



ÓBUDAI EGYETEM

**Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet
Mikroelektronikai és Technológia Tanszék**

SZAKDOLGOZAT

**OE-KVK
2022.**

Hallgató neve: **Csákvári Balázs Attila**

Hallgató törzskönyvi száma: T009131/FI12904/K

Budapest, 2022



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Csákvári Balázs Attila

Szakedolgozat száma: SZD22032812543278

Törzskönyvi száma: T009131/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: világítástechnikai szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Celdömölki Zenei Általános Iskola világításának korszerűsítése

A dolgozat címe angolul: Lighting upgrade of a school. (Celdömölki Zenei Általános Iskola)

A feladat részletezése: Az iskola helyiségeinek azonosítása, a helyiségek világítására vonatkozó előírások és szabványok összegyűjtése. A meglévő világítási rendszerek felmérése.

Új, az aktuális szabványnak megfelelő világítási terv elkészítése. A világítás méretezése Dialux szoftverrel. A megvalósult világítás paramétereinek mérése és kiértékelése.

Intézményi konzulens neve: Balázs László

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 06. 30.

Beadási határidő: 2022. 05. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 03. 29.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

külső konzulens



Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet
Mikroelektronikai és Technológia Tanszék

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 20..22.04.01.....

Gálvöri Balázs
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Előkészítés	2
2.1. Tervezési feladat	2
2.2. Vonatkozó szabványok és értelmezésük	2
2.3. Követelmények	3
2.3.1. Általános követelmények	4
2.3.2. Zeneteremre követelmények	4
2.3.3. Közlekedő követelmények	5
2.3.4. Tanári követelmények	5
2.3.5. Kamaraterem követelmények	5
2.4. Világítótest kiválasztásának főbb szempontjai	5
2.4.1. IP (International Protection)	5
2.4.2. CCT Korrelált színhőmérséklet (Corelated Colour Temperature) (T_{cp})	7
2.4.3. SDCM (Standard Deviation from Colour Matching)	7
2.4.4. UGR (Unified Glare Rating)	7
2.4.5. LLMF Lamp Lumen Maintenance Factor	8
2.5. Fénytechnikai mérések	9
2.6. Karbantartási tényező meghatározása	9
3. Zeneterem	10
3.1. Zeneterem eredeti állapot ismertetése	12
3.1.1. Eredeti világító testek	12
3.1.2. Eredeti állapot felmérése	12
3.2. Tervezés	14
3.2.1. Munkasíkok meghatározása	14
3.2.2. Kiválasztott világítótestek	15
3.2.3. Világítási kép meghatározása	16
3.2.4. Számított megvilágítási szintek kiértékelése	17
3.2.5. Karbantartási utasítás	19
3.3. Megvalósult állapot	20
3.3.1. Beépített világítótestek	20

3.3.2.	Mérési eredmények	21
3.3.3.	Szabványmegfelelőség vizsgálata.	22
3.3.4.	Karbantartás	23
3.4.	Összefoglalás	24
4.	Emeleti közlekedő.....	25
4.1.	Eredeti állapot ismertetése	26
4.1.1.	Világítótestek	26
4.1.2.	Eredeti állapot felmérése	26
4.1.3.	Tervezés	27
4.1.4.	Munkasíkok meghatározása	27
4.1.5.	Kiválasztott világítótestek	28
4.1.6.	Számított megvilágítási szintek kiértékelése.....	28
4.1.7.	Karbantartási utasítás	30
4.2.	Megvalósult állapot.....	30
4.2.1.	Mérési eredmények	31
4.2.2.	Karbantartás	31
4.3.	Összefoglalás	32
5.	Tanári	32
5.1.	Eredeti állapot ismertetése	33
5.1.1.	Világítótestek	33
5.1.2.	Eredeti állapot felmérése	33
5.2.	Tervezés	34
5.2.1.	Munkasíkok meghatározása	34
5.2.2.	Kiválasztott világítótestek	35
5.2.3.	Számított megvilágítási szintek kiértékelése.....	36
5.2.4.	Karbantartási utasítás	36
5.3.	Megvalósult állapot.....	37
5.3.1.	Mérési eredmények	37
5.3.2.	Szabványmegfelelőség vizsgálata.	38
5.4.	Összefoglalás	38
6.	Kamaraterem.....	39

6.1.Eredeti állapot felmérése	40
6.1.1. Világítótestek	40
6.2.Tervezés	41
6.2.1. Munkasíkok meghatározása	42
6.2.2. Kiválasztott világítótestek	43
6.2.3. Számított megvilágítási szintek kiértékelése.....	43
6.2.4. Karbantartási utasítás	44
6.3.Megvalósult állapot.....	45
6.3.1. Mérési eredmények	45
6.3.2. Szabványmegfelelőség vizsgálata.	46
6.3.3. Összefoglalás.....	46
7. Gazdasági számítások	47
7.1.Gazdaságossági vizsgálat elméleti alapjai	47
7.2.Korszerűsítési gazdaságossági vizsgálata.....	49
7.2.1. Tervezett berendezés létesítési költsége.....	49
7.2.2. Meglévő berendezés üzemeltetési költsége ($\ddot{U}_M$).....	50
7.2.3. Tervezett berendezés üzemeltetési költsége ($\ddot{U}_T$).....	50
7.2.4. A statikus megtérülés számítása (N)	51
7.2.5. A statikus megtérülés számítás korrigált meglévő berendezéssel(N)	51
8. Továbbfejlesztési lehetőségek	52
8.1.karbantarthatóság és kezelhetőség javítása.....	52
8.2.Jobb vizuális környezet.....	53
8.3.Energiamegtakarítás.....	53
9. Összefoglalás	54
10. Summary	55
11. Hivatkozások.....	56
A Melléklet Épület földszintjének alaprajza.....	58
B Melléklet Épület emeletének alaprajza	59
C Melléklet Zeneterem dialux szimulációs eredmények.....	60
D Melléklet Zeneterem megvalósult állapot Dialux szimuláció	83

E Melléklet	Emeleti tanári előtti folyosó dialux szimuláció	87
F Melléklet	Tanári Dialux szimuláció jegyzőkönyv	99
G Melléklet	Kamaraterem Dialux szimuláció	106
A Függelék	Meglévő állapot minősítő irat és mérési jegyzőkönyv	118
B Függelék	Felújított állapot minősítő irat és mérési jegyzőkönyv	135

1. Bevezetés

Diplomatervem témája a celldömölki Ádám Jenő Zenei Alapfokú Művészeti Iskola épületének funkcióváltást követő világítástechnikai felülvizsgálata és az új funkcióhoz illeszkedő világítás tervezése. A Széchenyi u. 18-2. szám alatti épület a 70-es 80-as években épült, eredetileg pártbizottsági, majd tankönyvkiadó irodaépület volt. 2019 szeptemberétől pedig az általános iskola oktatási épületeként szolgál. [1] Mivel eredeti funkcióját tekintve nem iskolaépületnek készült, ezért szükségessé vált az épület műszaki állapotának, valamint az új funkció betöltéséhez előírt szabályok alapján műszaki berendezéseinek és tereinek felülvizsgálata.

Diplomatervemben nem célom, hogy a teljes épület világítástechnikai átalakítását bemutassam. Célom az új funkcióra jellemző pár helyiség vizsgálatának elvégzése és a funkciónak, valamint a hatályos szabványoknak megfelelő világítás tervezése. Dolgozatomban ismertetem az adott funkciókhoz előírt világítást, valamint bemutatom az eredeti állapotot. Az általam elkészített világítástechnikai tervek segítségével javaslatot teszek egy korszerű világítás kialakítására, ismertetem tervezés során figyelembe vett szempontokat és követelményeket.

A dolgozat végén bemutatom a megvalósult állapotot és a már elkészült világítás által a meghatározott munkasíkokon mért eredményekkel értékelem az átalakítást. Bár az új állapot a régi világítótestekhez képest sokkal korszerűbb megoldás, energetikai szempontból mégsem eredményez megtakarítást, hiszem a beépített fényáram a funkcióváltásnak köszönhetően sokszorososa kellett, hogy legyen az eredeti funkció által megköveteltnek. Erre a tényre majd a gazdasági számításoknál részletesen kitérek.

2. Előkészítés

Egészen 2019-ig az épület alapvető funkciója nem változott, irodaépületként használták, mely megegyezett azzal a funkcióval amire eredetileg is tervezték. Amikor az állami tulajdonban lévő épületet az Ádám Jenő Zenei Alapfokú Művészeti Iskola megkapta, szükségessé vált a módosult funkció alapján az épület műszaki és tűzvédelmi felülvizsgálata.

A felülvizsgálat során kiderült ugyan, hogy szerkezetileg és tűzvédelmi szempontból az épület megfelel az új funkciónak [1], ugyanakkor funkcióváltásnak köszönhetően világítástechnikai átalakításokra lesz szükség. [2]

Előkészítés során a rendelkezésemre bocsátott műszaki és tűzvédelmi előírásokat, valamint az új funkcióra vonatkozó szabványokat tanulmányozva és az érintett felhasználókkal folytatott beszélgetések alapján készítettem el a tervezés alapját szolgáltató követelményeket.

2.1. Tervezési feladat

A megrendelővel folytatott beszélgetés során kiderült, hogy a teljes épület világításának megtervezésére nincs szükség. A megbeszélések során a tervezési feladat tovább szűkült egy-két jellemző funkciót ellátó helyiség világításának tervezésére, melyek a földszinten elhelyezkedő zeneterem, az emeleten található tanári, a tanári előtti folyosó, valamint a kamaraterem.

Az épületben található többi helyiség világítástechnikai korszerűsítését már megoldották, így több oktatóteremben, igazgatói irodában, raktár és kazánhelyiségben, valamint a titkárságon vagy a meglévő világítás megfelelőnek bizonyult, vagy már korszerű világítás kialakításra került.

2.2. Vonatkozó szabványok és értelmezésük

A terv készítésének időpontjában az „MSZ EN 12464-1:2012 Fény és világítás. Munkahelyi világítás magyar szabvány.” [3], valamint az „MSZ EN 1838:2000 Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás magyar szabvány.” [4] volt hatályban. Fontos megjegyezni, hogy „MSZ EN 12464-1:2012 Fény és világítás. Munkahelyi világítás magyar szabvány.”-t 2022 Januárjától felváltotta az MSZ EN 12464-1:2022.

A helyiségek üzemi világításának tervezésekor figyelembe kell venni az MSZ EN 12464:2012 helyiség típusokra előírt átlagos megvilágítás (E_m), egyenletesség (U_0), UGR (Unified Glare Ratio, káprázási érték) és CRI (Color Rendering Index, színvisszaadási tényező) értékeit.

A helyiségek biztonsági világításának tervezésekor figyelembe kell venni az MSZ EN 1838:2014 szabvány által előírt $E_{\min}$ minimum megvilágítást, valamint $U_{\min}/U_{\max}$ határegyenletességet.

A kritikus követelmények a szabványok értelmezése során kerültek meghatározásra.

2.3.Követelmények

A követelményeket több forrásból származnak:

- Celldömölki Ádám Jenő Zenei Alapfokú Művészeti Iskola tűzvédelmi szakértői vélemény [1]
- MSZ EN 12464-1:2012 Fény és világítás. Munkahelyi világítás magyar szabvány. [3]
- MSZ EN 1838:2014 Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás magyar szabvány. [4]
- A felhasználói követelmények összegyűjtésében segítségemre volt Bejczy Károly az Ádám Jenő Zenei Általános Iskola igazgatója.

A követelményeket helyiségekre bontva fogom tárgyalni. Minden követelményhez hozzárendelek egy egyedi azonosítót, mely későbbiekben felhasználható hivatkozási alapként. Azokat a követelményeket, melyek szorosan nem köthetők helyiségekhez, az általános rész alatt fogom ismertetni.

A követelményekhez rendelt fontosság magyarázata:

- Kritikus:
Azok a követelmények kapják, melyek betartása kötelező érvényű. Ilyenek például a szabvány által előírt megvilágítási értékek, vagy a tűzvédelmi szakértő által kötelező érvénnyel előírt rendelkezések.
- Magas:
Azok a követelmények, melyek megtartása ugyan nem kötelező érvényű, ám figyelembevételük a megrendelő vagy egyéb szakhatóság által erősen ajánlott.
- Közepes:
Ebbe a kategóriába tartozó követelmények megtartása erős megfontolást igényel, ám fontosabb követelmények felülírhatják azokat.
- Alacsony:
Azok a követelmények, melyek az alacsony kategóriába tartoznak, a jó lenne, ha lenne, elv alapján kerülnek kiértékelésre.

2.3.1. Általános követelmények

Azonosító	Követelmény	Fontosság
2-1. követelmény	A világítás kialakítása során törekedjünk a meglévő villamos hálózat felhasználására. [Megrendelő]	Magas
2-2. követelmény	A rendelkezésre álló anyagi keretet nem lehet túllépni. [Megrendelő]	Kritikus
2-3. követelmény	A beépített fényforrások színvisszaadási indexe minimum 80-as legyen. [3]	Kritikus
2-4. követelmény	Az előírt UGR_L maximális értéke 19. [3]	Kritikus
2-5. követelmény	A világítótestek IP védettsége minimum IP 4X legyen	Kritikus

2.3.2. Zeneteremre követelmények

Azonosító	Követelmény	Fontosság
2-6. követelmény	Csak mesterséges megvilágítás esti gyakorláshoz ($E_{\text{átlag}} > 300 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$) [3]	Kritikus
2-7. követelmény	Nappali oktatás természetes fény mellett ($E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$)	Kritikus
2-8. követelmény	Csak mesterséges megvilágítás, adminisztratív feladatok elvégzéséhez ($E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$)	Kritikus
2-9. követelmény	A bejáratajtó melletti falon elhelyezett kottáknak kiemelő világítás biztosítása. [Megrendelő]	Alacsony
2-10. követelmény	Zongora billentyűzetének szabvány szerű megvilágítása [Megrendelő]	Közepes
2-11. követelmény	Zongorán található kottatartó megfelelő megvilágítása.	Közepes

2.3.3. Közlekedő követelmények

Azonosító	Követelmény	Fontosság
2-12. követelmény	Biztonsági világítást kell kiépíteni, mely megvilágítást áramszünet esetén még 30 percig képes biztosítani. [1]	Kritikus
2-13. követelmény	Csak mesterséges megvilágítás este közlekedéshez ($E_{\text{átlag}} > 100 \text{ lx}$, $U_0 > 0,4$, $UGR_L < 28$, $R_a > 40$) [3]	Kritikus
2-14. követelmény	A folyosó falán képeknek kiemelő világítás biztosítása. ($E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$, $UGR_L < 19$, $R_a > 80$) [3]	Alacsony

2.3.4. Tanári követelmények

Azonosító	Követelmény	Fontosság
2-15. követelmény	5.36.20. Tanári szobák. ($E_{\text{átlag}} > 300 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$, $UGR_L < 19$, $R_a > 80$) [3]	Kritikus

2.3.5. Kamaraterem követelmények

Azonosító	Követelmény	Fontosság
2-16. követelmény	5.36.12. Zenei gyakorlóterem ($E_{\text{átlag}} > 300 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$, $UGR_L < 19$, $R_a > 80$) [3]	Közepes
2-17. követelmény	5.30.3. Nézőtér – karbantartás, takarítás ($E_{\text{átlag}} > 200 \text{ lx}$, $U_0 > 0,5$, $UGR_L < 22$, $R_a > 80$) [3]	Kritikus

2.4. Világítótest kiválasztásának főbb szempontjai

2.4.1. IP (Ingredients Protection)

A berendezések külső tényezők (mechanikai behatás, víz) elleni védetségét a CIE 60529 szabvány taglalja részleteiben. Olyan elektromos készülékekre vonatkozik, mely névleges feszültsége nem haladja meg a 72,5 KV-ot. A szabvány definiálja a készülék burkolata által nyújtott védelmi szintet a veszélyes részek érinthetőségének szempontjából, külső tárgyak behatolásának szempontjából, a folyadék behatolás okozta káros hatásának kivédése szempontjából. [5]

A védelem szintjét a burkolaton elhelyezett IP kóddal jelzik. Ennek a formátuma látható a 2-1. táblázatban.

IP	2	3	C	H
Kódszám (International Protection)	Első karakterisztika száma (0..6, vagy X)	Második karakterisztika száma (0..6, vagy X)	Opcionális kiegészítő karakter (betűk A,B,C,D)	Opcionális kiegészítő karakter (betűk H,M,S,W)

2-1. táblázat IP jelölés elemeinek magyarázata.

A gyakorlatban legtöbbször csak az IP jelölést és az első 2 számot adják meg, ezért az első két szám jelentését részletesen is bemutatom.

Az első számjegy értelmezése:

- 0: Nincs védelem
- 1: >50 mm méretű szilárd tárgyak ellen védett.
- 2: >12 mm méretű szilárd tárgyak ellen védett
- 3: >2,5 mm méretű szilárd tárgyak ellen védett.
- 4: >1 mm méretű szilárd tárgyak ellen védett.
- 5: Por ellen védett
- 6: Por ellen tömített

A második számjegy:

- 0: Nincs védelem
- 1: védett függőlegesen cseppenő víz ellen
- 2: függőlegestől max. 15 fokban eltérő szögben fröccsenő víz ellen védett.
- 3: függőlegestől max. 60 fokban eltérő szögben fröccsenő víz ellen védett.
- 4: irányfüggetlen fröccsenő víz ellen védett.
- 5: irányfüggetlen kis nyomású víz ellen védett.
- 6: Vízbemerítés és irányfüggetlen erős vízsugár ellen védett.
- 7: vízbemerítés ellen korlátozott ideig védett. Maximum 1 m mélységig 30 percig.
- 8: 3m-es mélységig a víz alatt folyamatosan használható.

Az oktatási helységekből abban az esetben, ha a berendezés a hallgatók számára elérhető magasságban van, akkor érdemes legalább IP4X készülékeket beépíteni, ezzel is elkerülve, hogy a készülékbe valamilyen eszközzel (hajcsattal, gémpapocccsal) belenyúljanak.

Az általam létrehozott installációkban egy berendezés sem került olyan magasságba, mely közvetlen elérhető lenne, így el tudtam térni az IP4X védelemtől.

2.4.2. CCT Korrelált színhőmérséklet (Correlated Colour Temperature) (T_{cp})

Planck-sugárzónak egy adott hőmérsékleten érzékelhető színességéhez hasonlítjuk a vizsgált spektrális teljesítményeloszlással jellemezhető fényforrás színességét. Koordináta-rendszerben ábrázoljuk a Planck-görbe és a vizsgált fény inger u' , $2/3v'$ koordinátáit. A Planck-görbére állított merőleges segítségével határozzuk meg, hogy milyen színhőmérsékletnek felel meg a fényforrás. [6]

2.4.3. SDCM (Standard Deviation from Colour Matching)

MacAdam ellipszisek egy zónát definiálnak a CIE 1931-es színtérben, melybe tartozó színeket az emberi szem nem tudja megkülönböztetni. A színekülönbség specifikálása mögött egy kísérlet eredménye szerepel, melyet MacAdam 1942-ben végzett. MacAdam definiálta az éppen észrevehető színekülönbséget (JND-Just Noticeable Colour Difference) két közeli szín között. Ezt úgy határozta meg, hogy ez az a színekülönbség, amit 50%-a a megfigyelőknek már észrevesz, de a másik 50%-a nem vesz észre. Az így definiált zónák, melyek az alapeltérés a szín illesztéstől (SDCM) mutatják elliptikusak a CIE 1931 színtérben.

A fehér színű LED-ek színe batchenként eltér. Ha a színekoordinátái a gyártott lednek 1 lépéses MacAdam ellipszisbe esik, akkor a legtöbb ember nem fogja észrevenni a színbeli különbséget. 1 ellipszisnyi távolságban a színhőmérséklet különbség csak $\pm 30K$ és az erre vonatkozó $u'v'$ tartomány az 1967 CIE egységesített színtér szerint $\pm 0,001$. Ha ennél nagyobb mértékben eltér két fényforrás színe, akkor sokkal nagyobb az esélye a különbség észlelhetőségének.

2.4.4. UGR (Unified Glare Rating)

A káprázásnak alapvetően két fajtáját különböztetjük meg: zavaró, rontó. Zavaró káprázásról akkor beszélünk ha az emberi szem látóterébe olyan nagysűrűségű fényforrás kerül mely rontja a látási teljesítményt. A látóteljesítmény romlásának függvényében további két csoportot határozunk meg, ha a nagy fénysűrűség pusztán kellemetlen a szem számára, de a tárgyak felismerését nem korlátozza, akkor zavaró káprázásról beszélünk, ellenkező esetben, ha a felismerést is rontja, akkor rontó káprázásról beszélünk. A beltéri világítások tervezése esetében a zavaró káprázás elkerülése a cél. A káprázás forrását tekintve két további kategóriát határozunk meg: direkt káprázás, amikor a fényforrás közvetlen a látóterbe kerül; indirekt káprázás, amikor csak a fényforrás képe kerül a látóterünkbe.

A UGR megengedett határérteléről az MSZ EN 12464-1:2012 szabvány rendelkezik az egyes megvilágítási környezetek esetén. Ezt az értéket nem az egyes fényforrásokra vonatkozóan kell figyelembe venni, hanem mindig az adott világítási installációkra kell vonatkoztatni. Ebben segítik a tervezők munkáját a fényforrás gyártók által közölt UGR táblázatok, melyek megtalálhatók a fényforrások adatlapjaiban.

Fontos megjegyezni, hogy sem a közölt táblázatokból kapott érték sem a káprázás meghatározására szolgáló képletből számított érték nem használható fel arra, hogy a szabványnak való megfelelésről nyilatkozzunk. [7] Azok csupán arra alkalmazhatók, hogy következtetést vonjunk le a kialakított világítási környezetben várhatóan előforduló zavaró káprázásról. A szabványmegfelelőséget a megvalósult környezetben kellene ellenőrizni.

Az adatlapokban közölt UGR táblák segítségével tervezhetünk olyan világítási környezetet, ahol feltehetően nem lép fel zavaró káprázás. Szintén fontos megjegyezni, hogy idővel a szennyeződéseknek és a fényforrások avulásának köszönhetően a környezet paraméterei változnak, így a kezdetben káprázási szempontból megfelelő környezetben kialakulhat zavaró, szélsőséesebb esetben rontó káprázás. [7]

2.4.5. LLMF Lamp Lumen Maintenance Factor

A LED fényforrások élettartamát a gyártók az IEC 62722-2-1 szabvány szerint határozzák meg. [8] Több eljárást fejlesztettek ki a fényforrás élettartamának és fényáram változásának megbecsülésére, ilyen módszerek az LM-79, LM-80 és TM-21. Ezekkel az eljárásokkal határozható meg az: átlagos élettartam és fényáram fenntartási idő.

Az **átlagos élettartamot**: [9] B_p értékkel jelölik és órában adják meg, ahol p egy százalékos érték. Például, ha azt mondja a gyártó, hogy B_{50} 1000 óra, akkor az azt jelenti, hogy a fényforrások 50%-a 1000 üzemóra után már nem biztosítja eredeti fényáramát. Ez egy statisztikai adat, szükséges egy adott fényforrásból nagyobb reprezentatív mintán elvégezni, hogy megfelelően megbízható értéket kapjunk.

Fényáram fenntartási idő: [9] az az idő mely alatt egy a kezdeti fényáramhoz viszonyított százalékosan meghatározott fényáram értéket elér a fényforrás. Abban különbözik az átlagos élettartamtól, hogy itt csak a fényáramcsökkenést veszik figyelembe és azt vizsgálják, hogy mennyi idő alatt degradálódik a fényáram az eredeti fényáram meghatározott százalékára. Értékét órákban határozzák meg és L_p jelölést kap, ahol p az a százalék érték, melyre a megadott idő alatt lecsökken a fényáram a kezdeti értékhez viszonyítva. Például L_{70} 30000 óra azt jelenti, hogy a fényforrás kezdeti fényárama 70%-ra csökken 30000 üzemóra után.

L_p érték vizsgálatához nincs szükség nagy mintára, még B_p meghatározásához reprezentatív méretű mintára van szükség.

Az átlagos élettartam és a fényáram fenntartási időt lehet kombinálni is, ekkor $L_p B_p$ értéket adják meg. Ezt úgy kell értelmezni, hogy ugyanazon időtartam alatt vizsgálják egyszerre, hogy mennyi fényáramcsökkenés alakul ki a kezdeti értékhez képest és a fényforrások hány százaléka nem tudja biztosítani a meghatározott fényáram célt. Például $B_{50}L_{70}$ 30000 óra azt jelenti, hogy 30000 óra elteltével az eredeti fényáram 70%-ra csökken és a fényforrások 50%-a ezen érték alatti fényáramot produkál. [9]

2.5.Fénytechnikai mérések

Az általam elvégzett munka részeként megvizsgáltam az eredeti világítási környezetet és annak szabványi megfelelőségét. Az ehhez kapcsolódóan általam elkészített mérési jegyzőkönyvet és minősítő iratot a dolgozat A Függelékében mellékeltem.

Szintén megvizsgálásra került a megvalósított világítási környezet, melyről a mérési jegyzőkönyvet és minősítő iratot a B Függelék tartalmazza.

A jegyzőkönyvek elkészítése során törekedtem arra, hogy meghatározzak minden helyiség esetében egy jellegzetes mérőhálót, melyet később felhasználhatok az eredeti és megvalósult állapot összehasonlítására.

2.6.Karbantartási tényező meghatározása

A karbantartási tényezőt a CIE 97:2005 segédlet ajánlásai alapján határoztam meg. A segédlet ehhez a folyamathoz a következő lépéseket határozta meg [10]:

1. Lépés Megfelelő világítótest kiválasztása a segédlet 2.2 táblázata alapján.
2. Lépés Csoportos csere intervallumának meghatározása.
3. Lépés $LLMF$ és LSF megválasztása a segédlet 3.2 táblázata alapján a 2-es lépésben meghatározott csoportos csere intervallumának megfelelően.
4. Lépés Beltér tisztasági kategóriába sorolása a segédlet 2.1 táblázat alapján.
5. Lépés A fényforrás és a szoba tisztítási intervallumának meghatározása.
6. Lépés LMF értékének meghatározása a segédlet 3.4 táblázata alapján az 5-ös lépésben meghatározott időintervallum segítségével.
7. Lépés $RSMF$ értékének meghatározása a segédlet 3.6 – 3.8 táblázatai alapján az 5-ös lépésben meghatározott időintervallumra.
8. Lépés Karbantartási tényező számítása a képlet alapján: $MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF$ ($\cdot NRF$). (Az elemek kifejtéséhez lásd 2-1. egyenletet.)

9. Lépés Ajánlott az 1-8 lépések ismétlésével több karbantartási program meghatározása is.

A segédlet a számításhoz a 2-1. egyenletet használja.

$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF$, ahol

2-1. egyenlet A karbantartási tényező meghatározása.

MF	Maintenance Factor (Karbantartási tényező)
LLMF	Lamp Lumen Maintenance Factor (Fényforrás Fényáramának Karbantartási Tényezője)
LSF	Lamp Survival Factor (Fényforrás Túlélési Tényező)
LMF	Luminaire Maintenance Factor (Világító test Karbantartási Tényezője)
RSMF	Room Surface Maintenance Factor (Helyiség Felületének Karbantartási Tényezője)

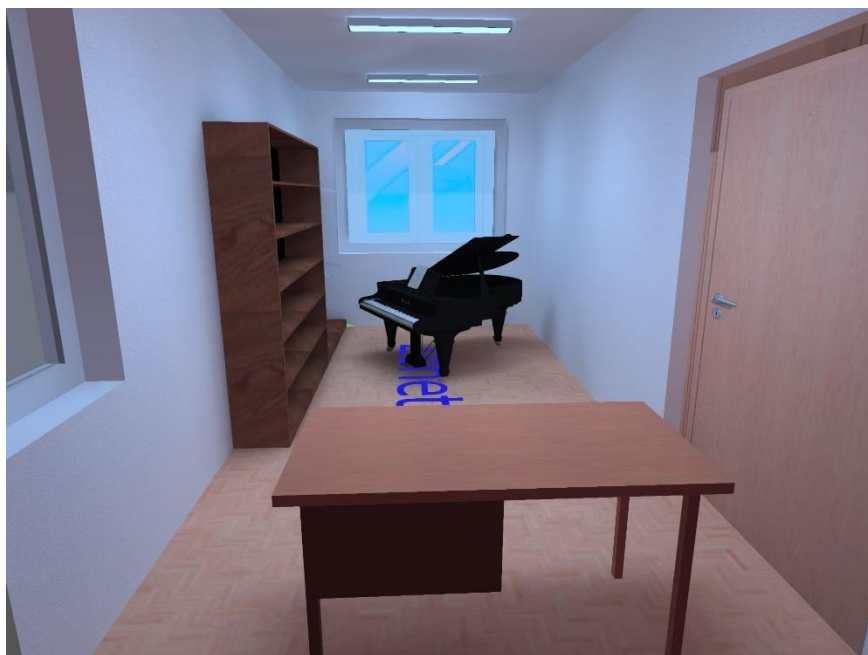
A 2-1. egyenletben szereplő értékek meghatározásához a segédlet külön táblázatokat közöl.

A karbantartási tényező meghatározását az alapvilágítást létrehozó lámpatestek alapján végeztem el.

3. Zeneterem

A zeneterem a főbejárat mellett található, a szélfogón áthaladva, rögtön jobbra az első terem. Ahogy az A Mellékletben közölt épület földszinti alaprajzán is látható. Az alaprajzon még énekteremként van feltüntetve. Funkcióját tekintve egy gyakorló teremről van szó, ahol egy, esetleg két diák, valamint az oktató tartózkodik a gyakorlás ideje alatt.

A zeneteremről készült látványt mutatja az 3-1. ábra, melyen jól látható, hogy csak a funkciónak megfelelő feladat ellátásához szükséges berendezések találhatók meg a helyiségben.



3-1. ábra Zeneterem látkép

Bár ezt a képet a teremről készült dialuxfájlból exportáltam és nem egészen tükrözi a ténylegesen fellelhető tárgyak mennyiségét, azért elmondható, hogy a zeneterem egyáltalán nem túlszűfolt, a tanárok és diákok törekednek arra, hogy csak az oktatás szempontjából szükséges eszközök legyenek csak ott.

A terem eredeti funkcióját tekintve irodahelyiség volt és nagyon jól tájolt, jó elhelyezkedésű. A terem végében közvetlen a zongora mellett található ablaka déli, még a bejárati ajtóval szemben található ablak keleti tájolású. Nappali oktatás mellett a terem kiegészítő világítást nem igényel éppen ellenkezőleg, nappal, különösen nyáron szükségszerű az ablakok árnyékolása.

A falak és a mennyezet fehérre vakolt, még a padló sötétbarna árnyalatú. A teremben fellelhető dominánsabb bútorok is sötétbarna színűek, még a zongora fekete.

A domináns felületek reflexiós tényezőit figyelembe véve jól látható, hogy a mennyezet 90%, falak 90%, még a padló 40%-ra tehető. Ez alapján elmondható, hogy a világítási környezet a szabvány [3] felületek kialakítására vonatkozó fejezete („4.2.2 A felületek visszaverési tényezője”) szerinti ajánlásoknak megfelel, a reflexiós tényező a mennyezettől a padlóig egyre csökken.

A sötétebb padlózat a fényforrás fényének visszaverését csökkenti, ennek köszönhetően elkerülhető az indirekt káprázás, még a fehér fal és mennyezet segíti a szórt fény kialakulását és egy világosabb, valamint nagyobb helyiség érzetét kelti.

3.1. Zeneterem eredeti állapot ismertetése

Az eredeti állapot felmérésekor megfigyeltem, hogy a teremre ráférne a korszerűsítés és az előírt tisztasági festés elvégzése időszerű lenne. Jól látható volt, hogy a rendszeres takarítás inkább a járőfelületek, valamint a íróasztal és zongora tisztántartására összpontosít, még a világítótestek takarítás szempontjából inkább elhanyagoltak.

3.1.1. Eredeti világító testek

A teremben eredetileg egy mennyezetre szerelt világítótest helyezkedett el, pont a zongora felett. A világítótest és fényforrások főbb paramétereit a 3-1. táblázat foglalja össze.

Lámpatest típusa	mennyiség	megjegyzés
Sínes halogénlámpás világítótest	1 db	-
Fényforrás típusa	mennyiség	megjegyzés
28W-os GU10-es 3000K fémhalogén kiemelő világítás, mely fényárama 219lumen	5 db	-

3-1. táblázat Zeneterem világítása

A táblázatban közölt paraméterekből könnyen becsülhető, hogy a beépített megvilágítás még eredeti állapotában sem tette alkalmassá a helyiséget gyakorló órák megtartására. Egy gyakorló óra megtartásához szükséges megvilágítást 2-6. követelmény jól összefoglalja.

Mivel az eredeti világítótest csak irányított fényű lámpákat tartalmazott, a helyiség végében elhelyezett asztalon már egyáltalán nem biztosított kellő megvilágítást, valamint a szabvány által előírt [3] közvetlen környezetre meghatározott feltételeket sem tudta megteremteni.

3.1.2. Eredeti állapot felmérése

Az eredeti állapot felmérése során a körülmények nem tették lehetővé, hogy a tényleges munkahelyeket, munka felületek meghatározzam, ezért döntöttem úgy, hogy a terem teljes területét tekintem munkafelületnek 0,85m-es magasságban. A mérőháló meghatározásához a szabvány [3] „4.4 Megvilágítási rács” fejezetében ismertetett képletet használtam.

$$p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10} d}, \text{ ahol}$$

3-1. egyenlet Megvilágítási rács számítása.

d a számítási terület hosszabbik mérete m-ben, abban az esetben ha a hosszabbik oldal rövidebb oldalhoz viszonyított aránya nem nagyobb, mint 2, mert abban az esetben a rövidebb oldalt kell d helyére helyettesíteni.

p a mérőrács cellájának legnagyobb mérete.

