

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Učebny na gymnáziu z pohledu denního osvětlení
Classrooms on a grammar school in terms of daylighting

Diplomová práce

Vypracovala:	Bc. Kristýna Tomanová
Vedoucí práce:	Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.
Studijní obor:	Budovy a prostředí, zaměření Konstrukce budov
Semestr:	Zimní 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Tomanová Jméno: Kristýna Osobní číslo: 438 503
 Zadávající katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb (K124)
 Studijní program: Budovy a prostředí (N3649)
 Studijní obor: Budovy a prostředí (3608T006)

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Učebny na gymnáziu z pohledu denního osvětlení
 Název diplomové práce anglicky: Classrooms on a grammar school in terms of daylighting

Pokyny pro vypracování:

Požadavky kladené na školní učebny z hlediska denního osvětlení. Zdůvodnění potřeby denního světla. Výběr vhodných učeben na konkrétním gymnáziu. Popis měření denního osvětlení. Určení vybraných vstupních světelně technických parametrů (činitel odrazu světla, případně i propustnost světla zasklením) na základě normových hodnot, pomocí vzorníku a na základě vlastního měření. Posouzení denního osvětlení v daných učebnách pomocí odborného softwaru. Vyhodnocení výsledků s ohledem na ČSN 73 0580-3 a novou ČSN EN 17037. Zjištění názorů žáků na úroveň a kvalitu osvětlení v dané učebně pomocí dotazníků. Ověření platnosti subjektivního hodnocení podáním dotazníků v různých časových úsecích. Porovnání výsledků výpočtů s názory žáků zjištěnými v dotazníkovém šetření. Soupis doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení. Praha : ÚNMZ, 2014.
 ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení prostorů – Část 2: Měření denního osvětlení. Praha : ÚNMZ, 2014.
 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.
 ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov. ČAS Praha, červen 2019.
 VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. Stavební světelná technika - přednášky. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 176 s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.

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

Datum zadání diplomové práce: 23. 9. 2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5. 1. 2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

23. 9. 2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Kristýna Tomanová

Název diplomové práce: Učebny na gymnáziu z pohledu denního osvětlení

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 100 %

Formulace úkolů: Světelně-technické požadavky kladené na školní učebny. Zdůvodnění potřeby denního světla. Výběr vhodných učeben. Změření vybraných světelně-technických parametrů a princip jejich stanovení. Posouzení denního osvětlení v daných učebnách.

Vyhodnocení výsledků podle dosavadní a nové normy. Zjištění názorů žáků na osvětlení učebny pomocí dotazníků. Soupis doporučení vedoucí k zajištění vyhovujícího denního osvětlení.

Podpis vedoucího DP:

Datum: 23.9.2019

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, pouze za odborných konzultací vedoucího Ing. Bc. Jaroslava Vychytila, Ph.D.

Dále prohlašuji, že všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

Bc. Kristýna Tomanová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad, vstřícnost a asistenci při měření.

Děkuji řediteli a zástupci ředitele gymnázia za umožnění přístupu do školy a hodnocení učeben. Dále také děkuji pedagogickým pracovníkům a žákům, kteří se zúčastnili dotazníkového šetření.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je zhodnocení denního osvětlení ve vybraných učebnách gymnázia. V těchto učebnách proběhlo nejprve jejich zaměření a popis současného stavu. Rovněž bylo provedeno měření hodnot jasu a osvětlenosti daných povrchů. Z těchto dat byl následně stanoven činitel odrazu světla jednotlivých povrchů. Pomocí programu byly pro různé varianty posouzeny učebny z hlediska množství denního světla a rovnoměrnosti denního světla v místnosti. K výpočtu byly použity naměřené a normové hodnoty činitele odrazu světla každého povrchu. Další část diplomové práce se zabývá kvantitativním výzkumem pomocí dotazníkového šetření, ve kterém byl zjišťován názor studentů na kvalitu světlených podmínek v učebnách. Výsledky tohoto šetření, které obsahují subjektivní názory žáků, byly porovnávány s vypočtenými daty. V závěru je uveden návrh možných kroků vedoucích ke zlepšení podmínek denního světla v učebnách.

Klíčová slova

Denní osvětlení, činitel denní osvětlenosti, činitel odrazu světla, rovnoměrnost osvětlení, osvětlenost, jas, dotazníkové šetření, učebna, gymnázium

Abstract

The aim of this diploma thesis is to evaluate the daylighting in selected classrooms of grammar school. Description and measuring of current state of these classrooms were carried out. Measuring of luminance and illuminance of each surface values was carried out as well. The daylighting reflection factor of the individual surfaces was determined from these data. For different variants were the classrooms evaluated by a program based on the amount of the daylighting and uniformity ratio of illuminance in the classroom. Measured values and norms of the daylighting reflection factor of each surface were used for calculation. Another part of this thesis deals with quantitative research by means of a questionnaire survey, in which students were asked about their opinion on a quality of daylighting conditions in classrooms. The results of this survey, which contain subjective opinions of pupils, were compared with the calculated data. In the end there is a proposal of possible steps that lead to improvement of daylighting conditions in classrooms.

Keywords

Daylighting, daylighting factor, light reflection factor, uniformity of light, illuminance, luminance, questionnaire survey, classroom, grammar school

Úvod	11
1. Slunce a jeho záření	12
1.1 Slunce	12
1.2 Sluneční záření	12
2. Fyziologie vidění	14
2.1 Zrakový systém člověka	14
2.2 Akomodace	15
2.3 Poruchy zraku.....	16
2.4 Adaptace	17
3. Požadavky na denní osvětlení školních zařízení	19
3.1 Činitel denní osvětlenosti.....	19
3.2 Poloha kontrolních bodů dle ČSN 73 0580 -1 [3]	20
3.3 Poloha kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [5].....	21
3.4 Poměrná pozorovací vzdálenost a třídy zrakové činnosti.....	23
3.5 Požadavky na činitel denní osvětlenosti	23
3.5.1 Požadavky dle ČSN 73 0580-1 [3] a ČSN 73 0580-3 [4]	23
3.5.2 Požadavky dle ČSN EN 17037 [5]	24
3.6 Rovnoměrnost osvětlení.....	24
3.7 Rozložení světelného toku a převládající směr světla.....	24
3.8 Zabránění oslnění.....	25
3.9 Činitel odrazu vnitřních ploch	25
3.10 Barevnost povrchů	26
4. Hodnocený objekt	27
4.1 Popis a umístění objektu.....	27
4.2 Členění objektu	28
4.3 Kmenové učebny.....	29
4.3.1 Učebna S15.....	30
4.3.2 Učebna S18.....	31
4.3.3 Učebna S19.....	33
4.3.4 Učebna S21.....	35
4.3.5 Učebna S22.....	37
4.3.6 Učebna S26.....	39
5. Měření	42
5.1 Použité přístroje a pomůcky	42
5.2 Měření činitele odrazu světla.....	44
5.3 Měření činitele prostupu světla sklem.....	45
5.4 Měření učeben	45
5.4.1 Učebna S15.....	46
5.4.2 Učebna S18.....	48
5.4.3 Učebna S19.....	51
5.4.4 Učebna S21.....	53
5.4.5 Učebna S22.....	56
5.4.6 Učebna S26.....	58

6. Výpočet činitele denní osvětlenosti.....	61
6.1 Vstupní hodnoty.....	61
6.1.1 Činitel jasu stínící překážky	61
6.1.2 Činitel prostupu světla sklem	61
6.1.3 Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu okna	62
6.1.4 Činitel znečištění	63
6.1.5 Průměrný činitel odrazu světla	64
6.2 Činitel denní osvětlenosti v učebně S15	65
6.2.1 Průměrný činitel odrazu světla	65
6.2.2 Vstupní data	66
6.2.3 Činitel denní osvětlenosti.....	67
6.2.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:	68
6.2.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	69
– průsečík os:	69
6.2.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	69
– středy plošek:	69
6.2.4 Rovnoměrnost denního osvětlení	71
6.3 Činitel denní osvětlenosti v učebně S18	72
6.3.1 Průměrný činitel odrazu světla	72
6.3.2 Vstupní data	73
6.3.3 Činitel denní osvětlenosti.....	74
6.3.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:	75
6.3.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	76
– průsečík os:	76
6.3.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	76
– středy plošek:	76
6.3.4 Rovnoměrnost denního osvětlení	78
6.4 Činitel denní osvětlenosti v učebně S19	79
6.4.1 Průměrný činitel odrazu světla	79
6.4.2 Vstupní data	80
6.4.3 Činitel denní osvětlenosti.....	81
6.4.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:	82
6.4.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	83
– průsečík os:	83
6.4.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	84
– středy plošek:	84
6.4.4 Rovnoměrnost denního osvětlení	85
6.5 Činitel denní osvětlenosti v učebně S21	86
6.5.1 Průměrný činitel odrazu světla	86
6.5.2 Vstupní data	87
6.5.3 Činitel denní osvětlenosti.....	88
6.5.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:	89
6.5.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	90
– průsečík os:	90
6.5.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	91
– středy plošek:	91
6.5.4 Rovnoměrnost denního osvětlení	92

6.6	Činitel denní osvětlenosti v učebně S22	94
6.6.1	Průměrný činitel odrazu světla	94
6.6.2	Vstupní data	95
6.6.3	Činitel denní osvětlenosti.....	96
6.6.3.1	Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:	97
6.6.3.2	Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	98
	– průsečík os:	98
6.6.3.3	Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	98
	– středy plošek:	98
6.6.4	Rovnoměrnost denního osvětlení	100
6.7	Činitel denní osvětlenosti v učebně S26	101
6.7.1	Průměrný činitel odrazu světla	101
6.7.2	Vstupní data	102
6.7.3	Činitel denní osvětlenosti.....	103
6.7.3.1	Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:	104
6.7.3.2	Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	105
	– průsečík os:	105
6.7.3.3	Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]	105
	– středy plošek:	105
6.7.4	Rovnoměrnost denního osvětlení	107
7.	Dotazníkové šetření.....	108
7.1	Předvýzkum	108
7.2	Dotazníkové šetření a způsob vyhodnocování.....	108
7.3	Stanovené hypotézy.....	109
7.4	Charakteristika respondentů.....	110
7.5	Vyhodnocení hypotéz	114
8.	Celkové vyhodnocení učeben.....	125
8.1	Splnění požadavků normy ČSN 73 0580-1 [3]	125
8.2	Splnění požadavků normy ČSN EN 17037 [5].....	125
8.3	Dotazníkové šetření	126
9.	Navržená opatření	129
9.1	Úprava povrchů.....	129
9.2	Údržba povrchů.....	130
9.3	Regulační prostředky.....	130
9.3.1	Záclony	130
9.3.2	Žaluzie	131
9.3.3	Závěsy a rolety	132
9.3.4	Vzrostlá zeleň	132
	Závěr	133
	Seznam použité literatury	135
	Přílohy	

Úvod

V dnešní době trávíme až 90 % svého času v interiérech budov a proto bychom se měli snažit zajistit si v nich, co nejkvalitnější prostředí. V současné době se klade velký důraz na tepelnou techniku budov nebo výměnu vzduchu v interiéru a obory jako stavební akustika nebo světelná technika jsou často odsunuty do pozadí, přičemž i tyto obory jsou velmi důležité.

Denní světlo je nedílnou součástí našich životů a je pro člověka nenahraditelné. Ovlivňuje nejen naši náladu, ale i psychiku a zdraví a má významný vliv na naši práci i odpočinek. Je proto důležité zajistit si dostatečný přísun denního osvětlení do míst, kde trávíme nejvíce času a vytvořit si vhodné pracovní podmínky, které povedou k zajištění zrakové pohody. Zároveň je potřeba zamezit nepříznivým účinkům denního světla, jako je například oslnění.

Návrh denního osvětlení v budovách není závislý jen na vhodném výběru a velikosti osvětlovacích otvorů, ale souvisí i s nevhodnou orientací ke světovým stranám, špatným umístěním budovy do okolní zástavby nebo nesprávnou volbou stínících prostředků. Všechny tyto požadavky by měly být eliminovány již při samotném návrhu budovy, aby se předešlo případným nedostatkům.

Tato diplomová práce se zaměřuje na problematiku denního osvětlení na gymnáziu. Studenti tráví většinu svého dne ve školní budově, proto je důležitý přísun denního světla do učeben a zároveň vytvoření vhodných světelných podmínek v těchto učebnách. Budova gymnázia byla vybrána na základě mého předchozího studia a také dostupnosti a snadné komunikaci s vedením školy. Jelikož jsem na škole strávila osm let a trpím poruchou zraku, zajímalo mě také, jestli světelné podmínky, které na této škole jsou, jsou vyhovující nebo zda přispěly ke zhoršení mého zraku.

Denní osvětlení je hodnoceno na základě měření a následného výpočtu a porovnáno s normovými požadavky. Součástí diplomové práce je i dotazníkové šetření, kterého se zúčastnili žáci hodnocených kmenových učeben, a kterým jsou zjišťovány názory samotných žáků na světelné podmínky.

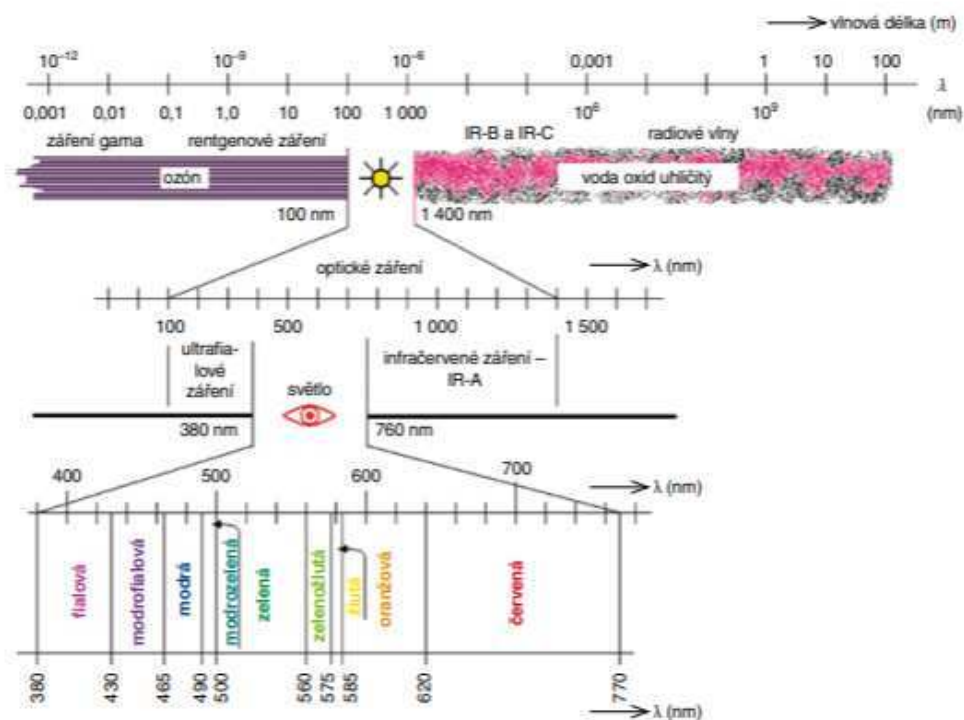
1. Slunce a jeho záření

1.1 Slunce

Slunce je hvězda o průměru zhruba 1,392 milionů kilometrů, která zásobuje Zemi teplem a světlem. Energie slunečního záření je potřebná pro téměř všechny procesy na Zemi. Střední vzdálenost Země od Slunce je 149,6 milionů kilometrů, je to tak k Zemi nejbližší nacházející se hvězda. Světlo se na Zemi od Slunce dostává rychlostí až 300 000 km/s a je schopné dorazit přibližně za osm minut a devatenáct sekund.

1.2 Sluneční záření

Slunce vyzařuje spojité elektromagnetické záření v rozsahu vlnových délek $\lambda < 10^{-13}$ m (kosmické záření) po $\lambda > 10^{-3}$ m (rádiové záření). Na zemský povrch dopadá elektromagnetické záření v rozsahu vlnových délek 100 až 1400 nm, protože podstatná část záření je pohlcena ionosférou a troposférou. V rozmezí vlnových délek 380 až 770 nm nazýváme toto světlo světlem viditelným. Zbývající části jsou záření ultrafialové (UV) s vlnovými délkami 100 – 380 nm a záření infračervené (IR –A) v rozmezí vlnových délek 770 – 1400 nm.



Obř. 1 – Spektrum slunečního záření [12]

Zrak vnímá viditelné světlo jako spektrum barev od fialové přes modrou, zelenou, žlutou, oranžovou až k červené. Toto světlo vyvolává zrakový vjem a je nutným prostředkem k získání zrakové informace o vnějším světě.

Infračervené záření je vnímáno tělem člověka jako působení tepla, které proniká do pokožky. V důsledku toho způsobuje lepší prokrvení. Dále slouží toto záření v chladných obdobích, jestliže prochází okny do interiéru budovy, jako zdroj energetických zisků a může přispívat k vytápění budovy. V letních měsících může být příčinou nadměrného přehřívání budovy.

Ultrafialové záření je nezbytné pro tvorbu vitamínu D v lidském organismu. Nedostatek tohoto vitamínu vede k onemocnění kostí. V interiéru budovy napomáhá toto záření k likvidaci choroboplodných zárodků (virů a bakterií). UV záření nemá ale jen pozitivní účinky, ale má i řadu účinků negativních. Jedním z negativních účinků je solární zánět kůže, který může vést od degenerativní změny kůže až k výskytu zhoubných nádorů.

2. Fyziologie vidění

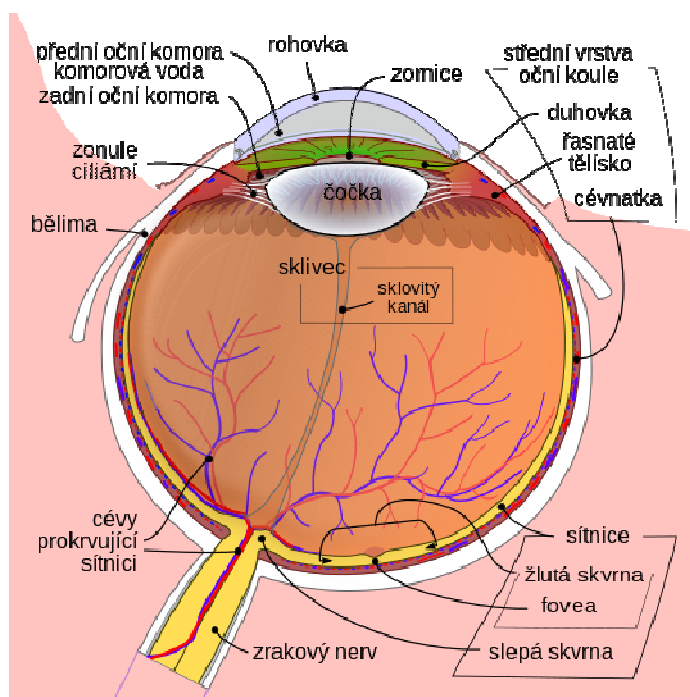
2.1 Zrakový systém člověka

Zrak je jeden z pěti lidských smyslů. Umožňuje nám získávat informace o prostředí, které nás obklopuje, vnímat světlo, rozeznávat barvy nebo tvary a významně se podílí na orientaci člověka v prostoru.

Zrakový systém člověka je soubor orgánů, které zajišťují příjem, zpracování a přenos transformovaných optických podnětů na nervové vzruchy, které jsou zrakovým nervem vedeny k mozkovým centřům vidění, kde vzniká zrakový počitek. Z více počitků se ve vědomí člověka utváří zrakový vjem. Vhodné světelné podmínky mohou příjem zrakové informace usnadnit. K návrhu správného osvětlení je proto znalost základů zrakového systému nutná.

Zrakový systém se skládá ze tří částí periferní (oči člověka), spojovací (zrakové nervy) a centrální (podkorové a korové oblasti mozku).

Lidské oko je smyslový orgán. Obě oči jsou symetricky uloženy v lebce v tzn. očnicích. Tvar oka je přibližně kulový a oční bulva dospělého člověka má průměr asi 24 mm.



Obr. 2 – Průřez lidským okem [16]

Zadní část oka je tvořena třemi vrstvami a to bělimou, cévnatkou a sítnicí. Bělina je nosná vrstva stěny oční bulvy, cévnatka je tvořena spleť krevních cév a vlásečnic a má význam pro výživu nitra oka a sítnice obsahuje dva druhy světločivných buněk (tyčinky a čípky). Tyčinky slouží k vidění za šera (skotopické vidění) a neumožňují rozlišení barvy světla. Při skotopickém vidění je možné vnímat různé odstíny šedé barvy od bílé po černou. Čípky se uplatňují k vidění ve dne (fotopické vidění), kdy osvětlení musí být dostatečně silné. Při fotopickém vidění je oko schopno velmi dobře rozlišovat barvy. Přejít mezi oběma způsoby vidění je vidění mezopické.

V přední části oka bělima přechází v průhledný pevný obal zvaný rohovka, cévnatka přechází v řasnaté tělíčko a duhovku. Na řasnatém tělísku je zavěšena oční čočka. Ta se v průběhu života člověka zvětšuje a její hmotnost narůstá. Zornice je přibližně kruhový otvor, který se nachází uprostřed duhovky a je to místo, kudy do oka vstupuje světlo. Za čočkou je prostor vyplněn čirou, průhlednou, bezbarvou, rosolovitou a pružnou hmotou – ta se nazývá sklivec. V zadní části vystupuje z oka zrakový nerv, který propojuje sítnici oka s nervovými centry v mozku. Slepá skvrna je místo, které se nachází u vstupu sítnice do zrakového nervu. V tomto místě nejsou žádné nervové buňky. Žlutá skvrna je místo, kde je soustředěno nejvíce světločivných buněk a je umístěna v optické ose oka.

Oční čočkou je obraz předmětu promítán na sítnici, kde se obraz zachytí a soustava nervových vláken ho převede do mozku.

2.2 Akomodace

Akomodace je proces, při kterém dochází k zaostření oka na sledovaný předmět umístěný v různé vzdálenosti od oka. Zdravé oko, které hledí do dálky, zobrazuje na sítnici ostře předměty, které leží nekonečně daleko od oka. Blízké předměty jsou předměty, které jsou umístěny ve vzdálenosti menší než 6 m. Akomodace je schopnost oka vidět ostře i blízké předměty.

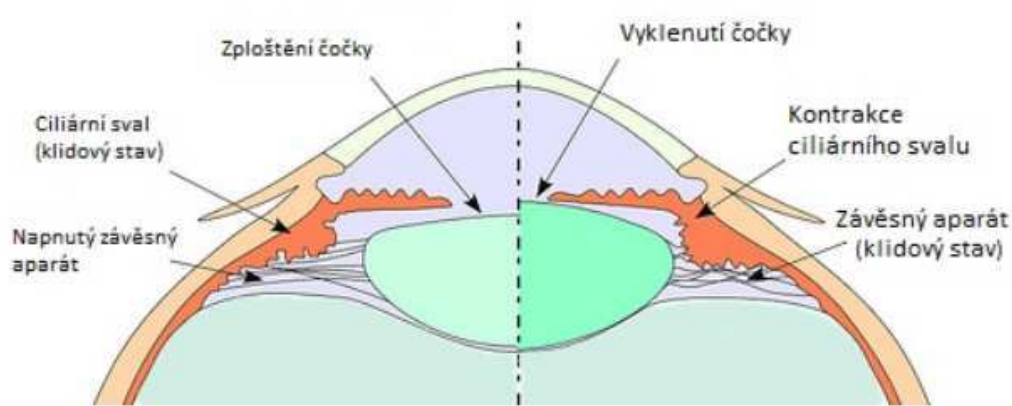
Při akomodaci se pružná oční čočka, uchycená na vláčkách řasnatého tělíška, regulací ciliárním svalem zplošťuje nebo vyklenuje. Při pohledu do dálky jsou ciliární svaly uvolněny a oční čočka je nejvíce zploštělá. Při pohledu na blízké předměty se v oku stahuje ciliární svalstvo a oční čočka se vyklenuje.

Rozsah akomodace není všech lidí stejný a mění se s věkem. Akomodační rozsah se uvádí v dioptriích (D) a vypočítá se ze vztahu:

$$\text{Akomodační rozsah} = \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \quad (1)$$

kde r_1 (m), resp. r_2 (m) jsou vzdálenosti blízkého resp. vzdáleného bodu.

Jestliže akomodace nefunguje správně, koriguje se tato vada pomocí plusových a minusových dioptrických hodnot.



Obr. 3 – Akomodace oka [9]

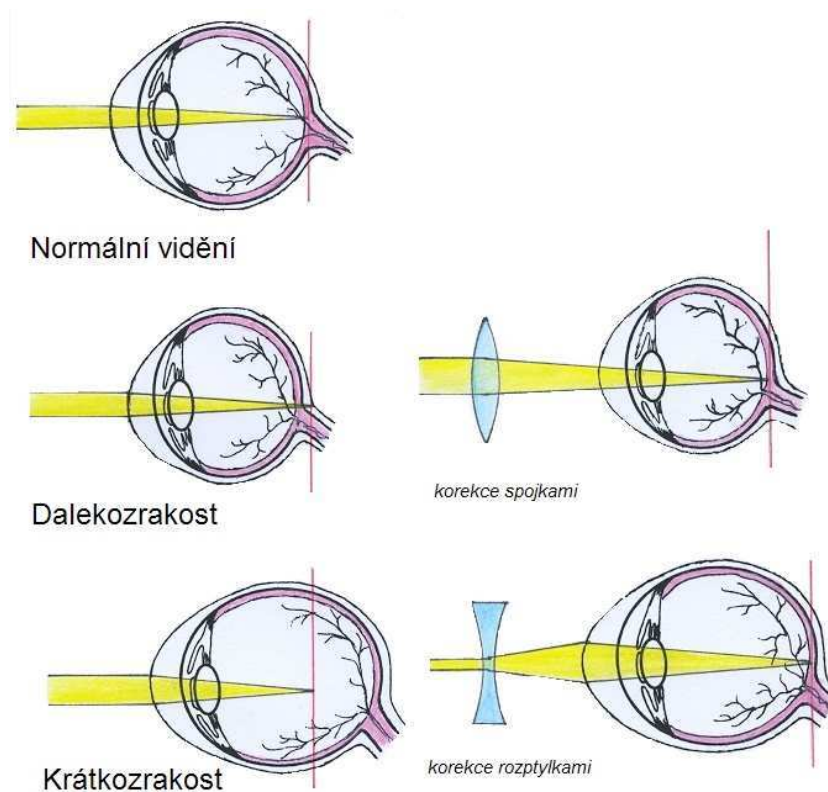
2.3 Poruchy zraku

S pojmem akomodace souvisejí i poruchy zraku jako je krátkozrakost (myopie), dalekozrakost (hypermetropie) anebo astigmatismus (cylindrická vada).

Příčinou krátkozrakosti jsou sbíhající se paprsky světla již před sítnicí, tím pádem nevzniká ostrý obraz na sítnici. Člověk, který trpí touto poruchou, vidí dobře na blízko, ale hůře na dálku. Řešením tohoto problému jsou brýle nebo čočky upravující průběh paprsků tak, aby se setkaly znovu na sítnici. Pro korekci této vady používáme čočky nebo skla minusových hodnot - rozptylky.

Příčinou dalekozrakosti jsou sbíhající se paprsky světla až za sítnicí, tím pádem nevzniká ostrý obraz na sítnici. Vada je charakteristická zhoršeným viděním na blízko umístěné předměty a lepším viděním do dálky. Dalekozrakost lze řešit pomocí brýlí nebo čoček. Pro korekci této vady se používají plusové čočky, tzv. spojky. Krátkozrakost i dalekozrakost jsou léčitelné laserovou operací.

Astigmatismus je vada způsobená asymetrickým zakřivením rohovky, díky kterému se světelné paprsky nemohou sbíhat na sítnici oka v jenom bodě. Tato vada způsobuje snižování zrakové ostrosti a ztěžuje zaostřování na různé detaily (obraz je zamlžený). Astigmatismus se často vyskytuje společně s krátkozrakostí a dalekozrakostí. Ke korekci se používají čočky s cylindrickým tvarem.



Obr. 4 – Poruchy zraku [13]

2.4 Adaptace

Oko je velmi citlivé na široké rozmezí světelných intenzit. Schopnost zraku přizpůsobit se různým jasům a hladinám osvětlenosti nazýváme adaptací zraku. Oko je možné se přizpůsobit změnám osvětlenosti změnou velikosti otvoru zornice (zornicový efekt), změnou citlivosti světločivných buněk nebo změnou velikosti vjemových polí sítnice.

Zornicový reflex probíhá velmi rychle, v průběhu několika desetín sekundy a má za následek ochranu zraku před náhlými změnami přicházejícího světelného toku. Pokud hladinu osvětlenosti snížíme, např. vstupem z denního světla do tmavé místnosti, zornice se rozšíří. Naopak při zvýšení hladiny osvětlenosti se zornice zúží.

Změna citlivosti světločivných buněk neprobíhá tak rychle jako zornicový reflex. Hlavním mechanismem adaptace zraku vedoucím ke změně citlivosti světločivných buněk je fotochemický děj, který probíhá na sítnici.

3. Požadavky na denní osvětlení školních zařízení

Denní osvětlení lze chápat jako kombinaci přímých slunečních paprsků a světla rozptýleného v atmosféře. Při hodnocení denního osvětlení byl činitel denní osvětlenosti stanovován za nejméně příznivého stavu oblohy a to při rovnoměrně zatažené obloze v zimě při zohlednění gradovaného jasu oblohy při tmavém terénu. V tomto případě ovlivňují úroveň jasu oblohy jen odrazivé vlastnosti terénu v důsledku mnohonásobného odrazu oblohového světla mezi zemským povrchem a spodní vrstvou oblaků. Gradací jasu je vyjadřována vlastnost oblohy, kdy směrem od horizontu k zenitu je obloha jasnější. Při posuzování se používají dva modely gradovaného jasu, pro tmavý terén model CIE 1:3, kdy je jas v zenitu 3x větší než jas v horizontu a pro zasněžený terén model CIE 1:2, který uvažuje jas v zenitu 2x větší než jas v horizontu. V oblastech s nadmořskou výškou nad 600 m n. m. je pro výpočet či měření denního osvětlení užíván model s rovnoměrně zataženou oblohou při zasněženém terénu.

Norma ČSN EN 17037 [5] pracuje s pojmem medián oblohové vodorovné osvětlenosti ($E_{v,d,med}$). Jedná se o osvětlenost vytvořenou oblohovým světlem na vodorovném zemském povrchu, vyskytující se po polovinu doby s denním světlem v průběhu roku.

V rámci výpočtu činitele denní osvětlenosti jsou v diplomové práci uvedeny rozdíly z pohledu norem ČSN 73 0580–1 [3] a ČSN 73 0580–3 [4] vs. nové evropské normy ČSN EN 17037 [5], která je platná od srpna 2019.

3.1 Činitel denní osvětlenosti

Veličinou, která vyjadřuje kvantitativní úroveň denního osvětlení je činitel denní osvětlenosti D (%) definovaný vztahem:

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (2)$$

kde E (lx) je osvětlenost v kontrolním bodě a E_h (lx) je současná horizontální exteriérová osvětlenost na nezastíněné rovině. Osvětlenost E_h se dále stanoví ze vzorce:

$$E_h = \pi \cdot L_m \quad (3)$$

kde L_m (cd.m⁻²) je průměrný jas oblohy. Obecně se uvažuje možnost využívat denní světlo do hodnoty $E_h = 5000$ lx.

Následující vztah vyjadřuje výpočet činitele denní osvětlenosti dle normy ČSN 17037 [5]:

$$D_{T(TM)} = \frac{E_{T(TM)}}{E_{v,d,med}} \cdot 100 \quad (4)$$

kde D_T (%) je cílový činitel denní osvětlenosti, D_{TM} (%) je minimální cílový činitel denní osvětlenosti, E_T (lx) je osvětlenost splněna alespoň v 50 % kontrolních bodů a E_{TM} (lx) je osvětlenost splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů, $E_{v,d,med}$ (lx) je medián oblohové vodorovné osvětlenosti. Hodnota $E_{v,d,med}$ je pro Prahu evropskou normou [5] přidělena 14 900 lx.

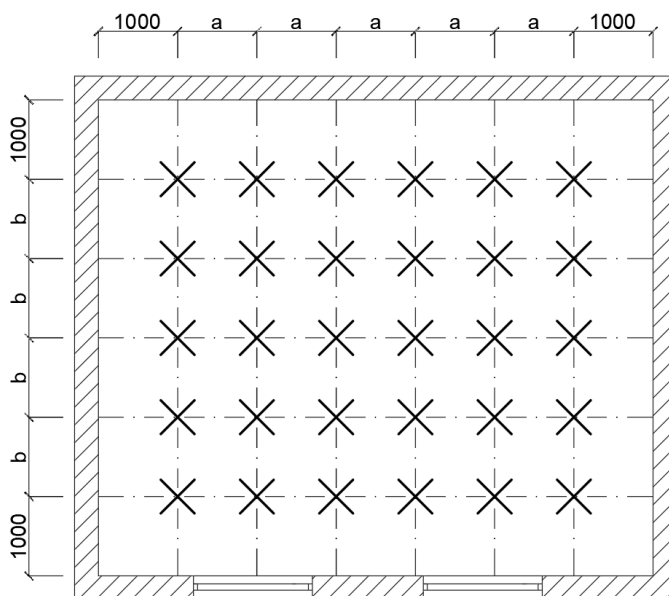
3.2 Poloha kontrolních bodů dle ČSN 73 0580 -1 [3]

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou stanoveny v kontrolních bodech na srovnávací rovině. Srovnávací rovinou se rozumí vodorovná, svislá nebo skloněná rovina, která nejvíce odpovídá stavu, v jakém budou probíhat zrakové činnosti. U zařízení pro předškolní výchovu dětí je srovnávací rovina ve výšce 0,45 m, v tělocvičnách v úrovni podlahy a pro kanceláře a školní učebny je stanovena ve výšce 0,85 m nad podlahou, což odpovídá zrakové činnosti v úrovni pracovní desky, např. školní lavice.

Půdorysně se hodnoty činitele denní osvětlenosti v místnostech s trvalým pobytem osob¹ stanovují v kontrolních bodech rozmístěných v pravidelné síti, kde krajní body jsou vzdáleny 1 m od vnitřního povrchu (nejčastěji stěny).

¹Trvalý pobyt osob – pobyt lidí ve vnitřní prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne déle než 4 hodiny a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně.

Vzdálenost vnitřních bodů se pohybuje zpravidla od 0,5 do 2,0 m, v halách dokonce až 6,0 m. Kontrolní body vznikají tam, kde se protínají osy sítě, v těchto bodech se poté určuje hodnota činitele denní osvětlenosti. Hodnoty a (m) a b (m) na obr. 5 jsou vnitřní rozměry sítě, tyto hodnoty nemusí být totožné.



Obr. 5 – Pravidelná síť kontrolních bodů dle ČSN 73 0580-1 [3] (kótováno v milimetrech)

3.3 Poloha kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [5]

Hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou stanoveny v kontrolních bodech na srovnávací rovině, jejíž výška je také 0,85 m nad podlahou.

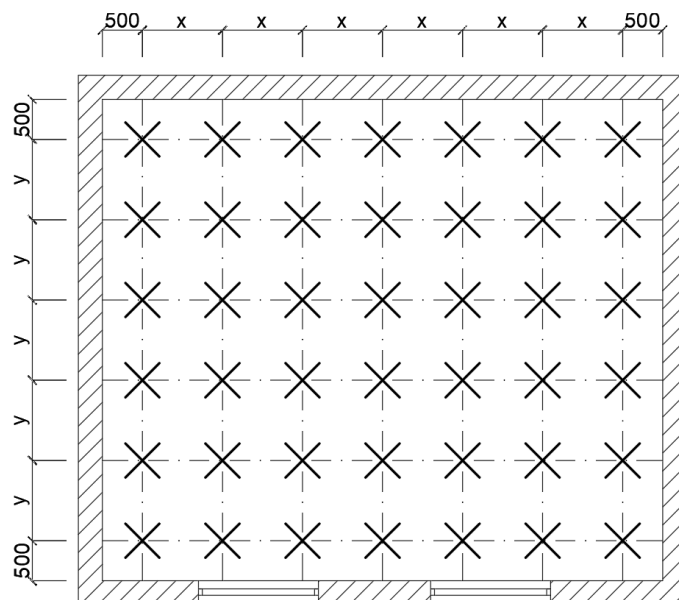
Rozdíl oproti ČSN 73 0580–1 [3] nastává u půdorysného umístění kontrolních bodů, kdy krajní body jsou vzdáleny 0,5 m od vnitřního povrchu a je početně stanoven maximální rozměr buňky sítě vztahem:

$$p = 0,5 \cdot 5^{\log_{10}(d)} \quad (5)$$

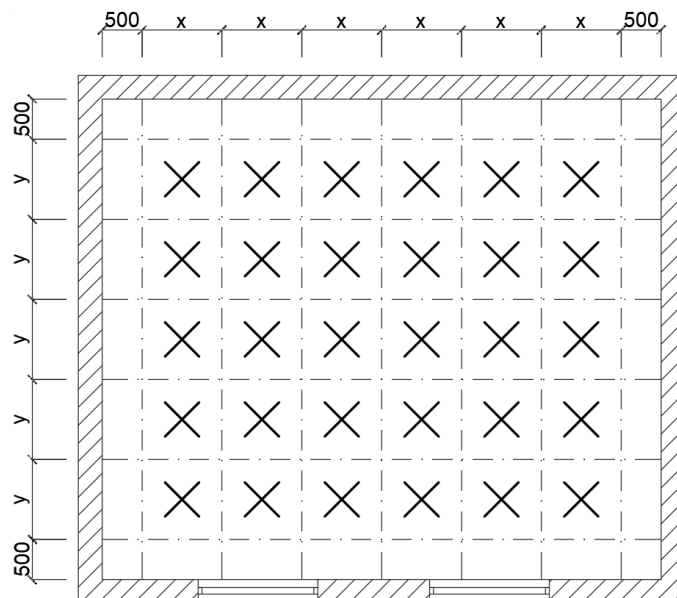
kde p (m) je maximální rozměr buňky sítě, za splnění podmínky, že $p \leq 10$ m, d (m) je delší rozměr počítané oblasti, jeli však podíl delší strany ke kratší roven 2 nebo je větší, je d kratším rozměrem plochy.

Je upřednostňováno čtvercových buněk sítě a poměr délky a šířky buňky sítě musí být mezi 0,5 a 2. Hodnoty x (m) a y (m) na obr. 6 a 7 jsou vnitřní rozměry sítě, tyto hodnoty nemusí být totožné. Na polohu kontrolních bodů z hlediska nové

evropské normy [5] existují v tuto chvíli dva odlišné názory. V normě [5] není tento problém jednoznačně stanoven. Jeden názor říká, že kontrolní body vznikají tam, kde se protínají osy sítě, druhý názor říká, že kontrolní body vznikají ve středu plošek, které jsou ohraničeny osami sítě.



Obr. 6 – Pravidelná síť kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [5] – 1. varianta (kótováno v milimetrech)



Obr. 7 – Pravidelná síť kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [5] – 2. varianta (kótováno v milimetrech)

3.4 Poměrná pozorovací vzdálenost a třídy zrakové činnosti

Pro stanovení požadovaných hodnot činitele denní osvětlenosti je nutno zatřídit činnost do jednotlivých tříd zrakové činnosti. K tomuto zařazení slouží poměrná pozorovací vzdálenost p_v (-), která je definována vztahem (označení dle [7]):

$$p_v = \frac{P}{d} \quad (6)$$

kde P (m) je pozorovací vzdálenost neboli vzdálenost oka od kritického detailu a d (m) je rozměr kritického detailu neboli nejmenší podrobnost, která se musí zrakem rozlišit. Při pozorování běžného textu se považuje za konvenční pozorovací vzdálenost 0,25 m. S poměrnou pozorovací vzdáleností je uvažováno jen v normě ČSN 73 0580–1 [3]. Norma ČSN EN 17037 [5] nezohledňuje poměrnou pozorovací vzdálenost a zatřídění do jednotlivých tříd zrakových činností.

3.5 Požadavky na činitel denní osvětlenosti

3.5.1 Požadavky dle ČSN 73 0580-1 [3] a ČSN 73 0580-3 [4]

Kmenové učebny se s charakteristikou zrakové činnosti středně přesná zařazují do IV. třídy zrakové činnosti (viz následující tabulka). Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti je pro tyto prostory stanovena na 1,5 %, průměrná hodnota na 5%.

Tyto požadavky jsou stanoveny normou ČSN 73 0580–1 [3] a ČSN 73 0580–3 [4].

Tab. 1 – Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti pro kmenové učebny

Účel prostoru	Třída zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost p_v (-)	Požadovaná hodnota činitele denní osvětlenosti	
			minimální D_{\min} (%)	průměrná D_m (%)
Kmenové učebny	IV	mimořádně přesná	1,5	5,0

3.5.2 Požadavky dle ČSN EN 17037 [5]

Dle evropské normy ČSN EN 17037 [5] je požadováno, aby minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti D_{TM} (%) byla splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě a cílová hodnota činitele denní osvětlenosti D_T (%) musí být splněna alespoň v 50 % bodů sítě.

Pro Českou republiku je stanovena cílová hodnota činitele denní osvětlenosti D_T na 2,0 % a minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti D_{TM} na 0,7 %.

3.6 Rovnoměrnost osvětlení

Jedním z kvalitativních požadavků je rovnoměrnost osvětlení. Rozložení jasů v pohledovém poli pozorovatele je důležité pro zrakovou pohodu. To, zda bude náš zrak spokojen či nikoliv, udává veličina rovnoměrnosti osvětlení U (-) (označení dle [8]).

Hodnota rovnoměrnosti osvětlení v případě bočního osvětlovacího systému se vypočítá ze vztahu:

$$U = \frac{D_{min}}{D_{max}} \quad (7)$$

kde D_{min} (%) je nejmenší a D_{max} (%) největší hodnota činitele denní osvětlenosti stanovená ve funkčně vymezeném prostoru v kontrolních bodech na srovnávací rovině. U školních staveb by pro zřakové třídy I – IV měla být splněna hodnota $U \geq 0,20$ (pro třídy I – III se doporučuje $U \geq 0,30$) a pro V. třídu zřakové činnosti se hodnota rovnoměrnosti osvětlení dle ČSN 73 0580-1 [3] udává $U \geq 0,15$. Norma ČSN EN 17037 [5] udává tuto hodnotu $U \geq 0,20$ bez rozlišení zřakových tříd činnosti. Rovnoměrnost denního osvětlení lze například ovlivnit polohou oken, velikostí pilířů mezi okny, výškou místností nebo vhodnou výmalbou.

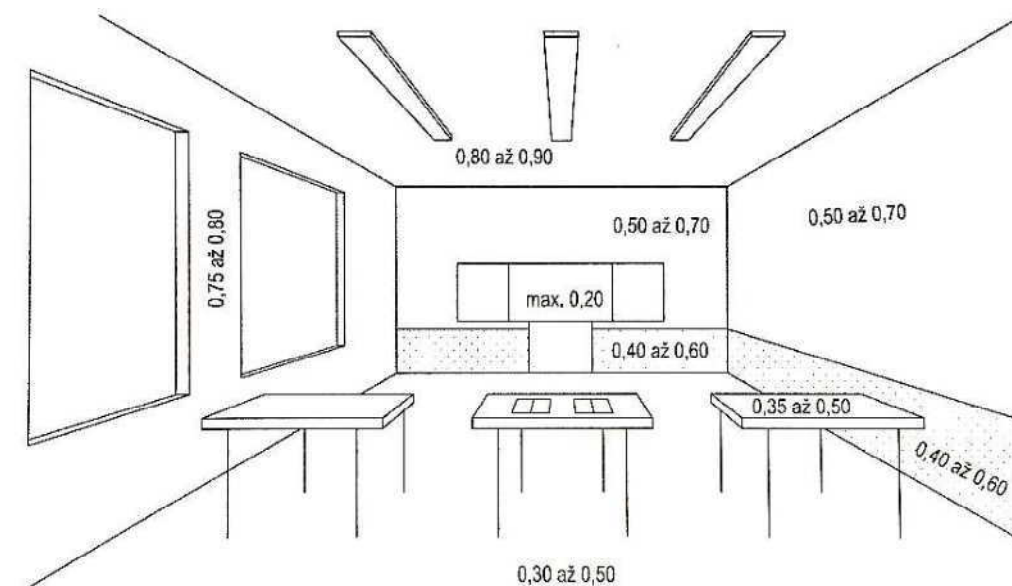
3.7 Rozložení světelného toku a převládající směr světla

Požadavek na školní učebny z hlediska světelného toku je takový, aby převládající světelný tok byl zleva nebo zleva a zároveň shora. Předpokládá se, že většina žáků

píše pravou rukou, proto je vhodné umisťovat osvětlovací otvory z levé strany žáka, aby se eliminovalo přistiňování si vlastní rukou.

3.8 Zabránění oslnění

Další požadavkem, který je nutno pro zrakovou pohodu studentů ve školách zajistit je zabránění oslnění. Oslnění lze definovat jako nepříznivý stav zraku, který snižuje nebo znemožňuje vidění. Žáci mohou být oslňováni buď světelným zdrojem (např. osvětlovací otvor) nebo odraznou plochou. Platí, že lesklé povrchy v exteriéru by měly být orientovány tak, aby neodrážely přímé sluneční světlo do jiných pobytových místností. Dále je možné navrhnout osvětlovací otvory mimo hlavní pohledové pole uživatele daného prostoru, zmenšit plochu osvětlovacího otvoru nebo snížit jeho světelnou propustnost. K oslnění může docházet také v interiéru, kdy se odráží paprsky od jednotlivých povrchů v učebně. Doporučené hodnoty činitele odrazu světla vybraných ploch jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obr. 8 – Doporučené odrazivosti jednotlivých ploch [8]

3.9 Činitel odrazu vnitřních ploch

Činitel odrazu vnitřních ploch je ovlivněn barvou a lesklostí jednotlivých ploch v interiéru. Pro žáky od věku 12 let mají být učebny vymalovány studenými barvami a zároveň se doporučuje, aby převládaly povrchy matné. Při výpočtu denního

osvětlení je uvažováno se stavem, kdy dochází k rovnoměrnému rozptylu světla a se stavem, kdy nedochází k odleskům. Stanovit činitel odrazu světla ρ_i (-) vybraného i - tého povrchu můžeme ze vztahu:

$$\rho_i = \frac{\pi \cdot L_i}{E_i} \quad (8)$$

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

Při návrhu je žádoucí navrhovat nelesklé vnitřní povrchy staveb.

3.10 Barevnost povrchů

Barvy v učebnách mají vliv nejen na zrakovou pohodu, ale i na psychiku člověka. Proto je nutné volit barvy tak, aby nenamáhaly zrak a nepůsobily negativně na psychiku studentů. V místnostech, ve kterých je nutno se soustředit, se používají chladnější a klidné barevné odstíny. Světlé odstíny se používají na nenosné konstrukce, naopak tmavší odstíny na konstrukce nosné [8].

4. Hodnocený objekt

4.1 Popis a umístění objektu

Vybraným objektem mé diplomové práce pro hodnocení denního osvětlení je gymnázium, které jsem v minulosti navštěvovala. Ředitel si nepřeje uvádět přesný název školy, proto je škola v následující práci označována pouze jako gymnázium.



Obr. 9 – Severovýchodní pohled



Obr. 10 – Severní pohled

Objekt se nachází v západočeském kraji. Jedná se o státní veřejnou školu, která byla založena v roce 1812 a v současné době nabízí studium čtyřleté, šestileté a osmileté. Na gymnáziu je celkem 671 studentů, kteří jsou rozděleni do 22 tříd.

Areál se nachází v zastavěném území v jihovýchodní části města. Okolní zástavbu tvoří jiné školy, rodinné domy a bytové domy.



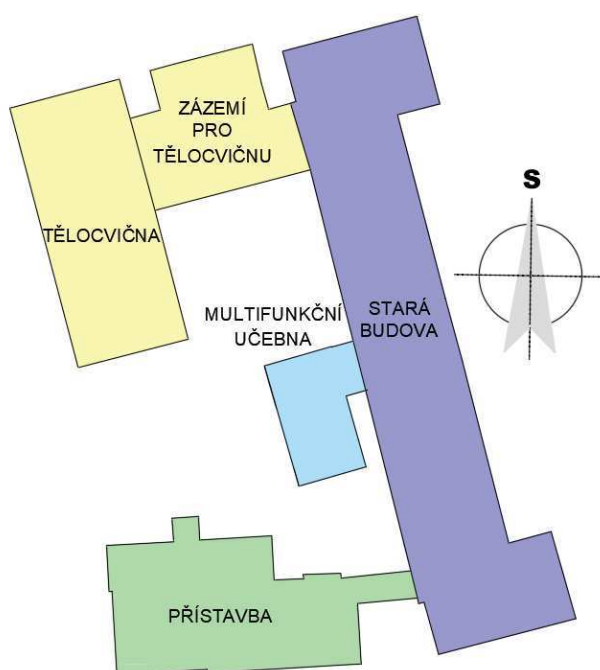
Obr. 11 – Gymnázium a okolní zástavba

4.2 Členění objektu

Budova školy je rozdělena do čtyř objektů, které byly vystavěny v různých časových úsecích a jsou navzájem propojeny.

Prvním objektem je stará budova, kde se nachází hlavní vstup do objektu. Vstup je situován na severovýchod. Budova má celkem čtyři podlaží, jedno podzemní podlaží a tři nadzemní. 1. PP je využíváno jako šatny pro studenty a dílny pro školníka. Podlaží je také napojeno v severozápadní části objektu na spojovací chodbu, která vede do tělocvičny a zázemí pro tělocvičnu. V 1. NP se nachází učebny, kabinety, byt pro školníka, ošetrovna, sociální zázemí a úklidové místnosti. Ve 2. a 3. NP se nachází učebny, kabinety, sborovna, ředitelna, kancelář, knihovna se studovnou, byt pro školníka, sociální zázemí a úklidové místnosti.

Druhým objektem je již zmiňovaná tělocvična a zázemí pro tělocvičnu. Třetím objektem je přístavba, ve které se nacházejí laboratoře, specializované učebny, bufet, sociální zázemí a úklidové místnosti. Tato budova má celkem čtyři podlaží, jedno podzemní a tři nadzemní. Posledním objektem je jednopodlažní multifunkční učebna. Tato učebna je využívána k různým kulturním akcím, jako např. vánoční koncerty, divadelní či hudební představení.



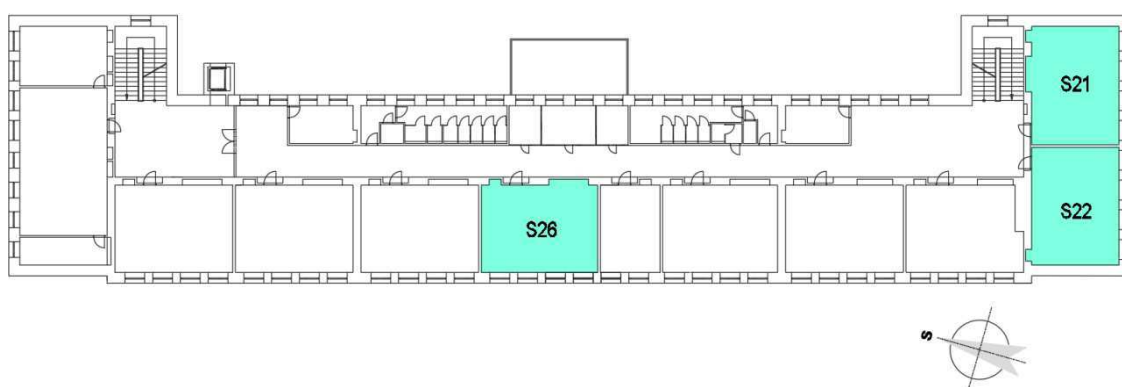
Obr. 12 – Rozdělení budov gymnázia

4.3 Kmenové učebny

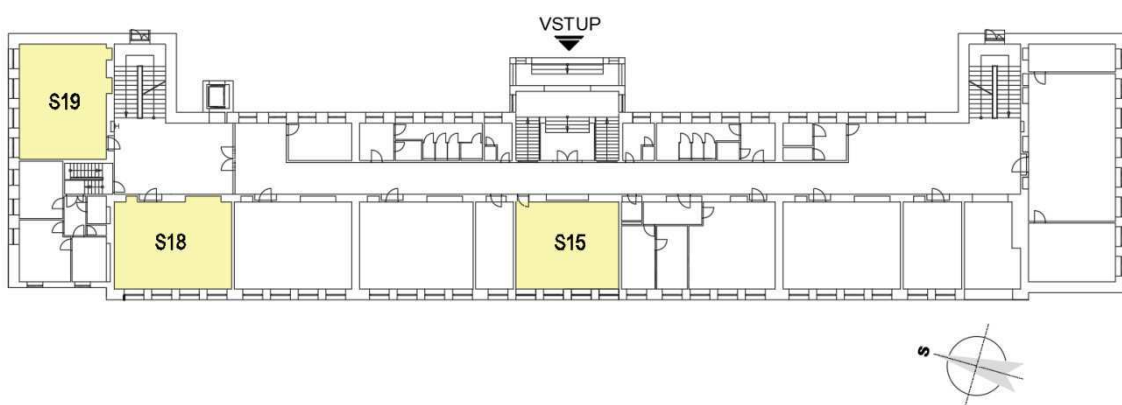
Pro hodnocení denního osvětlení bylo vybráno šest kmenových učeben. V 1. NP byly vybrány tři třídy, dvě s orientací oken na jihozápad a jedna s orientací na severozápad. V 2. NP byly vybrány tři učebny, dvě s orientací oken na jihovýchod a jedna s orientací na jihozápad.

