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 2- normové hodnoty  $p_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,6\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=4,2\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,143 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=4,2\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,357 > 0,2$

Jak je patrné z výpočtu rovnoměrnosti osvětlení  $U$  (-), vypočtené ze vztahu (4), při první variantě výpočtu vyhoví učebna 8. B v celé své ploše na rovnoměrnost denního osvětlení, tedy splňuje požadavek  $U \geq 0,2$  uváděný

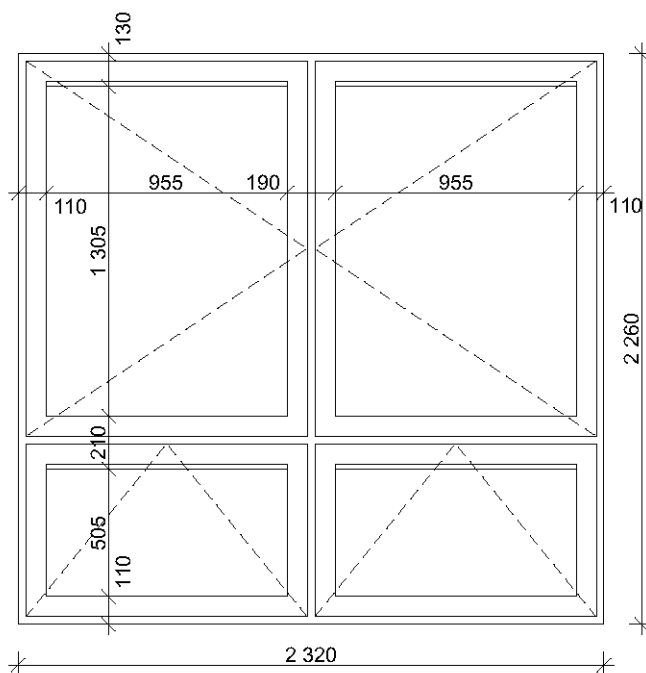


normou [1]. Ve druhé variantě, tedy ve variantě s použitím normových činitelů odrazu světla jednotlivých konstrukcí nevyhoví učebna na rovnoměrnost osvětlení v celé své ploše. Pokud se však v druhé variantě zaměříme, pouze na prostor vymezený pro trvalý pobyt osob, pak tento prostor splňuje požadavek  $U \geq 0,2$  uváděný normou ČSN 73 0580-1 [1].

## 6.6 Výpočet učebny 4.A na 2.ZŠ

### 6.6.1 Čistá plocha zasklení

Hodnota činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo byla vypočtena dle vztahu (9) a je uvedena v tabulce č. 31. Vstupní hodnoty pro výpočet čisté plochy zasklení byly vypočteny z rozměrů okna dané učebny zobrazeného na obrázku č. 77.



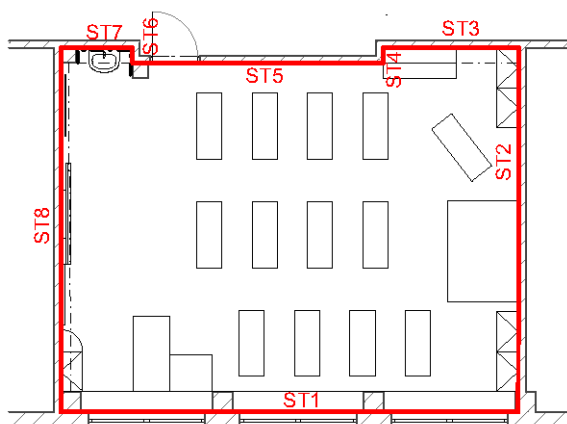
Obrázek 77: Pohled na okenní otvor učebny 4. A

Tabulka 31: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

$A_s(m^2)$	$A_c(m^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
3,457	5,243	0,659

## 6.6.2 Činitel odrazu světla

V kapitole 4.4.5 byly získány hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy učebny. Dané plochy byly přiřazeny jednotlivým konstrukcím a následně z nich vypočítány pomocí vztahu (10) hodnoty průměrného činitele odrazu světla pro stěny, podlahu a strop, viz tabulka č. 32a a č. 33b. Poslední hodnota vypočtená opět dle vztahu (10) je průměrnou hodnotou činitele odrazu světla celé místnosti.



Obrázek 78: Označení stěn učebny 4. A

Tabulka 32a: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 4. A – 1. část

Konstrukce	Povrch	plocha $S_i$ [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Strop	malba strop	63,11	0,86	54,35
	$\rho_{\text{strop}} =$			<b>0,86</b>
Podlaha	PVC podlaha	44,27	0,41	18,24
	koberec	2,80	0,12	0,34
	stůl-student	5,20	0,33	1,74
	stůl-student tmavý	3,25	0,21	0,68
	stůl-učitel	1,67	0,09	0,15
	hnědé skříňky	1,85	0,09	0,16
	klavír	0,87	0,09	0,08
	parapet	3,12	0,44	1,36
$\rho_{\text{podlaha}} =$			<b>0,36</b>	
Stěna 1	okno	10,35	0,22	2,28
	okno rám	5,37	0,83*	4,46
	stěna-žlutá	3,39	0,77	2,63
	stěna -bílá	10,19	0,86	8,78
$\rho_{\text{st1}} =$			<b>0,62</b>	

Pozn. k tabulce: \*) činitel odrazu světla dle vzorníku CEMIX [9]

Tabulka 32b: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 4. A – 2 část

Konstrukce	Povrch	plocha Si [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Stěna 2	stěna-žlutá	14,14	0,77	10,95
	stěna -bílá	2,88	0,86	2,48
	hnědé skříňky	6,18	0,09	0,55
	$\rho_{\text{st2}} =$			<b>0,60</b>
Stěna 3	stěna -bílá	5,76	0,86	4,96
	hnědé skříňky	0,84	0,09	0,07
	klavír	2,07	0,09	0,19
	$\rho_{\text{st3}} =$			<b>0,60</b>
Stěna 4	stěna -bílá	0,56	0,86	0,48
	klavír	0,41	0,09	0,04
	$\rho_{\text{st4}} =$			<b>0,53</b>
Stěna 5	stěna-žlutá	12,13	0,77	9,40
	stěna -bílá	1,99	0,86	1,71
	dveře	1,92	0,69	1,33
	$\rho_{\text{st5}} =$			<b>0,78</b>
Stěna 6	stěna -bílá	0,45	0,86	0,39
	obklad u umyvadla	0,52	0,60	0,31
	$\rho_{\text{st6}} =$			<b>0,72</b>
Stěna 7	stěna -bílá	2,91	0,86	2,51
	obklad u umyvadla	1,68	0,60	1,00
	$\rho_{\text{st7}} =$			<b>0,76</b>
Stěna 8	stěna -bílá	14,99	0,86	12,91
	obklad u umyvadla	0,45	0,60	0,27
	tabule	2,00	0,12	0,24
	tabule noha	1,04	0,43	0,45
	tabule malá	1,05	0,05	0,06
	tabule malá černá	1,03	0,05	0,06
	hnědé skříňky	2,70	0,09	0,24
$\rho_{\text{st8}} =$			<b>0,61</b>	
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			$\rho_m =$	<b>0,63</b>

### 6.6.3 Činitel denní osvětlenosti

V následující tabulce č. 33 jsou uvedeny vstupní údaje zadané do programu Světlo+[10]. Vstupní údaje jsou vytvořeny ve dvou variantách. Ve variantě č. 1 jsou vstupní hodnoty pro činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí zadány z vypočtených hodnot získaných při měření, zatímco varianta č. 2 vychází z normových hodnot činitele odrazu světla stěn, podlahy a stropu dle ČSN 73 0580 -1 [1]. Další použité vstupní parametry byly popsány v kapitole 5.1.

Tabulka 33: Vstupní hodnoty

Název	Označení	Varianta č.1	Varianta č.2
činitel odrazu světla stropu	$\rho_{\text{strop}}$	0,86	0,70
činitel odrazu světla podlahy	$\rho_{\text{podlaha}}$	0,36	0,30
činitel odrazu světla stěny 1	$\rho_{\text{st1}}$	0,62	0,50
činitel odrazu světla stěny 2	$\rho_{\text{st2}}$	0,60	0,50
činitel odrazu světla stěny 3	$\rho_{\text{st3}}$	0,60	0,50
činitel odrazu světla stěny 4	$\rho_{\text{st4}}$	0,53	0,50
činitel odrazu světla stěny 5	$\rho_{\text{st5}}$	0,78	0,50
činitel odrazu světla stěny 6	$\rho_{\text{st6}}$	0,72	0,50
činitel odrazu světla stěny 7	$\rho_{\text{st7}}$	0,76	0,50
činitel odrazu světla stěny 8	$\rho_{\text{st8}}$	0,61	0,50
činitel prostupu světla výplní	$\tau_s$	0,66	0,66
činitel poměru čisté plochy zasklení	$\tau_k$	0,66	0,66
činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,i}$	0,95	0,95
činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,e}$	0,90	0,90
činitel jasů stínících překážek	$k_y$	0,10	0,10



Obrázek 79: Varianta č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$

Obrázek 80: Varianta č. 2 - normové hodnoty  $\rho_m$

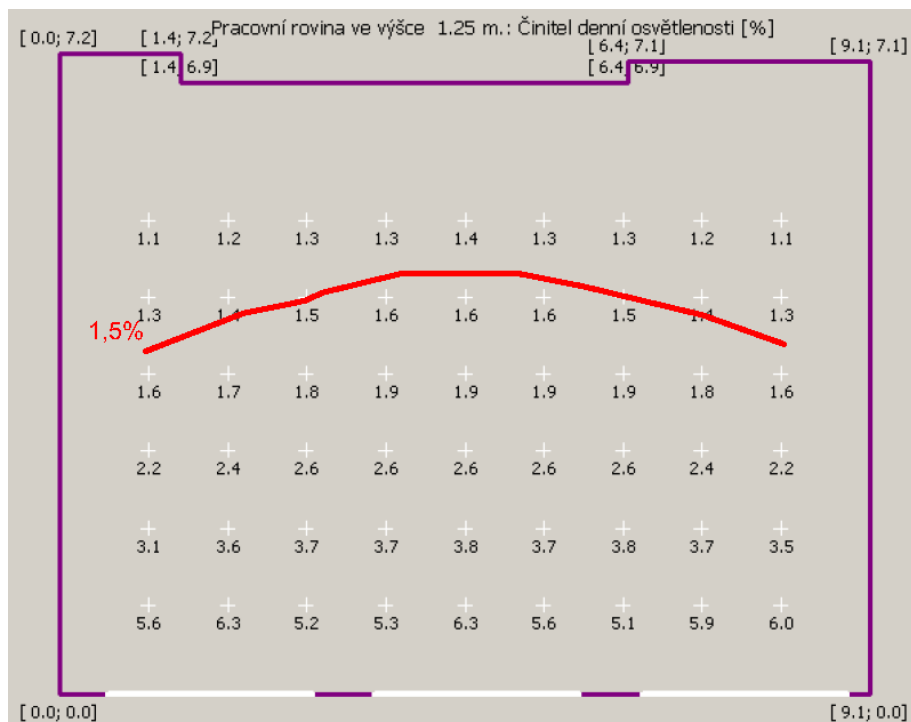
pozn. k obrázkům č 80 a 81 :červená čára znázorňuje izočáru 1,5%

Jak je vidět z výstupů výpočtu na obrázcích č. 79 a 80, ani v jedné variantě výpočtu učebna 4. A nespĺňuje požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\text{min}}=1,5\%$  v celé své ploše. Pomocí izočáry o hodnotě 1,5% je vyznačen v učebně prostor určený k trvalému pobytu osob. Zelená barva značí lavice, které vyhovují minimálním požadavkům činitele denní osvětlenosti, zatímco modrá barva označuje lavice, které tyto požadavky nespĺňují. Na obrázku č. 80 je vidět, že pokud

při výpočtu použijeme normové hodnoty odrazu světla jednotlivých konstrukcí, prostor pro trvalý pobyt osob se nám **zmenší** o oblast znázorněnou žlutou barvou.

## 6.6.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

### Varianta č. 1



Obrázek 81: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 1- měřené hodnoty  $p_m$   
(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

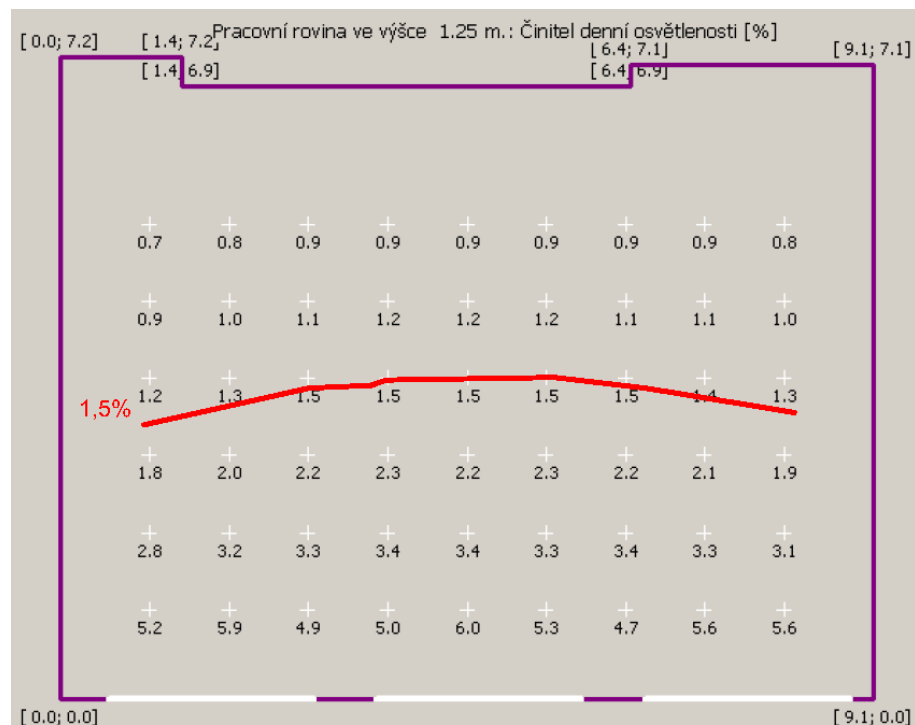
### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,1\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,3\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,175 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,3\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,238 > 0,2$

## Varianta č. 2



Obrázek 82: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 2- normové hodnoty  $\rho_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,7\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,0\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,117 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

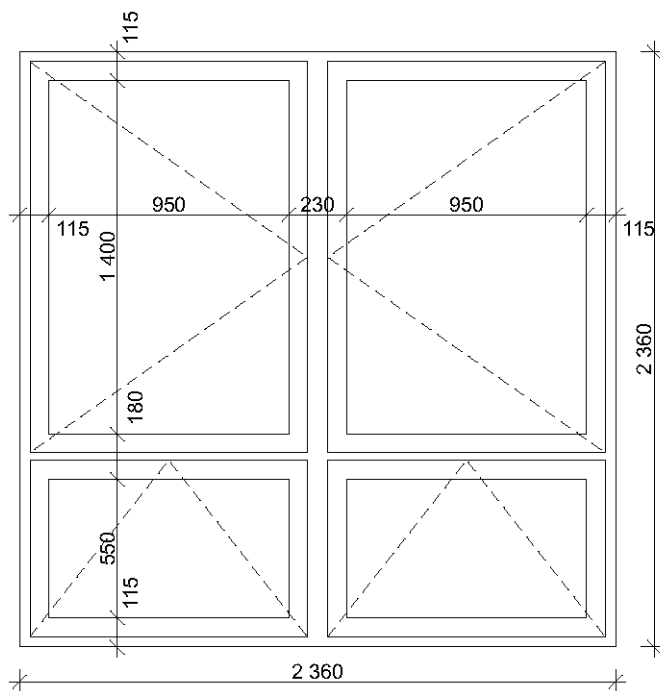
- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,0\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,250 > 0,2$

Jak je patrné z výpočtu rovnoměrnosti osvětlení  $U$  (-), vypočtené ze vztahu (4), ani při jedné variantě výpočtu nevyhoví učebna 4. A v celé své ploše na rovnoměrnost denního osvětlení. Pokud se však zaměříme pouze na prostor vymezený pro trvalý pobyt osob, pak v obou variantách tento prostor splňuje požadavek  $U \geq 0,2$  uváděný normou ČSN 73 0580-1 [1].

## 6.7 Výpočet učebny 5. B na 2. ZŠ

### 6.7.1 Čistá plocha zasklení

Hodnota činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo byla vypočtena dle vztahu (9) a je uvedena v tabulce č. 34. Vstupní hodnoty pro výpočet čisté plochy zasklení byly vypočteny z rozměrů okna dané učebny zobrazeného na obrázku č. 83.



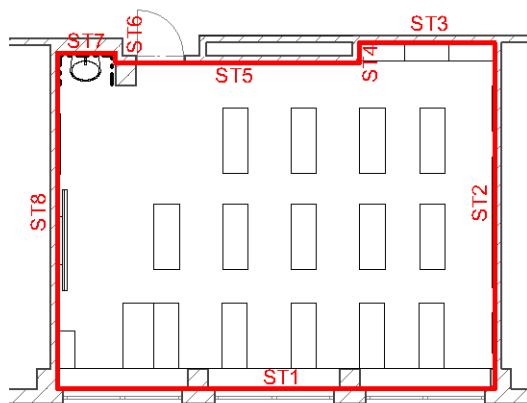
Obrázek 83: Pohled na okenní otvor učebny 5. B

Tabulka 34: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

$A_s(\text{m}^2)$	$A_c(\text{m}^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
3,705	5,570	0,665

### 6.7.2 Činitel odrazu světla

V kapitole 4.4.6 byly získány hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy učebny. Dané plochy byly přiřazeny jednotlivým konstrukcím a následně z nich vypočítány pomocí vztahu (10) hodnoty průměrného činitele odrazu světla pro stěny, podlahu a strop, viz tabulka č. 35a a č. 35b. Poslední hodnota vypočtená opět dle vztahu (10) je průměrnou hodnotou činitele odrazu světla celé místnosti.



