

Zpráva o výpočtu

Obsah

1 Úvod.....	2
2 Výpočet činitele údržby	2
3 Návrh osvětlení učeben.....	4
3.1 Požadavky na osvětlenost	4
3.2 Stanovení odraznosti povrchů.....	4
3.3 Popis výpočtu učeben.....	5
3.3.1 Výpočet osvětlení tabulí.....	6
3.3.2 Výpočet osvětlení pracovních ploch stolů a okolí	7
3.3.3 Výpočtové body UGR a oslnění	8
4 Popis návrhu schodiště.....	9
4.1 Požadavky na osvětlenost	10
4.2 Rampový způsob návrhu (zrychlený)	10
4.3 Stupnicový způsob návrhu (pomalejší, přesnější).....	11
4.4 Porovnání výsledů obou návrhů.....	11
5 Popis návrhu ostatních místností.....	15
6 Závěr	15
Výkresy - Rozmístění svítidel	
Jednotlivé výpočty místností	
Technické listy svítidel	

1 Úvod

Veškeré výpočty provádím v programu DIALux 4.13. Jedná se o profesionální software pro návrh osvětlení, který je zdarma.

Zásadním předpokladem mých výpočtů je, že požadavek na denní osvětlenost je splněn. Jinak bych musel intenzitu osvětlení ještě dale navyšovat. Ale všechny učebny mají téměř celou jednu stěnu prosklenou, takže považuji tento požadavek za splněný.

Před zahájením samotného výpočtu a návrhu osvětlení jsem si pečlivě prostudoval podklady, abych zjistil, zda jsou některé místnosti shodné a nepočítal je tedy dvakrát. Ukázalo se, že zde shodné místnosti jsou a v takovém případě jsem návrh osvětlení pouze pro jednu místnost a na ostatní shodné jsem navrhl stejné osvětlení bez výpočtu. Celé 2NP ZŠ Mazurská má 72 místností a já provedl 33 výpočtů.

Podklady jsem prostudoval i proto, abych zjistil odrazivosti povrchů místností. Ty ovšem nebyly specifikovány, takže jsem vycházel z předepsaných odrazivostí povrchů dle normy. Výjimku tvoří učebny, ale o tom se rozepíši až v kapitole 4.3. *Popis výpočtu učeben.*

Světlá výška téměř ve všech místnostech činí 3,27m. V některých místnostech se liší a to jsem samozřejmě uvažoval i ve výpočtu.

Osvětlovací soustavu navrhuji značky THORN, což je dceřiná společnost ZUMTOBEL. Volím je proto, že se jedná o jednoho z nejvýznamnějších výrobců osvětlení a proto mají také veškeré potřebné podklady pro výpočet (elumdata*, technické listy, fotometrie) a také vyrábí vlastní inteligentní systém ovládání osvětlení (pomocí sběrnice DALI), kterým se rovněž v této bakalářské práci zabývám. O tom ale až v další kapitole.

*elumdata jsou speciální soubory, které obsahují informace o svítidle (fotometrické, energetické, tvar, rozměr,...) a vkládají se do výpočtových program (jako například DIALux) a tím lze navrhovat osvětlovací soustavy velmi přesně na konkrétní svítidla. Soubor lze snadno poznat, protože má koncovku .ldt.

2 Výpočet činitele údržby

Výpočet provádím dle TNI 36 0451 – Údržba vnitřních osvětlovacích soustav.

$$MF = LLMF * LSF * LMF * RSMF \quad (1)$$

,kde:

LLMF... činitel stárnutí světelného zdroje [-]

LSF... činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů [-]

LMF... udržovací činitel svítidla [-]

RSMF... udržovací činitel povrchů [-]

Můžeme se setkat i s takovýmto značením: $z = z_z * z_{fz} * z_s * z_{po}$

,kde:

z_z ...činitel stárnutí světelných zdrojů [-]

z_{fz} ...činitel funkční spolehlivosti [-]

z_s ...činitel znečištění svítidel [-]

z_{po} ...činitel znečištění povrchů místnosti [-]

a) Činitel stárnutí světelného zdroje LLMF

Norma TNI 36 0451 neuvádí přímo hodnoty pro LED zdroje. Pouze uvádí, že se má činitel LLMF zjistit od výrobce svítidel.

Já navrhuji svítidla THORN College, THORN Jupiter 3, THORN Novaline a THORN Chalice Pro, které mají životnost L70 při 60.000h. Z toho vyplývá, že **LLMF=0,6**.

b) Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů LSF

Používá se pouze pro skupinovou výměnu svítidel. V mnou navržené osvětlovací soustavě nebude třeba skupinové výměny, protože navrhuji LED osvětlení s vysokou životností a navíc inteligentní systém řízení pomocí sběrnice DALI. Díky tomu bude správce objektu dostávat informaci o poruše konkrétních svítidel a bude je moci okamžitě vyměnit.

To znamená, že **LSF=1**.

c) udržovací činitel svítidla LMF

Hodnota LMF se odečítá z tabulky 3.4 v TNI 36 0451. Před odečtením hodnoty z tabulky je třeba zjistit:

- Typ svítidla/stupeň krytí
- interval čištění svítidel
- čistota prostředí

Z technických listů mnou použitých svítidel jsem zjistil, že mají stupeň krytí D (to znamená uzavřená svítidla).

Interval čištění svítidel je 2 roky. Každé 2 roky během letních prázdnin se vyčistí všechny svítidla v celé škole.

Školy se dle normy uvažují jako čisté prostředí.

Nyní z tabulky 3.4 mohu odečíst hodnotu **LMF = 0,83**

d) Udržovací činitel povrchů RSMF

Používám pouze přímá svítidla, pro které platí DFF = 0.

Pro odečtení hodnoty RSMF je ještě potřeba znát: činitele odrazu povrchů místnosti, čistotu povrchů, a dobu čištění světla.

Z tabulky 3.8 jsem odečetl hodnotu **RSMF = 0,94**

Nyní můžeme přejít k samotnému výpočtu činitele údržby dle vzorce (1):

$$MF = LLMF * LSF * LMF * RSMF$$

$$MF = 0,8 * 1 * 0,83 * 0,94$$

$$MF = 0,62$$

Činitel údržby tedy je **0,62** a zavedl jsem ho do všech svých výpočtů. Tímto činitelem i udávám, že uvažuji životnost svítidel 60.000h.