Bár a szabvány azt is előírja, hogy a fal melletti 0,5m-es sávot a rács szempontjából el kell hagyni, én ezt mégsem tettem meg, mert bevett gyakorlat, hogy íróasztalokat közvetlenül a fal mellett helyeznek el.

A 3-1. egyenletbe behelyettesítve a hosszabbik oldal hosszát (5,99 m), majd a kapott eredményt lefelé kerekítve adódott egy 0,6m oldalú négyzetes mérőraszter.

A kapott eredményeket az A Függelékben mellékelt jegyzőkönyv „4.1 Zeneterem” fejezete tárgyalja. A függelékben megadott táblázatból számítottam ki az átlagos megvilágítást (E_m) és a egyenletességet (U_0), valamint meghatároztam a megvilágítás minimum értékét (E_{min}). A következő értékek adódtak.

$$E_m = 110,6 \text{ lx}$$

$$E_{min} = 10,0 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,09 \text{ (középegyenletesség)}$$

A kapott eredményeket alaposabban megvizsgálva és összevetve a hatályos szabvány előírásaival, mely kimondja, hogy „Zenei gyakorlóterem” esetén az átlagos megvilágítás $\bar{E}_m = 300 \text{ lx}$, egyenletesség $U_0 = 0,60$, színvisszaadási index $R_a = 80$, káprázási tényező maximum értéke $UGR_L = 19$ kell, hogy legyen. [3] (Lásd a szabvány 5.36.12. pontját).

Ezeknek az értékeknek sem az átlagos megvilágítás értéke, sem a meghatározott egyenletesség nem felel meg.

A mért eredmények alaposabb vizsgálatával arra a következtetésre jutottam, hogy ha a kiemelő világítást rendesen beállítjuk, megvalósítható a zongorán, annak billentyűzetén és kottatartóján egy szabványnak megfelelő és kellően egyenletes megvilágítási szint, ám ebben az esetben a közvetlen környezeten mért megvilágítási értékkel és egyenletességgel lenne probléma.

A közvetlen környezetre vonatkozó előírásokat a munkafelületre meghatározott értékekből lehet származtatni és azokat a szabvány „4.3.4 Megvilágítás a közvetlen környezet területén” pontja tárgyalja. A közvetlen környezetet legalább egy 0,5m-es sávként kell meghatározni, melynek átlagos megvilágítása a munkafelület $\bar{E}_{közép} = 300 \text{ lx}$ esetén minimum $\bar{E}_{közép} = 200 \text{ lx}$ legyen. Az előírt egyenletesség a szabvány „4.3.3 Megvilágítás a munkaterületen” fejezete alapján legalább $U_0 = 0,40$ legyen. [3]. A beszabályzás után sem biztosítható a

közvetlen környezetre előírt egyenletesség és megvilágítás. Ha a közvetlen környezet sötétebb mint a munkafelület, akkor az folytonos adaptációra kényszeríti a szemet, ezzel okozza a szem gyors elfáradását és a munkát végző gyorsabb szellemi fáradtságát.

Az eredeti megvilágítás a szabványnak nem megfelelő, annak korszerűsítése szükséges.

3.2. Tervezés

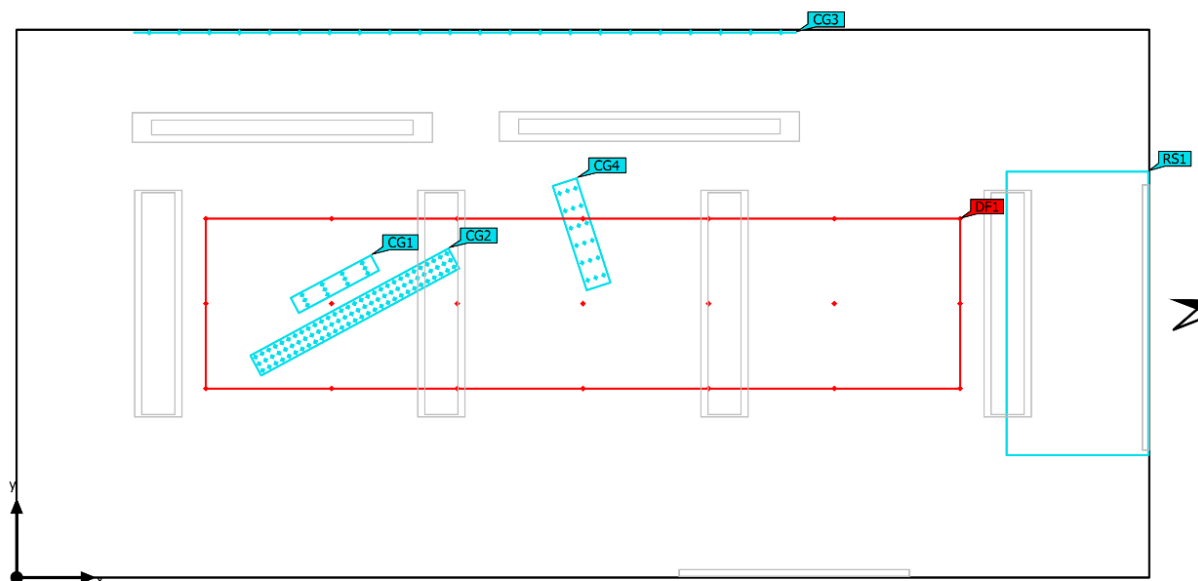
A tervezés megkezdése előtt egyeztettem az igazgatóval, aki megmutatta, hogy hol helyezkednek el a teremben gyakorló óra során a diákok és az oktató. Ez alapján határoztam meg a munkafelületeket. A zongora esetén a zongora billentyűzete, valamint kottatartója, még fűvós, illetve vonós hangszeres gyakorlás esetén a helyiségben a zongora előtt elhelyezett kottatartó tekinthető munkafelületnek. A helyiségben megtalálható még közvetlen a bejáratnál ajtó mellett álló tanári asztal is, mely eseti jelleggel munkafelületként, ám túlnyomórészt irattartóként funkcionál. Mindezen felül figyelembe vettem az összegyűjtött követelményeket (lásd „2.3.1”, „2.3.2” fejezetek) és a hatályos szabványt is. A követelmények elemzése során egy újabb munkasíkot határoztam meg, mely közvetlen a zongorával szemben a falon került kialakításra és azt a célt szolgálja, hogy a zeneoktatást segítő tablók kerüljenek ott elhelyezésre. A zeneterem esetén a tűzvédelmi szakember a világítástechnikát érintő rendelkezéseket nem tett.

3.2.1. Munkasíkok meghatározása

A munkasíkok könnyebb áttekinthetőségét szemlélteti a 3-2. ábra. Az ábrát a dialux fájlból exportáltam.

Munkasíkok:

- CG3: zongorával szemben az oldalfalon elhelyezett tablók számára kijelölt felület. Egy 3,5m x 0,8m-es felületről van szó, melynek bal alsó sarka a földtől 1,8m-re az ablaktól 0,62m-re helyezkedik el.
- CG1: zongora kottatartójának munkafelülete, mely egy 0,55m x 0,28m-es felület.
- CG2: zongora billentyűzete, mely 1,22m x 0,18m-es munkafelületet.
- CG4: A teremben elhelyezett kottatartó. A földtől 1m magasságban található az alja, körülbelül a vízszinteshez képes 60%-al megdőntött felület, mely 0,55m x 0,29m nagyságú.
- RS1: A teremben elhelyezett tanári asztal, mely 0,85m magas és 1,34m x 0,7m-es munkafelületet ad.



3-2. ábra Zeneterem munkasíkok

3.2.2. Kiválasztott világítótestek

A tervezés során kiválasztott lámpatesteket a 3-2. táblázat foglalja össze.

A táblázat 1-es sorában szerepelő DALI buszon vezérelhető, szabályozható fényáramú világítótest a terem alapvilágítását biztosítja. 80-as színvisszaadási indexel, 3000 K-es korrelált színhőmérséklettel és a szabványnak megfelelő 19 vagy annál kisebb káprázás korlátozással ellátott.

A 2-es sorban található a falitabló kiemelését megvalósító világítótest. A kiemelő világítás is legalább 80-as színvisszaadási indexel rendelkezik és 3000K-es melegfehér fényt biztosít.

A 3-as sorában található falikar szerepe kettős, hozzájárul a falak megvilágításának egyenletességéhez, valamint biztosítja a tanári asztal, mint munkafelület, illetve annak közvetlen környezetének megvilágítását. Színvisszaadását tekintve legalább 80-as, színhőmérséklete 3000K-es melegfehér fény.

A 4-es sorban található ablak melletti falikar szintén a falak megvilágításának egyenletességét biztosítja. Színvisszaadását tekintve legalább 80-as, színhőmérséklete 3000K-es melegfehér fény.

	Világítótest típusa	menyiség	megjegyzés
1	Demi SDI HMP 5400+2300 lm 75 W 830 DALI 250x1200mm IP20 white	4 db	Az alapvilágítást biztosító mennyezetre szerelt világítótestek.
2	Miva C/S 150 AS 2250 lm 33 W 830 DALI L1587mm white	2 db	A tábló kiemelővilágítását biztosító, mennyezetre szerelt világítótestek.
3	Kalis 65 WDI SOP 3400+3500 lm 66 W 830 L1405 mm DALI IP40 white	1db	Asztal fölé közvetlenül a falra szerelt világító test.
4	Kalis 65 WDI SOP 2950+3000 lm 58 W 830 L1219 mm DALI IP40 white	1db	Az ablak melletti falra szerelt falikar.

3-2. táblázat Zeneterembe tervezett lámpatestek listája

A világítótestek kiválasztásánál ügyeltem arra, hogy a könnyen elérhető világító testek lehetőleg IP4X védettséggel rendelkezzenek, még a mennyezetre szerelt világítótestek esetében elegendő IP20-as védettség is.

A szabványnak megfelelés miatt biztosítani kell a fényáram szabályozhatóságát ezért a kiválasztott világítótestek DALI előtétrel szereltek.

3.2.3. Világítási kép meghatározása

A felhasználási esetek alapján a következő világítási képeket határoztam meg:

- Csak mesterséges megvilágítás esti oktatáshoz ($E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$)
 - Csak mesterséges megvilágítás esti gyakorláshoz ($E_{\text{átlag}} > 300 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$)
- Nappali oktatás természetes fény mellett ($E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$)
- Csak mesterséges megvilágítás, adminisztratív feladatok elvégzéséhez ($E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$)

Jól látható, hogy a meghatározott világítási képek által előírt fénytechnikai paraméterek vagy megegyeznek, vagy sokkal szigorúbbak, mint a követelményekből származtatott paraméterértékek ($\bar{E}_{\text{közép}} = 300 \text{ lx}$, $U_0 = 0,60$, $R_a = 80$, valamint $UGR_L = 19$).

A világítási képek kiválasztásához választottam egy „Lunaton Touchpanel”-t, mely maximum 12 különböző jelenet beállításához biztosít kezelőkezelőfelületet.

Az osztályterem világításának tervezésénél csak 3 világítási képet definiáltam, de meghagytam a felhasználó később felmerülő igényei alapján a jelenetek bővíthetőségének lehetőségét. A világítási képeken felül nyomógomb segítségével lehetőség van a ki és bekapcsolásra,

valamint a 3 csoportba rendelt lámpatestek fénnyáramának (alapvilágítás, tábló világítás, falikarok) vezérlésére.

Világítási képek és a hozzá kapcsolódó fénnyáramszabályzási beállításokat a 3-3. táblázat tartalmazza.

	Csak Mesterséges világítási kép	Csak természetes világítási kép	Adminisztratív (Fali) világítási kép
Alapvilágítás	70	0	0
Tablóvilágítás	87	0	0
Falikarvilágítás	25	0	55

3-3. táblázat Zeneterem világítási képek és fénnyáramszabályzás beállított értékei.

3.2.4. Számított megvilágítási szintek kiértékelése

A világítási képekhez tartozó Dialux szimuláció eredményeit tartalmazza a C Melléklet, melyet a jobb áttekinthetőség érdekében dolgozatomhoz mellékeltem, így ebben a részben csak összefoglalom és kiértékelem az eredményeket.

Csak mesterséges megvilágítási kép

A megvilágítási képnél azt feltételezem, hogy a tanórák késő délután (sötétedés után) vannak, amikor már a természetes megvilágítás elhanyagolható. Ehhez a világítási képhez a dialux szimuláció által számított értékek és azok kiértékelése látható a 3-4. táblázatban. A megfelelőség vizsgálatát a világítási képek meghatározásánál közölt feltételek alapján végeztem el. A kottatartót csak gyakorlás esetén használják ezért elegendő 300 lx megvilágítás, de igény esetén helyi fényforrás elhelyezése javasolt. Az összes többi esetben a referencia érték $E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$.

	E_{átlag}[lx]	E_{min}[lx]	E_{max}[lx]	U₀	Értékelés
Zongora billentyűzet	619	396	785	0.64	Megfelelő
Kottatartó	355	307	393	0.86	Megfelelő
Tabló	578	402	796	0.70	Megfelelő
Asztal	861	744	931	0.86	Megfelelő

3-4. táblázat Zeneterem munkafelületeinek kiértékelés mesterséges megvilágítási kép esetén.

Tehát a tervezett megoldás az előírásoknak megfelel.

Csak természetes megvilágítási kép

A megvilágítási képnél azt vizsgálom, hogy nyári napon júniusban (24-én) egy délelőtti előadás esetén milyen fényviszonyok érvényesülnek. Itt a mesterséges megvilágítás teljesen kikapcsolt állapotban van. Az eredményeket a 3-5. táblázat tartalmazza.

	E_{átlag}[lx]	E_{min}[lx]	E_{max}[lx]	U₀	Értékelés
Zongora billentyűzet	501	186	1680	0.37	Nem megfelelő
Kottatartó	276	241	303	0.87	Nem megfelelő
Tabló	769	186	1680	0.37	Nem megfelelő
Asztal	797	595	1177	0.75	Megfelelő

3-5. táblázat Zeneterem munkafelületeinek kiértékelés csak természetes megvilágítási kép esetén.

Látható, ha csak természetes világítás mellett dolgozunk, akkor a helyiség ablakokhoz közel eső részei jelentősen túlvilágítottak, még a belsőbb részekben elhelyezett feladat területek alul világítottak.

A helyiség túlvilágításának elkerülése érdekében árnyékolás létesítése javasolt és egy olyan világítási kép létrehozása, mely megfelelő szintű megvilágításegyenletességet biztosít.

Adminisztratív (Fali) megvilágítási kép

Ennél a megvilágítási képnél az oktató egyedül dolgozik a falnál elhelyezett asztalnál ülve egy esti órában, amikor sötétedés után a természetes fény által létrehozott megvilágítás elhanyagolható. Ebben az esetben csak az asztal megvilágítását kell biztosítani és vizsgálni. A

referencia érték $E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$. A szimulált értékeket, valamint a kiértékelés eredményét tartalmazza a 3-6. táblázat.

	$E_{\text{átlag}}[\text{lx}]$	$E_{\text{min}}[\text{lx}]$	$E_{\text{max}}[\text{lx}]$	U_0	Értékelés
Asztal	519	330	685	0.64	Megfelelő

3-6. táblázat Zeneterem munkafelületeinek kiértékelés adminisztratív megvilágítási kép esetén.

3.2.5. Karbantartási utasítás

1. Lépés A környezet, melyben a világítótest elhelyezésre került, tisztasági szempontból „C” kategóriájú (lásd a segédlet 2.1 táblájának iskolára vonatkozó sorát). Ez alapján egy „D, zárt IP2X” világítótest típust választottam.
2. Lépés A világítótestek meghibásodása esetén az egyedi csere javasolt, hiszen minden meghibásodás esetén, ezért az LSF értékét 1-nek választottam.
3. Lépés A gyártó katalógusában L80B10 értéket adott meg 50 000 üzemóra esetén, ami azt jelenti, hogy az élettartam végén a LEDek 90%-a eredeti fényáramuk 80%-ával fog világítani. Ez alapján $LLMF=0,8$.
4. Lépés Az első lépésben már meghatározásra került, „C” (clean azaz tiszta) helyiségként kezelhető egy terem.
5. Lépés A segédlet 3.4-es táblázata alapján a világítótest tisztítására 1 éves intervallumot írtam elő, mely alapján $LMF=0,89$ -nek adódott.
6. Lépés $LMF=0,89$.
7. Lépés A kiválasztott világítótest közvetlen fényforrásnak tekinthető, ez alapján tiszta helyiség esetén egy 6 éves helyiségtisztítási/újra festési ütemezést választva $RSMF=0,91$ értéket kapott.
8. Lépés $MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 0,91 = 0,64792$

A karbantartási tényező minimumát az MSZ EN 12461-1:2012 0,7-ben határozza meg, ezért a számított érték nem elfogadható. Ez azt jelenti, hogy szigorítani kell a karbantartási előírásokon.

Ahhoz, hogy egy elfogadható karbantartási tényezővel tervezhessek, a következő megfontolásokat tettem:

- A 3-3. táblázat alapján elmondható, hogy az alapvilágítás „csak mesterséges világítási” jelenet esetén 70%-on üzemel. A fényforrások fényárama tehát az avulás figyelembevételére esetén is szinten tartható, hiszen van betervezett tartalék. Ezen megfontolás alapján $LLMF=1$ értékűnek választható.
- Egy éves világítótest tisztítási ciklust előírva $LMF=0,89$ -nek vehető.

- A falak 6 évenkénti újra festése esetén $RSMF=0,91$ -nek tekinthető.
- Tehát a karbantartási tényező: $MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 0,91 = 0,8$ -ra adódott.

3.3.Megvalósult állapot

Az épületben már több helyiség világítástechnikai korszerűsítését megoldották. Ezekben a helyiségekben a Vizulo gyártó FERN típusú termékei kerültek beépítésre, ezért a zenetermet is ezekkel a világítótest típusokkal szerelték. Ezek a világítótestek a tervezetben ismertetett világítótestektől alapvetően abban térnek el, hogy csak közvetlen megvilágítást biztosítanak, így a lefelé irányuló fényáram is nagyobb. A lámpatestek fényáramszabályozós DALI előtéttel kerültek leszállításra. Mivel közvetlen megvilágításnak köszönhetően sokkal nagyobb megvilágítási szintek érhetők el a Vizulo világítótesteivel, ezért ebből elegendő volt 3 világítótest felszerelése. Ezekkel a lámpatestekkel készített Dialux szimuláció eredménye megtekinthető a D Mellékletben. A szimulációs eredmények alapján elmondható, hogy a megvalósult világítás biztosítani fogja a zenei gyakorlóterem munkahelyeire a szabvány által meghatározott megvilágítási szinteket, megfelelő egyenletességgel, kivétel a falitabló, mely megvilágítása nem éri el az 500lx értéket. Érdekes továbbá megjegyezni, hogy a tanárisztalhoz közel elhelyezett lámpatest nem az asztal felett helyezkedik el, így, ha a tanár ott helyet foglal árnyok vet majd a munkafelületre, mely jelentősen befolyásolja a tényleges munkafelület megvilágítását.

3.3.1. Beépített világítótestek

A felszerelt világítótestek pontos típusát mutatja a 3-7. táblázat. A világítótestek fényhasznosítása: 125 lm/W.

	Világítótest típusa	mennyiség	megjegyzés
1	FR 60 830 12RP N1N0 FERN 60 W 3000K 7500 lm 1200mm	3db	A terem alapvilágítását megvalósító

3-7. táblázat Zeneterem beépített világítótestek.

Az adatlap alapján vizsgáltam meg a várhatóan fellépő zavaró káprázás mértékét. Mivel a káprázás mértéke pozíció függő, ezt 2 esetben kell megvizsgálnom. Az egyik eset a zongorán gyakorló tanuló még a másik a fúvóshangszeren gyakorló tanuló helyzete.

A zongorázó tanuló esetén:

H értékét ebben az esetben szemmagasság alapján határoztam meg, mely 1,2m [7] és a fényforrás a mennyezetre szerelt, így magassága 3m. A kettő különbsége adja meg H értékét, ami 1,8m. A terem méretei 2,9m széles 6m hosszú, így $x=1,6H$ és $y=3,3H$. Megvizsgálva a fényforrás adatlapját, az UGR táblázatban $x=2H$ a legkisebb érték. Tehát ebben az esetben nem tudjuk a táblázatot használni, így UGR érték meghatározásához a szabványban leírt képletet kellene alkalmazni. Szerencsére erre nincs szükségünk, ugyanis ha a paraméterek a táblázatban adott értéknél kisebbek, akkor a zavaró káprázás kialakulása valószínűtlen. [7]

Fúvós hangszeren gyakorló tanuló esetén:

Ebben az esetben a szemmagasságot 1,6m-nek vettem, így H értéke 1,4m. Ez alapján $x=2H$ $y=4,3H$. A falak reflexiója: mennyezet 90%, oldalfal 90%, padló 40%, ezt közelítve a táblázatból a 70,50,20-as oszlopot választottam. A tanuló nézési iránya ebben az esetben keresztirányú lesz a lámpatesthez képest, így UGR-re 21.0 érték adódott.

Ez alapján elmondható, hogy egy fúvós hangszeren gyakorló tanuló esetén felléphet zavaró káprázás, hiszen a szabvány 19-es értéket ír elő a táblázat alapján viszont 21-es értéket számítottunk.

Ezért is fontos, hogy döntésünket ne csak a táblázat alapján hozzuk, meg hanem minden esetben vizsgáljuk meg azt a tényleges világítási környezetben, vagy a tervezés során szimulációval is. Mivel a falak tényleges reflexiója a táblázatban szereplőnél jóval nagyobb, ezért elmondható, hogy UGR tényleges értéke kisebb lesz. [7], ha pusztán a tanuló nem állva gyakorol, hanem leül, akkor a táblázatban szereplő értékeknél kedvezőbb káprázási értéket kapunk. Ha a nézési irányon is módosít és a fényforrások pozícióját tekintve egy hossz irányú pozíciót vesz fel, akkor az UGR érték már 20,6. Továbbá fontos megjegyezni, hogy a táblázatok vízszintes nézési irányt vesznek figyelembe, mellyel szemben a gyakorló tanuló lefelé néz, mely a káprázási érték csökkenésének irányába hat.

A dialux szimulációval erre a pozícióra és nézési irányra számított UGR érték 18.5-nek adódott, így feltehetőleg a megvalósult állapotban sem alakul majd ki zavaró káprázás.

3.3.2. Mérési eredmények

Érdekes összehasonlítani, hogy felújítás után miként változott az eredeti állapothoz képes a teljes terem alapvilágítása. A helyszíni mérések eredményét a B Függelékben található mérési jegyzőkönyv és minősítő irat tartalmazza. A 3-8. táblázat felső részén található azok a mérési eredmények, melyeket a felújítás előtt mértem a terem teljes területén 0,85m magasságban egy 0,6mx0,6m-es mérőhálózattal, még az alsó táblázatban ugyanezen háló segítségével a felújítás

után végezett mérés eredménye látható. Az így mért eredményeket színskála segítségével értékeltem ki. A színskála 300lx érték esetén átmegy zöldes színűbe, hiszen ez az a megvilágítási szint ami elfogadhatóként értékelhető. 500lx megvilágításnál nagyobb érték már átmegy túlvilágított állapotba, ezért ott a színskála piros árnyalatot ölt. A felújított állapotra számított megvilágítás középértéke $E_{\text{átlag}} = 734,8 \text{ lx}$, minimum értéke $E_{\text{min}} = 369 \text{ lx}$ és közepesegyenletessége $U_0 = 0,5$. Ha a táblázat alsó részén látható felújítás utáni értékeket a közvetlen környezetre vonatkozó előírások alapján értékeljük ki ($E_{\text{átlag}}=200\text{lx}$, $U_0 > 0,4$), akkor megállapítható, hogy a megvilágítás megfelelő.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	15	23	51	57	74	135	94	32	11
2	42	185	238	212	129	184	104	27	10
3	48	177	449	395	154	179	102	33	13
4	30	72	167	122	113	157	92	42	15

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	387	496	649	904	910	777	742	560	369
2	481	618	768	1086	1162	1057	1009	833	502
3	438	588	709	1082	1167	1025	1073	797	505
4	391	445	499	818	933	874	831	598	369

3-8. táblázat Zeneterem eredeti (felül) és felújított (alul) állapot mérési eredmények.

A felújított állapot esetén lemértem a megvilágítási szinteket a szimulációnál használt munkafelületek (lásd 3-2. ábra) közül kiválasztott néhány síkon. A mérési eredményekből számított értékeket, valamint a vizsgált munkasíkokat a kiértékelő táblázatban ismertetem (lásd 3-9. táblázat).

3.3.3. Szabványmegfelelőség vizsgálata.

A kiértékelő táblázat (3-9. táblázat) „Minősítés oszlopában látható, hogy minden vizsgált munkafelületen a megvilágítási szintek megfelelők voltak. Érdemes megjegyezni, hogy mérést felszerelés után végeztem, ezért ha az avulást is figyelembe veszem, akkor a tanári asztalon az oktatási termeknél előírt 500lx értéket a megvilágítás nem éri el. Ha azt is figyelembe veszem, hogy az asztalhoz leülő tanár árnyékot vet a munkafelületre, mindenképpen javasolnám helyi kiegészítő világítás létesítését.

Megnevezés	Előírt	Mért	Minősítés
Zeneterem (teljes terület mint közvetlen környezet)			
E _{átlag} [lx]	200	734	Megfelel
U ₀	0,4	0,5	
Zeneterem zongora billentyűzet			
E _{átlag} [lx]	300	655	Megfelel
U ₀	0,6	0,6	
Zeneterem zongora kottatartó			
E _{átlag} [lx]	300	1000	Megfelel
U ₀	0,6	0,82	
Zeneterem tanári asztal munkafelülete			
E _{átlag} [lx]	500	547	Megfelel
U ₀	0,6	0,7	
Zeneterem tanári asztal közvetlen környezet			
E _{átlag} [lx]	300	623	Megfelel
U ₀	0,4	0,4	

3-9. táblázat Zeneterem munkasíkjainak mérési eredménye és szabványmegfelelőségi kiértékelése

3.3.4. Karbantartás

A karbantartási előírás meghatározását a 2.3.5 alfejezetben ismertetett lépések alapján végeztem el.

1. Lépés A környezet, melyben a világítótest elhelyezésre került, tisztasági szempontból „C” kategóriájú (lásd a segédlet 2.1 táblájának iskolára vonatkozó sorát). Ez alapján egy „E, zárt IP5X” világítótest típust választottam.
2. Lépés A világítótestek meghibásodása esetén az egyedi csere javasolt, hiszen minden meghibásodás esetén, ezért az LSF értékét 1-nek választottam.
3. Lépés A gyártó katalógusában L90B10 értéket adott meg 50 000 üzemóra esetén, ami azt jelenti, hogy az élettartam végén a LEDek 90%-a eredeti fényáramuk 90%-ával fog világítani. Ez alapján LLMF=0,9.
4. Lépés Az első lépésben már meghatározásra került „C” (clean azaz tiszta) helyiségként kezelhető egy terem.
5. Lépés A segédlet 3.4-es táblázata alapján a világítótest tisztítására 1 éves intervallumot írtam elő, mely alapján LMF=0,94-nek adódott.
6. Lépés LMF=0,94.

7. Lépés A kiválasztott világítótest közvetlen fényforrásnak tekinthető, ez alapján tiszta helyiség esetén egy 6 éves helyiségtisztítási/újra festési ütemezést választva $RSMF=0,91$ értéket kapott.

8. Lépés $MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 0,9 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,91 = 0,76986$

A karbantartási tényező minimumát az MSZ EN 12461-1:2012 0,7-ben határozza meg, ezért a számított érték elfogadható.

A világítótesteket rendszeresen ellenőrizni kell és ha meghibásodás tapasztalható, akkor egyedi cseréről gondoskodni kell. A világítótestek tisztítását évente el kell végezni. A terem falait 6 évente ki kell festeni.

3.4.Összefoglalás

Bár a zeneterem esetén a Tervezett és végül megvalósult állapot között van eltérés, ez nem ment a szabványmegfelelőség rovására. Tanulásként levonható a következtetés, hogy a követelményeket a karbantarthatósági, üzemeltetési és anyagi megfontolások jelentős mértékben meghatározzák. Az eredeti célkitűzések közül a 2-8. követelmény (tanáriasztal megvilágítása), valamint a 2-9. követelmény (falitabló megvilágítása) ezen mérlegelések áldozata lett.

4. Emeleti közlekedő

Az emeleti közlekedő az épület főszárnyának első emeletén található a tanári szobával szemben. Lásd B Melléklet, „Közlekedő” feliratú helyiség a tervrajz bal alsó sarkában. A közlekedőről több kisebb terem, mosdó, konyha is nyílik. A helyiség kialakítását szemlélteti az általam világítási szimuláció elvégzése céljából készített modell (lásd 4-1. ábra).



4-1. ábra Első emeleti közlekedő

A közlekedő kialakítását tekintve elmondható, hogy az oldalfalak és a mennyezet fehérre vakolt felületű, melynek reflexiós tényezőjét 80%-ban határoztam meg. A padló csempézett és színét tekintve sötétbarna, reflexiós tényezője 20%-ra becsülhető. A jobb oldali falra nagyon sok helyiség van felfűzve, ám ezek jelentős része fehér ajtóval szerelt, mely felületének reflexiós tényezője szintén kedvezőnek, 80%-osnak tekinthető. Ez alapján elmondható, hogy a világítási környezet a szabvány [3] felületek kialakítására vonatkozó fejezete („4.2.2 A felületek visszaverési tényezője”) szerinti ajánlásoknak megfelel, a reflexiós tényező a mennyezettől a padlóig egyre csökken. Ennek köszönhetően a falakról visszavert fény mennyisége jelentős és megvilágítási szempontból hasznos szórt fényt szolgáltat.

Mivel ezen a folyosón került elhelyezésre a tűzvédelmi főkapcsoló, ezért a folyosón biztonsági világítást kell létesíteni. [1] A követelmények összeírásakor felvetődött, hogy a folyosó falát esetleg tablóképekkel lehetne díszíteni (2-14. követelmény).

4.1.Eredeti állapot ismertetése

A folyosó eredeti állapotában nagyon alulvilágítottnak tűnt. A falak állapotát tekintve időszerű volt az újra festés. A folyosón eredetileg nem volt biztonsági világítás kialakítva. Az eredetileg felszerelt világítótestek típusát összegzi a 4-1. táblázat.

4.1.1. Világítótestek

Az eredeti világítótestek cseréje mindenképpen szükségszerű volt és ezen felül a középügyenletesség szempontjából az elhelyezésük sem tekinthető megfelelőnek. A savmaratott burának köszönhetően viszont elég jó fényeloszlást biztosított.

Lámpatest típusa	menyiség	megjegyzés
Lencse burás savmaratott üveges függeszték	2 db	-
Fényforrás típusa	menyiség	megjegyzés
E27 foglalatú 2700K-es 60W-os izzó, melynek 710 lumen fényárammal.	2 db	-

4-1. táblázat Tanári előtti közlekedő eredeti világítótestek

4.1.2. Eredeti állapot felmérése

A helyiséget nem teljes hosszában mértem végig, hanem csak 2 lámpatest között egy jellemző szakaszt. A mérőháló meghatározásához a 3.1.2 fejezetben ismertetett képletet alkalmaztam. A helyiség rövidebb oldala 1,75m, még a hosszabb oldala 12,54 méter és mivel a hosszabb és rövidebb oldal aránya nagyobb, mint kettő, ezért a mérőrácsot a rövidebb oldallal számítottam, mely így 0,3m-re adódott.

A mérési eredményeket az A Függelékben ismertetem, itt csak az eredmények kiértékelését mutatom be.

$$E_{\text{átlag}} = 12 \text{ lx}$$

$$E_{\text{min}} = 5 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,42 \text{ (középügyenletesség)}$$

A szabvány szerint előírt átlagos megvilágítás $E_{\text{átlag}} > 100 \text{ lx}$ értéknél nagyobb kell hogy legyen, a középügyenletesség $U_0 > 0,4$, káprázás $UGRL = 28$ és a színvisszaadás $R_a = 40$.

Látható, hogy az eredeti megvilágítás hozza ugyan a szükséges egyenletességét, de az átlagos megvilágítás sokkal kevesebb mint a szabvány által előírt.

4.1.3. Tervezés

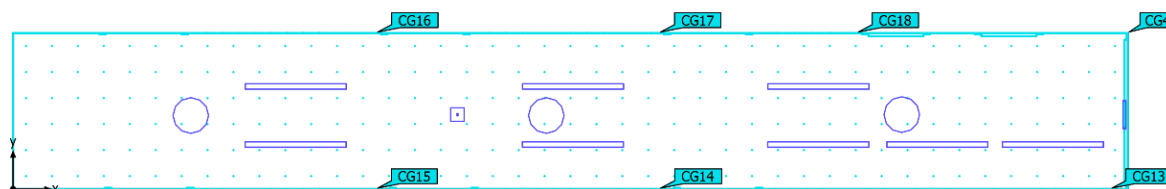
A tervezés során figyelembe vettem, hogy a tűzvédelmi főkapcsoló folyosón történő elhelyezése miatt biztonsági világítás kialakítására lesz szükség (2-12. követelmény). A folyosó szabványnak megfelelő alapvilágítást kell hogy kapjon (2-13. követelmény). Ami azt jelenti, hogy az átlagos megvilágítás $E_{\text{átlag}} > 100 \text{ lx}$ a közepes egyenletesség $U_0 > 0,4$ a káprázási tényező maximum érték $UGRL < 28$ és a színvisszaadás legalább $R_a = 80$. Ezen kívül kiegészítőfunkcióként megoldást szeretnék kínálni a folyosón elhelyezett tablók kiemelővilágítására, melyre az előírt átlag megvilágítás $E_{\text{átlag}} > 500 \text{ lx}$, közepes egyenletesség $U_0 > 0,6$, káprázási érték $UGRL < 19$ és színvisszaadási érték $R_a = 80$.