Na severovýchodní stranu nebyla vybrána žádná učebna. Na tuto světovou stranu jsou orientovány pouze kabinety a sociální zázemí.

Třídy byly vybírány ze staré budovy, jelikož v přístavbě se nacházejí pouze laboratoře nebo specializované učebny a žáci v nich netráví většinu času. Učebny jsou pojmenovány dle interního označení gymnázia.



Obr. 13 - Vybrané učebny 1.NP.



Obr. 14 - Vybrané učebny 2.NP.

4.3.1 Učebna S15

První hodnocenou učebnou je učebna S15, která se nachází v 1. NP a je orientována na jihozápad. Místnost je kmenovou učebnou třídy 2. B. V této třídě jsou žáci, kteří navštěvují čtyřleté gymnázium a jejich věk se pohybuje od šestnácti do sedmnácti let.

Učebna je obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 7,80 x 6,60 m a světlé výšce 3,60 m. Všechny čtyři stěny a strop jsou vymalovány bílou barvou. Podlaha z PVC má barvu hnědou strakatou. Do učebny se vstupuje dveřmi o rozměrech 900 x 1970 mm, které jsou osazeny do ocelových zárubní zelené barvy. Dveře mají hnědou barvu. Na stejné stěně jako jsou dveře, je otvor o rozměrech 2470 x 570 mm, ve kterém jsou skleněné tvárnice Luxfer. Dále se na této stěně nachází korková nástěnka hnědé barvy o rozměrech 850 x 1250 mm. Naproti vstupu se nachází čtyři stejně velká okna, která jsou orientována na jihozápad. Okna jsou plastová a jsou rozdělena na dvě části, horní část je otvíravá a výklopná, spodní část okna je jen výklopná. Rozměry a bližší popis okna je uveden na obr. 49 Okna jsou opatřena vnitřními žaluziemi. Pod okny je umístěn parapet a otopná tělesa.



Obr. 15 – Učebna S15

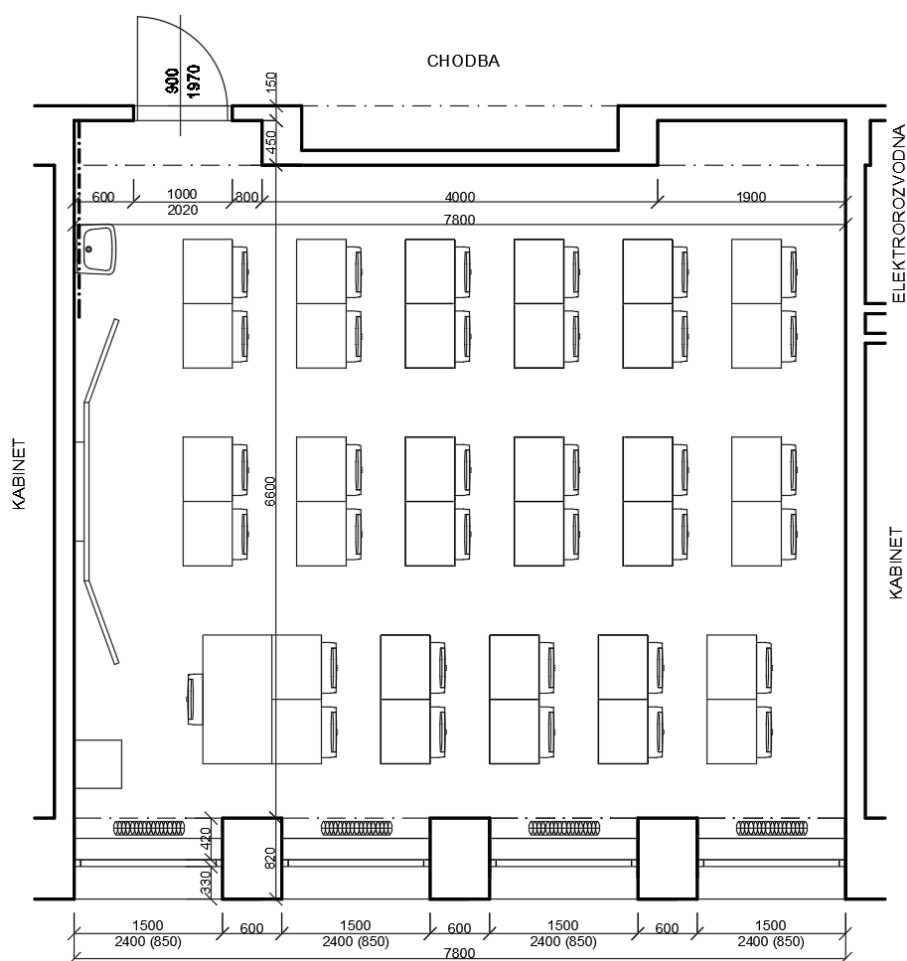


Obr. 16 – Učebna S15

Vedle vstupních dveří se nachází umyvadlo bílé barvy, za kterým je světle růžový obklad o šířce 1530 mm a výšce 1480 mm. Na přední stěně učebny je umístěna rozevírací tabule černé barvy, která je osazena na pojezdu, který má barvu žlutou. Nad tabulí jsou umístěny dva černé reproduktory a plátno, které se stahuje při projekci. Projektor je zavěšen u stropu a je bílé barvy. Reprodukory, plátno a projektor byly při měření zanedbány. Na stěně, kde je umístěna tabule, je v rohu u

okna skříňka hnědé barvy (520 x 450 x 450 mm), ve které je ukryta elektronika pro ovládání reproduktorů. Ve třídě není žádná obrázková výzdoba.

Učebna má maximální kapacitu 34 míst. Ve třídě je umístěno 17 dřevěných lavic se žlutým kováním o rozměrech 500 x 1300 mm a výšce 760 mm a stůl pro učitele o rozměrech 600 x 1300 mm a výšce 760 mm. Tento stůl je ze stejného materiálu jako žákovské lavice. Na učitelském stole stojí monitor.



Obr. 17 – Půdorys učebny S15

4.3.2 Učebna S18

Druhou hodnocenou učebnou je učebna S18, která se nachází v 1. NP a je orientována na jihozápad. Místnost je kmenovou učebnou třídy Q - A. V této třídě jsou žáci, kteří navštěvují osmileté gymnázium a jejich věk se pohybuje od patnácti

do šestnácti let. Učebna je obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 8,90 x 6,60 m a světlé výšce 3,60 m.

Všechny čtyři stěny a strop jsou vymalovány bílou barvou. Podlaha z PVC má barvu šedo zelenou. Do učebny se vstupuje dveřmi o rozměru 900 x 1970 mm, které jsou osazeny do ocelových zárubní zelené barvy. Dveře mají hnědou barvu. Naproti vstupu se nachází čtyři stejně velká okna, která jsou orientována na jihozápad. Okna jsou plastová a jsou rozdělena na dvě části, horní část je otvíravá a výklopná, spodní část okna je jen výklopná. Rozměry a bližší popis okna je uveden na obr. 49. Okna jsou opatřena vnitřními žaluziemi. Pod okny je umístěn parapet a otopná tělesa.



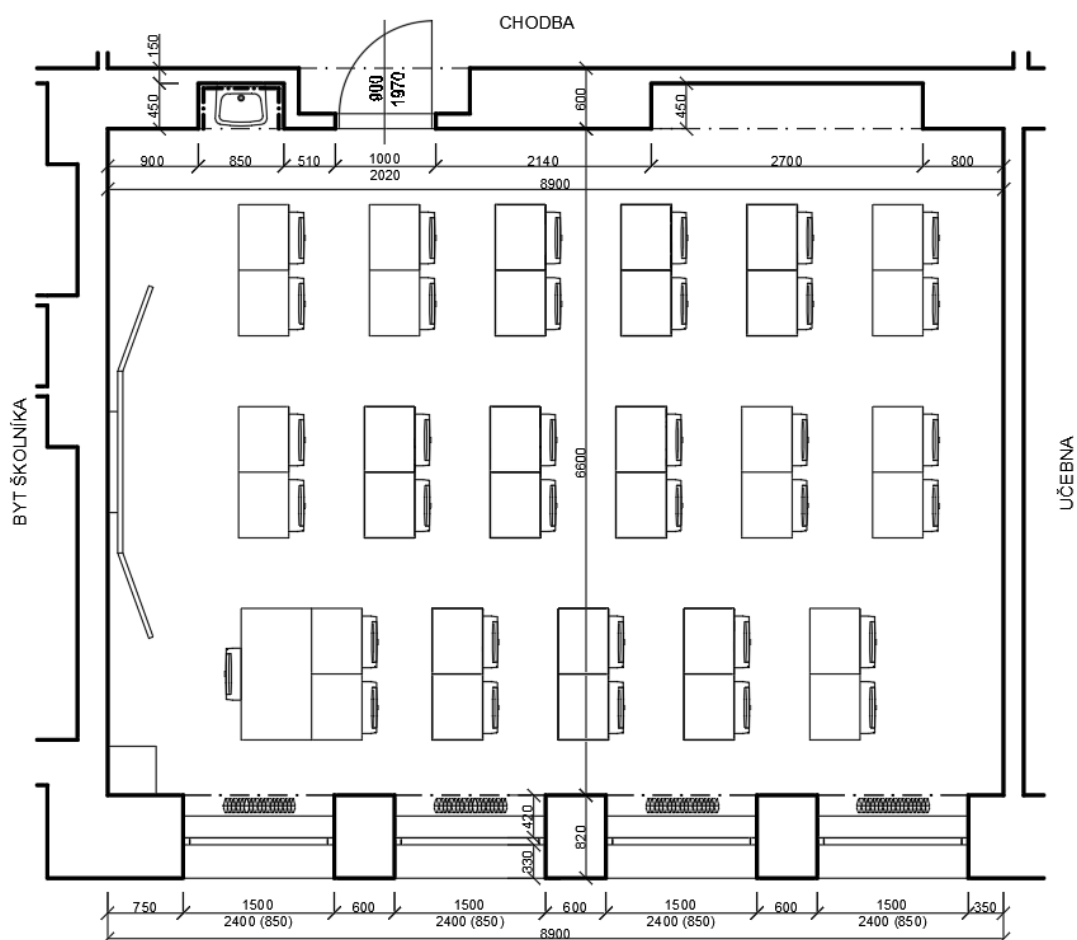
Obr. 18 – Učebna S18



Obr. 19 – Učebna S18

Vedle vstupních dveří se nachází výklenek s umyvadlem bílé barvy, ve kterém je světle růžový obklad do výšky 1500 mm. Dále se na této stěně nachází korková nástěnka hnědé barvy. Na přední stěně učebny je umístěna rozevírací tabule černé barvy, která je osazena na pojezdu, který má tmavě zelenou barvu. Nad tabulí jsou umístěny dva černé reproduktory a plátno, které se stahuje při projekci. Projektor je zavěšen u stropu a je bílé barvy. Reprodukory, plátno a projektor byly při měření zanedbány. Na stěně, kde je umístěna tabule, je v rohu u okna skříňka hnědé barvy, ve které je ukryta elektronika pro ovládání reproduktorů, dále je na stěně ještě korková nástěnka hnědé barvy. Na stěně naproti tabuli jsou zavěšeny čtyři nástěnky, z nichž dvě jsou oranžové a dvě jsou zelené. Ve třídě je obrázková výzdoba. Tato výzdoba byla při měření zanedbána.

Učebna má maximální kapacitu 32 míst. Ve třídě je umístěno 16 dřevěných lavic se zeleným kováním o rozměrech 500 x 1300 mm a výšce 760 mm a stůl pro učitele o rozměrech 600 x 1300 mm a výšce 760 mm. Tento stůl je ze stejného materiálu jako žákovské lavice. Na učitelském stole stojí monitor.



Obr. 20 – Půdorys učebny S18

4.3.3 Učebna S19

Třetí hodnocenou učebnou je učebna S19, která se nachází v 1. NP a je orientována na severozápad. Místnost je kmenovou učebnou třídy 4. B. V této třídě jsou žáci, kteří navštěvují čtyřleté gymnázium, a jejich věk se pohybuje od osmnácti do devatenácti let. Učebna je obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 8,75 x 6,60 m a světlé výšce 3,60 m.

Všechny čtyři stěny a strop jsou vymalovány bílou barvou. Podlaha z PVC má barvu šedozelenou. Do učebny se vstupuje dveřmi o rozměru 900 x 1970 mm, které jsou

osazeny do ocelových zárubní zelené barvy. Dveře mají hnědou barvu. Naproti vstupu se nachází čtyři stejně velká okna, která jsou orientována na severozápad. Okna jsou plastová a jsou rozdělena na dvě části, horní část je otvíravá a výklopná, spodní část okna je jen výklopná. Rozměry a bližší popis okna je uveden na obr. 49. Okna jsou opatřena bílými záclonami a nejsou na nich vnitřní žaluzie. Pod okny je umístěn parapet a otopná tělesa.



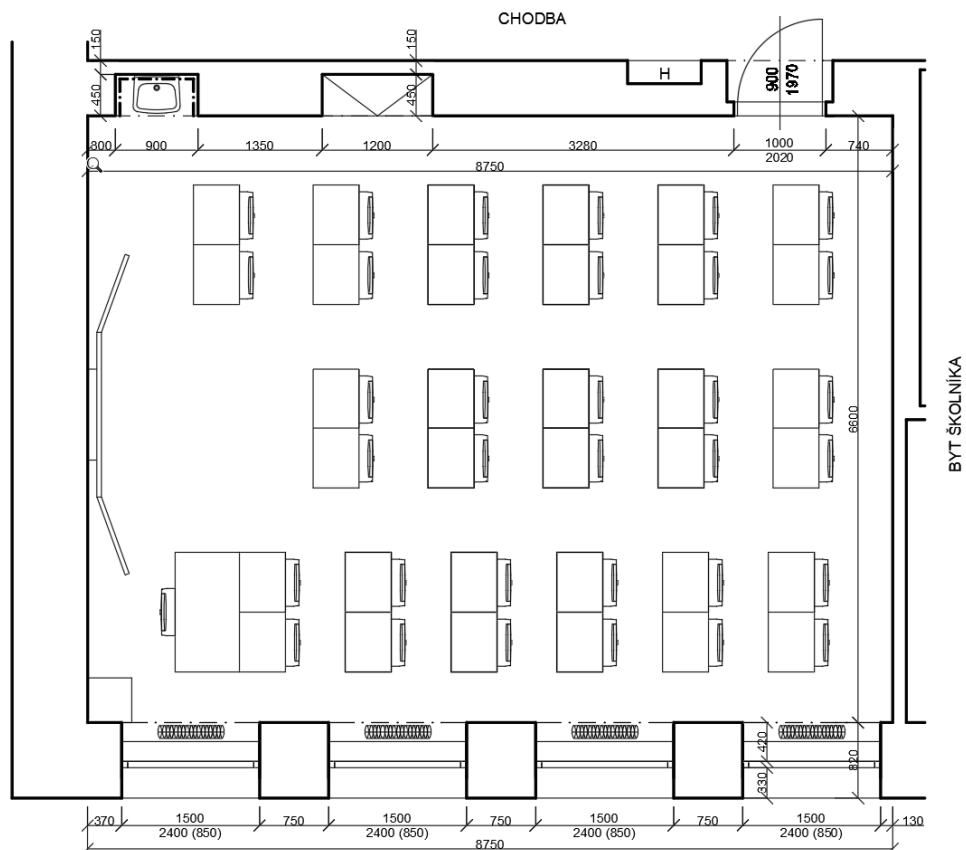
Obr. 21 – Učebna S19



Obr. 22 – Učebna S19

Na stěně u vstupních dveří se nachází výklenek s umyvadlem bílé barvy, ve kterém je světle růžový obklad do výšky 1500 mm. Dále se na této stěně nachází výklenek, kde je umístěna tmavě hnědá skříň a korková nástěnka hnědé barvy. Na přední stěně učebny je umístěna rozevírací tabule černé barvy, která je osazena na pojezdu, který má tmavě červenou barvu. Nad tabulí jsou umístěny dva černé reproduktory a plátno, které se stahuje při projekci. Projektor je zavěšen u stropu a je bílé barvy. Reproktory, plátno a projektor byly při měření zanedbány. Na stěně, kde je umístěna tabule, je v rohu u okna skříňka hnědé barvy, ve které je ukryta elektronika pro ovládání reproduktorů. Ve třídě je obrázková výzdoba. Tato výzdoba byla při měření zanedbána.

Učebna má maximální kapacitu 34 míst. Ve třídě je umístěno 17 dřevěných lavic s červeným kováním o rozměrech 500 x 1300 mm a výšce 800 mm a stůl pro učitele o rozměrech 600 x 1300 mm a výšce 800 mm. Tento stůl je ze stejného materiálu jako žakovské lavice. Na učitelském stole stojí monitor.



Obr. 23 - Půdorys učebny S19

4.3.4 Učebna S21

Čtvrtou hodnocenou učebnou je učebna S21, která se nachází v 2. NP a je orientována na jihovýchod. Místnost je kmenovou učebnou třídy T - B. V této třídě jsou žáci, kteří navštěvují šestileté gymnázium, a jejich věk se pohybuje od šestnácti do sedmnácti let. Učebna je obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 8,95 x 6,60 m a světlé výšce 3,60 m.

Všechny čtyři stěny a strop jsou vymalovány bílou barvou. Podlaha z PVC má barvu hnědou strakatou. Do učebny se vstupuje dveřmi o rozměru 900 x 1970 mm, které jsou osazeny do ocelových zárubní oranžové barvy. Dveře mají hnědou barvu. Naproti vstupu se nachází čtyři stejně velká okna, která jsou orientována na jihovýchod. Okna jsou plastová a jsou rozdělena na dvě části, horní část je otevíravá a výklopná, spodní část okna je jen výklopná. Rozměry a bližší popis okna je uveden na obr. 49. Okna jsou opatřena vnitřními žaluziemi. Pod okny je umístěn parapet a otopná tělesa.



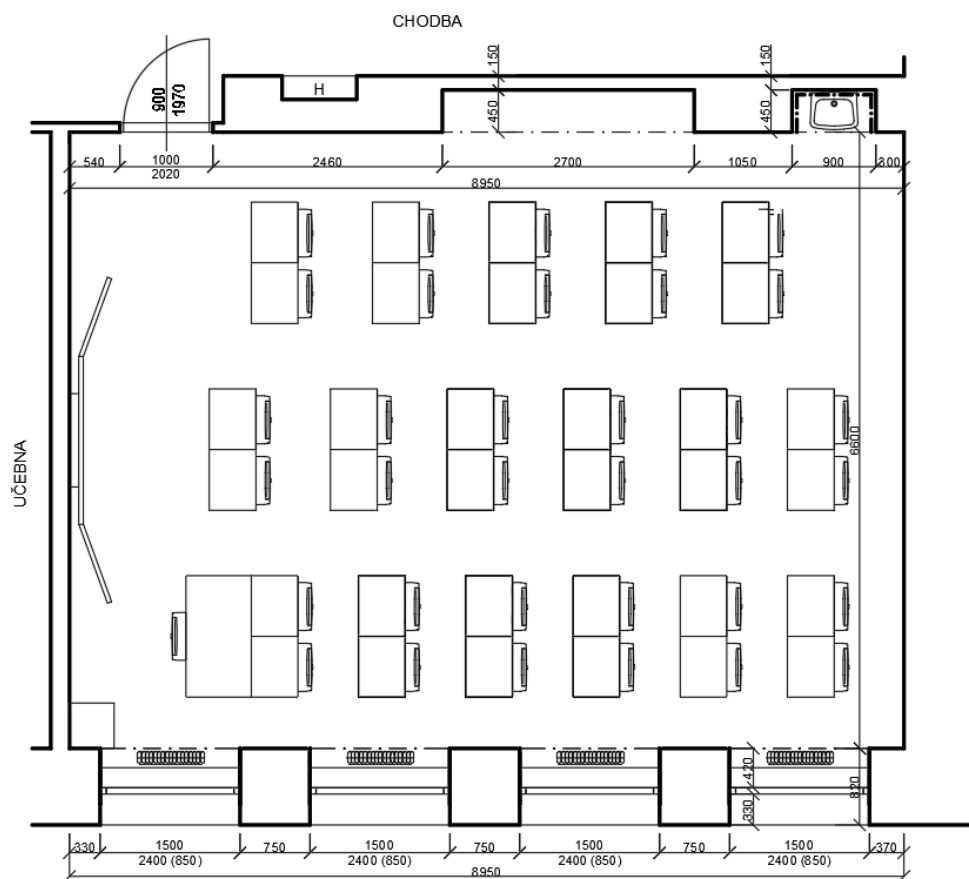
Obr. 24 – Učebna S21



Obr. 25 – Učebna S21

Na stěně u vstupních dveří se nachází výklenek s umyvadlem bílé barvy, ve kterém je světle růžový obklad do výšky 1500 mm. Dále se na této stěně nachází nástěnka modré barvy. Na přední stěně učebny je umístěna rozevírací tabule černé barvy, která je osazena na pojezdu, který má béžovou barvu. Nad tabulí jsou umístěny dva černé reproduktory a plátno, které se stahuje při projekci. Projektor je zavěšen u stropu a je bílé barvy. Reproductory, plátno a projektor byly při měření zanedbány. Na stěně, kde je umístěna tabule, je v rohu u okna skříňka hnědé barvy, ve které je ukryta elektronika pro ovládání reproduktorů. Ve třídě je obrázková výzdoba. Tato výzdoba byla při měření zanedbána.

Učebna má maximální kapacitu 32 míst. Ve třídě je umístěno 16 dřevěných lavic se zeleným kováním o rozměrech 500 x 1300 mm a výšce 760 mm a stůl pro učitele o rozměrech 600 x 1300 mm a výšce 760 mm. Tento stůl je ze stejného materiálu jako žákovské lavice. Na učitelském stole stojí monitor.



Obr. 26 - Půdorys učebny S21

4.3.5 Učebna S22

Pátou hodnocenou učebnou je učebna S22, která se nachází v 2. NP a je orientována na jihovýchod. Místnost je kmenovou učebnou třídy Sx - A. V této třídě jsou žáci, kteří navštěvují osmileté gymnázium, a jejich věk se pohybuje od šestnácti do sedmnácti let. Učebna je obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 8,90 x 6,60 m a světlé výšce 3,60 m.

Všechny čtyři stěny a strop jsou vymalovány bílou barvou. Podlaha z PVC má barvu hnědou strakatou. Do učebny se vstupuje dveřmi o rozměru 900 x 1970 mm, které jsou osazeny do ocelových zárubní oranžové barvy. Dveře mají hnědou barvu. Naproti vstupu se nachází čtyři stejně velká okna, která jsou orientována na jihovýchod. Okna jsou plastová a jsou rozdělena na dvě části, horní část je otevíravá a výklopná, spodní část okna je jen výklopná. Rozměry a bližší popis okna je uveden na obr. 49. Okna jsou opatřena vnitřními žaluziemi. Pod okny je umístěn parapet a otopná tělesa.



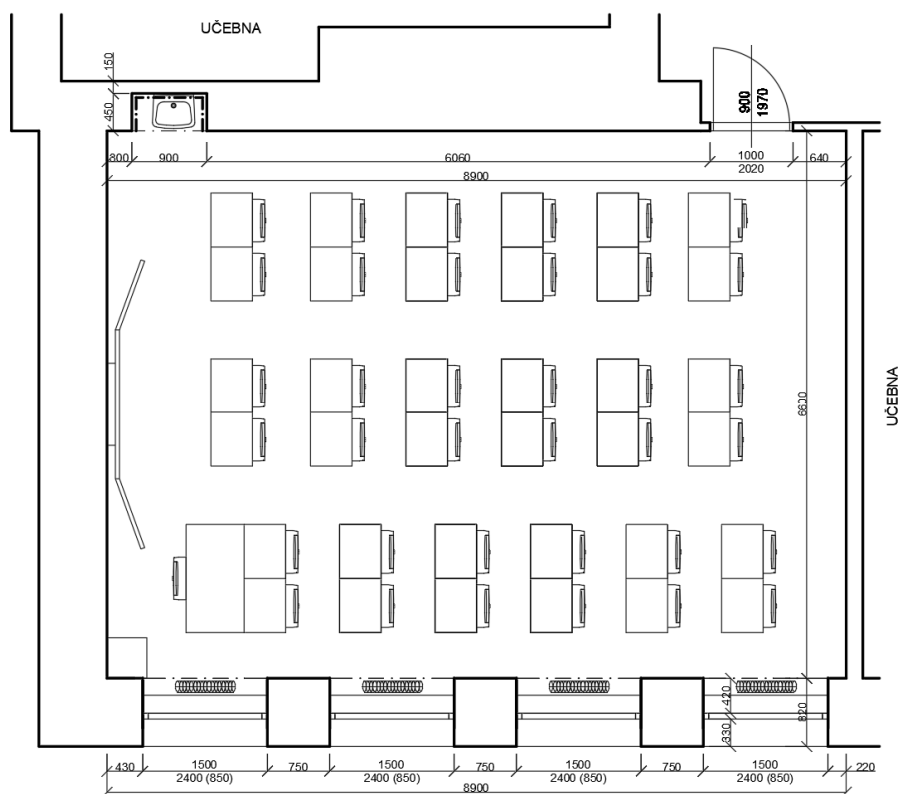
Obr. 27 – Učebna S22



Obr. 28 – Učebna S22

Na stěně u vstupních dveří se nachází výklenek s umyvadlem bílé barvy, ve kterém je světle růžový obklad do výšky 1500 mm. Dále se na této stěně nachází korková nástěnka hnědé barvy. Na přední stěně učebny je umístěna rozevírací tabule černé barvy, která je osazena na pojezdu, který má tmavě modrou barvu. Nad tabulí jsou umístěny dva černé reproduktory a plátno, které se stahuje při projekci. Projektor je zavěšen u stropu a je bílé barvy. Reprodukory, plátno a projektor byly při měření zanedbány. Na stěně, kde je umístěna tabule, je v rohu u okna skříňka hnědé barvy, ve které je ukryta elektronika pro ovládání reproduktorů. Ve třídě je obrázková výzdoba. Tato výzdoba byla při měření zanedbána.

Učebna má maximální kapacitu 36 míst. Ve třídě je umístěno 18 dřevěných lavic se zeleným kováním o rozměrech 500 x 1300 mm a výšce 800 mm a stůl pro učitele o rozměrech 600 x 1300 mm a výšce 800 mm. Tento stůl je ze stejného materiálu jako žákovské lavice. Na učitelském stole stojí monitor.



Obr. 29 - Půdorys učebny S22

4.3.6 Učebna S26

Šestou hodnocenou učebnou je učebna S26, která se nachází v 2. NP a je orientována na jihozápad. Místnost je kmenovou učebnou třídy 1. B. V této třídě jsou žáci, kteří navštěvují čtyřleté gymnázium, a jejich věk se pohybuje od patnácti do šestnácti let. Učebna je obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 8,80 x 6,60 m a světlé výšce 3,60 m.

Tato učebna je specifická svou výmalbou. Tato výmalba znázorňuje vesmír, kde jsou nakresleny jednotlivé planety. Stěny, kde se nacházejí okna a tabule, jsou vymalovány bílou barvou. Stěna se vstupními dveřmi je z poloviny vymalována barvou bílou a z poloviny barvou tmavě modrou. Stěna naproti tabuli je vymalována tmavě modrou barvou s planetami, které mají rozdílné barvy. Barvy planet byly při měření zanedbány. Podlaha z PVC má barvu šedozelenou. Do učebny se vstupuje dveřmi o rozměru 900 x 1970 mm, které jsou osazeny do ocelových zárubní oranžové barvy. Dveře mají hnědou barvu. Naproti vstupu se nachází čtyři stejně velká okna, která jsou orientována na jihozápad. Okna jsou plastová a jsou rozdělena na dvě části, horní část je otevíravá a výklopná, spodní část okna je jen

výklopná. Rozměry a bližší popis okna je uveden na obr. 49. Okna jsou opatřena vnitřními žaluziemi. Pod okny je umístěn parapet a otopná tělesa.



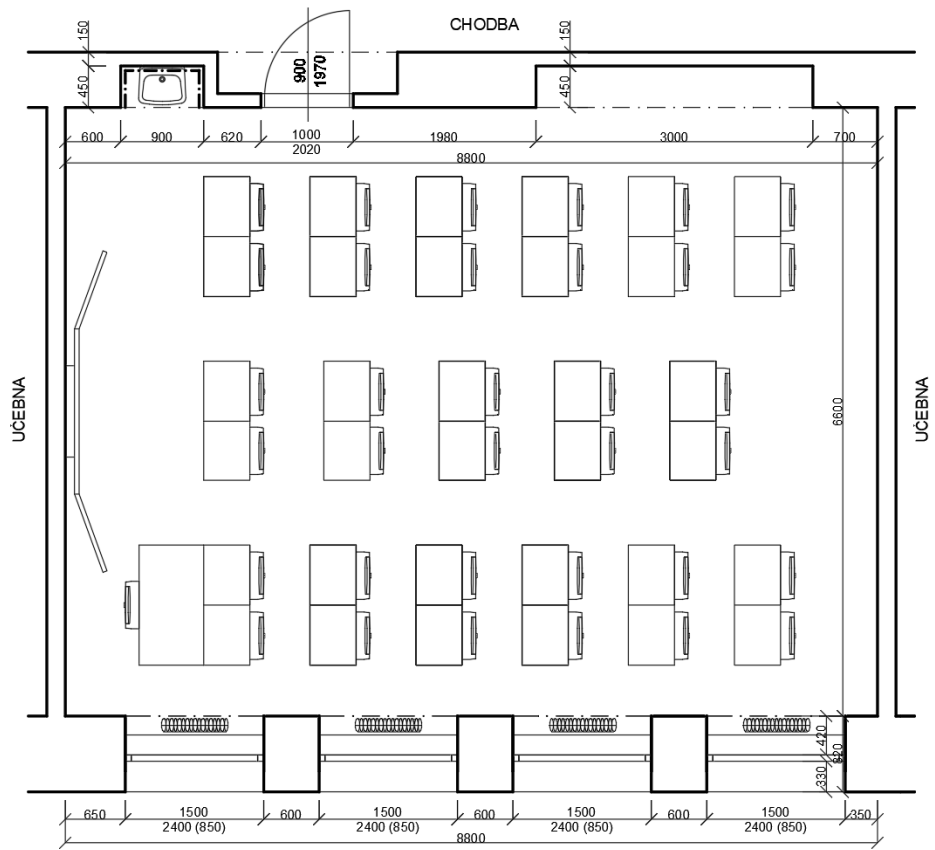
Obr. 30 – Učebna S26



Obr. 31 – Učebna S26

Na stěně u vstupních dveří se nachází výklenek s umyvadlem bílé barvy, ve kterém je světle růžový obklad do výšky 1500 mm. Na přední stěně učebny je umístěna rozevírací tabule černé barvy, která je osazena na pojezdu, který má béžovou barvu. Nad tabulí jsou umístěny dva černé reproduktory a plátno, které se stahuje při projekci. Projektor je zavěšen u stropu a je bílé barvy. Reproduktory, plátno a projektor byly při měření zanedbány. Ve třídě je obrázková výzdoba. Tato výzdoba byla při měření zanedbána.

Učebna má maximální kapacitu 34 míst. Ve třídě je umístěno 17 dřevěných lavic se žlutým kováním o rozměrech 500 x 1300 mm a výšce 760 mm a stůl pro učitele o rozměrech 600 x 1300 mm a výšce 760 mm. Tento stůl je ze stejného materiálu jako žákovské lavice. Na učitelském stole stojí monitor.



Obr. 32 - Půdorys učebny S26

5. Měření

5.1 Použité přístroje a pomůcky

Venkovní rozměry gymnázia, sousedních budov a vnitřní rozměry staré budovy včetně rozměrů vybraných kmenových učeben byly zaměřeny pomocí laserového dálkoměru Hilti PD 32.



Obr. 33 – Laserový dálkoměr Hilti PD 32

Dále byly pro účely diplomové práce zapůjčeny měřicí přístroje z Katedry konstrukcí pozemních staveb z Fakulty stavební ČVUT v Praze. Podle požadované přesnosti měření je nutno používat kalibrované přístroje s odpovídající přesností, která je uvedena v následující tabulce.

Tab. 2 – Maximální možné chyby přístrojů a intervaly kalibrace přístrojů v závislosti na přesnosti měření [1]

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

Jasy povrchů byly změřeny pomocí jasoměru Konica Minolta Luminance Meter LS - 110, který má úhel měření $1/3^\circ$ a rozsah od 0,001 až 299 900 cd/m².



Obr. 34 – Jasoměr Konica Minolta Luminance Meter LS - 110

Pro měření hodnot osvětlenosti byl použit multifunkční digitální luxmetr Konica Minolta Illuminance Meter T-10 AM s odnímatelnou hlavou receptoru. Luxmetr je vybaven filtrem pro kosinovou odchylku, udává přesnost digitální zobrazované hodnoty $\pm 2\% \pm 1$ a má rozsah 0,01 – 299 900 lx.



Obr. 35 –Luxmetr Konica Minolta Illuminance Meter T – 10 AM

K další metodě pro zjištění činitele odrazu světla jednotlivých ploch bylo využito vzorníků barev WEBER (352 barevných odstínů) [15] a STACHEMA (752 barevných odstínů) [14], ve kterých je pro různé odstíny uvedena hodnota činitele odrazu světla.



Obr. 36 – Vzorníky barev WEBER [15] a STACHEMA [14]

5.2 Měření činitele odrazu světla

K výpočtu činitele denní osvětlenosti je nutné znát hodnotu činitele odrazu světla ρ (-) jednotlivých povrchů v učebně, k výpočtu byl použit vztah (8).

Dílčí veličiny L (cd.m^{-2}) a E (lx) se měří pomocí jasoměru a luxmetru. Měřič, který obsluhuje jasoměr, zacílí a zaostří na plochu povrchu, ideálně ve směru kolmém na daný povrch a změří jas povrchu L (cd.m^{-2}). Druhý měřič ve stejný okamžik pomocí luxmetru změří osvětlenost tohoto povrchu E (lx). Fotonka luxmetru je umístěna tak, aby nebyla v zorném poli jasoměru a byla co nejbližší místu, které je jasoměrem zaměřováno. Zároveň je nutno dodržet, aby obsluha nebo jiné předměty nepřištinovaly fotonce ani povrchu, který jasoměr snímá. K měření těchto veličin bylo zapotřebí dvou osob, jedna obsluhovala jasoměr a druhá luxmetr. Měření tedy probíhalo ve spolupráci s vedoucím této diplomové práce panem Ing. Bc. Jaroslavem Vychytillem, Ph.D.

Hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé povrchy v učebnách byly spolu s normovými hodnotami a hodnotami zjištěnými příkládáním vzorníků barev vyneseny do tabulky v kapitolách 5.4.1 – 5.4.6.

5.3 Měření činitele prostupu světla sklem

Další ze vstupních veličin pro výpočet činitele denní osvětlenosti je činitel prostupu světla výplně osvětlovacího otvoru $\tau_{s,nor}$ (-) ve směru normály stanovená ze vztahu:

$$\tau_{s,nor} = \frac{L_s}{L_o} \quad (9)$$

kde L_s (cd.m^{-2}) je hodnota jasu oblohy či jiného pozadí skrz osvětlovací otvor a L_o (cd.m^{-2}) je jas oblohy či jiného pozadí bez vlivu výplně osvětlovacího otvoru. K měření postačí pouze jasoměr, kterým nejprve zaměříme jas oblohy či jiného pozadí skrz osvětlovací otvor a následně, co nejrychleji otevřeme osvětlovací otvor a změříme jas oblohy či jiného pozadí bez vlivu výplně osvětlovacího otvoru.

5.4 Měření učeben

Měření rozměrů gymnázia bylo provedeno během měsíce června, kdy byly zaměřeny a zakresleny půdorysy jednotlivých podlaží staré budovy a vynesena situace objektů gymnázia a sousedních budov. K zaměřování byl použit laserový dálkoměr Hilti PD 32 (Obr. 33). Na základě fotodokumentace školy a půdorysů budovy bylo vybráno šest učeben, které jsou v diplomové práci posuzovány. Během měsíců října a listopadu byly v těchto učebnách stanoveny hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů pomocí vzorníků barev WEBER a STACHEMA (Obr. 36).

Měření veličin pomocí jasoměru (Obr. 34) a luxmetru (Obr. 35) proběhlo v učebnách 19. 11. 2019 mezi 8:45 a 14:45.

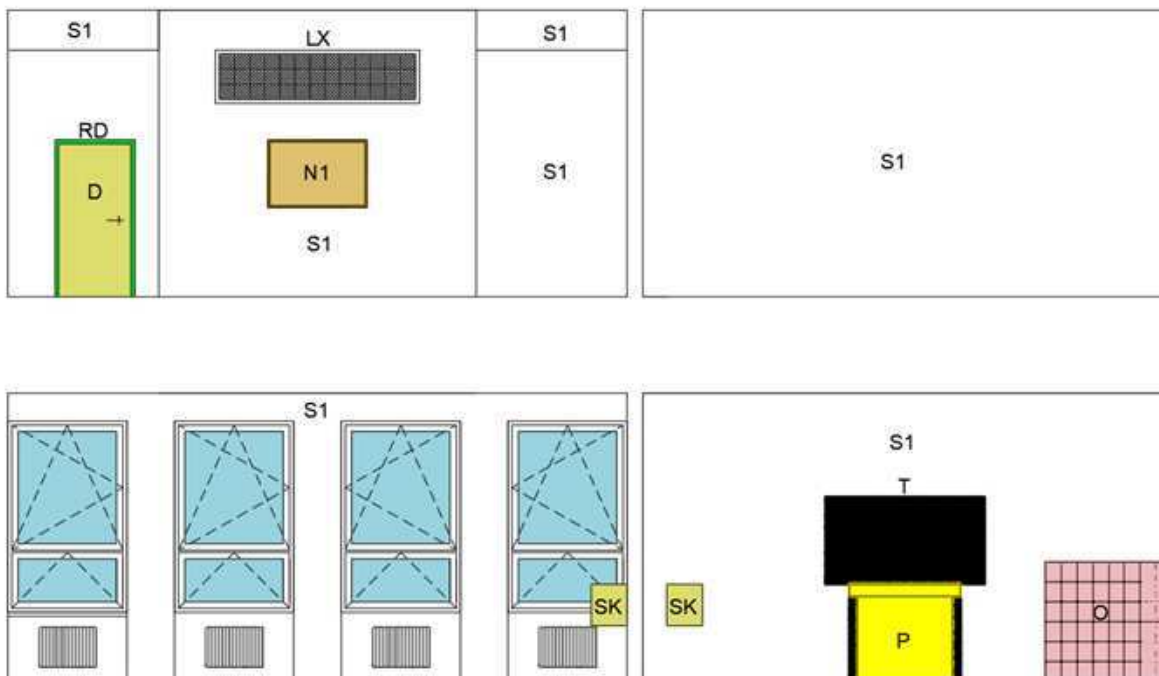
V následujících kapitolách 5.4.1 – 5.4.6 jsou znázorněna schémata jednotlivých učeben s popisem povrchů, fotodokumentace a tabulky, ve kterých jsou uvedeny hodnoty činitelů odrazu světla povrchů z hlediska normy, vzorníků a naměřených hodnot.

5.4.1 Učebna S15

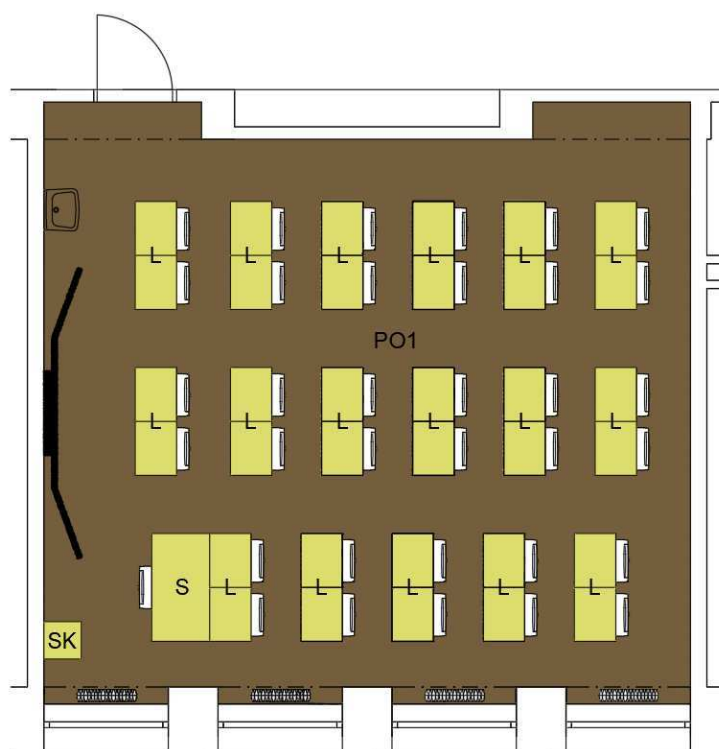
Dne 19. 11. 2019 mezi 8:45 a 9:45 proběhlo v této učebně měření, během něhož byly stanoveny hodnoty jasu a osvětlenosti jednotlivých povrchů.

Na obr. 37 a obr. 38 jsou znázorněna schémata stěn a vodorovných ploch a vyznačeny povrchy, které byly v dané třídě změřeny. V návaznosti na tyto schémata byla vypracována tabulka (tab. 3), ve které jsou uvedena veškerá naměřená data jasů povrchů a osvětleností. V posledním sloupci jsou pak vypočítané průměrné hodnoty činitele odrazu světla, které byly stanoveny z těchto naměřených dat. U některých povrchů bylo nutno měření několikrát opakovat, zejména u lesklých povrchů, protože po dosazení do vzorce (8) nevycházely předpokládané výsledky. Přesný postup měření je uveden v kapitole 5.2.

Dále jsou v tabulce uvedeny normové hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů a hodnoty získané pomocí vzorníků. Pro povrchy, pro které nebylo možné jednoznačně určit barvu dle vzorníku, byl stanoven odborný odhad z dostupných barev.



Obr. 37 – Učebna S15 – schéma stěn



Obr. 38 – Učebna S15 – schéma vodorovných povrchů

Tab. 3a– Učebna S15: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů – 1. Část

Ozn.	Povrch	Barva popis	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření			ρ (-)
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku	L (cd.m ⁻²)	E (lx)	$\rho = \frac{L \cdot \pi}{E}$ (-)	
S1	Stěna	bílá malba	0,75 - 0,80	0,75	57,29	197,7	0,910	0,91
					63,06	218,0	0,909	
O	Odklad umyvadlo	růžová obklad	0,70*	0,73	20,12	82,2	0,769	0,77
					20,37	83,3	0,768	
T	Tabule	černá	0,01 - 0,03	0,06	2,12	118,4	0,056	0,06
					2,08	118,1	0,055	
P	Pojezd tabule	žlutá	0,50 - 0,60	0,58	16,06	91,8	0,550	0,55
					16,08	93,0	0,543	
SK	Skříňka	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	22,21	199,8	0,349	0,35
					22,09	202,7	0,342	
N1	Nástěnka	béžová	0,60 - 0,70	0,69	32,42	198,4	0,513	0,51
					32,98	200,8	0,516	

Tab. 3b – Učebna S15: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů – 2. část

LX	Luxfery	sklo	0,10	-	16,18	97,0	0,524	0,53
					16,51	96,5	0,537	
D	Dveře	dřevo	0,35 - 0,50	0,63	8,74	77,7	0,353	0,35
					8,48	76,0	0,351	
RD	Rám dveří	zelená	0,05 - 0,20	0,29	2,38	50,3	0,149	0,15
					2,45	51,5	0,149	
L	Lavice	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	11,95	146,9	0,256	0,25
					11,92	149,0	0,251	
S	Stůl učitel	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	15,77	182,7	0,271	0,27
					15,73	186,6	0,265	
PO1	Podlaha 1	PVC hnědá strakatá	0,25	0,30**	7,98	88,1	0,285	0,28
					7,69	88,6	0,273	

Pozn. : *) tato barva není v tabulce barev [8], byla stanovena odborným odhadem

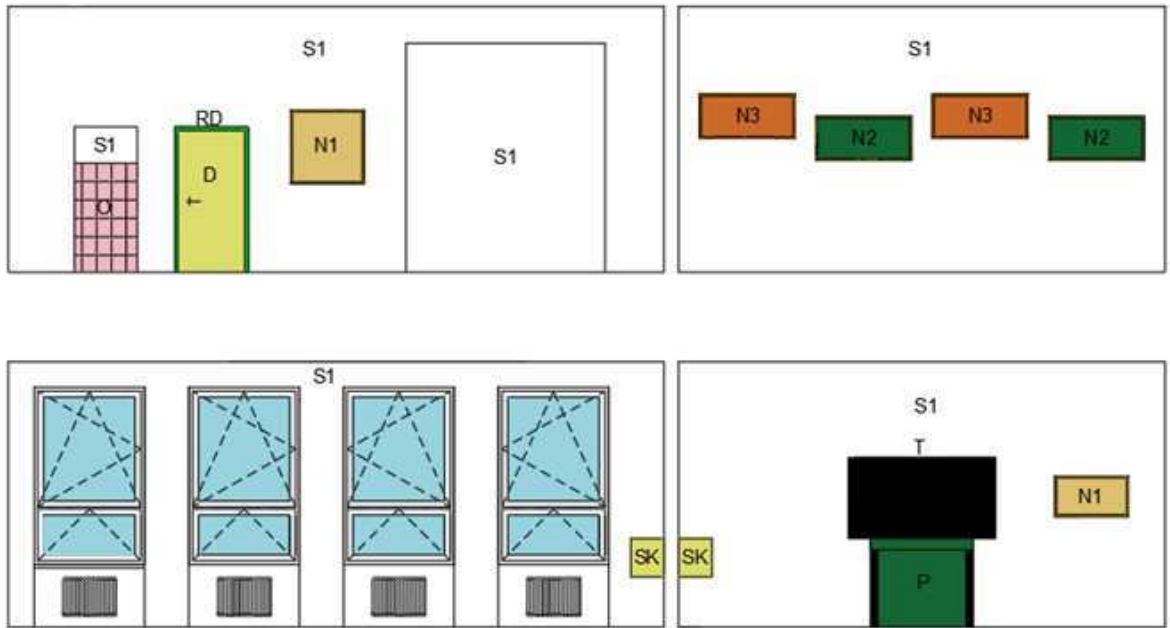
**) tato barva není ve vzornících barev, byla stanovena odborným odhadem

5.4.2 Učebna S18

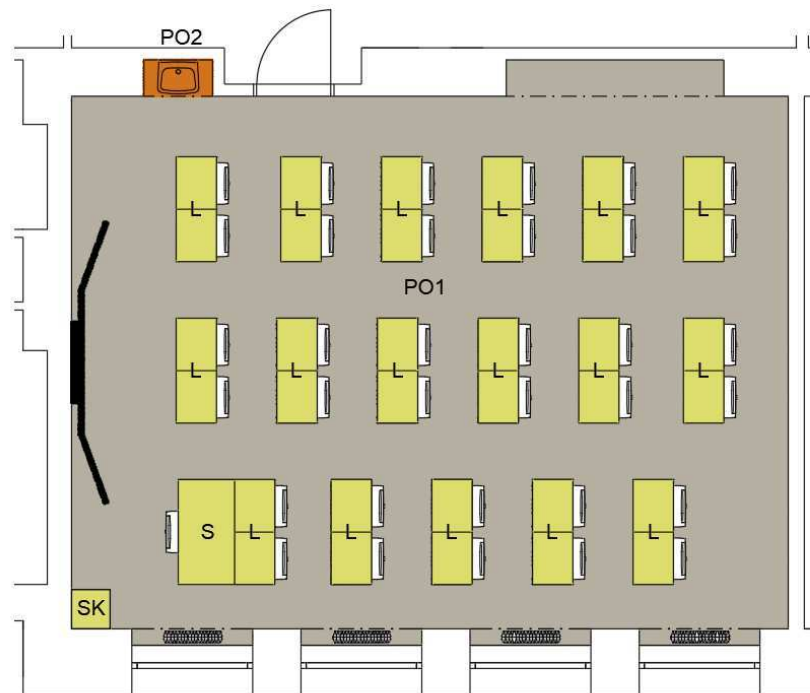
Dne 19. 11. 2019 mezi 9:45 a 10:45 proběhlo v této učebně měření, během něhož byly stanoveny hodnoty jasu a osvětlenosti jednotlivých povrchů.

Na obr. 39 a obr. 40 jsou znázorněna schémata stěn a vodorovných ploch a vyznačeny povrchy, které byly v dané třídě změřeny. V návaznosti na tyto schémata byla vypracována tabulka (tab. 4), ve které jsou uvedena veškerá naměřená data jasů povrchů a osvětleností. V posledním sloupci jsou pak vypočítané průměrné hodnoty činitele odrazu světla, které byly stanoveny z těchto naměřených dat. U některých povrchů bylo nutno měření několikrát opakovat, zejména u lesklých povrchů, protože po dosazení do vzorce (8) nevycházely předpokládané výsledky. Přesný postup měření je uveden v kapitole 5.2.

Dále jsou v tabulce uvedeny normové hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů a hodnoty získané pomocí vzorníků. Pro povrchy, pro které nebylo možné jednoznačně určit barvu dle vzorníku, byl stanoven odborný odhad z dostupných barev.



