

Széchenyi István Egyetem  
Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar  
Informatika Tanszék

# SZAKDOLGOZAT

Székely Dániel

Mérnökinformatikus BSc

2024

# SZAKDOLGOZAT

Digitális audio - Dante protokollra épülő  
hangrendszer tervezése, építése,  
optimalizálása, beüzemelése

Székely Dániel

Mérnökinformatikus BSc

2024

## FELADATKIÍRÁS

A feladatkiíró lapot két példányban kell leadni a tanszéki adminisztrációban. Beadás előtt az egyiket visszakapod és a leadott munkába eredeti, tanszéki pecséttel ellátott és a tanszékvezető által aláírt lapot kell belefűzni (ezen oldal *helyett*, ez az oldal csak útmutatás).

# Nyilatkozat

Alulírott, **Székely Dániel (JAXC3C)**, Mérnökinformatikus BSc szakos hallgató kijelentem, hogy a *Digitális audio - Dante protokollra épülő hangrendszer tervezése, építése, optimalizálása, beüzemelése* című szakdolgozat feladat kidolgozása a saját munkám, abban csak a megjelölt forrásokat, és a megjelölt mértékben használtam fel, az idézés szabályainak megfelelően, a hivatkozások pontos megjelölésével.

Eredményeim saját munkán, számításokon, kutatáson, valós méréseken alapulnak, és a legjobb tudásom szerint hitelesek.

Győr, 2024. január 5.

---

Székely Dániel  
hallgató

# Kivonat

Szakdolgozatomban egy olyan digitális hangtechnikai rendszer tervezését és megvalósítását mutatom be, amely teljes mértékben digitális alapokra helyezi a hangsúlyt. Be fogom mutatni a rendszer tervezésének lépéseit, a különböző protokollok közötti választást, a rendszer felépítését, és a rendszer működését.

# Abstract

This document is a  $\text{\LaTeX}$ -based skeleton for BSc/MSc theses based on the official template developed and maintained at the Electrical Engineering and Informatics Faculty, Budapest University of Technology and Economics. The goal of this skeleton is to guide and help students that wish to use  $\text{\LaTeX}$  for their work at Széchenyi István Egyetem Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar. It has been tested with the *TeXLive*  $\text{\TeX}$  implementation, and it requires the PDF- $\text{\LaTeX}$  compiler.

Many thanks to the Fault Tolerant Systems Research Group who maintain the repository this template is based on: <https://github.com/FTSRG/thesis-template-latex>

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés</b>	<b>2</b>
1.1. A kezdetek . . . . .	2
1.1.1. Téma választás . . . . .	2
<b>2. Audio over IP rendszerek bemutatása</b>	<b>4</b>
2.1. Bevezetés az Audio over IP világába [1] [4] . . . . .	4
2.1.1. Előnyök . . . . .	4
2.1.2. Hátrányok . . . . .	4
2.1.3. Fázishelyesség . . . . .	5
2.1.4. Időszinkronizáció . . . . .	5
2.1.5. Mintavételi frekvencia és bitmélység . . . . .	5
2.1.6. Késleltetés és bufferek . . . . .	5
2.1.7. IP címek és maszkok . . . . .	5
2.1.8. Unicast és Multicast . . . . .	5
2.1.9. Redundancia . . . . .	5
2.2. AES67 . . . . .	5
2.3. Waves SoundGrid . . . . .	5
2.4. Audinate Dante . . . . .	5
<b>3. Rendszertervezés és telepítés elő környezetben</b>	<b>6</b>
3.1. Követelmények . . . . .	6
3.2. Rendszerterv . . . . .	6
3.2.1. Martin Audio Wavefront Precision hangrendszer . . . . .	6
3.2.1.1. Martin Audio Display 2.3.4 b1 tervező szoftver [2] . . . . .	6
3.2.1.2. Martin Audio VU-NET rendszer szoftver . . . . .	15
3.2.2. Allen & Heath digitális keverőrendszer . . . . .	15
3.2.3. Shure ULXD digitális vezeték nélküli mikrofonrendszer . . . . .	15
3.2.4. Dante audio szerver . . . . .	15
3.2.5. Dante hálózat kialakítása és optimalizálása . . . . .	15
3.2.5.1. Dante Controller: Hálózati mátrix . . . . .	15
3.2.5.2. Dante Controller: Eszköz nézet . . . . .	15
3.2.5.3. IP kiosztás . . . . .	16
3.2.5.4. Dante Controller: Órajel nézet . . . . .	16
3.3. Rendszermérések és monitorozás . . . . .	16
3.3.1. Dante rendszer monitorozása . . . . .	16
3.3.1.1. Dante Controller: Hálózati állapot nézet . . . . .	16
3.3.1.2. Dante Controller: Események nézet . . . . .	16
3.3.2. Cardioid mélyláda rendszer mérése . . . . .	16
3.3.3. Mélyláda és Line Array fázishelyesség . . . . .	16
3.3.4. Rendszer hangnyomás szint és frekvencia átvitel mérése . . . . .	16

<b>4. Üzemeltetési tapasztalatok és továbbfejlesztési lehetőségek</b>	<b>17</b>
4.1. További eszközök integrálása . . . . .	17
4.2. Bővítés nagyobb interfészre . . . . .	17
<b>Köszönetnyilvánítás</b>	<b>18</b>
<b>Ábrák jegyzéke</b>	<b>19</b>
<b>Irodalomjegyzék</b>	<b>19</b>
<b>Függelék</b>	<b>21</b>



# 1. fejezet

## Bevezetés

### 1.1. A kezdetek

Kisgyermek koromtól kezdve érdekelnek a hangtechnikához fűződő eszközök és azok elméleti-gyakorlati működése. Első élményeim egyike közé tartozik az, amikor szüleim egy új fajta rádiólejátszót vásároltak otthonra, amelyen már nem csak a rádióadásokat lehetett hallgatni, hanem lejátszhatóak voltak kazetták is. A készüléket akkoriban jobban tudtam kezelni gyermekként, mint a szüleim, egyértelmű volt már akkoriban is, a technika és a zene iránti érdeklődésem. Ezek után általános iskolában a fizika tanárommal együtt kezdük el a sulirádió működtetését, amelynek a telepítési részében is részt vettem, mivel azelőtt csak egyszerű csengők voltak felszerelve az épületben. Szükség volt hangsugárzókra, erősítőkre, mikrofonokra, és egyéb kiegészítőkre. A rádió működtetése is az én feladatom lett két másik barátommal együtt, az iskolával kapcsolatos híreket és információkat mondtuk be rövid szünetekben, a hosszabb szünetekben pedig zenét játszottunk. Mindeközben zeneiskolába is beiratkoztam, ahol ütőhangszeresként tanultam egészen egyetemi tanulmányaim kezdetéig. A több mint tíz év alatt, sok új ismeretet és tapasztalatot szereztem, amit a későbbiekben mint zenész, mint hangosító tudtam hasznosítani. Megismerkedtem a különböző zenei stílusok egyedi hangzásvilágával, ami a későbbiekben a hangosításban is nagy segítségemre volt. Középiskolai tanulmányaim alatt kezdtem el komolyabban foglalkozni a hangtechnika világával komolyabb szinten. A fizika tanárommal ugyanis korábban nem csak a sulirádiót működtettük, hanem az összes sulibulit és rendezvényt a faluban mi szolgáltuk ki technikailag. Ezért mivel már középiskolába jártam, a későbbiekben egy feltörekvő fiatalos és modern gondolkodású magánvállalkozáshoz ajánlott be engem, mivel a fiatal és motivált munkaerőt kerestek. (TéDé Rendezvények) Már az első munkalehetőség-nél éreztem, hogy ez egy nagyon jó lehetőség számomra, mindenképpen szeretnék ebben a szakmában dolgozni. A cég fő profilja a hangrendszerek kiépítése és üzemeltetése volt, de későbbiekben már a fénytechnikával és színpadtechnikával is el kezdtünk foglalkozni. Ettől kezdve kezdtem el aktívan dolgozni a rendezvényiparban a hangrendszerek világában. Az évek során egyre több tapasztalatot szereztem. Évente több mint száz rendezvényen tudtam folyamatosan fejlődni, rutint és ismerettséget szerezni a szakmában.

