

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2020

Martina Liberská



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra konstrukcí pozemních staveb

**Vliv dispozičního řešení na dostupnost denního světla a zrakový
komfort v učebnách základních škol**

**The influence of the layout solution on daylight availability and
visual comfort in primary school classrooms**

Diplomová práce

Studijní program:	Budovy a prostředí
Studijní obor:	Budovy a prostředí
Vedoucí práce:	Ing. arch. Lenka Maierová, Ph.D.

Martina Liberská

Praha 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Liberská Jméno: Martina Osobní číslo: 437 996

Zadávací katedra: K124 (Katedra konstrukcí pozemních staveb)

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vliv dispozičního řešení na dostupnost denního světla a zrakový komfort v učebnách základních škol

Název diplomové práce anglicky: The influence of the layout solution on daylight availability and visual comfort in primary school classrooms

Pokyny pro vypracování:

Teoretická část:

- Legislativní a stručná stavebně architektonická rešerše parametrů denního osvětlení učeben;

Praktická část: Porovnání denní osvětlenosti učeben s možností vícestranného a jednostranného osvětlení.

- Měření denního osvětlení - kvantita, distribuce v prostoru;

- Hodnocení zrakového a uživatelského komfortu pomocí dotazníků.

- Výpočet denní osvětlenosti a posouzení dle ČSN EN 17037 - Denní osvětlení budov.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0580-1 - Denní osvětlení budov, část 1, část 3,

ČSN EN 17037 - Denní osvětlení budov,

ČSN 36 0011-2 - Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení,

Heshong Mahone group. Windows and Classrooms: A study of student performance and the indoor environment – CEC PIER 2003,

Hobday R. Myopia and daylight in schools: a neglected aspect of public health?, *Perspect Public Health*. 2016;

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. arch. Lenka Maierová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 21. září 2020 Termín odevzdání diplomové práce: 3. ledna 2021
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 nutně 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“.

29.9.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury. Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 3.1.2021

Bc. Martina Liberská

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. arch. Lence Maierové, Ph.D. za ochotu a podporu při vedení této práce a hledání směru, kterým se ubírat.

Dále bych ráda poděkovala panu řediteli Mgr. Pavlu Nedbalovi a dalším zaměstnancům Základní školy Rakovského v Praze Modřanech a paní zástupkyni ředitele Základní školy Jana Palacha v Kutné Hoře Mgr. Nadě Bílincové za umožnění realizace měření v jejich institucích.

Dále bych zde ráda poděkovala svému kolegovi Jakubovi Mazurovi za pomoc a konzultace při měření.

Poděkování též patří mé rodině, která mě v době vytváření práce podporovala a naslouchala nářkům a radostem při psaní této práce.

Anotace

Cílem práce je řešení problematiky vlivu dispozičního řešení na dostupnost denního světla a zrakový komfort v učebnách základních škol. Práce byla pomyslně rozdělena do teoretické a praktické části.

V teoretické části byly shrnuty základní technické a hygienické požadavky na školské budovy a požadavky z hlediska denního osvětlení. Dále byla provedena rešerše současných zdrojů týkajících se vlivu denního osvětlení na vyvíjející se lidský organismus se zaměřením na krátkozrakost u dětí.

V praktické části bylo provedeno měření činitele odrazu světla jednotlivých ploch, činitele prostupu difuzního světla a činitele denní osvětlenosti ve třech oboustranně osvětlených učebnách Základní školy Rakovského v Praze a jedné jednostranně osvětlené učebně v Základní škole Jana Palacha v Kutné Hoře. Na základě naměřených dat byl dále proveden výpočet činitele denní osvětlenosti, rovnoměrnosti denního osvětlení, poměrné pozorovací vzdálenosti a parametrů výhledu ve všech zmiňovaných učebnách.

Na základě dat získaných měřeními a výpočtem bylo provedeno hodnocení jednotlivých učeben podle legislativních požadavků a porovnání jednostranně a oboustranně osvětlených učeben.

Kromě měření a výpočtu veličin posouzení denního osvětlení mělo být dále provedeno zkoumání subjektivního vnímání přístupu denního světla do učeben z hlediska žáků pomocí dotazníků a rozhovorů se žáky. Tato práce vznikala v období podzimu a zimy 2020, kdy byl svět zasažen pandemií koronaviru a výuka žáků probíhala buď distančně nebo střídavě. Z tohoto důvodu bude subjektivní hodnocení doplněno na jaře roku 2021.

Klíčová slova

dispoziční řešení učeben, denní osvětlení, činitel denní osvětlenosti, rovnoměrnost denního osvětlení, výhled, činitel odrazu světla, myopie, kvalita osvětlení

Annotation

The aim of this thesis is the influence of layout solution on daylight availability and visual comfort in primary school classrooms. The thesis consists of two parts, a theoretical and a practical part.

The theoretical part summarizes the basic technical and hygienic requirements for school buildings and requirements in terms of daylighting. Furthermore, search was made of current available sources concerning the influence of daylight on the growing human body with a focus on myopia in children.

In the practical part, the light reflection factor of individual surfaces, the diffuse light transmission factor and the daylight factor were measured in three bilaterally lit classrooms in the Rakovský Primary School in Prague and one unilaterally lit classroom in the Jan Palach Primary School in Kutná Hora. Based on the measured data, the daylight factor, the uniformity of daylight, the relative viewing distance and the view parameters in all the mentioned classrooms were calculated.

Based on the data obtained by measurement and calculation, the evaluation of individual classrooms according to legislative requirements and a comparison of unilaterally and bilaterally illuminated classrooms was performed.

In addition to measuring and calculating the values of daylight assessment, the subjective perception of daylight access to classrooms from the pupils' point of view should also be examined using questionnaires and interviews with pupils. This work was created during the autumn and winter of 2020, when the world was affected by the coronavirus pandemic and the pupils were taught either remotely or alternately. For this reason, the subjective evaluation will be supplemented in the spring of 2021.

Keywords

layout of classrooms, daylight, daylight factor, uniformity of daylight, view, light reflection factor, myopia, lighting quality

Obsah

Úvod	10
1 Světlo a zrakový systém člověka	12
1.1 Světlo a sluneční záření.....	12
1.2 Zrakové ústrojí.....	12
1.3 Zrakový komfort.....	13
2 Denní světlo a jeho účinky	14
2.1 Účinky na lidský organismus	14
2.2 Vliv denního světla na výkon žáků.....	16
2.3 Vliv denního světla na zdraví žáků se zaměřením na myopii	17
2.3.1 Prevalence myopie	18
2.3.2 Možné příčiny	20
3 Architektura školských budov	23
3.1 Hmotové koncepty.....	23
3.2 Dispoziční řešení učeben	24
3.2.1 Učebny pravidelného půdorysu	24
3.2.2 Učebny nepravidelného půdorysu	25
3.2.3 Zvláštní typy učeben.....	25
3.3 Přístup denního světla do učeben	26
3.3.1 Učebny osvětlené z jedné strany	26
3.3.2 Učebny osvětlené ze dvou stran.....	27
3.3.3 Učebny osvětlené ze tří a více stran.....	29
3.3.4 Jiné systémy osvětlení v učebnách	29
3.4 Hodnocení přístupu denního osvětlení do učeben	30
3.4.1 Orientace	30
3.4.2 Ochrana před sluncem a použité materiály	31
4 Právní normy	32
4.1 Technické a hygienické požadavky na školní budovy	32
4.2 Požadavky na denní osvětlení škol.....	33
4.3 Nová kritéria pro hodnocení denního osvětlení.....	40
4.4 Měření denního osvětlení	41
5 Měření denního osvětlení.....	44
5.1 Základní škola Jana Palacha v Kutné Hoře.....	45
5.1.1 Učebna IX.A.....	46
5.2 Základní škola Rakovského v Praze – Modřanech	48
5.2.1 Učebna V.A	49

5.2.2	Učebna III.A	51
5.2.3	Učebna III.C.....	53
5.3	Měření.....	55
5.3.1	Postup měření.....	55
5.3.2	Použité přístroje	56
5.3.3	Naměřené hodnoty	60
5.4	Komentář k výsledkům měření.....	72
6	Výpočet.....	74
6.1	Výpočtový model.....	74
6.2	Učebna IX.A v ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře	76
6.2.1	Vstupní data.....	76
6.2.2	Výstupy a hodnocení dat.....	78
6.3	Učebna V.A v ZŠ Rakovského v Praze	83
6.3.1	Vstupní data.....	83
6.3.2	Výstupy a hodnocení dat.....	85
6.4	Učebna III.A v ZŠ Rakovského v Praze	91
6.4.1	Vstupní data.....	91
6.5	Učebna III.C v ZŠ Rakovského v Praze	99
6.5.1	Vstupní data.....	99
6.5.2	Výstupy a hodnocení dat.....	100
6.6	Komentář k výsledkům výpočtu	106
7	Dotazníkové šetření	108
7.1	Hypotézy	108
7.2	Dotazník pro žáky.....	108
7.2.1	Dotazník k nahlédnutí.....	109
7.2.2	Dotazník pro učitele	111
7.2.3	Předpokládané závěry dotazníkového šetření.....	112
8	Celkové zhodnocení.....	114
9	Závěr a budoucnost výzkumu.....	117
10	Bibliografie	120
	Seznam tabulek.....	123
	Seznam obrázků.....	124

Úvod

Škola je místo, ve kterém trávíme značnou část našeho života. S docházkou začínáme v útlém věku. Zprvu z důvodu socializace, později abychom vstřebali co největší množství informací a aby z nás vyrostli samostatně uvažující jedinci. Toto období probíhá postupně od narození až po dospělost, zhruba do 25 let věku, a tato doba je pro většinu z nás právě dobou školní docházky. Nejprve docházky do školy mateřské, následně základní, střední a v některých případech i vysoké. Dohromady se může jednat až o více než dvě desítky let, během kterých trávíme velkou část dne v jedné ze zmiňovaných institucí. Není tedy sporu o tom, že by škola měla být přizpůsobena potřebám vyvíjejícího se člověka v určitém věku.

Současná doba klade v architektuře a stavebnictví důraz především na ekologickou efektivitu a na vhodné řešení vnitřního prostoru staveb. Ekologická efektivita zahrnuje celý životní cyklus staveb, tedy od definice stavby až po její provoz a likvidaci. Řešení vnitřního prostoru staveb se odvíjí od faktu, že v něm trávíme až 90 % našeho času. Důraz je kladen především na dobré podmínky ve vnitřním prostoru, které zajišťují lepší výkon jejich uživatelů. Základní trio těchto podmínek jsou akustická pohoda, světlená pohoda a tepelně technická pohoda.

Česká legislativa v minulosti i v současnosti předepisuje poměrně přísné požadavky na návrh školských budov. Dodržováním těchto požadavků by měla být stanovena minimální úroveň komfortu jejich uživatelů. Současná výuka se ale za poslední staletí rozvíjela a postupně se odchyluje od tradičních forem výuky, ať už rozvojem praktické výuky, rozvojem různých typů alternativních škol (waldorfská, Montessori apod.) nebo zavedením interaktivních pomůcek a počítačů do výuky. Tento rozvoj s sebou přináší nutnost pružně reagovat úpravou požadavků na tyto prostory, a to je možné pouze důsledným zkoumáním následků těchto změn.

Jedním z problémů poslední doby je nárůst počtu dětí trpících krátkozrakostí. Tento neblahý fenomén nemá prozatím jasné odůvodnění, ale je možné, že souvisí s nedostatkem denního osvětlení v učebnách a se změnami světelného prostředí během výuky (například při používání interaktivních pomůcek ve výuce). Motivací pro tuto práci je nedostatek studií zabývajících se

spojitostí výskytu krátkozrakosti u dětí a nedostatku denního světla v učebnách, ve kterých žáci tráví značnou část období, kdy se vyvíjí jejich zrakový systém.

Práce, kterou držíte v rukou, se zabývá problematikou vlivu dispozičního řešení na dostupnost denního světla a na zrakový komfort žáků v učebnách základních škol. Teoretická část práce si klade za cíl obeznámit čtenáře se základními požadavky na návrh a posouzení denního osvětlení ve školských budovách, s problematikou architektury školských budov z hlediska osvětlení a dále s vlivem denního osvětlení na vývoj a zdraví žáků. Praktická část si klade za cíl porovnat výpočtem, měřením a subjektivním hodnocením žáků zrakové podmínky v jednostranně a oboustranně osvětlených učebnách.

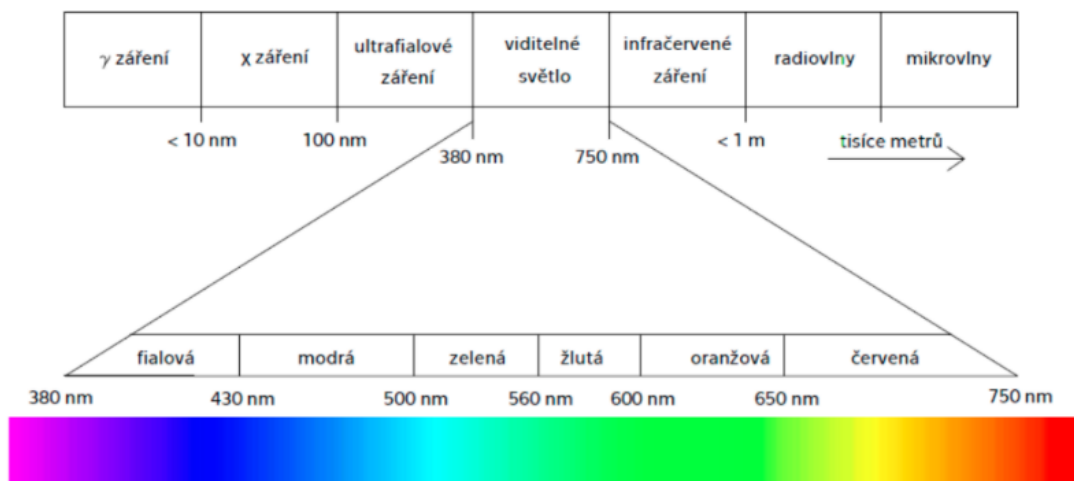
Tato práce vznikala v období zasažení světa pandemií koronaviru, na podzim a v zimě roku 2020. Výuka žáků probíhala distančně nebo střídavě. V důsledku toho nebylo možné provést subjektivní zhodnocení učeben studenty. Subjektivní hodnocení učeben bude doplněno na jaře roku 2021, pokud to umožní epidemiologická situace.

1 Světlo a zrakový systém člověka

1.1 Světlo a sluneční záření

Světlo je část elektromagnetického záření, které vyzařuje Slunce společně s teplem. Elektromagnetické záření má rozsah vlnových délek od 10^{-13} až do 10^{-3} m, od kosmického záření po radiové vlny. Velká část záření je pohlcena atmosférou a na zemský povrch tak dopadne zhruba 50 % původní zářivé energie tvořené přímým a difuzním zářením. [1]

Sluneční záření, které dopadne na povrch Země se skládá z 5 % z UV záření, z 50 % viditelného záření a 45 % infračerveného záření. Světlo má rozsah vlnových délek přibližně 380 až 770 nm. Barevné spektrum světla je od fialové barvy po červenou. [2]

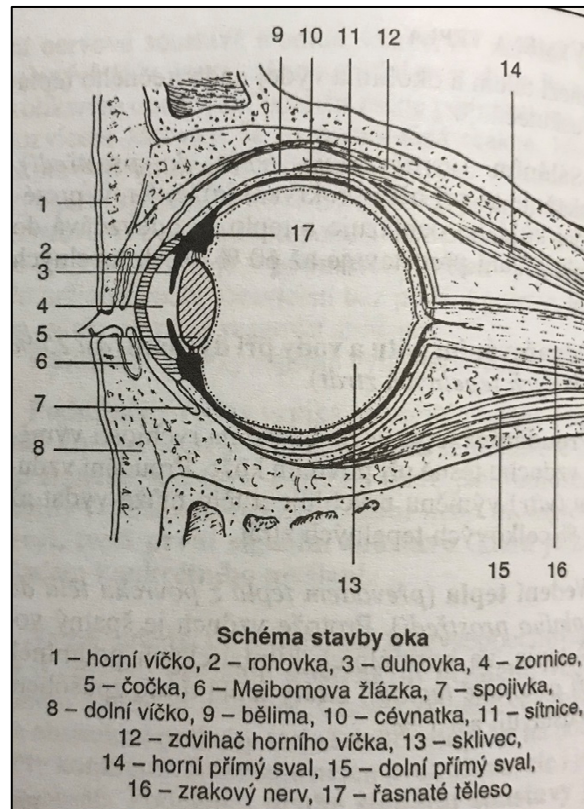


Obr. 1 – Spektrum slunečního záření, zdroj vlastní

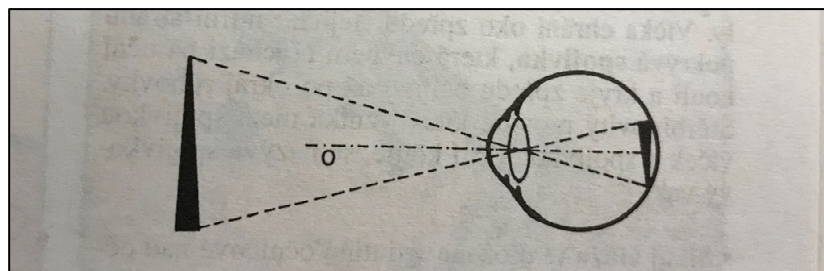
1.2 Zrakové ústrojí

Orgánem zraku je oko. Oční koule se skládá ze tří vrstev, z povrchové vrstvy tvořené bělímou a rohovkou, ze střední cévnaté vrstvy tvořené cévnatkou, řasnatým tělesem a duhovkou, a z vnitřní vrstvy tvořené světločivou sítnicí. Optická soustava oka je tvořena rohovkou, komorovou vodou, čočkou a sklivcem. Čočka je dvojnásobně vyklenutá a zhruba 4 mm silná. Vlákénka řasnatého tělesa ji tahem umožňují zploštění nebo ochabnutím její vyklenutí. Tento pohyb se nazývá akomodace a umožňuje ostré vidění bližších předmětů. Na rozhraní prvků optické soustavy oka dochází k lámání světleného paprsku a na sítnici se

tak promítá ostrý, zmenšený obrácený obraz pozorovaného předmětu. V případě, že se paprsky neprotínají v ohnisku na sítnici, dochází k tzv. refrakčním vadám (poruchám lomivosti). Rozlišujeme krátkozrakost (*myopie*) a dalekozrakost (*hypermetropie*). [3]



Obr. 2 – Schéma stavby oka [3]



Obr. 3 – Lom světelného paprsku na sítnici [3]

1.3 Zrakový komfort

Zrakový komfort je definován jako „stav, kdy náš zrak zaznamenává subjektivně komfort vyvolaný světleným prostředím.“ [4] V tomto stavu by oko nemělo být vystaveno příliš vysokému vizuálnímu kontrastu a oslnění přímým slunečním světlem nebo odrazem od vnitřních povrchů.

Dalším důležitým pojmem je zrakový výkon. Ten je definován jako „množství podnětů zpracovaných zrakem za jednotku času.“ [4]

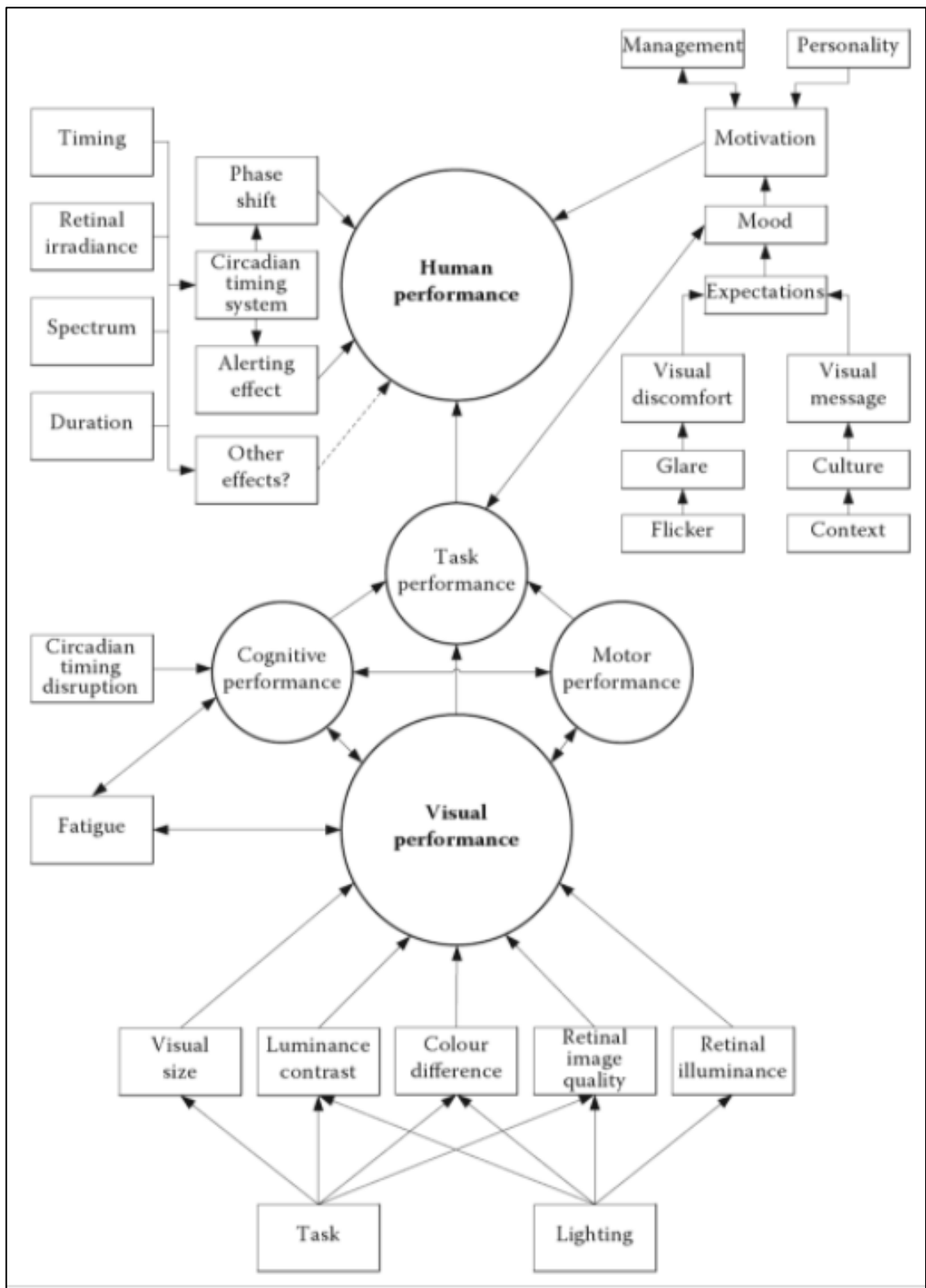
2 Denní světlo a jeho účinky

Využití denního světla v budovách skýtá mnohé benefity. Důležitými oblastmi jsou energetická účinnost, která je dnes zásadní z hlediska návrhu budov a finanční oblast. [5] Vhodným návrhem budovy z hlediska osvětlení je možné zabránit zbytečnému přehřívání budov v létě a nadměrnému vytápění v zimě díky solárním ziskům. Dále je možné vhodným návrhem zajistit nižší náklady na osvětlení uvnitř kanceláří nebo škol. To může vést k úsporám nákladů na energii. Nejzásadnější je však vliv denního světla na lidský organismus, jemuž je věnována následující kapitola.

2.1 Účinky na lidský organismus

Nejdůležitějším účinkem denního světla na lidský organismus je zajištění zrakového vjemu. Zrak je ovlivněn pěti faktory, a sice velikostí podnětu, kontrastem jasů, barevnou rozdílností (colour difference), kvalitou obrazu a množstvím světla dopadajícího na sítnici. [6] Účinky světla můžeme rozdělit na příznivé a nepříznivé. To je dáno množstvím světla, spektrálním složením světla, dobou trvání, vytvářením kontrastů jasů a barev a časovým průběhem světla během dne. [7] Kvalita vizuálního vjemu a kvalita osvětlení mají vliv na zrakovou pohodu pozorovatele, od které se dále odvíjí jeho nálada a motivace k plnění úkolů. Od nich se dále odvíjí produktivita člověka. Princip vlivu osvětlení na produktivitu člověka je zobrazen na obrázku 4.

Kromě zprostředkování zrakového vjemu ovlivňuje denní světlo také různé rytmy v lidském těle. Světlo zmírňuje sezónní deprese, ovlivňuje délku a kvalitu spánku, zlepšuje výkony zaměstnanců, ovlivňuje růst hmotnosti nedonošených dětí, aktivaci cirkadiálního systému pomocí fotoreceptorů, reguluje hladinu melatoninu a ovlivňuje korové aktivity mozku. [8]



Obr. 4 – Vliv denního světla na výkon člověka [6]

2.2 Vliv denního světla na výkon žáků

Studie [9] z roku 1996 zkoumala rozdíl ve výkonu žáků v učebnách s okny a bez oken. Učebny bez oken byly projektovány, protože se předpokládalo, že výhled ven ruší pozornost žáků při hodinách. Studie zjistila, že i přes velké množství faktorů, které mohou mít na výkonnost žáků vliv, je zřejmé, že dobré světelné podmínky v učebnách jsou pro studenty benefitem. Průměrné zlepšení výkonu žáků v krátkodobém měřítku v učebnách s okny bylo o 4,7 % vyšší než v učebnách bez oken. Průměrné zlepšení výkonu žáků v dlouhodobém měřítku v učebnách s okny bylo o 14 % vyšší než v učebnách bez oken.

Studie [10] z roku 1999 zkoumala vliv denního světla na výkon žáků. Ve studii byly analyzovány výsledky testů více než 21 000 studentů od druhého do pátého ročníku základních škol ve třech státech USA. Ve studii bylo zjištěno, že výsledky testů žáků ve třídách s největším množstvím denního světla byly v testech z matematiky o 20 % a v testech čtení o 26 % lepší během roku než výsledky testů žáků v učebnách s nejnižším množstvím denního světla ve třídě. Podobně dopadlo porovnání výsledků žáků v učebnách s největší plochou oken a v učebnách s nejmenší plochou oken. Žáci v učebnách s největšími okny vykazovali zlepšení v testech z matematiky o 15 % a v testech čtení o 23 % oproti žákům v učebnách s nejmenšími okny. Studie také objevila rozdíl mezi výsledky žáků v učebnách s otevíratelnými a fixními okny. Žáci v učebnách s otevíratelnými okny měli lepší výsledky o 7-8 % během roku než žáci v učebnách s fixními okny.

Výsledky této studie však byly nesprávně interpretovány a výzkum nebylo možné replikovat v jiných školách. Nebylo tedy prokázáno, že by denní osvětlení ve školách takto signifikantně zvýšilo výkon žáků. Nicméně lze předpokládat, že denní světlo s vhodnou rovnoměrností, rozsáhlý výhled a omezení oslnění a solárních zisků může mít vliv na výsledky žáka. Nelze však s jistotou tvrdit, že zvýšení množství denního světla v interiéru má jen pozitivní vliv na výkon žáků. Zvýšený podíl oken v učebně může vést ke zhoršení slyšitelnosti učitele a jeho výkladu. Přímé sluneční paprsky vnikající do interiéru mohou zhoršit zrakovou pohodu učitele a žáků a nevhodný výhled z učebny může vést k rušení pozornosti žáků. [11]

Kromě studií zabývajících se množstvím denního světla v učebnách a jeho vlivem na výkon žáků, existují také studie, které se zabývají spojitostí mezi výhledem do přírody a jeho vlivem na žáky. Ve studii [12] bylo zjištěno, že učebny s výhledem do přírody příznivě ovlivňují výsledky třídy. Žáci lépe hodnotí materiály pro výuku i osnovy kurzů. Studie také předpokládá, že výhled do přírody může snižovat stres, zlepšovat pozornost žáků a zlepšit zážitky ve třídě. Výhled do přírody také může mít vliv na pozitivní hodnocení výukových hodin žáky.

2.3 Vliv denního světla na zdraví žáků se zaměřením na myopii

V minulosti bylo denní osvětlení zkoumáno především s ohledem na jeho vliv na výkon žáků ve školách. Zásadním objevem poslední doby je možná spojitost mezi nedostatkem denního světla a rozvíjející se nebo zhoršující se krátkozrakostí u žáků základních a středních škol. Tento fenomén současné doby není prozatím dostatečně prozkoumán a je důležité se tímto tématem hlouběji zabývat.

Myopie neboli krátkozrakost je ametropická vada, která způsobuje, že oko má vzdálený bod v konečné vzdálenosti před okem. Paprsky dopadající do oka se lámou v ohnisku, které je před sítnicí. Z tohoto důvodu vidí krátkozraké oko dobře na krátkou vzdálenost, ale má horší viditelnost vzdálených předmětů. Myopie kompenzuje ztrátu akomodace, proto u lidí trpících touto vadou nastupuje degenerace materiálu oční čočky (presbyopie) později. [13]

Myopii je možné dělit z několika hledisek. Důležité hledisko pro tuto práci je dělení podle věku propuknutí a věkové prevalence. Kongenitální myopie se projevuje u dětí s nízkou porodní váhou. Myopie u těchto dětí zmizí během prvního roku jejich života. U ostatních dětí přetrvá až do nástupu do školy. Prevalence, která může přetrvat až do dospělého života je kolem 2 %. Myopie propukající v mládí propukne v období od 6 let do dospívání. Prevalence vzrůstá ze 2 % v 6 letech na 20 % ve 20 letech. Myopie propukající v rané dospělosti vzniká v období od 20 do 40 let. Prevalence je kolem 30 %. Myopie propukající v pozdější dospělosti vzniká po dosažení 40 let. Prevalence postupně vzrůstá v pozdějších letech života. [14]

Dalšími hledisky jsou dělení podle dioptrické hodnoty (myopie lehká – do 3,00 D, myopie střední – do 6,00 D, myopie vysoká – do 10,00 D a myopie těžká, progresivní – nad 10,00 D), podle anatomických rysů (osová – příliš dlouhá oční koule způsobená vrozenou vadou nebo refrakční – koule má normální délku, ale v oku je větší lomivost optických prostředí), podle rychlosti růstu (stacionární – vznikající v prvních deseti letech vývoje, přechodně progresivní – vznikající v časném dospívání s postupem do pozdních dvacátých let, a trvale progresivní – s rychlým nástupem mezi 25 a 35 lety a pozdějším pomalejším nástupem). [14]

Další typy myopie mohou být noční myopie, vznikající při nízké úrovni osvětlení, pseudomyopie, vznikající například dlouhodobou prací na blízko, léky nebo traumatem, a přístrojová myopie, způsobená dlouhodobým pozorováním optickými přístroji jako je mikroskop nebo fotometr. Poslední zmiňovaný typ myopie je krátkodobý. [14]

2.3.1 Prevalence myopie

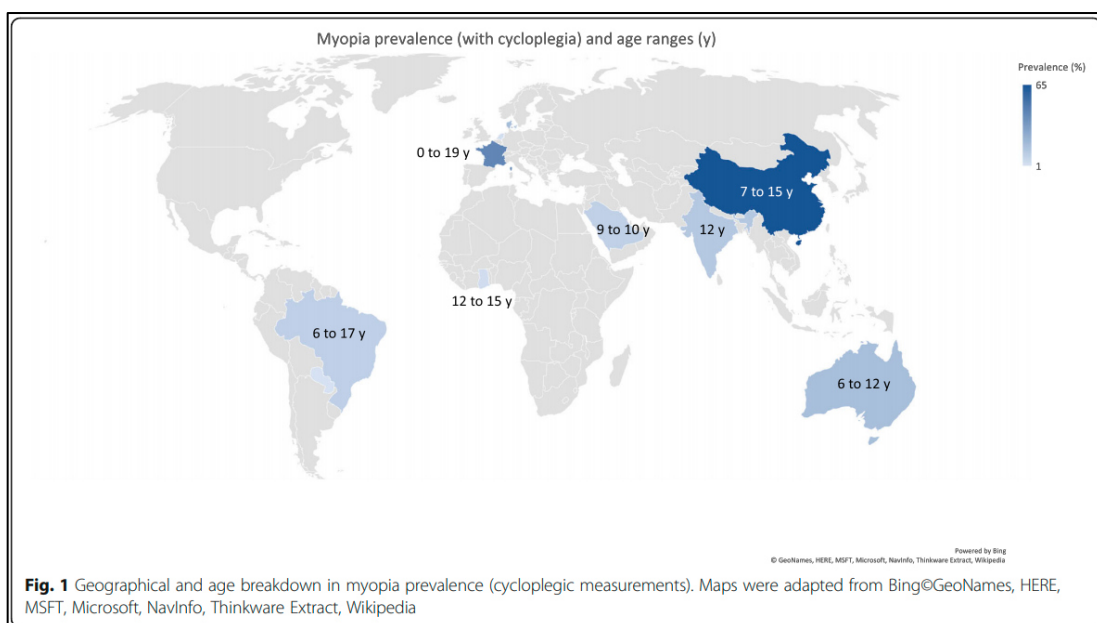
Studie [15] tvrdí, že v roce 2000 bylo na světě 1,4 miliardy lidí, trpících krátkozrakostí. Studie předpokládá, že v roce 2050 stoupne toto číslo na 4,8 miliard lidí. V roce 2010 se odhadovalo, že bez korekce refrakční vady byla krátkozrakost nejčastější příčinou poruchy vidění na dálku a druhou nejčastější příčinou slepoty na celém světě. Odhad ekonomické zátěže v roce 2010 byl zhruba 202 miliard amerických dolarů ročně. [15]

Prevalence je definována jako *„demografický ukazatel, který vyjadřuje poměr počtu všech existujících případů (...) daného onemocnění k počtu obyvatel v dané lokalitě ve sledovaném časovém období.“* [16]

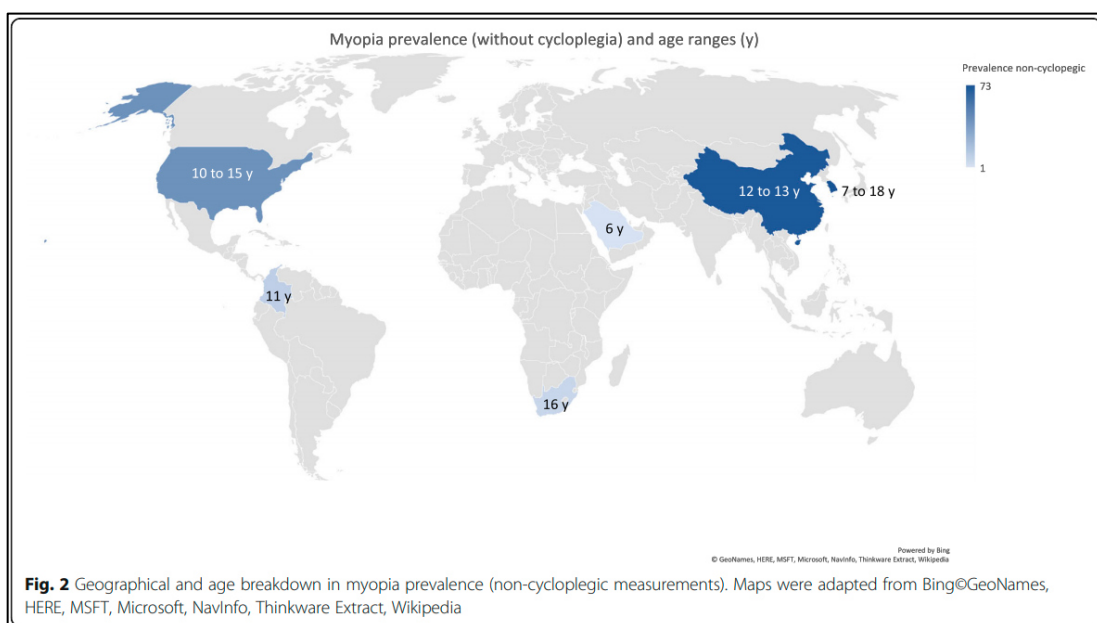
Dle studie [17], která revidovala dostupné studie zkoumající výskyt myopie mezi dětmi ve věku od 6 do 19 let, je výskyt myopie v Asii vyšší než v Evropě (60 % vs. 40 %). Tento výsledek vychází ze zkoumání myopie pomocí cykloplegické refrakce. Cykloplegie je paralýza svalů, které zaostřují, tato paralýza vede ke ztrátě akomodační funkce oka. Většinou se provádí aplikací cykloplegických kapek, které se používají pro dočasnou paralýzu očních svalů – akomodační funkce oka. Tato metoda vede k nezkrasleným výsledkům měření. Studie, ve kterých nebylo využito cykloplegické refrakce ukazují vysokou prevalenci myopie u dětí ve východní Asii (73 %) a v Severní Americe (42 %).

Prevalence myopie mezi dětmi v Africe a Jižní Americe je mnohem nižší než v dalších částech světa (10 %). [17] Studií, které se zabývají výskytem myopie u dětí, prozatím není mnoho a také nejsou prováděny zdaleka ve všech státech světa. Je však zřejmé, že myopie se vyskytuje častěji u dětí žijících v rozvinutějších oblastech světa.

Následující obrázky znázorňují prevalenci myopie v jednotlivých státech světa. Na prvním obrázku jsou výsledky studií prováděných s cykloplegickou refrakcí, na druhém obrázku bez cykloplegické refrakce.



Obr. 5 – Prevalence myopie u dětí (metoda cykloplegické refrakce) podle věku a státu



Obr. 6 – Prevalence myopie u dětí (metoda bez cykloplegické refrakce) podle věku a státu

2.3.2 Možné příčiny

Do současnosti není jasně prokázáno, které faktory přímo způsobují nástup a vývoj myopie u dětí. V odborné literatuře se vyskytují různé rizikové faktory, které by mohly mít souvislost s vývojem této vady.

2.3.2.1 Dědičnost

Předpokládá se, že jednou z příčin myopie může být *dědičnost*. Studie provedená v Šanghaji mezi univerzitními studenty s vysokou prevalencí myopie tvrdí, že zvýšená závažnost rodičovské krátkozrakosti vedla k většímu riziku vývoje krátkozrakosti u jejich dětí. [18] Další studie dokládá, že pravděpodobnost výskytu krátkozrakosti u dětí, jejichž oba rodiče trpí myopií, byla téměř 3x vyšší než u dětí rodičů bez krátkozrakosti. [19] Dědičnost je spojována především s růstem oka, vývoj samotné myopie je však spojován s faktory prostředí během vývoje dítěte. [17]

2.3.2.2 Čas strávený venku

Mnoho studií předkládá důkazy o souvislosti krátkozrakosti s časem stráveným venku. Děti, které tráví více času venku, jsou méně náchylné k tomu, aby se staly krátkozrakými nebo aby se jejich krátkozrakost zhoršovala. Čas strávený venku má příznivý vliv na normální refrakční vývoj u dětí a nedostatek času stráveného časem venku může způsobovat vyšší prevalenci krátkozrakosti. Některé studie také naznačují, že čas strávený venku chrání zrak před propuknutím krátkozrakosti, nikoliv však na její progresi. [20] Ve studii z Taiwanu byl prokázán 50% pokles nových případů myopie prostým uzamčením učeben během přestávek. Toto opatření vedlo k delší době, kterou žáci strávili venku. Další studie z Guangzhou dokazuje spojitost mezi přidáním 45minutové hodiny venku každý den s 25% poklesem výskytu nových případů myopie. [21]

2.3.2.3 Práce nablízko

Dalším ze zkoumaných rizikových faktorů je práce nablízko. Některé studie prokazují, že nástup a progresse myopie jsou vyšší u mladších dětí. Práce nablízko je dána poměrnou pozorovací vzdáleností. Žáci základních a středních škol v Guangzhou, jejichž čtecí vzdálenost byla kratší než 25 cm, byli častěji krátkozrací ve srovnání s žáky, jejichž čtecí vzdálenost byla vyšší než 25 cm. Krátkozrakost se také projevila u chlapců, kteří četli více než 2 hodiny denně,

u dívek pak při sledování televize. Práce nablízko by měla být omezována rodiči na nezbytně dlouhou dobu, aby bylo možné snížit vliv tohoto rizikového faktoru. [17] Součástí práce nablízko není pouze čtení a studium, ale v posledních 10 letech také využívání elektronických zařízení jako jsou mobilní telefony, tablety nebo počítače. Věk, kdy děti začínají používat mobilní telefon se neustále snižuje. 22 % uživatelů začíná ve věku 3 let a méně. Dosud není dostatek dat, která by jasně prokázala vztah mezi krátkozrakostí a časem stráveným u obrazovek. To je způsobeno především relativně krátkou dobou užívání těchto zařízení, ve které se vliv nemusel ještě promítnout. [22]

2.3.2.4 Další možné příčiny

Práce nablízko, zvýšená doba strávená u obrazovek a snížení doby strávené venku jsou rizikovými faktory nástupu a progresu myopie. Všechny tyto faktory souvisejí s kvalitou osvětlení, tj. nedostatečným, nepravidelným a krátkodobým exponováním oka světlu s vysokou kvalitou a kvantitou (dennímu světlu). S ohledem na současnou situaci je možné, že význam těchto faktorů s velkou pravděpodobností vzroste. V průběhu pandemie koronaviru během roku 2020 tráví děti více času doma u obrazovek výukou nebo volnočasovými aktivitami. Tato situace by tak mohla mít dlouhodobě negativní dopad na vývoj dětí. [23]

Dalšími často udávanými faktory jsou množství spánku, hustota obyvatelstva a socioekonomický status. [17]

Podle informací R. Hobdaye v článku, ve kterém se zabývá souvislostí mezi nedostatkem denního světla a krátkozrakostí z historického hlediska [24], dosud nebyla prokázána přímá souvislost mezi nedostatkem denního světla v učebnách a krátkozrakostí žáků v současné době.

Vztahem mezi denním osvětlením a krátkozrakostí se začal zabývat německý patolog profesor Rudolf Virchow v roce 1869. Ten vycházel z práce oftalmologa Dr. Hermanna Cohna, který zjistil, že myopie je u žáků ve školách progresivní. Dále zjistil, že ve městech je čtyři- až pětkrát vyšší počet krátkozrakých než ve školách na vesnici. Porovnával úroveň světla ve třídách s počtem krátkozrakých dětí a zjistil, že čím užší ulice, ve kterých byla umístěna škola a čím vyšší budovy naproti škole byly, tím vyšší byl počet případů. Cohn

také zjistil, že počet myopických dětí stoupá s ročníkem ve škole a dobou, po kterou žáci studují. Od té doby byla v architektuře podporována přítomnost a benefity denního osvětlení v učebnách. [24] Nicméně v dnešní době chybí dostatečné množství dat, které by mohlo prokázat nebo vyvrátit spojitost mezi nedostatkem denního osvětlení a výskytem a progresí myopie.

3 Architektura školských budov

3.1 Hmotové koncepty

Hmotovým konceptem rozumíme uspořádání stavby na pozemku a jeho dispoziční řešení. Obě části se odvíjejí od velikosti pozemku, vazby budovy na okolí, provozní a dispoziční požadavky budovy a historické souvislosti (například doba vzniku a změny v průběhu let). Volba kompozice je dána provozní úvahou, vyhodnocením systému pohybu ve škole (dynamický, semidynamický, statický) a hustotou komunikační sítě. [25]

Hmotové koncepty dělíme na otevřené, uzavřené, síťové, kombinované a hmotové koncepty z více solitérních budov. Tyto hmotové koncepty vznikaly postupně. První školské budovy (farní a městské školy) byly jednoduché budovy s několika místnostmi (přízemní, výjimečně patrové). Postupně se budovy prodlžovaly – vznikaly tzv. lineární budovy bez velkých urbanistických, sociálních a provozních vazeb.