3 Návrh osvětlení učeben

Návrhu osvětlení učeben jsem věnoval nejvíce úsilí a času, protože se jedná o nejdůležitější prostory ve škole, tráví se v nich nejvíce času a také mají v tomto projektu nejpřísnější normové požadavky.

Všechny učebny jsem navrhl dle požadavků ČSN EN 12464-1 a intenzitu osvětlení jsem ještě zvýšil z požadovaných 300lx na 500lx. To proto, že zde žáci tráví až 8 hodin denně. Takže je vhodné, aby zde měli lepší světelné podmínky, dosáhli lepší zrakové pohod a mohli se tak lépe soustředit a efektivněji učit.

3.1 Požadavky na osvětlenost

- Průměrná intenzita osvětlení pracovních ploch – stolů: $E_m \geq 500lx$ a rovnoměrnost $U_o \geq 0,6$
- Průměrná intenzita osvětlení pracovních ploch – tabulí: $E_m \geq 500lx$ a rovnoměrnost $U_o \geq 0,7$
- Průměrná intenzita osvětlení okolí pracovních ploch: $E_m \geq 300lx$ a rovnoměrnost $U_o \geq 0,4$
- Úroveň rušivého oslnění vyjádřená pomocí $UGR \leq 19$

Ještě přikládám výstřižek z normy:

ČSN EN 12464-1

Tabulka 5.36 – Vzdělávací zařízení – Školské budovy

Ref. číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Specifické požadavky
5.36.1	učebny, konzultační místnosti	300	19	0,6	80	Osvětlení má být regulovatelné.
5.36.4	černé, zelené a bílé tabule	500	19	0,7	80	Zrcadlovým odrazům je nutno zabránit. Přednášející/učitel musí být osvětlen vhodnou vertikální osvětleností.
5.36.10	místnosti pro ruční práce	500	19	0,6	80	
5.36.13	počítačové učebny (s volitelným programem)	300	19	0,6	80	Práce s displeji viz 4.9.

3.2 Stanovení odraznosti povrchů

V podkladech není specifikováno, jaké jsou povrchy stěn a stropů. Pouze je specifikovaná nášlapná vrstva podlahy, kterou tvoří pro většinu místností PVC, koberec, či dlažba. Nicméně není specifikována barva ani odrazivost povrchů. U většiny místností tedy vycházím z klasických odrazivostí doporučených dle ČSN EN 12464-1. To znamená:

Stropy – $R_{ho} = 70\%$

Stěny – $R_{ho} = 50\%$

Podlahy – $R_{ho} = 20\%$

Výjimku tvoří místnosti s přísným požadavkem na UGR (učebny, kabinety, kanceláře, sborovna). Z mnoha výpočtů, které jsem provedl lze jednoznačně vyvodit, že odrazivost podlahy má zásadní vliv na činitel UGR. Proto navrhuji světlejší povrchy s odrazivostí okolo 40%. A tato podlaha se bude muset realizovat ve všech učebnách, kancelářích, sborovnách a kabinetech, aby mohlo být zaručeno, že UGR vyjde dle normových požadavků. Stěny a stropy uvažuji z klasických odrazivostí doporučených dle ČSN EN 12464-1.

Pro výše zmíněné místnosti tedy platí odrazivost povrchů:

Stropy – $R_{ho} = 70\%$

Stěny – $R_{ho} = 50\%$

Podlahy – $R_{ho} = 40\%$

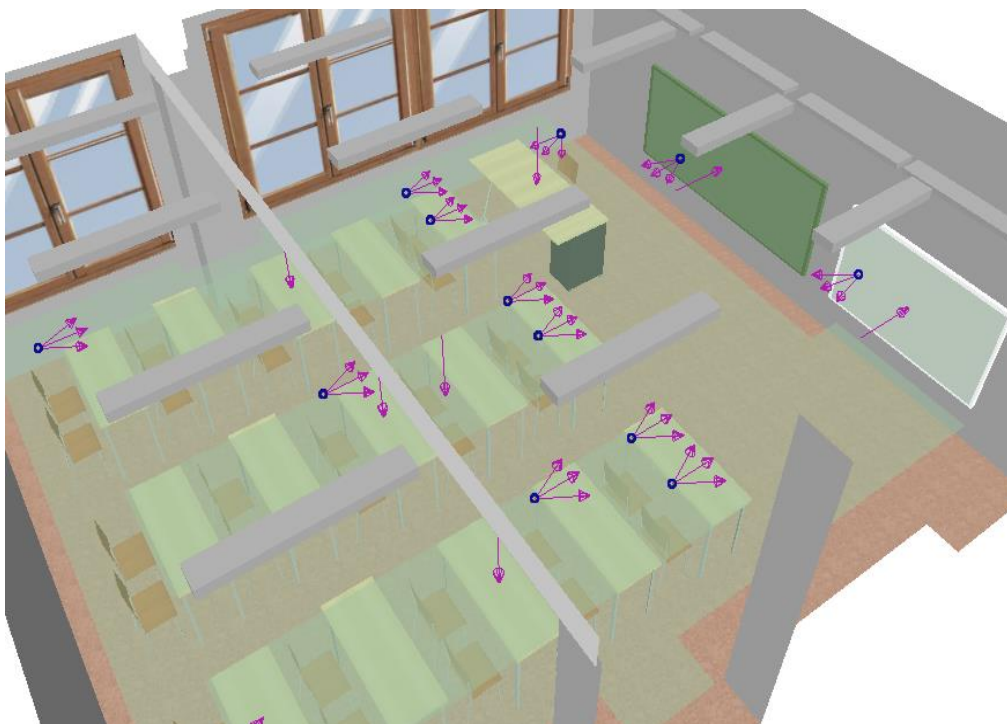
3.3 Popis výpočtu učeben

V této kapitole pouze slovně a pomocí obrázků popisuji, jakým způsobem jsem počítal. Nejsou zde uvedeny žádné konkrétní výsledky učeben. Ty jsou všechny až součástí přílohy *Jednotlivé výpočty*.

Na obrázku níže (Obr.02) vidíme typický prostor učebny před výpočtem. Jsou zde vloženy:

- a) Objekty (židle, stoly, tabule,...)
- b) Výpočtové plochy (na stolech, tabulích, v okolí pracovních ploch)
- c) Výpočtové body UGR (vždy v úrovni očí)
- d) Rozmístěná svítidla

Rozmístění svítidel a výpočtových ploch detailněji rozepíšu v následujících kapitolách 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3.