Obrázek 84: Označení stěn učebny 5. B

Tabulka 35a: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 5. B – 1. část

Konstrukce	Povrch	plocha $S_i$ [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Strop	malba strop	56,70	0,89	50,46
	$\rho_{\text{strop}} =$			<b>0,89</b>
Podlaha	PVC podlaha	42,46	0,12	4,98
	stůl-student	9,10	0,22	2,04
	stůl-učitel	0,78	0,30	0,23
	bílé skříňky	0,95	0,70	0,66
	skříňka za učitelem	0,26	0,25	0,06
	parapet	3,12	0,44	1,36
	$\rho_{\text{podlaha}} =$			<b>0,16</b>
Stěna 1	stěna žlutá	2,54	0,77	1,95
	stěna bílá	8,72	0,89	7,77
	okno rám	5,58	0,83*	4,63
	okno	11,13	0,22	2,45
	$\rho_{\text{st1}} =$			<b>0,60</b>
Stěna 2	stěna žlutá	14,22	0,77	10,94
	stěna bílá	3,21	0,89	2,86
	nástěnky bílé	3,99	0,80	3,20
	bílé skříňky	0,74	0,70	0,52
	$\rho_{\text{st2}} =$			<b>0,79</b>
Stěna 3	stěna bílá	3,55	0,89	3,17
	bílé skříňky	5,07	0,70	3,54
	$\rho_{\text{st3}} =$			<b>0,78</b>
Stěna 4	stěna bílá	0,53	0,89	0,47
	bílé skříňky	0,76	0,70	0,53
	$\rho_{\text{st4}} =$			<b>0,78</b>

Pozn. k tabulce: \*) činitel odrazu světla dle vzorníku CEMIX [9]



Tabulka 35b: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 5. B – 2. část

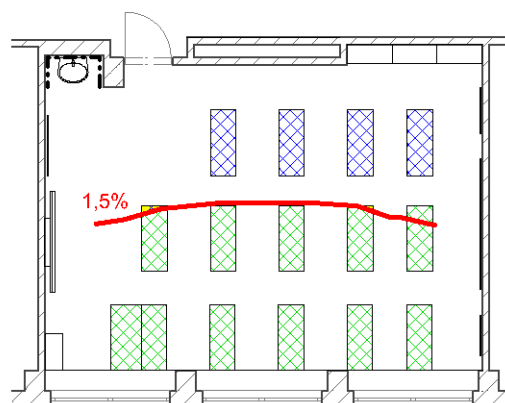
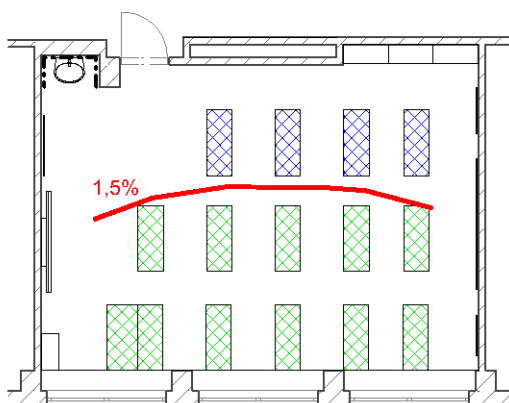
Konstrukce	Povrch	plocha S <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			ρ <sub>změřené</sub> (-)	S <sub>i</sub> · ρ (-)
Stěna 5	stěna bílá	11,96	0,89	10,66
	dveře	1,78	0,96	1,71
	dvěře-sklo	0,16	0,30	0,05
	luxfery	1,70	0,29	0,49
	ρ <sub>st5</sub> =			<b>0,83</b>
Stěna 6	stěna bílá	0,52	0,89	0,46
	obklad u umyvadla	0,45	0,55	0,25
	ρ <sub>st6</sub> =			<b>0,73</b>
Stěna 7	stěna bílá	1,99	0,89	1,77
	obklad u umyvadla	1,73	0,55	0,95
	ρ <sub>st7</sub> =			<b>0,73</b>
Stěna 8	stěna žlutá	12,55	0,77	9,65
	stěna bílá	1,88	0,89	1,68
	obklad u umyvadla	0,90	0,55	0,49
	tabule	2,00	0,12	0,24
	tabule stojan	1,04	0,40	0,41
	tabule malá	1,04	0,12	0,13
	skříňka za učitelem	0,78	0,25	0,19
	ρ <sub>st8</sub> =			<b>0,63</b>
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			<b>ρ<sub>m</sub> = 0,61</b>	

### 6.7.3 Činitel denní osvětlenosti

V následující tabulce č. 36 jsou uvedeny vstupní údaje zadané do program Světlo+[10]. Vstupní údaje jsou vytvořeny ve dvou variantách. Ve variantě č. 1 jsou vstupní hodnoty pro činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí zadány z vypočtených hodnot získaných při měření, zatímco varianta č. 2 vychází z normových hodnot činitele odrazu světla stěn, podlahy a stropu dle ČSN 73 0580 -1 [1]. Další použité vstupní parametry byly popsány v kapitole 5.1.

Tabulka 36: Vstupní hodnoty

Název	Označení	Varianta č.1	Varianta č.2
činitel odrazu světla stropu	$\rho_{\text{strop}}$	0,89	0,70
činitel odrazu světla podlahy	$\rho_{\text{podlaha}}$	0,16	0,30
činitel odrazu světla stěny 1	$\rho_{\text{st1}}$	0,60	0,50
činitel odrazu světla stěny 2	$\rho_{\text{st2}}$	0,79	0,50
činitel odrazu světla stěny 3	$\rho_{\text{st3}}$	0,78	0,50
činitel odrazu světla stěny 4	$\rho_{\text{st4}}$	0,78	0,50
činitel odrazu světla stěny 5	$\rho_{\text{st5}}$	0,83	0,50
činitel odrazu světla stěny 6	$\rho_{\text{st6}}$	0,73	0,50
činitel odrazu světla stěny 7	$\rho_{\text{st7}}$	0,73	0,50
činitel odrazu světla stěny 8	$\rho_{\text{st8}}$	0,63	0,50
činitel prostupu světla výplní	$\tau_s$	0,66	0,66
činitel poměru čisté plochy zasklení	$\tau_k$	0,67	0,67
činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,i}$	0,95	0,95
činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,e}$	0,90	0,90
činitel jasů stínících překážek	$k_y$	0,10	0,10



Obrázek 85: Varianta č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$

Obrázek 86: Varianta č. 2 - normové hodnoty  $\rho_m$

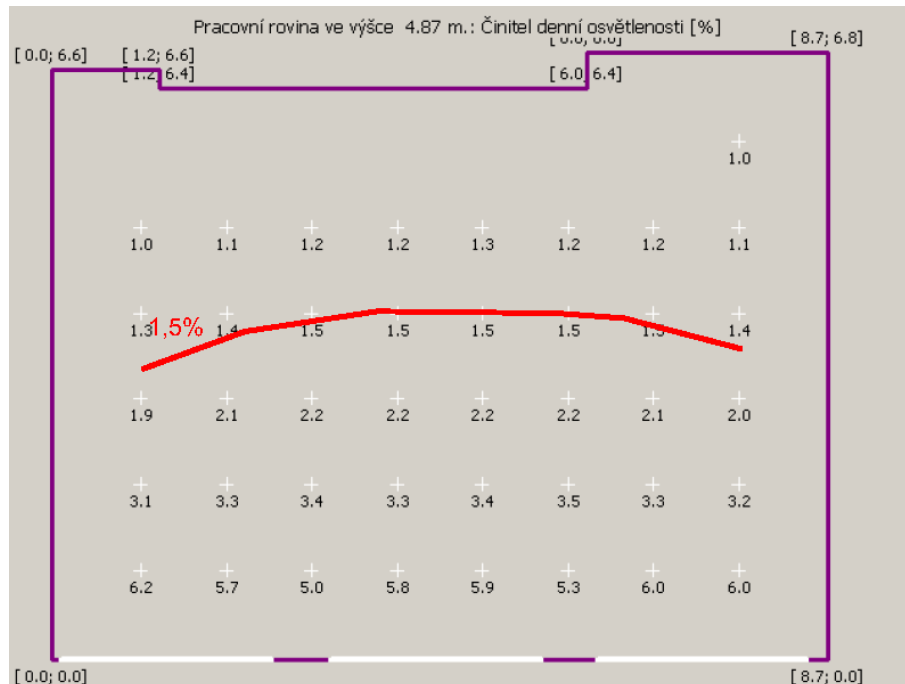
pozn. k obrázkům č 85 a 86 :červená čára znázorňuje izočáru 1,5%

Jak je vidět z výstupů výpočtu na obrázcích č. 85 a 86 ani v jedné variantě výpočtu učebna 5 B nesplňuje požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\text{min}}=1,5\%$  v celé své ploše. Pomocí izočáry o hodnotě 1,5% je vyznačen v učebně prostor určený k trvalému pobytu osob. Zelená brava značí lavice, které vyhovují minimálním požadavkům činitele denní osvětlenosti, zatímco modrá barva označuje lavice, které tyto požadavky nesplňují. Na obrázků č. 86 je vidět, že pokud při výpočtu použijeme normové hodnoty odrazu světla jednotlivých konstrukcí,

prostor pro trvalý pobyt osob se nám **zmenší** o oblast znázorněnou v obrázku žlutou barvou.

#### 6.7.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

##### Varianta č. 1



**Obrázek 87:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$   
(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

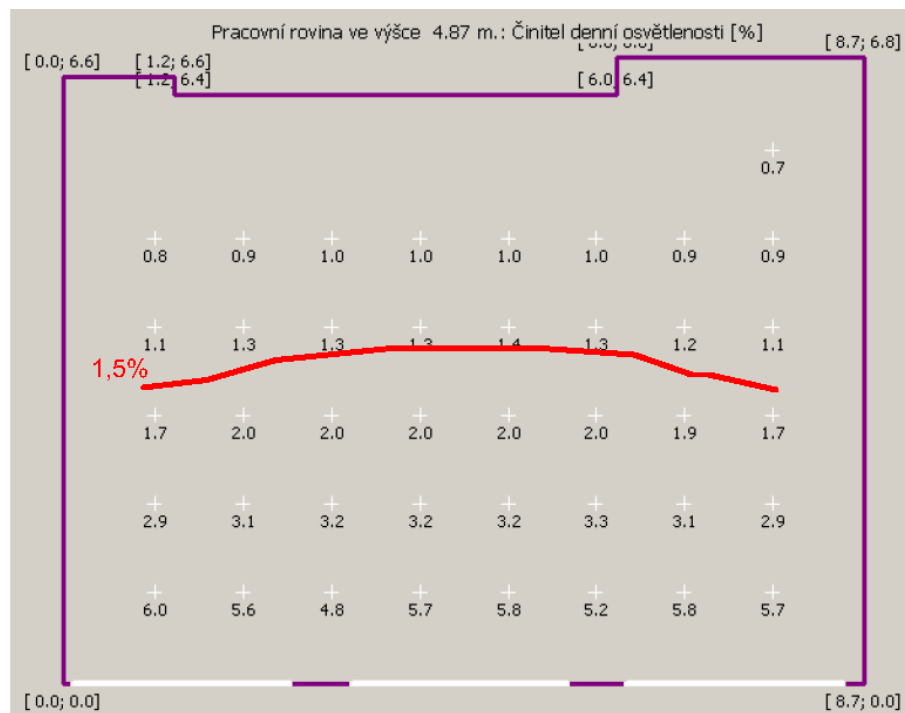
##### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,0\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,2\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,161 < 0,2$

##### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,2\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,242 > 0,2$

## Varianta č. 2



Obrázek 88: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 2- normové hodnoty  $\rho_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,7\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,0\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,117 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

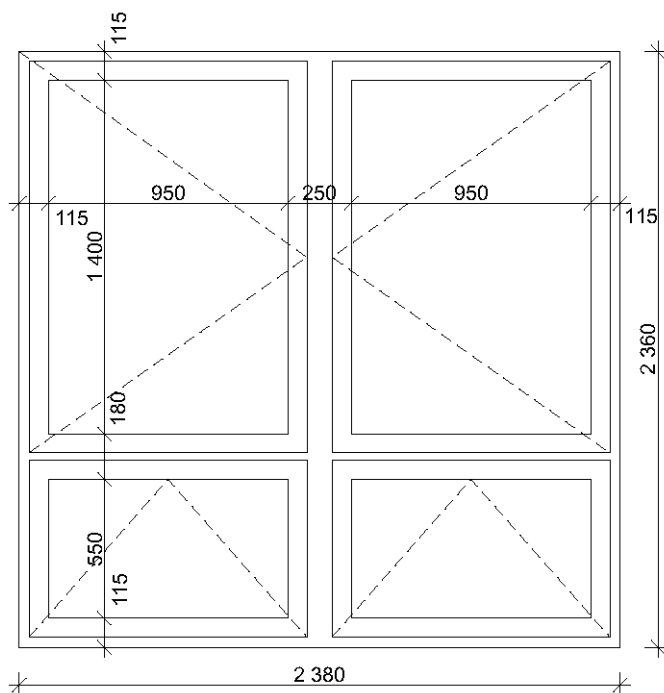
- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,0\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,250 > 0,2$

Jak je patrné z výpočtu rovnoměrnosti osvětlení  $U$  (-), vypočtené ze vztahu (4), ani při jedné variantě výpočtu nevyhoví učebna 5. B v celé své ploše na rovnoměrnost denního osvětlení. Pokud se však zaměříme pouze na prostor vymezený pro trvalý pobyt osob, pak v obou variantách tento prostor splňuje požadavek  $U \geq 0,2$  uváděný normou ČSN 73 0580-1 [1].

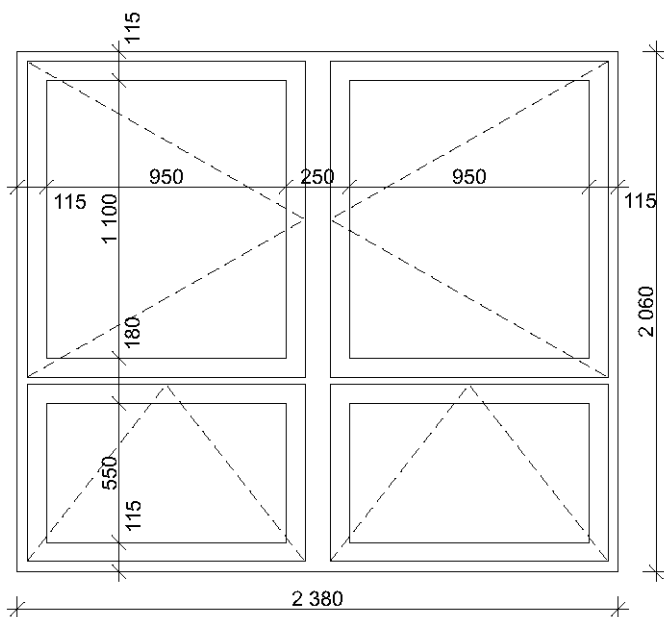
## 6.8 Výpočet učebny 6. B na 2. ZŠ

### 6.8.1 Čistá plocha zasklení

Hodnota činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo byla vypočtena dle vztahu (9) a je uvedena v tabulce č. 37 a č. 38. Vstupní hodnoty pro výpočet čisté plochy zasklení byly vypočteny z rozměrů oken dané učebny zobrazených na obrázku č. 89 a č. 90.



**Obrázek 89:** Pohled na 1. okenní otvor učebny 6. B



**Obrázek 90:** Pohled na 2. okenní otvor učebny 6. B

Tabulka 37: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

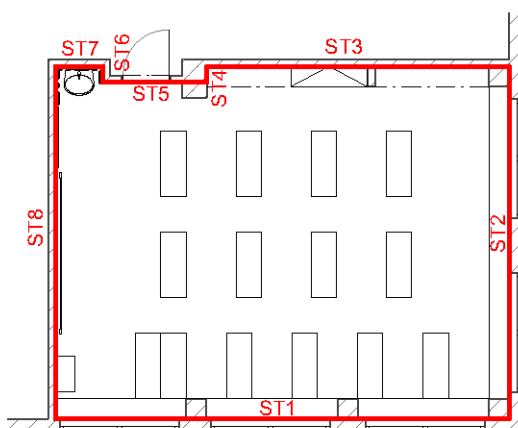
$A_s(m^2)$	$A_c(m^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
3,705	5,617	0,660

Tabulka 38: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

$A_s(m^2)$	$A_c(m^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
3,135	4,903	0,639

## 6.8.2 Činitel odrazu světla

V kapitole 4.4.7 byly získány hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy učebny. Dané plochy byly přiřazeny jednotlivým konstrukcím a následně z nich vypočítány pomocí vztahu (10) hodnoty průměrného činitele odrazu světla pro stěny, podlahu a strop, viz tabulka č. 39a a č. 39b. Poslední hodnota vypočtená opět dle vztahu (10) je průměrnou hodnotou činitele odrazu světla celé místnosti.



Obrázek 91: Označení stěn učebny 6. B

Tabulka 39a: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 6. B – 1. část

Konstrukce	Povrch	plocha $S_i [m^2]$	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{změřené} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Strop	malba strop	61,24	0,84	51,57
	$\rho_{strop} =$			0,84
Podlaha	PVC podlaha	45,68	0,31	13,99
	stůl-student	5,20	0,30	1,54
	stůl-student tmavý	3,25	0,36	1,16
	stůl-učitel	0,65	0,30	0,19
	stůl za učitelem	0,28	0,32	0,09
	parapet	5,59	0,44	2,44
$\rho_{podlaha} =$			0,32	

Tabulka 39b: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 6. B – 2. část

Konstrukce	Povrch	plocha S <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			ρ <sub>změřené</sub> (-)	S <sub>i</sub> · ρ (-)
Stěna 1	okno	3,13	0,22	0,69
	okno rám	5,73	0,83*	4,76
	stěna zelená	1,96	0,65	1,28
	stěna bílá	18,49	0,84	15,57
	ρ <sub>st1</sub> =			<b>0,76</b>
Stěna 2	okno	3,71	0,22	0,82
	okno rám	5,31	0,83	4,41
	stěna zelená	1,58	0,65	1,03
	stěna bílá	12,15	0,84	10,23
	ρ <sub>st2</sub> =			<b>0,72</b>
Stěna 3	stěna zelená	0,35	0,65	0,23
	stěna bílá	13,98	0,84	11,77
	nástěnka žlutá	1,50	0,65	0,98
	nástěnka bílá	2,00	0,83	1,65
	skříňky světlé dřevo	1,70	0,32	0,55
	ρ <sub>st3</sub> =			<b>0,78</b>
Stěna 4	stěna bílá	1,30	0,84	1,10
	ρ <sub>st4</sub> =			<b>0,84</b>
Stěna 5	stěna zelená	2,83	0,65	1,85
	stěna bílá	1,95	0,84	1,64
	dveře	1,94	0,77	1,50
	ρ <sub>st5</sub> =			<b>0,74</b>
Stěna 6	stěna bílá	0,61	0,84	0,51
	obklad u umyvadla	0,43	0,60	0,26
	ρ <sub>st6</sub> =			<b>0,74</b>
Stěna 7	stěna bílá	1,79	0,84	1,51
	obklad u umyvadla	1,27	0,60	0,76
	ρ <sub>st7</sub> =			<b>0,74</b>
Stěna 8	stěna bílá	15,28	0,84	12,87
	tabule interaktiv	2,50	0,96	2,40
	tabule bílá	3,00	0,76	2,28
	tabule malá	0,96	0,12	0,12
	obklad u umyvadla	1,01	0,60	0,60
	ρ <sub>st8</sub> =			<b>0,80</b>
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			ρ <sub>m</sub> =	<b>0,67</b>

Pozn. k tabulce: \*) činitel odrazu světla dle vzorníku CEMIX [9]

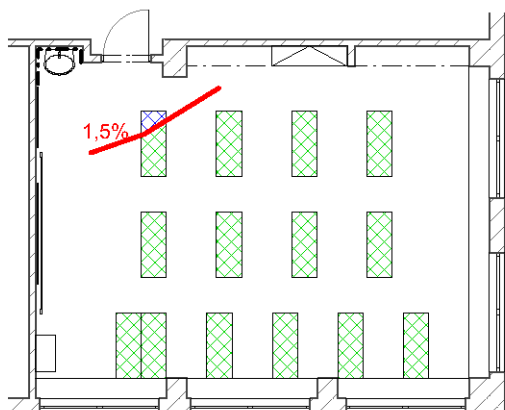
### 6.8.3 Činitel denní osvětlenosti

V následující tabulce č. 40 jsou uvedeny vstupní údaje zadané do programu Světlo+[10]. Vstupní údaje jsou vytvořeny ve dvou variantách. Ve variantě č. 1 jsou

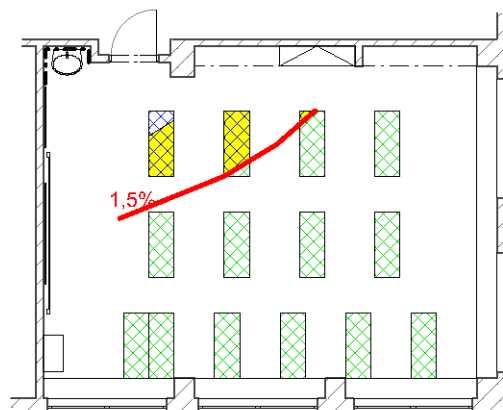
vstupní hodnoty pro činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí zadány z vypočtených hodnot získaných při měření, zatímco varianta č. 2 vychází z normových hodnot činitele odrazu světla stěn, podlahy a stropu dle ČSN 73 0580 -1 [1]. Další použité vstupní parametry byly popsány v kapitole 5.1.

