

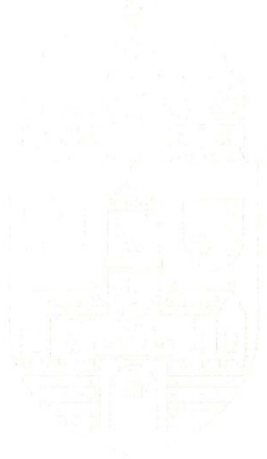


ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR  
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET  
MIKROELEKTRONIKAI ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK



# SZAKDOLGOZAT



OE-KVK  
2022.

**Konczos András**  
T0039196FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem  
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar  
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

## SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Konczos András

Szaktervezési szám: SZD22062209385765

Törzskönyvi szám: T003919/FI12904/K

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven) (Budapest)

Specializáció: Világítás és környezet modul  
Infokommunikációs technológiák  
Mikroelektronika és technológia

A dolgozat címe: Sportvilágítási világítótestek szabályozása, DMX protokollon alapuló, buszos hálózaton keresztül

A dolgozat címe angolul: Sport Lighting Control through DMX Protocol Bus Network

A feladat részletezése: A jelölt konkrét objektumon keresztül mutassa be világítás szabályozás alkalmazását egy arra alkalmas sportlétesítményben. Ismertesse a létesítmény világítási rendszerét, mutassa be a világítótestek szabályozására szolgáló, kiválasztott protokollt, ill. a létrehozott világítási képeket.

Intézményi konzulens neve: Nádas József

Külső konzulens neve: Kapcsos Tibor  
Munkahelye:

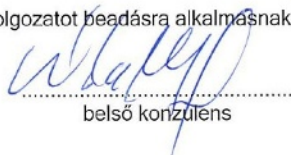
A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2022. 05. 15.

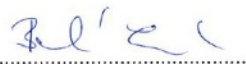
A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 06. 22.

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

  
belső konzulens



  
Intézetigazgató

  
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR  
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET  
MIKROELEKTRONIKAI ÉS TECHNOLÓGIA TANSZÉK



### HALLGATÓI NYILATKOZAT

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

Budapest, 20<sup>22. június 23.</sup>.....

  
.....  
hallgató aláírása

# Tartalomjegyzék

|        |                                                  |    |
|--------|--------------------------------------------------|----|
| 1.     | Bevezetés .....                                  | 5  |
| 2.     | Sportlétesítményekről általában.....             | 6  |
| 3.     | Világítás szerepe.....                           | 7  |
| 3.1.   | Szabványossági háttér.....                       | 7  |
| 3.2.   | Szabványosságon kívül .....                      | 11 |
| 4.     | Világítás szabályozása a sportvilágításban ..... | 14 |
| 4.1.   | Szabályozási protokollok .....                   | 14 |
| 4.2.   | Hálózati topológiák .....                        | 17 |
| 5.     | Szabályozni kívánt sportlétesítmény.....         | 19 |
| 5.1.   | Épület .....                                     | 19 |
| 5.2.   | Világítási rendszer .....                        | 20 |
| 5.2.1. | Tervezési irányzat.....                          | 21 |
| 5.2.2. | Sportvilágítás beállítása .....                  | 22 |
| 5.2.3. | Betervezett világítótestek .....                 | 24 |
| 5.3.   | Világítás szabályozás .....                      | 26 |
| 5.3.1. | Felhasznált eszközök .....                       | 27 |
| 5.3.2. | Rendszerterv .....                               | 29 |
| 5.3.3. | Kialakított hálózat .....                        | 30 |
| 5.3.4. | Világítási képek.....                            | 30 |
| 5.3.5. | Előny.....                                       | 31 |
| 5.3.6. | Hátrány.....                                     | 32 |
| 6.     | Összefoglalás.....                               | 33 |
| 7.     | Summary .....                                    | 34 |
| 8.     | Irodalomjegyzék.....                             | 35 |

# 1. Bevezetés

2017. óta folyamatos munkaviszonyban vagyok, egy a világítástechnikai piacon meghatározó szerepet betöltő vállalatnál, ahol a munkám során, számos kiemelt projekt sportvilágításának kialakításában vettem részt, mint például a Sóstó Videoton Stadion, az MVFC Miskolc Stadion rekonstrukciója, a Hajós Alfréd uszoda, Gödöllői uszoda, az MVM Dome Aréna és az Ilovszky Rudolf Stadion.

Szakdolgozatom témájának kifejtésére az Ilovszky Rudolf Stadion projekt tapasztalatait választottam, mert a világítástechnikai munkásságom egyik meghatározó kihívása, feladata volt számomra. Ez egy „zöldmezős” projektként valósult meg, ahol a meglévő stadion elbontásra került, hogy lehetőséget és helyet biztosítson egy újabb, modernebb létesítmény kialakítására. A sportvilágítás tervezését egy külsős szakember, hazánkban a sportvilágítás tervezésben komoly hírnévvel rendelkező Major Gyula végezte, aki a szakmában kiemelt elismerésnek örvend és a sportvilágítás szó hallatán, egyből az ő személye jut eszünkbe. Feladatom, a kapott tervek alapján, a világítási rendszer beüzemelése, azok vezérlésének megtervezése és a világítási képek megvalósítása volt. Ezen folyamat úgy zajlott, hogy egy alvállalkozó kiépítette a szükséges kábelhálózatot mind a lámpatestek, mind a vezérlés számára, valamint szerelvényezte a lámpatesteket — pozicionálás nélkül— és a vezérlés elemeit. A kivitelezés szoros felügyeletét követően, megkezdődött az életem egyik legnagyobb kihívását jelentő feladat fizikai megvalósítása, miszerint a felszerelt és a villamos hálózatra kötött lámpatesteket pozicionálni kellett. Először egy geodéta segítségével kijelöltük a meghatározó „dőfpontokat”. Ezt követően, alpinisták és lézeres szerszám segítségével a tervek szerinti állásba forgattuk és rögzítettük a lámpatesteket. Ezután következhetett, a vezérlési rendszer beállításának felprogramozása.

## **2. Sportlétesítményekről általában**

Hazánk, évek óta kiemelt szerepet szentel ezen létesítmények korszerűsítésére, építésére. Vélhetően, ez abból eredeztethető, hogy egészen az ókor óta jelentős szerepet tölt be a nagyobb civilizációkban a versengés szabályos keretek között történő lebonyolítása. Ezen események napjainkban stadionokba, sportarénákban, külterületen és belterületen egyaránt zajlanak, napszaktól függetlenül.

Minden sportesemény, szabványos megvilágítást igényel, hogy lehetővé tegye, akár az esti sportolást a legjobb eredmények elérése érdekében, illetve élvezetet nyújtson a résztvevőknek és a nézőknek attól függetlenül, hogy jelen vannak-e a helyszínen, vagy az otthon kényelmében nézik televízión keresztül. A korlátozott helykihasználás maximalizálása érdekében, a drága létesítményeket egyre inkább a különféle sportágakra és akár más rendezvényekre is alkalmassá teszik, mint például koncertek, színházi előadások és kiállítások. Ezt figyelembe kell venni a világítás tervezésekor. A média, és különösen a televíziós tudósítás egyre nagyobb szerepet játszanak a sporteseményekben, és ez azt jelenti, hogy igény van olyan világításra, amely kiváló minőségű képet biztosít, ugyanakkor korlátozza a játékosok kápráztatását a nézők és a játékvezetők figyelemelterelését. A média jelenléte több embert ösztönöz a sport iránti érdeklődésre, ez viszont, magasabb színvonalú helyszínek iránti igényhez vezetett. A világítás megfelelősége az egyik legfontosabb tényező, amelyek meghatározzák a helyszín minőségét, ehhez szükségesek a kiváló minőségű lámpatestek, valamint a vezérlés adta változtatási lehetőségek.

### 3. Világítás szerepe

A világításnak jelentős szerepe van a sportlétesítményekben (is), hiszen meghatározza annak besorolását, hogy milyen szintű versenyek lebonyolítása lehetséges a helyszínen.

A világítás tervezéséhez „ajánlások” állnak rendelkezésre, amelyek szerint megkülönböztetünk nem televíziós helyszíneket (beltér és kültér), valamint televíziós helyszíneket. Döntő fontosságú, hogy az eseményeket televízió közvetíti-e vagy sem. Ez befolyásolja a világítási tervezés döntési folyamatát. Az EN12193 a sportvilágítás európai normája, és ezt gyakran használják alapul Európán kívül is.

Fontos, hogy a vonatkozó nemzeti „ajánlásokat” a sportvilágításra vonatkozóan is figyelembe kell venni. A szakágankénti részletes elvárások az alábbi sportegyesületek „ajánlásaiban” érhető el: FIFA (labdarúgás) • FIBA (kosárlabda) • ITF (tenisz) • FIH (jégkorong) • IAAF (atlétika).