#### 1.1.1. Téma választás

A hangrendszerek világa az elmúlt években nagy változáson ment keresztül. A digitális technika térhódítása a hangtechnikában is megjelent, és egyre több fajta megoldás jelent meg a piacon. A digitális fejlesztésekből mi sem szerettünk volna kimaradni, hogy hangtechnikai apparátusunk korszerű és versenyképes maradjon. Ekkor jött a fejlesztési ötlet, egy olyan rendszert tervezni, amely teljes mértékben digitális alapokra helyezi a jelenlegi hibrid megoldásunkat. A cégvezetőtől azt a feladatot kaptam, hogy tervezzek egy

olyan rendszert, amely megoldja a jelenlegi hibrid rendszerünk teljes digitális megoldásra való cseréjét. Az alapvető szempontok közé tartozott, hogy a rendszer legyen könnyen skálázható, és bővíthető, valamint a jelenlegi rendszert minden tekintetben felülmúlja. Első lépésben a különböző Audio over IP protokollok közül kellett választanom, amely a leginkább megfelel a rendszerünk igényeinek. Ehhez a piacon lévő protokollokat kellett megvizsgálnom, és a legjobb megoldást választani.

## 2. fejezet

# Audio over IP rendszerek bemutatása

### 2.1. Bevezetés az Audio over IP világába [1] [4]

Az 1990-es évek óta az informatika és a hálózatok robbanásszerű fejlődésével együtt a professzionális audio ipar is elkezdett változni. A 'pontról pontra' elvű (minden eszközt külön-külön kell fizikailag összekapcsolni kábellel amely digitális információt hordoz) digitális audió átvitel helyett, mint például az AES/EBU vagy a MADI, az IP alapú rendszerek felé kezdett el elmozdulni. Mivel ezek az IP rendszerek csomagalapúak, hatalmas rugalmasságot és továbbfejlesztési lehetőségeket biztosítanak a hagyományos rendszerekkel szemben. Ezek az előnyök mind hardveres, mind szoftveres szinten megjelennek, és lehetővé teszik a rendszerek könnyebb kezelhetőségét, valamint a hálózatok egyszerűbb kiépítését és karbantartását.

#### 2.1.1. Előnyök

Nincsen szükség fizikai kábelekre a különböző végpontok között. Egyetlen egy CAT kábelre van szükségünk a rendszerbe kapcsoláshoz, majd egy szoftveres kezelőfelületen keresztül bármikor megváltoztathatóak a jelek útjai. (Ez alól kivételt képeznek a redundáns rendszerek amelyek két CAT kábelt igényelnek a redundancia biztosítása végett) A megfelelően megtervezett rendszerünk modulárisává válik, és a hálózat bármely pontján könnyen bővíthető, illetve a hálózat bármely pontjáról elérhetővé válik a rendszer. Egyes eszközökre a gyártó akár olyan fundamentális frissítéseket is kiadhat, amely nagymértékben képes lehet az adott eszköz funkcionalitását javítani, vagy új funkciók hozzáadásával tovább növelni a komponens értékét.

#### 2.1.2. Hátrányok

A digitális hangfeldolgozás nagy flexibilitást és helytakarékoságot hozott el magával ebben az iparágban, de mindez nem teljes mértékben jött hátrány nélkül. Még a legmodernebb és legjobb A-D (analog to digital) konverterek sem tudták teljes mértékben visszaadni azt a tipikus analog hangot, amire egy analog hangrendszer képes. Ez elsősorban abból fakad, hogy egy átlagos digitális keverővel és végfokrendszerrel ellátott új generációs hangrendszerben sok A-D és D-A konverzió történik, és minden egyes konverzióval, hiába veszünk sok mintát (96 kHz 24 bit 3000+kbps), a hang akkor is veszít egy kicsit a karakterisztikájából.

- 2.1.3. Fázishelyesség
- 2.1.4. Időszinkronizáció
- 2.1.5. Mintavételi frekvencia és bitmélység
- 2.1.6. Késleltetés és bufferek
- 2.1.7. IP címek és maszkok
- 2.1.8. Unicast és Multicast
- 2.1.9. Redundancia
- 2.2. AES67
- 2.3. Waves SoundGrid
- 2.4. Audinate Dante

## 3. fejezet

# Rendszertervezés és telepítés elő környezetben

### 3.1. Követelmények

### 3.2. Rendszerterv

Az új rendszer tervezésekor a következő szempontokat tartottam szem előtt:

Hangrendszer szempontjából a Martin Audio Wavefront Precision szériás termékeire esett a választás. Mivel teljes mértékben digitális rendszert elérése volt a cél, ezért a Dante modullal rendelkező Martin Audio iK42 és iK81 végfokok tökéletesen illeszkedtek a rendszerbe. Mindkét végfok csúcskategóriás teljesítményt és hangminőséget nyújt, és a D kategóriás erősítőknek köszönhetően rendkívül kis helyet foglalnak el a rackben miközben kiváló hatásfok mellett képesek nagy teljesítményt leadni. A végfokokat a Dante hálózaton keresztül fogjuk jellel ellátni, így a hagyományos analóg XLR, vagy AES kábelezés helyett két CAT5E kábellel (a redundancia miatt) tudjuk a végfokokat a hálózatra kötni. A végfokrendszer fő vezérlő protokollja miatt szükség lesz még egy CAT5E alapú összeköttetésre, ami az egyes végfokokat köti össze egy hálózatba a switcheken keresztül. (VU-NET protokoll) Minden egyes végfokrackben két MikroTik 24 portos switch lesz. Az egyik switch a Dante elsődleges hálózatát fogja kizárólag kezelni. A másik switch a Dante másodlagos hálózatát, és a VU-NET hálózatot fogja kezelni. Ez a két alhálózat VLAN szegmensekkel lesz elkülönítve, hogy a hálózat biztonságos és stabil legyen.

!!!ÁBRA HELYE!!!

Egy jel útja a régi hibrid rendszerben

!!!ÁBRA HELYE!!!

Egy jel útja az új teljesen digitális rendszerben

#### 3.2.1. Martin Audio Wavefront Precision hangrendszer

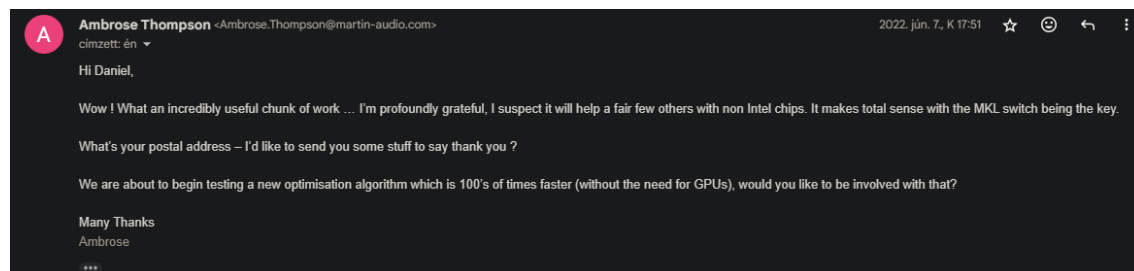
##### 3.2.1.1. Martin Audio Display 2.3.4 b1 tervező szoftver [2]