A folyosó világítását nem kell szabályozhatóra tervezni, viszont a falitablók világítása esetén a szabályozható világítás kialakítása már megfontolandó.

A tervezés első lépéseként meghatároztam a munkasíkokat, majd kiválasztottam a lámpatesteket és szimulációval ellenőriztem a kellő megvilágítási szinteket.

4.1.4. Munkasíkok meghatározása

Az általam meghatározott munkasíkokat szemlélteti a 4-2. ábra.



4-2. ábra Tanári előtti közlekedő munkasíkjainak meghatározása.

A folyosón felvett munkasíkok a következők:

- CG4:

A folyosó teljes alapterületét magába foglalja, az alapvilágítás vizsgálatára szolgál, padló szinten horizontális megvilágítás ellenőrzésével.

- CG13-18-ig:

A folyosó tablóvilágításának munkahelyei a folyosó bejáratának bal oldalán található közvetlen a fal és az ajtó közötti részen kezdődik 13-as számmal és a jobb oldalon a bejárat melletti falrészsel ér véget, mely a 18-as számot viseli. Ezeknek a munkasíkoknak az alsó széle 1.35m-es magasságban kezdődik és 0,7m magas. A

munkafelületek a folyosó teljes hosszában helyezkednek el, kivéve az ablak közvetlen közelében.

4.1.5. Kiválasztott világítótestek

A tervezés során kiválasztott világítótestek listája a 4-2. táblázatban látható azok funkciójának megjelölésével.

	Világítóttest típusa	menyiség	megjegyzés
1.	Osmont Delia 2 D400 36 W, 3000 K, 3394 lm, IP54	3 db	Alapvilágítást biztosító lámpatestek
2	ETAP LIGHTING K1R142/1	1 db	A bejárat felett elhelyezett vészkijárat jelző világítás
3	ETAP LIGHTING K1R112/3	1 db	Biztonsági világítás
4	MAXOS FUSION LL512X XA 1 XLED31S/830 WB-OC LL500X	8 db	Tabló kiemelő világítás lámpaestei

4-2. táblázat A tanári előtti közlekedő megvilágítására kiválasztott világítóttestek

Az alapvilágítást az Osmont Delia 2-es fényforrása biztosítja, mely színvisszaadási indexét tekintve ($R_a=80$) jóval meghaladja a szabványban közlekedőkre meghatározott 40-es értéket. Színhőmérsékletét tekintve a 3000K 100 lux-os megvilágítás esetén ideális választás. IP54-es védettségét tekintve sokkal többet nyújt, mint ami a konkrét alkalmazás megkövetelne. A folyosó esetén előírt 28-as UGR érték tekintetében is megfelelőnek bizonyult.

A biztonsági világításra az Etap Lighting K1R112/3-as típusú világítóttestet választottam. Az adatlap alapján a termék képes áramszünet esetén 60 percig is névleges megvilágítás biztosítására. [11] A világítóttest színvisszaadási indexe CRI 70, mely a szabványban előírt minimum 40-es értéket jóval meghaladja [4].

A vészkijárat jelzőnek az Etap Lighting K1R142/1-es típusú berendezést választottam, mely fénysűrűségét tekintve a szabvány szerinti előírásoknak megfelel. [12] [4]

4.1.6. Számított megvilágítási szintek kiértékelése

A szimulációt úgy végeztem el, hogy 2 csoportra osztottam a fényforrásokat. Az első csoportba bevontam a falitablókat világító és a folyosó fővilágítását adó lámpatesteket is, még a második csoporthoz csak a folyosó világítását adó lámpatesteket rendeltem. Az első csoportba tartozó fényforrások üzemelése esetén a megvilágítás a 4-3. táblázatban látható szinteket hozta létre.

	E _{átlag} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	U ₀	Értékelés
Közlekedő padlószint	693	305	962	0.44	Megfelelő
Falitablo B.1	1039	678	1434	0.65	Megfelelő
Falitabló B.2	936	705	1276	0.75	Megfelelő
Falitabló B.3	784	569	1047	0.73	Megfelelő
Falibaló J.3.	821	596	1084	0.73	Megfelelő
Falitabló J.2.	979	744	1310	0.76	Megfelelő
Falitabló J.1	1094	879	1326	0.80	Megfelelő

4-3. táblázat A folyosóra számított alapvilágítás és kiemelő világítás kiértékelése.

Abban az esetben, ha csak a második csoportba tartozó alapvilágítást létrehozó lámpatestek üzemelnek, a folyosó megvilágítása még mindig megfelelőnek mondható, lásd 4-4. táblázat.

	E _{átlag} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	U ₀	Értékelés
Közlekedő padlószint	201	12	248	0,62	Megfelelő

4-4. táblázat Az első emeleti tanári folyosó világítási szintjei csak az alapvilágítás működése esetén.

Érdekes összehasonlítani a létrehozott két világítási kép eredményeit. Ha az oldalfalakat kiemelővilágítással megvilágítjuk, akkor a folyosó alapvilágítása is jelentősen megnő. Ez részben a falakról visszavert szórt fénynek, részben annak köszönhető, hogy az oldalfal világítók fényeloszlási görbéje olyan, hogy az alattuk elhelyezkedő folyosó szakaszt is világítják.

A menekülési utak megvilágítását a Dialux külön jelenetként szimulálta. Ebben az esetben csak a vészvilágításhoz tartozó fényforrások üzemeltek. A vészvilágítás működése esetén is megfelelő megvilágítása szinteket értem el, lásd 4-5. táblázatban közölt eredmények.

Megnevezés	E _{min} . [lx] Középső terület	E _{max} [lx] Középső terület	E _{min} . [lx] Középvonal	E _{max} [lx] Középvonal	U ₀	Értékelés
Menekülési útvonal megvilágítása	2.92	6.54	3.62	6.49	0.56	Megfelelő

4-5. táblázat Az első emeleti tanári folyosó vészvilágítása.

A Tartalékvilágítási szabvány a menekülési útvonal középvonalán minimum 1 lx megvilágítást ír elő, még egyenletességre 0,025-öt.

4.1.7. Karbantartási utasítás

1. Lépés A környezet, melyben a világítótest elhelyezésre került, tisztasági szempontból „C” kategóriájú (lásd a segédlet 2.1 táblájának iskolára vonatkozó sorát). Ez alapján egy „D, zárt IP2X” világítótest típust választottam. A táblóvilágításnak kisebb az IP védeettsége, ezért az volt a meghatározó.
2. Lépés A világítótestek meghibásodása esetén az egyedi csere javasolt, hiszen minden meghibásodás esetén, ezért az LSF értékét 1-nek választottam.
3. Lépés A gyártó katalógusában L80B10 értéket adott meg 50 000 üzemóra esetén az Osmont világító testekre, még a másik gyártó Philips L80-at adott meg 50 000 óra üzemidőre, ami azt jelenti, hogy B50 ezen lámpatestek esetén. Ez alapján LLMF=0,8.
4. Lépés Az első lépésben már meghatározásra került, „C” (clean azaz tiszta) helyiségként kezelhető a tanári előtti folyosó.
5. Lépés A segédlet 3.4-es táblázata alapján a világítótest tisztítására rendszeres ellenőrzést és szükség esetén tisztítást írtam elő, mely alapján LMF=1-nek vehető.
6. Lépés LMF=1.
7. Lépés A kiválasztott világítótest közvetlen fényforrásnak tekinthető, ez alapján tiszta helyiség esetén egy 6 éves helyiségtisztítási/újra festési ütemezést választva RSMF=0,91 értéket kapott.
8. Lépés $MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,91 = 0,728$

A karbantartási tényező minimumát az MSZ EN 12461-1:2012 0,7-ben határozza meg, ezért a számított érték elfogadható.

A világítótesteket rendszeresen ellenőrizni kell és ha meghibásodás, vagy koszolódás tapasztalható, akkor egyedi cseréről, tisztításról gondoskodni kell. A terem falait 6 évente ki kell festeni.

4.2. Megvalósult állapot

A megvalósítás esetén a táblóvilágításhoz szükséges világítótesteket nem rendelték meg és nem is tervezik annak kialakítását. Ennek részben anyagi okai vannak, részben a helyiség funkciójának újragondolása. Kialakításra került ugyanakkor az alapvilágítás és a vészvilágítás, valamint a menekülési útvonal jelölő világítótest.

A világítótestek listája az utolsó bejegyzés kivételével megegyezik a 4-2. táblázatban közöltekkel.

A helyiség világítástechnikai korszerűsítése után elvégeztem az üzemi és a biztonsági világítás mérését. Az üzemi világítást 2 világítótest közötti részen egy jellegzetes szakaszra, még a biztonsági világítást a folyosó teljes hosszában mértem. A mérési eredményeket és azok kiértékelését a B Függelék-ben található mérési jegyzőkönyv és minősítő iratban foglaltam össze.

Az üzemi világításhoz tartozó mérést a helyiség középvonalában és attól 0,5-0,5 méterre végeztem. A mérőhálóm 0,3x0,3m-es volt. A felújítás előtt és utáni állapothoz tartozó mérési eredményeket jelöli a 4-6. táblázat.

4.2.1. Mérési eredmények

	1	2	3		1	2	3
1	6	5	7	1	235	244	240
2	11	13	10	2	230	232	234
3	19	21	20	3	231	230	226
4	20	21	22	4	220	221	222
5	10	11	12	5	220	223	220
6	7	9	8	6	229	233	238
7	6	8	7	7	251	258	251
8	12	12	11	8	261	267	262
9	12	14	13	9	275	278	273
10	15	19	17	10	287	286	288
11	11	13	12	11	287	302	303
12	6	5	7	12	302	312	301

4-6. táblázat Tanári előtti folyosó üzemi világítás felújítás előtt (balra), felújítás után (jobbra).

A 4-6. táblázatban használt színjelölések, 50 lux alatt narancssárga, 100 esetén zöld, még 200 lux és a felett piros. A szabvány 100 lux megvilágítást ír elő és a megvilágítás közepesegyenletességének 0,4-et határoz meg. Az eredményekből látható, hogy felújítás előtt még egyáltalán nem felelt meg a megvilágítás a szabványnak, addig felújítás után az előírt értékeknél nagyobb megvilágítási szinteket érvényesülnek.

4.2.2. Karbantartás

A kiegészítő világítás elhagyása nem okoz jelentős változást a karbantartási tényező meghatározásában, ezért az ott leírtak a megvalósult állapotra is igazak.

4.3.Összefoglalás

Az eredeti követelményekből csak a 2-14. követelményt a folyosón elhelyezett tablók kiemelő világítását nem sikerült teljesíteni, de a folyosó megvilágítása így is a szabványnak megfelelően került kialakításra.

5. Tanári

A tanári szoba az emeleten található, közvetlen az igazgatói iroda és tikárság mellett a fő épületszárnyban, lásd a fő épületszárny emeleti alaprajzát B Melléklet. A tanári szobáról készült Dialux látványtervből exportált kép látható a 5-1. ábra.



5-1. ábra Tanári szoba látványképe

A tanári szoba berendezését és kialakítását tekintve elmondható, hogy nagyon túlbútorozott. A mennyezet fehérre vakolt és az oldalfalak is, ám a szoba jelentős részét bútor borítja. A mennyezet reflexiója 0,8-asra tehető, az oldalfala szintén fehérre vakolt, ám a sok világosbarna bútorárnyalat miatt inkább 0,7-esnek minősíthető. A padlózat sötétbarna árnyalatú ezért azt 0,3-ban határoztam meg.

A helyiség funkcióját tekintve a terem közepén elhelyezett asztalt, mint munkafelületet használják a tanárok leggyakrabban. Az oldalfalak mellett található ülőhelyek csak pihenést szolgálnak.

5.1.Eredeti állapot ismertetése

A helyiség világításának felújítása előtt az ott munkát végző tanárok gyakran panaszkodtak a nem megfelelő látási feltételekre. Különösen télen vagy az esti órákban nagyon megnehezítette a munkát az alacsony megvilágítási szint. Az 5-1. táblázat tartalmazza az eredeti állapot felmérése során azonosított lámpatesteket és fényforrásokat.

5.1.1. Világítótestek

Lámpatest típusa	menyiség	megjegyzés
L alakú sínes kialakítású mennyezetre szerelt lámpatest	2 db	-
spirál alakú sínes lámpatest	1 db	
Fényforrás típusa	menyiség	megjegyzés
20w-os GU5.3 12V-os fémhalogén fényforrás, mely színhőmérséklete 3000K, fényárama 205 lumen	10 db	-

5-1. táblázat Tanári átalakítás előtti világítótestek

A eredeti kiemelővilágítás bár képes szelektíven a szabványos megvilágítási szintek létrehozására, annak helyes beállítása hiányában az íróasztal felületén nem biztosította a kellő megvilágítási szinteket. Továbbá még ha helyesen beállítjuk is a fő irányokat akkor sem biztosítható a szabvány által előírt háttérvilágítás egyenletesség, ezért mindenképpen a meglévő világító testek cseréje javasolt.

5.1.2. Eredeti állapot felmérése

Az eredeti állapot felmérését a terem teljes területén 0,85 cm magasságban végeztem. A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg: rövidebb oldal hossza: 4,1 m; hosszabbik oldal hossza: 6,28 m. Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,722 m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,7m-es négyzetes raszttert.

A mérési eredményeket és azok kiértékelését részletesen az A Függelékben található mérési jegyzőkönyv és minősítő irat tartalmazza.

A mérési eredményekből számított közepes megvilágítás $E_m = 121,2 \text{ lx}$, a minimális megvilágítás érték $E_{\min} = 17 \text{ lx}$, a közepes egyenletesség $U_0 = 0,14$. A szabvány által előírt

értékekhez képes a helyiség nagyon alulvilágított. Tanári szobákra szabvány által előírt megvilágítási értékek a következők $E_{\text{átlag}} > 300 \text{ lx}$, $U_0 > 0,6$, $UGRL = 19$, $Ra = 80$.

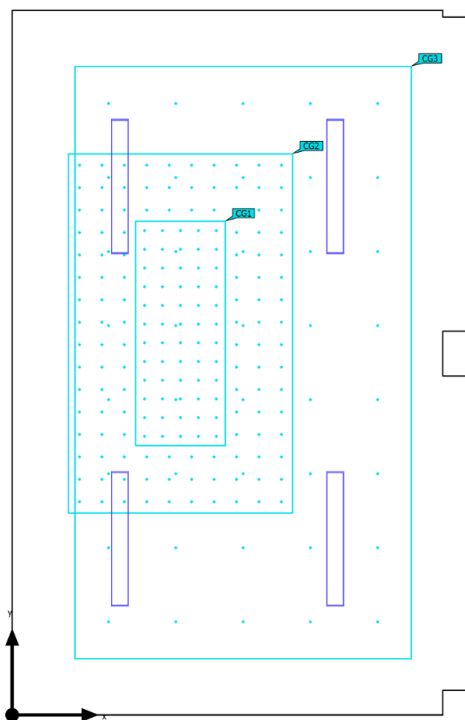
5.2. Tervezés

Tervezés első lépéseként összegyűjtöttem a helyiségben kialakítani kívánt funkciókat. A bejárás során még látható volt az oldalfalhoz tolt asztalon elhelyezett nyomtató, a tanári szoba egyik ablaka előtt elhelyezett számítógépes munkaállomás, a terem közepén található tanári asztal és a hosszabbik oldalfal mellett kialakított pihenőhelyek. Ezen felül a pihenőhelyek fölött szintén megtalálható volt egy polc sor, még a helyiség irodaajtóval szemközi falán egy szekrénysor.

Az igazgatóval folytatott egyeztetések alapján a szekrényekhez és polcokhoz kiemelő világítást nem terveztem, hiszen azok a terem túlszűfolttsága miatt a jövőben elszállításra kerülnek. A számítógépes munkaállomás új helyet kap, hiszen jelen esetben az ablakkal szemben helyezkedik el, így a kívülről érkező külső világítás jelentős mértékben rontja a látási feltételeket. A nyomtatók, szintén a jövőben egy másik helyiségben kerülnek elhelyezésre. A tervezés során így csak a tanári asztalt, mint munkafelületet vettem számításba.

5.2.1. Munkasíkok meghatározása

A szimulációt 3 munkasíkra végeztem el, melyeket az 5-2. ábra szemléltet.



5-2. ábra Tanári szoba mérési síkok jelölése.

A CG1: jelű felület a tanári asztal munkafelülete. ACG2-es felület a tanári munkafelületének közvetlen környezete, még a CG3-mérési sík a teljes látható 0,85-es magasságba eső felületet, mint háttérrel veszi figyelembe. A tervezés teljes szimulációjának dokumentációját az F Melléklet tartalmazza.

5.2.2. Kiválasztott világítótestek

A világítótestek kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy a szabvány által előírt UGR_L = 19 káprázási értéket biztosítani tudja és színvisszaadását tekintve legalább Ra=80 legyen.

	Világítótest típusa	menyiség	megjegyzés
1	Vizulo Fern 1200 31 W, 3000 K, 4309 lm, IP44	4 db	Az alapvilágítást biztosító mennyezetre szerelt világítótestek.

5-2. táblázat Tanári szoba kiválasztott világítótestek listája.

A kiválasztott világítótestek típusa a 5-2. táblázat tartalmazza.

A várható zavaró káprázás fellépésének vizsgálatakor a tanári asztal hosszú oldalánál ülő tanárok pozícióját vettem figyelembe és ez alapján vizsgáltam meg a fellépő zavaró káprázás lehetséges értékét.

Tanári asztal esetén fellépő káprázás:

Terem szélessége 4,1m és hosszúsága 6,28m. Ülőhelyzetben a szemmagasság 1,2m. Lámpatestek szerelési magassága 3m. $x=3,4H$ és $y=5,2H$. A falak reflexiója: mennyezet esetén 0,8, oldalfal esetén 0,7 és a padló esetén 0,3. A táblázatban ezekre az értékekre nincsen teljesen illeszkedő adat érdemes ezért a választást bizonyos megfontolások alapján megtenni. Első körben a reflexiós értékek alapján a 70-50-20-as oszlopot választottam, hiszen ez áll legközelebb a valóságos reflexiós értékekhez. A lámpatest pozíciójához viszonyított nézési irány itt keresztirányú lesz. Ha X értékét felfelé kerekítem és $X=4H$ -nak veszem jól látható hogy ezzel UGR értékét a várhatónál kedvezőtlenebb irányba változtattam. Ha Y értékét szintén felfelé kerekítem akkor ezzel is rosszabb UGR érték felé hatok. A $4H-6H$ értékpárnak megfelelő UGR érték 20,5 lesz így a táblázat alapján. A szabvány szerint előírt érték itt 19, tehát ez alapján várhatóan a fényforrás nem felel meg a zavaró káprázással szembeni követelményeknek.

Elmondható azonban, hogy mind fali reflexiók tekintetében, mind a terem tényleges értékei szerint kedvezőtlen UGR érték irányába ható paramétert vettem figyelembe, továbbá a fő nézési irány is eltér a vízszintestől (inkább lefelé irányul), így a fényforrás és fő nézési irány

által bezárt szög is nagyobb lesz ami szintén csökkenti a káprázás mértékét. Ezért a választott fényforrás jó lehet, érdemes megvizsgálni szimulációval.

A Dialux programmal végzett szimuláció a vizsgált helyzetben 16,3-ra adódott, ezért várhatóan a fényforrás kárpázás szempontjából megfelelő lesz a megvalósult világítási környezetben.

5.2.3. Számított megvilágítási szintek kiértékelése

	E_{átlag} [lx] (Előírt)	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	U₀ (Előírt)	Értékelés
Tanári asztal	488 (300)	458	531	0,94 (0,6)	Megfelelő
Tanári asztal közvetlen környezet	487 (200)	417	535	0,86 (0,4)	Megfelelő
Tanári asztal háttér	467 (100)	389	530	0,83 (0,1)	Megfelelő

5-3. táblázat Tanári szoba munkasíkokon mért eredmények.

A szimuláció által számított értékeket szemlélteti az 5-3. táblázat. A szabvány által előírt $E_{\text{átlag}} > 300$ lx átlagos megvilágítás, valamint a $U_0 > 0,6$ egyenletesség nem csak a munkasíkra, hanem a közvetlen környezetre, valamint a háttérre is teljesül. A szabvány egyébként a közvetlen környezet esetén sokkal megengedőbb, mert $E_{\text{átlag}} > 200$ lx átlagos megvilágítást és $U_0 > 0,4$ egyenletességet ír elő, ha a munkaterület megvilágítása 300 lx. A háttérre előírt érték $E_{\text{átlag}} > 100$ lx átlagos megvilágítást és $U_0 > 0,1$ egyenletesség. Ilyen megvilágítás mellett az íróasztal szabadon elhelyezhető a térben, hiszen az előírt megvilágítási szintek így is tarthatók.

5.2.4. Karbantartási utasítás

A karbantartási előírás meghatározását a 2.3.5 alfejezetben ismertetett lépések alapján végeztem el.

1. Lépés A környezet, tisztasági szempontból „C” kategóriájú. Világítótestnek „E, zárt IP4X” típust választottam.
2. Lépés A világítótestek meghibásodása esetén az egyedi csere javasolt, ezért az LSF értékét 1-nek választottam.
3. Lépés A gyártó katalógusában L90B10 értéket adott meg 50 000 üzemóra esetén, ezért $LLMF=0,9$.

4. Lépés A helyiség tisztaság szempontjából „C” (clean azaz tiszta) kategóriásként kezelhető.

5. Lépés A segédlet 3.4-es táblázata alapján a világítótest tisztítására 1 éves intervallumot írtam elő, mely alapján $LMF=0,94$ -nek adódott.

6. Lépés $LMF=0,94$.

7. Lépés A kiválasztott világítótest közvetlen fényforrásnak tekinthető, ez alapján tiszta helyiség esetén egy 6 éves helyiségtisztítási/újra festési ütemezést választva $RSMF=0,91$ értéket kapott.

8. Lépés $MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 0,9 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,91 = 0,76986$

A karbantartási tényező minimumát az MSZ EN 12461-1:2012 0,7-ben határozza meg, ezért a számított érték elfogadható.

A világítótesteket rendszeresen ellenőrizni kell és ha meghibásodás tapasztalható, akkor egyedi cseréről gondoskodni kell. A világítótestek tisztítását évente el kell végezni. A terem falait 6 évente ki kell festeni.

5.3. Megvalósult állapot

A megvalósult és a tervezett állapot között nem volt különbség. A betervezett világítótestek kerültek felszerelésre. Az eredeti állapotban mért eredmények összehasonlíthatóak a felújítás után a háttér megvilágítására vonatkozó értékekkel. A tervezésnél meghatározott karbantartási utasítások változás nélkül alkalmazhatók a megvalósított állapotra is.

5.3.1. Mérési eredmények

A mérési eredményeket tartalmazza az 5-4. táblázat. A táblázatban használt színjelölések: 100 lx és alatta sárga, 300 lx esetén zöld és 500 lx és felette piros. Ezek a megvilágítás értékek a tanári szobában létrehozott munkahelyre előírt 300 lx átlagos megvilágítás értéket veszik figyelembe. A táblázat jól szemlélteti, hogy a bal oldalon látható eredeti megvilágítás csak néhány esetben éri el az előírt értéket, még a korszerűsítés után létrehozott világítási környezet jelentősen meghaladja azt. Ezek alapján javasolt a tanári asztalt a szoba közepén elhelyezni és semmi esetre sem a falakhoz illeszteni (Mondjuk erre a szekrények miatt és a pihenő miatt nem is lenne lehetőség.)

	1	2	3	4	5	6
1	100	97	74	58	25	17
2	132	194	99	178	39	29
3	98	115	156	115	41	48
4	38	50	65	67	76	97
5	22	42	56	78	580	540
6	21	41	34	172	775	560
7	77	90	205	155	94	81
8	153	147	160	116	47	45
9	32	29	102	38	23	20

	1	2	3	4	5	6
1	237	240	277	281	290	247
2	272	386	386	382	399	391
3	404	441	477	500	465	402
4	498	593	646	636	641	540
5	567	692	733	730	684	500
6	491	602	599	663	710	544
7	548	600	578	642	611	438
8	387	525	512	498	445	367
9	272	295	285	325	292	281

5-4. táblázat Tanári szoba teljes alapterületén mérési eredmények.
Bal oldalon korszerűsítés előtt, jobb oldalon korszerűsítés után.

5.3.2. Szabványmegfelelőség vizsgálata.

A felújított állapot esetén mért értékek alapján elmondható, ha idővel avulni is fog a világítás, akkor is biztosít majd kellő fényt a munka elvégzéséhez. Érdemes még megvizsgálni a munkasíkon és a közvetlen környezeten létrehozott megvilágítást is.

Az asztalon felvett feladatterület megvilágítása $E_{\text{átlag}} = 735 \text{ lx}$ átlagos megvilágítást mutat és ennek egyenletessége $U_0 = 0,88$, mely messze a szabványban meghatározott érték felett teljesít. A közvetlen környezet megvilágítása $E_{\text{átlag}} = 653 \text{ lx}$ átlagos megvilágítást mutat és ennek egyenletessége $U_0 = 0,68$, mely szintén jóval magasabb, mint a szabványban előírt érték (az értékeket lásd 5.2.3 fejezet eleje).

5.4. Összefoglalás

A tanári szoba kialakított megvilágítása szabványnak megfelelő lett és az előre meghatározott funkcióknak megfelelő módon került kialakításra. A szobát rendszeresen használó tanárok visszajelzései alapján érezhető minőségi különbség tapasztalható és sokkal nagyobb a helyiség kihasználása. Bár a beépített fényforrások 3000K-es melegfehér fényű fényforrások, a felhasználók mégsem panaszkodtak a magas megvilágítás miatti vöröses fényre, vagy kellemetlen megvilágítási környezetre, szemben azzal, amire számítani lehetne a Kruithof diagramm alapján.

6. Kamaraterem

A kamaraterem az épület mellékszárnyában helyezkedik el az első emeleten (Lásd B Melléklet.). Méretét tekintve 100 fő befogadására alkalmas helyiségről van szó. A terem sötétzöld színű szőnyegpadlóval burkolt és a benne elhelyezett ülőhelyek fix szerelésű padozatok (nem kivehető, aljzathoz rögzített) világosbarna kerettel és szürke szövetborítású ülőfelületekkel. A terem mennyezete sötétbarna színű. A mennyezet reflexiós tényezőjét 30%-ra becsültem, még a padlózat 10%-ra. Az oldalfalak 20% reflexiós tényezővel rendelkezhetnek. Az árnyalatokból is látható, hogy alapvetően egy sötét helységről van szó. Az arányoknak köszönhetően azért elmondható, hogy a mennyezettől padló felé haladva egyre csökken a reflexiós tényező, a helység egyre sötétedik.



6-1. ábra Kamaraterem látványkép.

A kamaraterem funkcióját tekintve bemutató koncertek, zenei meghallgatások helyszíne. Bár kialakítását tekintve alkalmas lenne nagyobb előadások, konferenciák megtartására is ilyen jellegű hasznosítása nincs tervbe véve. A terem jelentős méretű ablakfelületekkel rendelkezik, ezért legtöbb koncert természetes fény mellett is megtartható. A terem befogadóképességét tekintve olyan jelentős, hogy a tűzvédelmi szakértő külön rendelkezik egy teltházas koncert esetén betartandó tűzvédelmi szabályokról. Teltházas koncert esetén az épület többi részében sem tartózkodhat senki, hogy tűz esetén kellő időn belül biztosítható legyen az épület kiürítése. Továbbá a koncertterem elhagyására szolgáló folyosókat biztonsági világítással kell ellátni. Érdekes, hogy bár a folyosókra a tűzvédelmi szakértő előírta a biztonsági világítás létesítését a kamaraterem esetében ezt nem tette meg.

A többi követelményt is alaposan megvizsgálva látható, hogy a kamaraterem koncerten kívüli használatának tekintetében csak 2-16. követelmény került megállapításra és annak betartása

sem kritikus. Ez azért van, mert a kamaraterem nem egy hagyományos értelemben vett oktatóterem, hanem hangversenyteremként értelmezhető. Az MSZ EN 12464-1:2012 szabvány nem definiál kötelező érvényű világítási szinteket zenei hangversenyekre, csak a nézőtér koncertek utáni karbantartására (lásd 2-17. követelmény). A zenei gyakorlóteremként történő értelmezést is inkább csak azért követtem, hogy legyenek megállapított mérvadó értékek, melyeket tervezés közben figyelembe vehetek, így ezen értékek alapján vizsgáltam meg több jellegzetes feladatterület megvilágítási szintjét (színpadi zongora billentyűzet és kottatartó, színpad előtti kottatartó).

Mivel a helyiségben a színpadot koncertek esetén kiemelő világítással láttam el, amit 4db kiemelővilágítást biztosító fényforrás szolgált, a zenei gyakorlóterem esetén meghatározott UGR értéket nem tartottam.

6.1.Eredeti állapot felmérése

A kamaraterem eredeti megvilágításának felmérését padlósínt felett 0,85m-en végeztem. A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg: rövidebb oldal hossza: 9,43 m; hosszabbik oldal hossza: 13,39 m. Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 1,2263m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 1m-es négyzetes rasztert. A kiértékelés szempontjából ezt az alapvilágítást egy zenei gyakorlóteremre előírt értékek alapján vizsgáltam meg. A mérési eredményeket az A Függelékben található mérési jegyzőkönyv és minősítő irat tartalmazza.

6.1.1. Világítótestek

Az eredeti megvilágítást létrehozó fényforrásokat a 6-1. táblázat foglalja össze.

Lámpatest típusa	mennyiség	megjegyzés
Függeszték	14 db	-
Fényforrás típusa	mennyiség	megjegyzés
E27-es 2700K-es 710 lumenes 60w-os normálizzó	14 db	-

6-1. táblázat Kamaraterem eredeti megvilágítását biztosító lámpatestek és fényforrások

A beépített fényáram nem biztosított az igényeknek megfelelő megvilágítási szintet. A színpad nem rendelkezett kiemelő világítással, így sem az előadó zenészek nem voltak láthatóak a hátsó

padsorokból, sem a megfelelő megvilágítási szint nem volt biztosított számukra a kottaolvasáshoz.

6.2. Tervezés

A tervezésnél elsősorban a megrendelő igényeit kellett figyelembe venni. A létesített megvilágítás oly módon került kialakításra, hogy a kiemelővilágítás fényforrásai külön kapcsolhatók legyen és fényáramuk vezérelhető. A kiemelővilágítás vezérlésére egy DALI Switch Cross panel került elhelyezésre a zongora melletti falon. Ez egy kereszt kialakítású kapcsoló, melynek minden ága egy-egy fényforrást kapcsol, vagy annak fényáramát szabályozza (6-2. ábra).



6-2. ábra Dali nyomógombos kapcsolókereszt (Dali switch cross).

Felprogramozás után a felső ág egyszeri megnyomása a nézőtérről a színpad irányába nézve a jobboldali első lámpatestet kapcsolta, még az óramutató járásával megegyező irányba haladva a kapcsoló gombjain a fényforrásokat a nézőtér irányából nézve jobbról balra haladva lehet kapcsolni. A nyomógomb egyszeri megnyomása felkapcsolja a fényforrást, folyamatos nyomva tartásra elkezd lefele vezérelni a fényáramát, majd még egyszer megnyomva a kapcsolót kikapcsolja.

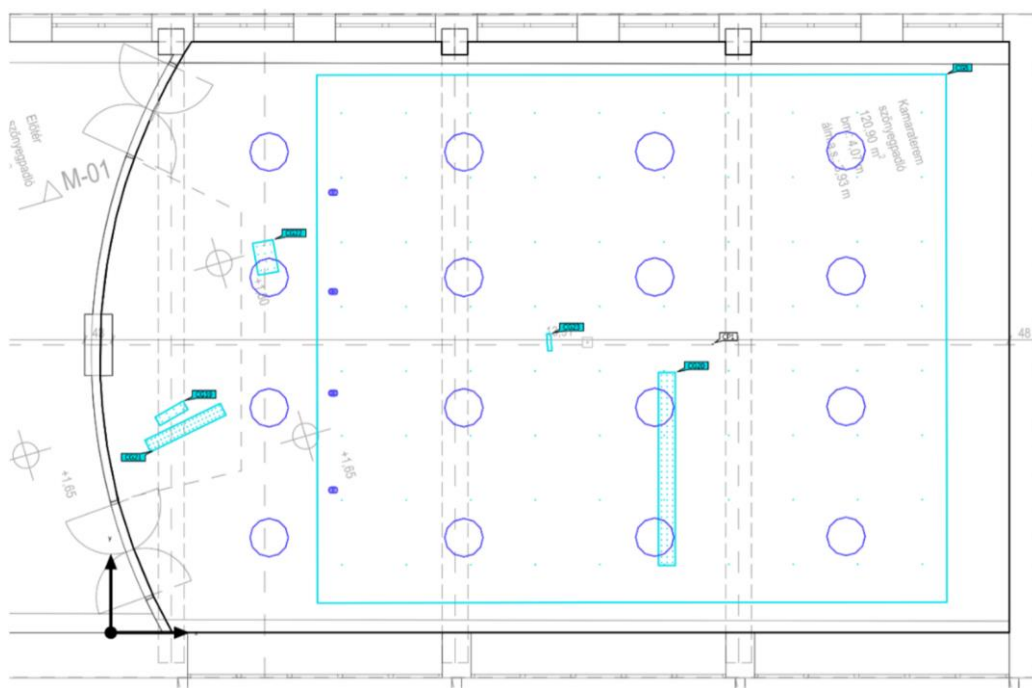
Az alapvilágítás kapcsolására is több kapcsolót helyeztek el a teremben. Az alapvilágítást soronként lehet felkapcsolni (első sor, a színpad irányából nézve) kapcsolója a kiemelő világítás kapcsolója mellett került elhelyezésre, ezzel is kihangsúlyozva, hogy az alapvilágítás első sora a színpad előtt esetlegesen helyet foglaló zenészek látási feladatát segíti. Az alapvilágítást biztosító fényforrások fényárama nem szabályozható.

