



SZAKDOLGOZAT

**OE-KVK
2022.**

Hallgató neve: **Vass Attila**

Hallgató törzskönyvi száma: T009515/FI12904/K

Budapest, 2022



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Vass Attila

Szakdolgozat száma: SZD22032812547105

Törzskönyvi száma: T009515/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: világítástechnikai szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Változtatható sugármenetű lámpatest tervezése LED fényforráshoz

A dolgozat címe angolul: Design of a variable beam angle LED luminaire

A feladat részletezése: Gyűjtse össze a piacon fellelhető, változtatható sugármenetű lámpatest konstrukciókat.

Hasonlítsa össze a műszaki megoldásokat.

Dolgozzon ki egy konkrét LED fényforráshoz illesztett lámpatest koncepciót.

Készítse el a 3D konstrukció tervet.

Készítse el a lámpatest deszkamodelljét vagy prototípusát.

Intézményi konzulens neve: Balázs László

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

Beadási határidő: 2022. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 03. 29.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



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, 2022.05.14

.....
hallgató aláírása



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Változtatható sugármenetű lámpatest tervezése LED-es fényforráshoz

Szakdolgozat

Készítette: Vass Attila

Világítástechnikai szakmérnök hallgató

Témavezető: Dr. Balázs László

Egyetemi docens

ÓE-KVK, MTI

Budapest

2022

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ.....	4
BEVEZETÉS	5
1 DESIGN MEGVILÁGÍTÁS	7
1.1 Könyvtárak látási feladatainak értelmezése.....	7
1.2 Könyvtárak világítási rendszereinek elemzése	8
1.2.1 Olvasótermek világítási rendszerei	8
1.2.2 Tanulósobák világítási rendszerei	9
1.2.3 Irattári világítás rendszerei	9
1.2.4 Egyedi rendeltetésű termék világítási rendszerei.....	10
1.2.5 Különleges termék világítási rendszerei.....	10
1.3 Éttermek világítási rendszereinek elemzése	11
1.3.1 Különleges éttermi terek jellemzői	11
1.3.2 Nem hagyományos értelemben vett éttermek világítási rendszerei.....	12
1.4 Az előadó- és szociálistermekben alkalmazott világítási rendszerek	12
1.4.1 Konferenciatermek világítási rendszerei	13
1.4.2 Konferenciatermek látási feladatai.....	13
1.4.3 Videokonferencia világítás	14
2 SZÍNPADTECHNIKAI LÁMPATESTEK TECHNOLÓGIAI MEGOLDÁSAI ..	15
2.1 A színpadtechnikai világítási megoldások	15
2.2 Mechanikus, elektromechanikus megoldások	16
2.3 Optikai rendszerek	17
3 SZABÁLYOZHATÓ SUGÁRMENETŰ LÁMPATEST TERVEZÉSE	18
3.1 A lámpatest tulajdonságainak rendszerezése	18
3.2 A lámpaernyő anyagának megválasztása a reflexiós tényező függvényében ..	21
3.2.1 Műanyag felületek kialakítása	23
3.3 Az lámpaernyőernyő méretezése	25

3.4	A lámpatest anyagának megválasztása.....	29
3.4.1	Szerkezeti acélok.....	29
3.4.2	Alumíniumok.....	30
3.4.3	Egyéb fémes anyagok.....	31
3.4.4	Felületkezelések és bevonatolási technológiák.....	32
3.4.5	Fém alkatrészek kialakítása	33
3.5	A lámpatest kialakítása.....	34
3.5.1	Alaplemez kialakítása	34
3.5.2	Búra mozgató elemek kialakítása	36
3.5.3	Elektronika tartó elemek kialakítása	38
3.5.4	Hűtés kialakításának lehetőségei	38
3.5.5	Burkolatok kialakítása.....	39
3.5.6	Villamosbiztonsági kialakítások	40
3.6	Elektronikus egységek kiválasztása	42
3.6.1	Tápegység kialakítása	42
3.6.2	Vezérlő elektronika kialakítása.....	43
3.6.3	Elektromechanikus elemek kiválasztása	46
4	A VÁLTOZTATHATÓ SUGÁRMENETŰ LÁMPATEST MÉRÉSE	48
4.1	A mérés célja és eszközei	48
4.2	A mérés módszertana	49
4.2.1	Első mérés, maximális 110°-os nyílásszög és magas 310 mm -es fénypontmagasság mellett nagy felbontású vizsgálattal	51
4.2.2	Második mérés, maximális 110°-os nyílásszög és alacsony 410 mm-es fénypontmagasság mellett optimalizált felbontással	52
4.2.3	Harmadik mérés, minimális 25°-os nyílásszög és magas 310 mm-es fénypontmagasság mellett optimalizált felbontással	53
4.2.4	Negyedik mérés, minimális 25°-os nyílásszög és alacsony 410 mm-es fénypontmagasság mellett optimalizált felbontással	54

4.3	A mérés kiértékelése	55
4.3.1	Az első mérési pont kiértékelése maximális nyílásszög és magas fénypont magasság mellett	55
4.3.2	A második mérési pont kiértékelése maximális nyílásszög és alacsony fénypont magasság mellett.....	56
4.3.3	A harmadik mérési pont kiértékelése minimális nyílásszög és magas fénypont magasság mellett.....	57
4.3.4	A negyedik mérési pont kiértékelése minimális nyílásszög és alacsony fénypont magasság mellett.....	59
4.4	A mérések szimulációja Relux rendszerben	60
	ÖSSZEGZÉS	65
	SUMMARY	67
	IRODALOMJEGYZÉK.....	69
	RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK.....	70
	ÁBRAJEGYZÉK	71
	TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	72
5	MELLÉKLETEK	72
5.1	A goniofotométer által mért értékek megjelenítése táblázatos formában	72
5.1.1	Az eredmények 110°-os nyílásszög esetén.....	72
5.1.2	Az eredmények 25°-os nyílásszög esetén	77
5.1.3	Összeállítási rajz	82

ELŐSZÓ

Szakdolgozatom fő célkitűzése az előadótermekben, szociális helységekben alkalmazott lámpatestek, ezen keresztül a LED-es fényforrások alkalmazhatóságának növelése az adott látási viszonyhoz történő igazításával. Melynek megfelelően az általam tervezett lámpatest alkalmazásával az adott, de megváltoztatható funkciójú előadó területen kívánom a látási viszonyokhoz igazítani a megvilágítás mértékét. Ennek okát azon megfigyelésem adja, hogy egy szociális helységben vagy tárgyalóban folytatott megbeszélések, előadások során egymástól eltérő témájú tevékenységet végeznek, melyek különböző tárgyi eszközöket igényelnek. A konferenciák témáitól függően eltérő látási viszonyokat igényelnek, melyekhez természetesen eltérő fénysűrűség értékek szükségesek az adott előadás lefolytatásához. A jelenleg kialakított világítási rendszer nem megfelelő egy azon többfunkciós termen belül kialakított különböző rendezvények lefolytatásához, mivel a megvilágítást nem igazítják külön egy adott előadáshoz vagy látási feladathoz. Ennek a problémának a kiküszöbölésére terveztem egy változtatható sugármenetű lámpatestet, melynek elektromechanikusan állítható fényvisszaverő felületének a fényforráshoz viszonyított beesési szögét lehet az adott látási viszonyhoz igazítani. A módszer folyamatának teljes mértékű kihasználásához, valamint a rendelkezésre állás idejének csökkentéséhez nem kizárólag a búra felülete módosítható, hanem a fényforrás pozíciója is változtatható a lámpatesten belül. Ilyen módon csökkenthető a helyi világítás duplikátuma, mely jelentős energia megtakarítással párosul.

BEVEZETÉS

A világítástechnikában legfőképpen a stúdió és színpadtechnikában alkalmaznak változtatható világítási paraméterű lámpatesteket. Itt elsősorban az elsődleges cél a különböző színek érzékeltetése, a művészi hatás drámaiságának fokozása. A változtatható sugármenetű lámpatest jelenlegi általam ismertetett alkalmazásban a színpadtechnikától természetesen eltérően háztartási, illetve szociális termekben történő felhasználásra szánom. A jelenlegi tervezett rendszerem későbbi alkalmazás tekintetében az okosotthon részét is képezheti, vagy ipari környezetben egy DALI vagy DMX rendszerét ez természetesen csak szoftveres illesztés kérdése. A jelenlegi alkalmazásom az okosotthon környezetbe történő illesztés lehetőségét vetíti előre. Ezen eszközök esetén szabadon szabályozható a fényáram és a színhőmérséklet, illetve különböző interakciókra adott válaszokat állíthatunk be időtől, valamint helytől függően. Háztartási szempontból tehát a lámpatestem további funkciókkal ruházza fel az okos világítási rendszereket, így állítható a fénypont magassága, vagy a búra szöge ezáltal sokkal hangulatosabb, meghittebb megvilágítás érhető el. Ettől eltérő rendeltetését a szociális vagy változó funkciójú termekben, közösségi terekben érheti el. Ennek megfelelően étteremben, kávéházban, könyvtárakban vagy akár előadótermekben az egyénenkénti testreszabhatóságával olyan megvilágítási környezetet teremtettem, mely a felhasználó látási igényére pozitívan hat. Így csökkenthető a káprázás mértéke vagy kizárólag egy terület adott felülete világítható meg a világítási rendszer módosítása nélkül.

A világítástervezés megkönnyítése érdekében, valamint a megváltoztatható funkciójú beltérek világítási rendszereinek kivitelezésének egyszerűsítése miatt terveztem egy olyan lámpatestet melynek dimenziói befolyásolhatók a megkövetelt igények szerint. Az ernyő geometriájának módosításával könnyedén elérhető a kívánt fényeloszlás és fénysűrűség mindazonáltal a káprázás mértékadó UGR jellemző is a kívánt mértékre csökkenthető. Mivel az eszköz használatához nem szükséges speciális integrált fényforrás bármely kereskedelmi forgalomban kapható szabványos E27-es fejeléssel ellátott LED-es forrás alkalmazható. A rendszer működéséről részletesebben a második fejezetben lehet olvasni.

A szakdolgozat első fejezetében előrevetítve a tervezett lámpatest jellegét és alkalmazhatóságot adom meg az adott funkciójú belső terek világítási paramétereinek jellemzőit, kritériumait. Ennek megfelelően tárgyalom a design lámpák jellemzőit és az

alkalmazhatóságukban rejlő kihívásokat. A további alfejezetekben jellemzem a könyvtári, előadó termi, éttermi környezetek jellemzőit.

A második fejezetben a jelenleg alkalmazott technológiai megvalósításokat, piaci trendeket mutatom be a színpadtechnika terület vetületében.

A harmadik fejezetben mutatom be az általam tervezett lámpatest tervezési lépéseit, felépítését. Bemutatom, milyen világítási paraméter határok mellett képes üzemszerűen működni. Mivel változtatható az ernyő geometriája, valamint a fénypont magassága is dinamikusan befolyásolható a további pontokban ezen technikai megoldásokat is levezetem. Az általam tervezett változtatható sugármenetű világítótest nem tekinthető szokványos megoldásnak, mivel elsősorban a színpadtechnikában használatos megoldásról beszélhetek számos ponton további fejlesztési lehetőségeket rejt.

A negyedik fejezetben a lámpatest mérése kerül előtérbe. Ahol bemutatom a megépített modellt és köré tervezett mérésekkel igazolom üzemszerű működését. A mérés során goifotométeres vizsgálatnak vetem alá a lámpatestet dedikált beállítások mellett. A negyedik fejezet végén a mért adatok alapján elkészítettem a lámpatest ldt fájlját amit beltéri szimulációs feladatokon keresztül mutattam be Relux rendszerben.

1 DESIGN MEGVILÁGÍTÁS

A világítástechnikai tervezés, illetve eszközkészletének fejlődésével a társadalmi igények is együtt fejlődtek. A megrendelők egyre merészebb elvárásait öntötték formába. Mivel az építészeti stílusirányzatok ráhatással voltak a világítástechnikára, azaz már nem csak kizárólag a világítási paraméterek optimális biztosítása volt a cél, hanem a megjelenés és formavilág is követelménnyé vált. Ezen fejlesztési tendencia nagy úttörői a dán, holland és svéd formatervezők, akik így megalkották a skandináv formavilágot. Ezen keresztül pedig napjainkban is hatalmas népszerűségnek örvendenek a design lámpák. Ebben a fejezetben az eltérő funkciójú, tehát eltérő látási viszonyokat teremtő helyiségekkel, szociális beltérrel és azokkal szemben támasztott igényekkel foglalkozom.

1.1 Könyvtárak látási feladatainak értelmezése

Az iskolákban, valamint a városi nyilvános könyvtárak, helység elrendezése az egyszerűtől az olvasó szobáig számos kialakítással jellemezhető. Gyakran rendeznek különböző kiállításokat, előadásokat, rendezvényeket, ahol számos gyűjtő, kiállító gyűlik össze ismereteik, tárgyaik megosztása révén. A különböző tevékenységekhez így más-más világítási igényeket támaszt mind az előadó mind maga a szervező. Ilyen módon a világítási rendszer tervezése során a konstans világítási paraméterű eszközök alkalmazása mellett különösen nehézkes a megfelelő rendszer kialakítása. A nagyobb méretű városi könyvtárak ettől eltérően további termeket kínálnak, mint pl. olvasóterem, audiovizuális terem vagy az internet elérést biztosító számítógép termeket. Nem is beszélve a kiszolgáló személyzet által használt irodákról az intézmény működése szempontjából elengedhetetlen irattáráktól, a könyvtári katalógus kártyákat tartalmazó helyiségekig. Ezen felsorolt eltérő funkciójú terem mind eltérő vizuális igényeket támasztanak. A tervezést némileg tovább bonyolítja a helyiségek vegyes elrendezése, ami így valós problémát jelent a megfelelő világítási szintek fenntartásában. Mivel a szomszédos, de azonos légtérben található esetlegesen térelválasztó nélkül használt terem eltérő látásfeladatok kielégítése mellett alkalmazott eltérő világítási paraméterű lámpatestek zavarhatják a határokhoz közel elhelyezkedő személyeket.

A megannyi könyvtáron belül végezhető tevékenység közül a legmagasabb megvilágítási minőséget az olvasás folyamata igényli. Az olvasnivaló anyagok változatosak mind megjelenésükben mind pedig jellegükben. Gondolok itt a betűszedés méretére mely változhat az igen nagy méretű 18-20 pontos gyermekkönyvektől egészen a jogi tartalmú

8-12 pontos könyvekig. Továbbá az olvasási komfortot nagymértékben befolyásolja a nyomtatott irodalom alapanyaga, mely számtalan kivitelben készülhet pl.: matt, fényes, fehér, régebbi könyvek esetén sárgult, vagy épp művészeti könyvek esetén teljesen reflektáló felületű lapokból. Az olvasási viszonyoktól eltérően írási feladatok is megjelenhetnek a könyvtár látogatása során, mely kézírása feladatok esetén mind a ceruzával, valamint tollal készített feljegyzések elkészítéséhez biztosítani kell a megfelelő mennyiségű és minőségű megvilágítást.

1.2 Könyvtárak világítási rendszereinek elemzése

A könyvtári létesítmények sok esetben az épület adottságaiból fakadóan felül, illetve oldalvilágítókkal rendelkezik, ezáltal a természetes fény bejuttatására van lehetőség, mesterséges megvilágítási rendszer alkalmazása mellett. A természetes világítás mely magában foglalja mind a nappali mind pedig az éjszakai fényt optimális alkalmazásuk jelentősen befolyásolja a beltéri, valamint a kültéri világítási rendszerek tervezési folyamatait, illetve világítási megvalósításait. Felhasználásuk történhet kizárólagos vagy a mesterséges fényforrások támogatásával kiegészítő formában. A tervező által megvalósított és a megrendelői igények kielégítésére a szabványban meghatározott értékeknek történő megfeleltetés elengedhetetlen a hatékony világítási rendszer tervezéséhez. Számos munkatér, helység funkciójából adódóan igényli a megfelelő megvilágítást, azonban nem elhanyagolandó a környezetvédelem oldaláról is megközelíteni a tervezetet.

1.2.1 Olvasótermek világítási rendszerei

A nagyobb könyvtárak műemlék jellegükből adódóan rendelkezhetnek nagy belmagasságú olvasótermekkel. Ezen helyiségek kialakításának hangsúlyozása elengedhetetlen. Mivel azonban a dekorációs célokat is ellátó lámpatestek eltérő világítási paraméterekkel rendelkeznek, mint a sorozatban gyártott modellek, esetleg egyedi darabokról is beszélhetünk elengedhetetlen a reflexiós, illetve káprázási szint mérséklése. Ennek kifejezett oka az, hogy a látási feladatok nem minden esetben azonos magasságokban valósulnak meg. Az olvasóasztalnál történő olvasás esetén 700-800 mm lehet a magasság, míg a fotelokban ennél alacsonyabb 500-600 mm-en is megvalósulhat a folyamat. Ezért ügyelni kell a lámpatestek elhelyezésére, hogy elkerülhetővé váljon a káprázás mértéke a vizuális feladatok környezetében, ezért olyan világítási eszközöket kell alkalmazni melyek csökkentik a fénysűrűséget a közvetlen reflexiós zónán belül.

1.2.2 Tanulósobák világítási rendszerei

Azon létesítmények, melyek közvetlenül iskolai intézményhez kapcsolódnak, vagy abban létesítették, tanulótermeket is kialakíthattak, vagy esetlegesen valamely térelválasztó elem segítségével különítették el a könyvtár többi részétől. Ezen objektumok a körítő falak miatt leárnyékolják a belső terek egy részét, ezért világítási szempontból komoly problémát jelentenek. A tanuló fülkék egyedi megvilágításainak tervezése során körültekintően kell eljárni mivel, a kialakítás közvetlenül a munkafelület felett helyezkedik el, ami növelheti a reflexiót elsősorban a pultról, valamint a fátýolfénysűrűség mértékét. Mivel a lámpatest közel helyezkedik el a néző szemszögéből a közvetlen fényforrásra történő rálátás ellen ernyőzéssel kell védekezni a káprázás, valamint a közvetlen reflexió elkerülése végett, illetve a termikus védelem is fontos a csekély távolság miatt. A nagyobb méretű, de továbbra is maximálisan 10-12 fő befogadására szolgáló tanulósobák egyedi világítási rendszerrel rendelkeznek. Az ilyen funkcióval rendelkező termek azonos megvilágítási határértékekkel rendelkeznek, mint egy iskolai oktatóterem.

1.2.3 Irattári világítás rendszerei

A polcokon, irattárakban jelentkező vizuális feladatoknak megfelelő világításrendszer kialakítása egy komplex feladat, mivel a felső polcoktól kezdve a legalsóig bezárólag valamennyi pozícióban felismerhetőnek kell lennie a könyv gerincén található könyvtári azonosító számnak a szerző személyének, valamint a kötet címének. A legfőbb nehézséget az egyenletes fénysűrűség biztosítása jelenti a legalsó polcok esetén. Az egyik lehetséges megoldás a probléma kiküszöbölésére fénycsöves vagy LED-es fényforrások folytonos használata a polcok között található folyosók közepén, valamint közvetlenül a kötetek felett. Azonban az így keletkezett elrendezés miatt az erőteljes reflexió alakul ki a padlózat fényvisszaverő tulajdonsága miatt így megfelelő alakú és irányítottágú fényvisszaverő rétegre vagy prizmás lencsére van szükség. A nagy reflexiós tényezővel rendelkező padlófelületek bizonyos mértékig még javítják is az alsó polcokat ért megvilágítási szintet. Természetesen jelentkezhetnek olyan igények melyek kielégítése során az említett polcokra nem erősíthető lámpatest ebben az esetben mennyezeti megoldásokkal kell azt pótolni. Ez a megoldás leginkább irattárak esetén alkalmazható, ahol a polcok kézi működtetése mechanikailag megoldható, ami így lehetővé teszi a tárolók mozgatását anélkül, hogy a lámpatesteket át kellene helyezni. Mivel az ilyen jellegű intézmények esetén elsődleges cél a helytakarékoság mellett a minél nagyobb

menyiségű tartalom tárolása a gördíthető állványok rendszerint összecsucott állapotban vannak és csak az aktuálisan nyitott állapotú sorokban lehet keresni illetőlegesen itt alakulhatnak ki vizuális feladatok. Ennek értelmében a többi polc esetén szükségtelen a megvilágítás biztosítása, vagyis jelenlét érzékelők, mozgásérzékelők alkalmazásával további villamosenergia takarítható meg.

1.2.4 Egyedi rendeltetésű termek világítási rendszerei

A könyvtárak nyilvántartó rendszere a katalógus ugyanazokat a megvilágítási szempontokat követelik meg, mint a képernyős irodai munkaállomások. Az irodai alkalmazásban gyakran szereplő tárgyi eszközök a meeting asztalok hagyományos mennyezeti felső világítási rendszer elegendő a munkafelület megvilágításához. A kiegészítő világítás, például a feladatmegvilágítás gyakran előnyösebb. Az építészeti elemek megvilágítása gyakran segíthet kiemelni a nagyobb méretű előadásztalokat, valamint ezáltal esztétikai megjelenést biztosít. A többfunkciós termek világításrendszerét azon belül a fényforrásokat és vezérlőket úgy kell kiválasztani, hogy a megvilágítási szinteket az impulzusszélesség moduláció segítségével több lépcsőben szabályozni lehessen a felhasználás jellegétől függően. A megfelelő világítási paraméterek szemelőt tartása mellett gondoskodni kell kiegészítő világításról, mely az előadás során vagy abba illeszthetően harmonizálható a megbeszélés témájával.

1.2.5 Különleges termek világítási rendszerei

A könyvtárakon belül gyakran különleges funkciójú terek is kialakításra kerülhetnek vagy aktuálisan módosíthatók igények szerint. Ettől függően kiállítások, bemutatókhoz prezentációs céllal kihelyezésre kerülhetnek kijelzők, melyek kialakítása lehet üvegborítású vízszintes vitrinben, vagy függőleges falra szerelhető kivitelben. Emellett a vizuális prezentációs rendezvények, illetőlegesen hangoskönyvek használatához elengedhetetlen szeparált, paravánnal elkülönített tereket is kialakíthatnak melyek önálló világítási eszközrendszerrel kell, hogy rendelkezzenek, mivel az egyénenként szabályozható fényáram jelentősen növeli komfort érzetet, valamint a mű beleélése is nagyobb valószínűséggel történhet meg. Az általános megvilágítást a felső lámpatestek biztosíthatják, ha azonban azok a képernyő közelében, illetve audiovizuális teremben történik, kikapcsolható, míg a kiegészítő lámpatestek alacsony intenzitással tovább működtethetők.

1.3 Éttermek világítási rendszereinek elemzése

A vendéglátó létesítményen belül kialakított szórakoztató, valamint vendéglátó terek rendkívül összetett és villamosenergiaigényes területek melyeknek világítása fontos szerepet tölt be a megfelelő hangulat megteremtésében, keltésében. A megtervezett világítási rendszer hatékonysága attól függ, hogy a számított világítási paraméterek a megvilágítási szint, a fényforrás korrelált színhőmérséklete és a lámpatest típusa, valamint elhelyezkedése milyen módon hangsúlyozza ki az belső építészet elemeit, illetve milyen mértékben képes redukálni a belsőreflexió mértékét.

1.3.1 Különleges éttermi terek jellemzői

Az önkiszolgálóétermek ételmegvilágítását olyan módon kell megvilágítani, hogy felhívják a vendégek figyelmét, és világosan, részletesen tekinthessék át az étterem kínálatát. A színvisszaadás megtartása a friss élelmiszereknél fontosabb, mint a csomagolt élelmiszerek esetén. Egy fontos szabály, hogy az ételpultok megvilágítási szintjének legalább kétszer olyan magasnak kell lennie, mint az általános megvilágítási szintnek a környező területeken. A lámpatestek hőjének elvezetése viszont fontos szempont mind a friss ételek védelme érdekében mind pedig a kiszolgálók égési sérülésének elkerülése miatt.

Az éttermi étkezőket általában három kategóriába sorolják: meghitt, szabadidős és gyorséttermi. A meghitt típusú étkezők, koktélbárok, éjszakai klubok és néhány étterem, azon helyek, ahol az emberek elsősorban saját szórakoztatásukra összegyűlnek, beszélgetnek funkcióját tekintve inkább tekinthetők trendi intézményeknek, ahol nem elsősorban az étkezés jelenti az elsődleges interakciót. Ezek a terek jellemzően visszafogott légkörűek, alacsony fénysűrűséggel végig, hangsúlyosan, finoman kiemelt megvilágított felületekkel, elemekkel rendelkeznek. A megvilágításnak jól szabályozottnak kell lennie mind a megvilágítási szint mind pedig az eloszlás tekintetében.

A szabadidős étkezési terek között számos étterem és étkezőhely található, ahol az étkezés az elsődleges tevékenység. Belső építészetileg a nyugodt légkör és a dekoratív kialakítás jellemző rá. A világítás általában visszafogott, nem hivatkozódó, nem zavarón magas a fény intenzitása. Kivéve, ha dekoratív lámpatesteket alkalmaznak melyek elsődlegesen valamely kiemelt belsőtéri elemet hangsúlyoznak ki a dekoráció részeként.

Gyorséttermi esetben az elsődleges irányelv a gyors rendelés és kiszolgálás menete. Tehát elsősorban a világítási rendszer is ehhez igazodik, a kínált ételek kerülnek előtérbe ezáltal hívogató, figyelemfelkeltő világítási paraméterekkel. Ezáltal melegfényű megvilágítás és magas intenzitás jellemzi. Amennyiben a kész ételek nem tekinthetők meg a kínálat vagy molinó vagy kivetítőkön tekinthető meg általában figyelemfelkeltő harsány színezettséggel.