Obr. 39 – Učebna S18 – schéma stěn



Obr. 40 – Učebna S18 – schéma vodorovných povrchů

Tab. 4 – Učebna S18: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů

Ozn.	Povrch	Barva popis	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření			ρ (-)
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku	L (cd.m ⁻²)	E (lx)	$\rho = \frac{L \cdot \pi}{E}$ (-)	
S1	Stěna	bílá malba	0,75 - 0,80	0,75	57,22	182,0	0,988	0,98
					56,26	180,0	0,982	
O	Odklad umyvadlo	růžová obklad	0,70*	0,73	27,58	109,2	0,793	0,79
					25,70	102,1	0,791	
T	Tabule	černá	0,01 - 0,03	0,06	3,11	170,0	0,057	0,06
					3,07	171,4	0,056	
P	Pojezd tabule	zelená	0,30	0,23	2,46	78,0	0,099	0,10
					2,44	78,5	0,098	
SK	Skříňka	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	9,43	85,8	0,345	0,35
					10,32	92,4	0,351	
N1	Nástěnka	béžová	0,60 - 0,70	0,71	29,33	166,0	0,555	0,56
					31,77	176,2	0,566	
N2	Nástěnka	zelená	0,45 - 0,65	0,45	7,96	84,0	0,298	0,30
					7,79	83,2	0,294	
N3	Nástěnka	oranžová	0,45*	0,43	18,21	121,2	0,472	0,47
					18,74	125,8	0,468	
D	Dveře	dřevo	0,35 - 0,50	0,63	1,94	13,3	0,459	0,46
					1,96	13,3	0,464	
RD	Rám dveří	zelená	0,30	0,29	3,82	64,0	0,188	0,19
					3,78	63,7	0,186	
L	Lavice	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	8,99	107,8	0,262	0,26
					9,84	115,4	0,268	
S	Stůl - učitel	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	7,19	88,1	0,256	0,26
					7,24	87,3	0,261	
PO1	Podlaha 1	PVC šedozelená	0,45*	0,58**	5,88	51,1	0,361	0,35
					5,45	50,8	0,337	
PO2	Podlaha 2	dlažba oranžová	0,45*	0,42	1,90	14,2	0,421	0,42
					1,88	14,3	0,414	

Pozn. : *) tato barva není v tabulce barev [8], byla stanovena odborným odhadem

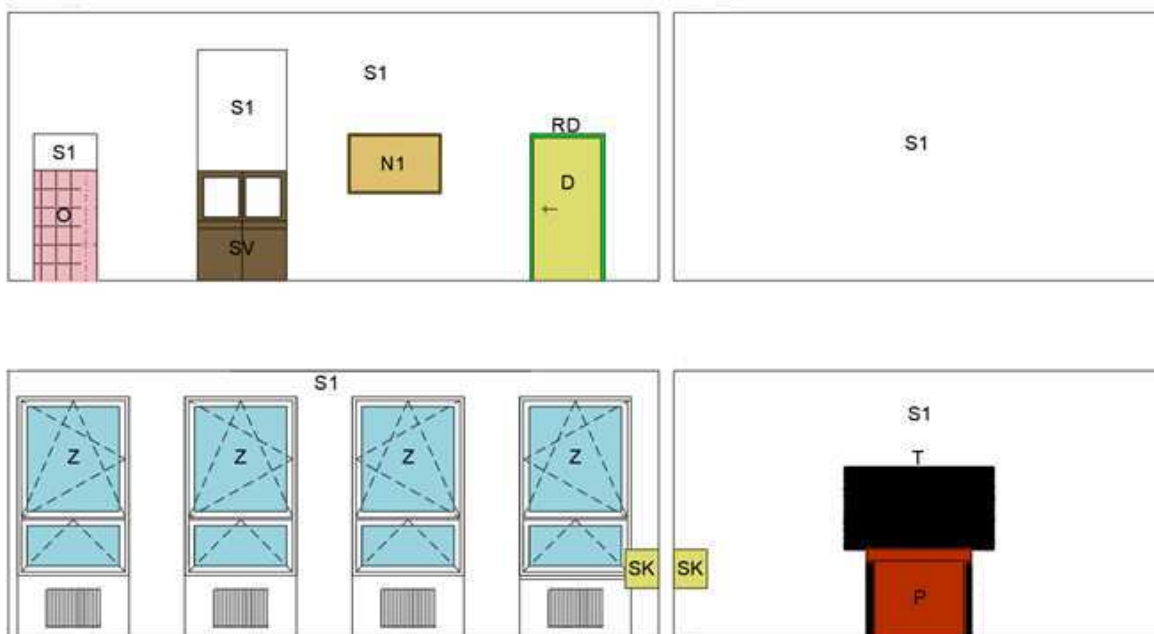
**) tato barva není ve vzornících barev, byla stanovena odborným odhadem

5.4.3 Učebna S19

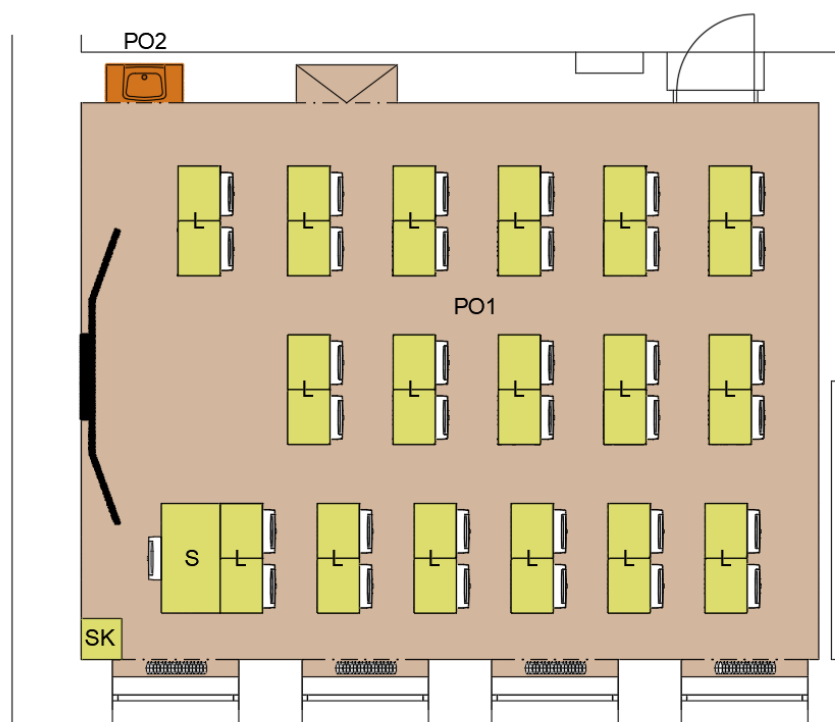
Dne 19. 11. 2019 mezi 11:45 a 12:45 proběhlo v této učebně měření, během něhož byly stanoveny hodnoty jasu a osvětlenosti jednotlivých povrchů.

Na obr. 41 a obr. 42 jsou znázorněna schémata stěn a vodorovných ploch a vyznačeny povrchy, které byly v dané třídě změřeny. V návaznosti na tyto schémata byla vypracována tabulka (tab. 5), ve které jsou uvedena veškerá naměřená data jasů povrchů a osvětleností. V posledním sloupci jsou pak vypočítané průměrné hodnoty činitele odrazu světla, které byly stanoveny z těchto naměřených dat. U některých povrchů bylo nutno měření několikrát opakovat, zejména u lesklých povrchů, protože po dosazení do vzorce (8) nevycházely předpokládané výsledky. Přesný postup měření je uveden v kapitole 5.2.

Dále jsou v tabulce uvedeny normové hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů a hodnoty získané pomocí vzorníků. Pro povrchy, pro které nebylo možné jednoznačně určit barvu dle vzorníku, byl stanoven odborný odhad z dostupných barev.



Obr. 41 – Učebna S19 – schéma stěn



Obr. 42– Učebna S19 – schéma vodorovných povrchů

Tab. 5a – Učebna S19: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů – 1.část

Ozn.	Povrch	Barva - popis	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření			ρ (-)
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku	L (cd.m ⁻²)	E (lx)	$\rho = \frac{L \cdot \pi}{E}$ (-)	
S1	Stěna	bílá malba	0,75 - 0,80	0,75	72,57	255,5	0,892	0,89
					76,39	267,8	0,896	
O	Odklad umyvadlo	růžová obklad	0,70*	0,73	38,91	160,8	0,760	0,76
					34,43	142,7	0,758	
T	Tabule	černá	0,01 - 0,03	0,06	2,78	184,4	0,047	0,05
					2,88	192,5	0,047	
P	Pojezd tabule	červená	0,15 - 0,30	0,10	2,48	153,9	0,051	0,05
					2,51	155,3	0,051	
SK	Skříňka	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	50,64	418,0	0,381	0,38
					49,53	409,0	0,380	
SV	Skříň výplňová	dřevo	0,35 - 0,50	0,27	5,35	148,1	0,113	0,12
					5,50	148,2	0,117	

Tab. 5b – Učebna S19: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů – 2.část

N1	Nástěnka	běžová	0,60 - 0,70	0,6	26,77	209,1	0,402	0,40
					26,64	207,3	0,404	
Z	Záclony	bílá	0,22 - 0,87	-	55,20	206,5	0,840	0,82
					53,79	212,5	0,795	
D	Dveře	dřevo	0,35 - 0,50	0,63	0,89	8,2	0,342	0,34
					0,90	8,3	0,339	
RD	Rám dveří	zelená	0,30	0,29	2,94	50,2	0,184	0,18
					2,98	50,7	0,185	
L	Lavice	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	14,42	153,4	0,295	0,30
					14,69	154,1	0,299	
S	Stůl učitel	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	36,29	326,0	0,350	0,35
					35,82	326,0	0,345	
PO1	Podlaha 1	PVC šedozeleňá	0,45*	0,58**	20,44	127,8	0,502	0,50
					19,89	123,6	0,506	
PO2	Podlaha 2	dlažba oranžová	0,45*	0,42	6,96	60,4	0,362	0,36
					6,96	60,2	0,363	

Pozn. : *) tato barva není v tabulce barev [8], byla stanovena odborným odhadem

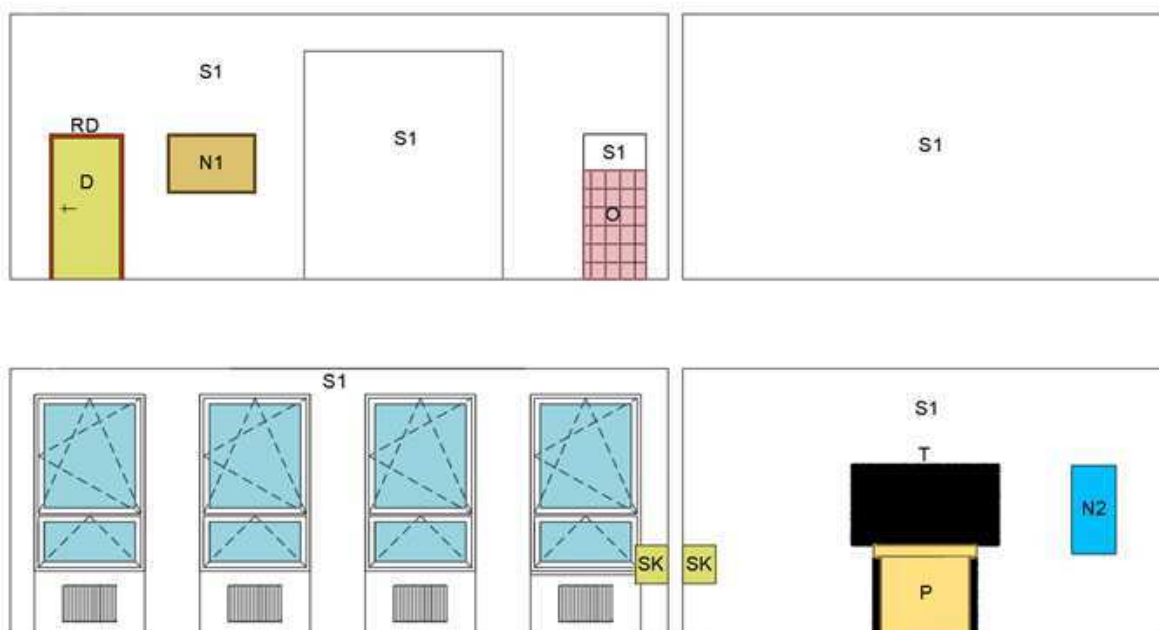
**) tato barva není ve vzornících barev, byla stanovena odborným odhadem

5.4.4 Učebna S21

Dne 19. 11. 2019 mezi 10:45 a 11:45 proběhlo v této učebně měření, během něhož byly stanoveny hodnoty jasů a osvětlenosti jednotlivých povrchů.

Na obr. 43 a obr. 44 jsou znázorněna schémata stěn a vodorovných ploch a vyznačeny povrchy, které byly v dané třídě změřeny. V návaznosti na tyto schémata byla vypracována tabulka (tab. 6), ve které jsou uvedena veškerá naměřená data jasů povrchů a osvětleností. V posledním sloupci jsou pak vypočítané průměrné hodnoty činitele odrazu světla, které byly stanoveny z těchto naměřených dat. U některých povrchů bylo nutno měření několikrát opakovat, zejména u lesklých povrchů, protože po dosazení do vzorce (8) nevycházely předpokládané výsledky. Přesný postup měření je uveden v kapitole 5.2.

Dále jsou v tabulce uvedeny normové hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů a hodnoty získané pomocí vzorníků. Pro povrchy, pro které nebylo možné jednoznačně určit barvu dle vzorníku, byl stanoven odborný odhad z dostupných barev.



Obr. 43 – Učebna S21 – schéma stěn



Obr. 44 – Učebna S21 – schéma vodorovných povrchů

Tab. 6 – Učebna S21: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů

Ozn.	Povrch	Barva - popis	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření			ρ (-)
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku	L (cd.m ⁻²)	E (lx)	$\rho = \frac{L \cdot \pi}{E}$ (-)	
S1	Stěna	bílá malba	0,75 - 0,80	0,75	262,30	875,0	0,942	0,94
					237,80	792,5	0,943	
O	Odklad umyvadlo	růžová obklad	0,70*	0,73	127,40	510,0	0,785	0,78
					124,60	500,0	0,783	
T	Tabule	černá	0,01 - 0,03	0,06	5,41	276,6	0,061	0,06
					3,80	202,6	0,059	
P	Pojezd tabule	béžová	0,60 - 0,70	0,81	119,60	520,0	0,723	0,72
					123,80	540,0	0,720	
SK	Skříňka	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	101,40	890,0	0,358	0,36
					105,70	915,0	0,363	
N1	Nástěnka	béžová	0,60 - 0,70	0,69	80,65	539,0	0,470	0,47
					85,63	579,0	0,465	
N2	Nástěnka	modrá	0,40 - 0,60	0,42	20,36	335,0	0,191	0,19
					17,59	283,0	0,195	
D	Dveře	dřevo	0,35 - 0,50	0,63	3,81	34,5	0,347	0,35
					3,83	34,7	0,347	
RD	Rám dveří	červená	0,20 - 0,35	0,32	13,21	125,8	0,330	0,33
					10,44	97,0	0,338	
L	Lavice	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	108,40	992,0	0,343	0,34
					92,99	855,0	0,342	
S	Stůl - učitel	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	83,29	810,0	0,323	0,32
					92,26	892,0	0,325	
PO1	Podlaha 1	PVC hnědá strakatá	0,25*	0,65**	71,42	510,0	0,440	0,44
					54,41	383,0	0,446	
PO2	Podlaha 2	dlažba oranžová	0,45*	0,42	26,42	177,0	0,469	0,47
					27,56	185,2	0,468	
PO3	Podlaha 3	PVC šedivá	0,40 - 0,60	0,63	97,07	901,0	0,338	0,34
					92,49	855,0	0,340	

Pozn. : *) tato barva není v tabulce barev [8], byla stanovena odborným odhadem

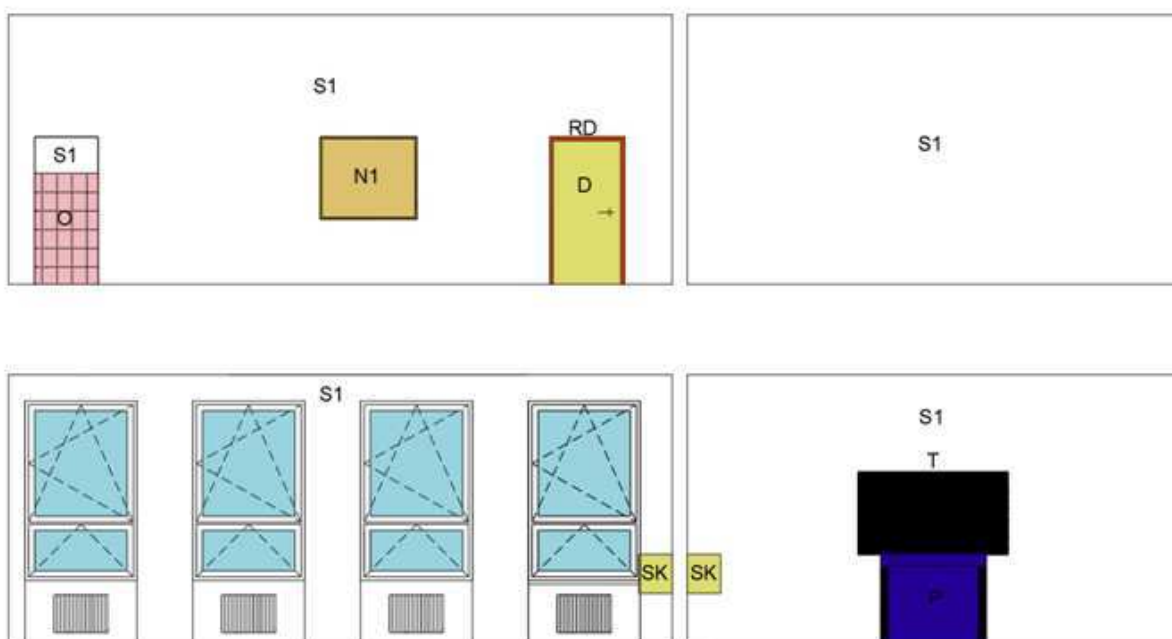
**) tato barva není ve vzornících barev, byla stanovena odborným odhadem"

5.4.5 Učebna S22

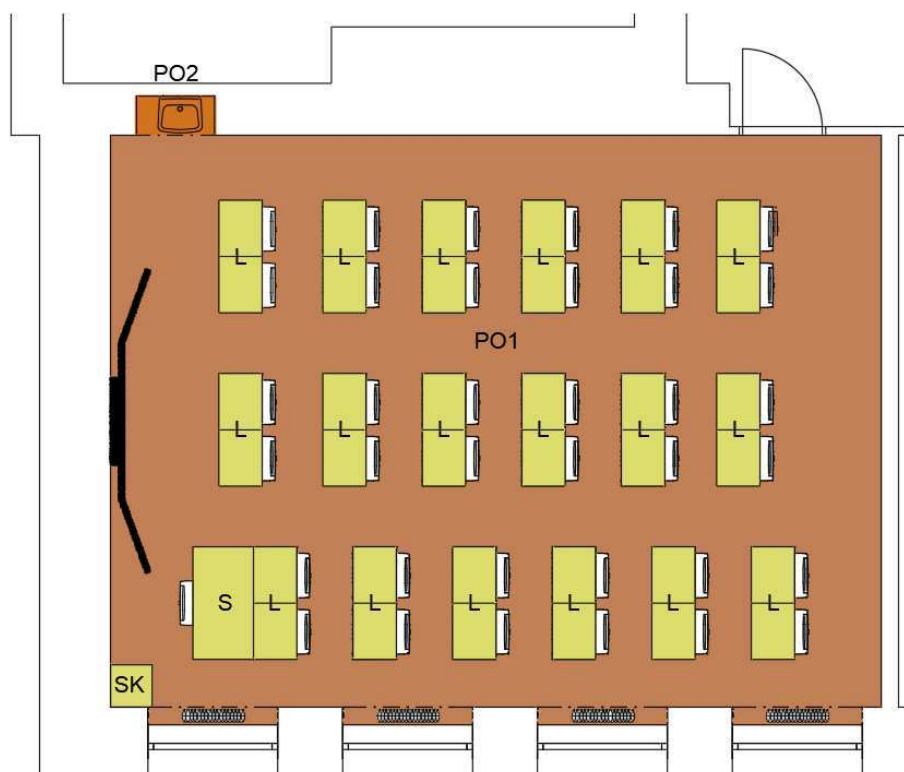
Dne 19. 11. 2019 mezi 12:45 a 13:45 proběhlo v této učebně měření, během něhož byly stanoveny hodnoty jasu a osvětlenosti jednotlivých povrchů.

Na obr. 45 a obr. 46 jsou znázorněna schémata stěn a vodorovných ploch a vyznačeny povrchy, které byly v dané třídě změřeny. V návaznosti na tyto schémata byla vypracována tabulka (tab. 7), ve které jsou uvedena veškerá naměřená data jasů povrchů a osvětleností. V posledním sloupci jsou pak vypočítané průměrné hodnoty činitele odrazu světla, které byly stanoveny z těchto naměřených dat. U některých povrchů bylo nutno měření několikrát opakovat, zejména u lesklých povrchů, protože po dosazení do vzorce (8) nevycházely předpokládané výsledky. Přesný postup měření je uveden v kapitole 5.2.

Dále jsou v tabulce uvedeny normové hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů a hodnoty získané pomocí vzorníků. Pro povrchy, pro které nebylo možné jednoznačně určit barvu dle vzorníku, byl stanoven odborný odhad z dostupných barev.



Obr. 45 – Učebna S22 – schéma stěn



Obr. 46 – Učebna S22 – schéma vodorovných povrchů

Tab. 7a – Učebna S22: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů – 1. část

Ozn.	Povrch	Barva popis	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření			ρ (-)
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku	L (cd.m ⁻²)	E (lx)	$\rho = \frac{L \cdot \pi}{E}$ (-)	
S1	Stěna	bílá malba	0,75 - 0,80	0,75	85,38	298,0	0,900	0,90
					89,79	313,0	0,901	
O	Odklad umyvadlo	růžová obklad	0,70*	0,73	69,39	272,6	0,800	0,80
					69,32	271,9	0,801	
T	Tabule	černá	0,01 - 0,03	0,06	7,03	420,0	0,053	0,05
					7,03	417,0	0,053	
P	Pojezd tabule	modrá	0,20	0,27	6,88	268,6	0,080	0,08
					6,90	269,8	0,080	
SK	Skříňka	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	129,80	1061,0	0,384	0,39
					131,80	1063,0	0,390	
N1	Nástěnka	béžová	0,60 - 0,70	0,61	40,31	314,0	0,403	0,41
					40,44	311,0	0,409	

Tab. 7b – Učebna S22: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů – 2. část

D	Dveře	dřevo	0,35 - 0,50	0,63	7,08	95,0	0,234	0,23
					6,83	93,8	0,229	
RD	Rám dveří	červená	0,20 - 0,35	0,32	3,03	30,1	0,316	0,32
					2,92	29,0	0,316	
L	Lavice	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	86,62	688,0	0,396	0,40
					85,89	675,0	0,400	
S	Stůl učitel	dřevo	0,35 - 0,50	0,56	53,34	573,0	0,292	0,29
					51,38	551,0	0,293	
PO1	Podlaha 1	hnědá strakatá	0,12 - 0,25	0,65**	27,58	195,2	0,444	0,44
					27,92	197,7	0,444	
PO2	Podlaha 2	dlažba oranžová	0,45*	0,42	16,58	144,3	0,361	0,36
					16,55	144,3	0,360	

Pozn. : *) tato barva není v tabulce barev [8], byla stanovena odborným odhadem

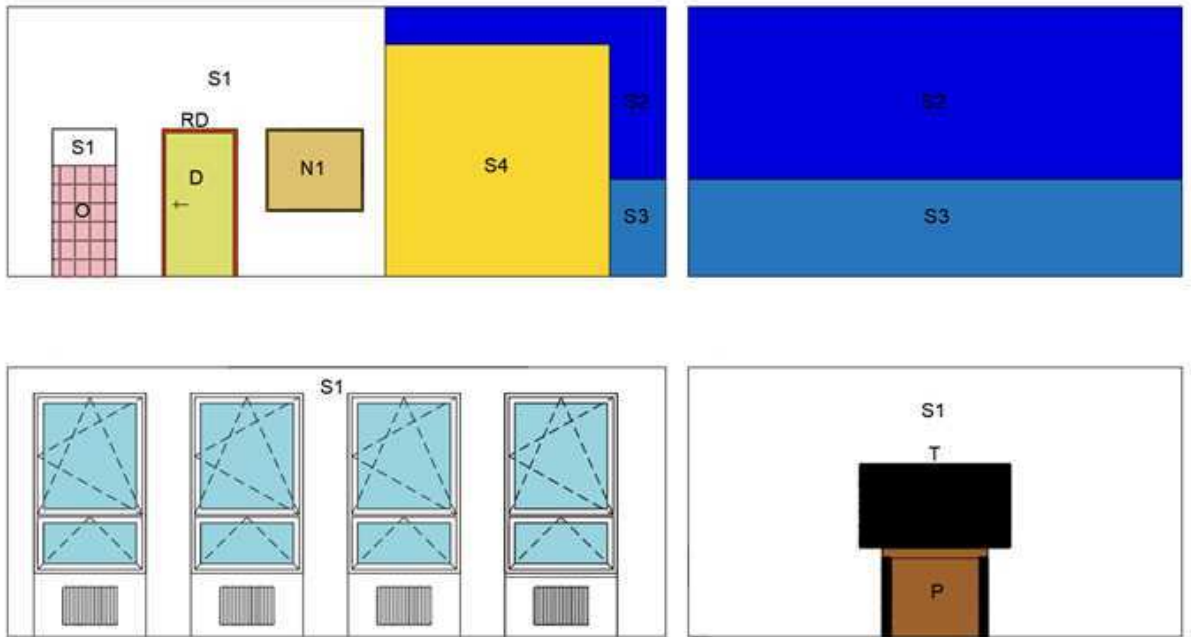
**) tato barva není ve vzornících barev, byla stanovena odborným odhadem

5.4.6 Učebna S26

Dne 19. 11. 2019 mezi 12:45 a 13:45 proběhlo v této učebně měření, během něhož byly stanoveny hodnoty jasů a osvětlenosti jednotlivých povrchů.

Na obr. 47 a obr. 48 jsou znázorněna schémata stěn a vodorovných ploch a vyznačeny povrchy, které byly v dané třídě změřeny. V návaznosti na tyto schémata byla vypracována tabulka (tab. 8), ve které jsou uvedena veškerá naměřená data jasů povrchů a osvětleností. V posledním sloupci jsou pak vypočítané průměrné hodnoty činitele odrazu světla, které byly stanoveny z těchto naměřených dat. U některých povrchů bylo nutno měření několikrát opakovat, zejména u lesklých povrchů, protože po dosazení do vzorce (8) nevycházely předpokládané výsledky. Přesný postup měření je uveden v kapitole 5.2.

Dále jsou v tabulce uvedeny normové hodnoty činitele odrazu světla jednotlivých povrchů a hodnoty získané pomocí vzorníků. Pro povrchy, pro které nebylo možné jednoznačně určit barvu dle vzorníku, byl stanoven odborný odhad z dostupných barev.



Obr. 47 – Učebna S15 – schéma stěn



Obr. 48 – Učebna S26 – schéma vodorovných povrchů

Tab. 8 – Učebna S26: činitel odrazu světla jednotlivých povrchů

Ozn.	Povrch	Barva popis	Činitel odrazu světla ρ (-)		Měření			ρ (-)
			dle ČSN 73 0580-1	dle vzorníku	L (cd.m ⁻²)	E (lx)	$\rho = \frac{L \cdot \pi}{E}$ (-)	
S1	Stěna	bílá malba	0,75 - 0,80	0,75	21,88	81,8	0,840	0,84
					21,89	81,9	0,840	
S2	Stěna	středně modrá	0,20	0,28	6,54	186,4	0,110	0,11
					8,29	235,5	0,111	
S3	Stěna	světle modrá	0,45 - 0,65	0,42	8,94	168,3	0,167	0,17
					8,87	166,3	0,168	
S4	Stěna	žlutá	0,50 - 0,60	0,54	18,68	98,2	0,598	0,60
					16,96	89,4	0,596	
O	Odklad umyvadlo	růžová obklad	0,70*	0,73	31,35	146,0	0,675	0,67
					31,43	146,7	0,673	
T	Tabule	černá	0,01 - 0,03	0,06	5,61	335,0	0,053	0,05
					5,25	311,0	0,053	
P	Pojezd tabule	hnědá	0,60 - 0,70	0,40	14,98	167,3	0,281	0,28
					15,74	178,7	0,277	
N1	Nástěnka	šedivá	0,40 - 0,60	0,39	32,00	382,0	0,263	0,26
					31,44	377,0	0,262	
D	Dveře	dřevo	0,35 - 0,50	0,63	0,83	7,6	0,343	0,34
					0,83	7,6	0,344	
RD	Rám dveří	červená	0,20 - 0,35	0,32	12,24	168,2	0,229	0,23
					12,11	167,0	0,228	
L	Lavice	dřevo	0,35 - 0,50	0,55	8,09	89,0	0,286	0,28
					7,84	87,4	0,282	
S	Stůl učitel	dřevo	0,35 - 0,50	0,56	22,93	248,0	0,290	0,29
					22,90	247,0	0,291	
PO1	Podlaha 1	PVC šedohnědá	0,60 - 0,70	0,58	14,11	124,3	0,357	0,36
					12,16	105,2	0,363	
PO2	Podlaha 2	dlažba oranžová	0,45*	0,42	5,37	47,0	0,359	0,36
					5,23	45,9	0,358	

Pozn. : *) tato barva není v tabulce barev [8], byla stanovena odborným odhadem

**) tato barva není ve vzornících barev, byla stanovena odborným odhadem

6. Výpočet činitele denní osvětlenosti

Pro výpočet činitele denní osvětlenosti jednotlivých učeben byl použit výpočetní program Světlo+ [11], který byl pro účely této diplomové práce zapůjčen Katedrou pozemních staveb fakulty stavební ČVUT v Praze.

6.1 Vstupní hodnoty

6.1.1 Činitel jasu stínící překážky

Vlastnosti stínící překážky jsou vyjádřeny činitelem jasu stínící překážky k_γ (-), který je definován vztahem:

$$k_\gamma = \frac{L_p}{L_\gamma} \quad (10)$$

kde L_p (cd/m^2) je jas stínící překážky a L_γ (cd/m^2) je jas oblohy v úhlu γ ($^\circ$) nad horizontem. Pro výpočet v diplomové práci byla hodnota činitele jasu stínící překážky použita hodnota $k_\gamma = 0,1$ uvedená v normě ČSN 73 0580-1 [3].

6.1.2 Činitel prostupu světla sklem

Světelná účinnost osvětlovacího otvoru závisí kromě jejich plochy, tvaru a poloze také na materiálu výplně. Každý materiál propouští světlo jiným způsobem.

Pro výpočet v této diplomové práci budou použity naměřené i normové hodnoty tohoto činitele. Normové hodnoty jsou stanoveny pro jednoduché zasklení, pro zasklení složené z více zasklených tabulí se činitel prostupu světla sklem τ_s (-) vypočítá dle vztahu:

$$\tau_s = \tau_{s,nor}^n \quad (11)$$

kde $\tau_{s,nor}$ (-) je činitel prostupu světla jednou skleněnou tabulí; n (-) je počet skleněných tabulí.

Dále byly použity naměřené hodnoty. Podrobný popis měření a výpočtu činitele prostupu světla sklem $\tau_{s,nor}$ (-) je sepsán v kapitole 5.3. Na gymnáziu byly hodnoty změřeny v učebně S18, S22 a S26. Pro učebny S15, S19 a S21 byly hodnoty převzaty z naměřených hodnot z učebny S18 a S22.

Tab. 9 – Činitel prostupu světla sklem v učebně S15, S18 a S19

L_s (cd.m ⁻²)	L_o (cd.m ⁻²)	τ_s (-)	τ_s (-)
210,4	269,9	0,780	0,780
210,7	270,2	0,780	

Tab. 10 – Činitel prostupu světla sklem v učebně S21 a S22

L_s (cd.m ⁻²)	L_o (cd.m ⁻²)	τ_s (-)	τ_s (-)
212,7	258,1	0,824	0,817
202,5	250,0	0,810	

Tab. 11 – Činitel prostupu světla sklem v učebně S26

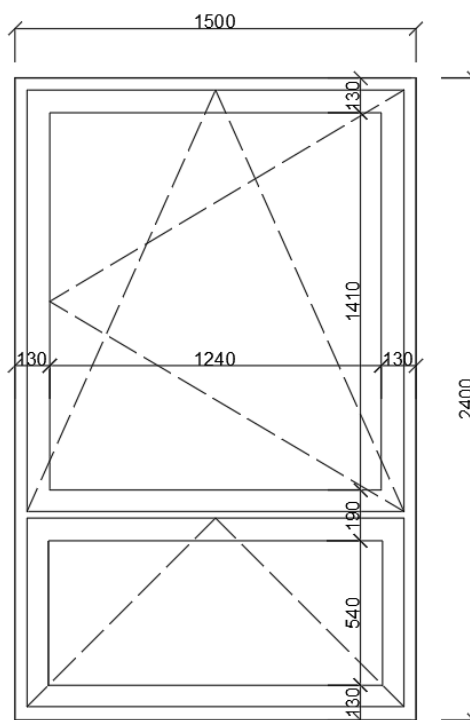
L_s (cd.m ⁻²)	L_o (cd.m ⁻²)	τ_s (-)	τ_s (-)
31,24	36,91	0,846	0,851
25,76	30,12	0,855	

6.1.3 Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu okna

Míru čisté plochy zasklení udává činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo τ_k (-). Ten se stanoví ze vztahu:

$$\tau_k = \frac{A_s}{A_c} \quad (12)$$

kde A_s (m²) značí plochu zasklení a A_c (m²) celkovou plochu osvětlovacího otvoru. V rámci celého gymnázia jsou rozměry všech oken v učebnách stejné, proto byla hodnota činitele vypočtena pouze pro jedno okno.



Obr. 49 – Okenní otvor

Tab. 12 – Činitel prostupu světla zohledňující vliv rámu

A_s (m ²)	A_c (m ²)	τ_k (-)
2,418	3,600	0,672

6.1.4 Činitel znečištění

Znečištění osvětlovacího otvoru způsobuje snížení množství dopadajícího světla do interiéru, proto je míra znečištění důležitým parametrem pro posuzování kvality denního osvětlení. Činitel znečištění τ_z (-) se vypočítá ze vztahu:

$$\tau_z = \tau_{z,e} \cdot \tau_{z,i} \quad (13)$$

kde $\tau_{z,e}$ (-) je činitel znečištění na vnější straně konstrukce a $\tau_{z,i}$ (-) je činitel znečištění na vnitřní straně konstrukce.

Hodnoty činitele znečištění na vnější a vnitřní straně zasklení lze získat měřením nebo v normě ČSN 73 0580-1 [3]. Pro účely této diplomové práce byly použity hodnoty pro svislý osvětlovací otvor z normy ČSN 73 0580-1 [3].

Pro znečištění na vnitřní straně zasklení byla použita hodnota $\tau_{z,i} = 0,95$, kdy se uvažuje s malým znečištěním a pro znečištění na vnější straně zasklení hodnota $\tau_{z,e} = 0,90$, zde se uvažuje se středním znečištěním.

6.1.5 Průměrný činitel odrazu světla

Rozložení světelného toku v místnosti je ovlivněno především činitelem jednotlivých vnitřních ploch, který je ovlivněn jejich barvou a lesklostí. Průměrná odrazivost světla v místnosti se vyjadřuje průměrným činitelem odrazu světla ρ_m (-) ze vztahu:

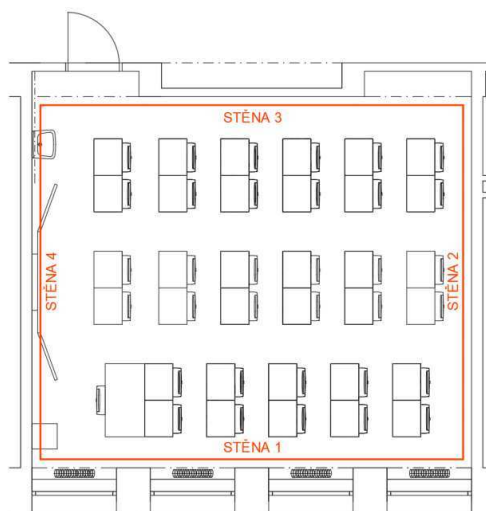
$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i \cdot \rho_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (14)$$

kde S_i (m^2) značí plochu i – tého povrchu a ρ_i (-) činitel odrazu světla daného povrchu, n (-) je počet povrchů v posuzované místnosti. Hodnoty činitele odrazu jednotlivých ploch jsou uvedeny v kapitole č. 5.

6.2 Činitel denní osvětlenosti v učebně S15

6.2.1 Průměrný činitel odrazu světla

V kapitole 5.4.1 jsou uvedeny hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy v učebně, ze kterých byly následně vypočítány dle vztahu (14) hodnoty průměrného činitele odrazu světla ρ_m (-), které jsou uvedeny v tabulce níže.



Obr. 50 – Označení stěn učebny S15

Tab. 13a – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S15 – 1. část

Konstrukce	Povrch	ρ (-)	S (m ²)	$\rho \cdot S$ (m ²)	ρ_m (-)
Stěna 1	Stěna bílá	0,91	13,15	11,97	0,63
	Okno rám	0,91	5,02	4,57	
	Okno sklo	0,10	9,68	0,97	
	Skříňka	0,35	0,23	0,08	
		Σ	28,08	17,58	
Stěna 2	Stěna bílá	0,91	23,76	21,62	0,91
		Σ	23,76	21,62	
Stěna 3	Stěna bílá	0,91	23,33	21,23	0,83
	Luxfery	0,53	1,72	0,91	
	Nástěnka	0,51	1,06	0,54	
	Dveře	0,35	1,75	0,61	
	Rám dveří	0,15	0,22	0,03	
		Σ	28,08	23,33	
Stěna 4	Stěna bílá	0,91	17,39	15,82	0,78
	Obklad umyvadlo	0,77	2,26	1,74	
	Tabule	0,06	2,41	0,14	
	Pojezd tabule	0,55	1,47	0,81	
	Skříňka	0,35	0,23	0,08	
		Σ	23,76	18,60	

Tab. 13b – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S15 – 2. Část

Strop	Strop bílá	0,91	54,42	49,52	0,91
		Σ	54,42	49,52	
Podlaha	Podlaha	0,28	42,46	11,89	0,27
	Lavice	0,25	11,05	2,76	
	Stůl - učitel	0,27	0,91	0,25	
	Skříňka	0,35	0,20	0,07	
		Σ	54,62	14,97	
Průměrný činitel odrazu světla učebny			$\rho_m = 0,68$		

6.2.2 Vstupní data

V programu Světlo+ [11] byla v módu „Obloha“ vymodelována situace stínících objektů spolu s gymnáziem, kde se nachází posuzovaná učebna. Hodnoty činitele denní osvětlenosti byly vyhodnoceny ve třech polohách kontrolních bodů, které byly umístěny dle kapitol 3.2. a 3.3. Pro všechny tři polohy bodů byly použity nejprve naměřené hodnoty činitele odrazu pro různé plochy a činitele prostupu světla sklem (varianta A), dále byl činitel denní osvětlenosti v těchto bodech stanoven pro normové hodnoty činitele odrazu světla a činitele prostupu světla sklem (varianta B a C). Normové hodnoty z varianty B byly použity u bodů umístěných dle ČSN 73 0580-1 [3], z varianty C u bodů umístěných dle ČSN EN 17037 [5]. Jako vstupní údaje do programu byla použita data uvedená v následující tabulce. Pro všech šest variant byla vykreslena síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti stanovených v daných bodech a izofoty² 1,5 % dle ČSN 73 0580-1 [3]; 0,7 % a 2 % dle ČSN EN 17037 [5].

² Izofota – čára spojující místa stejných hodnot činitele denní osvětlenosti ve srovnávací rovině [3]

Tab. 14 – Vstupní hodnoty do programu Světlo+ [11]

Název	Ozn.	Varianta A	Varianta B	Varianta C
		Měření	dle ČSN 73 0580-1	dle ČSN EN 17037
Činitel odrazu světla - Stěna 1	ρ_{m1} (-)	0,63	0,70	
Činitel odrazu světla - Stěna 2	ρ_{m2} (-)	0,91	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 3	ρ_{m3} (-)	0,83	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 4	ρ_{m4} (-)	0,78	0,50	
Činitel odrazu světla - Strop	ρ_{m5} (-)	0,91	0,70	
Činitel odrazu světla - Podlaha	ρ_{m6} (-)	0,27	0,30	0,20
Činitel prostupu světla sklem okna	τ_s (-)	0,70	0,85*	
Činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,e}$ (-)	0,90**		
Činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,i}$ (-)	0,95**		
Poměr čisté plochy zasklení	τ_k (-)	0,67		
Činitel jasů stínící překážky	k_v (-)	0,10***		

Pozn. : *) Hodnota byla vypočtena jako součin hodnot 0,92*0,92 ($\tau_s = \tau_{s,nor}^2$). V diplomové práci je uvažováno s dvojitým zasklením. Čiré tabulové sklo má hodnotu $\tau_{s,nor} = 0,92$ podle normy ČSN 73 0580-1 [3].

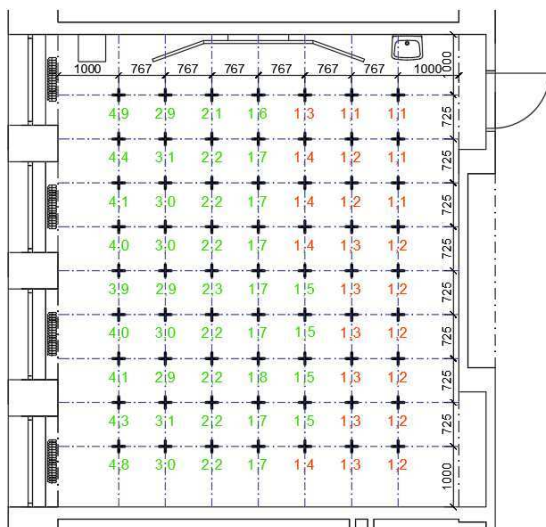
***) Uvedeno v kapitole 6.1.4.

***) Hodnota byla převzata jako doporučená hodnota z normy ČSN 73 0580-1 [3]

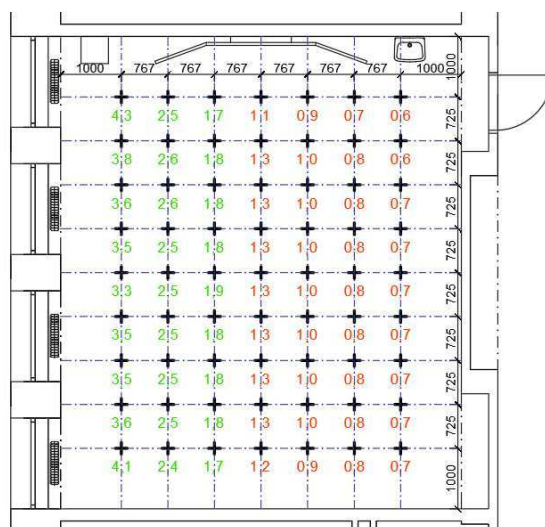
6.2.3 Činitel denní osvětlenosti

Na následujících obrázcích jsou vyneseny hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech. Pro lepší přehlednost byla síť bodů, vypočtená v programu Světlo+ [11], překreslena v programu AutoCAD [10]. Obr. 51 a obr. 52 znázorňují výpočet hodnot v kontrolních bodech dle požadavků ČSN 73 0580-1 [3], Obr. 55 – 58 pak v kontrolních bodech dle požadavků ČSN EN 17037 [5]. Do půdorysu učebny byly dále zakresleny izočáry. V případě ČSN 73 0580-1 [3] izočára znázorňující hranici $D_{min} = 1,5\%$ (Obr. 53 a obr. 54), kdy je učebna rozdělena na oblast vyhovující (zelená barva) a nevyhovující (červená barva) a u ČSN EN 17037 [5] izočáry 0,7% a 2,0% (Obr. 59 a obr. 60), které učebnu rozdělují na tři oblasti. V učebně nastal i stav, kdy hodnota 0,7 % vyhovuje v celé ploše a učebna je rozdělena jen na dvě oblasti. Dále bylo u těchto případů stanoveno, zda vyhovuje procentuální zastoupení daných hodnot (viz kapitola 3.5.2)

6.2.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:



Obr. 51 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 52 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. B



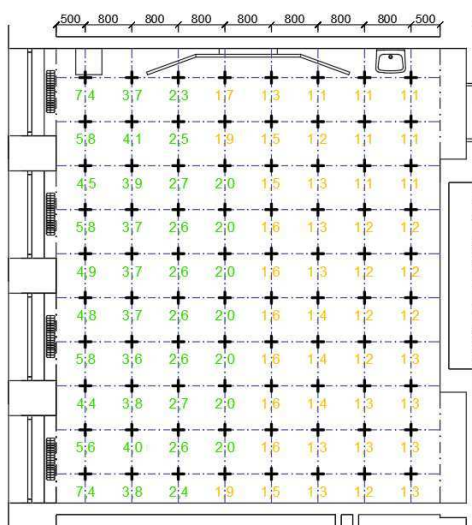
Obr. 53 – Izočára 1,5 % - var. A



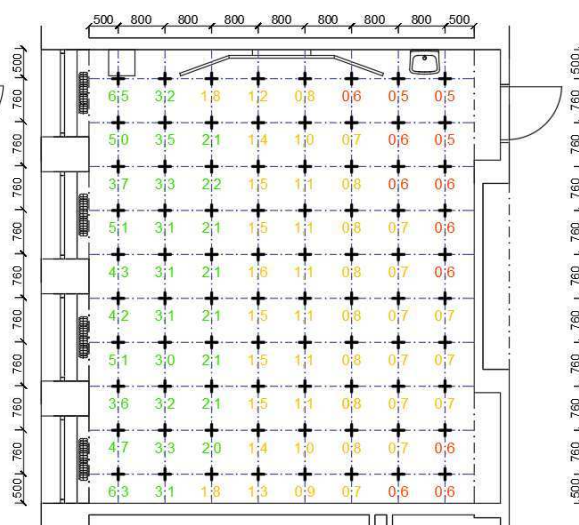
Obr. 54 – Izočára 1,5 % - var. B

Ze schémat je patrné, že ani jedna varianta **nesplňuje** požadovanou minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti $D = 1,5 \%$ v celé ploše učebny ani ve funkčně vymezeném prostoru. Zelená barva označuje lavice, které vyhovují požadavku, zatímco červená barva označuje lavice, které požadavek nesplňují. Nejvhodnější místa k sezení se nacházejí v řadě u okna a uprostřed, naopak lavice v řadě u dveří nevyhovují.

6.2.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – průsečík os:

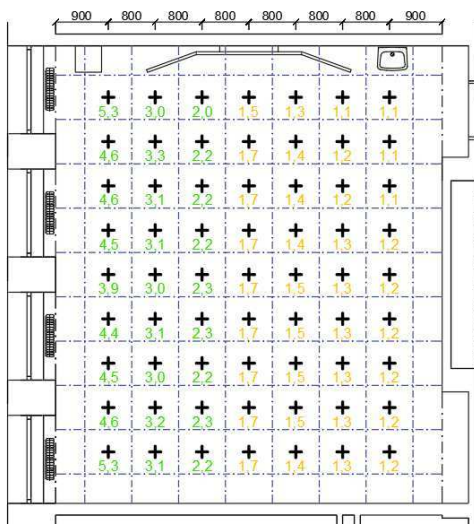


Obr. 55 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A

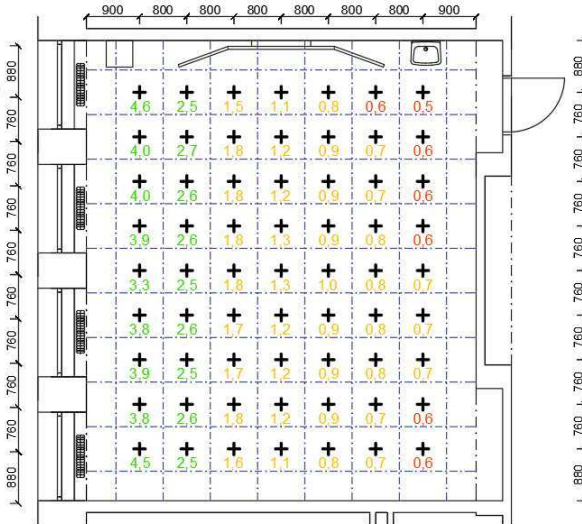


Obr. 56 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C

6.2.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – středy plošek:



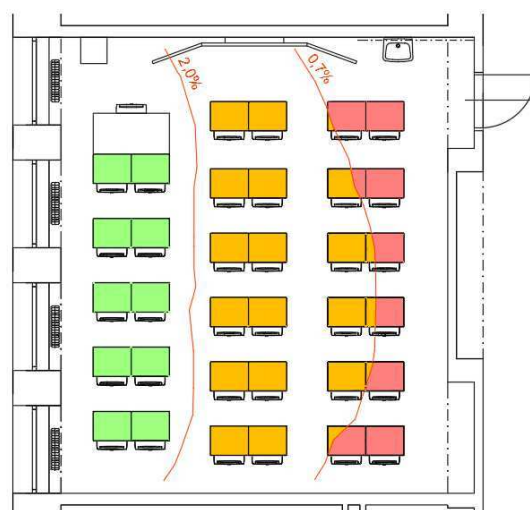
Obr. 57 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 58 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C



Obr. 59* – Izočára 2,0 %** - var. A



Obr. 60* – Izočára 0,7% a 2,0 % - var. C

*) Vykreslení izofot (Obr. 59 a obr. 60) je shodné pro polohu kontrolních bodů v průsečících os i ve středů plošek.

**) Hodnota 0,7 % je splněna v celé ploše učebny.

Tab. 15 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 [5]

	Obr. 55	Obr. 56	Obr. 57	Obr. 58
$D_{T50} \geq 2,0\%$	46,25%	35,00%	42,86%	28,57%
$D_{TM95} \geq 0,7\%$	100,00%	85,00%	100,00%	88,89%
	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO

Ze schémat a tabulky je patrné, že ani jedna varianta **nesplňuje** zároveň oba požadavky normy ČSN EN 17037 [5], kdy musí být minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{TM} = 0,7\%$ splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě a cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_T = 2,0\%$ alespoň v 50 % bodů sítě. Zelená barva ve schématech označuje lavice, kdy je hodnota činitele denní osvětlenosti vyšší než 2,0 %, žlutá barva označuje lavice, kdy je hodnota vyšší než 0,7 % a červená barva lavice, kdy není splněna ani jedna podmínka. Nejvhodnější místa k sezení se nacházejí tedy v řadě u okna. Z tab. 15 je vidět, že u dvou variant byla splněna alespoň méně přísnější podmínka.

6.2.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení v učebnách byla vypočítána ze vztahu (7) uvedeného v kapitole 3.6. Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro všechny varianty byly spolu s vypočtenou hodnotou rovnoměrnosti denního osvětlení zaneseny do tabulky č. 16.

Tab. 16 – Rovnoměrnost denního osvětlení

Název	Ozn.	kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3	
		Varianta A	Varianta B	Varianta A	Varianta C	Varianta A	Varianta C
Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{min} (%)	1,1	0,6	1,1	0,5	1,1	0,5
Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{max} (%)	4,9	4,3	7,4	6,5	5,3	4,6
Rovnoměrnost denního osvětlení učebny	U (-)	0,22	0,14	0,15	0,08	0,21	0,11
Rovnoměrnost denního osvětlení funkčně vymezeného prostoru	U (-)	0,31	0,35	0,09	0,11	0,13	0,15

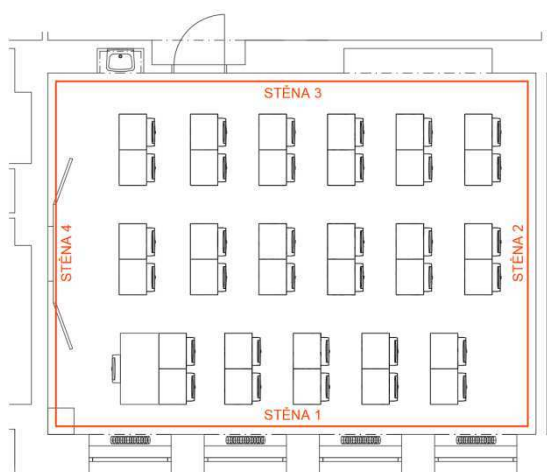
Z výpočtu rovnoměrnosti denního osvětlení (tab. 16) je patrné, že učebna S15 vyhoví v celé své ploše jen ve dvou případech a to, když je splněn normový požadavek $U \geq 0,20$. To nastává ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1., kdy je $U = 0,22$ a ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.3, kdy je $U = 0,21$. V ostatních variant normový požadavek není splněn.

Ve funkčně vymezeném prostoru splní tato učebna normový požadavek také ve dvou případech. U funkčně vymezeného prostoru se uvažuje u rozmístění bodů dle kap. 6.2.3.1 s hodnotou $D_{min} = 1,5 \%$ a u kap. 6.2.3.2 a 6.2.3.3 s hodnotou $D_{min} = 0,7 \%$. Pro variantu A a variantu B, kde je rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1 jsou ty to hodnoty $U = 0,31$ a $U = 0,35$. Zelená barva v tabulce č. 16 označuje vyhovující hodnoty, červená barva naopak hodnoty nevyhovující.

6.3 Činitel denní osvětlenosti v učebně S18

6.3.1 Průměrný činitel odrazu světla

V kapitole 5.4.2 jsou uvedeny hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy v učebně, ze kterých byly následně vypočítány dle vztahu (14) hodnoty průměrného činitele odrazu světla ρ_m (-), které jsou uvedeny v tabulce níže.