Tabulka 40: Vstupní hodnoty

Název	Označení	Varianta č.1	Varianta č.2
činitel odrazu světla stropu	$\rho_{\text{strop}}$	0,84	0,70
činitel odrazu světla podlahy	$\rho_{\text{podlaha}}$	0,32	0,30
činitel odrazu světla stěny 1	$\rho_{\text{st1}}$	0,76	0,50
činitel odrazu světla stěny 2	$\rho_{\text{st2}}$	0,72	0,50
činitel odrazu světla stěny 3	$\rho_{\text{st3}}$	0,78	0,50
činitel odrazu světla stěny 4	$\rho_{\text{st4}}$	0,84	0,50
činitel odrazu světla stěny 5	$\rho_{\text{st5}}$	0,74	0,50
činitel odrazu světla stěny 6	$\rho_{\text{st6}}$	0,74	0,50
činitel odrazu světla stěny 7	$\rho_{\text{st7}}$	0,74	0,50
činitel odrazu světla stěny 8	$\rho_{\text{st8}}$	0,80	0,50
činitel prostupu světla výplní	$\tau_s$	0,66	0,66
činitel poměru čisté plochy zasklení	$\tau_{k1}$	0,66	0,66
činitel poměru čisté plochy zasklení	$\tau_{k2}$	0,64	0,64
činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,i}$	0,95	0,95
činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,e}$	0,90	0,90
činitel jasů stínících překážek	$k_y$	0,10	0,10



Obrázek 92: Varianta č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$



Obrázek 93: Varianta č. 2 – normové hodnoty  $\rho_m$

pozn. k obrázkům č 92 a 93 :červená čára znázorňuje izočáru 1,5%

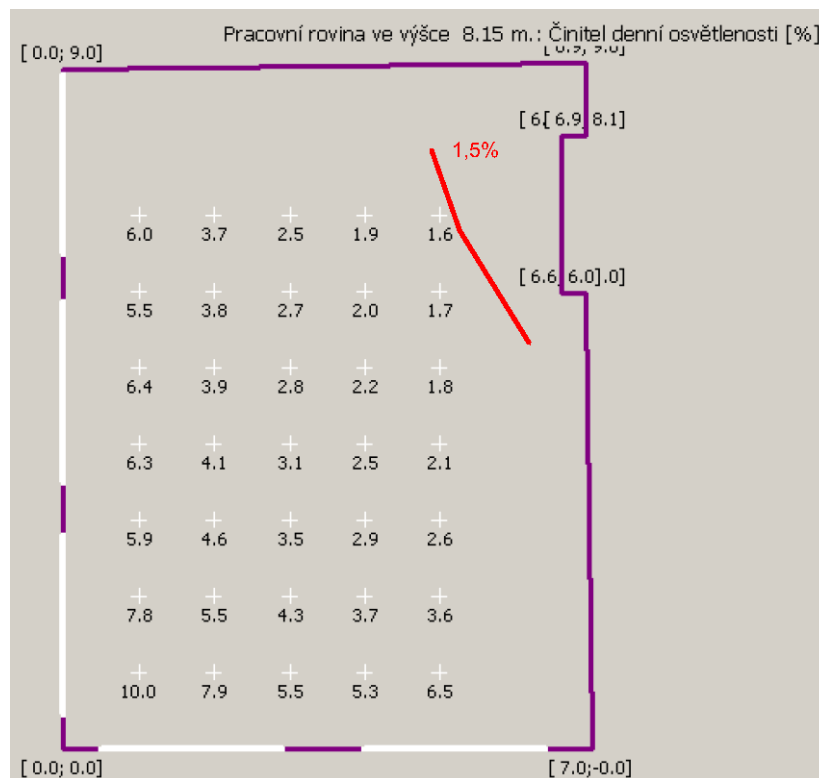
Jak je vidět z výstupu výpočtu na obrázku č. 94 v následující kapitole, učebna 6. B splňuje v první variantě požadavky na minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\text{min}}=1,5\%$  ve všech kontrolních bodech, zatímco ve druhé variantě tyto požadavky splněny nejsou. Na obrázku č. 92 a č. 93 je vyznačen prostor pro trvalý



pobyt osob pomocí izočáry o hodnotě 1,5%. Zelená barva značí lavice, které vyhovují minimálním požadavkům činitele denní osvětlenosti, zatímco modrá barva označuje lavice, které tyto požadavky nesplňují. Na obrázku č. 93 je vidět, že pokud při výpočtu použijeme normové hodnoty odrazu světla jednotlivých konstrukcí, prostor pro trvalý pobyt osob se nám **zmenší** o oblast znázorněnou žlutou barvou.

#### 6.8.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

##### Varianta č. 1



**Obrázek 94:** Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 1 - měřené hodnoty  $p_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

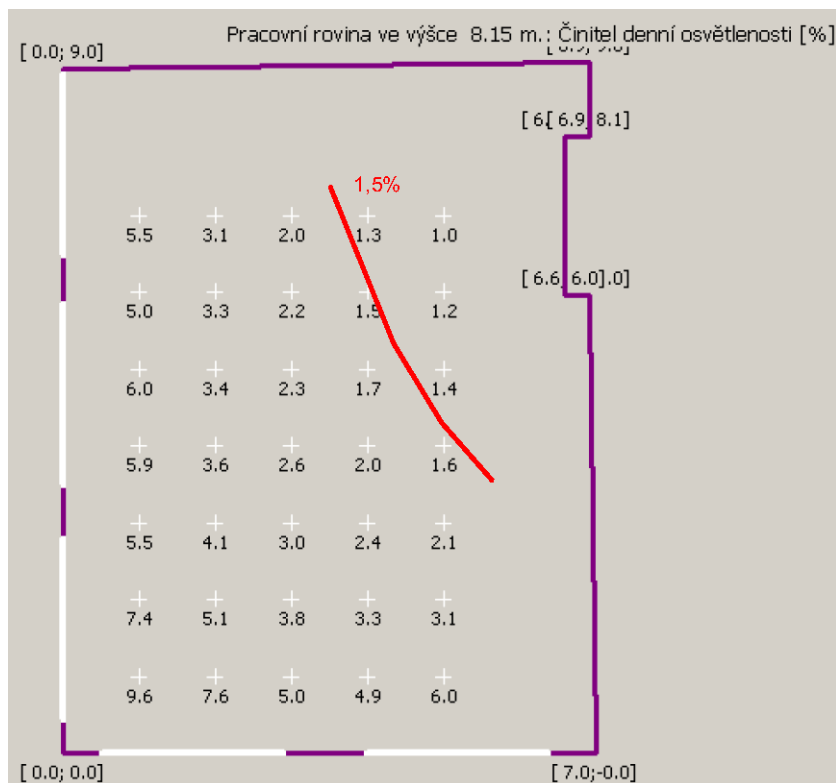
##### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,6\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=10,0\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,160 < 0,2$

##### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=10\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,150 > 0,2$

## Varianta č. 2



Obrázek 95: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 2- normové hodnoty  $\rho_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,0\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=9,6\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,104 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

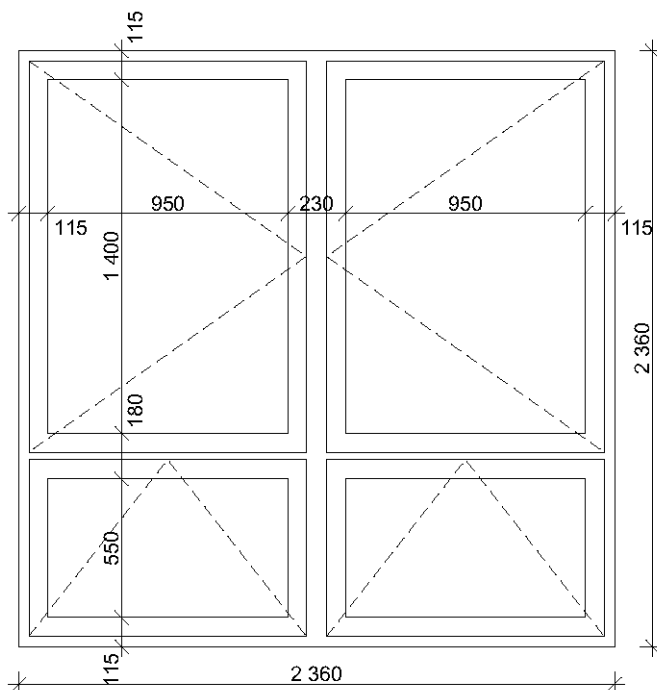
- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=9,6\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,156 > 0,2$

Požadavek na rovnoměrnost denního osvětlení  $U \geq 0,2$  uváděný normou ČSN 73 0580-1 [1], není splněn ani v jedné variantě výpočtu a to v celé plošce učebny ani v prostoru vymezeném pro trvalý pobyt osob.

## 6.9 Výpočet učebny 9. A na 2. ZŠ

### 6.9.1 Čistá plocha zasklení

Hodnota činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo byla vypočtena dle vztahu (9) a je uvedena v tabulce č. 41. Vstupní hodnoty pro výpočet čisté plochy zasklení byly vypočteny z rozměrů okna dané učebny zobrazeného na obrázku č. 96.



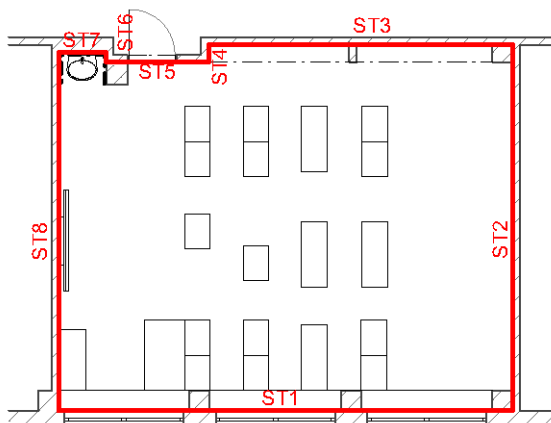
Obrázek 96: Pohled na okenní otvor učebny 9. A

Tabulka 41: Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí oken. otvoru nepropouštějící světlo

$A_s(\text{m}^2)$	$A_c(\text{m}^2)$	$\tau_k = A_s/A_c (-)$
3,705	5,570	0,665

### 6.9.2 Činitel odrazu světla

V kapitole 4.4.8 byly získány hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy učebny. Dané plochy byly přiřazeny jednotlivým konstrukcím a následně z nich vypočítány pomocí vztahu (10) hodnoty průměrného činitele odrazu světla pro stěny, podlahu a strop viz tabulka č. 42a a č. 42b. Poslední hodnota vypočtená opět dle vztahu (10) je průměrnou hodnotou činitele odrazu světla celé místnosti.



Obrázek 97: Označení stěn učebny 9.A

Tabulka 42a: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 9. A – 1. část

Konstrukce	Povrch	plocha $S_i$ [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			$\rho_{\text{změřené}} (-)$	$S_i \cdot \rho (-)$
Strop	malba strop	63,41	0,88	55,52
	$\rho_{\text{strop}} =$			<b>0,88</b>
Podlaha	PVC podlaha	50,95	0,45	22,92
	stůl-student	2,60	0,30	0,78
	stůl-student	4,90	0,36	1,74
	stůl-učitel	1,12	0,37	0,42
	stůl za učitelem	0,64	0,33	0,21
	parapet	3,12	0,44	1,36
$\rho_{\text{podlaha}} =$			<b>0,43</b>	
Stěna 1	okno	11,13	0,22	2,45
	okno rám	5,58	0,83*	4,63
	výmalba-bíla	12,24	0,88	10,77
$\rho_{\text{st1}} =$			<b>0,62</b>	
Stěna 2	výmalba-bíla	5,31	0,88	4,67
	výmalba-středně žlutá	18,00	0,76	13,66
$\rho_{\text{st2}} =$			<b>0,79</b>	

Pozn. k tabulce: \*) činitel odrazu světla dle vzorníku CEMIX [9]

Tabulka 42b: Činitel odrazu světla pro jednotlivé konstrukce učebny 9. A – 2. část

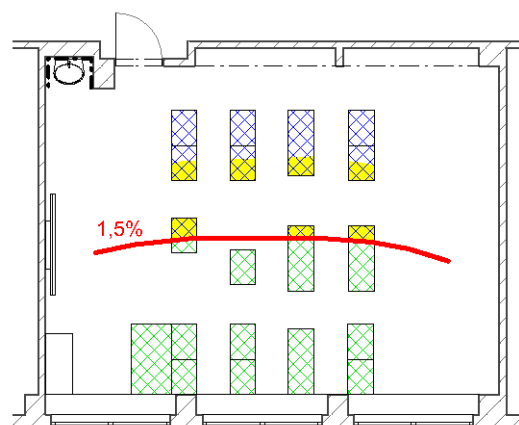
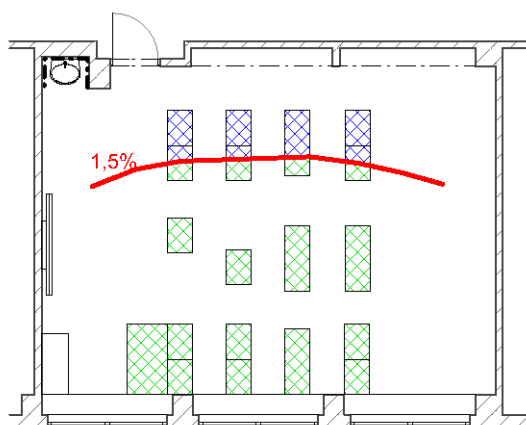
Konstrukce	Povrch	plocha S <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Činitel odrazu světla	
			ρ <sub>změřené</sub> (-)	S <sub>i</sub> · ρ (-)
Stěna 3	výmalba-bíla	17,57	0,88	15,46
	výmalba-středně žlutá	0,42	0,76	0,32
	luxfery	1,40	0,29	0,41
	ρ <sub>st3</sub> =			<b>0,83</b>
Stěna 4	výmalba-bíla	1,29	0,88	1,13
	ρ <sub>st4</sub> =			<b>0,88</b>
Stěna 5	výmalba-bíla	4,60	0,88	4,05
	dveře	1,78	0,96	1,71
	dvěře-sklo	0,16	0,30	0,05
	ρ <sub>st5</sub> =			<b>0,89</b>
Stěna 6	výmalba-bíla	0,69	0,88	0,61
	obklad u umyvadla	0,60	0,36	0,21
	ρ <sub>st6</sub> =			<b>0,64</b>
Stěna 7	výmalba-bíla	1,52	0,88	1,34
	obklad u umyvadla	1,33	0,36	0,47
	ρ <sub>st7</sub> =			<b>0,64</b>
Stěna 8	výmalba-bíla	31,70	0,88	27,90
	výmalba-středně žlutá	15,28	0,76	11,59
	obklad u umyvadla	0,90	0,36	0,32
	tabule	2,00	0,12	0,24
	tabule stojan	1,04	0,40	0,41
	ρ <sub>st8</sub> =			<b>0,79</b>
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			ρ <sub>m</sub> =	<b>0,71</b>

### 6.9.3 Činitel denní osvětlenosti

V následující tabulce č. 43 jsou uvedeny vstupní údaje zadané do programu Světlo+[10]. Vstupní údaje jsou vytvořeny ve dvou variantách. Ve variantě č. 1 jsou vstupní hodnoty pro činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí zadány z vypočtených hodnot získaných při měření, zatímco varianta č. 2 vychází z normových hodnot činitele odrazu světla stěn, podlahy a stropu dle ČSN 73 0580 -1 [1]. Další použité vstupní parametry byly popsány v kapitole 5.1.

Tabulka 43: Vstupní hodnoty

Název	Označení	Varianta č.1	Varianta č.2
činitel odrazu světla stropu	$\rho_{\text{strop}}$	0,88	0,70
činitel odrazu světla podlahy	$\rho_{\text{podlaha}}$	0,43	0,30
činitel odrazu světla stěny 1	$\rho_{\text{st1}}$	0,62	0,50
činitel odrazu světla stěny 2	$\rho_{\text{st2}}$	0,79	0,50
činitel odrazu světla stěny 3	$\rho_{\text{st3}}$	0,83	0,50
činitel odrazu světla stěny 4	$\rho_{\text{st4}}$	0,88	0,50
činitel odrazu světla stěny 5	$\rho_{\text{st5}}$	0,89	0,50
činitel odrazu světla stěny 6	$\rho_{\text{st6}}$	0,64	0,50
činitel odrazu světla stěny 7	$\rho_{\text{st7}}$	0,64	0,50
činitel odrazu světla stěny 8	$\rho_{\text{st8}}$	0,79	0,50
činitel prostupu světla výplní	$\tau_s$	0,66	0,66
činitel poměru čisté plochy zasklení	$\tau_k$	0,67	0,67
činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,i}$	0,95	0,95
činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,e}$	0,90	0,90
činitel jasů stínících překážek	$k_y$	0,10	0,10



Obrázek 98: Varianta č. 1 - měřené hodnoty  $\rho_m$

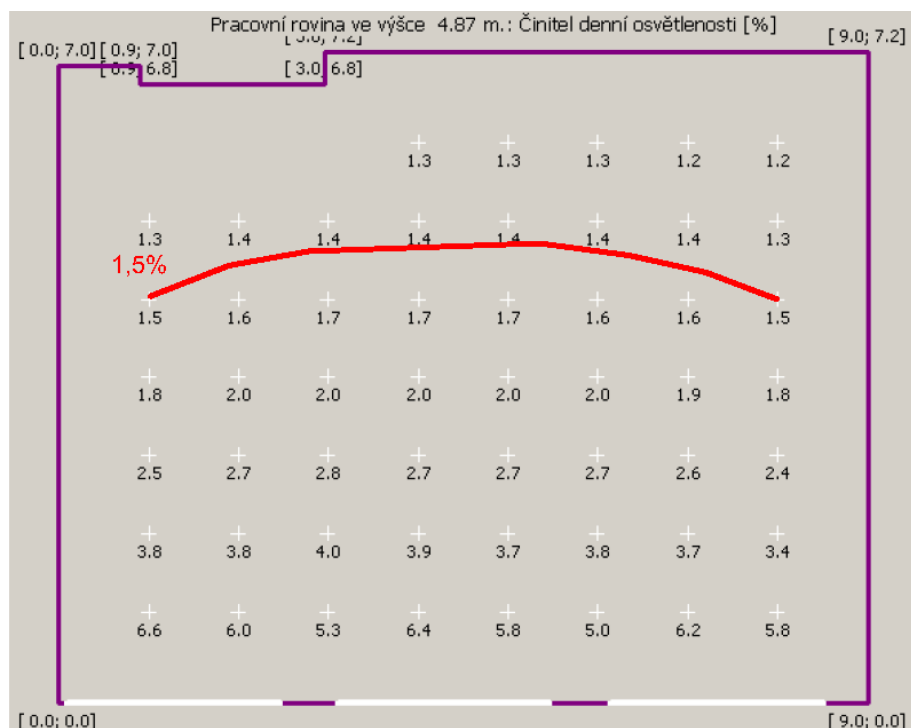
Obrázek 99: Varianta č. 2 - normové hodnoty  $\rho_m$

pozn. k obrázkům č 96 a 97 :červená čára znázorňuje izočáru 1,5%

Jak je vidět z výstupů výpočtu na obrázcích č. 96 a č. 97, ani v jedné variantě výpočtu učebna 9. A nespĺňuje požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_{\text{min}}=1,5\%$  v celé své ploše. Pomocí izočáry o hodnotě 1,5% je vyznačen v učebně prostor určený k trvalému pobytu osob. Zelená barva značí lavice, které vyhovují minimálním požadavkům činitele denní osvětlenosti, zatímco modrá barva označuje lavice, které tyto požadavky nespĺňují. Na obrázku č.99 je vidět, že pokud při výpočtu použijeme normové hodnoty odrazu světla jednotlivých konstrukcí, prostor pro trvalý pobyt osob se nám **zmenší** o oblast znázorněnou žlutou barvou.