1.3.2 Nem hagyományos értelemben vett éttermek világítási rendszerei

A gyorséttermek közé tartoznak az ebédlők, kávézók, snack bárók, kávézók és franchise üzleti modellt alkalmazó éttermek, ahol az étterem jellegéből adódóan, valamint a vezetőség ideológiája szerint egyaránt törekszik a gyors kiszolgálásra és a gyors ügyfélforgalomra. Ebben az esetben magas a megvilágítás értéke 500-1000 lux és az egyenletes fényeloszlás biztosítása elengedhetetlen a megfelelő kiszolgálás érdekében.

A svédasztalos tálalási mód, mint gyakori ételmezési forma úgy kerül kialakításra, hogy hívogató környezetbe helyezik a tálalt ételeket és magas megvilágítási szinttel biztosítják az ételekben rejlő részletek felismerhetőségét. A megfelelő színvisszaadás különös fontosságú, mivel így érhető el az étel és a vendéglátás megjelenésének minősége. Természetesen az ételpultoktól kevésbé jól megvilágított képet mutathatnak, de továbbra is pozitívan kell, hogy hasson a vendégekre. Amennyiben a lámpa élettartama és hozzáférhetőségének biztosítása nem kritikus, irányított fényforrásokra van szükség, melyek 90% feletti színvisszaadási indexel rendelkeznek.

1.4 Az előadó- és szociálistermekben alkalmazott világítási rendszerek

A konferenciatermek funkciójukból kifolyólag általában korlátozott feladatot látnak el, ahol egy adott témában hasonló érdeklődésű emberek eszmecserét folytatnak. Befogadóképességtől függően egyes konferenciatermek képesek nagyobb létszámú embertömeg befogadására, valamint alkalmasak nagyszabású előadások megtartására, ahol egy központi asztal köré csoportosulva vitatják meg gondolataikat, így lehetővé válik a személyes szemkontaktus fenntartása, beszélgetés, valamint korlátozottan az olvasás és jegyzetelés feladata. A konferencia termeket gyakran alkalmazzák prezentációk megtartásához, ahol a létszám függvényében az egyszerű személyes beszélgetésektől a csoportos megbeszélgetésekig az előadók a különféle elektronikus segédletek igénybevételével mutatják be álláspontjukat az adott témával kapcsolatban.

1.4.1 Konferenciatermek világítási rendszerei

A legtöbb konferenciateremben a következő alapvető vizuális feladatokat végzik. Az elsődleges vizuális feladat az olvasás és írás a tárgyalóasztalnál. Mivel közös megbeszélés lefolytatása az elsődleges cél, ezért nagyon fontos, hogy az asztalnál ülők jó megvilágítás mellett egymás arcát is lássák. Az előadások gyakran tartalmaznak olyan grafikus anyagokat melyek az előadó mondanivalóját támasztják alá, mint például a diagramok grafikonok, amelyek a láthatóság kedvéért magas fényintenzitást igényelnek. Míg alapvetően a konferenciatermek egyenletes környezeti fényt, az előadások, videók, PowerPoint prezentációk ettől eltérő effektusokat igényelhetnek, tehát elengedhetetlen a világítási rendszer ilyen irányultságú kialakítása. Kevésbé lényeges momentum a kényelem biztosítása, illetőlegesen olyan lámpatest alkalmazása mely segíti, az ételek, italok felszolgálatát, mivel jelen interakció nem tekinthető általánosnak egy előadás alatt. Amennyiben a konferenciateremben bemutató táblát is alkalmaznak használata közben felületét magas fénysűrűséggel kell ellátni a láthatóság növelésének céljából, azonban kerülni kell a merőleges megvilágítást a reflexió csökkentése okán. Az eltérő látási feladatoknak megfelelően a teremben a székek mögötti területeket a tájékozódásnak megfelelően elegendő környezeti fénnel kell megvilágítani, még az előadás időtartama alatt is. Mindazonáltal a lámpatestek típusainak, jellemzőinek és stílusának összhangban kell lennie a helyiség építészeti és belsőépítészeti tulajdonságaival, beleértve a felhasznált anyagokat, színeket, bútorokat és egyéb építészeti részleteket. Ebben az esetben az egyetlen lényeges és szembetűnő lámpatest a körítő falakon elhelyezett irányfény. Az általános tervezési jellemzőktől, illetve a felhasználás jellegétől függően a helyiségben alkalmazott irányfényforrások többféleképpen is megvalósíthatók. Lehetnek hivalkodó, valamint rejtett megoldások szerint is.

1.4.2 Konferenciatermek látási feladatai

A megbeszélések és előadások megfelelően szórt környezeti megvilágítást, valamint az előadás középpontjában elhelyezkedő tárgyat, vagy a tématerületet szemléltető eszközöket kiemelő világítással kell ellátni. Ahol nyílt vita, illetve beszélgetés zajlik az előadók és a hallgatóság között, a világításnak káprázás és reflexió mentesnek kell lennie a megfelelő párbeszéd kialakításához. Ipari termék bemutatókhoz, illetve új termékek piacra vezetése előtti bemutatók megvilágításához elengedhetetlen lehet valamilyen színpadi világítás. Azonban a színpadok helyszínei és azok belsőtéri elrendezése épületenként jelentősen eltérhetnek egymástól. Színházi felszereltségtől függően

lehetőség kínálkozik mind projektoros előadásra, mind pedig kiemelt padozatú bemutatóra. A találkozók során egy központi területet alakítanak ki, ahol a hallgatóság megtekintheti az előadást vagy a bemutatandó szolgáltatást, terméket. Ettől eltérően kialakíthatók a fal mentén kivetített előadások. Sok esetben a teljes bérelt épület infrastrukturális felszerelését is felhasználják, ahol a találkozót több funkciójú termekben bonyolítják le. A helyiségeket vendéglátásra, bemutatókra, kiállításokra is használhatják. A terek funkcionalitásának növelését a könnyű átrendezhetőség jelenti, ahol pillanatok alatt kialakíthatók térelválasztók segítségével eltérő rendeltetésű helyiségek. A kialakított világítási rendszer azonban kevésbé vagy egyáltalán nem szabható olyan mértékben testre, mint a termék így azt az előadások témájával össze kell hangolni. Ilyen megoldandó látási feladatok a falfelületre vetülő surlófény minősége, a vetítővászon helyének megvilágítása. Az előadás audiovizuális berendezésekről és valamennyi nézőpontból akadálytalan rálátást igényel a vászon felületére. Mennyezeti csillárok elhelyezése alacsony belmagasság esetén kerülendő megoldás mivel azok zavarhatják a vetítést vagy a színpadi világítást. Ilyen esetben a körítő falakon elhelyezett lámpatestekkel és azokat megfelelő számú szabályozható fényforrással kell ellátni.

1.4.3 Videokonferencia világítás

A videokonferencia termek esetén a látási feladatok a következő két gyakori célra orientálódnak. A világítási rendszer vagy megvilágítja az előadó személyeket és a velük kapcsolatba kerülő embereket, vagy mint bármely más konferenciateremben megvilágítja az előadót és a vele távolról interakcióba lépő embereket a helyszínen, illetve a videó kijelzőn keresztül. Ezen két feladat nem minden esetben elégíti ki az igényeket, illetve saját elvárásainkat. Jelen konferenciatermek megvilágítási rendszerét maximális vizuális élmény kialakítására tervezték alacsony tükröződési szint mellett. Ezek az elvárások nem minden esetben elégítik ki a kamerafelvételekkel szemben támasztott minőségi követelményeket. A videokonferencia termek világítási rendszereinek igényeit a fényképszeti és televíziós világításban alkalmazott megoldásokkal kell kielégíteni, ahol minden esetben az elsődleges szempont a kamera minőségi megvilágítására vonatkozó alapvető elvek és műszaki megoldások. Mivel a videokonferenciaterem világításnak hagyományos konferencia követelményei vannak a megvilágítást anélkül kell kialakítani, hogy az előadó a színpadon vagy a reflektorfényben kellemetlenül érezze magát, valamint előnytelen nem kívánatos hatást keltsen a kamerába az előadás alatt.

2 SZÍNPADTECHNIKAI LÁMPATESTEK TECHNOLÓGIAI MEGOLDÁSAI

A változtatható világítási paraméterű lámpatestek jelenlegi kontextusban nem tekinthetők újkeletű technológiának, azonban alkalmazásuk kizárólagosan a színpad és stúdiótechnikában terjedt el. Ezen eszközök professzionális felhasználásra készültek ezáltal üzemeltetésük magas szakértelmet kíván meg. Tehát egy az egyben történő polgári általános felhasználásra egyértelműen kijelenthető, hogy nem emelhetők át. Számos olyan funkciót tartalmaznak melyekhez elengedhetetlen és mély ismeretekre van szükség a világítástechnika területéről azon belül is a színpadvilágításból. Tekintsük át milyen tulajdonságokkal rendelkeznek a mai korszerű rendszerek.

2.1 A színpadtechnikai világítási megoldások

A mai színpadi világítási rendszerek magas technológiai innovációt hordoznak kifinomult hardver és szoftver integrációval, melyek végletekbe menő szolgáltatásokat nyújtanak, magas szintű megbízhatóság és hatékonyság mellett. A fejlesztések széles skáláját testesítik meg a technológiák terén, beleértve az optikát, a mechanikát, a robotikát, a vegyészetet és a teljesítményelektronikát. Valamennyi felhasznált eszköz a kifinomultságot és az összetettséget ötvözi egyetlen kompakt rendszerbe szervezve, amelynek egyetlen célja van, a nézőközönség szórakoztatása. Hardveres oldalról tekintve az eszközöket a színpadi világítótestekben nagyteljesítményű elektronikai alkatrészek, ezáltal teljesítményelektronikai áramkörök találhatók. A gyors kommunikáció lebonyolításához nagy sebességű mikroelektronikai alkatrészeket, kommunikációs egységet és a digitális jelfeldolgozó egységeket építenek be. A fényforrások energiaellátásához szükséges tápáramkörök a néhány száz voltostól a több tízezer voltos ívkisüléssel forrásokig terjednek. A betáplálásnak ezen felül feladata a mozgó mechanizmusok, motorok és a segédáramkörök tápforrás igényeinek kielégítése. A belső üzemi hőmérséklet a nagyteljesítményű ívkisüléssel fényforrások esetén elérheti az 1000°C-ot is. Ezen hőmérséklet természetesen tekinthető tipikusnak, ennek ellenére az elektronika érzékeny a magas hőterhelésre, ezért aktív hűtése elengedhetetlen. Ezek a lámpatestek üzemszerű állapotukban rendszeresen mozognak így az eltérő hőmérsékleti együtthatóval rendelkező felületek esetén, mint amilyen a fém, műanyag, üveg, vagy a kerámia igen komoly felületi feszültségek keletkezhetnek melyek a fent említett okok miatt eltérően terhelik a szerkezetet és a mechanikát. Ezért valamennyi lámpatestet úgy

terveznek meg, hogy ellenálljon az ilyen irányultságú terheléseknek legyen az beltéren - kültéren a világ bármely táján, álló vagy mozgó színpadok esetén is. A lámpatestek gyakori vandalizmus elleni ellenálló képességét a szabványban megadott IK besorolásra fejlesztik, illetve feleltetik meg, mivel a napi használat miatt rongálásnak, fizikai behatásoknak vannak kitéve. A jelenleg is kapható modellek mind hordozzák a mai kor elvárt technológiai tulajdonságait tökéletes ötvözte a modern informatikának és az alkalmazott csúcstechnológiának. Az automata lámpatestek tervezése ezáltal belső felépítése szoftveres támogatása igen komoly feladatot ró a mérnökökre, akik olyan változatos tudományágakból merítenek ihletet, mint a fizika, az elektronika a szoftverfejlesztés a mechanika, hőtechnika vagy a formatervezés.

Ezen fejlesztési irányok igen komoly befektetési és innovációs szellemi tőkét igényelnek, melyek így a tervezőkön csapódnak le. Azonban az agresszív innovációs tevékenység elengedhetetlen mind a hatékony ár képzés kialakításában mind pedig a korszerű technológiai színvonal fenntartásában, kialakításában. A többi innovatív elektronikai eszközhöz hasonlóan ezen agresszív fejlesztési irány jelenti az egyetlen utat a sikerhez, a technológia színvonalának növekedéséhez. Jelen állítást természetesen az alkalmazott tudományágakon keresztül elért technológiai mérföldkövek igazolják. Az elmúlt több mint 35 évben folyamatos fejlesztések sorozata mind hozzájárult színpadi világítástechnikai rendszerek fejlődéséhez melyek gyökeresen megváltoztatták a teljes iparágat.

2.2 Mechanikus, elektromechanikus megoldások

Mechanikus mozgató elemek alkalmazásával juthatunk el a hagyományos értelemben vett lámpatestektől a minden igényt kielégítő robotlámpák felé. És ez az a momentum, ami jellemzően előnyösebbé és szabadon paraméterezhetővé teszi mindamellet, hogy képes adatokat fogadni, feldolgozni és az utasításnak megfelelően végrehajtani. A leggyakrabban, lámpákban alkalmazott aktuátor típus a léptetőmotor és a szénkefe nélküli BLDC motor. Impulzusszélesség modulált vezérlőjelek alkalmazásával pontos szöghelyzet beállításra alkalmasok akár tizedfok pontossággal. A forgatás mellett képes mind az egység mind pedig a benne található fényforrások, lencsék, gobo kerek megőrzésére is. Jelenlegi felhasználás mellett háromféle motor típust különböztethetünk meg: Háromféle léptetőmotor létezik: állandó, változó mágneses terű, illetve hibrid motorok. A színpadi világítástechnikában, ahol nagy nyomatékra van szükség

leggyakrabban hibrid motorokat alkalmaznak, ahol elegendő a normál vagy kis nyomaték elegendőnek bizonyulnak az állandó mágnesű egységek is.

2.3 Optikai rendszerek

A színpadi világítástechnika szinte valamennyi területen (jelfeldolgozás, tápáramkörök, teljesítményelektronika, vezérlés, kommunikáció) hatalmas változáson ment keresztül ezen kijelentés a fényforrásokról halmozottan elmondható. A fejlődés leginkább a LED-es és fémhalogén fényforrásokra terjedt ki, amivel párhuzamosan a wolfram szál aszközök folyamatos kivezetésre kerültek a piacról. Ennek a folyamatnak az egyik indító paramétere a fényforrások fogyasztása, valamint az ebből adódó hatásfoka. Természetesen az izzólámpáknak is megvannak a maguk előnyei, mint például a folyamatos és egyenletes természetes spektrumú sugárzás. Azonban a technológia fejlődésével a LED-es fényforrások fejlesztői olyannyira megközelítették a wolfram szálak által keltett spektrumot, hogy az másodlagossá vált a növekvő energiaárak miatt így a kedvezőtlen fogyasztási adatok háttérbe szorították azt. Ma már léteznek olyan LED-es fényforrások, melyek magas üzemóra mellett is biztosítják a magas akár 90% feletti színvisszaadási tényező értéket, igen magas élettartam mellett és ki-be kapcsolási ciklussal.

Valamennyi eddig felsorolt fényforrás különböző optikai rendszerrel van ellátva attól függően, hogy milyen funkciót töltenek be, ezáltal mekkora fényteljesítményt kívánnak elérni. Létezhetnek azonos technológiai jellemzőkkel rendelkező eszközök eltérő lencserendszerrel. Az elkészítés során ezért elsődlegesen az optikai utat határozzák meg, ami segítséget nyújt abban, hogy meghatározhassák a fényforrásból összegyűjtött fény mennyiségét és a kisugárzás mértékét. Alkalmazástól függően az optikai út tervezhető és módosítható a kívánalmaknak megfelelően. Ennek eszközei a fényforrások, reflektor elemek, tükrök, szűrők, prizmák, lencsék.

A színpadi világítástechnika esetén alkalmazott optikai rendszerek hatásfokának legalapvetőbb aspektusai a tápegységek, a fényvisszaverő elemek, a fényforrások és a lencserendszerek közvetve pedig megjegyzendő, hogy a hatékonysághoz továbbá hozzájárulnak a hűtésért felelős elemek, illetve a tokozás. Számos gyártó a piaci trendeket követve, illetve saját üzletági előnyének fenntartása érdekében egyedi, szabadalmaztatott technológiákat alkalmaz, amivel képes a konkurencia háttérbeszorítására, illetve az adott területen stratégiai előnyük megtartására.

Ennek egyik leggyakoribb formája a foglalatok egyediségének fenntartása, másik esetben egy OEM gyártó által kifejlesztett technológia kizárólagos megvásárlása egy adott időintervallumra vagy mennyiségre. A leggyakoribb megoldás mégis az optikai elemek kialakításában rejlik, mivel ezen technológia szabható legkönnyebben az igényekhez megfelelően, alacsony bekerülési költség mellett. Például rendkívül jól javítható egy fényforrás világítástechnikai paramétere a fényvisszaverő optikai elemek hatékony megválasztásával, tervezésével. Növelhető a fényintenzitás, az egyenletesség ezáltal a hatékonyság.

3 SZABÁLYOZHATÓ SUGÁRMENETŰ LÁMPATEST TERVEZÉSE

Az első fejezetben példaként felhozott, elemzett helyiségek világítási rendszereinek megoldásai a fix, behatárolt világításiparaméterek miatt konstans az adott világítási feltételeknek megfelelő eredményt szolgáltatnak. Azonban a korábban kifejtett változó rendeltetésű, illetve az eltérő funkciójú területek szélein telepített lámpatestek egymásra hatása károsan érinti a különböző interakciót végző személyeket vagy esetlegesen a meglévő rendszer nem képes kielégíteni a megváltozott igényhez szükséges feltételeket. Ennek kiküszöbölésére terveztem meg egy dinamikusan változtatható lámpatestet, mely a mindenkorl látási feladatoknak megfelelő világítási paramétereket nyújtja. Az előző fejezetben a jelenleg piacon lévő stúdió technikákat tekintettem át. A harmadik fejezetben ráfókuszálok a tervezett lámpatest kialakításának metodikájára. Ahol részletezem a tervezés lépéseit, valamint a fejezet végén továbbfejlesztési lehetőségeket is megadok.

3.1 A lámpatest tulajdonságainak rendszerezése

A tervezés kezdetén szükséges volt a perifériák megválasztása, vagyis milyen tulajdonságokkal, jellemzőkkel rendelkezzen a lámpatest. Tehát ezen kérdés ismeretében a következő tulajdonságokkal kell, hogy rendelkezzen:

- Az első és legfontosabb jellemző, hogy képes legyen a búra geometriájának megváltoztatására.
 - o Ezen tulajdonság magában hordozza, hogy mozgó elemeket tartalmaz, vagyis a benne keltett mechanikai erők nem konstansok, hanem időnként fellépnek dinamikus hatások.

- Ahhoz, hogy a mozgatás ne manuálisan történjen a folyamatot automatizált formában kell megvalósítani.
 - Ehhez elektromechanikus résegítésre van szükség, vagyis motort kell beépíteni
 - Mivel mind a méret és mind pedig a súly, nem is beszélve a hatásfokról, számít léptetőmotorok beépítése javasolt. Egyrészt a szabályozhatóság másrészt pedig a pontos mozgások elérése érdekében.
 - Szükségtelen nagy nyomatékú, gyors működésű léptetőmotor beépítése, mivel a szabályzásnak nem kell pillanatszerűn történnie. Mivel a búra maga sem minősül súlyos tehernek mind tehetetlensége mind pedig az ellenérők tekintetében csekélynek tekinthetők.
 - A körvonalazódott motor dimenzióitól függően a motortartó bakok elhelyezése elengedhetetlen, tehát ki kell alakítani a megfelelő felfogatási pontokat.
 - Fontos, hogy a felfogás felesleges rezgést ne vigyen át az alaplemezre, tehát rezgéselnyelő anyag használata javasolt.
- A másodlagos funkciók közé tartozik a fénypont magasságának szabályzása a megfelelő világítási paraméterek beállítása szempontjából.
- Ehhez további mozgatható elemek beépítése szükséges.
 - Mivel ezen kialakítás tisztán jellegéből adódóan is azonos a búra mozgató elektromechanikus beavatkozókhoz, melyet az előzőekben tárgyaltam az ott leírtak érvényesek ezen tulajdonságra is, így az azonosságot nem közlöm.
 - Egyetlen különbség viszont adódik az előzőkhöz képest, mégpedig a mozgatandó rész kiterjedése.
 - Egy E27-es foglalat és egy LED-es fényforrás azonos fejeléssel kerül mozgatásra. Nyilvánvalóan kijelenthető, hogy míg a foglalat konstans súlyú, addig a fényforrás tömegét csak egy átlagos értékkel helyettesíthetjük.
 - Továbbá egy fészek kialakítása szükséges a fent említett foglalat számára, hogy az aktívan számba vehető mozgatási utat teljes mértékben kihasználhassuk.

- A harmadlagos tulajdonságok közé sorolható az elektronikus szabályzás. Mivel elsődleges és másodlagos célként jelöltük meg az automatizálást, így elengedhetetlen egy szabályzó elektronika beépítése.
 - Az alaplemezen helyet kell biztosítani a szabályzó elektronikának, valamint a hozzá kapcsolódó elektronikus részek egységeinek.
 - Szükséges tehát legalább egy tápegység, mely villamosenergiával látja el az elektronikát, valamint a motorokat.
 - A motorok közvetlenül nem köthetők a szabályzó körre mivel annak kimenete nem képes kezelni ekkora áramfelvételt. Így szükséges egy motorvezérlő kártya, mely vagy mechanikus vagy félvezető alapú kapcsolóelemeket tartalmaz.
 - A lámpatest kikapcsolt állapota, a tápfeszültség eltűnése esetére UPS üzemmód kialakítása elektronikus formában.
- Negyedik tulajdonság a kommunikációs interfész kialakítása. Mivel a szabályzási kör befolyásolása kevésbé elegáns megoldása a vezetékes megoldás, ezért vezeték nélküli interfész kialakítását kell elvégezni.
 - A vezetékek nélküli kialakítás elengedhetetlen kritérium a jelenlegi piacon nem különben egyszerűbb megoldás bármelyik vezetékes megoldásnál.
 - WIFI interfész modul kialakítása az alaplemezen.
 - Ezen megoldás másodlagosan elősegíti az IOT rendszerbe való integrálást is.
 - Bluetooth interfész modul kialakítása az alaplemezen
 - Ezen megoldás a kis hatótávolságú közvetlen elérést biztosítja amennyiben WIFI rendszer nem elérhető.
 - Mindkét kommunikációs protokoll egyformán kell, hogy támogassa a későbbi firmware frissítéseket is.
 - Az alapvető kommunikációs protokollok terén, ahol nem áll rendelkezésre egyik modern vezetékek nélküli interfész IR modul beiktatása szükséges. Így egy esetlegesen feltanított távirányítóval is módosíthatók a fontosabb paraméterek.
- Ötödik tulajdonság, inkább az eddigi elektronikus modulok miatt elengedhetetlen, mint sem felhasználói követelmény. Ez pedig a hűtési rendszer kialakítása.
 - Meg kell vizsgálni a rendszert, hogy szükséges-e az integrált aktív hűtési rendszer beépítése vagy a passzív megoldás is elegendőnek minősül.

- Amennyiben szükséges az aktív rendszer a burkolaton belül elengedhetetlen hőmérő szenzorok beépítése, mely további bemeneteket igényel a szabályzó PCB-n.
- Mivel szabályozott aktív hűtésről beszélünk további bemenet szükséges a ventilátor fordulatszámának beolvasására, valamint egy további kimenet a fordulatszám szabályzására.
- Passzív hűtés esetén kizárólag hőtérkép felvétele szükséges és a megfelelő szellőzőnyílások kialakítása a burkolaton. Természetesen az esetleges rész meghibásodások miatt, túlhevülés elleni védelem érdekében a belső burkolaton belüli hőmérséklet mérés fontos, így kialakítása szükséges lehet.
- Hatodik jellemző burkolatok kialakítása hasonlóan az előző ponthoz képest biztonsági követelmény és nem végfelhasználói.
 - Burkolatok kialakítása, mely elfedi a villamosan veszélyes érinthető részek felületét ezáltal elsődleges védelmet nyújt.
 - A másodlagos védelem tekintetében a tápfeszültség, valamint a belső modulok határfelületein elválasztást kell alkalmazni, illetve további kettős szigeteléssel kell ellátni az eszközt, az érintésvédelmi irányelveknek megfelelően.

3.2 A lámpaernyő anyagának megválasztása a reflexiós tényező függvényében

A lámpaernyő anyagának megválasztása fontos tényező, mivel ezen optikai elem tulajdonságain múlik a teljes lámpatest fénytechnikai paramétereinek optimális rendelkezésre állása. Vagyis egy jó hatásfokú fényforrást a nem megfelelően megválasztott ernyőzés vagy búra anyaghasználat gyakorlatilag alkalmatlanná tehet az elvárt követelmények teljesítése terén. Ez természetesen fordítva is igaznak mondható, vagyis egy gyenge egyenletességgel rendelkező forrást az optikai elemek némileg javíthatnak. A lámpabúrákban leggyakrabban használt anyagok az üveg, a különböző anyagminőségű fémek, műanyagok, papír, valamint ezen anyagok bevonatolt alternatívái. A felhasználástól függően jelen esetben kizárólag a papír, valamint a műanyag rendelkezik megfelelő rugalmassági tényezőkkel, így a fémek és az üveg, mint rugalmatlan anyagok nem teljesítik a szükséges feltételt. Termikus tulajdonságaik tekintetében viszont ellenkezőleg, jóval kedvezőbbek a korábban említett anyagokénál.