Obr. 61 – Označení stěn učebny S18

Tab. 17a – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S18 – 1. část

Konstrukce	Povrch	ρ (-)	S (m ²)	$\rho \cdot S$ (m ²)	ρ_m (-)
Stěna 1	Stěna bílá	0,98	17,11	16,77	0,71
	Okno rám	0,98	5,02	4,92	
	Okno sklo	0,10	9,68	0,97	
	Skříňka	0,35	0,23	0,08	
		Σ	32,04	22,74	
Stěna 2	Stěna bílá	0,98	23,76	23,28	0,91
	Nástěnka	0,30	1,56	0,47	
	Nástěnka	0,47	1,56	0,73	
		Σ	26,88	24,49	
Stěna 3	Stěna bílá	0,98	23,85	23,37	0,92
	Obklad umyvadlo	0,79	1,26	1,00	
	Nástěnka	0,56	1,00	0,56	
	Dveře	0,46	1,75	0,81	
	Rám dveří	0,19	0,22	0,04	
		Σ	28,08	25,78	

Tab. 17b – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S18 – 2. Část

Stěna 4	Stěna bílá	0,98	19,10	18,72	0,82
	Tabule	0,06	2,41	0,14	
	Pojezd tabule	0,10	1,47	0,15	
	Skříňka	0,35	0,23	0,08	
	Nástěnka	0,56	0,55	0,31	
		Σ	23,76	19,40	
Strop	Strop bílá	0,98	61,57	60,34	0,98
			Σ	61,57	
Podlaha	Podlaha	0,35	49,61	17,36	0,33
	Podlaha umyvadlo	0,42	0,38	0,16	
	Lavice	0,26	11,05	2,87	
	Stůl - učitel	0,26	0,91	0,24	
	Skříňka	0,35	0,23	0,08	
		Σ	62,18	20,71	
Průměrný činitel odrazu světla učebny			$\rho_m = 0,74$		

6.3.2 Vstupní data

V programu Světlo+ [11] byla v módu „Obloha“ vymodelována situace stínících objektů spolu s gymnáziem, kde se nachází posuzovaná učebna. Hodnoty činitele denní osvětlenosti byly vyhodnoceny ve třech polohách kontrolních bodů, které byly umístěny dle kapitol 3.2. a 3.3. Pro všechny tři polohy bodů byly použity nejprve naměřené hodnoty činitele odrazu pro různé plochy a činitele prostupu světla sklem (varianta A), dále byl činitel denní osvětlenosti v těchto bodech stanoven pro normové hodnoty činitele odrazu světla a činitele prostupu světla sklem (varianta B a C). Normové hodnoty z varianty B byly použity u bodů umístěných dle ČSN 73 0580-1 [3], z varianty C u bodů umístěných dle ČSN EN 17037 [5]. Jako vstupní údaje do programu byla použita data uvedená v následující tabulce. Pro všech šest variant byla vykreslena síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti stanovených v daných bodech a izofoty 1,5 % dle ČSN 73 0580-1 [3]; 0,7 % a 2 % dle ČSN EN 17037 [5].

Tab. 18 – Vstupní hodnoty do programu Světlo+ [11]

Název	Ozn.	Varianta A	Varianta B	Varianta C
		Měření	dle ČSN 73 0580-1	dle ČSN EN 17037
Činitel odrazu světla - Stěna 1	ρ_{m1} (-)	0,71	0,70	
Činitel odrazu světla - Stěna 2	ρ_{m2} (-)	0,91	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 3	ρ_{m3} (-)	0,92	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 4	ρ_{m4} (-)	0,82	0,50	
Činitel odrazu světla - Strop	ρ_{m5} (-)	0,98	0,70	
Činitel odrazu světla - Podlaha	ρ_{m6} (-)	0,33	0,30	0,20
Činitel prostupu světla sklem okna	τ_s (-)	0,78	0,85*	
Činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,e}$ (-)	0,90**		
Činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,i}$ (-)	0,95**		
Poměr čisté plochy zasklení	τ_k (-)	0,67		
Činitel jasů stínící překážky	k_v (-)	0,10***		

Pozn. : *) Hodnota byla vypočtena jako součin hodnot $0,92 \cdot 0,92$ ($\tau_s = \tau_{s,nor}^2$). V diplomové práci je uvažováno s dvojitým zasklením. Číré tabulové sklo má hodnotu $\tau_{s,nor} = 0,92$ podle normy ČSN 73 0580-1 [3].

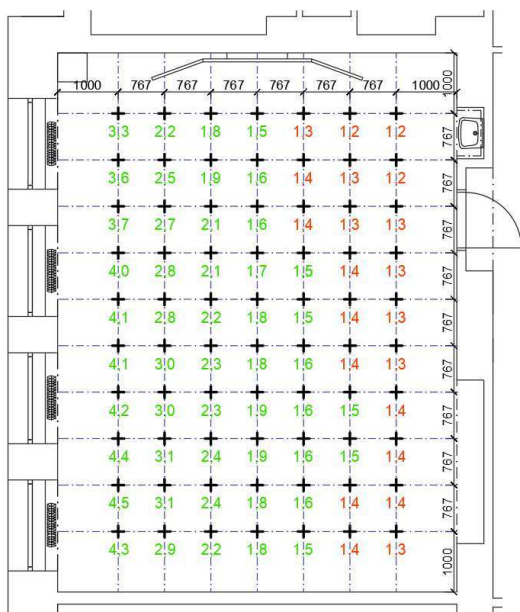
***) Uvedeno v kapitole 6.1.4.

***) Hodnota byla převzata jako doporučená hodnota z normy ČSN 73 0580-1 [3]

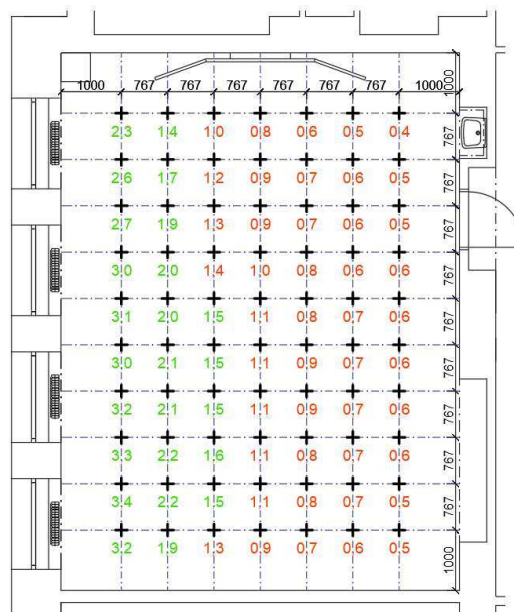
6.3.3 Činitel denní osvětlenosti

Na následujících obrázcích jsou vyneseny hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech. Pro lepší přehlednost byla síť bodů, vypočtená v programu Světlo+ [11], překreslena v programu AutoCAD [10]. Obr. 62 a obr. 63 znázorňují výpočet hodnot v kontrolních bodech dle požadavků ČSN 73 0580-1 [3], Obr. 66 – 69 pak v kontrolních bodech dle požadavků ČSN EN 17037 [5]. Do půdorysu učebny byly dále zakresleny izočáry. V případě ČSN 73 0580-1 [3] izočára znázorňující hranici $D_{min} = 1,5\%$ (Obr. 64 a obr. 65), kdy je učebna rozdělena na oblast vyhovující (zelená barva) a nevyhovující (červená barva) a u ČSN EN 17037 [5] izočáry 0,7% a 2,0% (Obr. 70 a obr. 71), které učebnu rozdělují na tři oblasti. V učebně nastal i stav, kdy hodnota 0,7 % vyhovuje v celé ploše a učebna je rozdělena jen na dvě oblasti. Dále bylo u těchto případů stanoveno, zda vyhovuje procentuální zastoupení daných hodnot (viz kapitola 3.5.2)

6.3.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:



Obr. 62 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 63 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. B



Obr. 64 – Izočára 1,5 % - var. A

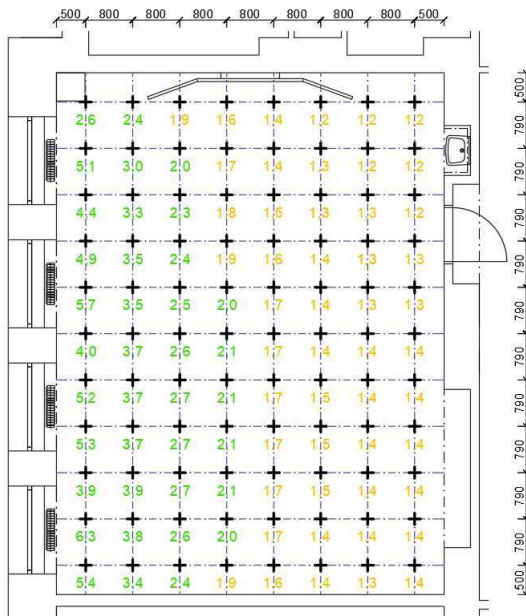


Obr. 65 – Izočára 1,5 % - var. B

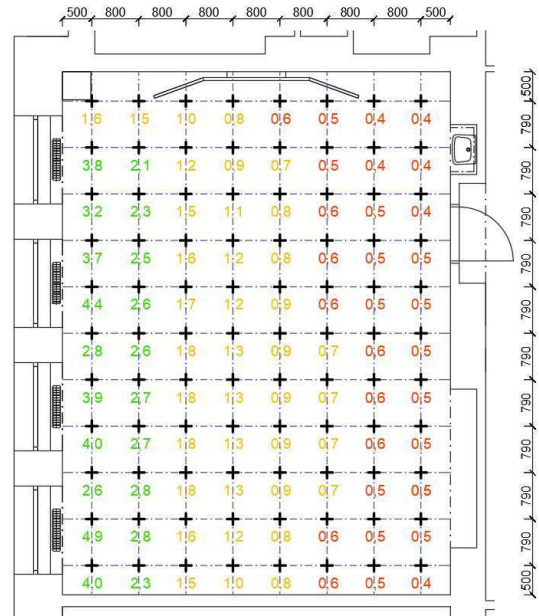
Ze schémat je patrné, že ani jedna varianta **nesplňuje** požadovanou minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti $D = 1,5 \%$ v celé ploše učebny ani ve funkčně vymezeném prostoru. Zelená barva označuje lavice, které vyhovují požadavku, zatímco červená barva označuje lavice, které požadavek nesplňují. Nejvhodnější

místa k sezení se nacházejí v řadě u okna naopak lavice v řadě uprostřed a u dveří nevyhovují.

6.3.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – průsečík os:

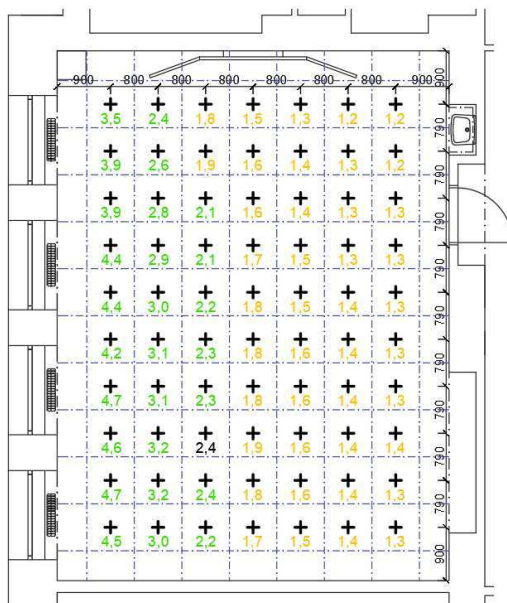


Obr. 66 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A

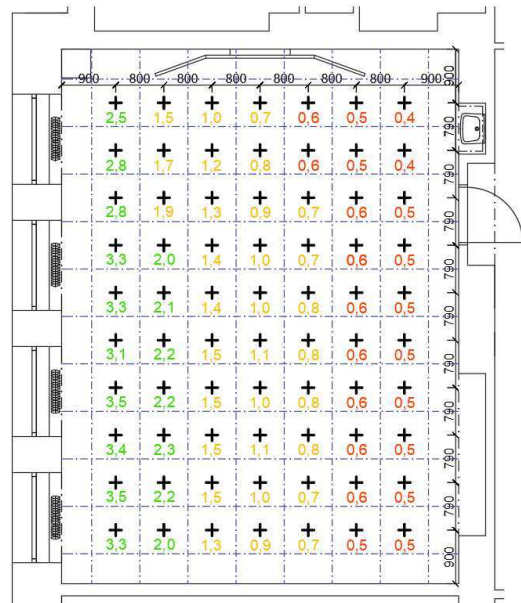


Obr. 67 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C

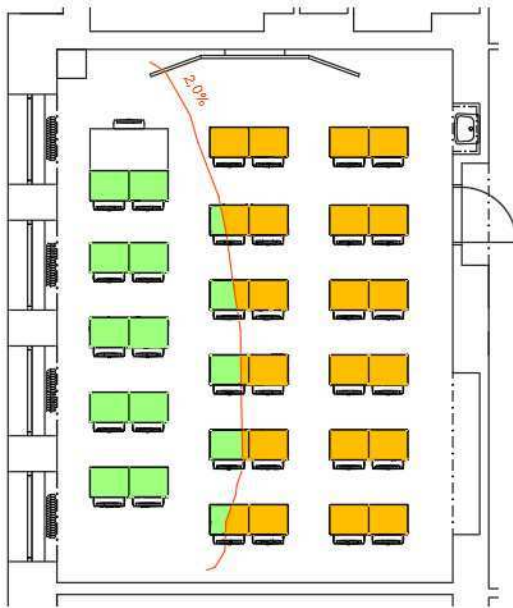
6.3.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – středy plošek:



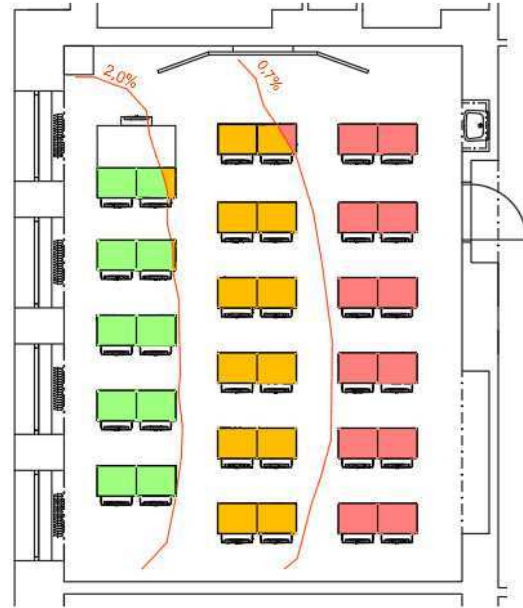
Obr. 68 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 69 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C



Obr. 70* – Izočára 2,0 %** - var. A



Obr. 71* – Izočára 0,7% a 2,0 % - var. C

*) Vykreslení izofot (Obr. 70 a obr. 71) je shodné pro polohu kontrolních bodů v průsečících os i ve středů plošek.

**) Hodnota 0,7 % je splněna v celé ploše učebny.

Tab. 19 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 [5]

	Obr. 66	Obr. 67	Obr. 68	Obr. 69
$D_{t50} \geq 2,0\%$	43,18%	22,73%	40,00%	24,29%
$D_{tm95} \geq 0,7\%$	100,00%	65,91%	100,00%	68,57%
	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO

Ze schémat a tabulky je patrné, že ani jedna varianta **nesplňuje** zároveň oba požadavky normy ČSN EN 17037 [5], kdy musí být minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{TM} = 0,7\%$ splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě a cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_T = 2,0\%$ alespoň v 50 % bodů sítě. Zelená barva ve schématech označuje lavice, kdy je hodnota činitele denní osvětlenosti vyšší než 2,0 %, žlutá barva označuje lavice, kdy je hodnota vyšší než 0,7 % a červená barva lavice, kdy není splněna ani jedna podmínka. Nejvhodnější místa k sezení se nacházejí tedy v řadě u okna. Z tab. 19 je vidět, že u dvou variant byla splněna alespoň méně přísnější podmínka.

6.3.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení v učebnách byla vypočítána ze vztahu (7) uvedeného v kapitole 3.6. Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro všechny varianty byly spolu s vypočtenou hodnotou rovnoměrnosti denního osvětlení zaneseny do tabulky č. 20.

Tab. 20 – Rovnoměrnost denního osvětlení

Název	Ozn.	kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3	
		Varianta A	Varianta B	Varianta A	Varianta C	Varianta A	Varianta C
Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{min} (%)	1,2	0,4	1,2	0,4	1,2	0,4
Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{max} (%)	4,5	3,3	6,3	4,4	4,7	3,5
Rovnoměrnost denního osvětlení učebny	U (-)	0,27	0,12	0,19	0,09	0,26	0,11
Rovnoměrnost denního osvětlení funkčně vymezeného prostoru	U (-)	0,33	0,45	0,11	0,16	0,15	0,20

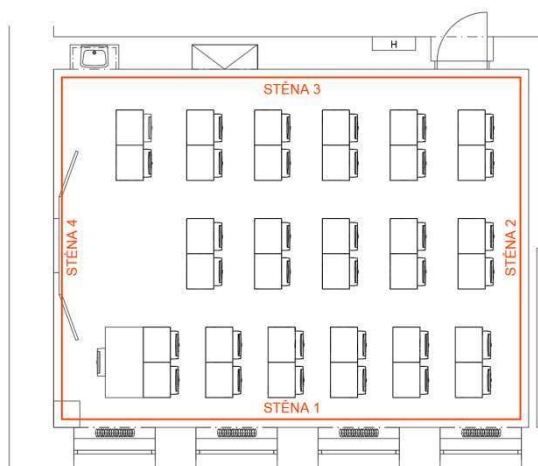
Z výpočtu rovnoměrnosti denního osvětlení (tab. 20) je patrné, že učebna S18 vyhoví v celé své ploše jen ve dvou případech a to, když je splněn normový požadavek $U \geq 0,20$. To nastává ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1., kdy je $U = 0,27$ a ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.3, kdy je $U = 0,26$. V ostatních variant normový požadavek není splněn.

Ve funkčně vymezeném prostoru splní tato učebna normový požadavek ve třech případech. U funkčně vymezeného prostoru se uvažuje u umístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1 s hodnotou $D_{min} = 1,5$ % a u kap. 6.2.3.2 a 6.2.3.3 s hodnotou $D_{min} = 0,7$ %. Pro variantu A a variantu B, kde je rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1 jsou ty to hodnoty $U = 0,33$ a $U = 0,45$; pro variantu B s rozmístěním kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.3 je $U = 0,20$. Zelená barva v tabulce č. 20 označuje vyhovující hodnoty, červená barva naopak hodnoty nevyhovující.

6.4 Činitel denní osvětlenosti v učebně S19

6.4.1 Průměrný činitel odrazu světla

V kapitole 5.4.3 jsou uvedeny hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy v učebně, ze kterých byly následně vypočítány dle vztahu (14) hodnoty průměrného činitele odrazu světla ρ_m (-), které jsou uvedeny v tabulce níže.



Obr. 72 – Označení stěn učebny S19

Tab. 21a – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S19 – 1. část

Konstrukce	Povrch	ρ (-)	S (m ²)	$\rho \cdot S$ (m ²)	ρ_m (-)
Stěna 1	Stěna bílá	0,89	16,54	14,72	0,70
	Okno rám	0,89	5,02	4,47	
	Okno sklo	0,10	9,68	0,97	
	Záclony	0,82	14,70	12,05	
	Skříňka	0,38	0,23	0,09	
		Σ	46,17	32,30	
Stěna 2	Stěna bílá	0,89	23,76	21,15	0,89
		Σ	23,76	21,15	
Stěna 3	Stěna bílá	0,89	25,48	22,67	0,79
	Obklad umyvadlo	0,76	1,26	0,96	
	Nástěnka	0,40	1,00	0,40	
	Dveře	0,34	1,75	0,60	
	Rám dveří	0,18	0,22	0,04	
	Skříň výplňová	0,12	1,76	0,21	
		Σ	31,47	24,88	

Tab. 21b – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S19 – 2. část

Stěna 4	Stěna bílá	0,89	19,65	17,49	0,75
	Tabule	0,05	2,41	0,12	
	Pojezd tabule	0,05	1,47	0,07	
	Skříňka	0,38	0,23	0,09	
		Σ	23,76	17,77	
Strop	Strop bílá	0,89	59,93	53,33	0,89
			Σ	59,93	
Podlaha	Podlaha	0,50	47,56	23,78	0,46
	Podlaha umyvadlo	0,36	0,41	0,15	
	Lavice	0,30	11,05	3,32	
	Stůl - učitel	0,35	0,91	0,32	
	Skříňka	0,38	0,23	0,09	
		Σ	60,16	27,65	
Průměrný činitel odrazu světla učebny			$\rho_m = 0,72$		

6.4.2 Vstupní data

V programu Světlo+ [11] byla v módu „Obloha“ vymodelována situace stínících objektů spolu s gymnáziem, kde se nachází posuzovaná učebna. Hodnoty činitele denní osvětlenosti byly vyhodnoceny ve třech polohách kontrolních bodů, které byly umístěny dle kapitol 3.2. a 3.3. Pro všechny tři polohy bodů byly použity nejprve naměřené hodnoty činitele odrazu pro různé plochy a činitele prostupu světla sklem (varianta A), dále byl činitel denní osvětlenosti v těchto bodech stanoven pro normové hodnoty činitele odrazu světla a činitele prostupu světla sklem (varianta B a C). Normové hodnoty z varianty B byly použity u bodů umístěných dle ČSN 73 0580-1 [3], z varianty C u bodů umístěných dle ČSN EN 17037 [5]. Jako vstupní údaje do programu byla použita data uvedená v následující tabulce. Pro všech šest variant byla vykreslena síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti stanovených v daných bodech a izofoty 1,5 % dle ČSN 73 0580-1 [3]; 0,7 % a 2 % dle ČSN EN 17037 [5].

Tab. 22 – Vstupní hodnoty do programu Světlo+ [11]

Název	Ozn.	Varianta A	Varianta B	Varianta C
		Měření	dle ČSN 73 0580-1	dle ČSN EN 17037
Činitel odrazu světla - Stěna 1	ρ_{m1} (-)	0,70	0,70	
Činitel odrazu světla - Stěna 2	ρ_{m2} (-)	0,89	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 3	ρ_{m3} (-)	0,79	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 4	ρ_{m4} (-)	0,75	0,50	
Činitel odrazu světla - Strop	ρ_{m5} (-)	0,89	0,70	
Činitel odrazu světla - Podlaha	ρ_{m6} (-)	0,46	0,30	0,20
Činitel prostupu světla sklem okna	τ_s (-)	0,78	0,85*	
Činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,e}$ (-)	0,90**		
Činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,i}$ (-)	0,95**		
Poměr čisté plochy zasklení	τ_k (-)	0,67		
Činitel jasu stínící překážky	k_v (-)	0,10***		

Pozn. : *) Hodnota byla vypočtena jako součin hodnot $0,92 \cdot 0,92$ ($\tau_s = \tau_{s,nor}^2$). V diplomové práci je uvažováno s dvojitým zasklením. Číré tabulové sklo má hodnotu $\tau_{s,nor} = 0,92$ podle normy ČSN 73 0580-1 [3].

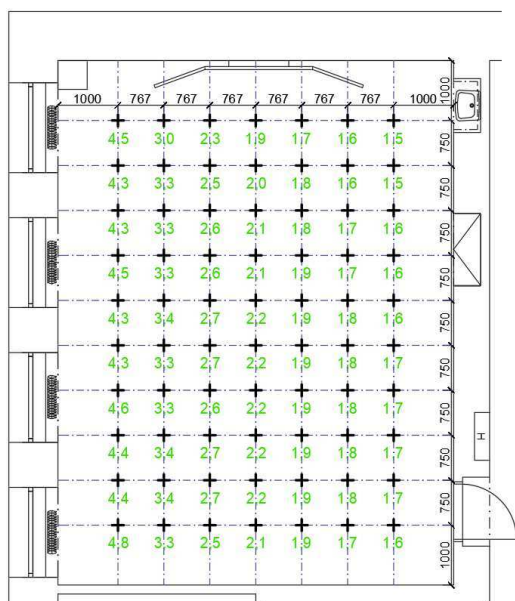
***) Uvedeno v kapitole 6.1.4.

***) Hodnota byla převzata jako doporučená hodnota z normy ČSN 73 0580-1 [3]

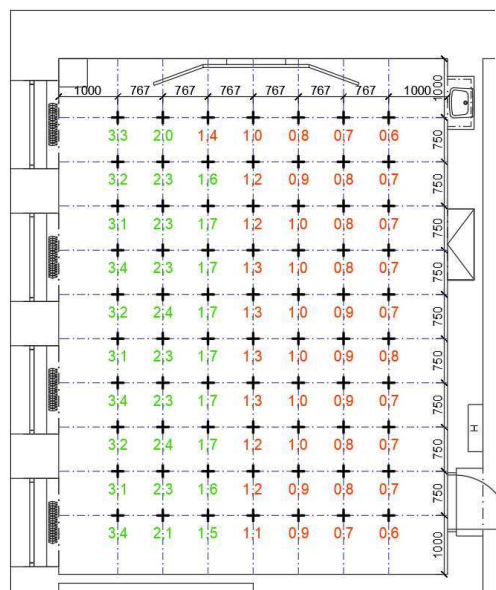
6.4.3 Činitel denní osvětlenosti

Na následujících obrázcích jsou vyneseny hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech. Pro lepší přehlednost byla síť bodů, vypočtená v programu Světlo+ [11], překreslena v programu AutoCAD [10]. Obr. 73 a obr. 74 znázorňují výpočet hodnot v kontrolních bodech dle požadavků ČSN 73 0580-1 [3], Obr. 77 – 80 pak v kontrolních bodech dle požadavků ČSN EN 17037 [5]. Do půdorysu učebny byly dále zakresleny izočáry. V případě ČSN 73 0580-1 [3] izočára znázorňující hranici $D_{min} = 1,5\%$ (Obr. 75 a obr. 76), kdy je učebna rozdělena na oblast vyhovující (zelená barva) a nevyhovující (červená barva) a u ČSN EN 17037 [5] izočáry 0,7% a 2,0% (Obr. 81 a obr. 82), které učebnu rozdělují na tři oblasti. V učebně nastal i stav, kdy hodnota 0,7 % vyhovuje v celé ploše a učebna je rozdělena jen na dvě oblasti. Dále bylo u těchto případů stanoveno, zda vyhovuje procentuální zastoupení daných hodnot (viz kapitola 3.5.2)

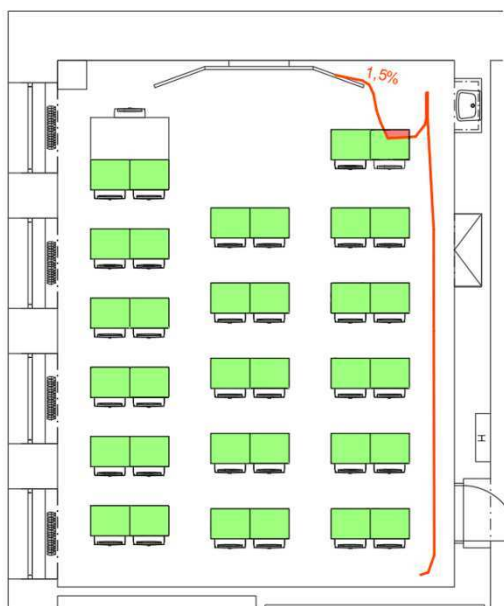
6.4.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:



Obr. 73 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 74 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. B



Obr. 75 – Izočára 1,5 % - var. A

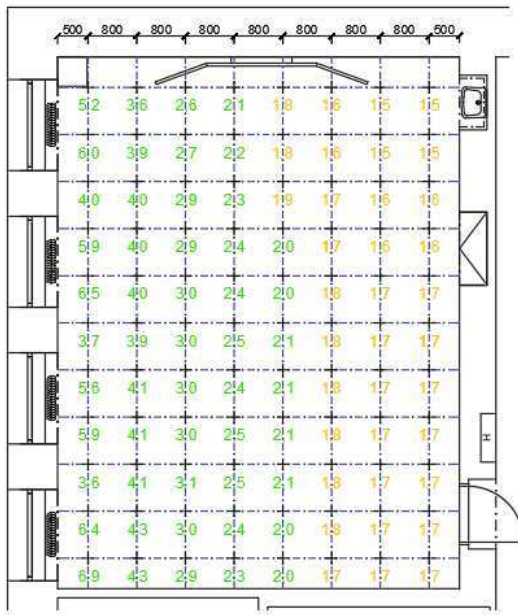


Obr. 76 – Izočára 1,5 % - var. B

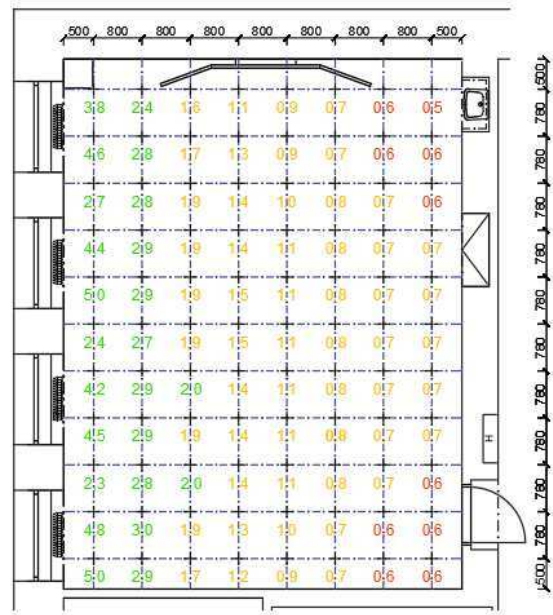
Ze schémat je patrné, že ani jedna varianta **nesplňuje** požadovanou minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti $D = 1,5 \%$ v celé ploše učebny ani ve funkčně vymezeném prostoru. Zelená barva označuje lavice, které vyhovují požadavku, zatímco červená barva označuje lavice, které požadavek nesplňují. U varianty A mají kromě jednoho místa, které se nachází v první řadě u dveří, všechny lavice stejné

podmínky a splňují požadavek $D_{min} = 1,5 \%$. U této varianty bych zvažila, zda by nebylo vhodné přesunout nevyhovující lavici do prostřední řady, čímž by i tato lavice vyhověla na požadavky denního osvětlení. Nejvhodnější místa k sezení se u varianty B nacházejí v řadě u okna naopak lavice v řadě uprostřed a u dveří nevyhovují.

6.4.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – průřezík os:

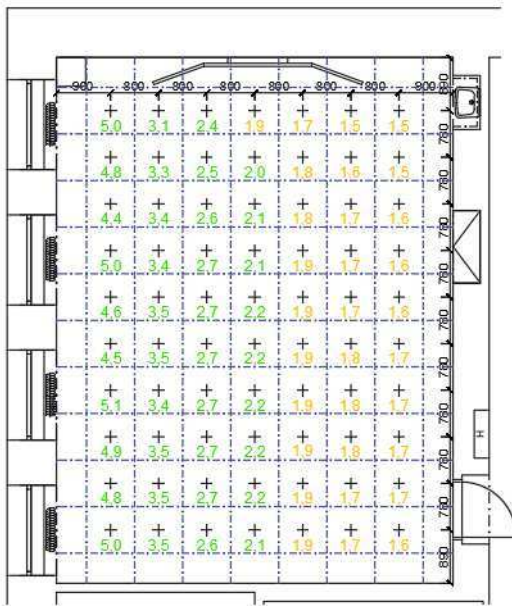


Obr. 77 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A

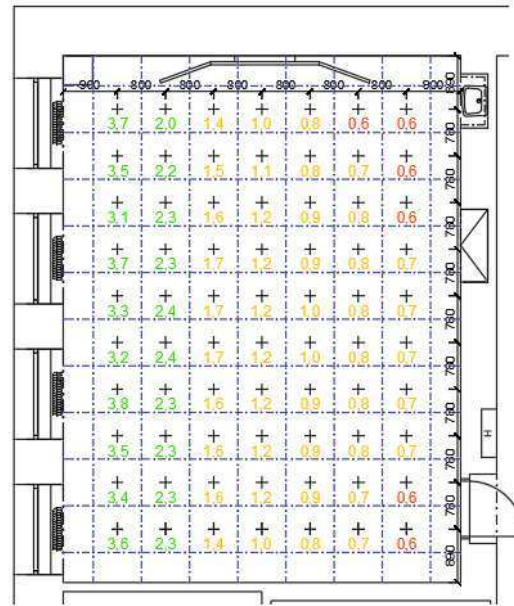


Obr. 78 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C

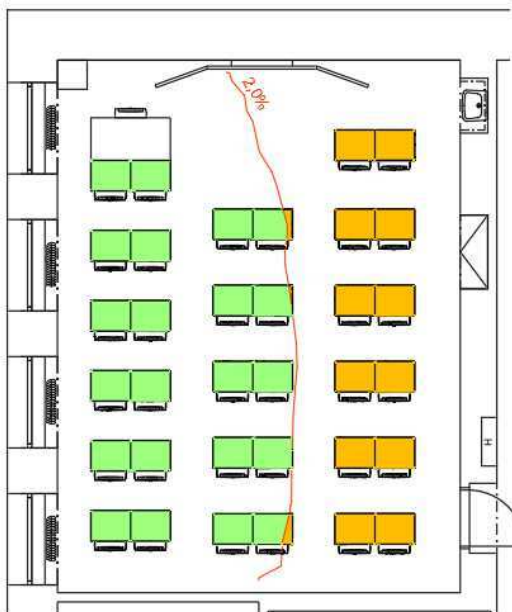
6.4.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]
– středy plošek:



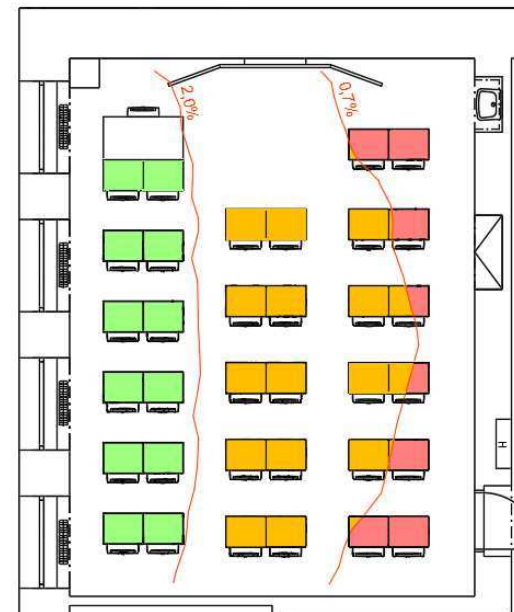
Obr. 79 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 80 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C



Obr. 81* – Izočára 2,0 %** - var. A



Obr. 82* – Izočára 0,7% a 2,0 % - var. C

*) Vykreslení izofot (Obr. 81 a obr. 82) je shodné pro polohu kontrolních bodů v průsečících os i ve středů plošek.

**) Hodnota 0,7 % je splněna v celé ploše učebny.

Tab. 23 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 [5]

	Obr. 77	Obr. 78	Obr. 79	Obr. 80
$D_{t50} \geq 2,0\%$	59,09%	27,27%	55,71%	28,57%
$D_{tm95} \geq 0,7\%$	100,00%	88,64%	100,00%	91,43%
	SPLNĚNO	NESPLNĚNO	SPLNĚNO	NESPLNĚNO

Ze schémat a tabulky je patrné, že varianty na obr. 77 a obr. 79 **splňují** zároveň oba požadavky normy ČSN EN 17037 [5], kdy musí být minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{TM} = 0,7\%$ splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě a cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_T = 2,0\%$ alespoň v 50 % bodů sítě. Zelená barva ve schématech označuje lavice, kdy je hodnota činitele denní osvětlenosti vyšší než 2,0 %, žlutá barva označuje lavice, kdy je hodnota vyšší než 0,7 % a červená barva lavice, kdy není splněna ani jedna podmínka. Nejvhodnější místa k sezení se nacházejí tedy v řadě u okna. Z tab. 23 je vidět dále vidět, že u dvou variant nebyl splněn ani jeden požadavek normy ČSN EN 17037 [5].

6.4.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení v učebnách byla vypočítána ze vztahu (7) uvedeného v kapitole 3.6. Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro všechny varianty byly spolu s vypočtenou hodnotou rovnoměrnosti denního osvětlení zaneseny do tabulky č. 24.

Tab. 24 – Rovnoměrnost denního osvětlení

Název	Ozn.	kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3	
		Varianta A	Varianta B	Varianta A	Varianta C	Varianta A	Varianta C
Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{min} (%)	1,5	0,6	1,5	0,5	1,5	0,6
Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{max} (%)	4,8	3,4	6,9	5	5,1	3,8
Rovnoměrnost denního osvětlení učebny	U (-)	0,31	0,18	0,22	0,10	0,29	0,16
Rovnoměrnost denního osvětlení funkčně vymezeného prostoru	U (-)	0,31	0,44	0,10	0,14	0,14	0,18

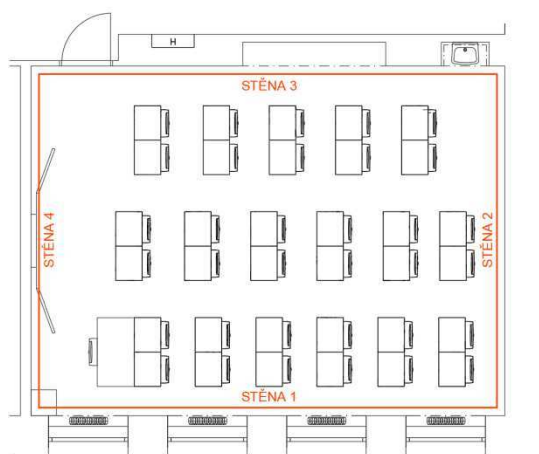
Z výpočtu rovnoměrnosti denního osvětlení (tab. 24) je patrné, že učebna S19 vyhoví v celé své ploše jen ve třech případech a to, když je splněn normový požadavek $U \geq 0,20$. To nastává ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1, kdy je $U = 0,31$, ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.2, kdy je $U = 0,22$ a dále ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.3, kdy je $U = 0,29$. V ostatních variant normový požadavek není splněn.

Ve funkčně vymezeném prostoru splní tato učebna normový požadavek ve dvou případech. U funkčně vymezeného prostoru se uvažuje u umístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1 s hodnotou $D_{min} = 1,5 \%$ a u kap. 6.2.3.2 a 6.2.3.3 s hodnotou $D_{min} = 0,7 \%$. Pro variantu A a variantu B, kde je rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1, jsou ty to hodnoty $U = 0,31$ a $U = 0,44$. Zelená barva v tabulce č. 24 označuje vyhovující hodnoty, červená barva naopak hodnoty nevyhovující.

6.5 Číselník denní osvětlenosti v učebně S21

6.5.1 Průměrný číselník odrazu světla

V kapitole 5.4.4 jsou uvedeny hodnoty číselníku odrazu světla pro jednotlivé plochy v učebně, ze kterých byly následně vypočítány dle vztahu (14) hodnoty průměrného číselníku odrazu světla $\rho_m (-)$, které jsou uvedeny v tabulce níže.



Obr. 83 – Označení stěn učebny S21

Tab. 25 – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S21

Konstrukce	Povrch	ρ (-)	S (m ²)	$\rho \cdot S$ (m ²)	ρ_m (-)
Stěna 1	Stěna bílá	0,94	17,29	16,25	0,68
	Okno rám	0,94	5,02	4,72	
	Okno sklo	0,10	9,68	0,97	
	Skříňka	0,36	0,23	0,08	
		Σ	32,22	22,02	
Stěna 2	Stěna bílá	0,94	23,76	22,33	0,94
		Σ	23,76	22,33	
Stěna 3	Stěna bílá	0,94	28,03	26,35	0,88
	Obklad umyvadlo	0,78	1,26	0,98	
	Nástěnka	0,47	0,96	0,45	
	Dveře	0,35	1,75	0,61	
	Rám dveří	0,33	0,22	0,07	
		Σ	32,22	28,47	
Stěna 4	Stěna bílá	0,94	19,16	18,01	0,81
	Tabule	0,06	2,41	0,14	
	Pojezd tabule	0,72	1,47	1,06	
	Skříňka	0,36	0,23	0,08	
	Nástěnka	0,19	0,72	0,14	
		Σ	23,99	19,43	
Strop	Strop bílá	0,94	61,92	58,20	0,94
		Σ	61,92	58,20	
Podlaha	Podlaha	0,44	48,34	21,27	0,42
	Podlaha výklenek	0,34	1,22	0,41	
	Podlaha umyvadlo	0,47	0,41	0,19	
	Lavice	0,34	11,05	3,76	
	Stůl - učitel	0,32	0,91	0,29	
	Skříňka	0,36	0,23	0,08	
		Σ	62,15	26,00	
Průměrný činitel odrazu světla učebny:			$\rho_m = 0,75$		

6.5.2 Vstupní data

V programu Světlo+ [11] byla v módu „Obloha“ vymodelována situace stínících objektů spolu s gymnáziem, kde se nachází posuzovaná učebna. Hodnoty činitele denní osvětlenosti byly vyhodnoceny ve třech polohách kontrolních bodů, které byly umístěny dle kapitol 3.2. a 3.3. Pro všechny tři polohy bodů byly použity nejprve naměřené hodnoty činitele odrazu pro různé plochy a činitele prostupu světla sklem (varianta A), dále byl činitel denní osvětlenosti v těchto bodech stanoven

pro normové hodnoty činitele odrazu světla a činitele prostupu světla sklem (varianta B a C). Normové hodnoty z varianty B byly použity u bodů umístěných dle ČSN 73 0580-1 [3], z varianty C u bodů umístěných dle ČSN EN 17037 [5]. Jako vstupní údaje do programu byla použita data uvedená v následující tabulce. Pro všech šest variant byla vykreslena síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti stanovených v daných bodech a izofoty 1,5 % dle ČSN 73 0580-1 [3]; 0,7 % a 2 % dle ČSN EN 17037 [5].

Tab. 26 – Vstupní hodnoty do programu Světlo+ [11]

Název	Ozn.	Varianta A	Varianta B	Varianta C
		Měření	dle ČSN 73 0580-1	dle ČSN EN 17037
Činitel odrazu světla - Stěna 1	ρ_{m1} (-)	0,68	0,70	
Činitel odrazu světla - Stěna 2	ρ_{m2} (-)	0,94	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 3	ρ_{m3} (-)	0,88	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 4	ρ_{m4} (-)	0,81	0,50	
Činitel odrazu světla - Strop	ρ_{m5} (-)	0,94	0,70	
Činitel odrazu světla - Podlaha	ρ_{m6} (-)	0,42	0,30	0,20
Činitel prostupu světla sklem okna	τ_s (-)	0,82	0,85*	
Činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,e}$ (-)	0,90**		
Činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,i}$ (-)	0,95**		
Poměr čisté plochy zasklení	τ_k (-)	0,67		
Činitel jasu stínící překážky	k_y (-)	0,10***		

Pozn. : *) Hodnota byla vypočtena jako součin hodnot $0,92 \cdot 0,92$ ($\tau_s = \tau_{s,nor}^2$). V diplomové práci je uvažováno s dvojitým zasklením. Číré tabulové sklo má hodnotu $\tau_{s,nor} = 0,92$ podle normy ČSN 73 0580-1 [3].

***) Uvedeno v kapitole 6.1.4.

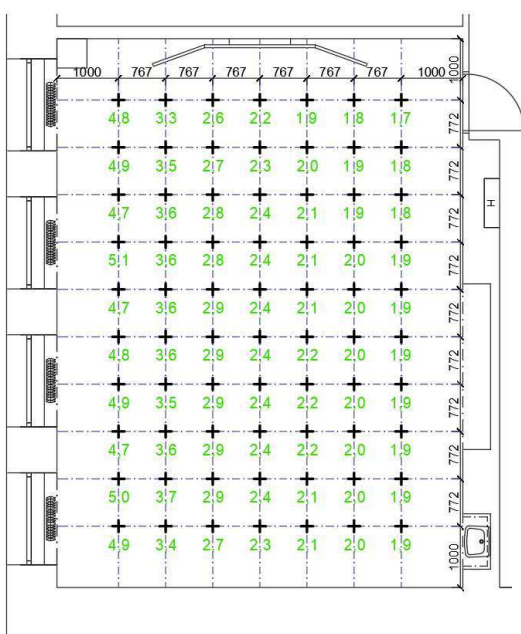
***) Hodnota byla převzata jako doporučená hodnota z normy ČSN 73 0580-1 [3]

6.5.3 Činitel denní osvětlenosti

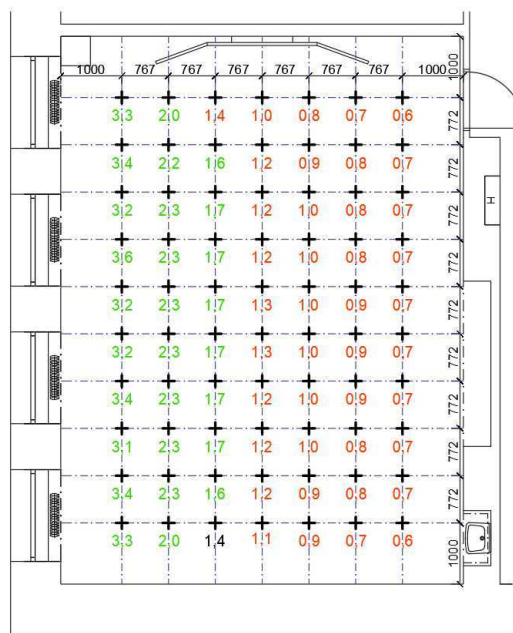
Na následujících obrázcích jsou vyneseny hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech. Pro lepší přehlednost byla síť bodů, vypočtená v programu Světlo+ [11], překreslena v programu AutoCAD [10]. Obr. 84 a obr. 85 znázorňují výpočet hodnot v kontrolních bodech dle požadavků ČSN 73 0580-1 [3], Obr. 88 – 91 pak v kontrolních bodech dle požadavků ČSN EN 17037 [5]. Do půdorysu učebny byly dále zakresleny izočáry. V případě ČSN 73 0580-1 [3] izočára znázorňující hranici $D_{min} = 1,5\%$ (Obr. 86 a obr. 87), kdy je učebna rozdělena na oblast vyhovující (zelená barva) a nevyhovující (červená barva) a u ČSN EN 17037 [5] izočáry 0,7%

a 2,0% (Obr. 92 a obr. 93), které učebnu rozdělují na tři oblasti. V učebně nastal i stav, kdy hodnota 0,7 % vyhovuje v celé ploše a učebna je rozdělena jen na dvě oblasti. Dále bylo u těchto případů stanoveno, zda vyhovuje procentuální zastoupení daných hodnot (viz kapitola 3.5.2)

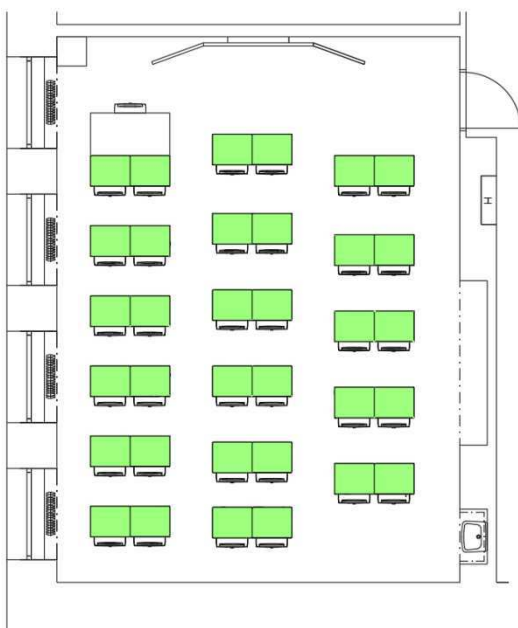
6.5.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:



Obr. 84 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 85 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. B



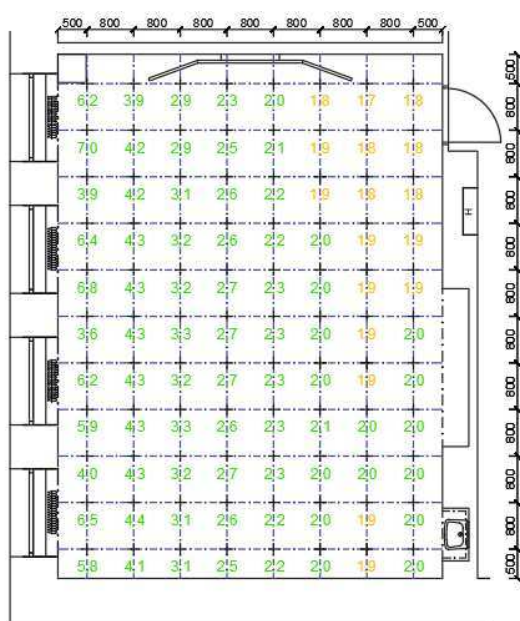
Obr. 86 – Izočára 1,5 % - var. A



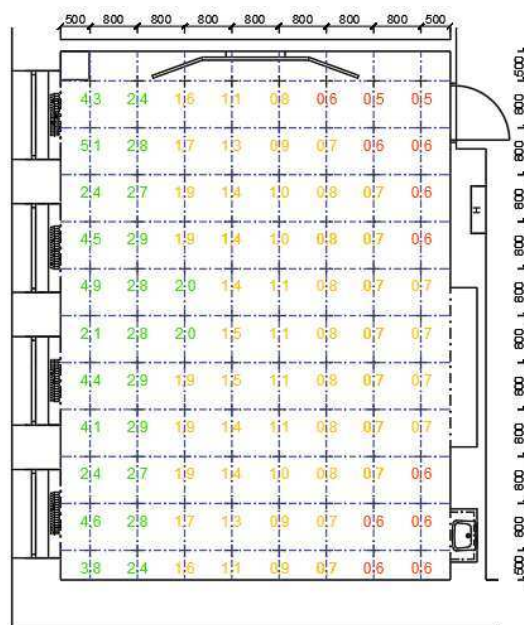
Obr. 87 – Izočára 1,5 % - var. B

Ze schémat je patrné, že varianta A **vyhoví** a splní požadavek normy [3] v celé své ploše i ve funkčně vymezeném prostoru. Varianta B **nesplňuje** požadovanou minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti $D = 1,5 \%$ v celé ploše učebny ani ve funkčně vymezeném prostoru. Zelená barva označuje lavice, které vyhovují požadavku, zatímco červená barva označuje lavice, které požadavek nesplňují. U varianty A jsou vyhovující všechny lavice. Nejvhodnější místa k sezení se u varianty B nacházejí v řadě u okna, naopak lavice v řadě uprostřed a u dveří nevyhovují.

6.5.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – průsečík os:



Obr. 88 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A

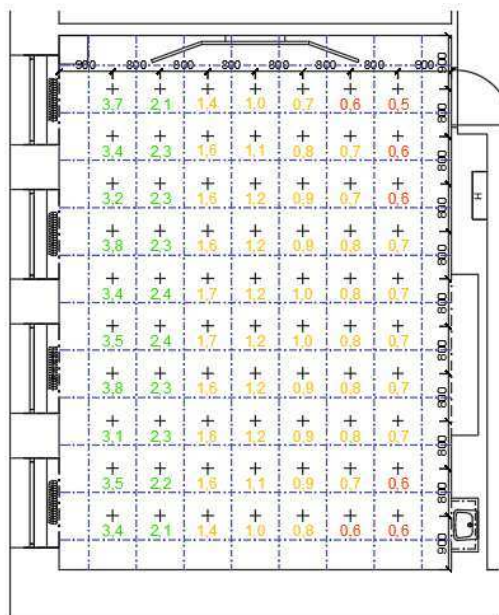


Obr. 89 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C

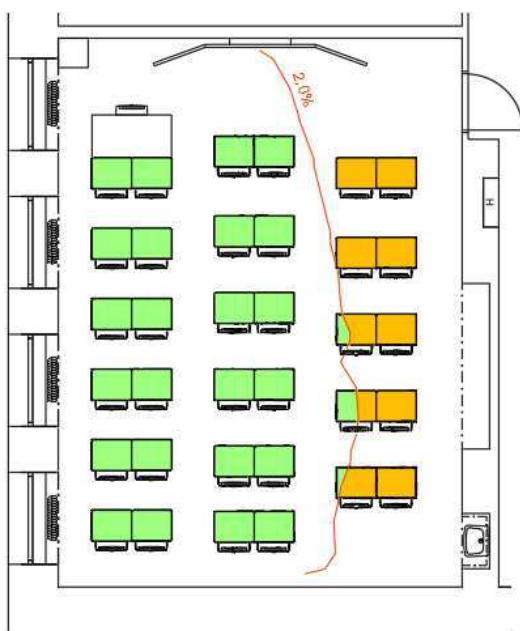
6.5.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5]
– středy plošek:



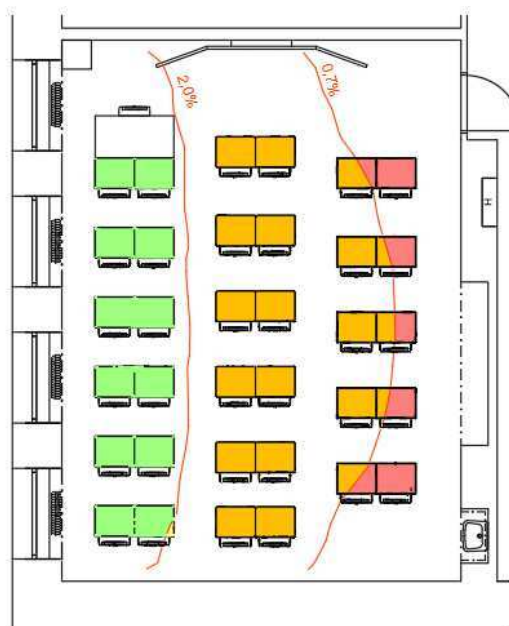
Obr. 90 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 91 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C



Obr. 92* – Izočára 2,0 %** - var. A



Obr. 93* – Izočára 0,7% a 2,0 % - var. C

*) Vykreslení izofot (Obr. 92 a obr. 93) je shodné pro polohu kontrolních bodů v průsečících os i ve středů plošek.