#### 3.1. Szabványossági háttér

Az MSZ EN 12193:2008 [1] szabvány szerinti sportvilágítás tervezés célja, hogy elérje az optimális láthatóság biztosítását a résztvevők és a nézők számára (beleértve a televíziós nézőket is), létrehozson megfelelő vizuális komfortot, valamint a világítási rendszer illeszkedjen a környezethez, épülethez. Kevésbé szigorú, mint a szakági előírások.

A UEFA (Union of European Football Associations) az alapján rangsorolja az egyes labdarúgó létesítményeket, hogy mekkora befogadó kapacitással rendelkezik, milyen megvilágítási szinttel rendelkezik kamerairányból függőlegesen tekintve. Illetve, az épület látogatottságát is meghatározza a kategóriák alapján.

Az MLSZ (Magyar Labdarúgó Szövetség) 1/2018 verzió alapján [2], mivel új sportlétesítményről lévén szó, legkésőbb az engedélyezési tervfázisban az MLSZ írásos jóváhagyására van szükség az engedélyezéséhez, melyhez elengedhetetlen, hogy az építési tervben szerepeljen a kiválasztott osztályba sorolás minden feltétele. A hazai nagypályák esetében öt főkategória vagy osztály, és megannyi alkategóriára sorolható, a megvilágítási szint és az előírt ülőhely darabszám alapján.

**Tervezés során az alábbi tényezőket kell vizsgálni és figyelembe venni.**

- Mindenekelőtt, szükséges tisztáznunk az alábbi fogalmakat. [3]
  - **Fényforrás:** fényhatás előidézésére képes természetes vagy mesterséges eszköz.
  - **Lámpatest:** egy önmagában üres ház, amely a tervezett fényforrás befogadására alkalmas.
  - **Világítótest:** a lámpatest és fényforrás összeszerelve. Az új, LED-es világítótestek esetében már nem annyira határolhatók ketté.
- **Átlagos vízszintes (vagy horizontális) megvilágítás ( $E_h$ ):** Az az átlagos luxmennyiség, amely a vizsgált felület, vízszintes pontjaiban mérhető. A világítási rendszer telepítése előtt meg kell határozni a mértékét, a karbantartási ciklusidőszakok és a környezeti szennyeződés figyelembevételével. A karbantartás magában foglalja a lámpák cseréjét és tisztítását egyaránt. Ahol van televíziós közvetítés, ott egyre inkább általános, hogy a minimális megvilágítási szintet is meg kell adni. Több lépcsős kapcsolással, illetve vezérlési lehetőséggel.
- **Átlagos függőleges (vagy vertikális) megvilágítás ( $E_v$ ):** A függőleges megvilágítás, a függőleges síkon mérhető fénymennyiség, amelyet a néző szemszögéből kell számítani.

Ebből származtatjuk kamerairányú megvilágítást, amely a rögzített kamera irányából meghatározott, a kamerára merőleges, tényleges szögekből beeső fénymennyiség. A játékos alakja képezi a televíziós kamera szempontjából a megvilágítás alapjául szolgáló felületet. Ideális esetben a kamerairányú megvilágításnak a repülő labdát is figyelembe kellene vennie, mivel annak érték eltérő lesz a levegőben, mint a talajszinten.

- **A megvilágítás egyenletessége:** Az adott felületen vizsgált megvilágítási értékek közötti eltérést jelzi. Általában két tényezőt vizsgálunk. Minimum / Átlag: ez a legalacsonyabb és az az átlagos megvilágítási érték aránya. Valamint, Minimum / Maximum: Ez a minimum és a maximális megvilágítási érték arányát mutatja. A telepítéskor, a szabvány által megfelelő szintű egyenletesség kialakítására van szükség, kiegyensúlyozott fényviszonyokkal, hogy az emberek szemének és a televíziós kameráknak ne kelljen folyamatosan alkalmazkodnia a különböző fényerősséghez.



- **Színhőmérséklet:** A fényforrás által létrehozott világítás által keltett érzet. Megkülönböztetünk „meleg”, „semleges” vagy „hideg” változatokat, illetve azok fokozatait. A színhőmérséklet mértékegysége a Kelvin (K). Minél alacsonyabb az érték, annál melegebb színű megjelenést biztosít. Semleges fehérnek színhőmérsékletű világítótestnek a 4000 K-es fényforrással rendelkező lámpatesteket nevezzük. Televíziós közvetítés esetén, nem ajánlott keverni a színhőmérsékletet.
- **Színvisszaadás:** A fényforrás azon képessége, hogy mennyire tudja visszaadni a felületen szabadszemmel látható színeket. Színvisszaadási indexet (Ra) használnak egy lámpa paramétereinek leírására.

Csoportosításuk:

- Nagyon jó visszaadás Ra: 91-100;
- Jó színvisszaadás Ra: 81-90;
- Mérsékelt színvisszaadás Ra: 51-80;
- Rossz színvisszaadás Ra: 21-50.
- **Káprázás:** A „káprázás” ellentmondásos kérdés. Vannak matematikai módszerek a káprázás kiszámításának, de akár az embereknél, a vakító fény egy sporthelyzetben is nagyon szubjektív.
- **CIE-n alapuló káprázás minősítése:** „Megfigyelőkkel” szükséges meghatározni a játéktéren és a lelátón egyaránt. Jelenleg nincs konkrét számszerűsíthető ajánlása káprázás csökkentésére vonatkozó európai normák tekintetében beltéri sportvilágításban. Az EN12193 hivatkozik a CIE 117 kiadványra. A csaknem végtelen számú telepítési lehetőségek miatt, nagyon nehéz kitalálni egypontos rendszert a beltéri káprázás méretezéssel történő ellenőrzésére.
- **A káprázást meghatározó legfontosabb paraméterek:** Nézési irányok, a lámpatest vezérlése, a lámpatest maximális dőlésszöge és a fényforrás fényerőssége a telepítéshez képesti magassághoz viszonyítva. Valamint, a környezeti megvilágítottság mértéke is.
- **Vészvilágítás:** A tájékozódás és a biztonságos menekülés biztosítása a nézők és vészhelyzetben lévő játékosok számára, A menekülési útvonalakat biztosító és jelző világítás, amely áramkimaradás esetén, meghatározott ideig, de legalább az épület kiürítéséhez szükséges intervallumig képes üzemelni a hálózat kimaradása, meghibásodása esetén. Külön akkumulátorról vagy UPS-ről üzemel.

- **Kapcsolási fokozatok:** Multifunkcionális épületnél úgy kell megtervezni a világítást, hogy különböző szinteket foglaljon magába a megfelelő játékszint, és típus alapján. Az egyes sportágakon belül az alábbi megvilágítási szintek vagy „kapcsolási fokozatok” szoktak megjelenni: takarítás, edzés, verseny, TV, nemzetközi TV.
- **Azonnal visszagyújtó televízióvilágítás:** A sportarénának ideális esetben rendelkeznie kell tartalék generátorral, ha a fő áramellátás meghibásodik. A sportvilágításban még napjainkba is elterjed a nagy intenzitású kisülőlámpák használata. A világítás tervezésekor, ezeknél a létesítményeknél be kell építenie az úgynevezett „vésszhelyzeti TV” kapcsolási fokozatot az adott „Hot restrike” lámpatestekkel, melyek a hagyományos fényvetőkkel ellentétben, azonnal visszakapcsolnak.
- **Fényszennyezés:** A világítás minden olyan típusa, amely nem a megvilágítandó felületre érkezik szennyező fénynek nevezhető. Közvilágításnál, nagyobb ipari létesítményeknél és sportvilágítás esetén is fokozott figyelemmel kell eljárni a tervezés során, hogy minél kisebb értéken tartsuk. Figyelemmel kell lenni a CIE 150, Natura 2000, valamint a helyi előírásokra.
- **UG faktor (Uniformity gradient):** Ahogy a televíziós kamera közvetíti a mérkőzést, vagy a versenyt, a megvilágítási szintek különbségei befolyásolják a képminőséget, ezért nem csak az egyenletesség figyelembevételére van szükség, hanem a változás gradiensét is számítani szükséges. Az UG-t a megvilágítás egyetlen pontjához képest a 8 szomszédos rácspontban határozzák meg, ahogy az ábra mutatja.
- **Árnyékok modellezése:** A modellezés meghatározza a világítás azon képességét, hogy felfedje az alakot és a textúrákat. Ez befolyásolhatja a jelenet vonzerőjét. Az árnyékok komoly problémákat okozhatnak a játéktéren. Klasszikus példa a jégkorong, ahol az oldalsó korlátok a játéktér kerülete körül kemény árnyékot kelthetnek a jégpálya szélein, ha a lámpatestek nincsenek megfelelően elhelyezve. A durva árnyékok csökkentése érdekében 60/40 arányt kell használni. A maximális szám meghatározásához a sportaréna egyik oldalán lévő lámpatestek számát kell arányítani másik oldalon lévő lámpatestek számához.