Mivel azonban LED-es fényforrások számára készül a lámpatest, elsősorban polgári, háztartási felhasználásra így a komolyabb hőteljesítménnyel nem kell számolnunk.

Anyag	Young-modulus (GPa)	Termikus alkalmazhatóság (°C)	Reflexiós index (%)	Transzmissziós index (%)
Üveg	72	nem releváns	-	80-99
Alumínium	69	nem releváns	60-70	-
Acél	210	nem releváns	55-65	-
Polipropilén	1,5-2	-50-170	-	93
Polimetil-metakrilát	2,38	-100-120	-	92
Poliamid	3-5	-50-170	-	90
Polikarbonát	2,3	-100-120	-	90
Papír	3-4	350	70-80	-

3-1. táblázat Anyagok rugalmassági, termikus, és optikai tulajdonságai (forrás: <https://hu.frwiki.wiki/wiki/>)

A fenti táblázatból látható, hogy tulajdonságaik alapján a papír, valamint a különböző összetételű műanyagok lesznek a legmegfelelőbbek. A papír ugyan alacsonyabb visszaverődési indexel rendelkezik, mint a műanyagok azonban rendelkezésre állása jóval magasabb, valamint könnyebben elkoszolódik azonban mivel a mérések előtt kerül közvetlenül fel a modellre ezen negatívuma nem jelentős.

A műanyagok terén számos megoldással találkozhatunk melyek a végső koncepcióban helyet is kell, hogy kapjanak. Most tekintsük át az alkalmazható anyagok szerteágazó listáját. A műanyagok jellemzően nagy molekulatömegű szerves vegyületekből készült anyagok melyeket termikus eljárással hoznak létre, ez jellegétől függően eltérő is lehet esetünkben azonban az eljárás nem releváns. Főbb jellemzőik közé tartozik, hogy megmunkálás után rugalmasok és eredeti alakjukat az elviselhető deformáció után visszanyerik. Két fő csoportot viszont mindenképp meg kell különböztetni, melyek jellegüktől adódóan befolyásolja alkalmazhatóságukat ezek a hőre lágyuló és a hőre keményedő műanyagok. A későbbiekben kizárólag fizikai megmunkálással lehet dimenzionális tulajdonságaikat megváltoztatni. Ennek magyarázata, hogy a termikus folyamat során kémiai reakció is végbemegy mely kihatással van az anyag szerkezetére. Fontos még megjegyezni, hogy mivel könnyen alakítható anyagokról beszélhetünk a gyártási folyamat során gázkeverék injektálásával igen nagy rugalmasságú habok

hozhatók létre melyek mind hőszigetelés, súly, valamint fizikai rongálás ellen rendkívül jól védett burkolatokat eredményez. A műanyag előállításának jelenleg alkalmazott természetes forrásai közé tartozik leginkább a kőolaj és származékai, a növényi alapú gyanták, valamint egyéb bio előállítású anyagok. A feldolgozás során a szükséges összetevőket zárt nyomástartó edényzetbe adalékolják nagy mennyiségű hőenergia hozzáadásával. Az így készült ömledéket feldolgozástól függően szeletelik, darálják vagy különböző adalékokkal tovább módosítják szerkezetüket. Az optikai befolyásolás érdekében különböző külső rétegekkel látják el, mellyel növelhető a fényvisszaverés mértéke, szűrő réteget létesítenek mely adott hullámhossz tartományban nem enged át vagy ESD védetté teszik esetlegesen UV állóvá. Ezen beavatkozás természetesen a felület mindkét oldalán elvégezhető így az egyik oldal lehet vákuumgőzölt eljárással készült fényvisszaverő magas reflexiós tényezővel ellátott reflektor, míg a másik oldal lehet UV vagy ESD védett. Természetesen az UV állóság elleni védelem már a donor anyag összetételének megválasztásával is elősegíthető.

Alapanyag	Tulajdonságok	Alkalmazás
Akril	diffúz jellemzők	prizmák, lencsék
Polikarbonát	nagy szilárdság	kültéri vandálbiztos búrák
Polietilén	nagy anyagsűrűség	kültéri lámpatestek
Polisztrén	diffúz jellemzők	prizmák, lencsék
Poliészter	jó optikai jellemzők	reflektortok, búrák, diffúzorok

3-2. táblázat Műanyagok alkalmazási területei

Amennyiben eltérő fizikai tulajdonságú anyagok szeretnének létrehozni, mint a donor annak elektromos, fizikai, kémiai, termikus, rezisztív jellemzőit különféle adalékokkal tovább növelhetik. Ilyen módon hozhatók létre például robbanásbiztos térben alkalmazható olyan lámpaernyők, tükrök, reflektorok melyek éghetetlenek, nem töltődnek fel ezáltal gyújtószikra mentesek, vagy ellenállnak a különböző agresszív gőzöknek, gázoknak. Az igen nagy szilárdságúak, ami által kültéren ellenállnak a különféle fizikai behatásoknak, vandálbiztosak. Ilyen adalékok lehetnek a biotöltetek, fémporok, ásványi anyagok, üvegszálak, szénszálak stb.

3.2.1 Műanyag felületek kialakítása

A műanyag felületek kialakítására számos lehetőség kínálkozik, melyek közül néhányat ismertetek. Ezen formázás valamennyi formája financiálisan kedvezőbb eredményt biztosít, amellet, hogy megfelelő minőségű felületet biztosít. Természetesen felület és

felület között is vannak különbségek folyamattól, illetve alapanyagtól függően, de a jelenleg korszerűnek tekinthető műanyag alakítási technológiák mind egytől egyig kiváló minőséget biztosítanak. A következő öntési technológiákat különböztethetjük meg a teljesség igénye nélkül:

Fröccsöntés: A granulált formában előkészített alapanyagot megfelelő hőmérsékleten és nagy nyomáson újra öntik. A kialakított termék formázása során a forró folyékony olvadékot egy megfelelően kialakított fröccsöntő formába lövik, amiben ezután a műanyagot hagyják visszahűlni.

Több komponensű fröccsöntés: Hasonlóan a hagyományos fröccsöntéshez, csak itt a már félkész terméket egy másik szerszámba helyezik, ahol további, de eltérő tulajdonságú vagy színű második komponenssel látják el.

Extrudálás: Hasonlóan a fröccsöntéshez a műanyag darálékot felforrósítják és egy adott formát helyezve az extrúder kiömlőhöz azon átnyomva képzik a megfelelő darabot. A kiadagolás során a termék lehűlik, amit majd azután megfelelő méretűre darabolnak.

Több komponensű extrudálás: Az extrudálás egy összetettebb fajtája, ahol eltérő fizikai tulajdonságú alapanyagokból, eltérő mechanikai tulajdonságú terméket hoznak létre.

Hőformázás: A hőformázás elterjedése leginkább a csomagolástechnikában terjedt el, azonban ilyen módon rendkívül egyszerűen és gyorsan kedvező gazdasági feltételek mellett lehet kiváló minőségű felületeket létrehozni. A formázás során vagy elkészítik a gyártandó felület negatívját vagy a csomagolandó felületre melegítik rá a már kész vastagságú fóliát, amit ezalatt vákuum technológiával a tárgyra zsugorítanak.

Ultrahangos hegesztés: A kész vékony fóliafelületeket az ultrahang rezgéshullámai felforrósítják és nyomás hatására összehegednek.

Forrólevegős fúvatás: Hasonlatos a fröccsöntéshez azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben nem darálékot alkalmaznak, hanem egy félkész terméket helyeznek a végtermék formájába és azt forrólevegővel a kellő méretre fújják.

Rotációs formázás: A fröccsöntés egy speciális formája, ahol a műanyag granulátumot a szerszámba helyezik, majd hevítés során elkezdik forgatni. Az így az anyagra ható erők a forró ömledéket a külső falazathoz tapasztják, amit közben már kezdenek lehűteni.

Gépipari megmunkálás: Hagyományos értelemben szerszámgépekkel történő megmunkálást jelent. Természetesen lassabb kihozatalt eredményez viszont sokkal jobb minőségű és pontosabb elemek készíthetők ilyen módon.

3D nyomtatás: A legfiatalabb műanyag formázási technológia. Az elődeihez képest rendkívül gyors kihozatalt eredményez alacsony bekerülési költség mellett. Elsősorban prototípus gyártásra használják, mivel a termék tartóssága sajnos elmarad a korábbi technológiáktól. Az évek alatt számos eltérő technológiát fejlesztettek ki a csoporton belül, ahol az alapanyag fizikai megjelenése, valamint az exponálásra adott tulajdonságaiban tér el.

Az eddigiekből láthatóvá vált, hogy milyen sokrétű is lehet az a technológia, valamint alapanyag paletta melyből a tervezés során választani lehet. Így tehát, mivel egy kellőképpen rugalmas anyagra van szükség a végső felhasználáshoz, mely megfelelő optikai jellemzőkkel bír és mind fizikai értelemben mind pedig súlyából adódóan megfelelőnek ígérkezik., valamint kereskedelmi forgalomban is kapható az a fényvisszaverő réteggel kezelt polikarbonát. Jellegéből adódóan könnyű, kellőképp rugalmas ahhoz, hogy a búra mozgatása ne okozzon maradandó károsodást szerkezetében mindamelllett, hogy eredeti alakját könnyedén visszanyeri. Könnyen formázható termikus tulajdonságai is kedvezőek mivel a kisteljesítményű LED-es fényforrások nem termelnek akkora hőterhelést, hogy esetlegesen megolvassák a búra textúráját.

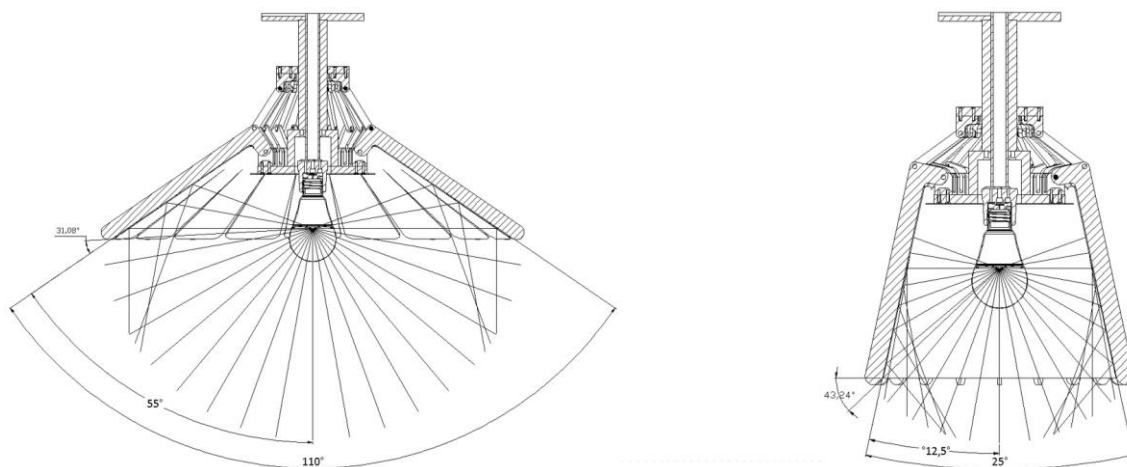
3.3 Az lámpaernyőernyő méretezése

A lámpaernyő az optikai elemek sorából az egyik legfontosabb eleme a lámpatestnek mivel alkalmazásával szabályozható a fény terjedésének iránya. Felületi minőségét tekintve megkülönböztethetünk matt, illetve fényes felületeket. A két eltérő felület különböző jelleget kölcsönöz a fény számára, ami így vagy diffúz vagy vezetett sugarakat eredményez. Az ernyő típusok többnyire világos, tehát fehér vagy fényes felületek esetében tükrös felületeket alkalmaznak magas reflexiójú tényezővel. Anyagaikat tekintve a régmúltban mattított vagy tejüvegből készültek hátoldalukon esetlegesen további fényvisszaverő réteggel. Jelenleg alumínium fóliával vagy SMT felületkezeléssel bevont magas reflexiójú műanyagból készülnek, drágább kivitelek esetén polírozott alumínium ernyővel. A műanyag fröccsöntött megoldások könnyű, alacsony gyártási költséggel jellemezhetők azonban meglehetősen redukáltak hőtechnikai jellemzőik. Kevésbé viselik el a magas hőmérsékletű fényforrások közelségét, mint az alumíniumból

készült búrák. Mechanikai ellenálló képességük is elmarad az utóbb említett megoldásokétól. Eloxált vagy tükörfelületűre polírozott alumínium fényvisszaverők is többféle kivitelben és minőségben kaphatók. Az alumínium felületkezelési technológiák közül megkülönböztetünk normál és kemény eloxált rétegrendszereket. Ezen kémiai úton keményített felületek alkalmazás függő kivitelek a hagyományos kültéren alkalmazott vastagságok 3-5 μm az agresszív kémiai környezetben elhelyezett kivitelek esetén 10 μm -ig terjed. Az alumíniumból készült fényvisszaverők, hasonlóan, mint a műanyag kivitelek esetén előállíthatók matt, illetve fényes felületekkel is. Ezekben az esetekben a hagyományos eloxált felület diffúz fény visszaadására, a polírozott pedig közel tökéletes reflexiós tényezőjű tulajdonsága miatt irányított fénysugarakat biztosít. Így a matt felület egyenletesebb fénysűrűséget biztosít, vetített esetben ezen fénytechnikai paraméter gyengébb tulajdonságokat mutat. Amennyiben tehát a cél a kontraszt kiegyenlítése ezáltal a magasabb fényeloszlás egyenletesség, mattított, eloxált felületű fényvisszaverő elemre van szükség. A fém bevonatú vagy fém reflektorok felületi kialakítása során alkalmazhatnak dikroikus bevonatokat. Melyek az adott fényt hullámhossz tartományától függően reflektálja vagy átengedi. Ilyen módon szűrhetővé válnak a. nemkívánt tartományokba tartozó komponensek színtől, UV vagy IR esetekben. A fényeloszlást leginkább a reflektor alakjával, formájával határozhatjuk meg. A leggyakoribb kialakítási formák a parabolikus, ellipszoid vagy a koncentrikus.

A tervezés célkitűzésének egyik fontos momentuma a megfelelő delta kúpszög kialakítása, azaz a legkisebb, illetve legnagyobb nyílásszög meghatározása volt. Mivel a fejlesztés elsődleges irányvonala a LED-es fényforrások, amik meghatározott szögben sugároznak célszerűvé vált egy világításiszög érték meghatározása. Ennek jellemzése katalógus adat, így definiálása nem mondható bonyolult folyamatnak. Az általam alkalmazott fényforrás több változtatható fényáramú és színhőmérsékletű RGBW LED-et tartalmaz adattáblája szerint 200°-os világítási szög értékkel. Lámpabúra teljes nyílásszögét 25° - 110°-ra terveztem. Ennek oka, hogy a teljesen függőleges búra kialakítása a rugalmas lamellák miatt nem lehetséges, illetve amennyiben erre méretezném a körszeleteket abban az esetben a teljes nyílásszögnek is csökkenteni kell, mert különben a búra elemei nem fedik egymást. Az így kialakult rések között pedig a fényforrás által keltett fénysugarak jelentős része a búrán kívülre jutna irányítatlan formában. A másik jellemző mely befolyásolja a szög mértékét a fénypont magassága,

aminek viszont fontos paramétere a fényforráson belüli LED-ek pozíciója. A méretezés során az általam használt fényforrás fizikai paramétereit használtam fel.



3-1. ábra 110°-os és 25°-os nyílásszög esetén adódó 10°-os osztású sugárzási szögekkel

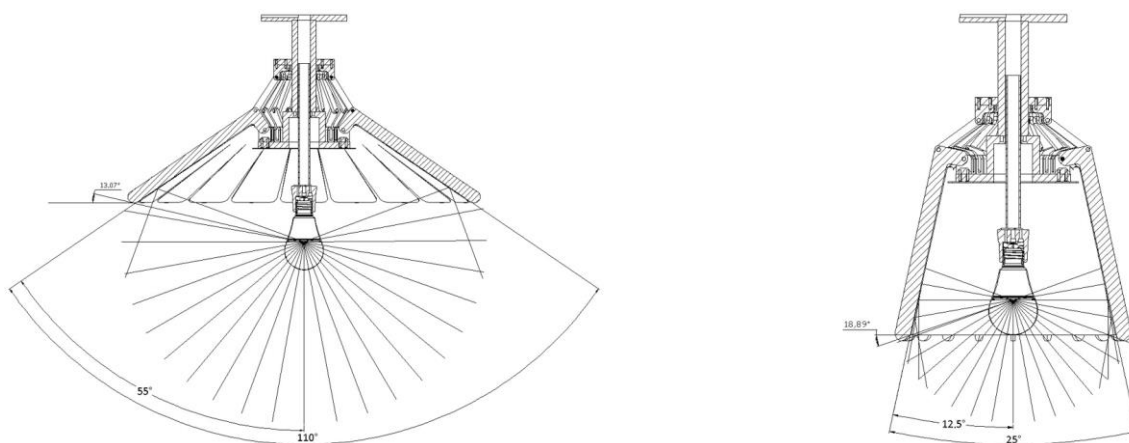
A fenti ábrán az azonos fénypont magassághoz tartozó nyílásszögeket ábrázoltam félmeteszben. A fényforrás lámpatesten belüli pozíciójától 10°-os felbontással kiszerkesztettem valamennyi sugárzási, valamint visszaverődésből adódó szöget.

A fénypont magasságának beállításához a már ismert lámpaernyő fizikai méreteit kell felhasználni. Ilyen módon a már ismert legkisebb kúpszöget és a fényforrás konstans méreteit. Elegendő a számításhoz a 25°-os ernyő szögre vonatkozó α érték, mivel a búra magassága ebben az esetben lesz a legmagasabb a 110°-os szög esetén pedig a legalacsonyabb, tehát az egyik feltételben a másik igény is kielégítésre kerül.

$$a \text{ fénypont szabályzó rúd hossza} = \cos \alpha \times c = \cos 12,5^\circ \times 250 \text{ mm} = 244 \text{ mm}$$

Ahol az α a búra nyílásszögének félértékszöge a 250 mm pedig az ernyő konstans hosszúsága. A fényforrás teljes hossza 80 mm, ami az előzetesen számolt 244 mm-ből levonódik, tehát megközelítőleg egy 160 mm-es rúd elegendőnek bizonyul a két beállítás közötti váltáshoz.

Azonban a lámpatestet úgy terveztem, hogy a beépített fényforrás fénypont magassága is dinamikusan módosítható. Így a következő képen a legalacsonyabb fénypontmagasságot és a hozzá tartozó sugárzási szögeket mutatom be, melyek szintén szerkesztéssel készültek.



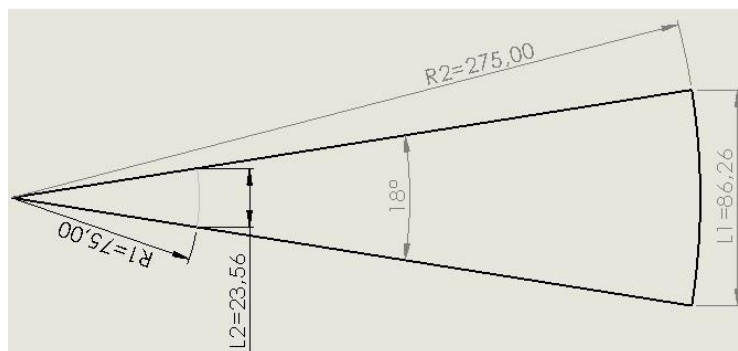
3-2. ábra 110°-os és 25°-os nyílásszög esetén adódó 10°-os osztású sugárzási szögekkel alacsony fénypont esetén

Mivel a búra geometriája változtatható elvart igényként mutatkozott meg, hogy rugalmas legyen az anyag, amiből az ernyő készült szöge viszont két szélső érték között kell, hogy változtatható legyen. A körszeletek, amik a búrát alkotják konstans méretűek így károsodás nélkül egy től-ig határt képesek lefedni. Fontos, tehát a szeletek szélességének megválasztása is. Mivel forgásszimmetrikus lámpatestről beszélhetünk a cikkek szélessége aszimmetrikus horizontális irányban, vertikálisan viszont épp teljesen szimmetrikusak. Mivel vízszintes irányban nem valósítható meg a szimmetrikusság, ezért meg kell határozni a legnagyobb nyitási szöghöz tartozó körátmérőt. Ennek az értéknek a 20-ad részét véve kapjuk meg ezt az ismeretlent. Ugyanezt levezetve a legkisebb nyitásszögre vonatkoztatva is meg kell határoznunk ezen érték 1/20 részét. Az így képzett értékpár fogja jellemezni a búra körcikkének dimenzióit.

$$L_1 = \frac{\alpha \times \pi \times r_1}{180^\circ} = \frac{18^\circ \times \pi \times 275 \text{ mm}}{180^\circ} = 86,26 \text{ mm}$$

$$L_2 = \frac{\alpha \times \pi \times r_2}{180^\circ} = \frac{18^\circ \times \pi \times 75 \text{ mm}}{180^\circ} = 23,56 \text{ mm}$$

A fenti számításból látható, hogy a tervezett legnagyobb nyílásszöggel számolva melynek átmérője 550 mm a legkisebb pedig egyenlő lesz az alaplemez átmérőjével, ami 150 mm-re adódik. Ennek megfelelően a két körív hossza az L_1 mely a külső ív 86,26 mm az L_2 pedig a rövideb belső ív hossza 23,56 mm.



3-3. ábra A búrát alkotó elemek méretének meghatározása

3.4 A lámpatest anyagának megválasztása

A lámpatest anyagának kiválasztása a búrától eltérően jóval összetettebb, mivel számos alkatrészt tartalmaz nem is beszélve az anyagok összeférhetőségéről, valamint a villamosbiztonsági szempontok betartásáról. A meghatározás annyiban hasonlít az eddigi folyamathoz, hogy azonos anyagválasztékból választhatunk azzal a kitéttel, hogy ebben az alkalmazási formában a fém alapanyagok használata jelenti a megoldást. Az optikai követelmények kissé háttérbe szorulnak és mechanikai igények kerülnek előtérbe. Éppen ezért most tekintsük át az eddig ignorált anyagokat az acélt, az alumíniumot, ötvözeteket, valamint a felületkezelési lehetőségeket.

3.4.1 Szerkezeti acélok

A lámpatestek alapvető építőelemei közé tartozik, elsődlegesen a búrák és testek vázát alkotják. A hagyományos értelemben vett szénacélok megfelelő mechanikai szilárdsággal és fizikai jellemzőkkel rendelkeznek. Sajnálatos módon a levegővel érintkezve korrodálódik, ezért bármely megjelenésében felületkezelésre, vagy bevonatolásra szükség van a megfelelő felületvédelem elérése érdekében. Kedvező tulajdonságai közé tartozik még a könnyű megmunkálhatóság és kedvező bekerülési költség. A több évszázados fejlesztéseknek köszönhetően számos kiviteli formában és anyagminőségben elérhető. A különféle fizikai tulajdonságokkal rendelkező anyagoknak eltérő gyártástechnológiája ismeretes. Beszélhetünk folyamatos, illetve kokilla öntésről. Mára az utóbbi technológia erősen visszaszorult, így tekintsük át a hidegen vagy melegen hengerelt acélok tulajdonságait. Melegen hengerelt formájában a nyers acélt fűtött hengerek között vezetik át és alakítják a megfelelő vastagságúra, illetve kiterjedésűre, amit a kívánt méret elérése után szeletelnek. A hengerlés során különböző gázközegeken, valamint ásványi anyagokat, adalékokat adnak a félkész acélhoz. A melegen hengerelt

anyagok általában költségesebbek, mivel kialakításuk energiaigényesebb, de ezenfelül mentes a felületi hibáktól, zárványoktól, illetve feszültségektől. Hidegen hengerlés során a nyersanyagot hagyományos hengerléssel alakítják tovább, ahol elnyeri végső formáját. Ezen technológia is alkalmas a végső felületi minőség kialakítására. Kialakíthatók köracélok, csövek, varrat nélküli csövek, szerkezeti elemek stb.

Mivel korrózióra hajlamos anyagról beszélhetünk számos felületkezelési eljárást dolgoztak ki a reakció csökkentésére. Különböző festési és elektrokémiai, valamint kémiai folyamatot fejlesztettek ki. Lehetőség van a felületet horganyzással, különböző festési eljárásokkal, szinterezéssel, szórással felvinni, valamint barnítással, illetve eltérő anyagok felpárolgatatásával. Katódporlasztással felvihetünk réz, sárgarézt, króm felületeket, melyekkel akár a fényvisszaverő rétegek is kialakíthatók.

3.4.2 Alumíniumok

Az alumínium fizikai tulajdonságait tekintve egy nem mágnesezhető, könnyű, a korrózióknak ellenálló fém, mely rendkívül jó hővezető képességgel és elektromos vezetőképességgel rendelkezik. A nyers alumínium ötvözetlen formában, puha mechanikailag nem megfelelő tulajdonságokkal rendelkezik. Felületkezeléssel illetve ötvözéssel javítható vegyi ellenálló képessége, valamint szerkezeti szilárdsága. Alkalmazása a világítástechnikában elsősorban a vázszerkezetekre, tükrökre, egyéb mechanikai elemekre, a különböző színűre eloxált elemeket például díszítésre is alkalmazzák. A felületekre katódporlasztással felvitt rétegek kedvező fényvisszaverési tulajdonságokkal rendelkeznek, az eloxált felületű tükrök diffúz fény előállítására is alkalmas.