***) Hodnota 0,7 % je splněna v celé ploše učebny.

Tab. 27 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 [5]

	Obr. 88	Obr. 89	Obr. 90	Obr. 91
$D_{t50} \geq 2,0\%$	80,68%	27,30%	78,57%	28,57%
$D_{tm95} \geq 0,7\%$	100,00%	86,40%	100,00%	90,00%
	SPLNĚNO	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO

Ze schémat a tabulky je patrné, že varianty na obr. 88 a obr. 90 **splňují** zároveň oba požadavky normy ČSN EN 17037 [5], kdy musí být minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{TM} = 0,7 \%$ splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě a cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_T = 2,0 \%$ alespoň v 50 % bodů sítě. Zelená barva ve schématech označuje lavice, kdy je hodnota činitele denní osvětlenosti vyšší než 2,0 %, žlutá barva označuje lavice, kdy je hodnota vyšší než 0,7 % a červená barva lavice, kdy není splněna ani jedna podmínka. Nejvhodnější místa k sezení se nacházejí tedy v řadě u okna. Z tab. 27 je vidět dále vidět, že u dvou variant nebyl splněn ani jeden požadavek normy ČSN EN 17037 [5].

6.5.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení v učebnách byla vypočítána ze vztahu (7) uvedeného v kapitole 3.6. Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro všechny varianty byly spolu s vypočtenou hodnotou rovnoměrnosti denního osvětlení zaneseny do tabulky č. 28.

Tab. 28 – Rovnoměrnost denního osvětlení

Název	Ozn.	kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3	
		Varianta A	Varianta B	Varianta A	Varianta C	Varianta A	Varianta C
Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{min} (%)	1,7	0,6	1,8	0,5	1,7	0,5
Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{max} (%)	5,1	3,4	7,0	5,1	5,4	3,8
Rovnoměrnost denního osvětlení učebny	U (-)	0,33	0,18	0,26	0,10	0,31	0,13
Rovnoměrnost denního osvětlení funkčně vymezeného prostoru	U (-)	0,33	0,44	0,10	0,14	0,13	0,18

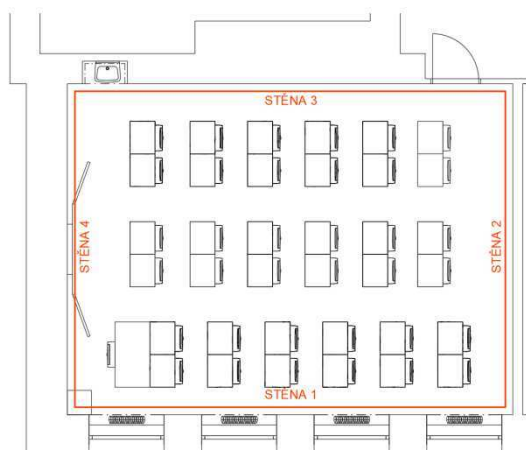
Z výpočtu rovnoměrnosti denního osvětlení (tab. 28) je patrné, že učebna S21 vyhoví v celé své ploše jen ve třech případech a to, když je splněn normový požadavek $U \geq 0,20$. To nastává ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1, kdy je $U = 0,33$, ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.2, kdy je $U = 0,26$ a dále ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.3, kdy je $U = 0,31$. U ostatních variant normový požadavek není splněn.

Ve funkčně vymezeném prostoru splní tato učebna normový požadavek ve dvou případech. U funkčně vymezeného prostoru se uvažuje u kap. 6.2.3.1 s hodnotou $D_{min} = 1,5 \%$ a u kap. 6.2.3.2 a 6.2.3.3 s hodnotou $D_{min} = 0,7 \%$. Pro variantu A a variantu B, kde je rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1, jsou ty to hodnoty $U = 0,33$ a $U = 0,44$. Zelená barva v tabulce č. 28 označuje vyhovující hodnoty, červená barva naopak hodnoty nevyhovující.

6.6 Činitel denní osvětlenosti v učebně S22

6.6.1 Průměrný činitel odrazu světla

V kapitole 5.4.5 jsou uvedeny hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy v učebně, ze kterých byly následně vypočítány dle vztahu (14) hodnoty průměrného činitele odrazu světla ρ_m (-), které jsou uvedeny v tabulce níže.



Obr. 94 – Označení stěn učebny S22

Tab. 29a – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S22 – 1. část

Konstrukce	Povrch	ρ (-)	S (m ²)	$\rho \cdot S$ (m ²)	ρ_m (-)
Stěna 1	Stěna bílá	0,90	17,11	15,40	0,65
	Okno rám	0,90	5,02	4,52	
	Okno sklo	0,10	9,68	0,97	
	Skříňka	0,39	0,23	0,09	
		Σ	32,04	20,97	
Stěna 2	Stěna bílá	0,90	23,76	21,38	0,90
			Σ	23,76	
Stěna 3	Stěna bílá	0,90	27,38	24,64	0,83
	Obklad umyvadlo	0,80	1,26	1,01	
	Nástěnka	0,41	1,43	0,59	
	Dveře	0,23	1,75	0,40	
	Rám dveří	0,32	0,22	0,07	
		Σ	32,04	26,71	
Stěna 4	Stěna bílá	0,90	19,88	17,89	0,76
	Tabule	0,05	2,41	0,12	
	Pojezd tabule	0,08	1,47	0,12	
	Skříňka	0,39	0,23	0,09	
		Σ	23,99	18,22	

Tab. 29b – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S22 – 2. část

Strop	Strop bílá	0,90	60,38	54,34	0,90
		Σ	60,38	54,34	
Podlaha	Podlaha	0,44	47,77	21,02	0,43
	Podlaha umyvadlo	0,36	0,41	0,15	
	Lavice	0,40	11,70	4,68	
	Stůl - učitel	0,29	0,91	0,26	
	Skříňka	0,39	0,23	0,09	
		Σ	61,01	26,20	
Průměrný činitel odrazu světla učebny			$\rho_m = 0,72$		

6.6.2 Vstupní data

V programu Světlo+ [11] byla v módu „Obloha“ vymodelována situace stínících objektů spolu s gymnáziem, kde se nachází posuzovaná učebna. Hodnoty činitele denní osvětlenosti byly vyhodnoceny ve třech polohách kontrolních bodů, které byly umístěny dle kapitol 3.2. a 3.3. Pro všechny tři polohy bodů byly použity nejprve naměřené hodnoty činitele odrazu pro různé plochy a činitele prostupu světla sklem (varianta A), dále byl činitel denní osvětlenosti v těchto bodech stanoven pro normové hodnoty činitele odrazu světla a činitele prostupu světla sklem (varianta B a C). Normové hodnoty z varianty B byly použity u bodů umístěných dle ČSN 73 0580-1 [3], z varianty C u bodů umístěných dle ČSN EN 17037 [5]. Jako vstupní údaje do programu byla použita data uvedená v následující tabulce. Pro všech šest variant byla vykreslena síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti stanovených v daných bodech a izofoty 1,5 % dle ČSN 73 0580-1 [3]; 0,7 % a 2 % dle ČSN EN 17037 [5].

Tab. 30 – Vstupní hodnoty do programu Světlo+ [11]

Název	Ozn.	Varianta A	Varianta B	Varianta C
		Měření	dle ČSN 73 0580-1	dle ČSN EN 17037
Činitel odrazu světla - Stěna 1	ρ_{m1} (-)	0,65	0,70	
Činitel odrazu světla - Stěna 2	ρ_{m2} (-)	0,90	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 3	ρ_{m3} (-)	0,83	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 4	ρ_{m4} (-)	0,76	0,50	
Činitel odrazu světla - Strop	ρ_{m5} (-)	0,90	0,70	
Činitel odrazu světla - Podlaha	ρ_{m6} (-)	0,43	0,30	0,20
Činitel prostupu světla sklem okna	τ_s (-)	0,82	0,85*	
Činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,e}$ (-)	0,90**		
Činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,i}$ (-)	0,95**		
Poměr čisté plochy zasklení	τ_k (-)	0,67		
Činitel jasů stínící překážky	k_v (-)	0,10***		

Pozn. : *) Hodnota byla vypočtena jako součin hodnot $0,92 \cdot 0,92$ ($\tau_s = \tau_{s,nor}^2$). V diplomové práci je uvažováno s dvojitým zasklením. Číré tabulové sklo má hodnotu $\tau_{s,nor} = 0,92$ podle normy ČSN 73 0580-1 [3].

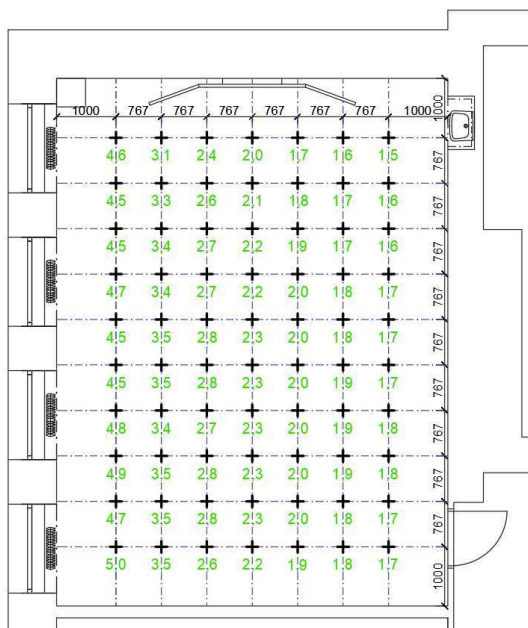
***) Uvedeno v kapitole 6.1.4.

***) Hodnota byla převzata jako doporučená hodnota z normy ČSN 73 0580-1 [3]

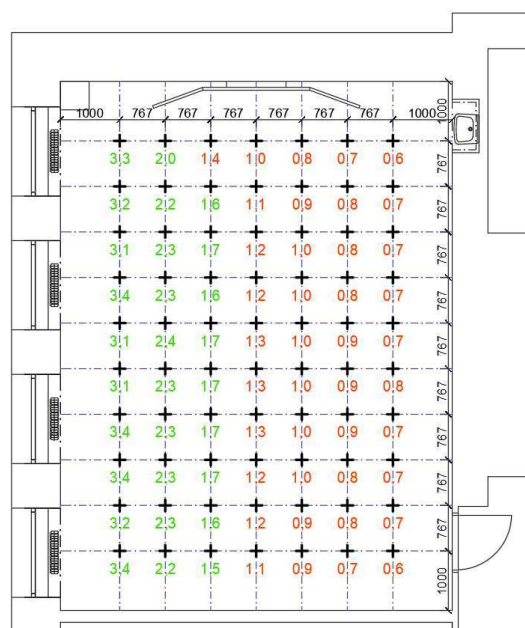
6.6.3 Činitel denní osvětlenosti

Na následujících obrázcích jsou vyneseny hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech. Pro lepší přehlednost byla síť bodů, vypočtená v programu Světlo+ [11], překreslena v programu AutoCAD [10]. Obr. 95 a obr. 96 znázorňují výpočet hodnot v kontrolních bodech dle požadavků ČSN 73 0580-1 [3], Obr. 99 – 102 pak v kontrolních bodech dle požadavků ČSN EN 17037 [5]. Do půdorysu učebny byly dále zakresleny izočáry. V případě ČSN 73 0580-1 [3] izočára znázorňující hranici $D_{min} = 1,5\%$ (Obr. 97 a obr. 98), kdy je učebna rozdělena na oblast vyhovující (zelená barva) a nevyhovující (červená barva) a u ČSN EN 17037 [5] izočáry 0,7% a 2,0% (Obr. 103 a obr. 104), které učebnu rozdělují na tři oblasti. V učebně nastal i stav, kdy hodnota 0,7 % vyhovuje v celé ploše a učebna je rozdělena jen na dvě oblasti. Dále bylo u těchto případů stanoveno, zda vyhovuje procentuální zastoupení daných hodnot (viz kapitola 3.5.2)

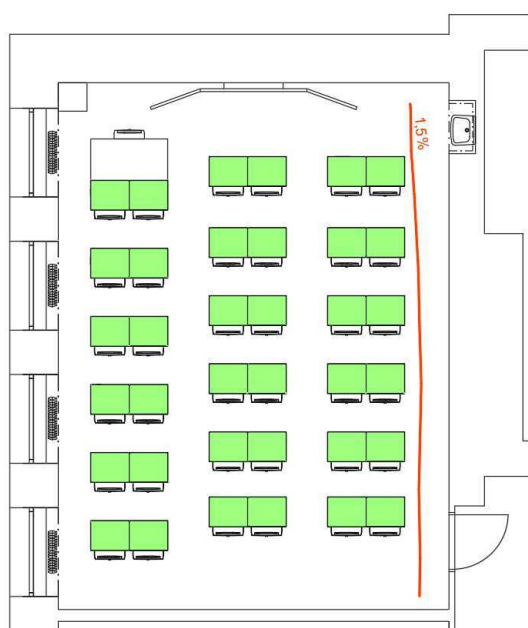
6.6.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:



Obr. 95 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 96 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. B



Obr. 97 – Izočára 1,5 % - var. A

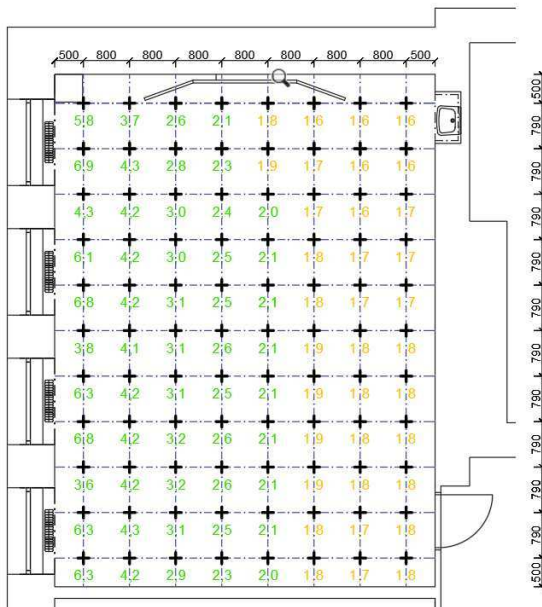


Obr. 98 – Izočára 1,5 % - var. B

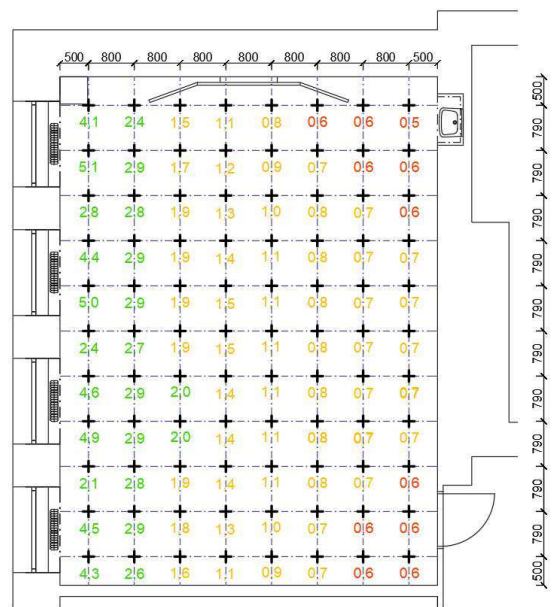
Ze schémat je patrné, že varianta A **vyhoví** na požadavek normy [3] ve funkčně vymezeném prostoru, ale **nevyhoví** v celé ploše. Varianta B **nesplňuje** požadovanou minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti $D = 1,5 \%$ v celé ploše učebny. Zelená barva označuje lavice, které vyhovují požadavku, zatímco červená barva označuje lavice, které požadavek nesplňují. U varianty A jsou vyhovující všechny lavice.

Nejvhodnější místa k sezení se u varianty B nacházejí v řadě u okna, naopak lavice v řadě uprostřed a u dveří nevyhovují.

6.6.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – průsečík os:



Obr. 99 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A

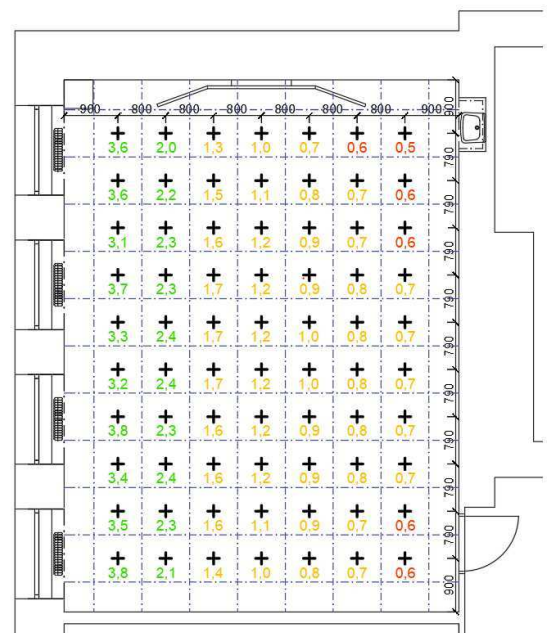


Obr. 100 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C

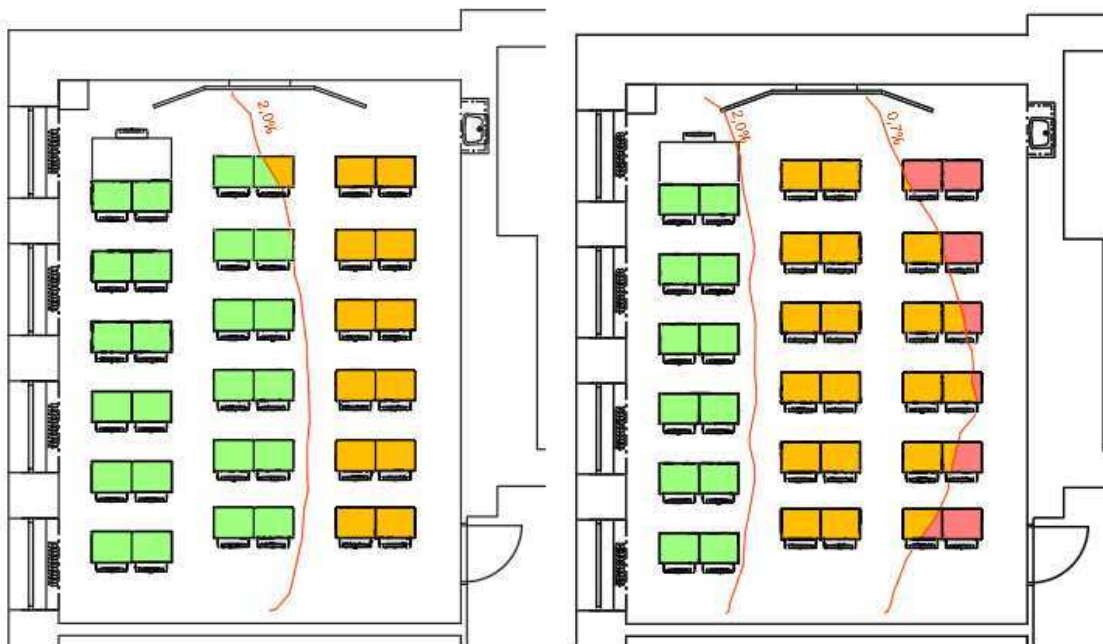
6.6.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – středy plošek:



Obr. 101 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 102 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C



Obr. 103* – Izočára 2,0 %** - var. A

Obr. 104* – Izočára 0,7% a 2,0 % - var. C

*) Vykreslení izofot (Obr. 103 a obr. 104) je shodné pro polohu kontrolních bodů v průsečících os i ve středů plošek.

**) Hodnota 0,7 % je splněna v celé ploše učebny.

Tab. 31 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 [5]

	Obr. 99	Obr. 100	Obr. 101	Obr. 102
$D_{t50} \geq 2,0\%$	60,23%	27,27%	55,71%	28,57%
$D_{tm95} \geq 0,7\%$	100,00%	87,50%	100,00%	91,43%
	SPLNĚNO	NESPLNĚNO	SPLNĚNO	NESPLNĚNO

Ze schémat a tabulky je patrné, že varianty na obr. 99 a obr. 101 **splňují** zároveň oba požadavky normy ČSN EN 17037 [5], kdy musí být minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{TM} = 0,7\%$ splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě a cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_T = 2,0\%$ alespoň v 50 % bodů sítě. Zelená barva ve schématech označuje lavice, kdy je hodnota činitele denní osvětlenosti vyšší než 2,0 %, žlutá barva označuje lavice, kdy je hodnota vyšší než 0,7 % a červená barva lavice, kdy není splněna ani jedna podmínka. Nejvhodnější místa k sezení se nacházejí tedy v řadě u okna. Z tab. 31 je vidět, že u dvou variant nebyl splněn ani jeden požadavek normy ČSN EN 17037 [5].

6.6.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení v učebnách byla vypočítána ze vztahu (7) uvedeného v kapitole 3.6. Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro všechny varianty byly spolu s vypočtenou hodnotou rovnoměrnosti denního osvětlení zaneseny do tabulky č. 32.

Tab. 32 – Rovnoměrnost denního osvětlení

Název	Ozn.	kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3	
		Varianta A	Varianta B	Varianta A	Varianta C	Varianta A	Varianta C
Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{min} (%)	1,5	0,6	1,6	0,5	1,5	0,5
Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{max} (%)	5	3,4	6,9	5,1	5,5	3,8
Rovnoměrnost denního osvětlení učebny	U (-)	0,30	0,18	0,23	0,10	0,27	0,13
Rovnoměrnost denního osvětlení funkčně vymezeného prostoru	U (-)	0,30	0,44	0,10	0,14	0,13	0,18

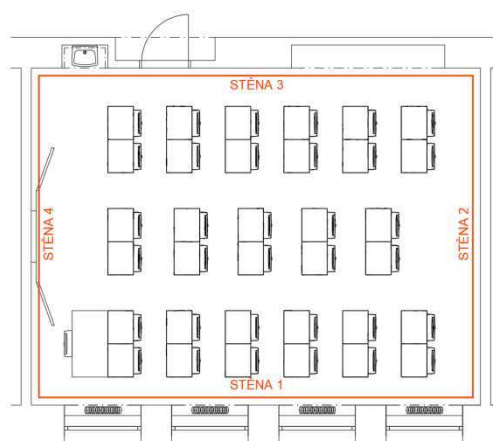
Z výpočtu rovnoměrnosti denního osvětlení (tab. 32) je patrné, že učebna S22 vyhoví v celé své ploše jen ve třech případech a to, když je splněn normový požadavek $U \geq 0,20$. To nastává ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1, kdy je $U = 0,30$, ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.2, kdy je $U = 0,23$ a dále ve variantě A u rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.3, kdy je $U = 0,27$. U ostatních variant normový požadavek není splněn.

Ve funkčně vymezeném prostoru splní tato učebna normový požadavek ve dvou případech. U funkčně vymezeného prostoru se uvažuje u kap. 6.2.3.1 s hodnotou $D_{min} = 1,5 \%$ a u kap. 6.2.3.2 a 6.2.3.3 s hodnotou $D_{min} = 0,7 \%$. Pro variantu A a variantu B, kde je rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1, jsou ty to hodnoty $U = 0,30$ a $U = 0,44$. Zelená barva v tabulce č. 32 označuje vyhovující hodnoty, červená barva naopak hodnoty nevyhovující.

6.7 Činitel denní osvětlenosti v učebně S26

6.7.1 Průměrný činitel odrazu světla

V kapitole 5.4.6 jsou uvedeny hodnoty činitele odrazu světla pro jednotlivé plochy v učebně, ze kterých byly následně vypočítány dle vztahu (14) hodnoty průměrného činitele odrazu světla ρ_m (-), které jsou uvedeny v tabulce níže.



Obr. 105 – Označení stěn učebny S26

Tab. 33a – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S26 – 1. Část

Konstrukce	Povrch	ρ (-)	S (m ²)	$\rho \cdot S$ (m ²)	ρ_m (-)
Stěna 1	Stěna bílá	0,84	16,98	14,26	0,61
	Okno rám	0,84	5,02	4,22	
	Okno sklo	0,10	9,68	0,97	
		Σ	31,68	19,45	
Stěna 2	Stěna světle modrá	0,17	8,58	1,46	0,13
	Stěna tmavě modrá	0,11	15,18	1,67	
		Σ	23,76	3,13	
Stěna 3	Stěna bílá	0,84	13,52	11,36	0,61
	Stěna žlutá	0,60	9,30	5,58	
	Stěna světle modrá	0,17	0,98	0,17	
	Stěna tmavě modrá	0,11	3,23	0,35	
	Obklad umyvadlo	0,67	1,26	0,84	
	Nástěnka	0,26	1,43	0,37	
	Dveře	0,34	1,75	0,60	
Rám dveří	0,23	0,22	0,05		
		Σ	31,68	19,32	

Tab. 33b – Průměrný činitel odrazu světla povrchů – učebna S26 – 2. Část

Stěna 4	Stěna bílá	0,84	19,88	16,70	0,73
	Tabule	0,05	2,41	0,12	
	Pojezd tabule	0,28	1,47	0,41	
		Σ	23,76	17,23	
Strop	Strop bílá	0,84	61,07	51,30	0,84
			Σ	61,07	
Podlaha	Podlaha	0,36	48,70	17,53	0,34
	Podlaha umyvadlo	0,36	0,41	0,15	
	Lavice	0,28	11,05	3,09	
	Stůl - učitel	0,29	0,91	0,26	
		Σ	61,07	21,04	
Průměrný činitel odrazu světla učebny			$\rho_m = 0,56$		

6.7.2 Vstupní data

V programu Světlo+ [11] byla v módu „Obloha“ vymodelována situace stínících objektů spolu s gymnáziem, kde se nachází posuzovaná učebna. Hodnoty činitele denní osvětlenosti byly vyhodnoceny ve třech polohách kontrolních bodů, které byly umístěny dle kapitol 3.2. a 3.3. Pro všechny tři polohy bodů byly použity nejprve naměřené hodnoty činitele odrazu pro různé plochy a činitele prostupu světla sklem (varianta A), dále byl činitel denní osvětlenosti v těchto bodech stanoven pro normové hodnoty činitele odrazu světla a činitele prostupu světla sklem (varianta B a C). Normové hodnoty z varianty B byly použity u bodů umístěných dle ČSN 73 0580-1 [3], z varianty C u bodů umístěných dle ČSN EN 17037 [5]. Jako vstupní údaje do programu byla použita data uvedená v následující tabulce. Pro všech šest variant byla vykreslena síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti stanovených v daných bodech a izofoty 1,5 % dle ČSN 73 0580-1 [3]; 0,7 % a 2 % dle ČSN EN 17037 [5].

Tab. 34 – Vstupní hodnoty do programu Světlo+ [11]

Název	Ozn.	Varianta A	Varianta B	Varianta C
		Měření	dle ČSN 73 0580-1	dle ČSN EN 17037
Činitel odrazu světla - Stěna 1	ρ_{m1} (-)	0,61	0,70	
Činitel odrazu světla - Stěna 2	ρ_{m2} (-)	0,13	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 3	ρ_{m3} (-)	0,61	0,50	
Činitel odrazu světla - Stěna 4	ρ_{m4} (-)	0,73	0,50	
Činitel odrazu světla - Strop	ρ_{m5} (-)	0,84	0,70	
Činitel odrazu světla - Podlaha	ρ_{m6} (-)	0,34	0,30	0,20
Činitel prostupu světla sklem okna	τ_s (-)	0,85	0,85*	
Činitel znečištění na vnější straně	$\tau_{z,e}$ (-)	0,90**		
Činitel znečištění na vnitřní straně	$\tau_{z,i}$ (-)	0,95**		
Poměr čisté plochy zasklení	τ_k (-)	0,67		
Činitel jasů stínící překážky	k_v (-)	0,10***		

Pozn. : *) Hodnota byla vypočtena jako součin hodnot $0,92 \cdot 0,92$ ($\tau_s = \tau_{s,nor}^2$). V diplomové práci je uvažováno s dvojitým zasklením. Čiré tabulové sklo má hodnotu $\tau_{s,nor} = 0,92$ podle normy ČSN 73 0580-1 [3].

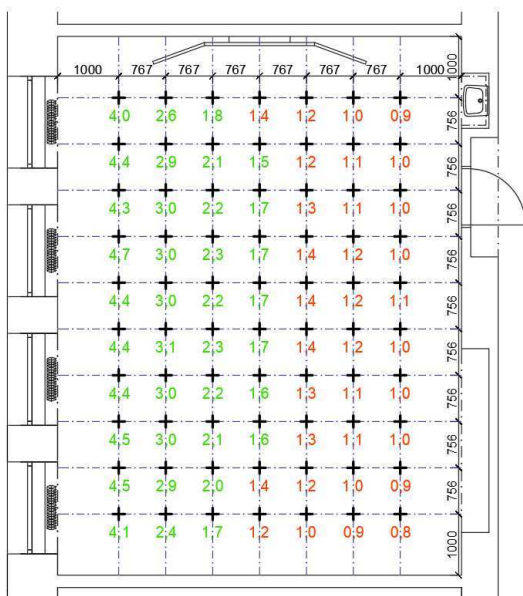
***) Uvedeno v kapitole 6.1.4.

****) Hodnota byla převzata jako doporučená hodnota z normy ČSN 73 0580-1 [3]

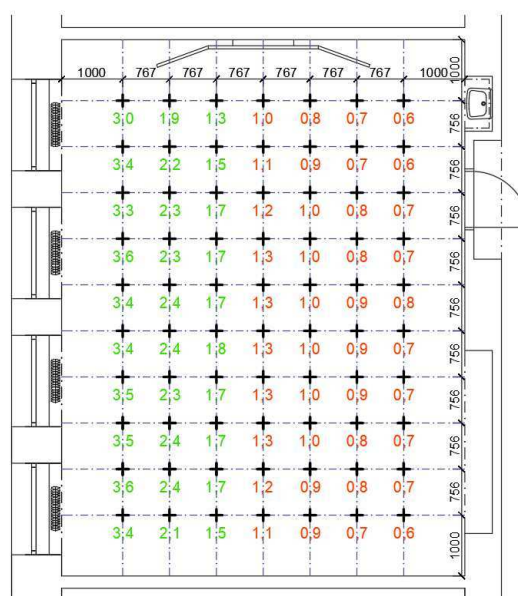
6.7.3 Činitel denní osvětlenosti

Na následujících obrázcích jsou vyneseny hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech. Pro lepší přehlednost byla síť bodů, vypočtená v programu Světlo+ [11], překreslena v programu AutoCAD [10]. Obr. 106 a obr. 107 znázorňují výpočet hodnot v kontrolních bodech dle požadavků ČSN 73 0580-1 [3], Obr. 110 – 113 pak v kontrolních bodech dle požadavků ČSN EN 17037 [5]. Do půdorysu učebny byly dále zakresleny izočáry. V případě ČSN 73 0580-1 [3] izočára znázorňující hranici $D_{min} = 1,5\%$ (Obr. 108 a obr. 109), kdy je učebna rozdělena na oblast vyhovující (zelená barva) a nevyhovující (červená barva) a u ČSN EN 17037 [5] izočáry 0,7% a 2,0% (Obr. 114 a obr. 115), které učebnu rozdělují na tři oblasti. V učebně nastal i stav, kdy hodnota 0,7 % vyhovuje v celé ploše a učebna je rozdělena jen na dvě oblasti. Dále bylo u těchto případů stanoveno, zda vyhovuje procentuální zastoupení daných hodnot (viz kapitola 3.5.2)

6.7.3.1 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN 73 0580-1 [3]:



Obr. 106 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 107 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. B



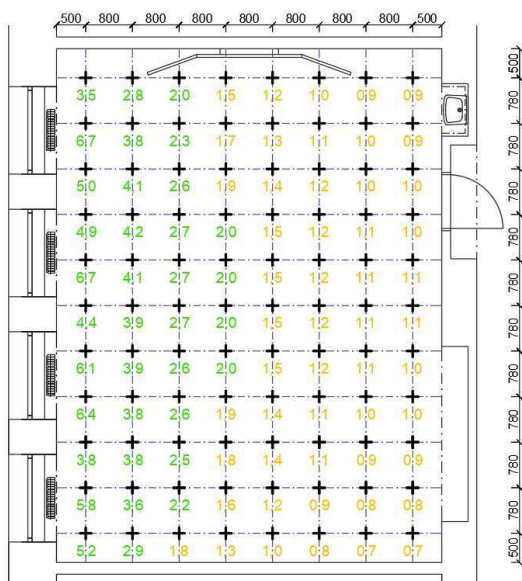
Obr. 108 – Izočára 1,5 % - var. A



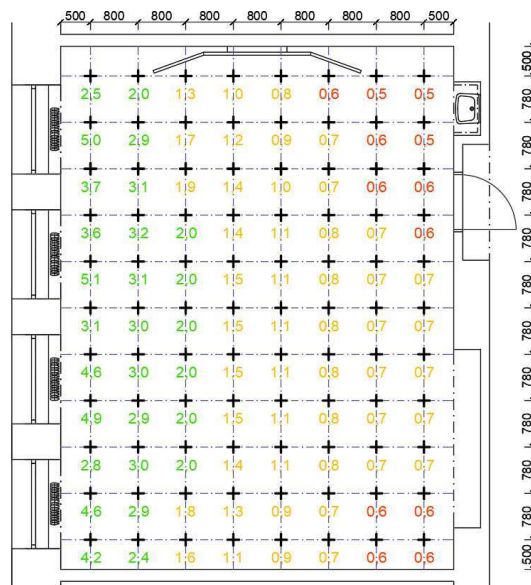
Obr. 109 – Izočára 1,5 % - var. B

Ze schémat je patrné, že ani jedna varianta **nesplňuje** požadovanou minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti $D = 1,5 \%$ v celé ploše učebny. Zelená barva označuje lavice, které vyhovují požadavku, zatímco červená barva označuje lavice, které požadavek nesplňují. Nejvhodnější místa k sezení se nacházejí v řadě u okna a uprostřed, naopak lavice v řadě u dveří nevyhovují.

6.7.3.2 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – průsečík os:



Obr. 110 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A

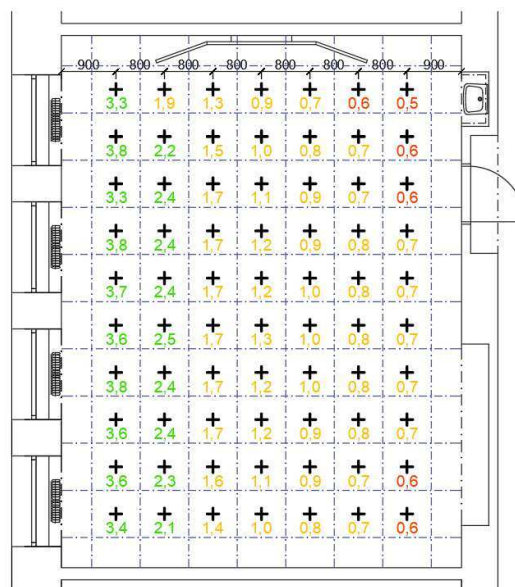


Obr. 111 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C

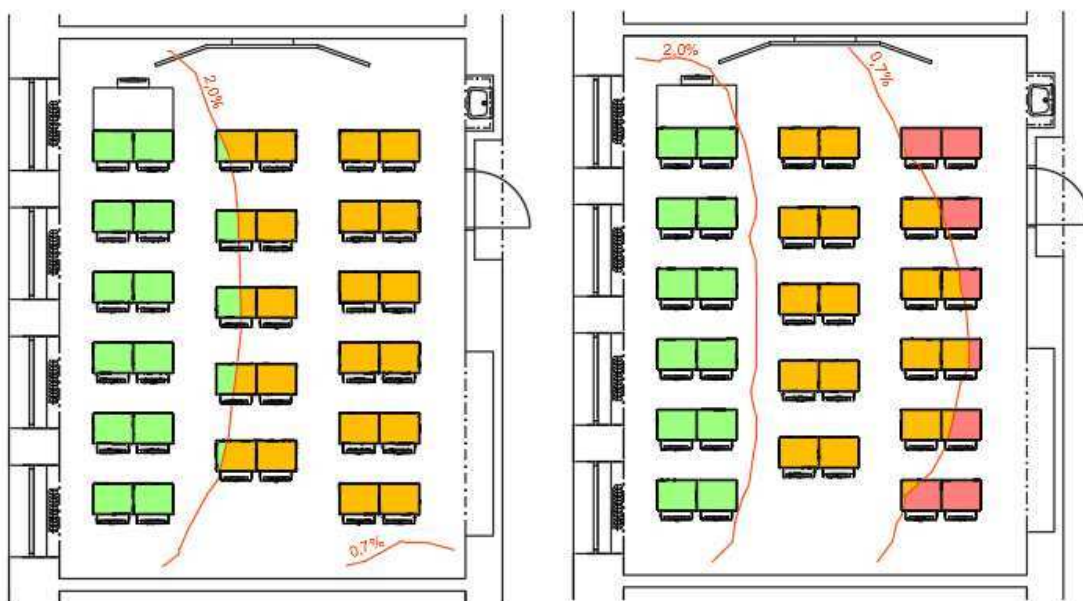
6.7.3.3 Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB dle ČSN EN 17037 [5] – středy plošek:



Obr. 112 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB - var. A



Obr. 113 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti v KB – var. C



Obr. 114* – Izočára 2,0 %** - var. A

Obr. 115* – Izočára 0,7% a 2,0 % - var. C

*) Vykreslení izofot (Obr. 114 a obr. 115) je shodné pro polohu kontrolních bodů v průsečících os i ve středů plošek.

***) Hodnota 0,7 % je splněna v celé ploše učebny.

Tab. 35 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 [5]

	Obr. 110	Obr. 111	Obr. 112	Obr. 113
$D_{T50} \geq 2,0\%$	40,91%	31,82%	40,00%	27,14%
$D_{TM95} \geq 0,7\%$	100,00%	86,36%	100,00%	91,43%
	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO	NESPLNĚNO

Ze schémat a tabulky je patrné, že ani jedna varianta **nesplňuje** zároveň oba požadavky normy ČSN EN 17037 [5], kdy musí být minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{TM} = 0,7\%$ splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě a cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_T = 2,0\%$ alespoň v 50 % bodů sítě. Zelená barva ve schématech označuje lavice, kdy je hodnota činitele denní osvětlenosti vyšší než 2,0 %, žlutá barva označuje lavice, kdy je hodnota vyšší než 0,7 % a červená barva lavice, kdy není splněna ani jedna podmínka. Nejvhodnější místa k sezení se nacházejí tedy v řadě u okna.

6.7.4 Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení v učebnách byla vypočítána ze vztahu (7) uvedeného v kapitole 3.6. Minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti pro všechny varianty byly spolu s vypočtenou hodnotou rovnoměrnosti denního osvětlení zaneseny do tabulky č. 36.

Tab. 36 – Rovnoměrnost denního osvětlení

Název	Ozn.	kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3	
		Varianta A	Varianta B	Varianta A	Varianta C	Varianta A	Varianta C
Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{min} (%)	0,8	0,6	0,7	0,5	0,7	0,5
Maximální hodnota činitele denní osvětlenosti	D_{max} (%)	4,7	3,6	6,7	6,5	5	3,8
Rovnoměrnost denního osvětlení učebny	U (-)	0,17	0,17	0,10	0,08	0,14	0,13
Rovnoměrnost denního osvětlení funkčně vymezeného prostoru	U (-)	0,32	0,42	0,10	0,11	0,14	0,18

Z výpočtu rovnoměrnosti denního osvětlení (tab. 36) je patrné, že učebna S26 nevyhoví ani v jedné variantě v celé své ploše, není splněn normový požadavek $U \geq 0,20$. Ve funkčně vymezeném prostoru splní tato učebna normový požadavek ve dvou případech. U funkčně vymezeného prostoru se uvažuje u kap. 6.2.3.1 s hodnotou $D_{min} = 1,5 \%$ a u kap. 6.2.3.2 a 6.2.3.3 s hodnotou $D_{min} = 0,7 \%$. Pro variantu A a variantu B, kde je rozmístění kontrolních bodů dle kap. 6.2.3.1, jsou to hodnoty $U = 0,32$ a $U = 0,42$. Zelená barva v tabulce č. 36 označuje vyhovující hodnoty, červená barva naopak hodnoty nevyhovující.

7. Dotazníkové šetření

Další část práce se zabývala subjektivním hodnocením světelných podmínek v kmenových učebnách pomocí dotazníkového šetření, ve kterém mohli žáci vyjádřit svůj názor na tyto podmínky ze svého pohledu. Cílovou skupinou byli žáci ve věku od třinácti do devatenácti let. Dotazníkové šetření jednotlivých učeben proběhlo ve dvou vlnách. První vlna se uskutečnila ve dnech 8. – 9. 10. 2019 a druhá vlna ve dnech 21., 22. a 25. listopadu.

7.1 Předvýzkum

Po stanovení zkoumaných hypotéz a vypracování dotazníku byl dotazník předložen dvěma nezávislým dospělým osobám, které k dotazníku neměli žádné připomínky a tak dotazníky nebyly upravovány. Před samotným dotazováním žáků byl ještě daný dotazník předložen pěti dětem ve věku cílové skupiny a dvěma učitelům, aby byla ověřena srozumitelnost kladených otázek. Oslovení žáci a učitelé nenašli v dotazníku žádné nejasnosti a shledali jej dostatečně srozumitelným.

7.2 Dotazníkové šetření a způsob vyhodnocování

V úvodu dotazníku byli žáci seznámeni s tím, na co se dotazník zaměřuje a k čemu slouží. Před samotným testováním byly všechny otázky dotazníku se studenty podrobně probrány a každá otázka vysvětlena. Dotazy, které se objevily během vyplňování, byly ihned zodpovězeny. První část dotazníků je zaměřena na obecné otázky týkající se pohlaví, věku, dominantní ruky, korekce zraku či místa, kde daný student sedí, druhá část se zabývá otázkami na světelné podmínky v učebně.

Během vyplňování nastaly případy, kdy student nezaškrtl žádnou z daných odpovědí nebo naopak vyplnil odpovědí více. V podobných případech je u hodnocení poznámka s tímto problémem.

Ke zjištění subjektivního názoru žáků bylo v rámci kvantitativního výzkumu použito dotazníkového šetření. Dané odpovědi nám dávají představu o tom, jak se žáci v učebnách cítí. Odpovědi studentů byly analyzovány tak, aby bylo možné potvrdit či vyvrátit předem stanovené hypotézy. Všechny dotazníky byly vyplňovány v tištěné podobě a následně bylo všech 327 dotazníků vyhodnoceno v programu

Microsoft Excel 2007. Dotazníky jsou přiloženy jako Příloha 1 (první vlna dotazování) a Příloha 2 (druhá vlna dotazování).

7.3 Stanovené hypotézy

Nejprve byly vytvořeny čtyři hypotézy, které se zaměřují na kvantitativní a kvalitativní hodnocení denního osvětlení kmenových učeben z pohledu žáků.

Hypotéza č. 1: Žáci, kteří nosí brýle, jsou se světelným prostředím učeben méně spokojeni než ti, kteří brýle nenosí.

Předpokladem této hypotézy je, že u studentů, kteří nosí brýle, může docházet snáze k oslnění, které je pro lidské oko velmi nepříjemné. Z toho vyplývá, že žáci, kteří brýle nosí, mohou být více nespokojeni, než žáci, kteří mají zrak v pořádku.

Hypotéza č. 2: Nejvíce spokojení žáci se světelným prostředím v učebnách jsou ti, kteří sedí u okna, naopak nejhůře se cítí ti, kteří sedí u dveří.

Předpokladem této hypotézy je, že učebny jsou příliš hluboké a mají nedostačující velikosti osvětlovacích otvorů, denní osvětlení tak nemusí být v řadách u dveří dostatečné. Žáci, kteří sedí u dveří, se proto mohou cítit více nespokojeni oproti žákům, kteří sedí u okna.

Hypotéza č. 3: Žáci, kteří sedí v řadě u dveří a uprostřed mají raději umělé osvětlení než osvětlení denní.

Tato hypotéza vychází z hypotézy č. 2. Předpokladem této hypotézy je, že žáci, kteří jsou vzdáleni od okenních otvorů, mají raději umělé osvětlení. Jak již bylo zmíněno v předchozí hypotéze, tak denní osvětlení nemusí být v těchto řadách dostatečné a žáci mají raději umělé osvětlení.

Hypotéza č. 4: Žáci preferují spíše teplé barvy než barvy studené.

Tato hypotéza vychází z předpokladu, že žáci mají raději teplé barvy, protože vyvolávají pocit tepla, dochází tak k aktivaci a povzbuzení organismus, naopak studené barvy vyvolávají pocit chladu, při kterém dochází k útlumu organismu.

7.4 Charakteristika respondentů

Následující tabulky a grafy shrnují základní informace o respondentech v jednotlivých třídách. Dotazníkového šetření se zúčastnili studenti ve věkové kategorii od třinácti do devatenácti let s různými poruchami zraku a rozdílnou dominantní rukou.

Tab. 37 – Charakteristika respondentů po 1. vlně dotazování

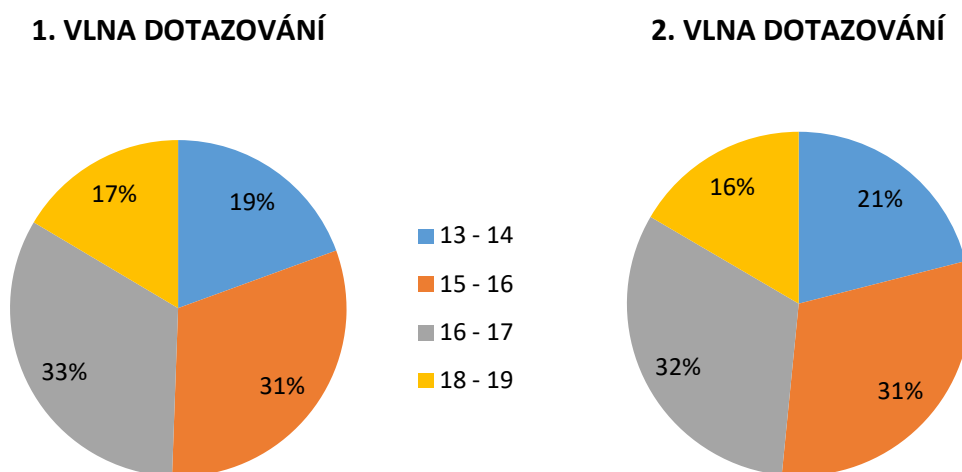
Učebna	Počet žáků	Věk	Pohlaví			Dominantní ruka		Poruchy zraku		
			Dívka	Chlapec	Jiné*	Pravá	Levá	Krátkozrakost	Krátkozrakost dalekozrakost	Žádné
S15	30	16-17	22	8		28	2	10	2	18
			73,3%	26,7%		93,3%	6,7%	33,3%	6,7%	60,0%
S18	25	15-16	16	9		21	4	9	1	15
			64,0%	36,0%		84,0%	16,0%	36,0%	4,0%	60,0%
S19	28	18-19	18	9	1	26	2	10	1	17
			64,3%	32,1%	3,6%	92,9%	7,1%	35,7%	3,6%	60,7%
S21	33	13-14	18	13	2	30	3	10	2	21
			54,5%	39,4%	6,1%	90,9%	9,1%	30,3%	6,1%	63,6%
S22	26	16-17	13	13		26	0	11	1	14
			50,0%	50,0%		100,0%	0,0%	42,3%	3,8%	53,8%
S26	28	15-16	21	7		26	2	15	1	12
			75,0%	25,0%		92,9%	7,1%	53,6%	3,6%	42,9%

Tab. 38 – Charakteristika respondentů po 2. vlně dotazování

Učebna	Počet žáků	Věk	Pohlaví			Dominantní ruka		Poruchy zraku		
			Dívka	Chlapec	Jiné*	Pravá	Levá	Krátkozrakost	Krátkozrakost dalekozrakost	Žádné
S15	26	16-17	16	10		24	2	6	2	18
			61,5%	38,5%		92,3%	7,7%	23,1%	7,7%	69,2%
S18	25	15-16	14	11		22	3	9	1	15
			56,0%	44,0%		88,0%	12,0%	36,0%	4,0%	60,0%
S19	26	18-19	17	8	1	24	2	7	1	18
			65,4%	30,8%	3,8%	92,3%	7,7%	26,9%	3,8%	69,2%
S21	33	13-14	19	14		30	3	12	1	20
			57,6%	42,4%		90,9%	9,1%	36,4%	3,0%	60,6%
S22	24	16-17	10	14		24	0	10	1	13
			41,7%	58,3%		100,0%	0,0%	41,7%	4,2%	54,2%
S26	23	15-16	19	4		21	2	14	2	7
			82,6%	17,4%		91,3%	8,7%	60,9%	8,7%	30,4%

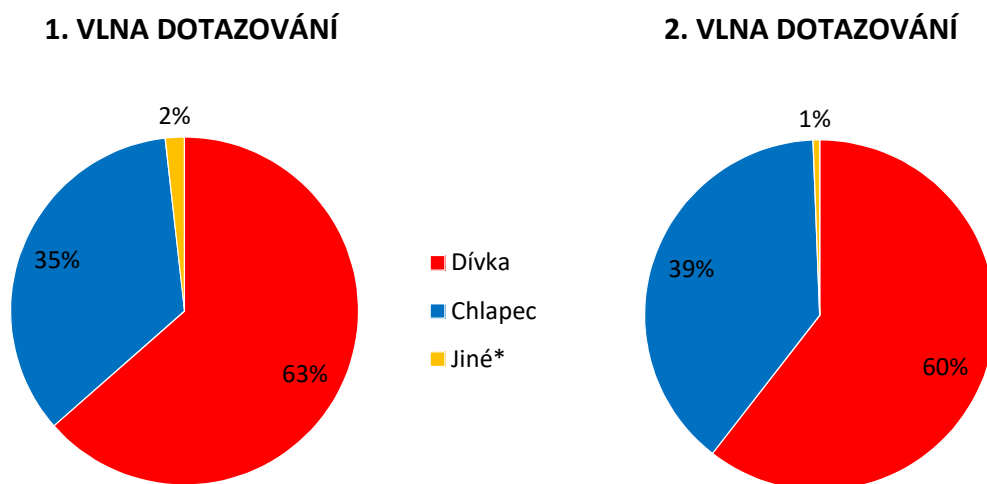
* Student/-ka, který/-á během studia prochází změnou pohlaví, anebo studenti, kteří do dotazníku napsali pohádkové bytosti

Obr. 116 znázorňuje zastoupení jednotlivých věkových kategorií v rámci dotazníkového šetření. V šetření převažuje zastoupení studentů ve věku 16 – 17 let, následované kategorií 15 – 16 let, nejméně zástupců má kategorie 18 – 19 let.



Obr. 116 – Zastoupení jednotlivých věkových kategorií

Z obr. 117 je zřejmé, že zastoupení dívek oproti chlapcům v obou případech převládá. Ve druhé vlně se počet chlapců zvýšil, naopak počet dívek klesl.

