

SZAKDOLGOZAT

Kindák Attila

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

**Létesítményenergetikai szakmérnök szakirányú
továbbképzési szak**

**Épület(iskola) világításának elemzése, korszerűsítése,
energetika és komfort szempontjából**

Belső konzulens: Dr. Szabó Márta

egyetemi docens

Belső konzulens

intézete/tanszéke:

Épületgépészeti és

Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Hardi Tamás villamosmérnök

Készítette: Kindák Attila QSOUV3

MŰSZAKI INTÉZET

Létesítményenergetikai szakmérnök Szakirányú Továbbképzés szak

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Kindák Attila (QSOUV3)

részére

A szakdolgozat címe:

Épület(iskola) világításának elemzése, korszerűsítése, energetikai és komfort szempontjából

Feladatkiírás:

Tekintse át a világítás fejlődését és ismertesse a vizuális komfort szempontjait irodaépületben!

Mutassa be a méretezés elméletét!

Tekintse át és értékelje a világítás vezérlésére alkalmas műszaki megoldást!

Tervezze meg a korszerűsített világítási rendszert szoftver használatával!

Ismertesse a méretezés eredményét!

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Hardi Tamás (vill.mk), Daniella Kft.

Belső konzulens: Dr Szabó Márta, MATE, Műszaki Intézet

A dolgozat beadási határideje: 2024 év április hó.....22.....nap

Kelt:Budapest...,2024....év ...02.....hó 12...nap

Jóváhagyom

Átvettem

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: Bp. 2024. év 04. hó 16. nap

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, témaválasztás indoklása.	1
2. Energiamérés fontossága	2
2.1. A létesítmény mérése, meddő fogyasztás	2
2.2. Napelemes rendszer, mint energiaforrás	5
2.3 Természetes fényforrás	7
2.4. Mesterséges fényforrások történelme	8
3. Komfortelmélet, a mesterséges világítás fontossága	10
3.1 Méretezési elmélet általánosságban	12
3.2 A mérési mező	14
3.3 A mérési sík	15
4. Világítástechnikai szabványok	17
5. A tervezéshez használt program bemutatása	19
6. Az épület bemutatása, kiindulási állapot	20
6.1 Az új főelosztó	21
6.2 Szinti elosztók	22
6.3 Folyosó világítás	23
6.4 Folyosó világítás méretezés	24
7. A világítást vezérlő rendszer	29
8. Tanterem bemutatása, kiindulási állapota	35
8.1 Tanterem méretezése	36
8.2 A tanterem kivitelezése, megvalósulása	40
9. Üzemeltetési költségek	41
10. Összefoglaló	42
11. Summary	43
12. Irodalomjegyzék	44

1., Bevezetés, témaválasztás indoklása.

Látva, hogy az oktatási épületek általános műszaki állapota nehezen hozza azt a szintet, amit ebben a modern lehetőségekkel tűzdelt világban elvárunk, illetve megvalósíthatunk, cégünk több oktatási intézet villamos és egyéb felújítási feladataiban vett részt. A témám is ehhez kapcsolódik, mert fontosnak tartom, hogy nagyobb alapossággal és hatékonysággal fejleszthessük a jövő generációjának képzési helyeit.

Világszerte küzdünk az energiáért és közös célként ennek átgondolt felhasználását tűzte zászlójára minden ország. Sajnos a hibák, helyzetek, már régebbi időkre mutatnak vissza és a tervszerű karbantartás, illetve gazdaságos üzemeltetés fejlesztésinek elmaradását tapasztalhatjuk. Ez nem csak lokális, hanem globális szinten is felelhető és nem új keletű probléma. Sajnos kevésbé tekintettünk a múltban az energia szállítására úgy, mint logisztikai folyamatra, ezért a minket kiszolgáló rendszer nem is alkalmas kellően gyors fejlesztésre, illetve rugalmas változtatásra. A múltban, a jelenünkre vonatkozó becslések pontatlanul közelítették meg azt az igényt, amik mára tényekké váltak. Ez a pazarlás velejárójaként jelent meg a mindennapjainkban, bár a lakosság viszonylag kicsi késéssel követte le ezeket az energetikai korszerűsítéseket, először kisebb beruházásokkal. A nyugati szellemiséggel élő termelő vállalatok nagyságrendekkel nagyobb összegekkel fejlesztettek, a gazdaság viszonyai miatt elég jó megtérüléssel.

Az oktatási intézetek elhanyagoltsága, korlátozott gazdasági lehetőségei, még nagyobb gátat szabtak a fejlesztéseknek, az energia korszerű és észszerű felhasználásnak, illetve a létesítmények alacsonyabb üzemeltetési költségei mellett, a magasabb színvonalú karbantartási célok elérésének.

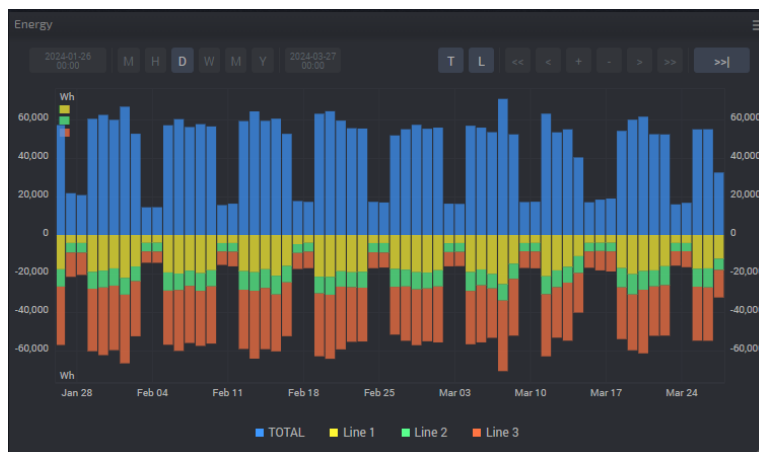
A feldolgozott téma, egy iskola villamos felújítása, korszerűsítése, felkészítése a telepítendő megújuló energia minél hatékonyabb felhasználására.

2. Energiamérés fontossága.

A szolgáltatói mérés pontossága az elszámolásban nélkülözhetetlen. A szolgáltató díjait általában kérdés nélkül térítik meg a felhasználók. Amennyiben nincs információ a villamos rendszer állapotáról, üzemeltetési körülményeiről, akkor teszik ezt abban a hiszemben, hogy csak azért fizetnek, amit elfogyasztanak. A tervezést megelőzően, minden esetben megvizsgáljuk a számlák tartalmát, hiszen tartalmaz olyan információkat, ami nekünk, „energiával” foglalkozó szakembereknek többet mondanak, mint a fizetendő végösszeg. Sajnos ezek a vizsgálatok mindig a nulladik lépésként felhelyezett energia-fogyasztást mérő műszer által jelzett értékeket mutatja, és miután rákérdezzük, hogy nem sok-e a számla, mindig igenlő választ kapunk. Innen eredeztethető a figyelmetlen pazarlás. A villamosenergia-árszabásokat, azok ár alkalmazási feltételeit és egységárait a 4/2011. (I. 31.) NFM rendelet, a 217/2022. (VI. 17.) Korm. rendelet és az annak alapján közzétett hirdetmény, B Komfort és B Geo árszabások esetén az egyetemes villamosenergia-szolgáltatói üzletszabályzat tartalmazza. Nagy általánosságban, sajnos, ezzel számolnak azok, akik nem jártasok a villamos hálózat, illetve az elektromosság műszaki kérdéseiben.

2.1 A létesítmény mérése, meddő fogyasztás

Egy hálózati fogyasztásmérés, állapot analízis sok mindenre megadhatja a választ. A legtöbb ipari létesítmény a ténylegesen szükségesnél több áramot vesz fel a regionális villamosenergia-ellátásból. A teljesítménytényező az üzemi (aktív) teljesítmény és a teljes (látszólagos) fogyasztott teljesítmény közötti összefüggés. Minél jobb a teljesítménytényező, annál hatékonyabb az elektromos energia felhasználása. A korszerűtlen és nem karbantartott általában fénycsöves világítótestek, az épület szellőztető rendszere nagyban hozzájárult ezekhez az értékekhez. Például 1 kW valós teljesítmény eléréséhez, ha a teljesítménytényező egységnyi, 1 kVA látszólagos teljesítményt kell átvinni ($1 \text{ kW} \div 1 = 1 \text{ kVA}$). Alacsony teljesítménytényezőnél több látszólagos teljesítményt kell átvinni, hogy ugyanazt a valós teljesítményt kapjuk. 1 kW valós teljesítmény eléréséhez 0,2 teljesítménytényező mellett 5 kVA látszólagos teljesítményt kell átvinni ($1 \text{ kW} \div 0,2 = 5 \text{ kVA}$). Ezt a látszólagos teljesítményt elő kell állítani és ennek a díját, helyi kompenzálás hiányában meg kell fizetni.



1.ábra. A mért létesítmény napi fogyasztási diagramja. (forrás: saját mérés)

„A reaktáns elemek miatt a fogyasztók árama nagyobb a hatásos teljesítményhez tartozó értéknél. Ez a nagyobb áram a villamosenergia-hálózatokon nagyobb hőveszteségeket, a transzformátorok túlterhelését, a kábelek melegedését, valamint feszültségesést okoz. A veszteség oka a látszólagos és a hatásos teljesítmény közötti fáziseltérés. Minél nagyobb a fáziseltérés, annál nagyobb a veszteség, vagyis a teljesítménytényező ($\cos\phi$) csökken. Az áramszolgáltató célja tehát a $\cos\phi$ növelése, annak érdekében, hogy ne terhelődjön feleslegesen a villamosenergia-hálózat. A meddő energiát az áramszolgáltató is biztosítja, és kiszámlázza, ha a fogyasztó az átviteli hálózatról vételezi.” (forrás: <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2015/aprilis/3597-fazisjavitas-helyes-meddoenergia-gazdalkodas>)



2.ábra, a mért iskola teljesítmény tényezője (forrás: saját mérés)

Az ilyen jellegű fogyasztási, üzemeltetési anomália mellett jelentkeznek azok a kérések, hogy folytassunk vizsgálatot és javasoljunk megoldást a létesítmény energia felhasználásának kedvezőbb körülményeire.

Az iparban már működő szabályozás, az 1/2020. (I. 16.) MEKH, az energetikai szakreferens igénybevételére köteles gazdálkodó szervezetek által telepítendő almérők telepítési pontjainak, valamint az almérők alkalmazásával történő mérés minimális követelményeinek meghatározásáról rendelet szabályozza. Ezt a nagyfogyasztók, ipari jellegű cégek, létesítmények már alkalmazzák. Igaz rájuk nagyságukból adódóan kötelező érvényű. A MEKH rendelet szerint mérendő üzemegységek, berendezések, melyek áram felhasználása a beépített teljesítmény (kW) és az üzemidő (óra) alapján nem határozható meg, pl.:

- beépített teljesítménynél alacsonyabb teljesítményszinten is üzemszerűen tudnak működni vagy működésüket képesek leállítani, amit üzemóra-számláló nem rögzít.

50 kW feletti névleges teljesítményű berendezéseket (pl. kompresszorok, motorok, szivattyúk, egyéb hajtások és technológiai berendezések

70 kW feletti névleges elektromos teljesítményű hőtermelő és klímaberendezéseket (pl. klíma, légkezelő, hőlégbefúvó, hőszivattyú).

100 kW feletti egy betáplálási ponton keresztül megtáplált és technológiai sorba állított berendezéseket (pl. gép/gyártósor, üzemcsarnok, illetve épület), ez pont csak 2022.01.01-től lép életbe. TAO törvény szerinti energiahatékonysági beruházási támogatás igénybevétele esetén a beruházással érintett villamos-energia felhasználási ponton szintén, ha a villamos energiafelhasználás a beépített teljesítmény és az üzemidő alapján nem határozható meg. Azon berendezések esetében, amelyek üzemideje a tárgyévet megelőző három év átlagában 1.000 üzemóra/év alatt van, nem kötelező az almérő kiépítése.

Megnevezés	2021.01.01-től kötelező	2022.01.01-től kötelező
Villamos berendezések	100 kW felett	50 kW felett
Hőtermelő és klímaberendezések	140 kW felett	70 kW felett
Egy ponton keresztül megtáplált berendezések		100 kW felett
Almérő kiépítési mentesség	2000 üzemóra/év alatt	1000 üzemóra/év alatt

3. ábra kiépítési feltételek táblázata (forrás: <https://sb-controls.hu/almerojogszabaly>)

Ezen peremfeltételek nem jelentkeznek egy régebbi tervezésű és építésű oktatási intézmény esetében. Ennek tudható be az a helyzet, hogy a megváltozott gazdasági helyzet, illetve energia díjak nyitották fel a szemüket ezeknek a fogyasztóknak.

2.2., Napelemes rendszer, mint energiaforrás

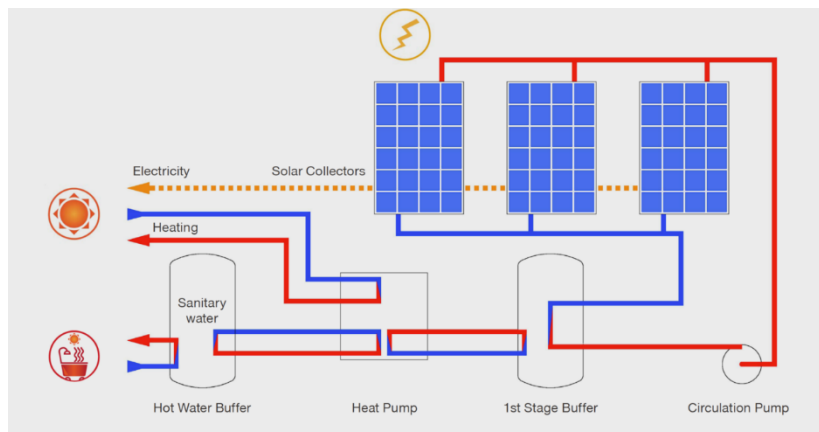
Energia ellátási problémák, rendelkezésre állási vonatkozásban, Magyarországon nem jellemzőek. Tehát a villamos energia nem hálózati szolgáltatótól történő fogyasztásának kiváltása, energia-logisztikai kérdést nem vet fel. Ami miatt mégis jelentkezik az igény, -bár tény, hogy sokkal lassabban reagálva, mint néhány környező ország-, hogy önellátásra is alkalmas párhuzamos betáplálási villamos hálózat kerüljön kialakításra. A gazdasági helyzet, finanszírozási lehetőségek, a korábbiakban lehetőséget adtak arra is, hogy akár kiserőművi szinten, szaldós elszámolásban, napelem (PV) rendszer kerüljön ilyen létesítmények tetejére. Gazdasági megfontolásból ez egy igen kedvező helyzet, ebben a témában most eltekintünk az épületek általános műszaki állapotáról, amely néhány esetben megakadályozta, megakadályozhatta, egy ilyen rendszer tetőn, földemen történő elhelyezését.



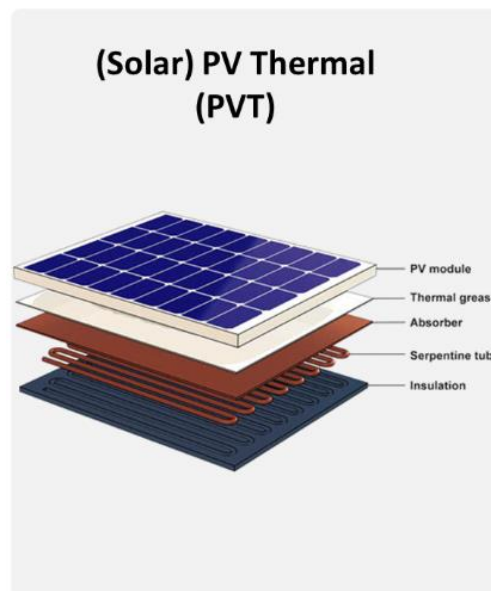
4. ábra, lapostetőn elhelyezett PV rendszer (forrás: EG Solar)

Egy ilyen rendszer, megfelelő méretezés mellett, akár pozitív energia és gazdasági helyzetet is hozhat, amiből a jövőben akár más hatékonyságot növelő beruházások is megfinanszírozhatóak lehetnek.