## 6.9.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

### Varianta č. 1



Obrázek 100: Hodnoty číselníku denní osvětlenosti pro Variantu č. 1- měřené hodnoty  $\rho_m$

(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

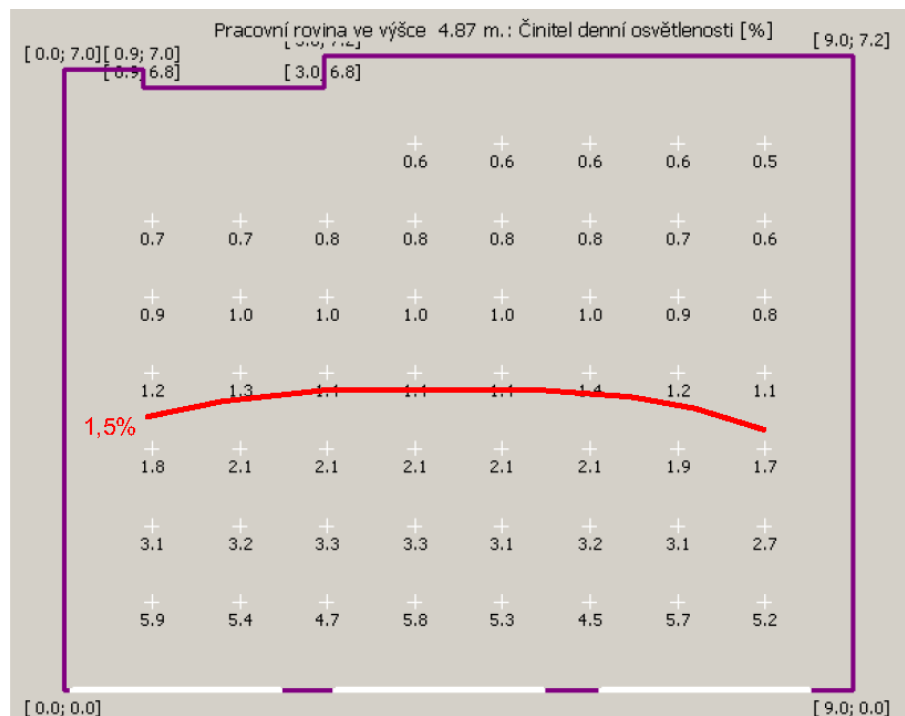
### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota číselníku denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,2\%$
- Maximální hodnota číselníku denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,6\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,181 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota číselníku denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota číselníku denní osvětlenosti  $D_{\max}=6,6\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,228 > 0,2$

## Varianta č. 2



Obrázek 101: Hodnoty činitele denní osvětlenosti pro Variantu č. 2- normové hodnoty  $\rho_m$   
(červená čára znázorňuje izočáru o hodnotě 1,5%)

### Rovnoměrnosti denního osvětlení celé učebny

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=0,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=5,9\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,085 < 0,2$

### Rovnoměrnosti denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob

- Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}=1,5\%$
- Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\max}=5,9\%$
- Rovnoměrnost denního osvětlení  $U=0,254 > 0,2$

Jak je patrné z výpočtu rovnoměrnosti osvětlení  $U$  (-), vypočtené ze vztahu (4), ani při jedné variantě výpočtu nevyhoví učebna 9.A v celé své ploše na rovnoměrnost denního osvětlení. Pokud se však zaměříme pouze na prostor vymezený pro trvalý pobyt osob, pak v obou variantách tento prostor splňuje požadavek  $U \geq 0,2$  uváděný normou ČSN 73 0580-1 [1].



## 7. Dotazníkové šetření

Pomocí dotazníkového šetření byla kvalita denního osvětlení v kmenové učebně hodnocena z pohledu žáků. Ve dvou vybraných základních školách popsaných v kapitole č. 4 proběhlo dotazníkové šetření v kmenových učebnách žáků prvního a druhého stupně. Cílovou skupinou se stali žáci ve věku 9-16 let, dotazníky jim byly předkládány v tištěné podobě. V úvodu dotazníků byli žáci seznámeni s tím, na co se dotazník zaměřuje a k čemu slouží. Navzdory předpoklad, že pro žáky prvního stupně může být dotazníkové šetření náročnější, zajímal nás i jejich úhel pohledu. Abychom eliminovali chyby vzniklé nepochopením otázek ze strany žáků prvního stupně, byly dotazníky s žáky nejprve probrány, každá otázka byla podrobně vysvětlena a případné nejasnosti ihned vyřešeny. První část dotazníků je zaměřena na obecné otázky týkající se pohlaví žáků, věku, dominantní ruky či umístění pracovního místa žáka v učebně. Druhá část dotazníku je zaměřena na zjištění názoru žáků na kvalitu učebny z hlediska osvětlení.

Přestože toto hodnocení učeben je založeno na subjektivním názoru žáků a je těžko srovnatelné s vypočtenými daty v předešlých kapitolách, dává nám důležitou představu o tom, jak se žáci v učebnách cítí a jak na ně daná učebna působí. Odpovědi studentů budou analyzovány tak, abychom mohli prokázat či vyvrátit předem stanovené hypotézy.

### 7.1 Tvorba dotazníku a způsob vyhodnocení

Nejprve byly stanoveny hypotézy na základně získaných znalostí v oblasti světelné techniky. Podle stanovených hypotéz byly sestaveny jednotlivé otázky. Abychom si ověřili srozumitelnost kladených otázek, byl dotazník předložen čtyřem dětem ve věku cílové skupiny, a také dvěma učitelům. Tito žáci představují reprezentativní vzorek spadající do stejné věkové kategorie, ale navštěvující jinou základní školu, než ve kterých probíhalo následné dotazníkové šetření, z důvodu dodržení nestrannosti. Ověřující žáci nenašli v dotazníku žádné nejasnosti a shledali jej dostatečně srozumitelným. Ani učitelé neměli k dotazníkům žádné připomínky, proto by chyby vzniklé špatnou formulací otázek měly být eliminovány na minimum.

Všech 224 dotazníků bylo převedeno do elektronické podoby pomocí aplikace Excel 2013. Pro vyhodnocení dotazníkového šetření byla sestavena tabulka, do které byly zaneseny odpovědi žáků. Číslo jedna označuje v tabulce žákem zvolenou odpověď, číslo nula zbylé možnosti, které žák neoznačil. Díky přenesení dat do elektronické podoby bylo možné dotazníkové šetření řádně vyhodnotit.[15]

## 7.2 Stanovení hypotéz

Aby mohly být sestaveny otázky pro dotazníky, bylo nutné nejprve vytvořit jednotlivé hypotézy, které se v tomto případě zaměřují na kvantitativní a kvalitativní hodnocení denního osvětlení kmenových učeben z pohledu žáků.

- **Hypotéza č. 1:** *Žáci píšící pravou rukou jsou více spokojeni, než žáci píšící levou rukou.*

Tato hypotéza vychází z předpokladu, že žákům obvykle dopadá světlo na pracovní plochu z levé strany. Žáci píšící levou rukou si při psaní poznámek stíní a jsou v tomto ohledu znevýhodněni. Proto lze předpokládat, že žáci píšící levou rukou mohou být při svém hodnocení osvětlení více nespokojeni.

- **Hypotéza č. 2:** *Žáci sedící v řadě u dveří jsou více nespokojeni, než žáci sedící v řadě uprostřed a u okna.*

Předpokladem této hypotézy je, že učebny mají často malé osvětlovací otvory a jsou příliš hluboké. Z toho vyplývá, že žáci sedící v řadě u dveří mohou mít nedostatek denního osvětlení, a proto se mohou cítit více nespokojeni, než žáci sedící v řadě u okna nebo uprostřed.

- **Hypotéza č. 3:** *Žáci preferující světlé barvy jsou více nespokojeni s množstvím a kvalitou denního osvětlení, než žáci preferující tmavé barvy.*

Základem této hypotézy se stal předpoklad, že preference barev může ovlivnit hodnocení kvality denního osvětlení v kmenových učebnách. Teplé barvy, jak již bylo vysvětleno v teoretické části diplomové práce, mohou v lidech evokovat pocit tepla, aktivují a povzbuzují organismus, zatímco studené barvy vyvolávají pocit chladu, přičemž dochází k útlumu organismu. Předpokládá se tedy, že žáci

preferující teplé barvy mohou být při hodnocení učebny na množství kvalitu denního osvětlení náročnější.

- **Hypotéza č.4:** *Žáci, kteří během vyučování pociťují oslnění, se cítí více nespokojeni, než žáci, kteří oslnění nepociťují.*

Předpokladem této hypotézy je, že oslnění je pro lidské oko velmi nepříjemné. Z toho vyplývá, že žáci, kteří během vyučování pociťují oslnění, mohou být při hodnocení kvality denního osvětlení více nespokojeni, než žáci u kterých k oslnění nedochází.

### 7.3 Popis respondentů

Následující tabulky shrnují základní údaje, jako je věk žáků, počet žáků v učebně, pohlaví žáků a korekce zraku. Na 1. ZŠ proběhlo dotazníkové šetření v prvním i druhém pololetí, tudíž můžeme porovnávat, jakým způsobem se mění názor žáků v průběhu školního roku. Kvůli komplikacím s výběrem druhé základní školy proběhlo na 2. ZŠ pouze jedno dotazníkové šetření a to ve 2. pololetí. Závěrečná tabulka shrnuje základní údaje všech dotazovaných žáků.

*Tabulka 44: Popis respondentů - dotazníkové šetření na 1.ZŠ v 1. pololetí*

učebna		4.A		4.B		7.A		8.B	
věk		9-11		9-11		12-13		13-14	
počet žáků		23		17		19		17	
pohlaví	dívka	11	48%	9	53%	11	58%	11	65%
	chlapec	12	52%	8	47%	8	42%	6	35%
poruchy zraku	ano	9	39%	3	18%	4	21%	5	29%
	ne	14	61%	13	76%	15	79%	12	71%

*Tabulka 45: Popis respondentů - dotazníkové šetření na 1.ZŠ v 2. pololetí*

učebna		4.A		4.B		7.A		8.B	
věk		10-11		9-11		12-14		13-15	
počet žáků		18		20		19		17	
pohlaví	dívka	7	39%	11	55%	10	53%	9	53%
	chlapec	11	61%	9	45%	9	47%	8	47%
poruchy zraku	ano	7	39%	4	20%	4	21%	4	24%
	ne	11	61%	16	80%	15	79%	13	76%

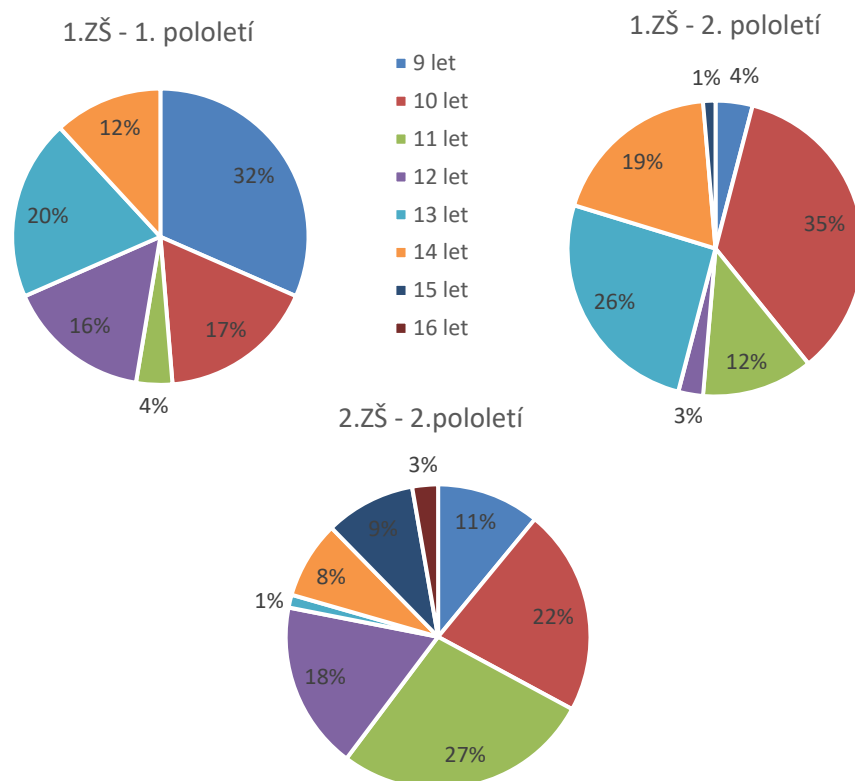
**Tabulka 46:** Popis respondentů - dotazníkové šetření na 2.ZŠ v 2. pololetí

učebna	4.A		5.B		6.B		9.A		
věk	9-10		10-12		11-13		14-16		
počet žáků	20		20		18		15		
pohlaví	dívka	12	60%	9	45%	9	50%	7	47%
	chlapec	8	40%	11	55%	9	50%	8	53%
poruchy zraku	ano	5	25%	6	30%	5	28%	6	40%
	ne	15	75%	14	70%	13	72%	9	60%

**Tabulka 47:** Souhrný popis respondentů

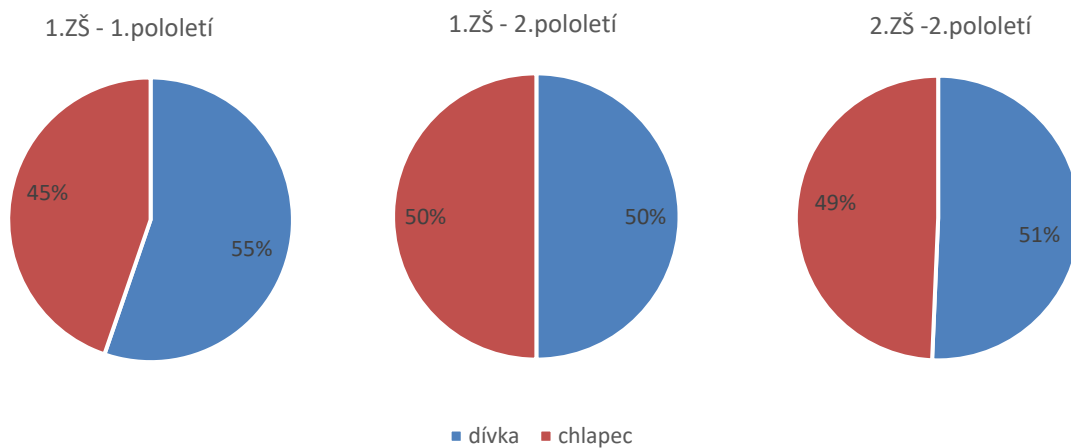
učebna	1.ZŠ-1.pololetí		1.ZŠ-2.pololetí		2.ZŠ -2. pololetí		
věk	9-14		10-15		9-16		
počet žáků	76		74		73		
pohlaví	dívka	42	55%	37	50%	37	51%
	chlapec	34	45%	37	50%	36	49%
poruchy zraku	ano	21	28%	19	26%	22	30%
	ne	54	71%	55	74%	51	70%

Dotazníkového šetření se zúčastnili žáci ve věku 9 až 16 let. Obrázek č. 102 zobrazuje zastoupení jednotlivých věkových skupin v rámci konkrétního dotazníkového šetření.



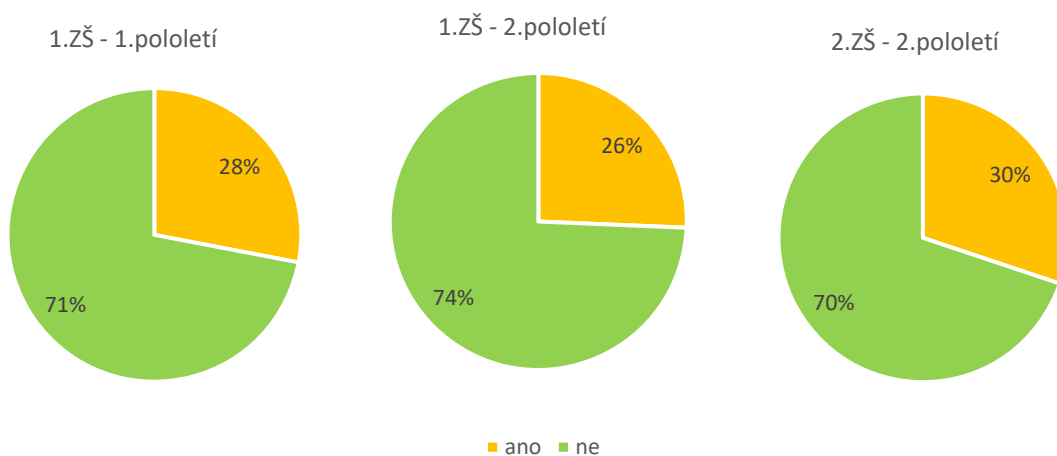
**Obrázek 102:** Zastoupení jednotlivých věkových skupin

Na obrázku č. 103 je patrné, že v první pololetí na dotazníky odpovídalo na 1. ZŠ škole více chlapců, zatímco při dalších dvou dotazníkových šetřeních bylo pohlaví téměř vyrovnané.



**Obrázek 103:** Zastoupení pohlaví žáků při dotazníkovém šetření

Obrázek č.104 nám znázorňuje, jestli žáci mají poruchu zraku či ne. Zjednotlivých grafů je patrné, že více než jedna čtvrtina žáků má problémy se zrakem. Které konkrétní poruchy zraku žáky trápí je pro každou učebnu vyhodnoceno zvlášť v příloze C.



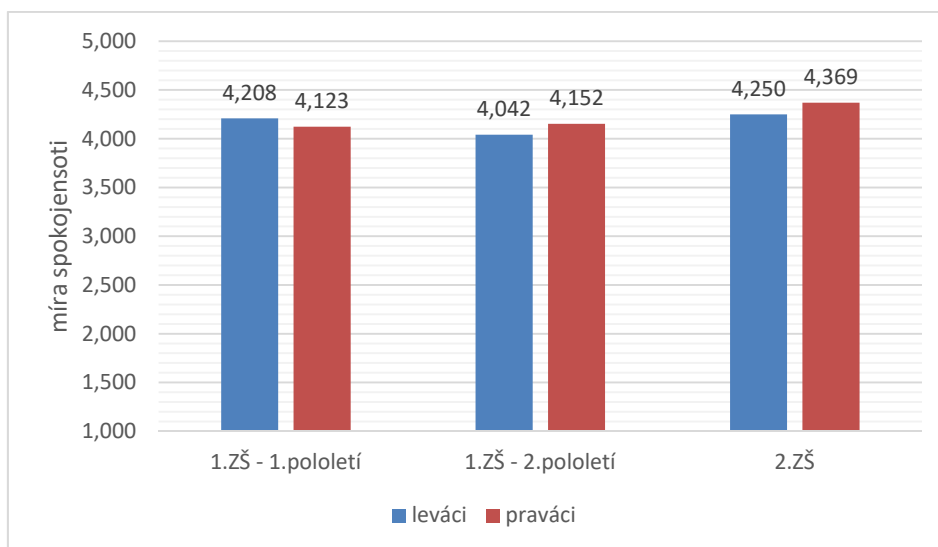
**Obrázek 104:** Poruchy zraku

## 7.4 Vyhodnocení hypotéz

Jednotlivé hypotézy byly vyhodnoceny na základě otázek vztahujících se k tématu dané hypotézy. Ke každé odpovědi, bylo přiřazeno bodové ohodnocení v rozmezí 1-5 bodů, kdy 5 bodů představuje maximální spokojenost a 1 bod minimální spokojenost. Na základě odpovědí na jednotlivé otázky bylo získáno celkové bodové ohodnocení, představující spokojenost žáků v rámci dané hypotézy.