## 3.2. Szabványosságon kívül

**A projekt meghatározása.** Az épület rövid és hosszú távú célkitűzéseit világosan meg kell határozni. Sportlétesítmény esetén, szükséges megvizsgálni az épület használati lehetőségeit, esetlegesen a dedikált sportágtól, sportágaktól eltérő további rendezvények tekintetében is. Televíziós közvetítésre lehet-e számítani? Milyen sportágakra használják a helyszínt?

**Világítási tanulmányterv.** A célok meghatározását követően, egy világítási tanulmányterv elkészítése következik. Abban meghatározásra kerül a meghatározott világításhoz szükséges lámpatestek mennyisége, típusa és elhelyezése a tartószerkezeti lehetőségektől függően.

**Fontos tisztázni az alábbiakat beltéri és kültéri sportlétesítmények esetén:**

- Mely sportágak kerülnek megrendezésre a helyszínen?
- Lesznek-e más rendezvények a létesítményben a jövőre nézve?
- Milyen játékosztályokra szükséges tervezni?
- Elegendő hely áll rendelkezésre a tartószerkezet alapozásához?
- Milyen szerkezeti elemek lehetnek, amelyek akadályozhatják a fény útját a világítótest és a megvilágítandó felület között (pl. szerkezeti gerendák és állványok, hangosítás)?
- Milyen magasságban lehet rögzíteni a világítási eszközöket?
- Hozzá lehet-e férni a lámpatesthez beállítás, üzembe helyezés, karbantartás vagy meghibásodása következtében?
- Van-e vészvilágítást biztosító áramellátás?
- Milyen különböző elektromos áramköröket terveznek?
- Mekkora a várható környezeti hőmérséklet?
- Természetes fénnel kell-e számolni?
- Lesz TV közvetítés?
- Kamerák helyzete a térben?

### **A lámpatest kiválasztásának fő tényezői a következők:**

- Fénytechnikai paraméterek (fényáram, színvisszadás, fényeloszlás);
- Lámpa élettartama;
- Energiafogyasztás;
- Környezet által támasztott követelmények.

### **A világítás iránya alapján lehet:**

- **Közvetlen megvilágítás:** A leggyakrabban használt megvilágítási eljárás. A világítótest közvetlenül világítja meg a felületet. Kevés fényvesztéssel jár, mivel a lámpatestből kilépve egyenes úton halad a cél felé.
- **Közvetett világítás:** Indirekt világításként is ismert megoldás. Leginkább beltéren alkalmazható. Általában, a szerkezet falát vagy mennyezetét világítjuk meg, esetleg tükrös felületet, ahonnan visszaverődve érkezik a hasznos felületre. Annak hatására a hasznos megvilágítás értéke csökken. Ellenben, nincs rálátásunka a fényforrásra.

### **Egyéb követelmények a kiválasztandó lámpatestek vonatkozásában:**

Minden lámpatestnek meg kell felelnie az EN60598.

IP besorolás: az eszköz mechanikus és víz ellenállási képességét határozza meg.

Maximális környezeti hőmérséklet: megadja a működéshez szükséges hőmérsékleti tartományt. Belső tér esetén fokozottan oda kell figyelni rá.

Lámpatest vitorlafelülete: melyet a fizikai paraméterei határoznak meg. Főleg a kültéri tartószerkezet esetén van fontos szerepe, a szélterhelés meghatározásához.

Világítótest és rögzítéséhez szükséges kiegészítőelemek súlya: a tartószerkezet teherbírásának meghatározásához.

Karbantartási és telepítési mód: sok esetben nehezen hozzáférhető helyen, csak alpinista technikával megközelíthető helyre kerülhetnek a világítótestek. Olyankor, fontos szempont, hogy minél könnyebben lehessen tisztítani, cserélni az adott elemeket. Például medence fölötti világítás esetén, ahol a vizet le kellene szivattyúzni, hogy lentről hozzáférhető lehessen.

### **A világítótestek elhelyezésének szempontjai:**

A különböző sportágaknak, különféle előírásaik lehetnek a világítótestek lehetséges pozícióira. Például, kosárlabda esetén, nem lehet aktívan sugárzó eszköz a pálya palánkjai fölött négy méteres sugarú körben, vagy labdarúgás létesítésénél kerülni szükséges a kapu mögötti világítási módot.

A káprázásmentességet biztosítani kell a világítási környezetben résztvevők számára. Sportvilágítás esetén, mind a játékosok, mind a játékvezetők és mind pedig a nézők számára is. Valamint, érdemes megvizsgálni a világítótestek beesési szögét és annak tükröződését a felületről.

Bizonyos sportágaknál, főleg az atlétikai dobószámoknál fokozottan oda kell figyelni arra, hogy nem csupán a pálya síkját, de az elhajított eszköz útját is láthatóvá kell tennünk. Hiszen, ha a diszkosz vagy akár a gerely súlyos sérüléseket tud és okozott is a már a múltban azzal, hogy kilépet a látható zónából, és nem maradt idő reagálni mikor visszatért.

Fontos, hogy a világítótesteket a világítási tanulmányban leírtak szerint telepítsék, és elegendő helyet biztosítsanak a szükséges mozgáshoz és a lámpatestek helyes irányba történő elfordításához. Tekintve, hogy a döféspontok akár a sportpálya másik végén is lehetnek. Az üzembe helyezéshez, karbantartáshoz, tisztításhoz hozzáférést kell biztosítani a lámpatestekhez, és elegendő helyet kell hagyni a karbantartás elvégzésére. A tablóra való felszerelést úgy kell megvalósítani, hogy a lámpatestek ne takarhassák ki egymást.

**Világítótestek beállítása:** Egyedi „döféspontok” alapján, vagy forgatási és döntési szögek szerint. Döfésponti módszer alapján, meghatározzuk a világítótestekhez tartozó megvilágítási pontokat a felületen, majd egy célzóeszközzel ráirányítjuk a középpontját. Forgatási és döntési módszernél ismerjük a az adott eszköz forgatási és döntési mértékét, és egy szögmérő segítségével beállítjuk a kívánt értékre. Főleg aszimmetrikusan sugárzó fényvetők esetén alkalmazzuk.

**Ellenőrző mérés és üzembe helyezés:** A világítótestek beállítását követően ellenőrző mérést szükséges végezni. Hasznos lehet előzetes méréseket végezni a végső üzembe helyezése előtt, hogy ezzel lehetővé tegyük az utolsó pillanatban történő kiigazításokat. A végső szakaszban az üzembe helyezési méréseket el kell végezni.

## 4. Világítás szabályozása a sportvilágításban

Világítás tervezésnél fontos megvizsgálni, hogy milyen elvárásoknak kell megfelelni az adott térnek, és azokat egy évre levetítve, mekkora arányban szükséges teljesítenie. Más világítási előírások vonatkoznak versenyszint esetén, mint gyakorló mérkőzésnél. Illetve, multifunkcionális épületek esetében a különböző sportágak között. Edzőmérkőzéseknél nem szükségesek kamera irányú világításért felelős világítótesteket működtetni. Hiszen, ott csak a játékosoknak kell megvilágítani a sportpályát. Annak érdekében, hogy főlegesen ne terheljük az üzemeltetést a többszáz, esetleg ezer watt teljesítményű sportvilágítás működtetésével, érdemes lehet a vezérléssel is számolni a különböző világítási fokozatok beállításához.

### 4.1. Szabályozási protokollok

- 0-10 V és 1-10 V

Feszültség alapú, analóg vezérlési protokoll, ahol a felvett villamos feszültséggel arányos a világítóttest által kibocsájtott fényáram mértéke. 1-10 V DC szabályozás esetén a hálózaton megjelenő zaj csökkentésének érdekében 1 V a megengedett minimum értéke a vezérlőjelenek. Ezen világítás szabályozási rendszerek esetében, 1 vezérlő egységgel több eszközt vezérelhetünk egyidejűleg. Működési elve, hogy külön vezérlő jellel tudunk szabályozni úgy, hogy 1 V esetén 10 % fényáramot, 10 V vezérlőjelnél 100 % fényáramot produkál. A 0-10 V-os rendszerek annyiban különböznek az 1-10 V-tól, hogy teljesen le szabályozhatók a vezérlendő eszközök. [4,5]

- DALI

(Digital Addressable Lighting Interface – Digitális Címezhető Világítási Interfész)  
Egy nemzetközi világítás szabályozási protokoll, mely lehetővé teszi különböző gyártók világítótestjeinek egyidejű szabályozását. A világítótestek egyedi címeket kapnak, melyek segítségével lehetőség nyílik egyedi és csoportos címzésükre, melyekkel többféle világítási képet tudunk létrehozni.

