

**SZAKDOLGOZAT**

LAKATOS LEVENTE

NYALÁBOSZTÓS 3D MEGJELENÍTŐ TERVEZÉSE ÉS MEGÉPÍTÉSE KOMPAKT  
MEGHAJTÓ HARDVER ILLESZTÉSÉVEL

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR  
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA TANSZÉK



SZAKDOLGOZATOK

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR  
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA  
TANSZÉK

LAKATOS LEVENTE

SZAKDOLGOZAT

Nyalábosztós 3D megjelenítő tervezése és megépítése kompakt  
meghajtó hardver illesztésével

Konzulens:

*Dr. G. Szabó István*  
ügyvezető igazgató

Témavezető:

*Dr. Antal Ákos*  
adjunktus

Budapest, 2019



Budapesti Műszaki és  
Gazdaságtudományi Egyetem  
Gépészmérnöki Kar

Mechatronika, Optika és Gépészeti  
Informatika Tanszék  
D. épület 407. \* www.mogi.bme.hu

## SZAKDOLGOZAT FELADATKIÍRÁS (BSc)

AZONOSÍTÁS	Név: <b>Lakatos Levente</b>		Azonosító: <b>73261814110</b>	
	Képzéskód:	2N-AG0	Specializáció kódja:	Feladatkiírás azonosító:
	Szak:	Gépészmérnöki alapképzési szak	2N-AG0-GT-2010	SZD-GEMI-2018/19/1-VKKOOD
	Szakdolgozatot tanszék: Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika		Záróvizsgát szervező tanszék: Gép- és terméktervezés Tanszék	
	Témavezető: Dr. Antal Ákos adjunktus, 71553582965, antal.akos@mogi.bme.hu, 463-2412			

FELADAT	Cím	<b>Nyalábosztós 3D megjelenítő tervezése és megépítése kompakt meghajtó hardver illesztésével</b> Design and build a beamsplitter 3D display with compact drive and hardware fitting
	Részletes feladatok	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Szakirodalmi és internetes kutatás alapján tekintse át a meglévő 3D megjelenítési technológiákat, az ilyen eszközök működését, elemezze és értékelje az egyes technológiák előnyeit és hátrányait, valamint a jelenlegi fejlesztési irányokat.</li><li>2. Gyűjtse össze és értékelje a nyalábosztós 3D megjelenítőkre ill. annak alkatrészeire vonatkozó specifikációkat, pontossági követelményeket, és specifikálja egy full HD felbontású 3D megjelenítő megépítéséhez beszerzendő kulcsalkatrészeket!</li><li>3. Tekintse át a 3D digitális tartalmak formátumait, a kompakt adattárolás lehetséges módjait és eszközeit, különös tekintettel a két monitor szinkronban történő és gazdaságosan kivitelezhető meghajtására!</li><li>4. Specifikálja a megépítendő 3D megjelenítő hardvereszközeit!</li><li>5. Tervezze és építse meg a berendezést!</li><li>6. Értékelje a berendezés működését és jelöljön ki továbbfejlesztési lehetőségeket!</li></ol>
	Hely	A szakdolgozat készítés helye: OPTIKA Mérnökiroda Kft. 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33 Konzulens: Dr. G. Szabó István ügyvezető, g.szabo.istvan@omi-optika.hu,

<b>ZÁRÓVIZSGA</b>	1. záróvizsga tárgy(csoport)	2. záróvizsga tárgy(csoport)	3. záróvizsga tárgy(csoport)
	<b>Tervezélmélet és módszertan</b> BMEGEAGEAGTE (4 kr)	<b>CAD rendszerek I.</b> BMEGEAGEAGC1 (4 kr)	<b>Műszertechnika</b> BMEGEFOAG02 (4 kr) BMEGEFOAMG3 (3 kr)

<b>HITELESÍTÉS</b>	Feladat kiadása: 2018. szeptember 3.		Beadási határidő: 2018. december 7.
	Összeállította:	Ellenőrizte:	Jóváhagyta:
	..... ..... témavezető	PH. ..... tanszékvezető/tanszékvezető -h.	PH. ..... dékán/dekán helyettes
	Alulírott, a feladatkiírás átvételével egyúttal kijelentem, hogy a Szakdolgozat készítés c. tantárgy előkövetelményeit maradéktalanul teljesítettem. Ellenkező esetben tudomásul veszem, hogy a jelen feladatkiírás és a tárgy felvétele érvényét veszti.  Budapest, 2018. szeptember 3.  .....  hallgató		

## NYILATKOZATOK

### *Beadhatósági nyilatkozat*

A jelen szakdolgozat az üzem által elvárt szakmai színvonalnak mind tartalmilag, mind formailag megfelel, beadható.

Kelt,

Az üzem részéről:

Dr. G. Szabó István

*üzemi konzulens*

### *Elfogadási nyilatkozat*

Ezen szakdolgozat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kara által a Diplomatervezési és Szakdolgozat feladatokra előírt valamennyi tartalmi és formai követelménynek, továbbá a feladatkiírásban előírtaknak maradéktalanul eleget tesz. E szakdolgozatot a nyilvános bírálatra és nyilvános előadásra alkalmasnak tartom.

A beadás időpontja:

Dr. Antal Ákos

*témavezető*

### *Nyilatkozat az önálló munkáról*

Alulírott, *Lakatos Levente* (VKKOD), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkezű aláírással igazolom, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és dolgozatomban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a hatályos előírásoknak megfelelően, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2019. 06. 11.

Lakatos Levente

*szigorló hallgató*

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>Bevezetés</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Meglévő 3D megjelenítési technikák</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1. Sztereó és autosztereó rendszerek</b> .....	<b>3</b>
1.1.1 Sztereó rendszerek .....	4
1.1.1.1. Passzív rendszerek .....	4
1.1.1.1.1 Színszűrős rendszerek: Anaglif .....	4
1.1.1.1.2. Interferenciaszűrős rendszerek (Infitech 3D) .....	6
1.1.1.1.1.1. Polarizációs rendszerek: Lineáris, Cirkuláris .....	7
1.1.1.2. Aktív rendszerek .....	8
1.1.1.2.1. Kitakarásos technika (Shutterglasses) .....	8
1.1.1.2.2. Szeparációs rendszerek .....	9
1.1.1.2.2.1 .A párhuzamos nézés technikája .....	9
1.1.1.2.2.2 Kézi sztereoszkóp .....	10
1.1.1.2.2.3 Fejre illeszthető háromdimenziós kijelzők .....	10
1.1.1.2.2.4 Sztereó-szeparációs rendszerek (félígáteresztő tükrös) .....	11
1.1.2. Autosztereó rendszerek .....	12
1.1.2.1 Sztereogramok .....	12
1.1.2.1.1 A Wiggle-sztereogram .....	12
1.1.2.2 Autosztereogramok .....	13
1.1.2.2.1 A véletlen-pont sztereógramm (random-dot) .....	13
1.1.2.3 Párhuzamos akadályok (Parallaxbarriers) .....	14
1.1.2.4 Lentikuláris optikai szűrő .....	15
1.1.2.5. HoloVizio® .....	16
<b>1.2. Volumetrikus (térbeli) háromdimenziós technikák</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3. Hologramok</b> .....	<b>18</b>
<b>2. Egy nyálábosztóval felszerelt sztereó-szeparációs rendszer</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1 Felépítés</b> .....	<b>21</b>
2.1.1 Nyálábosztó .....	21
2.1.2 Monitor .....	26
2.1.3 Polarizációs szemüveg .....	28
<b>3. Digitális 3D-s tartalmak</b> .....	<b>29</b>
<b>3.1 Legismertebb sztereó3D-s formátumok</b> .....	<b>29</b>
3.1.1. Side-by-Side .....	30
3.1.2. Top-Buttom .....	30
3.1.3. INTERLACED .....	31
3.1.4. Blu-ray 3D, FullHighDefinition 3D (FHD3D Format) .....	31
3.1.5. Checkerboard/Pepita .....	32
3.1.6. Anaglif .....	32
3.1.7. Framesequential .....	33
3.1.8. Szemüveg nélküli .....	33
<b>3.2. Meghajtó és adattároló modul</b> .....	<b>34</b>
3.2.1. Követelményjegyzék a meghajtó modulra .....	34
3.2.2. Lehetséges megoldások .....	35
3.2.2.1. Laptop/PC .....	35

3.2.2.2.	Rapsberry Pi .....	35
3.2.2.3	Intel NUC .....	36
3.2.3	Meghajtó modul kiválasztása és üzemeltetése .....	36
<b>4.</b>	<b><i>A berendezéshez szükséges eszközök specifikációja</i></b> .....	<b>39</b>
<b>5.</b>	<b><i>Tervezés és gyártás</i></b> .....	<b>41</b>
5.1.	<b><i>A cég bemutatása</i></b> .....	<b>41</b>
5.2.	<b><i>Tervezés</i></b> .....	<b>41</b>
5.2.1	<b><i>Főbb módosítások</i></b> .....	<b>42</b>
5.3	<b><i>Gyártás</i></b> .....	<b>49</b>
<b>6.</b>	<b><i>A tervezés összefoglalása, Értékelése</i></b> .....	<b>50</b>
6.1	<b><i>Eredmények</i></b> .....	<b>50</b>
6.2	<b><i>Javaslatok, további fejlesztési lehetőségek</i></b> .....	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b><i>Irodalomjegyzék</i></b> .....	<b>52</b>
<b>8.</b>	<b><i>Összefoglalás</i></b> .....	<b>55</b>
8.1.	<b><i>Összefoglaló</i></b> .....	<b>55</b>
8.2.	<b><i>Summary</i></b> .....	<b>56</b>



## ELŐSZÓ

*Az OPTIKA Mérnökiroda Kft. egy saját projektjeként lehetőségem volt a szakdolgozatomat egy 3D megjelenítő tervezés, kompaktmeghajtómodul illesztés, valamint a prototípus legyártása témakörben megírjam. A dolgozat során részletesen tárgyalom a 3D megjelenítők történetét, a feladatkiírásban is szereplő 3D sztereó-szeperációs rendszerek tulajdonságait, valamint a meghajtó modulok illeszthetőségét és típusait. Végül pedig arról lesz szó, hogyan jutottam el az előzetes tervektől, az általam kidolgozott konstrukcióig.*

*A szakmai gyakorlatom keretében ismerkedtem meg a témával, mivel a cégnél töltöttem azt. Dr. G. Szabó István ajánlotta a témát, mivel érdekelt a háromdimenziós világ, és ő személy szerint is kiváló szakértője az alábbi technikának. A tervek részben saját ötletek és részben a közös konzultáció során kiforrott elemek alapján készültek el. A fő feladatnak egyértelműen a megjelenítést és az adattárolást találtam, hiszen a rendszer fizikai és mechanikai tulajdonságai már korábban adottak voltak.*

*A projekt során együttműködtem mind az ipari munkatársak, mind pedig a tanszéki konzulens javaslatával, ötletével, valamint a saját ötleteim is meg lettek vitatva, épp azzal a személlyel, aki legjobban jártas volt az adott témában, annak érdekében, hogy megfelelő műszaki tartalommal rendelkező szakdolgozatot tudjak beadni.*

\* \* \*

Elsősorban köszönettel tartozom Dr. G Szabó István ügyvezetőnek minden szakmai támogatásért és a szakdolgozat megírásához szükséges körülmények megteremtéséért. Az OPTIKA Mérnökiroda Kft. minden munkatársának a segítségért. Köszönöm Dr. Antal Ákos úrnak a témavezetőséget, valamint a szakmai segítséget. Nagy köszönet illeti szüleimet a kitartó nevelésért, valamint a bizalomért, amit irántam tápláltak a szakdolgozatom megírása közben.

Ezúton szeretném megköszönni mindenkinek a segítségét, különösképp Sipos Bencének a Mechatronika Szakosztályból, valamint aki még hozzájárult ahhoz, hogy a dolgozatom sikeresen elkészüljön, és beadható állapotba tudjam hozni.

*Budapest, 2019.06. 11.*

*Lakatos Levente  
Hallgató Neve*

## JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

### Latin betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
<i>d</i>	párhuzamos eltolás	mm
<i>t</i>	üveg vastagság	mm
<i>G</i>	súly	N
<i>db</i>	darab	db

### Görög betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
---------	-------------------------------	--------------

### Indexek, kitevők

Jelölés	Megnevezés, értelmezés
<i>OMI</i>	OPTIKA Mérnökiroda Kft
SBC	Single Board Computer (mini számítógép, kártya méretű számítógép)
VR	virtual reality (virtuális valóság)
LCD	Liquid Crystall Display (folyadékkristályos kijelző)
2D	2 dimenzió (sík)
3D	3 dimenzió (tér)
LED	Light emitting diode (fénykibocsátó dióda)
CAD	Computer Aided Design (számítógéppel segített tervezés)
TFT	Thin Film Transistor (vékonyfilm tranzistor)
AMLCD	Active matrix LCD (Aktív mátrixú LCD)
HDMI	High Definiton Multimedia Interface
USB	Universal Serial Bus (univerzális soros busz)
SWIR	Short-wavelength infrared (rövidhullámú infravörös)
CRT	Catode Ray Tube (katódsugár cső)
IPS	(In-Plane Switching technology, síkban váltó technológia)

VGA

Video Graphic Array control



## BEVEZETÉS

A háromdimenziós technikák is igen nagy múltra tekintenek vissza, ám az igazi megújulásuk az utóbbi évtizedben köszöntött be. A technika fejlődésével a hétköznapi felhasználók számára is egyre jobban elérhetővé váltak a 3D-s tartalmak.

A fotográfia megjelenésével szinte párhuzamosan jelentek meg a kezdetleges 3D-s technikák, hiszen az emberiséget ettől kezdve vonzotta, miként lehet leképezni legjobban a körülöttünk fekvő világot. Már a fotográfia előtt is voltak kutatók, akik észrevették, hogy a két szembe különböző kép jut, ha az adott tárgy nem egyenlő távolságra helyezkedik el a két szemtől. Leonardo da Vinci a 15. század végén, valamint Wheatstone is publikált erről. Utóbbit nevezik a 3D-s megjelenítés első jeles képviselőjének a sztereoszkóp megalkotása miatt (1832). Rájött arra, hogy az agy a két szem által látott kétdimenziós képek közti különbségből építi fel a térbeli hatást. Eleinte rajzokat tett a készülékébe, de éveken belül megjelent a fotográfia, és felváltották a készített fényképek. [1], [3]

A sztereoszkópok a Viktoriánus korban érték el a legnagyobb népszerűségüket, ekkortájt picit megrekedt a 3D-s megjelenítés terjedése. A századfordulóra (XIX-XX) bekövetkezett az újabb ugrás, hiszen megjelentek az első térbeli hatást nyújtó filmek. Ezek javarészt anaglif technikák, voltak, vagyis rendszerint zöld-piros üvegek tették lehetővé a sztereofilm nézését. A húszas években divatba is jöttek ezek a megjelenítők, ám később a gazdasági válság bekövetkezésével nem jöttek ki a stúdiókból tucatszámra a 3D-s filmek. A filmiparban a következő ugrást a polarizációs technikák jelentették. Időközben a gazdasági világválság hatására egy ígéretes technika került süllyesztőbe. Itt a székekhez erősített nézegetőn keresztül csodálhatták a nézők, amint az a képkockákkal egyszerre zárta el a fényt az egyik és a másik szem előtt, kialakítva ezzel a térbeliség élményét. Sajnos ezekkel a technológiákkal akkoriban még nem lehetett jó minőségű képet adni. Egyszerűen nem lehetett gazdaságosan ilyen filmet készíteni, és a filmszínházak elálltak ettől a lehetőségtől. [3]

Honfitársaink közül Bálint István nevét érdemes először megemlíteni, aki a harmincas években megalkotott forgótárcsás sztereó-felvevőjével vívta ki az elismerést. Ezt az eszközt 1934-ben szabadalmaztatta a feltaláló, és eszköze képes volt a korát meghazudtoló finommechanikai szerkezetként fennmaradni. Mára már a hírneve igen csak megkopott, de lelkes hozzáértők, még a mai napig elismerik a szerkezetet, illetve a feltaláló munkásságát. Szükséges még Hazai Lajos nevét is megemlíteni, aki sztereodiaporámákat készített a 60-as 70-es évektől kezdve. Ő is, mint korabeli társa, vetítésre forgótárcsás vetítőt használt. [22][23][24]

Az ötvenes években újra egy fellángolás következett a filmiparban, és megint népszerűvé váltak a 3D-s technikák. A polarizációs szűrők segítségével már a színes filmek is élvezhetőnek bizonyultak. Ez az időszak sem tartott sokáig, amit gazdasági okokra lehet visszavezetni. A kettős orsóval történő vetítés miatt fontos volt, hogy a film megfelelően legyen szinkronizálva, mert különben apróbb hibák is kényelmetlenséghez, szem- és fejfájáshoz vezethettek. A következő évtizedek nem hoztak érdemi változást, hiszen az emberek a megszokott technikákat élvezhették, és nem tapasztaltak semmi változást a filmezés területén.[3], [9]

Aztán az igazi robbanás az IMAX mozik megjelenésével jött meg a filmezés számára. Nem csak minőség béli javulás következett, hanem kedvezőbbek lettek az anyagi vonzatai is a technika fejlődésével. A mozik is újabb technikák felé nyitottak, ezért is sikerült rövid idő alatt relatív magas bevételre szert tenni, a 3D mozik mellett továbbra is töretlenül futó 2D-s filmekkel szemben.[3], [6]



1. ábra: Imax 3D vetítógép [3]

Napjainkban egyelőre kitart a térbeli élmény utáni vágy és úgy látszik a nézők is hajlandóak áldozni a technikára, ha annak a minősége megfelelő. Kétség kívül a 2009-es Avatar című film óriási lökést adott az egyébként kicsit hanyatlani látszó iparnak. Olyannyira, hogy Dél-Koreában utána nem sokkal megjelentek az első 3D-s tévéadások, sőt még a MTV is sugárzott M3D nevű csatornáján, kísérleti jelleggel a 2012-es Labdarúgó Európa Bajnokság, valamint az utána következő Londoni nyári játékok ideje alatt. A csatorna megjelenítésre Side-by-side technikát alkalmazott, valamint az adás megszűnésével interneten még fogható volt az anaglif módszerű változata. [5], [9]

Összegezve elmondható, hogy a 3D-s megjelenítők meglehetősen hosszú utat jártak be, vagy akár úgy is ki lehet fejezni, hogy a dagerotípiáktól az autosztereokopikus kijelzőig sok minden megváltozott. A korunk kijelzői különböző technikáit korántsem jellemezi a tökéletesség, és továbbra is fejlesztők hada dolgozik, hogy minél jobb minőséget biztosítsanak a rendszerek. Jelen szakdolgozat célja sem az, hogy az összes hibát és kompromisszumot leküzdjük, hanem egy olyan berendezés megalkotása, ami minél kevesebb életidegen eszközzel tud, jobb képet visszaadni. Remélem folytatódni fog ez a pozitív tendencia, és nem csak 30 évente lesz egy nagyobb esemény a térbeli élményt nyújtó eszközök széles világában.

## 1. MEGLÉVŐ 3D MEGJELÉNÍTÉSI TECHNIKÁK

A dolgozat fő témája elején fontos ismertetni a különböző technikák tulajdonságait, így egyszerűbb, a tervezni kívánt eszköz behatárolása is. Az információrengetegből nem csak a lényeg nehéz kigyűjteni, hanem a csoportosítás módjai is. A térbeli megjelenítőket számos különböző módon lehet csoportosítani. Beszélhetünk aktív, passzív eszközről, vagy csak a berendezés specifikusságából, alkatrészek, vagy egyéb tartozékok, hardverek általi csoportosítási módról is.

Legismertebb talán az, amikor

- sztereó-autosztereó megjelenítők,
- volumetrikus megjelenítők
- holografikus megjelenítők

kategóriákba soroljuk a berendezéseket. [3]

A művészek képesek a képek méretével, formájával, rétegeltségével, a perspektívával, és az árnyékolással mélységet adni a kép számára. Ezek a rendszerek arra hivatottak, hogy mindezt a mélységi megjelenítési lehetőséget, mindössze két képből megoldják.

A sztereó megjelenítőket tovább lehet bontani olyan eszközökre, ahol valóságos hullámfront létrehozás történik, vagy csak ernyőn megjelenő képeket helyezünk a szem elé. Ezen rendszerek kivétel nélkül okoznak kisebb nagyobb kellemetlenséget, illetve a szem terhelését hosszútávú nézés esetén. Másik terület a volumetrikus kijelzők. Ezek az eszközök voxekkel (háromdimenziós pixelekkel) dolgoznak, és ebből is léteznek statikus, és dinamikus fajták. Ezek az eszközök viszont meglehetősen drágának bizonyulnak. Harmadik eltérő technikát bemutató csoport, a hologrammal működő megjelenítők. Itt gyakorlatilag hullámfrontújjáépítést valósítunk meg. Képről érkező hullámfront és referenciahullám interferenciája segítségével képezzük le a tárgyat. Ezt a rögzített képet a referenciahullám segítségével előhívjuk, így az eredeti kép mesterséges mását tárjuk a néző elé. A probléma, hogy a kép rögzítve lett és a módosítási lehetőség ezzel eltűnik. [2]

Jól látszik az előbbi összefoglalóból, hogy valóban nem mondható kompromisszummentesnek egyik ilyen megjelenítő sem.

### 1. 1. Sztereó és autosztereó rendszerek

A sztereó és autosztereó megjelenítőkből tucatnyi technika lett kifejlesztve az elmúlt évek során. A legfőbb különbség, hogy a még sztereoszkópikus megjelenítők igényelnek egyéb segédeszközt, mint pl. speciális nézőke használatát, addig az autosztereó rendszerek biztosítják a szabad nézés élményét. [7]

Fekete Róbert előadásaiban a következő csoportosítási módot alkalmazta ebben a témakörben: [8]

## Sztereo rendszerek

- Passzív rendszerek
  - Színszűrős rendszerek: Anaglif, Infitech®
  - Polarizációs rendszerek: Lineáris, Cirkuláris
- Aktív rendszerek
  - Kitakarásos technika (Shutter glasses)
  - Szeparációs rendszerek

## Autosztereo rendszerek

- Sztereogramok
- Párhuzamos akadályok (Parallax barriers)
- Lentikuláris optikai szűrő
- HoloVisio

Én is ezen a vonalon fogok végig haladni kisebb-nagyobb kiegészítéssel.