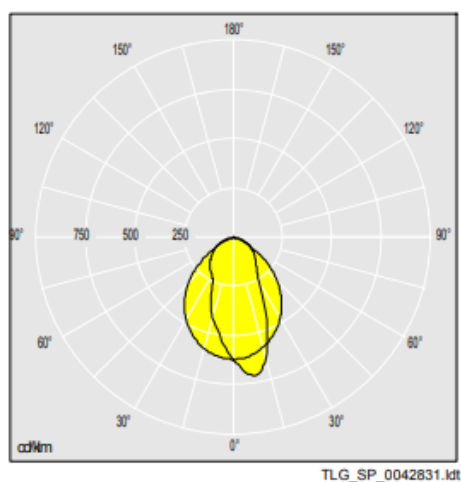


Obr.02 – Ukázka návrhu učebny D.2.04 v DIALux

3.3.1 Výpočet osvětlení tabulí

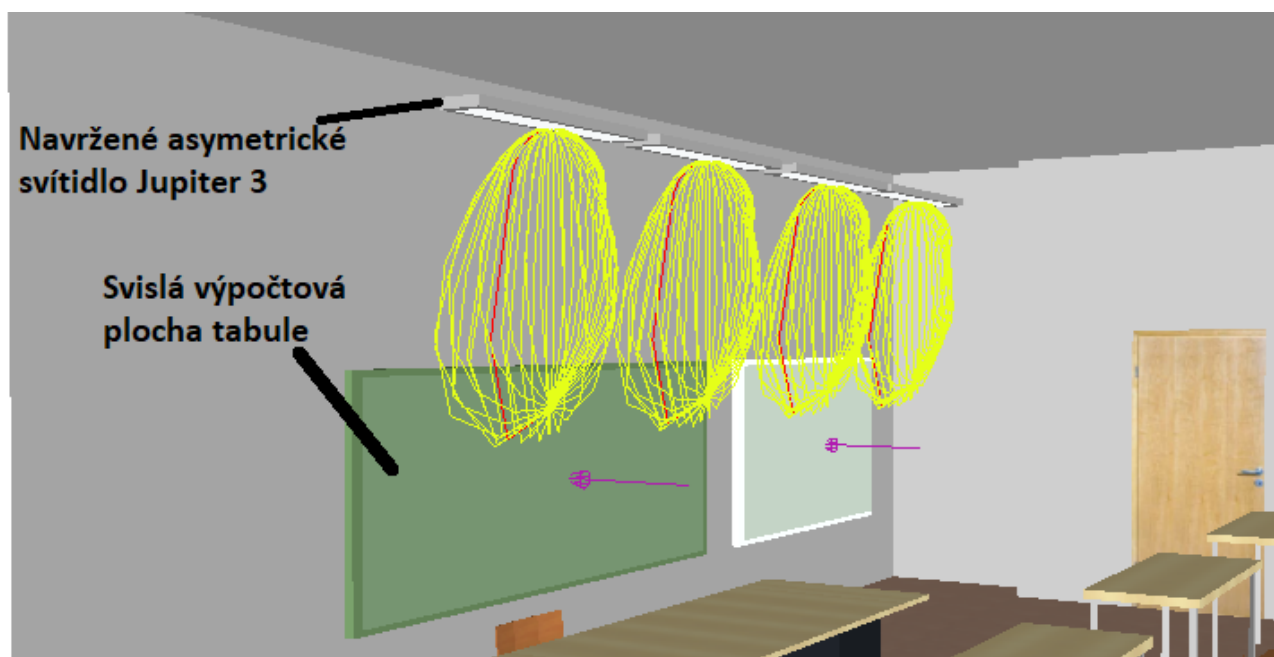
Pro osvětlení tabulí v učebnách platí normové požadavky dle ČSN EN 12464-1, tab. 5.36.4:
 $E_m \geq 500 \text{lx}$, $U_o \geq 0,7$, $R_a \geq 80$, $UGR \leq 19$.

Prakticky jediný způsob, jak dosáhnout těchto přísných normových požadavků je pomocí svítidel s asymetrickou vyzařovací charakteristikou (viz obr.03) jako například mnou navržená svítidla *Jupiter 3 / JUP3 LED A/S 4200 HFIX MPT L840*. Jako jediná svítidla jsou zavěšena a to ve výšce 2,97m, čili 30cm pod stropem.



Obr.03– Fotometrie mnou navrženého asymetrického svítidla *Jupiter 3*

Dále je třeba vložit svislou výpočtovou plochu a umístit jí na tabuli. Názorně je to ukázáno na obr.04, kde můžeme vidět i rozmístění asymetrických svítidel pro správné nasvětlení tabulí.



Obr.04 – Ukázka vložení výpočtových ploch tabulí učebny D.2.04 v DIALux

3.3.2 Výpočet osvětlení pracovních ploch stolů a okolí

Pracovní plochy stolů jsou umístěny ve výšce 0,86m (1cm nad stůl, aby nedocházelo ke kolizím objektu a výpočtové plochy) a v družině ve výšce 0,52m. Jsou vloženy nad stoly, případně i nad židle studentů. Ukázku rozmístění výpočtových ploch na stolech vidíme na Obr.05

Normový požadavek navýšený o jeden stupeň (jak jsem již zmiňoval v úvodu) dle ČSN EN 12464-1, tab. 5.36.1:

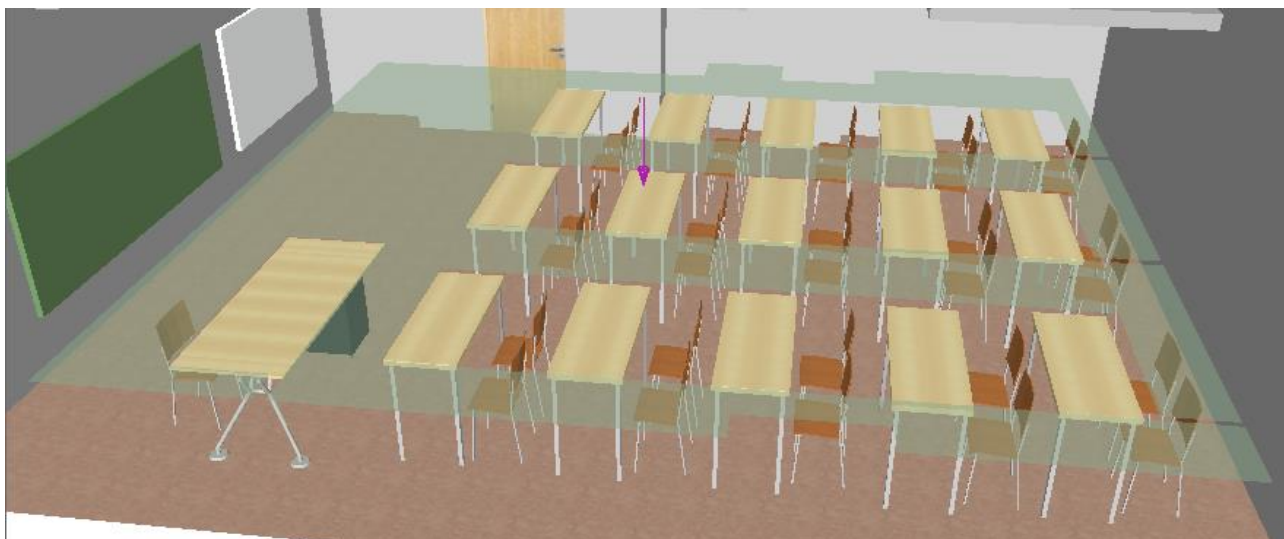
$E_m \geq 500lx$ (místo 300lx), $U_o \geq 0,6$, $R_a \geq 80$, $UGR \leq 19$.