Vezérlésükhöz, külön DALI vezetékeket (2x1,5 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű rézkábel) kell

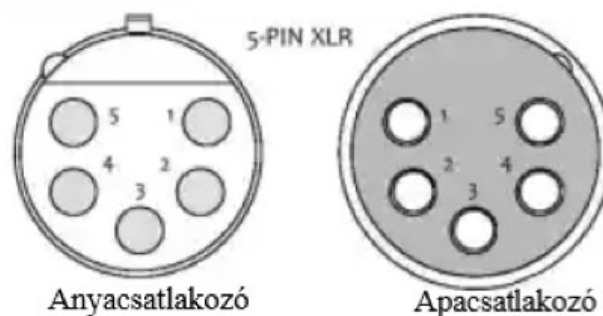
biztosítani a betáplálási és földkábelek mellett. Bekötésnél nem kell figyelni a polaritásra, így kivitelezésnél csökken a szerelésből eredő hiba kockázata. A rendszerből képesek vagyunk hibaüzeneteket kapni, és következtetni azok kiváltó okaira.

Egy DALI vezérlőre 64 címet és 16 csoportot, világítási képet lehet felprogramozni. Világítótestenként több címre is szükség lehet, attól függően, hogy egy vagy több vezérlő egységgel rendelkezik a vezérelni kívánt eszköz. A DALI vezérlő és a legtávolabbi vezérelendő eszköz közötti kábel hossza 250 méter alattinak szükséges lenni, hogy a hálózat biztos hibamentesen működhessen. Amennyiben, hosszabb távolságra is kellene vezérelni, úgy DALI repeater használatával megoldható.[5]

- DMX

A színházakból átvett, digitális világítás szabályozási szabvány. A showvilágításban szükség van a gyors kapcsolásokra az egyes világítási képek között. Nincs lehetőség megvárni míg az egyeik világítási képből átkapcsol a rendszer egy másikba. Egyszerű irányítási protokoll, amelyben nem kap visszacsatolást a vezérlő eszköz, csupán parancsokat küld ki az irányítani kívánt eszközöknek. Összesen 512 darab digitálisan szabályozható csatornával rendelkezhet. [5,6]

A DMX512A szabványháttere és elektromos specifikációja az RS-484 szabványon alapszik, amely a leírja a digitális buszrendszerekre vonatkozó adó- és vevőegységek jellemzőit. Annyi eltéréssel, hogy az adó- és a vevőkészülékekre  $\pm 42$  V-os védelmet ír elő. Alapjáraton, az 5 csatlakozópontú XLR csatlakozás az elfogadott, amitől bizonyos körülmények között el lehet térni, másik típusú csatlakozók használatával. A csatlakozó 5 tűjének a kiosztása a következő: az 1-es érintkező a közös potenciál, a 2-es a negatív pólus, a 3-as a pozitív pólus, a 4-es és az 5-ös érintkező tartaléknak szolgál. A maximális adatátviteli sebesség 250 kbit/s. [7]



1. ábra. DMX csatlakozó [6]

A DMX512 8 bites csomagokban küldi ki az adatot az összes vezérelt eszközére. A vezérelt világítótestek mindaddig tartják a világítási szintjüket, amíg új parancsot nem kapnak (vagy amíg el nem veszik a feszültséget róluk). Az adatkiválasztás általában címkapcsolókkal történik. Az alábbi ábra a DMX512 adatfolyamot mutatja be.

A DMX vezérlőjelek nem tartalmazzak külön azonosítót a vezérelni kívánt eszközre vonatkozóan, így az első eszköz kapja meg az első parancsot, a második a második parancsot, és így tovább. Azonosságukat csak a sorrend határozza meg. Egy eszköz annyi adatot vesz figyelembe, amennyit képes. A világítótest működtető egységének ismerete elengedhetetlen a címkiosztás szempontjából. Ebből következik a világítótestek megfelelő címzésének fontossága, hogy a megfelelő csomagok fogadása biztosítva legyen. Minden csatorna 8 bites, ami összesen 256 használható szintet jelent. [6]

A DMX széles körben elterjedt szabvány, melynek szintén megvannak a maga korlátjai. Míg az RS-485 1200 méterre determinálja a maximális kábelhosszt két az adó és vevő között, addig a gyakorlatban valahol 250-300 m a tapasztaltak alapján.

Az RDM, a Remote Device Management lehetővé teszi egy másodlagos DMX-kapcsolat használatát, amellyel kétirányú kommunikáció hozható létre a rendszerrel, valamint a hibák állapotát és jelentését a vezérlőberendezés felé. Míg az alap DMX512 egy egyirányú protokoll, az RDM egy kétirányú protokoll. Az RDM-es rendszert használják leginkább a színházi világítóberendezések konfigurálására és felügyeletére. Az RDM-eszközök a szabványban meghatározott üzenetekkel vannak konfigurálva, amelyek paramétereket kezelnek. Tipikus használatban úgy működik, mint egy RDM vezérlő, amely eszközöket keres, és miután megtalálta az eszközt, a vezérlő lekérheti az eszköz bármely állapotát vagy konfigurálhatja azt. Az RDM lámpatestek nem tudnak kommunikációt kezdeményezni, csak az RDM vezérlő követelményeinek tudnak megfelelni.[6,7]



## 4.2. Hálózati topológiák

A hálózati topológiák a különféle hálózatok (internet, vezérlési rendszer stb.) felépítését jelenti. Az internetes hálózatok elvi felépítése nem sokban különbözik a vezérlési rendszerekétől. Az egyes csomópontok és eszközök közötti kapcsolatot határozza meg. Két eszköz között a legegyszerűbb kapcsolat az egyirányú kommunikáció. Amennyiben, még egy kommunikációs csatornát létesítünk köztük, úgy létrehozható a kétirányú kapcsolat. [8]

Típusai az alábbiak lehetnek. A kommunikációs útvonalat úgy tekintem, hogy a kétirányú kommunikáció kritériumai teljesültek. Csak a lánc topológia esetén részletezem külön az egyirányú kapcsolat mibenlétét.

- Lánc: A hálózati elemek egymásra felfűzve, akár a gyöngyök egy madzagra, szerepelnek a hálózaton. Amennyiben, az csomópontok között csak egyirányú csatorna lett kiépítve, úgy az információ csak az adott irányba tud haladni, mintha egy hierarchikus rendszerről beszélénk, ahol a ranglétra minden fokán csak egy eszköz szerepelne, melyek nem tudnának felfele kommunikálni. Kettős csatorna esetén, az eszközök csak a két szomszédjuk felé tudnak közvetlenül információt továbbítani. Tehát, egy nagyobb hálózat esetén sokáig tarthat, míg végig ér egy információra adott válasz. Egy eszköz meghibásodása a teljes hálózatot megbéníthatja vagy két önálló szigetre oszthatja.
- Gyűrű: Nagyjából, egy lánc topológia, melynek nincs két, konkrétan elkülöníthető végeszköze, hanem minden eszköz, két másikkal kommunikál. A leghosszabb információs kapcsolat nem nagyobb a teljes hálózat hosszúságának felénél.
- Hurkolt: Úgy lehet a legkönnyebben elképzelni, mintha egy gyűrű és lánc topológiát összekapcsolnánk. A kritikus hálózati elemeket tartalmazó szegmenst lehet azáltal biztosítani, hogy a hurokban történő meghibásodással csak egy kiterjesztett lánc alakul a hálózat.
- Csillag: Egy központi csomóponttal rendelkező hálózat, amiben az egyes elemek a központi eszközön keresztül tudnak információt küldeni, továbbítani vagy fogadni. Abban az esetben, ha egy hálózati hiba merülne fel az egyik (nem központi) csomópontnál, csak az adott csomópont nem fog tudni kommunikálni a hálózattal, de annak többi résztvevője továbbra is gördülékenyen tud információt cserélni.

- Fa- vagy hierarchikus topológia: Mondhatni, hogy csillag topológiák hierarchikus rendszerbe illesztve. Nem rendelkezik egyetlen dedikált központtal. A fentiek értelmében, lehetséges nagyobb szegmensek leszakadása a hálózat többi részétől.
- Busz vagy sín: Lényegében, központi eszköz nélküli csillag topológia. Egyetlen vezérlőkábelre van csatlakoztatva, az összes eszköz, mint a lánc topológia esetén. Azzal a különbséggel, hogy nem átfűzve van a hálózati elemeken, hanem azok le vannak ágaztatva. Tehát, ha az egyik eszköz meghibásodik, akkor a hiba elhárításáig, a többi készülék továbbra is képes marad kommunikálni egymással.
- Hibrid: Bármelyik kettő vagy annál több hálózati topológia ötvöztetésével létrehozott hálózat.
- Teljes topológia: Abban az esetben beszélhetünk teljes hálózatról, amikor az egyes hálózati csomópontok közvetlen kommunikációs csatornával kapcsolódnak egymáshoz. Annak köszönhetően, egy kábelszakadási hibából eredendően nem esik ki egyetlen eszköz sem az adatforgalomból. Magas biztonságot nyújtó rendszer. Ellenben, kiépítési költsége meglehetősen drágának bizonyul minél tágabb a telepítendő hálózat.

## 5. Szabályozni kívánt sportlétesítmény

A következőkben egy konkrét példán keresztül mutatom be a nagyobb sportlétesítmény világítási, illetve annak vezérlési rendszerét, DMX protokollon alapuló, buszos hálózaton keresztül. Erre, a jelenleg Illovszky Rudolf nevét viselő stadiont választottam.