Mielőtt bele kezdenénk a tervezési folyamatba, fontos megemlíteni, hogy a szoftver eredetileg Intel alapú processzorokra lett tervezve és MatLab alapú. Ebből fakadóan AMD Ryzen processzorokon habár elidült a szoftver, de nem volt stabil és a számítások során minden esetben összeomlott, és használatatlanul lassú volt. Személy szerint a saját gépem amivel dolgoztam sajnos ilyen processzorral van szerelve ezért muszáj volt megoldást találni a problémára. A Martin Audio hivatalos szoftveres támogatásához fordultam először, de sajnos nem tudtak segíteni. Ezért a szoftver használatához sok belefektetett óra olvasás után sikerült egy olyan MatLab CMD parancsot találnom, amivel a szoftver elindul és

használható. Miután rájöttem a probléma gyökerére, ezt megosztottam velük, hogy a jövőben másoknak ne kelljen ezzel a problémával szembesülniük. A hiba az alábbi volt. Az új AMD Ryzen processzorok másfajta utasításkészletet használnak. Ebből kifolyólag a Matlab 2015-s runtime alapú szoftver adta alaputasításokat nem tudta értelmezni a CPU. A vezető szoftvermérnökkel való e-mail-es beszélgetésünk során megköszönte a probléma megoldását, és nemsokkal a megoldásom megosztása után a hivatalos oldalra feltöltötték az indító parancsfájlt. Az e-mailben további kollaborációra is adott lehetőséget. A kompatibilitási problémát rögtön a script elején megoldottam, mivel a következő parancs megadásával már használhatóvá válik a program: `set MKL_DEBUG_CPU_TYPE=5`. Ez a sor a program vezérlését AVX2-re állítja át, és mivel ezt az utasításkészletet már ismeri az AMD Ryzen processzor is ezért a probléma már a múlté. Az indító fájl további sorai optimalizálások a számítások gyorsítására, és a párhuzamosítására, ezzel jobban kihasználva a rendelkezésre álló hardver erőforrásokat.

```
@echo off
set PATH=%PATH%;C:\Program Files\Martin Audio\Display2_3_4_b1\application
set MKL_DEBUG_CPU_TYPE=5
set options=optimoptions('ga','UseParallel',true,'UseVectorized',false)
set options=optimoptions('gamultiobj','UseParallel',true,'UseVectorized',false)
set options=optimoptions('paretosearch','UseParallel',true)
set options=optimoptions('particleswarm','UseParallel',true,'UseVectorized',false)
set options=optimoptions('patternsearch','UseParallel',true,'UseCompletePoll',true,'UseVectorized',false)
set options=optimoptions('surrogateopt','UseParallel',true)
set GPUAcceleration=on
start "Martin Audio" Display2_3_4_b1.exe
pause
```

**3.1. lista.** A Display 2.3.4 b1 indító ".bat" scriptje AMD Ryzen processzorokhoz



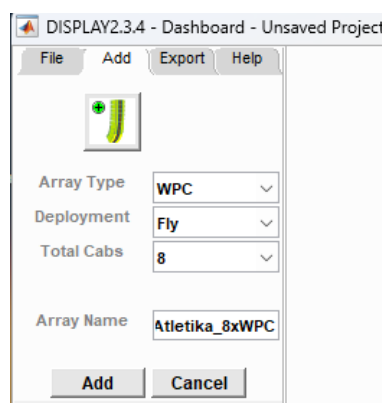
**3.1. ábra.** E-mail a Martin Audio vezető szoftvermérnökétől

Most, hogy már a szoftver használható és teljes mértékben működőképes, kezdjük el a tervezést. A modellezés során a budapesti Millenáris B csarnoka lesz a referencia helyszín. Két LineArray rendszert fogunk tervezni, mivel a terem hosszúsága és a lefedettség növelése miatt szükségünk lesz Delay kiegészítésre a fő hangrendszerhez. Első lépésben a fő hangrendszert tervezem meg, ami oldalanként (bal és jobb) 8 darab WPC LineArray modulból fog állni. Ez a láda 2 darab 10"-os mélysugárzót, 2 darab 5"-os közép sugárzót és 4 darab 0.7"-os magassugárzót tartalmaz. Három utas Bi-amp meghajtású külső végfokot igénylő rendszer, ahol a mély tartományt (+1,-1) és a középmagas tartományt (+2,-2) külön kezeljük, a négypólusú Neutrik Speakon csatlakozókon keresztül. A láda maximális hangnyomás szintje 135 dB, és 65 Hz-től 18 kHz-ig terjed a frekvencia átvitele +- 3 dB pontossággal. [3]



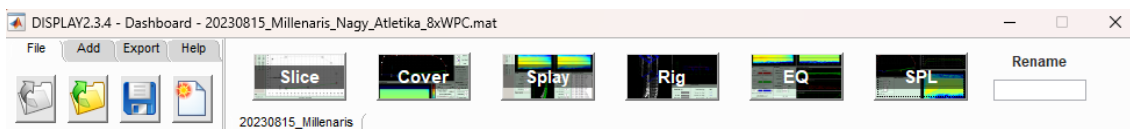
**3.2. ábra.** Martin Audio WPC LineArray modul

A program megnyitásakor a legelső lépés, hogy kiválasztjuk a termékpalettából a megfelelő hangrendszert. Jelen esetben az előbbieken említett WPC-t. A produkció igényei, a nagylétszámú közönség és a ládamennyiség miatt a rendszert „*riggelni*” fogjuk. (maximálisan 6 darab WPC-t lehet „*stackelni*”, azaz a földre vagy mélyládákra helyezni) A helyszín felmérése után a hangrendszer „*riggelése*” lehetséges, mivel a csarnokban található tartószerkezet biztonságosan és tartósan képes elviselni a rendszer súlyát. A telepítés módja kiválasztása után megadjuk a szoftvernek a tervezni való hangláda mennyiségét, ez az esetünkben már említett 8 darab. A hozzáadás gombra kattintva a élénk kerül a fő kezelőfelület, ahol a hangrendszert tudjuk lépésről lépésre tervezni.



**3.3. ábra.** Display 2.3.4 b1 szoftver kezdőképernyője (WPC)

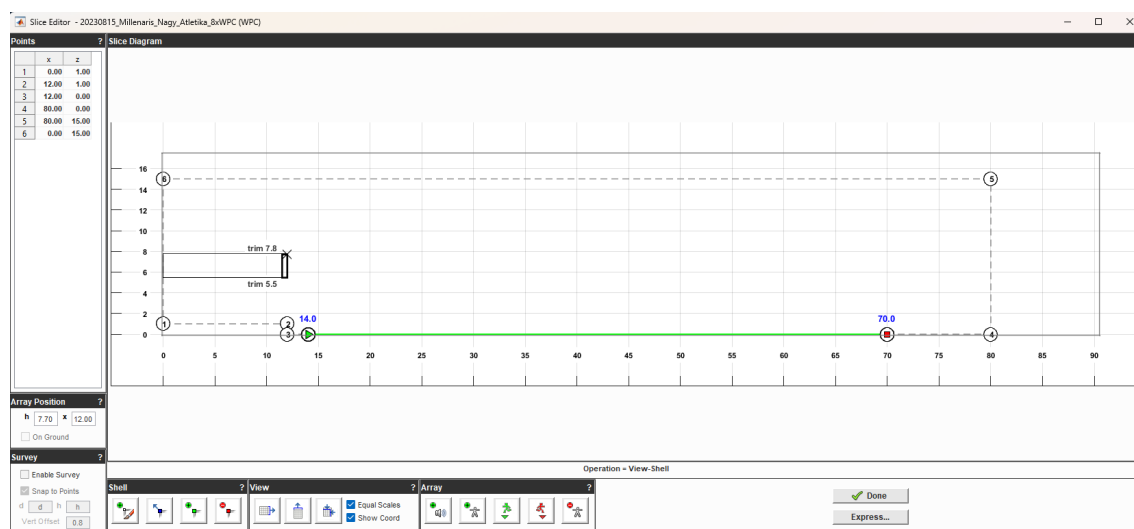
A tervezési folyamat öt alrészre osztható, amiket a szoftverben külön kezelünk. Ezeket a „*Slice*”, „*Cover*”, „*Splay*”, „*Rig*” és „*EQ*” kezelőfelületeken tudjuk elvégezni, balról jobbra haladva. Mivel a különböző részegységek egymásra épülnek, ezért fontos a sorrend betartása. (tervezés utáni módosításokra természetesen van lehetőség, de az adott projekt első tervezési folyamata során ezeket a lépéseket kell követni)