Sajnálatos módon az energia díjak, elszámolás, megtérülés, befektetés négyszög olyan mértékben torzult, hogy jelenleg kevésbé kedvező lehetőségként számolhatunk egy ilyen újonnan telepített rendszerrel. A feldolgozott esetben csak azt a hatást érte volna el, hogy a szolgáltatótól vételezett energia díját mérsékelte volna, de a hálózat megjavítására nem lett volna hatással. Bár tervben van, miután a villamos hálózatot mentesítettük a meddő fogyasztástól, hogy a beruházást megvalósítják, villamosenergia és hőenergia tarolásával együtt. Ez a fajta szemléletváltás igen komoly ráfordítást igényel majd, de a hosszú távú, alacsony üzemeltetési költségű létesítmény kialakítása, fenntartása a célja a partnernek.



5. ábra, kombinált napelem rendszer (forrás: SolarMaster)



6. ábra, hibrid napelem panel (forrás: <https://poweroptimal.com/solar-pv-vs-solar-thermal-vs-heat-pumps-which-is-best-for-water-heating/>)

2.3. Természetes fényforrás

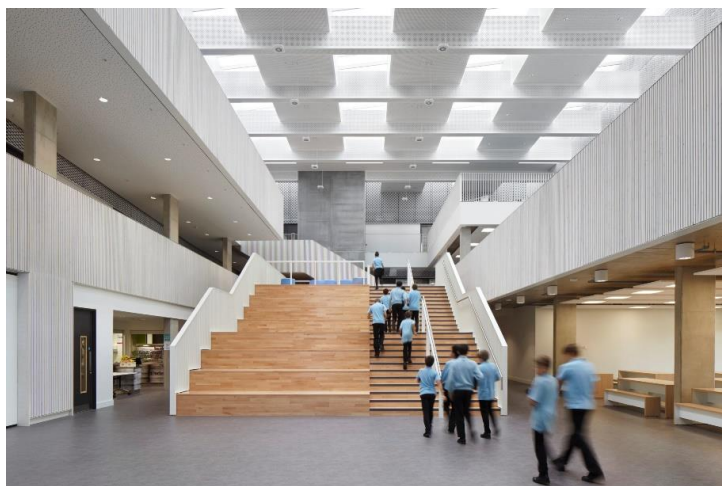
Ha a világításra gondolunk, három különböző dologra kell gondolni: az energia forrására, előállítására, a lámpatestre és a látható fény előállításához használt technológiára. Az ingyen energia a természetes fény: A legfontosabb fényforrás a nap, és ennek a bőséges fénynek a leginkább alulértékelt felhasználási módja az az építészet, melyben a régi időkben nehezen volt megoldható, hogy ezt be tudják vezetni az épületekbe.

A történelmi építészet egyik legismertebb példája, amely a napfényt használja a tervezés során, a Pantheon. A Római Birodalom talán legjelentősebb építészeti vívmánya, a Pantheont szinte teljes egészében a kupolája tetején lévő szabadtéri kör köré tervezték.



7. ábra, természetes felülvilágító megoldás (forrás: Pantheon Photo)

Ezt a megoldást a modern építészet is igyekszik használni, hiszen a Nap, mint fényforrás továbbra is kimeríthetetlen és természetes.



8. ábra, iskolai földem szerkezet, természetes megvilágítással (forrás: Construction Magazine)

2.4. Mesterséges fényforrások történelme

Mesterséges mégis természetes fényforrások voltak kezdetben a fáklyák: Az Illuminating Engineering Society szerint „az ember alkotta világítás első kísérlete körülbelül 70 000 évvel ezelőtt történt. Nem gyúlékony tárgyból alakították ki, amelyet éghető anyaggal (valószínűleg kiszáradt fűvel vagy fával) megtöltöttek, állati zsírral átírták és meggyújtották. Az épületekre szerelt hasonló elven működtek, de az alapelvek ugyanazok, az üzemanyag forrása valamilyen olaj, viasz vagy éghető anyag, amelyet nem gyúlékony anyag vesz körül. A világítás (gázlámpák és elektromos lámpák) következő jelentős előre lépése az ipari forradalom idején, majdnem egy évszázaddal egymás után következtek be. A gáz esetében a fő előnyök (a villamos energia továbbításának akadályai) a már meglévő infrastruktúra volt, amikor az elektromos lámpák megjelentek, mert a gázt főzéshez is lehetett használni. Gázlámpák: A gázvilágítást 1790-ben Angliában fejlesztették ki, és nem sokkal ezután William Murdoch vezette be az Egyesült Államokba. A Rhode Island állambeli Newportban található Pelham Street volt Antik gázvilágítás az első útszakasz Amerikában, ahol bevezették a Murdoch-féle gázlámpákat (1792-ben szerelték fel).

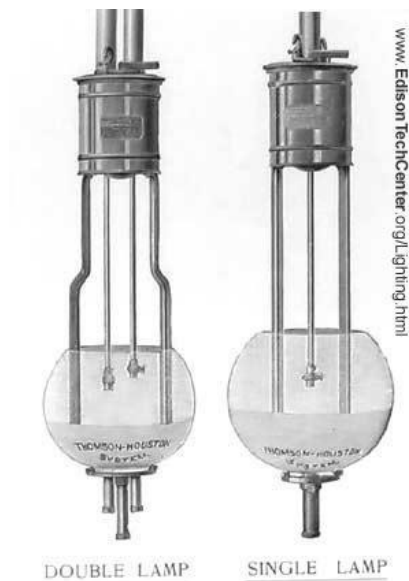
Csak néhány évtizeddel később gáz üzemanyagot használtak utcai világításra az Egyesült Államok keleti nagyvárosaiban. Az évek során különböző típusú gázokat használtak, beleértve a metánt, az acetilént, a butánt, a propánt, a hidrogént és a földgázt. A gázlámpák és az ezeket támogató infrastruktúra elterjedése a városokban és a külvárosokban tükrözte a korszak előrehaladását.



9. ábra, gázlámpa, fali kar(forrás:

<https://georgia.libertyutilities.com/columbus/residential/new-services/gas-lamp-works.html>)

Az elektromosság elterjedése lehetővé tette a világítási megoldások fejlesztését is, azaz elkészültek az első elektromos lámpák. Az első elektromos lámpát az angol Humphry Davy készítette. Az ő találmánya volt az, amit általában ívfénynek nevezünk.



10. ábra, Davy féle ívlámpa (forrás: Edison Tech Center)

Talán Thomas Edison amerikai feltaláló a legismertebb ember az elektromos izzók fejlesztéséről és az ezeket támogató infrastruktúráról. 1879-ben Edison egy hosszú élettartamú villanykörte feltalálását tűzte ki célul, amely felveszi a versenyt a gázvilágítással (különösen beltéri használatra). Első sikeres prototípusa 1879. október 22-én volt, amikor izzólámpája 13 és fél órán keresztül égett. Néhány hónappal ezután Edison felfedezett egy elszenesedett bambuszszálat, amely 1200 órán át égett. Ez volt az a forradalmi előrelépés, amelyet keresett, és ez képviselte azt a szükséges világítási technológiát, amely ahhoz szükséges, hogy az elektromosságot a beltéri és kültéri világítás elsődleges áramforrásaként állítsák elő. Az izzólámpák mindaddig uralják a világítás világát, amíg a fénycsöveket Daniel McFarlan Moore 1904 körül be nem vezette a kereskedelembé. Bár a korai fénycsövek működéséhez nagyfeszültségre és nem szabványos csatlakozókra volt szükség, az izzólámpákhoz képest viszonylag magas hatásfokuk jelentős volt. elég a verseny ahhoz, hogy a General Electric nagy izzógyártója a wolfram szál bevezetésével javítsa izzólámpái technológiáját. Ezzel egy időben (1901 körül) egy Peter Cooper Hewitt nevű feltaláló kifejlesztette az első higanygőz-lámpát, amely egyszerre volt nagy hatásfokú és kompatibilis a szabványos elektromos infrastruktúrával. Az egyetlen világítástechnika, amely jelentősen különbözött a 20. században feltalált különféle izzóktól, a Light Emitting Diode (LED). A LED-es világítás egy szilárdtest

lámpa (SSL), amely nem igényel üvegházat, mint a hagyományos izzók, és az elektromos áram félvezetők segítségével történő átalakításával állítja elő a fényt.

3. Komfortelmélet, a mesterséges világítás fontossága

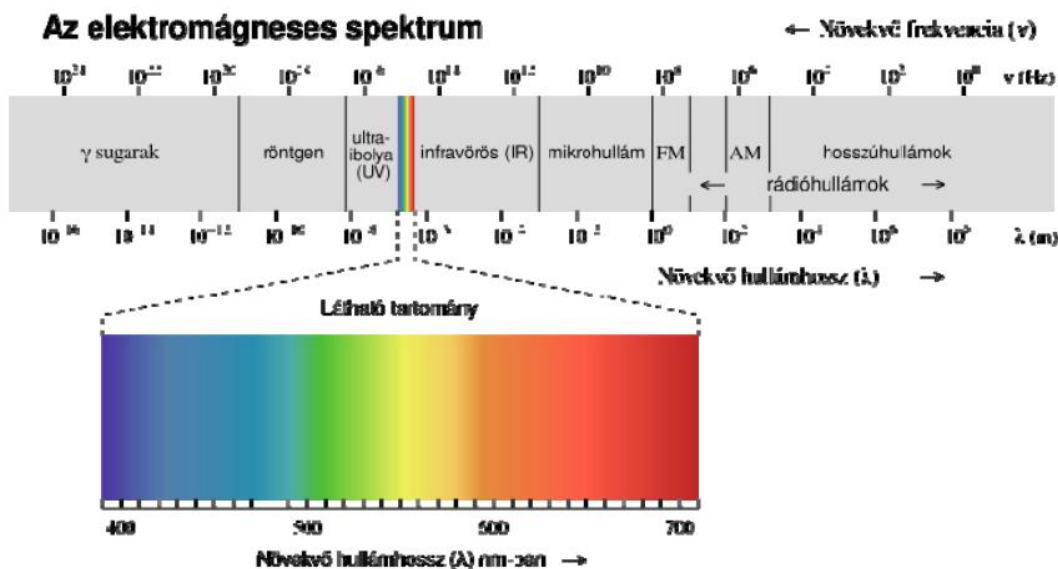
A megvilágításnak nem csak esztétikai szerepe van. Hatással van a közérzetre, hatással lehet az egészségünkre is. A mindennapi életben fontos, hogy a természetes fény mellett a mesterséges világítás is kielégítse az igényeinket. Az emberek az idejük nagy részét zárt térben töltik. Az emberi élet szoros kapcsolatban van a vizuális vagy látható környezettel, függ tőle, ugyanis az érzéki információink közel 90%-ához látás útján jutunk, tevékenységünk is többé-kevésbé látáshoz kötött. A látás, a vizuális környezettől függően, lehet jobb-rosszabb, zavarmentes vagy valamilyen mértékben kényelmetlen. A vizuális komfort a fiziológiai és pszichológiai hatások alapján kialakuló olyan tudati állapot, amely a látható környezettel kapcsolatos megelégedettséget fejez ki. A belső téri vizuális környezet úgy jön létre, hogy valamilyen helyiséget megvilágítunk, ilyen módon a vizuális környezetnek két komponense van: az egyik a fény nélküli, a fényt többé-kevésbé visszaverő, illetve áteresztő felületekkel határolt és berendezett helyiség – ami lényegében egy passzív komponens – és a másik a fény, mint aktív komponens, a helyiséget láthatóvá teszi.

A vizuális környezet úgy jön létre, hogy a felületekkel, anyaggal határolt teret megvilágítjuk, ami által láthatóvá válik. A világítás célja a megfelelő vizuális környezet létrehozása. A vizuális környezetet az ember számára hozzuk létre, így az csak az emberi látás sajátosságainak figyelembevételével értékelhető. Az általam vizsgált esetben ez az iskolára is igaz. Sőt kiemelt figyelmet igényel, hiszen a jó közérzet, a szellemi munkavégzés minőségi környezetet igényel. Úgy kell megválasztanunk a világítótesteket, úgy kell méretezni a megvilágítást, hogy megfeleljen olyan technikai feltételeknek, mint a **káprázás**, a **színhőmérséklet**, a megvilágítás **egyenletesség**, és a **fényerő**.

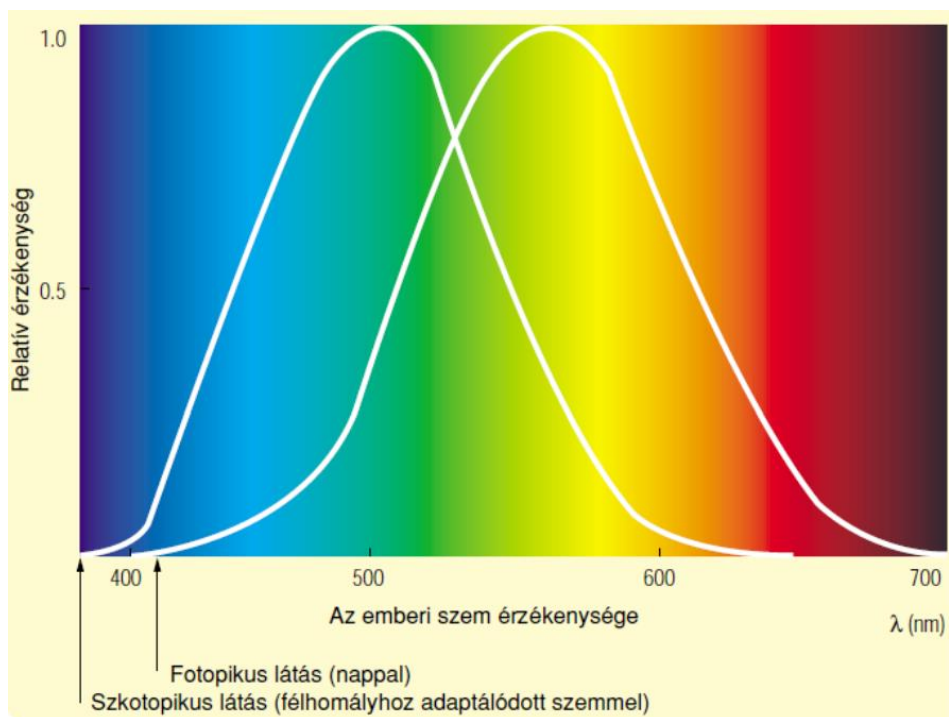
A fény nem más, mint az elektromágneses hullámok vagy részecskék alakjában történő energiakibocsátás vagy energiaátvitel – a sugárzás – látható részének érzékelés szerinti megfelelője, és amelynek keltésével, mérésével, alkalmazásával és az emberre kifejtett hatásával a fénytechnika (optika) foglalkozik. A fény az elektromágneses sugárzás (11.ábra) szemünk által érzékelhető hányada. Az ún. látható tartomány 380 nm-től 780 nm-ig terjed, ezen belül a szemünk a hullámhossztól függően képes a sugárzást fényéretté alakítani.

A frekvencia alapján a következő sugárzásokat különböztetjük meg: monokromatikus sugárzás, amelyet egyetlen frekvencia jellemez, illetve az összetett sugárzás, ha a sugárzás egyidejűleg több hullámhosszon történik. Az emberi szem a kb. 550 nm-es (sárga-zöld) sugárzásra a legérzékenyebb (12. ábra): ezt az értéket tekintik 1-nek, amely azután gyorsan csökken az ultraibolya és az infravörös színek irányába is.