### 5.1. Épület

Maga az épület Budapest XIII. kerületében található (1139 Budapest Fáy u. 58.). A korábban Fáy utcai stadionként ismert pályát 1960-ban kezdték építeni, és 1961 óta használja Magyarország egyik kiemelt labdarúgócsapata, a Vasas SC. 2002-ben kapta máig magán viselt nevét, melyet a válogatott egykori labdarúgójáról, edzőjéről és későbbi vezetőjéről, Illovszky Rudolfról kapott.



2. ábra. A régi Illovszky Rudolf stadion [9]

2015. év végén jelentették be a régi stadion lebontását, hogy helyére egy korszerűbbet építhessenek. A munkálatok 2017-ben vették kezdetüket. Majd 2019. július 5-én átadták a kibővített stadiont korábbi csapatának. A stadion labdarúgópályáján (más néven centerpálya) kívül, kapott még egy külső gyakorló pályát is. Az új épület ötvözi a régi stadion építés alapjait, a sarokba állított oszlopokról történő világítást és az újkori, karéjra felszerelt lámpatestekkel való megoldást. Szakít azzal az új hagyománnyal, hogy eltörlik a nagy pilonokat és a magasra nyúló oszlopokat. A világítás tervezését annak megfelelően kellett tervezni. A karéj alatti sportvilágítás segíti a kamerairány, vertikális megvilágítást,

míg a fény jelentős tömege a pilonokról érkezik. Tehát, a ház ötvözi és tiszteleg a régi előtt, míg felhasznál mindent az új technológiából, hogy egy, a 21. századhoz hű sportlétesítmény lehessen. [9, 10]



3. ábra. Az új létesítmény [10]

## 5.2. Világítási rendszer

Az új stadion, az akkor hatályban levő, sportlétesítmények világításáról szóló nemzetközi szabvány [1] alapján lett tervezve. Figyelembe véve az UEFA előírásokat a villamos berendezések vonatkozásában: UEFA Stadium Infrastructure Regulations Edition 2010 (UEFA stadion infrastruktúra szabályzat 2010 kiadás). Valamint, az MLSZ (Magyar Labdarúgó Szövetség), szakszövetségi infrastruktúra szabályzatait. [2]

Az Illovszky Rudolf stadion esetében, optimalizálták a kiépítendő világítás és a nézőtér férőhelyeinek számát, amely megfelelt a UEFA 3. kategóriájának és az MLSZ infrastruktúra szabályzat I. osztályú, B kategóriájú labdarúgó nagypályának követelményeinek. A LED-es sportvilágítással pedig, a második nagypályás labdarúgó mérkőzések lebonyolítására alkalmas sportlétesítmény hazánkban.

Az egyes lelátókban és a főépület szintjein kiépítésre kerülő általános világítás, a tervezés ideje alatt hatályban levő MSZ-EN 12464-1:2012 szabványban előírtak szerint lett megtervezve. A közönségforgalmi területek világítását központilag történik.

### 5.2.1. Tervezési irányzat

A tervezés során, fontos szempont, hogy a megvilágítandó felületnek a fényforrástól nézett legtávolabbi pontját, a lehető legmagasabban helyet kapó szerelési pontból világítjuk meg, a rontó káprázás és a szennyező világítás csökkentése érdekében. Jelen sportlétesítmény esetén is hasonló rendszer szerint lett megtervezve.

Több fokozatú világítás tervezésénél két irány lehetséges. Az egyik esetben lentről fölfelé tervezünk. Tehát, a legkisebb világítási képhez szükséges világítást alakítjuk ki elsőnek, és utána haladunk feljebb a következőkre. Illetve, annak az ellenkezője, vagyis föntről lefelé tervezünk, a legmagasabb követelménytől a legalacsonyabbig. Nem lehet konkrétan kijelenteni, hogy az egyik jobb a másiknál. A lentről fölfelé történő bővítés előnye, hogy egy viszonylag jól kidolgozott (kellő megvilágítási szinttel, magas egyenletességgel, és alacsony káprázási értékkel) világítási alapot kezdünk bővíteni. Viszont amiatt, általában több világítótest kerül betervezésre a végére, mintha a fordított elgondolás esetén, ahol viszonylag meghatározott darabszámból kell kapcsolással vagy vezérléssel szabályozni a kisebb világítási fokozatokra.

Illetve, a pillérek esetén az építmény kitakarásával is számolni kellett. Egy korábbi projekt esetén előfordult, hogy a tartószerkezet váza kitakartak a lámpatestházból kilépő fény egy jelentősebb hányadát.

A sportvilágítás három szintre osztható, melyet a tervezés kezdetén, az épület négy sarkánál felhúzott oszlopon elhelyezett 2 kW-os, körszimmetrikusan sugárzó fémhalogén fényforrásokkal telepítendő lámpatestekkel, valamint a lelátók tetőszerkezete alá elhelyezett 1 kW-os, aszimmetrikus, szintén fémhalogén lámpatestekkel kívántak megvalósítani. Azonban, a kivitelezés végére, a LED technológia fejlődésével, hatásfokának növekedésének és beszerzési árának csökkenésével, 1.5 kW és 1 kW-os LED világítótestekre lett átervezve. Aminek következtében, csökkent az épület összteljesítmény felvétele, és úgy, költséghatékonyabbá vált az üzemeltetése.

A három világítási fokozatot, az előre meghatározott, a stadionban későbbiekben megrendezésre kerülő, különféle mérkőzés típusokhoz szükséges megvilágítás alapján lettek meghatározva.

- 300 lx horizontális világítás, az edzések esetén,
- 800 lx vertikálisan, verseny mérkőzések világítására,
- és 1200 lx főkamerairányból történő megvilágítás, HD közvetítés esetére.

A maximálisan elvárt megvilágítás elérésének érdekében, 138 db 1.5 kW-os és 72 db 1 kW-os világítótest került beépítésre. A feladatra a Philips (újonnan Signify) LED-es fényforrással rendelkező lámpatestcsaládja lett kiválasztva, mely rendelkezett a kellő teljesítménnyel, fényhasznosítással, optikai sokszínűséggel, vezérelhetőséggel és működési hőmérséklete a magyarországi viszonyoknak megfelelő tartományba esik.

### **5.2.2. Sportvilágítás beállítása**

A világítótestek felszerelését követően a tartószerkezetekre, megkaptam a sportvilágítást tervező kollégától a tervezett döfésponti koordinációkat, a LED világítótestek döntési és forgatási táblázatát és mindezek kétdimenziós ábrázolását .dwg formátumban.

Első feladatomban volt, hogy a kapott adatszolgáltatás alapján meghatározzam döféspontok felvételének sorrendjét. Arra amiatt volt, szükség, mivel világítástervező szoftverből kinyert sorrend alapján, a pontok felvételéhez többször kellett volna keresztül sétálni a pályán mire mind felvételre kerül. Így időt és befektetett energiát is lehetett csökkenteni. A döféspontokat egy geodéta segítségével felvettem a körszimmetrikusan sugárzó sportvilágítókhöz. A geodéta, az általam elküldött táblázat alapján, melyben a pálya 0;0 pontját és a döfésponti koordinátákat meghatároztam, felvitte a saját szoftverébe az általam definiált sorrend alapján. Az épület mind a négy sarkára épített pilonok különböző színű jelölő bóját kaptak, azzal segítve az egyes döféspontok azonosíthatóságát. A színek mellett, a fényvetők sorszámát felírtam a bójákra, hogy a világítótesteket a döféspontokkal könnyen össze tudjam párosítani állításuk során. Az aszimmetrikusan sugárzó világítótestek beállítása pedig, melyek a négy tájolású lelátók (északi, keleti, déli és nyugati) alá kerültek, szögmérő alkalmazásával történt. Tekintve, hogy a lézeres pontra állítással, a világítástechnikai görbéjéből adódóan, nem lehetett jól beállítani azokat. A gondos tervezésnek köszönhetően, a csupán 10 darab aszimmetrikus sportvilágítási világítótest esetén volt szükség a vízszintes forgatásra, és 12-nél függőleges billentésre.

A pontok felvétele közben kiderült, hogy a geodétának elküldött táblázat nem tartalmazta

az összes pontot. Az általam elkészített listából hiányzottak a pontatlanságomból nem kerültek továbbításra. Mielőtt kiküldtem volna az üzenetet a geodétának, elfelejtettem rámenteni, majd ellenőrizni, hogy az összes koordináta szerepel-e benne. Annak következtében, úgy határoztam, hogy miután a lista végére értünk, a maradék dőféspontokat saját kezűleg veszem fel, mérőszalagok segítségével.

A mérőszalagmódszer úgy működik, hogy vesszük a pálya két rövidebbik vagy hosszanti oldalát, és a felmérjük mindkét oldalon a hozzátartozó koordináta értéket. Utána, a két oldal között kihúzva a mérőszalagot, felmérjük azokat a pontokat, melyek abba a tengelybe esnek. Amennyiben, nem rendelkezünk kellő hosszúságú mérőszalaggal, úgy kiegészítő szalag vagy segédpontok használata szükségeltetik.