Později se k lineární budově připojila různá křídla v odbočných uzlech. Křídlo bylo ukončeno koncovým uzlem a koncept měl větší provozní přizpůsobení. Postavením křídel u lineární budovy proti sobě vznikl křížový koncept s vloženým křížovým uzlem. Koncové uzly ukončují všechna křídla. Kříže mohou být spojovány do otevřené křížové sestavy. Komunikace jsou použitelné oběma směry, křídla jsou omezena koncovými uzly s body obratu.

Prodlužováním a zalamováním komunikace v rohových uzlech vzniká hmotový koncept uzavřený. Komunikace je použitelná ve všech místech i rohových uzlech oběma směry a tím se zvyšuje hustota komunikační sítě. Další je uzavřený koncept s komunikačním okruhem (vychází z konceptu klášterních budov). Blokový koncept reaguje na městskou zástavbu, koncept se obrací navenek a vnitřní prostor je potlačován. Existuje i blokový koncept s vnitřním prostorem, často je však tento prostor velmi redukován. Ve 20. století přichází koncepty mřížové s velkou provozní přizpůsobivostí a s nevýrazným sociálním, formálním i urbanistickým vyzněním. Dále jsou využity i koncepty volně tvarované a další (ty se ale uplatňovaly méně).

Hmotový koncept síťový vznikl uzavřením soustavy křížů a vytvořením jednoho nebo více komunikačních okruhů u křížového systému. U uzavřeného konceptu vznikl obousměrným řazením komunikačních okruhů, kdy jeden nebo více rohových uzlů nahrazuje křížový uzel. [25]

3.2 Dispoziční řešení učeben

Dispozičním řešením se rozumí hodnocení prostoru s cílem najít jeho optimální využití. Optimální využití prostoru závisí především na formě výuky, která v učebně bude probíhat. Každá forma výuky přináší svá specifika a požadavky na dispoziční řešení, nebo prostorové řešení pracovních míst.

Formy výuky můžeme rozdělit na:

- hromadnou (frontální, jeden učitel na třídu žáků),
- skupinovou (jeden učitel vyučuje třídu rozdělenou do skupinek),
- individuální (jeden žák – jeden učitel),
- individualizovanou (výuka se zaměřením na svobodný vývoj tvořivých možností dítěte, která respektuje jeho potřeby, zvláštnosti a zájmy). [26]

Nejběžnější formou výuky je výuka hromadná neboli frontální. Učitel sedí ve předu bočně od tabule. Studenti sedí naproti učiteli a tabuli. Tato forma výuky může být snadno přeskupena na skupinovou formu výuky, kdy posunem lavic dochází k vytvoření pracovních skupin. Většina dispozičních řešení popsaných níže platí především pro tuto formu výuky.

3.2.1 Učebny pravidelného půdorysu

Učebny pravidelného půdorysu zahrnují učebny obdélného a čtvercového půdorysu. Historicky se jedná o tvar, který vycházel ze stavebního řešení objektů jako nejjednodušší. I v dnešní době přetrvává tento typ učeben. Historicky se objevily pokusy o úpravu těchto půdorysů například kosým umístěním těchto typů učeben, ale to není běžnou praxí.

Tyto učebny jsou vhodné pro frontální způsob výuky. Jejich nevýhodou je především to, že podněcují menší interaktivitu mezi žáky při výuce a nevybízí k aktivnímu zapojení ostatních žáků. [25]

3.2.2 Učebny nepravidelného půdorysu

Učebny nepravidelného půdorysu zahrnují polygonální tvary. Tento tvar se začal rozvíjet historicky později především s nástupem nových forem výuky. Nepravidelný tvar umožňuje diferencovanější rozsazení žáků a rozmístění pracovních míst ve třídě závisí na individuální a neformální přátelské atmosféře.

Tento půdorys zajišťuje oproti běžným obdélníkovým učebnám lepší akustické vlastnosti prostoru a umožňuje i frontální rozmístění nábytku. Nevýhodou je především uspořádání lavic, které není provozně příliš promyšlené. Děti totiž sedí většinou v řadách se spojenými lavicemi a musí procházet na své místo přes další žáky. [25]

3.2.3 Zvláštní typy učeben

Tato skupina zahrnuje učebny s pracovním koutem a otevřené variabilní prostory pro výuku. Učebny s pracovním koutem mají většinou tvar písmene L. V našich podmínkách nejsou příliš časté. Pracovní kout zajišťoval prostor pro samostatnou práci některých dětí. Otevřené variabilní prostory zahrnovaly prostory víceúčelové. Prostor se odděloval posuvnými příčkami a paravány do jednotlivých skupin. V těchto učebnách bylo možné provozovat volně organizovanou výuku více pedagogy u 160-200 dětí. Tato metoda se však neosvědčila kvůli akustickým vlastnostem dělicích příček a kvůli tomu, že prostor nebylo potřeba předělávat tak často. [25]

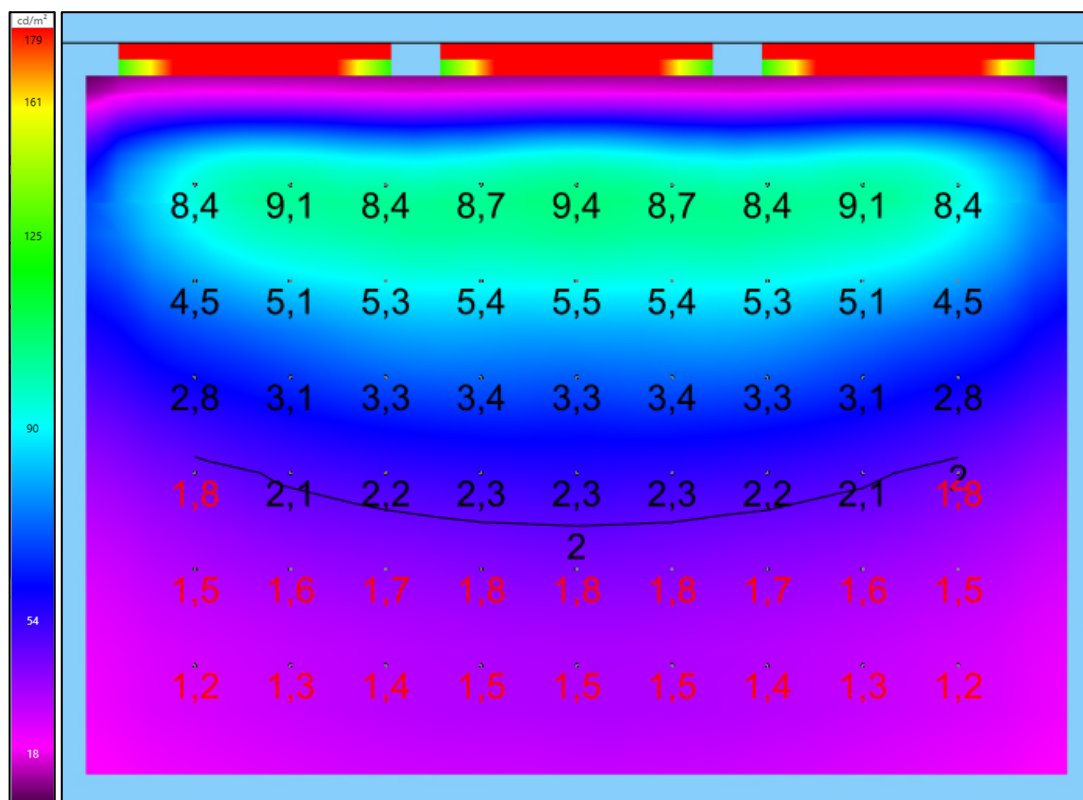
3.3 Přístup denního světla do učeben

Denní osvětlení může vnikat do interiéru bočně, shora nebo kombinovaně. Pro všechny přístupy denního osvětlení platily v minulosti různé legislativní požadavky. Přístup denního osvětlení musí být přímý, tzn. že světlo musí pronikat do interiéru osvětlovacími otvory přímo do učebny. Toto osvětlení může být doplněno sekundárním osvětlením například přes chodbu.

V následujících podkapitolách jsou stručně popsány různé typy přístupu denního osvětlení do interiéru. Některé z nich jsou doplněny obrázky s rozložením jasů v učebně v úrovni podlahy. Všechny modelové učebny jsou umístěny v prvním nadzemním podlaží a nejsou ničím stíněny.

3.3.1 Učebny osvětlené z jedné strany

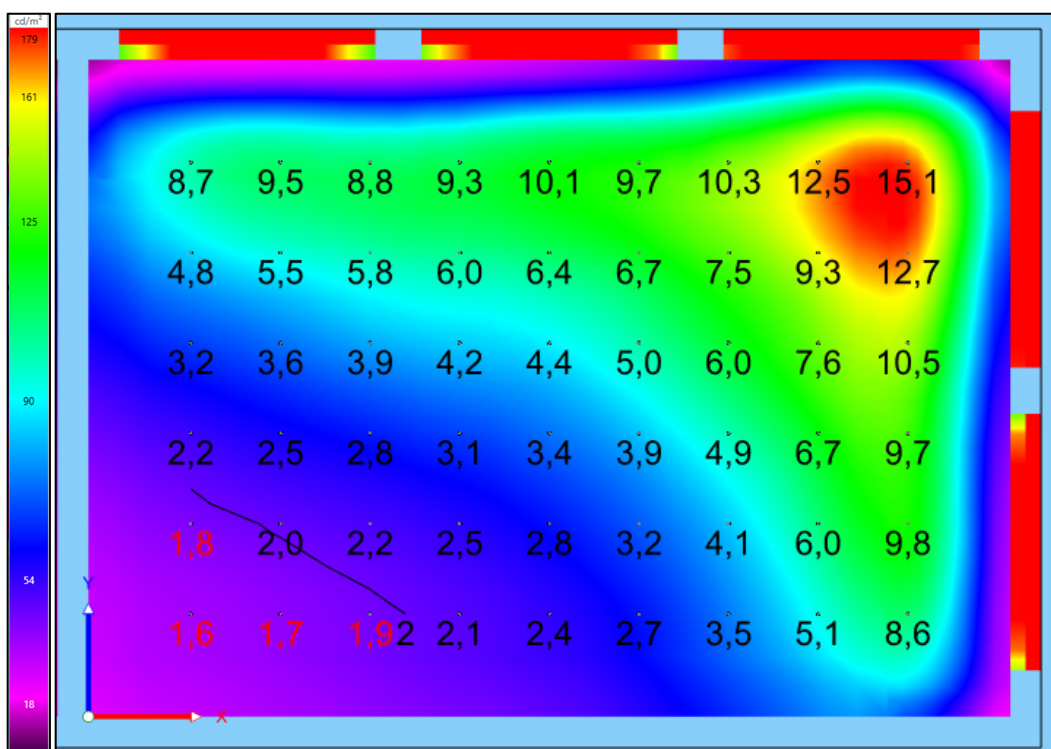
Jednostranné osvětlení je nejčastějším typem osvětlení většiny učeben. Přístup světla je zleva. U tohoto typu osvětlení jsou nejlépe osvětlena pracovní místa blízko oken. Se zvyšující se vzdáleností se snižuje úroveň denního osvětlení a s ní i rovnoměrnost denního světla, proto je důležité dbát při návrhu na hloubku místnosti.



Obr. 7 – Jednostranně osvětlená učebna

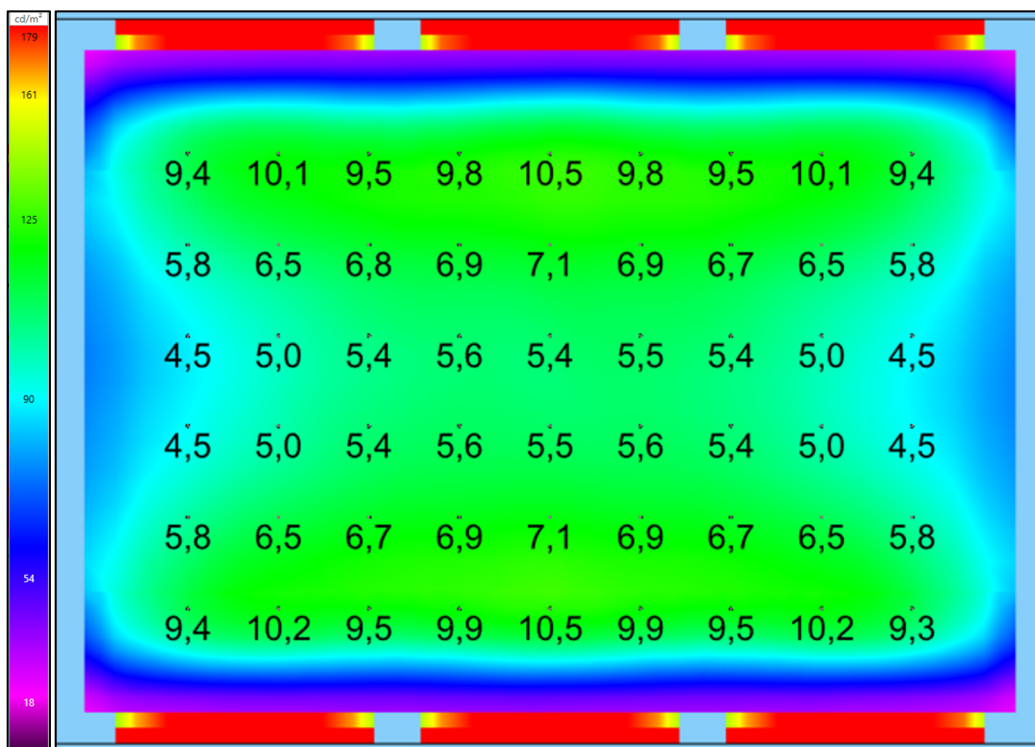
3.3.2 Učebny osvětlené ze dvou stran

Dvoustranné rohové osvětlení poskytuje osvětlení ze dvou sousedících stěn. Žáci jsou posazeni čelem k plně stěně s výhledem na tabuli, osvětlení přichází do interiéru zleva a zezadu. U tohoto osvětlení je důležité dbát na umístění oken vůči světovým stranám a velikosti oken. Učitel nesmí být vystaven oslnění při pohledu do učebny a na čelní stěně s tabulí by nemělo docházet ke zbytečným odleskům. Toto řešení je možné pouze u učeben umístěných v rozích hmotového konceptu objektů. Toto řešení sice poskytuje větší plochu s vyhovujícími podmínkami denního osvětlení, ale oproti tomu způsobují velké rozdíly v různých částech místnosti.

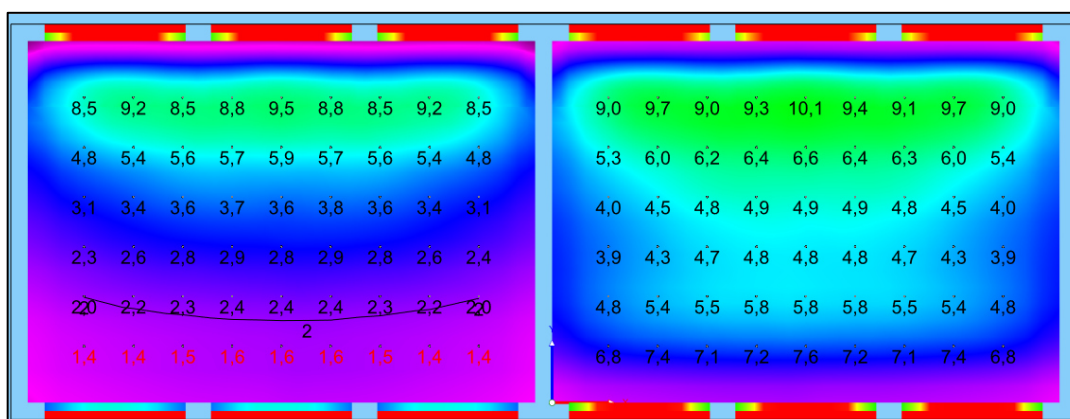


Obr. 8 – Oboustranně osvětlená učebna (rohová)

Na následujících obrázcích jsou osvětlovací otvory umístěny ve dvou protilehlých stěnách učebny. Toto umístění otvorů zajišťuje lepší distribuci světla a rovnoměrnost denního světla v ploše učebny. Nevýhodou tohoto osvětlení je především oslnění, při kterém je nutné jednu stranu místnosti zastínit a ponechat pouze jednostranné osvětlení. Tento způsob osvětlení najdeme především u pavilonových škol. Učebny jsou poměrně prostorově náročné, protože učebny spolu nemohou sousedit.



Obr. 9 – Oboustranně osvětlená učebna (stejně velká okna v protilehlých stěnách)



Obr. 10 – Oboustranně osvětlená učebna (menší okna na jihu – vlevo, větší okna na jihu – vpravo)

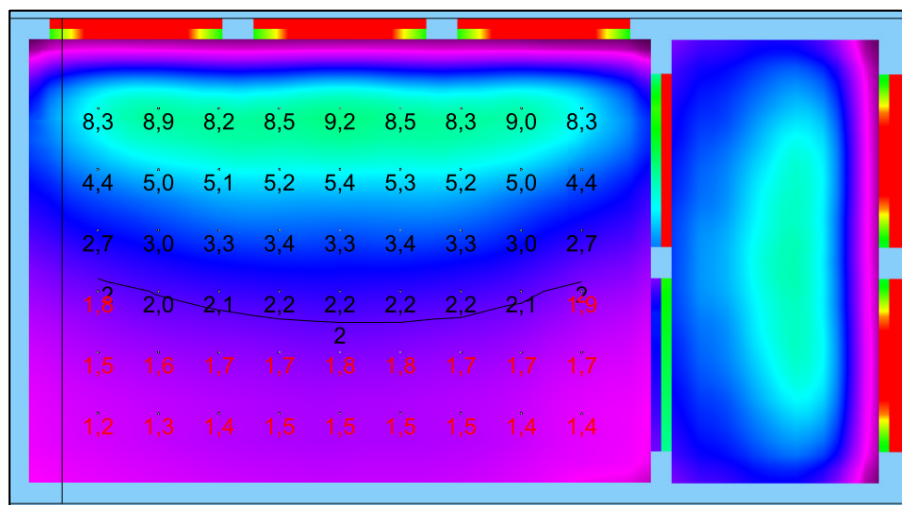
Dalším možným rozložením oken v učebnách je takové, ve kterém jsou osvětlovací otvory umístěny v jedné stěně a část místnosti dál od okna je doplněna horním osvětlením světlíky nebo světlovody. Jedná se o kombinované osvětlení, které původně navyšovalo požadavky na úroveň denního osvětlení a rovnoměrnost. Problémem tohoto řešení je především omezená možnost provedení u vícepodlažních budov. Světlíky je možné použít pouze u jednopodlažních budov nebo v nejvyšších patrech budov. Nejnížší úrovně denního osvětlení však dosahují místnosti v nejnižších podlažích. Světlovody je možné použít i v nižších patrech, ale s rapidním snížením jejich účinnosti.

3.3.3 Učebny osvětlené ze tří a více stran

Osvětlovací otvory jsou umístěny ve dvou protilehlých stěnách učebny a doplněny dalšími otvory ve stropu místnosti. Může to být například světlík nebo otvor umístěný svisle ve střeše budovy.

3.3.4 Jiné systémy osvětlení v učebnách

Další možností je doplnění jednostranného osvětlení druhotným osvětlením například nad chodbou nebo přes ní. Osvětlení přichází do učebny přes prosklenou stěnu nebo otvory mezi učebnou a chodbou. Toto řešení může přinášet nevýhody především z hlediska narušování pozornosti žáků při pohybu na chodbě. To je nutné zvažovat již při návrhu velikosti oken v této stěně. Osvětlení nad chodbou je vhodné u vyšších podlaží budov, kde je denní osvětlení zajištěno přímo ze skleněné střešní konstrukce. Toto řešení může být nevhodné především z hlediska přehřívání chodby. Účinnost tohoto osvětlení není nejvyšší, proto je vhodné zajistit přístup denního osvětlení do interiéru jiným způsobem.



Obr. 11 – Doplnění sekundárním osvětlením přes chodbu

V situacích, kdy není možné využít dvoustranného osvětlení, je možné využít tzv. anidolických fasádních prvků. Jedná se o systémy, které zachycují difuzní světlo z oblohy a přenášejí ho do prostoru. Systémy jsou tvořeny nezobrazovacími komponenty (parabolickými a eliptickými zrcadly). Výsledkem je lepší rovnoměrnost a úroveň denního světla v prostoru. Systém se instaluje nad okenní konstrukci. Na fasádě je umístěn optický kolektor, kterému nesmí stínit žádná část předsazené konstrukce.

3.4 Hodnocení přístupu denního osvětlení do učeben

Důležitými aspekty při návrhu škol jsou vhodná orientace, ochrana před oslněním a materiály povrchů v učebnách. [27]

3.4.1 Orientace

Dle informací v knihách [28] a [25] je vhodné dodržovat orientaci průčelí kmenových i univerzálních učeben na osluněné světové strany, přednostně na jih s odchylkou 15° k východu nebo k západu. Maximálně pak od východu přes jih po západ. Tato orientace by měla zajistit dostatečnou hladinu denního osvětlení během roku. Osluněné strany jsou nevhodné především pro tělocvičny z důvodu oslnění přímým sluncem.

Dle informací uvedených v disertační práci [27] není obecně ideální volba orientace učeben na východ. Úroveň osvětlení je u oken uspokojivá, ale s větší vzdáleností pracovního místa od okna se úroveň osvětlení zhoršuje a je nutné denní osvětlení doplnit osvětlením umělým. Zároveň jsou paprsky světla během rána nízko a mohou tak vytvářet rušivé odlesky zejména pro studenty sedící v blízkosti oken.

Orientace učeben na jihovýchod je vhodná z hlediska množství i kvality denního osvětlení. Úroveň celkového osvětlení je dobrá a během roku u žáků nevzniká rušivé oslnění. Slunce je při této orientaci výše než na východě a je tak snazší regulovat přístup denního světla do učeben. [27]

Jižní orientace učeben je podobná orientaci na jihovýchod. V tomto případě je dle [27] vhodnější osvětlení ze dvou nebo ze tří stran, které poskytuje lepší rozložení světla v učebně než jednostranné osvětlení orientované pouze na jih. Při volbě této orientace je oproti orientaci na jihovýchod vyšší náchylnost k oslnění. Oslnění může být regulováno stínícími prvky, ty ale způsobují snížení úrovně denního osvětlení v prostoru.

Severní orientace učeben je celkově nevhodná kvůli nedostatečnému osvětlení především u učeben s jednostranným osvětlením. Při orientace mezi severem a východem je vhodné doplnit jednostranné osvětlení sekundárními otvory orientovanými mezi východem a jihem. [27] Severní orientace je dle [25] a [28] vhodná pro výtvarné učebny a laboratoře, kanceláře nebo jiné místnosti s kratší dobou pobytu.

3.4.2 Ochrana před sluncem a použité materiály

Ochrana před slunečními paprsky se provádí zejména kvůli zabránění přehřátí učeben a omezení oslnění žáků. K oběma účelům slouží vnitřní nebo vnější stínící prvky. Ty mohou být fixní nebo pohyblivé.

Pro zabránění přehřátí je vhodné umístění stínících prvků zvenku, na vnější stranu oken. Dle [25] je vhodné použít prizmatické průhledné žaluzie, ze skla nebo plastu, které umožňují přístup denního světla do interiéru, ale odrážejí tepelnou zátěž. U fixních prvků je třeba nastavit úhel naklonění lamel podle nejvyšší polohy Slunce, protože tak se docílí ochrany proti nejvyšší tepelné zátěži. Kromě venkovních stínících prvků lze využít také dalších stínících prvků jako jsou reflexní folie odrážející světlo nebo vnitřní žaluzie. Použití reflexních folií není vhodné pro učebny škol, protože zkresluje výhled ven nebo nadměrně omezuje vstup denního světla do interiéru. Nejlepším řešením je vyhnout se takovým systémům správným návrhem velikosti a vhodnou orientací oken učebny. [25], [27]

Pro omezení oslnění je vhodné doplnit vnější stínící prvky vnitřními pohyblivými stínícími prvky. Tyto prvky mohou být horizontální nebo vertikální. Horizontální jsou účinné především na fasádách s jižní orientací s malou odchylkou. Vertikální jsou vhodné na fasádách s východní a západní orientací, kde vykrývají nízké paprsky Slunce ze západu a východu. [25] Zásadní vliv na oslnění má také výběr materiálů a barev. Stropy a stěny by měly být bílé nebo světlé barvy, vybavení a podlaha tmavší a méně odrazivé, aby se zabránilo oslnění. Bílé a světlé barvy zvyšují odraznost světla a oproti povrchům jako je dřevo nebo beton mohou výrazně zvýšit úroveň osvětlení v celé učebně. [27]

Vyšších odrazností velkých povrchů v učebnách je možné docílit také vysoce odrazivými a rozptylnými podhledy. Toto řešení je možné využít především u rekonstrukcí starších budov a v budovách památkově chráněných. Použitím vysoce odrazivých podhledů je možné zvýšit úroveň denního světla dál od oken, aniž by bylo zhoršeno oslnění žáků sedících u oken se zachováním historicko-estetické hodnoty památkově chráněných budov [29].

4 Právní normy

4.1 Technické a hygienické požadavky na školní budovy

Stavební zákon [30] upravuje především cíle a úkoly územního plánování, a orgánů, které zajišťují jeho plnění. Upravuje také všechny činnosti, které jsou spojeny se stavbami, projektovou činností a prováděním staveb. Cílem územního plánování je návrh území, který bude respektovat udržitelný rozvoj území. Ten spočívá v umírněné kombinaci příznivého životního prostředí, hospodářského rozvoje a soudržnost společenství obyvatel. Měl by také naplňovat potřeby současné generace bez ohrožení podmínek života generace budoucí. Stavby, zařízení a pozemky sloužící vzdělávání a výchovu spadají pod pojem *veřejná infrastruktura*.

Vyhláška o technických požadavcích na stavby [31] předepisuje technické požadavky různým typům staveb. Požadavky pro stavby škol jsou uvedeny v paragrafu § 49, ve kterém jsou předepsány především minimální světlé výšky místností a požadavky na vybavení a rozměry ostatních prostorů ve školních zařízeních. Minimální světlá výška místností a prostorů u základních škol musí být 3300 mm. Jsou-li dodrženy všechny podmínky denního osvětlení pracovních ploch je možné světlou výšku snížit na 3000 mm za předpokladu dodržení objemu vzduchu na jednoho žáka alespoň 5,3 m³. V budovách všech škol musí být zřízeny šatny žáků, které jsou osvětlené a větrané. Nejmenší světlá šířka chodby ve školách musí být 3000 mm v případě umístění učeben po obou stranách chodby. V případě umístění učeben po jedné straně chodby musí být světlá šířka chodby 2200 mm. Minimální šířka dveří ve výukových prostorách musí být nejméně 900 mm. V základních školách nesmí být použity kývavé dveře nebo turniketové dveře. Zasklená dveřní křídla musí být opatřena bezpečnostním sklem.

Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých [32] předepisuje hygienické požadavky na prostor, vybavení, provoz, osvětlení vytápění a mikroklimatické podmínky ve školách a dále definuje základní pojmy. Pro účely této práce shrnu pouze část týkající se osvětlení školských budov. Požadavky jsou popsány v paragrafech § 12 až § 16. Tato část předepisuje nutnost splnění požadavků na denní osvětlení dle normových požadavků, pro náš případ

konkrétně norem ČSN 73 0580-1 [33] a ČSN 73 0580-3 [34]. Dále povoluje užití celkového sdruženého osvětlení u užívaných staveb po projednání s orgánem ochrany veřejného zdraví dle požadavků normy ČSN 36 0020. Místa žáků musí být orientována tak, aby nedošlo k oslnění žáků jasným osvětlovacím otvorům v zorném poli a aby nedocházelo ke stínění místa zrakového úkolu. Pro většinu zrakových činností v zařízeních a provozovnách pro výchovu a vzdělávání vyžaduje vyhláška směr osvětlení zleva a shora. Při zrakově obtížných činnostech je nejvhodnější orientace osvětlovacích otvorů na neslunečnou stranu. Vyhláška dále odkazuje na dodržení podmínek pro regulaci denního osvětlení, rozložení světla a zábranu oslnění v souladu s normovými požadavky.

4.2 Požadavky na denní osvětlení škol

Norma ČSN 73 0580 definuje doporučení a požadavky na návrh a posouzení denního osvětlení. Norma je rozdělena do čtyř částí, z nichž důležitými pro osvětlení škol jsou části 1 a 3:

- Část 1: Základní požadavky [33],
- Část 2: Denní osvětlení obytných budov,
- Část 3: Denní osvětlení škol [34],
- Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov.

Norma ČSN 73 0580-1 [33] popisuje základní požadavky na denní osvětlení budov, termíny a jejich definice a postupy pro výpočet a hodnocení denního osvětlení v budovách. Místnosti s trvalým pobytem lidí (pobyt delší než 4 hodiny denně víckrát než jednou týdně) musí co nejvíce využívat denního osvětlení. Vyhovující denní osvětlení musí být splněno v nově navrhovaných prostorech:

- obytné místnosti bytů,
- ložnice a pokoje zařízení pro dlouhodobé ubytování,
- denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu,
- učebny škol kromě speciálních učeben a poslucháren,
- vyšetřovny a lůžkové místnosti zdravotnických zařízení,
- místnosti pro oddech a jídelny, určené pro uživatele vnitřních prostorů bez denního světla.

V rámci denního osvětlení vnitřních prostorů v budovách se dle normy ČSN 73 0580-1 posuzuje návrh na základě:

- úrovně denního osvětlení,
- rovnoměrnosti denního osvětlení,
- oslnění,
- rozložení světelného toku a převažujícího směru světla,
- výskyt jevů ovlivňujících zrakovou pohodu jako je barva světla.

Norma ČSN 73 0580-3 [34] konkretizuje požadavky pro školské budovy. Norma klade důraz na návrh s ohledem na všechny uživatele objektu, tedy žáky, vyučující i další zaměstnance školy.

Školní učebny musí mít zajištěno vyhovující denní osvětlení jak v případě trvalého pobytu, tedy například třídy na prvním stupni základní školy, kdy se žáci nestřídají s jinými žáky, tak v případě pravidelně se střídajícího krátkodobého pobytu v různých učebnách, tedy například třídy na druhém stupni základních škol a na středních školách, kde se žáci v učebnách střídají po hodinách.

Úroveň denního osvětlení

Úroveň denního osvětlení se hodnotí činitelem denní osvětlenosti, který je dán podílem osvětlenosti vodorovné roviny v interiéru a osvětlenosti vodorovné nezastíněné roviny v exteriéru, vyjádřený v procentech.

$$D = \frac{E}{E_h} * 100 \quad [\%]$$

Rovnice 1 – Činitel denní osvětlenosti

Činitel denní osvětlenosti se počítá / měří v předem stanovené síti výpočtových bodů, které jsou umístěny ve vzdálenosti 1 m od stěn a v počtu, kterým poskytnou dostatečnou informaci o rozložení světla v posuzované síti bodů (a místnosti). Síť bodů se umísťuje do srovnávací roviny, která je ve výšce 850 mm nad podlahou v základních školách nebo se stanoví podle převažující výšky stolů v místnosti. Místnost může být rozdělena do funkčně vymezených částí (tj. částí s vyhovujícím a nevyhovujícím denním osvětlením). Toho může být využito u místností, které jsou například příliš hluboké nebo obsahují části, které nejsou vhodné pro uživatele (rohy místností atp.). Konkrétní popis je uveden v další kapitole.

Rovnoměrnost denního osvětlení

Pomocí činitele denní osvětlenosti se posuzuje rovnoměrnost denního osvětlení. Ta je definována jako podíl minimální maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti v posuzované místnosti nebo její funkčně vymezené části.

$$U = \frac{D_{min}}{D_{max}} \quad [-]$$

Rovnice 2 – Rovnoměrnost denního osvětlení

Norma ČSN 73 0580-3 [34] v minulosti definovala požadavky na denní osvětlení v místnostech podle druhu vnitřního prostoru (zahrnutý učebny, čítárny, pracovny, laboratoře, tělocvičny, sborovny, kuchyně, šatny, jídelny a další). Každý druh vnitřního prostoru měl určenou minimální a průměrnou hodnotu činitele denní osvětlenosti, rovnoměrnost denního osvětlení, třídu zrakové činnosti a pro ni určenou poměrnou pozorovací vzdálenost podle třídy zrakové činnosti. Tento přístup byl zrušen zavedením nové evropské normy ČSN EN 17037 [35], o které je pojednáno níže.

Normy ČSN 73 0580-1 [33] a ČSN 73 0580-3 [34] předepisovaly, že rovnoměrnost v případě tříd zrakové činnosti I až IV nemá být nižší než 0,2. Při třídách zrakových činností I až III se doporučovala rovnoměrnost osvětlení nejméně 0,3. Ačkoli třídy zrakové činnosti I až III odpovídají mimořádně přesné až přesné zrakové činnosti, která zahrnuje velmi jemné umělecké práce nebo technické kreslení a laboratorní práce, lze předpokládat, že v učebnách by měla být splněna co nejvyšší hodnota rovnoměrnosti denního osvětlení.

Převažující směr osvětlení

V místnostech se preferuje převažující směr osvětlení zleva kvůli práci pravou rukou (v lidské populaci je zhruba 90% podíl praváků [36]). Převažující směr osvětlení musí být doplněn odraženým osvětlením nebo přímým osvětlením z jiných směrů.

Oslnění a vnitřní povrchy

Dle normy ČSN 73 0580-1 [33] by oslnění by mělo být zabráněno tak, aby neovlivňovalo komfort uživatelů při používání prostoru. Norma dále předepisuje doporučení na povrchy odrazivých ploch v interiéru a požadavky na okenní otvory pro různé typy prostorů. Konkrétní požadavky jsou uvedeny v normě

ČSN 73 0580-3. [34] Norma klade důraz na navrhování vnitřních povrchů s nelesklou, rozptylnou úpravou s hodnotami činitele odrazu světla 0,3 až 0,45. Tabule se navrhují s činitelem odrazu světla nejméně 0,1 s rozptylným a snadno udržovatelným povrchem. Norma byla zavedena v roce 1994, kdy nebyly rozšířeny tabule bílé pro použití fixu a tabule interaktivní.

Prostory s obrazovkami

I přesto norma pamatuje i na vnitřní prostory s obrazovkami. Vhodné umístění obrazovek a displejů vzhledem k osvětlovacím otvorům je takové, kdy denní osvětlení přistupuje k obrazovkám a displejům ze strany nebo shora. Displeje a obrazovky by měly být opatřeny antireflexní úpravou. Celá místnost určená pro užívání displejů a obrazovek by měla mít plynulou regulaci denního osvětlení (nikoliv stupňovitou).

Osvětlovací otvory

Osvětlovací otvory by měly být dle normy ČSN 73 0580-3 [34] průběžné s minimálními rozměry dělicích konstrukcí a meziokenních pilířů, dobré zrakové spojení s vnějším prostředím, nejvyšší výška spodní hrany zasklení může být u věkové skupiny od 6 do 14 let 1,05 m, u vyšších věkových skupin 1,2 m a mají čiré, bezbarvé a světlo nezkreslující materiály.

V srpnu roku 2019 vstoupila v platnost nová evropská norma ČSN EN 17037 [35], která sjednotila požadavky na denní osvětlení v jednotlivých evropských zemích. Norma poměrně zásadně změnila parametry při posuzování denního osvětlení ve školách. Norma udává nová hodnotící kritéria ve čtyřech oblastech:

- příspěvek denního světla,
- výhled,
- doba proslunění,
- ochrana před oslněním.

Příspěvek denního světla

Norma oproti původní normě vyžaduje současně splnění hodnoty minimální cílové osvětlenosti E_{TM} [lx] alespoň v 95 % plochy srovnávací roviny a hodnoty cílové osvětlenosti E_T [lx] alespoň v 50 % plochy srovnávací roviny. Požadavky pro obě veličiny jsou rozděleny do tří kategorií, minimální, střední a velká. Záleží na zvážení každé země, kterou úroveň požadavku má posuzovaný

prostor splňovat. V následující tabulce jsou uvedeny požadavky na hodnoty osvětleností pro svislé otvory.

Tab. 1 – Doporučení pro příspěvek denního světla pro svislé nebo šikmé osvětlovací otvory

Doporučená úroveň pro svislé a šikmé osvětlovací otvory	Cílová osvětlenost E_T [lx]	Část prostoru pro hodnocení cílové osvětlenosti $F_{plane,%}$	Minimální cílová osvětlenost E_{TM} [lx]	Část prostoru pro hodnocení minimální cílové osvětlenosti $F_{plane,%}$	Podíl doby s denním světlem $F_{time,%}$
Minimální	300	50 %	100	95 %	50 %
Střední	500	50 %	300	95 %	50 %
Vysoká	750	50 %	500	95 %	50 %

Pro každé hlavní město všech členských států byl stanoven medián oblohové vodorovné osvětlenosti. Jedná se o osvětlenost vytvořenou oblohovým světlem na vodorovném zemském povrchu, vyskytující se polovinu doby s denním světlem (2190 h) v průběhu roku. Pro Českou republiku platí hodnota 14 900 lx.

Činitel denního osvětlenosti se dopočítá dle následujících vztahů:

$$D_T = \frac{\text{osvětlenost dle požadavku}}{E_{v,d,med}} * 100 [\%]$$

Rovnice 3 – Cílový činitel denní osvětlenosti D_T

minimální cílový činitel denní osvětlenosti D_{TM}

$$D_{TM} = \frac{\text{osvětlenost dle požadavku}}{E_{v,d,med}} * 100 [\%]$$

Rovnice 4 – Minimální cílový činitel denní osvětlenosti D_{TM}

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty cílového a minimálního cílového činitele denní osvětlenosti pro Českou republiku.

Tab. 2 – Hodnoty D pro osvětlovací otvory pro překročení hladin osvětlenosti 00, 300, 500 nebo 750 lx při podílu doby s denním světlem $F_{time,%} = 50 \%$

Země	Hlavní město	Zeměpisná šířka φ [°]	Medián oblohové osvětlenosti $E_{v,d,med}$ [lx]	D pro překročení 100 lx	D pro překročení 300 lx	D pro překročení 500 lx	D pro překročení 750 lx
ČR	Praha	50,10	14900	0,7 %	2,0 %	3,4 %	5,0 %

Těmito novými požadavky byly zrušeny původní třídy zrakových činností a požadavky na činitel denní osvětlenosti a rovnoměrnost podle účelu prostoru. Toto rozhodnutí poněkud zkomplikovalo posuzování jiných prostor než učeben. Je zřejmé, že požadavky na tělocvičnu nebo jídelnu jsou odlišné od požadavků na učebny.

Na začátku kapitoly bylo zmiňováno splnění požadavků na hodnoty činitele denní osvětlenosti v celém prostoru nebo ve funkčně vymezeném prostoru / zóně. Ten byl původně definován tak, že pracovní místo muselo být umístěno alespoň 1,0 m od izofoty splňující minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti, tedy izofoty 1,5 %. Nová norma (ČSN EN 17 037 [35]) zrušila vzdálenost 1,0 m a pracovní místo tak může být umístěno i na hranici zóny bez omezení.

Výhled

Ve staré normě ČSN 73 0580-1 [33] byla v článku 4.1.3 uvedena pouze informace o nerušeném výhledu osvětlovacími otvory do okolí, ale norma nestanovovala konkrétní požadavky. Norma ČSN EN 17037 [35] vyžaduje posouzení výhledu ve vybraných kontrolních bodech funkčně vymezené zóny, kde se nacházejí lidé.

Kvalita výhledu se odvíjí od velikosti osvětlovacích otvorů, šířky výhledu, délky výhledu, počtu vrstev (u výhledu rozlišuje norma 3 vrstvy, vrstvu oblohy, krajiny a terénu) a od kvality informací o okolním prostředí ve výhledu.

Výhled je vyhovující splňuje-li kritéria uvedená dále. Materiál zasklení je čistý, nedeformovaný a barevně nezkrsluje výhled. Výhled splňuje alespoň minimální vodorovný úhel výhledu daný normou. Délka výhledu je delší, než minimální délka dána normou a z funkčně vymezené zóny (kontrolního bodu) je vidět určitý minimální počet vrstev. V následující tabulce jsou uvedeny požadavky na výhled.

Tab. 3 – Doporučená úroveň výhledu

Parametr			
Doporučená úroveň výhledu	Vodorovný úhel výhledu	Délka výhledu	Počet vrstev viditelných minimálně ze 75 % funkčně vymezené oblasti*
Minimální	≥ 14°	≥ 6,0 m	Ve výhledovém otvoru je obsažena alespoň vrstva krajiny
Střední	≥ 28°	≥ 20,0 m	V jednom výhledovém otvoru je obsažena vrstva krajiny a další vrstva
Velká	≥ 54°	≥ 50,0 m	V jednom výhledovém otvoru jsou obsaženy všechny vrstvy
* vrstvy: obloha, krajina (městská a / nebo přírodní), terén			

Doba proslunění

Minimální doba proslunění se podle normy ČSN EN 17 037 [35] vyžaduje u nemocničních pokojů, v místnostech pro dětské hry v mateřských školách a alespoň v jedné obytné místnosti bytů. Vybraný den posouzení má být mezi 1. únorem a 21. březnem. Pro učebny nejsou stanoveny žádné požadavky na dobu proslunění.

Oslnění

Norma doporučuje posouzení oslnění u prostorů, ve kterých se předpokládá provádění činností, které zrakovou náročností odpovídají čtení, psaní nebo práci na zobrazovacích zařízeních v místech, kde si uživatel nemůže zvolit své místo a směr pozorování.

Posuzuje se pravděpodobnost oslnění denním světlem DGP, roční hodnocení oslnění, oslnění odrazem nebo závojevé oslnění a ověřují se stínící zařízení pro ochranu před oslněním.

4.3 Nová kritéria pro hodnocení denního osvětlení

V zahraničí jsou kromě tradičních veličin pro posouzení denního osvětlení popsaných výše (činitel denní osvětlenosti a rovnoměrnost denního osvětlení) používány dynamické veličiny denního světla (*dynamic daylighting metrics*). Tyto veličiny reflektují dynamiku denního světla a reagují na subjektivní vnímání světelných podmínek uživatelem.

Autonomie denního osvětlení DA (Daylight Autonomy)

Tato veličina stanovuje, po jakou část roku, kdy je posuzovaná místnost v provozu, je splněna minimální požadovaná hodnota denní osvětlenosti. Uvádí se v procentech. [37]

Prostorová autonomie denního osvětlení sDA (spatial Daylight Autonomy)

Tato veličina zkoumá, zda je v prostoru dostatek denního světla během provozní doby místnosti pomocí výpočtu osvětlenosti na vodorovné rovině. Rovněž se udává v procentech. [37]

Roční sluneční expozice ASE (Annual Sun Exposure)

Tato veličina popisuje, jak velká část prostoru má příliš mnoho přímých slunečních paprsků, které mohou způsobovat oslnění nebo zvýšit potřebu na chlazení místnosti. Roční sluneční expozice vyjadřuje velikost podlahové plochy, která je osvětlená intenzitou alespoň 1000 lx alespoň po dobu 250 hodin z celkové doby obsazenosti. Také se vyjadřuje v procentech.