A látható sugárzás valamennyi komponense adja a fehér fény érzetét. Érdekes jelenség a Napból érkező fény és légkör viszonya, hiszen ugyanazt a fényt teljesen más színűnek látjuk, illetve más színűre festi az „ eget”. Ez a jelenség a **fényszórás**. Ha a fény közegen halad át, és közben nem nyelődik el, hanem csupán rendezetlen irányban elterül, akkor ezt a jelenséget fényszórásnak nevezzük.



11. ábra. A Napból érkező sugárzás spektruma. (forrás: Dr. Husi G. VILÁGÍTÁSTECHNIKA)



12. ábra. A szem érzékenysége a hullámhossz viszonylatában (forrás: Dr. Husi G. VILÁGÍTÁSTECHNIKA)

A megvilágítással kapcsolatos számításokhoz szükség van változókra, adatokra. Ilyenek például: térszög, fényáram, fényerősség, megvilágítás, megvilágítási szint, fénysűrűség, fényhasznosítás színhőmérséklet. Ezek a paraméterek a világítótestek kiválasztásánál fontos szerepet kapnak. Ilyen például a **fényáram**, ez leolvasható az adatlapról: A sugárzott teljesítményből leszármaztatott mennyiség, amely az optikai sugárzást a szabványosított spektrális fényhatásfok szerint értékeli. Jele: Φ , Φ . Egysége: Lumen, jele: lm. A gazdaságosság oldaláról ilyen a **fényhasznosítás**, Egy fényforrás által kibocsátott F fényáram és az annak előállításához a fényforrás által felvett teljesítmény hányadosa $e = \Phi/P$. Mértékegysége: lm/W. Lényegében a lámpa hatásfoka, vagyis azt mutatja meg, hogy a lámpa mekkora hatásfokkal alakítja át a felvett elektromosságot látható sugárzássá. Ami a komfortérzetet nagyban befolyásolja, a színhőmérséklet: egy ideális sugárzó anyag (fekete test) fokozatos melegítés hatására különböző hőmérsékleteken különböző színű fényt bocsát ki. Egy lámpa **színhőmérséklete** az a hőmérséklet, amelyre a fekete testet fel kell melegíteni ahhoz, hogy ugyanolyan spektrumot, ugyanolyan színű fényt bocsásson ki, mint a kérdéses lámpa. Mértékegysége: K (Kelvin).



13. ábra. Különböző színű „fehér” megvilágítás. (forrás: Lumenet)

3.1. Méretezési elmélet általánosságban

A világítás mérésekor a következő feltétel befolyásolja az eredményeket: A fotometriai paraméterek értékelési rácsa a tervezéshez és a méréshez, a lámpatestek elrendezése és az értékelési rács elhelyezkedése a tervezéshez és a méréshez, környezeti hőmérséklet, ahol a fényáram a hőmérséklettől függ.

Vannak egyéb feltételek, például a bútorok, a fényvisszaverő képesség. Ehhez egységes mérési és értékelési szabályokra van szükség. Az alkalmazandó mérési rácsot, azaz a kérdéses helyiségben a mérési pontok tömbjét, a munkahelyi világítás szintjén kell meghatározni (az EN 12464-1 szabványban), sportvilágítás (EN 12193 Sportvilágítás) és műtő világításához

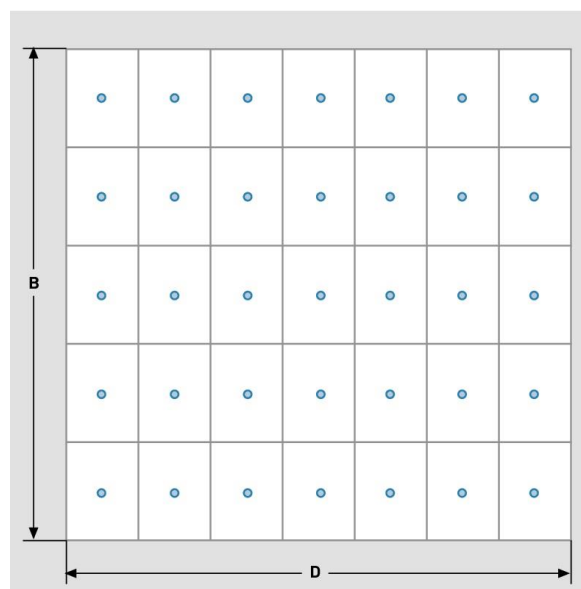
(Különleges követelmények az alapvető biztonságra és a műtéti lámpatestek és a lámpatestek alapvető teljesítményére a diagnózishoz). Németországban azonban létezik egy további speciális DIN 5035-6 szabvány. Mesterséges világítás – 6. rész: Mérés és értékelés, amely meghatározza a használni kívánt mérőműszerek kiválasztását és a mérés és rögzítés további alapvető paramétereit.

A mesterséges világítás méréséhez többek között a következő feltételeknek kell teljesülni: kerülni kell a napfény vagy más fényforrás formájában zavaró fényt. Új létesítményekben új lámpatesteket, régi épületben tisztított lámpatesteket használunk. Ha fénycsöveket használunk a 100 órás üzemidő az ideális. Biztosítani kell a világítóberendezés működését, kisülőlámpák esetén a berendezést legalább 30 perccel a mérés előtt be kell kapcsolni, hogy a teljes fényáram kialakuljon. Egyes esetekben a napfény megszüntetése nem lehetséges. Az orientációs mérésekhez differenciálméréseket is lehet végezni. Ez azt jelenti, hogy az 1. lépésben megméri a napfény és a mesterséges megvilágítás összegét, a 2. lépésben pedig a napfény értékét a mesterséges világítás kikapcsolásakor, majd az eredményt levonják a kezdeti értékből. Fontos azonban felismerni, hogy a napfény komponense gyorsan és észrevehetően változhat, és így jelentősen befolyásolhatja a mérési eredményt. Ezenkívül a mérés előtt rögzíteni kell a helyiségre és a világításra vonatkozó adatokat: A szoba geometriai méretei, a szoba berendezései és felszerelései például bútorok, fényvisszaverő értékek. A szoba használatának típusa, munkaállomások elrendezése, karbantartási állapot pl. a szennyeződés állapota, a helyiségben a világítótestek elrendezése, világítótest és lámpa típusa, világítótest gyártója, adatlapja. A lámpatestek különleges tulajdonságait is, pl. a vezérlőkészülék típusa. A lámpatestek állapota (a méréseket általában 100% -os fényárammal hajtják végre).

A feszültség és a környezeti hőmérséklet állandóságát is biztosítani kell a légkondicionáló vagy szellőztető berendezésekkel, adott esetben, a mérési pontok helyén, a mérés idejére. A világítási méréseket legalább a B osztályú megvilágítási vagy fényerősség-mérő eszközökkel kell elvégezni. A mérőműszerek kalibrálása legalább kétfévente ajánlott.

A mérőműszerekkel kapcsolatos információk a CIE 69/1987 számú kiadványában található: "A megvilágítási mérők és a fényerőmérők jellemzésének módszerei; teljesítmény, jellemzők és specifikációk". Ezeket a német DIN 5032-7: 1985-12 "Fotómérés; megvilágítási és fényerőmérők osztályozása" szabványba is beillesztették".

A munkaállomások világítási kritériumainak a szabványokban előírt betartásának értékeléséhez általában elegendő a fent említett szabvány szerinti C osztályú fotométerrel történő mérés. Ezek lényegesen olcsóbbak, mint az A és B osztályú műszakilag nagyon kifinomult precíziós mérőműszerek. Ezek az eszközök ugyanakkor szigorú követelményeket is teljesítenek: a teljes mérési hiba a megjelenítetthez viszonyítva nem haladhatja meg a 20% -ot a teljes mérési tartományban, a megvilágítási (vagy fényerősség) mérések az összegyűjtött radiometrikus sugárzási intenzitásból (vagy radiometrikus sugárzási sűrűségből) és súlyozásukból származnak, az emberi szem spektrális érzékenységének felhasználásával, a $V(\lambda)$ beállítás hibája nem haladhatja meg a 10% -ot a beeső sugárzás hullámhosszán.



14. ábra: Példa mátrix pontokkal rendelkező mérőrácsra (saját szerkesztés)

3.1. A mérési mező

A méréseket a mérési mezők közepén hajtják végre (mátrix pontok az ábrán). Ha a mérőmezők rácsmérete nem esik egybe a lámpatestek elrendezésével akkor növelni kell a mérési mezők számát. A mérési pontok és az M számítási pontok száma közötti P távolság a referenciafelület leghosszabb oldalának D hosszától (m-ben) függ, és az alábbiak szerint kiszámítható a következő képlet azokban az esetekben, amikor a D / B referenciamező oldalaránya (lásd az ábrát) kisebb, mint 2: 1. Azokban az esetekben, amikor a D / B meghaladja a 2: 1-t, a képlet a B referenciamező rövidebb oldalának hosszát tartalmazza D helyett. A képlet grafikus ábrázolását az ábra ábrázolja (az EN 12193 "Világítás – Sportvilágítás" című részében található). A mérési pontoknak a referenciafelület hosszabb

oldala felé mutató megfelelő minimális M számát az $M = D / P$ arány következő nagyobb teljes páratlan száma határozza meg. A mérési pontok minimális száma a referenciafelület rövidebb oldala felé a következő nagyobb egész számból származik: $N = M \cdot B / D$, B , amely a referenciafelület rövidebb oldalának hosszát képviseli.

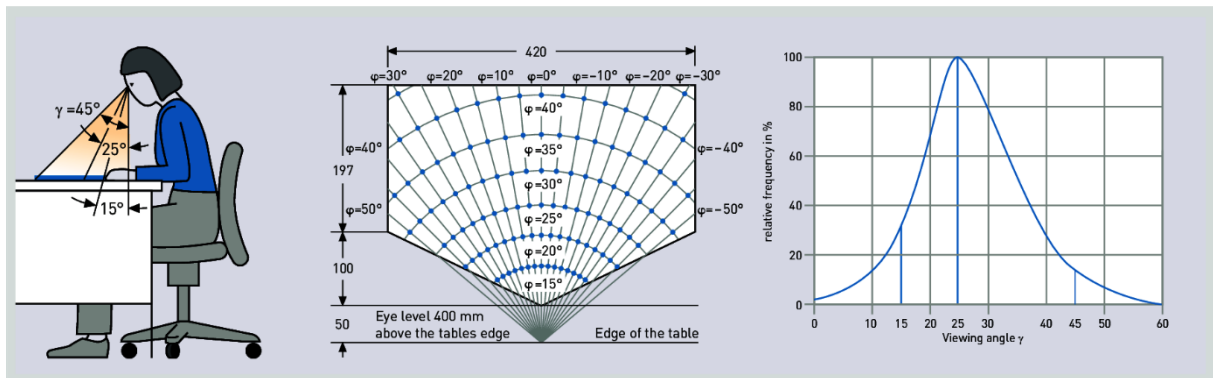
3.2 A mérési sík

A mérést általában abban a síkban hajtják végre, ahol a munkavégzés zajlani fog, esetünkben az asztalok síkja. Ez a sík lehet vízszintes, függőleges vagy dönthető. A vízszintes megvilágítás mérési síkja pl. irodák esetében a padló felett 0,8 m magasságban, az EN 12193 szabványban meghatározott, a sportlétesítményekre vonatkozóan a referenciafelületen magas színhűséggel, a menekülési útvonalakhoz a padló felett 0,2 m magasságban, hasonlóan a forgalmi útvonalak, lépcsők és parkolóépületek helyiségeiben. Az árnyék részleteinek felmérése érdekében a hengeres és vízszintes megvilágítást 1,2 m magasságban kell mérni a padló felett. A parkolóházakban a félhengeres megvilágítást 1,5 m magasságban kell mérni a padló felett. A megvilágítás mérése a legfontosabb és leggyakoribb feladat meglévő világító berendezés mérésekor, illetve új telepítés esetén. A megvilágítást a mérőrács közepén mérik. A luxmerek fotoelementumból (fotó elektromos vevő) és leggyakrabban egy digitális kijelző eszközből állnak, közvetlenül luxban kalibrálva.

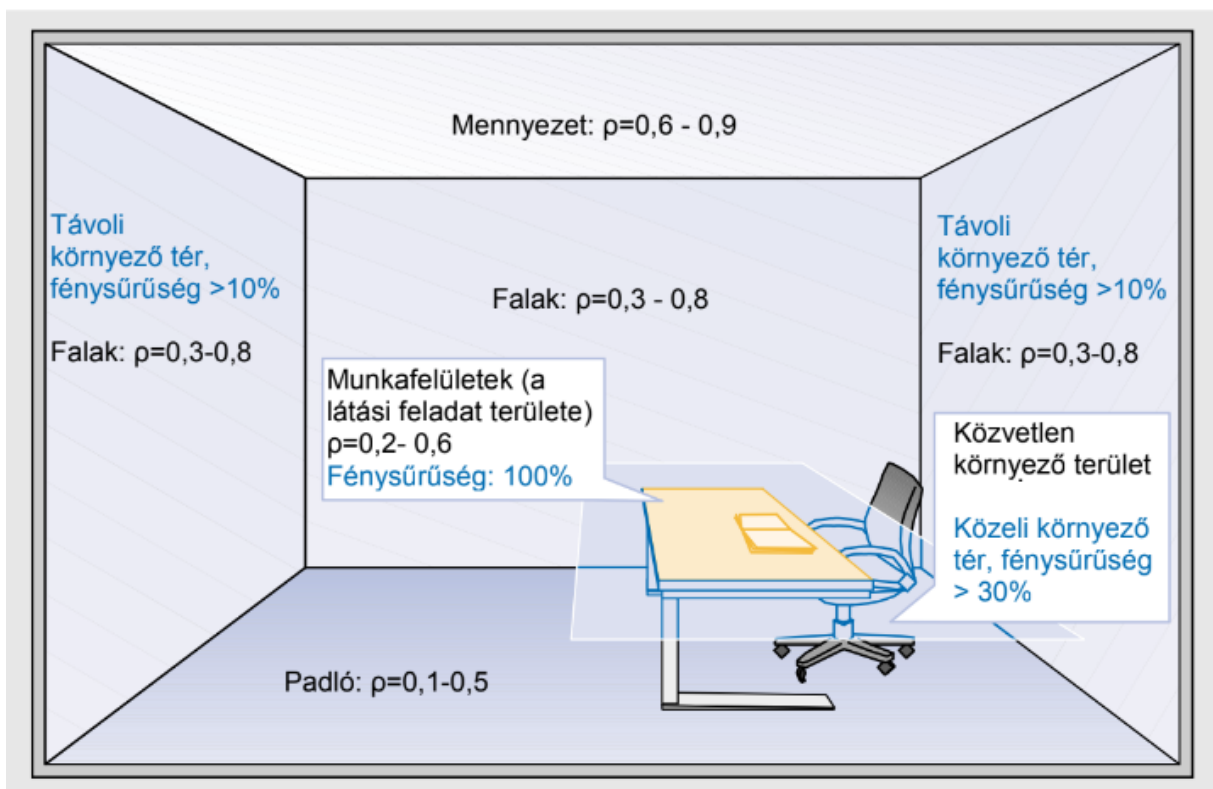


15. ábra, műszer a megvilágítás mérésére (saját műszer)

A mérés szempontjából fontos, hogy sem az emberek, sem a tárgyak, sem a szokásos berendezések ne akadályozzák, módosítsák a mérés eredményét. A munkahelyi egészségvédelem és biztonság szempontjából azonban hasznos lehet a megvilágítás mérése a munkaállomáson lévő személy normál testtartása esetén (16. ábra). A mért pont megvilágítási értékei alapján kiszámítják az átlagos megvilágítást és annak egységességét.