Jelen esetben, én nem a megadott origóból mértem fel a kimaradt dőféspontokat, hanem a hozzájuk legközelebb eső, már felvett pontokból.

Az MVSC (Miskolci Vasutas Sport Club) általam tervezett világítási rendszerét kézi felméréssel állítottam be. Az ottani tapasztalatokból lett továbbfejlesztve a mérőszalagmódszer, koordináta pont módszerre.

A munka elkezdése előtt, oktatást tartottam az alpinistáknak arról, miként tudják a fényvetőket elforgatni és billenteni a tartószerkezeten. Elmagyaráztam, és a mintalámpán szemléltettem hova szükséges a gyári beállítókészüléket felszerelni, hogy pontosan a megjelölt pontra legyenek irányítva. Az alpinisták munkáját segítve, a pályán mozogva jeleztem, hogy az általuk állítandó fényvetőnek melyik jelölési pontnál lenne a dőféspontja. Munkámat nagy részben segítette a kinyomtatott, fényárnyilakkal ellátott tervrajz, melyről leszedtem az aszimmetrikus jelöléseket, és amelyről meghatároztam, hogy nagyjából merre kell keresnem az adott dőféspontot. Majd a színezéssel leszűkítettem, hogy melyik oszlophoz tartozik, míg végül, a számozással pontosan beazonosíthattam, melyik jelölésre kellett az alpinistáknak állítaniuk az adott fényvetőt.

A beállítás során felmerült egy olyan probléma, hogy a világítótest tartó konzolok nem mindegyikét lehetett rendesen elforgatni a tartószerkezeten. A legtöbb esetben nem okozott különösebb fennakadást. Azonban, az egyik fényvetőt a dél-keleti pilon esetén nem lehetett kellő szögben kifordítani a pálya széle felé. A kijelölt dőfésponttól nagyjából 5-10 méterrel távolabbra tudtuk volna beállítani. Viszont, az már számottevő különbséget okozott volna a megtervezett világításban, és az egyenletesség szétesését eredményezhette volna. Ki kellett találni egy megoldást, hogy miként tudjuk orvosolni a keletkezett

fennakadást. Az építkezés a véghajrában járt, és nem maradt időnk arra, hogy kijavíttassuk a tartószerkezeti hibát, sem pedig, hogy a tervezést módosítsuk. A helyszínen kellett megoldani. Arra a megoldásra jutottam, hogy megcserélem a megvilágítási pontot egy másik világítótesttel. Elővettem a terveket, és megvizsgáltam, hogy melyik azonos optikával rendelkezővel lehet dőfspontot váltani a legkisebb magasságkülönbség módosítással, mivel az említett fényvetők a pálya középvonalába világítanak, így az alacsonyabbról történő világítással a káprázást is erősítenénk. Szükséges volt kizárni azokat, amelyek ugyanazon irányba világítanak. Illetve, amik sugárzási irányát kitakarná a szomszédos eszköz vagy tartószerkezet. Kiválasztottam egy sorral lejjebb, átellenben a megegyező optikájú világítótestet. Annál volt meg a legjobb esély, hogy nem lesz kitakaras egyik esetben sem. Miután a beállításuk megtörtént, a dőfspontból visszaellenőrizve, meggyőződtem az akadálymentes megvilágítás biztosítottaságáról. Azt követően, az alpinistákat irányítva, tovább folytattam a beállítás levezésnylését. A dél-keleti oszlop befejeztével, visszavezényeltem őket az előzőleg beállított észak-keletire, hogy ott is cseréljék fel ugyanazon két világítótestet, hogy megmaradjon a szimmetria. Az emberi szemet könnyebb megtéveszteni, így azt kevésbé zavarhatná, de a kamerát már sokkal nehezebb. Ott kibukhatott volna az eltérés a két oldal között.

Összesen két nap állt rendelkezésre a beállításokra. Azt követően, a pálya területéről fel kellett szedni az összes jelölőt, hogy a telepített élőfü karbantartását el tudják végezni. Egy nap eltelt a pontok felvitelével, aminek végeztével, az időjárás megghiúsította az alpinisták munkáit, majd a másikon, a pontvilágítók beállítása megtörtént. Később, emelőkosaras gép segítségével, a tetőszerkezetek alatti, aszimmetrikus sportvilágítók szögére állítása is elkészült.

### **5.2.3. Betervezett világítótestek**

138 db Philips ArenaVision LED gen2, három modulós fényvető (BVP425 1780/857 DMX 380]400V HGB T25).

- 36 db S2 optikával
- 40 db S3 optikával
- 12 db S4 optikával



- 16 db S5 optikával
- 8 db A-NB optikával
- 26 db DX50 optikával

S2-S5 optikák szimmetrikusan sugárzókra mutatnak. Minél kisebb a jelzett indexszám, annál szűkebb sugárzási szögű optikáról beszélhetünk. Azok mindegyike a pilonokra került felszerelésre. Az A-NB 30°, a DX50 pedig 65° aszimmetrikusan sugárzó fényvető, melyek a lelátó tetőszerkezete alá kerültek fel. Névleges fényáramuk 178 000 lm, 80-as színvisszaadással, 5700 K színhőmérsékletben, PSDMX vezérelhető tápegységgel, polikarbonát burával ellátott, IP66-os védettségű, -40 °C és + 45 °C működési hőmérsékletű sportvilágítók, amelyek esetén a driverek a lámpatestházakra lettek rögzítve. Abból kifolyólag, nem szükséges külön-külön elosztóba kivezetni. Az 5000 K-es vagy magasabb színhőmérsékletű világítást főleg 1000 lx horizontális megvilágítást fölött szokás használni. Alatta, érdemes a vizuális komfortot figyelembevéve 4000 K-es világítótestek alkalmazni. [11]

A fentiekén kívül, még van 72 db Philips ArenaVision LED gen2, kettő modulos fényvető (BVP415 1180/857 DMX 380]400V HGB T25). Pusztán, a fényforrás névleges fényáramban tér el 3 modulos párjától.



4.ábra. BVP425 [12]



5. ábra. BVP415 [13]

A régi stadion világítására, oszloponként 60 db, összesen 240 db 2 kW-os hagyományos, fémhalogén fénnyvető szolgált. Azaz, közel 500 kW teljesítményt eredményezett. [6]

Az új, LED-es világítás kiépítésével a stadion felvett teljesítménye, világítás oldalról nagyjából a felére esett vissza.

### 5.3. Világítás szabályozás

Stadion világítás esetén alapvetően a DALI-s vagy DMX protokollon alapuló hálózatot alkalmazzuk. DALI rendszer olyankor kerül kialakításra, amikor nem fontos a világítótestek kapcsolásának a sebessége. A kiépített hálózat méretének, és a kiküldött adat nagyságának tekintetében a késleltetési idő akár több másodperc is lehet. Ellenben, DMX hálózat esetén, annak töredék ideje alatt képes a rendszer váltani a megvilágítási szintek között. Illetve, ekkora volumenű projekt esetén a DMX vezérlés kialakítása sokkal letisztultabb megoldásnak bizonyul.

A létesítmény világítási elosztóberendezései a centerpálya hosszanti (nyugati és keleti) lelátóinál, észak és déli sarkaiban létrehozott elektromos helyiségekben kerültek kialakításra. A pályát körülölelő lelátókat mindegyike külön elosztóberendezésekből lett megtáplálva, a fentebb említett négy "sarokpontból".

A kialakításra került világítási szabályozási protokollt a megrendelői igények alapján választottam ki. A DMX vezérlési rendszer legfőbb előnye a többi szabályozási eljárással szemben, hogy képes gyorsan, a nézőközönség számára csekély késleltetéssel váltani az egyes világítási képek, fokozatok között. Valamint, a fokozatok közötti kapcsolás mellett, képes különböző fényjátékok, „showelemek” életre keltésére, akár a világítótestek

villogtatása révén.

### 5.3.1. Felhasznált eszközök

A megrendelői igények kielégítéséhez, mindösszesen a következő világítás vezérlési eszközökre volt szükség.

#### **5 db DMX/RDM splitter.**

A beérkező DMX jelet továbbítja a négy kimenetén. Mind a négy port külön DMX kört hoz létre. Egy DMX körön maximálisan 32 cím lehet.[14]



6. ábra. DMX splitter [14]

#### **1 db Pharos DMX világítás vezérlő eszköz.**



7. ábra. Pharos DMX vezérlő egység [15]

A rendszer magja, amely felel a címzésért, és kezeli az egymástól független, felprogramozott világítási képeket, akár egyidejűleg, miközben biztosítja a működés közben való felülírás lehetőségét. Elhelyezése egy elosztószekrényben könnyen

megoldható. Távoli hozzáférés, programozás és vezérlés funkcióval is ellátva, amely plusz biztonságot jelenthet a megrendelőnek a gyors hibaelhárítás okán. Programozásához a Pharos Designer világításvezérlési programra van szükség. A csatlakoztatott eszközöknek automatikusan generál egy-egy címet.