ASE funguje jako indikátor potenciálních výše zmíněných problémů. Cílem architekta by proto měla být maximalizace sDA při dodržení hodnot ASE. [37]

4.4 Měření denního osvětlení

Měřicí postupy, vlastnosti měřicích přístrojů, způsoby vyhodnocení výsledků měření a obsah protokolu z měření udává norma ČSN 36 0011. Tato norma je rozdělena do čtyř částí:

- Část 1: Základní požadavky [38],
- Část 2: Měření denního osvětlení [39],
- Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů,
- Část 4: Měření umělého osvětlení venkovních prostorů.

Měření denního osvětlení má probíhat při rovnoměrně zatažené obloze s rozložením jasu dle ČSN 73 0580-1 [33], ve zvláštních případech za jednoznačně definovaného stavu oblohy.

Rovnoměrně zatažená obloha by měla reprezentovat nejméně příznivý stav venkovního prostředí, kdy je Slunce kompletně skryto za mraky. Obloha je v tomto případě plošným zdrojem světla a jeho jas závisí pouze na průměrném jasu oblohy a výškovém úhlu nad obzorem.

Pro zjištění činitele denní osvětlenosti měříme:

- osvětlenost ve vnitřním prostoru E v luxech,
- osvětlenost venkovní nezacloněné vodorovné roviny E_h v luxech.

Činitel denní osvětlenosti je definován jako podíl osvětlenosti změřené na vodorovné rovině ve vnitřním prostoru a osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny (viz Rovnice 1). Venkovní srovnávací osvětlenost se měří na nezastíněném místě (nejlépe na střeše) a měří se v intervalu nejvýše 30 sekund se zaznamenáváním časového průběhu. Měření vnitřní a vnější osvětlenosti musí probíhat současně.

Kromě osvětleností měříme jasy ploch ovlivňujících zrakovou pohodu ve vnitřním prostoru. Jedná se o jas pozorovaného předmětu, jasy ploch bezprostředně obklopujících předmět, jas vzdálených ploch a jas odrazů světla od velmi jasných ploch. Dále se měří jasy osvětlovacích otvorů při průhledu na oblohu a při průhledu na ostatní objekty.

Měření je možné provádět dvěma samostatnými ověřenými luxmetry, shoda metrologických vlastností těchto měřidel s úředně stanovenými požadavky, zejména s maximálními dovolenými chybami, nebo jedním speciálním ověřeným luxmetrem se dvěma měřícími hlavicemi. Tyto měřící přístroje by měly mít minimální rozsah 100 000 lx.

Před, po a případně během měření se posuzuje rovnoměrnost zatažení oblohy kontrolou rozložení jasu oblohy. Rovnoměrné zatažení oblohy se měří jasoměrem. Při přesných a provozních měřeních se kontroluje jas oblohy v elevačních úhlech 15°, 45° a 90° nad horizontem. Norma předepisuje přípustné rozmezí poměru jasu oblohy ve zmíněných elevačních úhlech k jas v zenitu.

$$\frac{L_{15}}{L_z} = 0,3 \text{ až } 0,6$$

Rovnice 5 – Přípustné rozmezí hodnot poměru jasu v elevačním úhlu 15° a jas v zenitu

$$\frac{L_{45}}{L_z} = 0,7 \text{ až } 0,85$$

Rovnice 6 – Přípustné rozmezí hodnot poměru jasu v elevačním úhlu 45° a jas v zenitu

Kromě již zmíněných veličin měříme ještě činitel prostupu světla a činitel znečištění výplně osvětlovacích otvorů. Propustnost světla výplně osvětlovacího otvoru se může měřit dvěma způsoby, buď měřením činitele prostupu difuzního světla pomocí luxmetru nebo měřením normálového činitele prostupu světla.

Činitel prostupu difuzního světla měříme luxmetrem s čidlem přiloženým na měřenou vnitřní stranu výplně osvětlovacího otvoru s normálou plochy čidla směrem ven a bezprostředně potom se měří s čidlem ve stejné poloze s otevřeným osvětlovacím otvorem. Hodnota činitele je rovna podílu naměřených hodnot.

Normálový činitel prostupu světla se měří pomocí jasoměru. Jasoměrem se měří jas oblohy nebo jiného pozadí směrem kolmo k povrchu materiálu a bezprostředně potom se měří jas stejného pozadí otevřeným otvorem. Časový odstup měření musí být velice krátký, aby se eliminovala proměnlivost denního světla.

Měření činitele znečištění výplně osvětlovacích otvorů se měří zvláště pro vnitřní a vnější povrch, zvláště pro svislé otvory, šikmé otvory s odlišným sklonem zasklení a povrchy vystavené různému znečištění atd. Měříme buď luxmetrem s čidlem přiloženým rovnoběžně s povrchem materiálu nebo jasoměrem ve směru kolmo k jeho povrchu. Měříme osvětlenosti nebo jasy:

- při materiálu oboustranně znečištěném;
- při materiálu s vyčištěným vnějším povrchem;
- při materiálu s oboustranně vyčištěným povrchem.

Časový odstup měření musí být velice krátký, aby se eliminovala proměnlivost denního světla.

5 Měření denního osvětlení

Jak bylo popsáno v předchozí kapitole, dosud nebyla dostatečně prozkoumána, respektive chybí data o souvislosti mezi nedostatkem denního osvětlení a výskytem krátkozrakosti u dětí. Cílem praktické části této práce bylo porovnat benefity dvou nejčastějších typů přístupu denního osvětlení do interiéru učeben základních škol a jejich souvislost s výskytem krátkozrakosti u žáků.

Podmínky pro provedení praktické části práce byly značně omezené z důvodu rozšíření nákazy virovým onemocněním COVID-19. Práce byla zpracována v období podzimu / zimy 2020, ve kterém byly školy po značnou část tohoto období uzavřeny nebo byla omezena výuka a přítomnost žáků ve škole.

Z tohoto důvodu je výzkum omezen na měření denního osvětlení a přípravě dotazníkového šetření pro budoucí výzkum. Tato práce by měla sloužit jako podklad pro další zkoumání tohoto tématu.

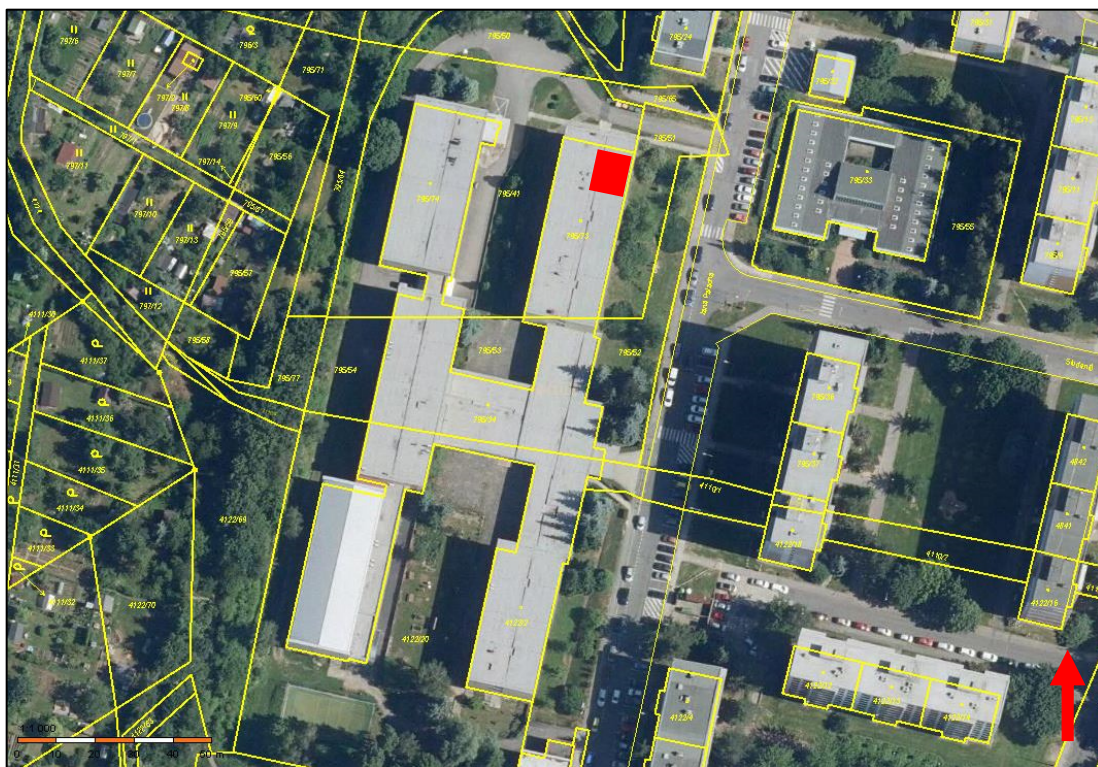
Měření bylo provedeno ve dvou vybraných základních školách v Praze a v Kutné Hoře. Předběžná prohlídka školy byla provedena v září 2020, měření bylo provedeno v listopadu 2020, kdy nastaly vhodné vnější podmínky pro měření, tj. rovnoměrně zatažená obloha. V době první návštěvy i měření byly obě školy prázdné, bez přítomnosti studentů.

5.1 Základní škola Jana Palacha v Kutné Hoře

Základní škola Jana Palacha se nachází v Kutné Hoře. Budova leží na pozemku parcelní číslo 795/34, 795/73 a 795/74 v katastrálním území Sedlec u Kutné Hory a 4122/2 v katastrálním území Kutná Hora. Jedná se o soubor tří-, dvou a jednopodlažních budov. Hmotový koncept budovy je pavilonový. Objekty jsou propojeny spojovacími krčky.

Budova sdružuje zázemí pro žáky základní školy s kapacitou 580 žáků a prostory školní družiny s kapacitou 209 žáků. První a druhý stupeň jsou diferenciovány. Učebny v jednotlivých budovách jsou jednostranně osvětlené. Výuka na prvním stupni probíhá v kmenových učebnách. Výuka na druhém stupni probíhá v různých učebnách po jednotlivých vyučovacích hodinách.

Pro měření denního osvětlení byla zpřístupněna učebna IX.A ve třetím nadzemním podlaží pavilonu II. stupně základní školy. Poloha učebny je vyznačena červenou barvou na následujícím obrázku.



Obr. 12 - ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, katastrální mapa [40]

5.1.1 Učebna IX.A

Učebna IX.A je umístěna v severním pavilonu ve třetím nadzemním podlaží budovy. Jedná se o kmenovou učebnu devátého ročníku základní školy. Učebna má obdélníkový půdorys, rozměry učebny jsou 7,3 x 8,8 m, světlá výška je 3,25 m. Kapacita učebny je dimenzována pro 30 žáků a učitele.

Osvětlení učebny je při pohledu na tabuli zleva třemi okny bez nadpraží. Okna jsou plastová s dvojsklem, rám oken je bílý.

Podlaha je tvořena linoleem okrové barvy, stěny a strop jsou bílé, malá část stěny u dveří má oranžovou barvu. Nalevo od dveří (při pohledu zevnitř) je umístěno umyvadlo, předstěna pro rozvody je obložena šedým plechem, kolem umyvadla je nalepena tapeta s dekorem dřeva.

Vybavení učebny je tvořeno 15 lavicemi, 30 židlemi, stolem a židlí pro učitele, třemi skříněmi na vybavení, policí, malou tabulí, velkou tabulí a sérií fotografií a plakátů nalepených na stěnách. Tabule je umístěna na čelní stěně tak, že denní osvětlení přichází zleva při pohledu na tabuli. Tabule je určena pro psaní křídou. V učebně není tabule pro psaní fixem, interaktivní tabule ani dataprojektor.

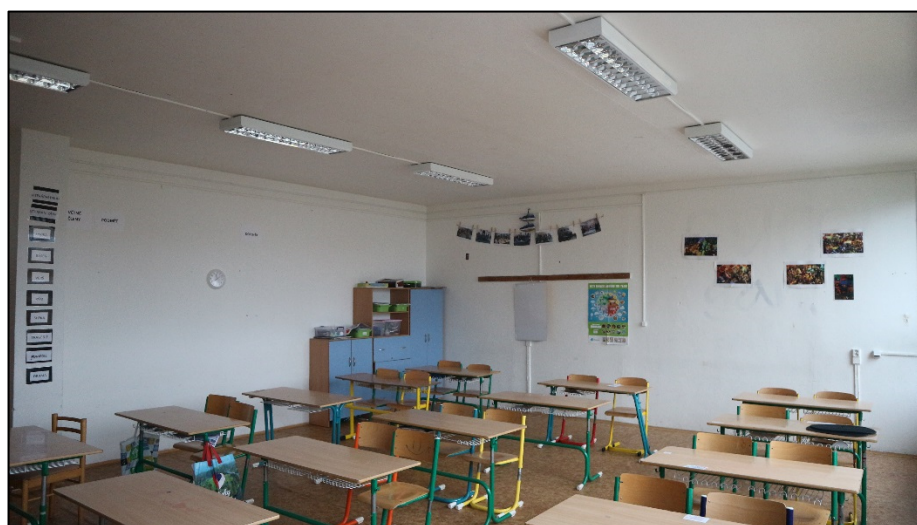
Osvětlovací soustava je tvořena šesti přisazenými mřížkovými svítidly s lesklou hliníkovou mřížkou, umístěnými ve dvou řadách rovnoběžně s okny. Osvětlení tabule zajišťují dvě samostatná svítidla s hloubkou svěšení asi 0,5 m pod stropem před tabulí. Osvětlení jednotlivých řad svítidel a tabule je zajištěno samostatnými vypínači.



Obr. 13 - ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, Učebna IX.A, pohled na tabuli



Obr. 14 - ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, pohled na okenní výplně



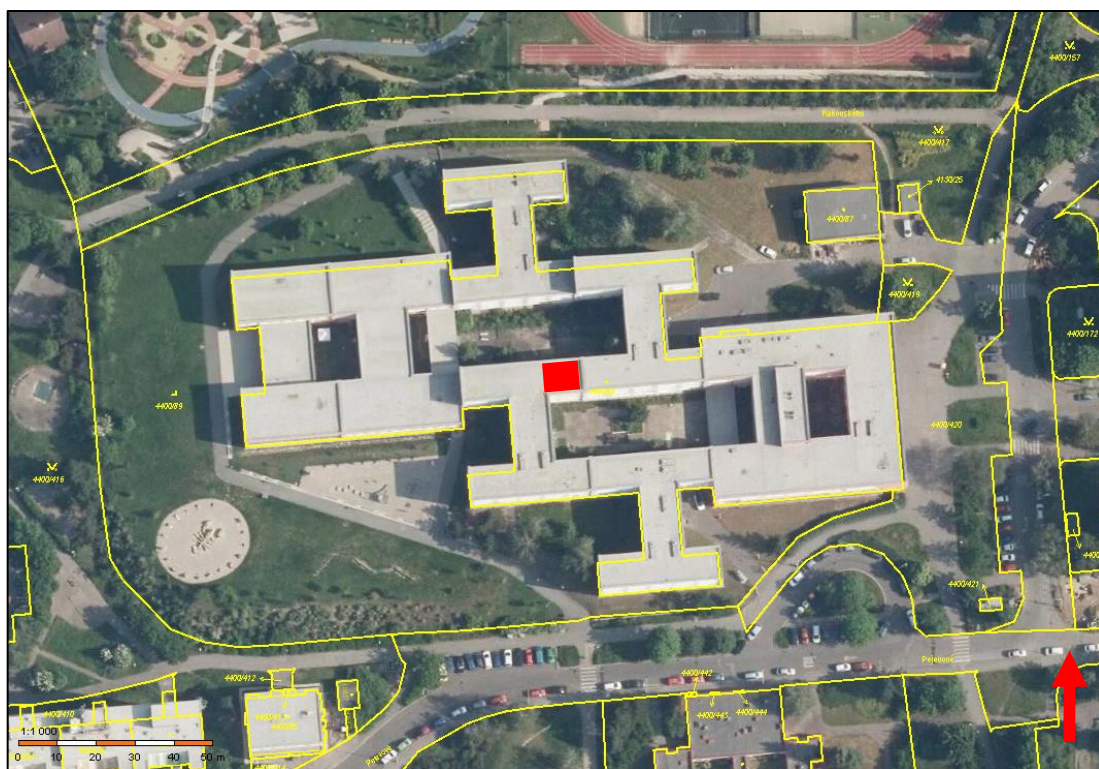
Obr. 15 - ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, pohled na zadní stěnu

5.2 Základní škola Rakovského v Praze – Modřanech

Základní škola Rakovského se nachází v pražských Modřanech. Budova leží na pozemku parcelní číslo 4400/88 v katastrálním území Modřany. Jedná se o soubor dvou a třípodlažních budov. Hmotový koncept budovy je pavilonový.

Budova poskytuje zázemí pro žáky základní školy a studenty gymnázia. V budovách s červenou fasádou se nachází šatny, školní družiny, školní kuchyně se dvěma jídelnami, tři tělocvičny, šatny, sprchy a místnosti pro výuku dílen a pozemků. Budovy s modrou fasádou mají tvar písmene H a jedná se o výukové pavilony. Tvar budovy umožňuje osvětlení učeben okny umístěnými v protilehlých stěnách. Výuka na prvním stupni probíhá v kmenových učebnách.

Pro měření byly zpřístupněny 3 učebny, všechny osvětlené ze dvou stran. Všechny učebny leží půdorysně nad sebou v prvním až třetím nadzemním podlaží. Poloha učeben je vyznačena červenou barvou na následujícím obrázku. Lze předpokládat, že učebny umístěné v této části objektu mají ze všech nejhorší podmínky pro přístup denního osvětlení, jelikož jsou na obou stranách stíněny vlastní hmotou školy.



Obr. 16 – ZŠ Rakovského v Praze, katastrální mapa [40]

5.2.1 Učebna V.A

Učebna V.A je umístěna v prostředním pavilonu v prvním nadzemním podlaží budovy. Jedná se o kmenovou učebnu pátého ročníku základní školy. Učebna má obdélníkový půdorys, rozměry učebny jsou 7,7 x 9,2 m, světlá výška je 3,0 m. Kapacita učebny je dimenzována pro 28 žáků a učitele.

Osvětlení učebny je při pohledu na tabuli z obou bočních stěn učebny. Okna jsou plastová s dvojsklem, rám oken je bílý. Podlaha je tvořena linoleem okrové barvy, dvě stěny jsou zelené, dvě růžové, strop je bílý. Na části podlahy leží zátěžový koberec modrozelené barvy.

Vybavení učebny je tvořeno 13 lavicemi, 26 židlemi, stolem a křeslem pro učitele, 5 skříněmi na vybavení, stolem s umyvadlem, dvěma tabulemi na společných hliníkových pylonech pro psaní fixem a křídou, LCD obrazovkou za tabulemi, nástěnkami v zadní části místnosti, výzdobou žáků a plakáty s pomůckami pro výuku.

Osvětlovací soustava je tvořena devíti přisazenými mřížkovými svítidly s lesklou hliníkovou mřížkou, umístěnými ve třech řadách rovnoběžně s okny. Tabule nemá samostatné osvětlení.



Obr. 17 - ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, pohled na tabuli



Obr. 18 - ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A., pohled na okenní výplně



Obr. 19 - ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, pohled na zadní stěnu

5.2.2 Učebna III.A

Učebna III.A je umístěna v prostředním pavilonu ve druhém nadzemním podlaží budovy. Jedná se o kmenovou učebnu třetího ročníku základní školy. Učebna má obdélníkový půdorys, rozměry učebny jsou 7,7 x 9,2 m, světlá výška je 3,0 m. Kapacita učebny je dimenzována pro 30 žáků a jednoho učitele.

Osvětlení učebny je při pohledu na tabuli z obou bočních stěn učebny. Okna jsou plastová s dvojsklem, rám oken je bílý. Podlaha je tvořena linoleem okrové barvy, stěny a strop jsou bílé. Na části podlahy leží zátěžový koberec červené barvy.

Vybavení učebny je tvořeno 15 lavicemi, 30 židlemi, stolem a křeslem pro učitele, 5 skříněmi na vybavení, stolem s umyvadlem, dvěma tabulemi na společných hliníkových pylonech pro psaní fixem a křídou, LCD obrazovkou za tabulemi, třemi malými černými tabulemi, výzdobou žáků a plakáty s pomůckami pro výuku.

Osvětlovací soustava je tvořena 15 přisazenými mřížkovými svítidly s lesklou hliníkovou mřížkou, umístěnými ve třech řadách rovnoběžně s okny. Tabule nemá samostatné osvětlení.



Obr. 20 - ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, pohled na tabuli



Obr. 21 - ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, pohled na okenní výplně



Obr. 22 - ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, pohled na zadní stěnu

5.2.3 Učebna III.C

Učebna III.C je umístěna v prostředním pavilonu ve třetím nadzemním podlaží budovy. Jedná se o kmenovou učebnu třetího ročníku základní školy. Učebna má obdélníkový půdorys, rozměry učebny jsou 7,7 x 9,2 m, světlá výška je 3,0 m. Kapacita učebny je dimenzována pro 24 žáků a jednoho učitele.

Osvětlení učebny je při pohledu na tabuli z obou bočních stěn učebny. Okna jsou plastová s dvojsklem, rám oken je bílý. Podlaha je tvořena linoleem okrové barvy, stěny a strop jsou bílé.

Vybavení učebny je tvořeno 13 lavicemi, 26 židlemi, stolem a křeslem pro učitele, 3 skříněmi na vybavení, stolkem s umyvadlem, dvěma tabulemi na společných hliníkových pylonech pro psaní fixem a křídou, LCD obrazovkou za tabulemi, výzdobou žáků a plakáty s pomůckami pro výuku.

Osvětlovací soustava je tvořena 15 přisazenými mřížkovými svítidly s lesklou hliníkovou mřížkou, umístěnými ve třech řadách rovnoběžně s okny. Tabule nemá samostatné osvětlení.



Obr. 23 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, pohled na tabuli



Obr. 24 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, pohled na okenní výplně



Obr. 25 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, pohled na zadní stěnu místnosti

5.3 Měření

5.3.1 Postup měření

Měření bylo provedeno ve dvou dnech. V ZŠ Jana Palacha bylo měření provedeno dne 12.11.2020, v ZŠ Rakovského v Praze bylo měření provedeno dne 10.11.2020. Vzhledem k omezenému přístupu k měřicím přístrojům bylo postupně provedeno měření činitele odrazu světla různých povrchů, činitele prostupu difuzního světla a činitele denní osvětlenosti v jednotlivých bodech pomocí luxmetru.

Nejprve bylo provedeno měření činitele odrazu světla povrchů v jednotlivých učebnách. Měření probíhalo podle přípustného postupu daného normou ČSN 36 0011-1 (čl. 4.7.1 b) [38] pomocí luxmetru. Nejprve byla změřena osvětlenost povrchu a následně byla za stejných podmínek změřena osvětlenost s čidlem luxmetru obráceným k měřenému povrchu. Čidlo bylo umístěno rovnoběžně s měřeným povrchem ve vzdálenosti větší než pětinašobek průměru měřicí hlavičky. Naměřené hodnoty byly zaznamenány a podílem naměřené osvětlenosti povrchu a naměřené osvětlenosti s čidlem luxmetru obráceným k měřenému povrchu byla spočtena hodnota činitele odrazu světla povrchu. Měření činitele odrazu světla bylo provedeno pro každý měřený povrch pětkrát, výsledný činitel odrazu světla byl stanoven jako průměr z pěti náměrů.

Dále bylo provedeno měření činitele prostupu světla. Norma ČSN 36 0011-2 [39] umožňuje měření buď činitele difuzního světla pomocí luxmetru nebo normálového činitele prostupu světla pomocí jasoměru. V rámci práce bylo provedeno měření činitele difuzního světla pomocí luxmetru. Nejprve byly vyčištěny obě strany měřeného povrchu okenní výplně. Následně byla změřena osvětlenost povrchu s čidlem přiloženým na vnitřní straně výplně osvětlovacího otvoru s normálou plochy čidla směrem ven. Bezprostředně poté byla změřena osvětlenost s čidlem ve stejné poloze s otevřeným osvětlovacím otvorem. Hodnota činitele prostupu difuzního světla byla spočtena jako podíl osvětlenosti povrchu s čidlem přiloženým na vnitřní straně výplně osvětlovacího otvoru a osvětlenosti s čidlem ve stejné poloze s otevřeným osvětlovacím otvorem. Měření činitele prostupu difuzního světla bylo provedeno pětkrát,

výsledný činitel prostupu difuzního světla byl stanoven jako průměr z pěti náměrů.

Nakonec bylo provedeno měření činitele denní osvětlenosti. Nejprve byla stanovena poloha měřicích bodů. Následně byla ověřena rovnoměrnost zatažené oblohy pomocí jasového analyzátoru. Měření činitele denní osvětlenosti probíhalo dvěma luxmetry za přítomnosti dvou operátorů. Jeden operátor odečítal hodnoty osvětlenosti nezacloněné roviny v exteriéru, druhý odečítal hodnoty osvětlenosti vodorovné roviny v interiéru. Obě hodnoty byly zaznamenávány ve stejných časech.

5.3.2 Použité přístroje

Pro měření byl použit jako hlavní měřicí zařízení digitální luxmetr GOSSEN MAVOLUX 5032 C. Přístroj pokrývá rozpětí hodnot od 0,1 do 199 900 lx s úrovní přesnosti $\pm 3 \% \pm 1$ číslice. Relativní spektrální odezva je 7,5 % CIE spektrální světelné účinnosti $V(\lambda)$.



Obr. 26 – Luxmetr GOSSEN MAVOLUX 5032 C, výrobní číslo 2C14985

Pro měření byl použit jako pomocné měřicí zařízení digitální luxmetr LUTRON LX-1128SD s odnímatelnou hlavou receptoru. Luxmetr má vestavěný teploměr a umožňuje záznam dat na SD kartu v čase. Přístroj pokrývá tři rozsahy, 2 000 lx, 20 000 lx a 100 000 lx s úrovní přesnosti $\pm 4\% \pm 2$ číslice.



Obr. 27 – Luxmetr LUTRON LX-1128D s odnímatelnou hlavou receptoru

Pro kontrolu jasu oblohy byl použit jasový analyzátor Luminance Distribution Analyzer – zrcadlový fotoaparát značky Nikon D7200 se snímačem CMOS, 23,5x15,6 mm s objektivem pro 180° pohled.



Obr. 28 – Jasový analyzátor Luminance Distribution Analyzer



Obr. 29 – Měření osvětlenosti vodorovné roviny v interiéru



Obr. 30 – Doplnkové měření v interiéru



Obr. 31 – Měření osvětlenosti venkovní nezacloněné roviny v exteriéru



Obr. 32 – Měření jasu oblohy jasovým analyzátoem

5.3.3 Naměřené hodnoty

Měření v ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře bylo provedeno dne 12.11.2020 v době od 9 do 13 hodin. Měření v ZŠ Rakovského v Praze bylo provedeno dne 10.11.2020 v době od 9 do 13 hodin. V následující kapitole jsou uvedeny souhrnné hodnoty zjištěné měřením. Všechna data z měření jsou součástí přílohy B na konci práce.

V jednotlivých podkapitolách jsou v tabulkách postupně uvedeny:

- hodnoty činitele odrazu světla podle normy ČSN 73 0580-1 a hodnoty činitele odrazu světla zjištěné měřením,
- hodnoty činitele prostupu difuzního světla dle ČSN 73 0580-1 a naměřené hodnoty činitele prostupu difuzního světla a dopočtené hodnoty normálového činitele prostupu světla,
- naměřené hodnoty osvětlenosti venkovní vodorovné nezastíněné roviny, osvětlenosti srovnávací roviny a vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti,
- místa měření.

5.3.3.1 Učebna IX.A, ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře

Tab. 4 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, činitel odrazu světla

Povrch	Barva / povrch	Činitel odrazu světla [-]	
		ČSN 73 0580-1	Naměřeno
stěna / strop	bílá	0,75-0,80	0,82
stěna	oranžová	neuvádí se	0,45
tapeta	dřevo světlé	0,30-0,50	0,59
plech	tmavě šedá	0,15-0,20	0,31
tabule (vedlejší)	černá	0,01-0,03	0,14
tabule (hlavní)	tmavě zelená	0,05-0,20	0,14
stojan tabule	dřevo světlé	0,30-0,50	0,19
podlaha	okrová	neuvádí se	0,31
lavice	dřevo světlé	0,30-0,50	0,39
skříň	světle modrá	0,40-0,60	0,31
dveře	dřevo tmavé	0,15-0,25	0,25

Tab. 5 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, činitel prostupu světla

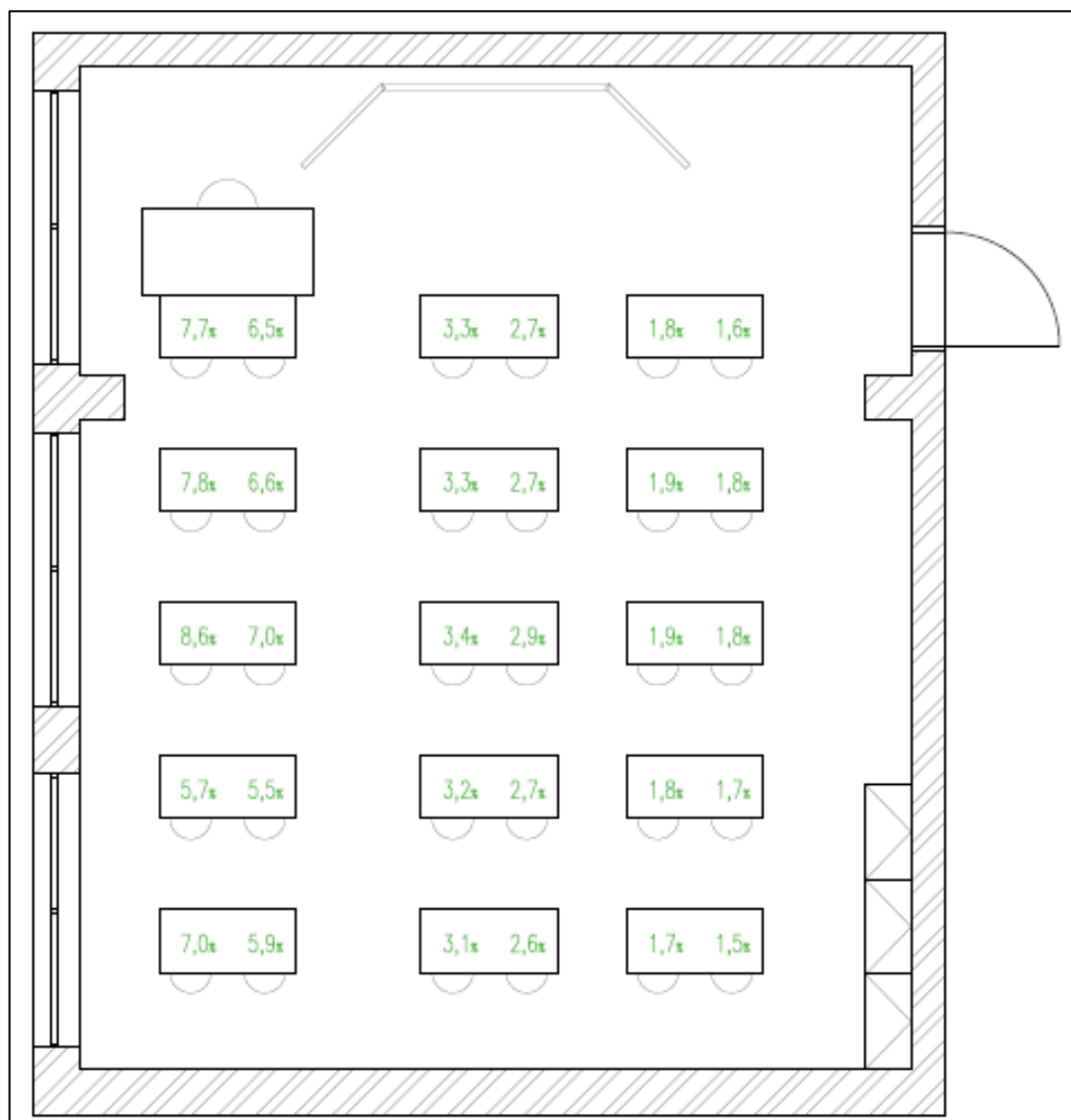
Povrch	Činitel prostupu světla [-]		
	ČSN 73 0580-1	Naměřené $\tau_{s,dif}$ [-]	Spočtené $\tau_{s,nor}$ [-]
okno	0,85	0,74	0,82

Tab. 6 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, činitel denní osvětlenosti

Místo	Osvětlenost		Činitel denní osvětlenosti	Místo	Osvětlenost		Činitel denní osvětlenosti
	E_h [lx]	E [lx]			D [%]	E_h [lx]	
1	6617	510	7,7	16	6496	187	2,9
2	6607	431	6,5	17	6496	215	3,3
3	6596	512	7,8	18	6496	179	2,7
4	6586	434	6,6	19	6496	212	3,3
5	6577	566	8,6	20	6496	175	2,7
6	6566	460	7,0	21	6507	119	1,8
7	6556	374	5,7	22	6507	106	1,6
8	6547	375	5,7	23	6516	127	1,9
9	6536	457	7,0	24	6515	116	1,8
10	6526	388	5,9	25	6526	126	1,9
11	6516	203	3,1	26	6526	116	1,8
12	6516	171	2,6	27	6537	116	1,8
13	6507	211	3,2	28	6547	112	1,7
14	6507	177	2,7	29	6547	109	1,7
15	6507	219	3,4	30	6556	98	1,5

Tab. 7 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, rozmístění bodů měření

Okna	Tabule							
	1	2	Ulička	19	20	Ulička	21	22
	3	4		17	18		23	24
	5	6		15	16		25	26
	7	8		13	14		27	28
	9	10		11	12		29	30



Obr. 33 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, naměřené hodnoty činitele denní osvětlenosti D v %

5.3.3.2 Učebna V.A, ZŠ Rakovského v Praze

Tab. 8 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, činitel odrazu světla

Povrch	Barva / povrch	Činitel odrazu světla [-]	
		ČSN 73 0580-1	Naměřeno
stěna	světle zelená	0,45-0,65	0,56
stěna	světle růžová	0,40-0,50	0,70
strop	bílá	0,75-0,80	0,82*
koberec	modrozelená	neuvádí se	0,17
podlaha	okrová	neuvádí se	0,36
tabule 1	tmavě zelená	0,05-0,20	0,11
tabule 2	bílá	0,75-0,80	0,67
lavice, skříňe	dřevo světlé	0,30-0,50	0,33
skříň tmavá	dřevo světlé	0,30-0,50	0,27
dveře	dřevo světlé	0,30-0,50	0,31

* hodnota je převzata z měření činitele odrazu stěn v učebně III.C

Tab. 9 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, činitel prostupu světla

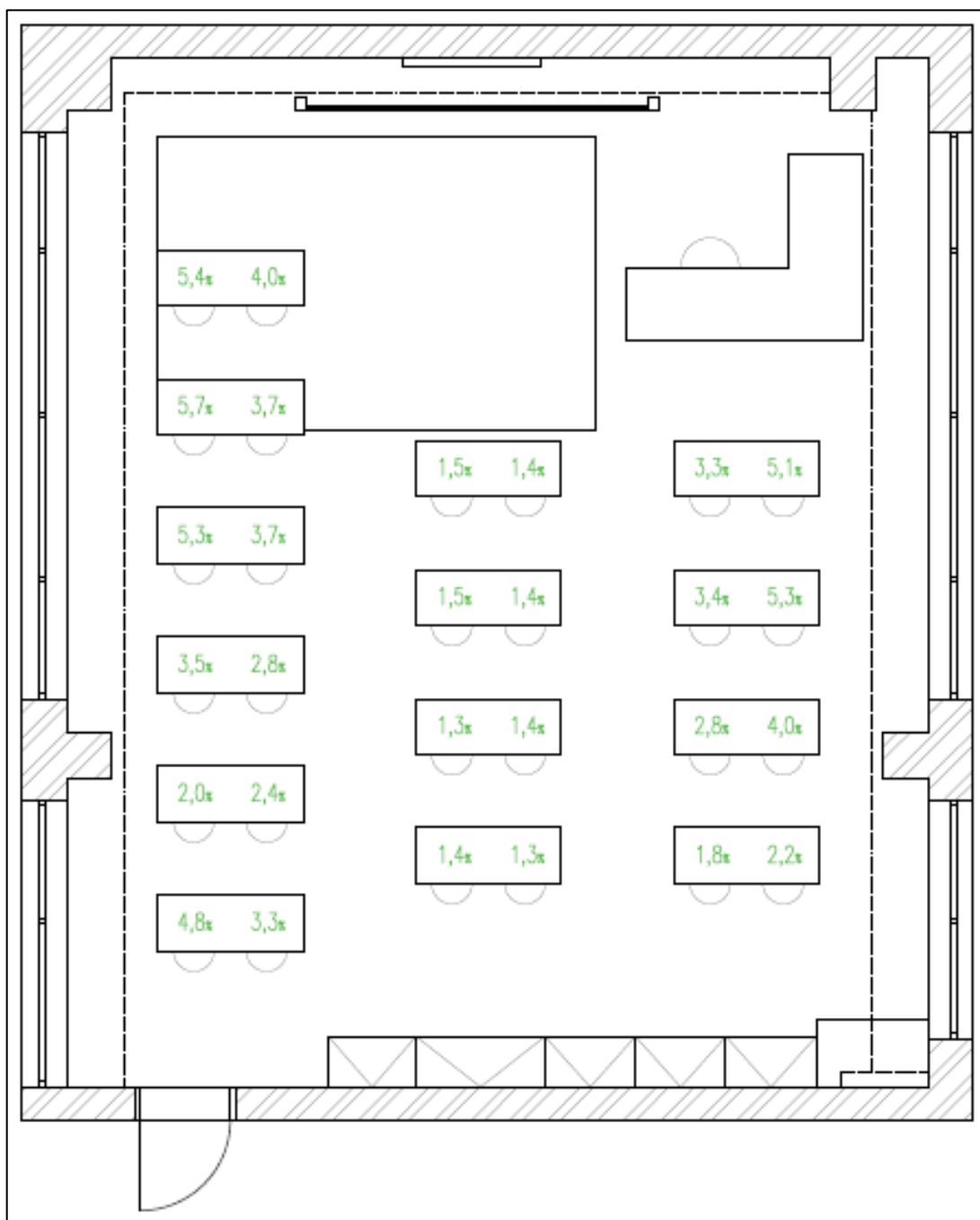
Povrch	Činitel prostupu světla [-]		
	ČSN 73 0580-1	Naměřené $\tau_{s,dif}$ [-]	Spočtené $\tau_{s,nor}$ [-]
okno	0,85	0,71	0,79

Tab. 10 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, činitel denní osvětlenosti

Místo	Osvětlenost		Činitel denní osvětlenosti	Místo	Osvětlenost		Činitel denní osvětlenosti
	E_h [lx]	E [lx]			D [%]	E_h [lx]	
1	5956	324	5,4	15	6216	84	1,3
2	5976	238	4,0	16	6256	85	1,4
3	6006	340	5,7	17	6302	93	1,5
4	6016	224	3,7	18	6326	87	1,4
5	6035	317	5,3	19	6356	96	1,5
6	6046	226	3,7	20	6366	91	1,4
7	6065	211	3,5	21	6407	210	3,3
8	6086	170	2,8	22	6416	326	5,1
9	6106	124	2,0	23	6426	220	3,4
10	6115	145	2,4	24	6436	340	5,3
11	6135	292	4,8	25	6456	183	2,8
12	6146	205	3,3	26	6466	259	4,0
13	6166	87	1,4	27	6466	119	1,8
14	6196	81	1,3	28	6466	145	2,2

Tab. 11 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, rozmístění bodů měření

Okna		Tabule								Okna	
		1	2	Ulička				Ulička			
		3	4								
		5	6								
		7	8								
		9	10								
		11	12								
				19	20					21	22
				17	18					23	24
				15	16					25	26
				13	14					27	28



Obr. 34 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, čítnel denní osvětlenosti D v %

5.3.3.3 Učebna III.A, ZŠ Rakovského v Praze

Tab. 12 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, činitel odrazu světla

Povrch	Barva / povrch	Činitel odrazu světla [-]	
		ČSN 73 0580-1	Naměřeno
stěna / strop	bílá	0,75-0,80	0,82
koberec	světle červená	0,40-0,50	0,14
podlaha	okrová	neuvádí se	0,36
tabule 1	světle modrá	0,40-0,60	0,20
tabule 2	bílá	0,75-0,80	0,67
lavice, skříňe	dřevo světlé	0,30-0,50	0,33
dveře	dřevo světlé	0,30-0,50	0,31

Tab. 13 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, činitel prostupu světla

Povrch	Činitel prostupu světla [-]		
	ČSN 73 0580-1	Naměřené $\tau_{s,dif}$ [-]	Spočtené $\tau_{s,nor}$ [-]
okno	0,85	0,71*	0,79

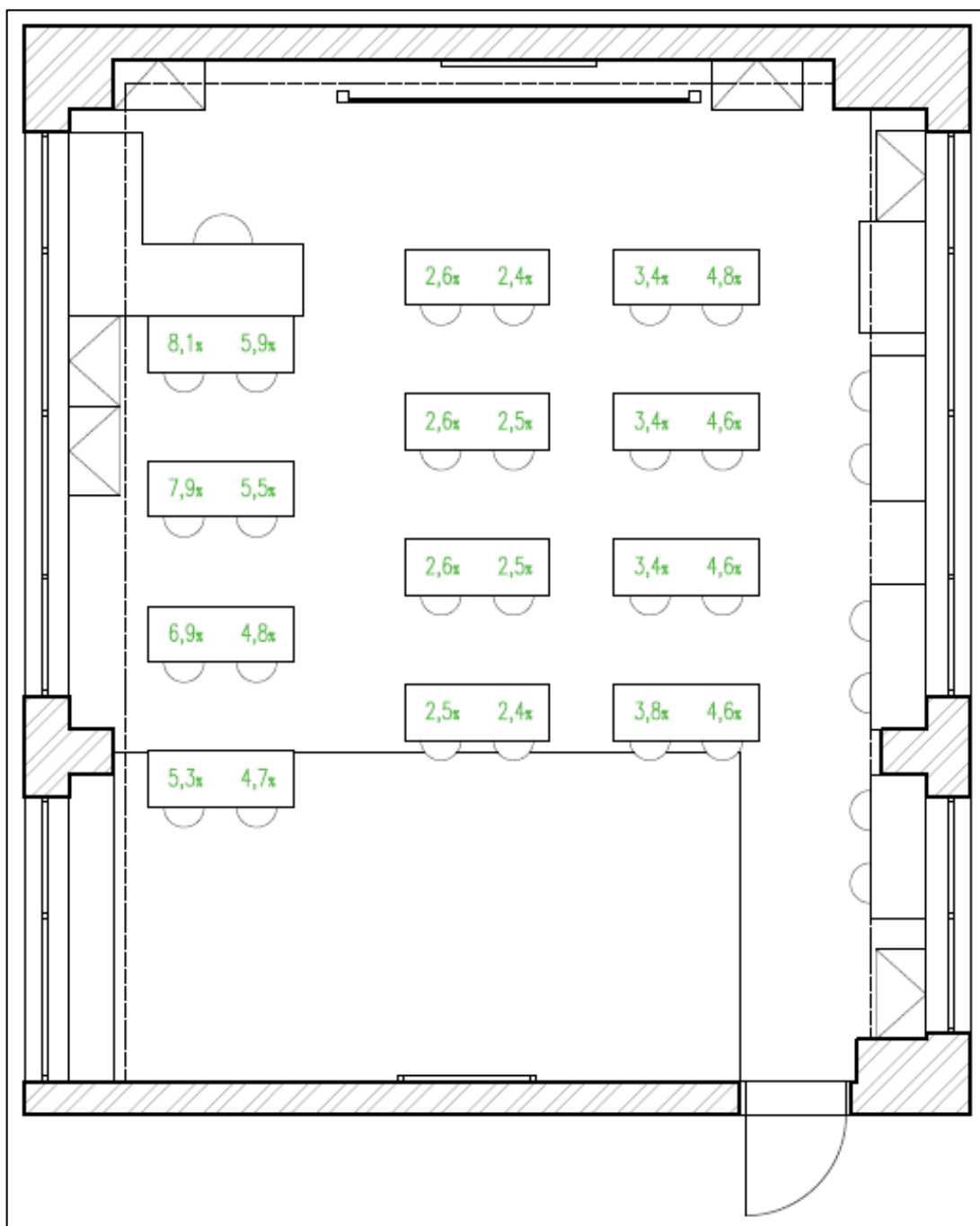
* hodnota převzata z měření činitele prostupu světla okenních výplní v V.A