**3.4. ábra.** Display 2.3.4 b1 szoftver fő kezelőfelülete (WPC)

A „*Slice*” panelen meghatározzuk a rendszer fizikai pozícióját térben. A csarnok pontos lemodellezése érdekében a mérésekhez lézeres távolságmérőt használtam. Mivel minden egyes rendezvényen más és más a különböző elemek elhelyezkedése, ezért a rendszert min-

den alkalommal újra kell tervezni, még akkor is ha maga a helyszín nem változik. „Vertex” pontok segítségével tudjuk a méreteket és a pozíciókat meghatározni. A 2D-s modellen figyelembe kell venni a terem önálló méretén kívül a színpadod és a színpad mögötti területet is. A rajznak tartalmazni kell azokat a falfelületeket is amelyeknél a hangvisszaverődést minimalizálni szeretnénk, ennek az optimalizáció későbbi fázisában lesz jelentősége. A terem pontos rajza után még két fontos paramétert kell megadni ezen a felületen. El kell helyezniünk magát a hangrendszert a teremben, és meg kell határoznunk milyen magasra szeretnénk a rendszert emelni. Mivel a csarnok rendkívül hosszú, és a adottságai megengedik, ezért a rendszert minél magasabbra szeretnénk emelni, a jobb lefedettség érdekében. A másik fontos paraméter az optimalizációhoz, a közönség területének meghatározása. Kezdő és végpont segítségével tudjuk a területet meghatározni, ahol a hallgatóközönség tartózkodni fog.



3.5. ábra. Display 2.3.4 b1 „Slice” kezelőfelülete (WPC)

A következő lépések a „Cover” kezelőfelületen történnek. Első és legfontosabb beállítás amit el kell végezni, hogy a hallgatóság az esemény során ülni vagy állni fog-e. Lehetőségünk van a nézőteret különböző részekre is osztani, amennyiben a rendezvény során különböző helyeken eltérő típusú részeket szeretnénk egyenletesen lefedni. Lehetőség van egyedi magasság beállítására is, de jelen esetben a közönség egyhangúan állva fogja hallgatni a produkciót, ezért a „Standing” opciót választottam. Az előző lépésben elkészített rajzunkon definiálhatunk a program számára három fő régiót.

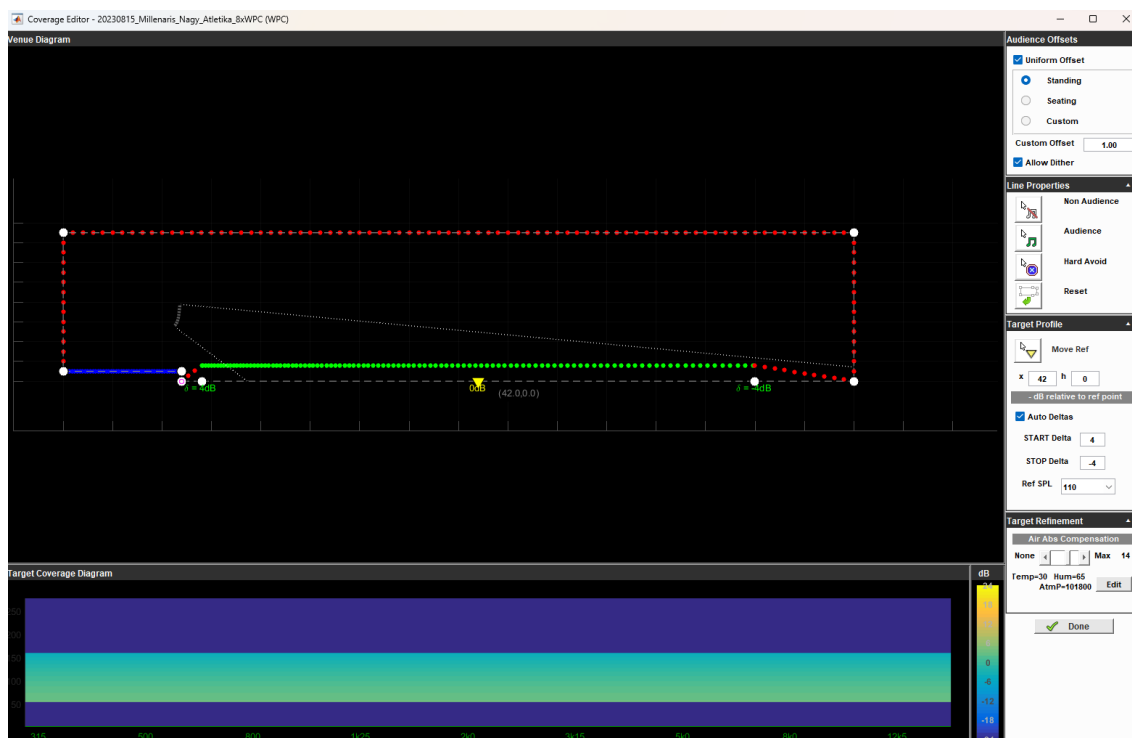
Ezek az alábbiak:

- „Non Audience” - a közönség területén kívül eső terület
- „Audience” - a közönség területe
- „Hard Avoid” - a közönség területén kívül eső terület, ahol a hangvisszaverődést szeretnénk minimalizálni

Jelen esetben a fő hangrendszernél nem jelöltem meg a „Hard Avoid” területet, mivel a teremben az első olyan felület ami a hangvisszaverődést okozna már olyan távol helyezkedik el a hangrendszertől, hogy a hangvisszaverődés már nem okoz problémát. A következő lépéseket előkészítve meg kell határoznunk a hangrendszertől egy adott távolságra lévő pontot a teremben, amit referencia pontként fogunk használni. Ezt a pontot a „Move Ref” gombra kattintva tudjuk megadni, vagy manuálisan beírva az X és Y koordinátákat. Automatikusan a terem közepére van pozícionálva a referencia pont, de ezt erősen ajánlott