16. ábra. A CRF mérésének látószöge és referenciamezője (forrás: oktatási jegyzet)



17. ábra. Reflexiós tényezők és fénysűrűség arányok (forrás: oktatási jegyzet)

4. Világítástechnikai szabvány

Számos szabvány szab feltételt a világítástechnikában (17. ábra). A munkahelyi világításról a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet írja elő a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjeit. A rendeleten belül csak egy néhány sorból álló rész foglalkozik a helyiségek természetes és mesterséges megvilágításával, azonban a következő mondat is megtalálható ebben a részben: „A világítás mennyiségi, minőségi jellemzőit nemzeti szabvány határozza meg.” Ez a bizonyos nemzeti szabvány az MSZ EN 12464, melynek első része (12464-1) a belső terek, a második része (12464-2) pedig a kültéri munkahelyek követelményeit taglalja.

- MSZ EN 12464-1:2003: fény, világítás, munkahelyi világítás.
- MSZ 9620: fénytechnikai terminológia.
- MSZ 20194 közforgalmú területek mesterséges megvilágítása.
- MSZ EN 40: lámpaszlopok.
- MSZ EN 1838: tartalék világítás.
- MSZ EN 50294 : eljárás lámpa előtét kapcsolások összteljesítményének mérésére.
- MSZ EN 60061: lámpafejek és lámpafoglatok, valamint csereszabotosságot és biztonságot ellenőrző idomszerek..
- MSZ EN 60068-2-63: környezet állósági vizsgálatok, ütés,rugós kalapács.
- MSZ EN 60155: fénycső gyűjtők.
- MSZ EN 60238: edison menetes lámpafoglatok.
- MSZ EN 60320: készülék csatlakozók háztartási és hasonló célokra.
- MSZ EN 60360: lámpafejek melegedésének szabványos mérési módszere.
- MSZ EN 60400: fénycső és gyűjtő foglatok.
- MSZ EN 60529: IP védettségi fokozatok.
- MSZ EN 60570: sínrendszerek lámpatestek villamos táplálására.
- MSZ EN 60598-1: lámpatestek, általános követelmények és vizsgálatok.
- MSZ EN 60598-2-1: általános célú helyhez kötött lámpatestek.
- MSZ EN 60598-2-2: süllyesztett lámpatestek.
- MSZ EN 60598-2-3: közvilágítási lámpatestek.
- MSZ EN 60598-2-4: általános célú hordozható lámpatestek.
- MSZ EN 60598-2-5: fénycső gyűjtők.
- MSZ EN 60598-2-6: izzólámpás lámpatestek beépített transzformátorral.
- MSZ EN 60598-2-7: hordozható kerti lámpák.
- MSZ EN 60598-2-8: kézilámpák.
- MSZ EN 60598-2-25: kórházi lámpatestek.

18. ábra. Világítástechnikai szabványok (forrás: mérnöki kamara szabványtár)

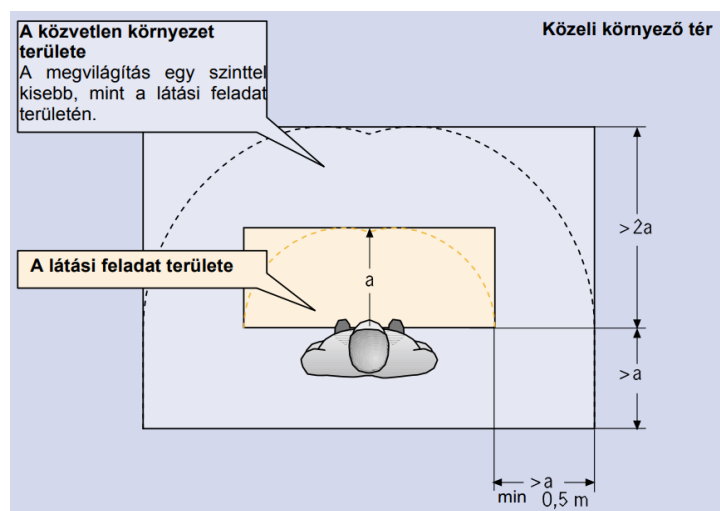
Színvisszaadási osztály	Színvisszaadási tulajdonságok	R _a
1A	kiváló	R _a ≥ 90
1B	nagyon jó	80 ≤ R _a < 90
2	jó	60 ≤ R _a < 80
3	Becsületes	40 ≤ R _a < 60
4	szegény	20 ≤ R _a < 40

19. ábra. Színvisszaadási táblázat (forrás: the-indoor-lighting-standard-12464)

Hely	Megvilágítás (lx)	UGR index	Egyenletesség $U_0 (E_{min} / E_m)$	R_{egy} index	Megjegyzések
Forgalmas és folyósós területek	100	28	0.4	40	150 lx a talajszinttől, ha járművek vannak az útvonalon
Lépcsők, mozgólépcsők és utazók	100	25	0.4	40	
Felvonók	100	25	0.4	40	Lift előtt nem kevesebb, mint 200 lx
Rakodóhelyek	150	25	0.4	40	
Kávészünet szobák	200	22	0.4	80	
Műszaki létesítmények	200	25	0.4	60	
Tárolóhelyek	100	25	0.4	60	200 lx, ha folyamatos a munka
Elektronikai műhelyek, tesztelés és beállítások	1500	16	0.7	80	
Golyósmalmok és cellulózyárak	200	25	0.4	80	
Irodák és írás	500	19	0.6	80	
Kijelentkezési területek	500	19	0.6	80	
Várószobák	200	22	0.4	80	
Konyhák	500	22	0.6	80	Az étterem konyháját és étkezőjét beállító zónával kell elválasztani
Parkolóhelyek	75	-	0.4	40	Megvilágítás padlószintről
Tantermek	300	19	0.6	80	A világításnak állíthatónak kell lennie
Auditóriumok	500	19	0.6	80	A világítást a különböző audiovizuális helyzetekhez kell igazítani

20. ábra. megvilágítási értékek. (forrás: the-indoor-lighting-standard-12464)

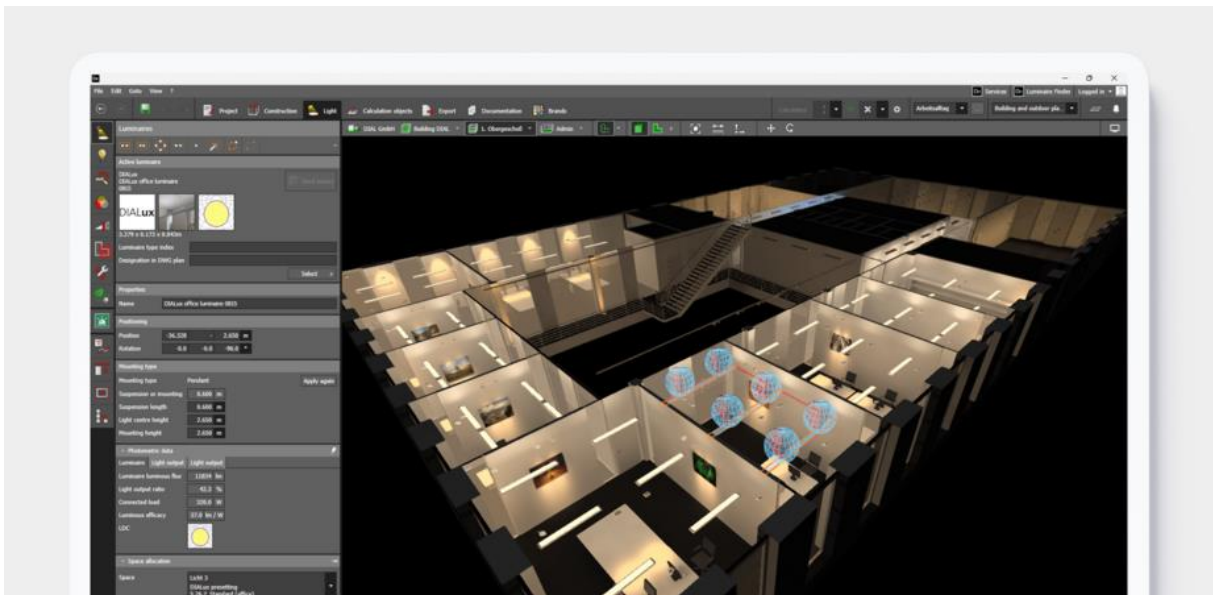
Ezeket a határértékeket az adott felületen kell mérnünk. Az egyszerűség kedvéért az egyenletesség kiszámításakor az adott felületet egy téglalappal is helyettesíthetjük.



21. ábra. Közeli környezeti tér (forrás: 2004. október © TRILUX-LENZE GmbH + Co KG)

5. A tervezéshez használt program bemutatása

A tervezéshez a DIALux programot használjuk. A DIALux ingyenes verziójában csak a DIALux Members lámpatestekkel lehet tervezni. Mindenképpen érdemes beruházni egy bővebb verzióra, hogy a piacon elérhető minden fontos gyártó lámpatestével tervezni lehessen. A DIALux, épületek, helyiségek világításának megtervezésére nyújt lehetőséget. Terveztünk már a használatával templom külső és belső világítást is. Ehhez képest egy tanterem geometriái, formája egyszerűbbé tette a tervezést. Építész alaprajz segítségével megalkotható a tér, ha ez nem áll rendelkezésre, kézzel is megépíthetjük a megvilágítandó teret. A leképezett, megalkotott tér teljesen valóságos, így nem csak szakemberek számára tud kielégítő információval szolgálni. Az alaprajz és a berendezés megtervezését követően, a következő lépés az egyes gyártók lámpatest típusainak kiválasztása. A gyártók termékeinek DIALux fájllal a beépített katalógusokból vagy linkekről érhetőek el, de a tervező fájlok akár külső oldalakról is importálhatóak. A megfelelő világítási értékek beállítását követően a program segítséget nyújt a tervezők számára az egyes lámpatestek elhelyezését és mennyiségét illetően. A számítások elvégzése után komplett dokumentációt kapunk, ami tartalmazza az összes paramétert, a világítótestek típusát, darabszámát és az elhelyezésükre is iránymutatással szolgál. Fontos megjegyezni, hogy a villamos tervezés ugyanolyan értékkel bír és nélkülözhetetlen, de mindenképpen iránymutatás a megvalósuláshoz.



22. ábra. Tervezés a DIALux-ban (forrás:<https://www.dialux.com/en-GB/>)

6. Az épület bemutatása, kiindulási állapot

Ahhoz, hogy az épület világítási rendszerének korszerűsítését el tudjuk végezni, a mérések és a helyszíni szemle alapján, szükségzerű volt a teljes villamos hálózat tervezése és újjáépítése. A már meglévő nyomvonalak felszámolásra kerültek, az új nyomvonalak, főelosztó, szinti elosztók az új igényeknek megfelelően lettek tervezve és kialakítva. A munka akadálymentes elvégzésének a feltétele volt, hogy az iskola üzemben kívül legyen, így a nyári szünet ideje alatt zavartalanul és biztonságosan elvégezhető minden munkát.



23. ábra. Az épület villamos fogadó szekrénye. (saját fotó)

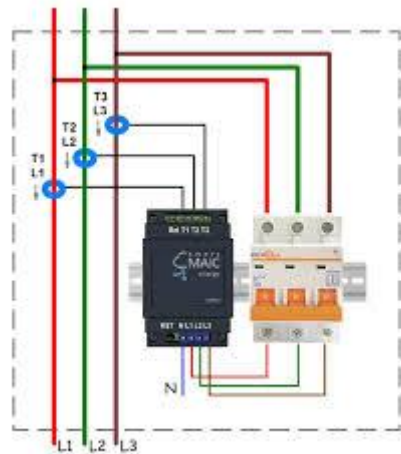
A mellékelt ábrán látszik, hogy a fogadó és épületi elosztó, bár működőképes volt, átalakítása és bővítése már nem volt sem műszakilag, sem szabványosság szerint sem alkalmas a kettős betáplálás fogadására. A betápláló fővezeték keresztmetszete alkalmas volt a megváltozott energiaigény kiszolgálására, így annak újra húzását nem kellett megvalósítani. A villamos fogadó helyiség méretéből adódóan alkalmas lesz, ha műszakilag indokoltá válik, villamos meddő fogyasztás kompenzálására alkalmas kondenzátor szekrény telepítésére. A modernizált új főelosztó szekrény nem csak műszakilag, hanem esztétikailag is jobban illeszkedik a felújítást követően az épületbe.

6.1 Az új főelosztó



24. ábra. Az új főelosztó (saját fotó)

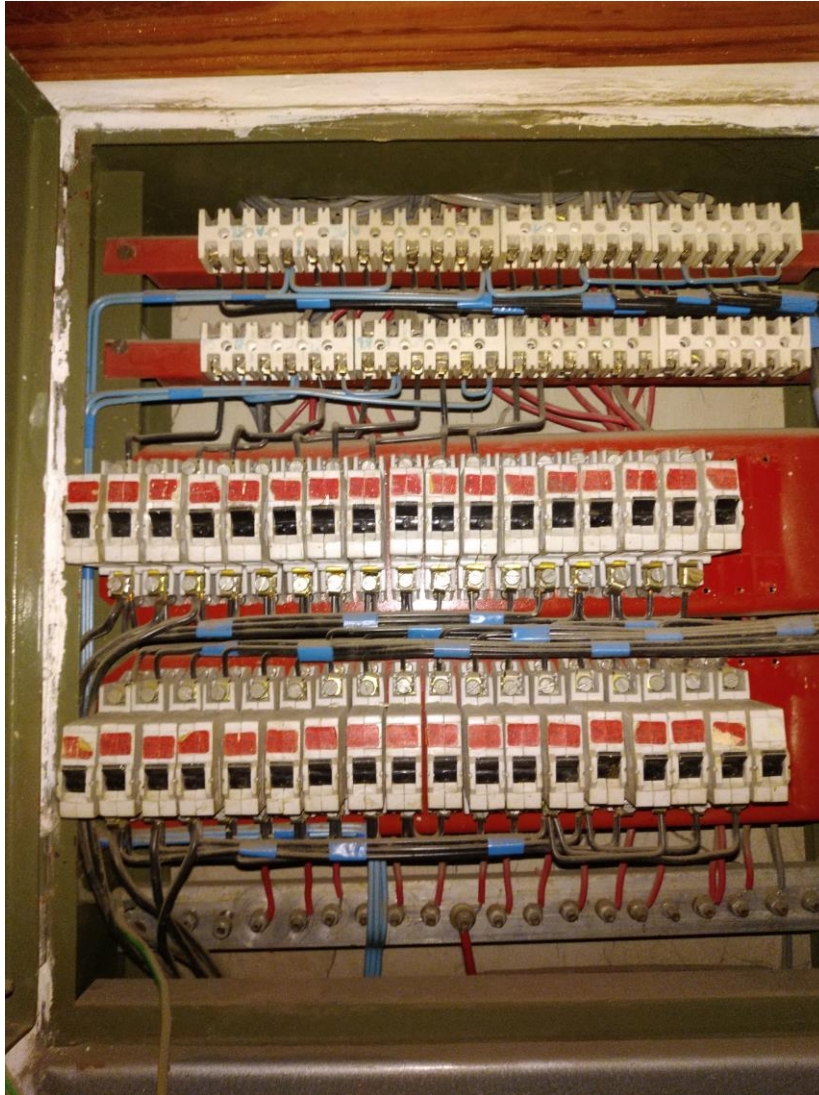
Az új főelosztóba végleges telepítésre került egy okos mérő, mely alkalmas a folyamatos megfigyelésre. Adatai exportálhatóak, amiből feldolgozás után tendenciák és nagy pontosságú becslésekkel tervezhetővé válik a telepítendő PV rendszer teljesítménye. Ez alapján, a befektetés pénzügyi megtérülésének számítása is elvégezhető, a jelenlegi költségekkel és körülményekkel.



25. ábra, áramváltós mérőműszer és bekötése (forrás: Smart Maic)

6.2. Szinti elosztók

A szinti elosztók is lecserélésre kerültek. Bár műszakilag működőképesek voltak, de fizikailag nem rendelkeztek a megfelelő tartalék hellyel, illetve az új nyomvonal kialakításánál jobban láttuk teljes elbontását, a kivitelezés megkönnyítése céljából.