Obr.05 – vložené výpočtové plochy na stoly v učebně D.2.04 v DIALux

Pro okolí pracovních ploch platí dle ČSN EN 12464-1, že intenzita světlení E_m může být o stupeň nižší, to znamená $E_m \geq 300\text{lx}$ a rovnoměrnost $U_o \geq 0,4$.

Názornou ukázkou vložené výpočtové plochy okolí pracovních ploch můžeme vidět na Obr.06. Výpočtová plocha zde vůbec nezasahuje nad stoly a také se nedotýká stěn. Mezi hranou stěny (případně objektů u stěn, jako například skříně, regály,...) a výpočtovou plochou je přibližně 0,5m. Pokud by byla výpočtová plocha dotažena až ke stěnám, bylo by velmi obtížné dodržet rovnoměrnost osvětlení (protože v rozích místnosti je logicky tma) a vedlo by to ke zbytečně velkému návrhu svítidel. Bylo by to velmi neekonomické a na zrakovou pohodu v místnosti by to nemělo prakticky žádný vliv.



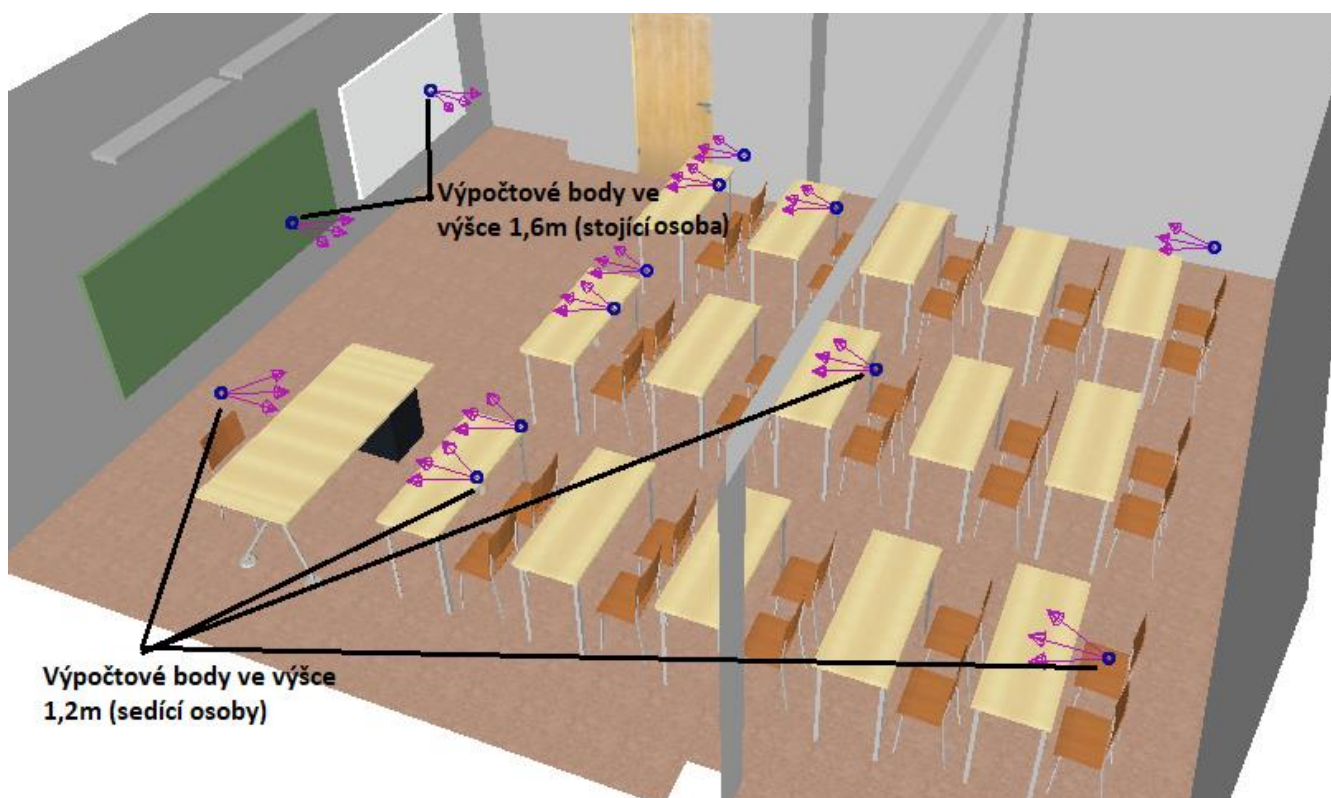
Obr.06– vložená výpočtová plocha okolí pracovních ploch v učebně D.2.04 v DIALux

3.3.3 Výpočtové body UGR a oslnění

V DIALuxu se oslnění zjišťuje pomocí vkládání tzv. *výpočtových bodů UGR*. Výška vložení těchto bodů by měla být v úrovni očí, to znamená ve výšce 1,2m pro sedící osoby a ve výšce 1,6m pro stojící osoby (v družině je to 0,9m a 1,2m). Tímto způsobem jsem vkládal výpočtové body UGR v celém tomto projektu.

Dále bych chtěl zmínit, že v učebnách mi UGR nevycházelo pro podlahu běžné odrazivosti a proto jsem v kapitole 3.2. zdůraznil, že odrazivost podlahy by měla být vyšší. Alespoň okolo 0,4.