### 1.1.1 Sztereo rendszerek

A sztereó megjelenítők alapelve, hogy két eltérő nézetet jelenítenek meg egy adott tárgyról. Ez azon alapszik, hogy a két szem picit eltérő képet ad az objektumról, ami így kétféle mélységi jelet ad: binokuláris diszparitást és a dupla képet. A diszparitás egy elég intenzív mélységet tud adni a képnek. Ezt a mélységérzetet elérhetjük két kép készítésével egy azonos tárgyról is, ahol az egyik kép a másikhoz képest 65 mm-el (átlagos szemközép távolság) el van tolva. Ezt a két képet másnéven sztereogramnak hívjuk, és azt az eszközt, ami ezt a két képet külön-külön juttatja a szembe, sztereoszkópnak nevezik. A különböző sztereoszkópikus technikákat a soron következő oldalak tartalmazzák. [2]

Fontos megjegyezni, hogy a sztereoszkóp csak rövidtávon működik. Nagyjából 200 méter a felső határ. Továbbá információt, csak a tárgyak távolságáról kapunk, a szemlélő és a képek között nem tudjuk, mekkora lehet a hely. Akik ilyen elveken alapuló berendezéseket használnak, rendszerint alábecsülik a mélységet rövidtáv esetén, és túlbecsülik ezt nagyobb távolságoknál. [2]

#### 1. 1. 1. 1. PASSZÍV RENDSZEREK

Ebben a fejezetben olyan passzív rendszerekről lesz szó, ahol a csatornajel szétválasztása optikailag történik, különböző színszűrők alkalmazásával. Ennek a technikának a legősibb alapjának az anaglif képalkotási módot lehet tekinteni. Itt az a lényeg, hogy két egymásra nyomtatott kép eltérő színekkel rendelkezzen. A képet csak olyan eszközön, általában szemüvegen, keresztül érdemes vizsgálni, ami megegyezik a képen található két spektrum színével. Ha például a klasszikus vörös-cián képet vizsgálja a szemlélő, és felveszi a képnek megfelelő szemüveget, akkor a vörös lencsén csak a vörös kép fog áthatolni, a ciánon pedig csak a ciáné. Ez azt okozza, hogy a két szembe különböző kép kerül, és az agy így megvalósítja a térbeliség élményét. [1] [9]

#### 1.1.1.1.1 SZÍNSZÜRÖS RENDSZEREK: ANAGLIF

Az anaglif technikát elsőként Wilhelm Rollmann 1853-ban Lipcsében fejlesztette ki, így joggal tekinthető ez az egyik legrégebbi háromdimenziós képalkotásra alkalmas technikának. Mint az a felvezetőben is elhangzott, ez a módszer csatornajel szétválasztáson alapszik, amit általában cián-piros, vagy más komplementer színek alkalmazásával érték el. Ilyen színpárok lehetnek még a zöld-vörös, sima-kék vörös, és magenta cián is. Sajnos a szemüveg nélkül



értelmetlen ezek a képeket vizsgálat alá vonni, de hogy a passzív költségek alacsonyan maradjanak, kezdetben és mostanság is előszeretettel alkalmaznak papírból készült szemüveget. Az anaglif módszert előszeretettel alkalmazták akár nyomtatott formában, sőt mi több a National Geographic Magazin egyik számában is jelentek meg ilyen képek. Végsősoron ez a technika a mai napig népszerűnek mondható. Népszerűsége alighanem az gazdaságosságának is köszönhető, valamint annak, hogy szinte bármelyik színes megjelenítőeszköz, képes ezeket a képeket a néző rendelkezésére bocsájtani. További előnyei, hogy nem érzékeny a fejdőlésre, és kevésbé fárasztó a szem számára más technikák, mint pl. az autostereo-grammokkal ellentétben. [3] [9] [11]

Hátrányuk sajnos a színvisszaadásban jelenik meg. A képek eléggé színtelennek hatnak, azt megjegyezve, hogy a színszűrők színeinek megfelelő árnyalatok többnyire színhelyesek. Ezekre csak az interferenceszűrős rendszerek használata adhat gyógymódot. Az interferenceszűrős rendszerek előtt is rengeteg változata létezett az anaglif technikáknak, kezdve a teljesen monokromatikusoktól, a már említett vörös-ciánon és anachrómon át akár az Inficolor, vagy Color-Code 3D eljárásig. Ezt az eljárást más néven a sárga-kék eljárásnak nevezek, ahol a néző szinte a teljes színélményt érzékelni tudja.[3] [12]

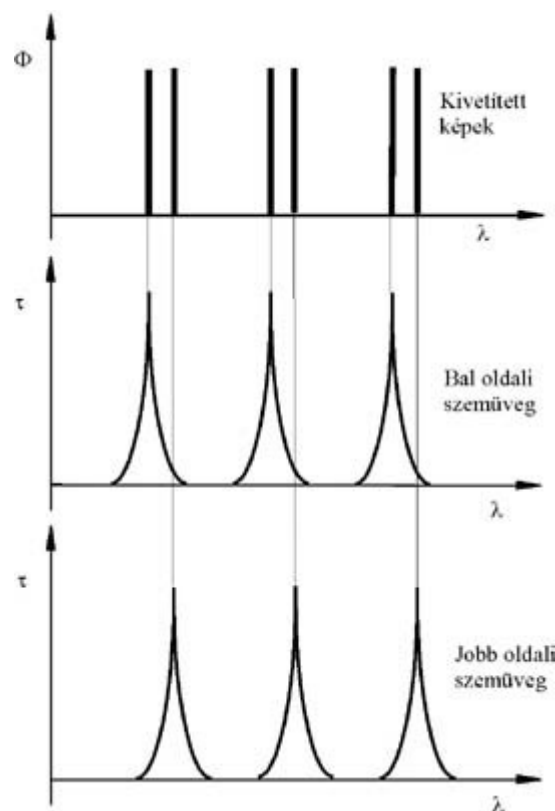


2. ábra Anaglif technikával ellátott sörösdoboz, és a hozzá tartozó szemüveg

### 1.1.1.1.2. INTERFERENCIASZŰRŐS RENDSZEREK (INFITECH 3D)

Ezt a technológiát eredetileg a Daimler AG német autóiipari óriás vállalat fejlesztette ki a tervezés megkönnyítésére. Később a Dolby Laborariessal közös projektjük keretében civil felhasználást is kapott a technológia, mégpedig a háromdimenziós mozizásban.[3]

A technika háttere az emberi szem trikromatikusságán alapszik. A szemmel kapcsolatban is előjön az RGB színhármas, hiszen spektrálisan kék-zöld-vörös tartományban érzékel az emberi szem. A receptorok érzékenységi görbéinek maximumai 450-550-600 nm-es hullámhossznál vannak. Fontos adat még az ún. félértékszélesség is, ami megmutatja az egyes színek intenzitás felénél mekkora az átölelt hullámhossztartomány mérete, nanométerben. Ezek az RGB esetében sorrendben 70,80 és 60 nm, ami a diagrammon is szembevetendő. Itt jön képbe a színkeverés, vagyis az egyes színek a feljebb említett tartományon belül kikeverhetők több, egyenként azonos hullámhosszú sugarakból álló fénynyalábból. Színhelyes térhatást ezzel úgy tudunk elérni, hogy eltérő monokromatikus összetevőből állítjuk elő az egymásra vetített képet, ezután szétválasztjuk azt a jobb és bal szembe, valamint megfelelő szűrőket alkalmazva érijük el a kívánt hatást.[4] [10]



3. ábra Érzékenységi görbék maximumai [4]

Az INFITEC technikánál a csatornajel szétválasztást olyan színszűrőkkel oldják meg, amelyek az RGB színtartományok segítségével állítják elő a valós színeket. A tartalmat két projektorból vetítik, amik elé olyan szűrőket helyeznek, hogy a három színtartományt felosztják egyenként két résztartományra. Továbbá ismert olyan megoldás is, ahol a projektor elé váltakozva helyeznek szűrőket. [10] [13]

A passzív szeműveg két lencséje is ezeknek a résztartományoknak a függvényében tartalmaz interferenciaszűrőket, amelyek így csak az aktuális szemnek szánt képet engedik át. Előnye, az anaglif technikával szemben, hogy megőrzi a tényleges színeket és nem érzékeny a fejdőlésre. Az élmény még fokozható azzal, hogy az említett receptorgörbék félértékszélességein belül, úgy választjuk meg a monokromatikus sávokat, hogy az egyik szembe jutó alakzat vörösségét, a másikkal tartozó lencse zöld irányba tolja el. Hátránya,

hogyan az ilyen keskeny féltértékszélességű szűrők előállítása bonyolult és költséges, nem beszélve az ugyan ilyen képességekkel és paraméterekkel rendelkező vetítőkről. Ezért a hagyományos színszűrők elterjedtsége sokkal látványosabb. [4] [10]

Fejlődési lehetőség lehet, hogy növeljük a csatorna szétválasztások számát 3-ra vagy 4-re. Itt a résztartományok száma bázisonként háromra, illetve négyre nő. Színkorrekcióra itt már szükség van ahhoz, hogy a projektor tudja az azonos szintartományokat reprodukálni. [3]



4. ábra Interferenciaszűrő készlet [3]

#### 1. 1. 1. 1. 1. POLARIZÁCIÓS RENDSZEREK: LINEÁRIS, CIRKULÁRIS

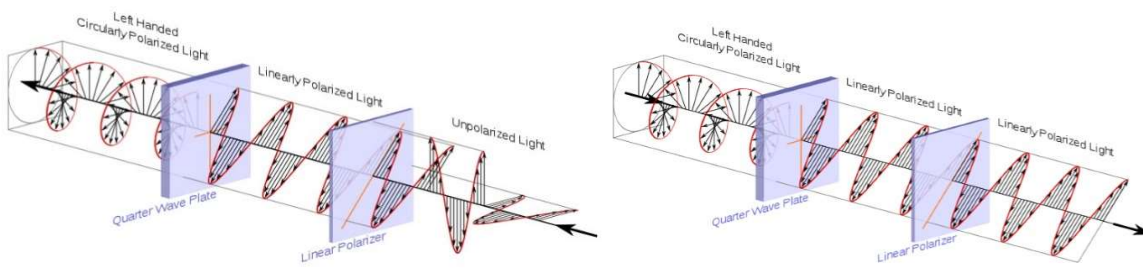
Polarizáció rendszerek talán az egyik legelterjedtebbek manapság, amivel a legvalószínűbben a 3D-s mozitermekben találkozhatunk először. [9]

A technika lényege hasonlít a színszűrős és interferenciaszűrős változatokra, annyiban eltérve, hogy színszűrők helyett polarizációs szűrőket alkalmaznak csatornabontásra. Az így felbontott jelek jutnak a szemüvegen keresztül külön-külön a két szembe. Fontos szabály, hogy a vetítő felület nem változtathatja a fény polarizációját, különben az egész rendszer torzképet adna. [4] [14]

Mint az alcímben is kihangsúlyoztam kétféle polarizációs technikát különböztethetünk meg egymástól, mégpedig a lineárist, és a cirkulárist.

A lineáris technikánál úgy vetítik egymásra a képet, hogy azok keresztülhaladnak egymáshoz képest  $90^\circ$ -al elforgatott polarizációs szűrőn. A vetítő felületről visszaverődve a szemüvegeken csak azok a csatornajelek jutnak a megfelelő szembe, amiknek azonos a polarizációs foka az adott szemüveglencsével. [4] [14]

A cirkuláris polarizációs technikáról is ugyan ez mondható el, de itt cirkulárisan polarizált csatornajeleket alkalmaznak, amik egyenként jobb vagy balsodrásúak. A polarizációs szűrő mellett egy ún. negyedhullám szűrő is részt vesz a folyamatban az ábrán látható módon. Ez a két szűrő együttesen hozza létre a cirkulárisan polarizált fényt. Az 5. ábrán szematikusan látható a cirkulációs polarizáció működése. [3]



5. ábra Cirkulációs polarizáció folyamata [3]

Az eszköz két vetítőt tartalmaz, melyek egymásra merőleges polarizációs síkú szűrőkön keresztül vetítik ki a két különböző pozícióból készített képet. A vetítéshez egy speciális felületi kiképzésű ernyőt alkalmaznak, amely nem befolyásolja a ráeső fény polarizációs állapotát, ez ugyanis a hatás szempontjából káros lenne. A megfigyelő szintén olyan szemüvegpáron keresztül szemléli az ernyőt, amely két – egymásra szintén merőleges polarizációs síkú – szűrőt tartalmaz. A térbeliség érzésének eléréséhez az egyik szembe csak az egyik, míg a másik szembe csak a másik vetítőtől származó kép jut. Az alkalmasan megválasztott irányú, lineárisan polarizált fényt, a rá merőleges polarizációs síkú szűrő nem engedi át, míg a vele azonos polarizáltságú igen. [3]

A cirkuláris technika előnye a lineárishoz képest az, hogy nem érzékeny a fej dőlésére. Ez azzal magyarázható, hogy a negyedhullám-lemez és a lineáris szűrő egymáshoz való viszonya nem változik meg, bármilyen szöget is vesz fel a szemünk síkja a vízszinteshez képest. A szemüveg felépítését tekintve a negyedhullámlemezt éri először a csatornajel, ami bármely pozícióban képezt az befogadni, és tovább ereszteti a lineáris szűrőhöz. Ez tovább engedi a jelet, ha az előtte lévő szűrő a neki megfelelő jelet kapta. Az előnye a többi technikával szemben a gazdaságosságában, és a teljes színvisszaadásában rejlik, valamint abban, hogy a felvételek során nyugodtan alkalmazhatunk nagyobb bázistávolságot, az csak növelni fogja a térbeliség élményét. A távolságot minden határon túl növelve, már szinte hihetetlen térbeliségű képek állíthatók elő.[3]

A módszer hátránya az optikai utak tökéletlen szétválasztása, amittől romlik a minőség. További aggodalom lehet, hogy a technika igen fényszegény, tekintve a sok szűrőn való áthaladást. Továbbá ügyelni kell a vetített képek illesztésére, ugyanis ennek hiányában zavaróvá válik a kép.[3] [4]

A technológia javított változata, amikor aktív retardert alkalmazunk a polarizáció térbeli modulálásához a teljes képernyőn, mindezt nagy frissítési gyakorisággal, ami nem megy a felbontás rovására. [9]

### 1. 1. 1. 2. AKTÍV RENDSZEREK

#### 1.1.1.2.1. KITAKARÁSOS TECHNIKA (SHUTTER GLASSES)

A technika az angol shutter szóból ered, jelentése zárás, vagy valamilyen eszközzel történő kitakarás. Ennél a technológiánál aktívan avatkozik be a képbe, tehát nem szín- és polarizációs szűrőkkel történik a csatornajel szétválasztás. Az aktív beavatkozás lényege, hogy képkockáról-képkockára egyszer az egyik szem számára teszi láthatóvá a képet, a következő pillanatban pedig a másik számára. Ezt úgy éri el, hogy a felhasználó fején lévő szemüveg is aktív része a rendszernek, vagyis egy benne található folyadékkristályos kijelző a vezérlés számára megfelelő időpillanatban aktiválódik, és nem engedi a fényt a szembe. Az emberi szemnek kb. 50 ms-os a tehetetlensége, vagyis ennyi időre van szüksége, hogy tárolja a képet, és összefűzze az agy számára. A technika ezen biológiai törvényszerűségeen alapszik. A rendszer egyik kulcsfontosságú eleme a magas frekvenciájú képfrissítésre alkalmas kijelző

mejléte, ami azért, hogy vibráció mentes legyen a megjelenítés, közel 120 Hz-es értéktartományban kell lennie. [3] [7] [9]

A fent említett technika nagy előnye a színhelyes képadás és a fej dőlésére nem érzékeny. Hátránya lehet, hogy korszerű és modern megjelenítő eszközök meglétére épít, ami így a számítógépes szórakoztatóiparban elterjedtebb. Főleg azért, mert a szemüvegben megtalálható elektronika valamint az infravörös kommunikációs egység a kijelző és a szemüveg között többlet költséget okoz. A szemüveg nehézkes viselete, valamint a szinkronizációs frekvencia olykor kellemetlenséget okoz. Egyszerre több személy szórakoztatása is korlátokba ütközhet, mivel a vizualizációs sáv korlátozott. [3]

Erre a technikára alapuló LCD shutter glasses technikát alkalmazták a mozikban is több-kevesebb sikerrel. [3]



6. ábra Kitakarásos technika eszközei [3]

#### 1.1.1.2.2. SZEPARÁCIÓS RENDSZEREK

##### 1.1.1.2.2.1 ..... A PÁRHUZAMOS NÉZÉS TECHNIKÁJA

Ennél a technikánál nincs szükség semmiféle segédeszközre a 3D élmény előállításához, csupán egy képpárra van szükség. Ennek a képpárnak olyannak kell lennie, hogy egymást mellé kell helyezni a jobb és bal szem számára feldolgozandó képet. Ezen technikák különlegessége, hogy nem minden ember képes látni azt a bizonyos 3d-s képet, vagy csak bizonyos gyakorlat után. Ilyen, amikor keresztezzük a két szemtengelyt, és az egyik oldalon lévő képet a másik oldalon lévő szembe juttatjuk. Ehhez a szemmozgató izmok ellazítása szükséges, olyannyira, hogy a szem alkalmazkodjon ahhoz a képsíkhöz, amin a képek jelennek meg. Azok az emberek, akik ezt nem képesek megcsinálni nem fogják fel a 3D-s élményt. A másik módszernél csupán az a dolgunk, hogy egyenesen, szinte a végtelen távolba nézzünk, miközben a már használt képpárt tartjuk szem előtt. Ezt akkor tudjuk megvalósítani, ha a két tengely csaknem párhuzamos egymással. [3]



7. ábra Sztereó képpár[3]

1.1.1.2.2..... KÉZI SZTEREOSZKÓP

A kézi sztereoszkóp egy eszköz, ami az előbb említett jelenségeket használja fel. Csupán bele kell nézni az eszközbe, ha 3D-s tartalmat kívánunk megtekinteni. A szerkezetben a két kép mellett két lencse is található, ami arra hivatott, hogy a szemlencsének ne kelljen akkomodálni az egyes képhez. [3]



8. ábra Kézi sztereoszkóp [3]

1.1.1.2.2.3.....FEJRE ILLESZTHETŐ HÁROMDIMENZIÓS KIJELEZŐ

A fejre illeszthető rendszerekben az élményül szolgáló mikro kijelzők rendszerint LCD, vagy akár OLED típusúak. A két szemnek külön-külön vetített kép ad lehetőséget háromdimenziós élmény megvalósítására. Vetített kép bármilyen lehet, de többnyire valamilyen valóságos kép van átdolgozva az eszköz számára felfogható látszólagos tartalommal. A korszerű ún. VR (virtual reality) szemüvegek, vagy teljes head-setek a felhasználó teljesen virtuális környezetben érezheti magát. Mozogni tud, körbesétálni, megfordulni és akár bármilyen cselekvést tud végrehajtani ebben a kiterjesztett valóságban, és ez mindenképp a rendszer előnyének könyvelhető el. Az angolul „See-through HMD”-nek nevezett eszközök arra

hivatottak, hogy a sztereoszkópikus képet egyesítsék a valósággal. Kissé hátrányt képez jelenleg, hogy a kép háttérében lévő tárgyak gyakran elmosódnak. [9] [14]

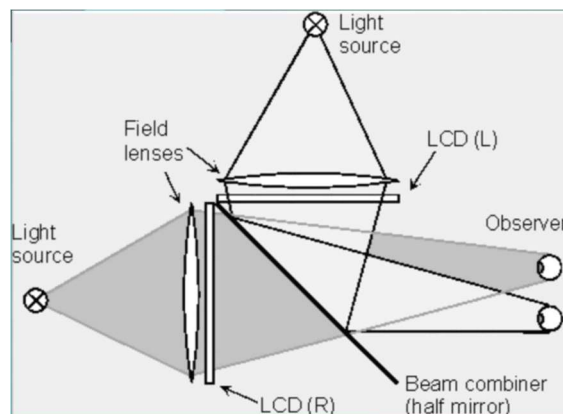
A legnagyobb hátrányuk jelenleg a viselet. Hosszútávon a fáj nyak illetve a szem számára is kellemetlen lehet a technika. Felhasználása kezdetben, az iparban, a gyógyászatban valamint a hadseregben mutatkozott meg, majd később lett ismert az elektronikai szórakoztató ipar számára. Ma már szinte a legnagyobb felhasználója ez a terület. [3]



9. ábra VR szemüveg [3]

1.1.1.2.2.4 .....SZTEREO-SZEPARÁCIÓS RENDSZEREK (FÉLIGÁTERESZTŐ TÜKRÖS)

A 10. ábrán látható az eszköz működési elve, ami a dolgozatban tárgyalt rendszerhez hasonló; részletes felépítésre a 3.1-es fejezetben kerül sor.