Az eltérő ötvözetű alumínium fajták különféle mechanikai, elektromos és kémiai jellemzőkkel bírnak. Az adalékok leggyakrabban lehetnek magnézium, szilícium, réz, króm cink stb. Az alumínium ötvözetek eltérő gyártástechnológiával készülnek, melyek lehetnek hengerlés, öntés, vágás. Ennek megfelelően számos kiviteli formában léteznek többek között különböző vastagságú és dimenziójú lemezek, húzott profilok, varrattal készült csövek, varrat nélküli csövek. Az így elkészült nyersanyagok, mint már említettem valamely ötvözetrel készülnek natúr formában. Azonban kereskedelmi forgalomban lehet kapni különböző színre eloxált felületű anyagokat, szálcsiszolt, vagy polírozott formában, normál vagy keményre eloxált réteggel. A különböző reflexiójú felületek kialakítása készülhet elektrokémiai, vagy tisztán kémiai eljárással, amivel diffúz

felületek érhetők el, míg a vezetett fénysugarak esetén fényes, párologtatott, vagy polírozott felületeket hoznak létre. Az így létrehozott felületek eljárástól függően vastag néhány mikronos réteget biztosítanak, melyek felületi keménysége többszöröse a hordozó anyagénak. Hagyományos natúr színű eloxált réteg felvitelével magas reflexiójú felület alakítható ki, míg ötvözetek alkalmazásával ez a tulajdonság romlik és gátolja a visszaverődés mértékét. Amennyiben a bevonatolási kémiai eljárás során festéket alkalmazunk, úgy különböző színárnyalatú selyemfényű felületek hozhatók létre, olyan módon, hogy a pigmentek az alumínium porózus felületébe épülnek be és megfestik azt.

3.4.3 Egyéb fémes anyagok

A világítástechnikában alkalmazhatunk egyéb fémes anyagokat is, mint például a magas szén vagy króm tartalmú acélok, melyek így korrózió elleni tulajdonságokkal ruházhatók fel. Ezen tulajdonságát 10,5-25%-os króm tartalomnál éri el e fölött nem csak rozsdamentes jellemzőkkel bír, hanem részben hőállóvá válik az ötvözet.

A rozsdamentes acélokat három fő csoportba sorolhatjuk, melyek az ötvöző anyagokkal jellemezhetők. Így beszélhetünk:

- króm
- króm-nikkel
- króm-nikkel-molibdén ötvözetekről.

Első esetben a kismennyiségű króm hozzáadásával csökkentik a korrozív jellemzőket, természetesen ettől még nem válik teljesen rozsdamentessé, de ezen mennyiség elegendő ahhoz, hogy kizárólag felületi oxidáció alakuljon ki. Továbbá mágnesezhetősége is részben megmarad, további tulajdonság javító eljárással további nikkel adalékolásával valósítható meg a teljesen rozsdamentes állapot, valamint a mágnesezhetőség elvesztése. Mangán hozzáadásával tovább növelhetők az ötvözet fizikai, mechanikai tulajdonságai, valamint kémiai ellenálló képessége.

Jellemzően kültéren és olyan környezetben alkalmazzák, ahol az atmoszféra megkívánja azt, vagyis erősen agresszív légkörben. Ennek megfelelően alkalmazható olyan lámpatestek készítésére, melyek alkalmazhatók a vegyiparban, élelmiszeriparban, robbanásbiztos közegekben, illetve kültéren. Elsődlegesen lámpaburát, burkolatot, fényvisszaverő tükröket készítenek belőle. Polírozással tükrös felületek alakíthatók ki melyek fényvezetésre, csiszolt vagy mattított formában pedig diffúz fény előállítására alkalmas.

3.4.4 Felületkezelések és bevonatolási technológiák

Felületkezelés alkalmazásával valamennyi anyag felületén technológiától függően keményebb, fizikailag és kémiai is ellenállóbb réteg képezhető. Ezen tulajdonságok hozzájárulnak a világítástechnika területén a jobb megjelenéshez, a megfelelő világítási paraméterek kialakításához, valamint a felület védelméhez. Természetesen a speciális területekre, robbanásbiztos, illetve a vegyipar számára szánt világítótestek jellemzői is javíthatók kémiai, elektro-kémiai felületkezelésekkel. Többféle bevonatot különböztethetünk meg alkalmazástól függően:

- szerves bevonatok
- kerámia bevonatok
- fémezés
- egyéb bevonatok

A szerves bevonatok általánosságban lefedik a lakkozás, valamint a zománcozás folyamatát. Ezen anyagok tulajdonságai igen sokfélék lehetnek. Léteznek átlátszó, valamint átlátszatlan lakkok. Felvitelét követően szobahőmérsékleten megkötnek. A zománcozás folyamata legfőképpen a külső megjelenés, valamint a reflexió növelését jelenti. A lakk réteggel ellentétben a zománc felvitelét követően magas hőmérsékleten keményedik ki az így képzett felület viszont magasabb kopásállóságot nyújt. Az ilyen fajta felületkezelési megoldások mellett, hogy szép egységes felületet eredményeznek elfedik a gyártás során keletkezett hibákat így javítva a megjelenés minőségén.

A kerámia bevonatok jóval keményebb felületet eredményeznek, mint az eddig megismert technológiák, viszont ridegsége miatt könnyen törnek. Felvitelét követően 550°C-os hőmérsékleten égetik készre az így készült felületeket. A fizikai tulajdonságok terén korrózióálló kemény bevonatot eredményez mindamelllett kiváló reflexiós tulajdonsággal ruházza fel az adott felületet.

Fém bevonatok készítése során katódporlasztással vagy kémiai eljárással hoznak létre fémezett felületeket akár műanyagon is. Katódporlasztás során a vákuumkamrába helyezik a munkadarabot, majd fém ionok hozzáadásával felgőzölik a kívánt felületre. Az így képzett terület magas reflexiós indexel jellemezhető, mely kedvező fényvetést biztosít. Kémiai eljárás során különböző fémeket cink, króm stb. helyeznek a folyadékba melybe a félkészterméket merítik, majd ellentétes potenciálú feszültséget kapcsolva a reakció végeredményeként a fém ionok az adott felülethez tapadnak így hozva létre a

kívánt minőségű réteget. Ezen technológiával szintén javítható a megjelenés, valamint kedvezőbb világítási jellemzőkkel ruházható fel az adott eszköz.

Az egyéb bevonatok csoportba sorolhatók a szervetlen anyagok, mint például a szilícium, germánium, indium, valamint az egyéb oxidok, melyek képesek a fémeken, üvegen, műanyagokon is megtapadni. A világítástechnikában elsősorban az ezen technológiával készült fóliázott műanyagokat értjük, ahol a rétegvastagság mindösszesen néhány μm . Az így készült termék egységes szép felületet eredményez mindamellett, hogy jó reflexiós tényezővel rendelkezik. Ebbe a csoportba sorolhatók a különböző eloxálási technológiák is melyek szép, egységes és mindemelett kemény felületet eredményeznek. Az eloxált felület megjelenésében lehet natúr színű, illetve bármely színárnyalatot felvehet.

3.4.5 Fém alkatrészek kialakítása

A fém alkatrészek kialakítása számos technológiával megvalósítható alapanyagtól függően megkülönböztetünk:

- gépi forgácsolást
- lézervágást
- mélyhúzást
- élhajlítást
- vízzel történő vágást
- kokilla öntés

A gépi forgácsolás egy gyűjtőnévnek tekinthető, mivel számos eltérő mechanikai megmunkálást egyesít magába attól függően, hogy ilyen anyagú és alakú alkatrésze van szükségünk. Ennek megfelelően gyárthatunk egy forgásszimmetrikus darabot esztergálással, alakíthatunk ki hornyokat bemarkásokat marógéppel. Nehezebben előállítható elemeket megmunkáló központtal vagy összetettebb felületek háromnál több tengely számú berendezésekkel. Az igazán finom felületek kialakításához használhatunk palást és síkköszörűket, illetve szikraforgácsoló gépeket.

Lézervágás alkalmazásával nagy pontosságú vágatokat hozhatunk létre igen nagy sebességgel. Ahol megkülönböztethetünk síklézert, valamint csőlézer egységeket. A síklézer esetében lemezalkatrész vágatok készíthetők, míg csőlézer esetén különféle üreges acélelemek vághatók méretre, illetve alakítható ki rajtuk bármilyen alakú kivágás.

Mélyhúzás alkalmazásával lemezalkatrész alakítható tetszőleges alakúra, ahol a kihúzás során az alapanyagot egy negatív formán alakítanak ki egy pozitív oldali áttolással.

Élhajlítással lemezalkatrészek egyenes vonalú hajlítása valósítható meg, ahol a folyamat számítógép vezérelt hidraulikus vezérlésű.

A vízzel történő vágás azonos a lézervágás folyamatához, azzal a különbséggel, hogy a megmunkálás során többlet hőt nem visznek be, így szebb kontúrt eredményez, valamint a gép fogyasztása is alacsonyabb.

Az öntészet tekintetében leginkább az alumínium formázási lehetőségét ismerhetjük meg. Ahol a kokilla öntés során egy homok formában alakítják ki az öntendő alakot, amit a forró olvadék megszilárdulása után összetörnek így jutva a megfelelő alkatrészhez. Ezt ezután gépi forgácsolással tovább finomítják a kellő méretűre. Így rendkívül olcsón bonyolult nagy darabszámú tételek alakíthatók ki.

3.5 A lámpatest kialakítása

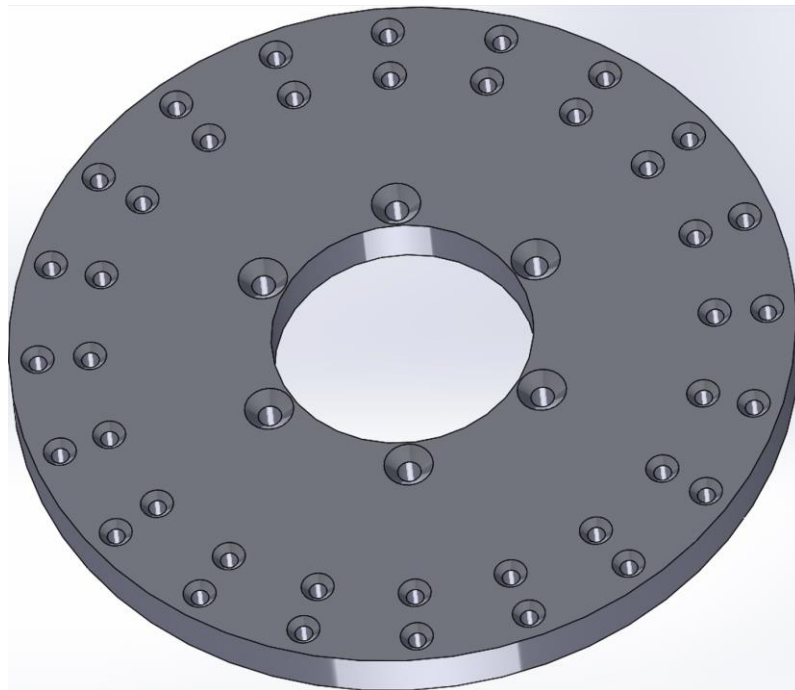
A lámpatest kialakítása már egy komolyabb tervezést igénylő folyamat, mivel nem kizárólag optikai tulajdonságokkal rendelkezik, hanem mechanikai, esztétikai és funkcionális szerepet is betölt. Ennek megfelelően el kell viselnie a rá nehezedő terhelést, a motorok súlyát, tartania kell az elektronikát mindamellett, hogy villamosan elszigeteli azt a külvilágtól.

3.5.1 Alaplemez kialakítása

Az alaplemez célja a teljes felépítmény megtartása, deformációjának elkerülése a hűtés támogatása, ebbe beleértve a teljes mechanikus, elektromechanikus elemeket az elektronikát és annak részegységeit, a hűtést, valamint a burkolatokat, mindamellett, hogy kellő villamosbiztonságot is nyújt. Ennek lefektetése azért fontos mivel az alaplemez kialakításának terhelhetőségét, súlyát, valamint dimenzióit nagymértékben befolyásolja.

A tulajdonságok hosszas elemzése után megtervezhetővé vált az alaplemez, valamint behatárolható annak dimenziója és teherbírása. Mivel a fényforrás koncentrikus kiterjedésű, valamint a sugárzási szög tekintetében is elmondható, hogy forgásszimmetrikus a fényforrásunk fényeloszlása kézenfekvő a tartólap jellegét is körkörösre választani. Mivel az egyéb dimenziók adódnak a motorok és az elektronika méretéből, ilyen módon tehát a kialakított lemez anyagválasztása szükséges, mely ebben az esetben eloxált 5mm vastagságú 150 mm átmérőjű A6061 anyagminőségű alumínium

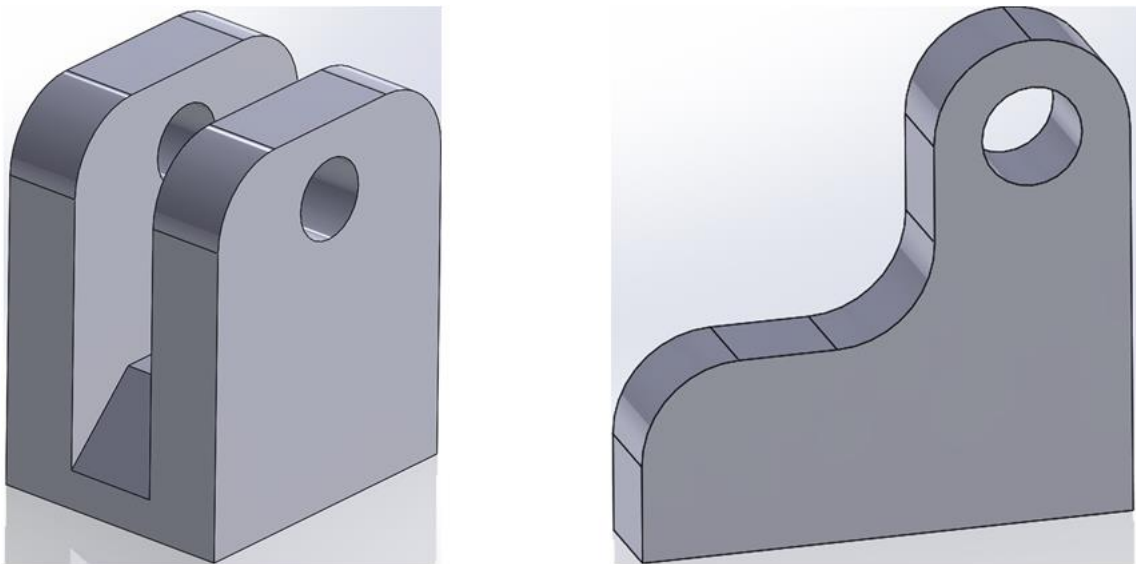
lap. Az A6061-es ötvözet megfelelő tartást biztosít a benne található 1% körüli magnéziumnak és a 0,5% szilícium ötvöző anyagoknak köszönhetően. Az eloxált réteg pedig kiemelkedő felületi keménységet biztosít a hosszútávú alkalmazhatóság érdekében. A súlyra való tekintettel az S235 minőségű szénacél nem alkalmazható mindazonáltal, hogy további korrózióelleni védelemmel is el kell látni a rozsdamentes acélok pedig ötvözetből függetlenül is költségesek, valamint komoly többlettömeggel rendelkeznek. Az alaplemez vastagságát a rá nehezedő terhelés nem indokolja, azonban az alkalmazott csavarkötések megfelelő menethosszához indokoltak. A menetek nem közvetlenül az alumíniumban kerülnek kialakításra kialakítása, hanem a rozsdamentes M4-es belső menetes perselyek formájában kerülnek bepréselésre. Ennek oka kézenfekvő, hiszen az alumíniumban kialakított menetek kevésbé tartósak. Így tehát furatpozíciók meghatározása szükséges a mechanikus búra mozgathoz, az elektromechanikus részek motor bakjaihoz, az elektronikus szabályzást megvalósító PCB-k távtartóihoz, valamint a burkolatokhoz. A korábban említett E27-es foglalat fészke az alumínium lap közepén kerül kialakításra a motortartók alatt. A nyomtatott áramkört lapok távtartói számára 4db M3-as menetes persely furatot kell megvalósítani. A további panelek helytakarékosági szempontok miatt szendvicsszerűn egymásra épülnek így takarítva meg helyet, illetve további furatok igényének szükségességét.



3-4. ábra Az alaplemez

3.5.2 Búra mozgató elemek kialakítása

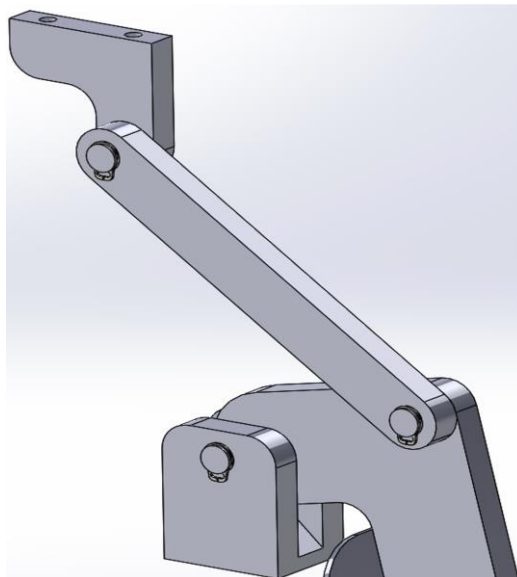
A búra mozgatása a leglényegesebb tulajdonsága a lámpatestnek, ezért megfelelő kialakítása elengedhetetlen a további fejlesztéshez. A külső dimenziók megváltoztatásához többféle kialakítást is megvizsgáltam azonban a megfelelően rugalmas ernyő anyagának hiányában a fordított esernyőmechanika bizonyult a legmegbízhatóbbnak. A mechanizmus lényegében egy körívben az alaplemez széléhez csavarozott fix támasztó elemekre épül, amit egy központi gyűrűhöz csavarozott manipulátor mozgat. Ennek megfelelően 20 egyenlő részre került felosztásra az alaplemez. Így a rögzítő elemek 18° -onként kerültek elhelyezésre. A kialakított támasztókba kerül az első csuklópont melynek kialakítása a modellen 5 mm-es polikarbonát karokkal valósult meg. Olyan módon, hogy azok beleülnek a tartókba. Ezen elem komplexitásából adódóan nem forgácsolással készült el, hanem modern UV reaktív SLA nyomtatással. A számos technológia közül ezen megoldás vezetett a lehető legköltséghatékonyabb, illetve legjobb minőséghez. A minőség elengedhetetlen volt a zsanér mechanizmus kialakításához mivel a szálal FDM nyomtatás nem adott volna megfelelő felületet a mozgás zökkenőmentes lebonyolításához. A rögzítése az alaplemezhez egyenként két darab összesen 40 db M3-as süllyesztett belsőkulcsnyílású csavarral történt.



3-5. ábra 3D nyomtatással és forgácsolással készült csuklópontok

A mozgítás megkönnyítésének érdekében olyan rozsdamentes csapokat terveztem, melyek mindkét végén négyes külső Seeger gyűrűk tartják helyükön az elemeket és 18 mm hosszúságúak. Ezen forgáspont a karok végén helyezkedik el. A manipulátor rudak

kialakítása szintén 5 mm vastagságú polikarbonátból kerültek megvalósításra, hosszúságukat a gyűrű megvezető befolyásolta. Ezen elemek egyetlen ponton csatlakoznak az ernyő vázához ebben az esetben rövidebb 12 mm hosszúságú 4-es csapokat készítettem szintén Seegeres biztosítással. Ezen csuklópontokhoz elengedhetetlen, hogy a forgáspont magasabban és a karokon lentebb helyezkedjenek el. Ennek hiányában a mechanika mozgatása vagy nehézkes vagy könnyedén szétszakíthatja önmagát. A manipulátor rudak kapcsolatát a vezérlő gyűrűvel egy kisebb méretű támasztó jelenti. Mely azonos anyagból, 5-ös polikarbonátból lett kialakítva és két egyenként M3-as belsőkulcsnyílású összesen 40 db süllyesztett csavarral kerül rögzítésre a gyűrű alsó oldalára. A csuklópont mozgását továbbra is az előzőekben ismertetett Seegeres 4x12-es csapok végzik. Az így kialakított mechanizmus képes a 80 mm-es minimális átmérőtől a maximális 650 mm-es átmérőig nyitni. A legkisebb átmérő esetén a karok képesek az alaplemez alatt teljesen becsukni, míg a maximális nyitásszög esetén ez akár 180° is lehet. Nyilvánvalóan a delta értéket redukálja az ernyő cikkeinek rugalmassága azáltal maximális is minimális dimenziója, ami konstans kiterjedésű és dinamikusan már nem változtatható meg. Ezen nyitásszöget tovább befolyásolhatja a lámpatesten belül elhelyezkedő fénypont magassága is, valamint a fényforrás külső dimenziója. Mivel a kitolt fényforrástengely esetén a búra nem csukható össze teljes mértékben mivel az összetörné önmagát.



3-6. ábra Összeszerelt csuklópontok

3.5.3 Elektronika tartó elemek kialakítása

A lámpatest irányításához elektronikus áramkörü vezérlésre van szükség. Ezért elengedhetetlen ezen elemek beépítési, ahhoz, hogy ezt probléma mentesen fixen rögzítsük, vagyis bármely rezgéstől függetlenül mely csökkentené élettartamát, valamint rövidzárlat mentesen kerüljön elhelyezésre, az alaplemezhez kell csavaroznunk. Mivel a Raspberry Pi 3-as verziója lett kiválasztva egy kiegészítő motorvezérlő kártyával, mely szendvics szerűn csatlakoztatható a vezérlőhöz, így elegendő egyetlen rögzítési pont. A méreteit tekintve $85\text{ mm} \times 56\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ rendre hosszúsága, szélessége, magassága, így elrendezése kizárólag függőleges formában lehetséges. A gyártó négy egyenként $2,7\text{ mm}$ átmérőjű furatot alakított ki melyekkel stabilan rögzíthető a PCB. A kapcsolatot két darab 3D nyomtatott tartófül hivatott elvégezni. A hozzákapcsolódó táparamkör kiválasztásánál elengedhetetlen feltétel volt mind a méret minimalizálása mind pedig a hatásfok kérdése marginális szempontoknak minősültek. Így kizárólagosan kapcsolóüzemű tápegység alkalmazása vált lehetségessé. Ahol a fizikai dimenziók hosszúság, szélesség, magasság tekintetében $75\text{ mm} \times 46\text{ mm} \times 27\text{ mm}$ -re adódtak. Apró mérete miatt furatok nem kerültek kialakításra, így rögzítése 3D nyomtatással készült sín párban lehetséges az érintésvédelem, illetve rövidzárlat kialakulása miatt. Lefogadás tekintetében mindkét esetben M3-as belsőkulcsnyílású csavarok kerültek felhasználásra

3.5.4 Hűtés kialakításának lehetőségei

A hűtés kialakításánál több lehetséges alternatívát is számításba vettem. Alapvető alkalmazás szerint megkülönböztethetünk aktív, illetve passzív hűtési módokat. Aktív esetben természetesen számottevően jobb hatásfokú szellőztetés érhető el, azonban további táppontokat jelent a meg táplálása, illetve meghibásodás esetét is jelezni kell, így további egy bemenetet elvesz a vezérlő IO csatlakozójából. Valamint nem is beszélve a fizikai dimenzióiról, hiszen tovább növeli a lámpatest méreteit. Ezért mind a vezérlő, a motorvezérlő, mind pedig a tápegység kiválasztásánál a passzív hűtési megoldást tartottam szemelőt. Hiszen hiába alacsonyabb a passzív megoldás hatásfoka, a csekélyebb többlethő elvezetése miatt elegendőnek bizonyul az egyszerűbb ezáltal kézenfekvőbb megoldás is. A természetes hőáramlás folyamatát, illetve teljesülését nem szabad megszakítani, hiszen egy zárt védőborítás a túlhevülés még redukált hőtermelés esetén is végbe mehet. Ennek elkerülése érdekében, mind elhelyezés tekintetében az elektronika a motorokon külső körívén kerültek elhelyezésre, olyan módon, hogy azokkal közvetlenül ne érintkezessenek. A tájolás a már említett függőleges formában történt kialakításra,

ezáltal a többlet hő fizikai tulajdonságaiból adódóan függőlegesen felfelé áramolhat. A burkolat kialakítása így olyan formában került kialakításra, hogy a meleglevegő felfelé a hűvösebb pedig a burkolat oldalán áramolhasson át. Az így megvalósult természetes hőáramlás megfelelő hőmérsékleten tartja az elektronikai egységeket anélkül, hogy azok túlmelegednének.

3.5.5 Burkolatok kialakítása

A burkolatok kialakításánál több fontos szempontot is fel kellett állítani, melyek a következők:

- súly
- kialakítás
- anyaghasználat
- tömítettség
- villamosbiztonsági szempontok
- szellőzés
- rögzítés

A súly minden burkolat kialakítása esetén fontos, mivel egy viszonylag nagy kiterjedésű gépelemről beszélünk. Ehhez számításba kell vennünk a kialakítást, az anyaghasználatot, valamint természetesen a villamosbiztonsági szempontokat is. A tömeg nagymértékben függ az anyaghasználattól, melyről ugyan más kontextusban, de már értekeztem. Azonban ez ebben az esetben sincs másképp, lévén, hogy könnyű terméket kívánunk készíteni az anyagok alkalmazhatósága redukálódik az alumíniumra, valamint a műanyagokra. Hagyományos szénacélok, valamint rozsdamentes elemek alkalmazása esetén magasabb tömeggel kell számolnunk, első esetben a korrózióvédelemről nem is beszélve, így ezen anyagokat irrelevánsnak találtam. Természetesen az anyagok vékonyabb 0,5 mm-0,8 mm vastagságban is kaphatók, azonban tartásuk csökken a tömegükkel arányosan.