Tab. 14 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, činitel denní osvětlenosti

Místo	Osvětlenost		Činitel denní osvětlenosti	Místo	Osvětlenost		Činitel denní osvětlenosti
	E_h [lx]	E [lx]			D [%]	E_h [lx]	
1	4805	388	8,1	13	5075	134	2,6
2	4815	284	5,9	14	5095	128	2,5
3	4824	380	7,9	15	5134	135	2,6
4	4834	266	5,5	16	5165	124	2,4
5	4875	337	6,9	17	5195	177	3,4
6	4885	234	4,8	18	5215	251	4,8
7	4915	259	5,3	19	5244	176	3,4
8	4934	231	4,7	20	5294	246	4,6
9	4985	123	2,5	21	5355	183	3,4
10	5005	119	2,4	22	5375	248	4,6
11	5034	133	2,6	23	5425	206	3,8
12	5055	128	2,5	24	5442	252	4,6

Tab. 15 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, rozmístění bodů měření

Okna	Tabule								Okna
	1	2	Ulička	15	16	Ulička	17	18	
	3	4		13	14		19	20	
	5	6		11	12		21	22	
	7	8		9	10		23	24	



Obr. 35 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, činitel denní osvětlenosti D v %

5.3.3.4 Učebna III.C, ZŠ Rakovského v Praze

Tab. 16 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, činitel odrazu světla

Povrch	Barva / povrch	Činitel odrazu světla [-]	
		ČSN 73 0580-1	Naměřeno
stěna / strop	bílá	0,75-0,80	0,82
podlaha	okrová	neuvádí se	0,36
tabule 1	tmavě zelená	0,05-0,20	0,11
tabule 2	bílá	0,75-0,80	0,67
lavice, skříně	dřevo světlé	0,30-0,50	0,33
dveře	dřevo světlé	0,30-0,50	0,31

Tab. 17 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, činitel prostupu světla

Povrch	Činitel prostupu světla [-]		
	ČSN 73 0580-1	Naměřené $\tau_{s,dif}$ [-]	Spočtené $\tau_{s,nor}$ [-]
okno	0,85	0,71*	0,79

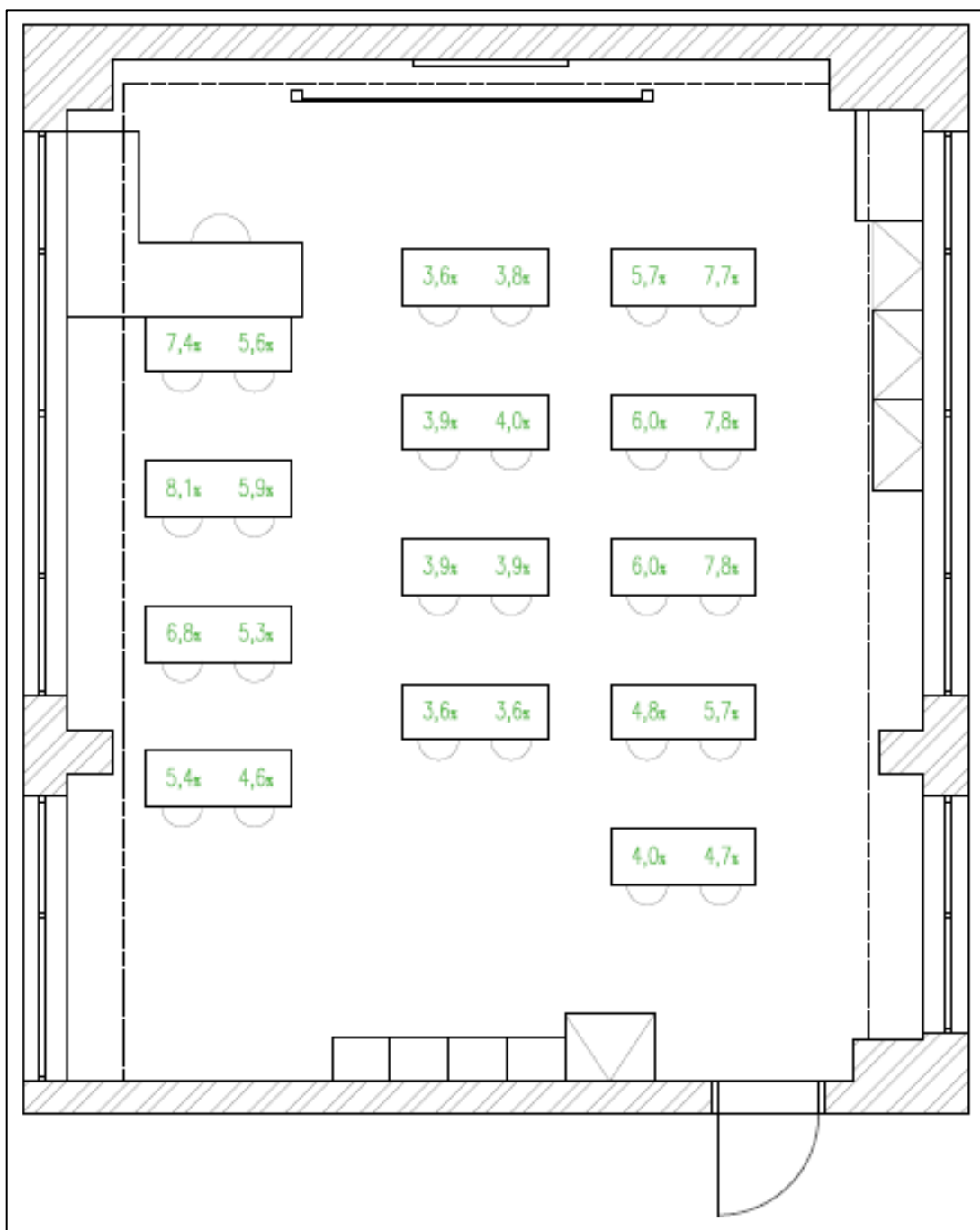
* hodnota převzata z měření činitele prostupu světla okenních výplní v V.A

Tab. 18 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, činitel denní osvětlenosti

Místo	Osvětlenost		Činitel denní osvětlenosti	Místo	Osvětlenost		Činitel denní osvětlenosti
	E_h [lx]	E [lx]			D [%]	E_h [lx]	
1	4785	352	7,4	14	4885	194	4,0
2	4785	269	5,6	15	4885	176	3,6
3	4794	386	8,1	16	4885	186	3,8
4	4805	285	5,9	17	4885	280	5,7
5	4815	327	6,8	18	4885	375	7,7
6	4815	256	5,3	19	4885	292	6,0
7	4824	260	5,4	20	4885	383	7,8
8	4834	224	4,6	21	4885	292	6,0
9	4845	175	3,6	22	4885	380	7,8
10	4855	172	3,6	23	4875	234	4,8
11	4864	188	3,9	24	4875	277	5,7
12	4875	193	3,9	25	4875	196	4,0
13	4875	189	3,9	26	4875	231	4,7

Tab. 19 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, rozmístění bodů měření

Okna	Tabule								Okna
	1	2	Ulička	15	16	Ulička	17	18	
	3	4		13	14		19	20	
	5	6		11	12		21	22	
	7	8		9	10		23	24	
				25	26				



Obr. 36 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, činitel denní osvětlenosti D v %

5.3.3.5 Měření jasů oblohy

Jak bylo popsáno v úvodu kapitoly, kontrola rozložení jasů byla provedena pomocí jasového analyzátoru. Měření by mělo být provedeno nejlépe na co nejvyšším místě, aby nebylo místo měření zcloněno okolními objekty a zelení. Často je měření prováděno na střeše objektu. Přístup na střechu objektů nebyl bohužel ani v jednom případě měření umožněn, proto bylo měření v obou školách provedeno na přilehlém hřišti. Na následujících obrázcích je zobrazeno okolí jasového analyzátoru při měření v ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře a při měření v ZŠ Rakovského v Praze. Na obrázcích je vidět část oblohy, kterou jsme považovali za rovnoměrně zataženou.



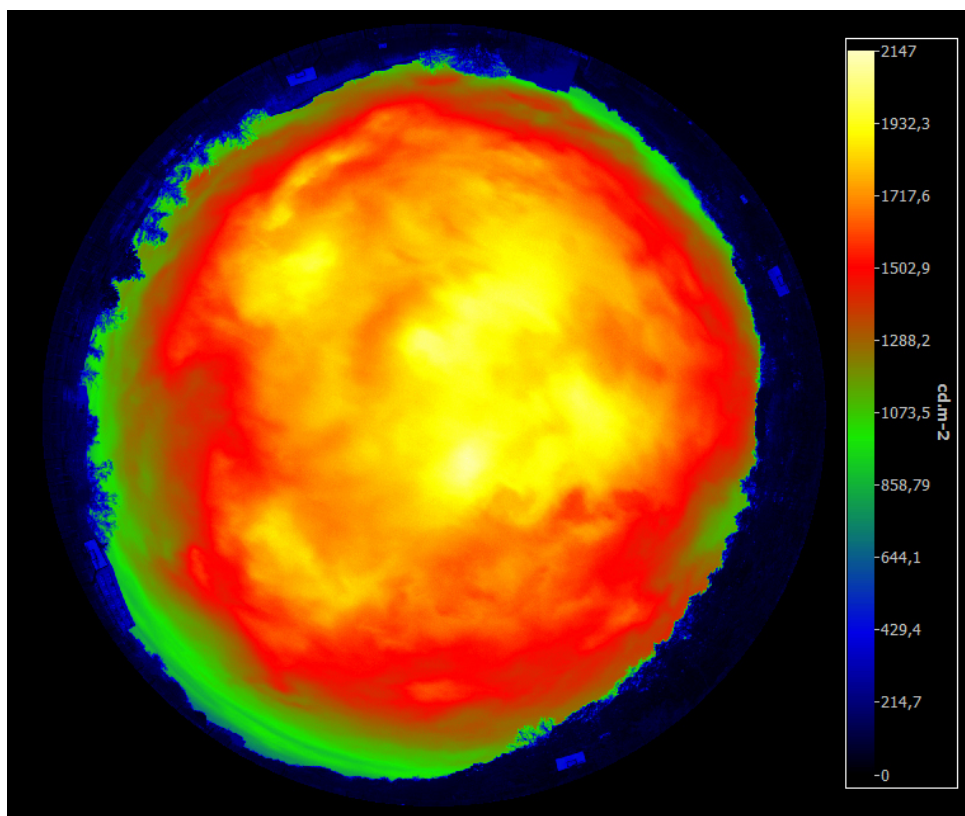
Obr. 37 – Okolí místa měření jasů oblohy a osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny, ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře



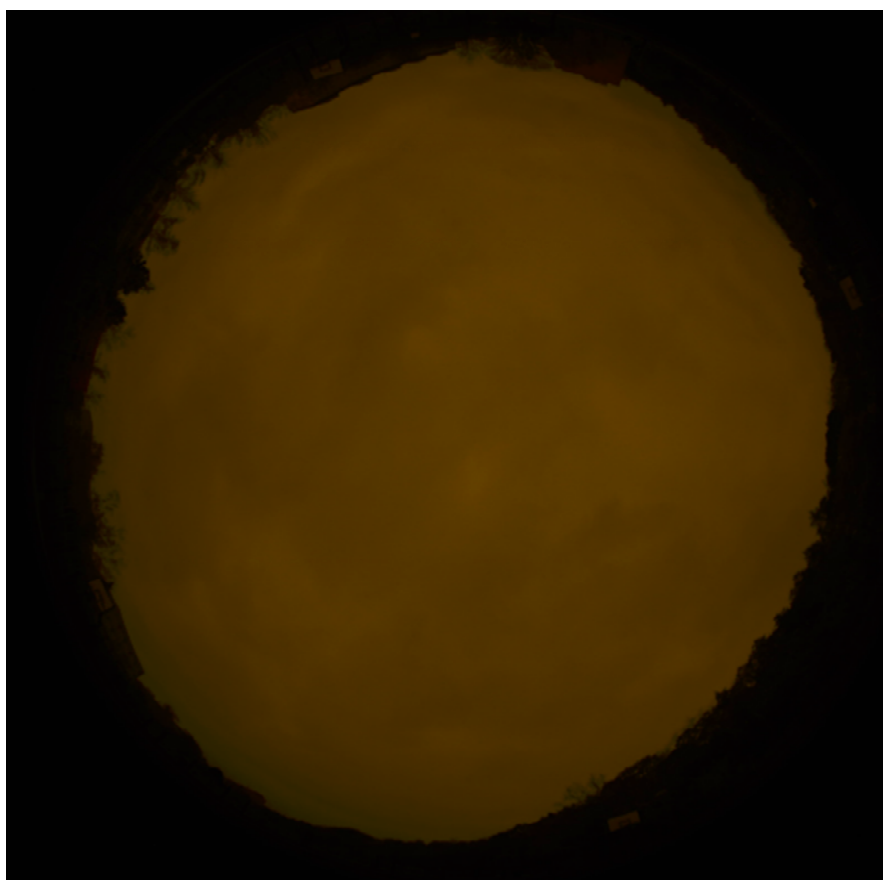
Obr. 38 – Okolí místa měření jasů oblohy a osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny, ZŠ Rakovského v Praze

Před měřeními byly pořízeny snímky s různou délkou expozičního času. Pořízené snímky byly převedeny pomocí výpočtového softwaru LumiDISP [41] na jas a následně do HDR snímku. Výstupem je jasová mapa oblohy. Na následujícím obrázku je zobrazena jasová mapa při měření v ZŠ Rakovského v Praze a dále jeden ze snímků určených pro jasovou analýzu.

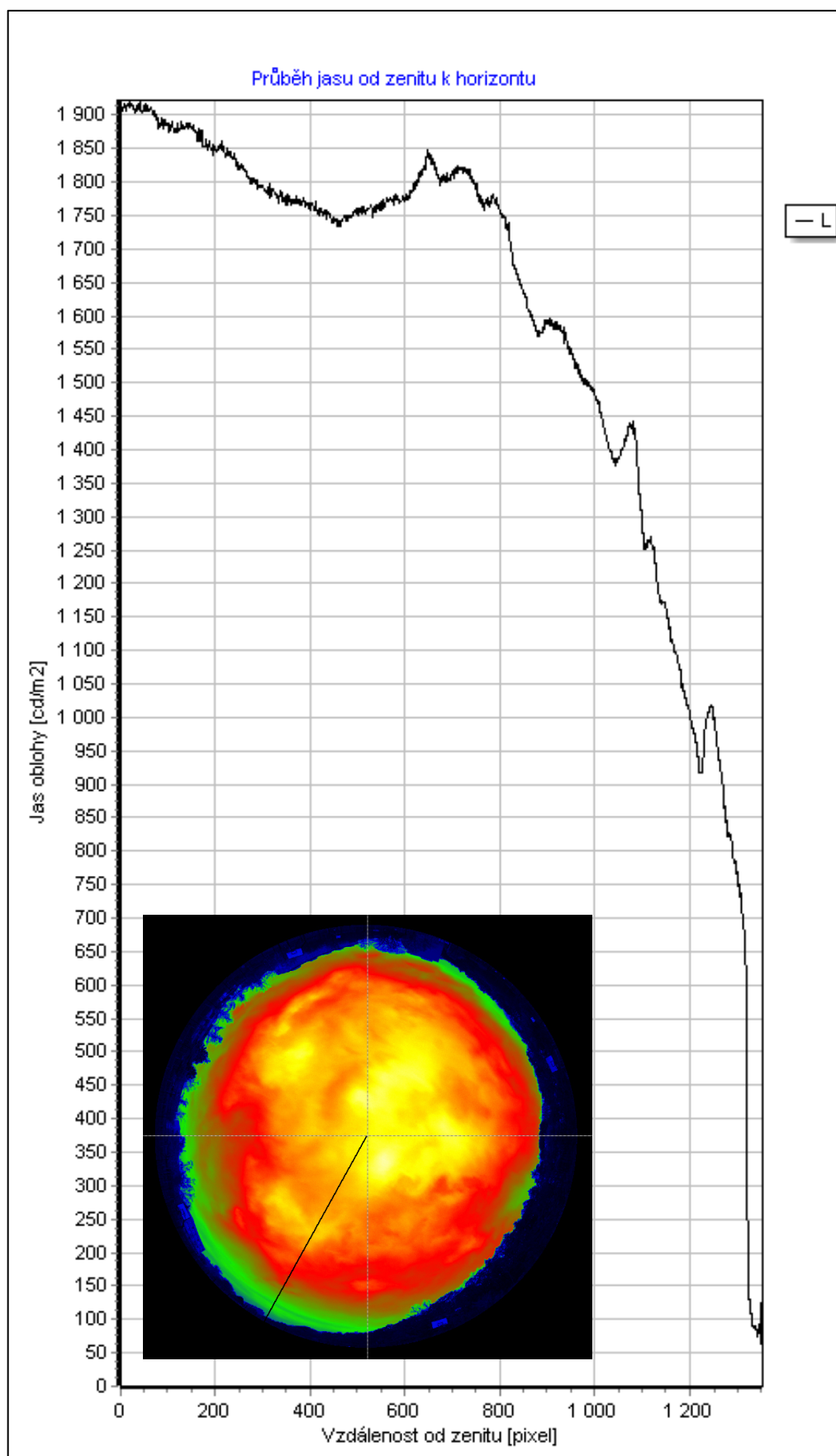
Na obrázku 41 je zobrazen jasový řez s vyznačeným umístěním řezové čáry. V tabulkách pod obrázkem jsou uvedeny konkrétní hodnoty jasů zjištěných z jasového řezu.



Obr. 39 – Jasová mapa oblohy při měření v ZŠ Rakovského v Praze, zdroj: LumiDISP



Obr. 40 – Původní obrázek v RAW formátu, délka expozice 1/1000 s, závěrka clony f/5,6, citlivost ISO 100



Obr. 41 – Jasový řez, průběh jasů od zenitu k horizontu, zdroj: LumiDISP

Tab. 20 – Konkrétní hodnoty jasů oblohy dle jasového řezu

Jas oblohy	Hodnota [cd/m ²]
- v zenitu	1915,0
- v elevačním úhlu 45°	1523,0
- v elevačním úhlu 15°	732,6

Tab. 21 – Poměry jasů

Poměr	Hodnota [-]	Požadované rozmezí [-]
- jasů v elevačním úhlu 15° a jasů v zenitu	0,38	0,3-0,6
- jasů v elevačním úhlu 45° a jasů v zenitu	0,80	0,7-0,85

5.4 Komentář k výsledkům měření

V první třetině praktické části bylo provedeno měření denního osvětlení v učebně jednostranně osvětlené, umístěné ve třetím nadzemním podlaží budovy základní školy v Kutné Hoře, a ve třech učebnách oboustranně osvětlených v prvním, druhém a třetím nadzemním podlaží budovy základní školy v Praze.

Celé měření činitele denní osvětlenosti není samo o sobě příliš složité, ale jeho přesnost je ovlivněna mnohými nejistotami. Tyto nejistoty zahrnují nejistotu měřících přístrojů, chyby měřidel a korekcí nebo chyby zvolené metody. Složitost měření je způsobena tím, že je možné měření provádět pouze při rovnoměrně zatažené obloze, která nastává pouze několik dní v roce. Měření tak vyžaduje značnou flexibilitu, jak ze strany měřičů, tak ze strany personálu, který má umožnit vstup do škol.

Oproti výpočtu je však měřením možné stanovit konkrétní hodnoty činitele odrazu světla ploch v interiéru a činitelů prostupu světla zasklením, které je dále možné použít pro výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti, tedy hodnotícího parametru, v interiéru. Zároveň je možné získat nezakreslené hodnoty, které odpovídají skutečnému stavu místnosti.

Při měření činitele odrazu světla jednotlivých ploch je zajímavá především rozdílnost hodnot činitele odrazu světla daných normou a naměřenými hodnotami. Hodnoty činitelů odrazu světla získané během měření se značně liší oproti hodnotám uvedených v normě a v některých případech ani nespádají do udávaného rozmezí hodnot. Dle mého názoru je daleko efektivnější a přesnější použití vzorníku barev s konkrétními činiteli odrazu světla pro jednotlivé barvy.

Naměřené hodnoty činitele denní osvětlenosti v ZŠ Rakovského v Praze odpovídají předpokládanému průběhu rozložení hodnot od prvního do třetího nadzemního podlaží. Čím výše je učebna umístěná, tím vzrůstá oblohová složka činitele denní osvětlenosti a sít bodů vykazuje vyšší hodnoty.

Zajímavým zjištěním je rozdíl mezi výsledky činitele denní osvětlenosti v učebně jednostranně osvětlené ve třetím nadzemním podlaží, která nebyla téměř ničím stíněna, a výsledky činitele denní osvětlenosti v učebně oboustranně osvětlené ve druhém nadzemním podlaží, která byla stíněna z obou stran. Jednostranně osvětlená učebna ve třetím nadzemním podlaží byla i přes svou polohu v nejvyšším patře a volné prostranství před okny místnosti z hlediska hodnot činitele denní osvětlenosti horší než oboustranně osvětlená učebna umístěná ve druhém nadzemním podlaží.

Plocha s vyhovujícími cílovými hodnotami činitele denní osvětlenosti v oboustranně osvětlené učebně v prvním nadzemním podlaží není výrazně nižší než v jednostranně osvětlené učebně v prvním nadzemním podlaží.

Oboustranně osvětlené učebny vykazují vyšší hodnoty rovnoměrnosti, které jsou dány lepším rozložením světla. Hodnoty rovnoměrnosti denního světla v jednotlivých učebnách zjištěné měřeními dosahují následujících hodnot:

- učebna IX.A – rovnoměrnost 0,17,
- učebna V.A – rovnoměrnost 0,23,
- učebna III.A – rovnoměrnost 0,30,
- učebna III.C – rovnoměrnost 0,44.

Z naměřených hodnot je zřejmé, že rovnoměrnost denního osvětlení je v prvním nadzemním podlaží oboustranně osvětlené učebny stíněné z obou stran vyšší než rovnoměrnost v jednostranně osvětlené učebně ve třetím nadzemním podlaží bez stínění. S vyšším umístěním učebny o jedno podlaží jsou hodnoty rovnoměrnosti vyšší zhruba o jednu desetinu.

Jak bylo popsáno v předchozích kapitolách, rovnoměrnost denního osvětlení je důležitým parametrem při návrhu učeben, protože zajišťuje vhodné zrakové podmínky pro žáky.

6 Výpočet

V následující kapitole je popsán výpočet hodnotících veličin ve všech místnostech podle vstupních údajů uvedených v předchozí kapitole. Výpočet je proveden pro stejné učebny, ve kterých bylo provedeno měření.

6.1 Výpočtový model

Pro výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti byl použit program BuildingDesign [42], který byl vyvinut společností ASTRA MS Software s.r.o. Program je určen pro výpočet doby proslunění, oslunění, denního osvětlení a návrh a posouzení umělého osvětlení v jednotlivých modulech. Moduly pro výpočet doby proslunění a oslunění a denního osvětlení jsou rozděleny na výpočet podle ČSN 73 0580-1 [33] a ČSN EN 17 037 [35].

Výpočet je proveden pro ověření požadavků dle ČSN 73 0580-3 [34] a požadavků dle ČSN EN 17 037 [35]. Podkladem pro výpočtový model byly katastrální mapy ve formátu .dxf. [43] Katastrální mapy byly upraveny ve studentské verzi programu AutoCAD 2018. [44] Výšky budov byly stanoveny v případě kutnohorské školy odhadem, v případě pražské školy z dat Budovy 3D hl. m. Prahy dostupných z [45]. Učebny byly modelovány podle rozměrů zjištěných na místě.

Vstupními daty pro výpočet jsou činitel odrazu světla povrchů v interiéru a v exteriéru, činitel prostupu světla výplně okenního otvoru, činitel znečištění na vnější a vnitřní straně výplně okenního otvoru a činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo.

Činitele odrazu světla povrchů v interiéru jsou převzaty z měření. Činitele odrazu světla povrchů v exteriéru jsou převzaty dle doporučení normy ČSN 73 0580-1 [33]. Činitel prostupu světla výplně okenního otvoru je převzat z měření. Činitele znečištění na vnější a vnitřní straně výplně okenního otvoru jsou převzaty z normy ČSN 73 0580-1 [33]. Jedná se o svislý osvětlovací otvor se sklonem 90°. Znečištění venkovního vzduchu je střední (platí pro většinu běžných sídlišť), znečištění vzduchu ve vnitřním prostředí je malé (pro školy). Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo je dopočten jako podíl plochy zasklení a plochy rámu

výplně okenního otvoru. V tabulkách níže jsou dále uvedeny činitele zohledňující vliv stínění konstrukcemi budovy, zařízení pro regulaci osvětlení a stínění vnitřním zařízením budovy.

V každé učebně byl vypočítán činitel denní osvětlenosti, rovnoměrnost, poměrná pozorovací vzdálenost a parametry výhledu. Hodnocení činitele denní osvětlenosti je provedeno z hlediska staré normy ČSN 73 0580-3 [34] a z hlediska nové normy ČSN EN 17 037 [35]. Požadavky uvedené v normě ČSN 73 0580-3 [34] již nejsou v platnosti, hodnocení je provedeno za účelem srovnání obou způsobů hodnocení.

6.2 Učebna IX.A v ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře

6.2.1 Vstupní data

V následujících tabulkách jsou uvedeny vstupní údaje pro výpočet, které byly převzaty z měření nebo z předchozí kapitoly. Na obrázcích níže je zobrazen výpočtový model základní školy a dva pohledy do modelované učebny.

Tab. 22 – Použité činitele odrazu světla v exteriéru

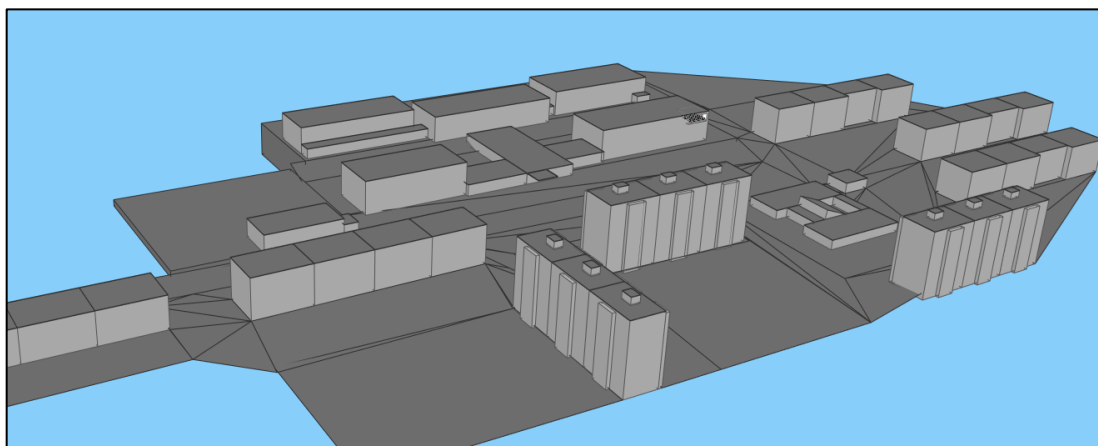
Označení	Povrch	Činitel odrazu světla [-]
ρ_1	terén	0,10
ρ_2	průčelí okolních budov	0,30
ρ_3	ploché střechy	0,10

Tab. 23 – Použité činitele odrazu světla v interiéru

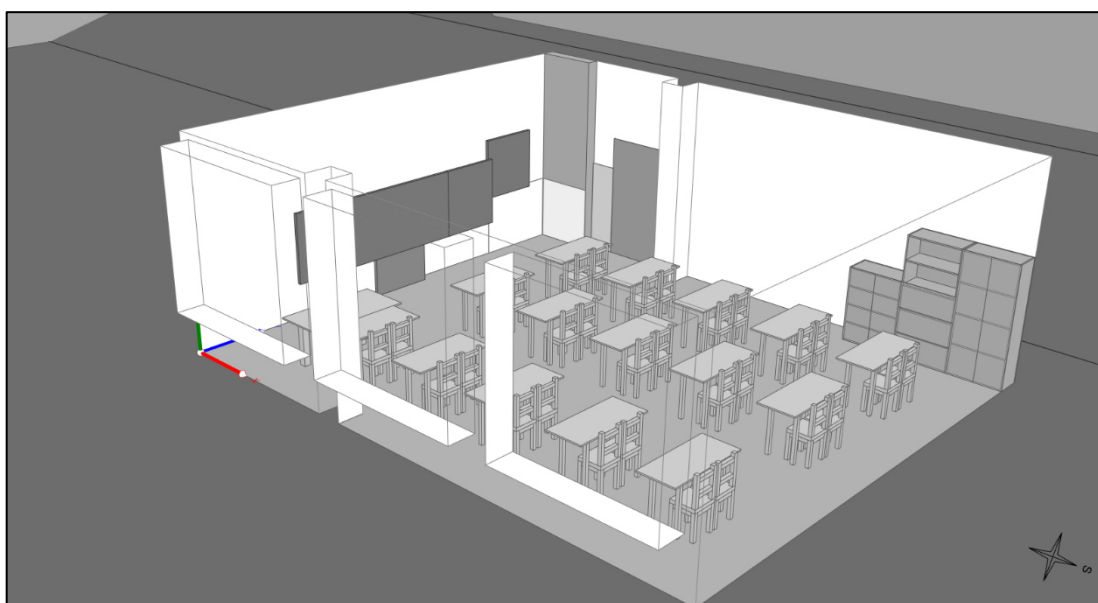
Označení	Povrch	Činitel odrazu světla [-]
ρ_4	strop, stěny	0,82
ρ_5	stěna oranžová	0,45
ρ_6	tapeta dřevo	0,59
ρ_7	plech	0,31
ρ_8	tabule vedlejší	0,14
ρ_9	tabule hlavní	0,14
ρ_{10}	stojan tabule	0,19
ρ_{11}	podlaha	0,31
ρ_{12}	lavice	0,39
ρ_{13}	skříně	0,31
ρ_{14}	dveře	0,25

Tab. 24 – Použité činitele související s osvětlovacími otvory

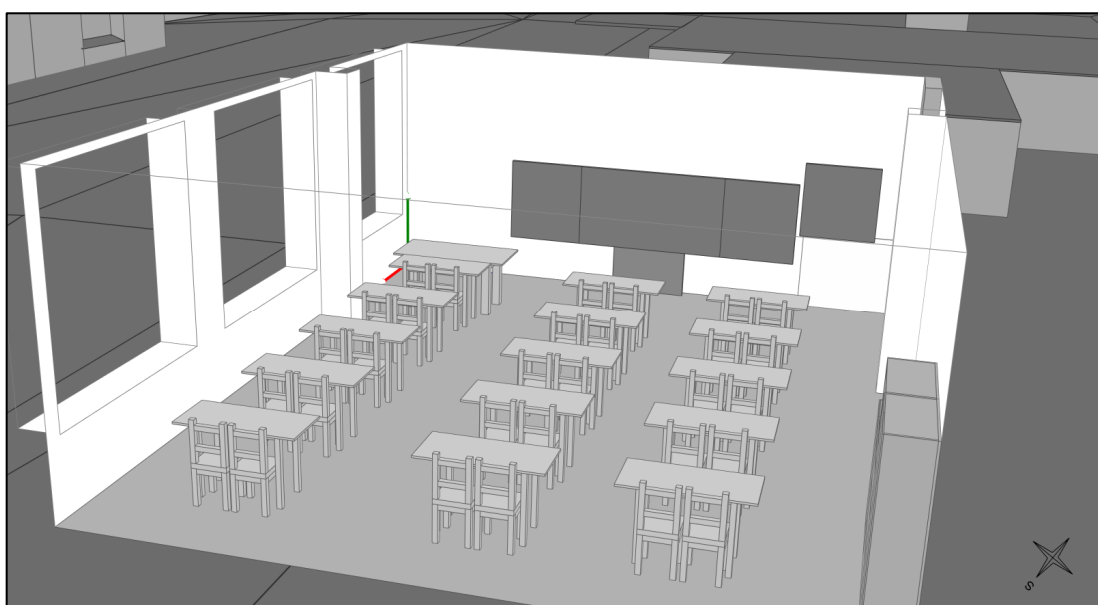
Označení	Veličina	Hodnota [-]
τ_s	Činitel prostupu světla sklem	0,82
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
τ_{ze}	Činitel znečištění na vnější straně	0,90
τ_{zi}	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,62
τ_b	Činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění konstrukcemi budovy	1,00
τ_c	Činitel prostupu světla zohledňující vliv zařízení pro regulaci osvětlení	1,00
τ_v	Činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění vnitřním zařízením budovy	1,00



Obr. 42 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, 3D model – jihovýchodní pohled



Obr. 43 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, 3D model – pohled do učebny 1

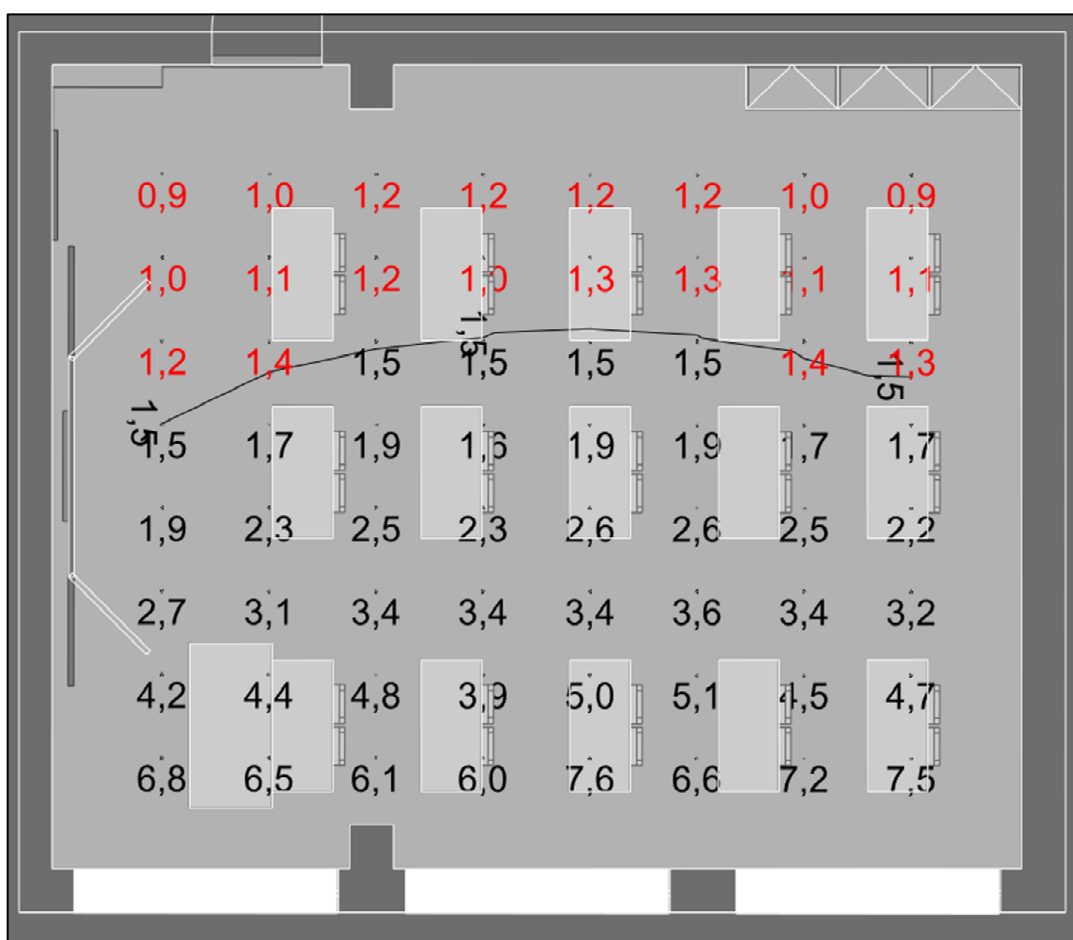


Obr. 44 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, 3D model – pohled do učebny 2

6.2.2 Výstupy a hodnocení dat

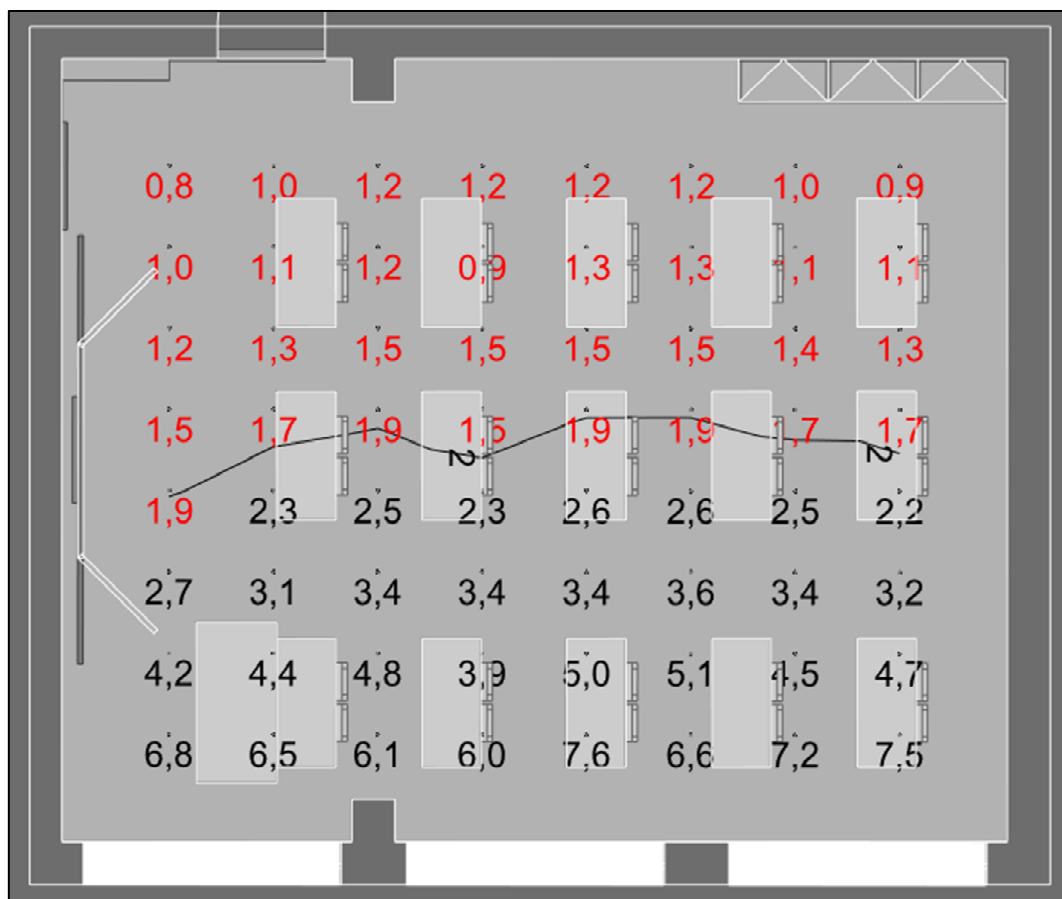
Výpočtem byly stanoveny hodnoty činitele denní osvětlenosti, které byly posouzeny dle požadavků norem ČSN 73 0580-3 [34] a ČSN EN 17 037 [35]. Dále byla spočtena rovnoměrnost denního osvětlení a hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Nakonec byly dopočteny parametry pro posouzení výhledu. Výstupy jsou uvedeny na obrázcích 45 až 50.

Činitel denní osvětlenosti



Obr. 45 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN 73 0580-3

Z obrázku je zřejmé, že požadavkům normy ČSN 73 0580-3 [34] nevyhoví zhruba 1/3 plochy místnosti umístěná ve větší vzdálenosti od oken. Tato plocha zahrnuje 1/3 lavic, na kterých není splněna minimální hodnota činitele denní osvětlenosti. Dle požadavků normy by v této oblasti původně neměla být umístěna pracovní místa.