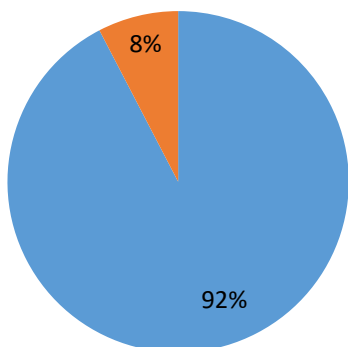


* Student/-ka, který/-á během studia prochází změnou pohlaví, anebo studenti, kteří do dotazníku napsali pohádkové bytosti

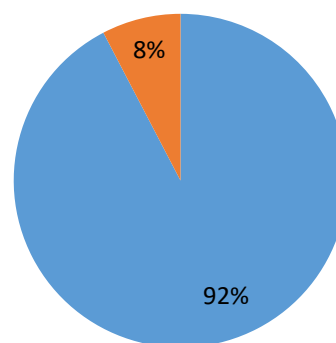
Obr. 117 – Zastoupení pohlaví respondentů

Dominantní rukou je ruka pravá (obr. 118). 92 % dotazovaných studentů píše pravou rukou, zbylých 8 % levou. V pěti třídách se nacházejí minimálně dva žáci, kteří píšou levou rukou, v šesté posuzované třídě není žádný žák, který by psal levou rukou.

1. VLNA DOTAZOVÁNÍ



2. VLNA DOTAZOVÁNÍ

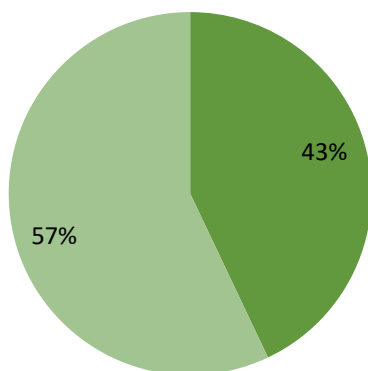


■ Pravá
■ Levá

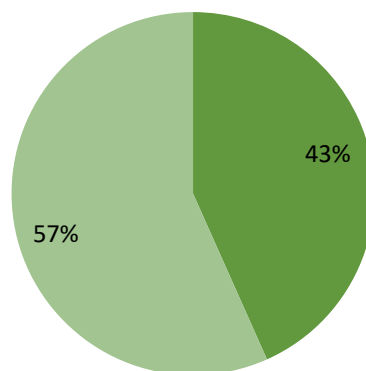
Obr. 118 – Dominantní ruka respondentů

Důležitou částí dotazníku byla otázka týkající se korekce zraku. Žáci nejdříve měli uvést, zda je jejich zrak v pořádku nebo trpí nějakou poruchou. Obr. 119 znázorňuje, že 43 % dotazovaných žáků potřebuje korekci zraku. Žáci, kteří trpí poruchou zraku, měli tuto poruchu blíže specifikovat. Graf na obr. 120 znázorňuje specifikace těchto problémů, přičemž téměř 90 % respondentů nosí brýle či čočky na dálku a zbylých 10 % nosí brýle či čočky na dálku i na blízko.

1. VLNA DOTAZOVÁNÍ



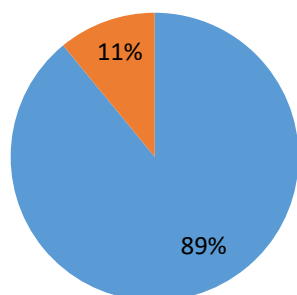
2. VLNA DOTAZOVÁNÍ



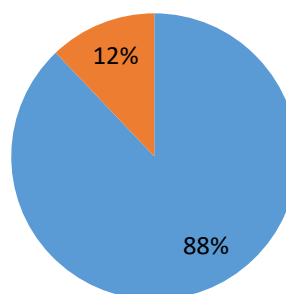
■ ano
■ ne

Obr. 119 – Nutnost korekce zraku

1. VLNA DOTAZOVÁNÍ



2. VLNA DOTAZOVÁNÍ



■ Krátkozrakost
■ Krátkozrakost dalekozrakost

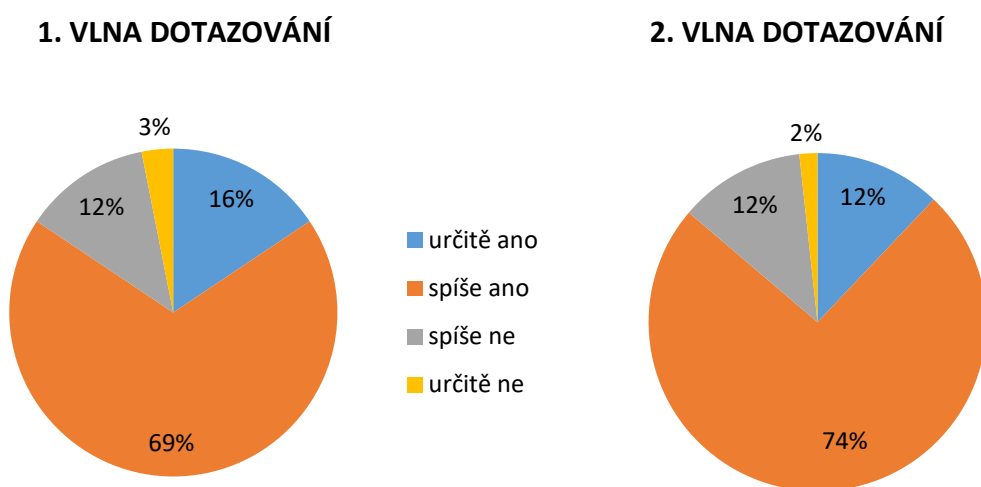
Obr. 120 – Poruchy zraku

7.5 Vyhodnocení hypotéz

Jednotlivé hypotézy byly vyhodnoceny na základě otázek vztahujících se k danému tématu hypotézy.

- **Hypotéza č. 1:** *Žáci, kteří nosí brýle, jsou se světelným prostředím učeben méně spokojeni než ti, kteří brýle nenosí.*

Hypotéza byla vyhodnocena především na základě otázek č. 7, 8 a 20. V otázkách č. 7 a 8 měli žáci uvést, zda nosí brýle nebo čočky a jakou poruchou zraku trpí a v otázce č. 20 vyjádřit svůj názor, jak jsou v učebně spokojeni. Do hodnocení byli zahrnuti i studenti, kteří v otázce č. 7 odpověděli, že nosí obojí, jak čočky, tak brýle. Na otázku spokojenosti bylo možné vybrat odpověď ze čtyř možností: určitě ano, spíše ano, spíše ne a určitě ne. Odpovědi určitě ano a spíše ano byly vyhodnoceny, že žáci jsou ve třídě spokojeni, naopak spíše ne a určitě ne, že se cítí nespokojeni. V první vlně dotazování odpovědělo 64 respondentů, že má problémy se zrakem, ve druhé vlně to bylo 58 respondentů. Výsledky prvního a druhého dotazníku vyšly téměř totožné (obr. 121). 85 % a 86 % dotázaných s poruchou zraku se cítí v učebnách spokojeno, 15 % a 14 % pak nespokojeno. Z těchto výsledků lze vyhodnotit, že většina žáků, kteří nosí brýle, je s prostředím učeben spokojeni. Hypotéza tedy byla **vyvrácena**.



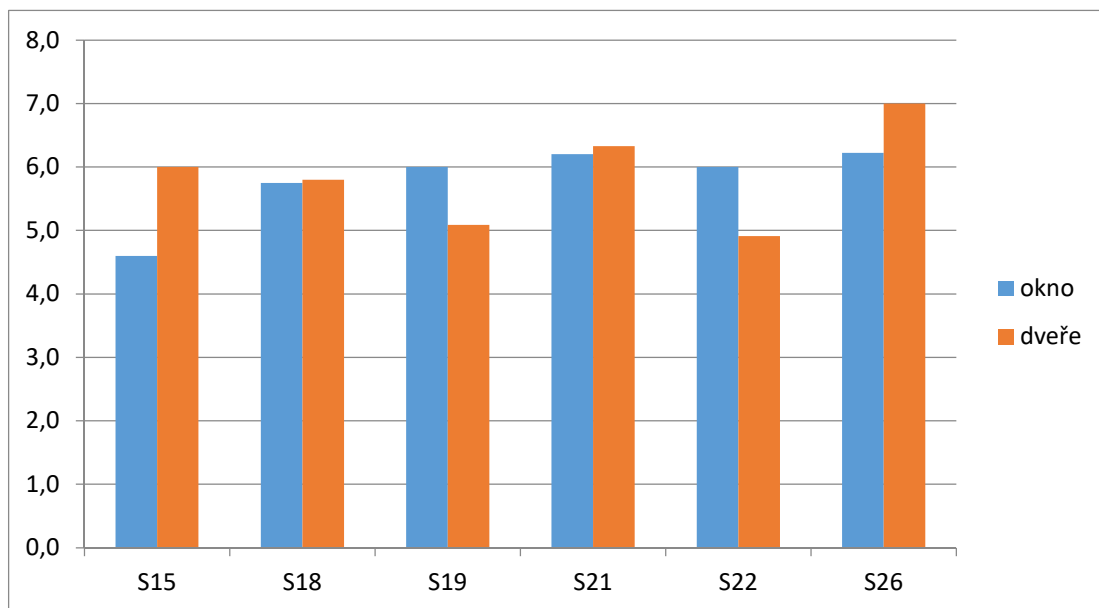
Obr. 121 – Vyhodnocení hypotézy č. 1 – procentuální zastoupení

- **Hypotéza č. 2:** *Nejvíce spokojení žáci se světelným prostředím v učebnách jsou ti, kteří sedí u okna, naopak nejhůře se cítí ti, kteří sedí u dveří.*

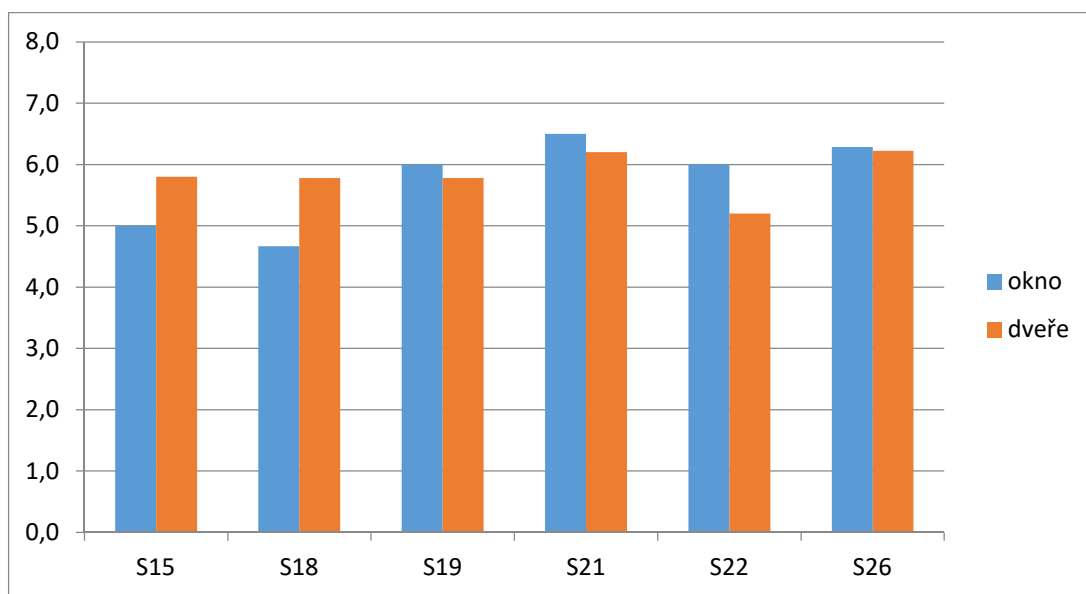
Hypotéza byla vyhodnocena především na základě otázek č. 10 a 20. V otázce č. 10 měli žáci uvést, v jaké řadě a na jakém místě ve třídě sedí a v otázce č. 20 vyjádřit svůj názor, jak se ve třídě cítí spokojeni. Odpovědi byly obodovány od 2 do 8 bodů, kdy odpověď určitě ano měla 8 bodů, spíše ano 6 bodů, spíše ne 4 body a odpověď určitě ne 2 body. Tyto odpovědi byly zprůměrovány a vyneseny do grafu. Výsledky této hypotézy zobrazují následně obr. 122 a obr. 123, kde je možné vidět, že se odpovědi v jednotlivých třídách liší. V první vlně ve čtyřech třídách byly spokojenější žáci sedící u dveří a ve dvou třídách žáci sedící u okna. Ve druhé vlně byly ve čtyřech třídách žáci spokojenější v lavicích u okna a ve dvou třídách žáci spokojenější v lavicích u dveří.

Pro vyhodnocení této hypotézy byly brány v úvahu jen odpovědi v řadách u okna a u dveří a ty byly následně vyneseny do grafu. Ve třídách S15 a S18 jsou v obou dvou vlnách dotazování spokojenější žáci sedící u dveří. Není možno jednoznačně určit, z jakého důvodu jsou žáci spokojenější u dveří. Nejspíše je to ale způsobeno tím, že v blízkosti těchto učeben se nachází objekty, které částečně učebně stíní a žáci, kteří sedí u okna, mohou mít tyto objekty v zorném pozorovacím poli a nemají tak na rozdíl od jiných učeben dobrý výhled ven. Naopak ve třídách S19 a S22 jsou spokojenější žáci sedící u okna. Ve třídách S21 a S26 byly v obou vlnách rozdílné výsledky a tak není možné jednoznačně určit, kdo je spokojenější.

Na závěr byl vytvořen graf s procentuální spokojeností žáků v učebně na daných místech v daném dotazování. Jak je vidět na obr. 124, tak v obou vlnách dotazníkového šetření, jsou žáci, kteří sedí v lavicích u dveří stejně spokojeni jako žáci, kteří sedí v lavicích u oken. Hypotéza tedy byla **vyvrácena**.



Obr. 122 – Vyhodnocení hypotézy č. 2 – první vlna dotazování



Obr. 123 – Vyhodnocení hypotézy č. 2 – druhá vlna dotazování



Obr. 124 – Vyhodnocení hypotézy č. 2 – procentuální zastoupení spokojených žáků

- **Hypotéza č. 3:** Žáci, kteří sedí v řadě u dveří a uprostřed mají raději umělé osvětlení než osvětlení denní.

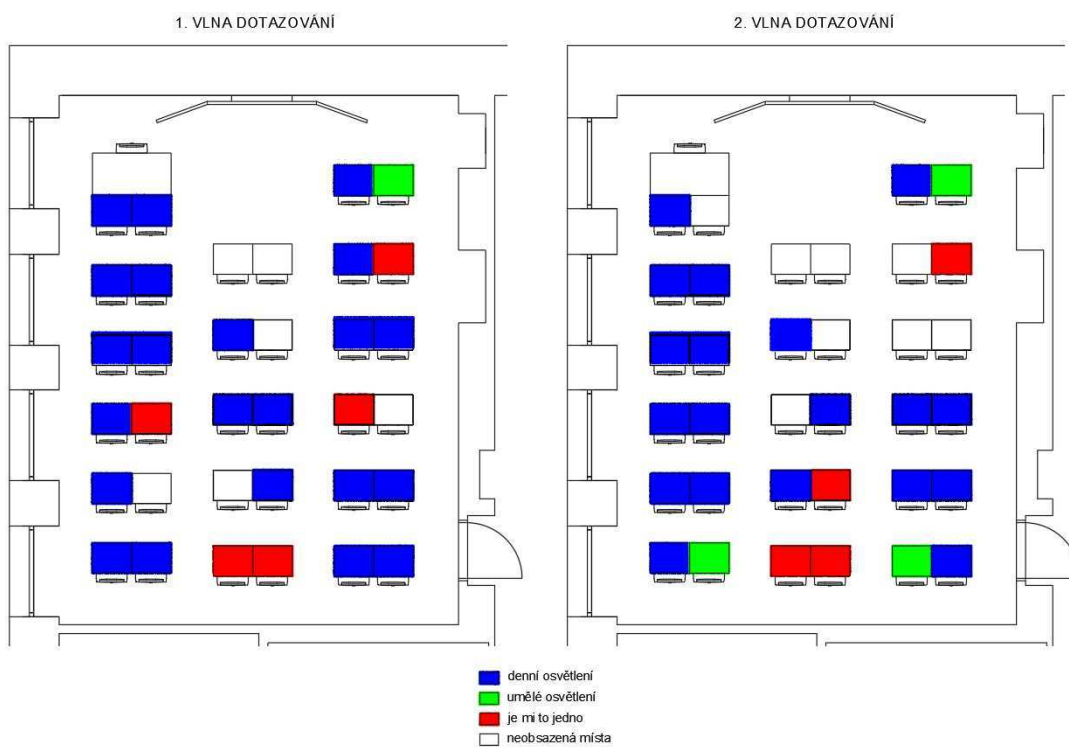
Hypotéza byla vyhodnocena především na základě otázek č. 9, 10 a 13. V otázkách č. 9 a 10 měli žáci uvést, v jaké řadě a na jakém místě ve třídě sedí a v otázce č. 13 vyjádřit svůj názor, zda mají raději osvětlení umělé, denní a nebo jim je to jedno. Na obrázcích č. 125 - 130 je možné vidět odpovědi dotazovaných žáků rozkreslených na místa, kde sedí. Výsledky této hypotézy zobrazují následně obr. 131 a obr. 132, kde je možné vidět, že se odpovědi v jednotlivých třídách liší. Celkově mají žáci raději denní osvětlení (Obr. 133). Pro vyhodnocení této hypotézy byly brány v úvahu jen odpovědi v řadách uprostřed a u dveří a ty byly následně vyneseny do grafu. U studentů převažuje odpověď, že jim nejvíce vyhovuje osvětlení denní, následované, že jim je to jedno a na posledním místě je osvětlení umělé. Ve dvou třídách dokonce vyhrála odpověď, že je jim jedno, jestli raději osvětlení umělé nebo denní. Výsledky dotazníku tedy potvrzují, že hypotéza **není pravdivá** a žáci sedící u dveří a uprostřed nemají raději osvětlení umělé.



Obr. 125 – Preference typu osvětlení v učebně S15



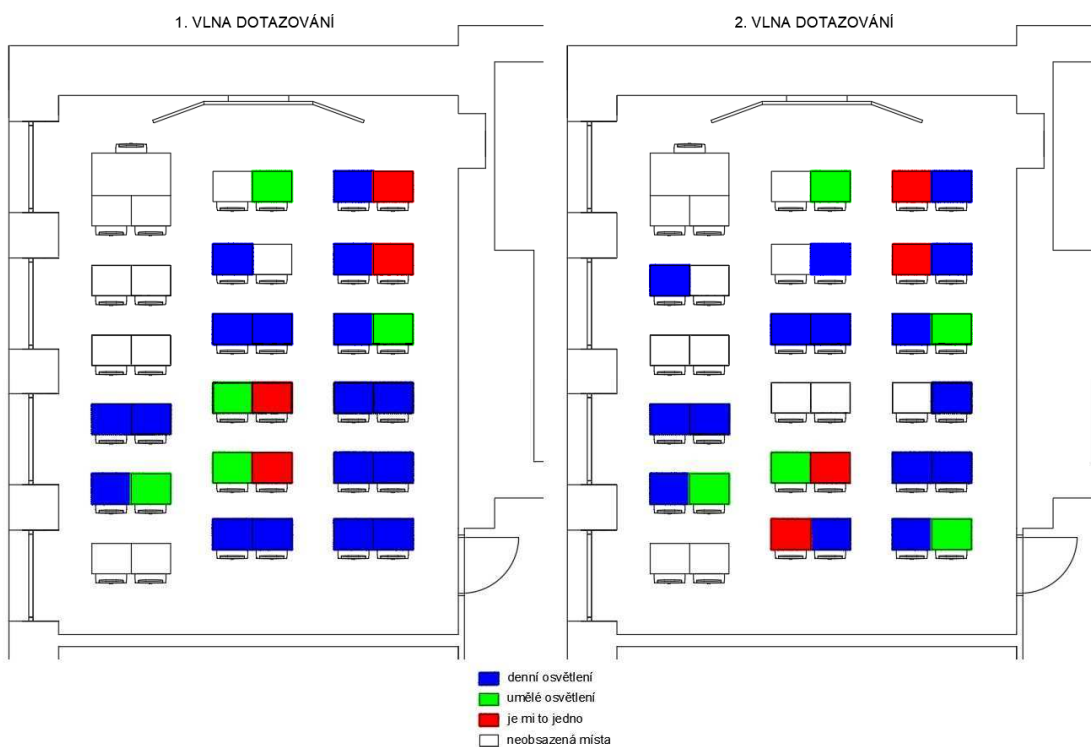
Obr. 126 – Preference typu osvětlení v učebně S18



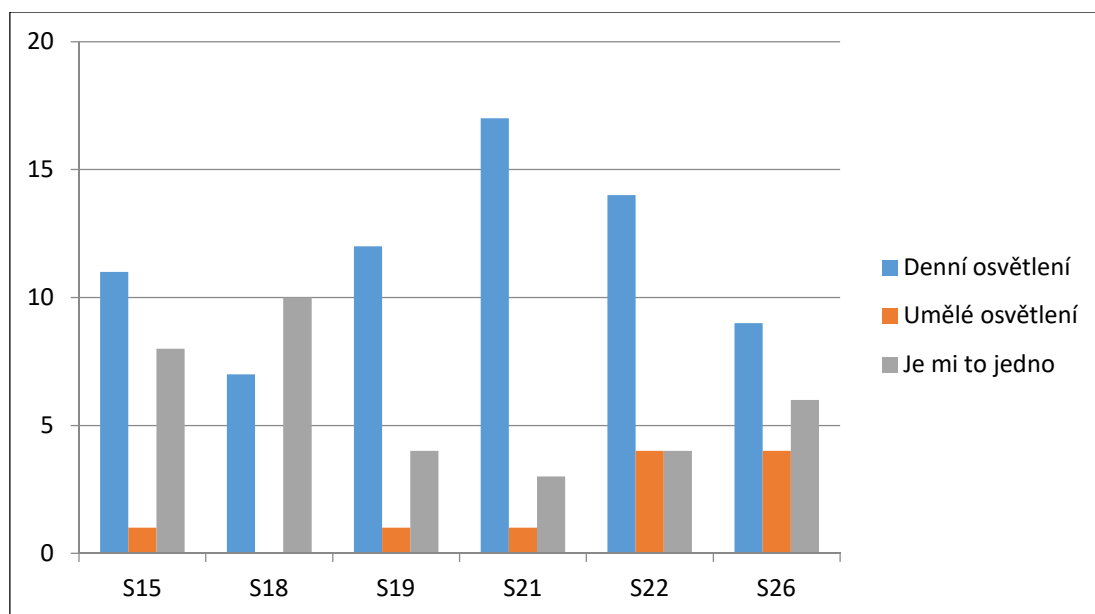
Obr. 127 – Preference typu osvětlení v učebně S19



Obr. 128 – Preference typu osvětlení v učebně S21

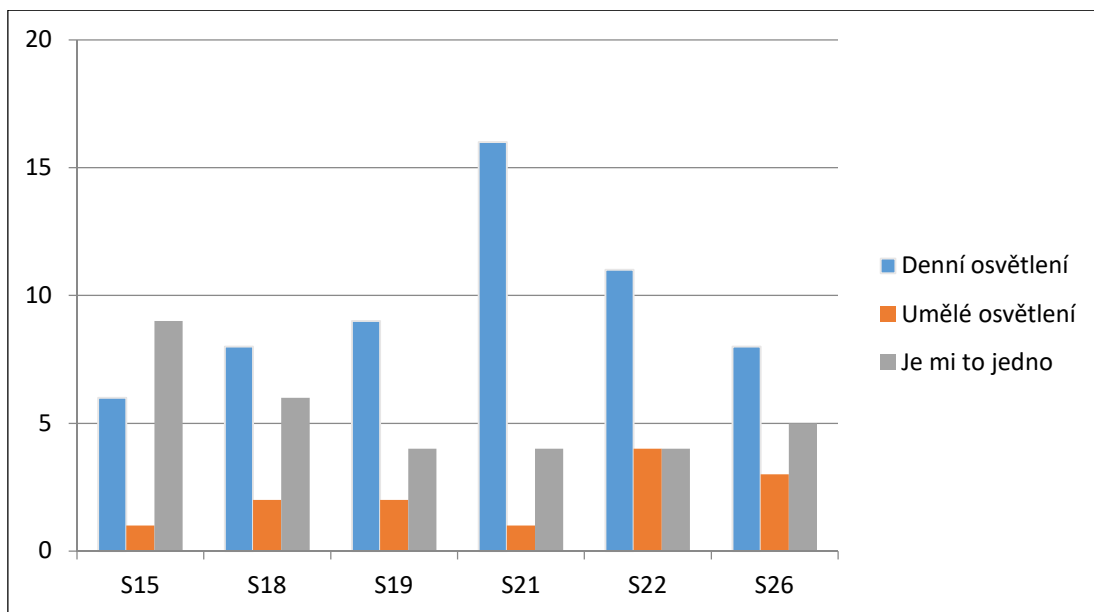


Obr. 129 – Preference typu osvětlení v učebně S22



Obr. 130 – Preference typu osvětlení v učebně S26

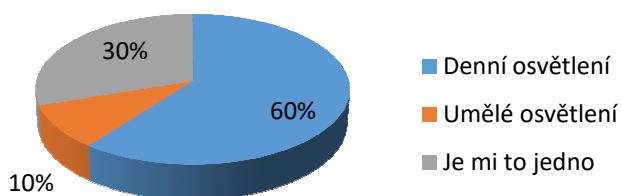
Obr. 131 – Vyhodnocení hypotézy č. 3 – první vlna dotazování



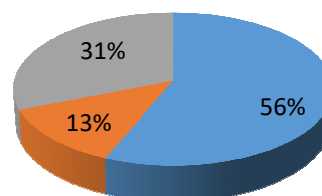
Obr. 132 – Vyhodnocení hypotézy č. 3 – druhá vlna dotazování

Žáci, kteří odpověděli v dotazníku, že mají raději umělé osvětlení než denní, sedí ve třídách zcela náhodně a neexistuje mezi jejich místy žádná souvislost. Nejvíce tuto odpověď zaškrtovali studenti, kteří sedí v lavicích u dveří a uprostřed, ale vyskytly se i odpovědi, kdy studenti sedící v lavicích u okna mají rádi umělé osvětlení. Překvapuje mě, že mnoho studentů odpovědělo, že je jim to jedno. Z těchto odpovědí usuzuji, že pro ně bylo nejsnazší tuto odpověď zaškrtnout, aby nemuseli dlouze uvažovat nad tím, co je pro ně lepší.

1. VLNA DOTAZOVÁNÍ



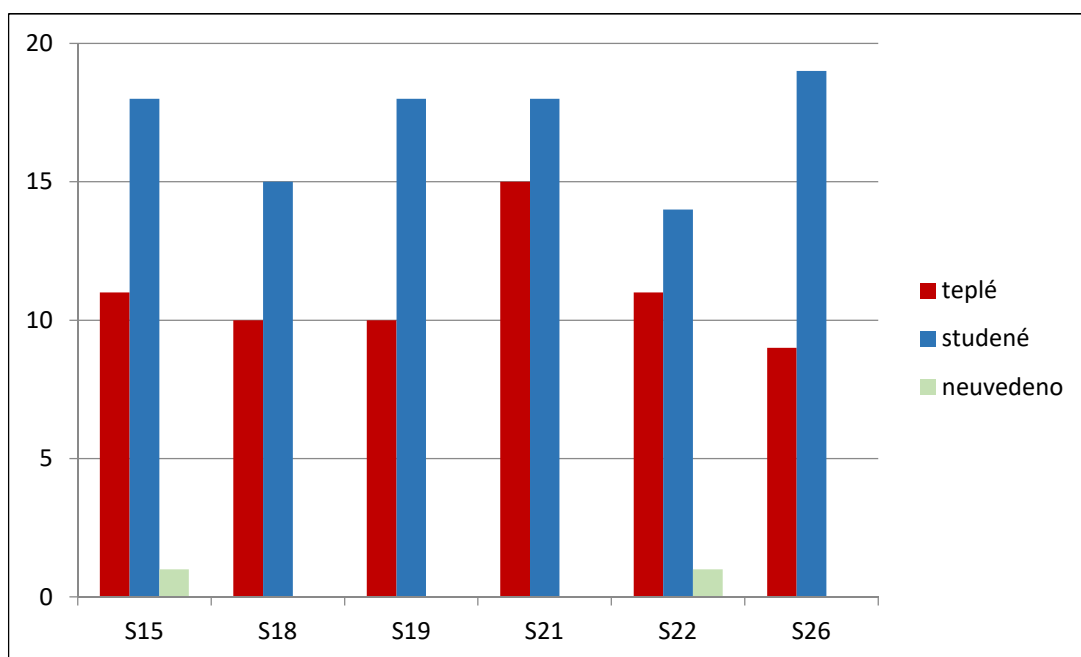
2. VLNA DOTAZOVÁNÍ



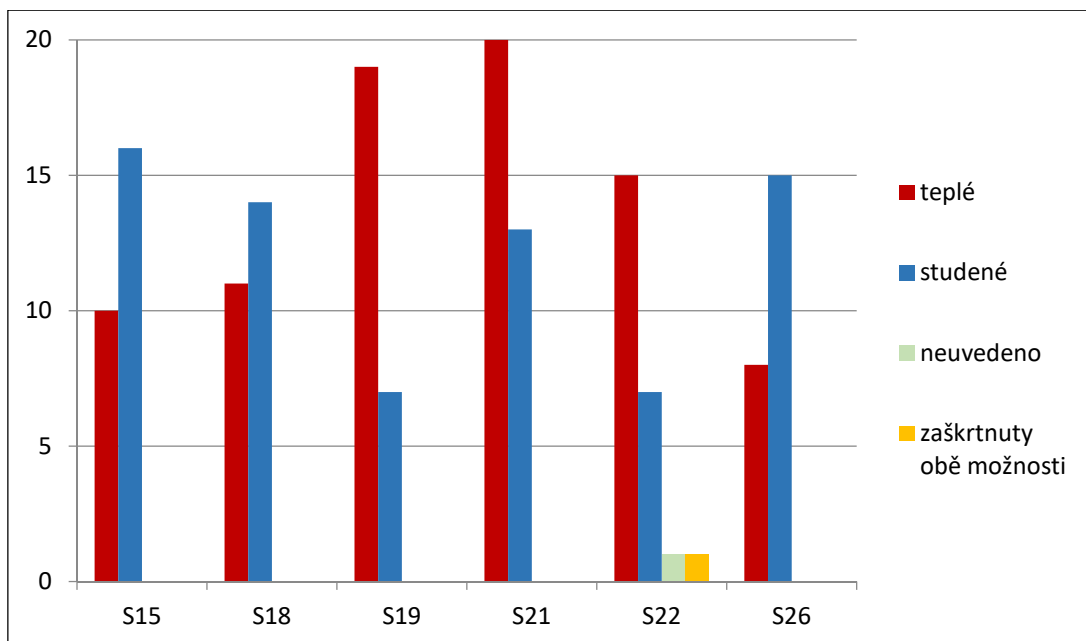
Obr. 133 – Vyhodnocení hypotézy č. 3 – procentuální zastoupení preference typu osvětlení

Hypotéza č. 4: Žáci preferují spíše teplé barvy než barvy studené.

Tato hypotéza byla vyhodnocena především na základě otázky č. 14. Na obr. 134 je vidět, že v první vlně dotazování byly žáky preferovány barvy studené ve všech učebnách. Na obr. 135 je pak vidět, že ve druhé vlně ve třech učebnách mají žáci raději teplé barvy a ve třech upřednostňují barvy studené. Na obr. 136 je vidět, že v celkovém počtu dotazovaných mají respondenti raději barvy studené. Tato hypotéza byla tedy **nepravdivá** a žáci spíše preferují barvy studené.



Obr. 134 – Vyhodnocení hypotézy č. 4 – první vlna dotazování



Obr. 135 – Vyhodnocení hypotézy č. 4 – druhá vlna dotazování

1. VLNA DOTAZOVÁNÍ

2. VLNA DOTAZOVÁNÍ



Obr. 136 – Vyhodnocení hypotézy č. 4 – procentuální zastoupení oblíbenosti odstínů barev

8. Celkové vyhodnocení učeben

V následující tabulce (tab. 39) jsou uvedeny hodnoty činitele denní osvětlenosti v hodnocených učebnách, procentuální splnění požadavků dané normou ČSN EN 17037 [5], rovnoměrnost denního osvětlení, procentuální počet míst vyhovujících z hlediska činitele denní osvětlenosti a spokojenost studentů. Nevhovující hodnoty jsou v tabulkách vybarveny červeně, vyhovující naopak zeleně.

8.1 Splnění požadavků normy ČSN 73 0580-1 [3]

V celé své ploše splnila požadavek na minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti 1,5 % ve variantě s naměřenými hodnotami pouze učebna S21. Z toho vyplývá, že je učebna dostatečně osvětlena denním světlem. Učebna S22 splnila tento požadavek jen ve funkčně vymezeném prostoru. Pokud nebude nevhovující prostor určen k umístění školních lavic, ale například pro průchod žáků a učitelů (funkční vymezení prostoru), můžeme uvažovat, že žáci mají pro svou práci také dostatečně osvětlený prostor a učebna je tak vyhovující. Ostatní učebny požadavek normy [3] nespĺňují, tudíž z hlediska požadavků na denní osvětlení jsou učebny považovány za nedostatečně osvětlené denním světlem. V závislosti na vykreslení vyhovujícího prostoru vymezeného izofotou $D = 1,5 \%$ byl určen počet vyhovujících míst, který byl následně vyjádřen v procentech z celkového počtu míst. Nejvíce vyhovujících míst je právě v již zmíněných učebnách S21 a S22 a to 100%, nejméně vyhovujících míst je v učebnách S15 a S18, kde vyhovuje pouze 29,4 %, což je nespíše způsobeno stínícími okolními objekty. Požadavek na rovnoměrnost denního osvětlení v učebnách byl ve variantě A i B splněn ve všech učebnách jen ve funkčně vymezeném prostoru. V celé ploše místnosti byl tento požadavek splněn ve všech učebnách kromě S26 jen u variant A.

8.2 Splnění požadavků normy ČSN EN 17037 [5]

V učebnách S19, S21 a S22 byly splněny oba dva požadavky normy ČSN EN 17037 [5] na činitel denní osvětlenosti jen u naměřených hodnot, a to jak z hlediska

umístění kontrolních bodů v průsečíku os, tak i ve středu ploch. Učebny jsou považovány za dostatečně osvětlené denním světlem. Ostatní učebny (S15, S18 a S26) splní vždy v naměřených hodnotách jen požadavek, kdy musí být minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{TM} = 0,7 \%$ splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě. Druhý požadavek není splněn, tudíž jsou tyto učebny považovány za nedostatečně osvětlené denním světlem.

Normové hodnoty [5] nevyhoví ani v jedné z učeben, a to jak z hlediska umístění kontrolních bodů v průsečíku os, tak i ve středu ploch.

Požadavek na rovnoměrnost denního osvětlení byl splněn ve všech třech učebnách, které splňují oba dva požadavky na činitel denní osvětlenosti.

8.3 Dotazníkové šetření

V poslední části tabulky je uvedena spokojenost žáků se světlenými podmínkami ve třídách, která byla stanovena zvlášť pro obě vlny dotazování. Jedná se o subjektivní názor, který může být ovlivněn mnoha faktory a je proto obtížné porovnávat ho s naměřenými hodnotami. Studenti měli zodpovědět otázku, zda jsou v učebně spokojeni. Odpovědi byly obodovány dle spokojenosti, bodové hodnocení bylo zprůměrováno a hodnoty zapsány do tabulky. V rámci hodnot je také možné porovnat, jak se měnila spokojenost žáků v rámci školního roku. Zatímco u některých tříd spokojenost klesá, tak u jiných stoupá. Je však patrné, že žáci se v učebnách cítí spíše spokojeni.

Z hlediska denního osvětlení se tedy jeví jako nejvhodnější učebna S21, která vyhověla podle obou norem [3] a [5]. Studenti v dotaznících uvádějí, že v této učebně jsou ze všech hodnocených učeben nejvíce spokojeni. Spokojenost žáků v prvním kole byla 6,3 body a ve druhé vlně dotazování se tato spokojenost potvrdila, kdy výsledek stoupl jen o 0,1 bodu. Myslím si, že žáci jsou v učebně spokojeni, protože dané učebně nestíní žádný objekt nebo vzrostlá zeleň a z učebny je i lepší výhled do okolí než v ostatních učebnách.

Tab. 39a – Celkové hodnocení učeben – první část

Název	Ozn.	S15						S18						S19					
		kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3		kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3		kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3	
		var. A	var. B	var. A	var. C	var. A	var. C	var. A	var. B	var. A	var. C	var. A	var. C	var. A	var. B	var. A	var. C	var. A	var. C
Činitel denní osvětlenosti	D_{\min} (%)	1,1	0,6	1,1	0,5	1,1	0,5	1,2	0,4	1,2	0,4	1,2	0,4	1,5	0,6	1,5	0,5	1,5	0,6
	D_{\max} (%)	4,9	4,3	7,4	6,5	5,3	4,6	4,5	3,3	6,3	4,4	4,7	3,5	4,8	3,4	6,9	5,0	5,1	3,8
Procento bodů, které splní požadavek $D_{TM50} \geq 2,0$ %	(%)	-	-	46,3	35,0	42,9	28,6	-	-	43,2	22,7	40,0	24,3	-	-	59,1	27,3	55,7	28,6
Procento bodů, které splní požadavek $D_{TM95} \geq 0,7$ %	(%)	-	-	100,0	85,0	100,0	88,9	-	-	100,0	65,9	100,0	68,6	-	-	100,0	88,6	100,0	91,4
Rovnoměrnost denního osvětlení v celé ploše místnosti	U (-)	0,22	0,14	0,15	0,08	0,21	0,11	0,27	0,12	0,19	0,09	0,26	0,11	0,31	0,18	0,22	0,10	0,29	0,16
Rovnoměrnost denního osvětlení ve funkčně vymezeném prostoru	U (-)	0,31	0,35	0,09	0,11	0,13	0,15	0,33	0,45	0,11	0,16	0,15	0,20	0,31	0,44	0,10	0,14	0,14	0,18
Celkový počet míst	-	34						34						34					
Vyhovující místa z hlediska činitele denní osvětlenosti	-	21	10	-	-	-	-	21	10	-	-	-	-	33	12	-	-	-	-
	(%)	61,8	29,4	-	-	-	-	61,8	29,4	-	-	-	-	97,1	35,3	-	-	-	-
Spokojenost žáků 1. vlna dotazování	-	5,3						6,1						5,7					
Spokojenost žáků 2. vlna dotazování	-	4,3						6,0						5,1					

Tab. 39b – Celkové hodnocení učeben – druhá část

Název	Ozn.	S21						S22						S26					
		kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3		kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3		kap. 6.2.3.1		kap. 6.2.3.2		kap. 6.2.3.3	
		var. A	var. B	var. A	var. C	var. A	var. C	var. A	var. B	var. A	var. C	var. A	var. C	var. A	var. B	var. A	var. C	var. A	var. C
Činitel denní osvětlenosti	D_{\min} (%)	1,7	0,6	1,8	0,5	1,7	0,5	1,5	0,6	1,5	0,6	1,5	0,5	0,8	0,6	0,7	0,5	0,7	0,5
	D_{\max} (%)	5,1	3,4	7,0	5,1	5,4	3,8	5,0	3,4	6,9	5,1	5,5	3,8	4,7	3,6	6,7	6,5	5,0	3,8
Procento bodů, které splní požadavek $D_{TM50} \geq 2,0$ %	(%)	-	-	80,7	27,3	78,6	28,6	-	-	60,2	27,3	55,7	28,6	-	-	40,9	31,8	40,0	27,1
Procento bodů, které splní požadavek $D_{TM95} \geq 0,7$ %	(%)	-	-	100,0	86,4	100,0	90,0	-	-	100,0	87,5	100,0	91,4	-	-	100,0	86,4	100,0	91,4
Rovnoměrnost denního osvětlení v celé ploše místnosti	U (-)	0,33	0,18	0,26	0,10	0,31	0,13	0,30	0,18	0,23	0,10	0,27	0,13	0,17	0,17	0,10	0,08	0,14	0,13
Rovnoměrnost denního osvětlení ve funkčně vymezeném prostoru	U (-)	0,33	0,34	0,10	0,14	0,13	0,18	0,30	0,44	0,10	0,14	0,13	0,18	0,32	0,42	0,10	0,11	0,14	0,18
Celkový počet míst	-	34						36						34					
Vyhovující místa z hlediska činitele denní osvětlenosti	-	34	12	-	-	-	-	36	12	-	-	-	-	17	21	-	-	-	-
	(%)	100,0	35,3	-	-	-	-	100,0	33,3	-	-	-	-	50,0	61,8	-	-	-	-
Spokojenost žáků 1. vlna dotazování	-	6,2						4,3						7,7					
Spokojenost žáků 2. vlna dotazování	-	6,3						4,4						6,4					

9. Navržená opatření

Množství a kvalitu denního osvětlení v interiéru budov je možno ovlivnit mnoha způsoby. Jak již bylo řečeno v úvodu, je nutno předejít možným nedostatkům při samotném návrhu školní budovy. Požadavky, jako je nevhodná orientace objektu ke světovým stranám, špatné umístění budovy do okolní zástavby nebo nevhodný výběr a velikost osvětlovacích otvorů, nelze ale provést u stávajících staveb, pokud nechceme provádět znatelný zásah do konstrukcí. V tomto případě existují i způsoby, jak zlepšit světelné podmínky v učebnách u školních budov, ve kterých se již nedostatky objevují. Mezi takové možnosti patří například výběr vhodného typu povrchu s odpovídající barevností, použití vhodných regulačních zařízení nebo pravidelná údržba povrchů a mytí okenních otvorů. Při dostatečném množství kmenových tříd ve školách je i jednou z možností vyčlenění nevyhovující učebny ze seznamu kmenových tříd a využití této učebny jen k občasné výuce.

9.1 Úprava povrchů

Jednou z možností, jak zajistit lepší hodnoty činitele denní osvětlenosti v učebnách, je úprava povrchů. Změnou barvy a úpravy lze dosáhnout vhodnějších hodnot odrazivosti povrchů. Povrchy ve školních učebnách nesmí být lesklé, aby nedocházelo k oslňování žáků. Barevná úprava má vliv nejen na kvalitu osvětlení, ale i na psychiku studentů a vhodnou barevností lze přispět ke zvýšení pracovního výkonu a zrakové pohody. Učebny jsou prostory, kde se vyžaduje soustředěná práce, je proto třeba zvolit chladnější barevné odstíny. Doporučuje se, že u žáků starších 12 let, mají být třídy vymalovány studenými barvami, na omezených plochách doplněné teplými barvami [8].

Všechny učebny na gymnáziu, kromě S26, byly vymalovány bílou barvou, kterou bych v učebnách zachovala i přes to, že si někteří žáci v dotazníku přáli vymalovat tmavší barvou. V učebně S26, ve které je zadní stěna a část boční stěny vymalována tmavě modrou barvou, bych barvy zesvětlila. Také bych zvolila v učebnách světlejší barvu podlah a barvu obkladů u umyvadel. Tento zásah by byl pro školu ale finančně náročnější.

9.2 Údržba povrchů

S vyhovujícím denním osvětlením v učebnách souvisí i úklid a údržba vnitřních povrchů. Měla by být zajištěna pravidelná údržba omyvatelných obkladů a podlah. Stěny učeben by měly být nejméně jednou za tři roky vymalovány.

Norma ČSN 73 0580-1 [3] udává, že ve školních budovách by mělo být provedeno mytí oken včetně rámu nejméně dvakrát ročně. Neudržovaná okna propouštějí do učeben menší množství světla.

Vzhledem k lokalitě se zvýšenou prašností, ve které se gymnázium nachází, by bylo vhodné provádět mytí oken častěji. Jelikož je nevhodné mýt okna při běžném provozu školy, doporučila bych tento proces provádět o prázdninách a to alespoň 3x ročně. Nejprve bych je umyla o letních prázdninách v srpnu (nejlépe těsně před začátkem školního roku), poté o vánočních prázdninách a následně i o velikonočních prázdninách.

9.3 Regulační prostředky

Regulačními prostředky lze usměrňovat a omezovat vstup světla do místnosti ve snaze vyloučit oslnění nebo zamezovat nadměrnému přehřívání místnosti. Přímé sluneční světlo dopadající do místnosti může způsobovat velké jasy a v kombinaci se světlými nebo lesklými povrchy může vést k absolutnímu oslnění. Lidské oko není pak schopno přizpůsobit se tak velkému jasů.

9.3.1 Záclony

Záclony slouží k zamezení pohledu z exteriéru do interiéru během dne a zároveň musí umožnit výhled z interiéru ven. Je využito rozdílnosti jasů, kdy jas záclon je vyšší než jas méně osvětlených povrchů dále v místnosti. Denní osvětlení je vlivem záclon částečně pohlceno a částečně rozptýleno a odraženo všemi směry. V blízkosti okna je tak omezen přímý vstup světla, ale podíl odraženého světla ke stropu a v zadní části se naopak zvýší.

Na gymnáziu se bílé záclony bez vzoru vyskytovaly jen v učebně S19, která je orientována na sever. Záclony tedy mají sloužit k zamezení pohledu do interiéru a ne k zabránění přímého dopadu slunečních paprsků. Jelikož je do této učebny

vidět přímo z hlavní ulice, je pochopitelné, že zde vedení školy nechalo záclony pověsit. I když zde záclony nejsou umístěny za účelem omezení prostupu světla do místnosti, z mého pohledu bych v této třídě záclony nechala, protože z vlastní zkušenosti vím, jak je nepříjemné, když vám kolemjdoucí lidé hledí do vyučování. V tomto případě bych doporučila vedení školy, aby zauvažovalo nad tím, zda by nebylo vhodné tuto učebnu vyřadit ze seznamu kmenových tříd. V ostatních třídách bych záclony neumísťovala, protože jsou v učebnách instalovány žaluzie. Se zavěšením záclon v učebnách je spojená i údržba těchto záclon, které se musí pravidelně prát.

9.3.2 Žaluzie

V současnosti nejpoužívanější typ stínících prostředků. Žaluzie se vyrábí z lamel z tenkého kovu nebo plastů a umístění může být jak v interiéru a exteriéru tak ojediněle i mezi skly osvětlovacího otvoru. Mezi výhodu patří snadná manipulace, kdy se lamely dají podle potřeby vytahovat, stahovat a natáčet v libovolném úhlu (dle výrobce), což vede k regulaci slunečních paprsků.

V řešeném gymnáziu jsou interiérovými lamelovými žaluziemi opatřeny všechny učebny kromě S19, která je orientována na sever a nehrozí tak oslnění přímými slunečními paprsky. Na první pohled je v učebnách vidět, že ne všechny žaluzie jsou funkční a potřebovaly by pravidelnější údržbu. Na tento problém upozorňovali i žáci v dotazníkovém šetření. Někteří dokonce upozorňovali na to, že mají v učebnách obvykle stažené žaluzie celé vyučování, mají tak ve třídě tmu a učitelé použijí raději umělé osvětlení na místo vytažení žaluzií.

V učebnách bych žaluzie ponechala a bylo by dobré studenty i učitele seznámit s tím, že žaluzie je vhodné stahovat jen v případě hrozícího oslnění studentů, protože malé množství světla v učebně může mít na studenty negativní vliv. Jelikož údržba žaluzií není jednoduchá, zvažila bych do budoucna, zda bylo dobré investovat do žaluzií venkovních, k jejichž manipulaci by byl umožněn přístup jen pedagogickým pracovníkům školy. Myslím si, že by potom nebyly žaluzie v tak nevyhovujícím stavu, v jakém se dnes vyskytují v některých učebnách. Nevyhovujícím stavem žaluzií je myšleno, že v některých učebnách jsou utrhané

provázky, kterými je možno spouštět nebo vytahovat žaluzie, plastové tyče na regulaci lamel jsou ulámané, nebo jsou lamely zkřivené.

9.3.3 Závěsy a rolety

Dalším typem stínících zařízení jsou závěsy a rolety. Jedná se o pohyblivá zařízení z textilního, papírové nebo plastového materiálu, která lze ovládat mechanicky nebo elektronicky. Tyto prvky mají za úkol eliminovat sluneční záření a přehřívání v místnosti.

V hodnocených učebnách gymnázia se v současné době závěsy ani rolety nevyskytují, bylo by ale možné těmito prvky nahradit stávající žaluzie.

Z mého pohledu bych nedoporučovala nahradit žaluzie závěsy ani roletami. S použitím závěsů je spojená údržba, jelikož se závěsy musí pravidelně prát. V dobách mého studia na gymnáziu se v učebnách nacházely závěsy, které se nevhodným chováním žáků trhaly a vedení školy nezajišťovalo ani pravidelnou údržbu a na závěsech se hromadil prach.

Rolety jsou na rozdíl od žaluzií většinou celistvé nebo složené z propojených nepohyblivých lamel a průchod světla nelze tak snadno regulovat jako u žaluzií naklápěním lamel. Rolety lze buď stáhnout, nebo vytáhnout. Nedoporučovala bych tedy stávající žaluzie nahrazovat ani roletami, jelikož u nich není možnost optimálně regulovat světlené podmínky v místnosti.

9.3.4 Vzrostlá zeleň

Denní osvětlení v učebnách může být regulováno i výsadbou vysokých stromů, především listnatých [8]. V jarních a letních měsících stromy stíní, naopak na podzim a v zimě, kdy listy opadají, propouštějí do místnosti dostatečné množství světla. Zeleň může mít ale i negativní vliv na denní osvětlení v učebnách, kdy vysoké jehličnaté stromy mohou učebnám stínit celoročně. V těchto případech je nutno tyto stromy pokácet.

I vzrostlá zeleň je jednou z možných opatření, které vedou ke zlepšení světelných podmínek v učebnách. V současné době není v blízkosti hodnocených učeben žádná vzrostlá zeleň.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo poukázat na problematiku denního osvětlení na gymnáziu, zhodnotit stav učeben z hlediska denního osvětlení a porovnat tento stav s názory žáků vyjádřených pomocí dotazníků. Výsledky byly vyhodnoceny s ohledem na normy ČSN 73 0580-1 [3], ČSN 73 0580-3 [4] a ČSN EN 17037 [5].

V budově gymnázia byly vybrány konkrétní kmenové učebny, pro které nejprve byly dle naměřených rozměrů zhotoveny půdorysy, pohledy na stěny s jejich barevným provedením a fotodokumentace současného stavu. Následně byly v učebnách změřeny odrazivosti povrchů a stanoveny hodnoty propustnosti světla sklem. Dále byla odrazivost povrchů stanovena i pomocí vzorníků. Na základě naměřených hodnot byl vypočítán činitel odrazu jednotlivých stěn. K výpočtu činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech byl využit program Světlo+ [11], do kterého byly zadány naměřené a normové vstupní údaje. Výstupem z odborného softwaru byla síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti pro každou učebnu s vyznačením limitních izočar.

V hodnocených učebnách bylo nejprve zjišťováno, zda je splněna podmínka normy ČSN 73 0580-1 [3] $D_{min} \geq 1,5 \%$ pro IV. třídu zrakové činnosti a dále pak zda jsou splněny podmínky normy ČSN EN 17037 [5], kdy je požadováno, aby minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_{TM} = 0,7 \%$ byla splněna alespoň v 95 % kontrolních bodů sítě a cílová hodnota činitele denní osvětlenosti $D_T = 2,0 \%$ byla splněna alespoň v 50 % bodů sítě.

Požadavek $D_{min} \geq 1,5 \%$ splnila jen jedna učebna v celé své ploše a jedna učebna ve funkčně vymezeném prostoru. Ostatní učebny jsou z hlediska normových požadavků na denní osvětlení považovány za nedostatečně osvětlené denním světlem.

Zajímavé bylo především porovnání variant, zda jsou splněny požadavky normy ČSN EN 17037 [5] a do jaké míry je výpočet ovlivněn umístěním kontrolních bodů. Z hlediska normy ČSN EN 17037 [5] vyhověly tři učebny. Z mého pohledu je u nové normy ČSN EN 17037 [5], kde vyhověla polovina učeben, snazší splnit požadavky než u normy ČSN 73 0580-1 [3], u které vyhověla pouze jedna učebna.