10. ábra Nyalábosztóval felszerelt sztereó szeparációs rendszer működési vázlat

Az alapelv, mint bármely sztereó rendszernél itt is az eltérő kép, vagy tartalom, külön-külön a jobb és bal szembe juttatása. Ez teszi lehetővé a felhasználó számára egy polárszűrő segítségével, hogy egyesítse a két képet, amitől észlelhető a kép mélysége.[14]

### 1.1.2. Autosztereó rendszerek

Az autosztereó kijelzők neve onnan ered, hogy automatikusan megvalósul a sztereószkópia. Az ilyen rendszerű kijelzők nézéséhez nincs szükség se polarizációs szemüvegre, se szűrőkre, vagy bármilyen optikai kellékre, sőt még a fej forgatására sem. Autosztereószkópikus rendszerekben sokan a jövő 3D-s eszközeit vélik felfedezni. Ezt a csoportot egyfelől a sztereógrammok, és autosztereogramok alkotják, valamint a párhuzamos akadályok névre hallgató rendszer, ami nem sokban tér el a szintén ide tartozó lentikuláris optikai szűrővel felszerelt egységektől. Végül, de nem utolsó sorban ide tartozik a HoloVisio is, ami egy magyar találmány. A különböző megoldásokat az választja el egymástól, hogy a miként vannak csoportosítva képpontok a térben ahhoz, hogy a különböző megfigyelési pontokon képet adjanak. [9]

#### 1.1.2.1 SZTEREOGRAMOK

A sztereószkópia egy technika a mélység észlelésére a kétdimenziós felületen. A görög stereos (szilárd, tömör) és skopeo (nézni) szavakból áll. A módszer lényege, ahogy már korábban is említettük, két szemünknek különböző képet mutatunk, amiből az agyunk előállítja a háromdimenziós képet. Avagy hogyan állítsunk elő két darab kétdimenziós képből egy háromdimenziós képet?

##### 1.1.2.1.1 A WIGGLE-SZTEREOGRAM



11. ábra Wiggle-sztereogram[3]

Számos technika létezik háromdimenziós tartalom előállítására, mint azt a korábbi példák is említik. Az ilyen tartalmakat illúzió útján is elő lehet állítani, mégpedig úgy, hogy parallax hatást hozunk létre. Ezt a hatást wiggle - ami az angolszász nyelvterületeken mozgót jelent – sztereószkóppal lehet előállítani. A rendszer működését tekintve olyan, mint a filmszalag, szóval képeket vetítve egymás után lesz látható a valóságos tartalom. Itt azonban nem csak egyszerű kép egymás utáni vetítéséről van szó, hanem arról is, hogy felváltva jelenítjük meg a két szem számára a kívánt képet, amiből a szem és az agy összerakja a 3D-s élményt.[8]

Hátránya lehet, hogy az animáció előállítása eszközigenyes, többnyire számítógép szükséges hozzá. Aktív animációról lévén szó, nem igazán közölhető nyomtatott sajtóorgánumban, mert nem fogja megadni a kellő mélységérzetet. Előnye, hogy elhagyható a szemüveg vagy szűrő, pusztán szemmel is előáll az élmény. [3] [8]



### 1.1.2.2 AUTOSZTEREOGRAMMOK

Autosztereogramokat az különbözteti meg a többi sztereogramtól, hogy csupán egyetlen egy képből állnak. Egy képen belül azonban több ismétlődő minta is található. A minta rendszerint nem teljesen egyforma, apró eltérések láthatóak minden egyes képkocka között, mintha egy filmszalagot tettünk volna egymás mellé kiterítve. Ezt az agyunk parallaxisként fogja fel, amelyet úgy érzékel, mintha a kijelző előtt vagy mögött helyezkedne el. Amikor megtekintjük ezeket a képeket, a bennük rejlő 3D-s tartalmat nehéz előhívni. Ahhoz, hogy lássuk ezeken a képeken rejlő térbeli tartalmat két féle technika közül kell választani. Az egyiknél a szemek konvergenciáját, a másik esetben pedig a divergenciáját kell felhasználni. Az utóbbi esetben a képet teljesen a szem elé emelve azt tapasztaljuk, hogy nem tudunk fókuszálni a képpontokra. Ezt az állapotot kell fenntartani akkor is, amikor távolítjuk a képet a szemtől, hogy elérjük a kívánt vizuális élményt. A másik módszernél a kép mögé próbálunk nézni. Ezt úgy érzük el, hogy kiválasztunk két egyforma képet, és próbáljuk a két szemtengelyt szinte párhuzamossá tenni. [3] [9]

Érdekesség még, hogy egy minta minél többször helyezkedik el a képen, annál közelebbinek érzékeljük, mint más alakzatokat a képen, ami miatt elérhető az autosztereogramokkal a 3D élmény.[3]



12. ábra Egy autosztereogram[3]

A véletlen-pont **sztereógramm**, amiről a következő szakaszban lesz szó, hozzájárult a 90-es években divattá váló ún. varázsszem képekhez. Ezek sztereógrammot már nem igényeltek, pusztán az észlelőkre bízta a képek egyesítését. [3] [8]

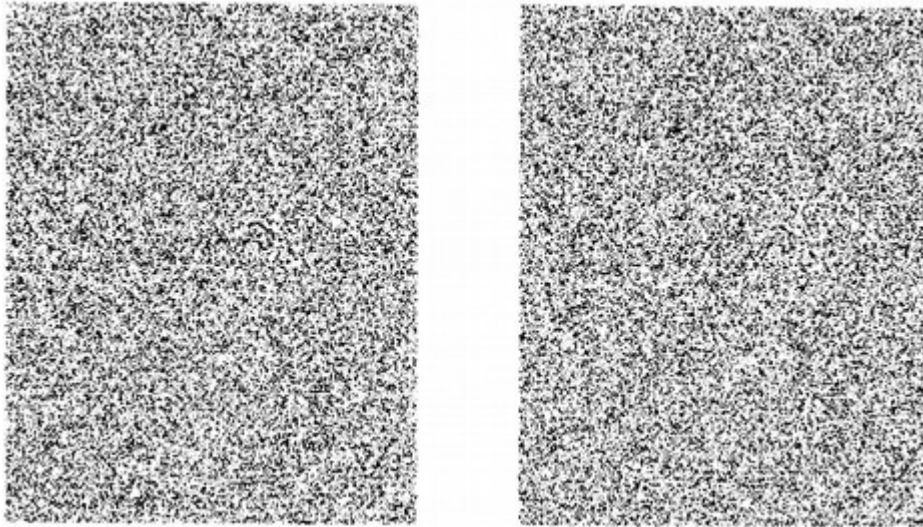
Manapság az autosztereo kijelzők megjelentek az otthoni televíziók platformján is. Az embereknek nem volt kényelmes a szemüveg viselete, valamint az ezzel járó kontraszt csökkenés, és csak ritkán néztek ilyen háromdimenziós tartalmat. Ezekben az új autosztereoszkópikus rendszerekben nem találkozunk már a fentebb említett akadályokkal, viszont kompromisszumként a kép minősége fog csökkenni. Az autosztereoszkópikus kijelzőket jelenleg a legtöbb esetben marketing céllal használják plázában, kirakatokban és áruházakban. [3]

#### 1.1.2.2.1 A VÉLETLEN-PONT SZTEREÓGRAMM (RANDOM-DOT)

Julesz Béla 1960-ban felfedezte, hogy a sztereólátást nem előzi meg az tárgyak azonosítása, mint ahogy azt addig hitték. A térbeli mélységet a retinális képeken lévő tárgyak felismerése nélkül is képesek vagyunk érzékelni. Julesz ezt a felfedezést a róla elnevezett random-dot sztereóparókkal bizonyította be. A Julesz-féle sztereópar két képet tartalmaz a két szem számára, amelyeket különválasztottan kell bemutatni. Itt a kép nem tartalmazott felismerhető

tárgyat, mint a sztereógrammok esetében, ha nem minden képen kb. 10000 kis pont volt látható. A random-dot sztereogramokban a kis pontokból álló mátrixban 50-50% esély van arra, hogy fehér, vagy fekete legyen a pont. A módszer esetében mind két kép ugyan az, pusztán az egyik képen lévő kép el van tolvá a horizontális diszparitás végett. Az eltolódás miatt kialakult rést pedig véletlenszerűen új pontokkal töltjük fel. Erre utal az elnevezés is. A módosítás lényege, hogy a kívánt alakzat pontjait a diszparitás mértékével eltoljuk balra vagy jobbra, és az üresen maradt képpontokat véletlenszerűen feltöltjük. Eme művelet végeztével láthatóvá válik a kép. Stabilitás szempontjából megfelelő képet kapunk. [8] [16]

Ezek a képek kiemelik a sztereoszipszis problémáját. Ám látórendszer kiküszöböli ezt a problémát, és megszünteti hibákat. Az egyből meglátható mélység mellett a képek pásztázó szemmozgásra sem érzékenyek. [3]

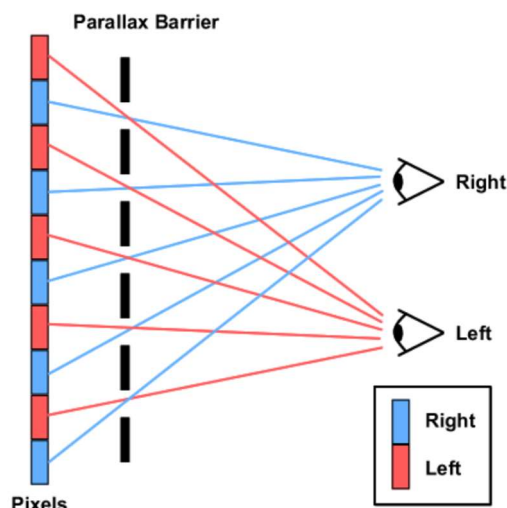


13. ábra Véletlen pont sztereogram[35]

#### 1.1.2.3 PÁRHUZAMOS AKADÁLYOK (PARALAXBARRIERS)

A soron következő két megjelenítő abban tér el a többi autosztereo rendszertől, hogy itt a kijelző szerkezetében található olyan optikai elem, ami a vizualizáció biztosítását szolgálja. Az alapgondolat ugyanúgy megegyezik, ám ezek a segédeszközök, amik javarészt optikai elemek, bekerülnek az ernyő illetve a szemlélő közé. Ebben az esetben viszont nem szemüveggel történik a szétválasztás, ami így lényegesen javítja a használhatóságot és a komfortérzetet. [3]

A párhuzamos akadályok onnan kapta a nevét, hogy az optikai elemek a keskeny pixel részek között helyezkednek el. Ezek a függőleges sávok a fény számára áthatolhatatlan anyagból készülnek. Ez lehetővé teszi, hogy a mögötte elhelyezkedő kijelzőn bizonyos ernyőképpontok váljanak láthatóvá a tér bármely pontjáról nézve. Mindezt úgy teszi, hogy a megfigyelő bal szemébe csak a páratlan számú oszlopokat továbbítja a baloldali képből, a jobb oldaliból meg csak a párosokat. Az átláthatatlan akadályok blokkolják a nem kívánt képeket. Mindkét kép párhuzamosan van megjelenítve, ahhoz hogy a megfigyelő megfelelő szemébe jusson a kép. [13] [14]



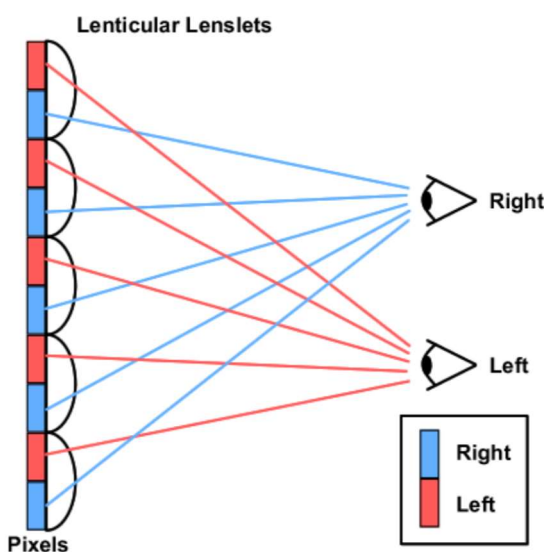
14. ábra Párhuzamos akadályokkal felszerelt kijelző működése [8]

A rendszer nagy előnye a már említett kényelem, hogy nem kell plusz szemüveget alkalmazni, illetve, jól vezérelhető LCD kijelzőket használnak a technológiához. Hátránya, hogy nem mindegy a megfigyelő távolsága és pozíciója. Ha ezek nem teljesülnek előfordulhat, hogy fordított vagy zavaros kép jut a szembe. Mivel az egyes szemek korlátozott számban látják a pixeleket, így kevesebb fény is jut a rendszerbe. [9] [17]

Alapvetően telefonok és monitorok képernyőjén alkalmazzák, ahol nincs szükség nagy felbontásra. Ezek többnyire 2D/3D kompatibilisek, mivel az akadályokat az LCD képpontjai alkotják, amik kikapcsolhatók, illetve időzítve válthatók. Az utóbbi esetben azonban meg kell növelni a képfrissítést, hogy a szem számára ez ne legyen észrevehető. [9]

#### 1.1.2.4 LENTIKULÁRIS OPTIKAI SZŰRŐ

Ezt a mikro lencsés rendszert szintén egy LCD kijelző hajtja, ami előtt azonos fókuszponttal rendelkező, maximum két pixel szélességű mikro lencsék sokasága van egy optikai rendszerben összeállítva. Ezek a lencsék speciális műanyagból lettek elkészítve. Mindegyik lencse a sorban egy egyedi rést foglal el helyéül. Ha ezen az optikai rendszeren keresztül szemléljük a kijelzőt, a jobb és a bal szem számára eltérő képpontok válnak láthatóvá, tehát két különböző kép keletkezik, ami az agyba jutva létrehozza a sztereóhatást. Ellentétben az előző fajtával, ez nem alakítható át 2D-s kijelzővé. [14] [17]



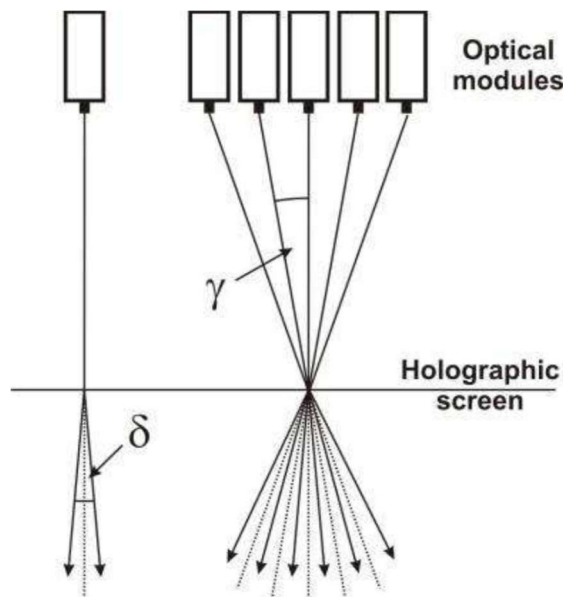
15. ábra Lentikuláris lencsékkel felszerelt kijelző működése [8]

A módszer előnyei a párhuzamos akadályt alkalmazó rendszerrel szemben, hogy fényesebb tisztább képet ad. Az átláthatatlan rács okozta fényvesztés csökken. Hátránya többnyire megegyezik az előzőekben taglalt eszközével, de hozzá kell tenni, hogy az LCD-vel felszerelt kijelzőkben rendszerint a távtartókat is megjelenítik egy fényes pontként, ami csökkenti a kontrasztját a kijelzőnek. [9] [17]

#### 1.1.2.5. HOLOVIZIO®

A HoloVizio® projekt a magyar Holografika cég munkatársai, név szerint Balogh Tibor, Dobrányi Zsuzsa és Barsi Atilla által kifejlesztett térbeli vizualizációs módszer. Ez forradalmi újításnak számít, hiszen a teljes rendszer nem mondható se sztereoszkópiusnak, se holografikusnak. A szabadalmaztatott technológia speciálisan elrendezett optikai modulokat és holografikus képernyőt használ. A képernyő minden pontja különböző színű és intenzitású fénysugarakat bocsájt ki különböző irányokba. Az optikai modulok által generált fény, különböző szögben metszi a képernyőt és összeállítja ezekből a sugarakból a tökéletes 3D-s képet a megfelelő optikai átalakításokkal, ahogy a 14. ábra is mutatja. Megfelelő szoftveres-vezérléssel ezeket a fénysugarakat úgy lehet irányítani, mintha azok egy fixált térbeli tárgy által lenne kibocsájtva. [18]

Legfőbb előnyei a többi rendszerrel szemben az, hogy nem szükséges egy fix ponton álljunk, mozoghatunk is közben, valamint könnyen átalakíthatjuk 2d-s kijelzővé. Nézése során nem tapasztalunk zavaró hatásokat, vagy látens képeket. [19]



16. ábra HoloVizio működési elve [18]

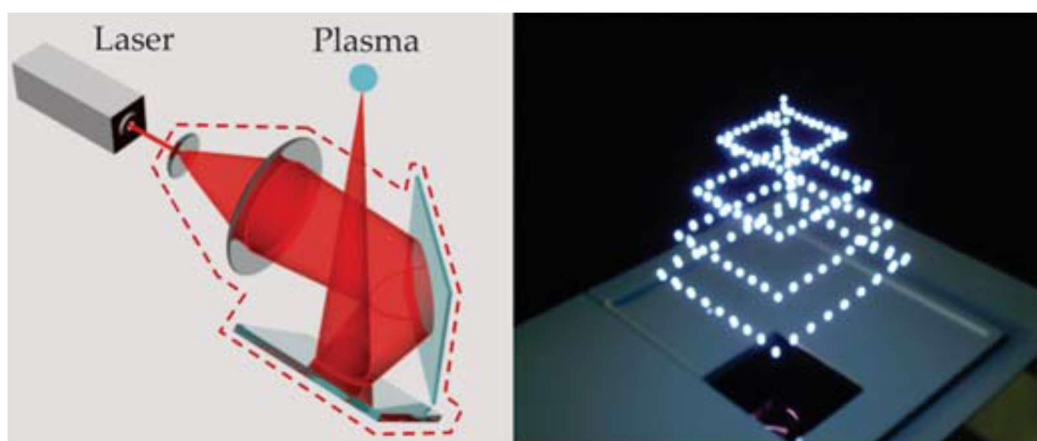
A HoloVizio technológia a kis léptékű épületekre is használható, valamint nagyszabású megjelenítési rendszerekhez is kiváló alternatíva lehet. Orvosi HoloPlatform a legújabb projektje a cégnek. Ennek a keretén belül szeretnének egy olyan 3D megjelenítő technikát létrehozni, amely képes az egészségügyi adatokat, térben természetes módon megjeleníteni. A későbbiekben a cég célja a CAD rendszerrel történő tervezők számára is alternatívát nyújtani. További projektjeik a cégnek a légiforgalom irányítás, építészeti és földrajzi vizualizáció terén nyílhat a vállalkozás számára. [18] [19]

## 1. 2. Volumetrikus (térbeli) háromdimenziós technikák

A volumetrikus kijelzők önmagukban képesek a különféle objektumok valós térbeli reprezentálására, kijelzésére. A megjelenített objektumok megtekintése nem igényel különféle

eszközt a felhasználó részről és nincs plusz hardver igénye magán a kijelzőn kívül, valamint nagyobb a megjelenítés szöge, mint pl. az autósztereoszkópikus rendszereknél. A volumetrikus kijelzők nagyszámú variánsával lehet találkozni, amik különböző vizuális effektek segítségével hivatottak a mélységet ábrázolni. Ezen technika során valamilyen fényvisszaverő tulajdonságokkal rendelkező anyagra, vagy féligáteresztő közegbe vetítünk koherens sugarakat (általában lézert, vagy LED-et), vagy adott esetben gerjesztjük azt. A közegek esetében a levegő, és egyéb gázok a jellemzőek ellentétben a felületekkel ahol, főként szilárd halmazállapot a jellemző.[3] [9]

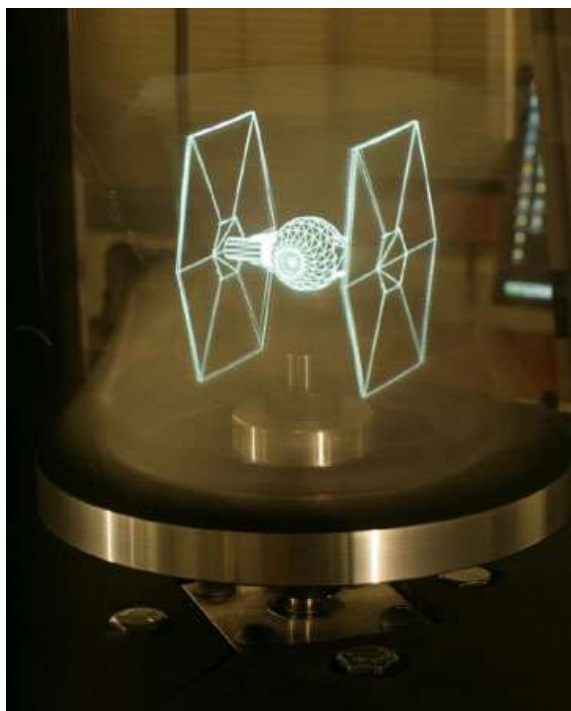
A kijelzők két nagycsoportba oszthatók, a statikus és a dinamikus közé. A statikus kijelzők stabil és szilárd mintázatot hoznak létre a térben, amikor a voxelek aktívak. Inaktív esetben ezek a térrészek átláthatók. A gerjesztendő közeg legtöbbször normál levegő, ami a lézerfénygyújtópontjába kerülve plazmává válik. Magát a fényt optikai rendszerekkel irányítják a kívánt helyre, ahol hanghatás kíséretében fog kirajzolódni a kívánt térbeli pixel, ahogy ez a 17. ábrán is látható. Ezzel a technikával nagyobb terjedelmű megjelenítés is kivitelezhető – felhőkre és ködre is történhet kijelzés. A végeredmény egy szoborszerű, bármely irányból megtekinthető és körbejárható kép, melyhez még mélységérzet is társul. [9] [20]



17. ábra Statikus volumetrikus kijelző működési elve, és képe [9]