- **Hypotéza č.1:** *Žáci píšící pravou rukou jsou více spokojeni, než žáci píšící levou rukou.*

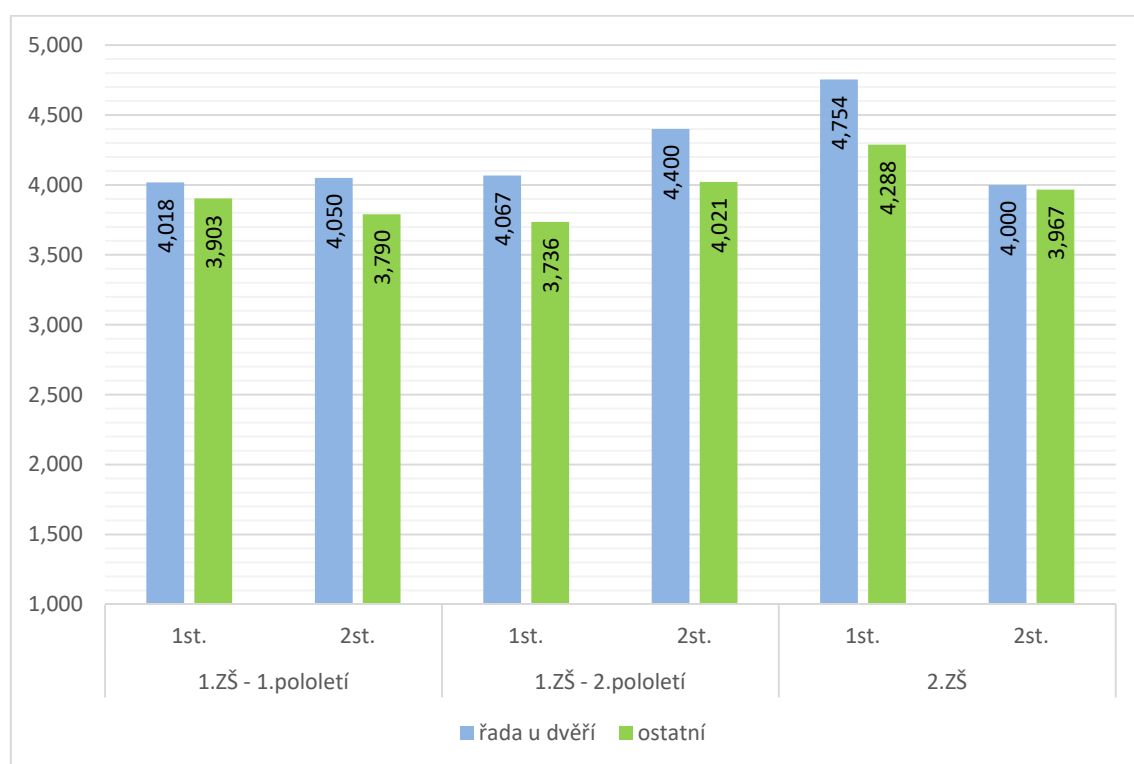
Tato hypotéza byla vyhodnocena na základě otázek položených v rámci dotazníků (viz příloha A), konkrétně se jednalo o otázky č. 9, 11, 13 a 19 zaměřující se především na spokojenost žáků spojenou s prací na pracovní ploše. Z celkového počtu všech vyplněných dotazníků uvedlo pouze 31 žáků (14%), že jejich dominantní rukou je levá. Na obrázku č.105 vidíme hodnocení spokojenosti žáků v závislosti na dominantní ruce při jednotlivých dotazníkových šetřeních. Je patrné, že žáci píšící levou rukou byli spokojenější jen v rámci dotazníkového šetření na 1.ZŠ v první pololetí, oproti žákům píšících pravou rukou, avšak rozdíl je opravdu nepatrný. Z výsledků je zřejmé, že hypotéza se zde nepotvrdila. Z hodnot spokojenosti v závislosti na dominantní ruce žáka je spíše patrné, že to jestli žák píše levou nebo pravou rukou zásadně neovlivňuje jeho spokojenost s kvalitou denního osvětlení.



Obrázek 105: Vyhodnocení hypotézy č.1

- **Hypotéza č. 2:** *Žáci sedící v řadě u dveří jsou více nespokojeni, než žáci sedící v řadě uprostřed a u okna.*

Tato hypotéza byla vyhodnocena na základě otázek č. 8, 9, 10, 11 a 19. Na obrázku č. 106 je vidět, že tato hypotéza se jednoznačně nepotvrdila, ba naopak je zřejmé že žáci sedící u dveří se cítí více spokojeni, než žáci sedící v lavici uprostřed nebo u okna. Tato hypotéza poukázala především na fakt, že ač místa u dveří ve většině učeben jsou umístěna mimo prostor vymezený k trvalému pobytu osob i přesto se zde žáci cítí spokojeně. Z toho lze vyvodit, že žáci nedostatek denního osvětlení téměř nepocítují.

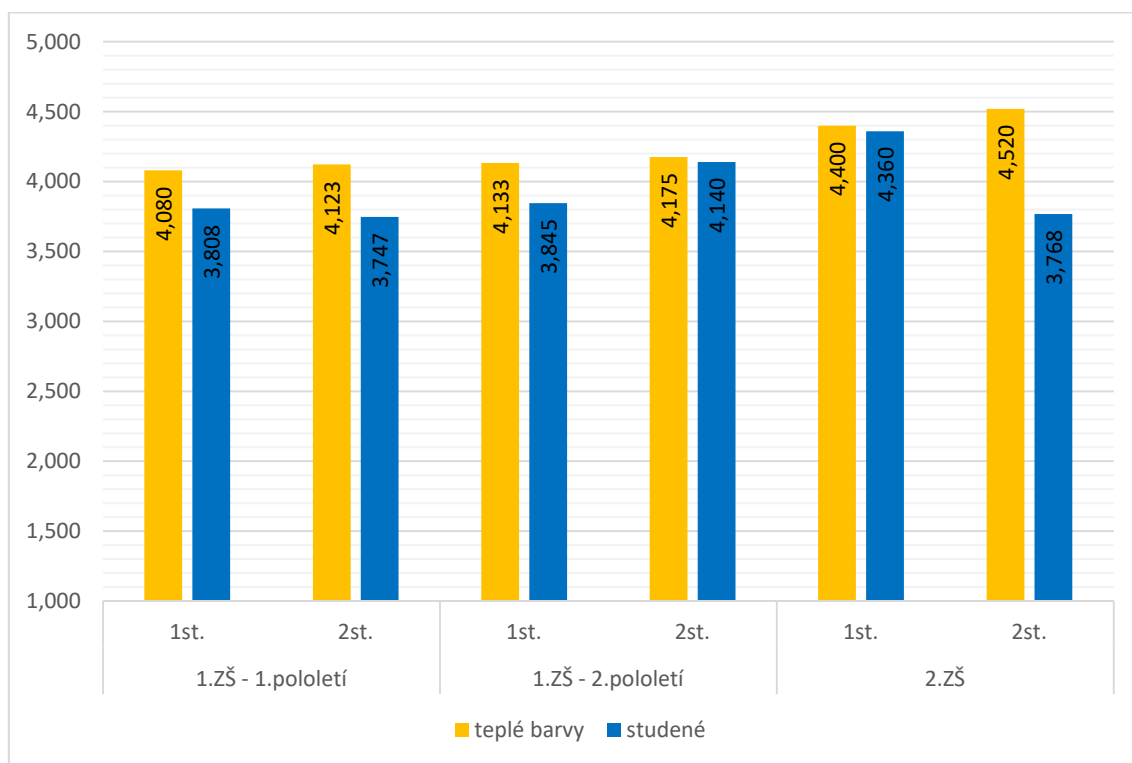


Obrázek 106: Vyhodnocení hypotézy č.2

- **Hypotéza č.3:** *Žáci preferující světlé barvy jsou více nespokojeni s množstvím a kvalitou denního osvětlení než žáci preferující tmavé barvy.*

Tato hypotéza byla vyhodnocena na základě otázek č. 8, 9, 18 a 19 v rámci dotazníkového šetření. Z celkového počtu všech vyplněných dotazníků uvedlo 48 žáků (21%), že preferují teplé barvy. Na obrázku č.107 vidíme hodnocení

spokojenosti žáků v závislosti na preferenci teplých barev. Ani tentokrát se hypotéza nepotvrdila, spíše se ukázalo, že žáci preferující teplé barvy jsou více spokojeni. V učebnách se často objevuje žlutá či oranžová výmalba, což může mít vliv na odpovědi žáků preferujících teplé barvy, kteří se ve svých učebnách cítí lépe právě z tohoto důvodu.

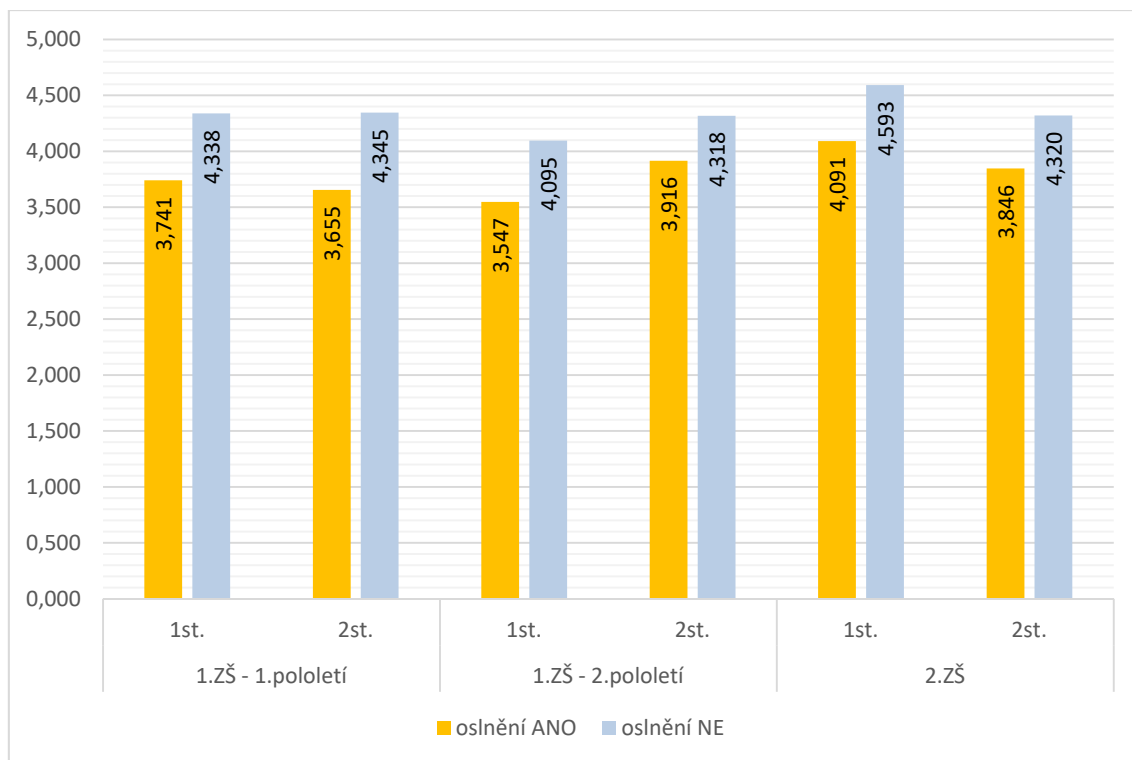


Obrázek 107: Vyhodnocení hypotézy č.3

- **Hypotéza č.4:** Žáci, kteří během vyučování pocítují oslnění, se cítí více nespokojeni, než žáci kteří oslnění nepocítují.

Tato hypotéza se opírá o fakt, že oslnění je pro lidské oko nepříjemné. Žák okáže celkem jednoduše určit, zda je nebo není během vyučování oslňován, což se například u množství denního osvětlení zas tak jednoznačně určit nedá. Z celkového počtu dotazovaných osob uvedlo 124 (56%), že u nich během vyučování dochází k oslnění. Z obrázku č. 108 je patrné, že oslnění má vliv na hodnocení kvality vnitřního prostředí učeben z hlediska denního osvětlení. Žáci, u kterých k oslnění nedochází, se v učebně cítí lépe.





Obrázek 108: Vyhodnocení hypotézy č.4

## 8. Celkové zhodnocení učeben

### 8.1 Učebny 1. ZŠ

V následující tabulce č. 48 je uveden souhrn výsledků objektivního i subjektivního hodnocení všech posuzovaných učeben 1. ZŠ.

Tabulka 48: Vyhodnocení učeben 1. ZŠ

Název	Ozn.	Požad. hodnoty dle [1]	1. ZŠ							
			4.A		4.B		7.A		8.B	
			Var. č.1	Var. č.2	Var. č.1	Var. č.2	Var. č.1	Var. č.2	Var. č.1	Var. č.2
Činitel denní osvětlenosti	$D_{min}$ (%)	$\geq 1,5$	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,9	0,6
	$D_{max}$ (%)	-	6,3	6,1	6,6	6,1	4,5	5,4	4,4	4,2
Celkový počet pracovních míst	-	-	26	26	26	26	24	24	22	22
Počet pracovních míst umístěných v prostoru pro trvalý pobyt osob	-	-	14	12	14	11	13	15	14	12
Procentuální podíl vhodných míst	-	-	54%	46%	54%	42%	54%	63%	64%	55%
Rovnoměrnost denního osvětlení celé učebny	U (-)	$\geq 0,2$	0,08	0,07	0,12	0,10	0,16	0,13	0,20	0,14
Rovnoměrnost denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob	U (-)	$\geq 0,2$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
Spokojenost žáků - 1. pololetí	-	-	3,62		4,13		4,00		4,23	
Spokojenost žáků - 2. pololetí	-	-	4,27		4,61		3,86		4,10	

Z výsledků je patrné, že bohužel ani jedna učebna nevyhoví na minimální požadovanou hodnotu činitele denní osvětlenosti  $D_{min} \geq 1,5$  % dle ČSN 73 0581-1 [1] ve všech kontrolních bodech, a to ani v jedné variantě výpočtu. V další části tabulky vidíme porovnání celkového počtu pracovních míst v učebně ku počtu míst nacházejících se v prostoru určenému k trvalému pobytu osob, který byl v kapitole č. 6 pro každou učebnu vymezen izočárou o hodnotě 1,5%. Zaměřili jsme se zde pouze na pracovní místa žáků, nikoli na stoly učitelů, u těch se předpokládá, že se vždy nachází v prostoru určeném pro trvalý pobyt osob. V učebně 4. A a 4. B při variantě č. 2, tedy ve variantě, kdy byly při výpočtu zadávány normové hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí, víc než polovina pracovních míst nespadá do prostoru pro trvalý pobyt osob. V další části tabulky je patrné, že pouze

učebna 8. B ve variantě č. 1, tedy ve variantě výpočtu činitele denní osvětlenosti pomocí činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí získaných na základě měření, vychází učebna na rovnoměrnost denního osvětlení ve celé své ploše. Zbylé učebny požadavku na rovnoměrnost denního osvětlení  $U \geq 0,2$ , nevyhoví ani v jedné variantě výpočtu.

Poslední část tabulky se zaměřuje na subjektivní hodnocení učeben z pohledu žáků. Jak už bylo zmiňováno, jedná se o subjektivní názor, který může být ovlivněn mnoha faktory, a proto se jen těžko hodnotí a porovnává s naměřenými hodnotami. Abychom dostali, alespoň částečnou představu o spokojenosti žáků v učebnách, byly vybrány konkrétní otázky z dotazníkového šetření. Odpovědím na tyto otázky bylo přiřazeno bodové ohodnocení 1-5 bodů, kdy 5 bodů představuje maximální spokojenost a 1 bod minimální spokojenost. Na základě otázek č. 8, 9, 10, 11 a 19 (viz. příloha A), byla vyhodnocena spokojenost žáků. Na 1. ZŠ proběhlo dotazníkové šetření v prvním i druhém pololetí, tudíž můžeme porovnat i jakým způsobem se mění spokojenost žáků v rámci školního roku. Například u žáků prvního stupně spokojenost v druhém pololetí vzrostla, zatímco u žáků druhého stupně spokojenost klesla. Je však patrné, že žáci se cítí ve svých učebnách spíše spokojeni.

## 8.2 Učebny 2. ZŠ

V tabulce č. 49 je uveden souhrn výsledků objektivního i subjektivního hodnocení všech posuzovaných učeben 2. ZŠ.

Na 2. ZŠ **vyhoví** na minimální požadovanou hodnotu činitele denní osvětlenosti  $D_{\min} \geq 1,5 \%$  dle ČSN 73 0581-1 [1] ve všech kontrolních bodech pouze učebna 6. B, a to jen ve variantě č. 1, tedy variantě výpočtu činitele denní osvětlenosti pomocí činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí získaných během měření. Zbývající učebny minimální hodnoty činitele denního osvětlenosti nespĺňují v celé své ploše, ale pouze ve vymezeném prostoru pro trvalý pobyt osob. I zde jsme porovnávali celkový počet pracovních míst ku místům umístěným v prostoru pro trvalý pobyt osob. Nejmenšího podílu pracovních míst umístěných v prostoru pro trvalý pobyt osob jsme se dosáhli v učebně 4. A a to na 50 %, zatímco učebna 6. B se při obou variantách výpočtu dostane před 90 % pracovních míst umístěných v prostoru pro trvalý pobyt osob.

Tabulka: 49: Vyhodnocení učeben 2. ZŠ

Název	Ozn.	Požad. hodnoty dle [1]	2. ZŠ							
			4.A		5.B		6.B		9.A	
			Var. č.1	Var. č.2	Var. č.1	Var. č.2	Var. č.1	Var. č.2	Var. č.1	Var. č.2
Činitel denní osvětlenosti	$D_{\min}$ (%)	$\geq 1,5$	1,1	0,7	1	0,7	1,6	1	1,2	0,5
	$D_{\max}$ (%)	-	6,3	6	6,2	6	10	9,6	6,6	5,9
Celkový počet pracovních míst	-	-	24	24	28	28	26	26	22	22
Počet pracovních míst umístěných v prostoru pro trvalý pobyt osob	-	-	16	12	20	20	26	24	14	13
Procentuální podíl vhodných míst	-	-	67%	50%	71%	71%	100%	92%	64%	59%
Rovnoměrnost denního osvětlení celé učebny	U (-)	$\geq 0,2$	0,2	0,1	0,2	0,1	0,16	0,1	0,2	0,1
Rovnoměrnost denního osvětlení prostoru pro trvalý pobyt osob	U (-)	$\geq 0,2$	0,2	0,3	0,2	0,3	0,15	0,2	0,2	0,3
Spokojenost žáků	-	-	4,03		3,84		4,07		3,67	

Na rovnoměrnost denního osvětlení nevyhověla v celé své ploše ani jedna učebna 2. ZŠ. Učebna 6. B dokonce nesplňuje požadavek na rovnoměrnost denního osvětlení  $U \geq 0,2$  ani v prostoru vymezeném pro trvalý pobyt osob.

Jak bylo zmiňováno už v hodnocení 1. ZŠ, dotazníkové šetření je zcela subjektivní a ovlivnitelné mnoha faktory. Postup vyhodnocení spokojenosti žáků byl vysvětlen v hodnocení 1. ZŠ. Dotazníkové šetření proběhlo na 2. ZŠ pouze v druhém pololetí, i zde je patrné, že žáci jsou ve svých učebnách spíše spokojeni z hlediska denního osvětlení.