Obr. 46 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN EN 17 037

Tab. 25 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, hodnocení dle ČSN EN 17 037

Místnost	Cílová hodnota činitele denní osvětlenosti			Minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti		
	D_T [%]	Požadováno v ploše	Splněno v ploše	D_{TM} [%]	Požadováno v ploše	Splněno v ploše
Učebna IX.A	2,0	50 %	48 %	0,7	95 %	100 %

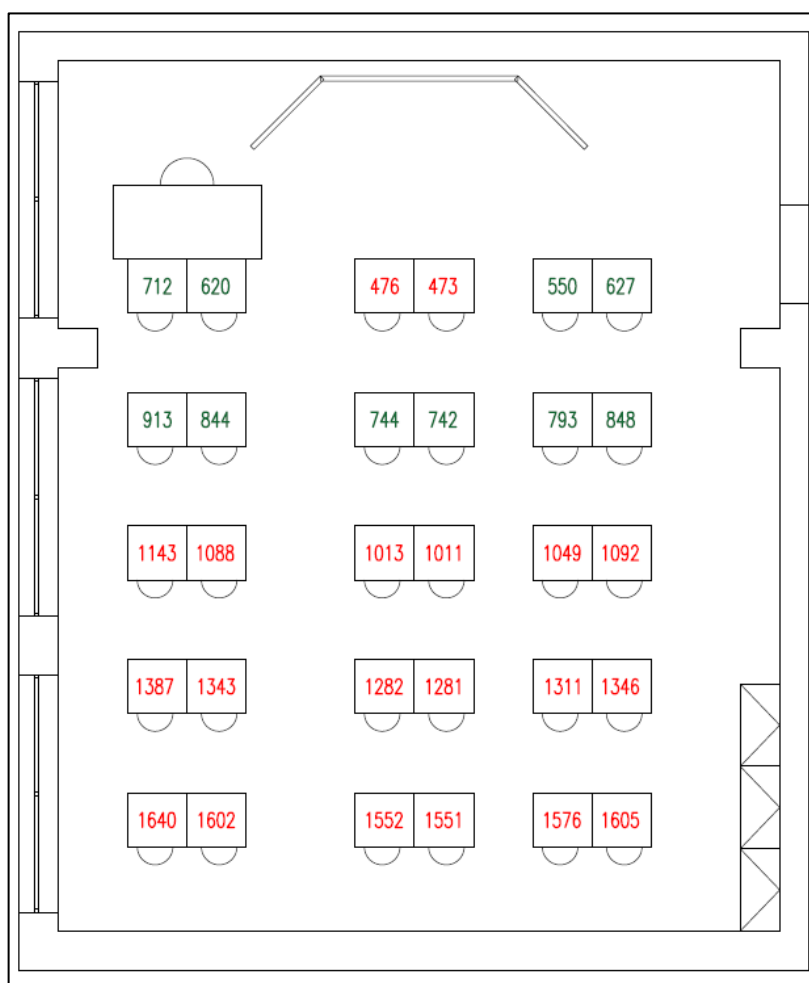
Cílová hodnota činitele denní osvětlenosti je splněna ve 48 % plochy místnosti. To je sice méně, než je požadováno normou, zanedbatelným posunem funkčně vymezené zóny je však možné tento požadavek splnit. Plocha místnosti je 63,9 m², cílová hodnota činitele denní osvětlenosti musí být splněna v 31,95 m², hodnota je splněna v 30,67 m², tedy v ploše o 1,28 m² menší, než je požadováno. Při hloubce místnosti 7,3 m je dostačující posunout hranici funkčně vymezené zóny o několik centimetrů k oknu. Tento stav lze v běžném posouzení v praxi proto považovat za vyhovující.

Rovnoměrnost denního osvětlení

Nejvyšší hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou v oblasti u oken a přesahují hodnoty 7,0 %. Nejnižší hodnoty jsou umístěny nejdále od oken a v některých bodech klesají pod 1,0 %. Rovnoměrnost denního osvětlení v místnosti je 0,118, tedy téměř o 40 % nižší než požadovaná hodnota 0,2 a téměř o 60 % nižší než doporučená hodnota.

Poměrná pozorovací vzdálenost

V následujícím obrázku jsou vypsány vypočtené hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Červeně jsou označeny hodnoty ležící mimo rozmezí požadavku (500-1000), zeleně jsou označeny hodnoty ležící ve zmíněném intervalu. Z obrázku je zřejmé, že jedna třetina posuzovaných míst nemá vhodnou poměrnou pozorovací vzdálenost k rozlišení nejmenšího detailu psaného na tabuli (5 mm = tečka). Jedná se o lavice v zadní části učebny a o prostřední lavici v první řadě.



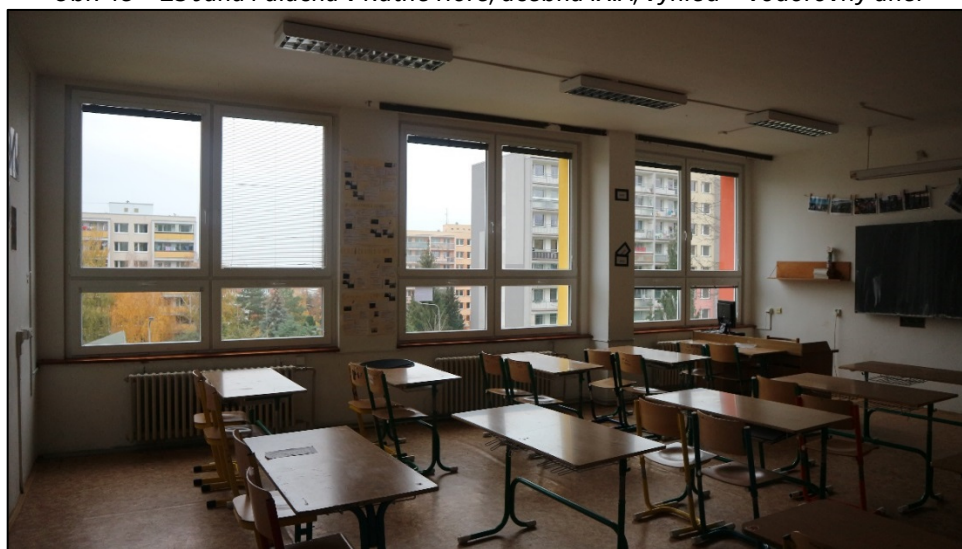
Obr. 47 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, vypočtená poměrná pozorovací vzdálenost

Výhled

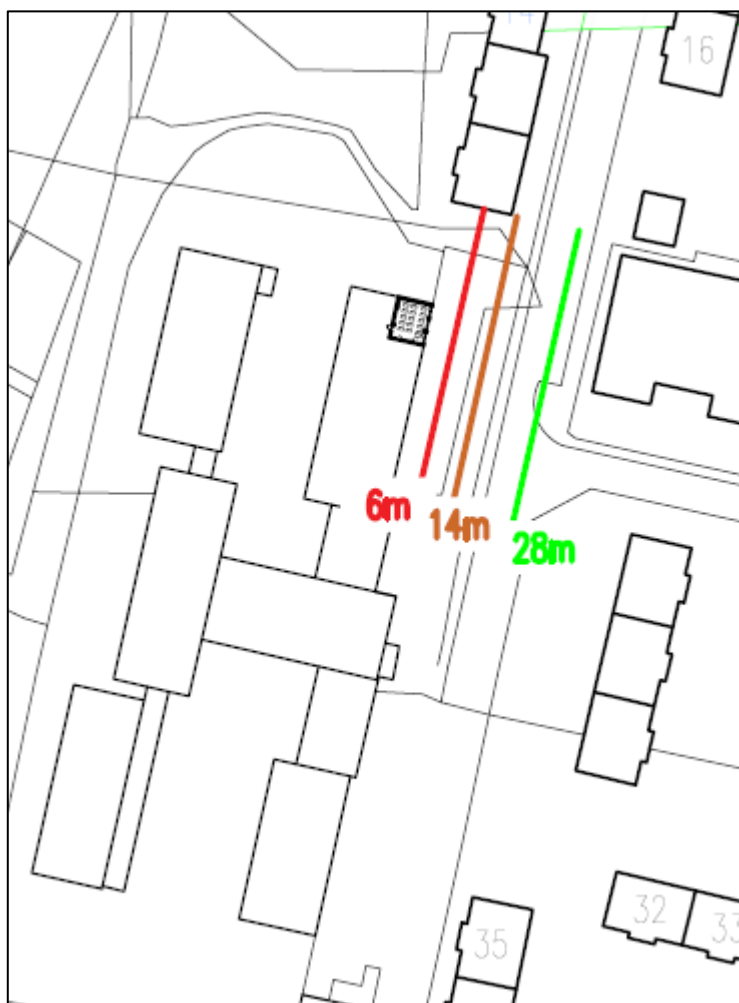
V obrázku 48 jsou vypsány hodnoty vodorovného úhlu při výhledu z okna z místa pozorovatele. Barvy označují okno, ze kterého je vypočten vodorovný úhel. Na obrázku 49 je zobrazen výhled z okna ze zadní části učebny, na obrázku 50 jsou vyznačeny tři úrovně délky výhledu.



Obr. 48 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, výhled – vodorovný úhel



Obr. 49 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, výhled z okna



Obr. 50 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, výhled – délka výhledu

Vodorovný úhel výhledu je ve všech bodech větší než 14° . Všechny tři úrovně délky výhledu jsou zobrazeny na obrázku 50, ve všech bodech je výhled delší než 6 m. Ze všech hodnocených bodů (ve 100 % funkčně vymezené oblasti) je vidět vrstvu městské krajiny a vrstvu oblohy. Ve všech hodnocených bodech jsou splněny požadavky na minimální doporučenou úroveň výhledu.

6.3 Učebna V.A v ZŠ Rakovského v Praze

6.3.1 Vstupní data

V následujících tabulkách jsou uvedeny vstupní údaje pro výpočet, které byly převzaty z měření nebo z předchozí kapitoly. Na obrázcích níže je zobrazen výpočtový model základní školy a dva pohledy do modelované učebny.

Tab. 26 – Použité činitele odrazu světla v exteriéru

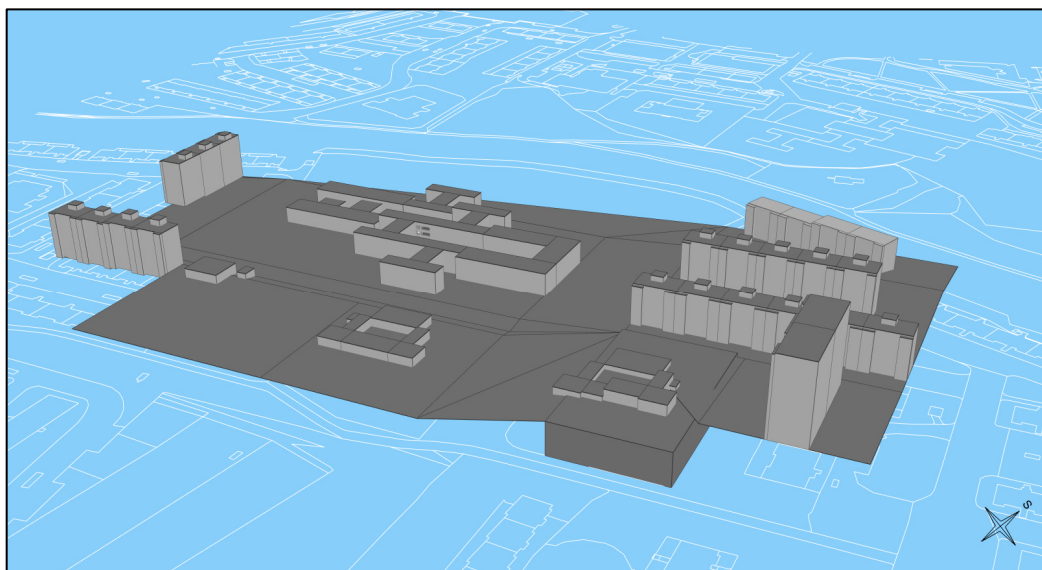
Označení	Povrch	Činitel odrazu světla [-]
ρ_1	terén	0,10
ρ_2	průčelí okolních budov	0,30
ρ_3	ploché střechy	0,10

Tab. 27 – Použité činitele odrazu světla v interiéru

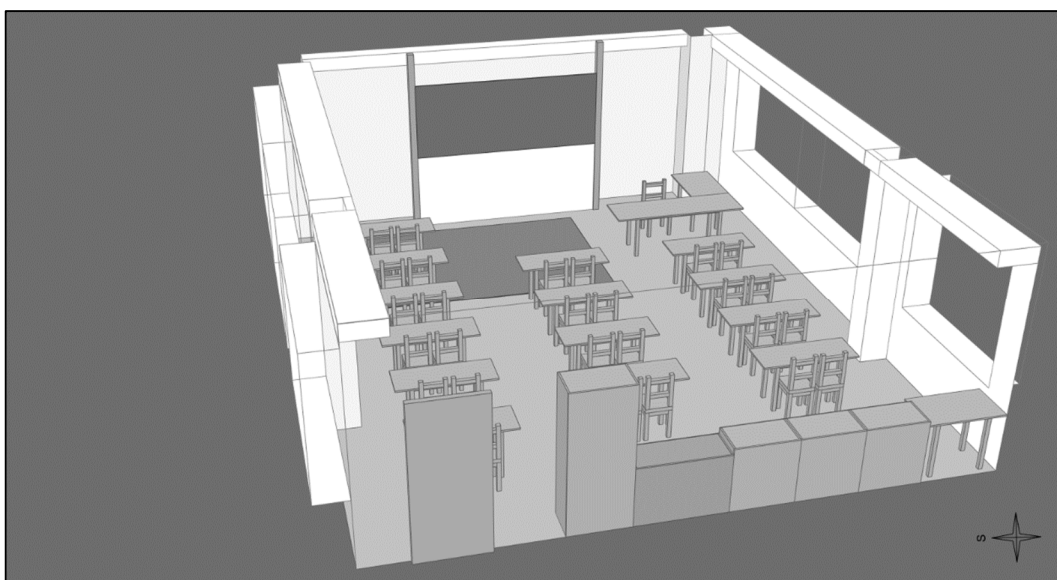
Označení	Povrch	Činitel odrazu světla [-]
ρ_4	strop	0,82
ρ_5	stěna světle zelená	0,56
ρ_6	stěna světle růžová	0,70
ρ_7	koberec	0,17
ρ_8	podlaha	0,36
ρ_9	tabule tmavě zelená	0,11
ρ_{10}	tabule bílá	0,67
ρ_{11}	lavice, skříňe	0,33
ρ_{12}	skříň tmavá	0,27
ρ_{13}	dveře	0,31

Tab. 28 – Použité činitele související s osvětlovacími otvory

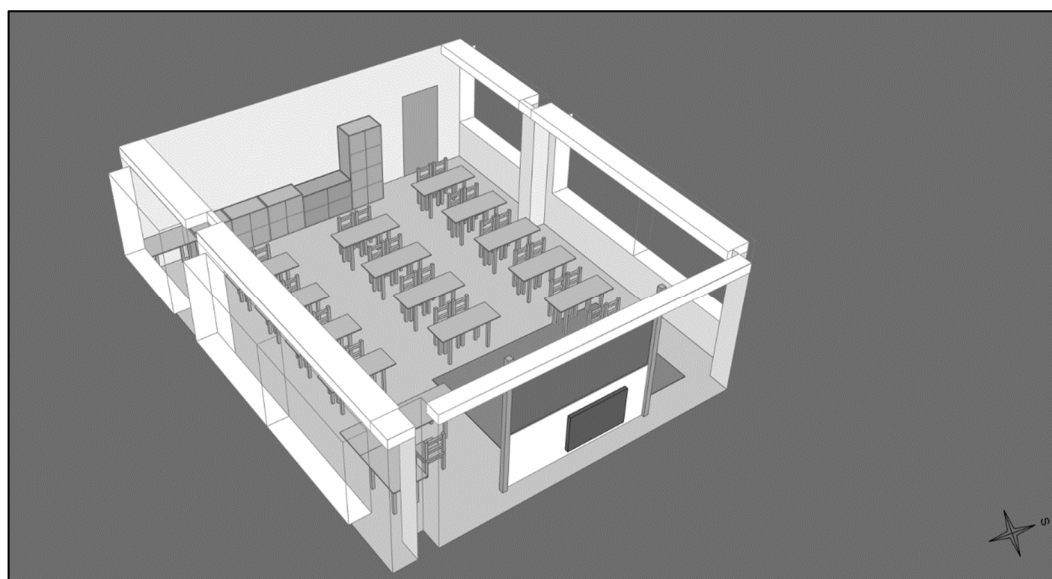
Označení	Veličina	Hodnota [-]
τ_s	Činitel prostupu světla sklem	0,79
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
τ_{ze}	Činitel znečištění na vnější straně	0,90
τ_{zi}	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95
τ_k	Činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,56 a 0,58
τ_b	Činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění konstrukcemi budovy	1,00
τ_c	Činitel prostupu světla zohledňující vliv zařízení pro regulaci osvětlení	1,00
τ_v	Činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění vnitřním zařízením budovy	1,00



Obr. 51 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – jihovýchodní pohled



Obr. 52 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 1

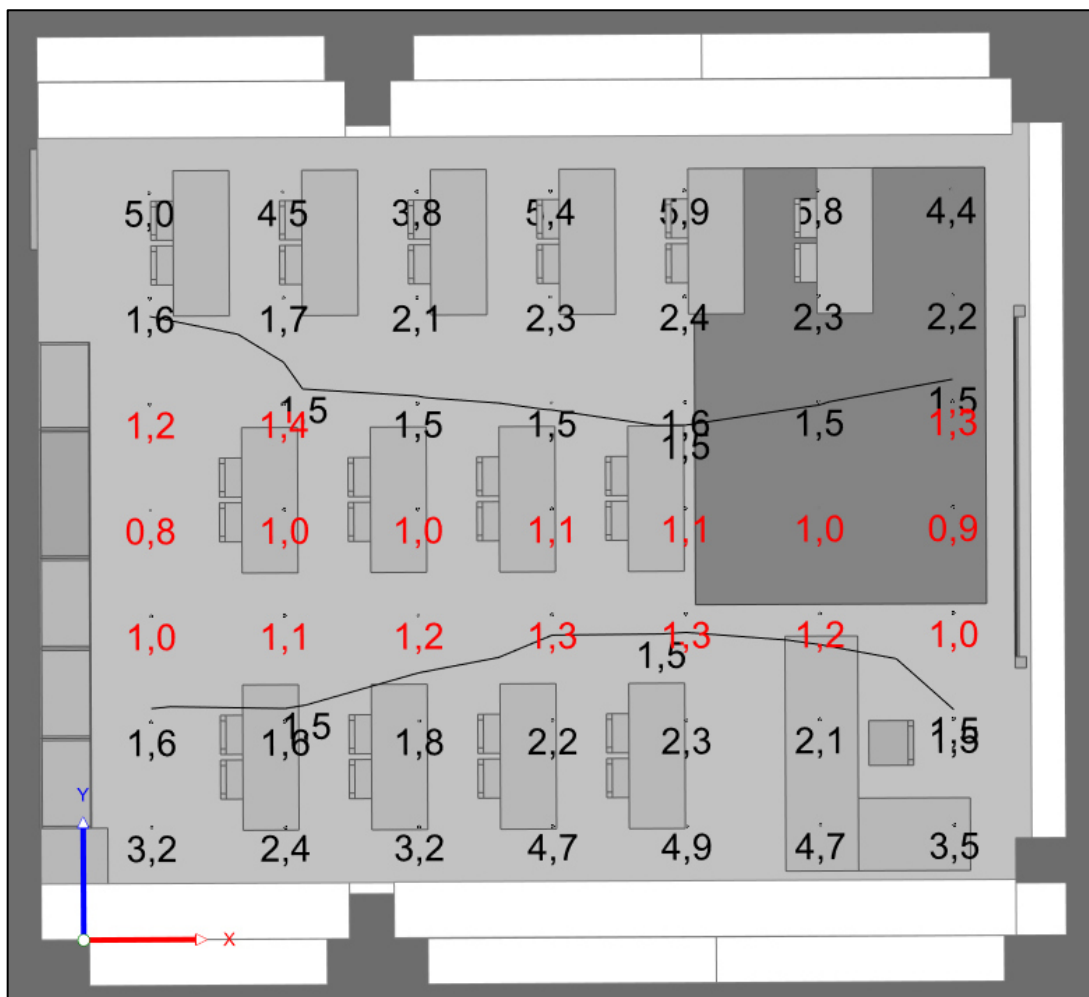


Obr. 53 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 2

6.3.2 Výstupy a hodnocení dat

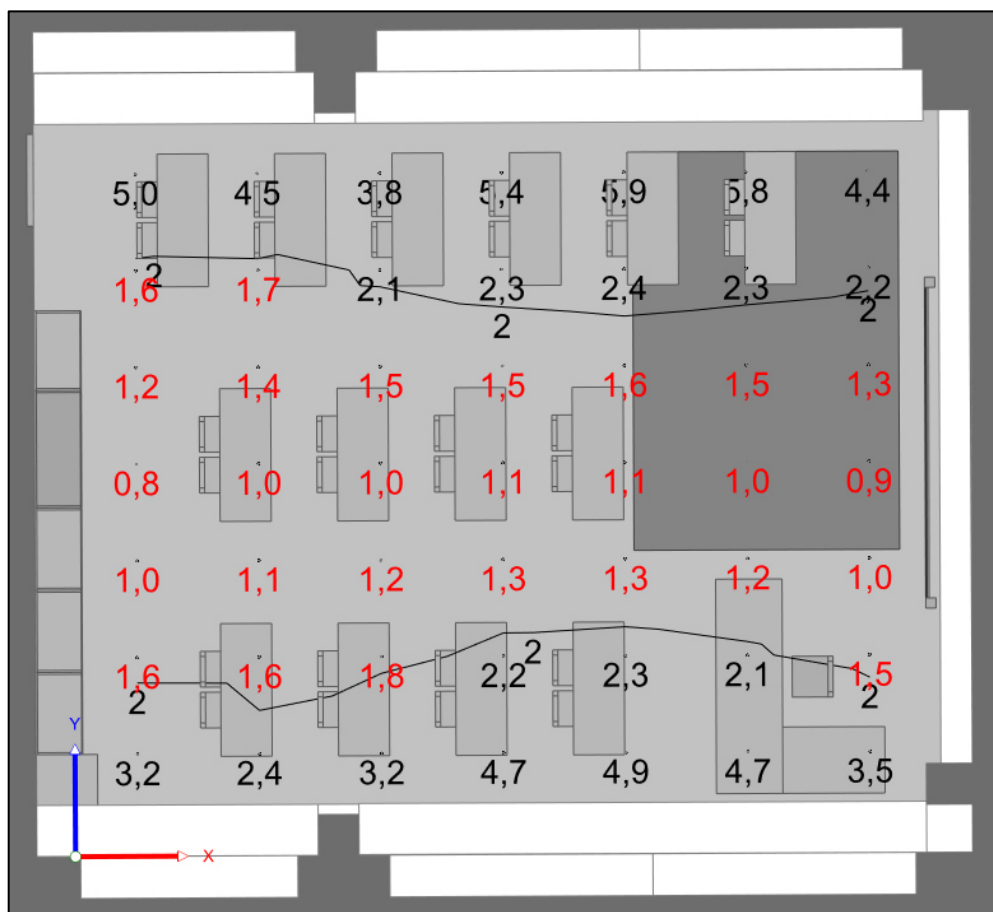
Výpočtem byly stanoveny hodnoty činitele denní osvětlenosti, které byly posouzeny dle požadavků norem ČSN 73 0580-3 [34] a ČSN EN 17 037 [35]. Dále byla spočtena rovnoměrnost denního osvětlení a hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Nakonec byly dopočteny parametry pro posouzení výhledu. Výstupy jsou uvedeny na obrázcích 54Obr. 54 až 60.

Činitel denní osvětlenosti



Obr. 54 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN 73 0580

Z obrázku 54 je zřejmé, že požadavkům normy ČSN 73 0580-3 [34] nevyhoví jedna třetina plochy místnosti umístěná ve středu místnosti. Tato plocha zahrnuje čtyři lavice, na kterých nebude splněna minimální hodnota činitele denní osvětlenosti. Dle požadavků normy by v této oblasti neměla být umístěna pracovní místa.



Obr. 55 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN EN 17 037

Tab. 29 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, hodnocení dle ČSN EN 17 037

Místnost	Cílová hodnota činitele denní osvětlenosti			Minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti		
	D_T [%]	Požadováno v ploše	Splněno v ploše	D_{TM} [%]	Požadováno v ploše	Splněno v ploše
Učebna V.A	2,0	50 %	45 %	0,7	95 %	100 %

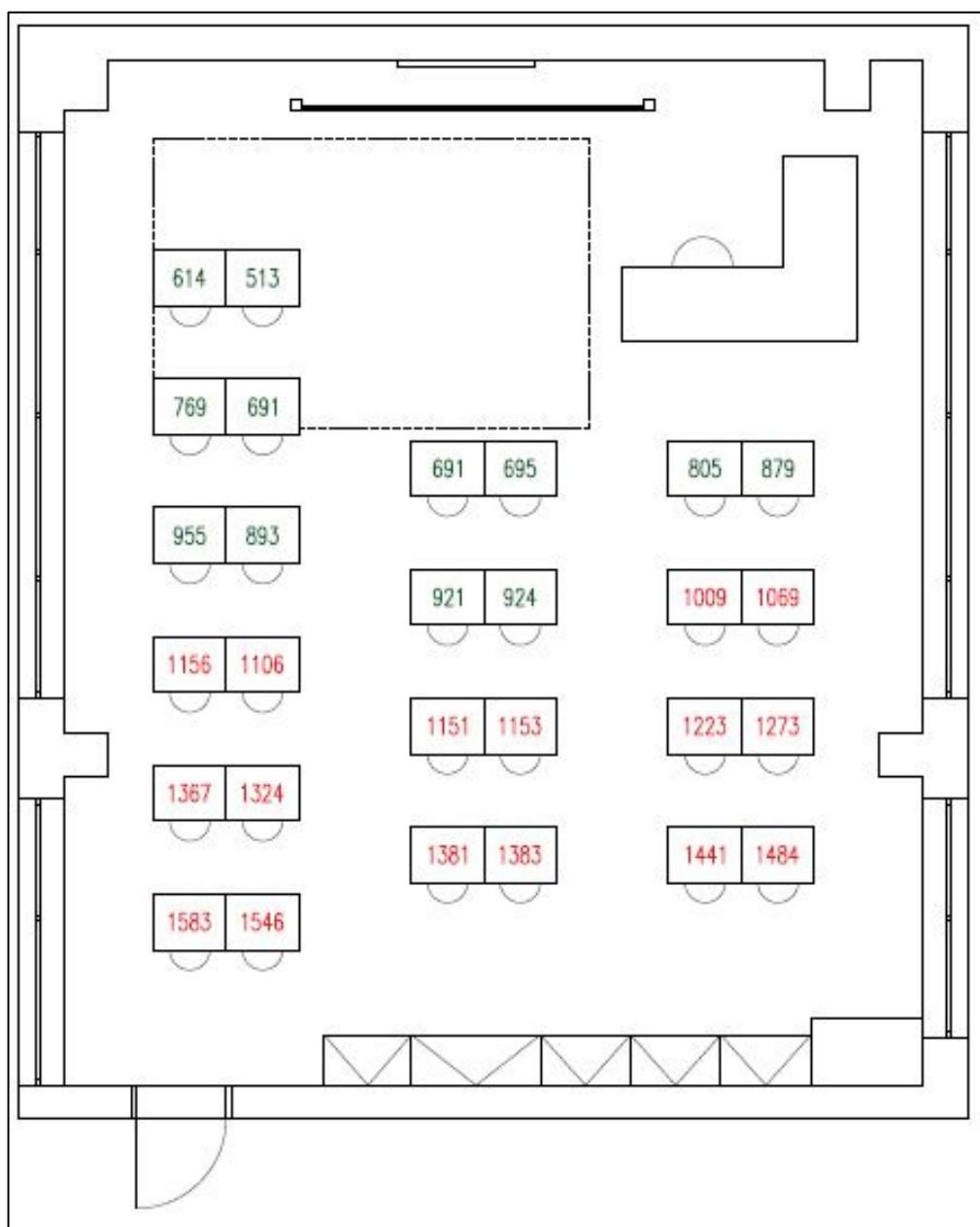
Cílová hodnota činitele denní osvětlenosti je splněna ve 45 % plochy místnosti. To je méně, než je požadováno normou. Vzhledem k tomu, že nevyhovující plocha je uprostřed místnosti, nelze tento stav považovat za vyhovující.

Rovnoměrnost denního osvětlení

Nejvyšší hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou v oblasti u oken a dosahují hodnoty 5,9 %. Nejnížší hodnoty (0,8 %) jsou umístěny ve středu místnosti. Rovnoměrnost denního osvětlení v místnosti je 0,14, tedy téměř o 30 % nižší než požadovaná hodnota 0,2 a téměř o polovinu méně než doporučená hodnota 0,3.

Poměrná pozorovací vzdálenost

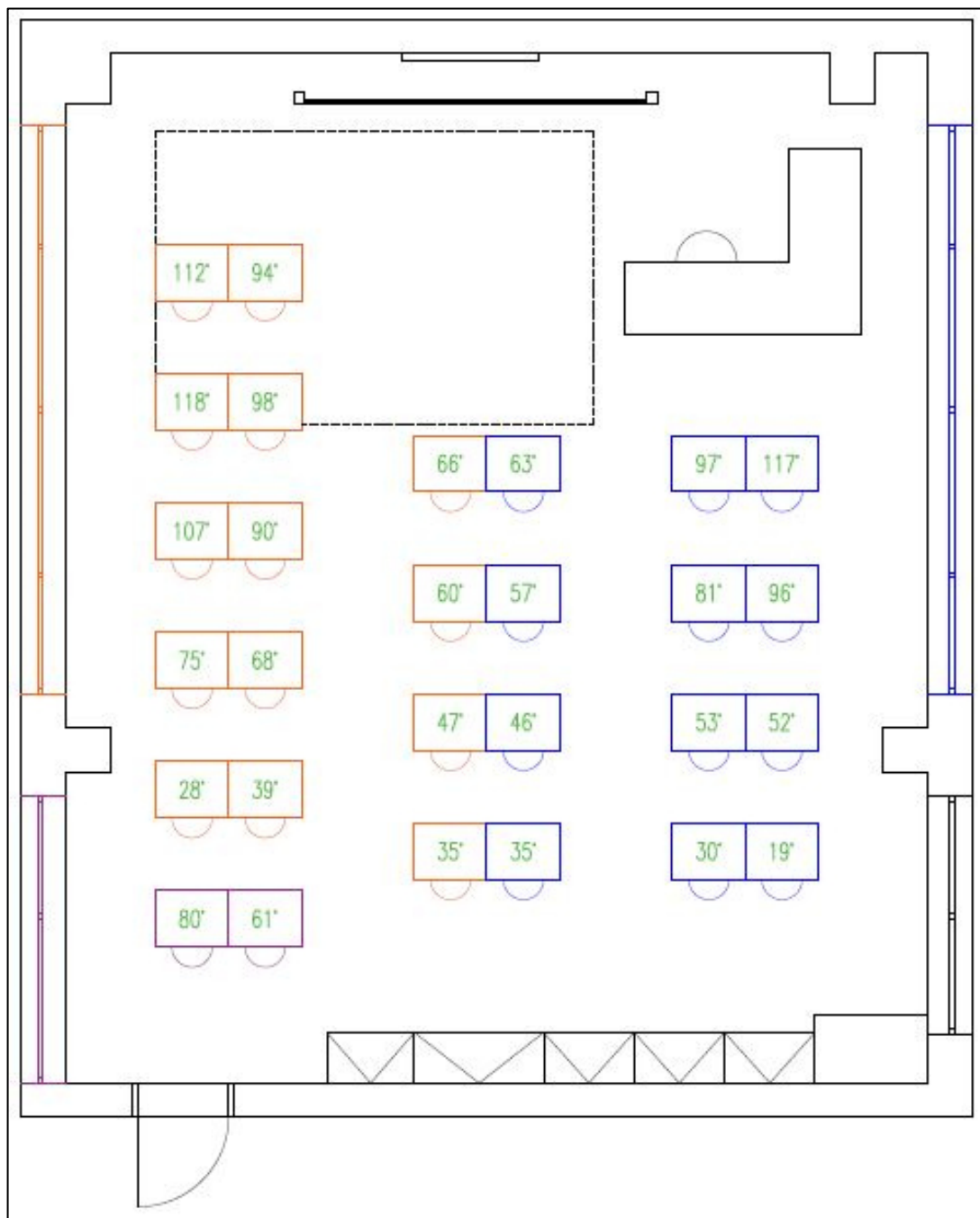
V následujícím obrázku jsou vypsány vypočtené hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Červeně jsou označeny hodnoty ležící mimo rozmezí požadavku (500-1000), zeleně jsou označeny hodnoty ležící ve zmíněném intervalu. Z obrázku je zřejmé, že více než polovina posuzovaných míst nemá vhodnou poměrnou pozorovací vzdálenost k rozlišení nejmenšího detailu psaného na tabuli (5 mm = tečka). Jedná se o lavice v zadní části učebny.



Obr. 56 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, vypočtená poměrná pozorovací vzdálenost

Výhled

V obrázku 57 jsou vypsány hodnoty vodorovného úhlu při výhledu z okna z místa pozorovatele. Barvy označují okno, ze kterého je vypočten vodorovný úhel. Na obrázcích 58 a 59 jsou vidět vrstvy při pohledu z okna. Na obrázku 60 jsou vyznačeny tři úrovně délky výhledu.



Obr. 57 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, výhled – vodorovný úhel



Obr. 58 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, výhled z okna nalevo od tabule



Obr. 59 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, výhled z okna napravo od tabule



Obr. 60 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, výhled – délka výhledu

Vodorovný úhel výhledu je ve všech bodech větší než požadovaných 14° . Všechny tři úrovně délky výhledu jsou zobrazeny na obrázku 60 a ve všech bodech je délka výhledu vyšší než 6 m. Délka výhledu dosahuje 14 m, tedy úrovně střední. Ze všech hodnocených bodů (ve 100 % funkčně vymezené oblasti) je vidět vrstvu městské krajiny. Ve všech hodnocených bodech jsou splněny požadavky na minimální doporučenou úroveň výhledu.

6.4 Učebna III.A v ZŠ Rakovského v Praze

6.4.1 Vstupní data

V následujících tabulkách jsou uvedeny vstupní údaje pro výpočet, které byly převzaty z měření nebo podle předchozí kapitoly. Na obrázcích níže jsou zobrazeny dva pohledy do modelované učebny.

Tab. 30 – Použité činitele odrazu světla v exteriéru

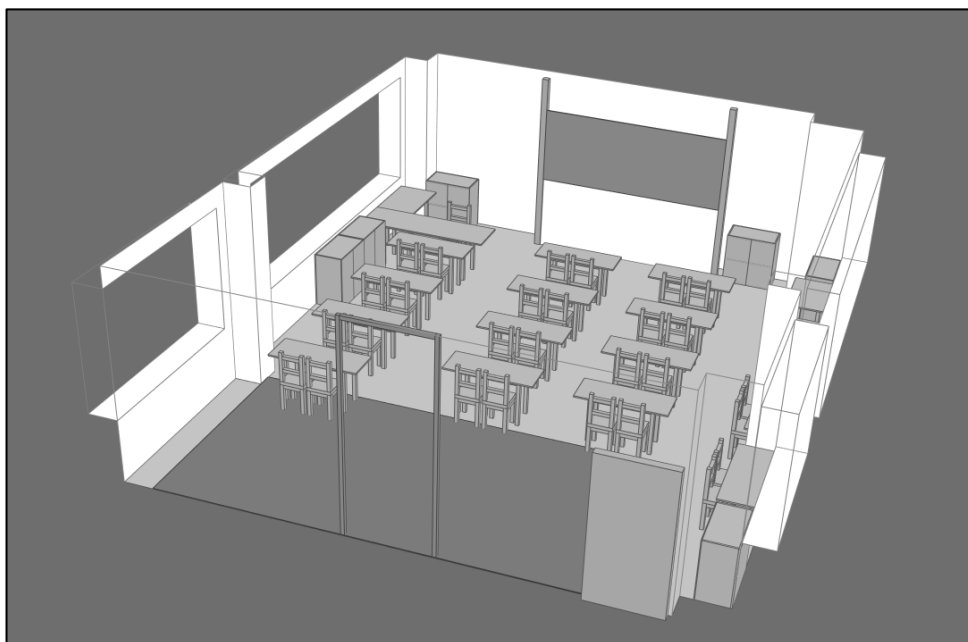
Označení	Povrch	Činitel odrazu světla [-]
ρ_1	terén	0,10
ρ_2	průčelí okolních budov	0,30
ρ_3	ploché střechy	0,10

Tab. 31 – Použité činitele odrazu světla v interiéru

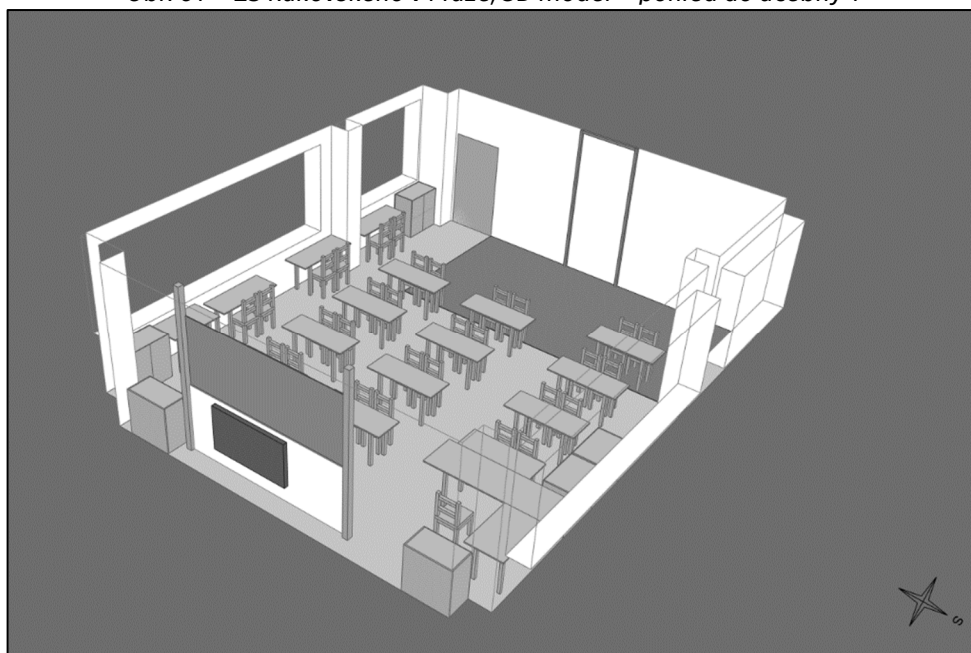
Označení	Povrch	Činitel odrazu světla [-]
ρ_4	strop, stěny	0,82
ρ_5	koberec	0,14
ρ_6	podlaha	0,36
ρ_7	tabule světle modrá	0,20
ρ_8	tabule bílá	0,67
ρ_9	lavice, skříňe	0,33
ρ_{10}	dveře	0,31

Tab. 32 – Použité činitele související s osvětlovacími otvory

Označení	Veličina	Hodnota [-]
τ_s	Činitel prostupu světla sklem	0,79
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
τ_{ze}	Činitel znečištění na vnější straně	0,90
τ_{zi}	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,56 a 0,58
τ_b	Činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění konstrukcemi budovy	1,00
τ_c	Činitel prostupu světla zohledňující vliv zařízení pro regulaci osvětlení	1,00
τ_v	Činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění vnitřním zařízením budovy	1,00



Obr. 61 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 1

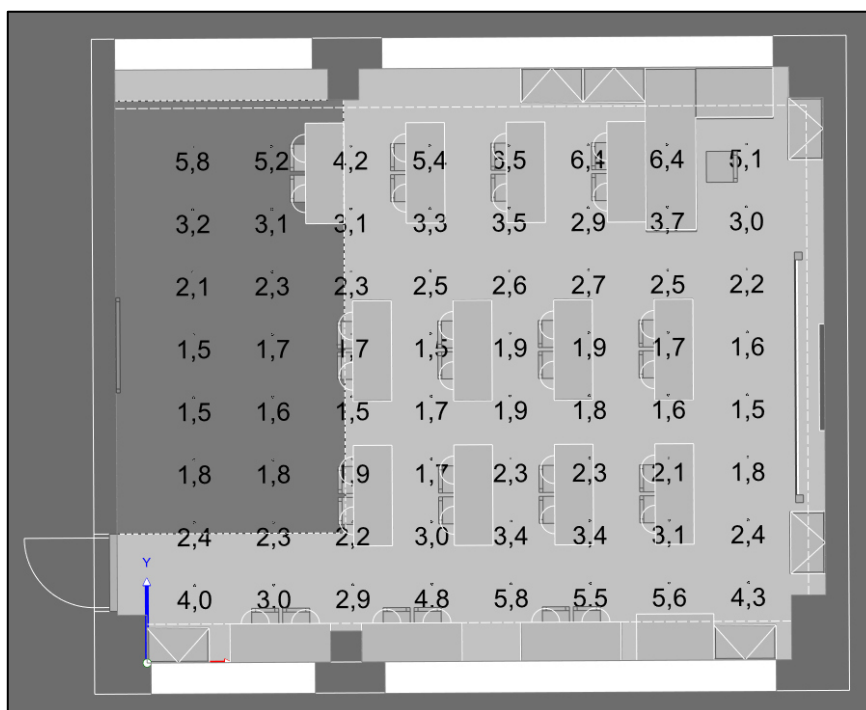


Obr. 62 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 2

6.4.1.1 Výstupy a hodnocení dat

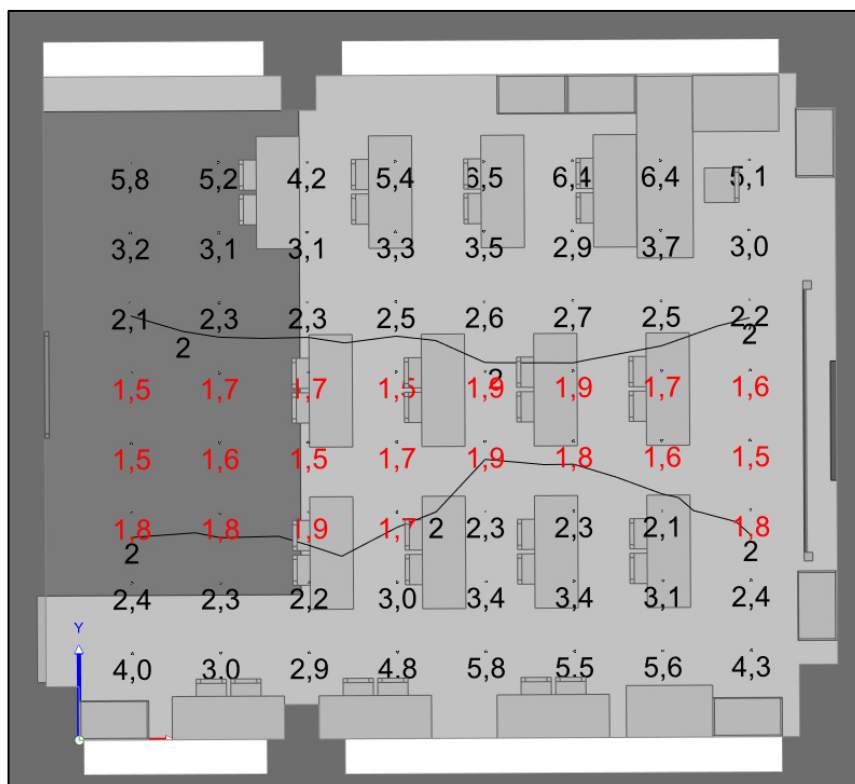
Výpočtem byly stanoveny hodnoty činitele denní osvětlenosti, které byly posouzeny dle požadavků norem ČSN 73 0580-3 [34] a ČSN EN 17 037 [35]. Dále byla spočtena rovnoměrnost denního osvětlení a hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Nakonec byly dopočteny parametry pro posouzení výhledu. Výstupy jsou uvedeny na obrázcích 63 až 69.

Činitel denní osvětlenosti



Obr. 63 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN 73 0580

Z obrázku 63 je zřejmé, že požadavkům normy ČSN 73 0580-3 [34] vyhoví celá plocha místnosti.