Nyolc bemenettel, egy RJ45-ös Ethernet csatlakozási és egy betáplálási porttal rendelkezik. Két darab külön választott DMX/RDM kimenete, egy RS232/RS485/DMX bemenete és egy 5 pines 41524-es sockettes MIDI csatlakozója van. [15]

**4 db 24 W-os, 24 VDC, DIN sínes tápegység.** a fenti vezérlő egységek megtáplálására. [16]



8. ábra. Meanwell DIN 20 tápegység [16]

Az egyes rendszereszközök telepítését követően, egy DMX USB Pro Mk2 használatával megtörtént a hálózat ellenőrzése. A felismert hibák ezután kijavításra kerültek a létesítmény északi és déli lelátóinál. Illetve, az eszköz segítségével az egyes DMX körök vezérlési tesztelése is megtörtént.

### DMX USB Pro Mk2



9. ábra. Meanwell DIN 20 tápegység [17]

Egy USB porttal és egy DMX/RDM kimenettel rendelkezik. Az eszköz képes egyszerre két DMX univerzumot, 2x512 csatornával vezérelni az USB portra csatlakoztatott számítógépen keresztül. Illetve, egy DMX univerzum vezérlési rendszerét el is lehet rajta menteni. Nagyjából, egy hordozható vezérlési eszközként is funkcionál. Tehát, a csatlakoztatott kezelőfelülettel azonosíthatók és szabályozhatók az vezérelni kívánt eszközök. [17]

### 5.3.2. Rendszerterv

Feladatomból volt olyan hálózat tervezése, amely kielégíti az előirányzott igényeket, vállalható az említett létesítményhez, ellenben nem kerül feleslegesen sokba megrendelői oldalról. A rendszer tervezését, a kapott villamosterven, annak tisztítását követően hajtottam végre. A vezérlési rendszerben résztvevő összes világítótest egyedi címet kapott. Tehát, akár egyesével is lehetne vezérelni azokat. Viszont, a megrendelői igényekből következően, valamennyi világítótest egynél több világítási képben szerepel, ráadásul keverve a csoportokban.

Buszos hálózatot terveztem, mert annak kialakítása tűnt a leoptimálisabbnak. A szükséges eszközmennyiség, mind a vezérlési eszközök oldaláról, mind hozzá tartozó kábelezést tekintve, nem bizonyult túlzottan költségesnek.

A DMX körök megtervezésénél úgy gondolkodtam, hogy fizikailag is könnyen elkülöníthető szegmensekre legyenek bontva. Egy elosztóberendezésből, a hozzá tartozó pilon két oldala és egy szomszédos tető vagy féltető rész került elkülönítésre. Az észak-nyugati elosztóból indulva, előbb az észak-keleti, majd dél-keleti, és végül a dél-nyugati elosztókban jutva, 14 körre osztottam őket. Először, az egyes pilonok fényvetőit ugyanazon körre terveztem, de már számolni lehetett vele, hogy a későbbiekben kerülhetnek fel showvilágítási világítótestek is. Szükségét láttam a nem teljesen kihasznált szegmensekre bontásnak, hogy felhasználhatók legyenek a további bővítésre, amihez elegendő könnyen felcsatlakoztatni az eszközöket a kívánt DMX kimenetre.

Tervezésemet, Kis Ádám kollégám, a cég világításvezérlési csoport vezetője, ellenőrizte és felülbírált, ahol szükségét érezte. Megváltoztatta a hálózat egyirányúságát úgy, hogy a főelosztóból nem körbe, hanem kettéágazva ölelje fel a rendszerben résztvevő eszközöket. Az elképzelés az volt, hogy az egyik hálózati szegmens meghibásodásával,

ne az egész stadion világítás fölött veszítsük el az irányítási lehetőséget, hanem legfeljebb a felén, és úgy, a másik felével még lehetett volna korrigálni. [5]

### **5.3.3. Kialakított hálózat**

A Pharos LPC (Lighting Playback Controller) vezérlő egy Ethernet kábellel csatlakozik a helyi internet hálózatra. Az eszköz DMX kimenetére az egyik splitter bemente került bekötésre a sportlétesítmény észak-nyugati elosztóberendezésben. Onnan, a splitter négy kimenetéből három az előre felprogramozott DMX körök buszos hálózatára kapcsolódik, míg a negyedik kimenete a következő, az épület észak-keleti elosztószekrényében található splitternek továbbítja a vezérlő jelet. Ezen szisztémát követve, a dél-keleti, végül a dél-nyugati elosztók DMX körzetei is csatlakoznak a vezérlési rendszerhez.

Az egyes DMX körökben jelen levő világítótestek buszos hálózaton kapcsolódnak a DMX/RDM splitter egyes kimeneteire. A splitterek között láncos kapcsolat alakult ki, hiszen a vezérlőtől legtávolabbi eszköz irányítása függ a rendszerben köztük jelen levő hálózati elemek működésétől.

### **5.3.4. Világítási képek**

Fentebb már említve lett, hogy három fő világítási képpel rendelkezik a stadion, melyeket lentebb részletesebben bemutatok. Azokon kívül még további, a megrendelővel egyeztetett további megvilágítási konfigurációkat hoztam létre, mint a világítótestekkel futófény létrehozás, a játékosok bevonulási útjának fókuszba hozása. Összesen 22 világítási kép került felprogramozásra, melyek a következők. A felprogramozásukhoz szükség volt a korábban megadott egyedi címekre, melyeket a Pharos Designer szoftverbe behívva, a bizonyos csoportokhoz hozzárendelve tudtam megvalósítani.

- Minden ON: bekapcsolásakor, a rendszerre kötött világítótesteket 100 %-on kivezérli.
- Minden OFF: 0 %-ra szabályozza a világítást.
- Csak lelátó ON: a lelátók tetőszerkezete alá szerelt világítótesteket kapcsolja csak fel.
- Csak lelátó OFF: lekapcsolja a lelátók világítását, de csak azokat. Tehát, ha a

többi világítótestre kilett küldve ON parancs, akkor azok továbbra is változatlan értéken világítanak.

- Csak oszlop ON: mint a lelátók esetében, csak ez a parancs az oszlopokról történő világításra vonatkozik.
- Csak oszlop OFF: negálja a fenti utasítást.
- AC/DC ON: a világítótестek a kiválasztott zeneszám alá szolgáltatnak showvilágítást.
- AC/DC OFF: lekapcsolja a homlokzaton elrejtett díszvilágítási világítótестeket.
- Futófény ON: futófény hatást hoz létre a stadionban.
- Futófény OFF: leállítja a futófényként szolgáló showvilágítást.
- Edzés ON: az általános megvilágítási szint, amely alkalmas a gyakorló mérkőzések megrendezésére.
- Edzés OFF: lekapcsolja az edzésért felelős sportvilágítást.
- Nyitó ON: a világítótестek 10 %-ra szabályozása mellett, a stroboszkópikus és futófény világítás hatását kelti, 100 %-os kivezérléssel az adott eszközökre.
- Nyitó OFF: leállítja a fenti parancsot.
- Gól ON: gól rúgás esetén bekapcsolásra kerülő világítási kép.
- Gól OFF: kikapcsolja a „Gól ON” parancsot.
- Kipakoló fény ON:
- Kipakoló fény OFF:
- Felvétel: megrendelői igény szerinti, televíziós felvétel alkalmára létrehozott világítási kép, a kijelölt világítótестekkel, és funkcióval.
- OFF: lekapcsolja a rendszerben még aktívan résztvevő világítótестeket.

### **5.3.5. Előny**

A világítás szabályozásának előnye az egyszerű kapcsolással ellentétben, hogy szoftveresen sokkal több programot lehet telepíteni az adott megvilágítási rendszerre, mint a mechanikus kapcsolásnál. Miután a hálózat elkészült, utána bármikor módosíthatók vagy kibővíthetők a világítási képek szoftveresen, anélkül, hogy meg kellene bolygatni a bekötéseket. Felügyelet alatt vannak a világítótестek, mivel a

szoftverből könnyen észrevehető és izolálható, ha szerelési hiba vagy meghibásodás lépne fel. Mindezek után elmondható, hogy a szoftveres vagy digitális világítás szabályozással a manuális világítás vezérlés teljes mértékben helyettesíthető.

Nem csupán versenyek mérkőzések megrendezéskor fogják működtetni a stadiont, hanem a világítás lesabályozásával, költséghatékonyan lehet edzéseket, akár kisebb nézőszámú mérkőzéseket megrendezni. Azzal a stadion kihasználtsága nő, míg a nagyfeszültségű hálózat terhelés csökken.

A magasabb megvilágítási szint nem annyira a játékosok, mint a nézők számára szükséges. Amikor már kamerairányú megvilágításról beszélünk, akkor ott a nézők igényeit igyekszünk kielégíteni, hogy a nézőtérrel vagy a képernyő mögül nyomon tudják követni a mérkőzést. Természetesen, a pályán attól még továbbra is teljesíteni szükséges az előírt követelményeket. Azonban, a játékosoknak elegendő lenne alacsonyabb megvilágítottság is. Az MSZ EN 12193-as szabvány 500 luxot ír elő I. osztályba tartozó labdarúgópálya esetén.