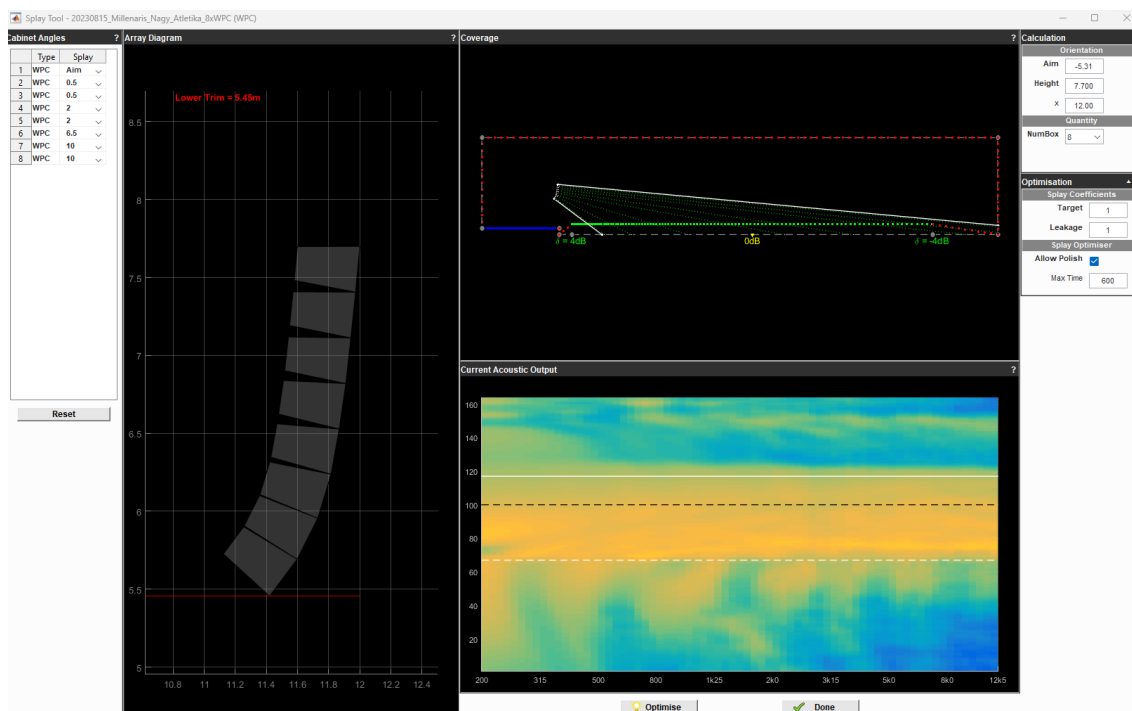


mozgatni attól függően mit szeretnénk elérni. Jelen esetben a mix pultot fogjuk a referencia pontnak megadni. A „*Start*” és „*Stop*” mezőkben meg kell adnunk, hogy a referencia ponttól véve mekkora hangnyomás deltával szeretnénk dolgozni. Ez azt jelenti, hogy a kezdő, a referencia és a végpont közötti hangnyomás hány dB-el térhet el egymástól. Ezt az értéket a szoftver az eddig megadott információk alapján automatikusan kiszámolja, de manuálisan is megadhatjuk. Az automatikus számítás az esetek többségében megfelelő eredményt ad, ezért most is ezt választottam. A „*Target SPL*” mezőben megadhatjuk a referencia ponton elérni kívánt hangnyomás szintet. Így a rendszer „*Gain*” struktúrája úgy lesz beállítva, hogy a referencia ponton 0 dBu bemeneti szint mellett elérjük a megadott hangnyomás szintet. Magas frekvenciák csökkennek ahogy a távolság nő a forrástól, azaz a hangrendszerrel. Ha egyenletes frekvencia választást szeretnénk elérni nagyobb távolságokon, akkor a rendszernek nagyobb energiára lenne szüksége a magas frekvenciákon, és kifutna a dinamika tartálékából, ezért jobb megoldás, ha a magas frekvenciák fokozatosan csökkennek a távolság növekedésével. Beállíthatjuk a levegő veszteség kompenzációját, teljesen balra állítva nincs kompenzáció (figyelmem kívül hagyva a levegő abszorpcióját). Teljesen jobbra állítva a maximális kompenzáció (a rendszernek 17dB headroom-ra van szüksége, hogy egyenes választ kapjunk). Viszont ezebből az következik, hogyha túlságosan sok a kompenzáció, akkor a rendszernek nem lesz elég dinamika tartaléka, és a hang torzulni fog. A változások hatását a „*Target Response*” ábrán láthatjuk. Ahhoz, hogy a számítások pontosak legyenek, elengedhetetlen, hogy pontosan megadjuk a környezeti változókat, a hőmérsékletet, a páratartalmat és a légnyomást. Ezeket a paramétereket a „*Edit*” gombra kattintva tudjuk megadni. Jelen esetben mivel a teremben alaphoz is meleg van, a mérés időpontjában 28 fok, és a rendezvény során a közönség is melegíti a termet, ezért a hőmérsékletet harminc fokra állítottam. A páratartalom értéke a méréskor 57%-os volt, de én 65%-ra állítottam, mivel a rendezvény során a közönség által kibocsátott vízgőz miatt a páratartalom nagy valószínűséggel magasabb lesz ennél. A légnyomás értékét pedig a helyi időjárás jelentéséből vettem, ami azon a napon 101800 Pa volt. Ezek beállítása után mivel az adott hangládához a gyári beállítások nagyon jók, ezért nem változtattam rajtuk, a 14-es érték egyenletes és dinamikus hangvisszaadást biztosít.



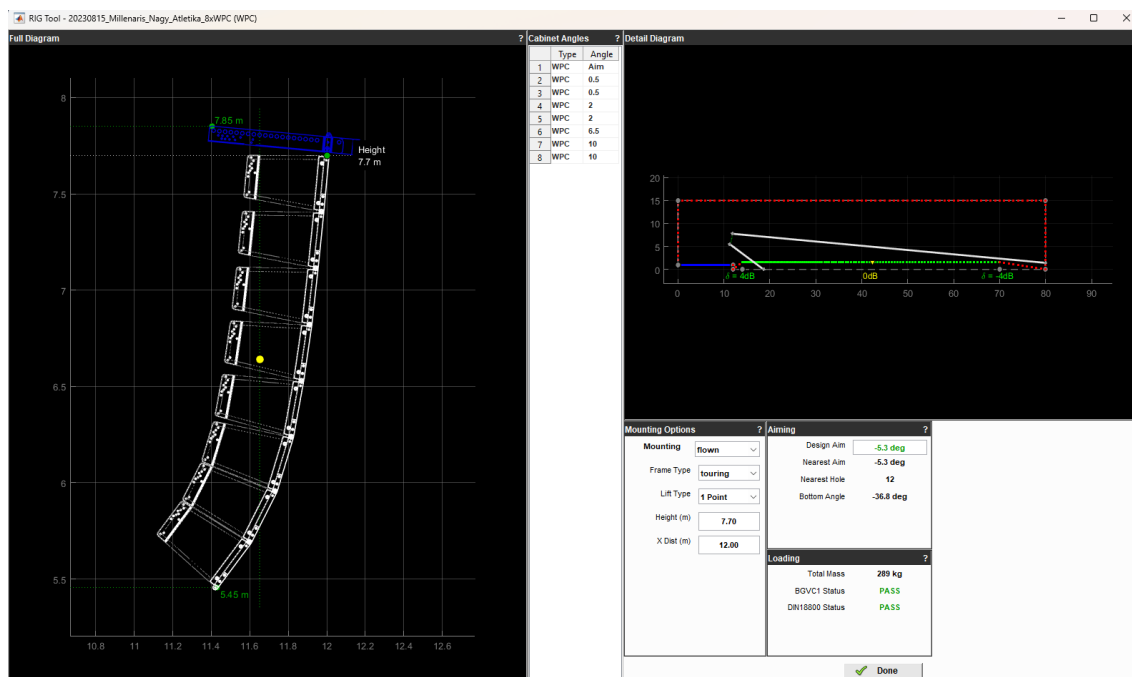
3.6. ábra. Display 2.3.4 b1 „Cover”kezelőfelülete (WPC)

Miután a „Cover” kezelőfelületen elvégeztük a szükséges beállításokat, a „Splay” kezelőfelületen folytatjuk a tervezést. Az optimalizáció ezen részén a hangrendszert fogjuk a hallgatóság területére irányítani, a fókálási szögek beállításával. A szoftver által biztosított optimalizációs algoritmus a lehető legjobb lefedettségre törekszik a tervezett területen. Lehetőség van az optimalizáció súlyozási tényezőinek beállítására, de jelen esetben a gyári beállításokat használtam. Amennyiben módosítani szeretnénk a súlyozást a „Target” és a „Leakage” mezőkben tudjuk megadni a súlyozási tényezőket. A „Target” mezőben megadott érték a közönség terület súlyozása, a „Leakage” mezőben megadott érték pedig a közönség területén kívül eső szivárgás súlyozása. Az „Allow Polish” opció engedélyezi a szoftvernek, hogy egy második körben finomhangolja a splay szögeket az első próbálkozás után. Ezt az opciót előnyös bekapcsolni, mivel a szoftver így pontosabb eredményt tud produkálni, ezért ezt a beállítást mindig használom. A „Max Time” mezőben megadhatjuk, hogy a szoftvernek mennyi idő álljon rendelkezésére az optimalizáció elvégzéséhez. Mivel a mai modern számítógépek olyan gyorsak, hogy a szoftver általában 1-2 perc alatt elvégzi az optimalizációt, ezért ezt az értéket nem szoktam módosítani. A „Max Time” mezőben megadott érték másodpercben értendő.