Na Obr.07 vidíme vložené výpočtové body UGR. Modré kolečko značí polohu očí a fialová šipka značí směr, kterým se osoba dívá. Nad židlemi (to znamená pro sedící osoby) jsem výpočtové body UGR vkládal ve výšce 1,2m. A před tabule jsem ještě vložil výpočtové body ve výšce 1,6m, což simuluje stojícího vyučujícího.



Obr.07 - vložené výpočtové body UGR v učebně D.2.04 v DIALux

4 Popis návrhu schodiště

Schodišťové ramena a mezipodestu nasvětlují nástěnnými svítidly. Zejména proto, že je obtížné a nevzhledné táhnout kabeláž na schodišťovém rameni ke svítidlu. Proto se běžně schodišťové ramena nasvětlují nástěnnými svítidly. Hlavní podesta je nasvětlena stropními přisazenými svítidly.

V rámci bakalářské práce jsem provedl výpočet osvětlení schodiště dvěma způsoby:

- a) Zrychleným – ve výpočtovém modelu jsem vymodeloval místo jednotlivých schodnic pouze rampu
- b) Podrobným – ve výpočtovém model jsem vymodeloval jednotlivé schodišťové stupně

Samozřejmě oba způsoby výpočtu provádím na stejném schodišťovém prostoru a se stejnou navrženou osvětlovací soustavou. Jediné, v čem se liší, je způsob vymodelování schodišťových ramen. Oba tyto způsoby popíši a porovnám jejich výsledky.

4.1 Požadavky na osvětlenost

Požadavky na osvětlení schodiště jsou dle ČSN EN 12464-1, tabulka 5.1.2:

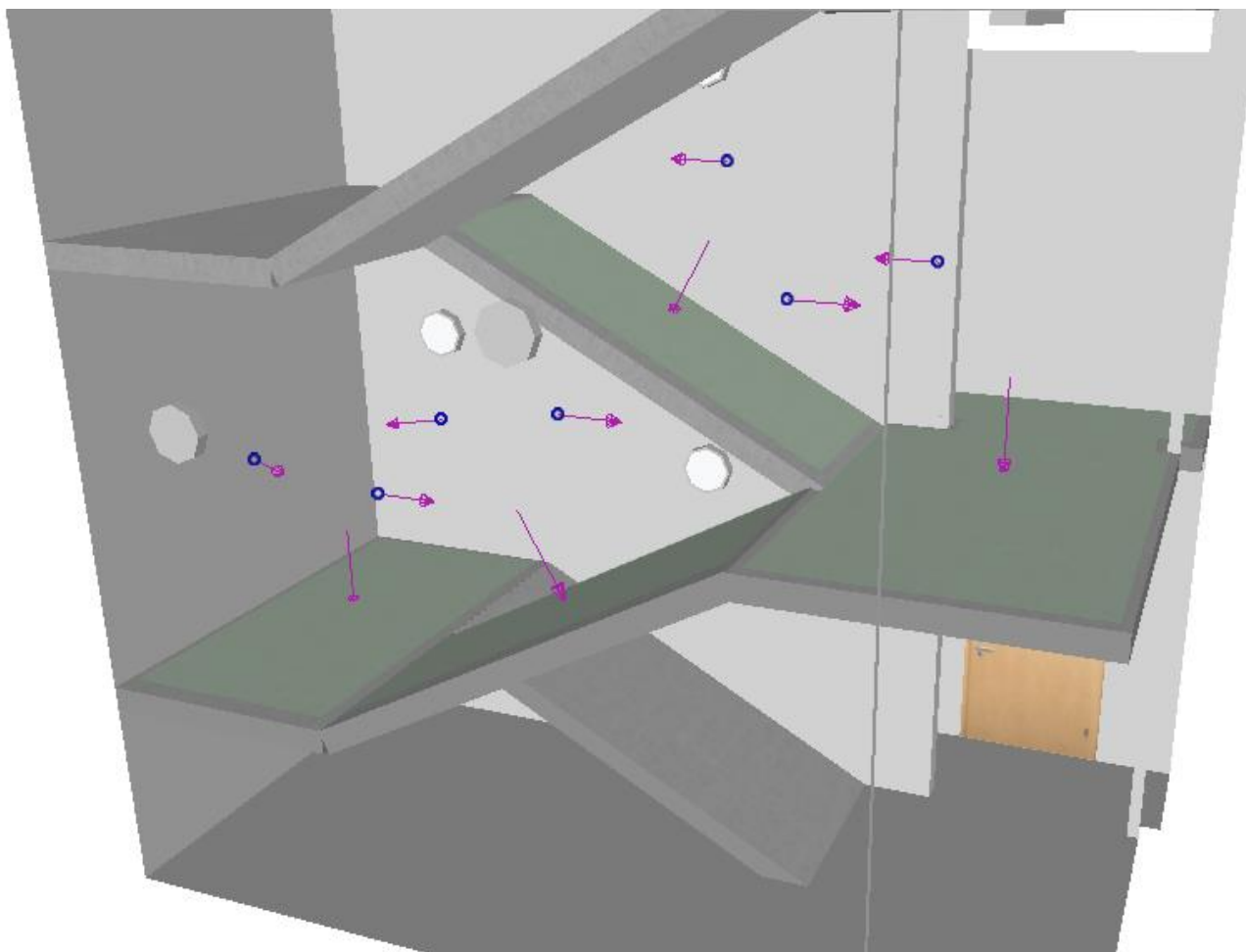
Tabulka 5.1 – Komunikační zóny uvnitř budov

Ref. číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Specifické požadavky
5.1.2	schodiště, eskalátory, pohyblivé chodníky	100	25	0,4	40	Vyžaduje zvýšený kontrast na stupních.

4.2 Rampový způsob návrhu (zrychlený)

U rampového způsobu jsem nemodeloval jednotlivé schodišťové stupně ramene, pouze jsem vložil kvádrotvé těleso a naklonil ho na stejný úhel, jako má schodiště. Nad tuto nakloněnou "desku" jsem poté vložil výpočtovou plochu ve stejném sklonu a několik pozorovacích bodů UGR ve výšce 1,6m (pozorovatelé UGR jsou ve stejné výšce i poloze pro oba návrhy).