Léteznek forgó és rezgő, dinamikus volumetrikus kijelzők. A forgó volumetrikus kijelző alapja az emberi látás a gyors egymást követő expozíciókat folyamatos mozgásnak érzékeli. Ez az érték kb.20 expozíció szekundumonként. A kép úgy lesz látható, hogy a kijelző egyszerre, csak egy voxelt jelenít meg, de ezt egymás után nagyon gyorsan teszi. Am ekkor a kép még közel sem villogásmentes. Ahhoz, hogy tényleges, szaggatásmentes kijelzőt kapjunk, legalább 50-60 fps-el kell dolgozzon a kijelzőnek. Eredményül pedig egy mélységérzettel felruházott szoborszerű képet kapunk. Ezeknél a kijelzőknél az összkép részekre, szeletekre bontással is élvezhető, amik különböző formájúak lehetnek. Leggyakoribbak a körszimmetrikus fajták, mint pl. a korongok, vagy a spirálisan kereszt szekcionáltak. A megjelenített képek származhatnak vetítésből, és a felületre beültetett LED-ekből is. A voxelpontok a forgás, illetve rezgés frekvenciájának megfelelően is változhatnak, javítva így az élmény és létrehozva a változó képet. [3]

Ide tartoznak még azok a kijelzők, ahol a felületek mozognak, valamint dupla vagy többrétegű rendszereket is. A többrétegű rendszerek a térbeli kijelzők egyszerűsített változatai, hiszen itt a térbeliség csupán néhány rétegre összpontosul. Többnyire folyadékkristályos rétegekre vetítenek párhuzamosnak vehető vetületeket, és elektronikusan változtatják a polarizációt, vagy a transzmissziót a megjelenítéstől függően. Legnagyobb hátrányuk, hogy szellemképek jönnek létre, mivel a vetület egyik felületen sem abszorbeál el tökéletesen.[9] [13]



18. ábra Dinamikus volumetrikus kijelző[3]

Mindenképp megemlítendő bármelyik ilyen kijelző kapcsán, hogy a tárgyak csak az ernyő által behatárolt térfogatban jeleníthetők meg, ami sokszor negatívumként fogható fel. Hátránya, hogy csak binokuláris jelzőmozzanatokra képes, és csak vízszintes-parallaxist valósít meg, valamint vetítésnek nagy sebességgel kell történjen. Előnye, hogy a megtekintési szög  $360^\circ$ -os, és elég magas a képminőség. [20]

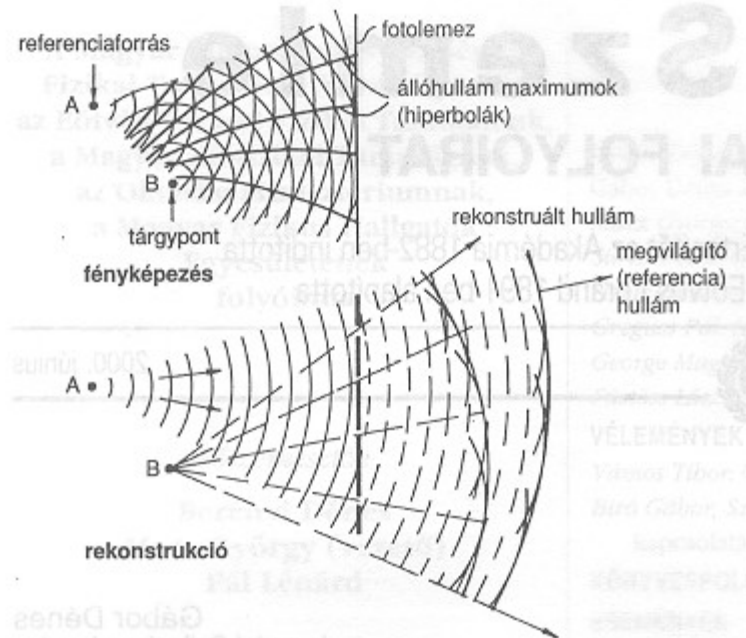
Összességében ezek a kijelzők alkalmasak háromdimenziós vizualizáció létrehozására, az x-, y-, z-síkokban jól definiált régiók fény-emissziójával, fényszórásával továbbá fényáteresztésével. Az új fejlesztési irányok a volumetrikus kijelzők kapcsán a kb. 100 millió térbeli pixeles kereskedelmi forgalomba szánt rendszer, egy nem triviális fénymező reprodukciójának bemutatása támogatja a néző-pozíciófüggő hatásokat, pl. az elzáródást., valamint szabadégi kijelző, plazmán keresztül. Felhasználási területe az előadások prezentálásában történő segédeszköz, valamint promóciós célokat is szolgálhat, mivel szemüveg nélkül hosszú ideig nézhető a megjelenítő eszköz. [3] [13] [20]

### 1. 3. Hologramok

A holográfia egy háromdimenziós képrögzítési és rekonstruálási eljárás, ahol a rögzítés és rekonstruálás a felvételi körülmények által meghatározott térrész között zajlik. A szó eredete a görög nyelvből ered, ahol a holosz teljes, a grafho pedig írást jelent. Első lépésként a tárgyat valamilyen koherens fénnel világítják meg, majd a visszaverődő fényt egy nyalábosztóval referencia nyalábbá transzformálják, és egy érzékelőbe vezetik. Ez a fotofizikai érzékelő lehet közeg, ezüsthalogén emulzió, de újabban elektronikus érzékelőt is alkalmaznak. Az így kapott információt hullámfront segítségével újjáépítve, létrehozuk az eredeti hullámfrontot. A folyamat befejeztével a kép az eredetivel megegyezőnek tűnik, vagyis annak a teljes háromdimenziós képe jön létre. Maga a folyamata tekinthető egy fotofizikai eljárásnak is, ahol a két lépés között egy fotokémiai folyamattal jön létre a kívánt térbeli élmény. [3]

Ezen tudományág létrejöttében kulcsfontosságú szerepe volt egy magyar tudósnek, Gábor Dénesnek. A negyvenes évek vége felé, kutatásai során az elektromikroszkópok túl nagy diffrakcióval rendelkeztek, és rontották a kép minőségét. Ezt orvosolandóra kitalálta, hogy a

fény intenzitása mellett a fázis is rögzítésre kerüljön. Ezt két hullám szuperpozíciójaként érte el, mégpedig úgy, hogy az egyik hullám a tárgyról visszaverődő hullám, a másik pedig egy referenciahullámnak tekinthető gömb, vagy síkhullám volt. Már csak a kialakult képet kellett referenciahullámmal átvilágítani, és el is készült a térbeli kép, ami a tárgyról származó információkat is tartalmazott. A módszerért 1971-ben fizikai Nobel-díjban részesítették.[3] [21]



19. ábra Holográfia alapelve [21]

A technológia még tovább tisztult, és javult a lézerek megjelenésével. Az igazi áttörést azonban a számítógépek világa hozta meg a holográfia számára. Lehetővé vált ugyanis a hatás tárolása, valamint módosításának a lehetősége. Valós időben is lehetővé vált a megjelenítés, és a módosítás. Mára széles körben elterjedt a hologram használata, főleg a feldolgozhatóság növekedése miatt. A mérés technikától elkezdve akár a holografikus adattárolásig, sokféle találkozhatunk ezzel a módszerrel. Az előbbinél az ún. kétexpozíciós hologram terjedt el leginkább. A nevéből is következik, hogy a két kép készül a testről egymás után. Az első rendszerint nyugalmi állapotban a második pedig valamilyen mechanikai feszültség hatására bekövetkező alakváltozáskor. Az interferenciakülönbségek meghatározásával számíthatóvá válik a deformációt kiváltó hatás. Emellett rezgésállapotok, vagy pl. amplitúdó mérésre alkalmaznak holografikus technológiát. Biztos sokaknak ez fel sem tűnik, de a dombornyomott hologramok jelen vannak a mindennapjaink biztonságtechnikai eszközeinél. CD-ken, papírpénzeken, bankkártyákon is igen jellemző a megléte. A művészetben előfordul nem mobilis műtárgyak tanulmányozására alkalmaznak holográfiát, továbbá érzelmi hatást fejtenek ki a látogatókból. [3]

Végül a másik nagy fontos csoport a holográfiában egyértelműen az adattárolás. A hologram formájában tárolt digitális ismeretanyagának is egy dimenziós a megvalósulása. A megfelelő technológia alkalmazásával ezt a struktúrát helyezik el a tároló eszköz felületén. A holografikus adattárolás során az információ tárolása általában két vagy három dimenzióban történik, bizonyos formátumú kép vagy alakzat formájában. Előnye a nagy adatsűrűség, ugyanis itt a térfogatban is tárolható az adat. Már a 70-es években is képesek voltak, egy oldalon 100-300 oldalnyi anyagot is tárolni, amin normál fotográfia mellett csak egy lapon lehetne. A tárolt adat egységes formájában, egyszerre olvasható ki, ez szintén növeli az olvasási sebességet. Külön előny, hogy a hologram redundánsan tárolja az információt, így rendkívül nagy az adatbiztonság, nem érzékeny a sérülésekre, valamint még egy nyomtatott

anyag az oldal 5-10%-át használja, addig egy hologram szinte 100%-ot és akkor még szóba sem került a gradáció. A technika odáig fejlődött, hogy már nagyméretű színes hologramok is készíthetők, sőt a holofilmek is megjelentek már. A fenti összefoglalóból is jól érzékelhető, hogy a felhasználás nagyon széles skálán mozog, ami egyre bővül, és egyre nagyobb teret hódít. [3], [21]

A holografikus megjelenítők legnagyobb hátránya az eszközigény. Viszonylag költséges terület ez, hiszen a koherens fény és a nagy számítási kapacitás megléte sokszor gátat szab a széleskörű elterjedésnek. Előnyeit pontokba szedve érdemes leírni:

- Ultragyors fényképezés
- Teljes rekonstrukció, vagyis 360°-os holografikus kép
- A rekonstruált hullámmal történő egyidejű vizsgálat
- Számos hologram szuperpozíciója egyazon lemezen
- Interferometria kettős expozícióval
- Filmezés, mint lehetséges felhasználás
- Az atomok világába való betörés
- Nehéz hamisítás: tökéletes másolat, csak az eredeti hologrammal [23]



## 2. EGY NYALÁBOSZTÓVAL FELSZERELT SZTEREÓ-SZEPARÁCIÓS RENDSZER

Látható a fenti összefoglalóból, hogy sokféle technikával próbálkoztak a fejlesztők annak érdekében, hogy minél megfelelőbb kijelzőt készítsenek. Ennek ellenére elég kevés próbálkozás volt olyan, hétköznapi felhasználók számára is elérhető, sztereoszkópikus 3D megjelenítő készítésére, ami képes magas minőségű képet adni. Pedig ezek az eszközök sokkal gyorsabbak és hatásosabbak az információ átadására, valamint sokkal valóságosabb az élmény, mint egy monoszkópikus nézőnél. Az előbbieket során említést tettem a 3D szeparációs technikákról, és érintőlegesen helyet kapott a nyalábosztós megoldás is. Most azonban részletesen tárgyalom egy ilyen rendszer felépítését, és részletezem egy ilyen térbeli megjelenítő tulajdonságait. Több rendszert áttekintve a legfőbb megállapításaim a következők:

- mindegyik két monitorral rendelkezik
- közöttük szögfelezőként egy nyalábosztó
- polarizációs szemüveg
- meghajtó modul. [33] [34]

A meghajtó modult a feladatkiírásban is megjelöltek alapján a 3.2.-es alpontban részletezem.

### 2.1 Felépítés

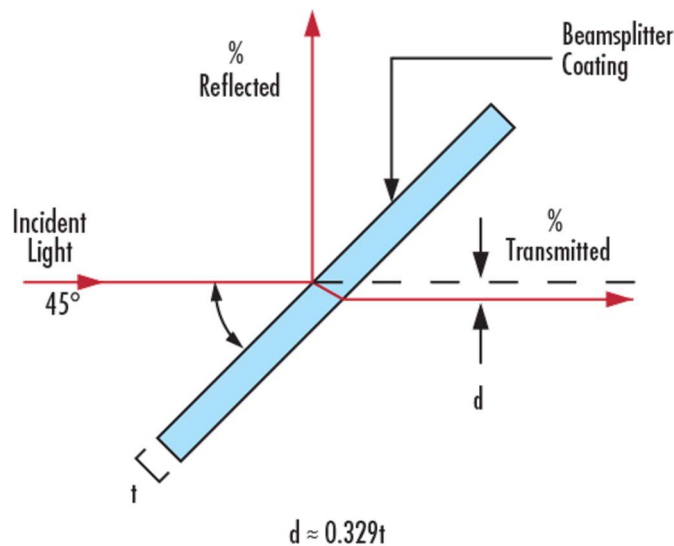
Ezt a fajta megoldást az utóbbi években elég sok cég bemutatta. A rendszer két monitor tartalmaz, amik egymáshoz képest derékszögben van elhelyezve. Léteznek olyan megoldások is, ahol  $120^\circ$  és  $135^\circ$ -os a rendszer specifikációja. Általában TFT-LCD-t, vagy egyéb aktív-mátrixos LCD-t használnak monitorként. Természetesen nem követelmény, hogy AMLCD panel legyen benne, de a megjelenítés szempontjából sokkal megfelelőbb ilyen monitort alkalmazni. A monitorok általában  $45^\circ$ -os a monitorok polarizációja, így az egyik kép fordulásánál a másik kép  $135^\circ$ -os polarizációjú lesz, ezt pedig megfelelő szemüveggel, vagy polárszűrővel tökéletes megoldást. A két monitor között pont felezi a szöget a nyalábosztó, ami legtöbb esetben üveg alapú. A megfelelő 3D-s élmény eléréséhez még kell egy a monitoroknak megfelelő polarizációjú, jobb és bal szemüveg, vagy egy olyan nézőke megalkotása, amiben polarizált lencsék kapnak helyet. A rendszer nagy előnye, hogy teljes színvisszaadással rendelkezik, mindezt villogásmentesen teszi. A rendszer viszonylag olcsó, és nem igényel nagy szinkronizálást az eszközök között. [20] [32]

A sztereoszkópikus kijelzők legjelentősebb hátránya az, hogy nem tud parallax képeket megjeleníteni, valamint idővel kényelmetlenné válik a szemüveg viselete. Sok ember panaszkodik a fejfájás és a szemfájdalom miatt. [14] [20]

#### 2.1.1 Nyalábosztó

A nyalábosztó egy olyan optikai eszköz, ami a beérkező fénynyalábot két vagy több optikailag megegyező, vagy nem megegyező teljesítményű nyalábbá bontja szét. Az eszköz képes fordítva is működni, vagyis két fénysugarat egyesíteni. Ezen feladat részeként ez utóbbi tulajdonság lesz előtérbe helyezve. Formáját tekintve a két legelterjedtebb fajta a nyalábosztó kocka és a nyalábosztó lemez, vagy más néven féligáteresztő tükör. A kockáról mindössze annyit érdemes megemlíteni, hogy ez lényegében két prizma összeillesztve, közéjük pedig egy sajátos tulajdonsággal rendelkező réteg kerül, ami elvégzi a nyalábosztást. A másik típus rendszerint  $45^\circ$ -os beesési szögre specifikált lemezek tekinthető, ahogy a 18-as ábra is mutatja. Ennek a javarészt üvegből álló elemnek az egyik felét vonják be a nyalábosztást végző anyaggal. Ez az anyag valamilyen fémes bevonat, amit gőzöléssel visznek fel az

üvegre, vagy újabban már dichroikus, dielektromos bevonatot alkalmaznak. Az ellentétes oldalra anti-reflexáns bevonat kerül, amivel elkerülhetők a szellemképek kialakulása a rendszerbe való behelyezésnél. A visszavert és az áteresztett nyaláb egymással  $90^\circ$ -os szöget zár be a tükör elhagyása után. Másik fontos tulajdonságuk, hogy polarizáltak-e vagy sem. A polarizált esetben a legtöbbször az S-polarizált a visszavert fény, és a P az átengedett. A nem polarizált értelemszerűen nem fogja meghatározni a fénynyaláb irányultságát a lemez mögött. A gyártók többnyire többféle R/T, vagyis reflection/transzmission (magyarul visszavert/átengedett) arányú nyalábosztót gyártanak. A legjellemzőbbek a kerek tízes értékek, mint pl. a 70:30, vagy az 50:50, de nem ritka a 75:25-ös arány sem. Ezek gyártótól függően a  $\pm 3\text{-}5\%$ -os hibával rendelkeznek, szintén nem meghatározott, de általában a hullámhossztartomány közepén lévő értékeknél. Végül a hullámhossz tartomány sem elhanyagolandó. Mint korábban is említettem, tartományközépen biztosítják a tükrök tulajdonságait a megfelelő tűrés mellett, emiatt egyáltalán nem mindegy egy infravörös lézer, vagy egy látható fényű kísérletnél a hullámhossz tartomány. Leginkább a 400-700 nm-ig terjedő sáv lesz számunkra a legmeghatározóbb, de léteznek az infravörös irányba eltolt nyalábosztók is. Fontos megjegyezni, hogy a két felbontott nyaláb úthossza sem lesz egyforma.[29] [30]



20. ábra Nyalábosztó sematikus ábra [30]

Ahogy az a 20. ábrán is megfigyelhető, a féligáteresztő tükör geometriájából, vastagságából adódóan bizony az áteresztett fénynyaláb hosszabb utat tesz, sőt ez a nyaláb az optikai tengelytől a nyalábosztó vastagságától függő távolságra lesz, mikor elhagyja az optikai eszközt. Ahogy az a 20.-as ábráról is leolvasható, ez a távolságérték nagyjából:

$$d \approx 0,329t \text{ [30]}$$

Ez az érték az Edmund Optics nyalábosztóira vonatkozó becslés. Természetesnek mondható, hogy más gyártók, eltérő összefüggést alkalmaznak, de kezdeti becslésnek semmiképp sem utolsó. [30]

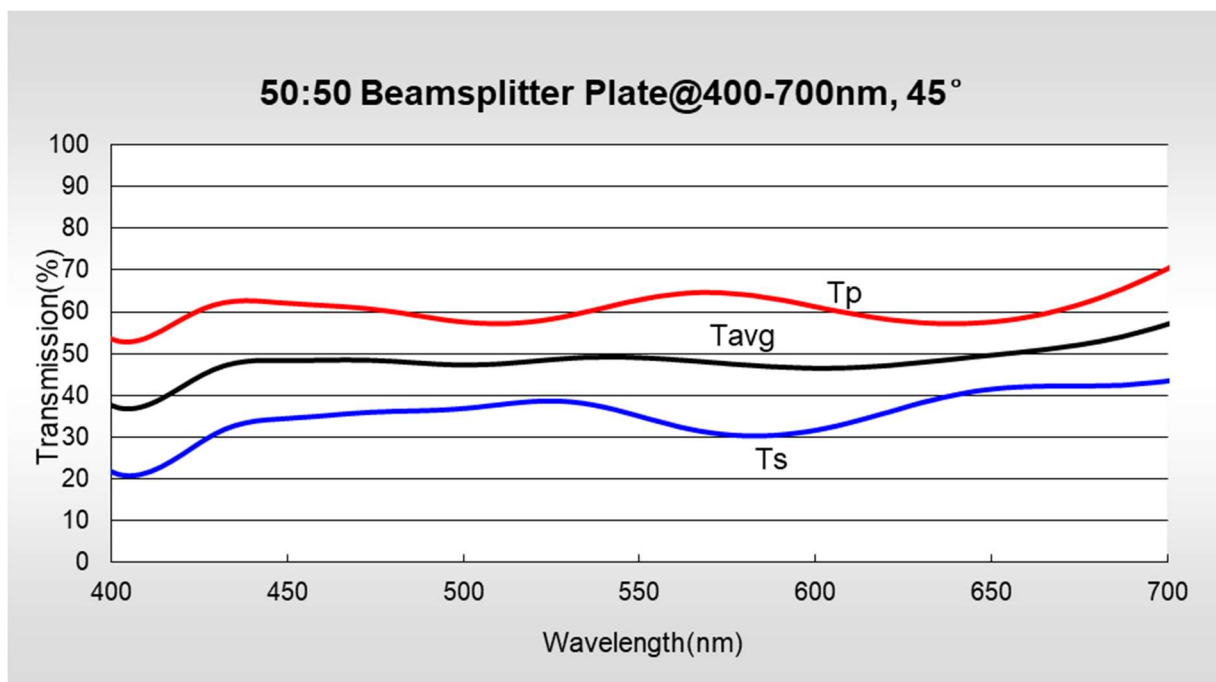
Látva a konkurens terméket, és a nyalábosztók tulajdonságait, a megépítéshez szükséges passzív féligáteresztő tükör anyagának elméletben a következő tulajdonságokat teljesítenie kell a megfelelő vizuális élmény eléréséhez:

- 50:50-es transzmisszió, reflexió arány
- nem lehet kettős törésű

- kontraszt nélküli spektrális tulajdonság 400-700 nm között
- kopásálló anyag
- visszaverődés mentes bevonat, a szemközti oldalon. [32]

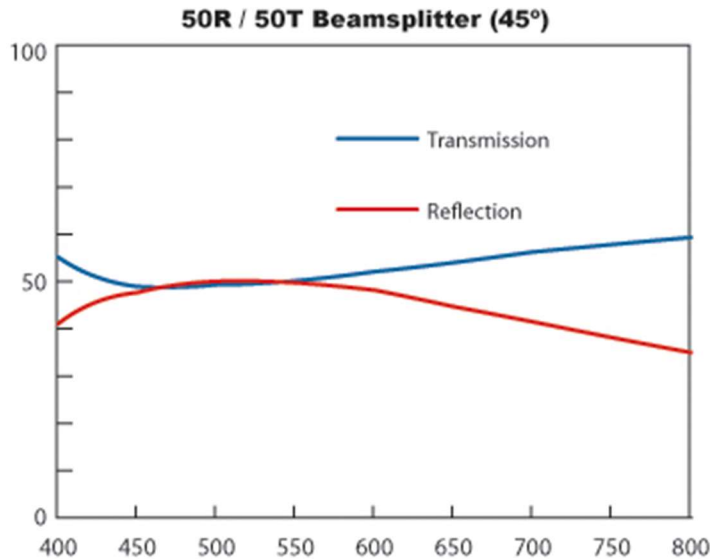
Az utóbb említett bevonat csökkenti a másodlagos kép létrejöttét. Mint tudjuk az ilyen rendszerek nagyon is érzékenyek különböző szinkronizációs hibákra. Nincs ez másképp itt sem, ezért nagyon pontos szögbeállításra van szükség a nyalábosztó szerelésekor. Természetesen az 50:50-es transzmisszió reflexió arány csak elméletben állja meg a helyét. Mint minden eszköznek, ennek is lesznek hibái. Ezeket a hibákat az egyes termékek T/R grafikonjain lehet észrevenni.[32]

A fenti paraméterek alapján három közel azonos tulajdonságokkal rendelkező nyalábosztót választottam ki eltérő gyártóktól. Az első az U-Optics nevű cég által kínált eszköz a transzmissziós diagramját a hullámhossz függvényében a 19.-ábra mutatja be.