Dále stojí za pozornost rozdílnost v přístupu k poloze kontrolních bodů v průsečíku os nebo ve středu ploch. Během vypracování mé diplomové práce jsem dospěla k závěru, že ať kontrolní body umístíme do jedné nebo druhé polohy, vždy dojdeme ke stejnému konečnému výsledku z hlediska, zda učebna vyhověla nebo nevyhověla v celé své ploše. Procento bodů, které danou podmínku splňují či nesplňují, se u obou variant mírně liší. Klonila bych se tedy více k umístování bodů do průsečíků os, protože umístění kontrolních bodů do středů ploch mi při vypracování diplomové práce přišlo pracnější a časově náročnější.

Na základě činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech byla dále vypočtena rovnoměrnost denního osvětlení v učebnách ve všech řešených variantách.

V tabulce závěrečného shrnutí (tab. 39) je vidět, že většina učeben nevyhoví na požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti v celé své ploše, ve funkčně vymezeném prostoru a ani na rovnoměrnost denního osvětlení. Některé učebny byly i negativně posuzovány z pohledu studentů v dotazníkovém šetření, které je založeno pouze na subjektivním názoru žáků a je proto těžko srovnatelné s vypočtenými daty. Dává nám ale určitou představu o tom, jak se žáci v učebnách cítí.

Na základě výsledků byly následně sepsány návrhy opatření, které by mohly přispět k zajištění vyhovujících podmínek denního osvětlení v učebnách. Nevhodné podmínky lze například zlepšit instalací stínících prvků, změnou povrchové úpravy nebo pravidelnou údržbou povrchů. Jelikož denní světlo je pro člověka nenahraditelné, je vhodné problémy s množstvím a kvalitou denního osvětlení řešit a do budoucna se z nich ponaučit, aby již při samotném návrhu budovy nedocházelo k těmto nedostatkům.

Seznam použité literatury

- [1] ČSN 36 0011-1. *Měření osvětlení vnitřních prostorů – Část 1: Základní ustanovení*. Praha: ÚNMZ, 2014, 16 s.
- [2] ČSN 36 0011-2. *Měření osvětlení vnitřních prostorů – Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha: ÚNMZ, 2014, 12 s.
- [3] ČSN 73 0580-1. *Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky*. Praha: ČNI, 2007, 24 s. Zohledněna změna Z1 z roku 2011
- [4] ČSN 73 0580-3. *Denní osvětlení budov – Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: ČNI, 1994, 8 s. Zohledněny změny Z1 z roku 1996 a Z2 z roku 1999
- [5] ČSN EN 17037. *Denní osvětlení budov*. Praha: ČNI, 2019, 56 s.
- [6] KAŇKA, Jan. *DEO 1: Vybrané stati ze stavební světelné techniky*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2014. 88 s. ISBN 978-80-01-05468-0.
- [7] VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika: Cvičení*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2015. 158 s. ISBN 978-80-01-05858-9.
- [8] VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. *Stavební světelná technika: Přednášky*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2016. 176 s. ISBN 978-80-01-06060-5.
- [9] Akomodace [online]. In.: [cit. 2019-10-14].
Dostupné z: <https://www.cocky-kontakti.cz/slovník/akomodace.html>
- [10] Autodesk, Inc. *AutoCAD* [software]. Verze 19 EDU. Informace na www.autodesk.cz.
- [11] JpSOft s.r.o. *SVĚTLO+* [software] *Software pro denní osvětlení a oslunění budov*. Informace na www.svetloplus.cz
- [12] KAŇKA, Jan. *Denní osvětlení obytných místností*. Světlo [online]. 2010,1, str. 30-31. [cit. 2019-11-17].
Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40807.pdf>
- [13] Oční vady [online]. In.: [cit. 2019-10-14].
Dostupné z: <https://www.zdraveomlazení.cz/ocni-vady/199>
- [14] STACHEMA, *Vzorník barev*, 2016, zapůjčené od firmy: Klatovská stavební společnost, s.r.o.
- [15] WEBER, *Vzorník barev*, 2013, zapůjčené od firmy: Klatovská stavební společnost, s.r.o.
- [16] WikiSkripta, projekt sítě lékařských fakult MEFANET In.: [cit. 2019-10-14].
Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Oko_\(biofyzika\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Oko_(biofyzika))

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Učebny na gymnáziu z pohledu denního osvětlení
Classrooms on a grammar school in terms of daylighting

PŘÍLOHY

Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1 – Dotazník pro první dotazování.....	2
Příloha 2 – Dotazník pro druhé dotazování	4
Příloha 3 – Výstupy z programu Světlo+	6
P3.1 - Učebna S15	6
P3.1.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1	6
P3.1.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os.....	7
P3.1.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch.....	8
P3.2 - Učebna S18	9
P3.2.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1	9
P3.2.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os.....	10
P3.2.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch.....	11
P3.3 - Učebna S19	12
P3.3.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1	12
P3.3.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os.....	13
P3.3.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch.....	13
P3.4 - Učebna S21	15
P3.4.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1	15
P3.4.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os.....	16
P3.4.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch.....	16
P3.5 - Učebna S22	18
P3.5.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1	18
P3.5.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os.....	19
P3.5.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch.....	19
P3.6 - Učebna S26	21
P3.6.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1	21
P3.6.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os.....	22
P3.6.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch.....	23
Příloha 4 – Výkresová dokumentace	
P4.1 – Situace stínících objektů	
P4.2 – Půdorys 1.NP	
P4.3 – Půdorys 2.NP	
P4.4 – Půdorys 3.NP	
Příloha 5 – Výstup z programu Světlo+ - elektronicky	CD
Příloha 6 – Vyplněné dotazníky	CD

Příloha 1 – Dotazník pro první dotazování

Dotazník k diplomové práci

„Učebny na gymnáziu z pohledu denního osvětlení“

Milí studenti,

chtěla bych vás poprosit o vyplnění tohoto dotazníku, který bude sloužit jako podklad ke zpracování mé diplomové práce na Fakultě stavební na Českém vysokém učení technickém v Praze. Dotazník je zcela anonymní a je zaměřen na hodnocení denního osvětlení učeben na gymnáziu. Cílem mé diplomové práce je zjistit, jak se cítíte v učebně a tyto poznatky porovnat s vypočtenými daty, naměřenými daty a normovými požadavky.

Předem děkuji za vyplnění dotazníku.

Bc. Kristýna Tomanová

1. Datum vyplňování dotazníku:

2. Hodnocená učebna: S15 S18 S19 S21 S22 S26

3. Jaké je venku dnes počasí? jasno polojasno zataženo

4. Kolik je ti let?

5. Jaké je tvé pohlaví? dívka chlapec

6. Jakou rukou píšeš? pravou levou

7. Nosíš brýle nebo čočky? brýle čočky nosím obojí nenosím ani jedno

8. Pokud nosíš brýle nebo čočky, uveď prosím důvod:

vidím špatně na dálku

vidím špatně na blízko

nevím

9. V kolikáté řadě od tabule sedíš?

10. Ve které lavici sedíš? (zaškrtni)

tabule

okno



dveře

11. Vnímáš nepříjemné odlesky některých předmětů, když svítí slunce?

ano

ne

12. Používáte ve třídě ochranu proti slunečnímu záření? (žaluzie, závěsy...)

téměř každý den

občas

nikdy

13. Máš raději denní nebo umělé osvětlení?

Denní osvětlení – přirozené světlo, když je zataženo nebo svítí slunce

Umělé osvětlení – žárovky, zářivky

denní umělé je mi to jedno

14. Máš raději teplé nebo studené barvy?

Teplé barvy: červená, žlutá, hnědá, oranžová, ...

Studené barvy: modrá, zelená, fialová, ...

teplé studené

15. Jaké jsou barvy ve vaší učebně? (barva stěn, nábytku, výzdoby, ...)

teplé studené je to vyvážené

16. Jsi spokojená/- ný s použitím barev v této učebně?



Vyznač na ose.

0 – nespokojený

10 – spokojený

17. Vidíš dobře na tabuli?

ano, vidím dobře ne, pokud svítí slunce
 ne, pokud je venku zataženo ne, pokud jsou zatažené žaluzie
 jiný důvod

18. Vidíš dobře do sešitu/učebnice při psaní nebo čtení?

ano, vidím dobře ne, pokud svítí slunce
 ne, pokud je venku zataženo ne, pokud jsou zatažené žaluzie
 jiný důvod

19. Objevují se u tebe nějaké problémy se špatnými světelnými podmínkami ve třídě?

bolest hlavy pálení očí
 únava neobjevují se žádné problémy
 jiný důvod

20. Cítíš se v učebně spokojeně?

určitě ano spíše ano spíše ne určitě ne

Prostor pro tvé poznámky a připomínky:

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

Příloha 2 – Dotazník pro druhé dotazování

Dotazník k diplomové práci

„Učebny na gymnáziu z pohledu denního osvětlení“

Milí studenti,

chtěla bych vás poprosit o vyplnění tohoto dotazníku, který bude sloužit jako podklad ke zpracování mé diplomové práce na Fakultě stavební na Českém vysokém učení technickém v Praze. Dotazník je zcela anonymní a je zaměřen na hodnocení denního osvětlení učeben na gymnáziu. Cílem mé diplomové práce je zjistit, jak se cítíte v učebně a tyto poznatky porovnat s vypočtenými daty, naměřenými daty a normovými požadavky.

Předem děkuji za vyplnění dotazníku.

Bc. Kristýna Tomanová

1. Datum vyplňování dotazníku:

2. Hodnocená učebna: S15 S18 S19 S21 S22 S26

3. Jaké je venku dnes počasí? jasno polojasno zataženo

4. Kolik je ti let?

5. Jaké je tvé pohlaví? dívka chlapec

6. Jakou rukou píšeš? pravou levou

7. Nosíš brýle nebo čočky? brýle čočky nosím obojí nenosím ani jedno

8. Pokud nosíš brýle nebo čočky, uveď prosím důvod:

- vidím špatně na dálku
- vidím špatně na blízko
- nevím

9. V kolikáté řadě od tabule sedíš?

10. Ve které lavici sedíš? (zaškrtni)

tabule

okno



dveře

11. Vnímáš nepříjemné odlesky některých předmětů, když svítí slunce?

- ano ne

12. Používáte ve třídě ochranu proti slunečnímu záření? (žaluzie, závěsy...)

- téměř každý den občas nikdy

13. Máš raději denní nebo umělé osvětlení?

Denní osvětlení – přirozené světlo, když je zataženo nebo svítí slunce

Umělé osvětlení – žárovky, zářivky

denní umělé je mi to jedno

14. Máš raději teplé nebo studené barvy?

Teplé barvy: červená, žlutá, hnědá, oranžová, ...

Studené barvy: modrá, zelená, fialová, ...

teplé studené

15. Jaké jsou barvy ve vaší učebně? (barva stěn, nábytku, výzdoby, ...)

teplé studené je to vyvážené

16. Jsi spokojená/- ný s použitím barev v této učebně?



Vyznač na ose.

0 – nespokojený

10 – spokojený

17. Vidíš dobře na tabuli?

ano, vidím dobře ne, pokud svítí slunce
 ne, pokud je venku zataženo ne, pokud jsou zatažené žaluzie
 jiný důvod

18. Vidíš dobře do sešitu/učebnice při psaní nebo čtení?

ano, vidím dobře ne, pokud svítí slunce
 ne, pokud je venku zataženo ne, pokud jsou zatažené žaluzie
 jiný důvod

19. Objevují se u tebe nějaké problémy se špatnými světelnými podmínkami ve třídě?

bolest hlavy pálení očí
 únava neobjevují se žádné problémy
 jiný důvod

20. Cítíš se v učebně spokojeně?

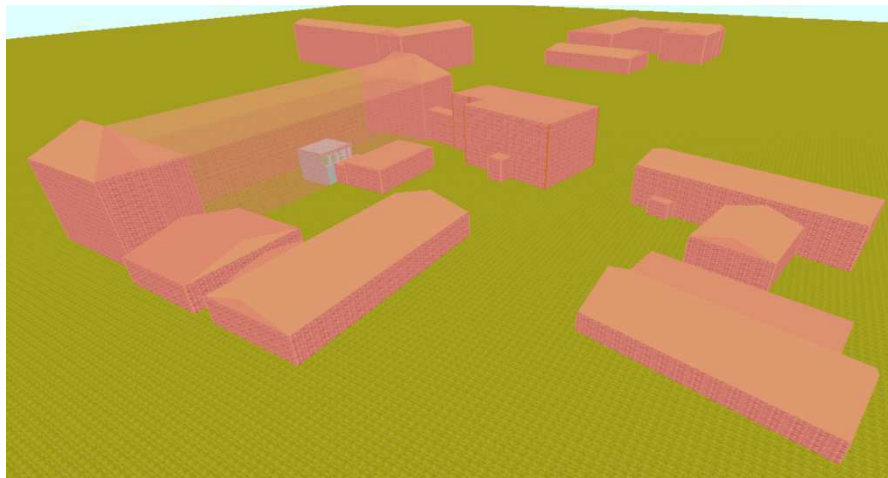
určitě ano spíše ano spíše ne určitě ne

Prostor pro tvé poznámky a připomínky:

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

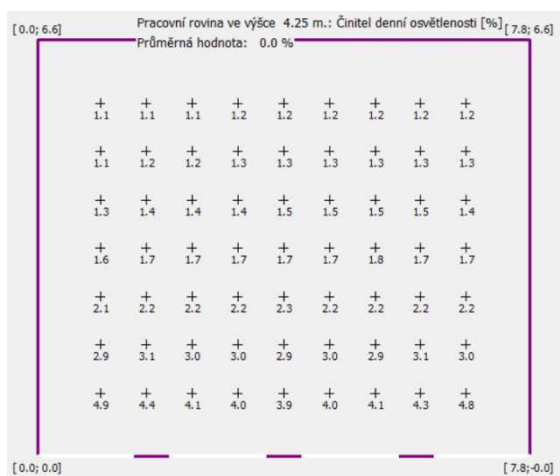
Příloha 3 – Výstupy z programu Světlo+

P3.1 - Učebna S15

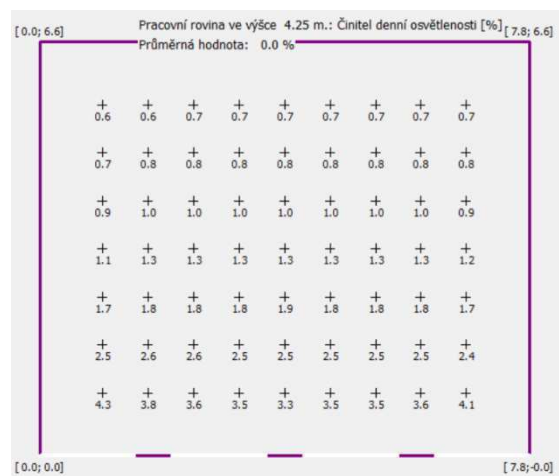


Obr. 1 – Situace stínících objektů

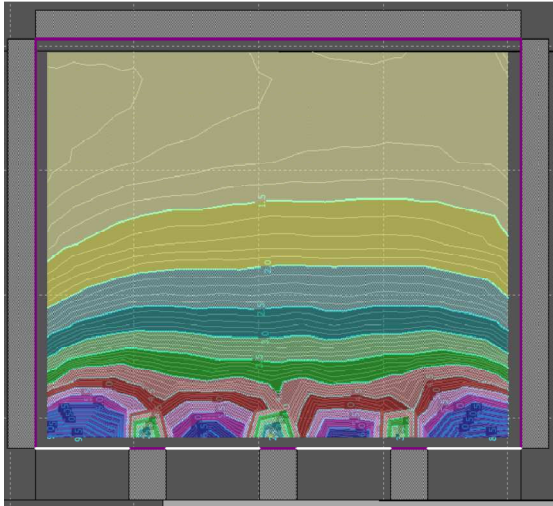
P3.1.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1



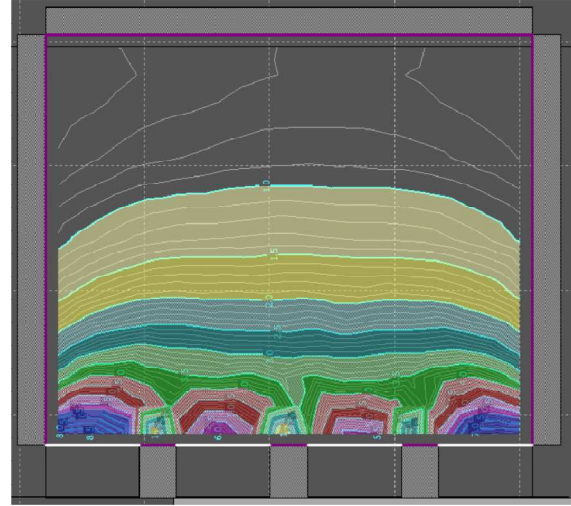
Obr. 2 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 3 – Činitel denní osvětlenosti – norma

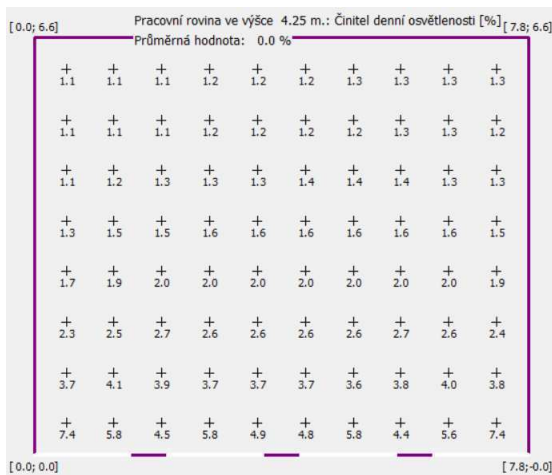


Obr. 4 – Izofoty – měření

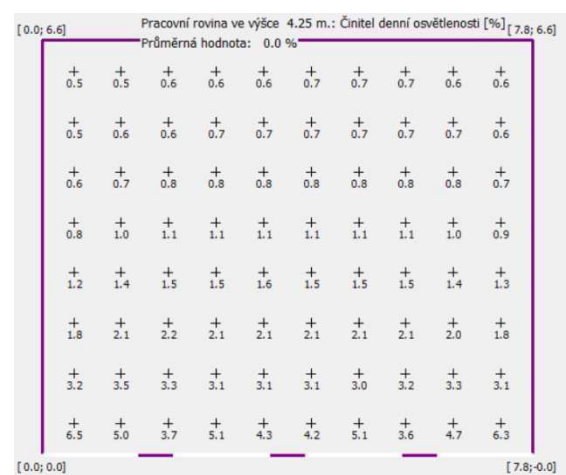


Obr. 5 – Izofoty – norma

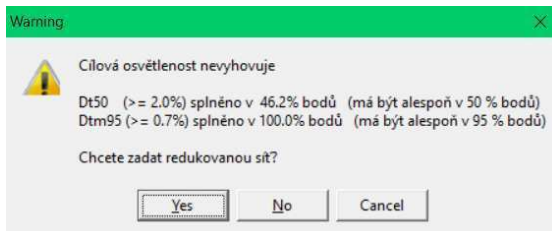
P3.1.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průřezu os



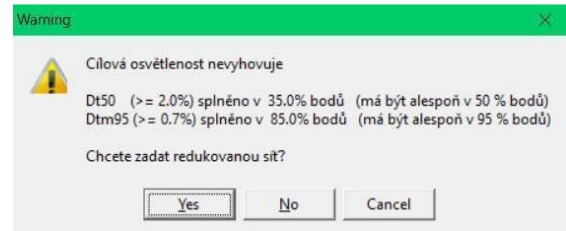
Obr. 6 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 7 – Činitel denní osvětlenosti – norma

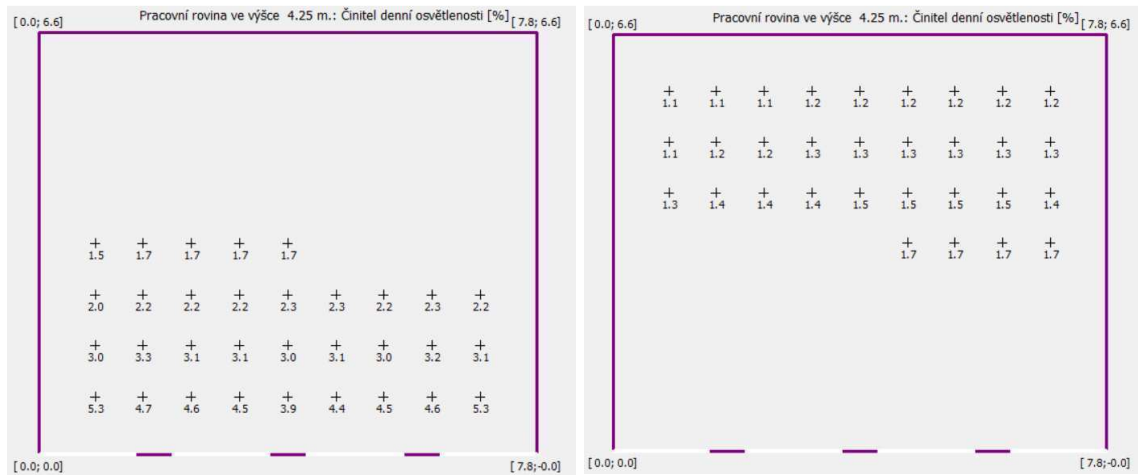


Obr. 8 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - měření

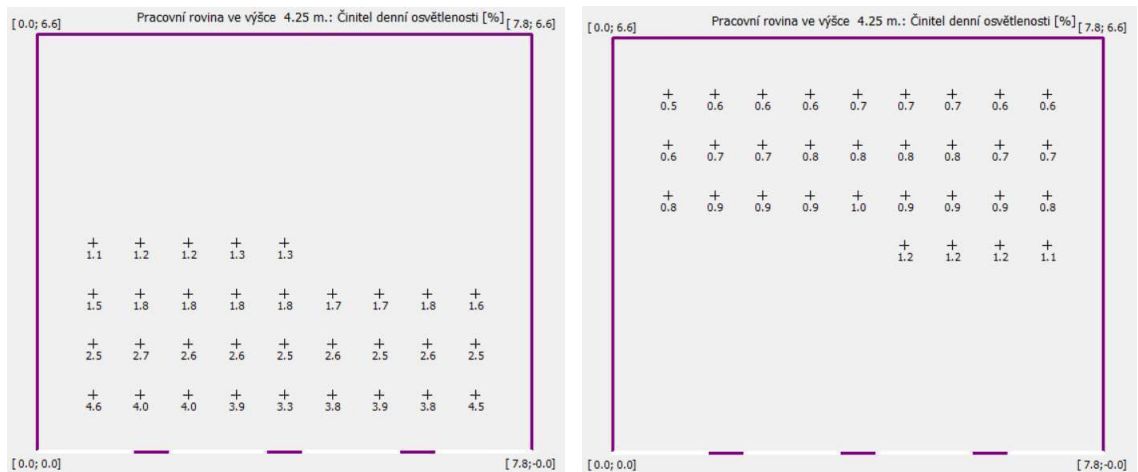


Obr. 9 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - norma

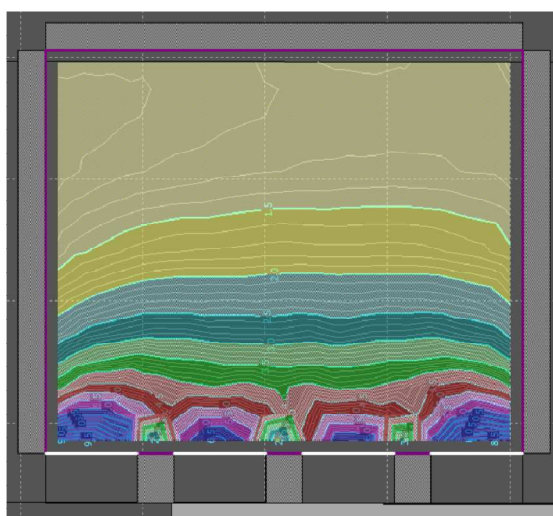
P3.1.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch



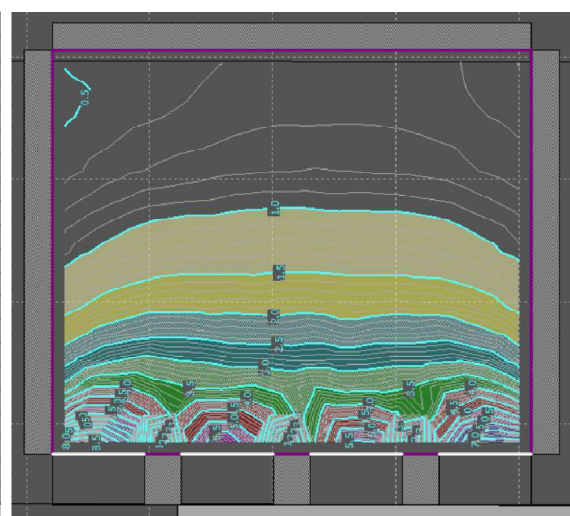
Obr. 10 – Číselník denní osvětlenosti – měření



Obr. 11 – Číselník denní osvětlenosti – norma

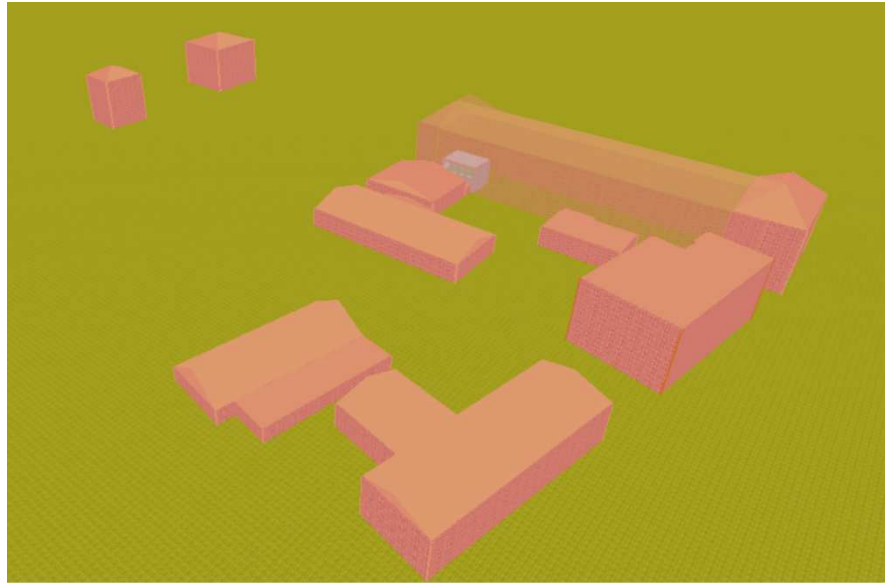


Obr. 12 – Izofoty – měření



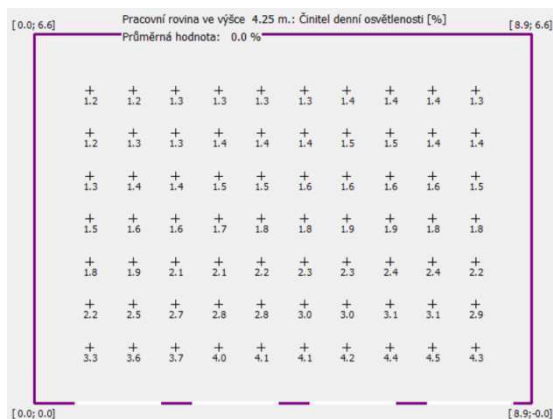
Obr. 13 – Izofoty – norma

P3.2 - Učebna S18

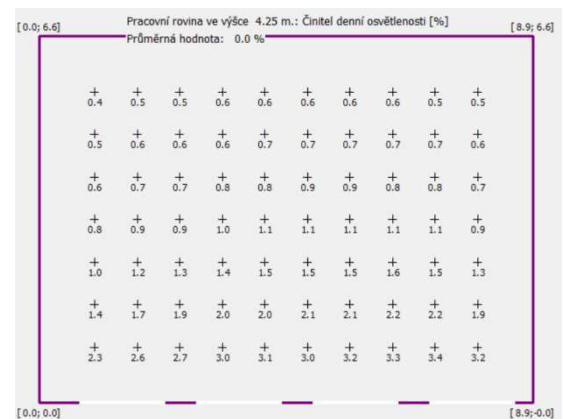


Obr. 14 – Situace stínících objektů

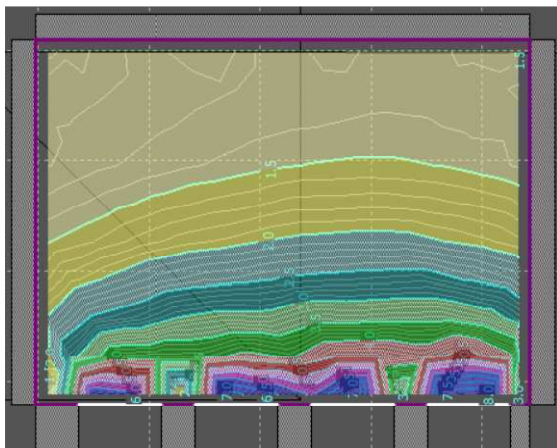
P3.2.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1



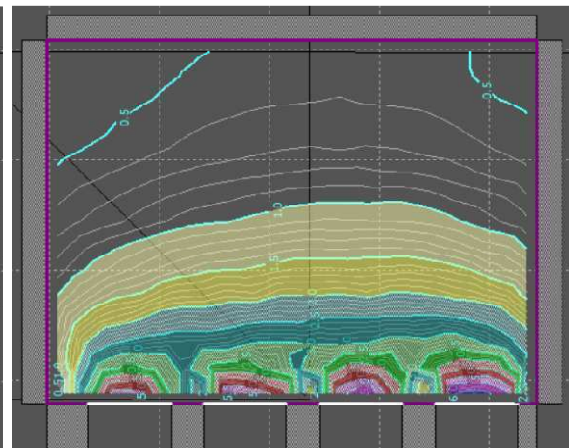
Obr. 15 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 16 – Činitel denní osvětlenosti – norma

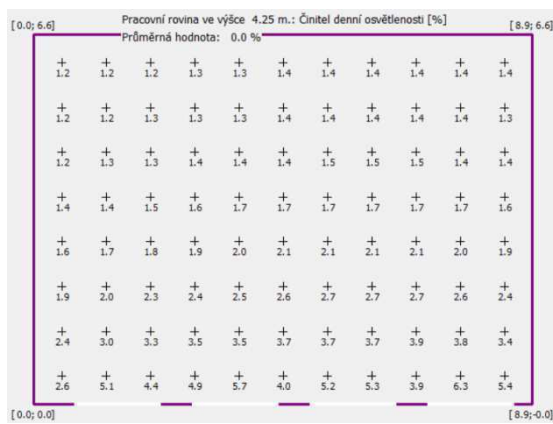


Obr. 17 – Činitel denní osvětlenosti – měření

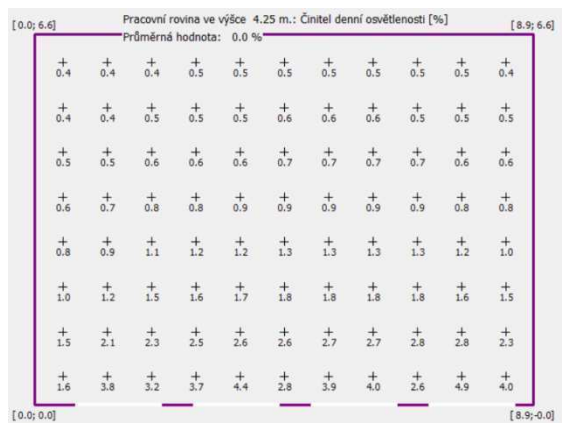


Obr. 18 – Činitel denní osvětlenosti – norma

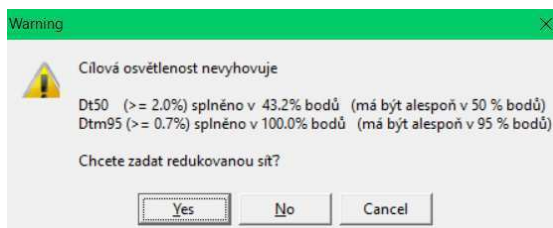
P3.2.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průřezu os



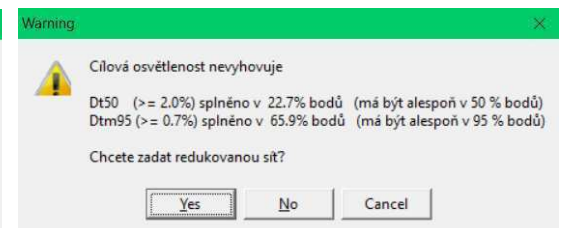
Obr. 19 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 20 – Činitel denní osvětlenosti – norma

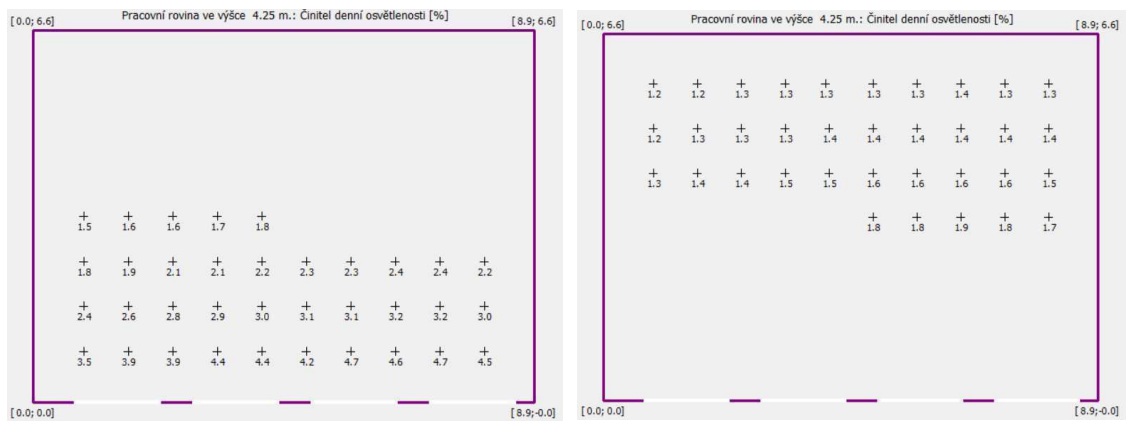


Obr. 21 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - měření

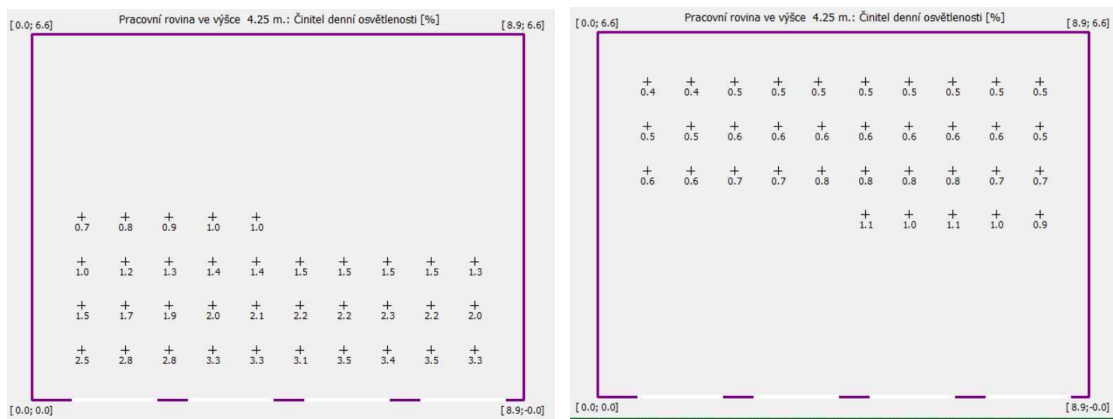


Obr. 22 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - norma

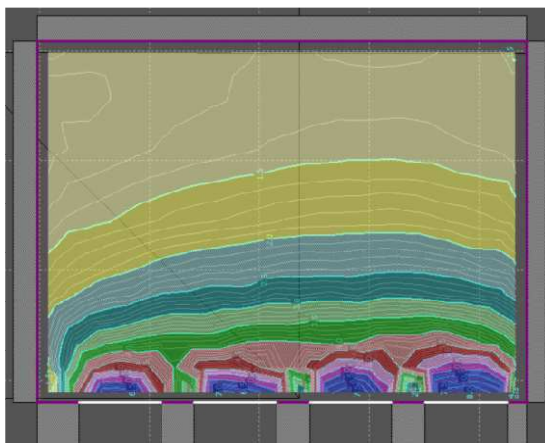
P3.2.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch



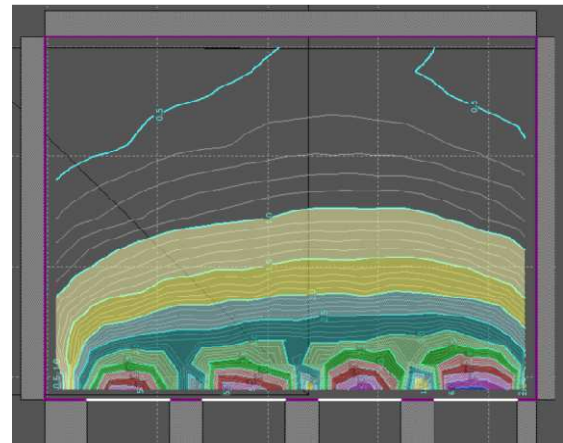
Obr. 23 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 24 – Činitel denní osvětlenosti – norma

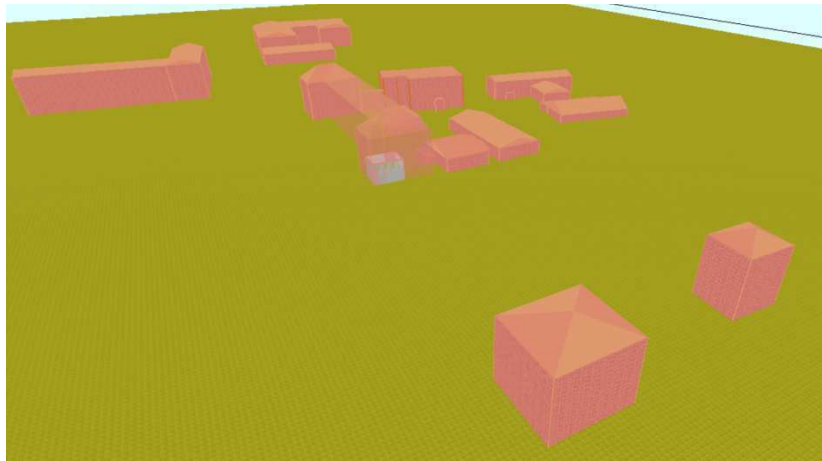


Obr. 25 – Izofoty – měření



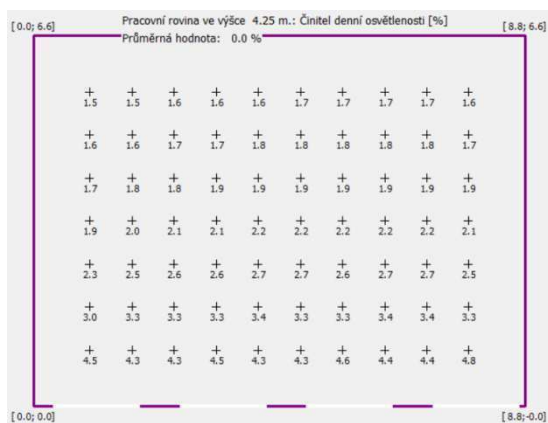
Obr. 26 – Izofoty - norma

P3.3 - Učebna S19

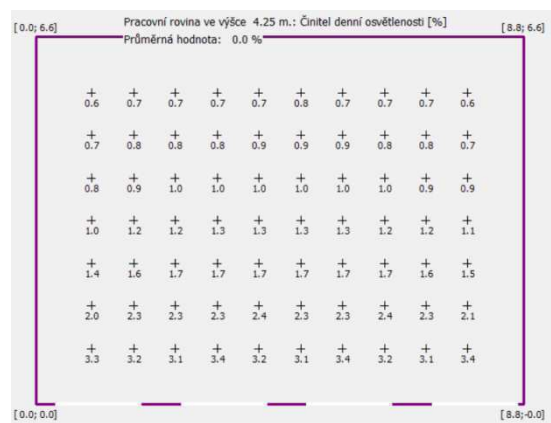


Obr. 27 – Situace stínících objektů

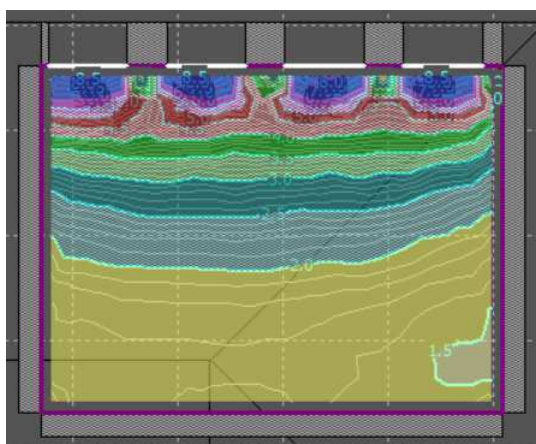
P3.3.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1



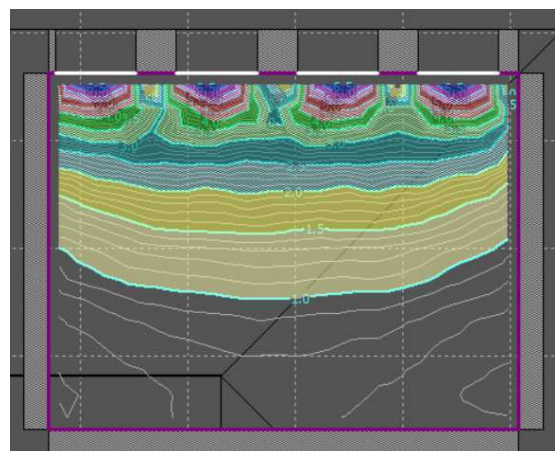
Obr. 28 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 29 – Činitel denní osvětlenosti – norma

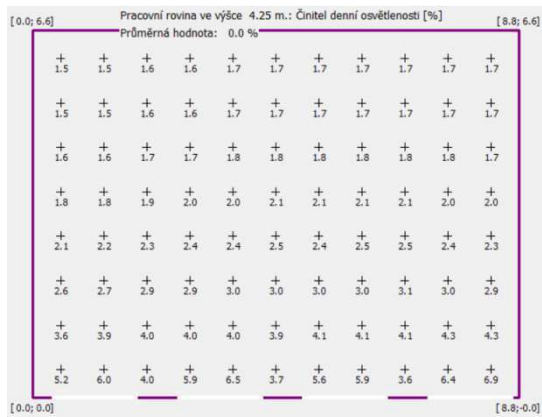


Obr. 30 – Činitel denní osvětlenosti – měření

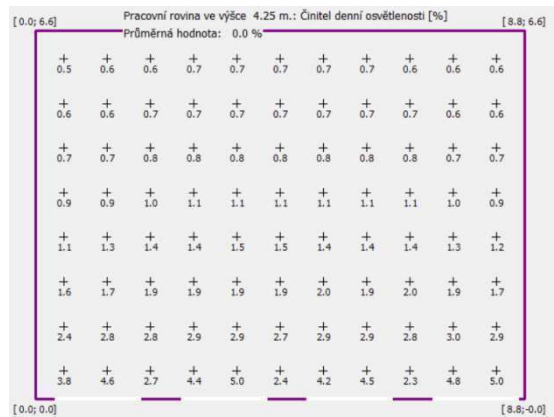


Obr. 31 – Činitel denní osvětlenosti – norma

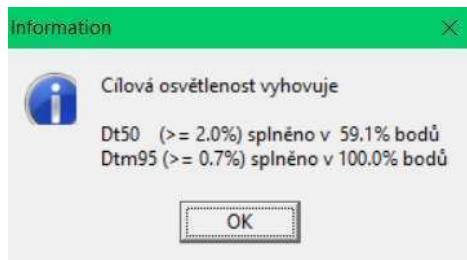
P3.3.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os



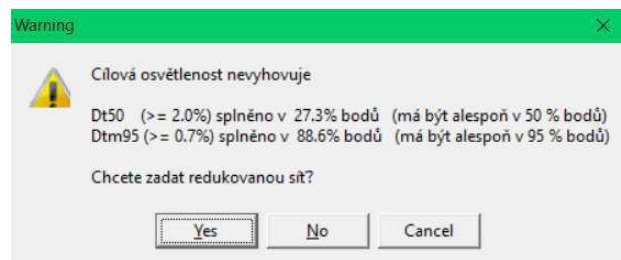
Obr. 32 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 33 – Činitel denní osvětlenosti – norma

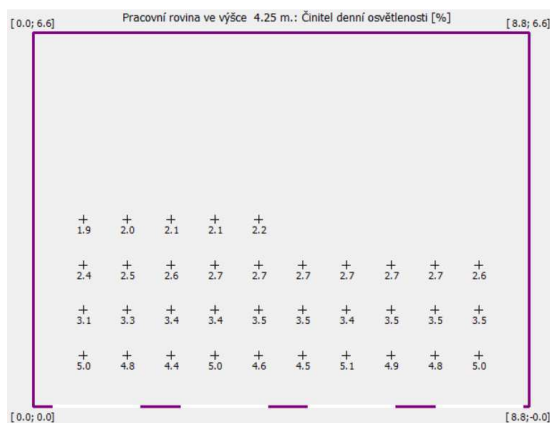


Obr. 34 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - měření

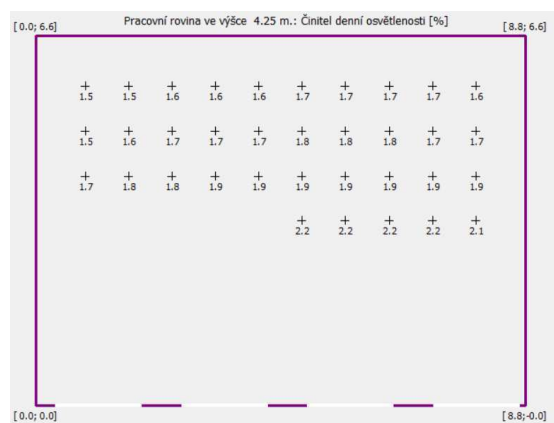


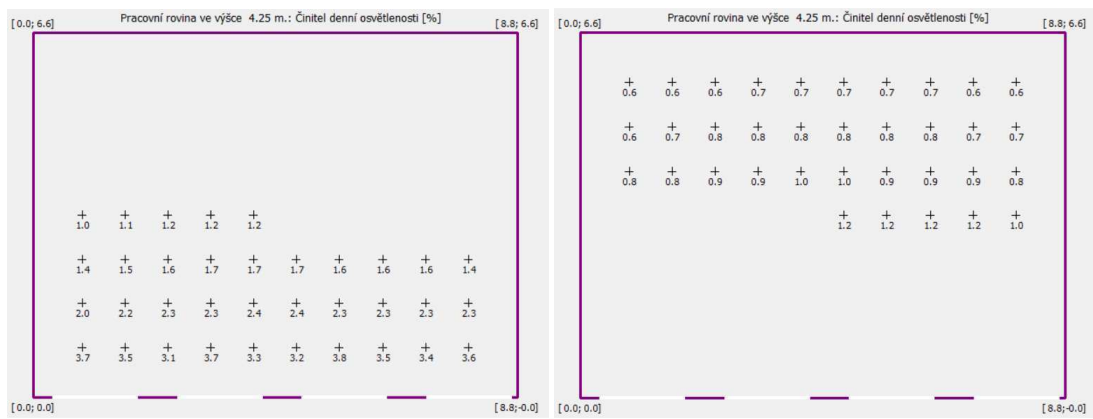
Obr. 35 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - norma

P3.3.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch

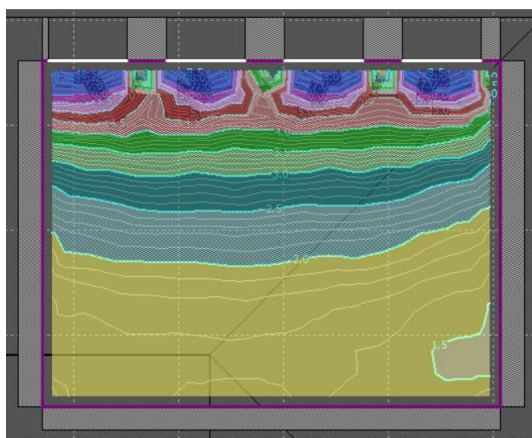


Obr. 36 – Činitel denní osvětlenosti – měření

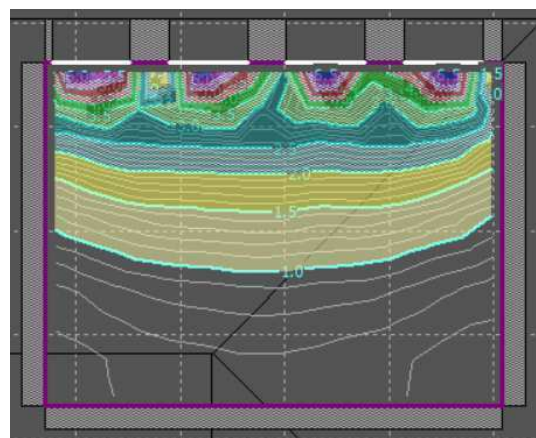




Obr. 37 – Číselník denní osvětlenosti – norma

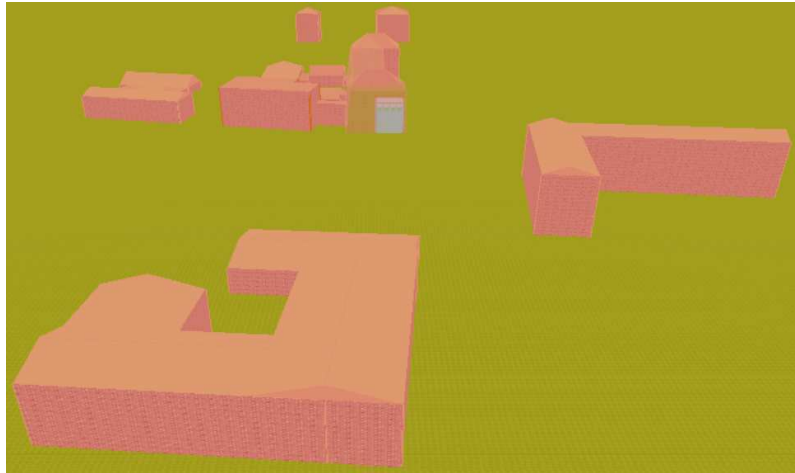


Obr. 38– Izofoty – měření



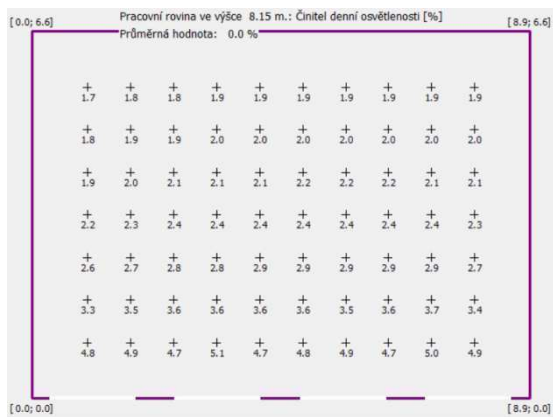
Obr. 39 – Izofoty - norma

P3.4 - Učebna S21

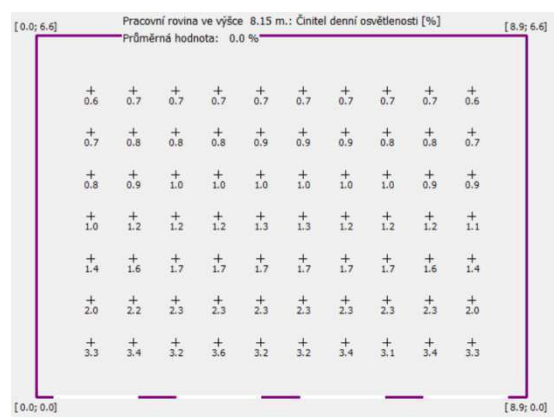


Obr. 40 – Situace stínících objektů

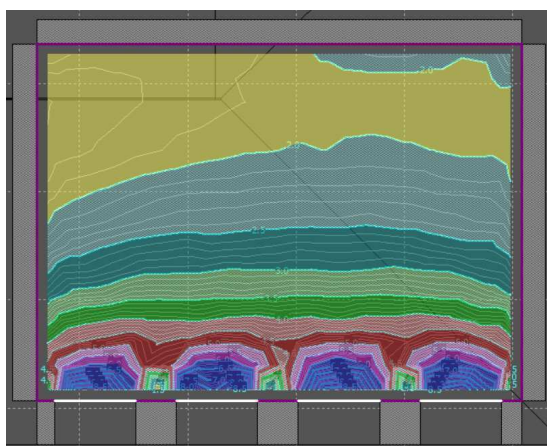
P3.4.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1