Názornou ukázkou zadání výpočtu strampovým způsobem vidíme na obr.08



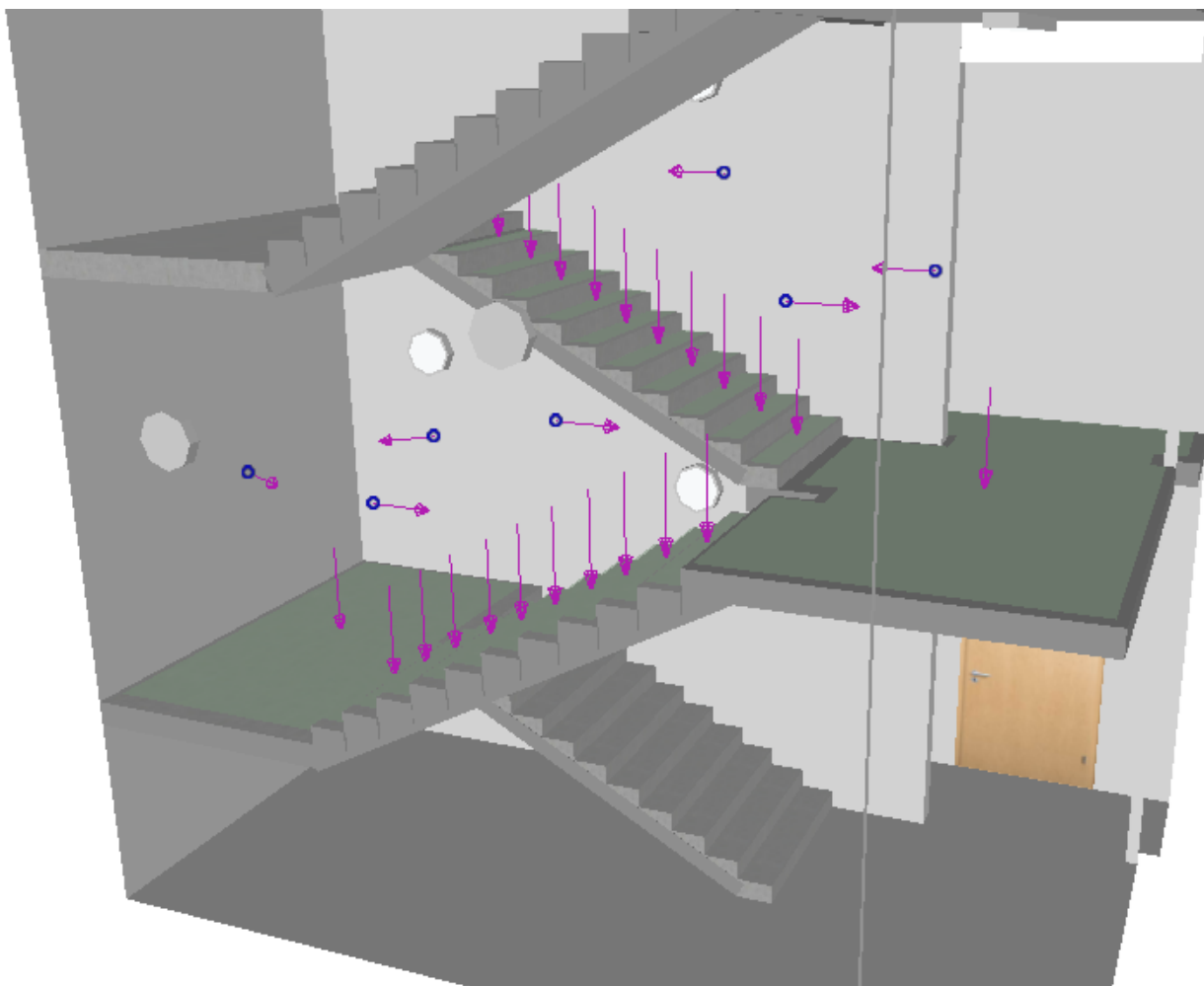
obr.08 – zadání schodiště rampových způsobem

4. Stupnicový způsob návrhu (pomalejší, přesnější)

U stupnicového způsobu zadání jsem vymodeloval každý schodišťový stupeň a nad něj vložil výpočtovou plochu. Tento způsob trvá výrazně déle a je výrazně pracnější. Také je daleko větší pravděpodobnost, že v něm člověk udělá chybu. Pozorovatele UGR jsem vložil úplně stejně jako v rampovém způsobu.

Další nevýhodou je, že je tu velké množství menších výpočtových ploch, ze kterých nejde získat průměrnou hodnotu jinak, než ručním výpočtem.

Názornou ukázkou zadání výpočtu stupnicovým způsobem vidíme na obr.09.



obr.09 – Zadání schodiště stupnicovým způsobem

4.4 Porovnání výsledů obou návrhů

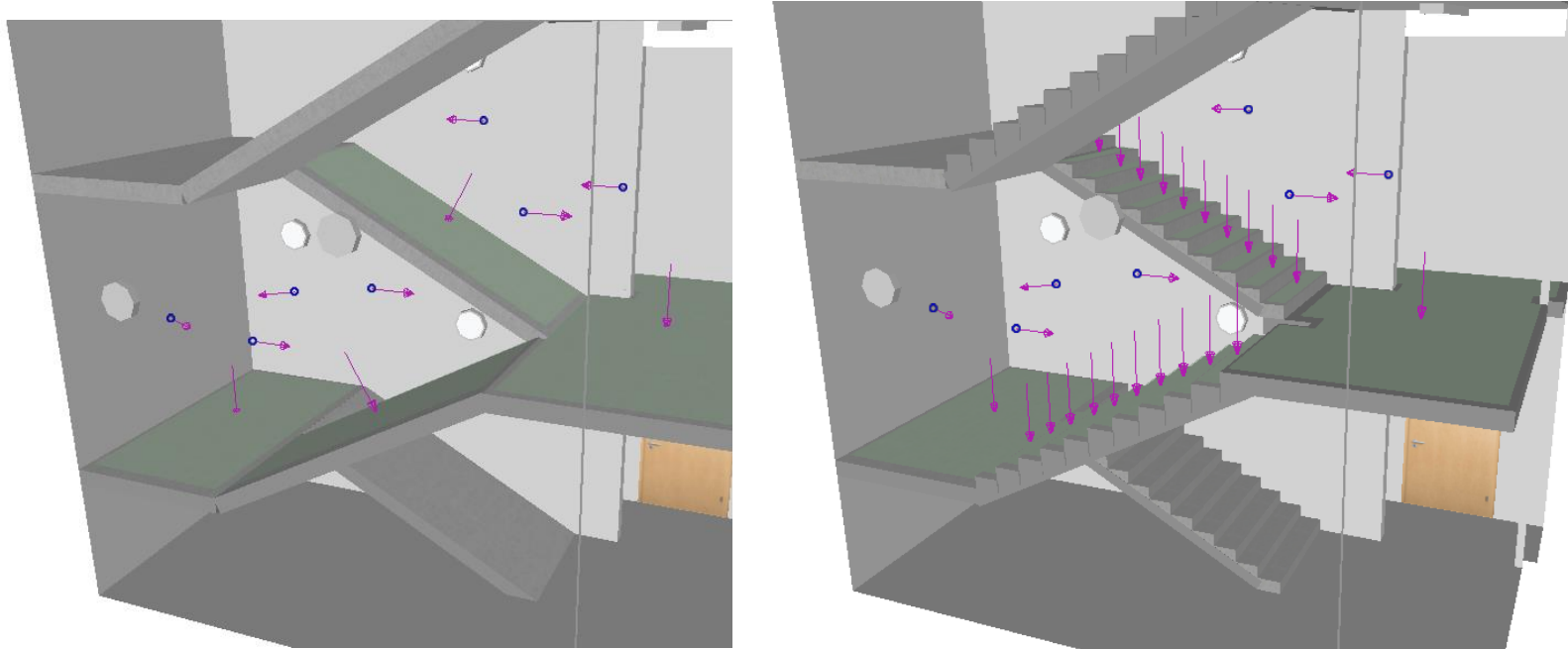
Jak jsem již zmiňoval dříve, oba návrhy jsou na stejné schodiště lišící se akorát ve způsobu zadání schodišťového ramene.