21. ábra U-optics transzmissziója és reflexiója a látható fény tartományon [31]

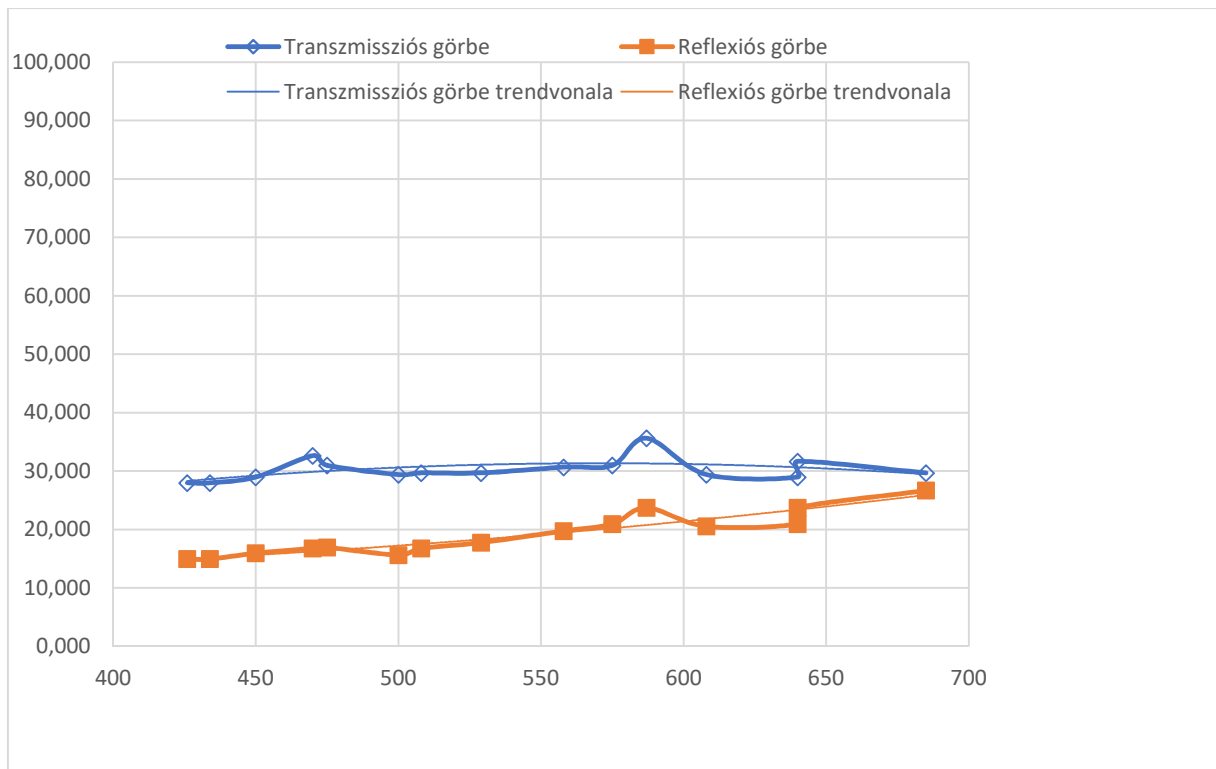
A második az Edmund Opticsét pedig a 20. ábra.



22. ábra Edmund Optics Plate Beamsplitter ID transzmissziója és reflexiója a látható fény tartományon [28]

Jól látható mindkét görbén az elmélet 50:50-es R/T aránytól való eltérés mértéke. Legjobb lenne olyan nyalábosztó választása, ahol a reflexiós, és transzmissziós görbe minél konstansabb értéket vesz fel. Természetesen ez nem egyszerű megoldás, mivel a legtöbb termék esetében a görbéknek lesz egy maxima a tartományon belül. Szerencsére ez az akadály könnyen orvosolható a monitor színegyensúlyának beállításával, amit a görbék ismeretében, vagy a rendszerbe belenézve és úgy utána állítani.

A harmadik egy kicsit elrugaszkodott ötlet szüleménye. Az irodaházak üvegűl szolgáló panelek tulajdonképpen nyalábosztóként viselkednek, hiszen a fény egy részét visszaverik más részét pedig átteresztk, valamint olyan tulajdonságokkal is ellátják, ami napfény és meleg szűrő hatással is rendelkezik. Ezek alapján szükségessé vált megvizsgálni az üveg tulajdonságait. A vizsgálatot az OPTIKA Mérnökiroda Kft. tulajdonában lévő, szintén egy BME diplomamunka (2008, Kovács Tamás) során elkészült spektrofotométerrel mértem ki. A berendezés előnye, hogy az üveg 45-os szögben is behelyezhető, ami hűen tükrözi majd a 3D megjelenítőben is előforduló viszonyokat. A reflexiós üveg görbéje a 22. ábrán látható.



23. ábra Reflexiósvég jelleggörbéje

Jól látható, hogy a kalibrálás ellenére sem teljesen tökéletes a mérés. Valószínűleg az áramgenerátorokon lévő potencióméterek segítségével történő kalibrálással minimális hiba marad a rendszerben. Ám a jelen felhasználáshoz tökéletesen megállapítható, hogy az üveg bizony képes nyalábosztó tulajdonságra. Az üveg egyik oldalára felvitt réteg reflexiós tulajdonságai igen kedvezőnek mondható. Az eredetileg óhajtott 50%-os reflexió, helyett 30%-ot sikerült elérni. A nagyobb kérdés a transzmisszióval kapcsolatban merül fel, hiszen az egyik monitor fényének át kell hatolni a tükrön. Ezt kiküszöbölendőül a monitor fényerőjét kell növelni, a megfelelő kontraszt eléréséért. Jól látható a görbe viszonylagos stagnálása a látható hullámhosszon. Ebből arra következtetésre jutottam, hogy fakulása nem lesz a nyalábosztónak, a veszteség pedig a kontrasztban és a fényerősségben fog jelentkezni. A 3D-s élmény ugyan úgy meglesz, csupán a magas kontrasztú képek fognak alacsonyabb minőséget képviselni. Az üvegek tulajdonságait az 1. táblázat tartalmazza.

<b>Gyártó</b>	<b>U-Optic</b>	<b>Edmund Optics</b>	-
<b>Típus</b>	<b>BSP0150-4R</b>	<b>Plate Beamsplitter ID:#2035</b>	<b>Reflexiós üveg</b>
<b>Hullámhossz (nm)</b>	400 - 700	400 - 700	400-700
<b>Anyag</b>	BK7 A fokozatú	Síküveg	Síküveg
<b>Törési arány (R:T)</b>	50:50	50/50	30/20
<b>Bevonat</b>	F1: Félig visszaverő bevonat	F1: Dielectric, $\pm 5\%$ R/T @ 550nm	F1: Visszaverő bevonat
	F2: AR bevonat	F2: AR $\frac{1}{4}\lambda$ MgF2 @ 550nm	
<b>Vastagság (mm)</b>	3	1	4
<b>Ár</b>	75x75-ös darab: ~ 25-28 e FT	75x75-ös darab: ~ 25-28 e FT	20000 FT/ m <sup>2</sup>

### 2.1.2 Monitor

Önmagában az LCD kijelzők rendelkeznek azzal a tulajdonsággal, hogy változtassák a síkpolarizált fényt az anyaguk segítségével. A két monitort célszerű úgy megválasztani, hogy azonos legyen a polarizációjuk, ami itt kb. 45°. A gond az abból ered, hogy még a nyalábosztó mögött helyezkedő monitornak az átvitel során nem fog megváltozni a polarizációja, míg a felső monitornak 90°-al el fog fordulni. Ám ha mindezt egy olyan polarizációs szemüvegen keresztül nézzük, ami kereszt-polarizált, és a megfelelő szögű polárszűrő van a jobb és a bal szemlencse előtt, akkor a kép láthatóvá válik, hiszen elkerüljük így az ortogonális polarizációt, ami a képek kioltásához vezetne. Ezt nem szükséges szemüveg formájában létrehozni, lehet akár a megjelenítő dobozába integrált okulárookra helyezett polárszűrő segítségével.

A másik fontos kérdés a kijelzők felbontó képessége. A megvalósítani kívánt FULL HD(1080p) élményhez szükséges monitor felbontás 1920x1080. Szerencsére jelenleg rengeteg gyártó gyárt ilyen specifikációjú termékeket. Ez általában nem változik meg ezeknél a berendezéseknél, mivel a térbeli felbontást nem áldozzák be a szétválasztásra. A monitorokból érkező fényerősség ugyan kevesebb, mint a felére csökken, de a tükör után újra egyesül, így a fényerősség és a kontraszt megfelelő marad. A példaként említett 17"-os SXGA 1280x1024, és monitor kontraszt aránya 150:1-hez. Ez viszont csökken, hogy a ha a szűrőt, vagy ha szemüveg van a megfigyelőn, a fejét forgatja. Ám az 50:1-es kontraszt nagysága még mindig biztosítható +-7°-os fejdőlés esetén is.

Egy megjelenítőnél természetesen fontos a képfrissítés és a folyadékkristályok válasz ideje. Manapság a legtöbb LCD monitor már vibrációmentes, szóval az ebből adódó kényelmi problémák sem jelenthetnek gondot. A monitor tovább belső tulajdonságai is megegyeznek akkor, amikor rendszerbe kötve használjuk. Valószínűleg hosszantartó munka, játék esetleg csak képek, videók nézése kényelmetlenné teszi a felhasználó számára, de erről nem született tanulmány. A további komfortot az autósztereo rendszerekkel szemben az adja, hogy szélesebb a megfigyelés szöge. Nem kell a fejet egy speciális pontot tartani ahhoz, hogy tökéletes legyen az élmény, továbbá ülő és álló helyzetből is szemlélhető lesz a megjelenítő.

A követelményjegyzéket a 2. táblázat tartalmazza:

2. táblázat Monitorok követelményjegyzéke

<b>Főcsoport</b>	<b>Alcsoport</b>	<b>Minősítés</b>
<b>Kijelző</b>	TFT	<b>Alap</b>
	IPS-LED	Szint
	Full HD (1080p)	<b>Alap</b>
	Vibrációmentes	<b>Alap</b>
<b>Csatlakozók</b>	HDMI	<b>Alap</b>
	VGA	Szint
<b>Geometria</b>	21-24' közötti képátló	Szint
	max. 550x550x275 [mm]	<b>Alap</b>
	Fali konzol szerelhetőség	<b>Alap</b>

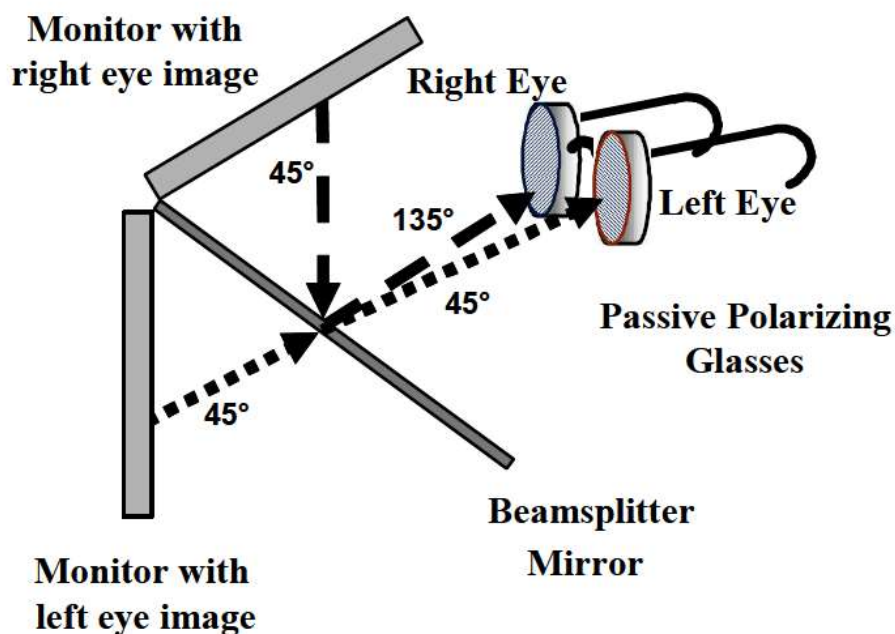
A követelményeknek megfelelő monitorokat, és tulajdonságait a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat Monitorok összehasonlítása [25] [26] [27]

	<b>ACER 21,5" V226HQLBBI</b>	<b>22" LG 22MK430H-B</b>	<b>22" ASUS VA229H</b>
<b>Kijelző méret</b>	21,5"	21,5"	21,5"
<b>Panel típus</b>	TN	IPS	IPS
<b>Kijelző felbontás</b>	Full HD (1920x1080)	Full HD (1920x1080)	Full HD (1920x1080)
<b>Kijelző képarány</b>	16:09	16:09	16:09
<b>Kijelző fényerő(cd/m2)</b>	200	250	250
<b>Kijelző kontraszt</b>	100M:1	1 000:1	1 000:1
<b>Kijelző betekintési szög</b>	90° / 65°	178°/178°	178°/178°
<b>Kijelző válaszidő (ms)</b>	5	5	5
<b>HDMI be</b>	igen	igen	igen
<b>Képfressítés</b>	60 Hz	75 Hz	60 Hz
<b>Geometria</b>	391,0x508,0x207,00 mm	509.6x395.8x181.9 mm	499.5x371.7x199.5 mm

### 2.1.3 Polarizációs szemüveg

Fontos eszköz továbbá a szemüveg, vagy polárszűrő tubus megléte. Sajnos ez elengedhetetlen tartozéka, egy ilyen berendezésnek, de nem szokatlan a viselete. Ezek a szemüvegek nem kérdőjelezik meg a megjelenítő gazdaságosságát, és jó hír, hogy nem okoz vibráló képet az sem ha ilyen szemüvegben más monitorra tekintünk, vagy csak szimplán rátekintünk egy fluoreszcens felületre. A szemüvegeknek olyan polárszűrővel kell rendelkezniük, ami  $45^\circ$ -os polarizációt végez, hiszen a legtöbb monitor is ilyen specifikációjú.[14] [32]



24. ábra Polarizáció változása a rendszerben [32]

A 22. ábra megmutatja, hogy az ilyen rendszerek esetében a jobb és bal szem számára ugyan azonos polárszűrőt kell alkalmazni, ám a beállítás szöge nem mindegy. A féligáteresztő tükör mögött elhelyezkedő monitor képe fog áteresztődni, vagyis ennek polarizációja sem változik meg, míg a másik monitor polarizációja a tükör miatt  $90^\circ$ -al elfordul majd, vagyis ez okozza majd a két monitor közötti polarizációkülönbséget. A legtöbb szakboltban lehet kapni ilyen specifikációjú lencsét, így a választás nem túl nehéz. A 3Dlens.com web áruházból könnyen beszerezhető a megfelelő termék. [32]

Természetesen az egész rendszer meghajtó szoftver nélkül mit sem ér, ezért fontos ezen részegység megléte is. Részletesebben a 4.2-alatt kap helyet a meghajtó egység. A további alkatrészeket pedig, az 5. pontban sorolom fel.



### 3. DIGITÁLIS 3D-S TARTALMAK

Mélységérzetet keltő tartalmat sokféleképpen létrehozhatunk manapság. 3D-s fájl formátumnak arra hivatottak, hogy információt tároljanak a térbeli modellekről. Ebből kifolyólag a kiterjesztések is változók lehetnek. Annál is inkább, hiszen 3D-s tartalmak esetében nem csak a szórakoztatóipari termékek, valamint a széles körben elterjedt filmek, képek fájltypusairól kell említést tenni, hanem az ipar vagy egyéb felhasználási területeken előforduló kiterjesztésekről se árt, ha szó esik. Nagyságrendileg 140 különböző fájlformátumot ismerünk jelenleg. (2019. január [39]), ám ezek nagy része csak egy specifikus szoftver által felhasználható állományt tartalmaz. A legtöbb ilyen fajl típust kétségtelenül a 3D-s modellező az ún. CAD rendszerek (Computer Aided Design) által jöttek létre.

Ahhoz hogy valami rögzíthető, tárolható legyen egy megadott kiterjesztésen felvételt kell róla készíteni. Erre legegyszerűbb megoldás, ha két kamerát használunk fel, aminek az átlagemberi szemtávolsággal egyezik meg a két felvevő lencse távolsága. Azonban nem csak sztereoszkópikus kamerával lehet ilyen hatást elérni, hanem utómunkával történő másodlagos kép készítésével, generálásával. Vannak olyan TV-k is, amik képesek az adott adást, vagy bármilyen képet, amit megjelenítenek 3D-vé generálni, ám ezek főként csak rész sikert mutatnak fel, és igazi 3D élményre nem jők, csak a kép kerül az eredeti képsíktól távolabb. [3]

#### 3.1 Legismertebb sztereo3D-s formátumok

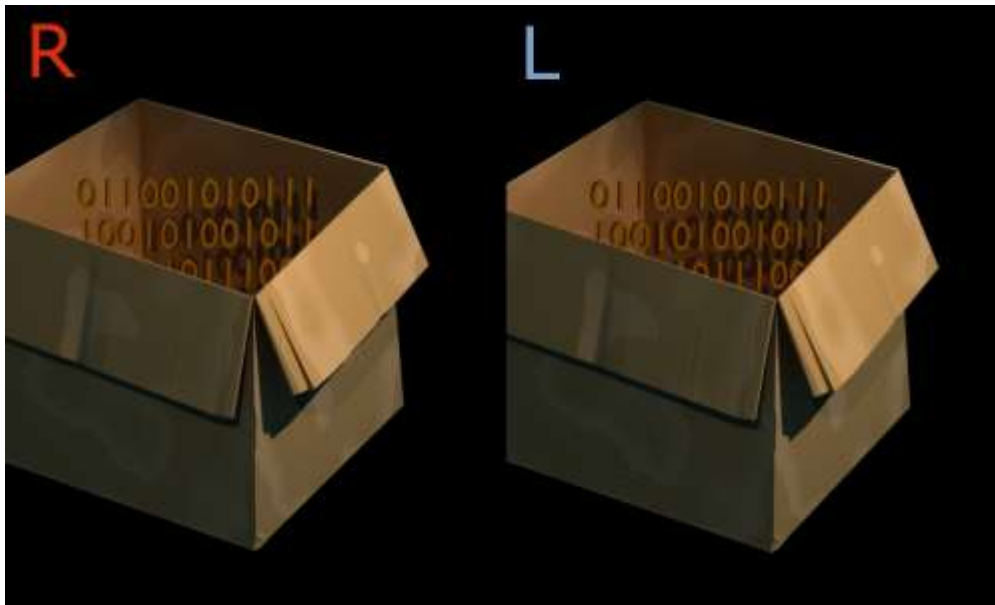
A háromdimenziós tartalom televíziós tárolására és közvetítésére is számos módszer létezik. Egyik ilyen módszer az előzetes színezés, például piros-zöld, piros-ciánkék vagy Color Code színezéssel. Két csatorna használatával, külön adatcsatornaként, mindkettő teljes sáv szélességgel. Egy képként vetítve, de nem egyesítve, például két torzított kép egymás mellett, vagy sakktáblához hasonló mintázattal, vagy váltott soros vetítést alkalmazva. Kiegészítő adatfolyam alkalmazásával, amely lényegében csak a második és az első kép közti különbségeket tartalmazza. Tárolás és átvitel, mint 2D-s kép mélységinformációval, amely a térbeli elhelyezkedését tartalmazza az objektumoknak. [3]

Világszerte sok televíziós csatorna indította el a háromdimenziós tartalmak folyamatos vetítését. Ezek a tartalmak általában nagyobb sportesemények és híresebb filmek. Természetesen létrejöttek a háromdimenziós tartalmak tárolására szolgáló eszközök is, mint például a Blu-ray Disc, amelynek kapacitása, jóval meghaladja egy szabványos DVD kapacitását, így alkalmas az egyébként sokkal nagyobb helyfoglalású, háromdimenziós tartalmak tárolására. [3]

A 3D-s tartalmak nagy többsége \*.wmv, vagy \*.mkv (mk3d) formátumú, ami Meta adatként tartalmazza a különböző 3D típusokhoz köthető alformátumokat. Ezeket a legtöbb megjelenítő automatikusan felismeri, és lejátszhatóvá válnak. Ha kikapcsoljuk a 3D-s módot, akkor 2D-sként is megnézhetjük a képet, ekkor formátumtól függően, de általában csak a bal csatorna képe fog a szemünk elé tárulni. Létezik még a \*.pgal formátum, ami egy a MyPictures 3D Album által generált 3d képeket tartalmazó mappára utal. [38] [40]

### 3.1.1. Side-by-Side

A formátum lényege, hogy a kép jobb és bal szemnek szánt képet, egymás mellett, vagyis vízszintesen tárolja. Ezt általában úgy valósítja meg, hogy a két kép felbontását a felére csökkenti és a jobb és bal képet egy formátumban tárolja. Ez azt jelenti, hogy a FULL HD felbontás esetén, ami alapvetően 1920x1080pixel, a Side-by-Side 3D csak 960x1080 pixel fog tartalmazni. Ezt másnéven Side-by-Side Half-nak is nevezik utalva a felbontás csökkenésre. Létezik azonban olyan megoldás is, ahol az SBS képes mindkét képet full HD felbontáson üzemeltetni, ám ekkor külön csatornára kerül a két kép. A SBS technikának van két alcsoportja, ami a Cross-eyed és Paralell Pair néven ismert. Lényegében a Paralell Pair az, amit már az előbb is említettem, a Cross-eyednél pedig a képek fel vannak cserélve, vagyis a jobb szem számára szánt kép a baloldalon van, a bal számára szánt pedig a jobb oldalon kap helyet. [37]