26. ábra. A régi szinti elosztó (saját fotó)

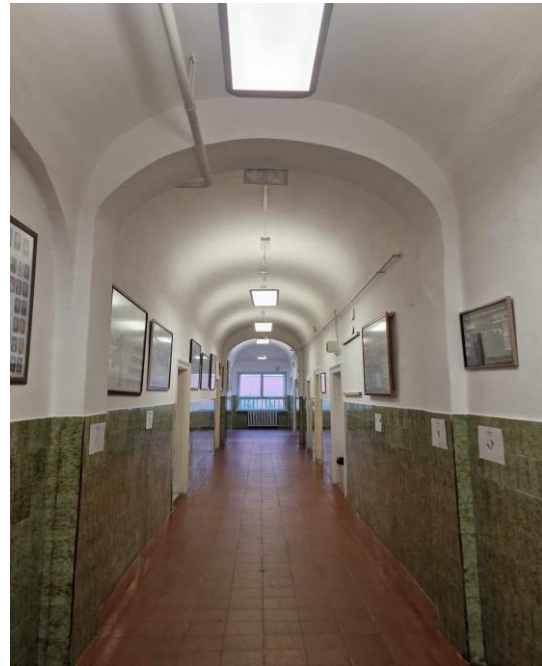
A terhelések igényének megfelelően lett újra tervezve, akkora helytartalékkal, hogy alkalmas legyen a világítás automatizálását működtető berendezés (PLC) befogadására is. Az esztétika itt is fontos volt, ha már a felújítás a terek festését is magában foglalta.



27. ábra, az új szinti elosztó (saját fotó)

6.3. Folyosó világítás

A felújított villamos hálózat már alkalmas volt arra, hogy új világítótestek kerüljenek felhelyezésre a kijáratjelző vészvilágítással együtt. A méretezéskor javaslatot tettünk a megrendelő számára a világítótestek formáját és függesztését illetően. Ezzel hasznosítva a szórt fény által okozott kellemesebb megvilágítási képet, illetve a függesztővel szerelt lámpatestek alacsonyabb elhelyezésével csökkenhettük a beépítendő panelek teljesítményét, a megfelelő megvilágítás megtartása mellett.

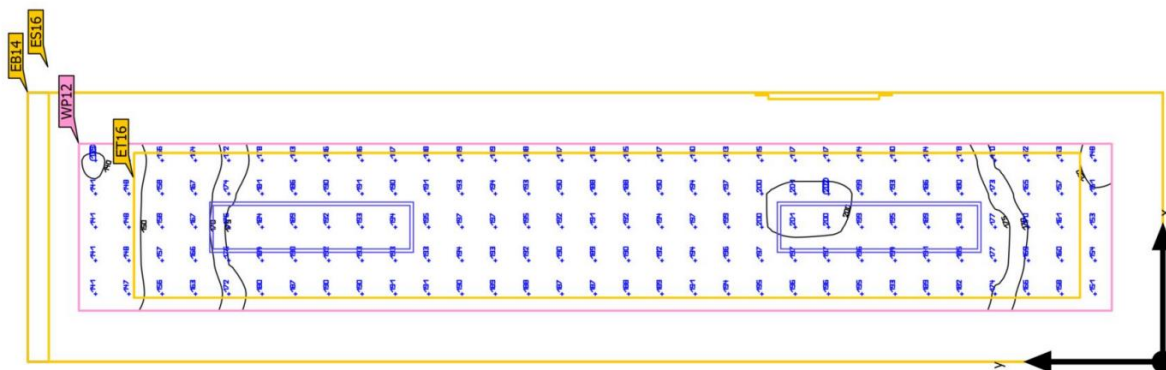


28. ábra. Folyosó előtte, utána.

Az energiahatékonyság szem előtt tartása a megrendelő számára fontos volt, nem zárkózott el az automatizálás bekerülési költségeitől, melyet üzemidő-költség táblázatokkal is alá tudunk támasztani, megerősítve döntésének fontosságát. Így a világítótestek vezérlését jelenlét és mozgásérzékelővel, illetve fényerősség mérővel is kibővítettük. A világítást kapcsoló rendszer így három állású lett (ki-be-automata), de meglegedettséggel vettük tudomásul, hogy az automata rendszert alkalmazzák. Így csak akkor világít, ha a fényviszony nem megfelelőek, illetve tartózkodik személy a megvilágítandó zónában. A vizes helyiségekben csak automata rendszert telepítettünk, távvezérelhető formában, így elkerülhető volt, hogy használaton kívül felesleges fogyasztások növeljék a költségeket.

6.4 Folyosó világítás méretezés

A méretezések a DIALux szoftverben történtek. A pontos számoláshoz egy méretileg és geometriailag is pontos modell megalkotása volt szükséges. Ennek kialakítása után a megfelelő megvilágítási értékeket, szabvány szerint profilban: „Oktatási intézmények, Képzési helyek 44.19 Forgalmi területek, folyosók” adó világítótestek kiválasztása volt a cél. A program minden olyan adattal rendelkezik, ami a paraméterek meghatározásánál fontos. A folyosó tagoltsága lehetőséget adott arra, hogy szakaszonként és egyben is modellezhető legyen.



29. ábra. A folyosó méretezése (saját fotó)

Alapfelület	10.52 m ²	Térmagasság	4.000 m
Visszaverődési fokok	Mennyezet: 70.0 %, Falak: 50.2 %, Talaj: 20.0 %	Szerelési magasság	3.800 m
Karbantartási tényező	0.80 (Pausál)	Magasság Munkasík	0.800 m
		Szélső övezet Munkasík	0.300 m

30. ábra. A megvilágításhoz szükséges adatok (saját adat)

Már a modellezésnél, illetve a műszaki egyeztetésen kiválasztásra kerültek a világítótestek, így a számítások visszaigazolására került, hogy a javasolt termék nem csak esztétikailag, hanem műszakilag is megfelelő választás. A 31. ábrán a javasolt termék műszaki adatlapjának részlete látható.

TERMÉKADATLAP

PL PFM 1200x300 30 W 940 UGR19

PANEL PERFORMANCE 1200x300 UGR < 19 | Szerszám nélkül beépíthető, téglatest alakú süllyesztett panel lámpatestek szinte káprázásmentes fénnel 1200 x 300 mm-es mennyezeti rendszerekhez

Alkalmazási területek

- Fénycsöves lámpatestek közvetlen kiváltására
- Irodák, konferenciatermek
- Recepciók területek, előcsarnokok, folyosók, felvonók
- Alkalmos 300 x 1200 mm-es ráccsal ellátott, süllyesztett mennyezeti rendszerekhez



31. ábra. A termék adatlapja (forrás: Ledvance)

A gyártótól minden olyan információ elérhető, amiből javaslatot tehetünk, megbecsülhetjük a fogyasztás költségeit, számíthatunk az üzemidő alapján a várható élettartamra, mérete alapján tervezhetővé válik a műszaki kialakítása a megfelelő elhelyezésnek.

BEKÖTÉSI ADATOK

Névleges teljesítmény	30,00 W
Névleges feszültség	220...240 V
Hálózati frekvencia	50...60 Hz
Névleges áram	170 mA
Bekapcsolási túláram	12 A
Beáramló áram ideje T_{h50}	260 μ s
Lámpatestek max. száma megszakítás B16 A	21
Lámpatestek max. száma megszakítás C10 A	20
Lámpatestek max. száma megszakítás C16 A	33
Teljesítménytényező (λ)	> 0,93
Teljes harmonikus torzítás	< 15 %
Védelmi osztály	II
Üzem mód	Külső LED-előtét

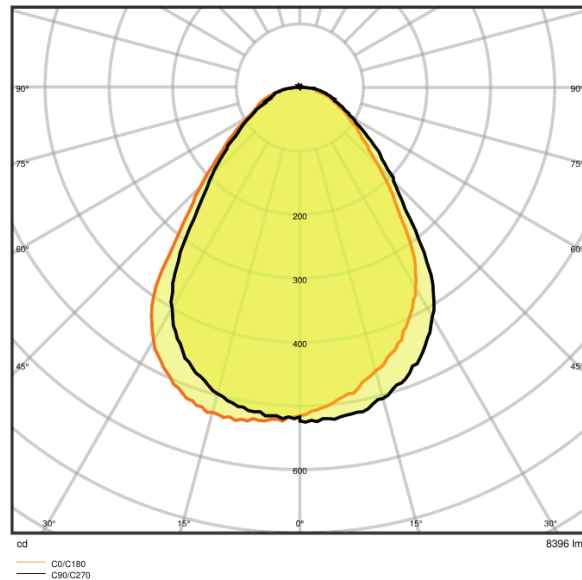
32. ábra. Villamos adatok (forrás: Ledvance)

Mivel fontos a megvilágított tér a komfort szempontjából is, így igyekeztem minden előírást szem előtt tartani. Legyen a világítótest fénye és megvilágítás a környezet tényezőit figyelembe véve harmonikus. Ehhez szükségesek a fotometriai adatok.

Fotometriai adatok

Fényáram	3000 lm
Fényhasznosítás	100 lm/W
Színhőmérséklet	4000 K
Színhőmérséklet (megnevezés)	Hidegfehér
Színvisszaadási index, Ra	> 90
Standard színmegfelelőségi eloszlás	3 sdc
Fényerősség	-
Villogásmentes	Igen
Villogás mértékegysége (Pst LM)	-
Stroboszkópos láthatósági mérték (SVM)	-
Fotobiológiai biztonsági csoport EN62778	RG0
Fotobiológiai biztonsági csoport EN62471	RG0
Sugárzási szög	90 °
Egységes UGR a lámpatest hossz tengelyén	< 19

33. ábra. (forrás: Ledvance)



34. ábra. Fényeloszlási diagram (forrás: Ledvance)

A következő táblázatban láthatóak a számított eredmények, minden érték az előírtnak megfelelő.

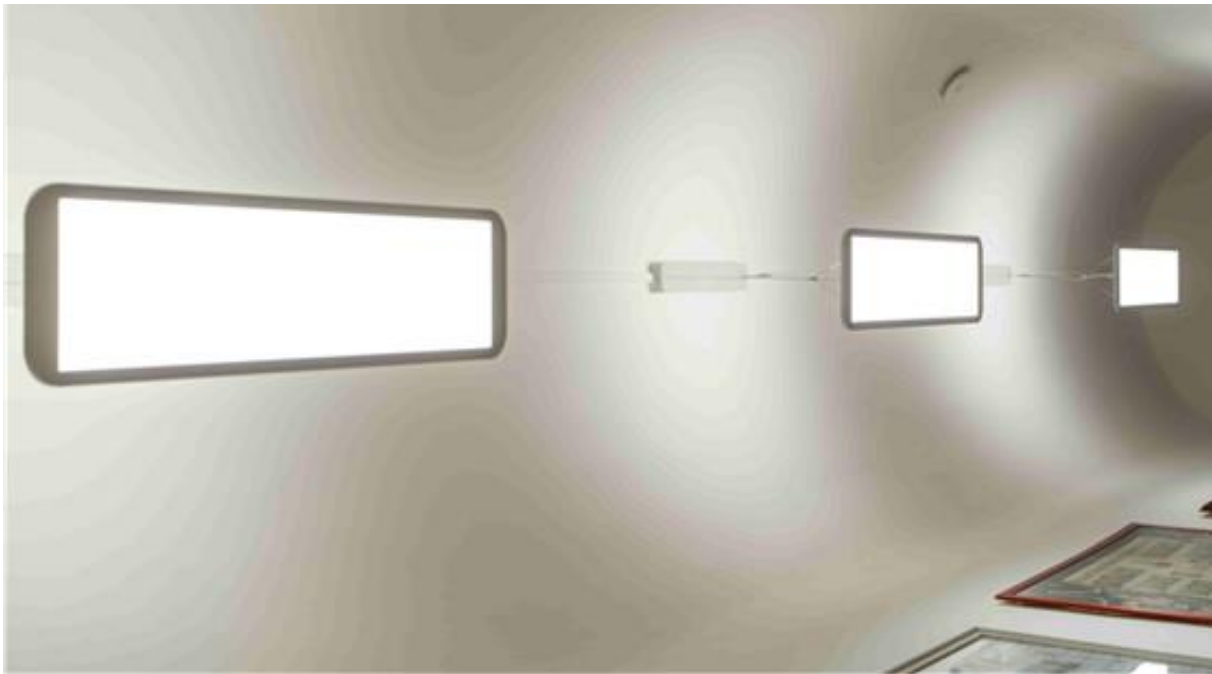
Eredmények

	Méret	Kiszámítva	Előírt	Ellenőrzés	Index
Munkasík	Érűgoleges	182 lx	≥ 100 lx	✓	WP12
	g_1	0.76	≥ 0.40	✓	WP12
	Fajlagos energiafelhasználás	11.11 W/m ²	-		
		6.11 W/m ² /100 lx	-		
Látási feladat tartományai	É Munkatartomány	186 lx	≥ 100 lx	✓	ET16
	g_1 Munkatartomány	0.83	≥ 0.40	✓	ET16
	É Környezeti terület	162 lx	≥ 100 lx	✓	ES16
	g_1 Környezeti terület	0.77	≥ 0.40	✓	ES16
	É Háttér tartomány	-	≥ 33.3 lx	✗	EB14
	g_1 Háttér tartomány	-	≥ 0.10		EB14
Fénycsökkentés értékelése ⁽¹⁾	RUG,max	19	≤ 25	✓	
Fogyasztási adatok ⁽²⁾	Fogyasztás	72.6 kWh/a	max. 400 kWh/a	✓	
Tér	Fajlagos energiafelhasználás	6.27 W/m ²	-		
		3.45 W/m ² /100 lx	-		

35. ábra. A folyosó méretezési értékei

Miután az egyes szakaszok rész eredményei megfeleltek az elvárásoknak, a folyosó szakaszainak összefűzése után egy ellenőrző számítást kellett elvégezni, hogy a teljes megvilágítást igénylő szakasz teljes területén elérhetőek-e azok a paraméterek, amik szükségesek.

A telepítés után az ellenőrző mérés elvégzésekor fényképet dokumentáció is készült. Egy fénykép feldolgozási eljárással (többszöri tömörítés) olyan képet kaphatunk, amin a fény eloszlása megmutatkozik. A modellezés során bár számol a visszaverődéssel a program, ez az eloszlási kép nem exportálható. Az oka, hogy a megvilágított felület a padló, és ezen a felületen mérhető fény mennyisége a fontos. Viszont a 3d modellben ez a sávos megjelenés látszik. Ennek jelentősége abban rejlik, hogy a programban használt világítótest paraméterei valóságosak, a program algoritmus, amely a számolást végzi, ugyanolyan eredményre jut, mint a valóság. Többször tapasztaltunk ilyen visszaigazolást a tervezés és a kivitelezés során. Így elmondható, hogy a modellezett helyiség pontos kialakítása, magasság, felületek, világítótestek elhelyezése a programban, ugyanazt az eredményt adja, mint a megvalósulás. Amennyiben ezeket a számításokat csak papíron végeznék el, csak számszerű adatokat kapnánk. Természetesen ez is elegendő ahhoz, hogy a döntést meghozhassuk, de a várt látható eredmény megjelenítése számokkal nem kivitelezhető, csak műszaki tartalommal bír.