Obr. 64 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN EN 17 037

Tab. 33 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, hodnocení dle ČSN EN 17 037

Místnost	Cílová hodnota činitele denní osvětlenosti			Minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti		
	D_T [%]	Požadováno v ploše	Splněno v ploše	D_{TM} [%]	Požadováno v ploše	Splněno v ploše
Učebna III.A	2,0	50 %	67 %	0,7	95 %	100 %

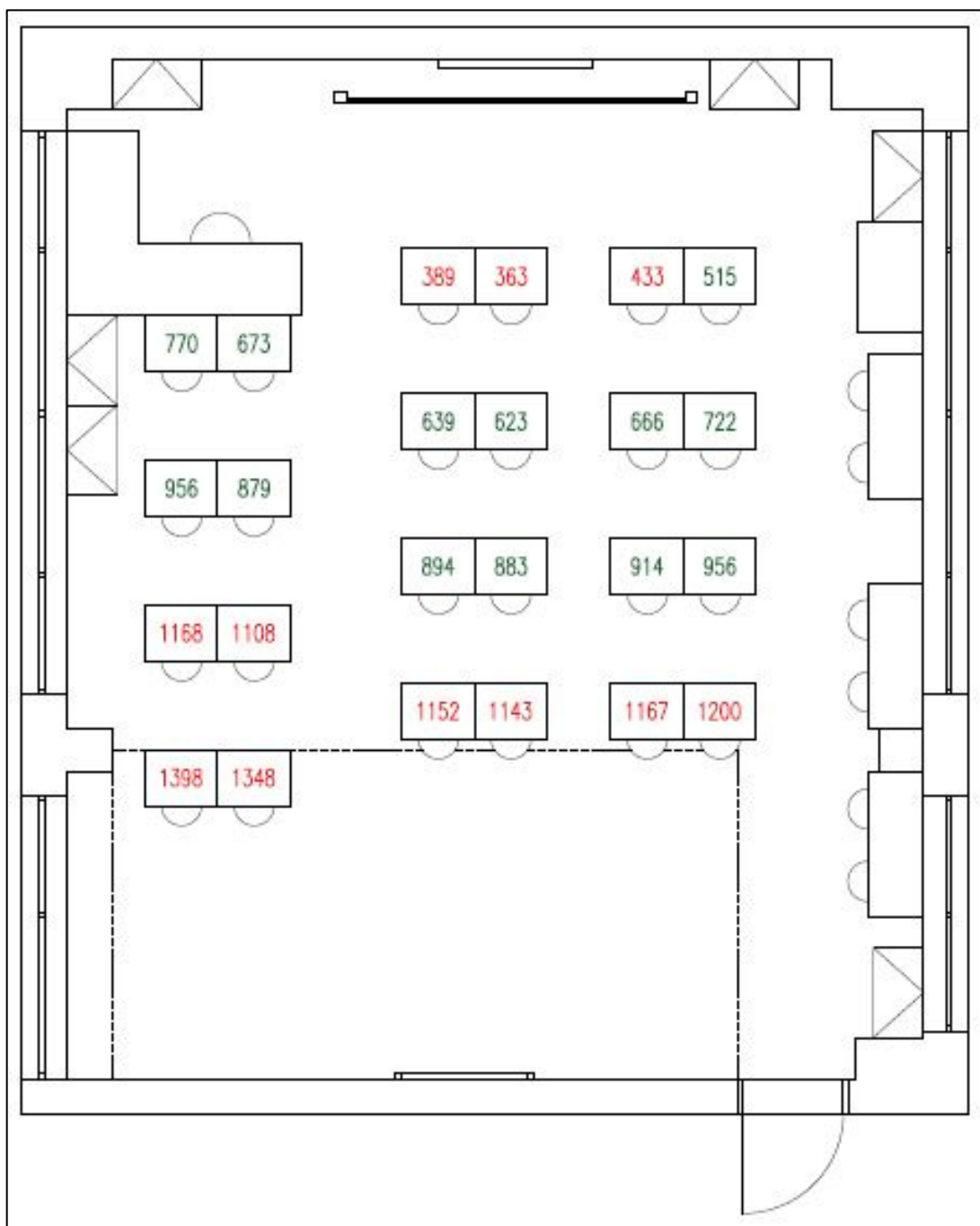
Cílová hodnota činitele denní osvětlenosti je splněna v 67 % plochy místnosti. Z obrázku a z tabulky je zřejmé, že požadavkům normy ČSN EN 17 037 [35] na hodnoty činitele denní osvětlenosti vyhoví celá místnost.

Rovnoměrnost denního osvětlení

Nejvyšší hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou v oblastech u oken a přesahují hodnoty 6,0 %. Nejnížší hodnoty jsou umístěny ve středu místnosti, nejnižší hodnoty jsou 1,5 %. Rovnoměrnost denního osvětlení v místnosti je 0,23 a přesahuje tak požadovanou hodnotu 0,2. Hodnota nedosahuje doporučené hodnoty rovnoměrnosti denního osvětlení.

Poměrná pozorovací vzdálenost

V následujícím obrázku jsou vypsány vypočtené hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Červeně jsou označeny hodnoty ležící mimo rozmezí požadavku (500-1000), zeleně jsou označeny hodnoty ležící ve zmíněném intervalu. Z obrázku je zřejmé, že téměř polovina posuzovaných míst nemá vhodnou poměrnou pozorovací vzdálenost k rozlišení nejmenšího detailu psaného na tabuli (5 mm = tečka). Jedná se o lavice v zadní a přední části učebny.



Obr. 65 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, vypočtená poměrná pozorovací vzdálenost

Výhled

V obrázku 66 jsou vypsány hodnoty vodorovného úhlu při výhledu z okna z místa pozorovatele. Barvy označují okno, ze kterého je vypočten vodorovný úhel. Na obrázcích 67 a 68 je vidět vrstvy při výhledu z okna. Na obrázku 69 jsou vyznačeny tři úrovně délky výhledu.



Obr. 66 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, výhled – vodorovný úhel



Obr. 67 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, výhled z okna nalevo od tabule



Obr. 68 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, výhled z okna napravo od tabule



Obr. 69 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, výhled – délka výhledu

Vodorovný úhel výhledu je ve všech bodech větší než 28° . Všechny tři úrovně délky výhledu jsou zobrazeny na obrázku 69 ve všech bodech delší než 6 m. Délka výhledu dosahuje 14 m, tedy úrovně střední. Ze všech hodnocených bodů (ve 100 % funkčně vymezené oblasti) je vidět vrstvu městské krajiny a oblohy. Ve všech hodnocených bodech jsou splněny požadavky na střední doporučenou úroveň výhledu.

6.5 Učebna III.C v ZŠ Rakovského v Praze

6.5.1 Vstupní data

V následujících tabulkách jsou uvedeny vstupní údaje pro výpočet, které byly převzaty z měření nebo z předchozí kapitoly. Na obrázcích níže jsou zobrazeny dva pohledy do modelované učebny.

Tab. 34 – Použité činitele odrazu světla v exteriéru

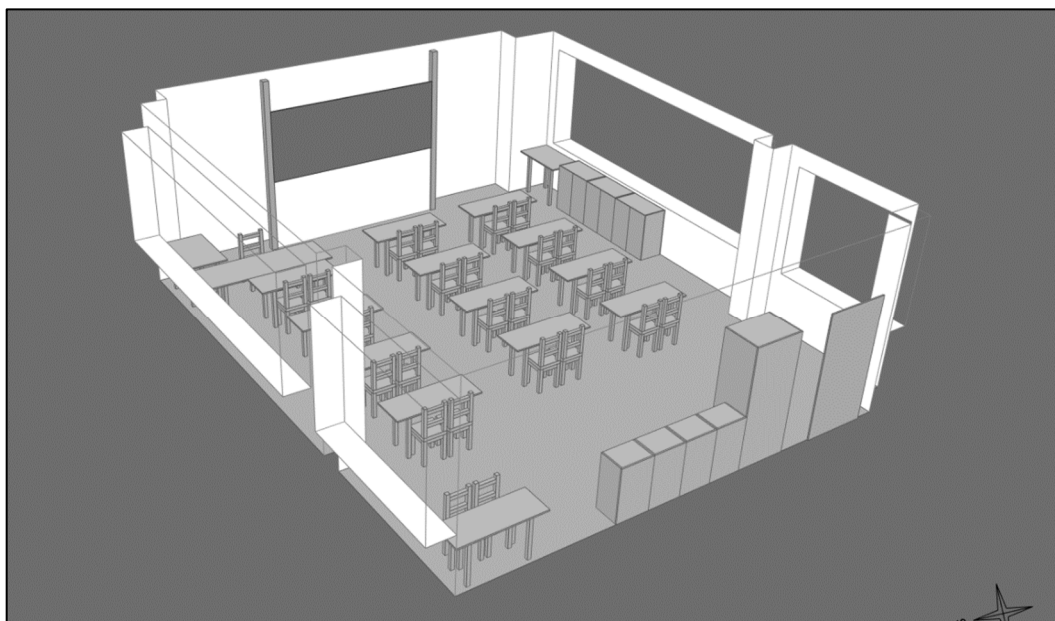
Označení	Povrch	Činitel odrazu světla [-]
ρ_1	terén	0,10
ρ_2	průčelí okolních budov	0,30
ρ_3	ploché střechy	0,10

Tab. 35 – Použité činitele odrazu světla v interiéru

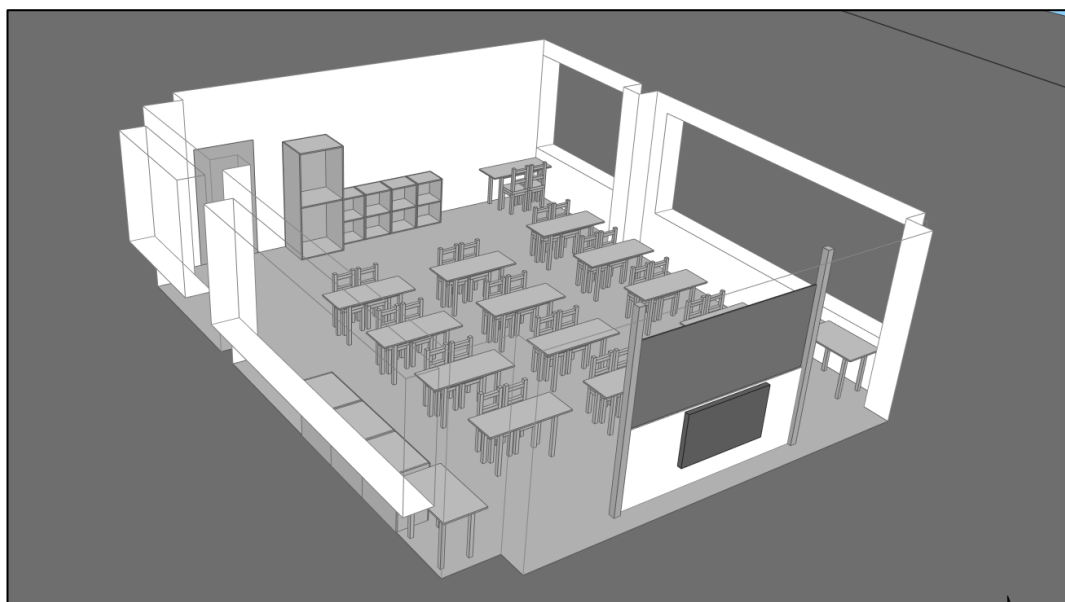
Označení	Povrch	Činitel odrazu světla [-]
ρ_4	strop, stěny	0,82
ρ_5	podlaha	0,36
ρ_6	tabule tmavě zelená	0,11
ρ_7	tabule bílá	0,67
ρ_8	lavice, skříňe	0,33
ρ_9	dveře	0,31

Tab. 36 – Použité činitele související s osvětlovacími otvory

Označení	Veličina	Hodnota [-]
τ_s	Činitel prostupu světla sklem	0,79
τ_z	Činitel znečištění otvoru	0,855
τ_{ze}	Činitel znečištění na vnější straně	0,90
τ_{zi}	Činitel znečištění na vnitřní straně	0,95
τ_k	Činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo	0,56-0,58
τ_b	Činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění konstrukcemi budovy	1,00
τ_c	Činitel prostupu světla zohledňující vliv zařízení pro regulaci osvětlení	1,00
τ_v	Činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění vnitřním zařízením budovy	1,00



Obr. 70 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 1

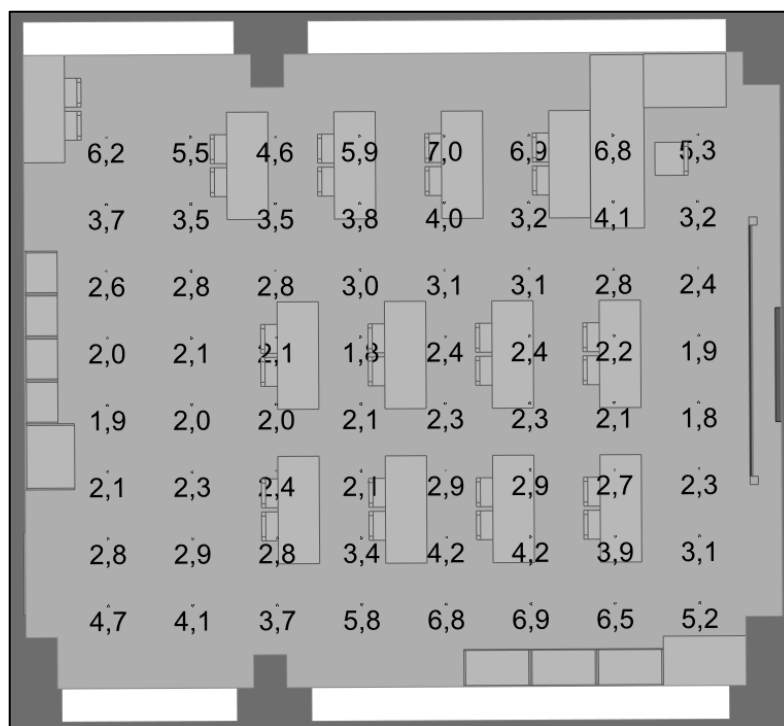


Obr. 71 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 2

6.5.2 Výstupy a hodnocení dat

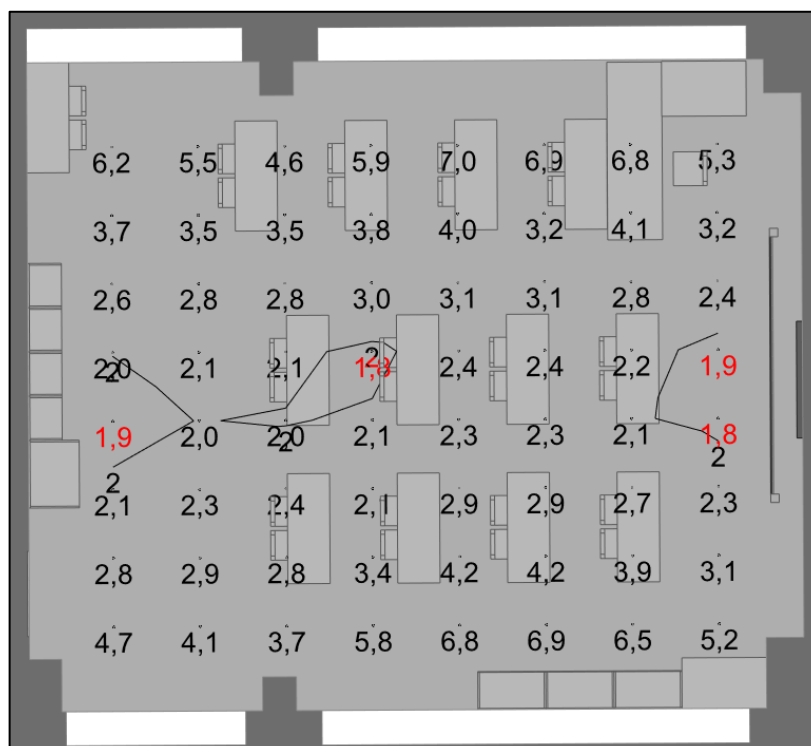
Výpočtem byly stanoveny hodnoty činitele denní osvětlenosti, které byly posouzeny dle požadavků norem ČSN 73 0580-3 [34] a ČSN EN 17 037 [35]. Dále byla spočtena rovnoměrnost denního osvětlení a hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Nakonec byly dopočteny parametry pro posouzení výhledu. Výstupy jsou uvedeny na obrázcích 72 až 78.

Činitel denní osvětlenosti



Obr. 72 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN 73 0580

Z obrázku 72 je zřejmé, že požadavkům normy ČSN 73 0580-3 vyhoví celá plocha místnosti.



Obr. 73 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN EN 17 037

Tab. 37 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, hodnocení dle ČSN EN 17 037

Místnost	Cílová hodnota činitele denní osvětlenosti			Minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti		
	D_T [%]	Požadováno v ploše	Splněno v ploše	D_{TM} [%]	Požadováno v ploše	Splněno v ploše
Učebna III.A	2,0	50 %	94 %	0,7	95 %	100 %

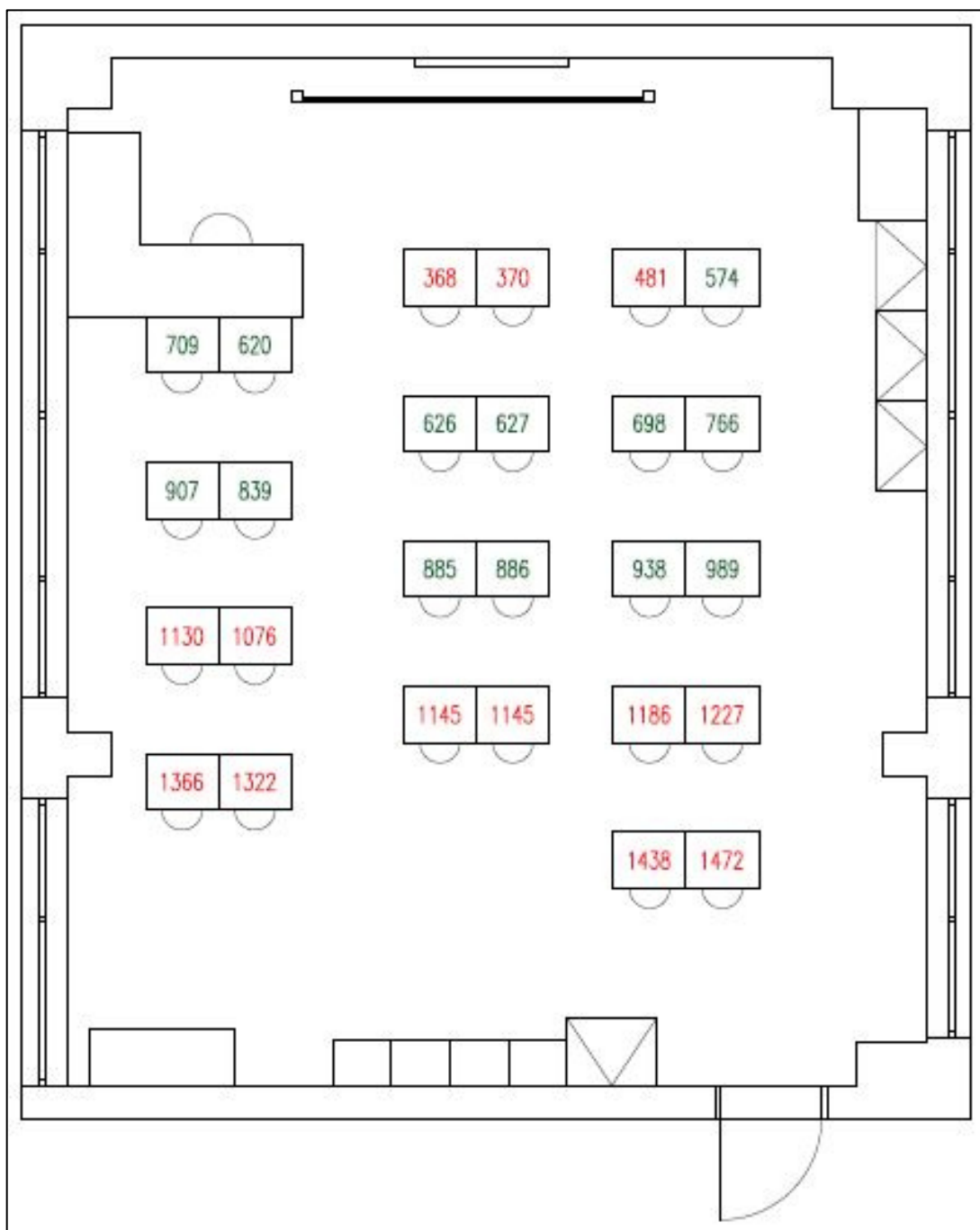
Cílová hodnota činitele denní osvětlenosti je splněna v 94 % plochy místnosti. Z obrázku a z tabulky je zřejmé, že požadavkům normy ČSN EN 17 037 [35] na hodnoty činitele denní osvětlenosti vyhoví celá místnost.

Rovnoměrnost denního osvětlení

Nejvyšší hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou v oblastech u oken a dosahují hodnoty 7,0 %. Nejnížší hodnoty jsou umístěny ve středu místnosti, nejnížší hodnoty jsou 1,9 %. Rovnoměrnost denního osvětlení v místnosti je 0,26 a přesahuje tak požadovanou hodnotu 0,2. Hodnota je stále menší než doporučená hodnota 0,3.

Poměrná pozorovací vzdálenost

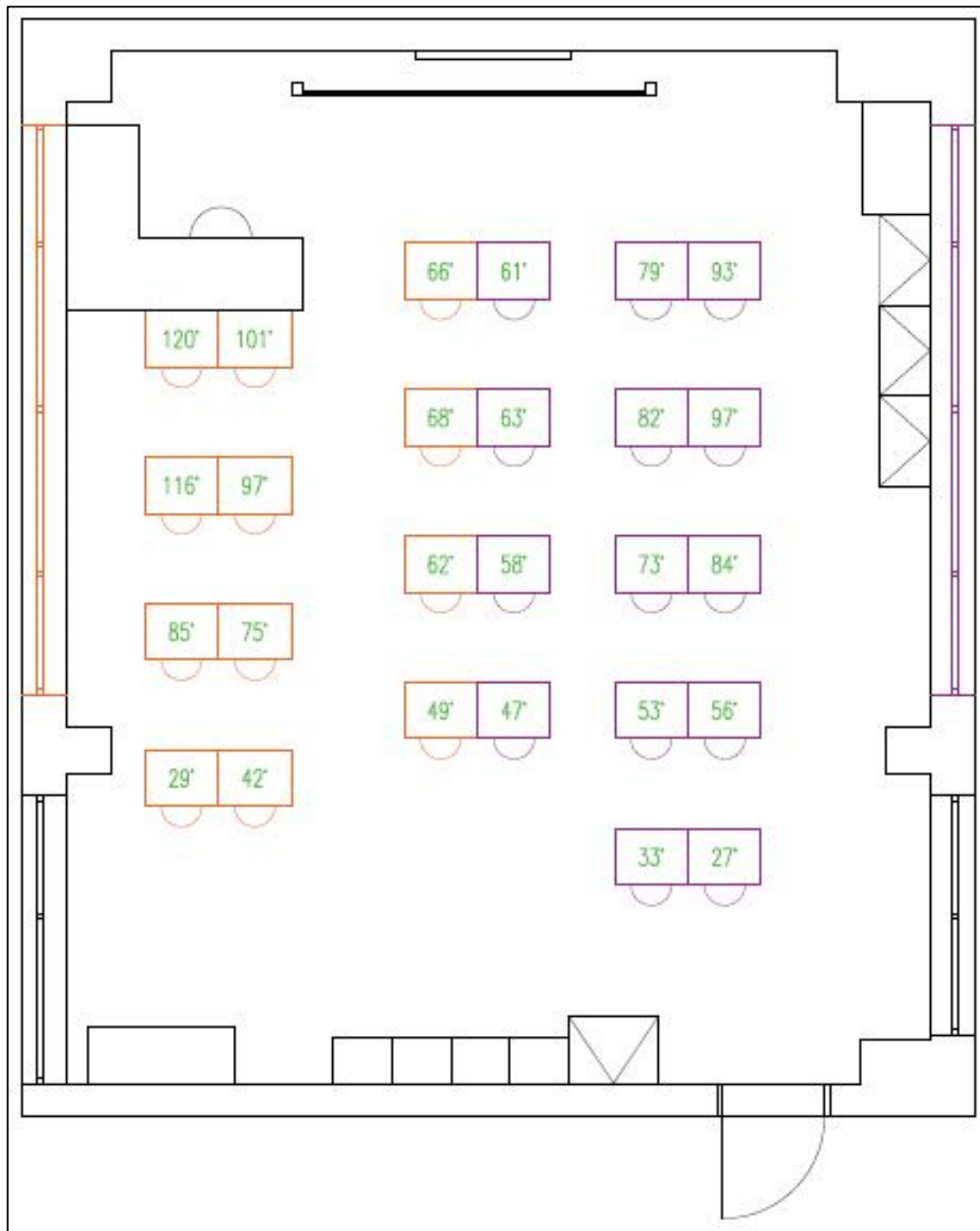
V následujícím obrázku jsou vypsány vypočtené hodnoty poměrné pozorovací vzdálenosti. Červeně jsou označeny hodnoty ležící mimo rozmezí požadavku (500-1000), zeleně jsou označeny hodnoty ležící ve zmíněném intervalu. Z obrázku je zřejmé, že téměř polovina posuzovaných míst nemá vhodnou poměrnou pozorovací vzdálenost k rozlišení nejmenšího detailu psaného na tabuli (5 mm = tečka). Jedná se o lavice v zadní a přední části učebny.



Obr. 74 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, vypočtená poměrná pozorovací vzdálenost

Výhled

V obrázku 75 jsou vypsány hodnoty vodorovného úhlu při výhledu z okna z místa pozorovatele. Barvy označují okno, ze kterého je vypočten vodorovný úhel. Na obrázku 78 jsou vyznačeny tři úrovně délky výhledu.



Obr. 75 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, výhled – vodorovný úhel



Obr. 76 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, výhled z okna nalevo od tabule



Obr. 77 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, výhled z okna napravo od tabule



Obr. 78 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, výhled – délka výhledu

Vodorovný úhel výhledu je ve všech bodech větší než 28°. Všechny tři úrovně délky výhledu jsou zobrazeny na obrázku 78, ve všech bodech je výhled delší než 6 m. Délka výhledu dosahuje 14 m, tedy úrovně střední. Ze všech hodnocených bodů (ve 100 % funkčně vymezené oblasti) je vidět vrstvu městské krajiny a oblohy. Ve všech hodnocených bodech jsou splněny požadavky na střední doporučenou úroveň výhledu.

6.6 Komentář k výsledkům výpočtu

Ve druhé třetině praktické části byl proveden výpočet činitele denní osvětlenosti, rovnoměrnosti, poměrné pozorovací vzdálenosti a parametrů pro posouzení výhledu ve stejných učebnách, ve kterých bylo provedeno měření. Jedná se o výpočet v učebně jednostranně osvětlené, umístěné ve třetím nadzemním podlaží budovy základní školy v Kutné Hoře, a ve třech učebnách oboustranně osvětlených v prvním, druhém a třetím nadzemním podlaží budovy základní školy v Praze.

Vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti v ZŠ Rakovského v Praze stejně jako v případě měření odpovídají předpokládanému průběhu rozložení hodnot v ploše učebny od prvního do třetího nadzemního podlaží. Čím výše je učebna umístěná, tím se zvyšuje oblohová složka činitele denní osvětlenosti a sít bodů vykazuje vyšší hodnoty. Hodnoty činitele denní osvětlenosti ve všech učebnách kromě učebny V.A v ZŠ Rakovského v Praze jsou vyhovující z hlediska požadavku normy ČSN EN 17 037. [35] V učebně V.A chybí do splnění požadavku na hodnotu minimálního cílového činitele denní osvětlenosti 5 % plochy, tedy velmi malá plocha.

Rovnoměrnost denního osvětlení zjištěná výpočtem v jednotlivých učebnách je následující:

- učebna IX.A (3. NP) – rovnoměrnost 0,12,
- učebna V.A (1. NP) – rovnoměrnost 0,14,
- učebna III.A (2. NP) – rovnoměrnost 0,23,
- učebna III.C (3. NP) – rovnoměrnost 0,26.

Výsledky výpočtu kopírují výsledky zjištěné měření, tedy že rovnoměrnost denního osvětlení je v prvním nadzemním podlaží oboustranně osvětlené učebny stíněné z obou stran vyšší než rovnoměrnost v jednostranně

osvětlené učebně ve třetím nadzemním podlaží bez stínění. Hodnoty rovnoměrnosti zjištěné výpočtem jsou oproti hodnotám zjištěným měřením výrazně nižší.

Dalším hodnoceným parametrem byla poměrná pozorovací vzdálenost. Ve všech učebnách je zásadním problémem vysoká hodnota poměrné pozorovací vzdálenosti v zadních lavicích (ve všech učebnách se jedná o dvě nebo tři poslední lavice v učebně). V některých učebnách je také problém v nízké poměrné pozorovací vzdálenosti z některých míst v první řadě lavic. Poměrná pozorovací vzdálenost závisí na velikosti kritického detailu a vzdálenosti pozorování. Problém může nastat především při psaní na bílou tabuli pomocí fixu, kde průměr hrotu dosahuje tloušťky 5 mm, ale šíře stopy je menší než 3 mm. Tento problém je poměrně snadno řešitelný, protože závisí pouze na učiteli. Učitel může upravit umístění lavic nebo velikost svého písma, aby bylo dosaženo vhodné poměrné pozorovací vzdálenosti pro všechny žáky.

Možným problémem ve škole ZŠ Rakovského v Praze je také velikost obrazovek za tabulemi, které doplňují výklad během výuky. Při úhlopříčce 1,5 m je doporučená poměrná pozorovací vzdálenost zhruba 2,5 m při full HD rozlišení. Tato vzdálenost je splněna pouze v přední části místností. To, jak často a jak dlouho jsou obrazovky během výuky využívány se nepodařilo zjistit. Bez ohledu na to by však bylo vhodné používat obrazovky pouze jako doplňkové médium při výuce a při jejich používání přesunout děti do vhodné pozorovací vzdálenosti, kterou se dá předcházet nadměrnému namáhání zraku.

Hodnocení výhledu a hodnota vodorovného úhlu výhledu závisí především na oknu, ze kterého je výhled vypočten. Ve všech hodnocených místnostech je dodržena alespoň minimální úroveň výhledu dle požadavků ČSN EN 17 037. [35] Jednostranně osvětlené učebny jsou z hlediska výhledu příznivější, jelikož umožňují výhled do více vrstev stanovených normou. Oboustranně osvětlené učebny, které se povětšinou nacházejí v pavilonových školách, jsou z hlediska výhledu méně příznivé především v nižších podlažích ve vnitřních pavilonech. Výhled je umožněn pro prostřední řadu žáků pouze do vrstvy městské krajiny a výhled tak působí velmi stísněně. I přes použití světlých barev na protilehlých fasádách působí výhled uzavřeně a velmi záleží na pojetí mezilehlého prostoru jednotlivých pavilonů.

7 Dotazníkové šetření

Součástí výzkumu je dotazníkové šetření, které má za cíl vyhodnotit subjektivní stránku tématu práce a porovnat ji s výsledky měření a výpočtu. Vzhledem k pandemické situaci související s nákazou virem COVID-19 z podzimu 2020, nebylo možné dotazníkové šetření ve školách provést.

I přes tuto skutečnost je dotazník přiložen k diplomové práci jako podklad pro pokračování výzkumu tohoto tématu. Na konci kapitoly jsou popsány **subjektivní** očekávané výsledky výzkumu.

7.1 Hypotézy

Dotazníkové šetření si klade za cíl objasnit následujících šest hypotéz:

1. Žáci sedící u okna jsou spokojenější než žáci sedící dále od oken.
2. Děti, které více čtou, mají častěji korekci zraku.
3. Děti, které tráví více času u obrazovky mají častěji korekci zraku.
4. V oboustranně osvětlených učebnách je více spokojených žáků.
5. Žáci píšící levou rukou si v jednostranně osvětlených učebnách více stíní při psaní do sešitu.
6. Žáci preferují, když je rozsvíceno umělé osvětlení v učebně.

Každá hypotéza je podpořena několika otázkami, které by měli dopomoci při hodnocení každé hypotézy.

7.2 Dotazník pro žáky

Dotazník pro žáky je rozdělen na dvě části, část vyplňovaná doma a část vyplňovaná ve škole (za asistence osoby provádějící výzkum). V první části jsou shrnuty základní otázky týkající se pohlaví, věku, zrakové korekce, místa ve třídě, kroužků, četby a práce s obrazovkou. První část dotazníku by měla být vyplňována s asistencí rodičů, aby uvedené informace nebyly zkresleny. Ve druhé části dotazníku jsou shrnuty rozšiřující otázky zaměřené na to, jak se žák ve třídě cítí a jaké jsou světelné podmínky v učebně. Na následujících stranách je uveden kompletní dotazník pro žáky.

7.2.1 Dotazník k nahlédnutí

Ahoj,

ráda bych Tě požádala o vyplnění následujícího dotazníku. Tento dotazník bude sloužit pro hodnocení toho, jak dobře je ve vaší třídě vidět a zda je možné něco v budoucnu zlepšit. Předem Ti děkuji za poctivé vyplnění dotazníku.

Martina Liberská

Správné odpovědi zakroužkuj.

Část vyplňovaná s rodiči

Kolik je ti let?

Do které chodíš třídy _____

Jaké je tvé pohlaví? muž žena

Kterou rukou píšeš? levou pravou

Nosím:

brýle nebo čočky na dálku brýle nebo čočky na blízko nic

V kolikáté řadě od tabule sedíš?

Na kterém místě přesně sedíš?

tabule

vlevo / vpravo

vlevo / vpravo

vlevo / vpravo

Jaké navštěvuješ kroužky? _____

Odehrávají se kroužky i venku?

Ano (více než jeden)

Ano (jeden)

Ne (žádný)

Kolik knížek (papírových, ne v počítači) přečteš za měsíc?

více než jednu

jednu

nečtu

Kolik hodin denně trávíš na mobilu / počítači?

méně než hodinu

jednu

dvě

více než dvě

Část vyplňovaná žáky

Když je ve třídě zhasnuto, stíní ti tvoje ruka, když píšeš do sešitu?

1 /ano/ 2 3 4 5 /ne/

Když je ve třídě zhasnuto, stíní ti souseď, když píšeš do sešitu?

1 /ano/ 2 3 4 5 /ne/

Máš dobrý výhled na tabuli?

1 /ano/ 2 3 4 5 /ne/

Vidíš dobře do sešitu, když je ve třídě zhasnuto?

1 /ano/ 2 3 4 5 /ne/

Svítil ti někdy během vyučování sluníčko do očí?

 ano nevím ne

Je ti příjemnější, když jsou rozsvícená světla ve třídě?

 ano ne nevím je mi to jedno

Jak často se stává, že jsou najednou rozsvícená světla a zatažené žaluzie?

1 /často/ 2 3 4 5 /nikdy/

Máš pocit, že je ve třídě dost světla, když jsou zhasnutá světla?

 ano ne

Leskne se ti někdy během vyučování tabule? (Mokrou tabuli nepočítáme)

1 /často/ 2 3 4 5 /nikdy/

O kterou tabuli se jedná? V případě více správných odpovědí jich zaškrtni více.

 černá / zelená (píšeme křídou) bílá (píšeme fixem) interaktivní (píšeme perem)

Na kterou tabuli se ti nejlépe píše?

 na černou / zelenou (křídou) na bílou (fixem) na interaktivní (perem)

Ze které tabule se ti nejlépe čte?

 z černé / zelené z bílé z interaktivní

Leskne se ti někdy během vyučování vybavení ve třídě (skříňky, nástěnka, stoly...)?

1 /často/ 2 3 4 5 /nikdy/

7.2.2 Dotazník pro učitele

Dotazník pro učitele slouží jako podklad pro srovnání vjemů popsaných žáky a vjemů popsaných učiteli. Tento dotazník obsahuje pouze jednu část, která se týká reakce dětí na světlené prostředí v učebně

7.2.2.1 Dotazník k nahlédnutí

Dobrý den,

ráda bych Vás tímto požádala o vyplnění následujícího dotazníku. Tento dotazník bude sloužit jako podklad pro moji diplomovou práci, ve které budu zkoumat vliv denního osvětlení na žáky základních škol.

Předem Vám děkuji za vyplnění.

Martina Liberská

Správné odpovědi zakroužkujte.

Stěžují si žáci na úroveň osvětlení ve třídě?

1 /často/ 2 3 4 5 /nikdy/

Na co konkrétně?

Musíte někdy zatahovat žaluzie kvůli odleskům na tabuli?

ano ne

Jak často?

1 /vícekrát denně/ 2 3 4 5 /nikdy/

Které zobrazovací médium používáte nejraději?

bílou (psaní fixem) černou / zelenou (psaní křídou) interaktivní (psaní perem)

A proč?

Sedí žáci v průběhu výuky v jedné lavici nebo se přemísťují?

přemísťují se sedí v jedné lavici

Myslíte si, že je úroveň denního osvětlení ve Vaší učebně dostatečná?

ano nevím ne

Poznámky*:

**V této části můžete popsat například vlastní postřehy týkající se vlivu světelného prostředí na žáky během výuky. V případě zájmu o další informace zadejte svůj kontakt.*

7.2.3 Předpokládané závěry dotazníkového šetření

Při sestavování dotazníku v průběhu léta 2020 jsem vycházela z konzultace se skupinou dětí ve věkové kategorii dětí na prvním stupni základní školy (tři žáci z různých základních škol) a se skupinkou dětí na druhém stupni základní školy (čtyři žáci z různých základních škol).

V době, kdy jsem sestavovala dotazníky, jsem předpokládala provedení výzkumu, proto jsem s dětmi provedla pouze osobní rozhovor a diskuzi nad otázkami z dotazníku. Diskuze byla především o tom, zda žáci rozumí položeným otázkám a jak žáci vnímají osvětlení na svém pracovním místě.

Z rozhovoru je zřejmé, že žáci během dne neřeší světelné podmínky ve třídě. Primárně rozlišují jen to, zda je zataženo nebo zda svítí slunce. Děti sedící u okna si uvědomují větší intenzitu osvětlení na svém místě, protože jim nic nestíní. Ostatní žáci sedící dál od oken si horší světelné podmínky neuvědomují.

Většina dětí potvrdila, že používá telefon nebo tablet delší dobu než dvě hodiny denně (u starších žáků na druhém stupni to byly až tři hodiny denně). Doba strávená u elektronických zařízení také u žáků výrazně převyšuje dobu, kterou žáci tráví čtením.

Všichni žáci se během průzkumu shodli na tom, že nejpříjemnější je pro ně používání bílé tabule a psaní fixem, především kvůli atraktivitě barev. Žáci nerozlišují mezi tím, zda se jim z tabule lépe čte nebo se jim na ni lépe píše.

Zásadní informací pro můj dotazník byla shoda všech žáků v názoru na používání interaktivních tabulí. V průběhu výuky je dle žáků často při používání interaktivní tabule zhasnuto umělé osvětlení a aktivovány stínící prvky, aby bylo vidět na interaktivní tabuli. Současně je od žáků vyžadováno vedení zápisků. Všichni žáci potvrdili, že při používání interaktivní tabule si raději výpisky nevedou kvůli nedostatečnému osvětlení sešitů. Tento problém mi potvrdila i paní zástupkyně Bílincová v ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře. V Základní škole Jana Palacha v Kutné Hoře je ve třídě vždy pouze jeden typ tabule. To znamená, že v některých učebnách je buď tabule pro psaní křídou nebo tabule interaktivní.

Kromě výše popsaného problému mě paní zástupkyně Bílincová také upozornila na případ jedné žačky, která musela být kvůli diagnostikované epilepsii vyřazena z výukových hodin s interaktivní tabulí. Tato problematika je také stále neprozkoumaná a vyžaduje hlubší analýzu.

Jak bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, na jaře roku 2021 bych ve výzkumu ráda pokračovala. Vzhledem k současné situaci bude nutné dbát na distribuci dotazníků po určité době, po kterou budou žáci opět v lavicích. Dále bude nutné během dotazníkového šetření osobně asistovat u vyplňování dotazníku a předběžně žáky seznámit s tématem výzkumu. Kromě toho by bylo vhodné zařadit do výzkumu také hlubší analýzu využití interaktivních tabulí v učebnách a jaké jsou reakce žáků na jejich používání.

8 Celkové zhodnocení

Celé měření činitele denní osvětlenosti není samo o sobě příliš složité, ale jeho přesnost je ovlivněna mnohými nejistotami. Tyto nejistoty zahrnují nejistotu měřících přístrojů, chyby měřidel a korekcí nebo chyby zvolené metody. Složitost měření je způsobena tím, že je možné měření provádět pouze při rovnoměrně zatažené obloze, která nastává pouze několik dní v roce. Měření tak vyžaduje značnou flexibilitu, jak ze strany měřičů, tak ze strany personálu, který má umožnit vstup do škol.

Výhodou měření je stanovení konkrétních hodnot činitele odrazu světla ploch v interiéru a činitelů prostupu světla zasklením, které je dále možné použít pro výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti. Hodnoty těchto činitelů nejsou většinou v době návrhu a posouzení známy, proto výsledky poskytují nezkreslená data. Při měření činitele odrazu světla jednotlivých ploch je zajímavá především rozdílnost hodnot činitele odrazu světla daných normou a naměřenými hodnotami. Některé barvy neležely svou hodnotou ani v rozmezí udávaném normou.

Naměřené hodnoty činitele denní osvětlenosti v ZŠ Rakovského v Praze odpovídají předpokládanému rozložení hodnot v učebnách od prvního do třetího nadzemního podlaží. Čím výše je učebna umístěná, tím vzrůstá oblohová složka činitele denní osvětlenosti a sít bodů vykazuje vyšší hodnoty.

Zajímavým zjištěním získaným měřením i výpočtem je rozdíl mezi výsledky činitele denní osvětlenosti v učebně jednostranně osvětlené ve třetím nadzemním podlaží, která nebyla téměř ničím stíněna, a výsledky činitele denní osvětlenosti v učebně oboustranně osvětlené ve druhém nadzemním podlaží, která byla stíněna z obou stran. Jednostranně osvětlená učebna ve třetím nadzemním podlaží byla i přes svou polohu v nejvyšším patře a volné prostranství před okny místnosti z hlediska hodnot činitele denní osvětlenosti horší než oboustranně osvětlená učebna umístěná ve druhém nadzemním podlaží. Plocha s vyhovujícími cílovými hodnotami činitele denní osvětlenosti v oboustranně osvětlené učebně v prvním nadzemním podlaží není výrazně nižší než v jednostranně osvětlené učebně v prvním nadzemním podlaží.

Oboustranně osvětlené učebny vykazují v měření i ve výpočtu vyšší hodnoty rovnoměrnosti, které jsou dány lepšími podmínkami pro přístup světla do interiéru. Hodnoty rovnoměrnosti denního světla v jednotlivých učebnách zjištěné měřením a výpočtem dosahují následujících hodnot:

Učebna	Rovnoměrnost	
	získaná měřením	získaná výpočtem
IX.A v ZŠ J. Palacha v K. Hoře	0,17	0,12
V.A v ZŠ Rakovského v Praze	0,23	0,14
III.A v ZŠ Rakovského v Praze	0,30	0,23
III.C v ZŠ Rakovského v Praze	0,44	0,26

Z hodnot získaných měřením a výpočtem je zřejmé, že rovnoměrnost denního osvětlení je v prvním nadzemním podlaží oboustranně osvětlené učebny stíněné z obou stran vyšší než rovnoměrnost v jednostranně osvětlené učebně ve třetím nadzemním podlaží bez stínění.