Ennek megfelelően a tervezés során 1,5 mm vastagságú alumínium lemezt alkalmaztam eloxált felületkezelési eljárással, valamint a burkolat belső oldalán 1 mm vastagságú 3D nyomtatással készült műanyag kiegészítő szigeteléssel. A belső műanyag szigetelésre érintésvédelmi szempontból van szükség, ennek szükségességét a következő fejezetben fejtem ki. Emellett mind a vezérlő elektronika, mind pedig a tápáramkör kap egy-egy további elszigetelést a véletlen rövidzárlatok ellen.

A kialakítás, illetve szellőzés tekintetében a burkolat körkörösén a teljes alaplapot lefedi, annak elkerülésére, hogy akár véletlen benyúlás esetén is a becsípődés veszélyét elkerüljük. A szellőzős kialakítása a már említett felső oldalon, valamint a burkolat oldalán kerül kialakításra, hogy a természetes hőáramlás fennmaradjon. Továbbá szűrő beépítése szükséges még a lámpatest legfelső oldalán, hogy a lerakódó por kizárólag mérsékelten kerüljön be a lámpatestbe. Ennek anyaga a már jól ismert hepa szűrőkben alkalmazott szövet.



3-7. ábra A külső és belsőburkolat összeszerelt állapotban

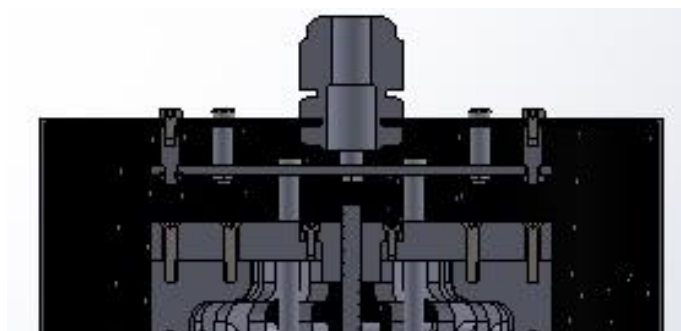
3.5.6 Villamosbiztonsági kialakítások

A lámpatest kialakítása villamosbiztonsági szempontból elengedhetetlen, mivel burkolat nélkül benne villamosan érinthető aktív részek vannak. Ezért az érintésvédelmi szabványoknak megfelelően kell a terméket kialakítani, vagyis az MSZ EN 61140 szerint. Miszerint beltéri használatú szerkezetet legalább IP2X fizikai védelességgel kell ellátni, a veszélyes részek újjal történő megérintése ellen. Ez annyit jelent, hogy a burkolat szellőzésének kialakításánál a rés nem lehet nagyobb 12,5 mm-nél, valamint legalább 80mm-re kell lennie a veszélyes résznek a külső felülettől. Ezen kitétel természetesen a megfelelő szellőzőrács kiosztással, valamint a belső elválasztással teljesül. Amennyiben az IP védelesség megfelelő a termékek további érintésvédelmi osztályokba sorolhatók. Melyek esetén a következő kialakítások lehetségesek:

- 0. érintésvédelmi osztály – kizárólag alapszigeteléssel rendelkezik, nincs védőkapoccsal ellátva, kizárólag olyan esetben alkalmazható, ahol egy berendezésben kerül alkalmazásra, mely alapszigetelése kielégíti a fent említett követelményeket
- I. érintésvédelmi osztály – alapszigeteléssel és hibavédelem gyanánt védőkapoccsal rendelkező szerkezet, azonban a benne szereplő fém részeket minden esetben összekell kötni egymással és a védőkapoccsal
- II. érintésvédelmi osztály – a szerkezet alap, továbbá kiegészítő szigeteléssel van ellátva melyek feladata az alap és hibavédelem biztosítása, illetőlegesen megerősített szigetelés biztosítja a fenti két védelmi módot. Ebben az esetben nincs szükség védőkapocsra.
- III. érintésvédelmi osztály – ebben a megoldásban a törpefeszültség biztosítja az alapvédelmet és nincs szükség hibavédelemre. Táplálására kizárólag SELV, PELV áramforrások alkalmazhatók.

A rövid áttekintő után ki kell választani a termékhez legmegfelelőbb érintésvédelmi osztályt ezáltal annak kialakítását. Mivel további berendezésbe nem épül be nem tartozhat a 0. osztályba, benne ugyan szerepelnek fém részek, de a kialakítás szempontjából, de azok egymástól el vannak választva és a többletsúly redukálása miatt az I. osztályba sem választható. A III. védelmi osztályba pedig azért nem kerülhet, mert nem használunk sem SELV sem PELV törpefeszültségű táplálást, hanem helyette 230V AC feszültségen üzemel a lámpatest. Ebben az esetben a legkézenfekvőbb megoldás a II. érintésvédelmi osztály. Ennek megfelelően a burkolat betáplálási oldalán kizárólag szigetelt kéteres legalább 1,5mm²-es kábel alkalmazható tömszelencés átvezetéssel. További megerősített szigeteléssel kell ellátni a szerkezetet:

- a tápegység és a vezérlőelektronika között
- a betápláló kábel és az E27-es foglalat között



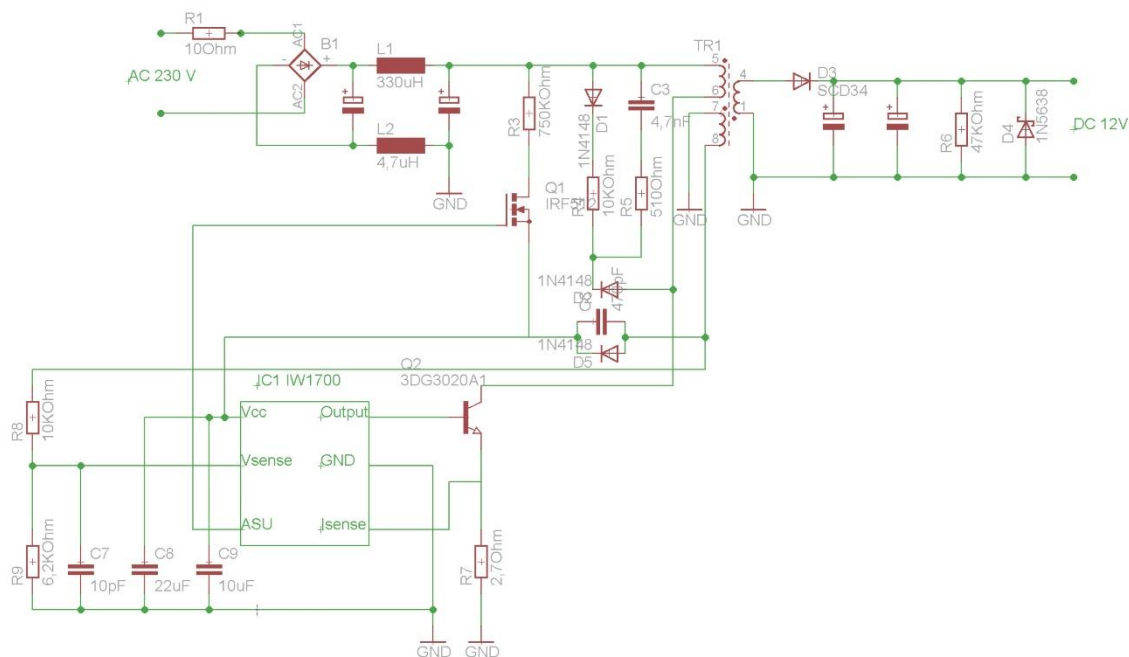
3-8. ábra Tömszelencés átvezetés a burkolaton

3.6 Elektronikus egységek kiválasztása

A megfelelő vezérlő kiválasztása fontos mind anyagi mind pedig a hardver számítási teljesítményének szempontjából. A változtatható sugármenetű lámpatest elektronikus vezérlésének kialakítására a 3.1 alfejezetben összegyűjtött szolgáltatási csoportok jelentették a szükséges jellemzőket. A további kialakítás is ezen megállapított jellemzők mentén történt.

3.6.1 Tápegység kialakítása

A tápegység kiválasztásának elsődleges szempontja a helytakarékosság, a megfelelő hatásfok, valamint a szükséges feszültség és áramértékek biztosítása. Ennek megfelelően a tápegység kizárólag kapcsolóüzemű üzemállapotú lehet, melynek bemeneti feszültség szintje 230 V AC kimeneti szintje 12 V DC. Ennek okát a vezérlő és a léptetőmotorok villamos paraméterigénye magyarázza. Vagyis az alkalmazott Raspberry Pi legalább 5 V DC feszültséget és maximálisan 5 A áramerősségű tápegységet követel meg. A léptetőmotorok lévén, hogy a lámpaernyő, valamint a fényforrás mozgatásának nem szükséges az állapotuk pillanatszerű megváltoztatása. Valamint tömegük sem indokolja a nagy terhelhetőségű, nagy nyomatékú mozgatást a választás egy 5,7 V-os 1 A áramigényű léptetőmotorra esett. Ennek megfelelően került a fent említett tápegység kiválasztásra, mely mindemellett rendelkezik túlfeszültség, túláram, valamint túlmelegedés védelemmel is. A PWM szabályozott tápegység így 12 V-os feszültség kimenettel és 5 A-es áramkorláttal rendelkezik.



3-9. ábra A tápegység kapcsolásirajza

3.6.2 Vezérlő elektronika kialakítása

A vezérlés kialakítására a már többször említett Raspberry Pi V3-as verzióját választottam.



3-10. ábra Raspberry Pi V3 model B (forrás: <https://www.raspberrypi.com/>)

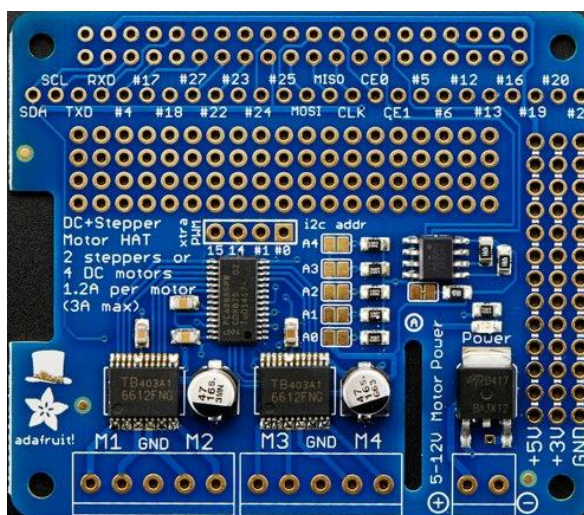
A kártya alapú PC a következő hardver jellemzőkkel rendelkezik:

- 4 magos BCM2837 CPU verziótól függően az órajel 1,2GHz-1,4GHz
- a RAM mérete 1GB LPDDR2
- gigabites ethernet
- WIFI 2,4GHz 802.11n szabvány
- Bluetooth 4,1 – 4,2 szabvány
- HDMI, analóg videó kimenet

- microSD bővíthetőség
- 4 db USB port

A kiválasztás elsődleges oka a teljes körű vezeték nélküli kapcsolat elérhetősége, a bővíthetőség, valamint a rendkívül kis méret, illetve a passzív hűsítechnológia alkalmazhatóság. Mivel a Raspberry Pi elsődlegesen vezeték nélküli technológiák miatt került kiválasztásra vezérléséhez elengedhetetlen egy IOT hálózat vagy egy WIFI router vagy közvetlen kis hatótávolságú elérés esetén egy kliens alkalmazás mely a felhasználó valamely okoseszközén kerül telepítésre.

A kártyán található hardverelemek több mint elégségesnek bizonyulnak az adott felhasználási körhöz. Mindemelett a PC rendelkezik egy 40 érintkezőből álló tükkesorral, amely szabadon felhasználható a fejlesztés során. A mozgathoz a már korábban megadott léptetőmotorokat használok, azonban közvetlenül nem kapcsolható rá a nyomtatott áramköri vezérlőre, mivel a magasabb fogyasztásból adódó áramfelvétel károsíthatja a PC kimeneteit. Ezért egy motorvezérlő kártya segítségével kapcsoljuk a magasabb energiaszinteket a motorok bemenetére. A kártya további helyet nem foglal el, mivel a vezérlőn található tükkesorra ül rá, ezáltal 10 mm-el növeli meg annak vastagságát.

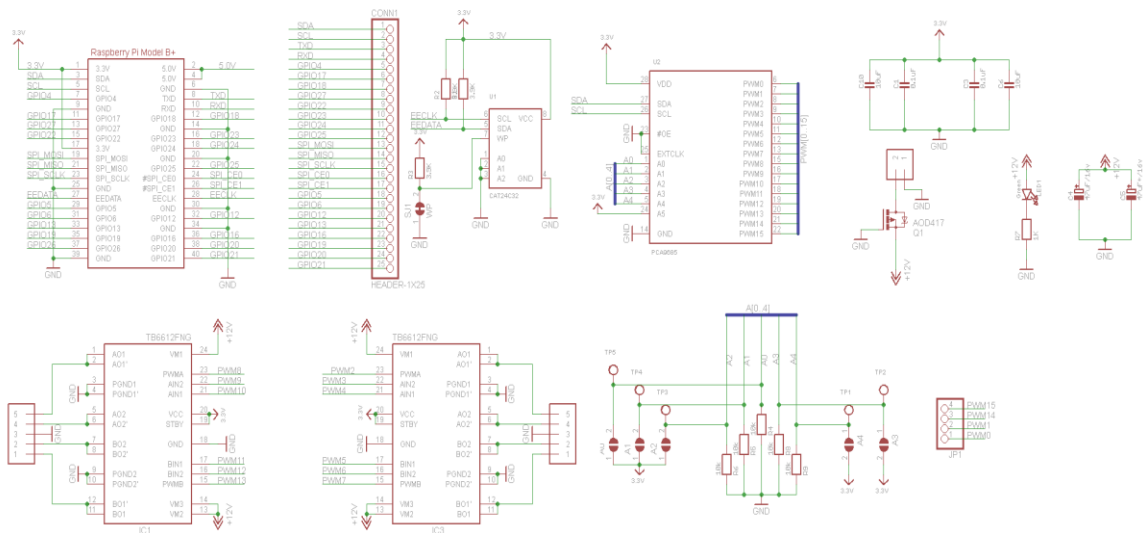


3-11. ábra Motorvezérlő kártya (forrás: <https://www.adafruit.com/>)

A motorvezérlő kártya a következő paraméterekkel rendelkezik:

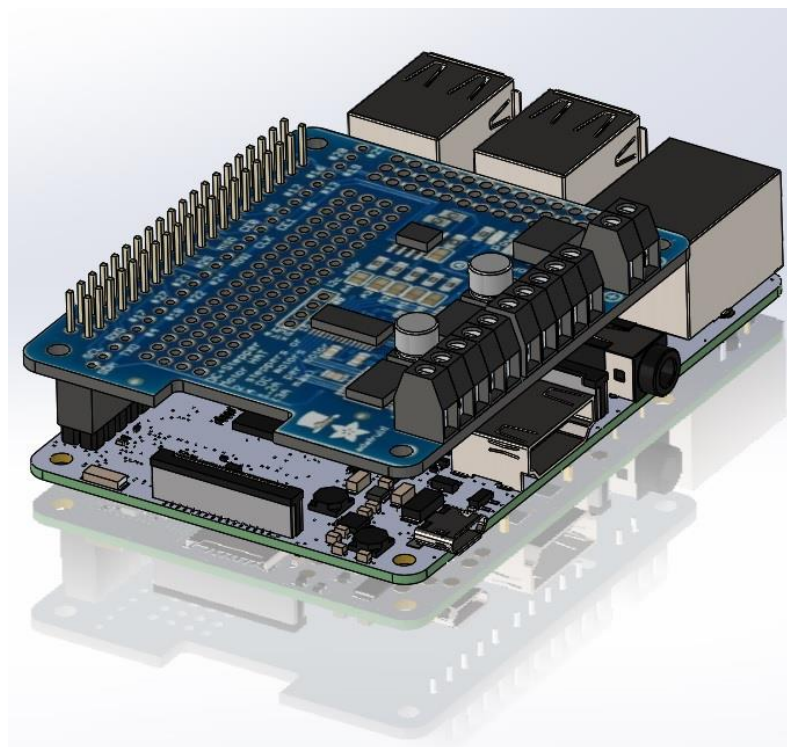
- 4 csatornás H-híd
- FET-es vezérlés
- 2 csatornás léptetőmotor interfész

- polaritás védett kapcsolás
- integrál külső megáplálási lehetőség 5-12 V DC
- I2C kommunikáció
- több kártya párhuzamosítása, akár 64 léptetőmotor és 128 DC motor egyidejű alkalmazása kizárólagosan vagy vegyesen



3-12. ábra A Raspberry Pi és a motor vezérlő kapcsolási rajza

A két kártya a már említett szendvics elrendezésnek hála a Raspberry Pi GPIO portjain keresztül teremt kapcsolatot, mely így külső perifériaként működik. Alapkiépítésben a Raspberry Pi PWM kimenettel nem rendelkezik, ezért szükséges egy kiegészítő kártya mely megfelelő szintekkel látja el a két motort. A kommunikáció a már említett dupla tűkesoron történik I2C kommunikáció segítségével, aminek mindösszesen két érintkezőre van szüksége egy SDA és egy SCL lábra. Amennyiben a megáplálás nem külső tápegységről történik, mivel a motorvezérlő ezt szintén megengedi számunkra, úgy a GND és a 3,3 V-os is csatlakoztatni kell. A motorok meghajtásáról a két TB6612-es mosfet híd gondoskodik. Többféle motor típus kezelésére is megoldást kínál a vezérlő ennek megfelelően csatlakoztathatunk unipoláris vagy bipoláris 4, illetve 5 vezetéken. Az általam alkalmazott motorok unipolárisak, tehát a két tekercspár vezérlésén kívül egy további GND pont hozzácsatlakoztatása is szükséges. Ennek megfelelően a fénypontmagasság állítás lehetőségét az IC1-es vezérlő, míg az IC2 az ernyőzést látja el.

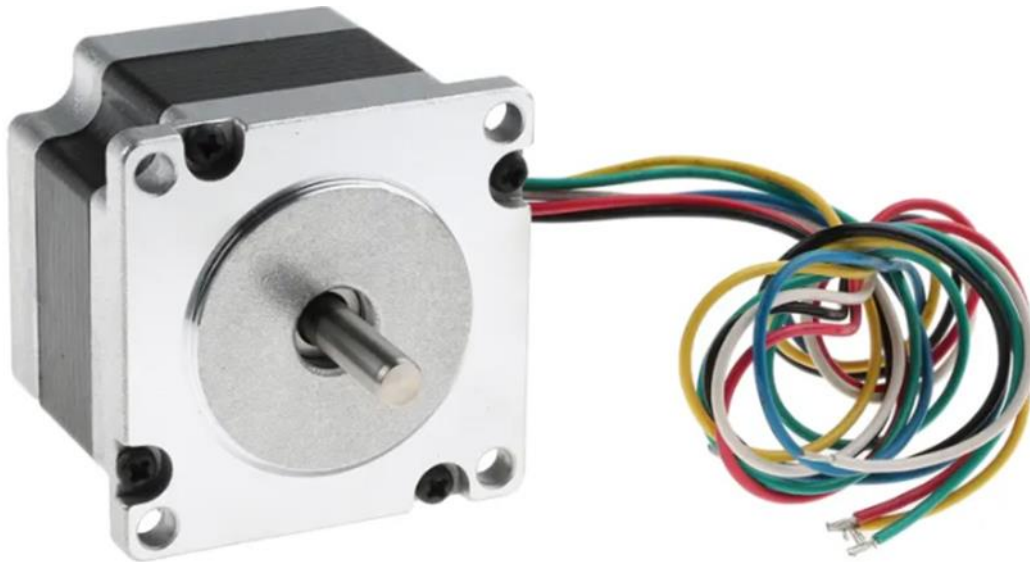


3-13. ábra A Raspberry Pi és a motorvezérlő kapcsolata

3.6.3 Elektromechanikus elemek kiválasztása

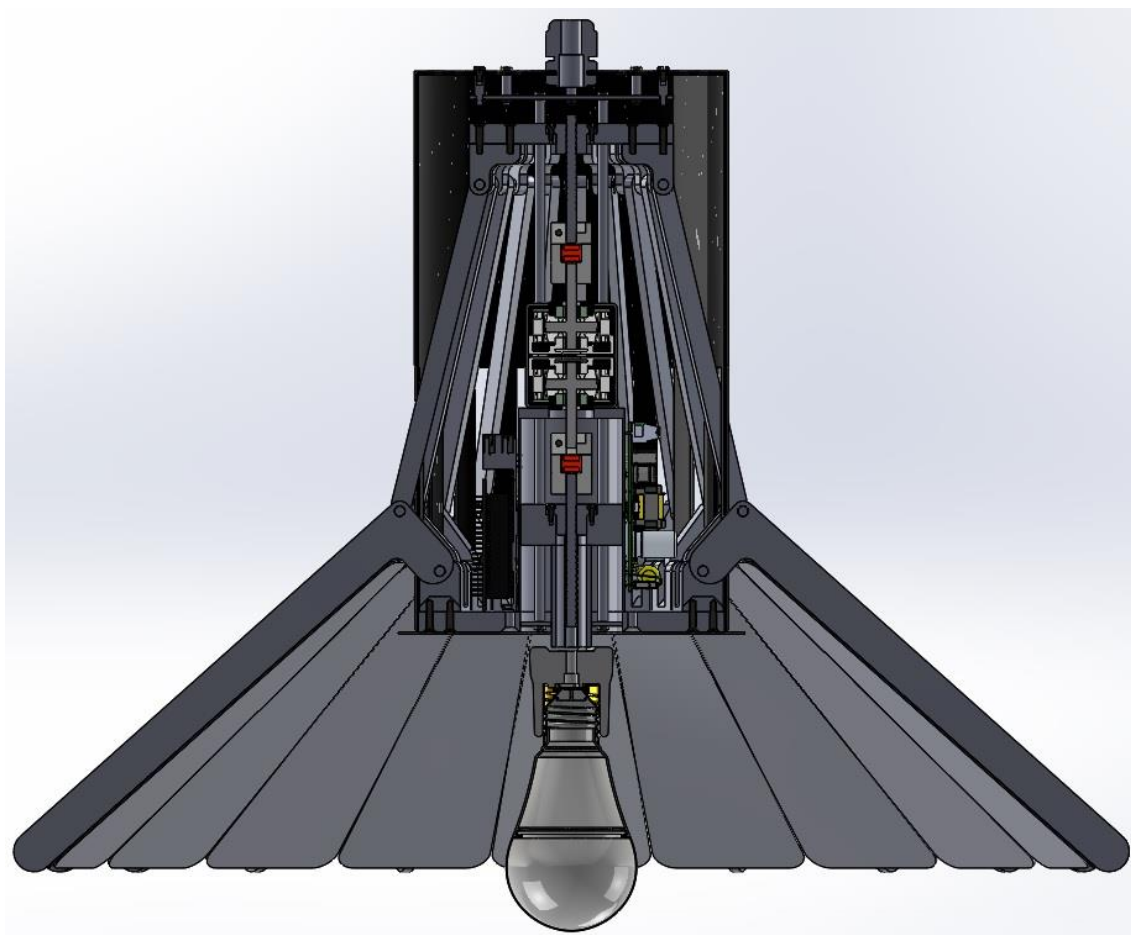
A motorok kiválasztásánál fontos szempont volt az alacsony feszültség, valamint áramszint megléte, illetve a minél kisebb súly és méret. Ennek megfelelően a lehetséges technológiai megoldások jelentősen beszűkültek. A fennmaradt megoldások közül a kisméretű DC motorok, valamint a léptetőmotorok maradtak. Mivel fontos szempont a megfelelő, illetve megismételhető pozíció állítás, ezért kizárólag a léptetőmotorok feleltek meg a kívánalmaknak. Így a motorvezérlő kártya által maximálisan leadható 1,2 A-es, valamint a 4,5 V-13,5 V-os határhoz kellett illeszteni a motorunk villamos paramétereit. Mivel számos modell kínálkozott, így az ár szabta meg a végleges választást.

A kiválasztott motor fizikai dimenzióit tekintve 56x46x41mm-es befoglaló méretekkel bír, amellett, hogy 450 g a súlya. A villamos paramétereit 1A-es áramfelvétel esetén 5,7 V-os feszültség adódik, 0,39 Nm-es forgatónyomatékkal és 1,8° -os mikrolépés felbontással.