## 9. Návrh opatření

Kvalitu vnitřního prostředí z hlediska denního osvětlení lze ovlivnit mnoha způsoby. Mělo by na ní být pomýšeno především při návrhu nově vznikajících budov školského charakteru. Bohužel u stávajících školských staveb už to tak jednoduché není. Při návrhu nového objektu základní školy je možné ovlivnit orientaci budovy, umístění objektu vzhledem k okolní zástavbě, umístění učeben dle jejich využití, výběr povrchů a jejich barevnosti, správný výběr velikosti a typu okenních otvorů i volbu vhodných stínících prvků. Některé tyto parametry ovlivňující kvalitu a množství denního osvětlení se však jen těžko dají aplikovat u stávajících staveb. U těchto staveb lze do určité míry ovlivnit kvalitu vnitřního prostředí z hlediska denního osvětlení například změnou barevnosti povrchů učebny, regulačními zařízeními, správnými intervaly údržby vnitřních povrchů či případnou rekonstrukcí.

### 9.1 Regulace

Regulace denního osvětlení je vyžadována především v prostorách, ve kterých se snažíme zamezit vzniku oslnění, případně se snažíme přispět ke zlepšení rovnoměrnosti rozložení denního osvětlení v učebně.

Přímé sluneční světlo dopadající do místnosti, může způsobovat velké jasy, a to v kombinaci se světlými či lesklými povrchy vést až k absolutnímu oslnění<sup>7</sup>.

#### 9.1.1 Výplň osvětlovacích otvorů

Nejčastější výplň osvětlovacích otvorů je sklo, které umožňuje velmi dobrou propustnost světla. Za kladnou charakteristiku lze považovat snadné čištění, relativní odolnost proti mechanickému poškození a také téměř neomezenou životnost.

Pro regulaci prostupu světla sklem se používají například rozptylná a vzorovaná skla, která se využívají především k zabránění průhledu.

---

<sup>7</sup> Absolutní oslnění vzniká pokud je v zorném poli pozorovatele tak vysoký jas, že se již oko není schopné přizpůsobit adaptací.

Viditelnou a infračervenou (tepelnou) část slunečního záření propouští běžné čiré sklo, zatímco ultrafialové záření propouští relativně málo, díky čemuž uživatelům budov téměř nehrozí spálení vlivem slunečních paprsků.

Důsledkem infračerveného slunečního záření, dopadajícího do interiéru je zahřívání místnosti. Takto vzniklé teplo se však ven téměř nedostane a může vést k postupnému přehřívání interiéru. Na základě tohoto faktu výrobci neustále vyvíjejí speciální skla, která propouštějí jen viditelnou část slunečního záření a prostup tepelné části záření je za pomoci pohlcení či odrazu do určité míry omezen.

### 9.1.2 Stínící prvky

- **Žaluzie**

V dnešní době jsou žaluzie velmi rozšířeným regulačním prvkem. Vyrábí se v mnoha variantách jak materiálových tak barevných. Žaluzie lze umístit jak v interiéru, tak v exteriéru v ojedinělých případech lze žaluzie umístit mezi skla okenního otvoru. Výhodou žaluzií je především možnost regulace rozložení jasu v místnosti, ovlivnění směru dopadajících světelných paprsků a tím omezení oslnění. Naopak velkou nevýhodou je jejich nesnadná údržba. Všechny hodnocené učebny mají nové žaluzie, jen učebna 6. B obsahuje rolovací tmavé rolety.

- **Závěsy a rolety**

Závěsy žaluzie se opět vyrábějí v nepřeberném množství materiálů a barev. Pokud používáme rolety v interiéru, je vhodné volit světlé barvy, tak aby nedocházelo k hromadění tepelné energie v místnosti a s tím k přehřívání místností.

- **Vzrostlá zeleň**

Při správném umístění vzrostlé listnaté zeleně můžeme v učebnách regulovat denní světlo. V letním období nám poslouží jako stínící prvek, zatímco v zimním období, kdy je zeleň bez listů, umožňuje dostatečný průchod osvětlení. [3]

## 9.2 Zlepšení činitele denní osvětlenosti

Pouze jedna učebna vyhověla na minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti dle normových požadavků [1] ve všech kontrolních bodech a to pouze ve variantě č. 1, tedy ve variantě při, které byly použity hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí získaných na základě měření. Ostatní učebny tyto

požadavky bohužel nesplňují. Hodnoty činitele denní osvětlenosti lze v učebnách částečně ovlivnit barevností povrchů, například v učebně 7. A na 1. ZŠ by k mírnému zlepšení mohla přispět změna výmalby na světlejší odstíny. Další doporučení jsou již finančně a stavebně náročnější. Například ke zlepšení činitele denní osvětlenosti by přispělo zvětšení čisté plochy zaklení a zmenšení rámu nebo celkové zvětšení okenního otvoru a snížení výšky nadpraží na minimum. Například by tyto úpravy mohly přispět ke zlepšení kvality denního osvětlení v učebnách 1. ZŠ, konkrétně v původní části zástavby, ve které jsou okenní otvory v učebnách relativně malé a zároveň mají poměrně vysoké nadpraží. Jelikož se jedná o původní budovu, u které by změna proporcí okenních otvorů ovlivnila celkový vzhled budovy a zároveň by byla velice nákladná, či dokonce ze statického hlediska nemožná, nepředpokládá se, že by k těmto změnám mohlo dojít.

### 9.3 Údržba povrchů

Na množství a kvalitu denního osvětlení má v neposlední řadě vliv údržba povrchů. Neudržované okenní otvory propouštějí do interiéru menší množství světelných paprsků, což způsobí pokles hodnot činitele denní osvětlenosti. Při výpočtech se předpokládá, že údržba povrchů probíhá ve školních budovách pravidelně nejméně dvakrát ročně, jak uvádí norma ČSN 73 0581-1[1]. Jedná se však o minimální četnost údržby povrchů. Vzhledem k lokalitě se zvýšenou prašností, ve které se základní školy nachází, by bylo jistě vhodné pravidelnou údržbu provádět častěji.

## Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo poukázat na důležitost denního osvětlení. Diplomová práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části byly vysvětleny základní principy světelné techniky, funkce zrkovného systému a jeho reakce na měnící se světelné podmínky. Dále je teoretická část zaměřena na teorii měření a výpočtu potřebou pro získání hodnot činitele denního osvětlení a s tím spojené požadavky kladené na kvalitu světelných podmínek pro základní školy.

Praktická část se zaměřuje již na konkrétní budovy dvou základních škol. V těchto budovách byly vybrány pro posouzení vždy dvě kmenové učebny prvního stupně a dvě kmenové učebny druhého stupně. Každá učebna byla pečlivě zaměřena a zdokumentována. Na základě prvního měření byly vytvořeny výkresy půdorysů a pohledů na jednotlivé stěny a podrobný seznam všech povrchů učeben. Při měření v učebnách byly získány hodnoty činitele propustnosti světla výplní osvětlovacího otvoru a činitele odrazu světla jednotlivých povrchů učebny pomocí tří různých metod- určení dle normy, určení dle vzorníku a měření pomocí jasoměru a luxmetru. Z naměřených hodnot činitele odrazu světla jednotlivých povrchů byly dopočteny průměrné hodnoty odrazu světla pro stěny, strop a podlahu u každé učebny.

V první variantě výpočtu hodnot činitele denní osvětlenosti pomocí odborného softwaru byly použity hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých konstrukcí získané při měření v daných učebnách, zatímco ve druhé variantě byly využity normové hodnoty pro činitel odrazu světla podlahy, stěn a stropu. Výstupem z odborného softwaru byla síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti pro každou z učeben a následné vyznačení hranice určující prostor pro trvalý pobyt osob. Zajímavé bylo především vzájemné porovnání variant, které ukazuje, do jaké míry je ovlivněn výpočet činitele denního osvětlení vstupními daty. Prostor určený pro trvalý pobyt osob vychází příznivěji, až na jednu učebnu, v první variantě výpočtu, tedy ve variantě s naměřenými činiteli odrazu světla vnitřních povrchů. V tomto případě se potvrzuje, že pokud při výpočtu použijeme normové hodnoty, přikláníme se na stranu bezpečnosti. Obě varianty vypočtených hodnot činitele denní osvětlenosti byly porovnány s požadovanými hodnotami činitele denního osvětlení dle příslušné třídy zrkovné činnosti určené z ČSN 730580-1 [1]. V tabulce závěrečného hodnocení učeben je vidět, že většina učeben nevyhoví na



požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti v celé své ploše ani na rovnoměrnost denního osvětlení.

Učebny byly hodnoceny z kvalitativního hlediska pomocí dotazníkového šetření. Toto hodnocení učeben je založeno na subjektivním názoru žáků a je proto těžko srovnatelné s vypočtenými daty. I přesto nám dává důležitou představu o tom, jak se žáci v učebnách cítí. Na základě dotazníků bylo zjištěno, že žáci se ve svých kmenových učebnách cítí převážně dobře i v případě, že jejich učebna nevyhověla kvantitativním ani kvalitativním požadavkům kladených normou ČSN 73 0580-1 [1].

Skutečnost, že žáci nepociťují výraznou nespokojenost z hlediska nedostatku denního osvětlení, vede pravděpodobně k tomu, že na tento problém dostatečně neupozorňují. Díky adaptaci zraku dokážeme nedostatek denního osvětlení nevědomky snášet i celá léta, přestože z dlouhodobého hlediska má negativní a většinou nevratné účinky na naše zdraví. Proto bychom měli apelovat především na všechny, kteří pracovní prostředí žáků mohou ovlivnit, aby tomuto tématu věnovali dostatečnou pozornost.

Problémy s množstvím a kvalitou denního osvětlení se dají u stávajících staveb řešit jen v omezeném rozsahu, ale díky těmto a podobným poznatkům jsme schopni poukázat na dané problémy a ponaučit se z nich, tak aby do budoucna vznikaly už jen učebny, kde kvalitní prostředí z hlediska denního osvětlení bude bráno jako standart.

## Použitá literatura

- [1] ČSN 73 0580-1 *Denní osvětlení budov*. Část1: Základní požadavky. Praha: ČNI, 2007, 24s. Zohledněna změna Z1 z r. 2011
- [2] WEIGLOVÁ, Jiřina., BOŠOVÁ, Daniela., KAŇKA, Jan. *Stavební fyzika 1*. Dotisk prvního vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 130 s., 2010. ISBN 978-80-10-03392-0.
- [3] VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. *Stavební světelná technika - přednášky*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 176s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.
- [4] KAŇKA, Jan. *Denní osvětlení obytných místností*. Světlo: Časopis pro světlo a osvětlení [online]. 2010, st. 30 [ cit. 2018-5-13]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40807.pdf>
- [5] DANNHOFEROVÁ, Jana. *Velká kniha barev*. Brno: Computer Press, 352 s., 2012. ISBN 978-80-251-3785-7.
- [6] Mapový portál Mapy.cz [online]. OpenStreetMap , 2018 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z : <https://mapy.cz/zakladni?x=15.2028016&y=49.8506774&z=8>
- [7] ČSN 73 0580-3 *Denní osvětlení budov – Část 3: Denní osvětlení škol*, ČNI Praha, červen 2007.
- [8] ČSN 36 0011-1 *Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení*. Praha : ÚNMZ, 2014, 16 s.
- [9] CEMIX, *Vzorník barev*, 2017, dostupné z: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb
- [10] JpSoft s. r. o. *SVĚTLO+* [software] Software pro denní osvětlení a oslunění budov. Informace na [www.svetloplus.cz](http://www.svetloplus.cz)
- [11] KAŇKA, Jan. *DEO 1. Vybrané stati ze stavební světelné techniky*. První vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 88s. 2014. ISBN 978-80-01-05468-0.

- [12] TYWONIAK, Jan., a kolektiv. Pozemní stavitelství VI pro SPŠ stavební - Stavební fyzika, zdravotní nezávadnost a požární bezpečnost staveb. Praha: Grada, 148 s. 2014. ISBN 978-80-247-5102-3.
- [13] VYCHYTIL, Jaroslav. Stavební světelná technika - cvičení. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 156 s. 2015.
- [14] WEIGLOVÁ, Jiřina., KAŇKA, Jan. Stavební fyzika 10. Denní osvětlení a oslunění budov. Dotisk prvního vydání. Praha : ČVUT v Praze, 2002, 172 s., 16 příloh (na volných listech). ISBN 80-01-01913-6.
- [15] CHRÁSKA, Miroslav. 2016. Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-5326-3.
- [16] WikiSkripta, projekt sítě lékařských fakult MEFANET In: . [cit. 2018-05-14]. Dostupné na internete: [https://www.wikiskripta.eu/w/Okno\\_\(biofyzika\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Okno_(biofyzika))
- [17] Dalekozrakost a krátkozrakost [online]. In: . [cit. 2018-05-14]. Dostupné na internete: <https://www.symptomy.cz/nemoc/kratkozrakost>
- [18] Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. Praha: Ministerstvo zdravotnictví v dohodě s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy a Ministerstvem práce a sociálních věcí. Zohledněna změna 343/2009 Sb.
- [19] Denní osvětlení a oslunění budov. *TZB-info, stavební, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. In: . [cit. 2018-05-14]. Dostupné na internete: <https://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/15093-pozadavky-na-denni-osvetleni-budov>
- [20] ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení prostorů – Část 1: Měření denního osvětlení. Praha : ÚNMZ, 2014, 12 s.

## Seznam příloh

Příloha A – vzorový dotazník.....	2
Příloha B – výstupy z programu Světlo+ .....	4
Příloha C – vyhodnocení otázek dotazníkového šetření.....	příložené CD
Příloha D – vyplněné dotazníky .....	příložené CD

## Příloha A – vzorový dotazník

### DOTAZNÍK K DIPLOMOVÉ PRÁCI

TÉMA: HODNOCENÍ UČEBEN Z HLEDISKA DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Tento dotazník se stane podkladem pro vypracování diplomové práce na fakultě stavební ČVUT v Praze, a proto bych tě chtěla požádat o jeho vyplnění. Dotazník je zaměřen na hodnocení učeben z hlediska denního osvětlení a je zcela anonymní. Cílem mé práce je zjistit, jak se cítíte ve vaší učebně a tato data porovnat s vypočtenými daty a normovými požadavky. Svě odpovědi prosím zaškrtni nebo vypiš.

Předem děkuji za Tvůj čas, který jsi strávil/a při vyplnění tohoto dotazníku.

Weisová Tereza

1, Tvé pohlaví?  dívka  chlapec

2, Kolik ti je let? .....

3, Jaké je počasí v tento den?  jasno  polojasno  zataženo

4, V kolikáté řadě od tabule sedíš? .....

5, V jaké lavici sedíš? (zaškrtni)

okno 

6, Nosím?  brýle  čočky  nemám problém se zrakem

V případě, že nosíš brýle nebo čočky, prosím vyplň:

vidím špatně na dálku  vidím špatně na blízko  nevím

7, Jakou rukou píšeš?  levou  pravou

8, Vidíš dobře na tabuli?

- ano, vždy
- ne, pokud svítí jasné slunce
- ne, pokud se svítí umělým osvětlením (žárovky, zářivky ...)
- ne, nikdy
- jiný případ (prosím rozepiš) .....

9, Vidíš dobře na sešit při psaní?

- ano, vždy
- ne, pokud svítí jasné slunce
- ne, pokud se svítí umělým osvětlením (žárovky, zářivky ...)
- ne, nikdy
- jiný případ (prosím rozepiš) .....

10, Máš pocit, že špatně vidíš **na tabuli** i v případě, že venku svítí jasné slunce?

- určitě ano
- spíše ano
- nevím
- spíše ne
- určitě ne

11, Máš pocit, že špatně vidíš **na sešit při psaní** i v případě, že venku svítí jasné slunce?

- určitě ano
- spíše ano
- nevím
- spíše ne
- určitě ne

12, Máš pocit, že tě během vyučování něco oslňuje? (moment, kdy ti svítí slunce přímo do očí nebo se od něčeho odráží a ty musíš přivírat oči)

ano  ne

Pokud ano, můžeš tomu nějak zabránit?(např. zatáhnout závěs, zatáhnout žaluzie)

ano  ne

13, Máš pocit, že ti někdo nebo něco během vyučování stíní? (spolužák, nábytek, květiny...)

ano  ne

14, Máš raději denní nebo umělé osvětlení?

denní (přirozené světlo ze slunce)  umělé (žárovky, zářivky...)  neřeším to

15, Kdy se cítíš v učebně nejlépe?

- když svítí jasné slunce
- když je venku polojasno
- když je venku zataženo a v místnosti svítí umělé osvětlení (žárovky, zářivky...)
- když je venku zataženo a v místnosti **nesvítí** umělé osvětlení (žárovky, zářivky...)
- jiný případ (prosím rozepiš) .....

16, Máš raději studené nebo teplé barvy?

teplé  studené

*nápověda: teplé barvy: žlutá, oranžová, červená, hnědá,  
studené barvy: zelená, modrá, tyrkysová, fialová*

17, Které roční období máš rád/a?

jaro  léto  podzim  zima

18, Jsi spokojená/ný s použitými barvami v této učebně?(např. barvy zdí, nábytku, výzdoby apod.)

určitě ano  spíše ano  neřeším to  spíše ne  určitě ne

Pokud nejsi spokojená/ný napiš prosím, co bys změnil/a:

barvu zdí  barvu nábytku  výzdobu  něco jiného (prosím rozepiš).....

19, Cítíš se spokojeně ve své učebně?

určitě ano  spíše ano  neřeším to  spíše ne  určitě ne

20, Pociťuješ během vyučování problémy spojené se špatnými světelnými podmínkami? (zaškrtni jednu nebo více odpovědí)

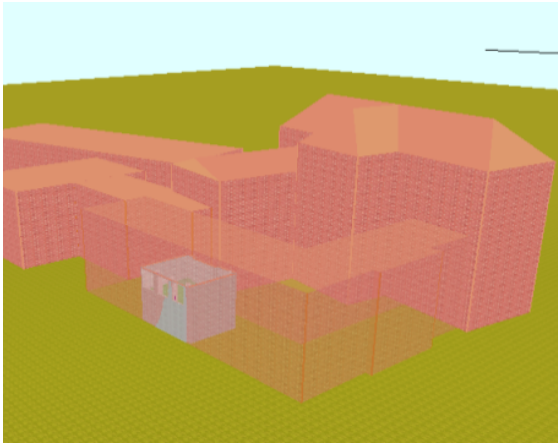
- nepociťuji žádné problémy  bolest hlavy
- únava  rozostřený zrak
- nesoustředěnost  pálení očí
- jiné problémy (prosím rozepiš).....

Prostor pro tvé postřehy a připomínky:

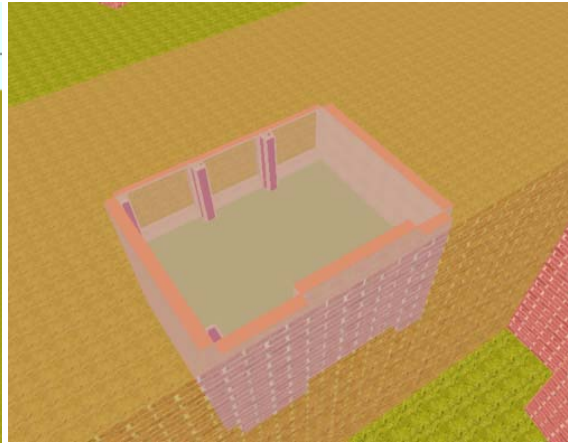
.....  
.....  
.....