25. ábra Side-by-Side kép [38]

A kifejezetten side-by-side formátumok a \*.jps (JPEG fájl), és a \*.pns (PNG fájl), amik sztereoszkópikus képpárként vannak összerakva, és ezen belül a Cross-eyed technológiát alkalmazzák. A sima Paralell Pair módszert a sztereó kamerákkal készült \*.mpo kiterjesztés kezeli, ami lényegében két \*.jpg állomány, különböző perspektívából felvéve. A legtöbb video formátum rendelkezik ún. kétcsatornás rendszerrel, vagyis ezek lejátszásánál a fájl formátumba kódoltan önműködően jelentkeznek, ha ezek 3D-s tartalommal rendelkeznek.[38] [40]

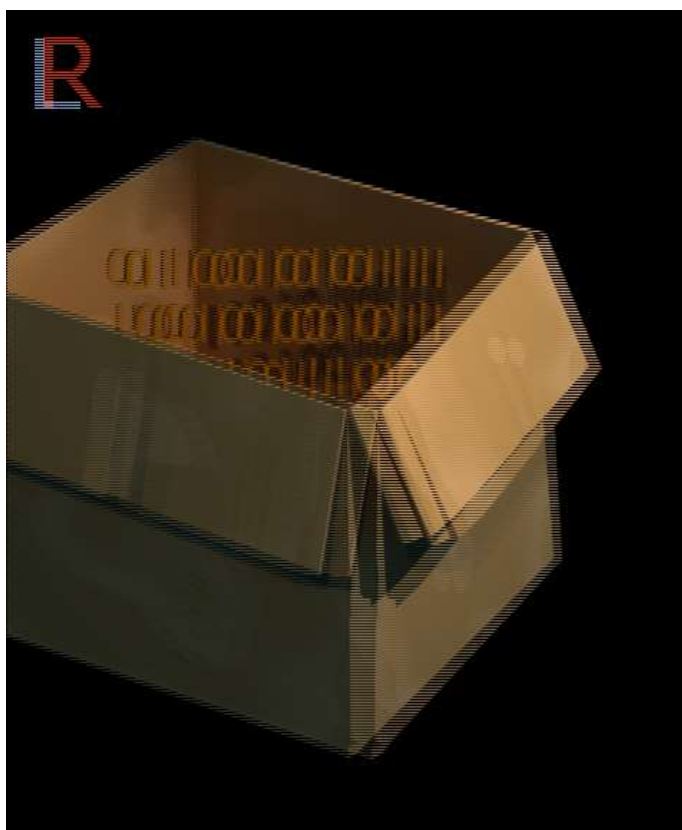
### 3.1.2. Top-Buttom

Másnéven az over-under formátum koncepciója nagyon hasonló a korábban említett SBS-hez képest. Itt függőleges szétválasztást alkalmaznak, vagyis a felbontás felezése mellett a képeket egymás alatt helyezik el és teszik egy képbe, ez adja a nevét. Ezen formátumoknál a megjelenített képek továbbra szekvenciálisak lesznek, de az így kapott 3D-k alacsonyabb felbontásúak lesznek, mint a Full HD 3D TV-nél. Ez gyakorlatilag ugyanaz, mint a passzív 3D-s szemüveges TV-rendszereknél. Az alacsonyabb felbontás ellenére az eredményül kapott 3D-s kép még mindig nagyszerűnek tűnik az átlagos méretű képernyőn, bár néhány kép látványa elkezd észrevehetővé válni, amikor az 55 hüvelykes képernyőméret felé történik a képátló növelés. A Top-Bottom eljárás is egy szabványos 3D Full HD formátum, amit szabványos 3D-s funkciójú Blu-ray lejátszók számára olvasható. [37]

A Top-Buttom eljárás népszerű választás a sportok 3D-s megjelenítésére 720p 60fps sebességgel. A Top-Buttom eljárásra csak a \*.tab kiterjesztés az egyedüli, a többi Top-Bottom eljárással kódolt 3D kép/videó csak a metaadatból látszik az erre utaló rész. pl: over\_under\_LT a \*.wmv esetén, és a top\_bottom \*.mkv/\*.mkv3d esetén. [38] [40]

### 3.1.3. INTERLACED

Az interlaced kódolás esetén eleve a képpár egyidejűleg egy normálméretű pixelben kerül tárolásra, úgy hogy az első sor a bal oldali képből, a második a jobb oldali képből áll és így tovább. Ezt a formátumot az LCD-képernyők és a passzív sztereó kijelzők bizonyos részénél a gyártók is megkövetelik. A mára már elavult Zalman 3D Monitor használja ezt a formátumot. A formátum megtartja a kép minden színét mindazok mellett, a függőleges felbontás mindössze felére csökken. Ez is viszonylag lassú számítani, így nem jó választás a videók számára. A fájlformátumban itt is csak metaadatként jelenik meg az interlaced-re, való utalás. A Matroska formátum esetében ez az alábbi módon néz ki: row\_interleaved\_lr, row\_interleaved\_rl,[37] [38]



26. ábra Interlaced technika képe [38]

Van függőleges változata az interlace-nek, ahol a képek oszlopokba vannak sorolva, nem pedig sorba, valamint létezik Checkerboard, vagyis pepita formátum is, ám erről a következőkben lesz szó.[36]

### 3.1.4. Blu-ray 3D, Full High Definition 3D (FHD3D Format)

A Blu-ray 3D vagy az FHD3D támogatja a teljes 1080p tartalmat a forrásban. Ez azt jelenti, hogy a bal és jobb szem számára készült képek már 1920x1080 pixeles felbontásban vannak jelen. Ezeket a képeket ez után a frame sequential módszerrel jeleníti meg a lejátszó, hogy a háromdimenziós kép hatását elérjék. Ez az egyetlen veszteségmentes 3D TV-formátum, amely igazi HD-t biztosít. Ez a formátum HDMI 1.4-et igényel, amely a két egymásra

helyezett 1080p HD tartalmazó 3D képet képes átvinni. A Blu-ray 3D formátum és az alacsonyabb felbontású 3D formátumok között az egyik fontos különbség az, hogy az FHD3D egy „FramePacking” néven ismert eljárást használ, hogy a két teljes HD alképből együttesen hozza létre a kombinált veszteségmentes, egyetlen 3D képet. Ez azt jelenti, hogy a FramePacking csak teljes felbontású Top-Bottom és Side-by-Side 3D formátumokban használatos, anélkül, hogy az egyes részkockák függőleges vagy vízszintes felbontása felére csökkenne minden formátumban. Ehelyett az alacsonyabb felbontású 3D-s TV-formátumok egy „FrameCompatible” néven ismert eljárást használnak, hogy a két alsó felbontású alkeretből a 3D keretet építsék. A FrameCompatible 3D tartalom esetében az adott 3D keret nettó felbontása és mérete megegyezik a rendszeres 2D HD tartalom egyetlen kerettel, így kompatibilis a rendszeres 2D HD-vel. Ezt a kompatibilitást úgy érzük el, hogy az egyes alkeretek nettó felbontását felére csökkentjük, akár az egyes vízszintes vonalak pixelének felére, akár a függőleges vonalak számának felére csökkentésével. [37]

### 3.1.5. Checkerboard/Pepita

Ezt a formátumot a sztereoszkópikus DLP-televíziókkal való használatra tervezték, ahol a képek kockás, vagy más néven pepita formában vannak elrendezve. A formátumegy ún. „wobulation”, vagyis magyarul remegtetés folyamat mellékterméke, ami 1080p-s képet hoz létre, egy 960x1080 képpontos képből a Texas Instrument Digital Micro-Mirror Device (DMD) eszköz segítségével. Ez egy kis optikai működtetőt használ, hogy a 960x1080 képpontos képet fél másodpercenként 120-szor korrigálja, ezzel 120képkockát generálva másodpercenként, ami egy teljes 1080p 60Hz-es kép létrehozásához szükséges.[37]

A fél pixeles elmozdulás nemcsak a képpontok széleinek lágyítását teszi lehetővé egy zökkenőmentes, filmszerű képhez, hanem a nagy plazma- és LCD-televíziók esetében ideálissá teszi a kiváló minőségű 3D-s képalkotás megvalósítását is. Más 3D formátumokkal ellentétben ez egy „statikus” formátum, ami azt jelenti, hogy nincs szükség oldalváltásra. Ehelyett a két nézet átfedik egymást, és a bal és jobb kockák mintaként jelennek meg, hogy egyetlen 3D képet hozzanak létre.[36] [37]

A wobulation / checkerboard technológiák használata lehetővé teszi a képkereszteződésből gyakorlatilag mentes 3D-s képek megjelenítését, ami már egészen megközelíti a moziban tapasztalt 3D-s élményt. További előnye, hogy a kép megtartja az eredeti méreteket, annak ellenére, hogy a legtöbb 3D-s technológia felezi a képminőséget. Ez azt jelenti, hogy nincs szükség speciális felvételi / lejátszási berendezésre, és a fájlok általában (nem) nagyobbak.

A DLP 3D-s televíziós formátumhoz is szükséges aktív shutter-glasses, használata, amihez szükséges egy DLP Link névre hallgató speciális szinkronizálási protokoll. [37]

### 3.1.6. Anaglif

Az Anaglif formátum az egyik legrégebbi a 3D-s tartalmak közül, és kifejezetten a színes szemüvegek segítségével történő megtekintésére szolgál. A nézetek MIX-ben vannak tárolva (ami azt jelenti, hogy mindegyik pixel mindkét nézetet tárolja). A színszűrők által a szemüvegben történik az elválasztás, a leggyakrabban használt klasszikus piros-kék szűrő segítségével, de léteznek zöld vagy bíbor, vagy sárga és kék típusok is. Ez a formátum a szín zajáról könnyen felismerhető. Sajnos az ebben a formátumban tárolt anyagok a legtöbb eszköz (nem színes szemüveg) által használhatatlanok a súlyos színvesztés miatt. [36] [38]



27. ábra Különböző anaglif technikák képei [36]

Az \*.mkv formátumok Meta adatában „anaglyph\_cyan\_red”, és „anaglyph\_green\_magenta” néven találkozhatunk. [38]

### 3.1.7. *Frame sequential*

Szép magyaros fordítással Keret-sorozatos formátum, ami időelválasztás segítségével egymás után vetíti a képeket, először a bal nézet képkockáit, majd a jobbét. A technológia aktív 3D-s szemüveg meglétét követeli meg a drágább, ami a már sokszor említett LCD shutter technológiát alkalmazza. Ezek a szemüvegek támogatják a teljes 1080p-os 3D felbontást, de a szemüveg viselete valamivel kevésbé kényelmes a passzív szemüvegrendszereknél. [37]

### 3.1.8. *Szemüveg nélküli*

Jelenleg nincs olyan otthoni 3D-s tömegpiaci technológia, amely lehetővé teszi, hogy a TV 3D-s tartalmat jelenjen meg szemüveg nélkül. Ám a Toshiba által a CES2012 alatt bemutatott prototípus lenyűgöző eredményeket ért el, még akkor is, ha ennek a technológiának a tökéletesítése szükséges. Ezek a rendszerek egy autostereo kijelzőt használnak, ahol a kép megduplázódik, így minden szem kissé eltérő képet észlel, és egy 3D-s szemüveg nélkül is kap egy illúziót a mélységérzékelésről. [37]

A legtöbb autostereo megjelenítéshez hasonlóan a Toshiba 3D prototípus a kijelzõn lévõ kamerát is tartalmaz, amely nyomon követi a nézõ fejét, és ennek megfelelõen állítja be a kép parallaxisát, hogy a nézõ bárhol üljön. De ha lezárja a nézõt, a helyiségben lévõ többi személynek meg kell maradnia a nézõterületen meghatározott pozíciókban, hogy láthassa a 3D képet. Ezek a rendszerek még mindig nem készek a tömegpiacra, de biztató, hogy a televíziókészülékek azon dolgoznak, hogy kiküszöböljék az egyik legnagyobb akadályt. [36] [37]

### 3.2. Meghajtó és adattároló modul

#### 3.2.1. Követelményjegyzék a meghajtó modulra

Az irodalomkutatás kapcsán előforduló rendszerek mindegyike egy számítógéphez volt kapcsolva, ahol a grafikus kártyát speciális szoftverre.

Az adattárolással, és a meghajtó hardverrel szemben támasztott követelményeket a 4. táblázatban részleteztem.

4. táblázat Adattároló és meghajtó modul követelményjegyzéke

Követelményjegyzék							
Csoport	Nr.	Követelmény	Érték/	Minősít és	Súlyozás	Forrás	Megjegyzés
			Adat				
<b>Geometria</b>	1.1	Helyszükséglet	max. 100x100x100 [mm]	Szint	7	-	-
<b>Erők</b>	2.1	Önsúly	~1-2 [N]	Szint	-	-	-
<b>Energia</b>	3.1	Villamos hálózat	-	Alap	-	-	-
<b>Biztonság</b>	4.1	Érintésvédelem	-	Alap	-	-	Csatlakozók nál
<b>Ergonómia</b>	5.1	Egyszerű kezelhetőség	-	Szint	7	-	-
	5.2	Hozzáférhetőség	-	Szint	8	-	-
<b>Szerelés</b>	6.1	Szerelhetőség	-	Alap	-	-	-
	6.2	Szabványos alkatrészek	-	Szint	7	-	-
<b>Üzemeltetés</b>	7.1	Fotók két monitorra játszása	-	Alap	-	-	Sztereó élmény miatt
	7.2	Videók lejátszása	-	Szint	7	-	u. a.
	7.3	Külső eszköz nélkül	-	Szint	10	-	-
	7.4	Egyszerű üzemeltetés	-	Szint	5	-	-
<b>Csatlakozók</b>	8.1	Táp	1 [db]	Alap	-	-	-
	8.2	HDMI	2 [db]	Alap	-	-	-
	8.3	USB	2 [db]	Szint	5	-	-

	8.4	Egyéb pl: VGA	-	Óhaj	-	-	-
<b>Memória</b>	9.1	Háttértár	1 [db]	Alap	-	-	-
	9.2	Tartalmak tárolása	-	Alap	-	-	-
<b>Karban-tartás</b>	10.1	Tisztíthatóság	Használatonként	Alap	-	-	-
	10.2	Alkatrészek csereszabotossága	Meghibásodás esetén	Alap	-	-	-
<b>Költségek</b>	11.1	-	<100 ezer Ft	Szint	10	-	-

### 3.2.2. Lehetséges megoldások

#### 3.2.2.1. LAPTOP/PC

A követelmények alapján a rendszer laptopról vagy személyi számítógépről történő meghajtása, nem a legelőnyösebb kivitel lenne. Helyigénye miatt nem lehetne állandó része, így az eszköz csak akkor lenne használható, ha laptop lenne hozzá csatolva. Illetve egy megfelelő laptop beszerzése, ami két HDMI kimenetes videokártyával rendelkezik, jócskán túllépné a keret költségeket, ezért alkalmazása nem kifizetődő. Előnye viszont, a többi megoldással, szemben, hogy szinte bármilyen videó formátumot le lehet játszani vele. Megfelelő szoftver segítségével a két kimeneteség, valamint a monitor szinkronizálás sem jelenthet gondot, hiszen ezek tudják a megfelelő kódolású képet két külön monitorra kijelezni. A programok kezelésének egyszerűsége szinte adott, egyéb ismeretek nem szükségesek hozzá.

#### 3.2.2.2. RASPBERRY PI

Az eredetileg oktatás, és a gyereket számára kifejlesztett ún. single board computer, vagyis miniszámítógép egy csapásra forradalmi változást hozott ezen a téren. A Linux rendszerű eszköz egyelőre a legnagyobb támogatottságot élvezi. Talán a legnagyobb táborra ennek az eszköznek van az SBC-k világában. Mára az egyik legjobb ár/érték arányú eszköz, ami optikai mikroelektronikai feladatok megoldására kiválóan alkalmazható. Nagy fejlesztőbázisának köszönhetően, szinte csak a gép kapacitása szab határt a képzeletnek. A nyílt programkódnak köszönhetően, rengeteg különböző megoldásra. Előnye a korábban említett ár/érték arány, valamint a mérete, ami egy bankkártyával egyezik meg. A hátránya, hogy a legtöbb mai asztali géppel ellentétben ez Linuxszal szerelt, így a kezelése szokatlan lehet, de nem megtanulhatatlan. Ehhez a feladathoz két ilyen egység alkalmazására lenne szükség, ugyanis így biztosított mindkét monitor full HD képe. Viszont költségekben még ez is jóval a laptop, illetve az asztali PC- ár alatt marad még ha mindkét eszközhöz biztosítani kell perifériákat, illetve háttértárat microSD formájában, mivel nem tartalmaz a Raspberry beépített memóriát. [44]

### 3.2.2.3 INTEL NUC

Viszonylag új szereplő a piacon ám képességei és kompaktsága miatt muszáj említést tenni róla. Az Intel komoly szintre emelte ezzel az eszközzel a mini számítógépeket. A gép teljesítménye bőven elegendő irodai, és otthoni felhasználásra egyaránt. Előnye, hogy könnyű, és gyors szerelhetőség, és kis méret miatt a monitorok mögött is elfér. Hátránya, hogy nem túl esztétikus, valamint az ára. Egy ilyen eszköz bőven 100 ezer forint felett kóstál, amely a háttértárral, perifériákkal a még a 200 000 Ft-ot is elérheti. [43]

### 3.2.3 Meghajtó modul kiválasztása és üzemeltetése

A követelményeknek legjobban a Raspberry Pi felelt meg. Ebből, mint már említettem kettőt kell alkalmazni. Ezek egy-egy monitort meghajtva szinkronizáltan fognak működni a megfelelő programmal. Ezt a programot a parancssorba, Linuxos néven LXTerminalba kell beírni. Az elfogadás enter segítségével történik. Előkészületként mindkét Raspberryre Pi-re le kell futtatni a következő programkódot. [45]

```
sudo apt-get install libssl 1.0.2
```

```
sudo apt --fix-broken install
```

```
sudo su
```

```
apt-get update
```

```
apt-get upgrade
```

```
apt-get install libghc-these-prof
```

```
apt-get install libghc-terminal-size-prof
```

```
apt-get install libglib2.0-dev
```

```
apt-get install libgtk2.0-dev
```

```
apt-get install --reinstall python-gi
```

```
apt-get install ffmpeg
```

```
apt-get remove omxplayer
```

```
rm -rf /usr/bin/omxplayer /usr/bin/omxplayer.bin /usr/lib/omxplayer
```

```
apt-get install libpcre3 fonts-freefont-ttfbset libssh-4 python3-dbus
```

```
wget
```

```
http://omxplayer.sconde.net/builds/omxplayer\_0.3.7~git20170130~62fb580\_armhf.deb
```

```
dpkg -i omxplayer_0.3.7~git20170130~62fb580_armhf.deb
```

```
wget -O /usr/bin/omxplayer-sync https://github.com/turingmachine/omxplayer-sync/raw/master/omxplayer-sync
```

```
chmod 0755 /usr/bin/omxplayer-sync
```

```
chmod 0755 /usr/bin/omxplayer
```

```
apt --fix-broken install
```

```
apt-get install libpcre3
```



`apt --fix-broken install`

wget <https://github.com/turingmachine/omxplayer-sync/raw/master/synctest.mp4>

Érdeemes minden sort egyesével végig futtatni, mivel előfordulhat összeakadás, illetve ebben az esetben hamarabb észrevehető a hiba. A feladat itt válik ketté, ugyanis az egyik gép lesz a fő (master), a másik pedig a mellék (slave). A slave úgy fog viselkedni, hogy amikor elindítom a mestert, az után elindul a slave is, majd a szinkronizáció lezajlása után együtt fut majd a rendszer. [45]

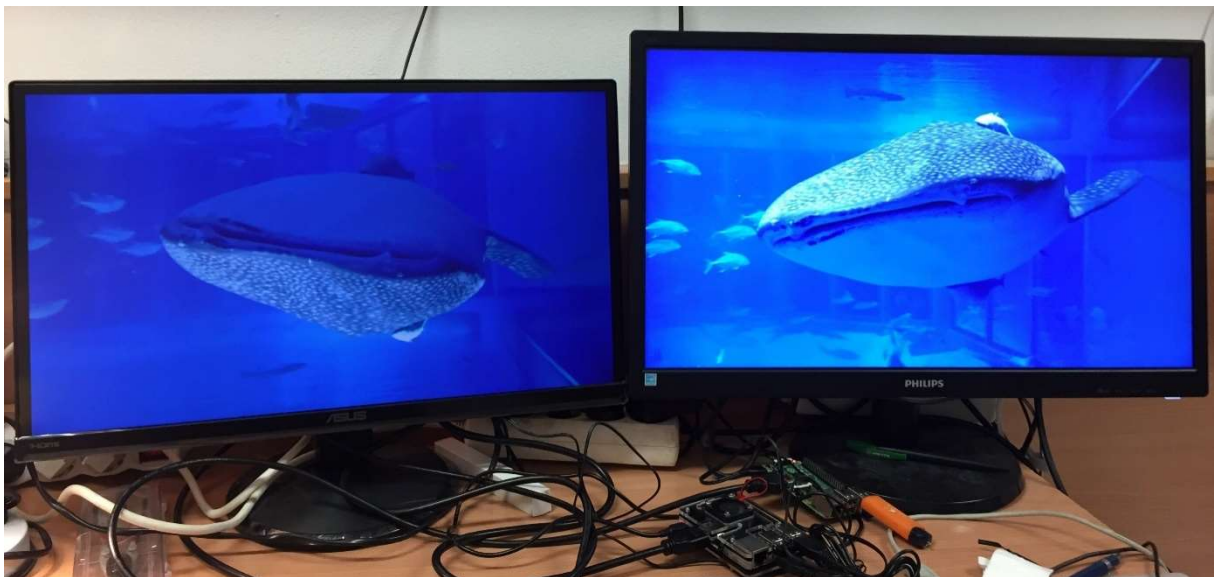
A masterhez a következő sort kell írni:

```
omxplayer-sync -muv synctest.mp4
```

A slavehez pedig ezt:

```
omxplayer-sync -luv synctest.mp4 [45]
```

A szinkronizálást vagy WIFI-n vagy pedig LAN kábelen keresztül lehet megvalósítani. Fontos, hogy a videó .mp4 formátumban legyen valamint az egy-egy raspberryn lévő fájl neve pontosan ugyan az legyen. Először a slave indítása szükséges, hiszen ha a slavebe nincs beírva a programkód, és úgy indítjuk a mestert, akkor csak a fő rendszer indítja a videót és a mellék nem fog vele indulni. Mikor elindul a két videó, pár másodpercig a szinkronizációból adódó késések lehetnek, de mikor ez beáll, onnantól nem akadályozza semmi a 3D-s élményt.