3-14. ábra Az alkalmazott léptetőmotor (forrás: <https://hu.rs-online.com>)

Mivel a motor függőleges emelő, illetve toló mozgást fog végezni, ezért a forgómozgást át kell alakítani a búra nyitásához, valamint a fénypont magasság állításhoz szükséges irányultságúra. Ehhez a motorokat függőleges helyzetbe állítva fel kell csavarozni egy-egy motortartó bakra ezek egymás alatt helyezkednek el. Azért, hogy az alsó elektromechanikus eszköz a búrát a felső pedig a fénypontot mozgassa. Ahhoz, hogy ez megvalósítható legyen mindkét esetben a lineáristechikában alkalmazott orsót kell alkalmazni. Ezen a ponton lehetőség van trapézmenetes vagy golyósorsós megoldást választani. A kiválasztás egyfajta gazdasági megfontolás, mivel a hagyományos trapézmenetes orsó kifejezetten olcsó megoldásnak számít, azonban az idő múlásával hamarabb tönkremegy, mint a golyós változat, ebből következik, hogy a másik lehetőség némileg drágább azonban megbízhatóbb. A tervezés során a golyósorsós megoldást választottam. Visszatérve az eredeti okfejtésre, a forgómozgás átalakítása kizárólag olyan módon lehetséges, hogy mindkét mozgatható ponthoz egy-egy golyósanyát csavarozunk, aminek hatására a betekert orsó kifelé megemeli az anyát. A közvetlen kapcsolat biztosítása a motortengelye és az orsó között kizárólag kuplungon keresztül történhet. Ennek oka, hogy a hirtelen mozgásirány váltás és a motor tehetetlenségéből adódó ellentétes erők eltörhetik a tengelyt vagy sérülést okoznának a szerkezetben. Ezért olyan köztes elem alkalmazása szükséges, mely a feszes kötést rugalmas, puha megoldásra váltja. Előszeretettel alkalmaznak a két tengely összekötésére egy olyan elemet, mely koncentrikusan be van vágva ezáltal a körkörös ható erőket kikompenzálja, vagy létezik olyan megoldás, ahol a kuplung két félből áll és közéjük egy rugalmas műanyag elemet helyeznek.



3-15. ábra A léptetőmotoros lámpatest metszeti képe

4 A VÁLTOZTATHATÓ SUGÁRMENETŰ LÁMPATEST MÉRÉSE

A mérés szükségessége minden elektromos eszköz kötelező velejárója, hiszen hiányába nem bizonyítható az érdeemben elvégzett tervezés és ezáltal a kivitelezés. Mivel a lámpatestet szoftveres környezetben, annak hiánya miatt nem tudtam tesztelni, így elengedhetlenné vált a laboratóriumi körülmények között elvégzendő mérés fontossága.

4.1 A mérés célja és eszközei

A 3D-s modell alapján fizikálisan is megépített kész lámpatest mérésének célja annak bizonyítása, hogy az eszköz képes a tervezett funkcióknak megfelelően ellátni feladatát. Természetesen ezáltal nyerhetők további információk, esetlegesen a feltárt hibák miatt is a továbbfejlesztéssel kapcsolatban.

A tervezett lámpatest olyan céllal készült, hogy egy adott rendeltetésű objektumon belül elhelyezkedő közös légtérben eltérő látási feladatokat végző személyeket a szomszédos

területből érkező fényforrások fénye ne zavarhassa azonos lámpatest elrendezés mellett. Így tehát elengedhetetlen a lámpatest térbeli fényeloszlásának vizsgálata. Ehhez laboratóriumi körülmények között goniofotométeres vizsgálat szükséges. Mely részletes tájékoztatást ad a vizsgálandó termék fényeloszlásáról, olyan módon, hogy fényáramot mér miközben a tárgyasztalon adott fokonként függőleges és vízszintes irányban forgatja azt.

A méréshez a következő táblázatban szereplő műszereket használtam fel.

Megnevezés	Gyártó	Típus
Programozható tápegység	California Instruments	1501iX
Hálózati analizátor	TTi	HA1600
Goniofotométer	LMT	GOV-1900

4-1. táblázat Felhasznált mérőműszerek

A mért fényforrásra jellemző villamos és világítási paraméterek.

Üzemi feszültség	230 V
Üzemi áramfelvétel	87 mA
Frekvencia	50 Hz
Élettartam	25.000 h
Kapcsolási ciklusok száma	100.000
Sugárzási szög	200°
Üzemi hőmérséklet	25°C
Színhőmérséklet	2700 K – 6500 K

4-2. táblázat A mérés során felhasznált LED-es fényforrás típusa és adatai.

4.2 A mérés módszertana

A mérés alapját a lámpatest geometriájának megváltoztatása jelenti. Mivel mind a búra mind pedig a fénypont magassága változtatható ezért a mérések is ezen folyamatosságot követik. Ennek megfelelően négy mérési pontot vettem fel. Ezek rendre a következők:

- maximális nyílásszögű búra elrendezés, magas fénypontmagasság mellett
- maximális nyílásszögű búra elrendezés, alacsony fénypontmagasság mellett
- minimális nyílásszögű búra elrendezés, magas fénypontmagasság mellett
- minimális nyílásszögű búra elrendezés, alacsony fénypontmagasság mellett

Nagy nyílásszög esetén a búra addig a pontig került kinyitásra amíg a lamellák egymáshoz érnek, vagyis az átmérője 550 mm-ra adódott. A fénypontmagasságát így a goniofotométer tárgyasztalán 310 mm-re állítottam be, mivel a 15 m-es távolság a detektortól ilyen módon volt tartható.

A következő pontban a lámpatest felszerelésre került a forgatóasztalra. Előzetesen az asztal megtekintése során terveztem egy felfogató lemezt, aminek segítségével 2 db M8-as csavarral rögzíthetővé vált az eszköz, valamint a kábel elvezetésére is gondolván egy horony került kialakításra. Anyagát tekintve egy 150 mm átmérőjű 10 mm vastagságú polikarbonát lap, amit excentercsiszolóval elmattítottam, hogy csillogásával ne zavarja a mérést.

A mérés előkészítése a goniofotométer tárgyasztala mögött elhelyezett tükrök 45°-os beállításával folytattam.

A következő mozzanat során a folyosó körítő falain elhelyezett fekete függönyökkel a lámpatest megfelelő blendézését állítottam be. Ennek fontossága elengedhetetlen, hogy értékelhető mérési eredményeket kapjak, mivel ezen módszerrel kiküszöbölhető a mérést befolyásoló oldalirányú fénymennyisége. Vagyis a fényforrásból direkt sugárzást biztosít a detektor felé és minimalizálja az indirekt falakról, egyéb tárgyokról reflektálódó fénymennyiségét a mérőrendszerbe.



4-1. ábra A blendézés folyamata

A végső mozzanatként beállítottam a fényforrás megtáplálásához szükséges tápegységet, mely így 230 V-os 50 Hz-es tápforrást kapott.



4-2. ábra A szabályozható tápegység beállítása

Az ellenőrzéshez a hálózatanalizátort alkalmaztam, ami részletes adatokat szolgáltatott a kimenő feszültség villamos paramétereiről, így a harmonikus torzítás, a felharmonikusok mértékéről.

4.2.1 Első mérés, maximális 110°-os nyílásszög és magas 310 mm -es fénypontmagasság mellett nagy felbontású vizsgálattal

Az első mérés megkezdése előtt fel kellett paraméterezni és mérési pontokkal ellátni a goniofotométer rendszerét. Ezért elindítva a GONIO programot a következő mérési pontok kerültek beállításra.

Jellemzők	Paraméterek
X tengely kezdő és vég koordinátái	0° - 90°
X tengely felbontása	45°
Y tengely kezdő és vég koordinátái	-170° - 170°
Y tengely felbontása	2,5°
Késleltetési idő	1s

4-3. táblázat Az első mérés goniofotométer beállításai

A beállított értékek alapján megkezdhetővé vált a mérés, azonban a lámpatest térbeli fénnyeloszlás vizsgálata előtt a fényforrásnak egy 30 perces előmelegítésen kell részt vennie, hogy elérje az üzemi hőmérsékletet, valamint kellő világítási paramétereket.



4-3. ábra 110°-os nyílásszögű beállítás a goniofotométeren

Mivel egyetlen mérés alkalmával az érzékelő 50 mérési pont által generált átlagérték alapján szolgáltat eredményt az első mérés során ez 20400 mérést jelent, ami közel 40 perces mérést eredményezett. Ennek oka a lámpatest szimmetriájának vizsgálata, mivel ugyan teljesen szimmetrikusra lett tervezve a gyakorlati kivitelezésben bizonyos fokú eltérések lehetnek. Ezért került ilyen nagy felbontás mellett vizsgálatra a lámpatest. Az első vizsgálati eredményekből azonnal látszódní fog, hogy szükséges-e a továbbiakban az ilyen részletességű mérés. A mérés eredményei a mellékletek fejezetben található a kiértékelési pedig a 4.3-as fejezetben olvasható.

4.2.2 Második mérés, maximális 110°-os nyílásszög és alacsony 410 mm-es fénypontmagasság mellett optimalizált felbontással

Az első mérés alkalmával beállított részletes mérés során megállapításra került a lámpatest szimmetriájának ténye, kizárólag minimális eltérés tapasztalható az adatokban. Ezért a további mérések minden esetben csökkentett felbontással történnek. Így a következő paraméterek kerültek beállításra.

Jellemzők	Paraméterek
X tengely kezdő és vég koordinátái	0° - 90°
X tengely felbontása	90°
Y tengely kezdő és vég koordinátái	-170° - 170°
Y tengely felbontása	2,5°
Késleltetési idő	0,5 s

4-4. táblázat A második mérés goniofotométer beállításai

Ebből látható, hogy az X koordináta felbontása redukálásra került, vagyis kizárólag két síkban mér 0°-ban és 90°-ban. A másik paraméter, ami változtatásra került az a késleltetési idő. Mivel a lámpatest megfelelően stabilnak bizonyult nem volt szükség az 1s-os késleltetésre, melynek oka az esetleges forgatásból adódó remegés, rezgés kiküszöbölése, így 0,5 s-ra lett beállítva.

A második mérés során a búra nagy nyílásszöggel és alacsony fénypont magassággal került elvégzésre. Ahol a búra átmérője a korábban beállított 550mm-en maradt a fénypont magassága viszont 100mm-el alacsonyabbra került. Ebből kifolyólag a goniofotométer tárgyasztalát el kellett tolni 410mm-es pozícióba, mivel a fényforrás közelebb került a detektorhoz. A mérés valamennyi adata megtalálható a mellékletek fejezetben és kiértékelve a következő alfejezetben.

4.2.3 Harmadik mérés, minimális 25°-os nyílásszög és magas 310 mm-es fénypontmagasság mellett optimalizált felbontással

A harmadik mérés során a kis nyílásszög vizsgálata került előtérbe, ahol a búra átmérője a 550mm-ről 250mm-re csökkent. Ezen beállítás kedvezően hatott a hátrafelé történő kisugárzás csökkenésére, mivel míg nagy nyílásszög esetén a lamellák éppen elérték egymást addig a csökkentett nyílásszög esetén valamennyi fényvisszaverő duplán egymás mögé rendeződött, így kevesebb fényt eresztettek át. Ez megfigyelhető volt a mérési eredményekben is. A fénypont magasságának beállítása a harmadik mérés során ismételten 310mm-re adódott. A goniofotométeres paraméterek beállításában nem történt változtatás a korábban beállított értékek mentén zajlott a mérés.

Jellemzők	Paraméterek
X tengely kezdő és vég koordinátái	0° - 90°
X tengely felbontása	90°
Y tengely kezdő és vég koordinátái	-170° - 170°

Y tengely felbontása	2,5°
Késleltetési idő	0,5s

4-5. táblázat A harmadik mérés goniofotométer beállításai

A mérés eredményei a következő fejezetekben találhatóak, nyers adatok formájában, illetve kiértékelve.



4-4. ábra 25°-os nyílásszögű beállítás a goniofotométeren

4.2.4 Negyedik mérés, minimális 25°-os nyílásszög és alacsony 410 mm-es fénypontmagasság mellett optimalizált felbontással

A negyedik mérés során a már korábban megkezdett kis nyílásszögű mérést folytattam, szintén 250mm-es bura átmérővel. Azonban most a fénypontmagasságot teljesen a bura széléig kitoltam. Így ennek magassága ismét 410mm-re adódott. A goniofotométer beállításaiiban továbbra sem történt változtatás.

Jellemzők	Paraméterek
X tengely kezdő és vég koordinátái	0° - 90°
X tengely felbontása	90°
Y tengely kezdő és vég koordinátái	-170° - 170°
Y tengely felbontása	2,5°
Késleltetési idő	0,5s

4-6. táblázat A negyedik mérés goniofotométer beállításai

A mért adatok és azok kiértékelése a mellékletek fejezetben a szakdolgozat végén található, a kiértékelés pedig a következő fejezetben olvasható.

4.3 A mérés kiértékelése

A mérések elvégzése után kellő mennyiségű nyers adat állt rendelkezésre, ahhoz, hogy valamennyi beállítás esetén a kapott eredményeket kiértékeljem és ebből megállapítások vonjak le.

4.3.1 Az első mérési pont kiértékelése maximális nyílásszög és magas fénypont magasság mellett

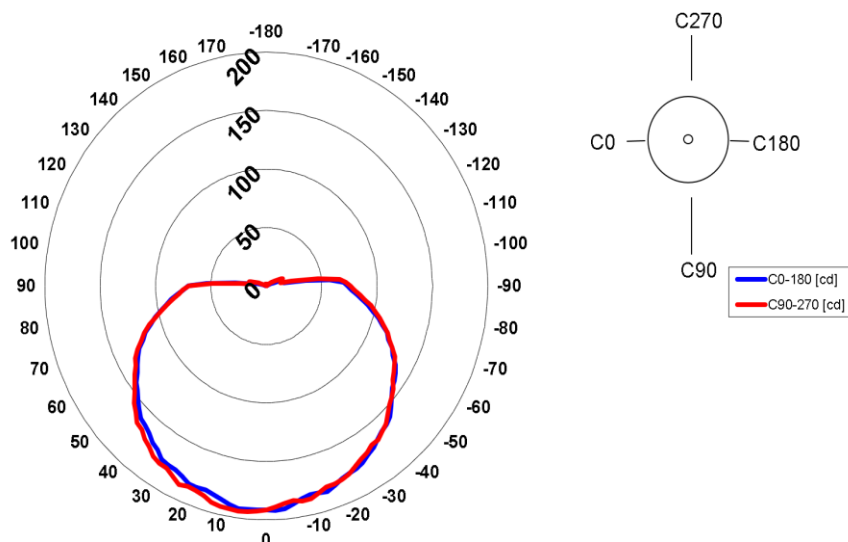
Az első mérési pont során a goniofotométer detektora által generált adatok a következő ábrán látható fényáram-eloszlási görbét szolgáltatták. Az ábrából látható, hogy a 0° -os és a 90° -os mért eredmények térbeli sugárzási jellemzői rámutatnak a lámpatest kismértékű aszimmetriájára, mivel a két görbesereg nem teljesen fedi egymást. A magas fénypontmagasságnak köszönhetően a fényforrás teljes mértékben a lámpatestbe került visszatolásra. Ezért a kialakult térbeli eloszlás görbe $-90^\circ - 90^\circ$ -ig levágta a fényforrás sugárzási szögét. A mérés során egy 200° -os LED-es fényforrás került felhasználásra. Azt a megfigyelést tovább erősíti, hogy a lámpabúra belső felülete az E27-es foglalat körül teljesen sík és a szivárgó fény minimalizálása érdekében egy fehér fényvisszaverő réteg került felrögzítésre. Ezért a 180° -os bezárt szögű levágás, mivel a hátsó falról visszaverődő fény teljes mértékben merőlegesen érkezik a detektorba. Egy másik levágás -60° és 60° -nál figyelhető meg, ami fényforrás búrájának nyitási szögéből eredeztethető. A fényforrás $-60^\circ - (-90^\circ)$, valamint a $60^\circ - 90^\circ$ közötti jellemző sugárzási szöge viszont teljes mértékben a goniofotométer detektorrendszerébe jut. Továbbá a polárkoordináta rendszerben meghatározható a lámpatest félértékszögéhez tartozó 190 cd érték. A mérési eredmények alapján a különböző feltételekben, illetve intervallumokban az alábbi fényáram értékeket összesítettem táblázatos formában.

Fényáram térbeli megoszlása	Kisugárzott fényáram (lm)	Kisugárzott fényáram (%)
Felső térfélbe kisugárzott fényáram:	61,749	6,85
Alsó térfélbe kisugárzott fényáram:	839,393	93,15
0 - 30° -ig kisugárzott fényáram:	164,696	18,28
0 - 60° -ig kisugárzott fényáram:	523,160	58,06
60 - 120° -ig kisugárzott fényáram:	373,667	41,47
90 - 150° -ig kisugárzott fényáram:	60,712	6,74

120 - 180°-ig kisugárzott fényáram:	4,314	0,48
150 - 180°-ig kisugárzott fényáram:	1,037	0,12

4-7. táblázat Első méréshez tartozó fényáramok térbeli megoszlása

**Változtatható sugármenetű lámpatest fényerősség-eloszlási görbéje
maximális nyílásszög és magas fénypont magasság beállítással**



4-5. ábra Az első mérés fényeloszlási görbéje

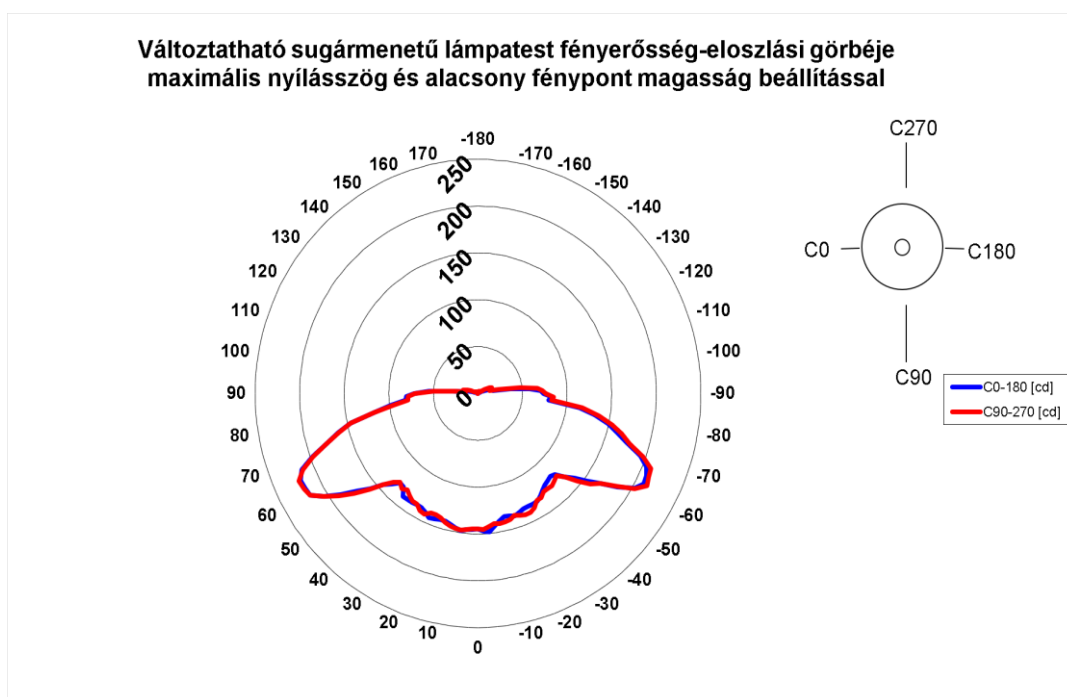
4.3.2 A második mérési pont kiértékelése maximális nyílásszög és alacsony fénypont magasság mellett

A második mérés során lámpabúra szöghelyzete változatlan formában került megtartásra, kizárólag a fényforrás magassága változott 100 mm-el. Ennek következményeképpen a LED-es fényforrás bizonyos mértékben oldalirányban a búra síkjából kiemelkedett. Ennek megfelelően az eloszlási görbe is követi ezen beállítás jellemzőit. Vagyis a középső 75° - (-75°)-ig terjedő térbeli fényeloszlási görberészlet a fényforrás pozícióját jellemzi a búrához viszonyítva, míg a 90°- 75°-ig illetve (-90°) – (-75°)-ig terjedő szakasz a fényvisszaverő teljes alakját testesíti meg. A hátsó merőleges fal a továbbiakban is egy teljesen merőleges 180°-os levágást biztosít. Az említett fényforrás pozíciójára vonatkoztatott középső görberészletben felfedezhető egy kismértékű aszimmetria. Ez abból eredeztethető, hogy a fényforrás egy 200 mm hosszúságú 19,5 mm átmérőjű műanyag csőre került felrögzítésre. Ahhoz, hogy a fénypontot állítani tudjam a toldócsövet egy 20 mm-es furaton keresztül vezettem át. A két méret közötti 0,5mm-es differencia, valamint a 100 mm-es kitolt rúd és a nem teljesen koncentrikus rögzítés némi

aszimmetriát vitt a mérésbe. Ennek nyomai fedezhetők fel a 120°-ot bezáró középső szakaszban. A maximális, félértékszöghöz tartozó érték 150 cd.

Fényáram térbeli megoszlása	Kisugárzott fényáram (lm)	Kisugárzott fényáram (%)
Felső térfélbe kisugárzott fényáram:	65,031	6,42
Alsó térfélbe kisugárzott fényáram:	947,690	93,58
0 - 30°-ig kisugárzott fényáram:	125,266	12,37
0 - 60°-ig kisugárzott fényáram:	485,415	47,93
60 - 120°-ig kisugárzott fényáram:	521,502	51,50
90 - 150°-ig kisugárzott fényáram:	64,086	6,33
120 - 180°-ig kisugárzott fényáram:	5,805	0,57
150 - 180°-ig kisugárzott fényáram:	0,945	0,09

4-8. táblázat Második méréshez tartozó fényáramok térbeli megoszlása



4-6. ábra A második mérés fényeloszlási görbéje

4.3.3 A harmadik mérési pont kiértékelése minimális nyílásszög és magas fénypont magasság mellett

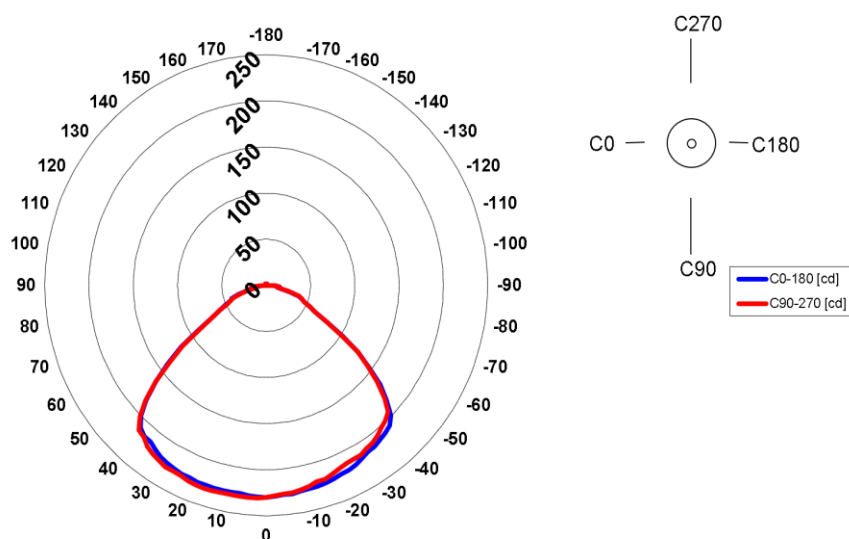
A következő mérési pontban minimális nyílásszög esetén és magas fénypont magasság mellett vizsgáltam a lámpatestet. Ebben az esetben a teljes átmérő 250 mm-re változott, valamint a fényforrás is teljesen betölt állapotban került rögzítésre. Ennek megfelelően a

búra eloszlási görbéje egy közel 100°-os levágást biztosított. A hátsó fényvisszaverő panelről visszaverődő fénysugarak immáron nem szóltak bele a mérésbe. A lámpatest szimmetriája is jelentős mértékben javult, ez természetesen köszönhető a lamellák szorosabb illeszkedésének, így a tartásuk és egyenletes elrendeződésük is jelentős mértékben fokozódott. A lamellák mivel szorosan egymásra zártak csökkentették a lámpatest hátsó oldalirányú fényszivárgását is. A koordináta rendszerben megfigyelhető a legmagasabb 225 cd érték.