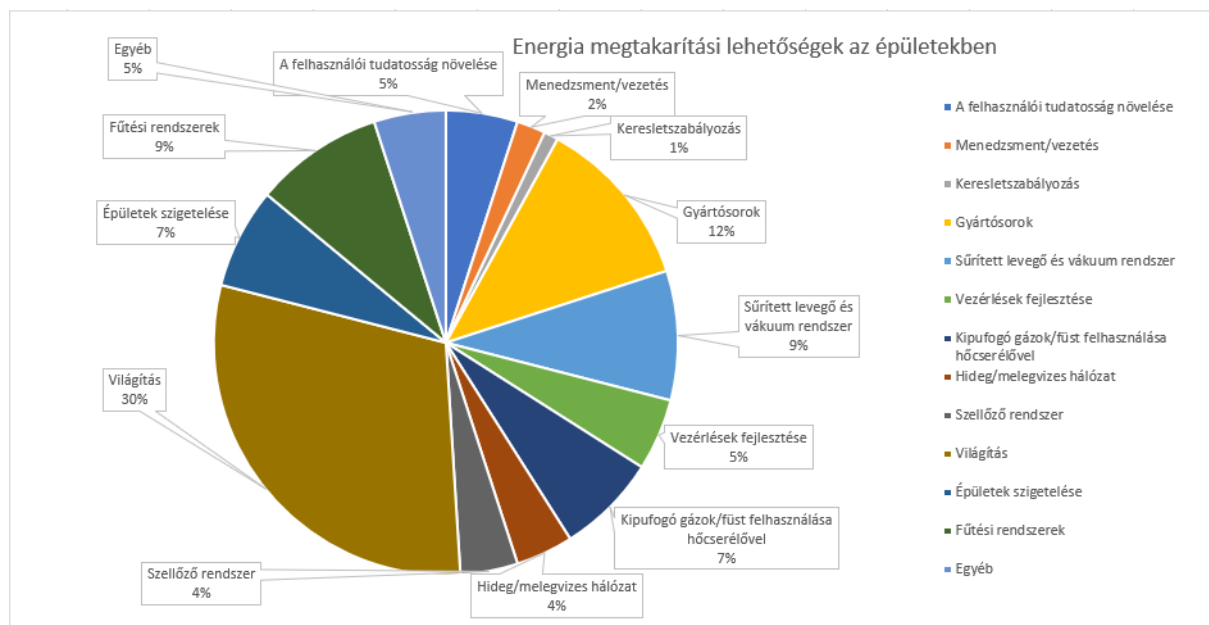
36. ábra. a mennyezeti visszaverődés fénysávjai (saját fotó)

7. A világítást vezérlő rendszer

„A WAGO világítás menedzsment rendkívül kifinomult megoldás nagy terek (például gyártócsarnokok vagy raktárak) világításának vezérlésére. Az előre kialakított hardver és felhasználóbarát szoftver kombinációjának alkalmazásával a WAGO olyan világításmenedzsment-rendszert kínál, mely megkönnyíti az új világítási rendszerek tervezését és beüzemelését, továbbá számos előnyt nyújt működés közben is.” (forrás: WAGO)

Mivel szoros együttműködés van a gyártóval, így minden segítséget megkaptunk, hogy megvalósítsuk, amit terveztünk. Mivel minden világítás túlméretezett az telepítés után, hogy majd élettartama alatt hozza a minimum értékeket, szükséges és ajánlott a szabályozása a rendszernek. Nyilvánvaló, hogy a fény nemcsak jó érzetünket befolyásolja, hanem hatással van az üzleti eredményekre is. Egy költség elemzésnek tartalmaznia kell üzemeltetési költségeket (energia-, karbantartás- és szervizköltségeket), amelyek jelentősen meghaladják az épületautomatizálásra fordított kezdeti befektetést.

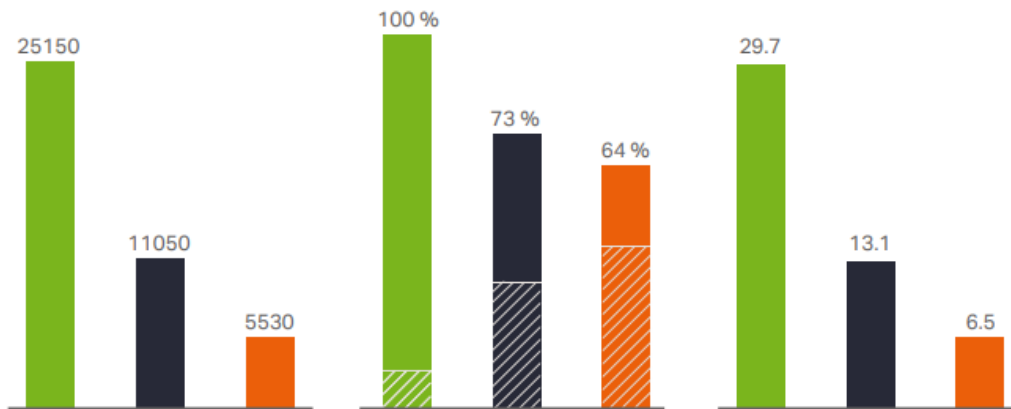
Természetesen a legfontosabb az, hogy elegendő világítást biztosítsunk a munkahelyen a biztonságos munkakörülmények megteremtése érdekében.



37. ábra. Egyetemi tanulmány a lehetőségekről. (adatok forrása: Stuttgarti Egyetem kutatása)

A modern világítási rendszer nem csak komfortos, hanem valós megtakarítást is hoz. Egyrészt a szakaszos üzem időszaki-egységnyi idő fogyasztása miatt is, illetve a nem teljes

kihasználtság miatt üzemidő/élettartam viszonyában is. Így mindenképpen elmondható, hogy a kezdeti bekerülési érték hamar válik üzleti eredménnyé.



38. ábra. Fogyasztási diagramok az alkalmazott technológiák szerint, zölddel a hagyományos megvilágítás, feketével a LED, narancssal a vezérelt LED világítás (forrás: WAGO)

A célok megvalósulásához szükséges hardver és szoftver is. Ezért volt fontos a villamos felújításnál minden üzemi körülmény figyelembevételére. Az alkalmazott vezérlő (39.ábra) rendelkezik belső memóriával, ami üzemszünet esetén, újra indulását követően a körülmények felmérése után folytatja a programját.



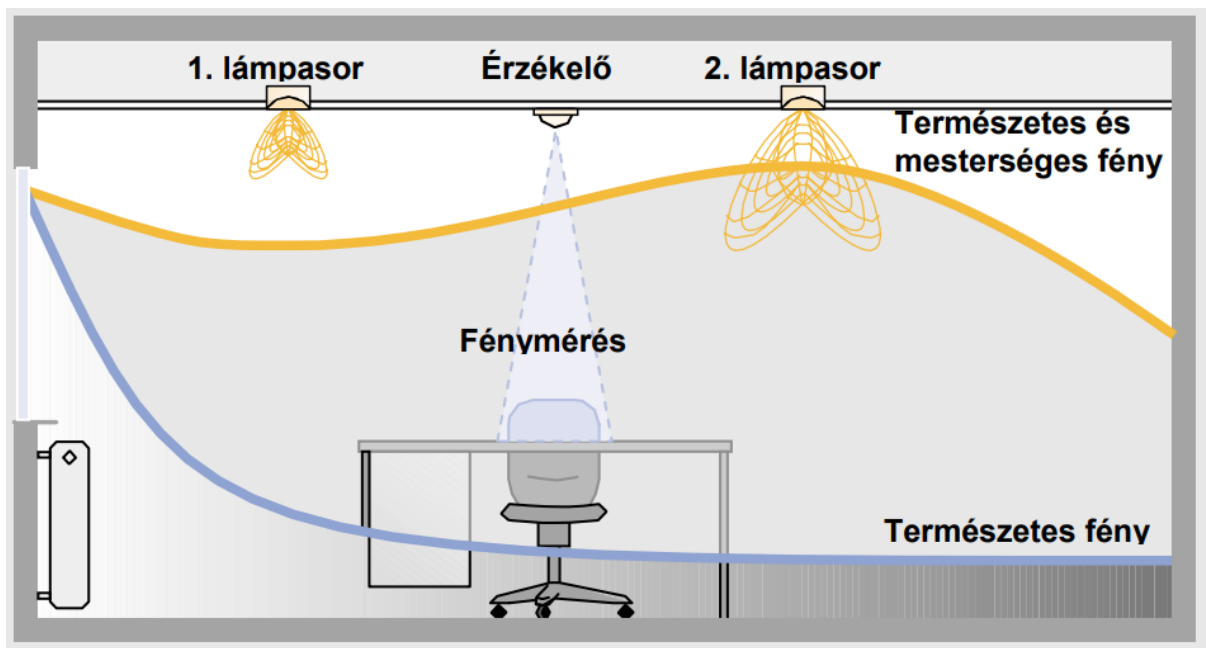
39. ábra. Programozható vezérlő modul és sematikus hálózati ábrája (forrás: WAGO)

Hálózati kapcsolaton keresztül is programozható, távolról felügyelhető. Így több épület, helyiség adatai is kinyerhetők, illetve módosíthatók, legyen szó akár a megvilágítás erősségéről vagy színhőmérsékletéről, természetesen a világítótest lehetőségeit figyelembe véve. A paraméterezés egyszerű felületen keresztül végezhető el. A vezérlő a bejövő

adatoknak megfelelően, pl.: idő, időjárás, külső fényviszony, belső fényviszony, kimeneteket vezérel és/vagy szabályoz.

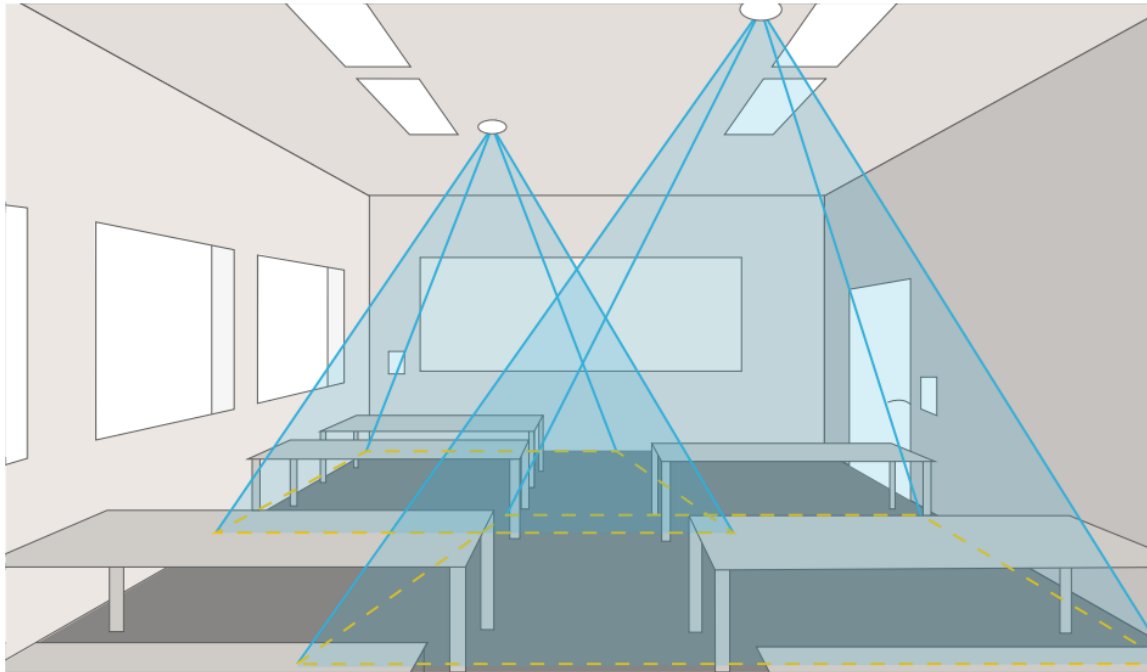
Természetesen a méretezéskor a világítótestek maximális teljesítménye volt a mérvadó, de ennek peremfeltétele volt a külső megvilágítás hiánya. Mivel van természetes fény, ezért szükséges volt a kintről a helyiségbe jutó fény mérésére. Ez volt az egyik bemeneti jel, ami alapján lettek indítva a panelek.

Ahhoz, hogy ne nagy lépcsőkben történjen meg a panelek indítása, több fénymérő lett a mennyezetbe építve, aminek jelei alapján csak az adott fényben szegény mező/panel lett indítva. Fontos, hogy a szenzor ne legyen befolyásolva a megvilágítástól, mivel a szenzor közvetlenül méri a fényerősséget az eszközön. A 41. ábrán a gyártó ajánlása a mérést végző szenzorok elhelyezésére. Ennek a terem világítási rendszerének kialakításakor lesz igazán nagy szerepe, a folyosó kialakításánál csak egyszerűbb, jelenlét és mozgás érzékelés lett kialakítva, hiszen ez iskola időben is csak rövid ideig van használva.



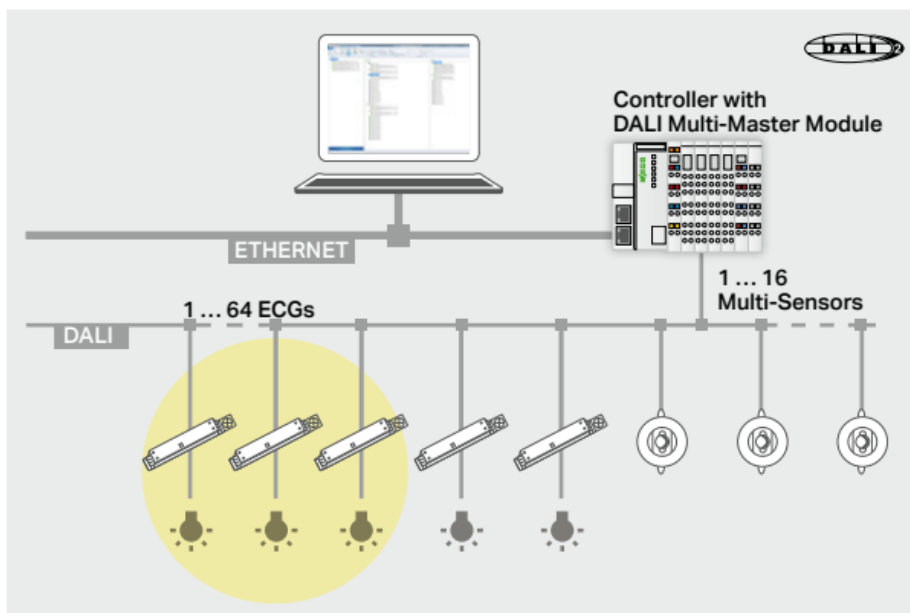
40. ábra. Példa a külső fény mérésére (forrás: WAGO)

Mivel direktben, kapcsolóval nem lehet feleslegesen üzemeltetni az összes panelt, így biztos, hogy energiatakarékosan és mindig a fényviszonyoknak megfelelően lesz megvilágítva a helyiség.