A tervezés során figyelembe vettem még a MSZ EN 12464-1:2012 szabvány előírásait is. Koncertterem esetén az egyedüli előírás a terem takarítását segítő megvilágításra vonatkozott.

Emellett megfontolandó célnak jelöltem olyan megvilágítás létrehozását, mely egy zenei gyakorlóteremre előírt megvilágítási szintet biztosít.

6.2.1. Munkasíkok meghatározása

A kamarateremben meghatározott munkasíkokat a 6-3. ábra szemlélteti. Az ábrán jelzett munkasíkok a következők: CG5: A terem nézőtér részét magába foglaló munkasík. A takarítóvilágítást is erre a munkasíkra méreteztem. Itt a falaktól elhagytam egy 0,5m-es szakaszt és a színpad előtti részt, melyet a színpad kiterjesztéseként értelmeztem. CG19: A színpadon elhelyezett zongora kottatartója. CG20: a kamarateremben tetszőlegesen kiválasztott padozat írófelülete. CG21: a zongora billentyűzete. CG22: a színpad előtt a fúvós hangszereken játszó tanulóknak felállított kottatartó felülete. CG23: egy tetszőlegesen választott pont a teremben, ahol a színpad irányába néző megfigyelő által tapasztalt megvilágítást vizsgáltam. CP1: Az UGR szemlélő pozíciója.



6-3. ábra Kamaraterem munkasíkok.

6.2.2. Kiválasztott világítótestek

A korszerűsítéshez kiválasztott világítótesteket a 6-2. táblázat tartalmazza.

Világítótest típusa	menyiség	megjegyzés
Lona C/S 600 h100 SOP 3800 lm 41 W 830 FO IP20 white	16 db	Alapvilágítás
Light4U Luce Tube 31 W, 3000 K, 2705 lm, 36°, DALI, fekete színben, 5 m-es fekete színű 3F-ú DALI sínnel	4 db	Színpad kiemelő világítás

6-2. táblázat Kamaraterem korszerűsítéshez választott világítótestek.

UGR értéket csak a takarítóvilágítás esetén határoz meg a szabvány, ebben az esetben a megengedett maximális érték $UGR=22$. Az alapvilágítást a 16 db Lona C/S 600 h100 fényforrás biztosítja, melynek az adatlapban megadott hosszirányú UGR értéke 22, még a keresztirányú 21.9. [13]

Ha csak egy adatot ad meg a gyártó, akkor az mindig a $x=4H$, $y=8H$ állapotra értendő, 70/50/20-as reflexiót feltételezve. [7] Ez azt is jelenti, hogy szimuláció során a ténylegesen kialakuló UGR értéket a kiválasztott fő nézési irányra meg kell vizsgálni. Ezt szimulációval ellenőriztem, az UGR maximum értéke 20,5-re adódott. (Eredményeket lásd G Melléklet.)

6.2.3. Számított megvilágítási szintek kiértékelése

A dialuxszimulációval számított megvilágítási szinteket az F Melléklet tartalmazza. A szimuláció során kapott értékek követelményeknek való megfelelését szemlélteti a 6-3. táblázat. Ahol a szabvány nem írt elő kötelező értékeket, ott egy ajánlott referenciát választottam. Egyedül a nézőtér karbantartására, takarítására határozott meg az MSZ EN 12464-1:2012 előírt értékeket. Azt is érdemes figyelembe venni, hogy ezek az értékek megvilágítás és közepesnyelteség esetén minimum értékek, még káprázás esetén maximum értékek.

	E_{átlag} [lx] (Előírt / referencia)	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	U₀ (Előírt / referencia)	Értékelés
Nézőtér	328 (200)	167	411	0,51 (0,5)	Megfelelő
Nézőtér padsor munkasík	358 (300)	283	399	0,79 (0,6)	Megfelelő
Zongora kottatartó	553 (300)	502	594	0,91 (0,6)	Megfelelő
Zongora billentyűzet	643 (300)	448	796	0,7 (0,6)	Megfelelő
Színpad fúvós kottatartó	502 (300)	492	516	0,98 (0,6)	Megfelelő

6-3. táblázat Kamaraterem munkasíkra kalkulált eredmények.

6.2.4. Karbantartási utasítás

A kamaraterem, mint koncertterem tiszta helységnek tekinthető. Az alapvilágítást biztosító beépített világítótestek zárt felépítésűek. A karbantartást ezen világítótestek alapján írtam elő.

1. Lépés A környezet, melyben a világítótest elhelyezésre került, tisztasági szempontból „C” kategóriájú. Ez alapján egy „D, zárt IP2X” világítótest típust választottam.
2. Lépés A világítótestek meghibásodása esetén az egyedi csere javasolt, hiszen minden meghibásodás esetén, ezért az LSF értékét 1-nek választottam.
3. Lépés A gyártó katalógusában L80B10 értéket adott meg 50 000 üzemóra esetén, ami azt jelenti, hogy az élettartam végén a LEDek 90%-a eredeti fényáramuk 80%-ával fog világítani. Ez alapján LLMF=0,8.
4. Lépés Az első lépésben már meghatározásra került, „C” (clean azaz tiszta) helyiséggként kezelhető egy terem.
5. Lépés A segédlet 3.4-es táblázata alapján a világítótest tisztítására koszolódás esetén rendszeres karbantartást írtam elő, ezért LMF értékét 1-nek választottam. Ha ezt nem írnám elő, akkor MF sajnos 0,7-nél kisebb értékre adódna.
6. Lépés LMF=1.
7. Lépés A kiválasztott világítótest közvetlen fényforrásnak tekinthető, ez alapján tiszta helyiség esetén egy 6 éves helyiségtisztítási/újra festési ütemezést választva RSMF=0,91 értéket kapott.

8. Lépés $MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,91 = 0,72$

A karbantartási tényező minimumát az MSZ EN 12461-1:2012 0,7-ben határozza meg, ezért a számított érték elfogadható.

6.3. Megvalósult állapot

A megvalósult állapot nem tér el a tervezett állapottól. A méréseket oly módon végeztem el, hogy a meglévő állapottal és a szimuláció eredményeivel összehasonlítható eredményeket kapjak. A visszamérés eredményeit B Függelék tartalmazza.

6.3.1. Mérési eredmények

Az eredeti állapot és felújított állapot megvilágításának mérési eredményeit a 6-4. táblázat foglalja össze. A mérést a padlósík felett 0,86cm-el végeztem, mert bár a nézőtér karbantartását padlószinten kellene mérni, a beépített padozatok miatt ez nem megvalósítható, ezért a takarítást is a munkafelületek szintjén ellenőriztem.

	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8
1	17	26	27	33	32	32	31	30	1	171	232	262	290	263	276	251	226
3	22	35	38	42	41	43	42	39	2	181	272	293	341	332	320	328	313
2	23	32	41	39	44	40	43	43	3	207	277	334	327	370	335	327	275
4	25	38	39	44	44	45	42	39	4	239	309	355	373	384	392	277	331
5	28	44	47	52	51	53	50	48	5	236	340	373	398	412	407	390	348
6	30	40	42	47	46	42	44	40	6	256	318	370	383	384	400	376	349
7	29	36	39	35	42	37	41	33	7	249	326	368	392	391	392	358	333
8	29	39	43	46	46	47	42	43	8	246	301	367	391	414	418	395	350
9	27	36	48	59	88	57	47	40	9	208	301	350	382	372	383	370	341
10	35	40	67	101	154	165	57	37	10	220	289	329	350	367	368	298	318
11	47	57	63	127	193	258	201	66	11	179	274	279	285	324	314	315	308
12	49	50	63	98	172	206	147	67	12	219	227	256	272	253	277	240	230
13	x	38	44	68	85	87	89	x									

6-4. táblázat Kamaraterem megvilágítási mérések eredménye. Bal oldalon meglévő állapot, jobb oldalon a felújított állapot.

A felújítás előtti állapot esetén mért értékekből: $E_{\min}=17 \text{ lx}$, $E_m=57 \text{ lx}$, $U_0=0,3$. Elmondható tehát, hogy ez eredeti állapot nem felel meg a szabványban előírt értékeknek.

A felújított állapot esetén mért értékekből meghatározott értékek: $E_{\min}=171 \text{ lx}$, $E_m=316,6 \text{ lx}$, $U_0=0,54$. Ezeket az eredményeket összehasonlítva az MSZ EN 12464-1:2012-es szabvány által koncertterem nézőtér takarítóvilágításának előírt értékeivel, megállapítható, hogy a szabvány előírásainak megfelel.

6.3.2. Szabványmegfelelőség vizsgálata.

A szabványmegfelelőséget a kamaraterem esetén több mérési síkra is vizsgáltam. Ahol a szabvány nem írt elő értékeket, ott az általam választott referencia értéket vettem alapul. A vizsgált munkások esetén előírt és referenciaértékek, valamint mért eredmények kiértékelését láthatjuk a 6-5. táblázatban.

Megnevezés	Előír / Referenciat	Mért	Minősítés
Kamaraterem nézőtér takarító világítás			
E _{átlag} [lx]	200	316	Megfelel
U ₀	0,5	0,54	
Kamaraterem zongora billentyűzet			
E _{átlag} [lx]	300	337	Megfelel
U ₀	0,6	0,87	
Kamaraterem zongora kottatartó			
E _{átlag} [lx]	300	602	Megfelel
U ₀	0,6	0,78	
Kamaraterem fűvós kottatartó			
E _{átlag} [lx]	300	547	Megfelel
U ₀	0,6	0,7	
Zeneterem nézőtér padsor írófelület			
E _{átlag} [lx]	300	337	Megfelel
U ₀	0,4	0,87	

6-5. táblázat Kamaraterem munkasíkjainak mérési eredménye és szabványmegfelelőségi kiértékelése

6.3.3. Összefoglalás

A kamaraterem esetén vizsgált munkafelületeken a megvilágítás a felújítás után megfelelő mértékű lett. A 3000K-es színhőmérsékletű beépített fényforrások a visszajelzések alapján kellemes környezetet teremtenek. A tanulók és tanárok a felújítás után már rendszeresen használják a kamaratermet kóruspróbákra, gyakorlásra, hiszen ez az iskola legnagyobb befogadóképességű terme. A kiemelő világítás sínes kialakítású és a fényforrások pozíciója egyesével állítható, ezért abban az esetben, ha a színpad nem biztosítana kellő helyet a zenekar számára, a színpad előtti területen is felvonulhatnak a zenészek. Ebben az esetben szükséges a kiemelő világítás fényforrásainak újrapozicionálása.

7. Gazdasági számítások

A gazdasági vizsgálatot két megközelítésből lehetne elvégezni, tervezett berendezésre összehasonlító gazdasági vizsgálat, vagy egy meglévő berendezés korszerűsítése tervezett berendezéssel. [14] A gazdaságossági vizsgálat megközelítésétől függetlenül, azt megelőzően el kell végezni a műszaki megbízhatósági vizsgálatot. Ha a meglévő berendezés nem felel meg a műszaki megbízhatóság feltételeinek, azaz nem szabványos, akkor annak gazdaságossági vizsgálata nem ad értelmezhető eredményt.

A diplomatervemben ismertetett világítástechnikai korszerűsítést azért kellett elvégezni, mert a meglévő berendezés már nem felelt meg a műszaki megbízhatósági feltételeknek, ahogy az látható dolgozatomban is az egyes helységek eredeti állapotának felméréséről szóló fejezeteiben.

Ennek ellenére érdemesnek tartottam egy korszerűsítési gazdaságossági minősítés elvégzését, amit a körülményekre való tekintettel csak statikus módszerrel vizsgáltam.

7.1. Gazdaságossági vizsgálat elméleti alapjai

A vizsgálat célja, hogy *statikus megtérülési időtartamot meghatározzam*. A statikus megtérülési élettartam képlete 7-1. egyenlet. [14]

$$N = \frac{L_T}{\Delta \ddot{U}}, \text{ ahol}$$

7-1. egyenlet Statikus megtérülés időtartama.

L_T : létesítési költsége a tervezett berendezésnek,

$\Delta \ddot{U}$: üzemeltetési költség különbsége a meglévő és a tervezett berendezésnek.

Tehát a megtérülés annak vizsgálata, hogy az új berendezés létesítési költségét az üzemeltetési költség csökkentésével elért megtakarítás hány év alatt termeli ki. Az üzemeltetési költségmegtakarítás a meglévő berendezés üzemeltetési költségének és a tervezett berendezés üzemeltetési költségének különbsége (7-2. egyenlet) [14].

$$\Delta \ddot{U} = \ddot{U}_M - \ddot{U}_T, \text{ ahol}$$

7-2. egyenlet Üzemeltetési költségmegtakarítás.

$\ddot{U}_M$: Meglévő berendezés üzemeltetési költsége,

$\ddot{U}_T$: Tervezett berendezés üzemeltetési költsége

Az új tervezett berendezésre vonatkozó Létesítési költség is több költségelemet tartalmaz.

(7-3. egyenlet) [14]

$$L_T = L_{VE} + L_{TF} + L_{TF} + L_{KS} + L_{VK} + L_{TÜ}, \text{ ahol}$$

7-3. egyenlet *Létesítési költség*

- L_{VE} : Világítási eszközök költségei (lámpatestek, fényforrások, működtetőeszközök),
- L_{TF} : Trafó és felerősítőeszközök költségei,
- L_{KS} : Kapcsolószerkezetek költségei,
- L_{VK} : Vezetékezés, kábelezés költségei,
- $L_{TÜ}$: Tervezés művezetés, üzembe helyezés, besabályozás.

A létesítési költségekhez hasonlóan az üzemeltetési költségek is felbonthatók több komponensre. (7-4. egyenlet) [14]

$$Ü = C + E + K, \text{ ahol}$$

7-4. egyenlet *Éves üzemeltetési költség.*

- C : fényforráscsere költségek,
- E : energiaköltség,
- K : berendezés karbantartási költsége

A fényforráscsere költségek származtatását a 7-5. egyenlet alapján végezhetjük el, még az energiaköltségek meghatározásához 7-6. egyenlet használjuk. A berendezés karbantartási költségét 7-7. egyenlet alapján számítjuk.

$$C = (A + S) \cdot \frac{t_{\tilde{U}}}{t}, \text{ ahol}$$

7-5. egyenlet *Fényforráscsere költségek.*

- A : anyagár,
- S : szerelési díj,
- t : élettartam,
- $t_{\tilde{U}}$: éves üzemeltetés élettartama

$$E = e \cdot P \cdot t_{\ddot{u}}, \text{ ahol}$$

7-6. egyenlet Energiaköltség

e: energia egységár,

P: egységteljesítmény,

$t_{\ddot{u}}$: éves üzemeltetési élettartam

$$K = l_{VE} \cdot L_{VE} + l_{TF} \cdot L_{TF} + l_{KS} \cdot L_{KS} + l_{VK} \cdot L_{VK} + l_{T\ddot{U}} \cdot L_{T\ddot{U}}, \text{ ahol}$$

7-7. egyenlet Berendezés karbantartási költsége.

l_x : százalékosan becsült éves karbantartási tényező,

L_x : létesítési költségek

Az Üzemeltetési költség számítását tehát a 7-5. egyenlet, 7-6. egyenlet és 7-7. egyenlet összevonásával számíthatjuk, lásd 7-8. egyenlet.

$$\ddot{U} = (A + S) \cdot \frac{t_{\ddot{u}}}{t} + e \cdot P \cdot t_{\ddot{u}} + l_{VE} \cdot L_{VE} + l_{TF} \cdot L_{TF} + l_{KS} \cdot L_{KS} + l_{VK} \cdot L_{VK} + l_{T\ddot{U}} \cdot L_{T\ddot{U}}$$

7-8. egyenlet Üzemeltetési költség.

7.2.Korszerűsítési gazdaságossági vizsgálata

A korszerűsítési gazdaságossági vizsgálat során meghatározom az új berendezés létesítési költségét, a meglévő berendezés üzemeltetési költségét, valamint a tervezett berendezés üzemeltetési költségét és ezek alapján kiszámítom a statikus megtérülési időt.

7.2.1. Tervezett berendezés létesítési költsége

Az új világítás létesítésének költségét határoztam meg a 7-1. táblázatban.

Berendezés költségek	$L_{VE} + L_{KS} + L_{TS}$	3 282 160 Ft
Vezetékezés, kábelezés költség	L_{VK}	763 200Ft
Tervezés, üzembe helyezés költség	$L_{T\ddot{U}}$	580 000Ft
Összesen:		4 625 360 Ft

7-1. táblázat Létesítési költség új berendezésekre

7.2.2. Meglévő berendezés üzemeltetési költsége ($\ddot{U}_M$)

A meglévő berendezések üzemeltetési költségére vonatkozó számításokat tartalmazza a 7-2. táblázat. Az üzemeltetési költségek számításánál az átlagos éves világítás üzemelést a CIE 97:2005 alapján 1900 órában határoztam meg.

Anyagár	A	16 400 Ft
Szerelési díj	S	46 625 Ft
Élettartam	t	2000 óra
Éves üzemeltetés élettartama	$t_{\ddot{u}}$	1900 óra
Fényforrás költsége	C	66 342 Ft/év
Energia egységár	e	40 Ft/kWh
Beépített teljesítmény	P	1480 W
Éves üzemeltetés élettartama	$t_{\ddot{u}}$	1900 óra
Energiaköltség	E	112 480 Ft/év
Becsült éves karbantartási költség	K_M	63 000 Ft/év
Üzemeltetési költség	$\ddot{U}$	241 822 Ft/év

7-2. táblázat Meglévő berendezés üzemeltetési költsége

7.2.3. Tervezett berendezés üzemeltetési költsége ($\ddot{U}_T$)

A tervezett berendezés üzemeltetési költségének kalkulációját mutatja a 7-3. táblázat. Az éves üzemeltetési időt a CIE97:2005 alapján választottam 1900 órának. A beépített fényforrások élettartama 50000 óra.

Létesítési költség	L_T	4 625 360 Ft
Élettartam	t_T	50 000 óra
Éves üzemeltetés élettartama	$t_{\ddot{u}}$	1900 óra
Fényforrás költsége	C	175 763 Ft/év
Energia egységár	e	40 Ft/kWh
Beépített teljesítmény	P	1 192 W
Éves üzemeltetés élettartama	$t_{\ddot{u}}$	1900 óra
Energiaköltség	E	90 592 Ft/év
Becsült éves karbantartási költség	K_T	0 Ft/év
Üzemeltetési költség	$\ddot{U}$	266 355 Ft/év

7-3. táblázat Új berendezés üzemeltetési költsége

7.2.4. A statikus megtérülés számítása (N)

A megtérülési időt a 7-1. egyenlet, valamint a 7-2. táblázatba meghatározott meglévő berendezésre vonatkozó üzemeltetési és 7-3. táblázatban meghatározott tervezett berendezésre számított üzemeltetési költség alapján lehet kiszámítani, lásd 7-9. egyenlet.

$$N = \frac{L_T}{\ddot{U}_M - \ddot{U}_T} = \frac{4\,625\,360}{241\,822 - 266\,355} = -24\,533 \text{ év}$$

7-9. egyenlet Megtérülési idő számítása.

A kapott eredmény úgy értelmezhető, hogy az eredeti berendezéshez viszonyítva az új létesített berendezés soha nem fog megtérülni. Fontos azonban itt megjegyezni, hogy az eredeti berendezés műszaki megbízhatósági szempontból nem felelt meg az előírásoknak, még az új, tervezett berendezés szabványoknak megfelelő.

7.2.5. A statikus megtérülés számítás korrigált meglévő berendezéssel(N)

Ha műszaki megbízhatósági szempontból korrigáljuk az eredeti berendezést oly módon, hogy a beépített fénycsője megegyezzen a tervezett berendezés beépített fénycsőjével, akkor a 7-4. táblázat látható módosított táblázathoz jutunk.

Anyagár	A	16 400 Ft
Szerelési díj	S	46 625 Ft
Élettartam	t	2000 óra
Éves üzemeltetés élettartama	t _ü	1900 óra
Fényforrás költség	C	66 342 Ft/év
Energia egységár	e	40 Ft/kWh
Korrigált beépített teljesítmény	P	10 557 W
Éves üzemeltetés élettartama	t _ü	1900 óra
Energiaköltség	E	802 332 Ft/év
Becsült éves karbantartási költség	K _M	63 000 Ft/év
Üzemeltetési költség	Ü	931 674 Ft/év

7-4. táblázat Meglévő berendezés üzemeltetési költsége

A korrekciót úgy végeztem el, hogy helységenként kiszámítottam, mekkora a tervezett beépített fénycső, majd az eredeti fényforrások fényhasznosítását felhasználva kiszámítottam mekkora beépített teljesítménnyel lehetne elérni a tervezett beépített fénycsőt. Ily módon csak a korrigált energiateljesítményt vettem figyelembe. A táblázat egyéb paraméteréhez nem nyúltam,

pedig belátható, hogy több hagyományos fényforrás beépítésével növekszenek a fényforrásköltségek, valamint a karbantartási költségek is.

$$N = \frac{L_T}{\ddot{U}_M - \ddot{U}_T} = \frac{4\,625\,360}{931\,674 - 266\,355} = 6,95 \text{ év}$$

7-10. egyenlet Korrigált statikus megtérülés

A 7-10. egyenlet alapján számított korrigált statikus megtérülés értéke 7 évre adódott. Figyelembe véve, hogy a tervezett fényforrások élettartamát a gyártó 50 000 órában állapította meg, ami a meghatározott üzemelési óraszám alapján 25 év, a berendezés élettartamán belül megtérül.

A beruházó 10 éves megtérülési időt határozott meg, így a számítási eredmények alapján a beruházást gazdaságosnak tekintem.

8. Továbbfejlesztési lehetőségek

Eddigi fejezetekben ismertettem azt a megoldást, melyet több szempont figyelembevételével választottam az általános iskola követelményeknek és szabványoknak megfelelő világítás kialakítására. A most következő fejezetben kitérek arra, hogy a javasolt megoldást, hogy lehetne továbbfejleszteni és hogyan lehetne még jobb vizuális környezetet, kezelhetőbb berendezés kialakítást és gazdaságosabb megoldást kialakítani.

8.1.karbantarthatóság és kezelhetőség javítása

Jelenlegi műszaki megoldás helyi kezelőelemekkel, kapcsolókkal, szabályzókkal valósítja meg minden egyes helység esetén külön-külön a vezérlést. A karbantartás és ellenőrzést több személy végzi az időszakos bejárásával. Egy központosított épületfelügyeleti rendszer kialakításával megoldható lenne a berendezések központi felügyelete, a központi kapcsolás és szabályzás. Ez esetben a fényforrások bekapcsolására akár menetrendeket is lehetne készíteni. Korszerűbb épületfelügyeleti rendszerek a világítási hálózatot összekötik az épület árnyékolásának vezérlésével, így elérve nagyobb energiamegtakarítást és jobb vizuális környezetet teremtve (erős napsütés esetén az árnyékolók leeresztése, a világítás felkapcsolása és megfelelő fényáramra szabályzása).

A központosításnak előnye továbbá, hogy a beépített berendezések az öndiagnosztikának köszönhetően riasztásokat küldhetnek a központi rendszernek, megkönnyítve az egyedi cserék szükségességének diagnosztizálását és elrendelését.

8.2. Jobb vizuális környezet

A megfelelő vizuális környezet nagy hatással van a teljesítményre és a közérzetre. Melegebb fények növelik a vérnyomást és az energiaszintet még a hidegebb színek csökkentik a szívverést és nyugodt környezetet teremtenek. [15] A környezet színe is befolyásolja a teljesítőképességet. Egy tanulmány alapján a fehérebb szobában dolgozó emberek több hibát vétettek nagy koncentrációt igénylő feladatok végrehajtása során, mint egy színebb szobában dolgozó emberek. [15]

Fontos tehát a megfelelő színösszetételű helyiség kialakítása és a világítást is illeszteni kell a helyiség kialakításához. Segítségre lehetnek a változtatható színhőmérsékletű és szabályozható színű fényforrások. A folyamán a színhőmérséklet változtatásával stimulálhatjuk a helyiségben dolgozó embereket. Ha nap elején inkább melegebb színhőmérsékletet használunk, akkor az amúgy is kipihent embereknek megfelelő környezetet teremtünk, még az idő múltán egyre hidegebb színű fény alkalmazásával növelhetjük a teljesítményt és az éberséget. Érdemes megfontolni tehát olyan fényforrások beépítését, melyek színhőmérséklete, színe és fényárama is változtatható.

Ha a világítás kialakítását oly módon tudjuk megoldani, hogy a külső környezet függvényében növeljük, vagy csökkentjük a mesterséges megvilágítás részarányát, egy fenttartható vizuális környezetet teremthetünk, mely az adott feladat elvégzéséhez szükséges megvilágítás biztosítására is képes. Ha nem csak a feladatterületet világítjuk meg, hanem gondoskodunk a megfelelő háttér és közvetlen környezet megvilágításának egyenletességéről, akkor javítjuk a feladatot végző emberek koncentrációs készségét és a folyamatos adaptáció elkerülésével csökkentjük az elfáradást.

Megfelelő érzékelőkkel ellátott, szabályozható rendszerrel tehát jobb, ösztönzőbb vizuális környezetet teremthetünk.

8.3. Energiamegtakarítás

Ahogy azt a 8.1-es bekezdésben említettem, egy épületautomatizálási rendszer nem csak a megfelelő vizuális környezet kialakításában segíthet, hanem támogathatja az energiamegtakarítást is ha összehangolja az épület egyéb rendszereinek működését a világítási hálózat vezérlésével. A „napfény szünet” kifejezés éppen ezt hivatott elérni. Ha van napfény, akkor a mesterséges fényforrás fényáramának leszabályzásával és esetlegesen világítótest csoportok kikapcsolásával energiát takaríthatunk meg. Ha ezt oly módon tesszük, hogy a kiépített mesterséges megvilágítás, csak a látási feladat elvégzéséhez szükséges fényáramot

biztosítja (beépített megvilágítás mérő szenzorok segítségével érzékeli a környezet megvilágítását) akkor nem csak a vizuális környezet lesz jó, de energiát is spórolhatunk. Egy tanulmány szerint egy átlagos Görög iskolában nappali oktatások esetén télen 88%-os megtakarítás is elérhető ilyen rendszer kialakításával. [16]

Mivel a LED-es fényforrások nem érzékenyek a kapcsolások számára, további energiamegtakarítás érhető el az egyes helyiségekben elhelyezett jelenlét érzékelőkkel. Ha nincs senki a helyiségben, akkor a fényforrások lekapcsolódnak.

Ha az épület világítását központilag tudjuk kapcsolni, akkor pusztán egy kapcsolási ütemterv szerinti vezérléssel is jelentős energiamegtakarítás érhető el. Ha a rendszer hétvégén a felkapcsolva maradt fényforrásokat lekapcsolja, szintén jelentős mennyiségi energiát takarít meg.

9. Összefoglalás

Szakedolgozatomban a Celldömölki Ádám Jenő zenei Iskola néhány helyiségének világítástechnikai korszerűsítését végeztem el. A feladat megoldása során megvizsgáltam minden helyiség funkcióját és számba vettem az ott végzett és oda tervezett látási feladatokat. Megismerkedtem a szabványos megvilágítás létesítéséhez szükséges előírásokkal, szakirodalmakon keresztül más szakemberek által elképzelt jó megvilágítási környezetek tulajdonságával. A megfelelő világító berendezések kiválasztásának érdekében utána olvastam a fényforrásokra vonatkozó előírásoknak, valamint a kiválasztás főbb szempontjainak. A termék modelljét Dialux világítástervező programban meglakottam, mely során megismerkedtem a Dialux Evo főbb funkcióival és elsajátítottam a használatához szükséges alapismereteket. Munkám során alkalmam nyílt a tervezés helyszínét több alkalommal bejárni és ott megvilágításmérő segítségével fényméréseket végezni. A megvalósult állapot felmérése és a mérési eredmények kiértékelése jól szemléltette a számítógépes tervezés előnyeit és hátrányait is. Az elvégzett gazdasági számítások bebizonyították, hogy hagyományos világítórendszerek korszerűsítését igen is érdemes megfontolni és elvégezni, mert jelentős energiamegtakarítás érhető el vele. Friss kutatási eredmények olvasása jó támpontot és ötleteket adott a világítási környezet energiamegtakarításának növelésére.

10. Summary

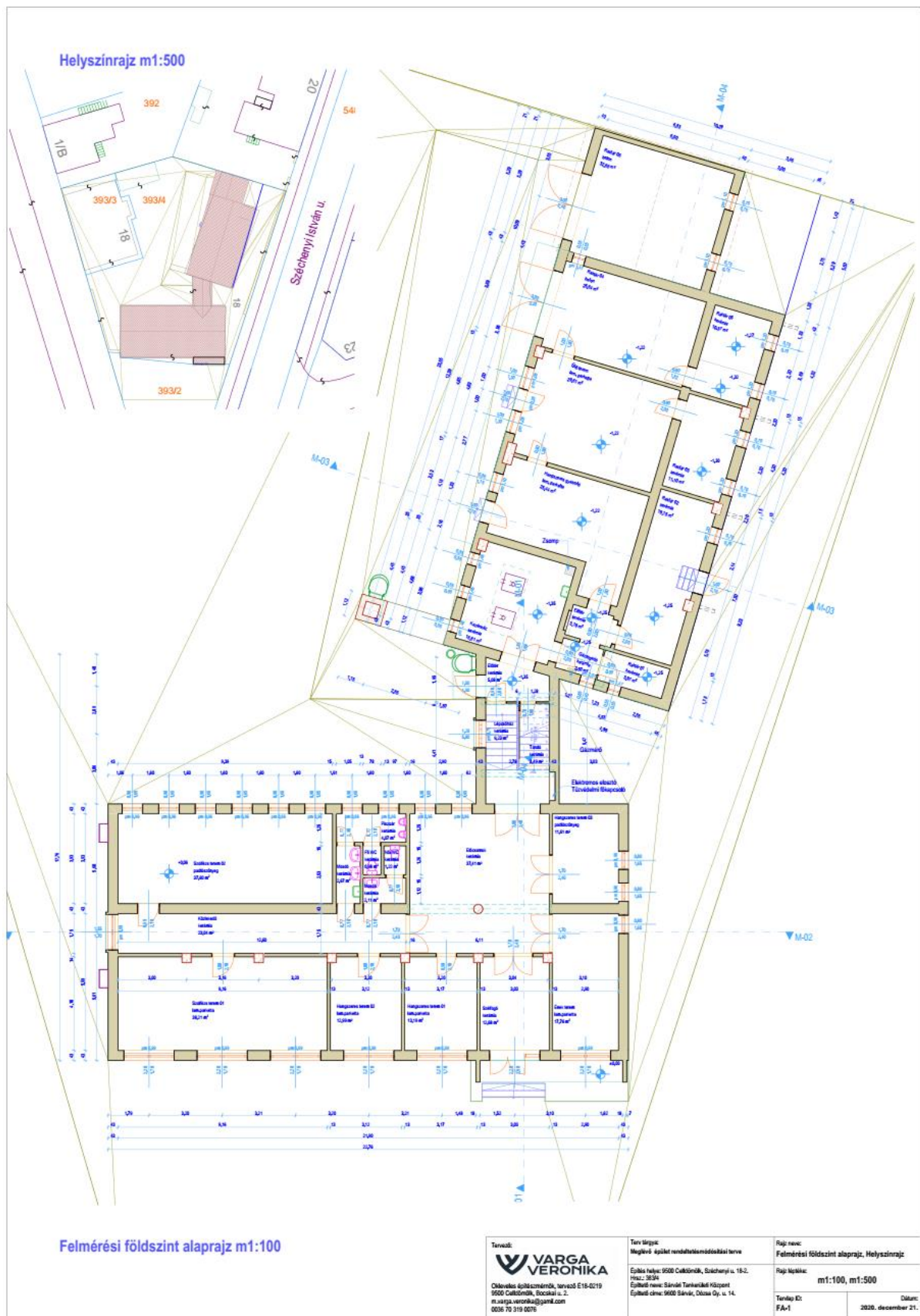
In my final thesis I worked on the modernization of the lighting system of Jenő Ádám Elementary Music School at Celldömölk. The task included the investigation of the functionality of each rooms and defining the important task areas related to the main activities at those places. I had to familiarize myself with the most recent standard requirements against indoor lighting setups and visual tasks. Through additional technical articles I get an insight how others define the right lighting environment base on main functionalities. To be able to select the right light sources I had to get familiar with the important parameters of light sources that can be used in selecting and comparing such equipment's. By modelling the work environment in Dialux Evo I gained better understanding and get some practical experiences in how to use such software's to design appropriate lighting environment and how to verify standard alliance. During the actual work I had opportunity to visit the Elementary School and gain some practice in using light meters for verifying the lighting levels on task areas. By evaluating the measurement results I draw some conclusion about the advantage and disadvantages of using lighting design software's. Finalizing the economical calculation for return on investment I concluded that, modernization of incandescent lights with LED luminaires has a huge benefit in terms of energy savings, which will pay back over time due to the long life expectancy of LED based luminaires. Reading new and relevant articles about energy savings of lighting environments helped to gain better understanding of the different engineering approaches related to that topic.