Vlevo je rampový způsob a vpravo stupnicový

Kapitola obsahuje:

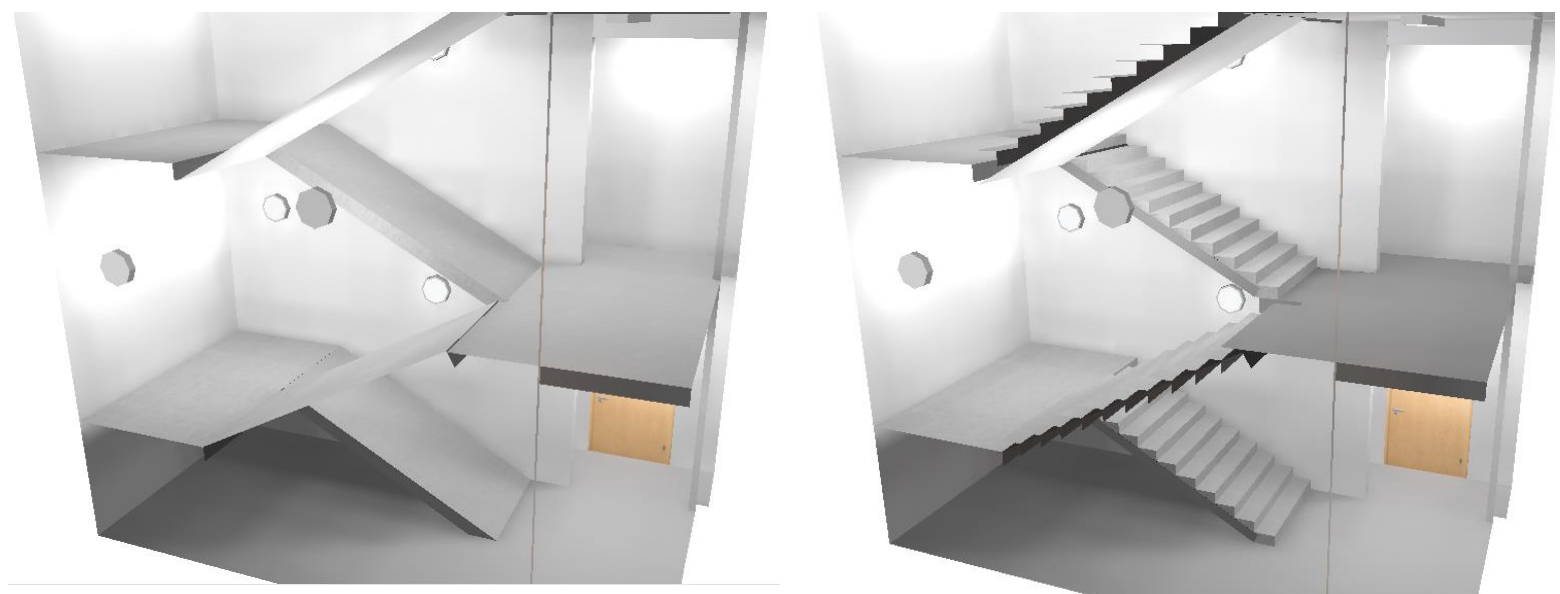
- a) Porovnání obou zadání (obr.10)
- b) Realistické vizualizace vypočtených místností (obr.11)
- c) Renderování nepravými barvami (obr.12)
- c) Porovnání výsledků (tabulka 01 a 02)