3.7. ábra. Display 2.3.4 b1 „Splay”kezelőfelülete (WPC)

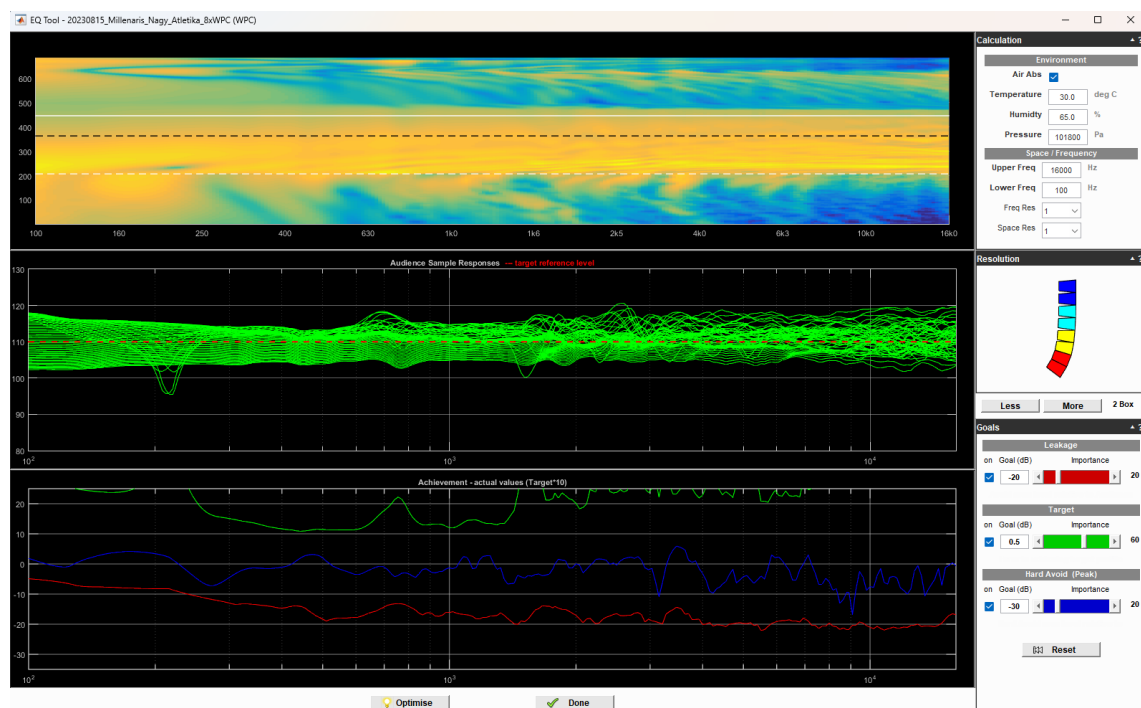
A következő lépés a „Rig” kezelőfelületen történik. Ez a felület elsősorban az eddig elkészített rendszerünket fogja megjeleníteni térben. Elsődleges beállítási paraméter ezen a panelen, hogy egy vagy két pontos rögzítést szeretnénk-e használni. Jelen esetben egy pontos rögzítést fogunk használni. Amennyiben valamilyen okból szeretnénk változtatni a rendszer fizikai elhelyezkedésén, még megtehetjük, de ez a lépés ezen a ponton már nem ajánlott. Bármely változtatás kardinálisan más eredményt fog eredményezni. A tervezési folyamatot újra kell kezdeni, ellenkező esetben a szoftver nem fogja tudni a megfelelő eredményt produkálni, és a rendszerünk nem úgy fog viselkedni a valóságban, ahogy azt mi szeretnénk. A hangrendszer függesztéséhez és összeszereléséhez az összes információ megtalálható itt. Gondolva itt a riggvas fokolási helyére, a ládák közti szögekre, a rendszer legfelső és legalsó pontjára. Ezek az információkon kívül még a rendszer súlyát és súlypontját is megkapjuk. Esetünkben a teljes súly 289 kilogramm, amit a csarnok tartószerkezete biztonságosan elbír, valamint az egy tonnás emelőkapacitású láncos emelők is képesek biztonságosan emelni. A súlypont a rendszer relatíve közepén helyezkedik el, ami stabil függesztést tesz lehetővé. Ezek után a rendszert az említett paraméterek alapján össze építjük, figyelve az összes program által megadott információra.



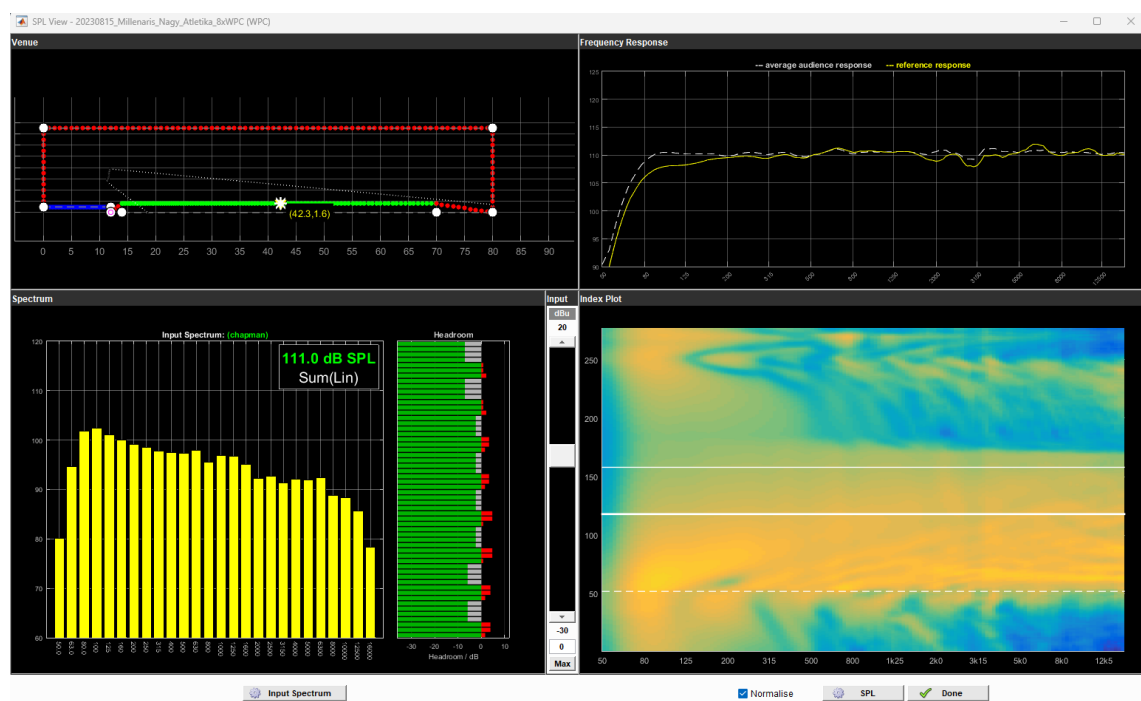
3.8. ábra. Display 2.3.4 b1 „Rig”kezelőfelülete (WPC)