11. Hivatkozások

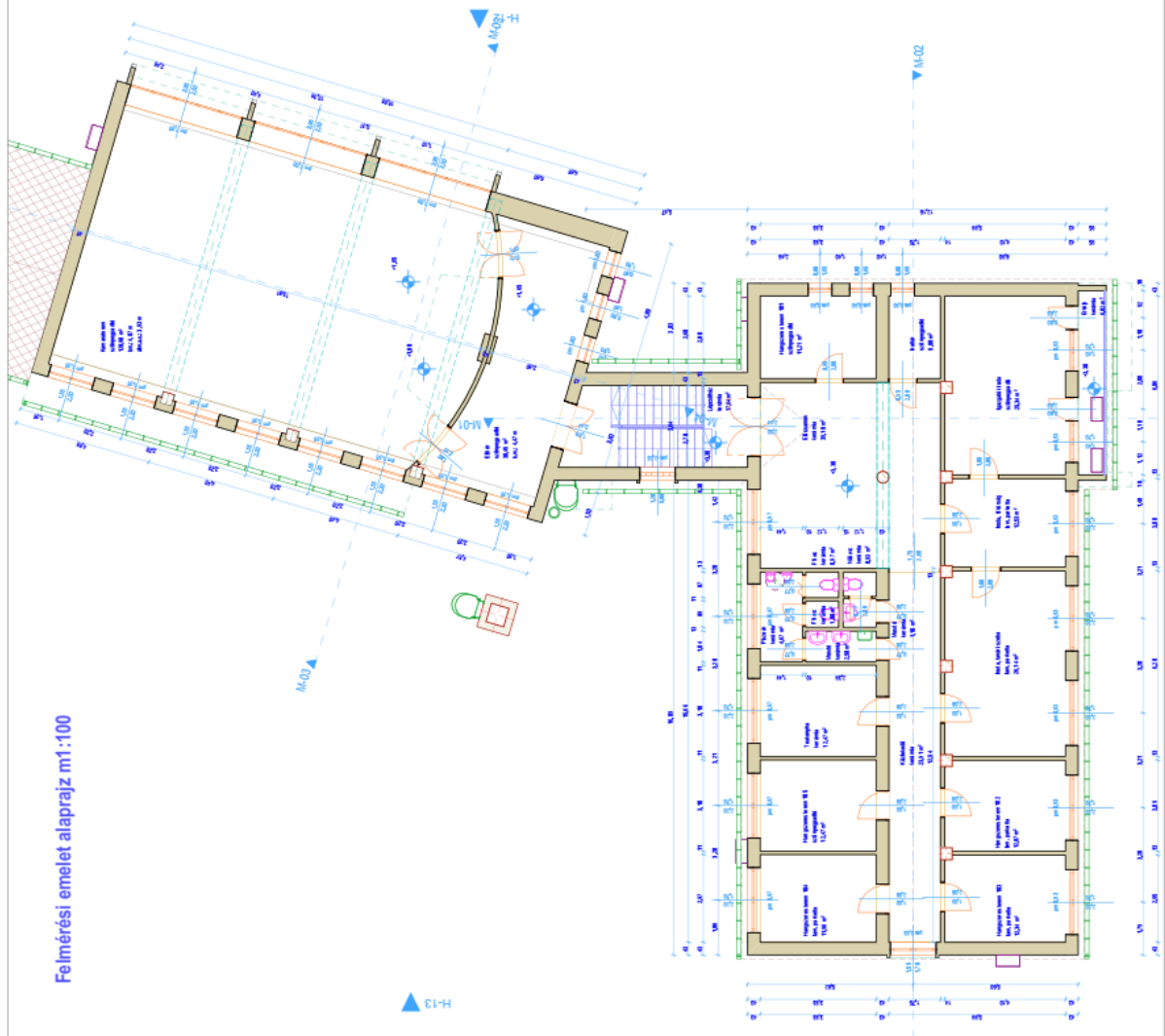
- [1] Zoltán, Németh; SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNY Ádám Jenő Zenei Alapfokú Művészeti Iskola épület rendeltetésváltás Celldömölk, Széchenyi u. 18-2 hrsz.: 393/4, Celldömölk: Németh Zoltán építész tűzvédelmi szakértő, 2019.október 31..
- [2] Veronika, Varga; MŰSZAKI LEÍRÁS, Celldömölk: Varga Veronika okleveles építészmérnök, 9500 Celldömölk, Bocskai u. 2., 2019.
- [3] MSZ EN 12464-1:2012, *Fény és világítás. Munkahelyi világítás*, Szabvány.
- [4] MSZ EN 1838:2014, *Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás*, Szabvány.
- [5] CEI IEC 60529:2001 Degree of protection provided by enclosure (IP code), .
- [6] Kránicz Balázs, Csuti Péter: A korrelált színhőmérséklet anomáliái. Világítástechnikai évkönyv 2010-2011..
- [7] ZVEI: UGR methods - application and limits, Position paper, https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/ZVEI-Schriften/2110_ZVEI_UGR_method.pdf; Letöltés: 2022.04.23.
- [8] A, Philips LED Luminaires Whitepaper: Evaluating performance of LED based luminaires. 2018 Signify Holding B.V..
- [9] JIANZHONG JIAO: Understanding the difference between LED rated life and lumen-maintenance life (MAGAZINE), LEDs Magazine..
- [10] CIE 97:2005 GUIDE ON THE MAINTENANCE OF INDOOR ELECTRIC LIGHTING SYSTEMS, COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE.
- [11] Etaplighting: K1R112/3 datasheet. (<https://www.etaplighting.com/en/series/k1r-light/k1r1123>) Letöltés ideje: 2022-04-16..
- [12] Etaplighting: K1R142/1 datasheet (<https://www.etaplighting.com/en/series/k1r-picto/k1r1421>) Letöltés ideje: 2022.04.16..
- [13] Intralighting: Lona C/S 600 h100 SOP 3800 lm 41 W 830 FO IP20 white, datasheet, <https://hu.intra-lighting.com/tech-card-filters?referer=18272413121>, letöltés 2022.04.24..
- [14] Arató András – Dr. Borsányi János – Klinger György –Dr. Kovács Károly – Molnár Károly Zsolt – Nádas József –Dr. Vetési Emil:INNOVATÍV VILÁGÍTÁS. Budapest, OE-KVK 2108.

- [15] Johnathon Allen: Using Color and Light to Improve Workplace Performance and Productivity, <https://www.tradelineinc.com/reports/2015-4/using-color-and-light-improve-workplace-performance-and-productivity>, letöltés: 2022.05.01.
- [16] L.T.Doulosa at al.: Minimizing Energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for a near zero energy building using LED DC Luminaires and daylight harvesting system. *Energy&Buildings* 194 (2019) 201-217.
- [17] XAL GmbH: Maintenance factor, elektronikus ismeretterjesztő cikk, <https://www.xal.com/en/know-how/maintenance-factor/> Letöltés: 2022.04.14.
- [18] András, Majoros; Belsőterek világítása, Budapest: Műszaki könyvkiadó, 1998.

A Melléklet Épület földszintjének alaprajza



Felmérési emelet alaprajz m1:100

[illegible]

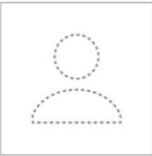
C Melléklet Zeneterem dialux szimulációs eredmények

CsBZeneterem

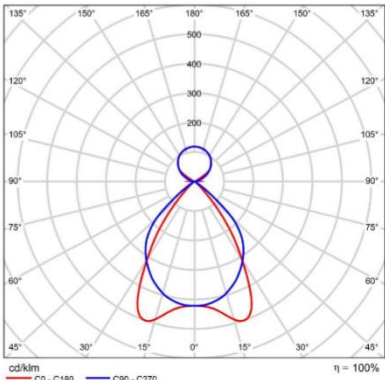
DIALux

Termékadatlap

Még nem DIALux tag - Demi SDI HMP 5400+2300 lm 75 W 830 DALI 250x1200mm IP20 white



Cikkszám	12302133131
P	75.0 W
Φ _{Lámpa}	7636 lm
Φ _{Lámpatest}	7635 lm
η	99.99 %
Fényhasznosítás	101.8 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



Poláris LDC

Fényterhelésértékelés az UGR szerint													
α Mérték		70	70	50	50	30	30	70	70	50	50	30	
β Fény		50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	
γ Társ		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tárgy		Néző irányában a lámpához						Néző irányában a lámpához					
X	Y	2H	3H	4H	6H	8H	12H	2H	3H	4H	6H	8H	12H
2H	12.2	12.2	13.0	12.9	13.6	14.4	15.5	16.3	16.2	16.9	17.7	18.9	17.7
	12.0	12.0	12.7	12.7	13.4	14.2	15.3	16.0	16.0	16.6	17.4	18.6	17.4
	11.9	11.9	12.5	12.6	13.2	14.0	15.2	15.8	15.8	16.5	17.3	18.5	17.3
	11.8	11.8	12.4	12.5	13.1	13.9	15.0	15.6	15.8	16.3	17.1	18.3	17.1
	11.7	11.7	12.3	12.5	13.0	13.8	14.9	15.5	15.7	16.2	17.0	18.2	17.0
4H	12.2	11.7	12.2	12.4	12.9	13.6	14.7	15.3	15.5	16.0	16.8	17.9	16.8
	12.0	11.7	12.0	12.2	12.7	13.4	14.2	15.2	15.8	16.5	17.3	18.5	17.3
	11.8	11.5	12.3	12.6	13.0	13.9	14.9	15.5	15.7	16.2	17.1	18.2	17.1
	11.7	11.5	12.1	12.4	12.8	13.7	14.7	15.1	15.5	15.9	16.8	17.8	16.8
	11.6	11.5	11.8	12.2	12.6	13.5	14.5	15.0	15.4	15.9	16.9	17.9	16.9
6H	12.2	11.4	11.7	12.2	12.8	13.5	14.6	15.4	15.8	16.5	17.5	18.7	17.5
	12.0	11.4	11.5	12.0	12.6	13.3	14.4	15.0	15.4	15.9	16.8	17.8	16.8
	11.8	11.3	11.5	12.1	12.6	13.4	14.4	14.7	15.3	15.9	16.8	17.8	16.8
	11.7	11.3	11.4	12.1	12.5	13.3	14.3	14.6	15.2	15.8	16.7	17.7	16.7
	11.6	11.3	11.4	12.0	12.4	13.2	14.2	14.5	15.1	15.7	16.6	17.6	16.6
12H	12.2	11.1	11.4	12.1	12.6	13.3	14.4	15.0	15.2	15.7	16.5	17.6	16.5
	12.0	11.1	11.3	12.0	12.4	13.2	14.2	14.5	15.1	15.7	16.6	17.6	16.6
	11.8	11.1	11.5	12.1	12.5	13.4	14.4	14.7	15.3	15.9	16.8	17.8	16.8
	11.7	11.1	11.5	12.1	12.5	13.4	14.4	14.7	15.3	15.9	16.8	17.8	16.8
	11.6	11.1	11.4	12.1	12.5	13.3	14.3	14.6	15.2	15.8	16.7	17.7	16.7
A szimulációval valószínűleg az 0 lámpaerősséggel													
S = 1.5H		+3.4 / -7.8						+2.4 / -7.0					
S = 1.5H		+4.8 / -15.4						+3.9 / -23.4					
S = 2.5H		+6.8 / -18.3						+5.8 / -24.7					
Szabvány táblázat		BK00						BK00					
Összesített torzítás		-5.6						-2.4					
Korrigált táblázat: a - vonatkozik 700mm Osztás táblázat													

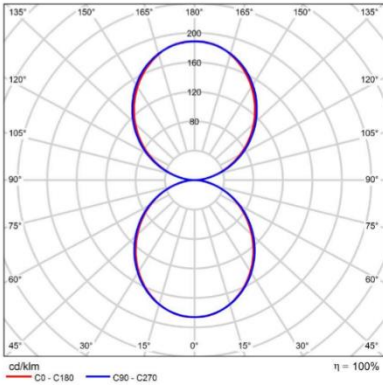
UGR-diagram (SHR: 0.25)

Termékadatlap

Még nem DIALux tag - Kalis 65 WDI SOP 2950+3000 lm 58 W 830 L1219 mm DALI IP40 white



Cikkszám	172911810Q1
P	57.8 W
ΦLámpa	6000 lm
ΦLámpatest	6000 lm
η	100.00 %
Fényhasznosítás	103.7 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



Poláris LDC

Fényterhelésértékelés az UGR szerint													
μ Mérték		70	70	90	90	30	70	70	90	90	30	30	
μ Típus		90	30	90	30	30	40	30	90	30	30	30	
Tárgy		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tárgy		Néző irányban						Néző irányban					
X Y		a tárgy felületére						a tárgy felületére					
2H	2H	19.7	20.6	20.6	21.4	22.6	19.8	20.6	20.7	21.5	22.7		
	3H	21.1	21.8	22.0	22.7	23.9	21.2	21.9	22.1	22.8	24.0		
	4H	21.8	22.3	22.6	23.2	24.4	21.7	22.4	22.7	23.3	24.5		
	6H	22.1	22.7	23.0	23.6	24.9	22.1	22.7	23.1	23.7	24.8		
	12H	22.2	22.8	23.2	23.8	25.0	22.2	22.8	23.2	23.8	25.0		
4H	2H	22.3	22.9	23.3	23.9	25.1	22.3	22.9	23.3	23.9	25.0		
	3H	22.6	23.0	23.4	24.0	25.3	22.6	23.0	23.4	24.0	25.3		
	4H	22.8	23.2	23.6	24.2	25.5	22.8	23.2	23.6	24.2	25.5		
	6H	23.0	23.4	23.8	24.4	25.7	23.0	23.4	23.8	24.4	25.7		
	12H	23.3	23.7	24.1	24.7	26.0	23.3	23.7	24.1	24.7	26.0		
8H	2H	22.6	23.0	23.4	24.0	25.3	22.7	23.1	23.5	24.1	25.4		
	3H	23.3	23.7	24.1	24.7	26.0	23.3	23.7	24.1	24.7	26.0		
	4H	23.6	24.0	24.4	25.0	26.3	23.6	24.0	24.4	25.0	26.3		
	6H	23.9	24.3	24.7	25.3	26.6	23.9	24.3	24.7	25.3	26.6		
	12H	24.2	24.6	25.0	25.6	26.9	24.2	24.6	25.0	25.6	26.9		
12H	4H	22.8	23.2	23.6	24.2	25.5	22.7	23.1	23.5	24.1	25.4		
	6H	23.4	23.8	24.2	24.8	26.1	23.4	23.8	24.2	24.8	26.1		
	12H	23.7	24.1	24.5	25.1	26.4	23.7	24.1	24.5	25.1	26.4		
A szimmetrikus elrendezés az 8 tárgy felületére													
S = 1.0H		+0.1 / -0.1						+0.1 / -0.1					
S = 1.5H		+0.2 / -0.4						+0.2 / -0.4					
S = 2.0H		+0.4 / -0.7						+0.4 / -0.7					
Szabvány táblázat		BK05						BK05					
Összesített értékek		8.0						8.0					
Kiegészítő táblázatok: a - vonatkozik 6000lm-os tárgyakra													

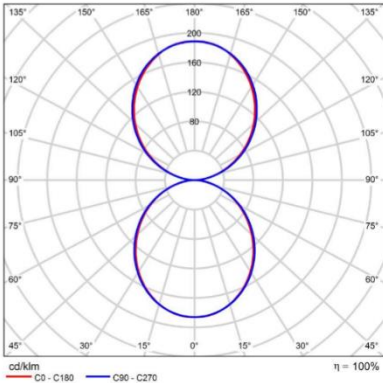
UGR-diagram (SHR: 0.25)

Termékadatlap

Még nem DIALux tag - Kalis 65 WDI SOP 3400+3500 lm 66 W 830 L1405 mm DALI IP40 white



Cikkszám	17291181041
P	66.1 W
ΦLámpa	6924 lm
ΦLámpatest	6924 lm
η	100.00 %
Fényhasznosítás	104.8 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



Poláris LDC

Fényterjedési értékelés az UGR szerint												
μ Mérték		70	70	90	90	30	70	70	90	90	30	30
μ Távolság		30	30	90	90	30	40	30	90	90	30	30
μ Távolság		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Távjelölés X Y		Nézős irányba vetítve a lámpa középpontjából					Nézős irányba vetítve a lámpa középpontjából					
2H	2H	19.7	20.6	20.6	21.4	22.6	19.8	20.6	20.7	21.5	22.7	
	3H	21.1	21.8	22.0	22.7	23.9	21.2	21.9	22.1	22.8	24.0	
	4H	21.7	22.3	22.6	23.3	24.4	21.7	22.4	22.7	23.3	24.5	
	6H	22.1	22.7	23.0	23.6	24.6	22.1	22.7	23.1	23.7	24.8	
	8H	22.2	22.8	23.2	23.8	25.0	22.2	22.8	23.2	23.8	25.0	
4H	2H	22.3	22.8	23.3	23.9	25.1	22.3	22.8	23.2	23.8	25.0	
	3H	20.2	20.9	21.1	21.8	23.0	20.3	21.0	21.2	21.9	23.1	
	4H	21.8	22.3	22.7	23.3	24.5	21.9	22.4	22.8	23.4	24.6	
	6H	22.5	22.9	23.4	23.9	25.2	22.5	23.0	23.5	24.0	25.2	
	8H	23.0	23.4	24.0	24.4	25.7	23.0	23.4	24.0	24.4	25.7	
8H	2H	23.2	23.6	24.2	24.6	25.9	23.2	23.5	24.2	24.5	25.9	
	3H	23.3	23.7	24.4	24.7	26.0	23.2	23.6	24.3	24.6	26.0	
	4H	22.6	23.0	23.6	24.0	25.3	22.7	23.1	23.7	24.1	25.4	
	6H	23.3	23.7	24.4	24.7	26.0	23.3	23.6	24.3	24.7	26.0	
	8H	23.6	23.9	24.7	24.9	26.3	23.6	23.9	24.6	24.9	26.2	
12H	2H	23.9	24.1	24.9	25.1	26.5	23.7	24.0	24.8	25.0	26.4	
	4H	22.8	23.0	23.6	24.0	25.3	22.7	23.0	23.7	24.1	25.4	
	6H	23.4	23.6	24.4	24.7	26.0	23.4	23.6	24.4	24.7	26.0	
12H	8H	23.7	23.9	24.7	25.0	26.3	23.6	23.9	24.7	24.9	26.3	
	12H	23.7	23.9	24.7	25.0	26.3	23.6	23.9	24.7	24.9	26.3	
A szimmetria értéke az 8 távjelölésig												
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H		+0.2 / -0.4					+0.2 / -0.4					
S = 2.0H		+0.4 / -0.7					+0.4 / -0.7					
Szabvány táblázat		BK05					BK05					
Összesített értékek		8.0					8.0					
Kiegészítő táblázatok: a ... vonatkozóan 6020mm Összes táblázat												

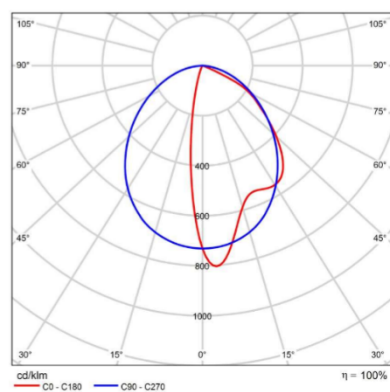
UGR-diagram (SHR: 0.25)

Termékadatlap

Még nem DIALux tag - Miva C/S 150 AS 2250 lm 33 W 830 DALI L1587mm white

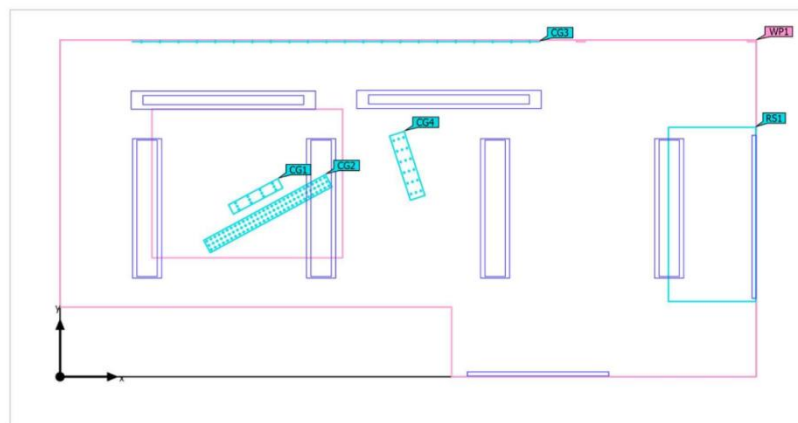


Cikkszám	12535131001
P	33.5 W
Φ Lámpa	2253 lm
Φ Lámpatest	2253 lm
η	100.00 %
Fényhasznosítás	67.3 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



Poláris LDC

Számítási objektumok



Épület 1 · Emelet 1 (Mesterséges)

Számítási objektumok

Hasznos felületek

Tulajdonságok	Ē (Előírt)	E _{min.}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Munkasík (Zeneterem) Merőleges megvilágítási erősség (adaptív) Magasság: 0.850 m, Szélso övezet: 0.000 m	848 lx (≥ 500 lx) ✓	480 lx	1160 lx	0.57	0.41	WP1

Felület-eredményobjektumok

Tulajdonságok	Ø	min.	max	g ₁	g ₂	Index
Munkaasztal Merőleges megvilágítási erősség (adaptív) Magasság: 0.850 m	865 lx	748 lx	936 lx	0.86	0.80	RS1
Munkaasztal Fénysűrűség Magasság: 0.850 m	49.7 cd/m ²	43.0 cd/m ²	53.8 cd/m ²	0.87	0.80	RS1

Számítási felület listák

Tulajdonságok	Ē	E _{min.}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Kotta tartó Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.943 m	355 lx	308 lx	393 lx	0.87	0.78	CG1
Zongora billentyű Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.683 m	620 lx	396 lx	785 lx	0.64	0.50	CG2
Fali tablók Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 2.200 m	578 lx	402 lx	797 lx	0.70	0.50	CG3
Számítási felület 7 Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.018 m	576 lx	528 lx	634 lx	0.92	0.83	CG4

Épület 1 · Emelet 1 (Mesterséges)

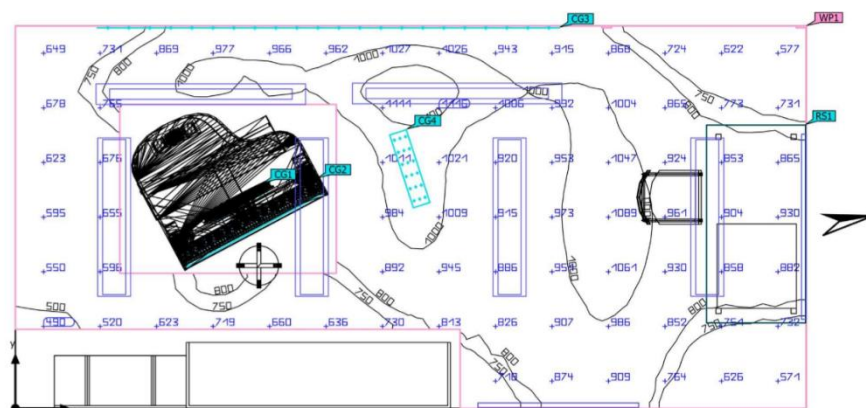
Számítási objektumok

Nappali fény

Tulajdonságok	D _m	D _{min}	D _{max}	g ₁	g ₂	Index
Természetes fény arány hasznos felülete (Zeneterem)	2.155 %	0.562 %	7.292 %	-	-	DF1
Nappali fény hányados						
Magasság: 0.850 m, Szélso övezet: 1.000 m						

Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)

Összefoglalás



Alapfelület: 17.37 m² | Visszaverődési fokok: Mennyezet: 90.0 %, Falak: 90.0 %, Talaj: 13.8 % | Karbantartási tényező: 0.80 (Pausál) |
Térmagasság: 3.000 m | Szerelési magasság: 1.800 m - 3.000 m

Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)

Összefoglalás

Eredmények

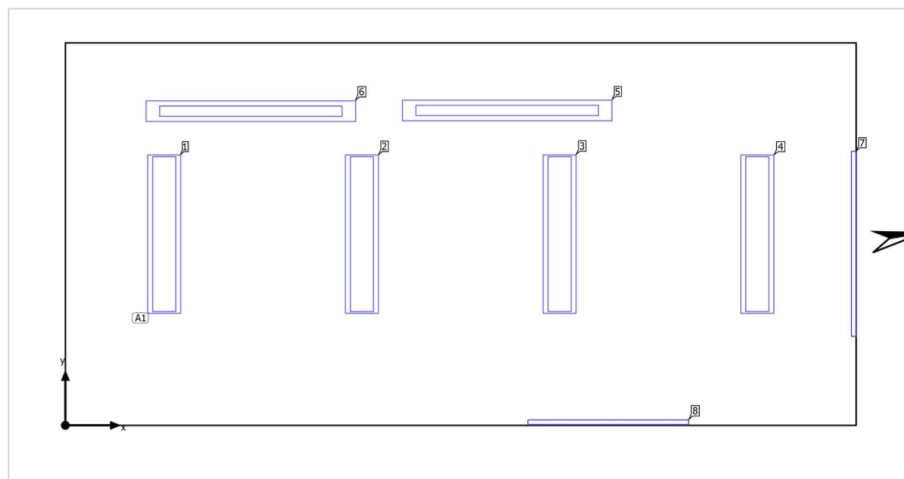
	Méret	Kiszámítva	Előírt	Ellenőrzés	Index
Nappali fény	D	2.155 %	-	-	DF1
Munkasík	Értékösszesítés	848 lx	≥ 500 lx	✓	WP1
	g ₁	0.57	-	-	WP1
	Fajlagos energiafelhasználás	37.05 W/m ²	-	-	
		4.37 W/m ² /100 lx	-	-	
Fogyasztási adatok	Fogyasztás	[850 - 1350] kWh/a	max. 650 kWh/a	✗	
Tér	Fajlagos energiafelhasználás	28.26 W/m ²	-	-	
		3.33 W/m ² /100 lx	-	-	

Használati profil: DIALux alapbeállítás; Standard (iroda)

Lámpatest lista

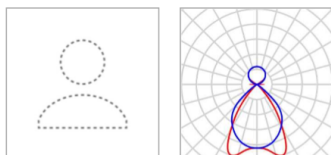
db	Gyártó	Cikkszám	Cikknév	P	Φ	Fényhasznosítás
4	Még nem DIALux tag	12302133 131	Demi SDI HMP 5400+2300 lm 75 W 830 DALI 250x1200mm IP20 white	75.0 W	7635 lm	101.8 lm/W
2	Még nem DIALux tag	12535131 001	Miva C/S 150 AS 2250 lm 33 W 830 DALI L1587mm white	33.5 W	2253 lm	67.3 lm/W
1	Még nem DIALux tag	17291181 041	Kalis 65 WDI SOP 3400+3500 lm 66 W 830 L1405 mm DALI IP40 white	66.1 W	6924 lm	104.8 lm/W
1	Még nem DIALux tag	17291181 0Q1	Kalis 65 WDI SOP 2950+3000 lm 58 W 830 L1219 mm DALI IP40 white	57.8 W	6000 lm	103.7 lm/W

Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem

Lámpatestek helyszínrajza

Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem

Lámpatestek helyszínrajza



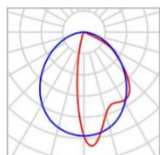
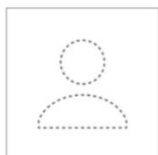
Gyártó	Még nem DIALux tag	P	75.0 W
Cikkszám	12302133131	Φ Lámpatest	7635 lm
Cikknév	Demi SDI HMP 5400+2300 lm 75 W 830 DALI 250x1200mm IP20 white		
Felszerelés	1x 4xPCBL64- 560x23-C3T-HV-830 280mA + 3xPCBL32- 280x23-C3T-HV-830 280mA		

4 x Még nem DIALux tag Demi SDI HMP 5400+2300 lm 75 W 830 DALI 250x1200mm IP20 white

Típus	Mezőrelrendezés	X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
1. lámpatest (X/Y/Z)	0.749 m / 1.450 m / 3.000 m	0.749 m	1.450 m	3.000 m	1
X irány	4 db, Közép - közép, 1.497 m	2.246 m	1.450 m	3.000 m	2
Y irány	1 db, Közép - közép, 2.900 m	3.744 m	1.450 m	3.000 m	3
Elrendezés	A1	5.241 m	1.450 m	3.000 m	4

Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem

Lámpatestek helyszínrajza

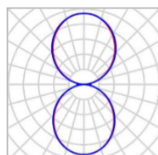


Gyártó	Még nem DIALux tag	P	33.5 W
Cikkszám	12535131001	Φ Lámpatest	2253 lm
Cikknév	Miva C/S 150 AS 2250 lm 33 W 830 DALI L1587mm white		
Felszerelés	1x 5xPCBL32- 280x23-C3T-HV-830 270mA		

Egyes lámpatestek

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
3.346 m	2.387 m	3.000 m	5
1.405 m	2.382 m	3.000 m	6

Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem

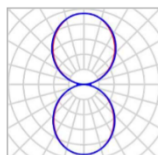
Lámpatestek helyszínrajza

Gyártó	Még nem DIALux tag	P	66.1 W
Cikkszám	17291181041	Φ Lámpatest	6924 lm
Cikknév	Kalis 65 WDI SOP 3400+3500 lm 66 W 830 L1405 mm DALI IP40 white		
Felszerelés	1x 15xPCBL11-93x23 3528 830 65mA + 15xPCBL11-93x23 3528 830 65mA		

Egyes lámpatestek

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
5.972 m	1.377 m	1.800 m	7

Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem

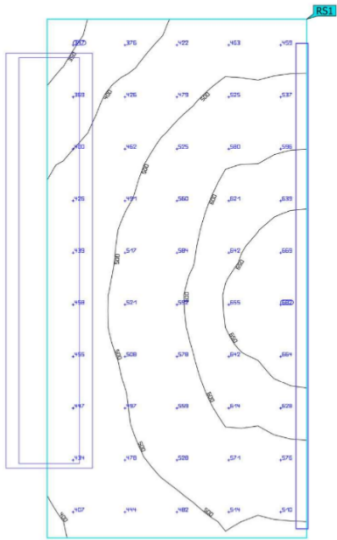
Lámpatestek helyszínrajza

Gyártó	Még nem DIALux tag	P	57.8 W
Cikkszám	172911810Q1	Φ Lámpatest	6000 lm
Cikknév	Kalis 65 WDI SOP 2950+3000 lm 58 W 830 L1219 mm DALI IP40 white		
Felszerelés	1x 13xPCBL11-93x23 3528 830 65mA + 13xPCBL11-93x23 3528 830 65mA		

Egyes lámpatestek

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
4.113 m	0.024 m	1.800 m	8

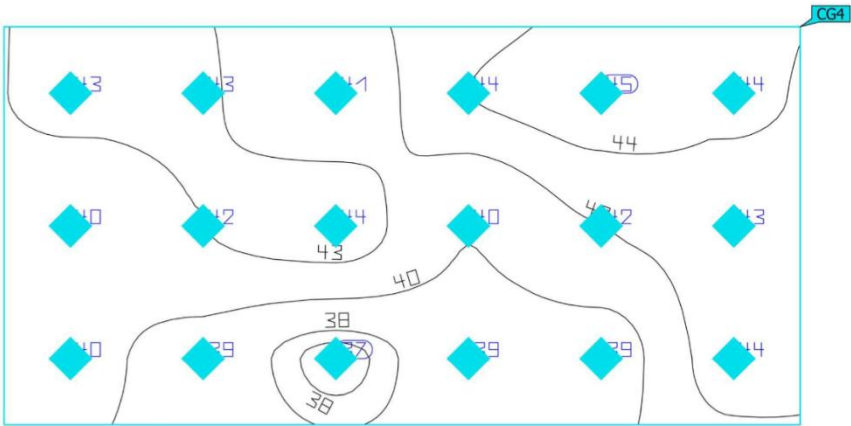
Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Fali)
Munkaasztal



Tulajdonságok	Ē	E _{min.}	E _{max.}	g ₁	g ₂	Index
Munkaasztal	519 lx	330 lx	685 lx	0.64	0.48	RS1
Merőleges megvilágítási erősség (adaptív)						
Magasság: 0.850 m						

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

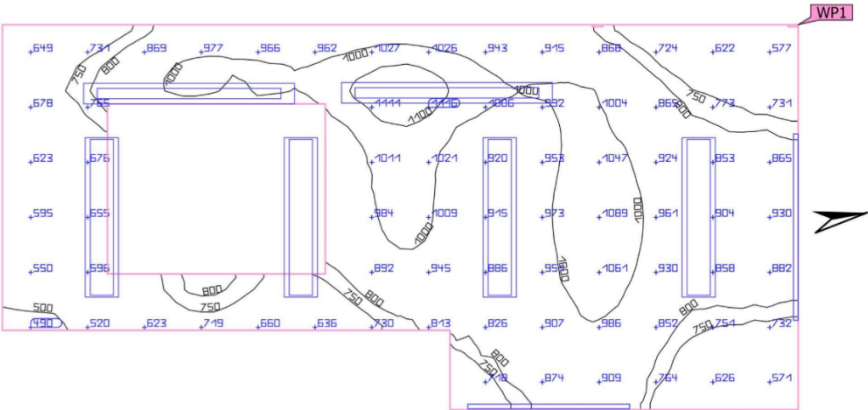
Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Fali)
Számítási felület 7