Ve všech učebnách bylo zjištěno, že doporučená poměrná pozorovací vzdálenost není dodržena především v zadní části místností a na některých místech v první řadě lavic. Nevhodná pozorovací vzdálenost způsobuje namáhání zraku při čtení z tabule. Tento problém nastává pravděpodobně i při používání obrazovek v učebnách Základní škole Rakovského v Praze, kde velikost obrazovky neodpovídá velikosti učebny a poměrné pozorovací vzdálenosti ze zadních lavic. Problém nevhodné poměrné pozorovací vzdálenosti je poměrně snadno řešitelný, protože závisí pouze na učiteli. Učitel může upravit umístění lavic nebo velikost svého písma, aby bylo dosaženo vhodné poměrné pozorovací vzdálenosti pro všechny žáky.

Hodnocení výhledu a hodnota vodorovného úhlu výhledu závisí především na oknu, ze kterého je výhled vypočten. Ve všech hodnocených místnostech je dodržena alespoň minimální úroveň výhledu dle požadavků ČSN EN 17 037. [35] Z osobní návštěvy i výsledků výpočtu je zřejmé, že jednostranně osvětlené učebny poskytují lepší výhled než některé učebny oboustranně osvětlené. Jedná se především o učebny, které jsou umístěny v pavilonových školách ve vnitřním pavilonu stíněném vlastní hmotou školy. Tyto učebny jsou umístěny v nejnižších

podlažích a výhled z prostřední řady je omezen pouze na vrstvu městské krajiny. U všech řad je také značně omezena délka výhledu.

Velmi důležitou součástí výzkumu bude hodnocení žáků získané dotazníkovým šetřením, které je pro problematiku této práce klíčové. Dotazník se soustředí na okruhy týkající se množství a kvality denního světla ale také na okruhy nedostatečně probádané, jako je osvětlení interaktivních tabulí nebo vývoj a progresse krátkozrakosti u žáků. I v případě, že výzkumem nebude prokázána přímá souvislost mezi nedostatkem denního světla a krátkozrakostí, mohou být objeveny další problémy, které si uvědomují pouze žáci a učitelé.

9 Závěr a budoucnost výzkumu

Fenoménem dnešní doby se stává zvýšený nárůst krátkozrakých žáků. Tento problém souvisí s charakterem dnešní doby. Studie, které se zabývají touto problematikou se shodují, že významnými činiteli při vývoji a rozvoji krátkozrakosti u dětí jsou dědičnost, čas strávený venku, čas strávený u obrazovek nebo práce nablízko. Mnoho studií se však nezabývá souvislostí krátkozrakosti a nedostatku denního světla v učebnách.

Cílem této práce bylo poukázat na problematiku vlivu dispozičního řešení na dostupnost denního světla a zrakový komfort v učebnách základních škol. Práce byla pomyslně rozdělena do teoretické a praktické části.

V teoretické části byly shrnuty základní technické a hygienické požadavky na školské budovy a požadavky z hlediska denního osvětlení. Dále byla provedena rešerše současných zdrojů týkajících se vlivu denního osvětlení na vyvíjející se lidský organismus se zaměřením na krátkozrakost u dětí.

V praktické části bylo provedeno měření činitele odrazu světla jednotlivých ploch, činitele prostupu difuzního světla a činitele denní osvětlenosti ve třech oboustranně osvětlených učebnách Základní školy Rakovského v Praze a jedné jednostranně osvětlené učebně v Základní škole Jana Palacha v Kutné Hoře. Na základě naměřených dat byl dále proveden výpočet činitele denní osvětlenosti, rovnoměrnosti denního osvětlení, poměrné pozorovací vzdálenosti a parametrů výhledu ve všech zmiňovaných učebnách.

Kromě měření a výpočtu veličin posouzení denního osvětlení mělo být dále provedeno zkoumání subjektivního vnímání přístupu denního světla do učeben z hlediska žáků pomocí dotazníků a rozhovorů se žáky. Tato práce vznikala v období podzimu a zimy 2020, kdy byl svět zasažen pandemií koronaviru a výuka žáků probíhala buď distančně nebo střídavě. Z tohoto důvodu bude subjektivní hodnocení doplněno na jaře roku 2021.

Z architektonického hlediska je zřejmé, že oboustranně osvětlené učebny jsou prostorově náročnější. Tyto učebny jsou většinou umístěny ve školách s pavilonovým hmotovým konceptem. Tento koncept půdorysně odpovídá písmenu H a v každé části může být umístěna jedna učebna spojená schodištěm

a spojovací chodbou ve středu půdorysu. Hmotový koncept umožňuje použití maximálně cca tří pater, jelikož výstavbou vyšších budov dochází k nadměrnému stínění učeben v nejnižších podlažích. Oproti tomu jednostranně osvětlená učebna umožňuje větší variabilitu výběru hmotového konceptu. Oboustranně osvětlené učebny také zajišťují větší variabilitu ve výběru orientace učebny vůči světovým stranám.

Z hlediska dispozičního řešení učeben jsou jednostranně i oboustranně osvětlené učebny vhodné pro různé formy výuky. Z hlediska nejčastější formy výuky (frontální) je ale výhodnější oboustranně osvětlená učebna, což dokazují výsledky praktické části. Oba typy učeben byly porovnány z hlediska čtyř hodnotících parametrů, činitele denní osvětlenosti, rovnoměrnosti denního osvětlení, poměrné pozorovací vzdálenosti a parametrů výhledu.

Hodnoty činitele denní osvětlenosti nejsou v tomto případě tak zásadní, důležitým parametrem pro porovnání obou variant přístupu denního světla do učeben je především rovnoměrnost. Z naměřených a vypočtených hodnot vyplývá, že rovnoměrnost denního osvětlení je v prvním nadzemním podlaží oboustranně osvětlené učebny stíněné z obou stran vyšší než rovnoměrnost v jednostranně osvětlené učebně ve třetím nadzemním podlaží bez stínění. S vyšším umístěním učebny jsou hodnoty rovnoměrnosti logicky vyšší.

Významným parametrem ve spojitosti s vývojem a rozvojem krátkozrakosti je poměrná pozorovací vzdálenost. Výsledky výpočtu tohoto parametru jsou pro jednostranně i oboustranně osvětlené učebny velmi podobné. Ve všech učebnách je vysoká hodnota poměrné pozorovací vzdálenosti v zadních lavicích (ve všech učebnách se jedná o dvě nebo tři poslední lavice v učebně). V některých učebnách je také problém v nízké poměrné pozorovací vzdálenosti v první řadě lavic. Nevhodná pozorovací vzdálenost může vést k nadměrnému namáhání zraku. Tato problematika má ale celkem snadné řešení, protože závisí jen na učiteli. Ten by měl vždy brát ohledy na tento parametr při volbě velikosti písma, podkladů promítaných na obrazovku v učebnách nebo rozestavení lavic v učebně

Z hlediska výhledu je subjektivně i objektivně lepší učebna jednostranně osvětlená. Dle informací uvedených v teoretické části výhled do zeleně příznivě ovlivňuje výsledky třídy, může snižovat stres, zlepšovat pozornost žáků a zlepšit zážitky ve třídě. V oboustranně osvětlených učebnách, především v těch umístěných v nižších podlažích ve středových částech pavilonových škol, působí výhled velmi stísněně a uzavřeně kvůli okolním částem pavilonů. Prostor mezi pavilony je v hodnocené základní škole řešen jako odpočinková zóna pro studenty nebo uzavřená zelená plocha. Důležitým parametrem je řešení množství zeleně, které by zpříjemňovalo výhled žáků a zároveň by neomezovalo přístup denního světla do učeben.

Pro prokázání souvislosti mezi nedostatkem denního světla a vývojem a rozvojem myopie u dětí je nutné doplnit subjektivní hodnocení, které bude reflektovat, jak působí denní světlo vstupující do učeben na uživatele prostoru. Pro dokončení výzkumu a získání nezkrášených výsledků, je nutné dodržet dostatečný odstup mezi návratem žáků do školy a datem provedení výzkumu.

Jelikož do současné doby neexistuje dostatečné množství dat, které by dokázalo potvrdit nebo vyvrátit souvislost nedostatku denního světla a krátkozrakostí u dětí, ráda bych se pokračováním tohoto výzkumu zaměřila na hodnocení vlivu dispozičního řešení na dostatek denního světla a zrakový komfort žáků v učebnách základních škol u většího vzorku základních škol a vzorku žáků.

Vzorek základních škol by měl být doplněn o školy různých hmotových konceptů a učeben různých dispozičních řešení. Pro tento postup je důležité zmapovat současně využívané budovy škol v České republice a dispoziční řešení učeben v těchto školách a selekcí provést hodnocení přístupu denního světla. Kromě výpočtu tradičních veličin denního osvětlení bych výzkum ráda rozšířila o výpočet dynamických veličin pro hodnocení přístupu denního světla do interiéru, jako je autonomie denního osvětlení (DA) a roční sluneční expozice (ASE).

Celkové zmapování hmotových konceptů a dispozičních řešení bych ráda doplnila o další dotazníkové šetření zaměřené na některé parametry související s vývojem krátkozrakosti a dalšími veličinami související se zrakovým komfortem žáků. Tato práce by mohla zajistit dostatečné množství informací pro prokázání nebo vyvrácení hypotézy o krátkozrakosti uvedené v této práci.

10 Bibliografie

- [1] PLCH, Jiří, Petr SUCHÁNEK a Jitka MOHELNÍKOVÁ. *Osvětlení neosvětlitelných prostor*. Brno: ERA group, 2004. ISBN 80-865-1782-9.
- [2] VYCHYTL, Jaroslav a Jan KAŇKA. *Stavební světelná technika: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.
- [3] JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 6. rozš. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2003. ISBN 80-718-2159-4.
- [4] Slovník. *Světlo v praxi* [online]. Metrolux [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://svetlovpraxi.cz/slovník/>
- [5] KNOOP, M, O STEFANI, B BUENO et al. *Daylight: What makes the difference?*. 2020, **52**(3), 423-442. ISSN 1477-1535. Dostupné z: doi:10.1177/1477153519869758
- [6] BOYCE, Peter Robert. *Human Factors in Lighting*. Third Edition. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group, LLC, 2014. ISBN 978-1-4398-7488-2.
- [7] VRBÍK, Petr. Vliv světla na naše zdraví aneb hygiena osvětlování. *SVĚTLO: Časopis pro světlo a osvětlování* [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/vliv-svetla-na-nase-zdravi-aneb-hygiena-osvetlovani--1294>
- [8] ŽÁK, Petr. Biodynamické systémy osvětlení. *SVĚTLO: Časopis pro světlo a osvětlování* [online]. FCC Public, **2005**(02) [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/biodynamicke-systemy-osvetleni--16384>
- [9] NICKLAS, Michael H. a Gary B. BAILEY. *Analysis of the Performance of Students in Daylit Schools* [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED458782.pdf>
- [10] HESCHONG MAHONE GROUP. *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance, Detailed Report*. *Pacific Gas and Electric Company* [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://solatube.com.au/wp-content/uploads/2014/08/heschong-mahone-daylighting-study.pdf>
- [11] BOYCE, Peter. *Reviews of Technical Reports on Daylight and Productivity: Review of Technical Report: Windows and Classrooms: A Study of Student Performance and the Indoor Environment* [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/pdf/BoyceHMGReview.pdf>
- [12] BENFIELD, Jacob A., Gretchen NURSE RAINBOLT, Paul A. BELL a Geoffrey H. DONOVAN. *Classrooms With Nature Views: Evidence of Differing Student Perceptions and Behaviors* [online]. [cit. 2020-12-26]. Dostupné z: doi:0013916513499853
- [13] Krátkozrakost. *WikiSkripta* [online]. 2012 [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Kr%C3%A1tkozrakost>
- [14] ŠÍMOVÁ, Martina. *Progrese myopie*. Olomouc, 2013. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Mgr. František Pluháček, Ph.D.
- [15] HOLDEN, Brien A., Timothy R. FRICKE, David A. WILSON et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* [online]. 2016, **123**(5), 1036-1042 [cit. 2020-12-21]. ISSN 01616420. Dostupné z: doi:10.1016/j.ophtha.2016.01.006
- [16] Pojem prevalence. *SCS.ABZ.CZ: Slovník cizích slov* [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/prevalence>

- [17] GRZYBOWSKI, A., P. KANCLERZ, K. TSUBOTA, C. LANCA a Seang-Mei SAW. A review on the epidemiology of myopia in school children worldwide. *BMC Ophthalmol.* 2020. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1186/s12886-019-1220-0>
- [18] LI, Weiran, Pengcheng XUN, Chang CUI a Jibo ZHOU. *The Impact of Parental Myopia on Myopia in University Students: A Cross-Sectional Study from Shanghai, China* [online]. , 1-19 [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: doi:: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-29156/v1>
- [19] LIM, Lik Tahi, Yanhong GONG, Elliott Y. AH-KEE, Gexin XIAO, Xiulan ZHANG a Shicheng YU. Impact of Parental History of Myopia on the Development of Myopia in Mainland China School-Aged Children. *Ophthalmology and Eye Diseases* [online]. 2014, 6 [cit. 2020-12-21]. ISSN 1179-1721. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.4137/OED.S16031>
- [20] FRENCH, Amanda N., Regan S. ASHBY, Ian G. MORGAN a Kathryn A. ROSE. *Time outdoors and the prevention of myopia* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.exer.2013.04.018>
- [21] LOUGHEED, Tim. *Myopia: The Evidence for Environmental Factors* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1289/ehp.122-A12>
- [22] LANCA, Carla a Seang-Mei SAW. *The association between digital screen time and myopia: A systematic review* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1111/opo.12657>
- [23] WONG, Chee Wai, Andrew TSAI, Jost B. JONAS, Kyoko OHNO-MATSUI, James CHEN, Marcus ANG a Daniel Shu Wei TING. Digital Screen Time During COVID-19 Pandemic: Risk for a Further Myopia Boom?. *American Journal of Ophthalmology* [online]. [cit. 2020-12-21]. ISSN 0002-9394. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2020.07.034>
- [24] HOBDDAY, Richard. Myopia and daylight in schools: a neglected aspect of public health?. *Perspectives in Public Health* [online]. 136(1), 50-55 [cit. 2020-12-22]. ISSN 1757-9147. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1177/1757913915576679>
- [25] STÝBLO, Zbyšek. *Nauka o stavbách: školské stavby*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04510-7.
- [26] GOŠOVÁ, Věra. Formy výuky. *Metodický portál RVP.cz* [online]. [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: https://wiki.rvp.cz/Knihovna/1.Pedagogick%C3%BD_lexikon/F/Formy_v%C3%BDuky
- [27] THIRY, Jean-Denis Bernard Marie Ghislain. *Typologie des écoles primaires en Suisse de 1945 à 2015 et stratégies d'éclairage naturel: Volume I*. Lausanne, 2019. Disertační práce. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Vedoucí práce Prof. M. Andersen.
- [28] PAROUBKOVÁ, Jitka, Petr MEZERA a Jan PAROUBEK. *Nauka o budovách 40/41: (Občanské stavby 2)*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 8001018652.
- [29] NOCERA, Francesco, Alessandro LO FARO, Vincenzo COSTANZO a Chiara RACITI. Daylight Performance of Classrooms in a Mediterranean School Heritage Building. *Sustainability* [online]. 2018, 10(10) [cit. 2020-12-26]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/su10103705>
- [30] ČESKO. Zákon č. 183/2006 Sb. ze dne 14. března 2006: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. částka 63/2006.
- [31] ČESKO. Vyhláška č. 268/2009 Sb. ze dne 12. srpna 2009: Vyhláška o technických požadavcích na stavby. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Sbírka zákonů České republiky, částka 81/2009.
- [32] ČESKO. Vyhláška č. 410/2005 Sb. ze dne 4. října 2005: Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 141/2005.

- [33] ČSN 73 0580-1: *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007. 24 s. Třídící znak 73 0580.
- [34] ČSN 73 0580-3: *Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1994.
- [35] ČSN EN 17 037: *Denní osvětlení budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [36] Počet leváků v populaci. *Leváci a leváctví: stránky o levácích a leváctví nejen pro rodiče, učitele a leváky* [online]. [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://www.levactvi.cz/je-levak-nebo-neni-/pocet-levaku-v-populaci/>
- [37] STERNER, Carl. *Measuring Daylight: Dynamic Daylighting Metrics & What They Mean for Designers* [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers>
- [38] ČSN 36 0011-1: *Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [39] ČSN 36 0011-2: *Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [40] ČÚZK: *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. 2020 [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>
- [41] VUT, Brno. *LumiDISP* [software]. [cit. 2020-12-30].
- [42] ASTRA SW. *BuildingDesign* [software]. [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://www.astrasw.cz/lighting>
- [43] Directory listing [/dxf/ku/]: Katastrální mapa ČR ve formátu DXF distribuovaná po katastrálních územích (KM-KU-DXF). ČÚZK: *Státní správa zeměměřičství a katastru* [online]. [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://services.cuzk.cz/dxf/ku/>
- [44] AUTODESK. *AutoCAD 2016* [software]. [cit. 2020-12-22].
- [45] Budovy 3D. *Geoportál Praha* [online]. Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: <https://www.geoportalpraha.cz/cs/data/otevrena-data/44EE8B0A-641A-45E8-8DC9-CF209ED00897>

Seznam tabulek

Tab. 1 – Doporučení pro příspěvek denního světla pro svislé nebo šikmé osvětlovací otvory	37
Tab. 2 – Hodnoty D pro osvětlovací otvory pro překročení hladin osvětlenosti 00, 300, 500 nebo 750 lx při podílu doby s denním světlem $F_{\text{time},\%} = 50 \%$	37
Tab. 3 – Doporučená úroveň výhledu	39
Tab. 4 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, činitel odrazu světla	61
Tab. 5 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, činitel prostupu světla	61
Tab. 6 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, činitel denní osvětlenosti	61
Tab. 7 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, rozmístění bodů měření	61
Tab. 8 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, činitel odrazu světla	63
Tab. 9 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, činitel prostupu světla	63
Tab. 10 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, činitel denní osvětlenosti	63
Tab. 11 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, rozmístění bodů měření	63
Tab. 12 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, činitel odrazu světla	65
Tab. 13 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, činitel prostupu světla	65
Tab. 14 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, činitel denní osvětlenosti	65
Tab. 15 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, rozmístění bodů měření	65
Tab. 16 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, činitel odrazu světla	67
Tab. 17 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, činitel prostupu světla	67
Tab. 18 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, činitel denní osvětlenosti	67
Tab. 19 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, rozmístění bodů měření	67
Tab. 20 – Konkrétní hodnoty jasu oblohy dle jasového řezu	72
Tab. 21 – Poměry jasů	72
Tab. 22 – Použité činitele odrazu světla v exteriéru	76
Tab. 23 – Použité činitele odrazu světla v interiéru	76
Tab. 24 – Použité činitele související s osvětlovacími otvory	76
Tab. 25 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, hodnocení dle ČSN EN 17 037	79
Tab. 26 – Použité činitele odrazu světla v exteriéru	83
Tab. 27 – Použité činitele odrazu světla v interiéru	83
Tab. 28 – Použité činitele související s osvětlovacími otvory	83
Tab. 29 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, hodnocení dle ČSN EN 17 037	86
Tab. 30 – Použité činitele odrazu světla v exteriéru	91
Tab. 31 – Použité činitele odrazu světla v interiéru	91
Tab. 32 – Použité činitele související s osvětlovacími otvory	91
Tab. 33 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, hodnocení dle ČSN EN 17 037	94
Tab. 34 – Použité činitele odrazu světla v exteriéru	99
Tab. 35 – Použité činitele odrazu světla v interiéru	99
Tab. 36 – Použité činitele související s osvětlovacími otvory	99
Tab. 37 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, hodnocení dle ČSN EN 17 037	102

Seznam obrázků

Obr. 1 – Spektrum slunečního záření, zdroj vlastní.....	12
Obr. 2 – Schéma stavby oka [3].....	13
Obr. 3 – Lom světelného paprsku na sítnici [3].....	13
Obr. 4 – Vliv denního světla na výkon člověka [6].....	15
Obr. 5 – Prevalence myopie u dětí (metoda cykloplegické refrakce) podle věku a státu.....	19
Obr. 6 – Prevalence myopie u dětí (metoda bez cykloplegické refrakce) podle věku a státu.....	19
Obr. 7 – Jednostranně osvětlená učebna.....	26
Obr. 8 – Oboustranně osvětlená učebna (rohová).....	27
Obr. 9 – Oboustranně osvětlená učebna (stejně velká okna v protilehlých stěnách).....	28
Obr. 10 – Oboustranně osvětlená učebna (menší okna na jihu – vlevo, větší okna na jihu – vpravo).....	28
Obr. 11 – Doplnění sekundárním osvětlením přes chodbu.....	29
Obr. 12 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, katastrální mapa [40].....	45
Obr. 13 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, Učebna IX.A, pohled na tabuli.....	47
Obr. 14 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, pohled na okenní výplně.....	47
Obr. 15 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, pohled na zadní stěnu.....	47
Obr. 16 – ZŠ Rakovského v Praze, katastrální mapa [40].....	48
Obr. 17 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, pohled na tabuli.....	50
Obr. 18 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A., pohled na okenní výplně.....	50
Obr. 19 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, pohled na zadní stěnu.....	50
Obr. 20 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, pohled na tabuli.....	52
Obr. 21 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, pohled na okenní výplně.....	52
Obr. 22 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, pohled na zadní stěnu.....	52
Obr. 23 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, pohled na tabuli.....	54
Obr. 24 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, pohled na okenní výplně.....	54
Obr. 25 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, pohled na zadní stěnu místnosti.....	54
Obr. 26 – Luxmetr GOSSEN MAVOLUX 5032 C, výrobní číslo 2C14985.....	56
Obr. 27 – Luxmetr LUTRON LX-1128D s odnímatelnou hlavou receptoru.....	57
Obr. 28 – Jasový analyzátor Luminance Distribution Analyzer.....	57
Obr. 29 – Měření osvětlenosti vodorovné roviny v interiéru.....	58
Obr. 30 – Doplnkové měření v interiéru.....	58
Obr. 31 – Měření osvětlenosti venkovní nezacloněné roviny v exteriéru.....	59
Obr. 32 – Měření jasu oblohy jasovým analyzátozem.....	59
Obr. 33 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, naměřené hodnoty činitele denní osvětlenosti D v %.....	62
Obr. 34 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, činitel denní osvětlenosti D v %.....	64
Obr. 35 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, činitel denní osvětlenosti D v %.....	66
Obr. 36 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, činitel denní osvětlenosti D v %.....	68
Obr. 37 – Okolí místa měření jasů oblohy a osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny, ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře.....	69
Obr. 38 – Okolí místa měření jasů oblohy a osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny, ZŠ Rakovského v Praze.....	69
Obr. 39 – Jasová mapa oblohy při měření v ZŠ Rakovského v Praze, zdroj: LumiDISP.....	70
Obr. 40 – Původní obrázek v RAW formátu, délka expozice 1/1000 s, závěrka clony f/5,6, citlivost ISO 100.....	70
Obr. 41 – Jasový řez, průběh jasů od zenitu k horizontu, zdroj: LumiDISP.....	71
Obr. 42 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, 3D model – jihovýchodní pohled.....	77
Obr. 43 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, 3D model – pohled do učebny 1.....	77
Obr. 44 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, 3D model – pohled do učebny 2.....	77
Obr. 45 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN 73 0580-3.....	78
Obr. 46 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN EN 17 037.....	79
Obr. 47 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, vypočtená poměrná pozorovací vzdálenost.....	80
Obr. 48 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, výhled – vodorovný úhel.....	81

Obr. 49 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, výhled z okna	81
Obr. 50 – ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře, učebna IX.A, výhled – délka výhledu.....	82
Obr. 51 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – jihovýchodní pohled	84
Obr. 52 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 1	84
Obr. 53 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 2	84
Obr. 54 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN 73 0580	85
Obr. 55 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN EN 17 037.....	86
Obr. 56 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, vypočtená poměrná pozorovací vzdálenost	87
Obr. 57 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, výhled – vodorovný úhel.....	88
Obr. 58 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, výhled z okna nalevo od tabule	89
Obr. 59 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, výhled z okna napravo od tabule	89
Obr. 60 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna V.A, výhled – délka výhledu.....	90
Obr. 61 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 1	92
Obr. 62 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 2	92
Obr. 63 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN 73 0580	93
Obr. 64 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN EN 17 037.....	93
Obr. 65 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, vypočtená poměrná pozorovací vzdálenost	95
Obr. 66 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, výhled – vodorovný úhel.....	96
Obr. 67 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, výhled z okna nalevo od tabule	97
Obr. 68 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, výhled z okna napravo od tabule	97
Obr. 69 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.A, výhled – délka výhledu.....	98
Obr. 70 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 1	100
Obr. 71 – ZŠ Rakovského v Praze, 3D model – pohled do učebny 2	100
Obr. 72 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN 73 0580	101
Obr. 73 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, vypočtené hodnoty činitele denní osvětlenosti, hodnocení dle ČSN EN 17 037.....	101
Obr. 74 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, vypočtená poměrná pozorovací vzdálenost	103
Obr. 75 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, výhled – vodorovný úhel.....	104
Obr. 76 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, výhled z okna nalevo od tabule	105
Obr. 77 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, výhled z okna napravo od tabule.....	105
Obr. 78 – ZŠ Rakovského v Praze, učebna III.C, výhled – délka výhledu.....	105

Příloha A (výkresová část)

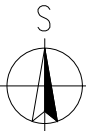
Seznam výkresů

1. Situace ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře s výškami budov
2. Situace ZŠ Rakovského v Praze s výškami budov
3. Půdorys IX.A, ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře
4. Pohledy na přední a boční stěny učebny IX.A, ZŠ Jana Palacha v K. Hoře
5. Půdorys V.A, ZŠ Rakovského v Praze
6. Pohledy na přední a boční stěny učebny V.A, ZŠ Rakovského v Praze
7. Půdorys III.A, ZŠ Rakovského v Praze
8. Pohledy na přední a boční stěny učebny III.A, ZŠ Rakovského v Praze
9. Půdorys III.C, ZŠ Rakovského v Praze
10. Pohledy na přední a boční stěny učebny III.C, ZŠ Rakovského v Praze



ZŠ JANA PALACHA V KUTNÉ HOŘE	
ČÍSLO OBJEKTU	VÝŠKA ŘÍMSY / ATIKY [m]
1	15,6
2	21,6
3	15,6
4	21,6
5	15,6
6	21,6
7	20,6
8	13,1
9	13,1
10	13,1
11	20,6
12	22,0
13	22,0
14	22,0
15	22,0
16	21,8
17	21,8
18	21,8
19	21,8
20	6,0
21	3,5
22	20,8
23	20,8
24	20,8
25	20,8
26	23,0
27	23,0
28	23,0
29	28,0
30	28,0
31	28,0
32	25,0
33	25,0
34	25,0
35	21,8
36	21,8
37	21,8
38	21,8
39	22,0
40	22,0
41	22,0
42	22,0
43	16,0

Výšky budov jsou vztaheny k $-10,000 = 229,0$ m.n.m.
 Úroveň podlahy 1. NP ZŠ Jana Palacha $\pm 0,000 = 239,0$ m.n.m.



$\pm 0,000 = 239,00$ m.n.m. (Bpv)

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA
BUDOVY A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ
ROČNÍK	VEDOUČÍ PRÁCE	
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.	



OBJEKT	ZŠ JANA PALACHA V KUTNÉ HOŘE
--------	------------------------------

FORMÁT	A4
MĚŘÍTKO	1:2200
DATUM	19.12.2020

VÝKRES	SITUACE - VÝŠKY OBJEKTŮ
--------	-------------------------

Č. VÝKR.	1.
----------	----



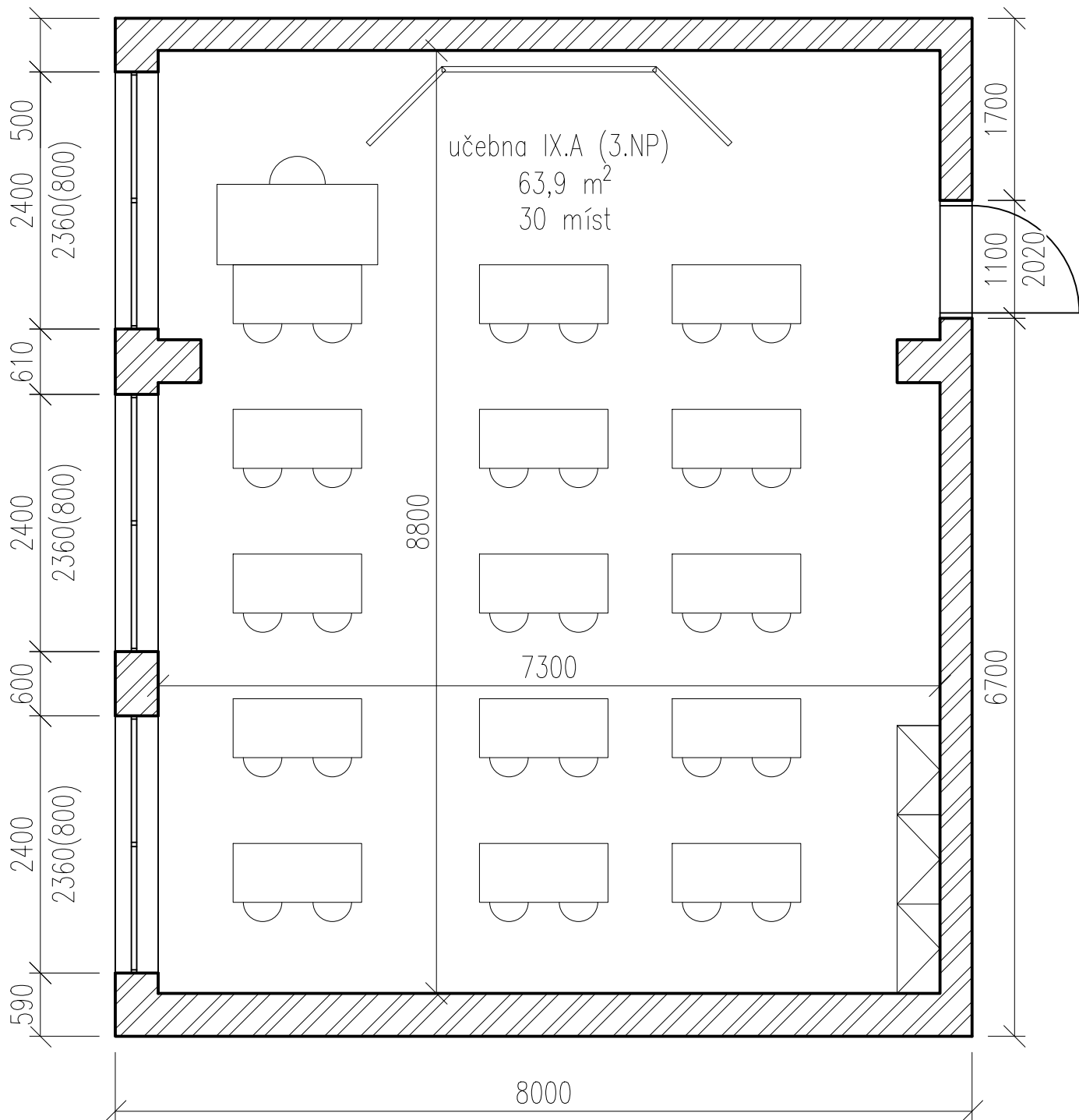
ZŠ JANA PALACHA V KUTNÉ HOŘE	
ČÍSLO OBJEKTU	VÝŠKA ŘÍMSY / ATIKY [m]
1	18,4
2	18,4
3	18,3
4	18,4
5	21,9
6	14,0
7	16,6
8	21,9
9	18,3
10	21,9
11	21,9
12	21,9
13	21,9
14	21,9
15	21,9
16	21,9
17	21,9
18	31,7
19	31,7
20	31,7
21	30,4
22	30,4
23	31,4
24	31,4
25	14,6
26	12,7
27	14,1
28	18,5
29	55,5
30	55,5
31	34,5
32	34,5
33	34,5
34	34,5
35	34,5
36	34,5
37	38,5
38	38,5
39	38,5
40	38,5
41	38,5
42	25,5
43	25,5
44	25,5
45	25,5

Výšky budov jsou vztaženy k $-9,770 = 235,2$ m.n.m.
Úroveň podlahy 1. NP ZŠ Rakovského $\pm 0,000 = 245,0$ m.n.m.

$\pm 0,000 = 245,00$ m.n.m. (Bpv)



OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
BUDOVY A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ	
ROČNÍK	VEDOUcí PRÁCE		
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.		
OBJEKT	ZŠ RAKOVSKÉHO V PRAZE		
VÝKRES	SITUACE S VÝŠKAMI OBJEKTŮ		
FORMÁT	A4		
MĚŘÍTKO	1:2200		
DATUM	19.12.2020		
Č. VÝKR.	2.		

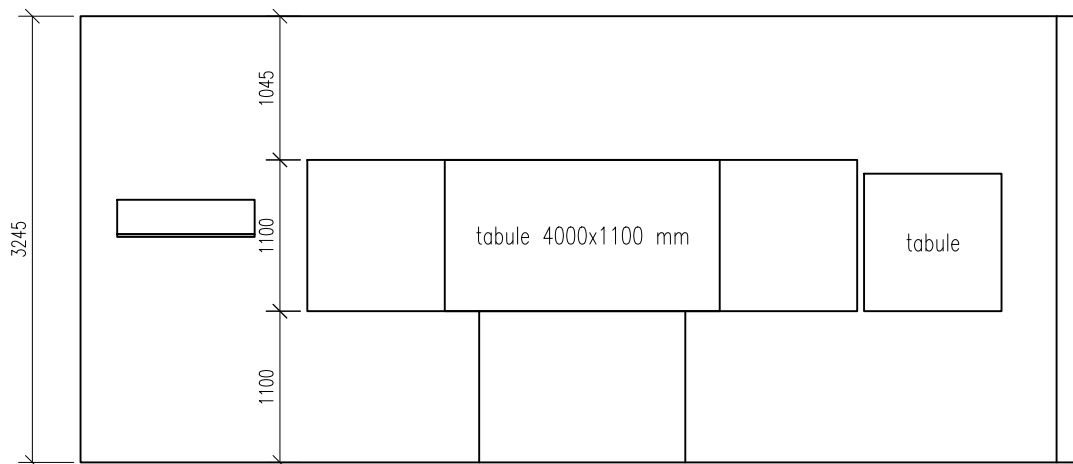


±0,000 = 239,00 m.n.m. (Bpv)

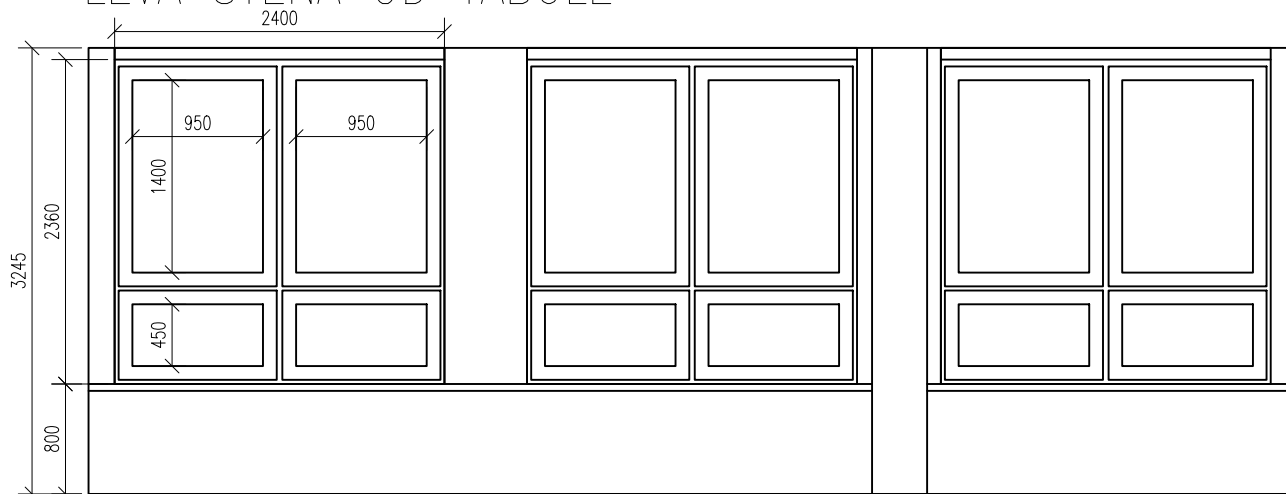


OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
BUDOVOVÝ A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ		
ROČNÍK	VEDOUcí PRÁCE			
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.			
OBJEKT	ZŠ JANA PALACHA V KUTNÉ HOŘE		FORMÁT	A4
			MĚŘÍTKO	1:55
			DATUM	19.12.2020
VÝKRES	PŮDORYS UČEBNY IX.A		Č. VÝKR.	3.

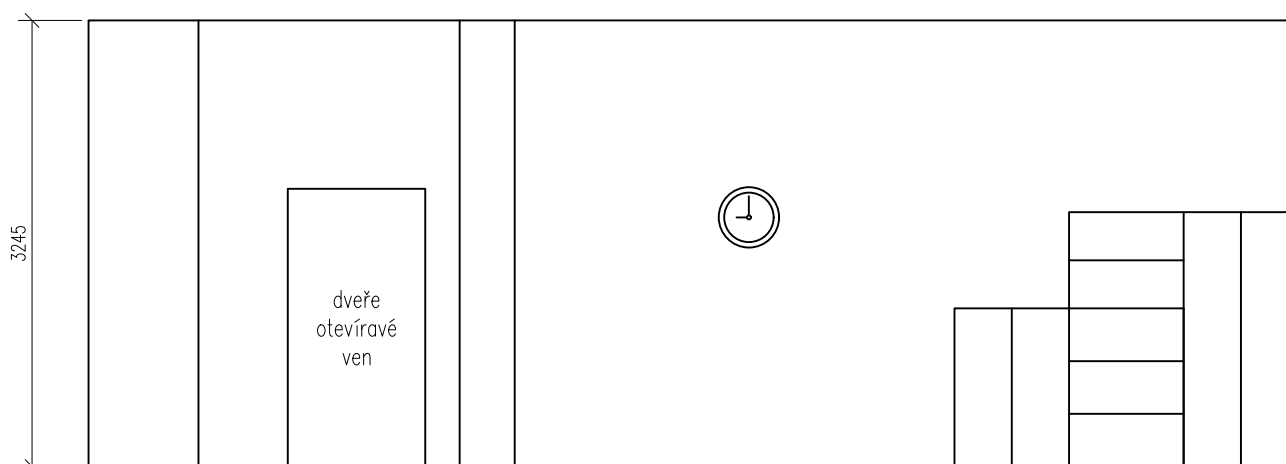
PŘEDNÍ STĚNA



LEVÁ STĚNA OD TABULE

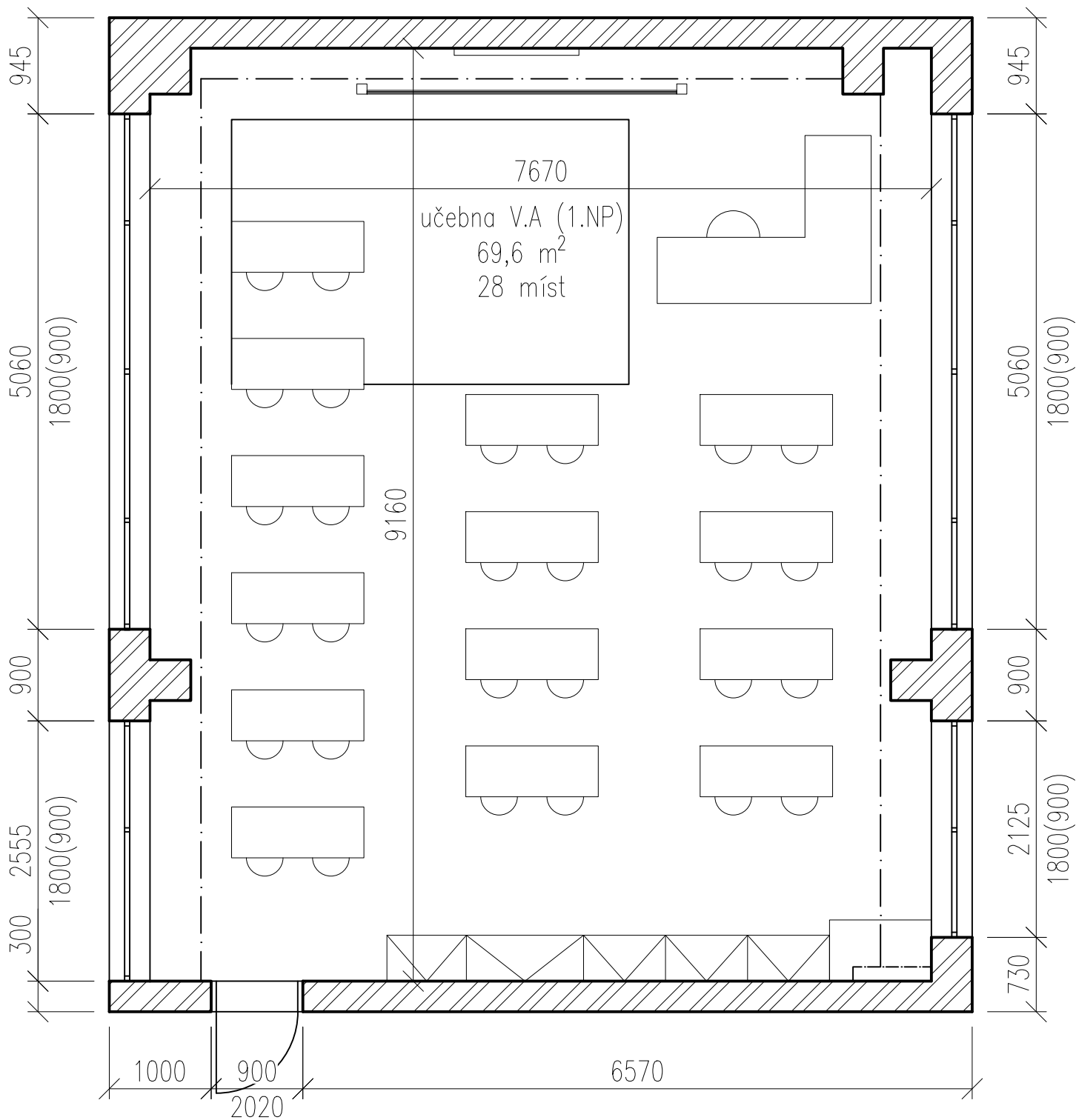


PRAVÁ STĚNA OD TABULE



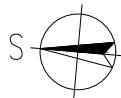
±0,000 = 239,00 m.n.m. (Bpv)

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
BUDOVY A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ		
ROČNÍK	VEDOUČÍ PRÁCE			
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.			
OBJEKT	ZŠ JANA PALACHA V KUTNÉ HOŘE		FORMÁT	A4
			MĚŘÍTKO	1:55
			DATUM	19.12.2020
VÝKRES	UČEBNA IX.A - POHLEDY NA PŘEDNÍ A BOČNÍ STĚNY		Č. VÝKR.	4.