Fényáram térbeli megoszlása	Kisugárzott fényáram (lm)	Kisugárzott fényáram (%)
Felső térfélbe kisugárzott fényáram:	5,910	0,87
Alsó térfélbe kisugárzott fényáram:	671,503	99,13
0 - 30°-ig kisugárzott fényáram:	203,963	30,11
0 - 60°-ig kisugárzott fényáram:	588,852	86,93
60 - 120°-ig kisugárzott fényáram:	85,437	12,61
90 - 150°-ig kisugárzott fényáram:	4,904	0,72
120 - 180°-ig kisugárzott fényáram:	3,125	0,46
150 - 180°-ig kisugárzott fényáram:	1,006	0,15

4-9. táblázat Harmadik méréshez tartozó fényáramok térbeli megoszlása

Változtatható sugármenetű lámpatest fényerősség-eloszlási görbéje
minimális nyílásszög és magas fénypont magasság beállítással



4-7. ábra A harmadik mérés fényeloszlási görbéje

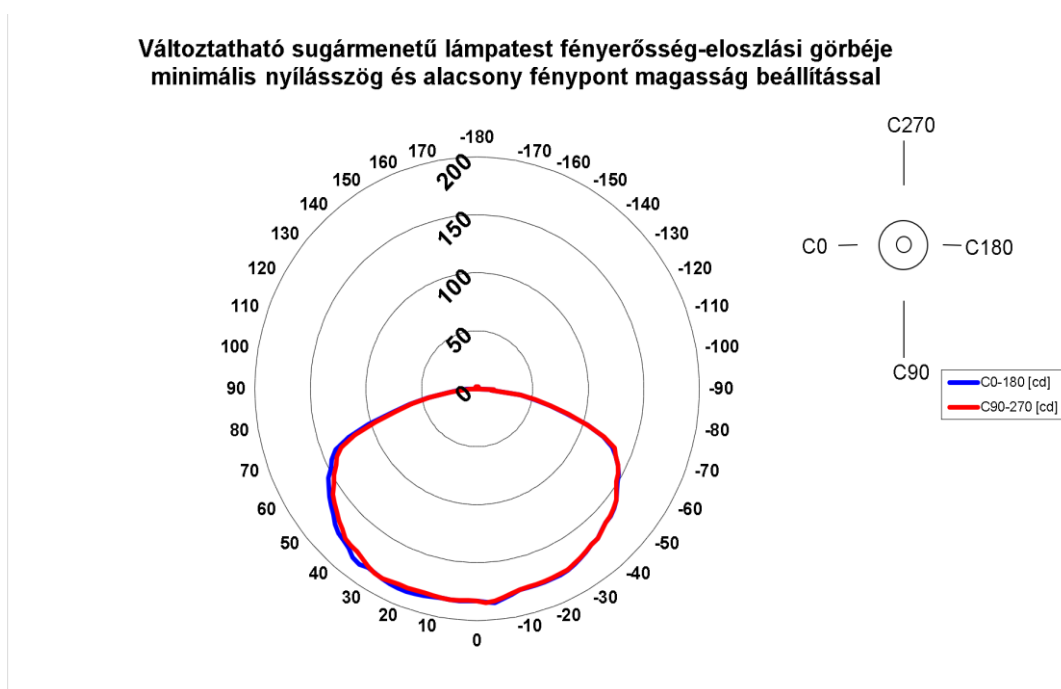
4.3.4 A negyedik mérési pont kiértékelése minimális nyílásszög és alacsony fénypont magasság mellett

Az utolsó mérés kiértékelése során a minimális nyílásszög és az alacsony fénypontmagasság által kapott eredményeket vettem figyelembe. Ebben az esetben a búra szöge változatlan formában került rögzítésre és kizárólag a fényforrás magassága változott 310 mm-ről 410 mm-re. Az elrendezésből adódott, hogy a hátsó fal által befolyásolt fényvisszaverődés egyáltalán nem fogja befolyásolni a mérést. A fényforrás 200°-os sugárzási szögét az előzőleg 100°-os ra adódó levágást a búra most 140°-ra módosította. Mivel 100 mm-el módosult a magasság és a búra legkülső síkjáig ér a fényforrás, valamint a lámpabúra oldalsó síkja nem teljesen merőleges a detektorra. Sajnos némi aszimmetria viszont beleszólt a mérésbe a 70°-tól 10°-ig terjedő tartományban, aminek kézzelfogható oka a lamellák nem teljesen tökéletes illeszkedése. A félérték szöghöz tartozó maximális 180 cd jellemzi a koordináta rendszer görbáját.

Fényáram térbeli megoszlása	Kisugárzott fényáram (lm)	Kisugárzott fényáram (%)
Felső térfélbe kisugárzott fényáram:	9,193	1,17
Alsó térfélbe kisugárzott fényáram:	779,801	98,83
0 - 30°-ig kisugárzott fényáram:	164,533	20,85

0 - 60°-ig kisugárzott fényáram:	551,106	69,85
60 - 120°-ig kisugárzott fényáram:	233,271	29,57
90 - 150°-ig kisugárzott fényáram:	8,279	1,05
120 - 180°-ig kisugárzott fényáram:	4,616	0,59
150 - 180°-ig kisugárzott fényáram:	0,914	0,12

4-10. táblázat Negyedik méréshez tartozó fényáramok térbeli megoszlása

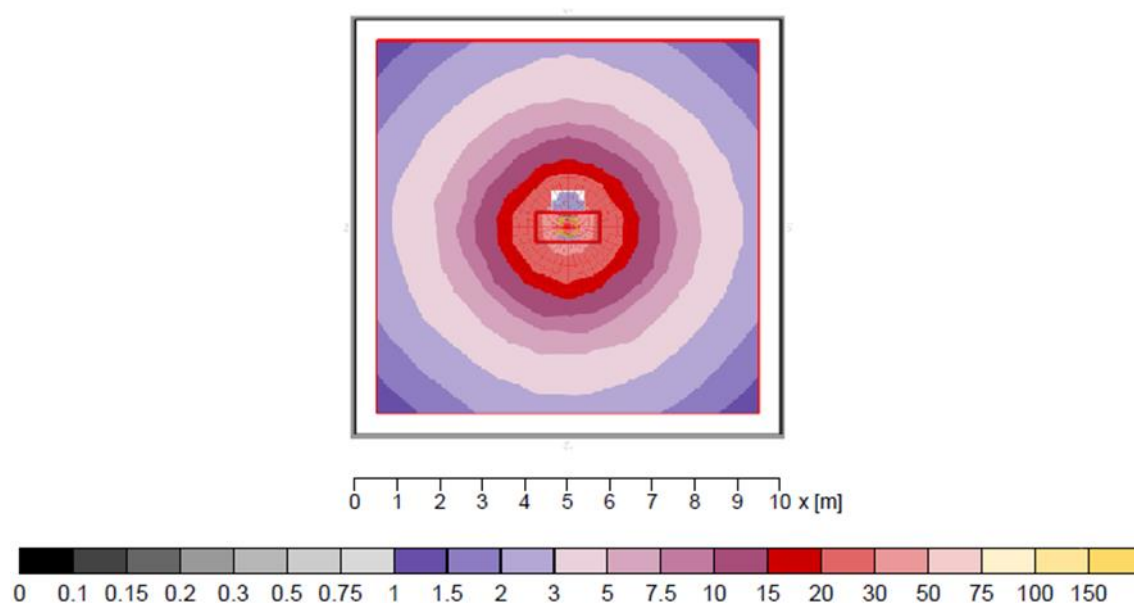


4-8. ábra A negyedik mérés fényeloszlási görbéje

4.4 A mérések szimulációja Relux rendszerben

A gonifotométer által generált adatokból, ezáltal a generált fényáram eloszlási görbe mintájára elkészítettem a lámpatest EULUMDAT filejét. Annak érdekében, hogy a modellt szimulált környezetbe helyezve megvizsgálhassam felhasználás szerinti alkalmazásban. A szimuláció során a Relux szoftverét alkalmaztam, ahol egy 10 m × 10 m-es és 2,8 m belmagasságú helységet vettem alapul ahová egy szabványos íróasztalt helyeztem a fényforrás alá és ezen felületen, valamint környezetében vizsgáltam a megvilágítás mértékét. Kizárólagosan az asztal felületére helyezett vizsgálósík nem adott szemmel látható különbséget, mivel az a fényforrás sugárzásához képest, viszonylag kis felülettel rendelkezett. Viszont az asztal és környezetének 0,75 m-es magasságban történő megfigyelése értékelhető eredményt nyújtott. A szimulációt valamennyi módosított paraméter mentén elvégeztem, tehát négy EULUMDAT file-t hoztam létre a nyílásszög, valamint a fénypontmagasság függvényében.

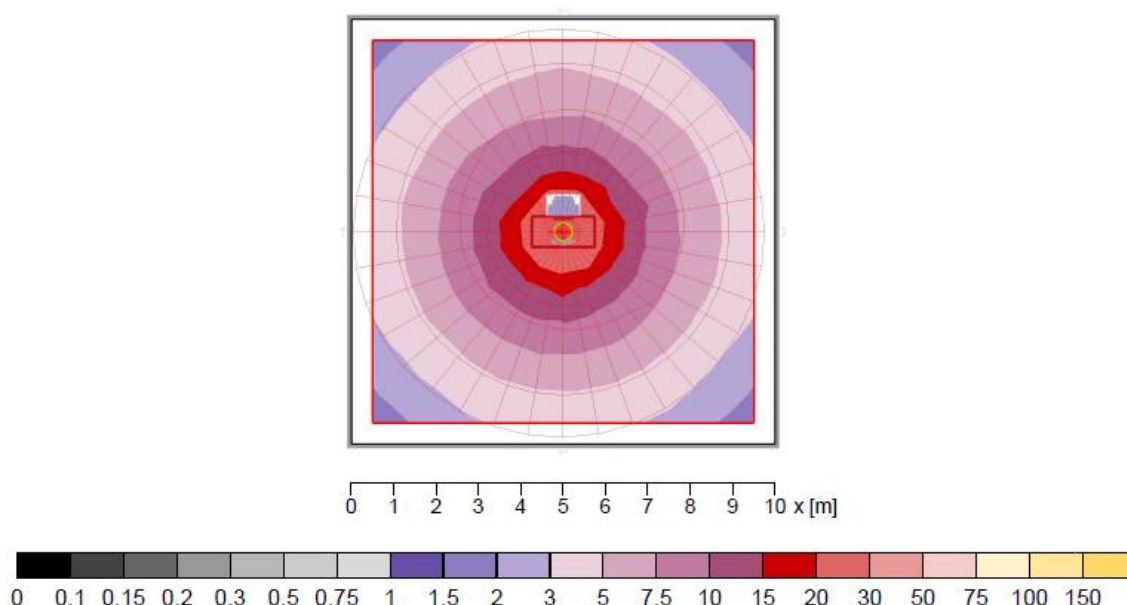
Az első méréshez készített ldt fájl a következő szimulációs eredményt szolgáltatatta, ahol 110° -os nyílásszög esetén 410 mm-es fénypontmagassággal számoltam. Az ábrából látható, hogy a megvilágítás eloszlása, bár alacsony 1 lux mértékben, de a helység körítő falán túl ér. A legmagasabb érték az asztal felett mérhető, ahol 50 – 75 lux közötti érték mérhető. Az objektumtól mérve 0,75 m-es körben már csökkent 30 – 50 lux határok mentén alakul. Az ezen kívüli 1,5 m-es körben már csak 15 – 20 lux érték figyelhető meg. Az ezen határokon kívüli értékek pedig rohamosan csökkennek közelítve az 1 lux értéket. Ennek oka a rendkívül nagy nyílásszögű búra, valamint a teljesen visszahúzott 310 mm-en elhelyezkedő fénypont és annak optikai hatása.



4-9. ábra Relux által szimulált értékek 110° -os nyílásszögnél és 410 mm-es fénypont magasságnál

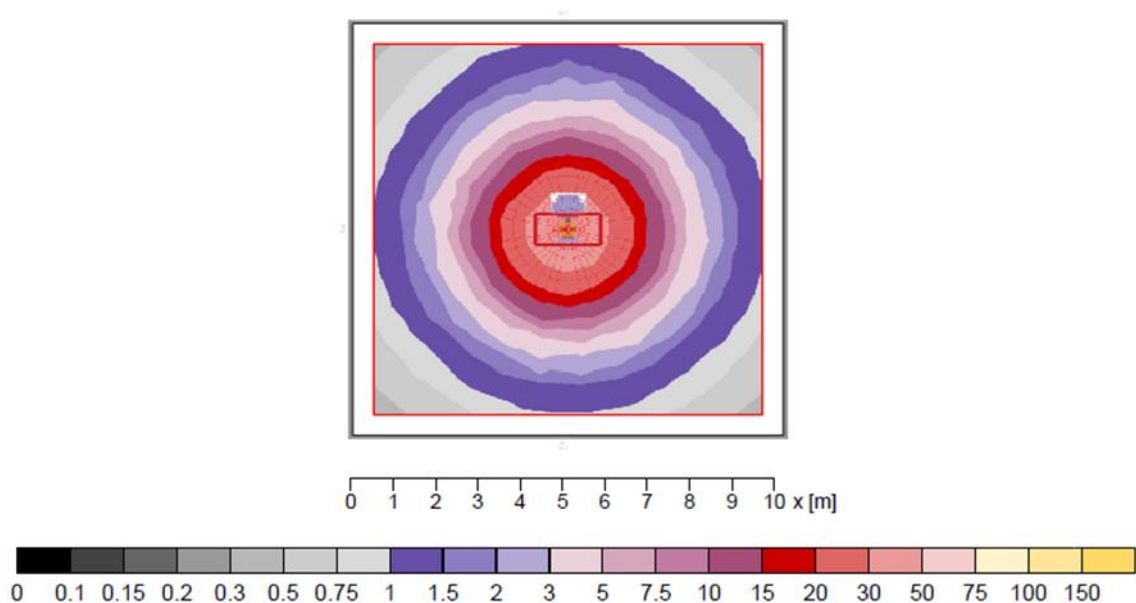
A második mérés során a búra nyitási szöge 110° -on maradt kizárólag a fénypont magasságát változtattam meg 100 mm-el. Ennek megfelelően a fényforrás egy része a búrán kívülre esett, tehát az ernyőzés részben megszűnt, ezért a terem külső területén egy egységgel magasabb megvilágítási szint figyelhető meg 3 – 5 lux közötti érték. Az asztal körüli szint maximális átmérője viszont lecsökkent, illetve egy egységgel alacsonyabbra is adódott. Így már a legmagasabb megvilágítás érték megközelítőleg az asztal közvetlen környezetében 30 – 50 lux közé esett. Az előző mérésben a tárgy felületére érkező maximális 50 – 75 lux közötti érték lecsökkent. Ezen megvilágítás minta oka a fénypont és az ernyő távolságából eredeztethető, valamint a fényforrás 200° -os sugárzási szöge is

közrejátszik az eredmény létrejöttében. Mivel a fényforrás sugárzási szögének bizonyos hányada már nem hasznosul a lámpatest ernyőjén ezáltal direkt formában lesugárzódik.



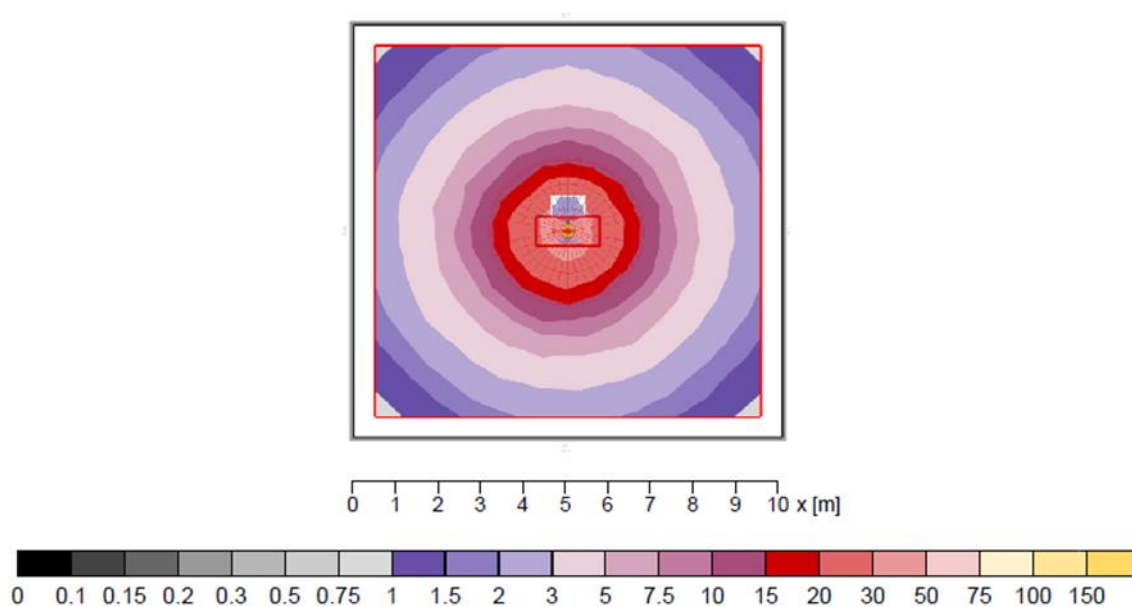
4-10. ábra Relux által szimulált értékek 110°-os nyílásszögnél és 310 mm-es fénypont magasságnál

A harmadik mérésen alapuló szimuláció során a búra átmérőjét a legkisebb mértékűre, ami ezáltal 250 mm-re adódott a fénypont magasságát pedig magas állapotba 410 mm-re állítottam. Az ldt fájl szerkesztése közben, tehát az adott C-síkoknak megfelelő paramétereket adtam meg amit a goniofotométer biztosított. A dimenzionális értékeket pedig a fizikai méretekből adódóan a már említett lámpatest átmérőt, valamint a magasságot a korábbi értékeknek megfelelően állítottam elő. Így a következő képen látható szimulált megvilágítási mintát kaptam. Ebből látható a búra által történő éles levágás, aminek következménye, hogy a legkülső 1 lux megvilágítást jelző kör a helység körítő faláig ér szemben a korábbi nagy nyílásszögű mérési pontokkal. Ennek megfelelően a korábban jóval nagyobb területen eloszló megvilágítás jelenlegi helyzetben jóval kisebb területen koncentrálódik. Aminek egyenes következménye, hogy az asztal teljes területén 30 – 50 lux közötti értékek hasznosulnak. A tárgy közvetlen környezetében 1 m-es körben ezen érték 20 – 30 lux-ra mérséklődik. Azon kívül pedig a megvilágítás mértéke 0,5 m-es körzetben tovább csökken 15 – 20 lux-ra.



4-11. ábra Relux által szimulált értékek 25°-os nyílásszögnél és 410 mm-es fénypont magasságnál

A negyedik szimulációt azonos ernyőzés mellett alacsonyabb fénypont magassággal valósítottam meg. Így az EULUMDAT fájl C-sík paraméterein felül kizárólag a fénypontmagassága változott. Mivel a fényforrás az ernyő alsó széléig ért, így a visszaverődés mértéke alacsonyabb hatásfokkal érvényesült a lámpatest alatti tárgyon. Aminek következménye, hogy a maximális megvilágítás mértéke az asztal 80%-án hasznosul. A 20 – 30 lux közötti megvilágítás érték az előző szimulációhoz hasonlóan a tárgy 1 m-es környezetébe. sugárzódik, az ez alatti szint gyakorlatilag változatlan formában jelenik meg. Nagy változást jelent a korábbi mérési eredményekhez képest, hogy a fényforrás 200°-os sugárzási szögéből adódóan az ernyőzés kevésbé szől bele sugárzás mértékébe, ezért a megvilágítási mintán a 15 lux alatti határok kiszélesednek és egy részük az 1 -3 lux közötti értékek a körítő falakon hasznosulnak.



4-12. ábra Relux által szimulált értékek 25°-os nyílásszögnél és 310 mm-es fénypont magasságnál

Az elvégzett szimulációkból láthatóvá vált a gyakorlati alkalmazáshoz hasonló eredmények alakulása. A bemutatott négy végérték beállítás gyakorlatilag négy különféle lámpatestnek felelt meg, amiknek különböző kúpszögéből eredően más megvilágítási mintát szolgáltatottak. Ebből azonosíthatóvá vált a lámpatest funkciójának sokszínűsége ezáltal széleskörű alkalmazhatósága.

ÖSSZEGZÉS

A változtatható sugármenetű lámpatest tervezése során elsődlegesen azon igényt tűztem ki célul, hogy az eltérő funkciójú, de egyazon légterben alkalmazott azonos kivitelezésű lámpatestek a peremterületek szélén elhelyezkedő személyek látási feladatait ne zavarják. Valamint a változó funkciójú termék esetén az eseménynek megfelelő lámpatest beállítással kielégíthető legyen az igényelt megvilágítási szint anélkül, hogy további világítási rendszereket alkalmaznánk.

A tervezés során számításba vettem a felhasználási területeket. Az első fejezetben megvizsgáltam a fontosabb könyvtári jellemzőket, kutatást végeztem az eltérő funkciójú termék területén. A kutatást kiterjesztettem a különleges rendeltetésű könyvtári területekre, valamint áttekintettem és összegeztem a feltárt problémákat az azonos légterű, de eltérő látási feladatú közösségi terek esetén.

További szociális helyiségeket tártam fel, ahol a vegyes elrendezésű világítási rendszerek esetleges problémákat okoznak. Ennek megfelelően megvizsgáltam az éttermek intézményét. Ebben az alkalmazási közegben a rögzített világítási paraméterű lámpatestek kevésbé képesek a megfelelő kényelmi szint megteremtésében. Ennek oka abban keresendő, hogy az asztalok elhelyezkedéséből adódóan a felső világítási rendszer bizonyos esetekben kizárólag rasztteres formában áll rendelkezésre azonos lépésközökkel. Ezen tulajdonság bizonyos esetekben zavaró lehet. A másik eshetőség az emberi különbözőségekre vezethető vissza, aminek folyamányaként a fix paraméterű lámpatestek kizárólag csoportosan vagy egyáltalán nem szabhatók személyre igény szerint.

A harmadik vizsgálati pont során a változó funkciójú szociális tereket vizsgáltam meg. Ennek megfelelően megállapítottam, hogy az előadótermek, a meeting szobák, videokonferencia termek, kizárólag több világítási rendszer egyidejű alkalmazásával feleltethetők meg az szükségesigényeknek. Szinte minden esetben szükséges egy általános világítási rendszer alkalmazása és legalább egy további alrendszerre van szükség vagy a közlekedő falikarokkal történő megvilágítása esetén vagy pedig a padlóhoz közeli irányfény kialakításához.

A második fejezetben a jelenleg színpadtechnikai megoldásokat elemeztem. Ennek oka, hogy jelenleg a színpadtechnikai lámpatestek feleltethetők meg leginkább az általam tervezett terméken. Kifejtettem a mozgatáshoz szükséges elektromechanikus és mechanikus elemek jelentőséget.

A harmadik fejezetben rendszereztem és összegyűjtöttem a változtatható sugármenetű lámpatest elvárt tulajdonságait. Aminek alkalmazásával részletesen bemutattam a fejlesztés fontosabb mozzanatait. Valamennyi részlelemet mind mechanikus mind pedig elektromos oldalról bemutattam. A tervezés fázisát kiegészítettem az alkalmazható anyagok, megmunkálási technológiák, felületkezelési eljárások széles skálájával. Kialakítottam a hardveres vezérlés, valamint a hozzá kapcsolódó elektromechanikus, mechanikus elemeket. A termékbiztonsági szempontok vizsgálatával olyan eszközt alkotta meg mely mind érintésvédelmi mind pedig mechanikai szempontból biztonságos és alkalmazható.

A tervezés igazolása végett a negyedik fejezetben fotometriai mérésnek vetettem alá a terméket. A vizsgálat előkészítési fázisában kiválasztottam a megfelelő mérés technikai elvet, megterveztem a mérési eljárást. Ennek megfelelően négy mérési pontban goniofotométeres vizsgálatot végeztem és a kapott eredményeket rögzítettem. A kapott adatok alapján elkészítettem a beállításoknak megfelelő ldt fájlt és Relux rendszerben szimulációkat végeztem. A folyamat végeredményeként valamennyi vizsgálati pontban kapott érték alapján kiértékeltem a mérést és a szimulációt is. Ebből láthatóvá vált a változtatható sugármenetű lámpatest fénytechnikai jellemzői és alkalmazhatósága a világítástechnikában.

SUMMARY

During the design of the variable-beam luminaire, I primarily aimed to ensure that luminaires with different functions, but the same design used in the same airspace did not interfere with the visual functions of persons located at the edges of the peripheral areas. Also, in the case of variable function rooms, the required lighting level can be met by adjusting the luminaire to suit the event without the need for additional lighting systems.

During the design I took into account the areas of use. In the first chapter I examined the most important library features, I did research in the field of rooms with different functions. I extended the research to special purpose library areas and reviewed and summarized the problems identified in community spaces with the same airspace but different visual tasks.

I have explored additional social rooms where mixed-arrangement lighting systems cause potential problems. Accordingly, I examined the institution of restaurants. In this application medium, luminaires with fixed lighting parameters are less able to provide the appropriate level of comfort. This is due to the fact that, due to the location of the tables, the top lighting system is in some cases only available in raster form with the same pitch intervals. This feature can be confusing in some cases. The other possibility can be traced back to human difference, as a result of which fixed-parameter luminaires can only be customized in groups or not at all. This feature can be confusing in some cases. The other possibility can be traced back to human difference, as a result of which fixed-parameter luminaires can only be customized in groups or not at all.

During the third research point, I examined social spaces with varying functions. Accordingly, I have established that lecture halls, meeting rooms, video conferencing rooms can only meet the necessary needs by using several lighting systems at the same time. In almost all cases, it is necessary to use a general lighting system and at least one additional subsystem is required either to illuminate the moving wall arms or to provide a directional light close to the floor.

In the second chapter, I analyzed the currently staged technical solutions. The reason for this is that currently the stage luminaires are the most suitable for the product I have designed. I have explained the importance of electromechanical and mechanical elements required for movement.

In the third chapter, I systematized and collected the expected properties of a variable beam luminaire. Using which I presented in detail the most important aspects of the development. I have shown all the components from both a mechanical and an electrical side. I supplemented the design phase with a wide range of application materials, machining technologies and surface treatment procedures. I designed the hardware control and the electromechanical mechanical elements connected to it. By examining the product safety aspects, he has created a device that is safe and applicable from both a contact protection and a mechanical point of view.