Tulajdonságok	Ē	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Számítási felület 7 Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.018 m	41.7 lx	37.2 lx	44.6 lx	0.89	0.83	CG4

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

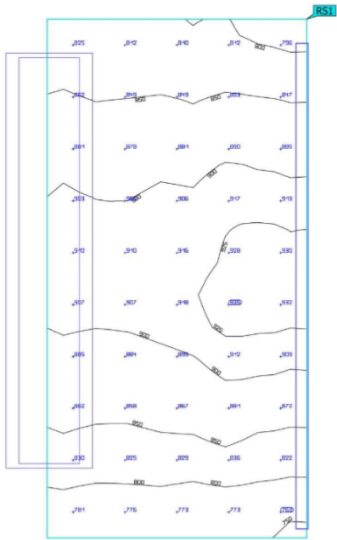
Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)
Munkasík (Zeneterem)



Tulajdonságok	É (Előírt)	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Munkasík (Zeneterem) Merőleges megvilágítási erősség (adaptív) Magasság: 0.850 m, Szélso övezet: 0.000 m	848 lx (≥ 500 lx) ✓	480 lx	1160 lx	0.57	0.41	WP1

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

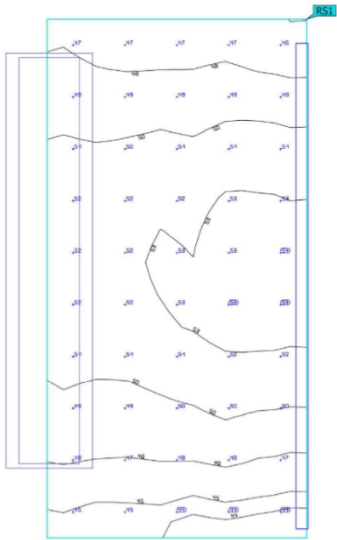
Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)
Munkaasztal



Tulajdonságok	Ē	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Munkaasztal	865 lx	748 lx	936 lx	0.86	0.80	RS1
Merőleges megvilágítási erősség (adaptív)						
Magasság: 0.850 m						

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

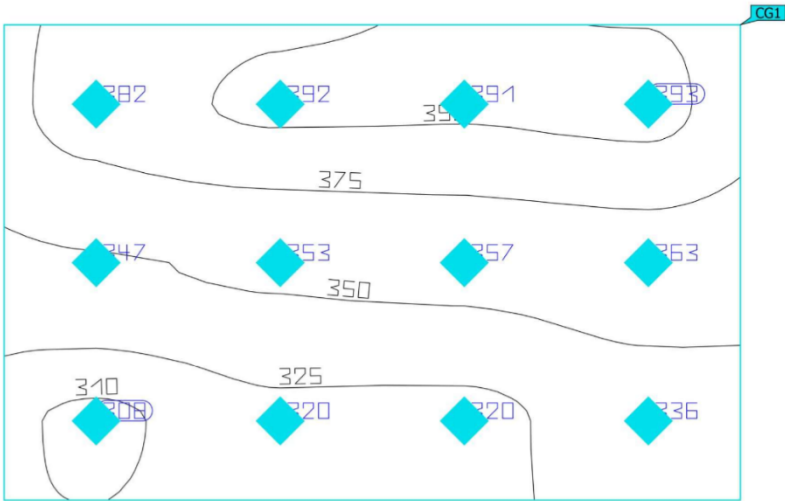
Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)
Munkaasztal



Tulajdonságok	Ø	min.	max	g ₁	g ₂	Index
Munkaasztal	49.7 cd/m ²	43.0 cd/m ²	53.8 cd/m ²	0.87	0.80	RS1
Fénysűrűség						
Magasság: 0.850 m						

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

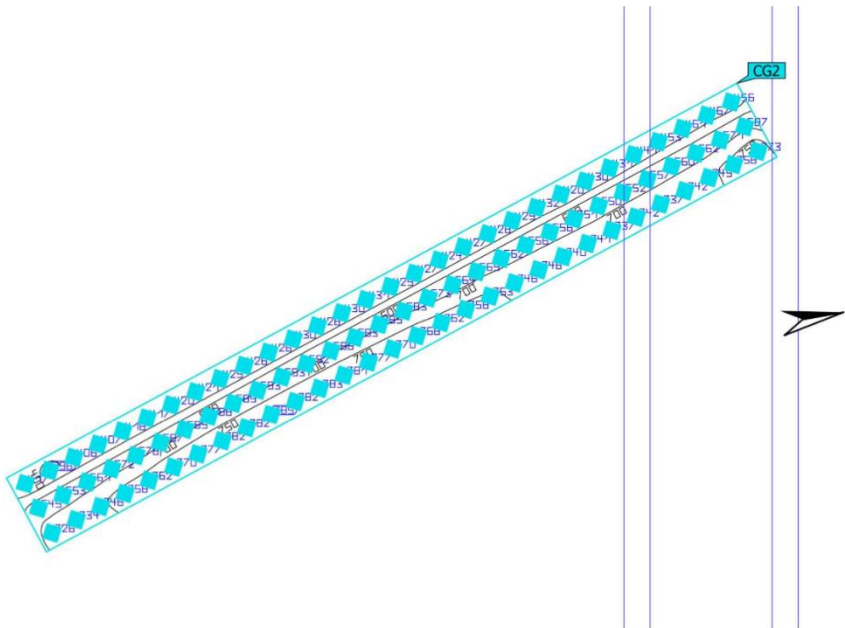
Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)
Kotta tartó



Tulajdonságok	Ē	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Kotta tartó	355 lx	308 lx	393 lx	0.87	0.78	CG1
Merőleges megvilágítási erősség						
Magasság: 0.943 m						

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

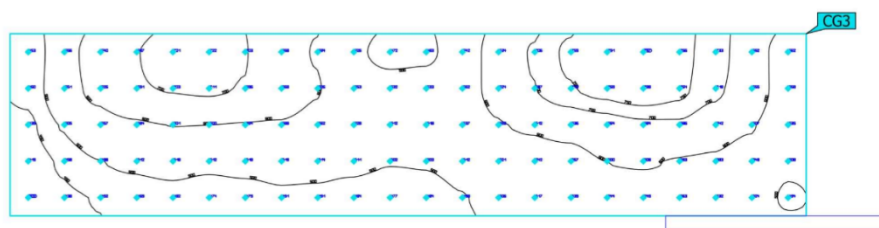
Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)
Zongora billentyű



Tulajdonságok	Ē	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Zongora billentyű	620 lx	396 lx	785 lx	0.64	0.50	CG2
Merőleges megvilágítási erősség						
Magasság: 0.683 m						

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

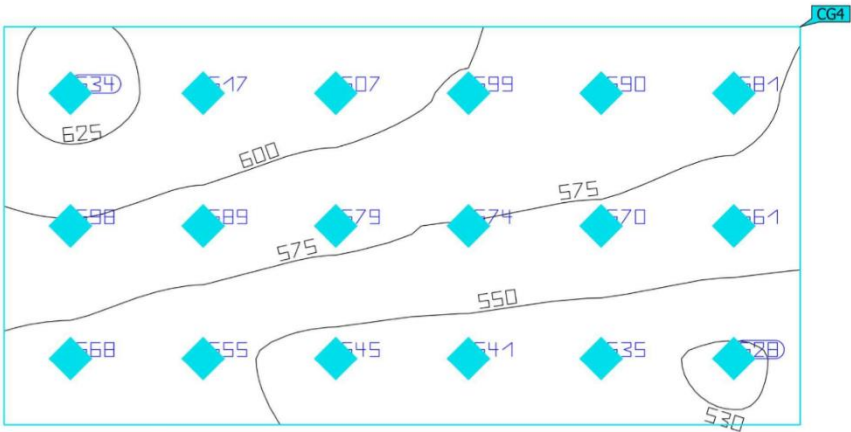
Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)

Fali tablók

Tulajdonságok	$\bar{E}$	$E_{min.}$	$E_{max.}$	g_1	g_2	Index
Fali tablók Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 2.200 m	578 lx	402 lx	797 lx	0.70	0.50	CG3

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

Épület 1 · Emelet 1 · Zeneterem (Mesterséges)
Számítási felület 7



Tulajdonságok	Ē	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Számítási felület 7 Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.018 m	576 lx	528 lx	634 lx	0.92	0.83	CG4

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

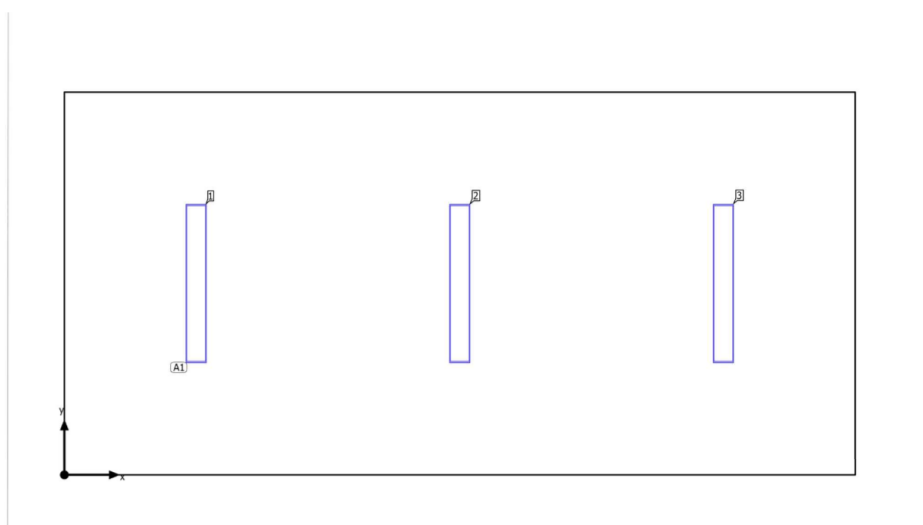
D Melléklet Zeneterem megvalósult állapot Dialux szimuláció

ZeneIskola

DIALux

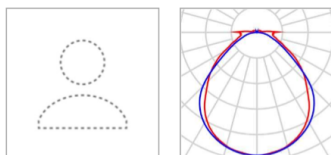
Épület 1 · Földszint · Zeneterem

Lámpatestek helyszínrajza



Épület 1 · Földszint · Zeneterem

Lámpatestek helyszínrajza

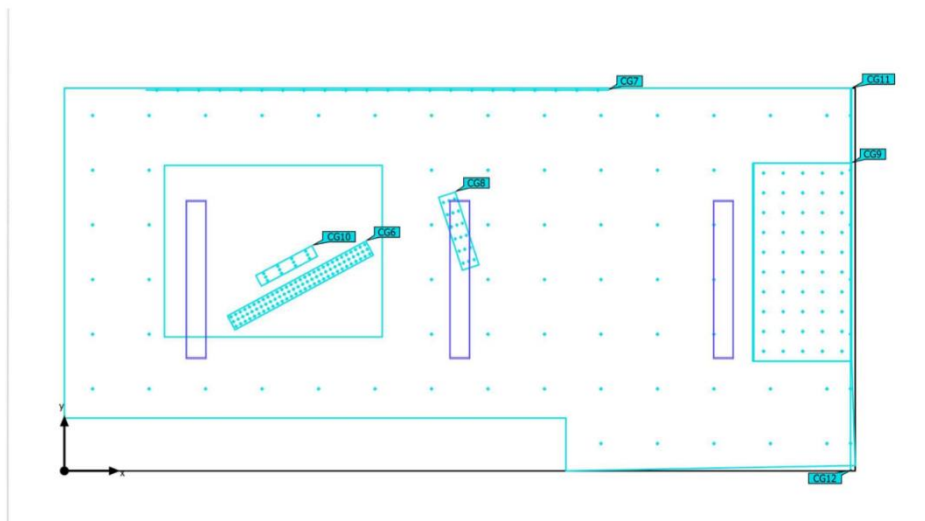


Gyártó	Még nem DIALux tag	P	60.1 W
Cikkszám	FERN 60 W 3000K 1200mm	Φ Lámpatest	7500 lm
Cikknév	FR 60 830 12RP N1N0		
Felszerelés	1x FERN		

3 x Még nem DIALux tag FR 60 830 12RP N1N0

Típus	Mezőrelrendezés	X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
1. lámpatest (X/Y/Z)	0.998 m / 1.450 m / 3.000 m	0.998 m	1.450 m	3.000 m	1
X irány	3 db, Közép - közép, 1.997 m	2.995 m	1.450 m	3.000 m	2
Y irány	1 db, Közép - közép, 2.900 m	4.992 m	1.450 m	3.000 m	3
Elrendezés	A1				

Épület 1 · Földszint · Zeneterem

Számítási objektumok

Épület 1 · Földszint · Zeneterem

Számítási objektumok

Számítási felület listák

Tulajdonságok	E	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Zongora billentyűzete Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.683 m	611 lx	368 lx	785 lx	0.60	0.47	CG6
Falitabló Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 2.200 m	405 lx	311 lx	508 lx	0.77	0.61	CG7
Fúvós kottatartó Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.018 m	570 lx	534 lx	608 lx	0.94	0.88	CG8
Íróasztal munkafelület Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	602 lx	458 lx	722 lx	0.76	0.63	CG9
Zongora kottatartó Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.943 m	348 lx	296 lx	403 lx	0.85	0.73	CG10
Terem teljes háttér Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	698 lx	416 lx	904 lx	0.60	0.46	CG11
Számítási felület 11 Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.940 m	456 lx	268 lx	696 lx	0.59	0.39	CG12

Használati profil: Oktatási intézmények - Képzési helyek, Barkácsszobák (kézműves szobák)

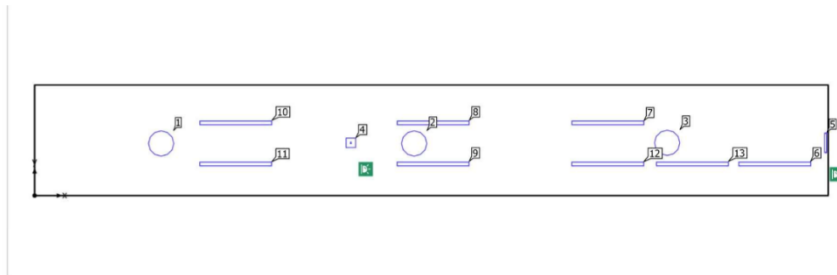
E Melléklet Emeleti tanári előtti folyosó dialux szimuláció

ZeneIskola

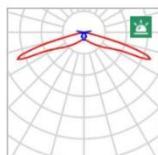
DIALux

Épület 1 · Emelet · Közlekedő

Lámpatestek helyszínrajza



Épület 1 · Emelet · Közlekedő

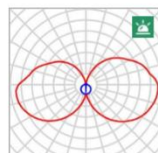
Lámpatestek helyszínrajza

Gyártó	ETAP	P	0.9 W
Cikkszám	K1R112/3	Pszükségvilágítás	0.9 W
Felszerelés	1x light	Φ Lámpatest	280 lm
		Φ Szükségvilágítás	280 lm
		ELF	100 %

Egyes lámpatestek

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
5.000 m	0.835 m	3.000 m	4

Épület 1 · Emelet · Közlekedő

Lámpatestek helyszínrajza

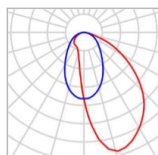
Gyártó	ETAP	P	2.8 W
Cikkszám	K1R142/1	Pszükségvilágítás	2.8 W
Felszerelés	1x sign no picto	Φ Lámpatest	90 lm
		Φ Szükségvilágítás	90 lm
		ELF	100 %

Egyes lámpatestek

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
12.506 m	0.835 m	3.000 m	5

Épület 1 · Emelet · Közlekedő

Lámpatestek helyszínrajza



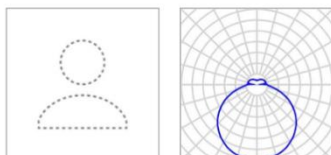
Gyártó	Még nem DIALux tag	P	19.0 W
Felszerelés	1x LED31S/830/-	Φ Lámpatest	2999 lm

Egyes lámpatestek

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
11.700 m	0.500 m	3.030 m	6
9.062 m	1.150 m	3.000 m	7
6.301 m	1.150 m	3.000 m	8
6.299 m	0.500 m	3.030 m	9
3.181 m	1.150 m	3.000 m	10
3.180 m	0.500 m	3.030 m	11
9.061 m	0.500 m	3.030 m	12
10.400 m	0.500 m	3.030 m	13

Épület 1 · Emelet · Közlekedő

Lámpatestek helyszínrajza



Gyártó	Még nem DIALux tag	P	36.0 W
Cikkszám	DELIA_2 LED- 1L16B07KN83_PM23 3000	Φ Lámpatest	3394 lm
Cikknév	DELIA 2, 1 x LED module L16B07, 36W, d-400mm, shade PMMA		
Felszerelés	1x LED		

Egyes lámpatestek

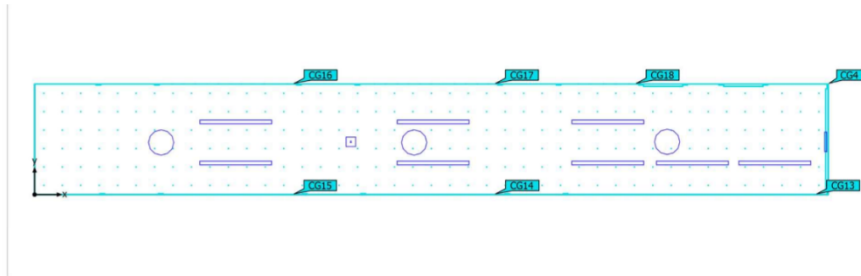
X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
2.000 m	0.825 m	3.000 m	1
6.000 m	0.825 m	3.000 m	2
10.000 m	0.835 m	3.000 m	3

Épület 1 · Emelet · Közlekedő

Lámpatest lista

Φ _{összes} 34544 lm		P _{összes} 263.7 W		Fényhasznosítás 131.0 lm/W	Φ _{Szükségvilágítás} 370 lm	P _{Szükségvilágítás} 3.7 W
db	Gyártó	Cikkszám	Cikknév	P	Φ	Fényhasznosítás
1	ETAP	K1R112/3		0.9 W	280 lm	311.1 lm/W
				 0.9 W	280 lm (100 %)	-
1	ETAP	K1R142/1		2.8 W	90 lm	32.2 lm/W
				 2.8 W	90 lm (100 %)	-
8	Még nem DIALux tag			19.0 W	2999 lm	157.8 lm/W
3	Még nem DIALux tag	DELIA_2 LED- 1L16B07 KN83_PM 23 3000	DELIA 2, 1 x LED module L16B07, 36W, d-400mm, shade PMMA	36.0 W	3394 lm	94.3 lm/W

Épület 1 · Emelet · Közlekedő (Alap+Tabló)

Számítási objektumok

Épület 1 · Emelet · Közlekedő (Alap+Tabló)

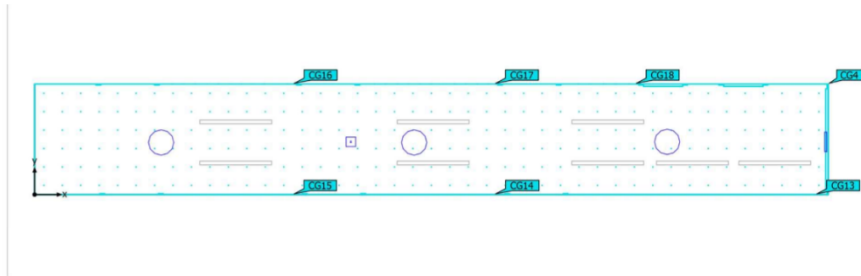
Számítási objektumok

Számítási felület listák

Tulajdonságok	E	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Közlekedő padlószint Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.000 m	693 lx	305 lx	962 lx	0.44	0.32	CG4
Falitabló B.1. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	1039 lx	678 lx	1434 lx	0.65	0.47	CG13
Falitabló B.2. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	936 lx	705 lx	1276 lx	0.75	0.55	CG14
Falitabló B.3. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	784 lx	569 lx	1047 lx	0.73	0.54	CG15
Falibaló J.3. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	821 lx	596 lx	1084 lx	0.73	0.55	CG16
Falitabló J.2. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	979 lx	744 lx	1310 lx	0.76	0.57	CG17
Falitabló J.1. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	1094 lx	879 lx	1326 lx	0.80	0.66	CG18

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

Épület 1 · Emelet · Közlekedő (Alapvilágítás)

Számítási objektumok

Épület 1 · Emelet · Közlekedő (Alapvilágítás)

Számítási objektumok

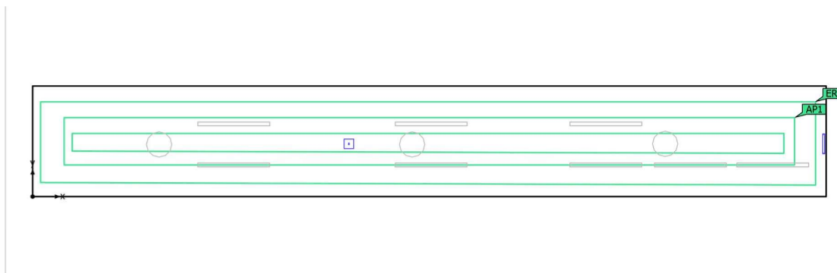
Számítási felület listák

Tulajdonságok	E	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Közlekedő padlószint Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.000 m	201 lx	125 lx	248 lx	0.62	0.50	CG4
Falitabló B.1. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	208 lx	121 lx	351 lx	0.58	0.34	CG13
Falitabló B.2. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	259 lx	182 lx	360 lx	0.70	0.51	CG14
Falitabló B.3. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	208 lx	159 lx	336 lx	0.76	0.47	CG15
Falibaló J.3. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	211 lx	166 lx	330 lx	0.79	0.50	CG16
Falitabló J.2. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	260 lx	188 lx	349 lx	0.72	0.54	CG17
Falitabló J.1. Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.700 m	214 lx	175 lx	282 lx	0.82	0.62	CG18

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

Épület 1 · Emelet · Közlekedő (Vészvilágítási jelenet)

Számítási objektumok



Épület 1 · Emelet · Közlekedő (Vészvilágítási jelenet)

Számítási objektumok

Pánikellenes felületek

Tulajdonságok	E _{min} (Előírt)	E _{max}	U _d (Előírt)	Index
Antipánik felület (Közlekedő) Merőleges megvilágítási erősség (adaptív) Magasság: 0.000 m	3.47 lx (≥ 0.50 lx) ✓	6.55 lx	0.53 (≥ 0.025) ✓	AP1

Menekülési útvonalak

Tulajdonságok	E _{min} Középső terület (Előírt)	E _{max} Középső terület	E _{min} Középvonal (Előírt)	E _{max} Középvonal	U _d (Előírt)	Index
Menekülési útvonal Merőleges megvilágítási erősség (adaptív) Magasság: 0.000 m	2.92 lx (≥ 0.50 lx) ✓	6.54 lx	3.62 lx (≥ 1.00 lx) ✓	6.49 lx	0.56 (≥ 0.025) ✓	ER1

Tervezési tudnivalók:

A vészvilágítási jelenetet a rendszer a fényvisszaverődés és az elhelyezett bútorok figyelembevételével számította ki.

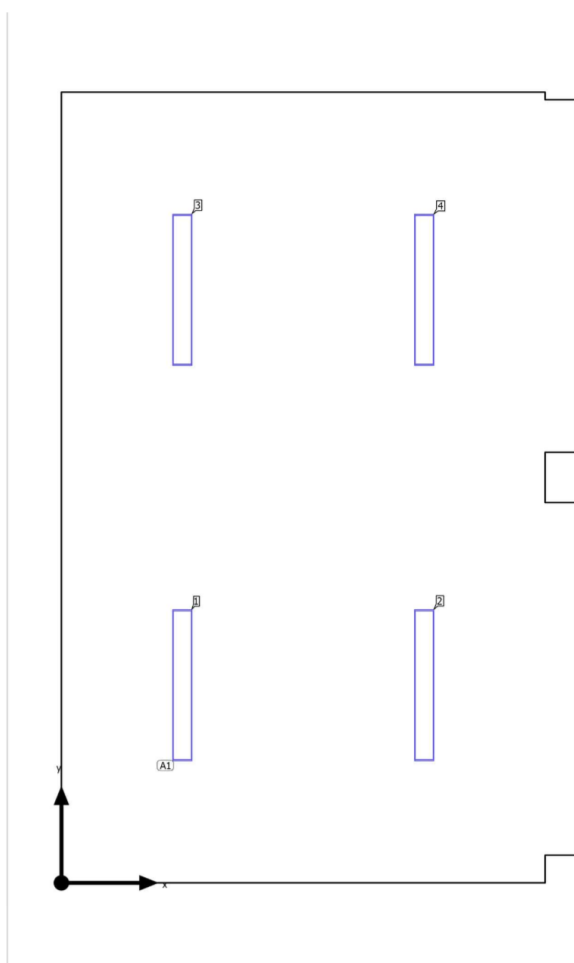
F Melléklet Tanári Dialux szimuláció jegyzőkönyv

ZeneIskola

DIALux

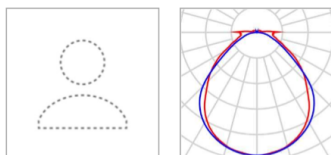
Épület 1 · Emelet · Iroda Tanári szoba

Lámpatestek helyszínrajza



Épület 1 · Emelet · Iroda Tanári szoba

Lámpatestek helyszínrajza

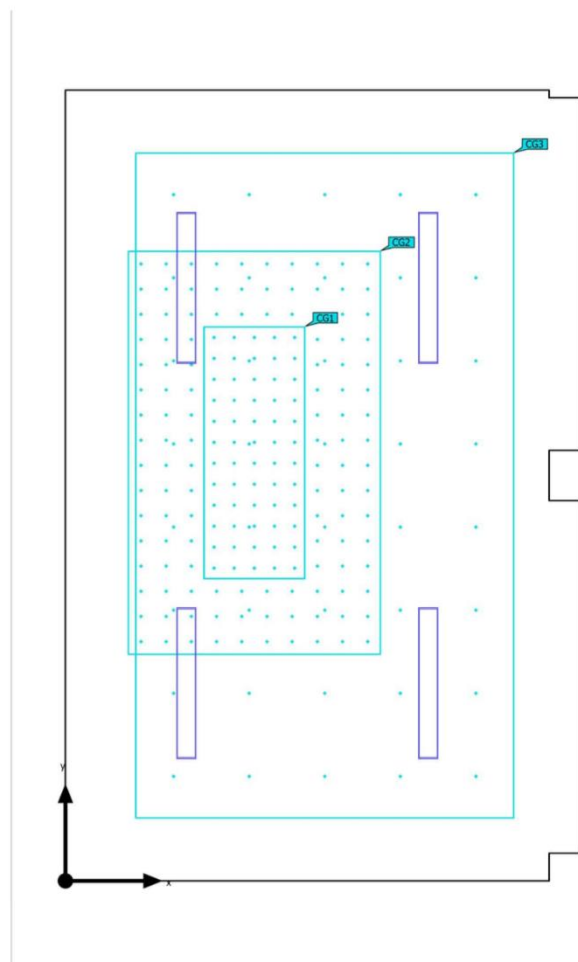


Gyártó	Még nem DIALux tag	P	31.1 W
Cikkszám	FERN 31 W 3000K 1200mm	Φ Lámpatest	4309 lm
Cikknév	FR 31 830 12RP N1N0		
Felszerelés	1x FERN		

4 x Még nem DIALux tag FR 31 830 12RP N1N0

Típus	Mezőrelrendezés	X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
1. lámpatest (X/Y/Z)	0.960 m / 1.570 m / 3.000 m	0.960 m	1.570 m	3.000 m	1
X irány	2 db, Közép - közép, 1.920 m	2.880 m	1.570 m	3.000 m	2
Y irány	2 db, Közép - közép, 3.140 m	0.960 m	4.710 m	3.000 m	3
		2.880 m	4.710 m	3.000 m	4
Elrendezés	A1				

Épület 1 · Emelet · Iroda Tanári szoba

Számítási objektumok

Épület 1 · Emelet · Iroda Tanári szoba

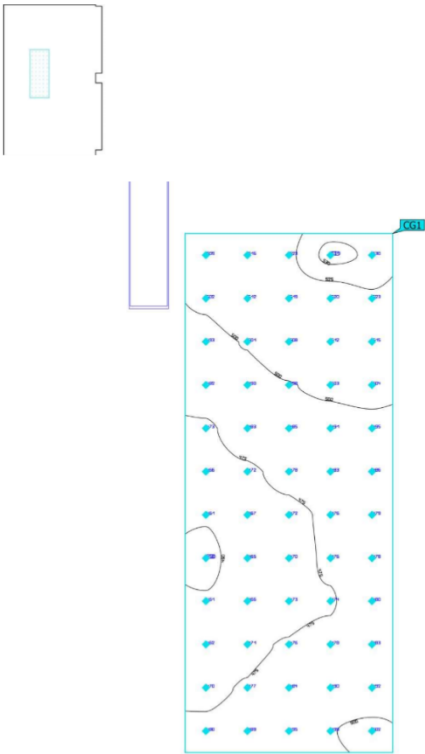
Számítási objektumok

Számítási felület listák

Tulajdonságok	E	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Számítási felület - munkahely Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	488 lx	458 lx	531 lx	0.94	0.86	CG1
Számítási felület - közvetlen környezet Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	487 lx	417 lx	535 lx	0.86	0.78	CG2
Számítási felület - háttér terület Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	467 lx	389 lx	530 lx	0.83	0.73	CG3

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

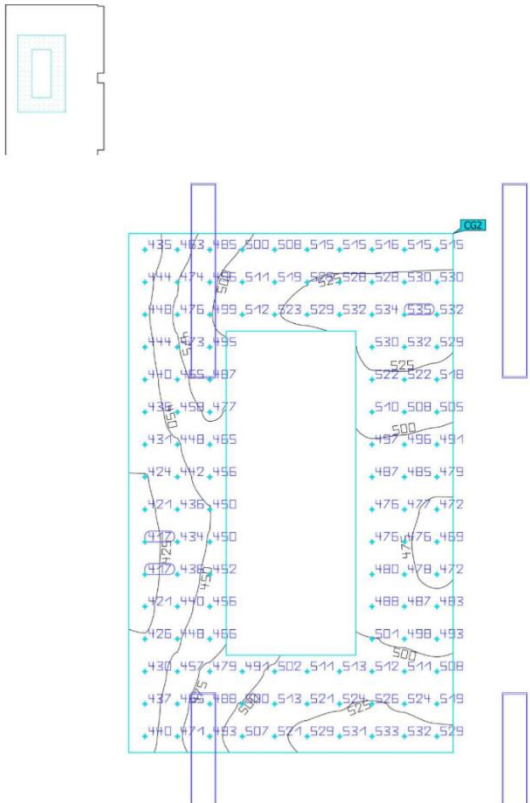
Épület 1 · Emelet · Iroda Tanári szoba
Számítási felület - munkahely



Tulajdonságok	Ē	E _{min.}	E _{max}	g ₁	g ₂	Index
Számítási felület - munkahely Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	488 lx	458 lx	531 lx	0.94	0.86	CG1

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

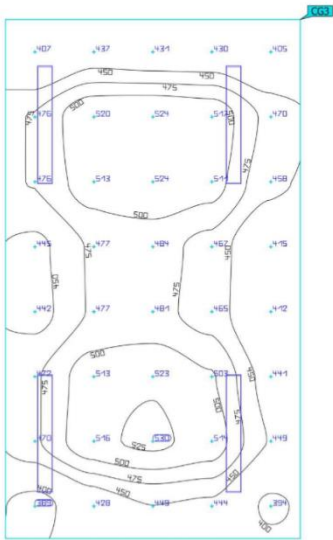
Épület 1 · Emelet · Iroda Tanári szoba
Számítási felület - közvetlen környezet



Tulajdonságok	Ē	E _{min.}	E _{max.}	g ₁	g ₂	Index
Számítási felület - közvetlen környezet Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	487 lx	417 lx	535 lx	0.86	0.78	CG2

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

Épület 1 · Emelet · Iroda Tanári szoba
Számítási felület - háttér terület



Tulajdonságok	Ē	E _{min.}	E _{max.}	g ₁	g ₂	Index
Számítási felület - háttér terület	467 lx	389 lx	530 lx	0.83	0.73	CG3
Merőleges megvilágítási erősség						
Magasság: 0.850 m						

Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

G Melléklet Kamaraterem Dialux szimuláció

ZeneIskola

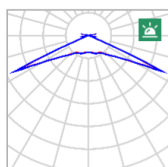
DIALux

Épület 1 · Emelet · Kamaraterem

Lámpatestek helyszínrajza



Épület 1 · Emelet · Kamaraterem

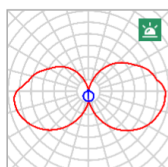
Lámpatestek helyszínrajza

Gyártó	ETAP	P	0.9 W
Cikkszám	K1R122/3	Pszükségvilágítás	0.9 W
Cikknév	_LTRevAB	ΦLámpatest	300 lm
Felszerelés	1x light	Φszükségvilágítás	300 lm
		ELF	100 %

Egyes lámpatestek

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
7.391 m	4.500 m	4.000 m	21

Épület 1 · Emelet · Kamaraterem

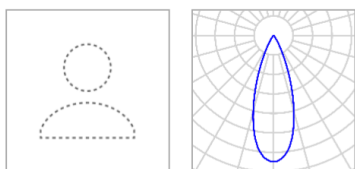
Lámpatestek helyszínrajza

Gyártó	ETAP	P	2.8 W
Cikkszám	K1R142/1	Pszükségvilágítás	2.8 W
Felszerelés	1x sign no picto	ΦLámpatest	90 lm
		Φszükségvilágítás	90 lm
		ELF	100 %