28. ábra Raspberry Pi-ok üzembe helyezése (A teszteléshez két nem egyforma monitort használtam)

A 28. ábrán jól látható, hogy a bal kép tükrözött állapotban van. Erre azért van szükség, mert a monitor képét a beszerelés után a nyalábosztó tükrözi, így eleve tükörképet kell adjon a kijelzőnek, hogy egyenes állású képet kapjon a megfigyelő. Ezt a Raspberryben a következő paranccsal érhetjük el:

```
sudo nano /boot/config.txt [47]
```

Ezzel lényegében a boot menüjét nyitjuk meg, ahol a legvégén található a képernyő konfiguráció, és ide beírva a következő:

```
display_rotate=0x20000 vertical flip-el [47]
```

megvalósítható a tükrözés. Természetesen fordított monitor beszerelésnél egyszerűen csak fordítani kell a képen 180°-ot. Ezt pedig ezzel a paranccsal tehetjük meg:

*display\_rotate=2 [47]*

Maga a meghajtó hardver és szoftver konfigurálása itt kimerül. Nem szabad megfeledkezni, arról sem, miként jut a Raspberrykre az azonos nevű videó állomány. A pre-processzálásnak is nevezhető folyamat abból áll, hogy egy 3 dimenziós videót, filmet két csatornára kell bontani. Ez SBS filmek esetében egyszerűen hangzik, ám a Blu-ray 3D-s filmek esetében nem olyan könnyen megvalósítható. Ezek a filmek viszont két csatornán FULL HD minőségű videót játszanak, míg az SBS esetében csak a teljes kép lesz FULL HD, külön a két csatorna csak fele annyi képponttal fog bírni, még ha utólag teljes 16:9-es képarányra kerül széthúzásra a kép. Ez a felbontás picivel a HD értéke felett lesz. Az eljárások videó vágó programok segítségével, viszonylag kulturált módon megoldhatók. Az így elkészült videókat pendrive segítségével lehet az eszközre juttatni, de nyílt forráskódról beszélve szinte bármilyen eshetőséggel megoldható, még akár felhőszolgáltatás tárhelyéből történő letöltés is.

#### 4. A BERENDEZÉSHEZ SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK SPECIFIKÁCIÓJA

A megjelenítő részegységeinek kiválasztását a Zwicky féle morfológiai mátrix segítségével végeztem. A három megoldásból ezek után egyet pontozással választva kerül berendezésre a végleges kialakítás. A morfológiai mátrixot az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat A berendezés morfológiai mátrixa

Funkció	1	2	3
Tartókeret (Alu)	Profilos (ITEM)	L szelvény	Zártszelvény
Monitor	ACER V226HQLBBI 21,5"	22" LG 22MK430H-B	22" ASUS VA229H
Nyalábosztó	U-Optic	Edmund Optics	Reflexiós üveg
Tartó	Gyártmány	Kereskedelmi áru	
Burkolat	Lemez	Dibond lemez	
Polarizátor	Szemüveg	Okulár	Mindkettő
Kötőelemek	Horonyanyás (Item)	Pántos	
Meghajtó modul	Raspberry PI	PC	Intel NUC
Energia ellátás	Közös táp	hálózati elosztó	Generátor

A mátrixban meghatározott 3 lehetőséget a 6. táblázatban értékeltem a követelményjegyzékekben megfogalmazott szempontok alapján.

6. táblázat Megoldásvázlatok értékelése

No.	Kritérium	Súly	1.változat		2.változat		3.változat	
			Érték	Súlyozott érték	Érték	Súlyozott érték	Érték	Súlyozott érték
1	Konstrukció egyszerűsége	0,7	10	7	8	5,6	8	5,6
2	Meghajtó modul mérete	0,4	8	3,2	10	4	9	3,6
3	Összeszerelés egyszerűsége	0,8	7	5,6	6	4,8	7	5,6
4	Kereskedelmi áruk alkalmazása	0,7	8	5,6	10	7	9	6,3
5	Biztonság	1	10	10	10	10	7	7
6	Formatervezett kialakítás	0,3	7	2,1	7	2,1	7	2,1
7	Megbízhatóság	0,7	10	7	9	6,3	10	7
8	Kezelés egyszerűsége	0,6	10	6	8	4,8	10	6
9	Megfelelő csatlakozók megléte	0,3	8	2,4	10	3	10	3

10	Költségek	0,9	5	4,5	10	9	7	6,3
Összesítés				53,4		56,6		52,5

Látható, hogy a táblázatban zöld nyíllal jelzett megoldási menet bizonyult a legmegfelelőbbnek a követelmények szempontjából. Az egyes megoldásvázlatok közötti részleges eredményt a 6. táblázat tartalmazza. A végleges megoldást a következő, 7. táblázat tartalmazza. A félreértések elkerülése végett kiegészítettem a választott alkatrészeket.

7. táblázat A végleges konstrukció

Funkció	Választott alkatrész
Tartókeret (Alu)	Profilos (ITEM) [41]
Monitor	22" ASUS VA229H [27]
Nyalábosztó	Reflexiós üveg
Tartó	Kereskedelmi áru (Aqua webáruház) [46]
Burkolat	Dibond lemez (alumínium szendvicslemez, PE mag, alu páncélzat)
Polarizátor	Szemüveg/Okulár
Kötőelemek	Horonyanyás, illetve Item kötőelemek
Meghajtó modul	Raspberry Pi
Energia ellátás	Közös táp a 2 monitornak és a két Raspberry Pi-nek

## 5. TERVEZÉS ÉS GYÁRTÁS

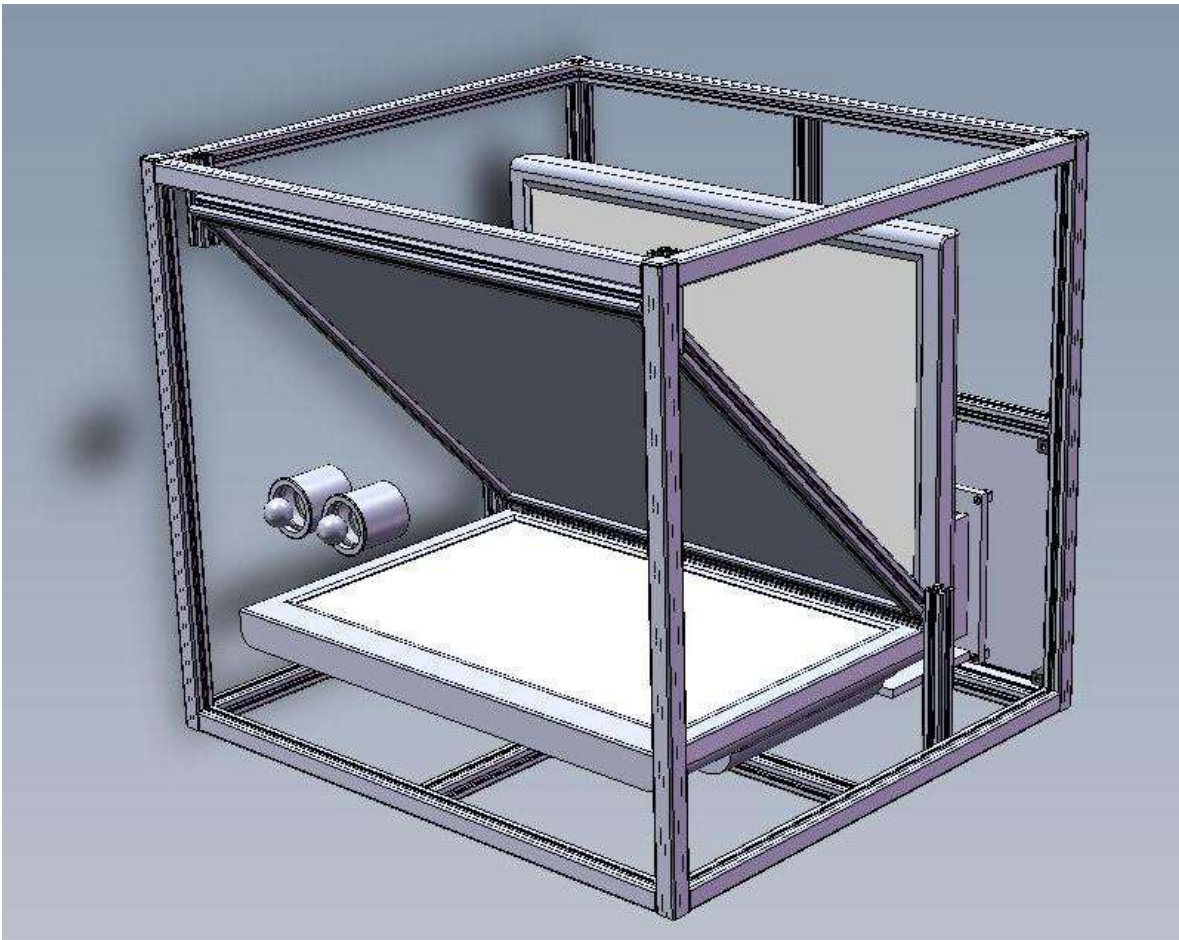
A tervezéshez és a gyártáshoz segítséget és szakmai tanácsokat az Optika Mérnökiroda Kft.-től kaptam. A cég rövid bemutatását a következő pontban végzem.

### 5.1. A cég bemutatása

Az Optika Mérnökiroda Kft. egy magyar hátterű, magyar tulajdonú kisvállalkozás, aminek a székhelye a Csillebércen, a KFKI területén, azaz a Központi Fizikai Kutatóintézet területén helyezkedik el. A cég jelenleg 5 állandó alkalmazottat foglalkoztat ezen felül gyakornokokat is előszeretettel alkalmaznak, sőt mi több a nyári gyakorlatomat én is ennél a cégnél töltöttem. A vállalkozást Dr. G Szabó István okleveles villamosmérnök alapította 2004-ben és birtokolja mind a mai napig, valamint ő az ügyvezető igazgatója is a vállalkozásnak, így módon ő alkalmazott is engem a gyakorlat során. Az OPTIKA Mérnökiroda Kft. (továbbiakban OMI) csapásvonala „Optikai megoldások az ipar és a műszaki élet számára”. Ezen belül foglalkoznak ipari képfeldolgozás optikai eszközeivel. Egyik fő arculatjuk különböző LED megvilágítók az UV-től a látható fényűn át egészen az infravörösig, főként automatizált vizsgálatokhoz. Ide tartoznak a gyűrűs, sűrűfényes, égbolt, vagy éppen a koaxiális megvilágítók is. Háttér, spot és fluoreszcens megvilágítók tervezésében és gyártásában is jeleskedik a cég, így nem ritka, hogy ilyen jellegű technikát alkalmaznak egy gyártósori vizsgálatokhoz. Mátrix és vonalvilágítók is idetartoznak valamint, az ezekhez szükséges meghajtó táp is elérhető náluk. Ezeken felül száloptikás megvilágítókhoz is gyártanak, forgalmaznak egységeket. Másik lényeges dolog a cég életében az OPTO ENGINEERING és a COMPUTAR objektívek hazai forgalmazása. Ide főként alacsony torzítású ipari objektíveket, SWIR-eket, valamint telecentrikus objektíveket lehet sorolni. Multispektrális és fluoreszcens megvilágítások fejlesztésében innovációs díjjal is jutalmazták a céget 2017.-ben. A 15. éve fennálló cégben Dr. G Szabó István foglalkozik a legtöbbet a 3D-s technológiával. Ezt jól mutatja, hogy szabadalma is van a témában, hiszen Eljárás és berendezés, digitális sztereóképek létrehozására címmel publikált 2000.07.25. Érdeklődése nem hagyott alább az elmúlt években sem, így jöhetett létre a közös munka a kiváló szakemberrel.

### 5.2. Tervezés

Ennél a feladat résznél inkább áttervezésben, vagy máshogy fogalmazva módosításban jelenik meg az én munkám, hiszen a tervek Drajkó Atilla korábbi munkájára alapszanak. A 29. ábrán látható az eredeti modell perspektivikus nézete.

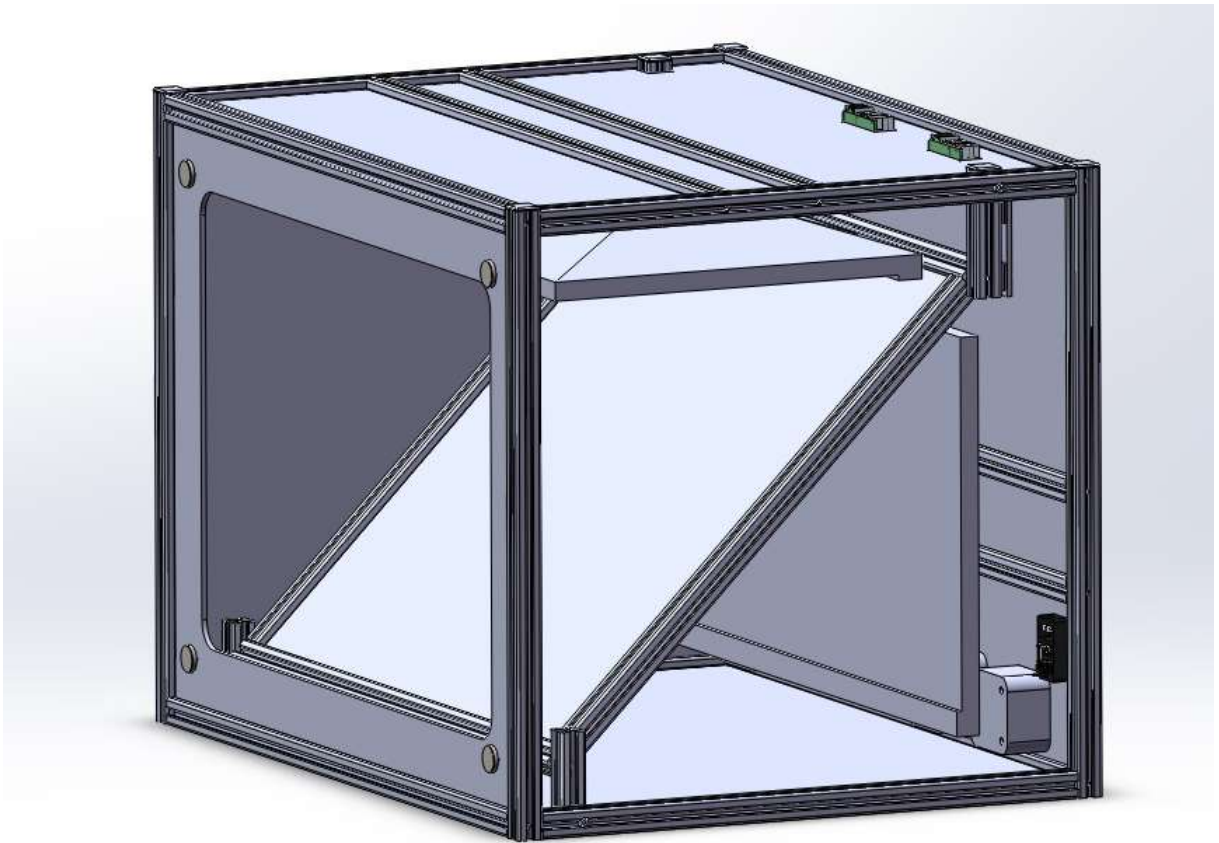


29. ábra Az eredeti modell perspektivikus nézete

A alapos szemügyre vételezés után, megállapítható, hogy a modell mechanikai tartalma megfelelő. Az eredetileg is használt 20x20-as Item profilból fog az én tervemben is felépülni, amik a rendszer vázát képzik. Fontos, hogy igyekeztem minél kevesebb gyártandó alkatrészrel dolgozni, és minél könnyebben beszerezhető alkatrészek irányába ment el a termékfejlesztésem. A csatlakozások szintén az Item által ajánlott szabványos csatlakozók, mint pl. az ún. Standard-Fastening Set [41], valamint az elem végek megfelelő zárókupakkal vannak ellátva. A módosítások fő csapásvonala a komplett meghajtó rendszer integrálásában fog kimerülni. Természetesen a megjelenítő képernyő cseréje is fontos a jelen dolgozatban, hiszen az évekkel ezelőtt kapható monitorok mára már sokat korszerűsödtek és a tömegük is mérséklődött, sőt mi több geometria méretei is megváltoztak. A tervezési feladatot a DS Solidworks programmal készítettem el, mivel az OMI is ebben a környezetben dolgozik.

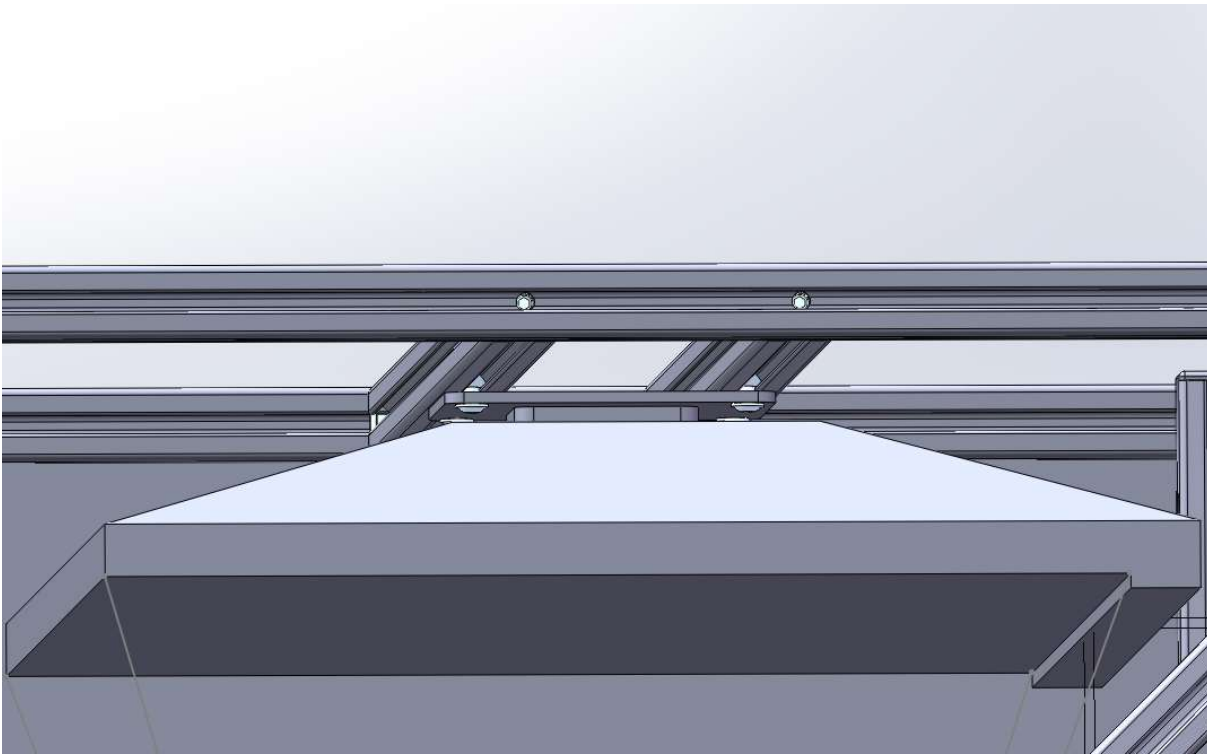
#### 5.2.1 Főbb módosítások

Az eredeti tervekhez képest, én felülre helyeztem a második monitort. Ez a konkurens termékek vizsgálata alapján is bevett szokásként mondható a gyártók körében. Másodsorban, ha esetlegesen eltávolításra kerül az előlapot, akkor ennek a képernyőjén kevesebb por telepszik meg, ami a kép romlását idézné elő.



30. ábra A modell előlap, oldallap és perifériák nélkül.

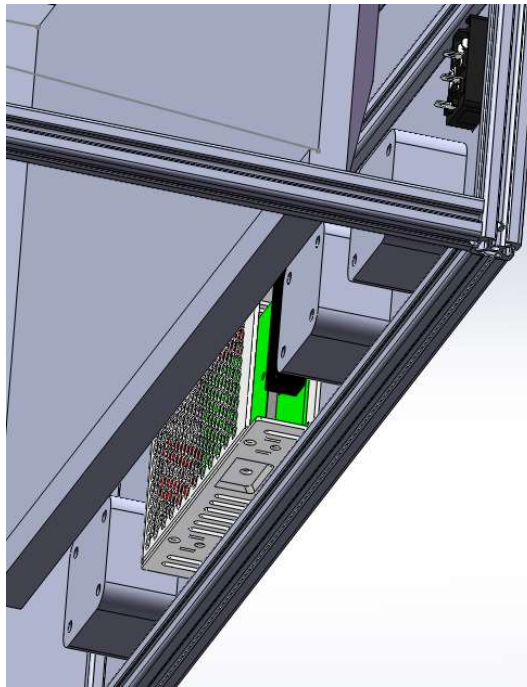
Az eredeti terven lévő keresztartók helyett Item profilból készítettem el a tartókat, amik a monitorokat a helyükre igazítják. Ez látható a 30. ábrán is. Figyelve a pozicionálási lehetőségekre, a profilok mentén eltolható a tartóval felszerelt megjelenítő.