Az utolsó lépés előtt ki tudnánk menteni a tervezett rendszert, az a „EQ” kezelőfelületen történik. Ha a „Cover” kezelőfelületen már megadtuk a környezeti változókat, akkor ezt már nem kell újra megtennünk, mivel a szoftver automatikusan átveszi az ott megadott értékeket. Beállíthatjuk az alsó és felső határfrekvenciákat, de mivel a program a kiválasztott hangrendszerhez tartozó gyári beállításokat automatikusan betölti, ezért ezeket az értékeket sem kell módosítani. Amit viszont érdemes és erősen ajánlott módosítani, az a „Freq Res” és a „Space Res” értékek. Az előbbi a frekvencia felbontást, az utóbbi pedig a térbeli felbontást jelenti. Ezek az értékek határozzák meg, hogy a szoftver milyen felbontásban végezze el a számításokat. Minél kisebb értéket adunk meg, annál pontosabb eredményt fogunk kapni, viszont a számítások hosszabb ideig fognak tartani. A „Freq Res” értékét 1-re, a „Space Res” értékét pedig szintén 1-re állítottam, mivel ez az elérhető legnagyobb felbontás, és a számításokat is a lehető legpontosabban szeretném elvégezni. A gyári érték mindegyiknél a kettő. Minél pontosabbak a számítások, annál jobban fog viselkedni a rendszer a valóságban és egyenletesebb hangvisszaadást fog produkálni. Ha már a kiegyensúlyozott hangvisszaadásnál tartunk, akkor a „Resolution” panelen meg kell adnunk, hogy milyen konfigurációban szeretnénk használni a rendszert. A WPC szériás hangládákat tudjuk akár egyesével hajtani, azaz egy láda egy végfok csatorna párral (mivel Bi-Amp hangládáról beszélünk). De a gyártó lehetőséget biztosít arra is, hogy a ládákat párosával vagy hármassával is hajtjuk. Ennek költséghatékonysági és rugalmassági előnyei vannak, viszont a hangvisszaadás egyenletessége csökken. Jelen esetben az arany közép-utat választottam, és párosával fogom hajtani a ládákat. Így a rendszer összesen 3 darab iK42 végfokot fog igényelni, ami 12 darab végfokcsatornát jelent. A WPC rendszer csak iK42 végfokkal hajtható, a 8 csatornás iK81 végfokkal nem kompatibilis. Lehetőség van az optimalizációs algoritmus befolyásolására is, a három előbbieken már definiált súlyozási tényezők segítségével. A fő hangsúlyt a „Target” súlyozásra helyeztem, mivel a közönség területén szeretném a lehető legjobb hangvisszaadást elérni, ezért 60%-os súlyozást adtam neki. A „Hard Avoid” és a „Leakage” súlyozását 20%-ra állítottam. Továbbá mindhárom résznek megadhatjuk mekkora hangnyomás értéket szeretnénk elérni a tervezett területen. Ezeket az értékeket nem szükséges módosítani, mivel a gyári értékek megfelelőek, de ha

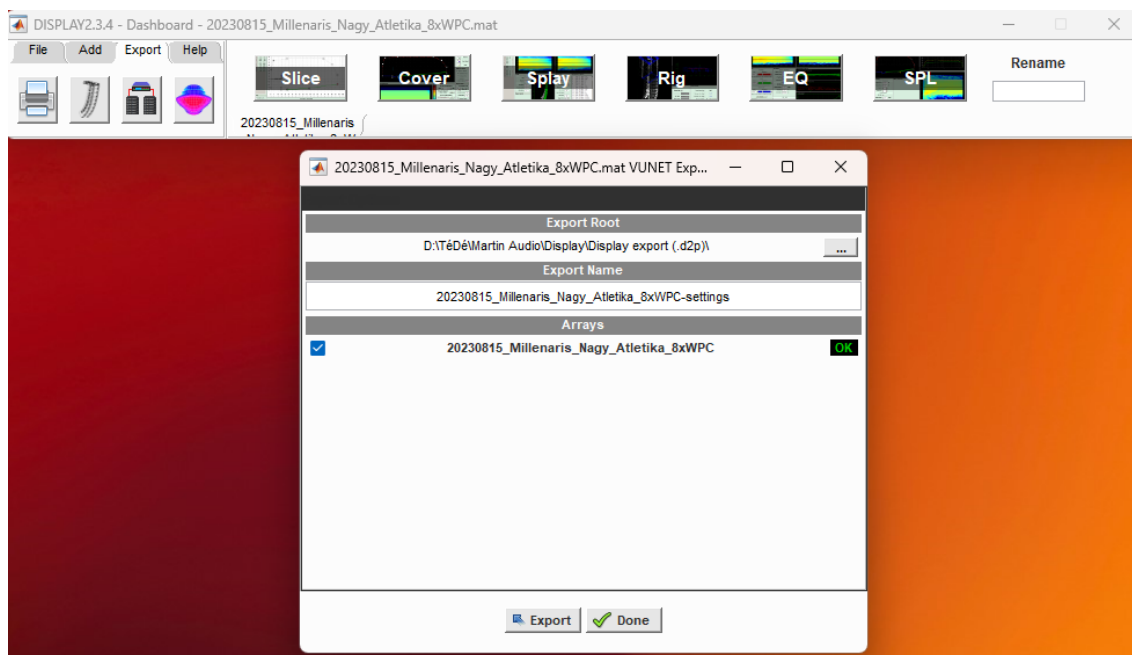
mégis szeretnénk, akkor megtehetjük. A paraméterezés után az optimalizáció után megkapjuk a teljes rendszer EQ beállítását és vizuális ábrázolást kapunk a referencia értéktől való eltérésekről.



3.9. ábra. Display 2.3.4 b1 „EQ”kezelőfelülete (WPC)



3.10. ábra. Display 2.3.4 b1 „SPL”kezelőfelülete (WPC)



**3.11. ábra.** Display 2.3.4 b1 szoftver exportáló kezelőfelülete (WPC)

#### **3.2.1.2. Martin Audio VU-NET rendszer szoftver**

#### **3.2.2. Allen & Heath digitális keverőrendszer**

#### **3.2.3. Shure ULXD digitális vezeték nélküli mikrofonrendszer**

#### **3.2.4. Dante audio szerver**

#### **3.2.5. Dante hálózat kialakítása és optimalizálása**

##### **3.2.5.1. Dante Controller: Hálózati mátrix**

Ezen a felületen tudjuk a hálózaton összekapcsolni a különböző hang vevőket és adókat. Egy nagyobb rendszerben a konfigurálása rendkívül nagy odafigyelést és precíziót igényel, pontosan tudnunk kell mit, hogyan és miért kötünk össze.

##### **3.2.5.2. Dante Controller: Eszköz nézet**

Mielőtt elkezdenénk konfigurálni az adott eszközt, fontos eldöntenünk, hogy milyen módban szeretnénk használni. Lehetőségünk van két fő mód közül választani, a redundáns és a váltott mód közül. A redundáns mód mint ahogy azt a neve is sugallja redundáns kommunikációt valósít meg az eszközök között szoftveresen és hardveresen egyaránt. Az összes Dante kártya a jelenlegi rendszerben gyárilag két RJ45-s csatlakozóval rendelkezik. Jelen esetben ezt a módot választjuk az üzembiztosság és a kritikus hibák minimalizálása miatt. A másik lehetőség a váltott pedig eszközök láncolását teszi egyszerűbbé. Amennyiben a redundancia nem elsődleges szempont számunkra, nem kell minden egyes eszköz mögé switch, hanem a másodlagos RJ45 port direktbe köti az arra csatlakoztatott eszközt az elsődleges hálózatra. Így gyorsabban és költséghatékonyabban tudjuk kiépíteni a hálózatot, azonban a redundancia lehetősége megszűnik.