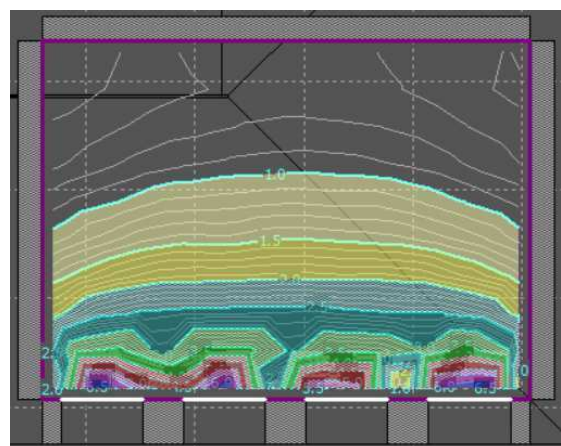
Obr. 41 – Číselník denní osvětlenosti – měření



Obr. 42 – Číselník denní osvětlenosti – norma

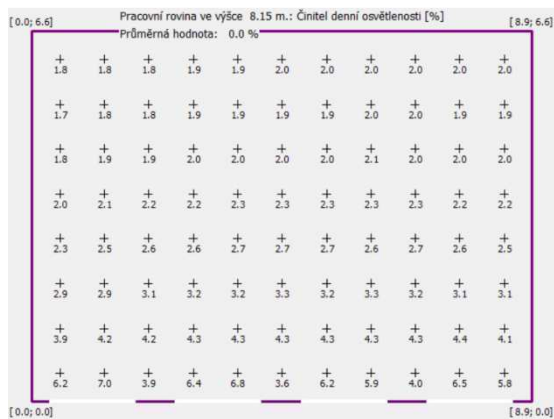


Obr. 43 – Číselník denní osvětlenosti – měření

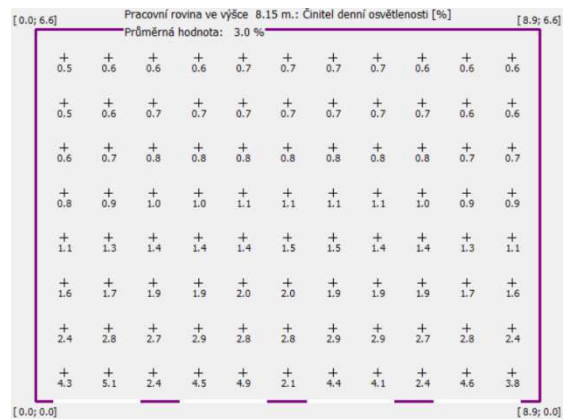


Obr. 44 – Číselník denní osvětlenosti – norma

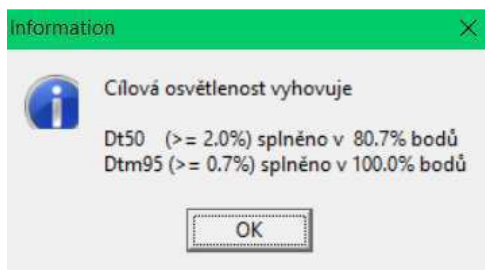
P3.4.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os



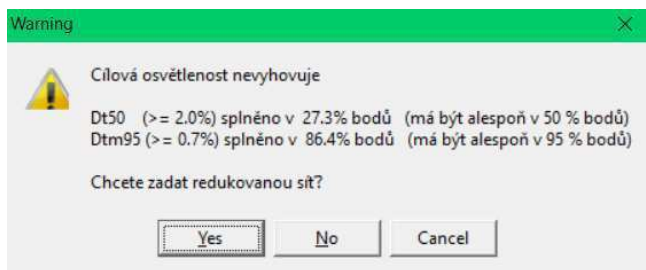
Obr. 45 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 46 – Činitel denní osvětlenosti – norma

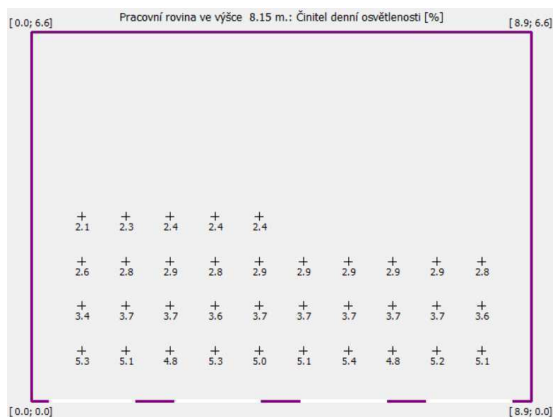


Obr. 47 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - měření

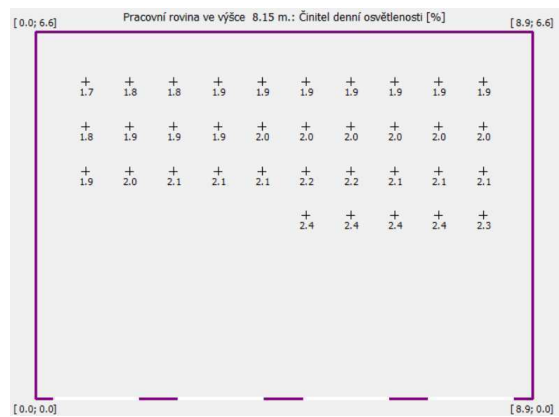


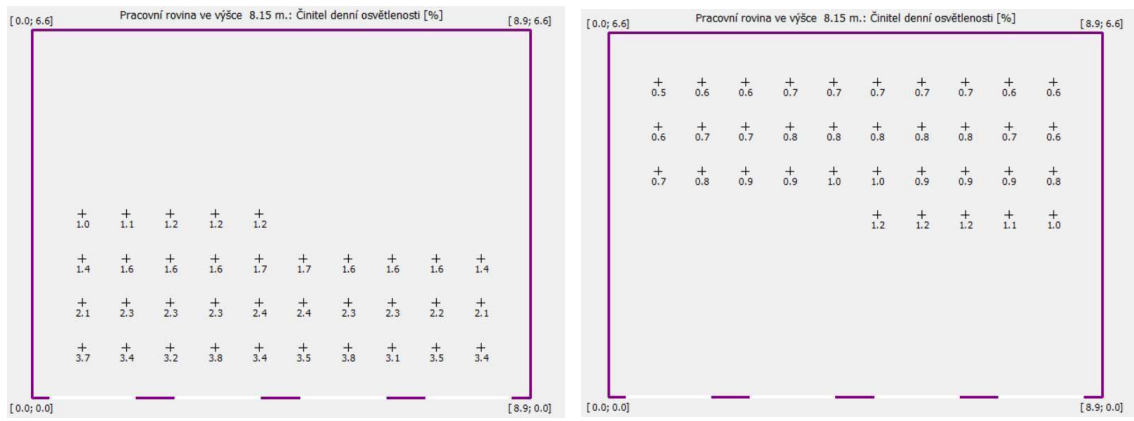
Obr. 48 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - norma

P3.4.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch

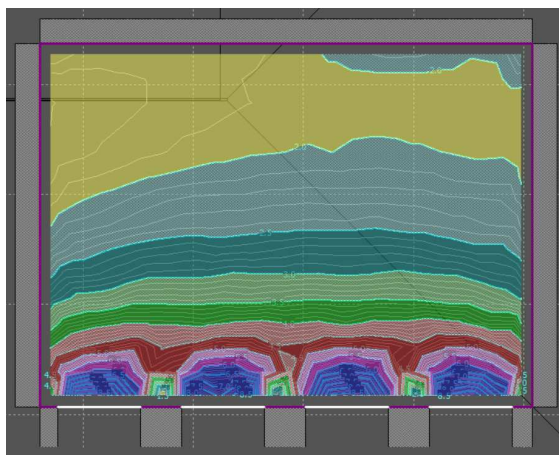


Obr. 49 – Činitel denní osvětlenosti – měření

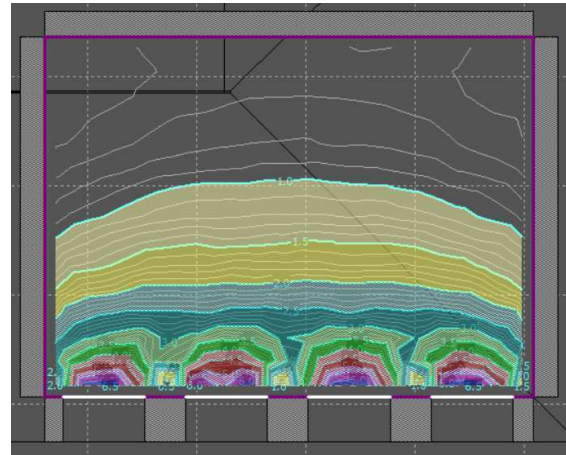




Obr. 50 – Činitel denní osvětlenosti – norma

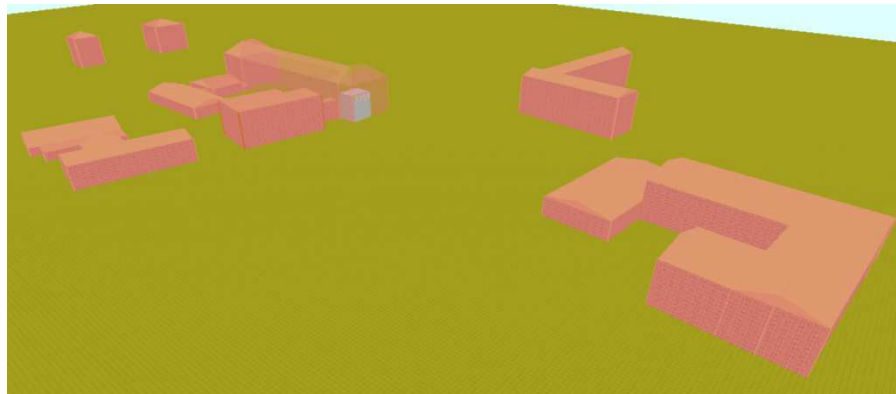


Obr. 51 – Izofoty – měření



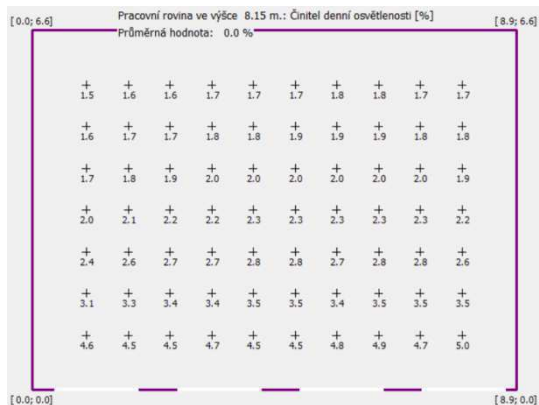
Obr. 52 – Izofoty - norma

P3.5 - Učebna S22

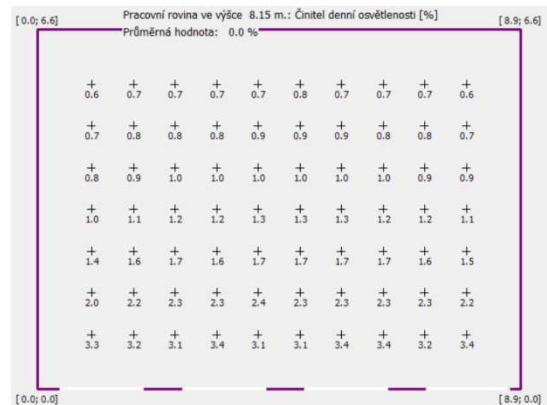


Obr. 53 – Situace stínících objektů

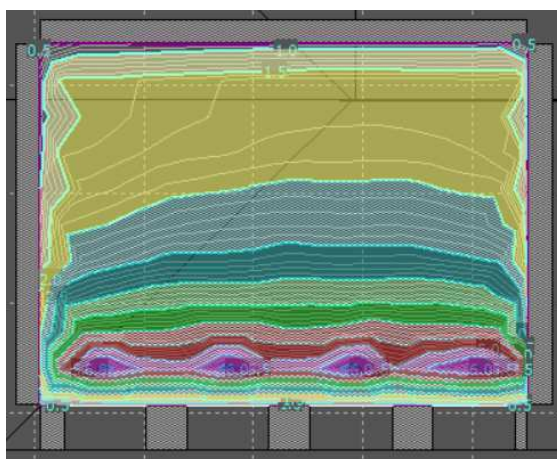
P3.5.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1



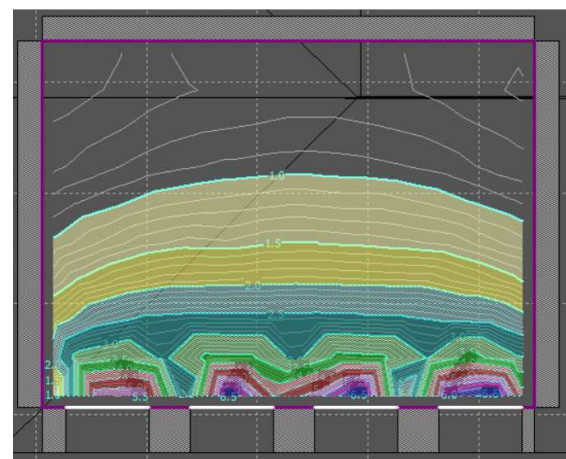
Obr. 54 – Číselník denní osvětlenosti – měření



Obr. 55 – Číselník denní osvětlenosti – norma

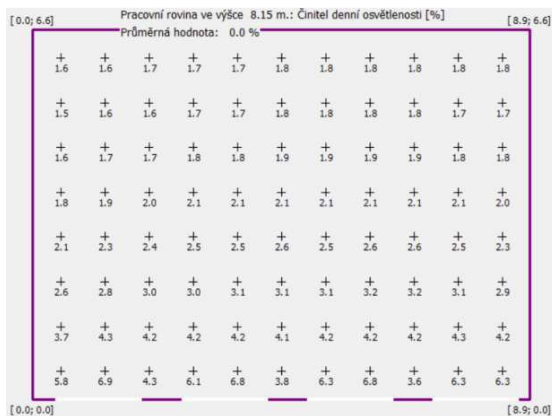


Obr. 56 – Číselník denní osvětlenosti – měření

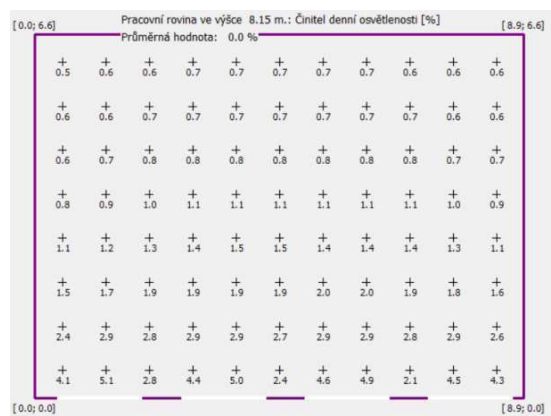


Obr. 57 – Číselník denní osvětlenosti – norma

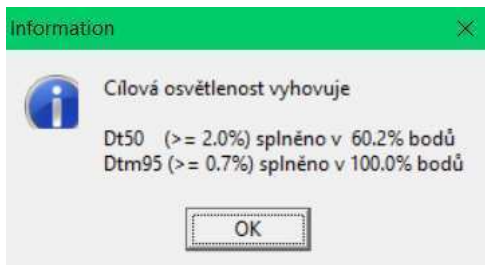
P3.5.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průsečíku os



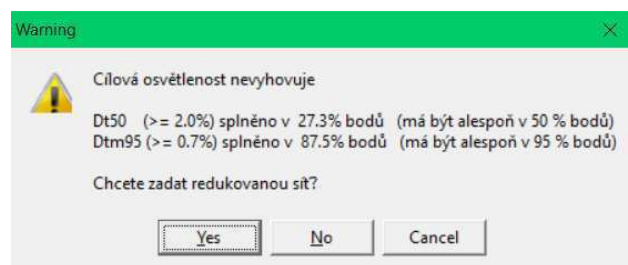
Obr. 58 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 59 – Činitel denní osvětlenosti – norma

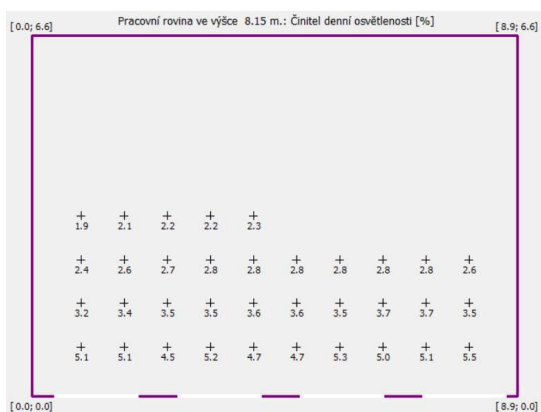


Obr. 60 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - měření



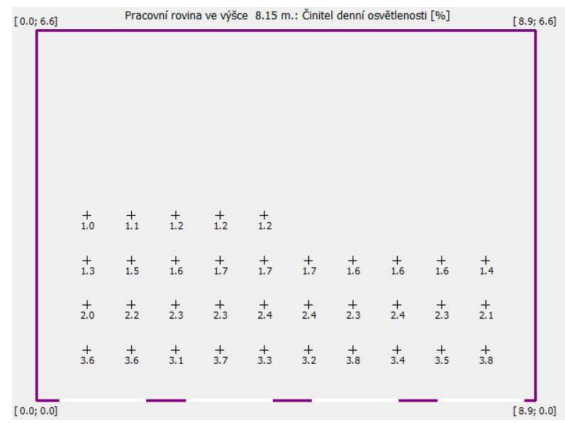
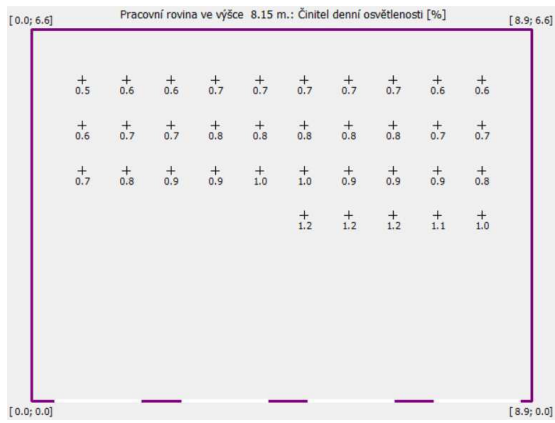
Obr. 61 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - norma

P3.5.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch

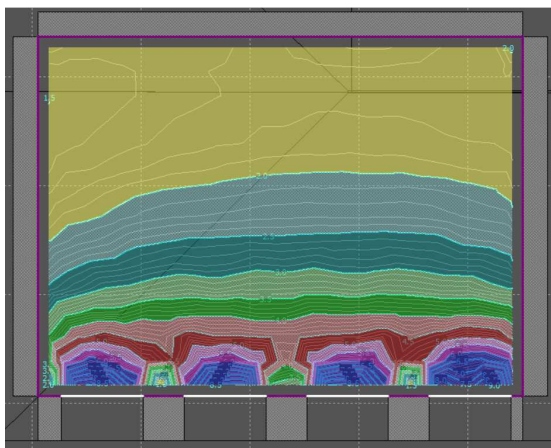


Obr. 62 – Činitel denní osvětlenosti – měření

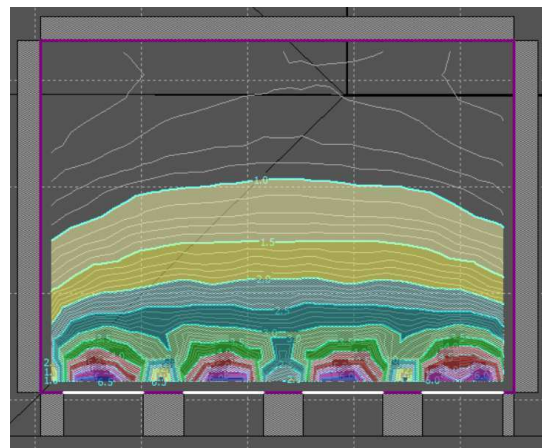




Obr. 63 – Činitel denní osvětlenosti – norma

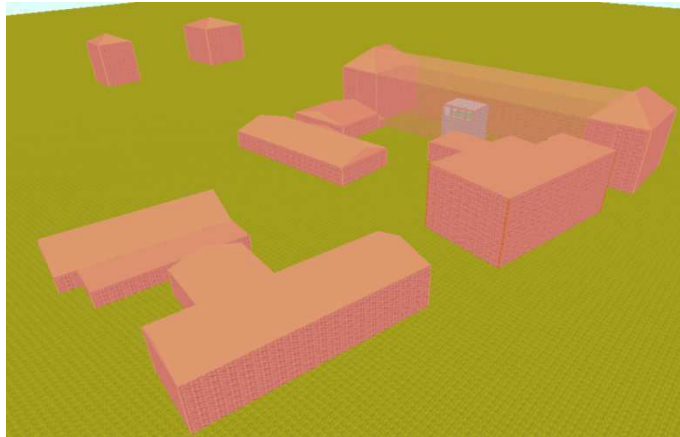


Obr. 64– Izofoty – měření



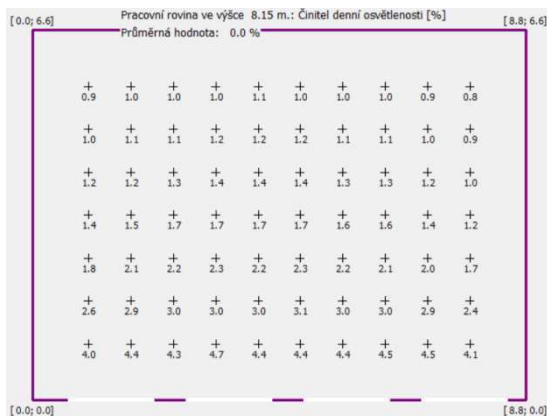
Obr. 65 – Izofoty - norma

P3.6 - Učebna S26

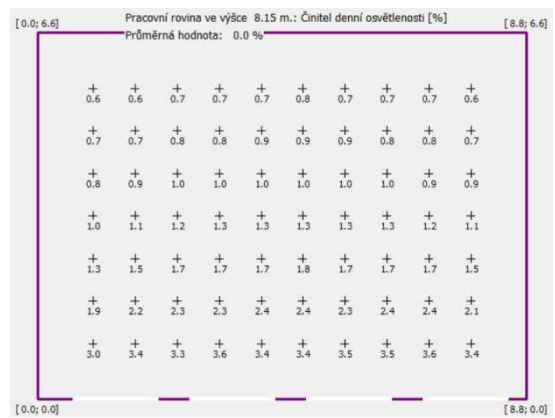


Obr. 66 – Situace stínících objektů

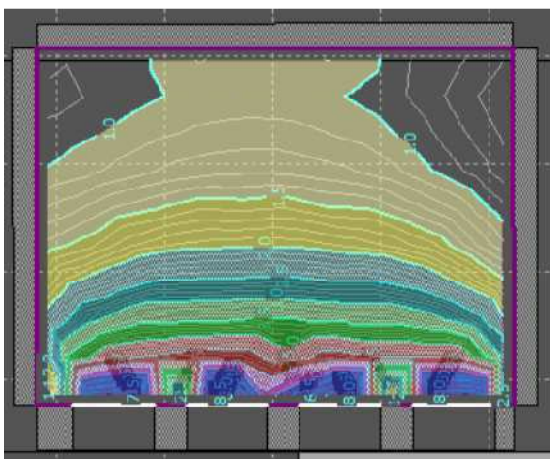
P3.6.1 - Dle ČSN 73 0580 – 1



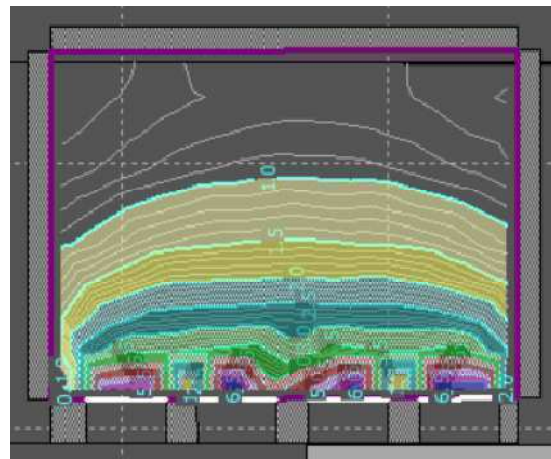
Obr. 67 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 68 – Činitel denní osvětlenosti – norma

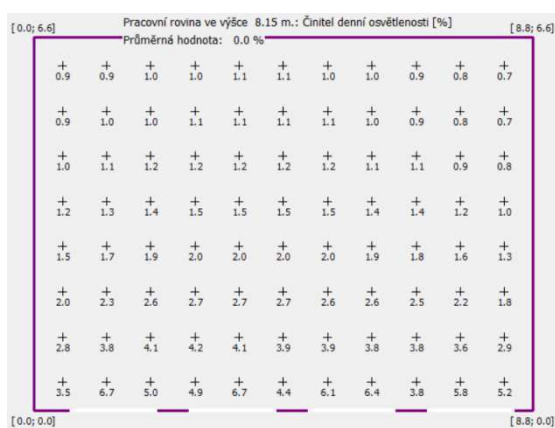


Obr. 69 – Činitel denní osvětlenosti – měření

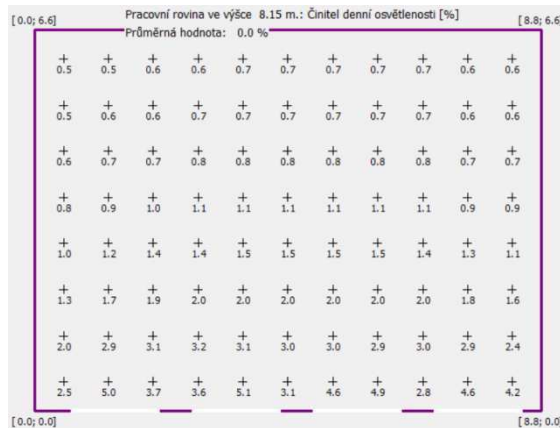


Obr. 70 – Činitel denní osvětlenosti – norma

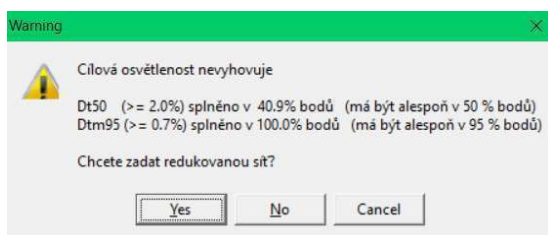
P3.6.2 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů v průřezu os



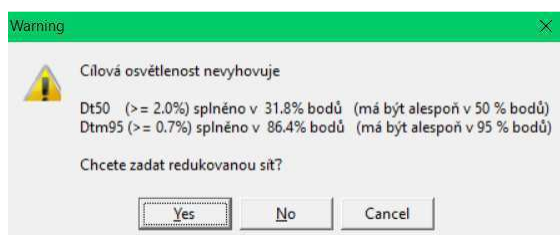
Obr. 71 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 72 – Činitel denní osvětlenosti – norma

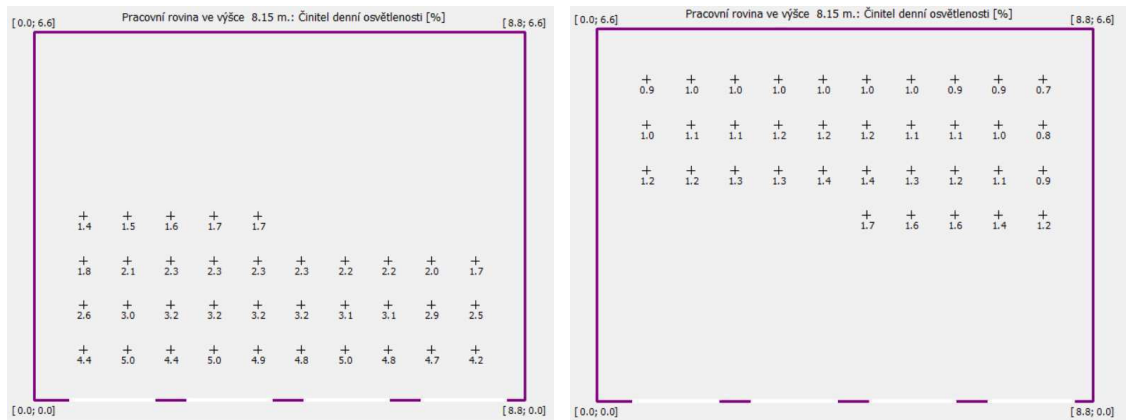


Obr. 73 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - měření

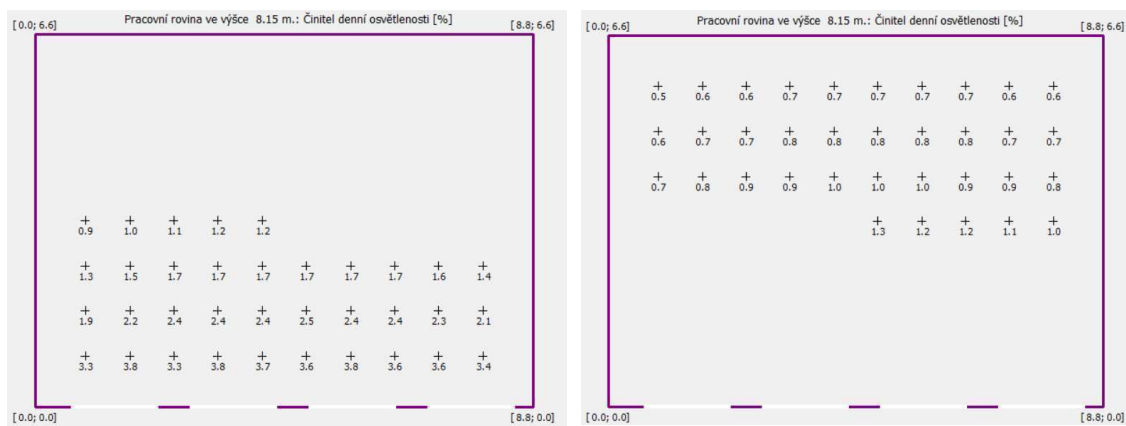


Obr. 74 – Vyhodnocení dle ČSN EN 17037 - norma

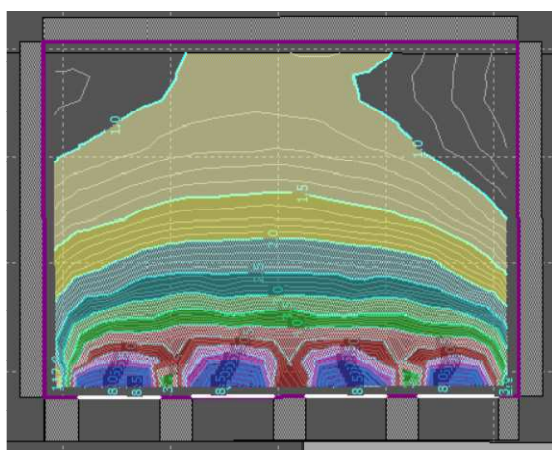
P3.6.3 - Dle ČSN EN 17037 – poloha kontrolních bodů ve středu ploch



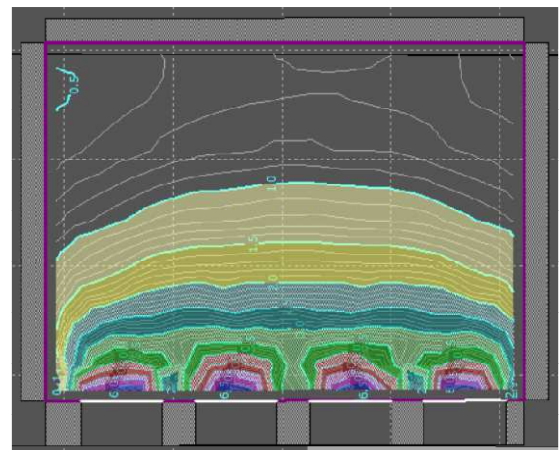
Obr. 75 – Činitel denní osvětlenosti – měření



Obr. 76 – Činitel denní osvětlenosti – norma

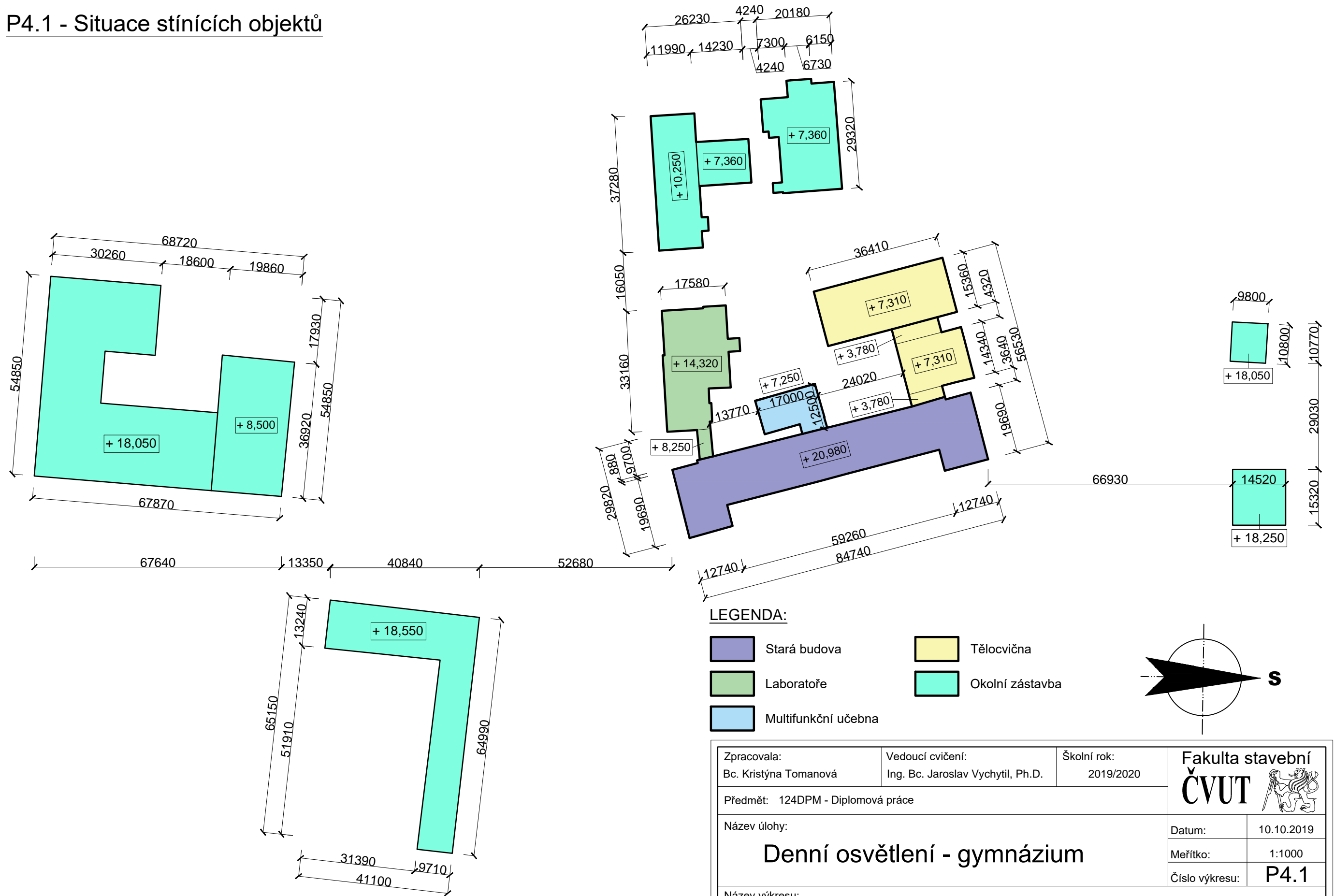


Obr. 77 – Izofoty – měření



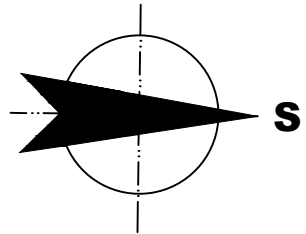
Obr. 78 – Izofoty - norma

P4.1 - Situace stínících objektů



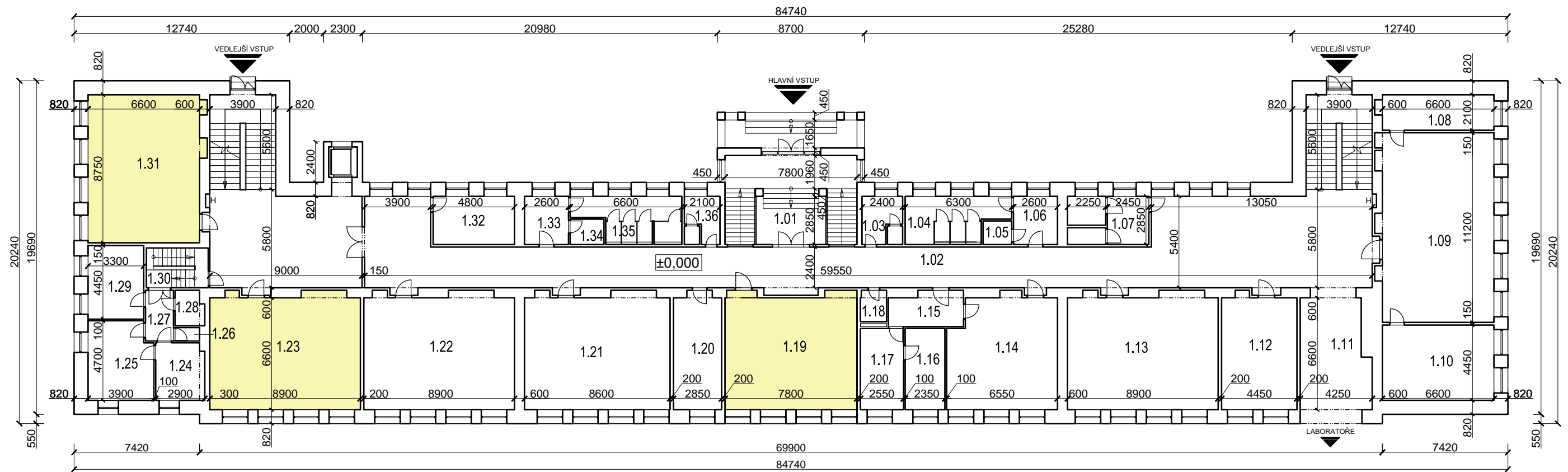
LEGENDA:

- Stará budova
- Tělocvična
- Laboratoře
- Okolní zástavba
- Multifunkční učebna



Zpracovala: Bc. Kristýna Tomanová	Vedoucí cvičení: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.	Školní rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124DPM - Diplomová práce			
Název úlohy: Denní osvětlení - gymnázium		Datum: 10.10.2019	
		Meřítko: 1:1000	
Název výkresu: Situace stínících objektů		Číslo výkresu: P4.1	

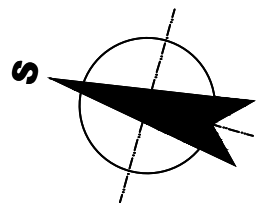
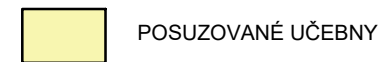
P4.2 - Půdorys 1.NP



LEGENDA MÍSTNOSTÍ STÁVAJÍCÍCH

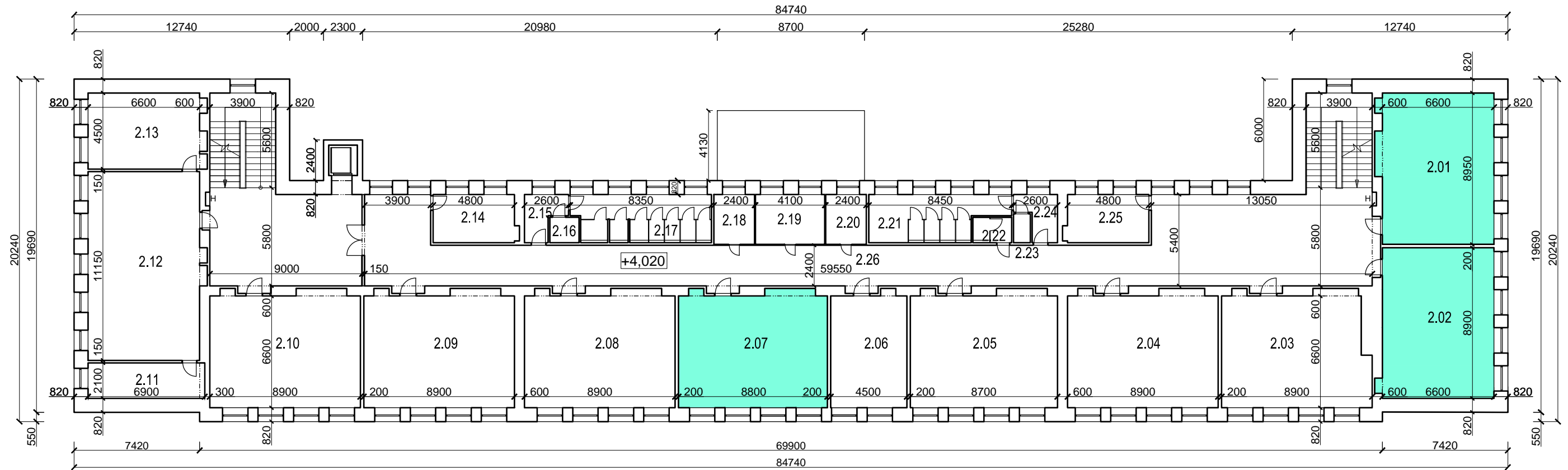
Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	m ²	PODLAHA	Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	m ²	PODLAHA
1.01	VSTUP	43,04	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.19	UČEBNA KMENOVÁ	52,07	PVC
1.02	CHODBA	326,05	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.20	KABINET	17,97	PVC
1.03	OŠETŘOVNA	6,80	PVC	1.21	UČEBNA KMENOVÁ	60,36	PVC
1.04	WC HOŠI	15,26	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.22	UČEBNA KMENOVÁ	60,36	PVC
1.05	ÚKLIDOVÁ KOMORA	2,38	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.23	UČEBNA KMENOVÁ	60,34	PVC
1.06	UMÝVÁRNA HOŠI	7,71	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.24	KUCHYŇ	9,80	PVC
1.07	WC+PŘEDS. UČ.+IMOBILN	13,27	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.25	POKOJ	17,55	PARKETY
1.08	SKLAD POMŮCEK	14,26	PVC	1.26	WC	1,16	KERAMICKÁ DLAŽBA
1.09	UČEBNA VV	76,24	PVC	1.27	CHODBA	5,36	KERAMICKÁ DLAŽBA
1.10	KABINET VV	29,37	PVC	1.28	KOUPELNA	3,43	KERAMICKÁ DLAŽBA
1.11	CHODBA SPOJOVACÍ	60,36	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.29	POKOJ	14,35	PARKETY
1.12	KABINET HV	25,78	PVC	1.30	CHODBA	8,87	KERAMICKÁ DLAŽBA
1.13	UČEBNA HV	60,36	PVC	1.31	UČEBNA KMENOVÁ	58,69	PVC
1.14	KLUBOVNA	40,18	PVC	1.32	KABINET	13,68	PVC
1.15	CHODBA	9,10	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.33	PŘEDSÍŇKA WC	7,63	KERAMICKÁ DLAŽBA
1.16	KABINET	11,77	PVC	1.34	ÚKLID	3,00	KERAMICKÁ DLAŽBA
1.17	KABINET	13,05	PVC	1.35	WC DÍVKY	15,41	KERAMICKÁ DLAŽBA
1.18	ELEKTROROZVODNA	3,34	KERAMICKÁ DLAŽBA	1.36	OŠETŘOVNA	5,95	PVC

LEGENDA



Zpracovala: Bc. Kristýna Tomanová	Vedoucí cvičení: Ing. Bc. Jaroslav Vychtil, Ph.D.	Školní rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124DPM - Diplomová práce			
Název úlohy: Denní osvětlení - gymnázium			Datum: 10.10.2019
			Meřítko: 1:250
Název výkresu: Půdorys 1.NP			Číslo výkresu: P4.2

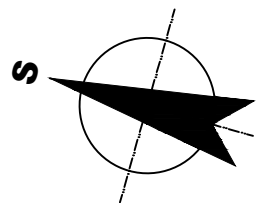
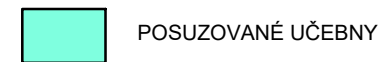
P4.3 - Půdorys 2.NP



LEGENDA MÍSTNOSTÍ STÁVAJÍCÍCH

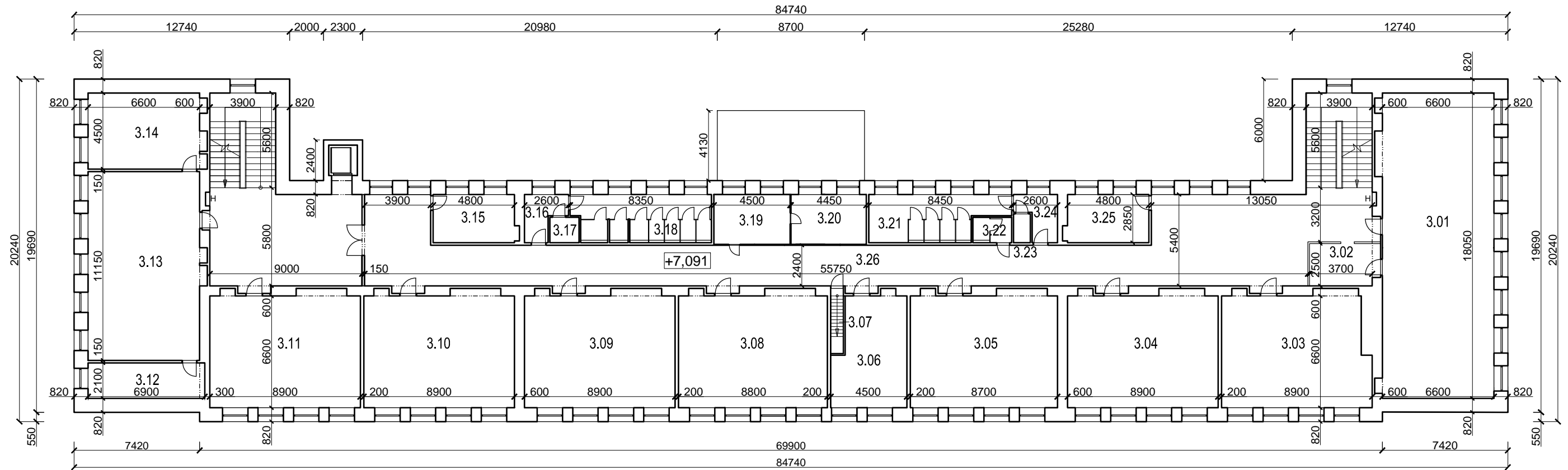
Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	m ²	PODLAHA	Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	m ²	PODLAHA
2.01	UČEBNA KMENOVÁ	60,79	PVC	2.19	KABINET	12,13	PVC
2.02	UČEBNA KMENOVÁ	59,24	PVC	2.20	KABINET	7,12	PVC
2.03	UČEBNA KMENOVÁ	58,71	PVC	2.21	WC HOŠI	20,12	KERAMICKÁ DLAŽBA
2.04	UČEBNA KMENOVÁ	60,57	PVC	2.22	WC+ PŘEDSÍŇKA UČITELÉ	3,43	KERAMICKÁ DLAŽBA
2.05	UČEBNA KMENOVÁ	60,48	PVC	2.23	ÚKLID	1,70	KERAMICKÁ DLAŽBA
2.06	KABINET	28,87	PVC	2.24	PŘEDSÍŇKA WC	5,74	KERAMICKÁ DLAŽBA
2.07	UČEBNA KMENOVÁ	59,91	KERAMICKÁ DLAŽBA	2.25	KABINET	14,08	PVC
2.08	UČEBNA KMENOVÁ	60,57	PVC	2.26	CHODBA	300,26	KERAMICKÁ DLAŽBA
2.09	UČEBNA KMENOVÁ	60,57	PVC				
2.10	UČEBNA KMENOVÁ	60,57	PVC				
2.11	SKLAD	14,49	PVC				
2.12	KNIHOVNA + STUDOVNA	74,66	PVC				
2.13	KABINET	31,18	KERAMICKÁ DLAŽBA				
2.14	KABINET	13,95	PVC				
2.15	PŘEDSÍŇKA WC	5,86	KERAMICKÁ DLAŽBA				
2.16	ÚKLID	2,59	KERAMICKÁ DLAŽBA				
2.17	WC DÍVKY	22,75	KERAMICKÁ DLAŽBA				
2.18	KABINET	7,12	PVC				

LEGENDA



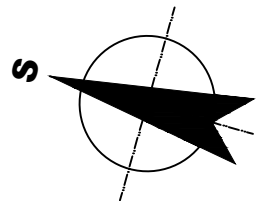
Zpracovala: Bc. Kristýna Tomanová	Vedoucí cvičení: Ing. Bc. Jaroslav Vychtil, Ph.D.	Školní rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124DPM - Diplomová práce			
Název úlohy: Denní osvětlení - gymnázium			Datum: 10.10.2019
			Meřítko: 1:250
Název výkresu: Půdorys 2.NP			Číslo výkresu: P4.3


P4.4 - Půdorys 3.NP



LEGENDA MÍSTNOSTÍ STÁVAJÍCÍCH

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	m ²	PODLAHA	Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	m ²	PODLAHA
3.01	SBOROVNA	123,14	PVC	3.19	SEKRETARIÁT	12,77	PVC
3.02	ŠATNA	10,93	PVC	3.20	SEKRETARIÁT	12,82	PVC
3.03	UČEBNA KMENOVÁ	58,71	PVC	3.21	WC HOŠI	20,12	KERAMICKÁ DLAŽBA
3.04	UČEBNA KMENOVÁ	60,57	PVC	3.22	WC+ PŘEDSÍŇKA UČITELÉ	3,43	KERAMICKÁ DLAŽBA
3.05	UČEBNA KMENOVÁ	60,48	PVC	3.23	ÚKLID	1,70	KERAMICKÁ DLAŽBA
3.06	ŘEDITEL	27,28	PVC	3.24	PŘEDSÍŇKA WC	5,74	KERAMICKÁ DLAŽBA
3.07	SCHODIŠTĚ NA PŮDU	3,43	PVC	3.25	KABINET	14,08	PVC
3.08	UČEBNA KMENOVÁ	58,92	KERAMICKÁ DLAŽBA	3.26	CHODBA	288,12	KERAMICKÁ DLAŽBA
3.09	UČEBNA KMENOVÁ	60,57	PVC				
3.10	UČEBNA KMENOVÁ	60,57	PVC				
3.11	UČEBNA KMENOVÁ	60,57	PVC				
3.12	SKLAD	14,70	PVC				
3.13	UČEBNA ODBORNÁ	75,77	PVC				
3.14	KABINET	31,63	KERAMICKÁ DLAŽBA				
3.15	KABINET	13,95	PVC				
3.16	PŘEDSÍŇKA WC	5,92	KERAMICKÁ DLAŽBA				
3.17	ÚKLID	2,50	KERAMICKÁ DLAŽBA				
3.18	WC DÍVKY	22,78	KERAMICKÁ DLAŽBA				



Zpracovala: Bc. Kristýna Tomanová	Vedoucí cvičení: Ing. Bc. Jaroslav Vychtil, Ph.D.	Školní rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 
Předmět: 124DPM - Diplomová práce			
Název úlohy: Denní osvětlení - gymnázium			Datum: 10.10.2019
			Meřítko: 1:250
Název výkresu: Půdorys 3.NP			Číslo výkresu: P4.4