To verify the design, I subjected the product to photometric measurement in the fourth chapter. In the preparation phase of the study, I selected the appropriate measurement technology principle and designed the measurement procedure. Accordingly, I performed a goniophotometer at four measurement points and recorded the obtained results. As a result of the process, I evaluated the measurement based on the values obtained at all test points. This made it possible to see the lighting characteristics and applicability of the variable beam luminaire in lighting technology.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Poppe Kornélné, Dr. Borsányi János – Világítástechnika I., ÓE KVK 2024, Budapest, 2010
- [2] Arató András, Dr. Borsányi János, Dr. Kovács Károly, Dr. Majoros András, Molnár Károly – Világítástechnika II., ÓE KVK 2018, Budapest 2012
- [3] Majoros András – Belsőterek világítása, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1998
- [4] Majoros András – Belsőtéri vizuális komfort, TERC Kft., Budapest, 2004
- [5] Gergely Pál – Gyakorlati világítástechnika, Műszaki Könyvkiadó, 1977
- [6] Faragó György, Maróti György – Világítástechnika, Műszaki könyvkiadó, 1962
- [7] Lambert Miklós – LED-es világítás, működés-konstrukció-alkalmazás, Invest-Marketing Bt., 2019
- [8] Polgár Endre - Elektromosipari szakemberek kézikönyve – Elektroinstallateur szaklap, 2020
- [9] Arató Csaba - Villamos biztonsági felülvizsgálók kézikönyve – Magyar Elektrotechnikai Egyesület, Budapest, 2022
- [10] licht.wissen No. 01 – Lighting with Artificial Light – Gutes Licht, Frankfurt an Main, 2016, ISBN 978-3-945220-05-4
- [11] licht.wissen No. 11 – Good lighting for Hotels and Restaurants – Gutes Licht, Frankfurt am Main, 2016, ISBN 978-3-926193-18-2
- [12] licht.wissen No. 18 – Good lighting for Museums, Galleries and Exhibitions – Gutes Licht, Frankfurt am Main, 2016, ISBN 978-3-926193-35-2
- [13] Badacsonyi Ferenc – Teljesítményelektronika, Budapest, 2002
- [14] Arató András, Dr. Borsányi János – Világítástechnikai kislexikon – Világítástechnikai társaság, Budapest, 2001

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

Rövidítés	Rövidítés angol megfelelője	Rövidítés magyar megfelelője
AC	Alternating current	Váltóáram
ARM	Advanced RISC Machine	Fejlett redukált architektúrájú gépek
BLDC	Brushless direct current motor	Egyenáramú szénkefe nélküli motor
CPU	Central processing unit	Központi feldolgozó egység
CRI	Color rendering index	Színvisszadási index
DALI	Digital Addressable Lighting Interface	Digitálisan címezhető világítási interfész
DC	Direct Current	Egyenáram
DDR	Double Data Rate	Kétszeres étviteli sebességű memória
DDR4	Double Data Rate 4	Kétszeres étviteli sebességű memória 4. generáció
DMX512	Digital Multiplex 512	Digitális kommunikációs hálózati szabvány
DRAM	Dynamic Random Access Memory	Dinamikus elérésű memória
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	Elektromosan törölhető írható memória
exFAT	Extended File Allocation Table	Kiterjesztett fájlrendszer
FAT	File Allocation Table	Fájlrendszer
FAT32	File Allocation Table	Fájlrendszer 32GB-os fájl méretig
FET	Field Effect Transistor	Térvezérlésű tranzisztor
FPGA	Field programmable gate array	Programozható logikai mátrix
HDMI	High Definition Multimedia Interface	Nagy felbontású multimédiás interfész
I/O	Input/Output	Bemenet/kimenet
I2C	Inter Integrated Circuit	I2C
IC	Integrated circuit	Integrált áramkör
IOT	Internet Of Things	IOT
IP2X	Ingress Protection	Tömítettség mutató
IR	Infrared	Infravörös
IT	Information Technology	Információtechnológia
LED	Light Emitting Diode	Fény kibocsátó dióda
LPDDR2	Low Power Double Data Rate	Alacsony fogyasztású kétszeres sebességű memória
lux	Luminous flux	A megvilágítás SI mértékegysége
microSD	Micro Secure Digital	Kisméretű nem felejtő memória
OEM	Original Equipment Manufacturer	Eredeti gyártói termék
PCB	Printed Circuit Board	Nyomtatott áramköri lap
PELV	Protected Extra Low Voltage	Földelt érintésvédelmi törpefeszültség
PWM	Pulse Width Modulation	Impulzusszélesség moduláció
RAM	Random Access Memory	Véletlen elérésű memória
RDM	Remote Device Management	Távoli eszközkezelés

RGBW LED	Red Green Blue White Light Emitting Diode	Fény kibocsátó dióda integrált vörös, zöld, kék, fehér fényforrásokkal
ROM	Read Only Memory	Olvasható memória
sACN	Streaming Architecture for Control Networks	Kommunikációs protokoll világítástechnikai rendszerekhez
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory	Szinkron dinamikus végtelen elérési memória
SELV	Separated Extra Low Voltage	Földeletlen érintésvédelmi törpefeszültség
SMT	Surface Mount Technology	Felületszerelési technológia
USB	Universal Serial Bus	Univerzális soros busz
UV	Ultraviolet radiation	Ultraviola sugárzás
WIFI	Wireless Fidelity	Vezetéknélküli kommunikációs szabvány

ÁBRAJEGYZÉK

3-1. ábra 110°-os és 25°-os nyílásszög esetén adódó 10°-os osztású sugárzási szögekkel	27
3-2. ábra 110°-os és 25°-os nyílásszög esetén adódó 10°-os osztású sugárzási szögekkel alacsony fénypont esetén	28
3-3. ábra A búrát alkotó elemek méretének meghatározása	29
3-4. ábra Az alaplemez	35
3-5. ábra 3D nyomtatással és forgácsolással készült csuklópontok	36
3-6. ábra Összeszerelt csuklópontok	37
3-7. ábra A külső és belsőburkolat összeszerelt állapotban	40
3-8. ábra Tömszelencés átvezetés a burkolaton	42
3-9. ábra A tápegység kapcsolásirajza	43
3-10. ábra Raspberry Pi V3 model B	43
3-11. ábra Motorvezérlő kártya	44
3-12. ábra A Raspberry Pi és a motor vezérlő kapcsolási rajza	45
3-13. ábra A Raspberry Pi és a motorvezérlő kapcsolata	46
3-14. ábra Az alkalmazott léptetőmotor	47
3-15. ábra A léptetőmotoros lámpatest metszeti képe	48
4-1. ábra A blendézés folyamata	50
4-2. ábra A szabályozható tápegység beállítása	51
4-4. ábra 110°-os nyílásszögű beállítás a goniofotométeren	52
4-5. ábra 25°-os nyílásszögű beállítás a goniofotométeren	54
4-6. ábra Az első mérés fényeloszlási görbéje	56

4-7. ábra A második mérés fényeloszlási görbéje.....	57
4-8. ábra A harmadik mérés fényeloszlási görbéje	59
4-9. ábra A negyedik mérés fényeloszlási görbéje.....	60
4-10. ábra Relux által szimulált értékek 110°-os nyílásszögnél és 410 mm-es fénypont magasságnál	61
4-11. ábra Relux által szimulált értékek 110°-os nyílásszögnél és 310 mm-es fénypont magasságnál	62
4-12. ábra Relux által szimulált értékek 25°-os nyílásszögnél és 410 mm-es fénypont magasságnál	63
4-13. ábra Relux által szimulált értékek 25°-os nyílásszögnél és 310 mm-es fénypont magasságnál	64

TÁBLÁZATJEGYZÉK

3-1. táblázat Anyagok rugalmassági, termikus, és optikai tulajdonságai.....	22
3-2. táblázat Műanyagok alkalmazási területei.....	23
4-1. táblázat Felhasznált mérőműszerek.....	49
4-2. táblázat A mérés során felhasznált LED-es fényforrás típusa és adatai.....	49
4-3. táblázat Az első mérés goniofotométer beállításai.....	51
4-4. táblázat A második mérés goniofotométer beállításai.....	53
4-5. táblázat A harmadik mérés goniofotométer beállításai	54
4-6. táblázat A negyedik mérés goniofotométer beállításai.....	54
4-7. táblázat Első méréshez tartozó fényáramok térbeli megoszlása	56
4-8. táblázat Második méréshez tartozó fényáramok térbeli megoszlása	57
4-9. táblázat Harmadik méréshez tartozó fényáramok térbeli megoszlása	58
4-10. táblázat Negyedik méréshez tartozó fényáramok térbeli megoszlása	60

5 MELLÉKLETEK

5.1 A goniofotométer által mért értékek megjelenítése táblázatos formában

5.1.1 Az eredmények 110°-os nyílásszög esetén

Mért értékek 110°-os nyílásszög és 410 mm-es fénypont esetén			Mért értékek 110°-os nyílásszög és 410 mm-es fénypont esetén	
	C0 sík (cd)	C90 sík (cd)	C0 sík (cd)	C90 sík (cd)
-170	1,4846783	1,4203269	0,0367722	0,2298264
-167,5	1,5076609	1,3559755	0,3631257	0,8181819
-165	1,4846783	1,6317672	0,8181819	0,8411645
-162,5	1,7053116	1,6271706	0,9882534	1,2410624
-160	1,6087845	1,5628193	1,2364658	1,4984679
-157,5	1,5352401	1,4111339	1,3146068	1,5582227
-155	1,3467825	1,4111339	1,3743616	1,6547498
-152,5	1,342186	1,4525026	1,7420838	1,769663
-150	1,2824311	1,4249234	1,5398366	1,8432074
-147,5	1,3054137	1,4479061	1,778856	1,7328908
-145	1,4019408	1,4157304	1,6455568	1,856997
-142,5	1,342186	1,2502554	1,7834526	1,7145047
-140	1,4708887	1,1996936	1,6225741	1,6225741
-137,5	1,2870276	1,0066395	1,7328908	1,5490297
-135	1,2364658	0,8089888	1,6133811	1,4203269
-132,5	1,089377	0,8319714	1,6271706	1,4157304
-130	0,9606742	1,9627171	1,42952	1,3651686
-127,5	0,8181819	2,8222677	1,8110317	1,4065373
-125	0,9284985	4,1690502	1,604188	1,4662922
-122,5	1,6685394	5,5985702	1,6271706	1,3697651
-120	2,4453525	8,2599595	1,5536262	1,2778346
-117,5	3,8748725	11,606231	1,3835547	1,2456589
-115	5,2951994	14,28141	1,4525026	1,176711
-112,5	7,3728297	15,959143	1,4754852	1,342186
-110	10,355976	15,131768	1,4111339	1,3146068
-107,5	13,173647	13,922881	1,5122575	1,2594485
-105	15,494893	13,536773	1,4525026	1,1996936
-102,5	15,596017	12,782942	1,5536262	1,2134832
-100	16,271706	22,52758	1,4616957	1,2318693

-97,5	35,692034	46,351381	1,6593463	1,351379
-95	57,24515	65,376407	1,6179776	1,4203269
-92,5	69,761494	70,850871	1,5720123	1,2548519
-90	73,084783	74,826867	1,0158325	0,8917263
-87,5	77,106745	78,37079	15,090399	15,177733
-85	81,436673	83,335039	12,691012	12,3095
-82,5	87,320228	88,565887	39,21757	39,258939
-80	92,960167	94,587338	52,510727	53,572525
-77,5	98,508175	99,078145	66,893261	68,442291
-75	104,833	104,76405	83,243108	85,688461
-72,5	109,58121	109,09398	103,83095	104,87896
-70	116,24617	115,1522	120,30031	121,21042
-67,5	119,45915	118,58581	131,37794	133,73596
-65	125,31053	123,51788	137,48213	137,9142
-62,5	128,73954	128,87283	142,72217	142,86466
-60	134,63688	131,53422	146,89122	146,50971
-57,5	138,33249	134,26456	149,11134	148,82636
-55	141,14556	137,40859	153,12411	153,21604
-52,5	143,08989	142,63943	157,71145	157,81257
-50	147,91625	145,54444	160,49694	160,53371
-47,5	152,7426	148,42646	162,6665	162,60675
-45	157,98264	152,71042	163,27324	163,37896
-42,5	160,48775	157,47243	165,57151	166,10011
-40	162,11032	159,93617	168,23749	168,48111
-37,5	164,88663	163,22268	168,88101	169,16599
-35	168,78908	163,4663	170,7472	171,09194
-32,5	170,91267	166,60573	172,77427	172,93974
-30	174,27733	168,47192	174,41523	174,40603
-27,5	176,31819	171,18846	176,12973	176,32738
-25	176,94332	174,67263	176,62156	176,45608
-22,5	178,10164	176,39173	176,5664	176,60317
-20	181,41114	177,19613	176,98469	176,90195
-17,5	184,18744	177,26048	177,03065	176,98928

-15	183,20379	180,2712	177,2237	177,09041
-12,5	182,74413	183,60368	177,3662	177,67876
-10	184,58734	183,9806	179,59092	179,30133
-7,5	187,87845	182,46375	182,35803	181,90757
-5	191,11901	183,60368	184,7758	183,87488
-2,5	192,01533	186,14097	183,81053	184,82636
0	191,66599	188,78397	182,86824	183,41523
2,5	191,73494	189,99745	183,00154	183,06589
5	191,48673	191,01329	183,17621	183,17161
7,5	191,87743	191,48673	183,11645	183,74618
10	190,02044	190,72371	182,84985	183,32789
12,5	186,98213	190,04802	183,17621	182,7947
15	184,44025	188,45762	184,18285	182,46834
17,5	182,79929	185,21247	185,18489	182,6522
20	183,50256	183,23596	185,59398	182,89582
22,5	183,25435	182,54189	185,73188	182,86364
25	179,83913	184,48162	185,37335	183,47498
27,5	177,35241	180,8044	184,27937	184,71145
30	176,84219	177,18234	183,24975	184,13688
32,5	175,82636	176,833	182,51431	182,17876
35	171,10113	175,34832	184,53678	179,36109
37,5	168,68336	170,7426	183,15322	177,21911
40	164,64301	168,4949	178,89224	176,60777
42,5	161,83453	163,92595	177,09041	175,60113
45	160,20276	162,41829	175,95966	171,25282
47,5	155,56946	157,09551	172,75128	168,55925
50	150,88101	153,65271	168,56385	164,87284
52,5	146,73034	147,76456	164,93259	161,89888
55	143,50358	142,92442	161,96323	158,63994
57,5	138,0521	138,81053	157,84934	152,476
60	134,29214	134,10828	153,83657	148,82176
62,5	130,80797	131,58019	147,50256	142,99796
65	126,59296	126,48264	143,93565	139,25639

67,5	120,28652	120,0475	137,26609	132,0904
70	116,49898	115,71298	122,76405	117,11492
72,5	109,13535	109,02503	102,13024	95,566398
75	104,47447	102,24056	78,894794	75,194589
77,5	97,671608	95,557205	61,804905	60,154752
80	91,640964	89,843722	44,779368	43,179777
82,5	86,630749	83,597041	25,814097	23,042391
85	80,177225	78,186929	16,726763	13,375894
87,5	74,978553	74,224722	9,3263538	5,8973445
90	70,469359	68,989277	1,6133811	1,5674158
92,5	54,551585	48,162413	1,5720123	1,5398366
95	28,172116	23,855976	1,5812054	1,6087845
97,5	12,948417	12,884066	1,6869255	1,3559755
100	13,918285	14,810011	1,5214505	1,4800818
102,5	9,7951996	15,720123	1,5536262	1,4846783
105	5,8743618	14,138918	1,5398366	1,4065373
107,5	3,7461697	10,843208	1,342186	1,5352401
110	2,2201227	7,2395304	1,6409602	1,4525026
112,5	1,2916242	4,4586314	1,6501533	1,6501533
115	0,7997957	2,7717059	1,6547498	1,5076609
117,5	1,011236	1,5030644	1,4708887	1,5903984
120	1,2318693	0,9009193	1,5903984	1,5352401
122,5	1,3743616	0,7768131	1,6363637	1,6593463
125	1,6455568	0,7262513	1,6179776	1,5766088
127,5	1,7926456	1,011236	1,6501533	1,691522
130	1,4479061	1,1583249	1,5995915	1,6593463
132,5	1,3559755	1,2502554	1,6087845	1,7191012
135	1,0020429	1,2042901	1,7145047	1,6133811
137,5	0,9606742	1,3835547	1,7420838	1,7007151
140	1,0296221	1,1215526	1,8524005	1,7145047
142,5	1,020429	1,2548519	1,6961186	1,8432074
145	1,3008172	1,342186	1,8110317	1,7834526
147,5	1,4019408	1,526047	1,7926456	1,8064352

150	1,273238	1,3835547	1,6639429	1,8340144
152,5	1,3146068	1,2272728	1,7558734	1,7926456
155	1,3651686	1,4938714	1,7926456	1,604188
157,5	1,4525026	1,5536262	1,6501533	1,6179776
160	1,6087845	1,5490297	1,351379	1,2548519
162,5	1,4892748	1,5398366	1,3237998	1,6731359
165	1,4479061	1,5536262	1,0020429	1,089377
167,5	1,6685394	1,5214505	0,7170583	0,5194076
170	1,4984679	1,604188	0,3907048	0,0183861

5.1.2 Az eredmények 25°-os nyílásszög esetén

Mért értékek 25°-os nyílásszög és 410 mm-es fénypont esetén			Mért értékek 25°-os nyílásszög és 410 mm-es fénypont esetén	
	C0 sík (cd)	C90 sík (cd)	C0 sík (cd)	C90 sík (cd)
-170	0	0,7676201	0,0367722	0,2298264
-167,5	0,5102145	1,3237998	0,3631257	0,8181819
-165	1,1905006	1,4708887	0,8181819	0,8411645
-162,5	1,6777324	1,778856	0,9882534	1,2410624
-160	1,7099081	1,604188	1,2364658	1,4984679
-157,5	1,6271706	1,4938714	1,3146068	1,5582227
-155	1,5674158	1,4065373	1,3743616	1,6547498
-152,5	1,5444332	1,0755874	1,7420838	1,769663
-150	1,3329929	0,8089888	1,5398366	1,8432074
-147,5	1,2916242	0,9422881	1,778856	1,7328908
-145	1,1905006	0,8595506	1,6455568	1,856997
-142,5	1,1583249	0,9836568	1,7834526	1,7145047
-140	1,0388152	0,8595506	1,6225741	1,6225741
-137,5	0,9284985	0,7308478	1,7328908	1,5490297
-135	0,836568	0,8181819	1,6133811	1,4203269
-132,5	0,6894791	0,7722166	1,6271706	1,4157304

-130	0,9009193	0,7308478	1,42952	1,3651686
-127,5	0,9376916	0,8319714	1,8110317	1,4065373
-125	0,845761	1,0296221	1,604188	1,4662922
-122,5	0,8181819	1,2824311	1,6271706	1,3697651
-120	1,020429	1,0847804	1,5536262	1,2778346
-117,5	0,6113381	0,8595506	1,3835547	1,2456589
-115	0,8733402	1,3146068	1,4525026	1,176711
-112,5	0,8641471	1,1077631	1,4754852	1,342186
-110	0,7400409	1,0480082	1,4111339	1,3146068
-107,5	0,7170583	1,3146068	1,5122575	1,2594485
-105	0,9147089	1,3559755	1,4525026	1,1996936
-102,5	0,8595506	1,2272728	1,5536262	1,2134832
-100	0,5791624	1,0342186	1,4616957	1,2318693
-97,5	0,7078652	1,2824311	1,6593463	1,351379
-95	0,680286	0,9284985	1,6179776	1,4203269
-92,5	0,933095	0,9698672	1,5720123	1,2548519
-90	0,7722166	1,2962207	1,0158325	0,8917263
-87,5	8,2415734	10,254852	15,090399	15,177733
-85	14,796221	14,396323	12,691012	12,3095
-82,5	11,76711	12,208376	39,21757	39,258939
-80	12,736977	12,502554	52,510727	53,572525
-77,5	15,692544	16,37283	66,893261	68,442291
-75	26,103678	26,839123	83,243108	85,688461
-72,5	38,587846	38,891217	103,83095	104,87896
-70	42,899389	42,789072	120,30031	121,21042
-67,5	46,544435	46,567418	131,37794	133,73596
-65	54,496427	54,418286	137,48213	137,9142
-62,5	62,163435	62,117469	142,72217	142,86466
-60	78,821249	78,890197	146,89122	146,50971
-57,5	102,14403	101,72574	149,11134	148,82636
-55	126,47804	126,0046	153,12411	153,21604
-52,5	147,07508	144,9377	157,71145	157,81257
-50	167,49745	163,76967	160,49694	160,53371

-47,5	183,5807	181,6042	162,6665	162,60675
-45	199,04802	194,24924	163,27324	163,37896
-42,5	206,20941	199,08938	165,57151	166,10011
-40	208,67774	201,87948	168,23749	168,48111
-37,5	210,47039	206,37488	168,88101	169,16599
-35	213,13637	208,87079	170,7472	171,09194
-32,5	213,57764	210,37386	172,77427	172,93974
-30	216,01839	213,32943	174,41523	174,40603
-27,5	219,29572	212,98469	176,12973	176,32738
-25	220,74362	213,55925	176,62156	176,45608
-22,5	221,10675	215,50358	176,5664	176,60317
-20	223,0281	218,2569	176,98469	176,90195
-17,5	224,24618	220,67927	177,03065	176,98928
-15	225,16548	220,79419	177,2237	177,09041
-12,5	225,31257	223,46477	177,3662	177,67876
-10	225,91931	225,22064	179,59092	179,30133
-7,5	227,74414	226,84322	182,35803	181,90757
-5	227,30747	227,47754	184,7758	183,87488
-2,5	228,49337	228,27274	183,81053	184,82636
0	230,0424	230,50205	182,86824	183,41523
2,5	229,57355	231,28806	183,00154	183,06589
5	228,55312	231,18693	183,17621	183,17161
7,5	227,49592	231,17314	183,11645	183,74618
10	227,47294	230,47907	182,84985	183,32789
12,5	227,44996	230,91114	183,17621	182,7947
15	227,6614	231,15936	184,18285	182,46834
17,5	227,1282	231,22371	185,18489	182,6522
20	226,74209	231,05364	185,59398	182,89582
22,5	225,42289	230,23545	185,73188	182,86364
25	225,19766	228,22217	185,37335	183,47498
27,5	224,17723	227,45455	184,27937	184,71145
30	222,85343	227,55108	183,24975	184,13688
32,5	220,86773	225,4091	182,51431	182,17876

35	217,55823	223,57509	184,53678	179,36109
37,5	213,67417	220,47703	183,15322	177,21911
40	213,61441	214,88765	178,89224	176,60777
42,5	209,31666	213,20072	177,09041	175,60113
45	199,02044	201,80134	175,95966	171,25282
47,5	183,89786	184,33913	172,75128	168,55925
50	161,67365	162,77222	168,56385	164,87284
52,5	140,24005	137,56487	164,93259	161,89888
55	116,82534	115,0143	161,96323	158,63994
57,5	91,535244	90,202251	157,84934	152,476
60	70,639431	69,766091	153,83657	148,82176
62,5	59,437694	58,697653	147,50256	142,99796
65	50,699696	48,58989	143,93565	139,25639
67,5	43,73136	43,634833	137,26609	132,0904
70	41,63994	39,709399	122,76405	117,11492
72,5	32,966293	30,11185	102,13024	95,566398
75	21,102657	19,057202	78,894794	75,194589
77,5	12,884066	11,960164	61,804905	60,154752
80	18,179265	17,25996	44,779368	43,179777
82,5	13,504597	13,996425	25,814097	23,042391
85	15,297243	14,456078	16,726763	13,375894
87,5	4,0403475	3,2911135	9,3263538	5,8973445
90	0,8273749	0,8181819	1,6133811	1,5674158
92,5	0,8687437	0,6618999	1,5720123	1,5398366
95	0,933095	0,6986721	1,5812054	1,6087845
97,5	0,9514811	0,7492339	1,6869255	1,3559755
100	0,8963228	0,9147089	1,5214505	1,4800818
102,5	0,8779367	0,6481103	1,5536262	1,4846783
105	0,9468846	0,7492339	1,5398366	1,4065373
107,5	0,8779367	0,7216548	1,342186	1,5352401
110	0,7768131	0,7078652	1,6409602	1,4525026
112,5	0,8089888	0,9468846	1,6501533	1,6501533
115	0,8917263	0,9376916	1,6547498	1,5076609

117,5	0,933095	0,6986721	1,4708887	1,5903984
120	0,9101124	0,6986721	1,5903984	1,5352401
122,5	0,5194076	0,758427	1,6363637	1,6593463
125	0,9422881	0,7997957	1,6179776	1,5766088
127,5	0,933095	0,758427	1,6501533	1,691522
130	0,9147089	0,9376916	1,5995915	1,6593463
132,5	0,7814096	1,0250256	1,6087845	1,7191012
135	0,9606742	0,9422881	1,7145047	1,6133811
137,5	0,8227784	0,9928499	1,7420838	1,7007151
140	1,0342186	0,9882534	1,8524005	1,7145047
142,5	1,0296221	0,9744638	1,6961186	1,8432074
145	1,0158325	1,264045	1,8110317	1,7834526
147,5	1,2318693	1,2226762	1,7926456	1,8064352
150	1,2916242	1,3100103	1,6639429	1,8340144
152,5	1,3329929	1,342186	1,7558734	1,7926456
155	1,4938714	1,3927478	1,7926456	1,604188
157,5	1,5444332	1,8018387	1,6501533	1,6179776
160	1,6271706	1,691522	1,351379	1,2548519
162,5	1,9305414	1,6455568	1,3237998	1,6731359
165	1,7145047	1,7926456	1,0020429	1,089377
167,5	1,3927478	1,0296221	0,7170583	0,5194076
170	1,1399388	0,2574055	0,3907048	0,0183861

5.1.3 Összeállítási rajz