### 3.2.5.3. IP kiosztás

A rendszer képes automatikusan IP címeket osztani az egyes eszközöknek, így meggyorsítva a munkafolyamatot. Azonban egy fixen előre megtervezett rendszernél praktikusabb és üzembiztosabb megoldás, ha minden eszköznek manuálisan megadjuk a címét a hálózaton. A tervezett rendszerben minden egyes eszköznek fix IP címet adtam, hogy könnyen és logikusan átlátható legyen az előbb említett előnyökön kívül. A címeket egy online is elérhető Excel táblázatban tároltam, hogy amennyiben szükség van rá bármikor könnyen elérhető legyen. Ez a táblázat a cégnél dolgozó összes munkatárs számára látható, aki a rendszerrel foglalkozik. Így amennyiben új eszköz kerül a hálózatra, vagy egy eszköz IP címét valamilyen okból meg kell változtatni, egyszerűen elérhető a szükséges információ.

	Eszköz	Dante Elsődleges	Dante Másodlagos	Maszk	Ethernet IP	Switch Neve	Switch IP	Groove Neve/SSID	Jelszó	Groove IP	DHCP tartomány
<b>Pultok</b>											
<b>SQ5_01</b>	SQ5 (01)	192.168.1.1	192.168.2.1	255.255.255.0	-	-	-	Titkos információ	Titkos információ	-	-
<b>SQ6_01</b>	SQ6 (01)	192.168.1.10	192.168.2.10	255.255.255.0	-	-	-	Titkos információ	Titkos információ	-	-
<b>SQ6_02</b>	SQ6 (02)	192.168.1.20	192.168.2.20	255.255.255.0	-	-	-	Titkos információ	Titkos információ	-	-
<b>QU-SB_01</b>	QU-SB (01)	-	-	-	-	-	-	Titkos információ	Titkos információ	-	-
<b>Boxok</b>											
<b>DT168_01</b>	DT168 (01)	192.168.1.31	192.168.2.31	255.255.255.0	-	DT168_01_P	DHCP	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	DT168_01_S	DHCP	-	-	-	-
<b>DT168_02</b>	DT168 (02)	192.168.1.32	192.168.2.32	255.255.255.0	-	-	-	-	-	-	-
<b>DT168_03</b>	DT168 (03)	192.168.1.33	192.168.2.33	255.255.255.0	-	-	-	-	-	-	-
<b>PA Racks</b>											
<b>PA WPC 01</b>	IK42 UP	192.168.1.111	192.168.2.111	255.255.255.0	192.168.100.111	PA_WP_01_P	DHCP	Titkos információ	Titkos információ	192.168.100.1	192.168.100.10-49
	IK42 MID	192.168.1.112	192.168.2.112	255.255.255.0	192.168.100.112	PA_WP_01_S	DHCP	-	-	-	-
	IK42 DOWN	192.168.1.113	192.168.2.113	255.255.255.0	192.168.100.113	-	-	-	-	-	-
<b>PA WPC 03</b>	IK42UP	192.168.1.131	192.168.2.131	255.255.255.0	192.168.100.131	PA_WP_03_P	DHCP	Titkos információ	Titkos információ	192.168.100.1	192.168.100.10-49
	IK42DOWN	192.168.1.132	192.168.2.132	255.255.255.0	192.168.100.132	PA_WP_03_S	DHCP	-	-	-	-
<b>PA WPC 04</b>	IK42UP	192.168.1.141	192.168.2.141	255.255.255.0	192.168.100.141	PA_WP_04_P	DHCP	Titkos információ	Titkos információ	192.168.100.1	192.168.100.10-49
	IK42DOWN	192.168.1.142	192.168.2.142	255.255.255.0	192.168.100.142	PA_WP_04_S	DHCP	-	-	-	-
<b>PA WPC 05</b>	IK81UP	192.168.1.151	192.168.2.151	255.255.255.0	192.168.100.151	PA_WP_05_P	DHCP	Titkos információ	Titkos információ	192.168.100.1	192.168.100.10-49
	IK42DOWN	192.168.1.152	192.168.2.152	255.255.255.0	192.168.100.152	PA_WP_05_S	DHCP	-	-	-	-
<b>Audio Szerverek</b>											
<b>AMD_Prof</b>	LiveProfessor	192.168.1.250	192.168.2.250	255.255.255.0	-	-	-	-	-	-	-

3.12. ábra. Dante eszközök IP címei a hálózaton

### 3.2.5.4. Dante Controller: Órajel nézet

Meg kell adnunk az audio hálózatunk master órajelét, ehhez az órajelhez szinkronizál a többi eszköz, az idősinkronizáció kulcsontosságú élőzenei produkcióknál.

## 3.3. Rendszermérések és monitorozás

### 3.3.1. Dante rendszer monitorozása

#### 3.3.1.1. Dante Controller: Hálózati állapot nézet

#### 3.3.1.2. Dante Controller: Események nézet

### 3.3.2. Cardioid mélyláda rendszer mérése

### 3.3.3. Mélyláda és Line Array fázishelyesség

### 3.3.4. Rendszer hangnyomás szint és frekvencia átvitel mérése

## 4. fejezet

# Üzemeltetési tapasztalatok és továbbfejlesztési lehetőségek

4.1. További eszközök integrálása

4.2. Bővítés nagyobb interfészre



# Köszönetnyilvánítás

# Ábrák jegyzéke

3.1. E-mail a Martin Audio vezető szoftvermérnökétől . . . . .	7
3.2. Martin Audio WPC LineArray modul . . . . .	8
3.3. Display 2.3.4 b1 szoftver kezdőképernyője (WPC) . . . . .	8
3.4. Display 2.3.4 b1 szoftver fő kezelőfelülete (WPC) . . . . .	8
3.5. Display 2.3.4 b1 „ <i>Slice</i> ” kezelőfelülete (WPC) . . . . .	9
3.6. Display 2.3.4 b1 „ <i>Cover</i> ”kezelőfelülete (WPC) . . . . .	11
3.7. Display 2.3.4 b1 „ <i>Splay</i> ”kezelőfelülete (WPC) . . . . .	12
3.8. Display 2.3.4 b1 „ <i>Rig</i> ”kezelőfelülete (WPC) . . . . .	13
3.9. Display 2.3.4 b1 „ <i>EQ</i> ”kezelőfelülete (WPC) . . . . .	14
3.10. Display 2.3.4 b1 „ <i>SPL</i> ”kezelőfelülete (WPC) . . . . .	14
3.11. Display 2.3.4 b1 szoftver exportáló kezelőfelülete (WPC) . . . . .	15
3.12. Dante eszközök IP címei a hálózaton . . . . .	16

# Irodalomjegyzék

- [1] Wolfgang Ahnert – Dirk Noy (szerk.): *Sound Reinforcement for Audio Engineers*. Abingdon, Oxon and New York, NY, 2023, Routledge. ISBN 978-1-032-11518-4 (hbk).
- [2] Martin Audio: *Display v2.3 USER GUIDE v1.5*. URL <https://martin-audio.com/downloads/userguides/Display-2.3-User-Guide-v1.5.pdf>. Accessed on: 2024-01-04.
- [3] Martin Audio: *WPC User Guide*.  
URL <https://martin-audio.com/downloads/userguides/WPC-User-Guide.pdf>.  
Accessed on: 2024-01-04.
- [4] Bob McCarthy: *Sound Systems: Design and Optimization*. Third edition. kiad. New York, NY and Abingdon, Oxon, 2016, Focal Press, 12–842. p. ISBN 978-0-415-73101-0 (pbk). Library of Congress Cataloging-in-Publication Data: TK7881.4.M42 2016.

# Függelék