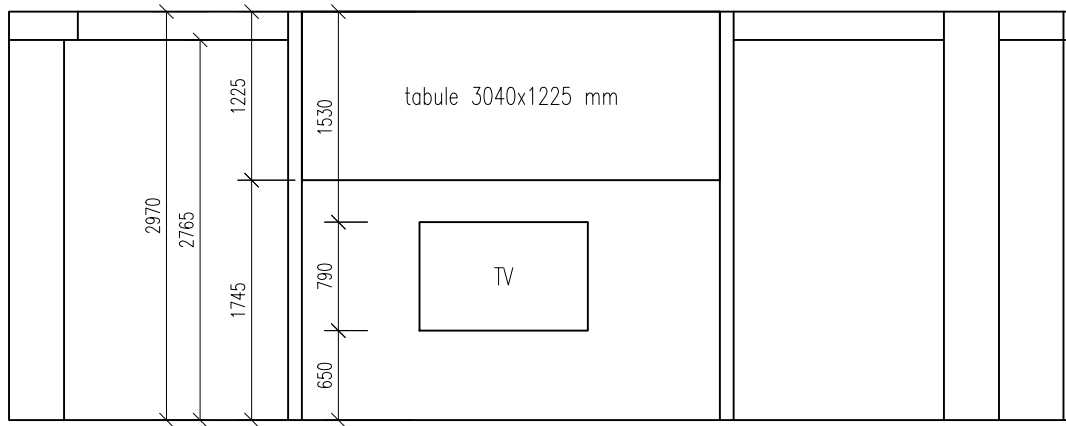


±0,000 = 233,70 m.n.m. (Bpv)

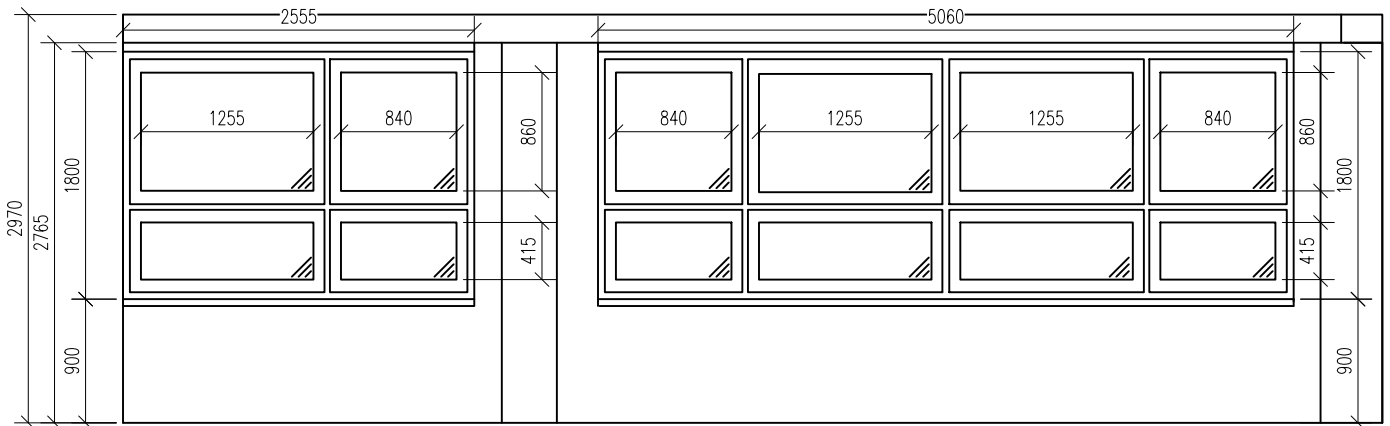
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	 ČVUT ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
BUDOVI A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ		
ROČNÍK	VEDOUcí PRÁCE			
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.			
OBJEKT	ZŠ RAKOVSKÉHO V PRAZE		FORMÁT	A4
			MÉRÍTKO	1:55
			DATUM	19.12.2020
VÝKRES	PŮDORYS UČEBNY V.A		Č. VÝKR.	5.



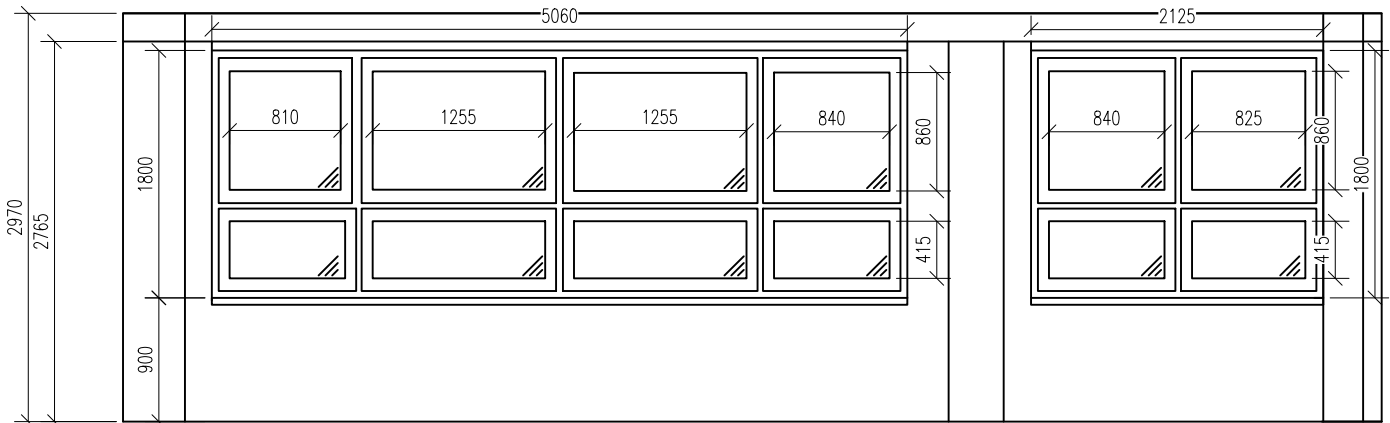
PŘEDNÍ STĚNA



LEVÁ STĚNA OD TABULE

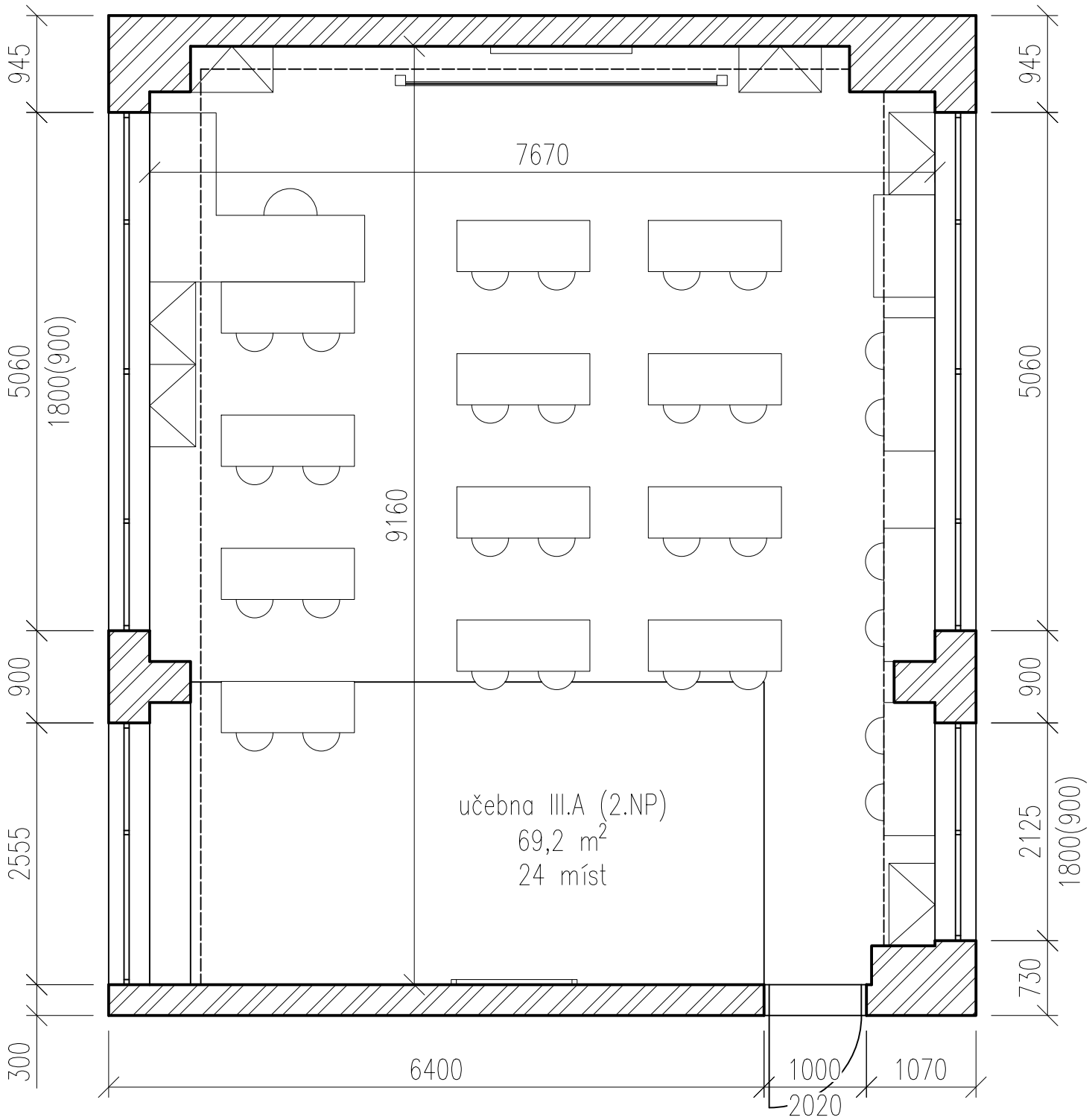


PRAVÁ STĚNA OD TABULE




±0,000 = 233,70 m.n.m. (Bpv)

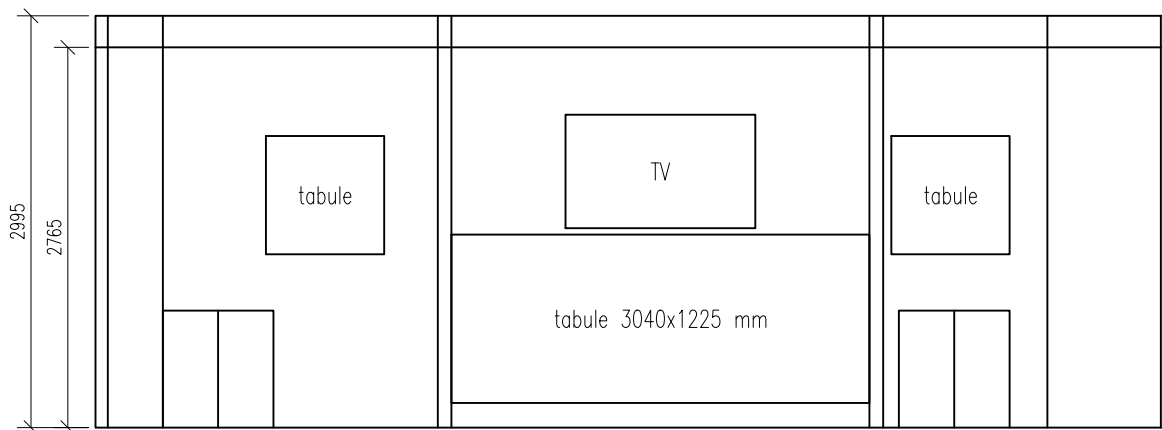
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
BUDOVOVÝ A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ		
ROČNÍK	VEDOUcí PRÁCE			
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.			
OBJEKT	ZŠ RAKOVSKÉHO V PRAZE		FORMÁT	A4
			MĚŘÍTKO	1:55
			DATUM	19.12.2020
VÝKRES	UČEBNA V.A. - POHLEDY NA PŘEDNÍ A BOČNÍ STĚNY		Č. VÝKR.	6.



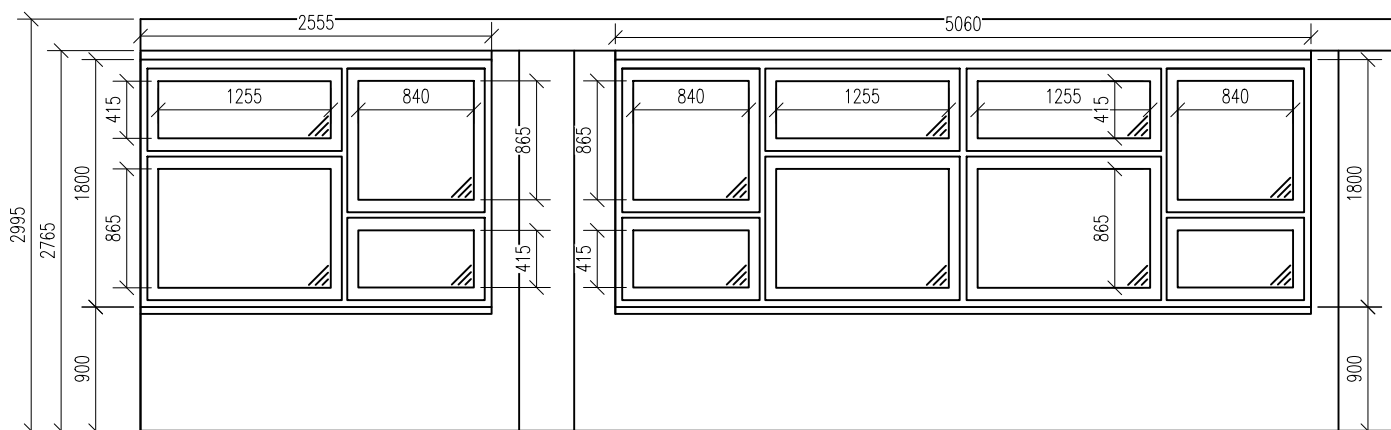
±0,000 = 233,70 m.n.m. (Bpv)

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	 ČVUT České vysoké učení technické v Praze	
BUDOVY A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ		
ROČNÍK	VEDOUcí PRÁCE			
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.			
OBJEKT	ZŠ RAKOVSKÉHO V PRAZE		FORMÁT	A4
			MĚŘÍTKO	1:55
			DATUM	19.12.2020
VÝKRES	PŮDORYS UČEBNY III.A		Č. VÝKR.	7.

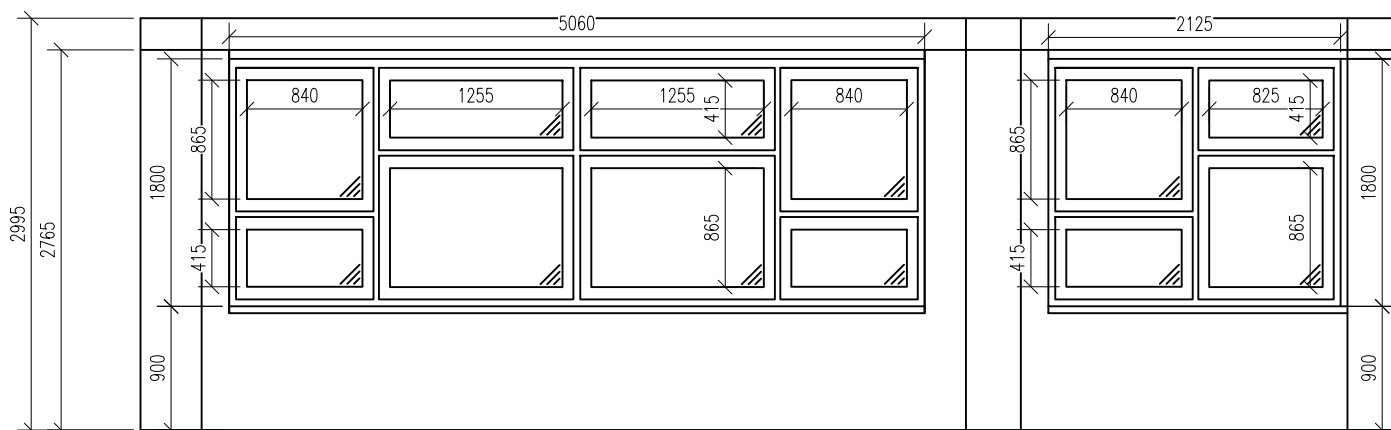
PŘEDNÍ STĚNA



LEVÁ STĚNA

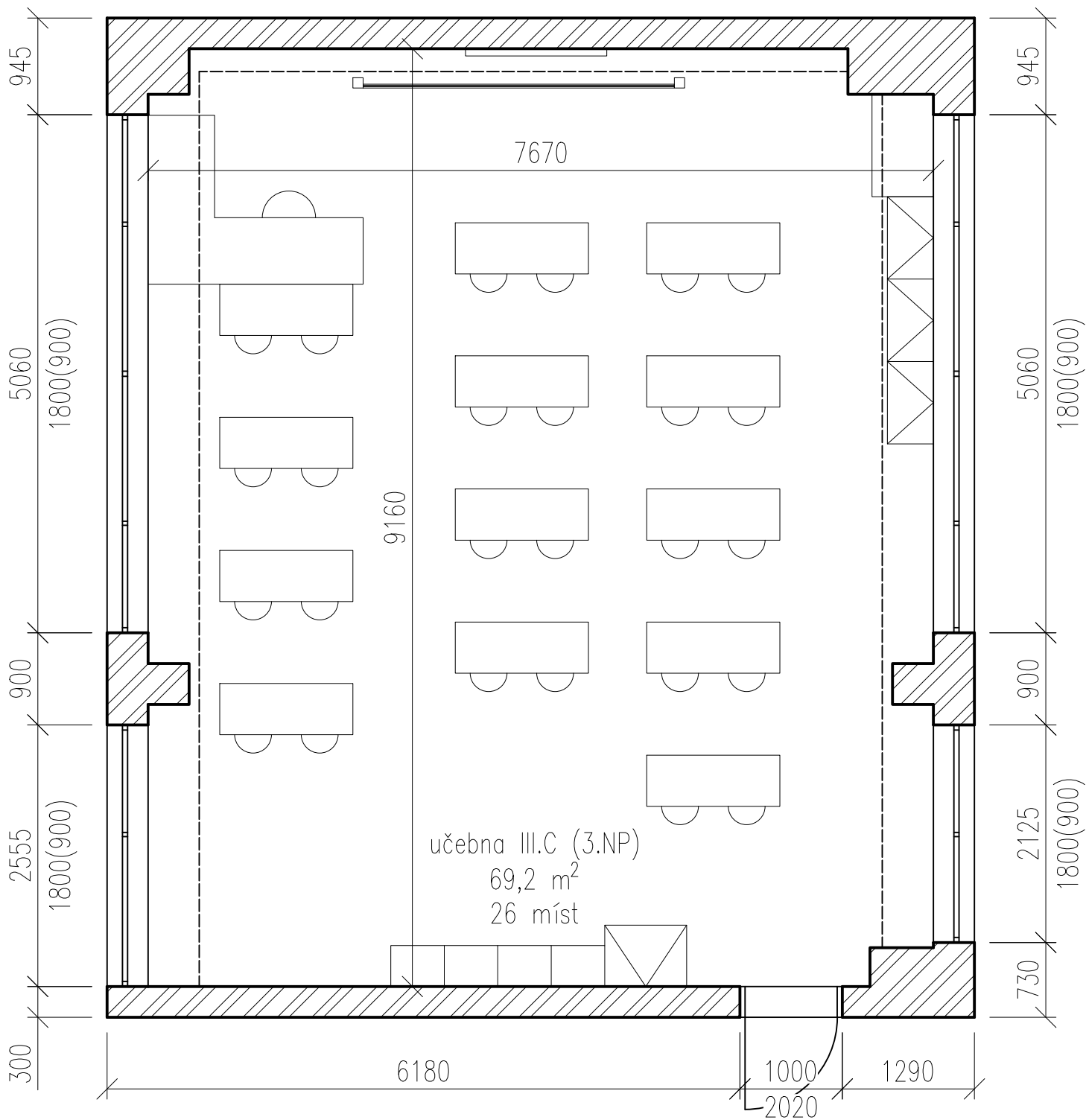


PRAVÁ STĚNA




±0,000 = 233,70 m.n.m. (Bpv)

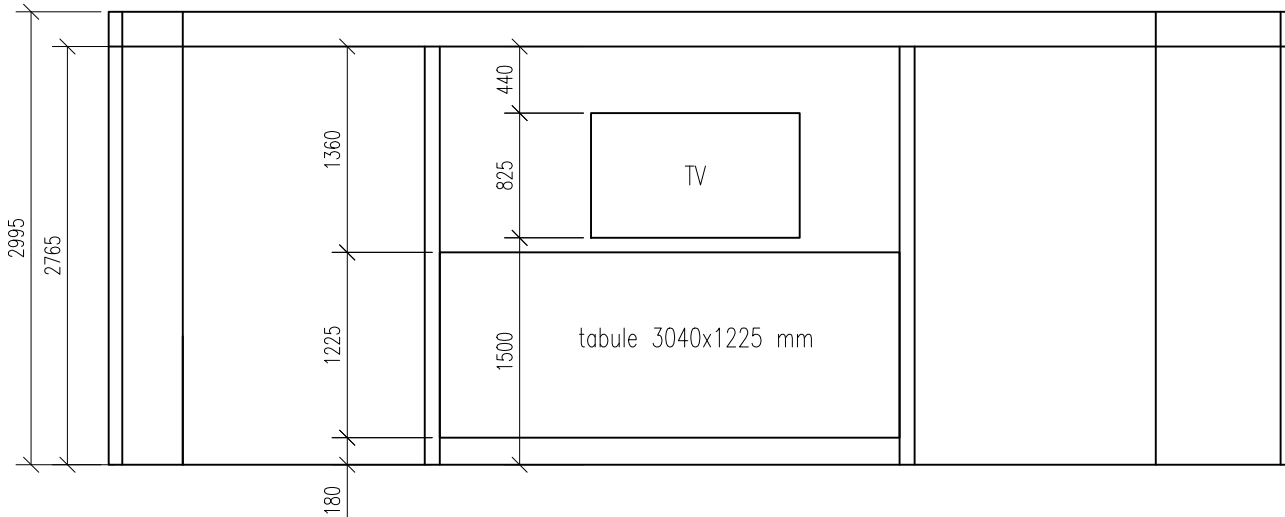
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	 ČVUT ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
BUDOVOVÝ A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ		
ROČNÍK	VEDOUcí PRÁCE			
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.			
OBJEKT	ZŠ RAKOVSKÉHO V PRAZE		FORMÁT	A4
			MĚŘÍTKO	1:55
			DATUM	19.12.2020
VÝKRES	UČEBNA III.A - POHLEDY NA PŘEDNÍ A BOČNÍ STĚNY		Č. VÝKR.	8.



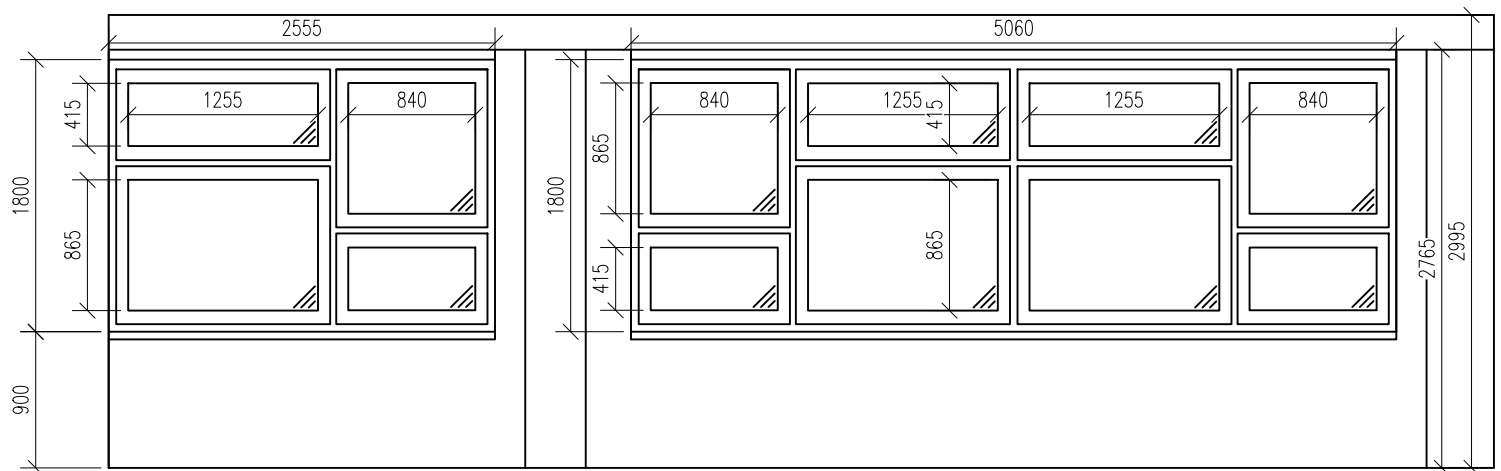
±0,000 = 233,70 m.n.m. (Bpv)

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	 ČVUT ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
BUDOVOVÝ A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ		
ROČNÍK	VEDOUcí PRÁCE			
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.			
OBJEKT	ZŠ RAKOVSKÉHO V PRAZE		FORMÁT	A4
			MĚŘÍTKO	1:55
			DATUM	19.12.2020
VÝKRES	PŮDORYS UČEBNY III.C		Č. VÝKR.	9.

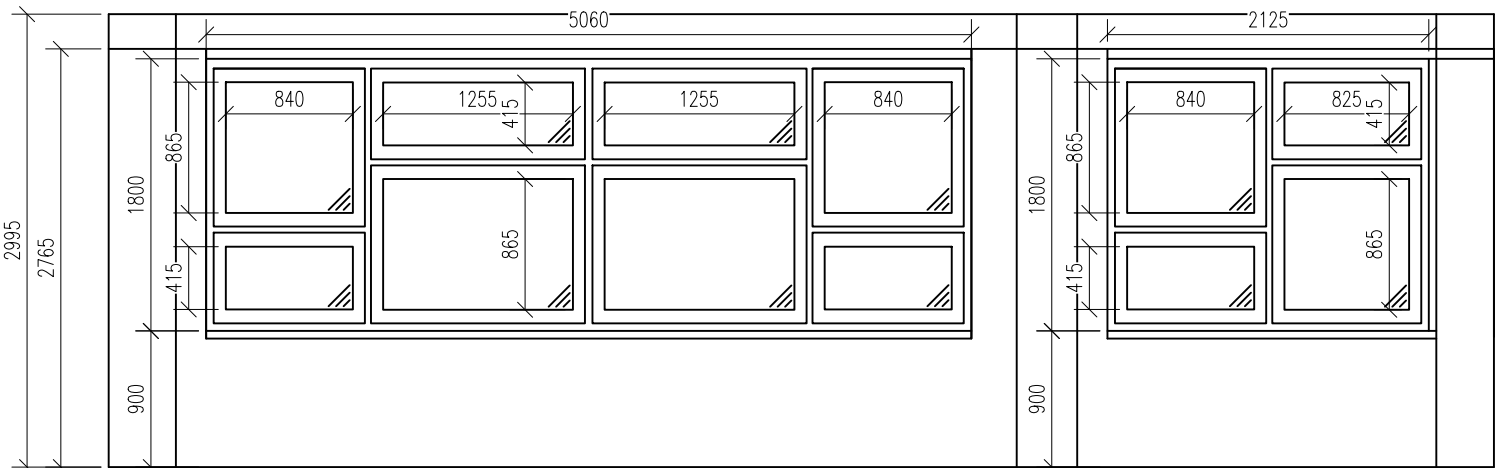
PŘEDNÍ STĚNA




LEVÁ STĚNA OD TABULE



PRAVÁ STĚNA OD TABULE



±0,000 = 233,70 m.n.m. (Bpv)

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
BUDOVY A PROSTŘEDÍ	K124	MARTINA LIBERSKÁ	
ROČNÍK	VEDOUČÍ PRÁCE		
2.	Ing. arch. LENKA MAIEROVÁ, Ph.D.		
OBJEKT	ZŠ RAKOVSKÉHO V PRAZE		
VÝKRES	UČEBNA III.C - POHLEDY NA PŘEDNÍ A BOČNÍ STĚNY		FORMÁT A4 MĚŘÍTKO 1:55 DATUM 19.12.2020 Č. VÝKR. 10.

Příloha B (výstupy z měření)

Seznam příloh

1. Naměřená data ze ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře
2. Naměřená data ze ZŠ Rakovského v Praze

Naměřená data v ZŠ Jana Palacha v Kutné Hoře

Učebna IX.A, ZŠ Jana Palacha					
Povrch	Měření	Osvětlenost povrchu [lx]	Osvětlenost shora [lx]	Činitel odrazu světla [-]	Průměrný činitel odrazu světla [-]
Stěna / strop	1	137,2	113,1	0,82	0,82
	2	137,0	112,8	0,82	
	3	137,3	112,8	0,82	
	4	136,9	112,4	0,82	
	5	139,1	112,7	0,81	
Stěna broskvová	1	116,0	54,4	0,47	0,36
	2	121,0	54,1	0,45	
	3	122,5	55,2	0,45	
	4	122,6	51,9	0,42	
	5	122,2	54,1	0,44	
Tapeta dřevo	1	89,1	51,0	0,57	0,59
	2	89,6	54,2	0,60	
	3	90,5	53,1	0,59	
	4	90,3	53,3	0,59	
	5	90,2	53,2	0,59	
Plech šedý	1	92,5	27,4	0,30	0,31
	2	92,3	27,9	0,30	
	3	93,9	28,8	0,31	
	4	93,7	28,8	0,31	
	5	93,2	29,9	0,32	
Podlaha	1	158,4	49,6	0,31	0,31
	2	156,2	49,4	0,32	
	3	155,9	48,5	0,31	
	4	156,1	48,8	0,31	
	5	155,7	47,5	0,31	
Tabule tmavě zelená	1	77,2	10	0,13	0,14
	2	75,4	12,3	0,16	
	3	74,8	11,5	0,15	
	4	75,1	10,3	0,14	
	5	74,4	10,3	0,14	
Stojan tabule	1	136,8	27,7	0,20	0,19
	2	135,8	25,5	0,19	
	3	136,3	25,2	0,18	
	4	135,4	27,1	0,20	
	5	133,1	25,1	0,19	
Tabule černá	1	158,3	26	0,16	0,14
	2	158,1	20,6	0,13	
	3	157,9	24,8	0,16	
	4	156,7	20,6	0,13	
	5	156,2	20,5	0,13	
Skříň	1	119,9	37,1	0,31	0,31
	2	121,8	38,1	0,31	
	3	119,5	37,8	0,32	
	4	119,6	37,9	0,32	
	5	119,3	37,4	0,31	

Dveře	1	131,0	33,2	0,25	0,25
	2	129,4	32,7	0,25	
	3	127,1	32,2	0,25	
	4	126,1	31,8	0,25	
	5	126,4	31,5	0,25	
Lavice	1	108,0	41,8	0,39	0,39
	2	110,6	43,0	0,39	
	3	113,7	43,6	0,38	
	4	113,1	42,9	0,38	
	5	113,8	44,1	0,39	

Učebna IX.A, ZŠ Jana Palacha					
Povrch	Měření	Osvětlenost skrz sklo [lx]	Osvětlenost bez skla [lx]	Činitel prostupu difuzního světla [-]	Činitel prostupu difuzního světla [-]
Okno dvojsklo	1	2300	1657	0,72	0,74
	2	2320	1720	0,74	
	3	2250	1700	0,76	
	4	2300	1702	0,74	
	5	2340	1705	0,73	
Učebna IX.A, ZŠ Jana Palacha					
Místo	Osvětlenost venkovní vodorovné nezastíněné roviny E_H [lx]	Osvětlenost srovnávací roviny E [lx]	Činitel denní osvětlenosti D [%]		
1	6616,6	510,0	7,7		
2	6606,9	431,0	6,5		
3	6596,1	512,0	7,8		
4	6586,4	434,0	6,6		
5	6576,7	566,0	8,6		
6	6566,0	460,0	7,0		
7	6556,3	374,0	5,7		
8	6546,6	375,0	5,7		
9	6535,8	457,0	7,0		
10	6526,2	388,0	5,9		
11	6516,5	203,0	3,1		
12	6516,5	170,5	2,6		
13	6506,8	211,0	3,2		
14	6506,8	176,9	2,7		
15	6506,8	219,0	3,4		
16	6496,0	186,7	2,9		
17	6496,0	215,0	3,3		
18	6496,0	178,5	2,7		
19	6496,0	212,0	3,3		
20	6496,0	175,2	2,7		
21	6506,8	118,5	1,8		
22	6506,8	105,9	1,6		
23	6516,5	126,6	1,9		
24	6515,4	116,4	1,8		
25	6526,2	125,8	1,9		
26	6526,2	116,4	1,8		
27	6536,9	115,5	1,8		
28	6546,6	112,3	1,7		
29	6546,6	108,8	1,7		
30	6556,3	97,9	1,5		

Naměřená data v ZŠ Rakovského v Praze

Učebna V.A, ZŠ Rakovského					
Povrch	Číslo měření	Osvětlenost povrchu [lx]	Osvětlenost shora [lx]	Činitel odrazu světla [-]	Průměrný činitel odrazu světla [-]
Stěna růžová	1	45,1	30,7	0,68	0,70
	2	43,9	30,3	0,69	
	3	44,2	30,7	0,69	
	4	42,5	30,0	0,71	
	5	42,0	30,0	0,71	
Stěna zelená	1	69,4	39,2	0,56	0,56
	2	70,0	38,8	0,55	
	3	70,4	40,3	0,57	
	4	71,3	39,7	0,56	
	5	71,9	39,0	0,54	
Strop (převzato z III.A)	1	66,5	55,5	0,83	0,82
	2	67,0	55,5	0,83	
	3	67,6	54,8	0,81	
	4	67,4	55,0	0,82	
	5	68,0	54,6	0,80	
Koberec modrozelený	1	57,8	9,7	0,17	0,17
	2	56,9	9,8	0,17	
	3	56,5	10,0	0,18	
	4	57,2	10,0	0,17	
	5	57,9	9,8	0,17	
Linoleum	1	59,6	22,3	0,37	0,36
	2	60,5	21,5	0,36	
	3	60,1	21,5	0,36	
	4	60,0	21,4	0,36	
	5	59,9	22,4	0,37	
Tabule bílá	1	47,7	32,7	0,69	0,67
	2	48,8	32,5	0,67	
	3	50,1	33,6	0,67	
	4	50,7	34,5	0,68	
	5	52,0	34,0	0,65	
Tabule tmavě zelená	1	51,5	5,8	0,11	0,11
	2	52,3	5,7	0,11	
	3	52,9	5,8	0,11	
	4	52,9	5,8	0,11	
	5	53,0	5,6	0,11	
Lavice, skříň	1	42,8	15,0	0,35	0,33
	2	44,4	14,2	0,32	
	3	45,8	14,9	0,33	
	4	45,5	15,0	0,33	
	5	45,3	15,8	0,35	
Skříň tmavá	1	43,1	11,5	0,27	0,27
	2	45,3	11,9	0,26	
	3	44,3	12,0	0,27	
	4	45,2	11,8	0,26	
	5	45,1	11,9	0,26	

Učebna V.A, ZŠ Rakovského					
Povrch	Měření	Osvětlenost přes sklo [lx]	Osvětlenost bez skla [lx]	Činitel prostupu difuzního světla [-]	Činitel prostupu difuzního světla [-]
Okno dvojsklo	1	525	390	0,74	0,71
	2	575	390	0,68	
	3	774	564	0,73	
	4	705	506	0,72	
	5	680	479	0,70	
Učebna V.A, ZŠ Rakovského					
Místo	Osvětlenost venkovní vodorovné nezastíněné roviny E_H [lx]	Osvětlenost srovnávací roviny E [lx]	Činitel denní osvětlenosti D [%]		
1	5955,7	324,0	5,4		
2	5976,1	238,0	4,0		
3	6006,3	340,0	5,7		
4	6015,9	224,0	3,7		
5	6035,3	317,0	5,3		
6	6046,1	226,0	3,7		
7	6065,5	211,0	3,5		
8	6085,9	169,9	2,8		
9	6106,4	124,1	2,0		
10	6115,0	145,4	2,4		
11	6135,4	292,0	4,8		
12	6146,2	205,0	3,3		
13	6165,6	87,1	1,4		
14	6195,7	81,4	1,3		
15	6216,2	83,6	1,3		
16	6256,0	85,3	1,4		
17	6302,3	93,2	1,5		
18	6326,0	86,5	1,4		
19	6356,1	96,2	1,5		
20	6365,8	91,0	1,4		
21	6406,7	210,0	3,3		
22	6416,4	326,0	5,1		
23	6426,1	220,0	3,4		
24	6435,7	340,0	5,3		
25	6456,2	183,2	2,8		
26	6465,9	259,0	4,0		
27	6465,9	119,2	1,8		
28	6465,9	144,9	2,2		

Učebna III.A, ZŠ Rakovského					
Povrch	Měření	Osvětlenost povrchu [lx]	Osvětlenost shora [lx]	Činitel odrazu světla [-]	Průměrný činitel odrazu světla [-]
Stěna / strop	1	66,5	55,5	0,83	0,82
	2	67,0	55,5	0,83	
	3	67,6	54,8	0,81	
	4	67,4	55,0	0,82	
	5	68,0	54,6	0,80	
Koberec červený	1	134,6	19,0	0,14	0,14
	2	132,7	19,0	0,14	
	3	131,3	19,0	0,14	
	4	129,9	18,5	0,14	
	5	130,0	18,5	0,14	
Linoleum	1	192,0	70,7	0,37	0,36
	2	192,0	67,1	0,35	
	3	188,0	69,2	0,37	
	4	186,0	67,1	0,36	
	5	184,1	65,7	0,36	
Tabule bílá	1	47,7	32,7	0,69	0,67
	2	48,8	32,5	0,67	
	3	50,1	33,6	0,67	
	4	50,7	34,5	0,68	
	5	52,0	34,0	0,65	
Tabule modrá	1	93,8	19,0	0,20	0,20
	2	93,7	18,7	0,20	
	3	94,7	19,0	0,20	
	4	96,0	18,6	0,19	
	5	96,5	17,8	0,18	
Lavice a skříň (převzato z V.A)	1	42,8	15,0	0,35	0,33
	2	44,4	14,2	0,32	
	3	45,8	14,9	0,33	
	4	45,5	15,0	0,33	
	5	45,3	15,8	0,35	

Učebna III.A, ZŠ Rakovského					
Povrch	Měření	Osvětlenost skrz sklo [lx]	Osvětlenost bez skla [lx]	Činitel prostupu difuzního světla [-]	Činitel prostupu difuzního světla [-]
Okno dvojsklo	1	525	390	0,74	0,71
	2	575	390	0,68	
	3	774	564	0,73	
	4	705	506	0,72	
	5	680	479	0,70	
Učebna III.A, ZŠ Rakovského					
Místo	Osvětlenost venkovní vodorovné nezastíněné roviny E_H [lx]	Osvětlenost srovnávací roviny E [lx]	Činitel denní osvětlenosti D [%]		
1	4805,0	388,0	8,1		
2	4814,7	284,0	5,9		
3	4824,4	380,0	7,9		
4	4834,1	266,0	5,5		
5	4875,0	337,0	6,9		
6	4884,7	234,0	4,8		
7	4914,8	259,0	5,3		
8	4934,2	231,0	4,7		
9	4984,8	122,9	2,5		
10	5005,2	118,9	2,4		
11	5034,3	133,0	2,6		
12	5054,7	127,5	2,5		
13	5075,2	133,7	2,6		
14	5094,6	127,7	2,5		
15	5134,4	134,8	2,6		
16	5164,5	124,1	2,4		
17	5194,7	177,2	3,4		
18	5215,1	251,0	4,8		
19	5244,2	176,2	3,4		
20	5293,7	246,0	4,6		
21	5355,0	182,7	3,4		
22	5375,5	248,0	4,6		
23	5425,0	206,0	3,8		
24	5442,2	252,0	4,6		

Učebna III.C, ZŠ Rakovského					
Povrch	Měření	Osvětlenost povrchu [lx]	Osvětlenost shora [lx]	Činitel odrazu světla [-]	Průměrný činitel odrazu světla [-]
Stěna / strop	1	66,5	55,5	0,83	0,82
	2	67,0	55,5	0,83	
	3	67,6	54,8	0,81	
	4	67,4	55,0	0,82	
	5	68,0	54,6	0,80	
Linoleum (převzato z III.A)	1	192,0	70,7	0,37	0,36
	2	192,0	67,1	0,35	
	3	188,0	69,2	0,37	
	4	186,0	67,1	0,36	
	5	184,1	65,7	0,36	
Tabule bílá (převzato z V.A)	1	47,7	32,7	0,69	0,67
	2	48,8	32,5	0,67	
	3	50,1	33,6	0,67	
	4	50,7	34,5	0,68	
	5	52,0	34,0	0,65	
Tabule tmavě zelená (převzato z V.A)	1	51,5	5,8	0,11	0,11
	2	52,3	5,7	0,11	
	3	52,9	5,8	0,11	
	4	52,9	5,8	0,11	
	5	53,0	5,6	0,11	
Lavice a skříňe (převzato z V.A)	1	42,8	15,0	0,35	0,33
	2	44,4	14,2	0,32	
	3	45,8	14,9	0,33	
	4	45,5	15,0	0,33	
	5	45,3	15,8	0,35	

Učebna III.C, ZŠ Rakovského					
Povrch	Měření	Osvětlenost skrz sklo [lx]	Osvětlenost bez skla [lx]	Činitel prostupu difuzního světla [-]	Činitel prostupu difuzního světla [-]
Okno dvojsklo	1	525	390	0,74	0,71
	2	575	390	0,68	
	3	774	564	0,73	
	4	705	506	0,72	
	5	680	479	0,70	
Učebna III.C, ZŠ Rakovského					
Místo	Osvětlenost venkovní vodorovné nezastíněné roviny E_H [lx]	Osvětlenost srovnávací roviny E [lx]	Činitel denní osvětlenosti D [%]		
1	4784,6	352,0	7,4		
2	4784,6	269,0	5,6		
3	4794,2	386,0	8,1		
4	4805,0	285,0	5,9		
5	4814,7	327,0	6,8		
6	4814,7	256,0	5,3		
7	4824,4	260,0	5,4		
8	4834,1	224,0	4,6		
9	4844,8	175,0	3,6		
10	4854,5	172,4	3,6		
11	4864,2	187,7	3,9		
12	4875,0	192,5	3,9		
13	4875,0	189,2	3,9		
14	4884,7	193,6	4,0		
15	4884,7	175,9	3,6		
16	4884,7	185,8	3,8		
17	4884,7	280,0	5,7		
18	4884,7	375,0	7,7		
19	4884,7	292,0	6,0		
20	4884,7	383,0	7,8		
21	4884,7	292,0	6,0		
22	4884,7	380,0	7,8		
23	4875,0	234,0	4,8		
24	4875,0	277,0	5,7		
25	4875,0	196,2	4,0		
26	4875,0	231,0	4,7		