### **5.3.6. Hátrány**

A legnagyobb hátránya, hogy nagy mértékben növeli a projekt bekerülési értékét, ami sok esetben a vezérlés elvetését, butítását eredményezi. Amennyiben, a projekt beruházója és üzemeltetője nem egy és ugyanaz vagy a jövőben máshoz kerül az üzemeltetés, úgy máris érdeklentét alakulhat ki. A beruházónak bekerülési érték, míg az üzemeltetőnek az adott épület, rendszer fenntartása lesz a fontosabb.

Ezen felül újabb hibaforrást jelent kivitelezés során. Hiszen, minél több elemből épül fel valami, annál nagyobb a valószínűsége, hogy valamelyik építőelem meghibásodik. A felvázolt projekt esetében, többször volt szükség helyszíni hibafeltárássra és javításra, melyet például egy laza csatlakozás, fordított bekötés generált.

Illetve, szükséges még megemlíteném, hogy a gyengén védett hálózatok fokozott veszélyben vannak külső támadással szemben. Legyen szó jó vagy rosszindulatú támadásról.



## 6. Összefoglalás

A sportlétesítmények már az ókor óta szerves részeit képezik a tömeges szórakoztatásnak. Az ókorban az amfiteátrumok, a középkorban a lovagi tornák színhelyei, jelen korunkban pedig a különféle stadionok álltak a közönség rendelkezésére.

A technológia fejlődésével elérhetővé vált a tömegek távolról, képernyőn keresztül történő kiszolgálása. A kamerák fejlődésével, pedig szükségessé vált a világítás fejlesztése is, a pontosabb képviszáadás követelményeként.

Megjelentek a multifunkcionális létesítmények is, melyekben több sportág képviselteti magát, különböző világítási igényekkel. Válaszul megjelentek a világításvezérlési rendszerek.

A dolgozatban egy konkrét sportlétesítmény világítási rendszerének beállítását és annak vezérlési rendszerének tervezését, a színházakban már bizonyított DMX 512 szabályozási protokollal szemléltetem.

Az új Illovszky Rudolf stadion építészetiileg tiszteleg a régi Vasas stadionnak, melynek a helyén épült és amellet a korrall haladva, egy a 21. századi épületként áll továbbra is a csapata szolgálatában.

A pálya 1200 luxos megvilágítását összesen 210 db Signify (korábban Philips Lighting) nagyteljesítményű LED-es fényvetők biztosítják. A beállításukat dőfésponti koordináta- és forgatásilista alapján megterveztem és felügyeltem. A felmerülő nehézségeket a helyszínen megoldottam. Legyen szó dőféspontok felméréséről vagy helyszíni áattervezésről. A világítás vezérlési rendszerét DMX hálózatra terveztem, mivel gyorsan változtatható világítási képek megteremtése volt a cél. A rendszer tervezésénél fontos szempont volt, a későbbi showvilágítási eszközökkel való bővítés lehetőségének. A hálózati hibák azonosítása, majd az egyes körök tesztelése egy DMX USB Pro Mk2 használatával megtörtént. Összesen 22 világítási képet programoztam fel a mérkőzés jellege és a közben történő események alapján.

Az épületnek köszönhetem az első komoly DMX vezérléssel rendelkező projektem, amely ötvözi a sportvilágítást és a gyorskapcsolású szabályozást.

Az épület, 2019-es átadása óta problémamentesen üzemel.

## 7. Summary

Sport facilities form an integral part in mass entertainment since antiquity. Different kinds of stadiums were available for the audiences through the ages, for example: in the age of antiquity the amphitheatres, during medieval times the sites for jousting tournaments and finally in our times the many types of modern stadiums.

With advancements in technology, the entertainment of a great amount of people has become available through TV and other screens. The evolution of the camera necessitated lighting to do the same in order to produce more accurate recordings.

Now we also have Multifunctional facilities, in which a multitude of sports are represented with varied lighting needs. As a response to these came the advent of lighting control systems.

This study presents the setting of the lighting solution and the planning of the control system of a specific sport facility, which uses the DMX-512 regulation that has already been used with success in theatres.

The new Rudolf Illovszky stadium incorporates some architectural design elements from the old Vasas Stadium as a way to honour the old building, that stood before on the same place and now the new stadium serves its team as a modern 21<sup>st</sup> century building.

The 1200 LUX lighting of the stadium field is provided by 210 units of Signify (known as 'Philips Lighting' before) high performance LED Flood lights. I designed and monitored their settings based on the coordination point or rotate them by their list. I had to solve the difficulties on the spot. I needed to measure and redesign on-site. Since quickly changeable lighting scenes were required, I designed the lighting control system with DMX network. To identify any potential network issues and to test each circuit a DMX USB Pro Mk2 was used. I programmed 22 lighting scenes in total, to allow the controller to change the scene on the fly, based on the game and the current situation. I owe my first serious DMX control network project to this building where the system combines sports lighting and quickly changeable lighting control.

Since its inauguration in 2019, the building has been operating without any serious issues.

## 8. Irodalomjegyzék

- [1] Magyar Szabvány MSZ EN 12193:2008. Fény és világítás. Sportlétesítmények világítása. h.n. Magyar Szabványügyi Testület, 2008.
- [2] Vigh László, Infrastruktúra szabályzat 1/2018. h.n. Magyar Labdarúgó Szövetség, 2018. p. 6-19.
- [3] Nagy János et al. Világítástechnikai Kislexikon. Világítástechnikai Társaság, 2001.
- [4] Howard Wolfman, Richard Miller Lighting Control Protocols, Illuminating Engineering Society, 2011
- [5] Kis Ádám személyes közlése alapján, konzultáció a Belight Kft. telephelyén, 2018.10.03.
- [6] DMX 101: A DMX 512 Handbook, Elation Professional, 2008, elektronikus <https://www.elationlighting.com/dmx-101-hand-book>, letöltés ideje: 2022.06.14.
- [7] Robert S. Simpson, Lighting Control, Oxford, Focal Press, 2003
- [8] CISCO CCNA I.
- [9] Deme László, Villanyszerelők lapja, A hazai labdarúgóstadionok világításának helyzete, 2012/12 Világítástechnika számából, elektronikus folyóirat, <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2012/december/2053-a-hazai-labdarugostadionok-vilagitasanak-helyzete> letöltés ideje: 2022.06.16.
- [10] MTI/Cs. M. Nemzeti sport, Vasas: emlékhelyet adtak át az Illovszky Rudolf Stadionban, 2020.10.03. számából, elektronikus folyóirat, [https://www.nemzetisport.hu/labdarugo\\_nb\\_ii/vasas-emlekhelyet-adtak-at-az-illovszky-rudolf-stadionban-2787549](https://www.nemzetisport.hu/labdarugo_nb_ii/vasas-emlekhelyet-adtak-at-az-illovszky-rudolf-stadionban-2787549) letöltés ideje: 2022.06.16.
- [11] Kapcsos Tibor személyes közlése alapján, konzultáció a Belight Kft. telephelyén, 2022.03.25.
- [12] Philips Lighting online katalógus, ArenaVision LED gen2 BVP425 <https://www.assets.signify.com/is/content/PhilipsLighting/fp912300023812-pss-global> letöltés ideje: 2022.06.15.
- [13] Philips Lighting online katalógus, ArenaVision LED gen2 BVP415 [https://www.assets.signify.com/is/content/PhilipsLighting/fp912300023816-pss-hu\\_hu](https://www.assets.signify.com/is/content/PhilipsLighting/fp912300023816-pss-hu_hu) letöltés ideje: 2022.06.15.

- [14] ENTTEC online katalógus, DIN RDS4 Mk2,  
[https://cdn.enttec.com/pdf/assets/72004/72004\\_DIN\\_RDS4\\_MK2\\_DATASHEET.pdf](https://cdn.enttec.com/pdf/assets/72004/72004_DIN_RDS4_MK2_DATASHEET.pdf)  
letöltés ideje: 2022.06.16.
- [15] Pharos Product Brochure, Pharos LPC  
[https://dl.pharoscontrols.com/documentation/datasheets\\_specifications/Pharos\\_LPC\\_Datasheet\\_v3.pdf](https://dl.pharoscontrols.com/documentation/datasheets_specifications/Pharos_LPC_Datasheet_v3.pdf) letöltési ideje: 2022.06.16.
- [16] Meanwell online katalógus, MDR-20-24  
<https://meanwell.hu/userfiles/webshop/products/attachments/MDR-20-5-12-15-24.pdf>  
letöltés ideje: 2022.06.16.
- [17] ENTTEC online katalógus <https://www.enttec.com/product/controls/dmx-usb-interfaces/dmx-usb-pro-interface/> letöltés ideje: 2022.06.16.