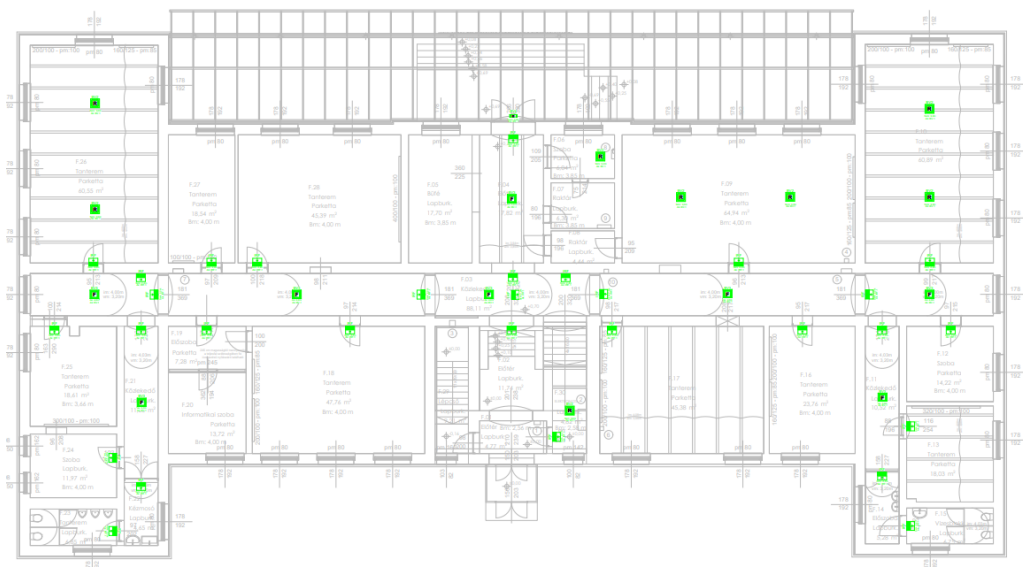
41. ábra. A megvilágítandó felület mérése (forrás: WAGO)

A Digitálisan Címezhető Világítási Interfész (DALI) egy technikai szabvány a világítóeszközök (pl. elektronikus vezérlő berendezések) irányításához. A DALI digitális kommunikációt és egyszerűsített telepítést biztosít. Kielégíti a világítási követelményeket, például kapcsolást, fény szabályzást, világító csoportokat vagy állapotinformációk visszajelzését. Az új DALI-2 szabvány továbbá támogatja a szenzorokat a DALI buszon. A kijáratjelző, vészvilágítással összefüggő világítási feladatokat is ebben a rendszerben oldottuk meg, hiszen a rendszer erre alkalmas. Az összeépítendő rendszer tervezésekor a gyártók műszaki tanácsadóival egyeztetve választottuk ki azokat a megoldásokat, amelyek hiba nélkül tudnak majd együtt üzemelni. Fontos volt, hogy a rendszert bármikor tudjuk távolról ellenőrizni, erre a kiépített informatikai hálózaton keresztül bármikor van lehetőség. Ennek előnye, hogy nem kell élő ember jelenléte a hibás működés okának felderítéséhez, csak annak elhárításához.



42. ábra. DALI vezérlés sematikus ábrája (forrás: WAGO)

A vészvilágítás rendszerbe integrálása biztonsági kérdés. Fontossága miatt a kézi riasztás mellett, automatikus érzékelők is fel lettek helyezve. Ebben gyengeáramos, szakember segítségét kértük, mert ennek a tervezéséhez külön jogositás szükséges.



43. ábra. A vészvilágítók elhelyezése az alaprajzon. (forrás: Hadconsult Mérnökiroda)

A vészvilágításra vonatkozó előírásokat az MSZ EN 50172 (EN50172) szabvány tartalmazza. Meghatározza a helyiség normál világításának részbeni vagy teljes kiesése esetére a vészvilágításra vonatkozó követelményeket. Biztosítani kell, hogy a tűzoltó berendezések, tűzjelzők megtalálhatóak legyenek, egyértelműen kell mutatnia a menekülési utat.

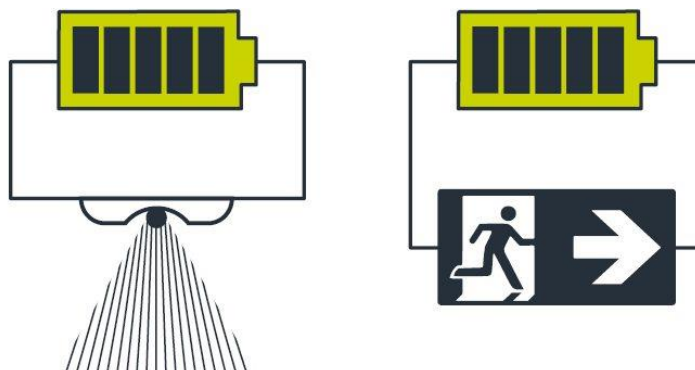
Az MSZ EN1838:2014 szabvány 4.1 szakasza szerint: „A jelzéseket, amelyeket minden vészkijáratnál és a kijárat utak mentén is el kell helyezni, külső vagy belső világítással kell ellátni, hogy egyértelműen megjelöljék a biztonságos pontig vezető kijárat utat”. A piktogramok bevezetésével csökkenteni próbálták a nyelvi különbségekből adódó nehézségeket.

Ajánlott jelzések
MSZ EN ISO 7010
(E002)



44. ábra. Szabványban rögzített és ajánlott jelzések (forrás: EATON)

A kijáratjelzőknek nem csak a megjelenése, hanem a fényereje, láthatósága is meg van határozva. A tábla bármely 10 mm-es területének minimális fényűrűségének nagyobbak kell lennie mint, a zöld felületen: 500 cd/m², a nyíl fehér felületén: 100cd/m². Erre vonatkozó előírás szerint a belső megvilágítással rendelkező kijáratjelző láthatósága, azaz az észlelési távolság, a tábla magasságához(h) viszonyítva legalább 200h, a külső megvilágítású jelző esetén ez az érték minimum 100h. A menekülési útvonal közepvonalán az EN 1838:2014 szabványban előírt minimális fényerősségre van szükség. Ehhez olyan integrált vészvilágító került felhelyezésre, amely ezeknek a szabványoknak megfelel, így a tartalék világítás is megvalósult. Vezérléséről ugyanez a rendszer gondoskodik, a redundancia figyelembevételével. A beépített akkumulátoros vészvilágító normál körülmények között a hálózatról töltődik. Ha a hálózat felől ez az ellátás megszűnik, saját akkumulátoráról működik tovább. Természetesen ilyenkor a hibajelzés megjelenik, jelezve a tápellátás megszűnése miatt. Ennek bármilyen oka lehet, pl. vezeték szakadás, de mivel a hibáról tudunk, a személyzet értesíthető, hogy a hibát keresse meg és szüntesse meg.



45. ábra. Beépített akkumulátoros vészvilágítás (forrás: Eaton)

8. Tanterem bemutatása, kiindulási állapota

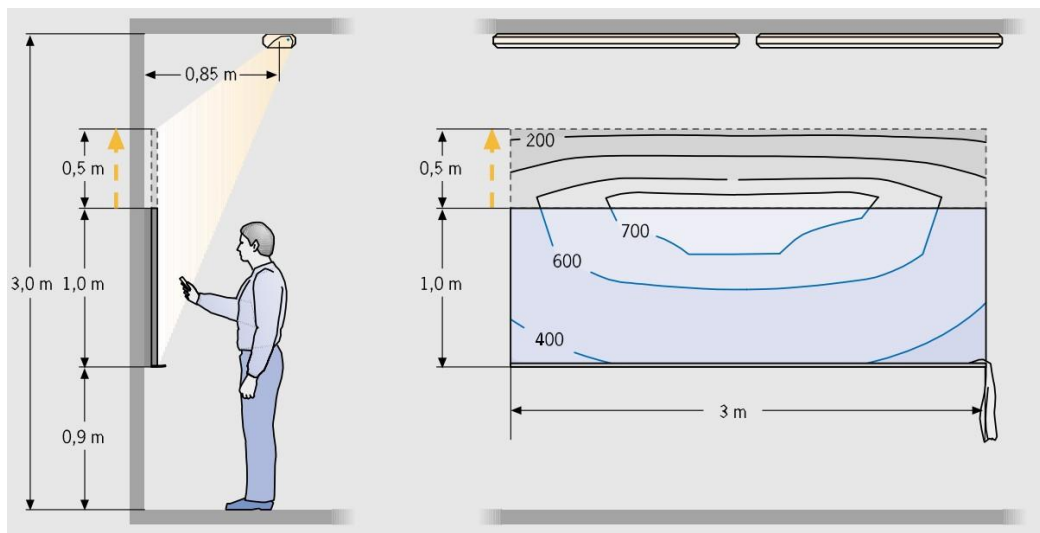


45. ábra. Egy osztályterem világítása felújítás előtt (saját fotó)

Az osztályteremek világításának tervezésekor nem csak az esztétika, hanem a modernizált világítás vezérlése és szabályozása volt a cél. Olyan rendszert szerettünk volna megvalósítani, ami minőségi változást okoz mind költség hatékonyság és komfort szempontjából. A felvázolt ötlet egy olyan automata rendszer, ami a körülmények vizsgálata alapján szabályozza a megvilágítást. Egyben igyekszik kizárni az emberi tényező szubjektív véleményét a megvilágítás elégségességéről. A javasolt rendszer két állapotú lehet: ki vagy automata. Ahhoz, hogy a világítótestek elhelyezése és kiosztása megfelelő legyen, illetve, a beltéri komfort minősége növekedjen, álmennyezet került megtervezésre. Amiben már könnyen és pontosan követhető lesz a panelek beépítése a tervezett megvilágítási szint eléréséhez. Felhívtuk a figyelmet a belmagasság ilyen mértékű csökkentése esetén arra a pozitív hatásra is, hogy így a fűtendő légtér nagysága csökken és hőszigeteltsége növekszik, így a fűtés korszerűsítés tervezésekor, már ezekkel az új paraméterekkel kell számolni. Ami mindenképpen kedvezőbb lesz a jelenlegi helyzethöz.

8.1 Tanterem méretezése

A méretezéskor már figyelembe lett véve a mennyezet új kialakítása. Fontos volt figyelembe venni a tábla megvilágítását is. Az eredeti, kiindulási állapotban ez eleve nem került kialakításra. Pedig komfort szempontjából is fontos lett volna, hogy a **káprázást** ne okozzunk, egy rosszul kiválasztott világítótesttel. A mellékelt ábrán is látszik, hogy az ilyen világítás kiválasztásánál fontos tényező a lámpatest kialakítása. Szűken sugárzóknak és aszimmetrikusnak is kell lennie. Az ilyen lámpatest ernyőzésének kialakítása speciális, hiszen a fényforrásból kilépő fényt nem ugyanazon szög alatt kell sugározni a szimmetria tengelye mentén. Az **ernyőzés** szöge a szimmetriatengelyhez képest az a szög, ahonnan a nagy fénysűrűségű fényforrás nem látszik. A káprázás hatása a megfelelő irányítással kizárható, hogy a táblát olvasót a nagy fénysűrűség ne zavarja, a megfelelő megvilágítás mellett. Viszont nem szabad elfelejtenünk a tükröző káprázásról sem, amit a tábláról visszaverődő fény okozhat. Ezért fontos a világítás helyének pontos kiválasztása, hogy a táblára beeső fény szöge és az abból adódó reflexió, sem a táblára író, sem a táblát olvasót ne zavarja. A helytelen kiválasztás másik hibája, hogy a nagy fénysűrűségű lámpatestre nézve a kisebb fénysűrűségű helyiség fénye kevésnek tűnhet. Ennek oka, hogy a szem a sötéthez nehezebben és lassabban alkalmazkodik. Így ezeket figyelembe véve kell meghatározni a világítótestek helyét. Az álmennyezetben a tábla felé elhelyezett panelek helyzete is ez alapján lett kiválasztva.



46. ábra. Táblavilágításra vonatkozó rendelkezések (forrás: Trilux 12464 jegyzet)

Összefoglalás

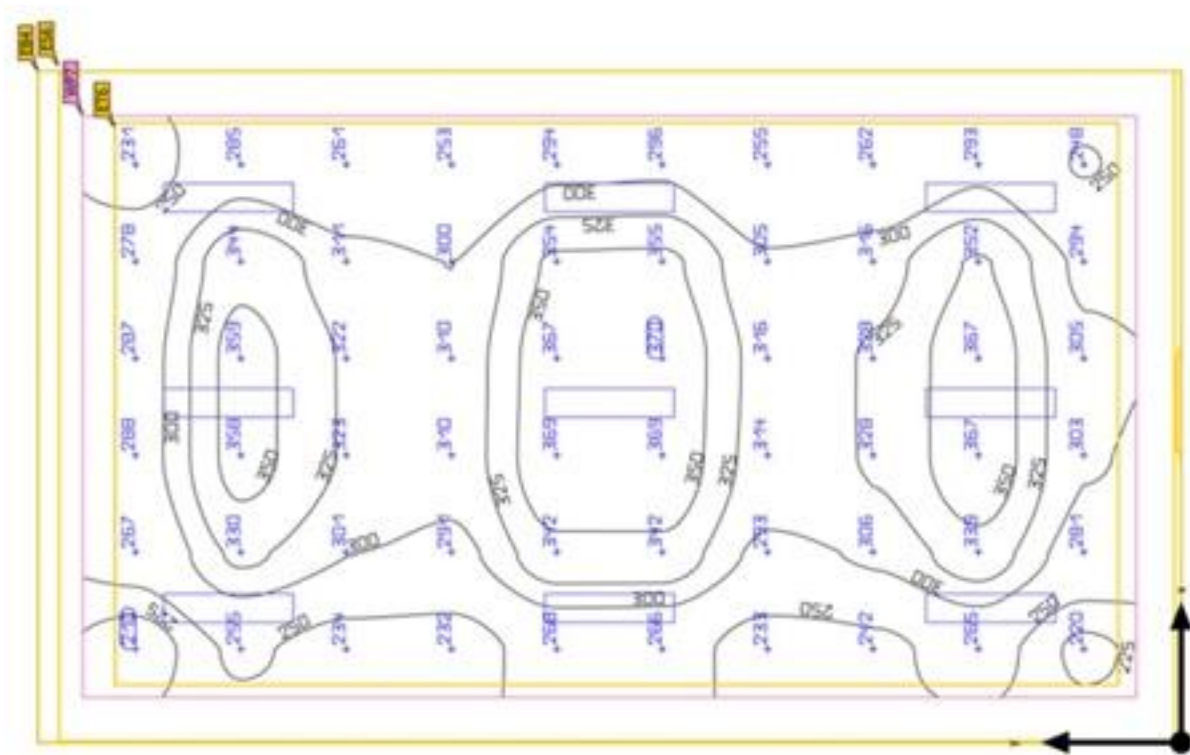
Eredmények

	Méret	Kiszámítva	Előírt	Ellenőrzés	Index
Munkasík	É _f üggoleges	365 lx	≥ 300 lx	✓	WP24
	G ₁	0.72	≥ 0.60	✓	WP24
	Fajlagos energiafelhasználás	6.54 W/m ²	-		
		1.79 W/m ² /100 lx	-		
Látási feladat tartományai	É Munkatartomány	372 lx	≥ 300 lx	✓	ET7
	G ₁ Munkatartomány	0.77	≥ 0.60	✓	ET7
	É Környezeti terület	249 lx	≥ 200 lx	✓	ES7
	G ₁ Környezeti terület	0.66	≥ 0.40	✓	ES7
	É Háttér tartomány	-	≥ 66.7 lx	✗	EB5
	G ₁ Háttér tartomány	-	≥ 0.10		EB5
Fogyasztási adatok ⁽²⁾	Fogyasztás	[271.93 - 452.79] kWh/a	max. 2300 kWh/a	✓	
Tér	Fajlagos energiafelhasználás	5.25 W/m ²	-		
		1.44 W/m ² /100 lx	-		

47. ábra. A terem eredményei. (saját fotó)

A számok alapján minden paraméter a szabványnak megfelelő. Ennek megjelenítéséhez és könnyebb megértéséhez kinyerhető volt a terem fényeloszlási és megvilágítási térképe, ugyanúgy, mint a folyosó esetében. Rendelkezett annyi műszaki tartalékkal, ami a tervezett avulás miatt fellépő fényáram csökkenés esetén is meg fog felelni az elvárásoknak. A fogyasztási adatok sorban a két érték a szabályozhatóság miatt jelenik meg. Így még energiahatékonyabb lett a rendszer, mint ha pusztán vezérlést alkalmaztunk volna.

A mellékelt ábrán a tanterem DIALuxban megjelenített modellje. Az elhelyezett panelek, az adott helyiségben ezeket a megvilágítási értékeket adták.