a) Porovnání obou zadání



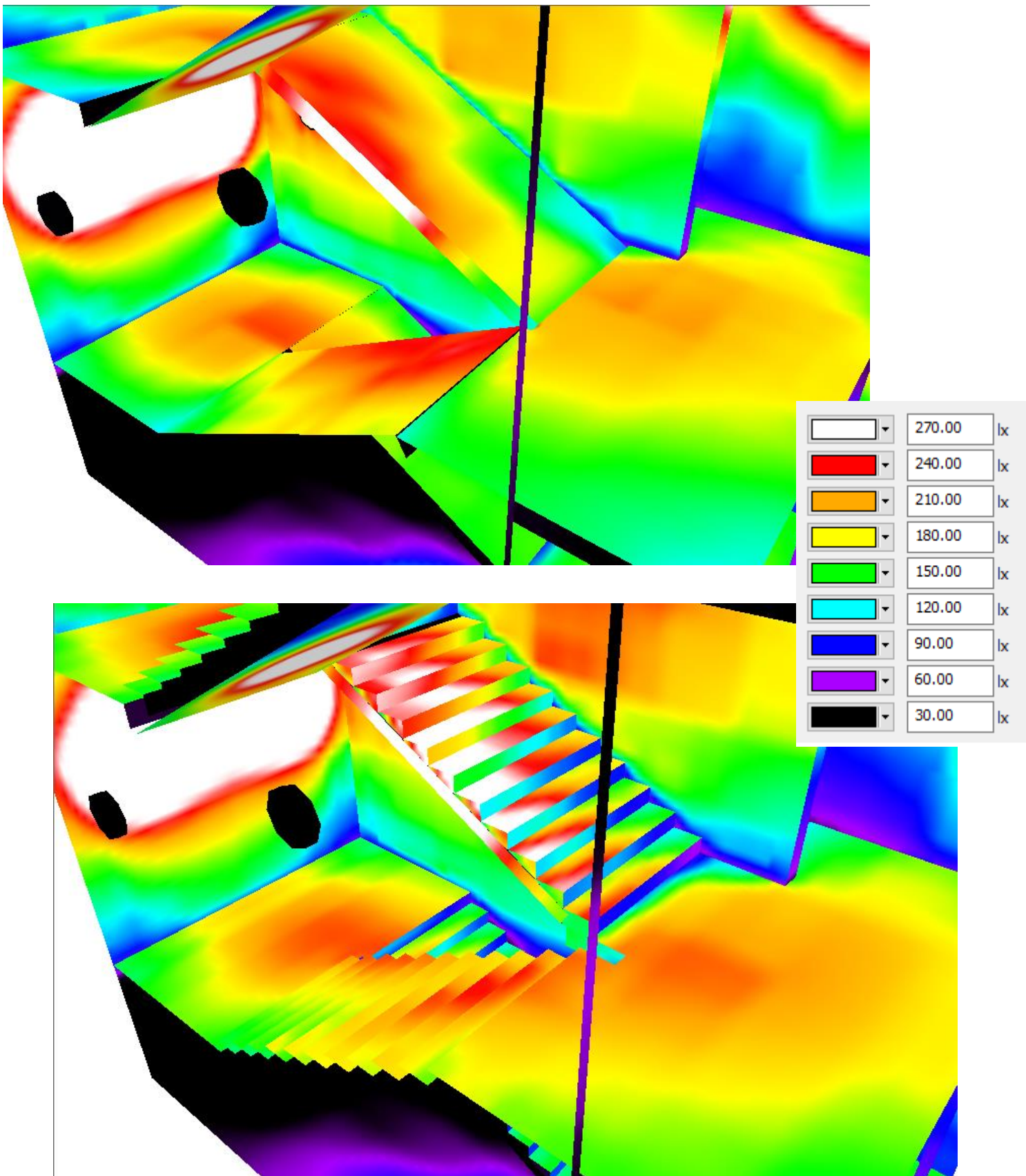
obr.10– Porovnání obou zadání

b) Realistické vizualizace vypočtených místností



obr.11 – Porovnání obou realistických vizualizací

c) Renderování nepravými barvami



obr.12 – Porovnání renderování nepravými barvami

d) Porovnání výsledků

Shrnutí výsledků

Typ	Pocet	Průměr [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m
svisle	4	193	127	251	0.66

Č.	Označení	Typ	Rastr	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
1	Hlavní podesta 2NP	svisle	16 x 32	182	127	216	0.698
2	Výstupní rameno 1-2NP	svisle	32 x 16	208	166	251	0.796
3	Mezipodesta 1-2NP	svisle	16 x 32	198	144	236	0.726
4	Nástupní rameno 1-2NP	svisle	32 x 16	192	128	246	0.668

Tabulka 01 – Výsledky rampového způsobu

Shrnutí výsledků

Typ	Pocet	Průměr [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m
svisle	22	200	135	299	0.67

Č.	Označení	Typ	Rastr	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
1	Hlavní podesta 2NP	svisle	32 x 32	192	135	240	0.704
2	Mezipodesta 1-2NP	svisle	16 x 32	197	145	235	0.737
3	Výstupní stupeň 10	svisle	4 x 16	206	167	231	0.814
4	Výstupní stupeň 9	svisle	4 x 16	216	183	245	0.846
5	Výstupní stupeň 8	svisle	4 x 16	209	186	235	0.889
6	Výstupní stupeň 7	svisle	2 x 8	202	183	213	0.907
7	Výstupní stupeň 6	svisle	2 x 8	197	185	212	0.936
8	Výstupní stupeň 5	svisle	2 x 8	193	179	219	0.926
9	Výstupní stupeň 4	svisle	2 x 8	185	153	228	0.830
10	Výstupní stupeň 3	svisle	2 x 8	181	147	233	0.815
11	Výstupní stupeň 2	svisle	2 x 8	175	142	226	0.809
12	Výstupní stupeň 1	svisle	2 x 8	174	140	221	0.807
13	Nástupní stupeň 1	svisle	2 x 8	196	135	241	0.688
14	Nástupní stupeň 2	svisle	2 x 8	198	136	262	0.690
15	Nástupní stupeň 3	svisle	2 x 8	214	150	287	0.704
16	Nástupní stupeň 4	svisle	2 x 8	228	170	294	0.747
17	Nástupní stupeň 5	svisle	2 x 8	242	183	299	0.756
18	Nástupní stupeň 6	svisle	4 x 16	253	193	298	0.764
19	Nástupní stupeň 7	svisle	4 x 16	257	195	288	0.760
20	Nástupní stupeň 8	svisle	4 x 16	252	190	297	0.755
21	Nástupní stupeň 9	svisle	4 x 16	247	189	288	0.766
22	Nástupní stupeň 10	svisle	2 x 8	247	193	279	0.784

Tabulka 02 – Výsledky stupnicového způsobu

Výsledky se prakticky neliší. Průměrná intenzita osvětlení (E_m) se liší o 7 luxů a rovnoměrnost (U_o) o 0,01. Považuji tedy výsledky za prakticky shodné a do podrobnějšího výpočtu bych se pouštěl v případě významných projektů a nebo v případě, že těsně dodržíme normu a chceme se ujistit, že je návrh skutečně vyhovující.

5 Popis návrhu ostatních místností

U ostatních místností jsem prováděl výpočet stejným způsobem jako v předchozích kapitolách, akorát jsem vzal v úvahu rozdílné normové požadavky (nižší intenzita osvětlení a rovnoměrnost, přípustné vyšší hodnoty pozorovatele UGR).

Výjimku tvoří chodby, kde jsem výpočtovou rovinu vložil ve výšce 0,02m.

6 Závěr

Ve všech místnostech jsem navrhl svítidla a ověřil splnění požadavků normy *ČSN EN 12464-1*. Nový návrh přináší energetickou úsporu, nižší náklady na údržbu a hlavně výrazně lepší světelné podmínky, než za stávajícího stavu, který velmi pravděpodobně ani nespĺňoval normové požadavky.

V celém projektu jsem navrhl LED stmívatelná svítidla pomocí sběrnice DALI.