## Příloha B – výstupy z programu Světlo+

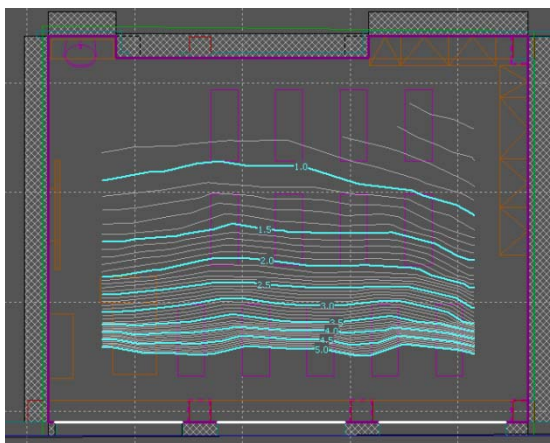
### 1. ZŠ – Učebna 4. A



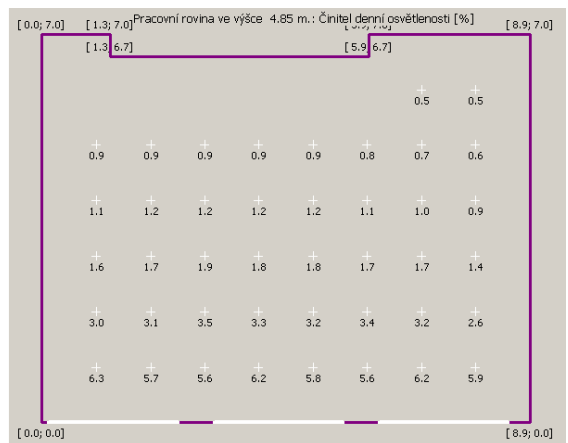
Obrázek 1: Umístění učebny



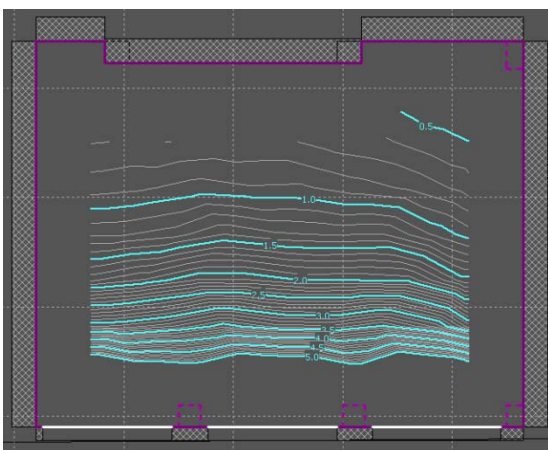
Obrázek 2: Pohled na učebnu



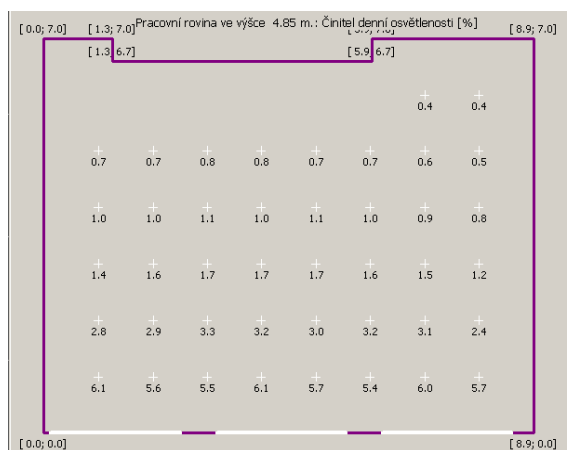
Obrázek 3: Varianta č. 1 - izofoty



Obrázek 4: Varianta č. 1 - síť kontrolních bodů

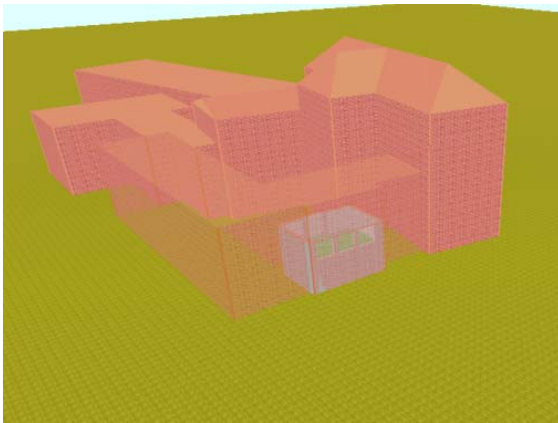


Obrázek 5: Varianta č. 2 - izofoty

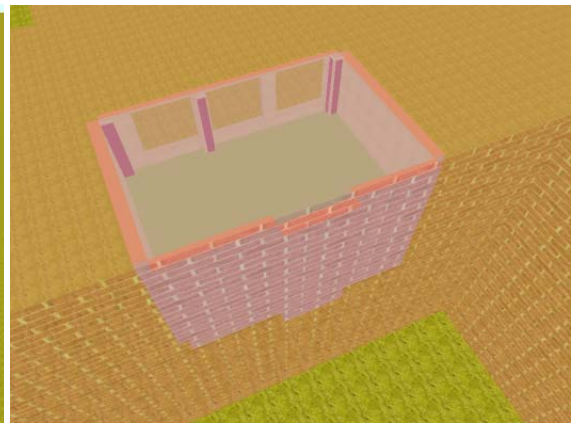


Obrázek 6: Varianta č. 2 - síť kontrolních bodů

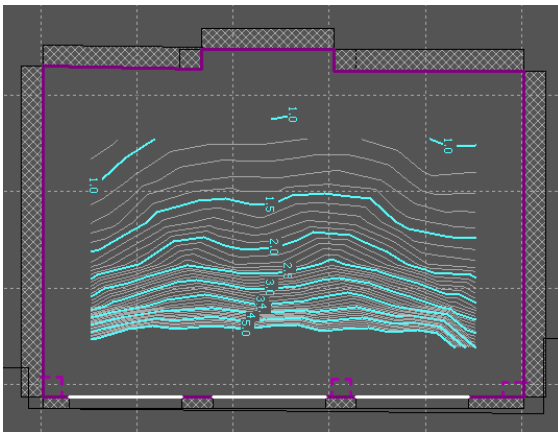
# 1. ZŠ – Učebna 4. B



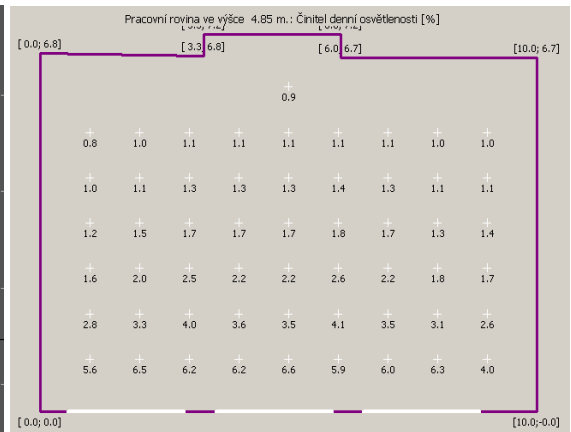
Obrázek 7: Umístění učebny



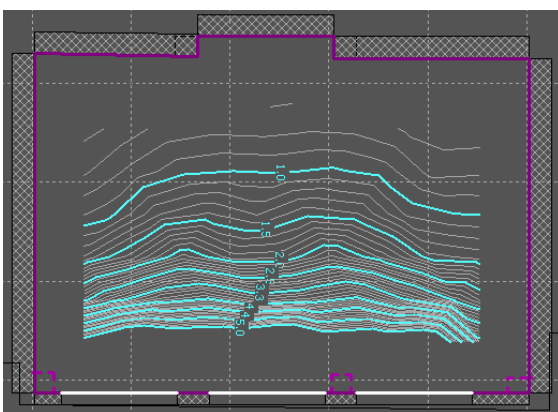
Obrázek 8: Pohled na učebnu



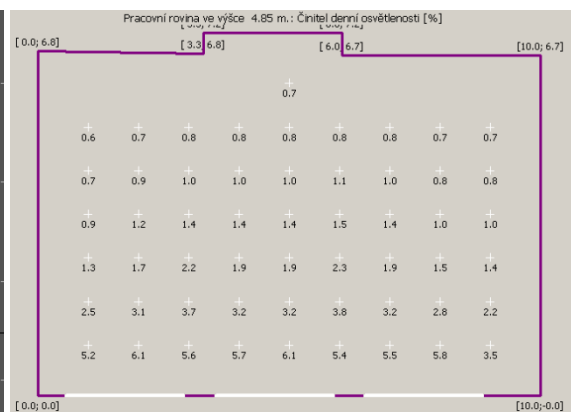
Obrázek 9: Varianta č. 1 - izofoty



Obrázek 10: Varianta č. 1 - síť kontrolních bodů



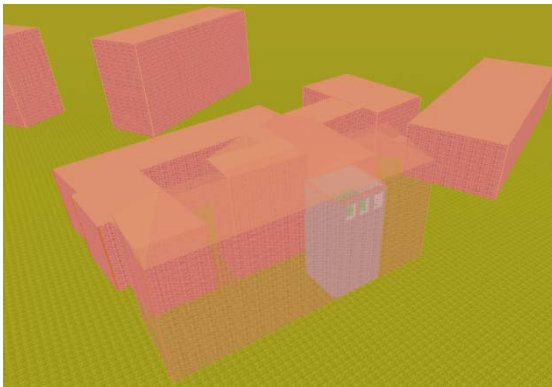
Obrázek 11: Varianta č. 2 - izofoty



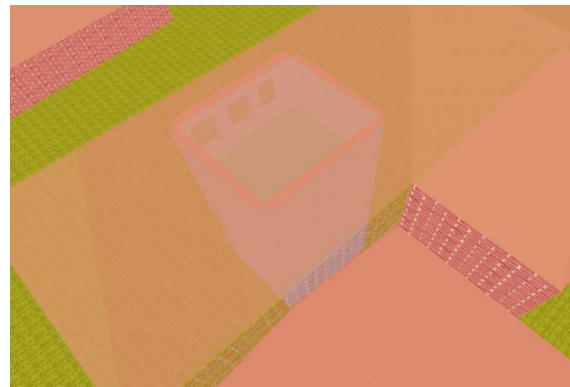
Obrázek 12: Varianta č. 2 - síť kontrolních bodů