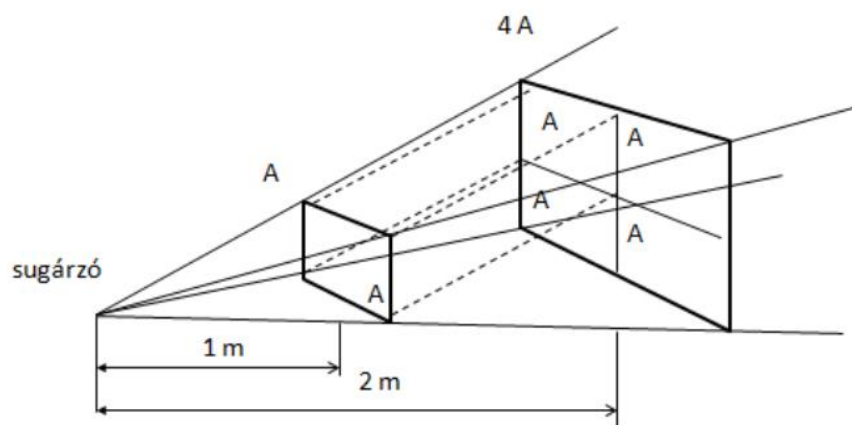
48. ábra. Fényeloszlási görbék és megvilágítási értékek (forrás: saját számítás)

Ezen a térképen láthatóak a megvilágítási zónák, az adott mérőrács koordinátáján számított értékek, a panelek elhelyezkedése. jól látszik, hogy a hasonló értékek által határolt terület szimmetrikus és szélsőséges értékeket nem tartalmaznak. Így meggyőződhattünk, hogy a táblázatban foglalt számok hogyan fognak kinézni a valóságban.

A méretezéskor a már előre kiválasztott panel került a DIALux szoftverbe. Minden paramétere adott volt a gyártó által. A helyiség alapja meg lett rajzolva, elhelyezésre kerültek a nyílászárók is a természetes fény számításához. Itt kell megjegyezni, hogy a program alapértelmezés szerint 0 természetes fényel számol, de paraméterezhető a természetes fény. A tér megalkotása után elhelyezésre kerülnek a panelek, ami alapján számítható és modellezhető a megvilágított tér. Az elsődleges számítás alapján, még a régi mennyezettel számolva az egyenletesség és a megvilágítás mértéke nem volt kielégítő. Kezdetben apró lépésekkel és módosításokkal, sok-sok tervezés után, már könnyű volt beállítani a panelek pozícióját, hogy a fényeloszlás mértéke jó legyen.

A nagy belmagasságból adódó megvilágítás értéke nem volt megfelelő. A **megvilágítás** definíciója szerint: Az adott pontot tartalmazó felületelemre beeső fényáramnak és a felületelemnek a hányadosa.

A **fotometrikus távolság** definíciója szerint: a fényforrás által létrehozott megvilágítás egyenesen arányos a fényforrás fényerősségével, viszont fordítottan arányos a felület és a fényforrás közötti távolság négyzetével, és függ a fény beesési szögétől. Ebből adódott, hogy nem a teljesítmény, ezáltal a fényáram növelése a cél, ha takarékoskodni szeretnénk, hanem a megvilágítandó felület és a fényforrás távolságának csökkentése. Ez határozta meg az álmennyezet helyét. Ezáltal elérhető volt a megvilágítási érték, amit a szabvány előír, a teljesítmény növelése nélkül.



49. ábra. A fotometrikus távolság törvénye (forrás: VILÁGÍTÁSTECHNIKA LÉTESÍTMÉNYMÉRŐKÖKNEK Dr. Husi Géza)

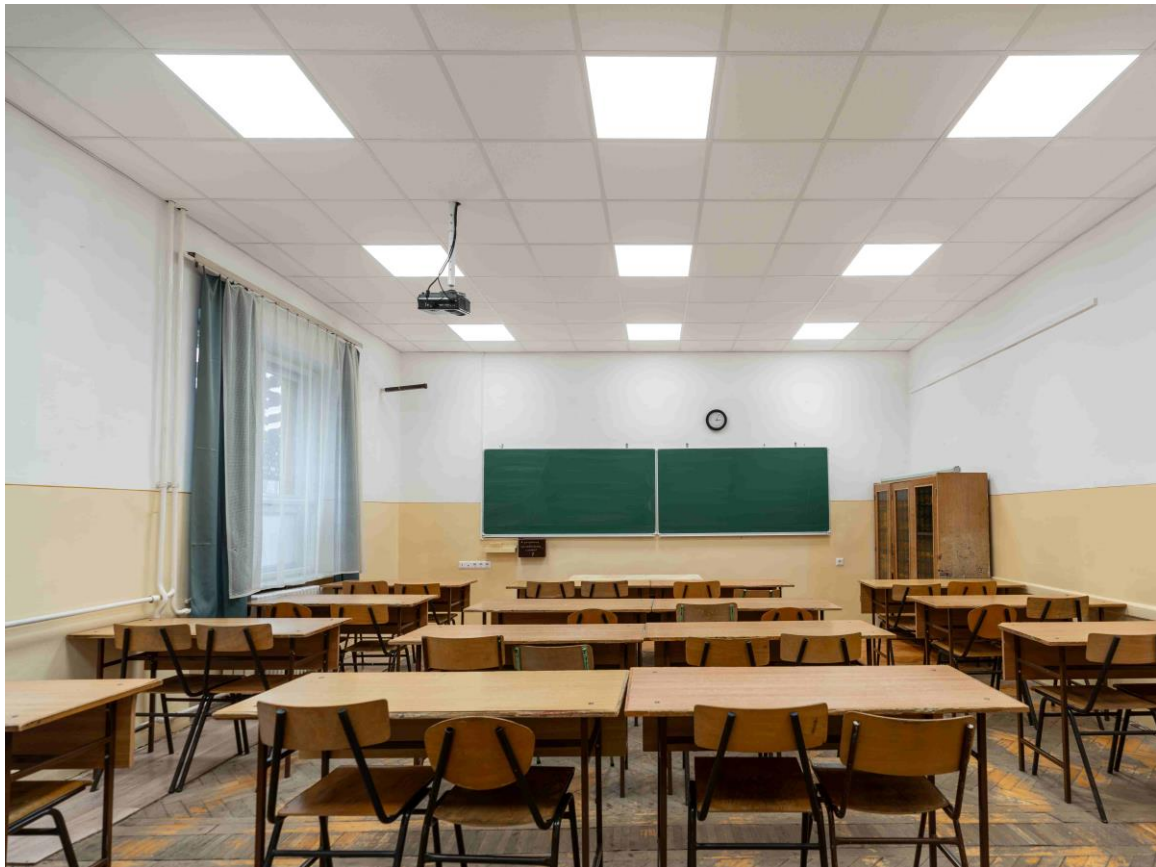
A már módosított adatokkal elkészült szimuláció azt az eredményt hozta, amit vártunk az adott körülmény között. A 50. ábrán látható a beépítési magasság.

Alapfelület	60.89 m ²	Térmagasság	3.500 m
Visszaverődési fokok	Mennyezet: 68.6 %, Falak: 50.0 %, Talaj: 20.0 %	Szerelési magasság	3.400 m
Karbantartási tényező	0.80 (Pausál)	Magasság _{Munkasík}	0.800 m
		Szélso övezet _{Munkasík}	0.400 m

50. ábra. A teremben elhelyezett panelek szerelési magasságának végleges értéke.

8.2 A tanterem kivitelezése, megvalósulása

Az újonnan kialakított mennyezet, az új festés sokat javított a megvilágítás nélküli terem esztétikai értékén is, de mérésekkel is be tudtuk bizonyítani, hogy az megvilágítási körülmények alkalmasak ahhoz, hogy hozzájáruljon a diákok komfortjának növeléséhez.



50. ábra. Az új mennyezet, a beépített lámpatestekkel. (Saját fotó)

9. Üzemeltetési költségek

A felmérés során rögzített adatokból kinyerhető volt a fogyasztás mértéke. Ez nem tartalmazta a rosszul üzemelő fojtók és gépészet okozta meddő teljesítményfelvételt. Az átépítéssel, ennek a világításra eső fogyasztás része megszűnt az adott épületben. Az üzemeltetés körülményei, a folyamatos világítás, a gazdaságosságot, környezettudatosságot nem mindig szem előtt tartva kedvezőtlenül befolyásolták a létesítmény villamos költségeit. A beruházás nem csak esztétikai, üzembiztonsági, hanem gazdasági javulást is hozott. Összefoglaló és összehasonlító táblázat is készült a világítás korszerűsítés fogyasztásra való hatásának vizsgálata céljából. Összesen 250 darab világítótest cseréje történt meg. Elmondható, hogy a fénycsövek hosszú élettartamúak és gazdaságosak voltak a maguk idejében, de az újonnan kialakított rendszernek nem lehettek a részei. Ezek általánosságban G13 foglalatú T8-as fénycsövek voltak, 2 x 36 W-os kiosztásban. Ezek egyidejű teljesítménye: 18 kW. Az új beépített teljesítmény, teljes fényerőn, minden panel használatával: 7,2 kW. Ez a jelenlegi rendszerben a legkritikább körülmény. Az eddigi tapasztalatok és mérési eredmények alapján nem volt több mint 4,8 kW. A megvilágítási időszak pedig mutatott 50% alatti értékeket is. A nemlakossági ártájékoztató szerint: „A villamosenergia-árszabásokat, azok áralkalmazási feltételeit és egységárait a 4/2011. (I. 31.) NFM rendelet, a 217/2022. (VI. 17.) Korm. rendelet és az annak alapján közzétett hirdetmény, B Komfort és B Geo árszabások esetén az egyetemes villamosenergia-szolgáltatói üzletszabályzat tartalmazza. Tájékoztatjuk, hogy a 217/2022. (VI. 17.) Korm. rendelet szerint 4606 kWh/év/összes felhasználási hely fogyasztásig alkalmazható a villamos energia egyetemes szolgáltatás árképzéséről szóló miniszteri rendeletben meghatározott ár.” (forrás:

<https://www.mvmnext.hu/aram/servlet/download?type=file&id=15883>)

Ha 180 nappal, napi 10 óra üzemidővel számolunk, akkor a régi rendszer fogyasztása: $18 \text{ kW} * 10 \text{ h} * 180 \text{ nap} = 32400 \text{ kWh}$. Optimális esetet feltételezve sem tudjuk megközelíteni a „4606 kWh/év/összes” cél értéket. Ezzel az új megoldással számítások és tapasztalat alapján $4,8 \text{ kWh} * 5 \text{ óra} * 180 \text{ nap} = 4320 \text{ kWh}$. Ez az eredmény nagyságrendekkel kedvezőbb, mint a régi üzemeltetési modell és tervezhetőséget tesz lehetővé az alternatív energia (PV és PT) kialakítására és annak felhasználására.

10. Összefoglaló

Amikor a megkeresést megkaptuk, hogy mérjük fel a villamos hálózat anomáliáit, elemezzük a számlákon szereplő összegeket, számokat, mérjük fel milyen a használatban lévő berendezések állapota, nem gondoltuk, hogy honnan hová fogunk jutni. Az oktatási szektorban azt tapasztaltuk, hogy csak tűzoltó jelleggel történnek beavatkozások. A nyílászáró csere, a szigetelés program finanszírozása nélkül kevés energetikai beruházás zajlik jelenleg. A megrendelőnk, üzemeltető részéről ezek a pénzügyi kérdések egyszerűbben válaszolhatóak meg és a hosszú távú üzemeltetés is erősen motiválja őket ebben a gazdasági helyzetben. Elsődleges becslés alapján az elektromos hálózat, a világítás fejlesztése vált elérhetővé és megvalósíthatóvá. Műszaki nyitottságuk nem szabott gátat a modern rendszer tervezésének és kivitelezésének. A visszajelzések alapján megerősítést nyert, hogy alacsonyabb költségekkel és sokkal jobb komfortérzet mellett üzemeltethető az így kialakított világítási rendszer. Tanulságos volt, hogy az idő előre haladtával a befektetés pénzügyi értéke és a megtérülés már csak másodlagossá vált a megrendelő számára, minden egyes beszélgetés alkalmával a komfortérzet javulását emelte ki azok számára, akikkel erről a beruházásról beszélt. Ez is megerősített abban, hogy egy gazdasági jobbitó intézkedés milyen emocionális hatással van az emberre, illetve mekkora beruházás szükséges ahhoz, hogy ezt a kényelmi szintet el lehessen érni, ami pénzben kifejezhetetlen. Mégis mérhető és számottevő. A megvalósult munka eredményét elismerően dicsérték, a további együttműködést támogatják. Minden olyan tanulmányt és lehetőséget meghallgatnak, amivel közelebb vihetjük őket a megvalósítandó cél felé. Ez a környezettudatos, energia hatékony, korszerű és alacsony karbantartási költségeket igénylő épületek üzemeltetése. Több épület felülvizsgálatára kaptunk megbízást, mert hoztuk azokat az elvárásokat, amelyeket a megrendelő támasztott felénk. A fejlesztések, felújítások sok munkát, érdekes és izgalmas feladatot hoztak, hoznak a jövőben. Személyes fejlődést eredményez, felkészültséget igényel és mindenképpen jó érzéssel tölt el, hogy tehetünk valamit a fenntartható jövőért.

11. Summary

When we received the request to assess anomalies in the electrical network, analyze the amounts and numbers on the bills, evaluate the condition of the equipment in use, we didn't anticipate where we would end up. In the education sector, we observed that interventions only occur on an ad hoc basis. Currently, there are few energy investments happening without funding for window replacements and insulation programs. From the client's operational perspective, these financial matters can be addressed more simply, and long-term operation strongly motivates them in this economic situation. Based on initial estimates, the development of the electrical network and lighting has become feasible and achievable. Their technical openness didn't hinder the design and implementation of a modern system. Feedback has confirmed that the lighting system designed in this way can be operated with lower costs and much better comfort. It was instructive to see that as time progressed, the financial value of the investment and return on investment became secondary for the client. In every conversation, they emphasized the improvement in comfort for those they spoke with about this investment. This also confirmed how emotionally impactful an economic improvement measure can be, and how much investment is needed to achieve a level of comfort that is invaluable in monetary terms. Yet it is measurable and significant. The results of the completed work were praised approvingly, and further cooperation is supported. They listen to every study and opportunity that can bring them closer to the goal to be achieved. This is the operation of environmentally conscious, energy-efficient, modern, and low-maintenance buildings. We have been commissioned to review several buildings because we have met the expectations set by the client. The developments and renovations bring, and will bring, a lot of work, interesting and exciting tasks in the future. It results in personal development, requires preparedness, and definitely fills us with a sense of satisfaction that we can contribute to a sustainable future.

12. Irodalomjegyzék

Dr. Husi Géza, VILÁGÍTÁSTECHNIKA (LÉTESÍTMÉNYMÉRŐKÖKNEK), TERC Kft. Budapest, 2013

Arató András VILÁGÍTÁSTECHNIKA 2.1, javított és bővített kiadás © Arató András 2003

Dr. Macsuga János, Dr. Paripás Béla, Dömötör Csaba, Fénytan, színdinamika, Nemzeti Könyvkiadó, 2011

Arató András, VILÁGÍTÁSTECHNIKAI KISLEXIKON, Világítástechnikai Társaság, 2001

Dr. Kalmár Ferenc, A BELSŐ KÖRNYEZET MINŐSÉGE, TERC Kiadó • Budapest, 2013

Gács István, Energetika II. Edutus Főiskolai jegyzet, 2012

TRILUX: LED lighting & individual lighting solutions (angol), belső oktatási jegyzet, 2023

WAGO Lighting Management Overview, Lighting_Management_60512826 (angol), 2024

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kindák Attila
A Hallgató Neptun kódja: QSOUV3
A dolgozat címe: Épület(iskola) világításának elemzése, korszerűsítése, energetikai és komfort szempontjából
A megjelenés éve: 2024
A konzulens tanszék neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

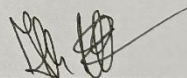
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe.

Kelt: 2024 év 04 hó 17 nap



Hallgató aláírása

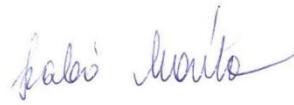
NYILATKOZAT

KINDÁK ATTILA (hallgató Neptun azonosítója: QSOUV3) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*²

Kelt: 2024 év április hó 19 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.