Egyes lámpatestek

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
0.683 m	8.080 m	2.400 m	22

Épület 1 · Emelet · Kamaraterem

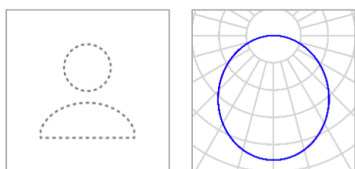
Lámpatestek helyszínrajza

Gyártó	Még nem DIALux tag	P	30.5 W
Cikkszám	023176	Φ Lámpatest	2705 lm
Cikknév	3000 The Tube 930 36deg		
Felszerelés	1x		

4 x Még nem DIALux tag 3000 The Tube 930 36deg

Típus	Mezőrelrendezés	X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
1. lámpatest (X/Y/Z)	3.481 m / 2.210 m / 3.800 m	3.481 m	2.210 m	3.800 m	17
X irány	1 db, Közép - közép, Nem egyenlő távolságok	3.481 m	3.713 m	3.800 m	18
		3.481 m	5.287 m	3.800 m	19
Y irány	4 db, Közép - közép, Nem egyenlő távolságok	3.481 m	6.824 m	3.800 m	20
Elrendezés	A2				

Épület 1 · Emelet · Kamaraterem
Lámpatestek helyszínrajza



Gyártó	Még nem DIALux tag	P	40.9 W
Cikkszám	18272413121	ΦLámpatest	3793 lm
Cikknév	Lona C/S 600 h100 SOP 3800 lm 41 W 830 FO IP20 white		
Felszerelés	1x 18xPCBL4-140x15- HV-830DT5_200mA + 6xPCBL8-280x15- HV-830DT5_200mA		

16 x Még nem DIALux tag Lona C/S 600 h100 SOP 3800 lm 41 W 830 FO IP20 white

Típus	Mezőrelrendezés	X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
1. lámpatest (X/Y/Z)	2.454 m / 1.472 m / 4.000 m	2.454 m	1.472 m	4.000 m	1
X irány	4 db, Közép - közép, Nem egyenlő távolságok	5.475 m	1.472 m	4.000 m	2
		2.454 m	3.486 m	4.000 m	3
Y irány	4 db, Közép - közép, Nem egyenlő távolságok	5.475 m	3.486 m	4.000 m	4
		8.436 m	1.479 m	4.000 m	5
Elrendezés	A1	11.402 m	1.493 m	4.000 m	6
		8.436 m	3.493 m	4.000 m	7
		11.402 m	3.506 m	4.000 m	8
		2.454 m	5.507 m	4.000 m	9
		5.475 m	5.507 m	4.000 m	10
		8.436 m	5.514 m	4.000 m	11

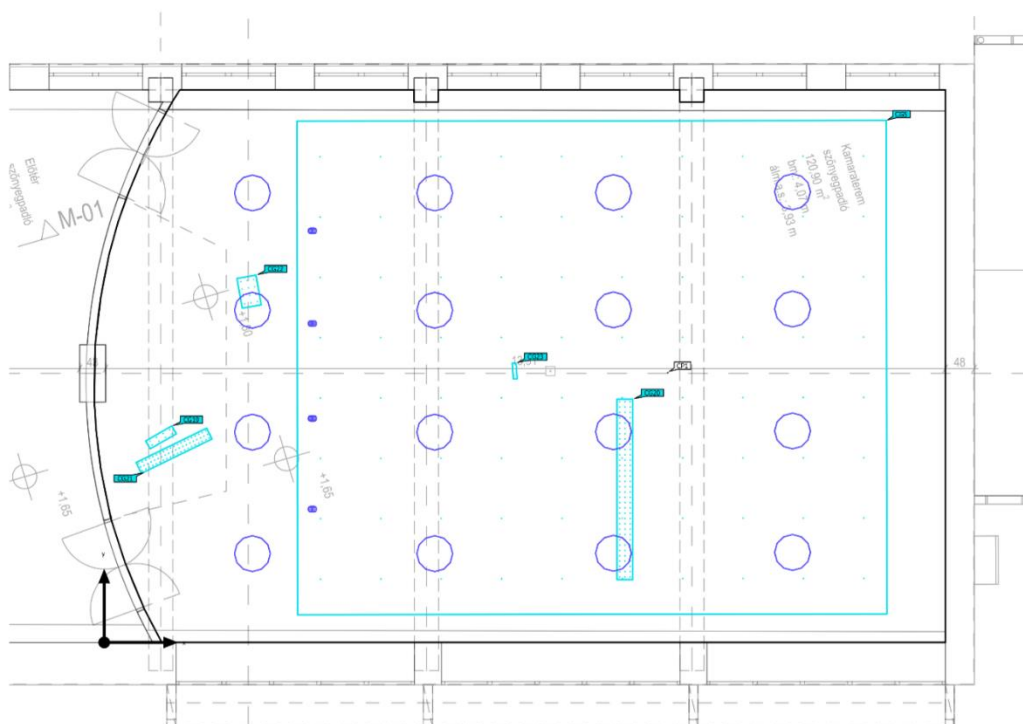
Épület 1 · Emelet · Kamaraterem

Lámpatestek helyszínrajza

X	Y	Szerelési magasság	Lámpatest
11.402 m	5.527 m	4.000 m	12
2.454 m	7.451 m	4.000 m	13
5.475 m	7.451 m	4.000 m	14
8.436 m	7.458 m	4.000 m	15
11.402 m	7.471 m	4.000 m	16

Épület 1 · Emelet · Kamaraterem (Kamaraterem alap+kiemelő)

Számítási objektumok



Épület 1 · Emelet · Kamaraterem (Kamaraterem alap+kiemelő)

Számítási objektumok

Számítási felület listák

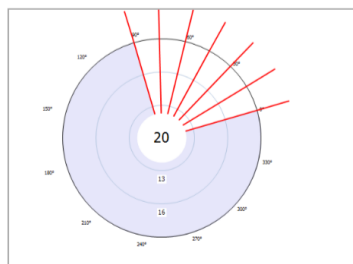
Tulajdonságok	$\bar{E}$	$E_{min.}$	E_{max}	g_1	g_2	Index
Számítási felület - teljes terület Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	328 lx	167 lx	411 lx	0.51	0.41	CG5
Zongora kottatartó Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.100 m	553 lx	502 lx	594 lx	0.91	0.85	CG19
Asztar írófelület Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.731 m	358 lx	283 lx	399 lx	0.79	0.71	CG20
Zongora billentyűzet Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.777 m	643 lx	448 lx	796 lx	0.70	0.56	CG21
Fúvós színpadi kottatartó Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.200 m	502 lx	492 lx	516 lx	0.98	0.95	CG22

Épület 1 · Emelet · Kamaraterem (Kamaraterem alap+kiemelő)

Számítási objektumok

Számítási pont 1 (UGR)

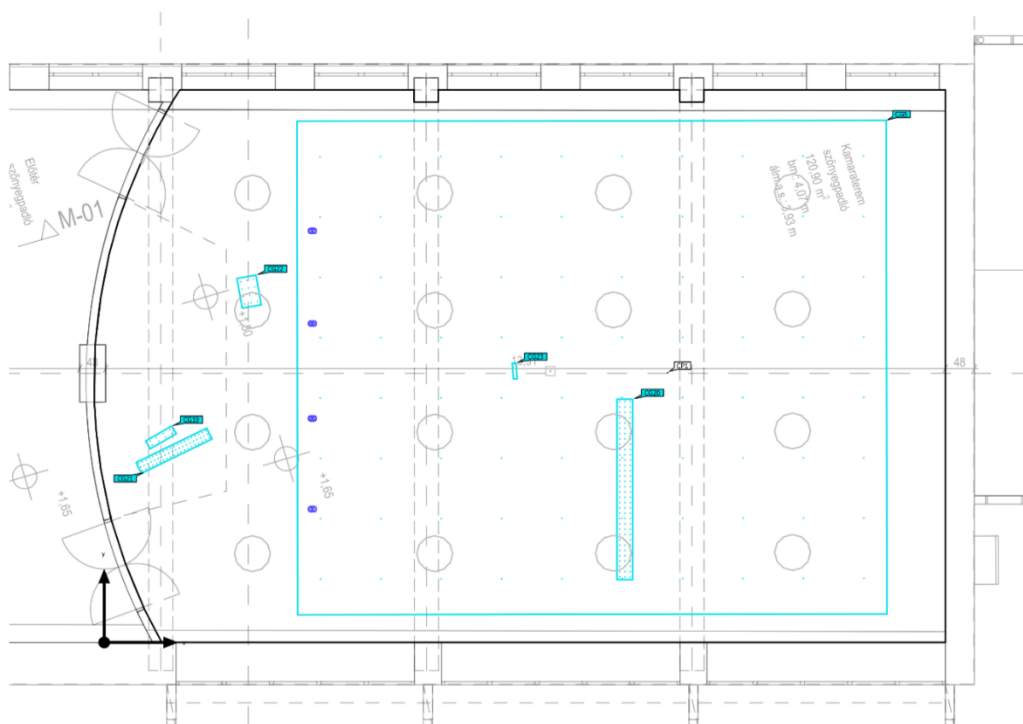
Legnagyobb káprázás	30°
max	20.5
Előírt	≤19.0
Látószögtartomány	0° - 90°
Lépésfok	15°
Magasság	1.200 m
Index	CP1



Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

Épület 1 · Emelet · Kamaraterem (Kamaraterem kiemelő)

Számítási objektumok



Épület 1 · Emelet · Kamaraterem (Kamaraterem kiemelő)

Számítási objektumok

Számítási felület listák

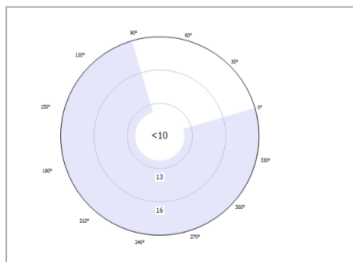
Tulajdonságok	$\bar{E}$	$E_{min.}$	E_{max}	g_1	g_2	Index
Számítási felület - teljes terület Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.850 m	2.17 lx	0.19 lx	17.9 lx	0.088	0.011	CG5
Zongora kottatartó Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.100 m	384 lx	343 lx	417 lx	0.89	0.82	CG19
Asztar írófelület Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.731 m	0.36 lx	0.23 lx	0.67 lx	0.64	0.34	CG20
Zongora billentyűzet Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 0.777 m	465 lx	338 lx	532 lx	0.73	0.64	CG21
Fúvós színpadi kottatartó Merőleges megvilágítási erősség Magasság: 1.200 m	252 lx	232 lx	269 lx	0.92	0.86	CG22

Épület 1 · Emelet · Kamaraterem (Kamaraterem kiemelő)

Számítási objektumok

Számítási pont 1 (UGR)

Legnagyobb képrázás	90°
max	<10
Előírt	≤19.0
Látószögtartomány	0° - 90°
Lépésfok	15°
Magasság	1.200 m
Index	CP1



Használati profil: DIALux alapbeállítás, Standard (iroda)

A Függelék Meglévő állapot minősítő irat és mérési jegyzőkönyv

Világítástechnikai minősítő irat és mérési jegyzőkönyv

Ádám Jenő Zeneiskola

Megrendelő:	Ádám Jenő Zeneiskola
Mérés helyszíne:	9500 Celldömölk, Széchenyi u. 18-2. Hrsz.: 383/4 meglévő épülete
Mérés időpontja:	2021. január 14., 20:00 – 23:30

Tartalomjegyzék

1. Nyilatkozat.....	4
2. Mérési Feladat ismertetése	5
2.1. A mérés célja:.....	5
2.2. A helységekben végzett munka:.....	5
2.3. A mérés módja	5
2.4. Mérési pontok:.....	5
3. Mérési körülmények	6
3.1. Általános adatok	6
3.2. Környezeti jellemzők	6
3.3. Mérőeszközök	6
3.4. Mérési bizonytalanság.....	6
4. FÉNYTECHNIKAI MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV	7
4.1. Zeneterem.....	7
4.1.1. Mérés időpontja	7
4.1.2. Mérési pontok távolságának meghatározása.....	7
4.1.3. Mérés helyszíne	7
4.1.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok.....	8
4.1.5. Elektromos táplálás.....	8
4.1.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján.....	8
4.2. Kamaraterem	8
4.2.1. Mérés időpontja	9
4.2.2. Mérési pontok távolságának meghatározása.....	9
4.2.3. Mérés helyszíne	9
4.2.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok.....	11
4.2.5. Elektromos táplálás.....	11
4.2.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján.....	11
4.3. Tanári előtti folyosó	12
4.3.1. Mérés időpontja	12
4.3.2. Mérési pontok távolságának meghatározása.....	12
4.3.3. Mérés helyszíne	12
4.3.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok.....	13
4.3.5. Elektromos táplálás.....	14
4.3.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján.....	14
4.4. Tanári	14
4.4.1. Mérés időpontja	14
4.4.2. Mérési pontok távolságának meghatározása.....	14

4.4.3.	Mérés helyszíne	15
4.4.4.	Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok.....	16
4.4.5.	Elektromos táplálás.....	16
4.4.6.	Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján.....	16
5.	Kiértékelés	17

1. Nyilatkozat

Alulírott, mint fénytechnikai jellemzők vizsgálója kijelentem, hogy a celldömölki Ádám Jenő Zeneiskola meglévő világítási rendszerének világítástechnikai méréseit a vonatkozó szabványokban és rendeletekben foglalt előírásoknak megfelelően végeztem el.

A mérések során figyelembe vett szabványok:

MSZ EN 12464-1:2012

MSZ EN 1838:2000

Budapest, 2021. Január hó 14 nap.

Csákvári Balázs
villamosmérnök

2. Mérési Feladat ismertetése

2.1. A mérés célja:

A celldömölki Ádám Jenő Zenei iskola zeneterem, tanári, tanári előtti folyósó, kamaraterem helységeiben meglévő világítás szabványmegfelelőségének vizsgálata.

2.2. A helységeiben végzett munka:

A zeneteremben zongorán, hegedűn, valamint fúvós hangszereken végeznek zeneoktatást. A tanárban végzik a tanárok a kötelező adminisztrációhoz kapcsolódó feladatokat. A tanári előtti folyósón került elhelyezésre a tűzvédelmi főkapcsoló, ezen felül közlekedési célokat szolgál. A kamarateremben tartják az évszázó koncerteket és egyéb zenei meghallgatásokat.

2.3. A mérés módja

A mérés során csak a mesterséges megvilágítást mértem. A munkaterületek meghatározása után, felvettem a mérőhálókat, majd a méréseket pontonként végeztem el. A szabványban meghatározott, adott munkaterületre vonatkozó átlagos megvilágítást (E_m) és a közepesegyenletesség (U_0) értékét a mérési eredmények alapján adott munkaterületre számítással határoztam meg.

2.4. Mérési pontok:

Az egyes munkaterületekre vonatkozó mérési hálót az érvényben lévő MSZ EN 12464-1:2012-es szabvány előírásai alapján határoztam meg. Az osztásméret az $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$

1)-es képlettel számítható.

$$p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$$

1)

ahol

p	a rács cellájának legnagyobb mérete
d	a számítási terület hosszabbik mérete (m), de ha a hosszabbik oldalnak a rövidebb oldalhoz viszonyított hányadosa 2 vagy ennél nagyobb, akkor d a terület rövidebb oldalának a mérete

A mérőhálót helységenként és vagy munkahelyenként határoztam meg. A fénytechnikai méréseket a mérőháló minden pontjában elvégeztem, ahol akadályoztatás (nem mozdítható bútor, tárgy, korlát, egyéb...) miatt erre nem volt lehetőség azt szürkével jelöltem.

3. Mérési körülmények

3.1. Általános adatok

Helyszín:	9500 Celldömölk, Széchenyi u. 18-2. Hrsz.: 383/4 meglévő épülete
Mérés dátuma:	2021. január 14
Mérés időpontja:	20:00 – 23:30
Mérést végző személyek:	Csákvári Balázs (felelős mérésvezető) Matécz Péter (mérést végezte)

3.2. Környezeti jellemzők

Környezeti jellemző	a mérés kezdetekor	a mérés végén
Időjárás:	fedett tér	fedett tér
Hőmérséklet [°C]:	~+23 °C	~+23 °C
Látási feltételek:	jó	jó
Munkafelület állapota:	nem csillogó felület	nem csillogó felület
Mérést akadályozó tényezők	nem volt	nem volt
Világítást akadályozó tényezők	nem volt	nem volt
Idegen eredetű világítás	nem volt	nem volt
Környezeti jellemzők változása a mérés során:	A mérés során a környezeti jellemzőkben a mérést befolyásoló mértékű változás nem történt.	

3.3. Mérőeszközök

A mérőműszer típusa TECPEL 531 Light Meter. A készülék hitelesítését a Szőnyi Fényerő Bt. végezte. Hitelesítési száma: 4296. A műszer méréshatára a mérés teljes ideje alatt 2000 lx volt.

A mérés típusa: kézi mérés.

Az érzékelő magassága [m]: 0,025 (munkasíkhhoz viszonyítva)

3.4. Mérési bizonytalanság

Az eredő mérési bizonytalanság:

- Megvilágításra: $U = 2,8\%$
- Egyenletességre: $U = 3,1\%$

A közölt kiterjesztett mérési bizonytalanság értékek a standard bizonytalanságnak k kiterjesztési tényezővel szorzott értéke ($k = 2$), amely normális (Gauss) eloszlás feltételezésével közelítőleg 95 %-os fedési valószínűségnek felel meg.

A mérési bizonytalanság tartalmazza az etalonból, a vizsgálat módszeréből, a környezeti feltételekből, a kalibrált mérőeszközből eredő részbizonytalanságokat.

A standard bizonytalanság meghatározása az EA-4/02 (Expression of Uncertainty of Measurement in Calibration) kiadválynak megfelelően történt.

4. FÉNYTECHNIKAI MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

4.1. Zeneterem

A zeneterem a földszinten található, közvetlen a főbejárat mellett. A zeneteremben a mérést padlósínt felett 0,85m magasságban végeztem a helység teljes méretén. Mivel a helységben csak a zongora helye fix a fúvós és vonós hangszereken gyakorló diákok bárhol helyet foglalhatnak ezért is fontos a teljes területen méréseket végezni.

4.1.1. Mérés időpontja

Világítás bekapcsolásának időpontja:	19:00
Mérés időpontja:	20:00 – 20:30

4.1.2. Mérési pontok távolságának meghatározása

A mérési raszterháló méretét a $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$ összefüggés szerint jelöltem ki, ahol:

p a mérési pontok közötti rasztertávolság (méterben)

d a munkaterület (helyiség) hosszabbik oldala (méterben)

A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 2,9 m; hosszabbik oldal hossza: 5,99 m

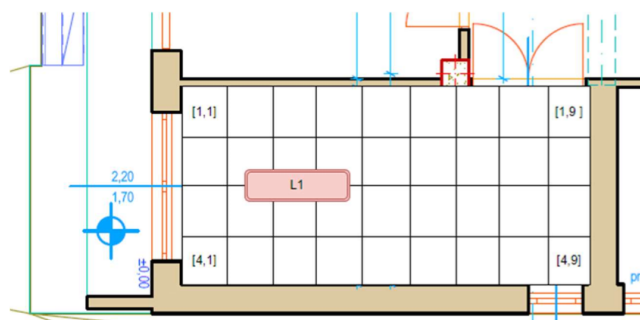
Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,6989m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,6-os négyzetes rasztert.

$d = 5,99$ m

$p = 0,6$ m

4.1.3. Mérés helyszíne

A vizsgált helység alaprajzát és a felvett mérőhálót az 1. ábra szemlélteti. A mérést az ábra szerinti elrendezés bal felső sarkában kezdtem, az ott mért eredmény a táblázat bal felső cellájába került. A táblázat sorait a mérőhálóba rajzolt első szám indexeli, még oszlopait a második szám.



1. ábra Földszint zeneterem alaprajz és mérőháló.

4.1.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok

Lámpatest típusa	menyiség	megjegyzés
Sínes halogénlámpás világítótest	1 db	-
Fényforrás típusa	menyiség	megjegyzés
28W-os GU10-es 3000K-es keskeny sávú szabadon sugárzó, mely fényárama 219lumen	5 db	-

4.1.5. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük

4.1.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján

A mért értékek luxban értendők

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	15	23	51	57	74	135	94	32	11
2	42	185	238	212	129	184	104	27	10
3	48	177	449	395	154	179	102	33	13
4	30	72	167	122	113	157	92	42	15

1. táblázat Földszint Zeneterem fénytechnikai mérési eredmények.

Az 1. táblázatba foglalt eredményekből számított eredmények:

$$E_m = 110,6 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 10,0 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,09 \text{ (középegyenletesség)}$$

4.2. Kamaraterem

A kamaraterem a másik épületszárnyban félemeleten található. A kamarateremben a mérést padlószint felett 0,85m-el végeztem.

4.2.1. Mérés időpontja

Világítás bekapcsolásának időpontja:	19:30
Mérés időpontja:	20:30 – 21:00

4.2.2. Mérés pontok távolságának meghatározása

A mérési raszterháló méretét a $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$ összefüggés szerint jelöltem ki, ahol:

p a mérési pontok közötti raszter távolság (méterben)

d a munkaterület (helyiség) hosszabbik oldala (méterben)

A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 9,43 m; hosszabbik oldal hossza: 13,39 m

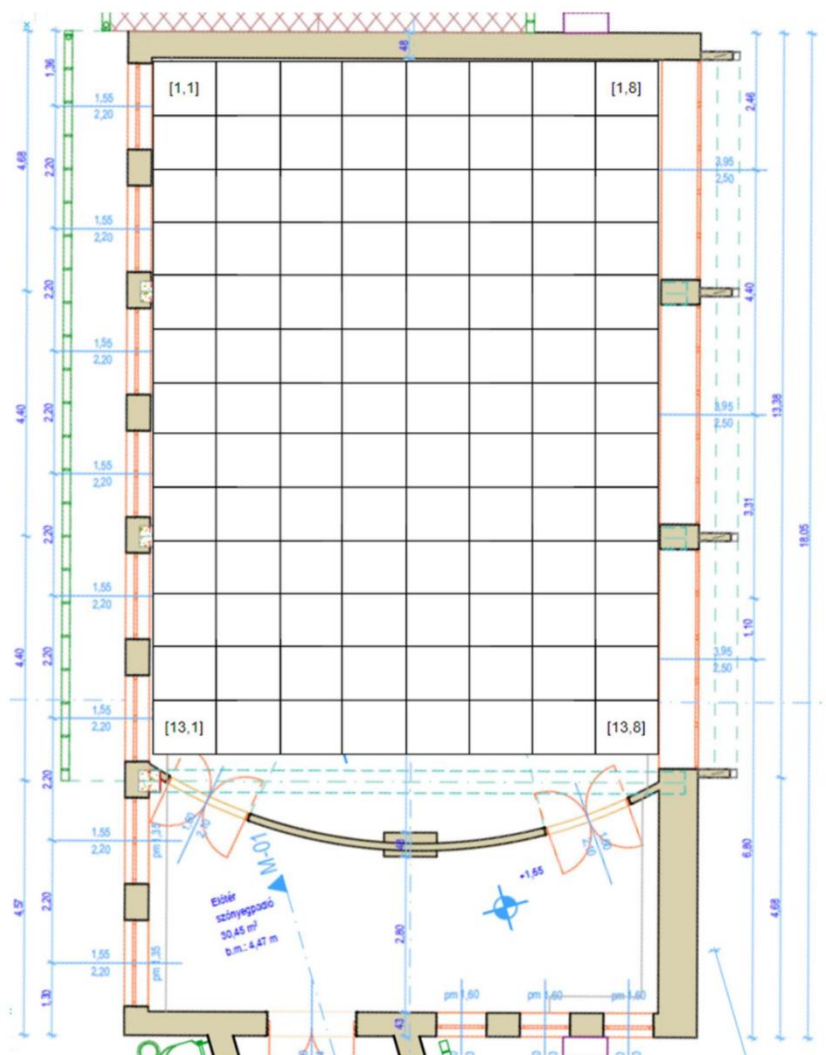
Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 1,2263m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 1m-es négyzetes rasztert.

$d = 13,39$ m

$p = 1$ m

4.2.3. Mérés helyszíne

A vizsgált helyiség alaprajzát és a felvett mérőhálót az 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Kamaraterem alaprajz és mérőháló

4.2.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok

Lámpatest típusa	mennyiség	megjegyzés
Függeszték	14 db	-
Fényforrás típusa	mennyiség	megjegyzés
E27-es 2700K-es 540 lumenes 60w-os normálizzó	14 db	-

4.2.5. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük

4.2.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján

A mért értékek luxban értendők és azokat a 2. táblázat tartalmazza.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	17,2	25,8	27	32,6	31,8	31,5	31	30,4
3	21,8	34,6	38,2	42,3	41,2	43,1	41,8	38,6
2	22,8	31,5	40,6	38,8	43,9	40,4	43,3	42,9
4	24,6	37,8	38,6	43,7	44,3	45	41,9	38,6
5	28,2	43,6	47,1	52,1	50,8	52,8	49,6	47,6
6	29,6	40,3	42,1	46,8	45,8	41,8	44,3	40,2
7	29	35,6	38,6	35,4	42	36,8	40,7	32,6
8	29	39	43,3	46	45,9	46,6	41,6	43
9	26,5	35,9	47,9	58,9	87,6	57,2	47,1	40,4
10	34,9	40,3	66,8	101	154	165	56,8	37,3
11	47	56,6	63,2	127	193	258	201	65,9
12	49	50	63	98	172	206	147	66,5
13		x	38,0 44,3	68,1	84,5	87,2	88,6	x

2. táblázat Kamaraterem Fénytechnikai mérésének eredménye

A mérési eredményekből számított fénytechnikai jellemzők értéke:

$E_m = 57,2 \text{ lx}$

$E_{\min} = 17,2 \text{ lx}$

$U_0 = 0,3$ (középegyenletesség)

4.3. Tanári előtti folyosó

A tanári előtti folyosó az emeleten található a főépületben. A mérést padlósínten végeztem, 0,2m magasságban.

4.3.1. Mérés időpontja

Világítás bekapcsolásának időpontja:	20:00
Mérés időpontja:	21:00 – 21:30

4.3.2. Mérési pontok távolságának meghatározása

A mérési raszterháló méretét a $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$ összefüggés szerint jelöltem ki,

ahol:

p a mérési pontok közötti rasztertávolság (méterben)

d a m unkaterület (helyiség) hosszabbik oldala (méterben)

A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 1,75 m; hosszabbik oldal hossza: 12,54 m

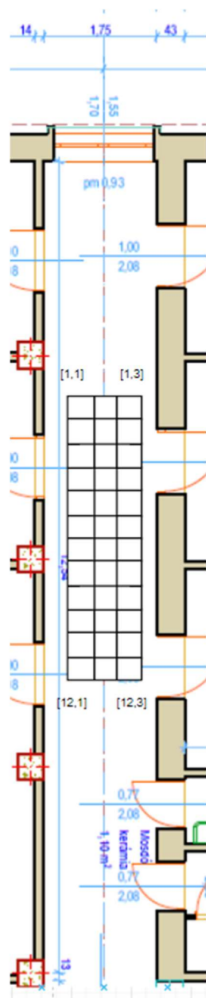
Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nagyobb, mint 2, ezért a rövidebb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,3 m-re adódott.

$d = 1,75$ m

$p = 0,3$ m

4.3.3. Mérés helyszíne

A vizsgált helység alaprajzát és a felvett mérőhálót a 3. ábra szemlélteti. A mérést az ábra szerinti elrendezés bal felső sarkában kezdtem, az ott mért eredmény a táblázat bal felső cellájába került. A táblázat sorait a mérőhálóba rajzolt első szám indexeli, még oszlopait a második szám. A mérés során nem a teljes területet mértem végig, hanem két lámpatest között egy jól jellemző területet. A mérést a helység középvonalában és attól 0,5-0,5 méterre végeztem. A mérőhálóm 0,3x0,3m-es volt.



3. ábra Emeleti közlekedő alaprajz és mérőháló.

4.3.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok

Lámpatest típusa	mennyiség	megjegyzés
Lencse burás savmaratott üveges függeszték	2 db	-
Fényforrás típusa	mennyiség	megjegyzés
E27 foglalatú 2700K-es 60W-os izzó, melynek 570 lumen fényárammal.	2 db	-

4.3.5. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük

4.3.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján

	1	2	3
1	6	5	7
2	11	13	10
3	19	21	20
4	20	21	22
5	10	11	12
6	7	9	8
7	6	8	7
8	12	12	11
9	12	14	13
10	15	19	17
11	11	13	12
12	6	5	7

3. táblázat Emeleti közlekedő fénytechnikai mérési eredmények.

Az 3. táblázatba foglalt eredményekből számított eredmények:

$$E_m = 12 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 5 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,42 \text{ (középegyenletesség)}$$

4.4. Tanári

A tanári az emeleten található, közvetlen az igazgató és titkárság mellett.

4.4.1. Mérés időpontja

Világítás bekapcsolásának időpontja:	20:30
Mérés időpontja:	21:30 – 22:00

4.4.2. Mérési pontok távolságának meghatározása

A mérési raszterháló méretét a $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$ összefüggés szerint jelöltem ki,

ahol:

p a mérési pontok közötti rasztertávolság (méterben)

d a munkaterület (helyiség) hosszabbik oldala (méterben)

A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 4,1 m; hosszabbik oldal hossza: 6,28 m

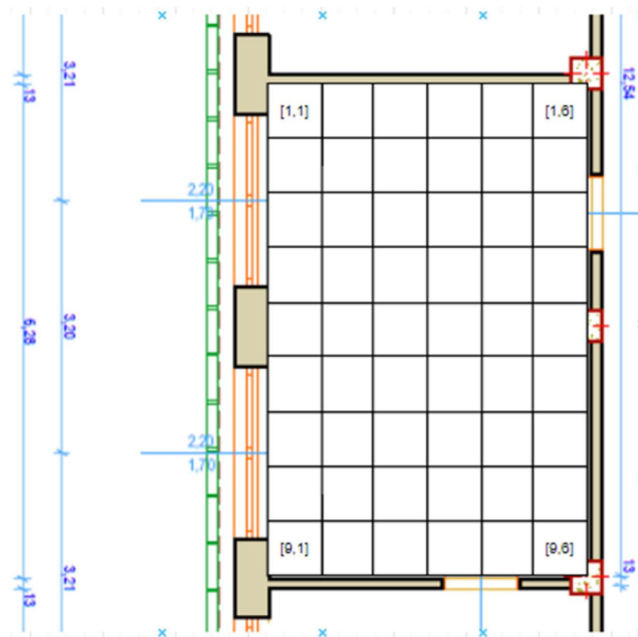
Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,722 m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,7m-es négyzetes rasztert.

$$d = 6,28 \text{ m}$$

$$p = 0,7 \text{ m}$$

4.4.3. Mérés helyszíne

A vizsgált helység alaprajzát és a felvett mérőhálót a 4. ábra szemlélteti. A mérést az ábra szerinti elrendezés bal felső sarkában kezdtem, az ott mért eredmény a táblázat bal felső cellájába írtam. A táblázat sorait a mérőhálóba rajzolt első szám indexeli, még oszlopait a második szám.



4. ábra Emeleti tanári alaprajz és mérőháló.

4.4.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok

Lámpatest típusa	mennyiség	megjegyzés
L alakú sínes kialakítású mennyezetre szerelt lámpatest	2 db	-
spirál alakú sínes lámpatest	1 db	
Fényforrás típusa	mennyiség	megjegyzés
20w-os GU5.3 12V-os fémhalogén fényforrás, mely színhőmérséklete 3000K, fényárama 205 lumen	10 db	-

4.4.5. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük

4.4.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján

A mért értékek luxban értendők és azokat a 4. táblázat tartalmazza.

	1	2	3	4	5	6
1	100	97	74	58	25	17
2	132	194	99	178	39	29
3	98	115	156	115	41	48
4	38	50	65	67	76	97
5	22	42	56	78	580	540
6	21	41	34	172	775	560
7	77	90	205	155	94	81
8	153	147	160	116	47	45
9	32	29	102	38	23	20

4. táblázat Emeleti tanári fénytechnikai mérési eredmények.

Az 4. táblázatba foglalt eredményekből számított értékek:

$$E_m = 121,2 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 17 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,14 \text{ (középegyenletesség)}$$

5. Kiértékelés

A hatályban lévő MSZ EN 12464-1:2012 „Fény és világítás. Munkahelyi világítás. 1. rész: Belsőtéri munkahelyek” szabvány a következő megvilágítási szinteket írja elő:

Belső tér jellege, a feladat vagy tevékenység	Előírt		Mért		Minősítés
	Em [lx]	U0	Em [Lx]	U0	
Közeledőterek, folyosók	100	0,4	12	0,42	Nem megfelelő
Zenei gyakorlóterem	300	0,6	110	0,09	Nem megfelelő
Tanári szobák	300	0,6	121	0,14	Nem megfelelő
Konferenciatermek, tárgyalók	500	0,6	57	0,3	Nem megfelelő

A mért fénytechnikai jellemzők alapján számított egyenletesség és átlagos megvilágítás értékeket összehasonlítva a szabvány által előírt értékekkel, jól látható, hogy a megvilágítás egyetlen terem esetén sem felel meg az előírásoknak.