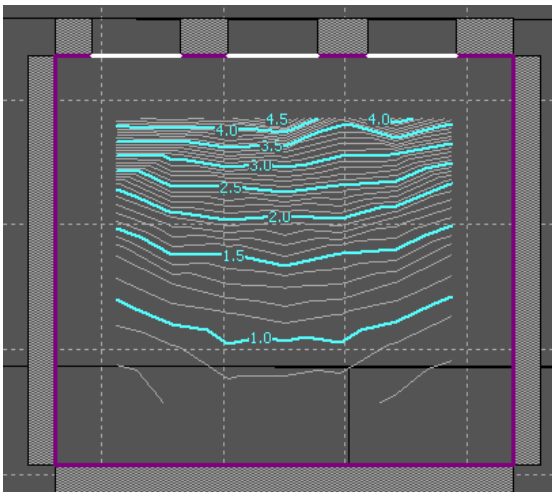
# 1. ZŠ – Učebna 7. A



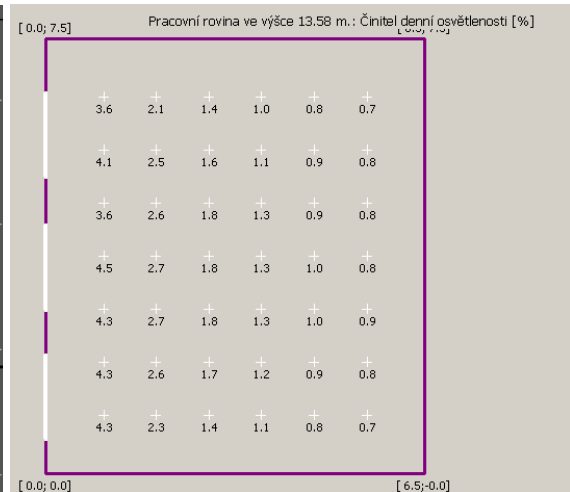
Obrázek 13: Umístění učebny



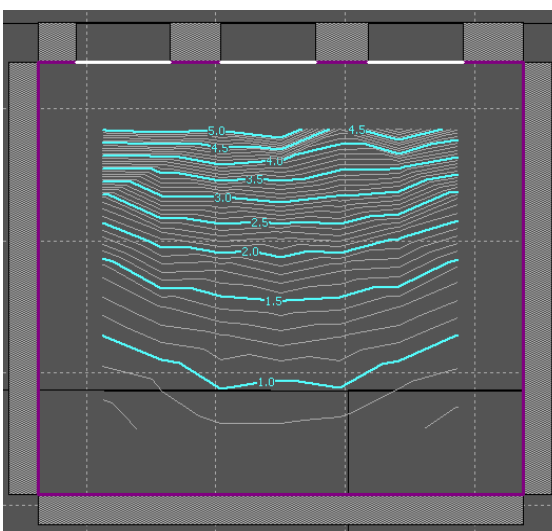
Obrázek 14: Pohled na učebnu



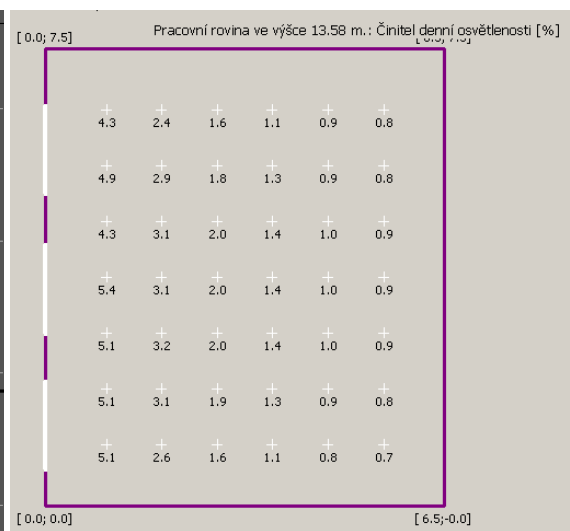
Obrázek 15: Varianta č. 1 - izofoty



Obrázek 16: Varianta č. 1 - síť kontrolních bodů

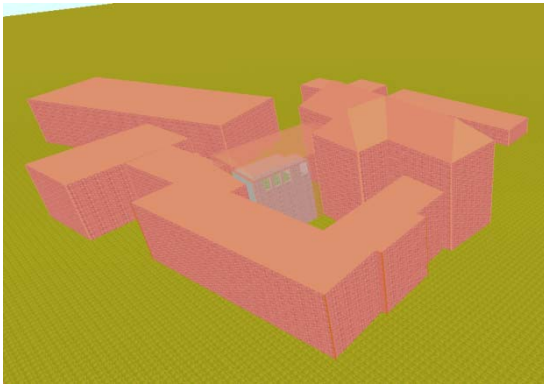


Obrázek 17: Varianta č. 2 - izofoty

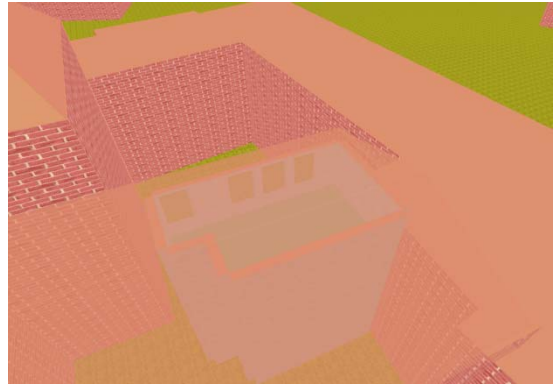


Obrázek 18: Varianta č. 2 - síť kontrolních bodů

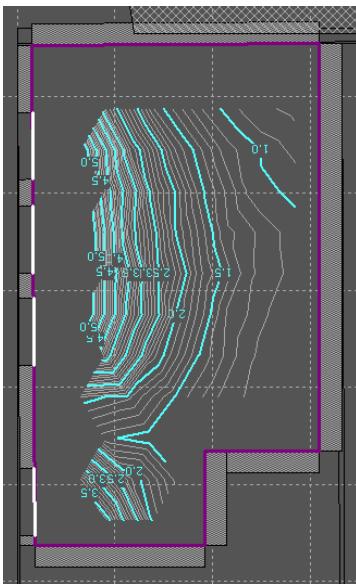
# 1. ZŠ – Učebna 8. C



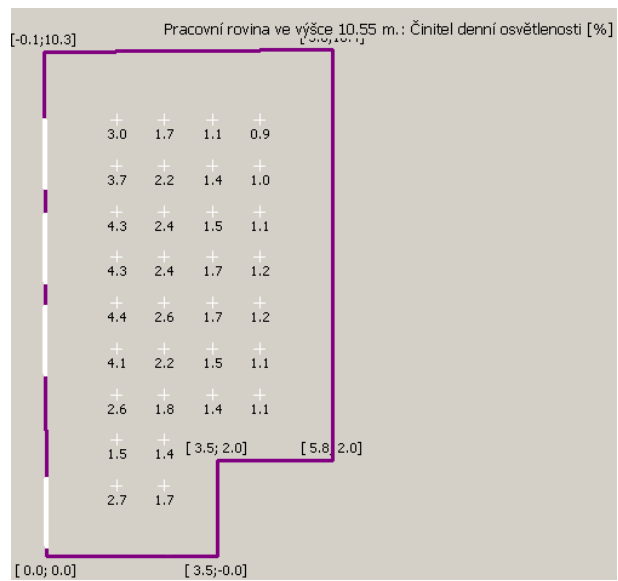
Obrázek 19: Umístění učebny



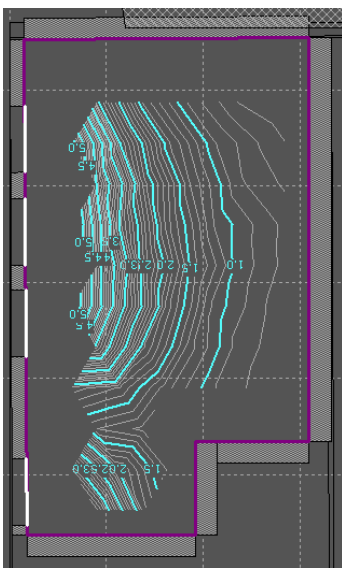
Obrázek 20: Pohled na učebnu



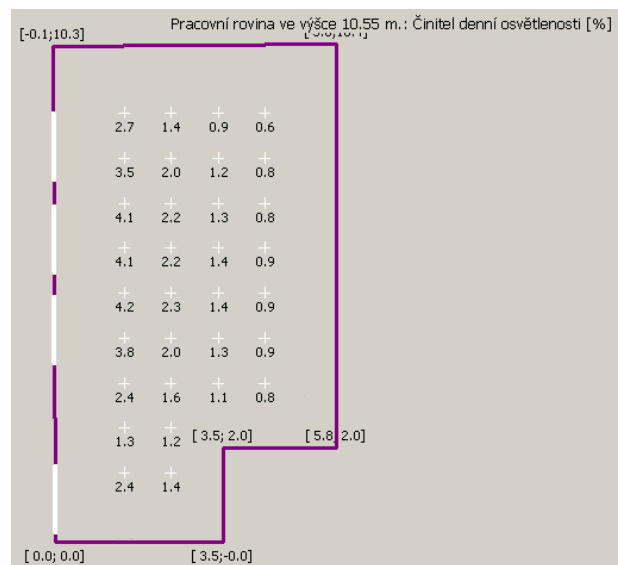
Obrázek 21: Varianta č. 1 – izofoty



Obrázek 22: Varianta č. 1 - síť kontrolních bodů

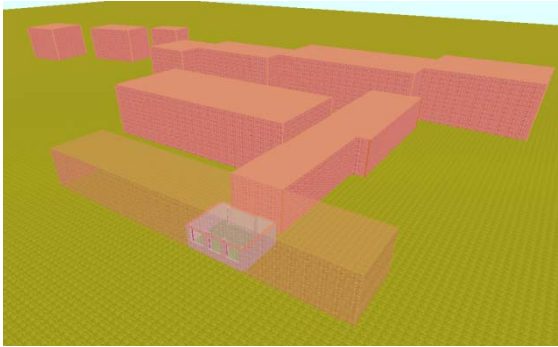


Obrázek 23: Varianta č. 2 - izofoty

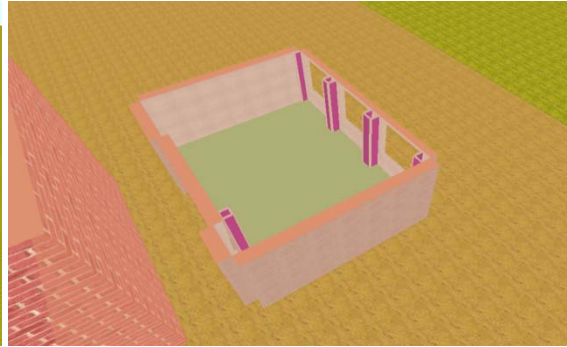


Obrázek 24: Varianta č. 2 - síť kontrolních bodů

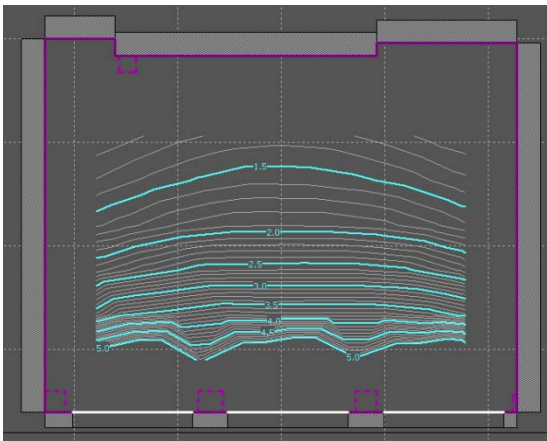
## 2. ZŠ – Učebna 4. A



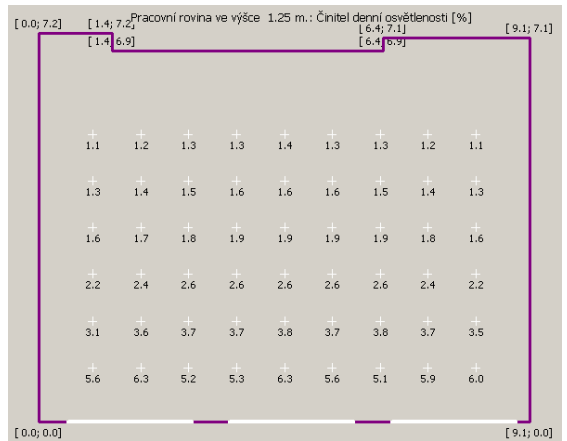
Obrázek 25: Umístění učebny



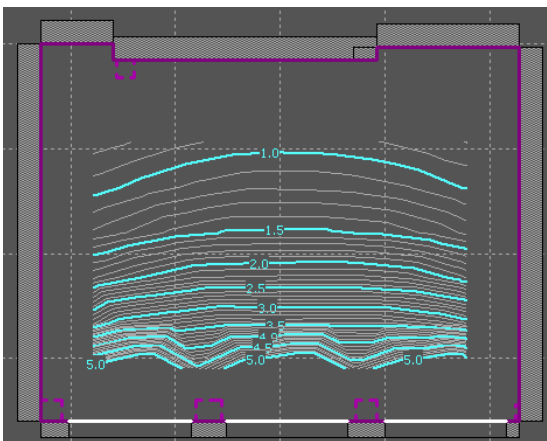
Obrázek 26: Pohled na učebnu



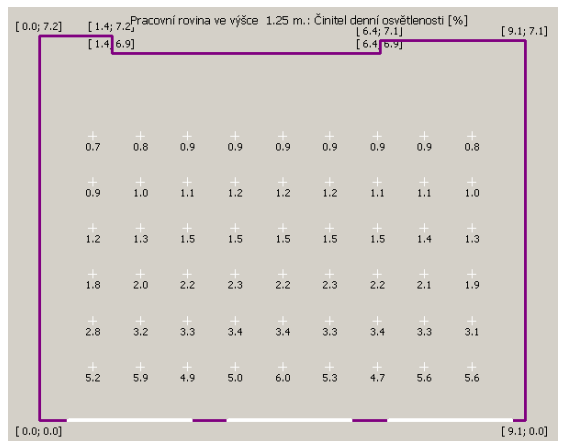
Obrázek 27: Varianta č. 1 - izofoty



Obrázek 28: Varianta č. 1 - síť kontrolních bodů

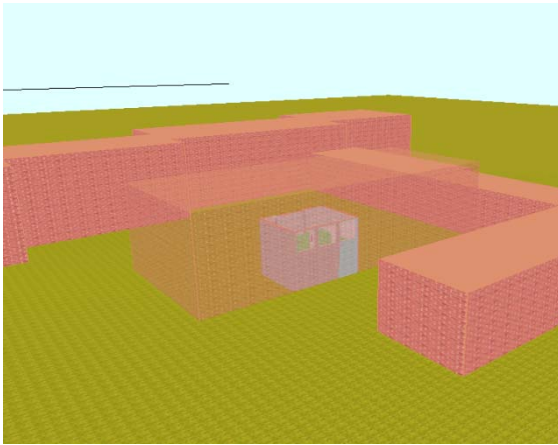


Obrázek 29: Varianta č. 2 - izofoty

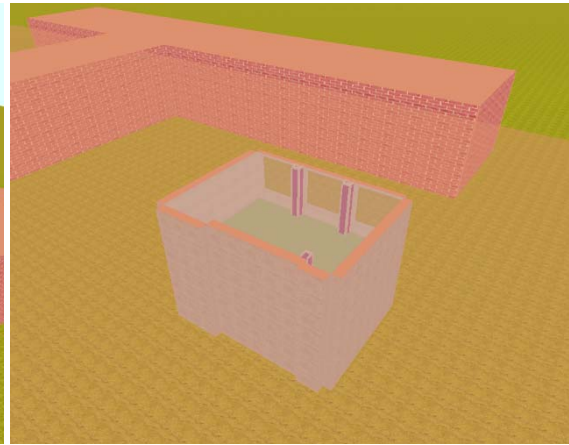


Obrázek 30: Varianta č. 2 - síť kontrolních bodů

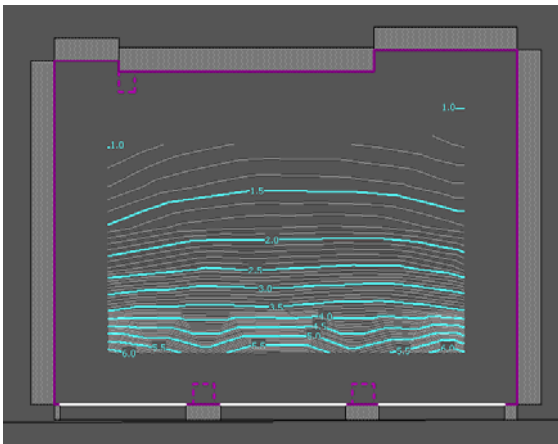
## 2. ZŠ – Učebna 5. B



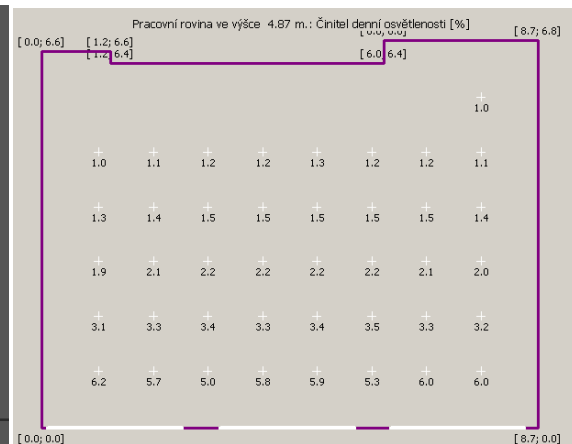
Obrázek 31: Umístění učebny



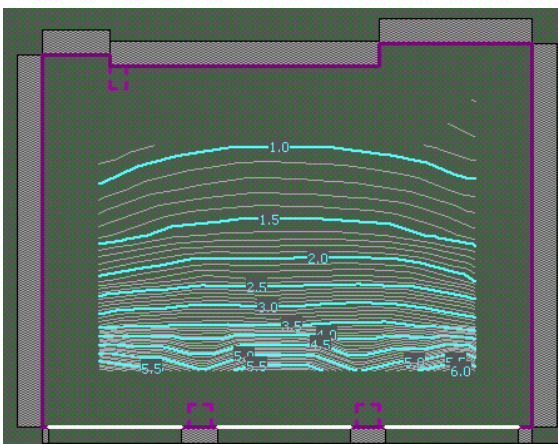
Obrázek 32: Pohled na učebnu



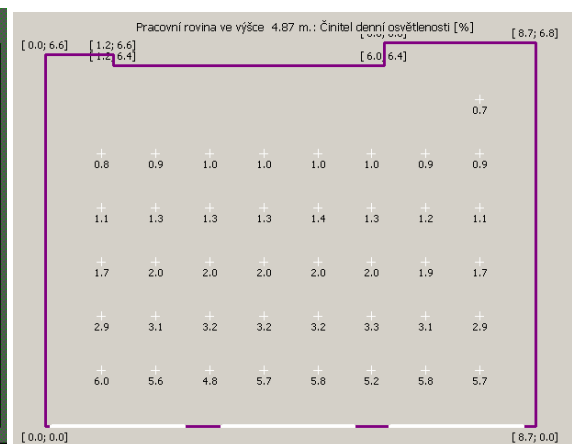
Obrázek 33: Varianta č. 1 - izofoty



Obrázek 34: Varianta č. 1 - síť kontrolních bodů



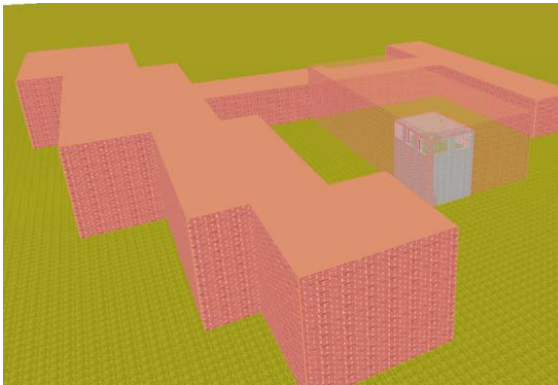
Obrázek 35: Varianta č. 2 - izofoty



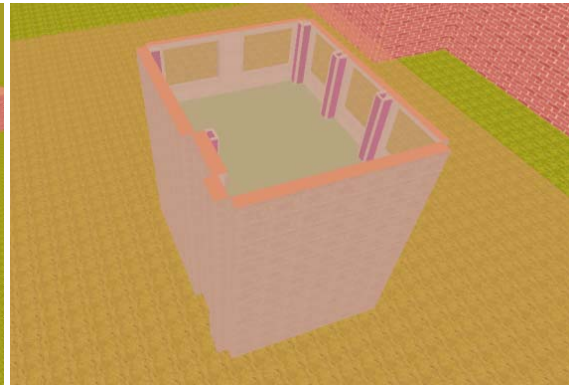
Obrázek 36: Varianta č. 2 - síť kontrolních bodů



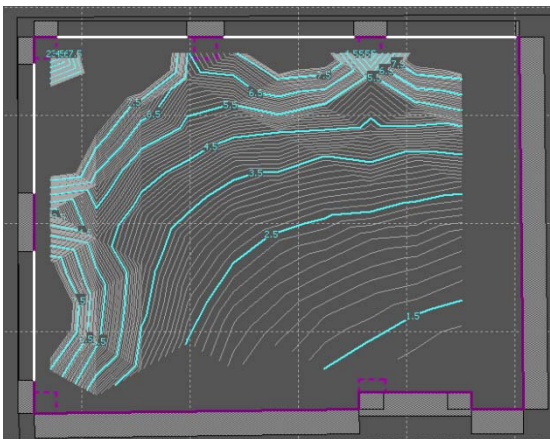
## 2. ZŠ – Učebna 6. B



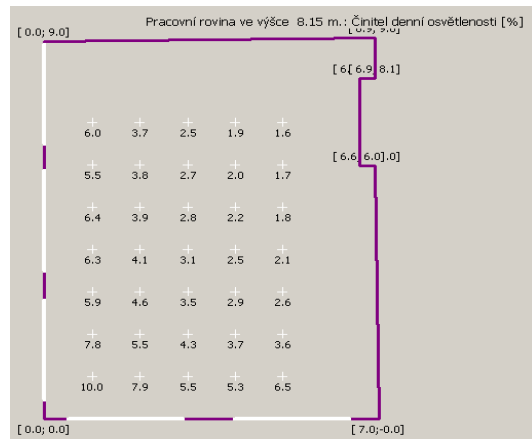
Obrázek 37: Umístění učebny



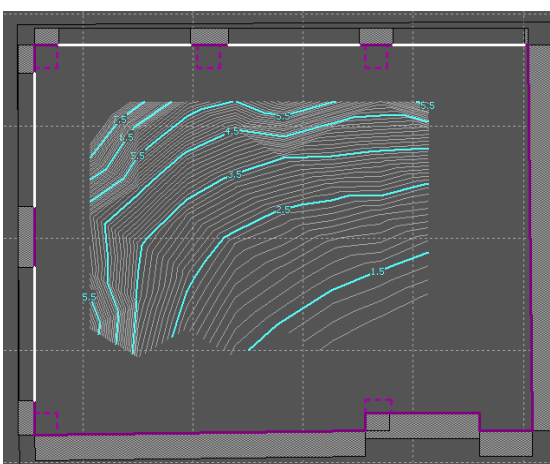
Obrázek 38: Pohled na učebnu



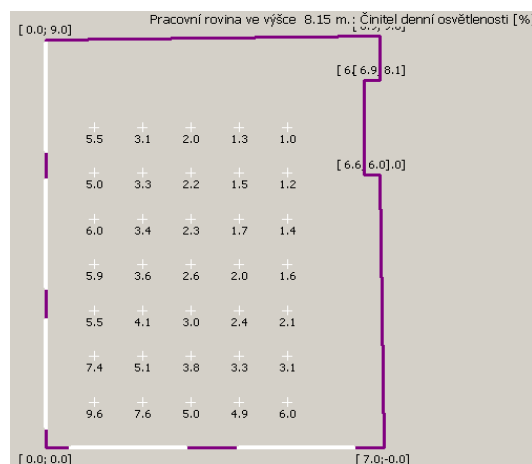
Obrázek 39: Varianta č. 1 - izofoty



Obrázek 40: Varianta č. 1 - síť kontrolních bodů

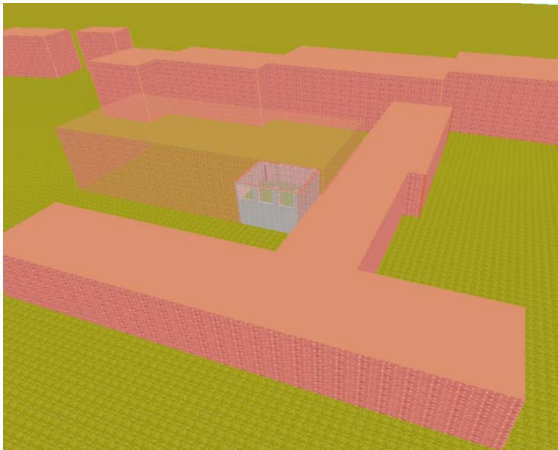


Obrázek 41: Varianta č. 2 - izofoty

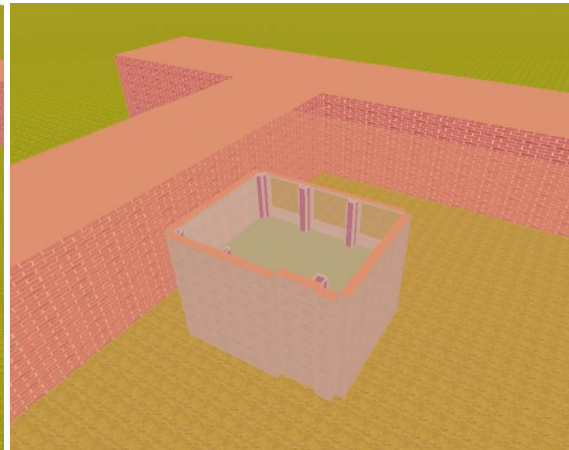


Obrázek 42: Varianta č. 2 - síť kontrolních bodů

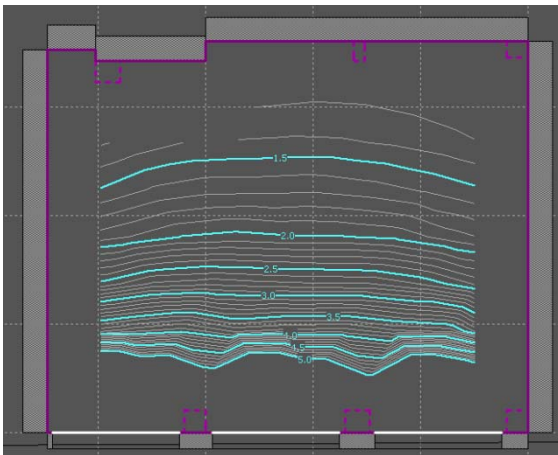
## 2. ZŠ – Učebna 9. A



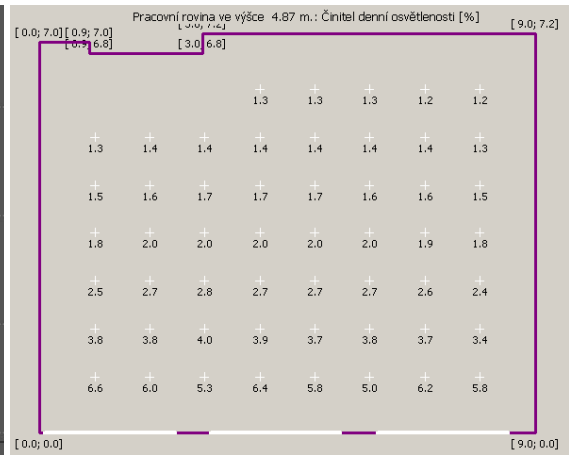
Obrázek 43: Umístění učebny



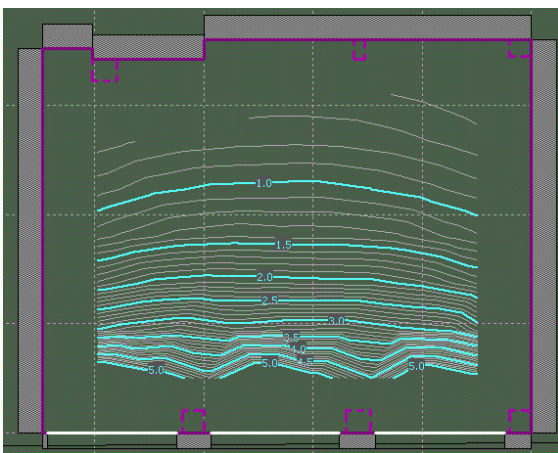
Obrázek 44: Pohled na učebnu



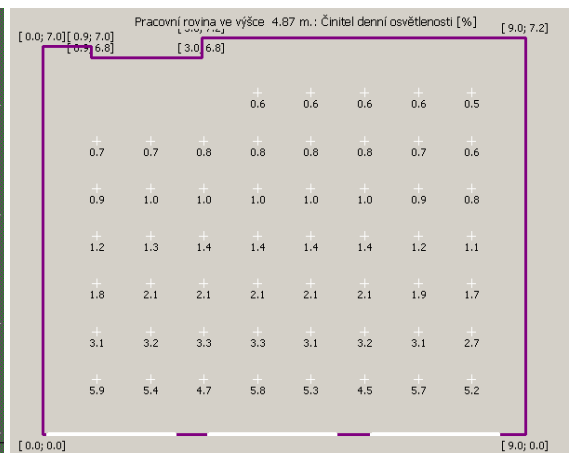
Obrázek 45: Varianta č. 1 - izofoty



Obrázek 46: Varianta č. 1 - síť kontrolních bodů



Obrázek 47: Varianta č. 2 - izofoty



Obrázek 48: Varianta č. 2 - síť kontrolních bodů