NEM MEFELELŐ

B Függelék Felújított állapot minősítő irat és mérési jegyzőkönyv

Világítástechnikai minősítő irat és mérési jegyzőkönyv

Ádám Jenő Zeneiskola

Megrendelő:	Ádám Jenő Zeneiskola
Mérés helyszíne:	9500 Celldömölk, Széchenyi u. 18-2. Hrsz.: 383/4 meglévő épülete
Mérés időpontja:	2021. május 26., 20:00 – 23:30

Tartalomjegyzék

1. Nyilatkozat.....	4
2. Mérési Feladat ismertetése	5
2.1. A mérés célja:.....	5
2.2. A helységekben végzett munka:.....	5
2.3. A mérés módja	5
2.4. Mérési pontok:.....	5
3. Mérési körülmények	6
3.1. Általános adatok	6
3.2. Környezeti jellemzők	6
3.3. Mérőeszközök	6
3.4. Mérési bizonytalanság.....	6
4. FÉNYTECHNIKAI MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV	7
4.1. Zeneterem	7
4.1.1. Mérés időpontja	7
4.1.2. Mérési pontok távolságának meghatározása.....	7
4.1.3. Mérés helyszíne	8
4.1.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok.....	9
4.1.5. Elektromos táplálás.....	9
4.1.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján.....	9
4.2. Kamaraterem	11
4.2.1. Mérés időpontja	11
4.2.2. Mérési pontok távolságának meghatározása.....	11
4.2.3. Mérés helyszíne	12
4.2.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok.....	14
4.2.5. Elektromos táplálás.....	14
4.2.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján.....	14
4.3. Tanári előtti folyosó	17
4.3.1. Mérés időpontja	17
4.3.2. Mérési pontok távolságának meghatározása.....	17
4.3.3. Mérés helyszíne	17
4.3.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok.....	19
4.3.5. Elektromos táplálás.....	19
4.3.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján.....	19
4.4. Tanári	20
4.4.1. Mérés időpontja	20
4.4.2. Mérési pontok távolságának meghatározása.....	20

4.4.3.	Mérés helyszíne	22
4.4.4.	Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok.....	23
4.4.5.	Elektromos táplálás.....	23
4.4.6.	Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján.....	23
5.	Kiértékelés	24

1. Nyilatkozat

Alulírott, mint fénytechnikai jellemzők vizsgálója kijelentem, hogy a celldömölki Ádám Jenő Zeneiskola meglévő világítási rendszerének világítástechnikai méréseit a vonatkozó szabványokban és rendeletekben foglalt előírásoknak megfelelően végeztem el.

A mérések során figyelembe vett szabványok:

MSZ EN 12464-1:2012

MSZ EN 1838:2000

Budapest, 2021. május 26.

Csákvári Balázs
villamosmérnök

2. Mérési Feladat ismertetése

2.1. A mérés célja:

A celldömölki Ádám Jenő Zenei iskola *zeneterem, tanári, tanári előtti folyósó, kamaraterem* helységeiben meglévő világítás szabványmegfelelőségének vizsgálata.

2.2. A helységekben végzett munka:

A *zeneteremben* zongorán, hegedűn, valamint fűvós hangszereken végeznek zeneoktatást. A *tanáriban* végzik a tanárok a kötelező adminisztrációhoz kapcsolódó feladatokat. A *tanári előtti folyósón* került elhelyezésre a tűzvédelmi főkapcsoló, ezen felül közlekedési célokat szolgál. A *kamarateremben* tartják az évszázó koncerteket és egyéb zenei meghallgatásokat.

2.3. A mérés módja

A mérés során csak a mesterséges megvilágítást mértem. A munkaterületek meghatározása után, felvettem a mérőhálókat, majd a méréseket pontonként végeztem el. A szabványban meghatározott, adott munkaterületre vonatkozó átlagos megvilágítást (E_m) és a középégyenletesség (U_0) értékét a mérési eredmények alapján adott munkaterületre számítással határoztam meg.

2.4. Mérési pontok:

Az egyes munkaterületekre vonatkozó mérési hálót az érvényben lévő MSZ EN 12464-1:2012-es szabvány előírásai alapján határoztam meg. Az osztásméret az $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$

1)-es képlettel számítható.

$$p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$$

1)

ahol

p	a rács cellájának legnagyobb mérete
d	a számítási terület hosszabbik mérete (m), de ha a hosszabbik oldalnak a rövidebb oldalhoz viszonyított hányadosa 2 vagy ennél nagyobb, akkor d a terület rövidebb oldalának a mérete

A mérőhálót helységenként és vagy munkahelyenként határoztam meg. A fénytechnikai méréseket a mérőháló minden pontjában elvégeztem, ahol akadályoztatás (nem mozdítható bútor, tárgy, korlát, egyéb...) miatt erre nem volt lehetőség azt „x”-el jelöltem.

3. Mérési körülmények

3.1. Általános adatok

Helyszín:	9500 Celldömölk, Széchenyi u. 18-2. Hrsz.: 383/4 meglévő épülete
Mérés dátuma:	2021. május 26
Mérés időpontja:	20:00 – 23:30
Mérést végző személyek:	Csákvári Balázs (felelős mérésvezető) Matécz Péter (mérést végezte)

3.2. Környezeti jellemzők

Környezeti jellemző	a mérés kezdetekor	a mérés végén
Időjárás:	fedett tér	fedett tér
Hőmérséklet [°C]:	~+25 °C	~+25 °C
Látási feltételek:	jó	jó
Munkafelület állapota:	nem csillogó felület	nem csillogó felület
Mérést akadályozó tényezők	nem volt	nem volt
Világítást akadályozó tényezők	nem volt	nem volt
Idegen eredetű világítás	nem volt	nem volt
Környezeti jellemzők változása a mérés során:	A mérés során a környezeti jellemzőkben a mérést befolyásoló mértékű változás nem történt.	

3.3. Méréseszközök

A mérőműszer típusa TECPEL 536 Light Meter. A készülék hitelesítését a Szőnyi Fényerő Bt. végezte. Hitelesítési száma: 4296. A műszer méréshatára a mérés teljes ideje alatt 2000 lx volt.

A mérés típusa: kézi mérés.

Az érzékelő magassága [m]: 0,025 (munkasíkhhoz viszonyítva)

3.4. Mérési bizonytalanság

Az eredő mérési bizonytalanság:

- Megvilágításra: $U = 2,8\%$
- Egyenletességre: $U = 3,1\%$

A közölt kiterjesztett mérési bizonytalanság értékek a standard bizonytalanságnak k kiterjesztési tényezővel szorzott értéke ($k = 2$), amely normális (Gauss) eloszlás feltételezésével közelítőleg 95 %-os fedési valószínűségnek felel meg.

A mérési bizonytalanság tartalmazza az etalonból, a vizsgálat módszeréből, a környezeti feltételekből, a kalibrált mérőeszközből eredő részbizonytalanságokat.

A standard bizonytalanság meghatározása az EA-4/02 (Expression of Uncertainty of Measurement in Calibration) kiadválynak megfelelően történt.

4. FÉNYTECHNIKAI MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

4.1. Zeneterem

A zeneterem a földszinten található, közvetlen a főbejárat mellett. A zeneteremben a mérést padlósínt felett 0,85m magasságban végeztem a helyiség teljes méretén. A zeneteremnek ezt a magasságot, mint közvetlen környezetet vettem figyelembe, hiszen ha a kottatartóra tekintenek a diákok akkor ezt a területet látják mint közvetlen környezetet.

A teljes helyiséget, mint közvetlen környezetet figyelembe vevő alpmérésen túl, még kijelöltem pár munkahelyet, melyeknek világítás technikai mérését elvégeztem. Ilyen terület például a zongora billentyűzete, a zongora kottatartója, valamint a teremben található asztal munkafelülete.

4.1.1. Mérés időpontja

Világítás bekapcsolásának időpontja:	19:00
Mérés időpontja:	20:00 – 20:30

4.1.2. Mérési pontok távolságának meghatározása

A mérési raszterháló méretét a $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$ összefüggés szerint jelöltem ki, ahol:

p a mérési pontok közötti rasztertávolság (méterben)

d a munkaterület (helyiség) hosszabbik oldala (méterben)

Közvetlen környezetre:

A helyiség méreteiből kiindulva a közvetlen környezetre vonatkozó következőképpen határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 2,9 m; hosszabbik oldal hossza: 5,99 m

Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,6989m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,6-os négyzetes rasztert.

$d = 5,99$ m

$p = 0,6$ m

Zongora billentyűzetre:

A zongora billentyűzetének méreteiből kiindulva a mérőrácsot következőképpen határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 0,18 m; hosszabbik oldal hossza: 1,22 m

Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nagyobb, mint 2, ezért a rövidebb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,06032m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,05m-es négyzetes rasztert.

$d = 0,18$ m

$$p = 0,05 \text{ m}$$

Zongora kottatartóra:

A zongora kottatartójának méreteiből kiindulva a mérőhálót következőképpen határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 0,29 m; hosszabbik oldal hossza: 0,5 m

Mivel a kottatartó hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,1232m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,1m-es négyzetes rasztert.

$$d = 0,5 \text{ m}$$

$$p = 0,1 \text{ m}$$

Tanári asztalra:

Az asztal méreteiből kiindulva a mérőhálót következőképpen határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 0,7 m; hosszabbik oldal hossza: 1,34 m

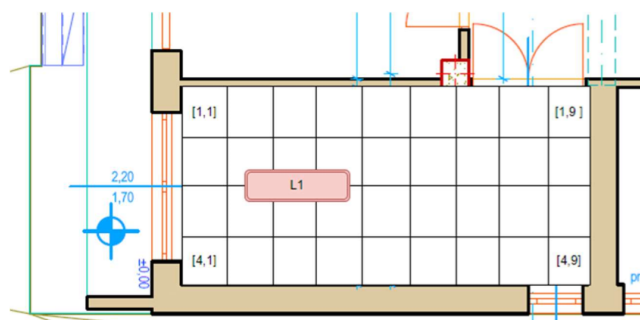
Mivel az asztal hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,245m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,2m-es négyzetes rasztert. Ugyanezzel a raszterrel mértem a tanári asztal közvetlen környezetét.

$$d = 1,34 \text{ m}$$

$$p = 0,2 \text{ m}$$

4.1.3. Mérés helyszíne

A vizsgált helység alaprajzát és a felvett mérőhálót az 1. ábra szemlélteti. A mérést az ábra szerinti elrendezés bal felső sarkában kezdtem, az ott mért eredmény a táblázat bal felső cellájába került. A táblázat sorait a mérőhálóba rajzolt első szám indexeli, még oszlopait a második szám.



1. ábra Földszint zeneterem alaprajz és mérőháló.

4.1.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok

Világítótest típusa	mennyiség	megjegyzés
Vizulo Fern 1200 60 W, 3000 K, 7500 lm, IP44	3 db	-

4.1.5. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük

4.1.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján

A mért értékek luxban értendők

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	387	496	649	904	910	777	742	560	369
2	481	618	768	1086	1162	1057	1009	833	502
3	438	588	709	1082	1167	1025	1073	797	505
4	391	445	499	818	933	874	831	598	369

1. táblázat Földszint Zeneterem mint közvetlen környezet fénytechnikai mérési eredmények.

Az 1. táblázat alapján számított eredmények:

$$E_m = 734,8 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 369 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,5 \text{ (középegyenletesség)}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	392	416	411	423	428	432	440	451	456	465	492	495
2	531	553	574	597	598	617	629	588	616	634	634	563
3	648	653	677	695	709	723	731	725	737	728	735	675
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

1	491	482	509	509	512	530	555	558	566	557	578	584
2	572	604	720	711	762	760	797	803	832	804	837	869
3	688	725	863	870	905	923	901	940	960	965	986	1066

2. táblázat Földszint Zeneterem zongora billentyűzet fénytechnikai mérési eredmények.

Az 2. táblázatban szereplő mért értékekből számított eredmények:

$$E_m = 655 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 392 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,6 \text{ (középegyenletesség)}$$

	1	2	3	4	5	6
1	968	1026	1028	1092	1092	1160
2	868	959	983	1020	1062	1060
3	823	950	956	958	998	1004

3. táblázat Földszint Zeneterem zongora kottatartó fénytechnikai mérési eredmények.

A 3. táblázatban szereplő, zongora kottatartóján mért értékek kiértékelése látható a következő sorokban:

$$E_m = 1000 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 823 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,82 \text{ (középegyenletesség)}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	257	300	325	387	402	428	456	463	460	474	463	407	381
2	267	301	354	447	489	517	513	542	530	515	502	464	424
3	308	347	411	480	544	589	601	618	615	598	589	550	498
4	341	393	452	540	620	676	709	720	716	671	672	613	554
5	367	513	586	647	693	769	809	807	805	760	748	680	602
6	468	553	637	710	766	845	894	900	896	850	807	747	683
7	510	603	681	762	833	907	958	961	976	918	865	824	750

4. táblázat Földszint Zeneterem tanári íróasztalának fénytechnikai mérési eredmények.

Az íróasztal és annak közvetlen környezetén végzett fénytechnikai mérések eredménye a 4. táblázatban látható. Az asztalon meghatározott munkafelület a folytonos vonallal bekeretezett részben található, még a közvetlen környezetre vonatkozó adatokat a körbe határolt részen kívül láthatjuk. A feladatterületre számított értékek:

$$E_m = 547 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 387 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,70 \text{ (középegyenletesség)}$$

A közvetlen környezetre számított értékek:

$$E_m = 623 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 257 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,4 \text{ (középegyenletesség)}$$

4.2. Kamaraterem

A kamaraterem a másik épületszárnyban félemeleten található. A kamarateremben a mérést padlósínt felett 0,85m-el végeztem. A mért területet, mint közvetlen környezetet vettem figyelembe.

4.2.1. Mérés időpontja

Világítás bekapcsolásának időpontja:	19:30
Mérés időpontja:	20:30 – 21:00

4.2.2. Mérési pontok távolságának meghatározása

A mérési raszterháló méretét a $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$ összefüggés szerint jelöltem ki, ahol:

p a mérési pontok közötti rasztertávolság (méterben)

d a munkaterület (helyiség) hosszabbik oldala (méterben)

A képlettel kiszámítottam a mérőhálót a közvetlen környezetre, zongora billentyűzetére, a színpadhoz közel állított kottatartó felületére, valamint egy választott padsor írófelületére.

Közvetlen környezetre:

A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 9,43 m; hosszabbik oldal hossza: 13,39 m

Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 1,2263m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 1m-es négyzetes rasztert.

$d = 13,39$ m

$p = 1$ m

Zongora billentyűzetére:

A billentyűzet méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 0,15m; hosszabbik oldal hossza: 1,25m

Mivel a hosszabb és rövidebb oldalának aránya nagyobb, mint 2, ezért a rövidebb oldallal számítottam a mérőhálót, mely 0,531m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam a 0,05m-es négyzetes rasztert.

$d = 0,15$ m

$p = 0,05$ m

Zongora kottatartóra:

A kottatartó méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 0,25m; hosszabbik oldal hossza: 0,79m

Mivel a hosszabb és rövidebb oldalának aránya nagyobb, mint 2, ezért a rövidebb oldallal számítottam a mérőhálót, mely 0,0759m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,075m-es négyzetes rasztert.

$$d = 0,25m$$

$$p = 0,075m$$

Fúvósok kottatartója:

A kottatartó méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 0,3m; hosszabbik oldal hossza: 0,5m

Mivel a hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőhálót, mely 0,1232m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,1m-es négyzetes rasztert.

$$d = 0,5m$$

$$p = 0,1m$$

Padsor egyik írófelületére:

A padsor írófelületének méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 0,28m; hosszabbik oldal hossza: 3m

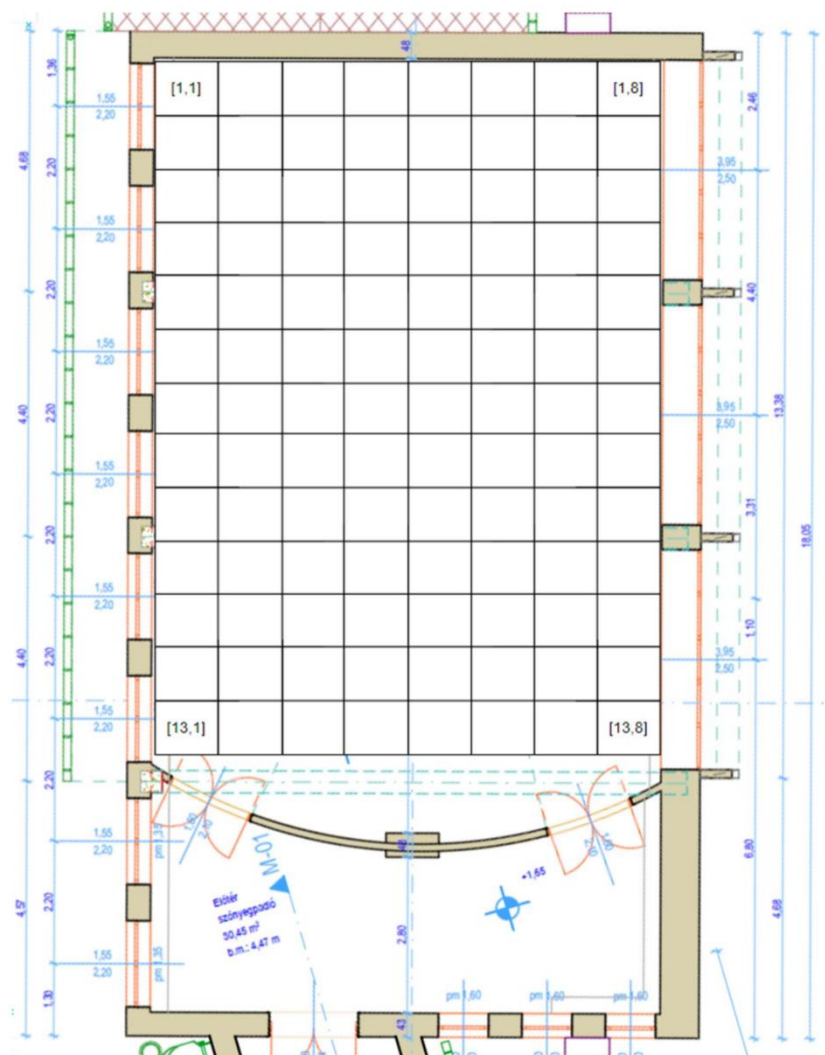
Mivel a hosszabb és rövidebb oldalának aránya nagyobb, mint 2, ezért a rövidebb oldallal számítottam a mérőhálót, mely 0,082m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,08m-es négyzetes rasztert.

$$d = 0,28m$$

$$p = 0,08m$$

4.2.3. Mérés helyszíne

A vizsgált helység alaprajzát és a felvett mérőhálót az 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Kamaraterem alaprajz és mérőháló



A zeneteremben található zongora billentyűzetén mért fénytechnikai mérési eredményeket a 6. táblázat tartalmazza.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	327	325	327	332	329	330	333	338	339	329	320	343
2	323	319	320	329	323	332	328	319	336	317	335	341
3	304	302	306	321	319	325	314	321	327	332	327	329
4	298	300	294	300	295	300	312	304	311	326	324	327

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	346	347	346	347	343	354	353	341	350	355	352	355
2	340	334	340	340	338	351	343	347	350	354	340	353
3	337	335	336	337	337	334	338	343	341	339	339	340
4	322	328	330	333	331	331	331	329	337	335	335	336

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	355	355	352	356	357	357	355	358	359	356	363	357	353
2	348	353	345	346	351	355	357	355	355	354	360	355	346
3	347	347	344	343	347	344	351	345	342	347	346	345	344
4	341	340	342	341	340	341	345	341	342	346	345	340	338

6. táblázat Kamaraterem zongora billentyűzet fénytechnikai mérésének eredménye

A 6. táblázatból számított eredmények:

$$E_m = 337 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 294 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,87 \text{ (középegyenletesség)}$$

A zongora kottatartójának mérési eredményeit a 7. táblázat tartalmazza.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	338	339	329	320	343	346	347	346	347	343
2	319	336	317	335	341	340	334	340	340	338
3	321	327	332	327	329	337	335	336	337	337

7. táblázat Kamaraterem zongora kottatartó fénytechnikai mérésének eredménye

A 7. táblázatból számított eredmények:

$$E_m = 335 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 317 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,94 \text{ (középegyenletesség)}$$

A fűvós kottatartójának mérési eredményét a 8. táblázat tartalmazza.

	1	2	3	4	5
1	576	672	674	623	569
2	527	608	598	618	532
3	468	635	621	660	655

8. táblázat fűvós kottatartó fénytechnikai mérésének eredménye

A 8. táblázatból számított eredmények:

$$E_m = 602 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 468 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,78 \text{ (középegyenletesség)}$$

A kamarateremben található egy kiválasztott padsor írófelületén mért eredmények a 9. táblázatban láthatók.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	327	325	327	332	329	330	333	338	339	329	320	343
2	323	319	320	329	323	332	328	319	336	317	335	341
3	304	302	306	321	319	325	314	321	327	332	327	329
4	298	300	294	300	295	300	312	304	311	326	324	327

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	346	347	346	347	343	354	353	341	350	355	352	355	355
2	340	334	340	340	338	351	343	347	350	354	340	353	348
3	337	335	336	337	337	334	338	343	341	339	339	340	347
4	322	328	330	333	331	331	331	329	337	335	335	336	341

	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	355	352	356	357	357	355	358	359	356	363	357	353
2	353	345	346	351	355	357	355	355	354	360	355	346
3	347	344	343	347	344	351	345	342	347	346	345	344
4	340	342	341	340	341	345	341	342	346	345	340	338

9. táblázat Kamaraterem padsor írófelület fénytechnikai mérésének eredménye

A 9. táblázatból számított eredmények:

$$E_m = 337 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 294 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,87 \text{ (középegyenletesség)}$$

4.3. Tanári előtti folyosó

A tanári előtti folyosó az emeleten található a főépületben. A mérést padlósínten végeztem, 0,2m magasságban.

4.3.1. Mérés időpontja

Világítás bekapcsolásának időpontja:	20:00
Mérés időpontja:	21:00 – 21:30

4.3.2. Mérési pontok távolságának meghatározása

A mérési raszterháló méretét a $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$ összefüggés szerint jelöltem ki,

ahol:

p a mérési pontok közötti rasztertávolság (méterben)

d a m unkaterület (helyiség) hosszabbik oldala (méterben)

A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 1,75 m; hosszabbik oldal hossza: 12,54 m

Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nagyobb, mint 2, ezért a rövidebb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,3 m-re adódott.

$d = 1,75$ m

$p = 0,3$ m

4.3.3. Mérés helyszíne

A vizsgált helység alaprajzát és a felvett mérőhálót a 3. ábra szemlélteti. A mérést az ábra szerinti elrendezés bal felső sarkában kezdtem, az ott mért eredmény a táblázat bal felső cellájába került. A táblázat sorait a mérőhálóba rajzolt első szám indexeli, még oszlopait a második szám. A mérés során nem a teljes területet mértem végig, hanem két lámpatest között egy jól jellemző területet. A mérést a helység középvonalában és attól 0,5-0,5 méterre végeztem. A mérőhálóm 0,3x0,3m-es volt.



4.3.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok

Világítótest típusa	mennyiség	megjegyzés
	db	-

4.3.5. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük

4.3.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján

A mérést kétszer végeztem el, először üzemi, majd biztonsági világítást mértem meg. Az üzemi állapotra vonatkozó eredményeket a 10. táblázat tartalmazza.

	1	2	3
1	235	244	240
2	230	232	234
3	231	230	226
4	220	221	222
5	220	223	220
6	229	233	238
7	251	258	251
8	261	267	262
9	275	278	273
10	287	286	288
11	287	302	303
12	302	312	301

10. táblázat Emeleti közlekedő üzemi világítás mérési eredmények

A 10. táblázatba foglalt eredményekből számított eredmények:

$$E_m = 254 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 220 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,86 \text{ (középegyenletesség)}$$

A biztonsági világításra vonatkozó mérési eredményeket a 11. táblázat tartalmazza. A biztonsági világítás mérése során Más mérőhálót alkalmaztam, mint az üzemi világítás mérésekor. Itt a méréseket a folyosó teljes hosszában, annak középvonalán és tőle 0,5 méterrel balra és jobbra végeztem és a mérési pontokat 1m-es távolságban vettem fel.

	1	2	3
1	6,6	7,9	5
2	7,4	6,9	7
3	9,1	7,9	8,1
4	8,7	8,8	7,7
5	8,7	9	7,3
6	9,6	10	8,6
7	9,1	9,8	8,3
8	8,3	8,4	7,8
9	6,6	6,8	6,6
10	5,7	5,7	4,8
11	4,1	4,2	9
12	3,6	3,9	3,3

11. táblázat Emeleti közlekedő üzemi világítás mérési eredmények

A 11. táblázatból számított eredményeknél meg kell jegyezni, hogy itt a közép egyenletesség és határ egyenletességet a folyosó középvonalára kell számítani. Minimum 1 lux világítást kell biztosítani a középvonalon és a minimum és maximum érték 40:1 aránynál nem lehet kisebb.

$$E_m = 7,5 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 3,9 \text{ lx}$$

$$E_{\max} = 10,4 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,52 \text{ (közép egyenletesség)}$$

$$E_{\min}/E_{\max} = 0,38 \text{ (határ egyenletesség)}$$

4.4. Tanári

A tanári az emeleten található, közvetlen az igazgató és titkárság mellett. A tanári helységét teljes méretében padló szint felett 0,85m magasságban mértem fel és mint közvetlen környezet vettem figyelembe.

4.4.1. Mérés időpontja

Világítás bekapcsolásának időpontja:	20:30
Mérés időpontja:	21:30 – 22:00

4.4.2. Mérés pontok távolságának meghatározása

A mérési raszterháló méretét a $p \leq 0,2 \cdot 5^{\log_{10}(d)}$ összefüggés szerint jelöltem ki,

ahol:

p a mérési pontok közötti raszter távolság (méterben)

d a munkaterület (helyiség) hosszabbik oldala (méterben)

Közvetlen környezet:

A helyiség méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 4,1 m; hosszabbik oldal hossza: 6,28 m

Mivel a terem hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőháló hosszát, mely 0,722 m-re adódott. Ezt lefelé kerekítve választottam 0,7m-es négyzetes rasztert.

$d = 6,28 \text{ m}$

$p = 0,7 \text{ m}$

Tanári asztal munkafelülete:

A tanári asztal és a közvetlen környezet együttes méreteiből kiindulva a mérőhálót az alábbiakban határoztam meg:

rövidebb oldal hossza: 1,3 m; hosszabbik oldal hossza: 2,46 m

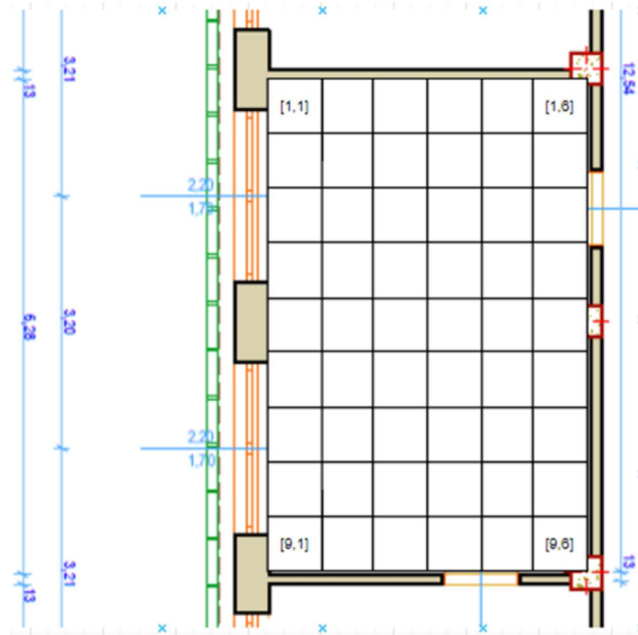
Mivel a hosszabb és rövidebb oldalának aránya nem nagyobb, mint 2, ezért a hosszabb oldallal számítottam a mérőhálót, mely 0,375m-re adódott. Én ennél egy sokkal kisebb értéket választottam, így végül 0,2m-es négyzetes rasztert használtam.

$d = 2,46 \text{ m}$

$p = 0,2 \text{ m}$

4.4.3. Mérés helyszíne

A vizsgált helység alaprajzát és a felvett mérőhálót a 4. ábra szemlélteti. A mérést az ábra szerinti elrendezés bal felső sarkában kezdtem, az ott mért eredmény a táblázat bal felső cellájába írtam. A táblázat sorait a mérőhálóba rajzolt első szám indexeli, még oszlopait a második szám.



4. ábra Emeleti tanári alaprajz és mérőháló.

4.4.4. Lámpatestekre és fényforrásokra vonatkozó adatok

Világítótest típusa	mennyiség	megjegyzés
	db	-

4.4.5. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]:	nem mértük

4.4.6. Mérési eredmények a mesterséges világítás hatása alapján

A tanári teljes területén végzett mérés eredményét a 12. táblázat tartalmazza, a mért értékek luxban értendők.

	1	2	3	4	5	6
1	237	240	277	281	290	247
2	272	386	386	382	399	391
3	404	441	477	500	465	402
4	498	593	646	636	641	540
5	567	692	733	730	684	500
6	491	602	599	663	710	544
7	548	600	578	642	611	438
8	387	525	512	498	445	367
9	272	295	285	325	292	281

12. táblázat Emeleti tanári teljes területének, mint közvetlen környezetnek fénytechnikai mérési eredménye.

Az 12. táblázatba foglalt eredményekből számított értékek:

$$E_m = 471 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 237 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,5 \text{ (középegyenletesség)}$$

A tanáriasztal felületén és közvetlen környezetén végzett mérés eredményét a 13. táblázat tartalmazza és a mért értékek luxban értendők. A táblázatban külön kerettel kiemelt rész a tanári asztal felületén (mint munkafelület) mért értékek.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	447	488	526	574	594	631	647	622	643	664	656	678	676	660	638	612
2	470	523	558	613	628	644	658	684	668	683	704	706	707	686	672	642
3	483	536	589	626	662	680	708	706	710	713	733	737	729	719	689	665
4	490	553	607	648	683	694	729	742	746	755	756	747	747	723	695	668
5	492	553	601	664	704	716	730	749	758	759	761	762	750	738	706	670
6	505	565	619	668	707	731	743	754	762	765	763	761	750	740	721	676
7	505	575	608	664	709	718	742	758	763	766	762	758	749	739	715	662
8	503	568	632	672	703	728	739	753	764	745	732	707	657	735	710	622
9	512	578	622	663	694	725	733	747	753	754	727	687	654	733	705	561
10	517	560	621	648	685	711	721	735	748	751	731	684	638	717	685	552

13. táblázat Emeleti tanári tanári asztalának és közvetlen környezetének fénytechnikai mérési eredménye.

A 13. táblázat alapján az asztalra, mint munkafelületre számított eredmények:

$$E_m = 734 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 648 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,88 \text{ (középegyenletesség)}$$

Ugyanezen táblázat alapján a közvetlen környezetre számított eredmények:

$$E_m = 652 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 447 \text{ lx}$$

$$U_0 = 0,68 \text{ (középegyenletesség)}$$

5. Kiértékelés

A kiértékelést a hatályban lévő MSZ EN 12464-1:2012 „Fény és világítás. Munkahelyi világítás. 1. rész: Belsőtéri munkahelyek” szabvány, valamint a hatályban lévő MSZ EN 1838:2000 „Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás. 4.rész: Biztonsági világítás” szabvány alapján végeztem. A kiértékelés eredményét a 14. táblázat tartalmazza.

Megnevezés	Előírt	Mért	Minősítés
Zeneterem (teljes terület mint közvetlen környezet)			
E _m [lux]	200	734	Megfelel
U ₀	0,4	0,5	
Zeneterem zongora billentyűzet			
E _m [lux]	300	655	Megfelel
U ₀	0,6	0,6	
Zeneterem zongora kottatartó			
E _m [lux]	300	1000	Megfelel
U ₀	0,6	0,82	
Zeneterem tanári asztal munkafelülete			
E _m [lux]	500	547	Megfelel
U ₀	0,6	0,7	
Zeneterem tanári asztal közvetlen környezet			
E _m [lux]	300	623	Megfelel
U ₀	0,4	0,4	
Kamaraterem (teljes terület, mint közvetlen környezet)			
E _m [lux]	200	317	Megfelel
U ₀	0,4	0,54	
Kamaraterem zongora billentyűzet			
E _m [lux]	300	337	Megfelelő
U ₀	0,6	0,87	
Kamaraterem zongora kottatartó			
E _m [lux]	300	335	Megfelelő
U ₀	0,6	0,94	
Kamaraterem fűvós kottatartó			
E _m [lux]	300	602	Megfelelő
U ₀	0,6	0,78	

Kamaraterem padosor írófelület			
E_m [lux]	300	337	Megfelelő
U_0	0,6	0,87	
Tanári előtti folyosó üzemi világítás			
E_m [lux]	100	254	Megfelelő
U_0	0,4	0,86	
Tanári előtti folyosó biztonsági világítás			
E_{min} [lux]	1	3,9	Megfelelő
E_{min}/E_{max} [lux]	0,025	0,38	
Tanári teljes területe mint közvetlen környezet			
E_m [lux]	200	471	Megfelelő
U_0	0,4	0,5	
Tanári asztal munkafelület			
E_m [lux]	500	734	Megfelelő
U_0	0,6	0,88	
Tanári asztal közvetlen környezet			
E_m [lux]	300	652	Megfelelő
U_0	0,4	0,68	

14. táblázat Mérési eredmények kiértékelése.

A mért fénytechnikai jellemzők alapján számított értékeket összehasonlítva a szabvány által előírt értékekkel, jól látható, hogy a megvilágítás egyetlen terem és munkafelület esetén sem tér el az előírásoktól.

MEFELELŐ