31. ábra Monitor rögzítése a keresztartók mentén

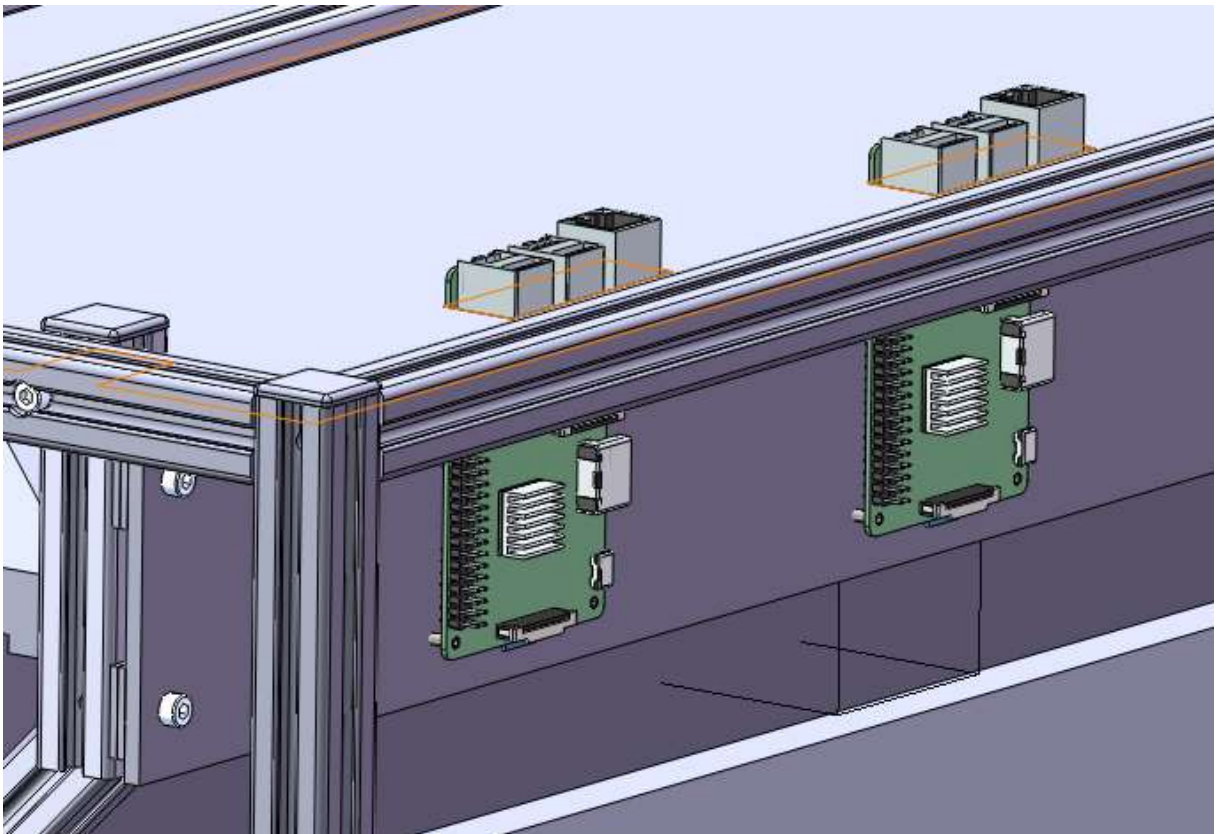
A monitortartókat kicseréltem kereskedelmi forgalomban kaphatóra. Ezeket a tartókat szét lehet szerelni, vagyis az egyik elemet a tartókeretre, másikat pedig a monitorra rögzítve lehet szerelni. Ez után a monitornál fogva egyszerűen össze kell akasztani a két félt, hogy a monitor elfoglalja kívánt helyét. Előfordulhat, hogy ekkor sem lesz tökéletes a rögzítés, hiszen a ki alakuló játék miatt elcsúszhatott a kép. Emiatt célszerű a Dibond lemezeket, ekkor még nem behelyezni, annak érdekében, hogy ne kelljen a monitort újra és újra leszedni, hanem csupán a csavarok lazításával legyen beállítható a monitor. Ezeken annyi módosítást kell végezni, hogy a furatokat kell felfúrni, illetve oválissá tenni azért, hogy beállítható legyen a két kép. Ezt célszerű elvégezni, hiszen ennek hiányában, csak a 31. ábrán is látható keresztprofilok lazításával lehetne elérni. Viszont azt csak az átfúrt profilon keresztül lehet elérni, így annak kvázi fixen megadott helye van.





32. ábra Dibondra szerelt elektromos részek

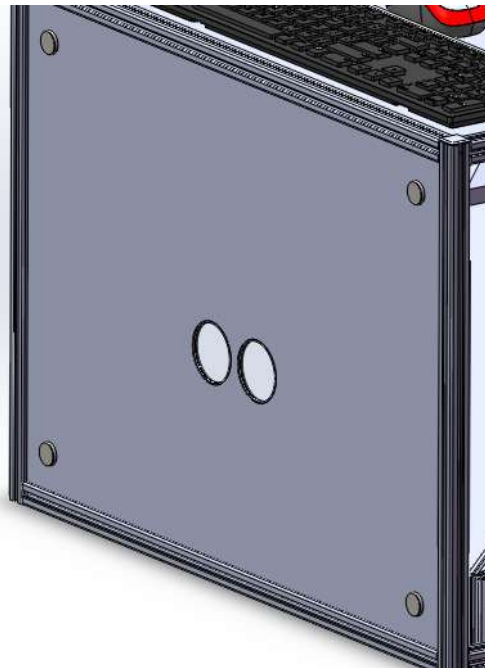
A többi merevítőt, illetve tartót megszüntettem. A Dibond lemezek elég merevek ahhoz, hogy kicsi mikroelektronikai alkatrészeket helyezzünk rájuk. Ezeket az elemeket, úgy helyeztem el, hogy a 3D-s élményt ne befolyásolják, és könnyen hozzáférhetőek legyenek. 28. ábrán látható kötődobozokat, és tápegységeket, valamint a betáplálás csatlakozót is egy Dibondra terveztem biztonsági okokból, hiszen itt az ember találkozhat 230V-os feszültséggel, viszont a monitorokhoz, illetve a Raspberrykhez csak szigetelt kábel jut.



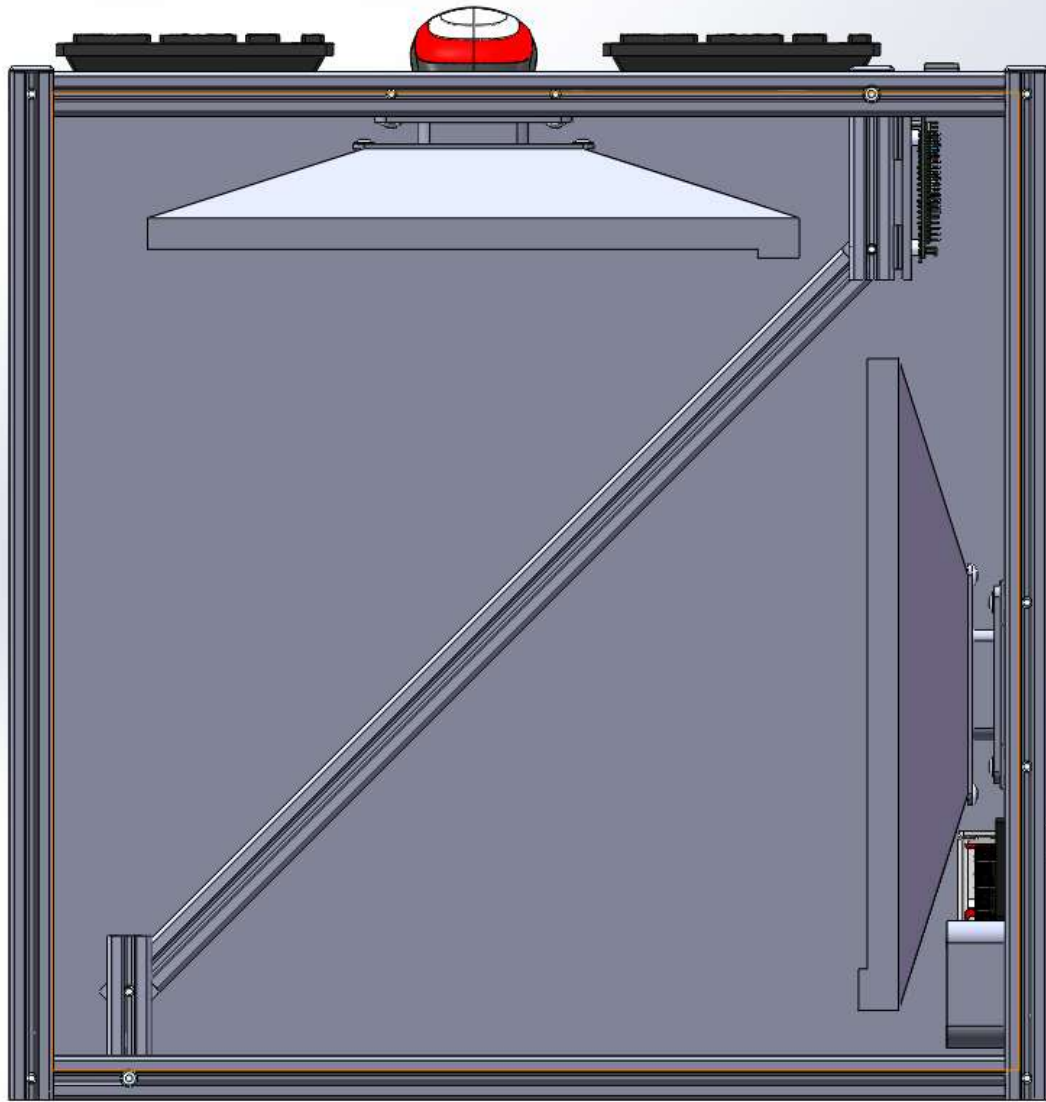
33. ábra: Raspberry Pi-ok elhelyezése

A Raspberry elhelyezése abból a szempontból is fontos, mivel a videók feltöltése a készülékekre, illetve a kezelőhardverek csatlakozóinak hozzáférhetőségét biztosítani kell. Ezért a belógó tükörtartó hátoldalára kerülnek, úgy hogy az USB portok kilógnak a házból. Ezt a Dibond lemezek kivágásával könnyen érem el, így nem kell bonyolult tetőpanelt tervezni. A Raspberry Pi-k is egy Dibond lemezre vannak felhelyezve, ami távtartókkal van eltolva a tükörtől.

További nagy volumenű módosítás volt az előlap levehetőre tervezése jelentette. Erre azért van szükség, hogy egyszerre több szemlélő is szemlélhesse a berendezést, polarizációs szemüveg segítségével. Ennek az eltávolíthatóságát úgy valósítottam meg, hogy a keretbe illeszkedő Dibond lemezt kivágtam, és egyszerű lemezcsavarral segítségével hozzáfogadtam az polárszűrőket is a tartó laphoz. A kész megoldást a 34. ábra mutatja.

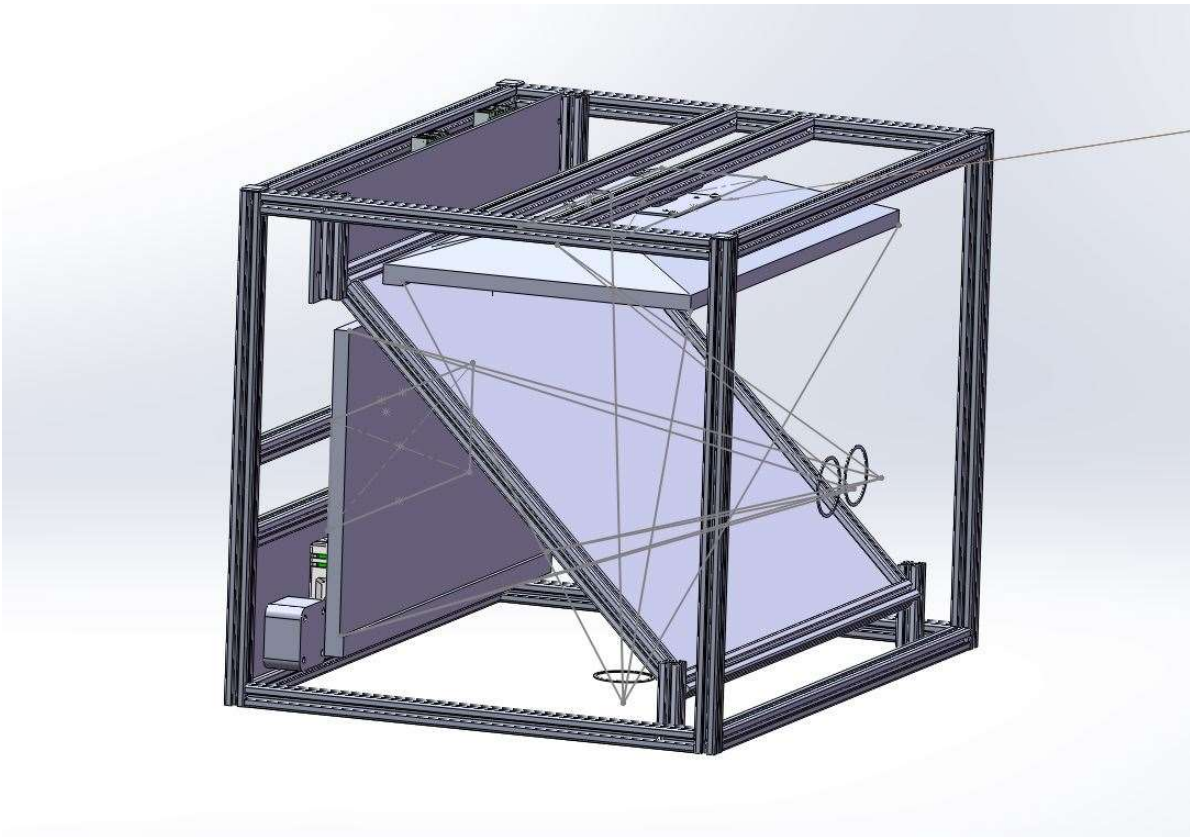


34. ábra: Előlap kialakítás



35. ábra: Oldalnézet (oldallap eltávolításával)

Végül az egyik legfontosabb pontja a tervezésnek a két kép összehozása. Ezt a Solidworks segítségével valósítottam meg, és sketchben megrajzolt vonalak segítségével állítottam be a megfelelő méreteket. A szemközti monitor mögé már a mini számítógépek pozícionálására is használt távtartókat alkalmaztam, azért hogy a sugarak pont a tükör felületén metsszék egymást. Ezt a 36. ábrán lehet megtekinteni.



36. ábra: A sugármenetek

A tükör és a Dibond elemek speciális gumitömítést kapnak annak érdekében, hogy ne mozogjanak a profilban, mivel a profil hornya megközelítőleg 5mm-es, és az üveg valamint a Dibond lemezek 4 mm vastagok, így a tömítés szükséges a megvalósításhoz.

A 37. ábrán is látható egyéb kezelőpanelek, mint az egér és billentyűzet nincs meghatározott helyre téve. Illetve a kábelezés pontos tervezést nem végeztem el, de ez nem is tartozott a feladataim közé.

A végleges modellt a 37. ábra mutatja be. A betekinthetőség érdekében az oldallemezt eltávolítottam.



37. ábra: A kész modell

### 5.3 Gyártás

A gyártás és szerelés a dolgozat beadásáig nem valósul meg. Az alkatrészek beszerzése hosszabb folyamatot fog igénybe venni, de az összeszerelésben való részvételem, valamint az üzembe helyezéskor és kalibrálásakor történő segítségem, a leadást követő hozzáadott értéként fog megjelenni.

## 6. A TERVEZÉS ÖSSZEFOGLALÁSA, ÉRTÉKELÉSE

### 6.1 *Eredmények*

Az OPTIKA Mérnökiroda Kft. egy már korábban elkezdett projektjét folytattam a szakdolgozatomban. Számos koncepció ötletet és kísérletet végeztem annak érdekében, hogy minél jobb eredményt kapjak. A legtöbb feladatot nem a tervezéssel töltöttem, hanem az irodalomkutatással, illetve a laborkísérletekkel, amik olykor külön kihívást jelentettek. Az OPTIKA Mérnökiroda spektrofotométert még kalibrálnom is kellett annak érdekében, hogy megfelelő képet kapjak a reflexiós üvegek tulajdonságairól.

Az irodalomkutatásom során még nem sejtettem, hogy mennyire nehéz feladat lesz egy ilyen eszköz megvalósításában, hiszen a költségek alacsonyan tartására különböző megoldásokat kellett alkalmaznom. Ennek ellenére úgy érzem, hogy produktívan sikerült a problémát megoldanom, annak ellenére, hogy továbbra sem sikerült teljesen kompromisszummentes háromdimenziós megjelenítőt alkotni.

A szakdolgozathoz általam hozzáadott értékek:

- számos kísérlet eredményes elvégzése
- kidolgozásban kulcsszerep vállalás
- a módosított terv során
- számos kézi vázlat készítése az esetleges megoldási és részegységekről
- 3D-s modell igényeknek megfelelő módosítása
- összeállítási rajz készítése az adott rendszerről
- egyes részegységek beszerzésében való részvétel

A leadást követően várható hozzáadott értékek:

- további egységek beszerzésében való részvétel
- aktív szerepvállalás a gyártási és összeszerelési folyamatokban
- részvétel a beüzemelés, és a rendszer kalibrálásánál

### 6.2 *Javaslatok, további fejlesztési lehetőségek*

A tervezés során sokszor éltem egyszerűsítéssel, ami részben az idő rövidege, részben pedig a szakmai tudásom csekélysége miatt volt elengedhetetlen. Ennek ellenére úgy gondolom, hogy a szerkezet megfelelően ellátja a szükséges feladatokat, és a főbb módosításokat fejlesztéseket, csak az esztétikai és ergonómiai vonalon végeznék.

Az első és legfontosabb, hogy a keretet alkotó profilokat kétoldalt zártra cserélném, így nem kellene gumitömítést alkalmazni a csavarok szem elől való eltüntetésére. A csavarokat is lehet esztétikusabb megoldásra cserélni, bár az a költségekben is erőteljesen megjelenne. Ha a jövő fejlesztési irányait veszem alapul, akkor nem merész elgondolás, egy esetleges 3D nyomtatott ház tervezése a rendszer köré, vagy extrém esetben akár egy fémmnyomtatott vázszerkezet kialakítása a rendszer számára. Ezek azonban a jövő szakdolgozat témáit is felölelő ötletkékké fajulhatnak, hozzáértők támogatásával

A legkézenfekvőbb fejlődési lehetőség, az a meghajtó modul, ugyanis piaci hírek szerint, nemsokára elérhető lesz az Nvidia Jetson Nano névre keresztelt mini számítógép, ami 4K videó feldolgozásra is alkalmas lesz. A kis eszköz képes két monitoron 4K-s videót kezelni,

így adja magát, a rendszert későbbiekben, akár 4K-s rendszerré való fejlesztése. Természetesen ehhez a monitorok cseréjére is szükség lesz.

A legfőbb tapasztalat a rendszer tervezése szempontjából a mechanikát gyártó munkatársakkal való kommunikáció, hiszen ők fogja megvalósítani, a tervezők által megálmodott ötleteket. Fontos meghallgatni tanácsaikat, hiszen sokszor tudnak olyan segítséget adni, ami meghatározó lehet a gyárthatóság szempontjából. Ezek az észrevételek javarészt csak közvetlen a gyártás előtt bukkannának fel, mivel a papír, illetve a CAD szoftverben nem nehéz gyárthatatlan termékeket megálmodni.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

1. - W. Rollmann, "Zwei neue stereoskopische Methoden," *Ann. Phys.* 166, 186-187.
2. - Ostnes, Runar&Abbott, V & Lavender, Samantha, (2004): Visualisation techniques: An overview - Part I, *Hydrographic Journal*. No. 113. 3-7,
3. - Dr. Fekete Róbert Tamás, Dr. Antal Ákos, Dr. Tamás Péter, Décsei-Paróczy Annamária (2014). 3D megjelenítési technikák
4. - Antal Ákos, (2010): Sztereomegjelenítés, *Természet Világa* 141. évfolyam, 4. szám,
5. - MTI, (2012): „3D-s televíziós csatornát indít a közszolgálati média”, [https://web.archive.org/web/20120717101215/http://www.hirado.hu/Hirek/2012/06/12/13/3D\\_televizios\\_csatornat\\_indit\\_a\\_kozszolgalmati\\_media\\_.aspx#](https://web.archive.org/web/20120717101215/http://www.hirado.hu/Hirek/2012/06/12/13/3D_televizios_csatornat_indit_a_kozszolgalmati_media_.aspx#); Hozzáférés: 2019. május 4.
6. - DianeDisse, The Birth of Imax: [http://www.ieee.ca/millennium/imax/imax\\_birth.html](http://www.ieee.ca/millennium/imax/imax_birth.html); Hozzáférés: 2019. május 7.
7. - Ostnes, Runar&Abbott, V & Lavender, Samantha. (2004): Visualisation techniques: An overview - Part II. *Hydrographic Journal*. No. 114. 3-7.
8. - Dr. Fekete Róbert Tamás előadása, Megjelenítési technikák, Elektronikus megjelenítők, 3D, Hozzáférés: 2019. május 6.
9. - Lee, Byoung-ho. (2013): Three-dimensional displays, past and present. *Physics Today*. 66. 36. 10.1063/PT.3.1947.
10. - Jorke, Helmut & Fritz, Markus. (2003): Infitec-A new stereoscopic visualization tool by wavelength multiplex imaging. *Journal of Three Dimensional Images*. 19.
11. - Anaglyph Contrast Ballance: <http://www.acb3d.com/whatisacb3d.html>; Hozzáférés: 2019. május 10.
12. - Anaglyphs: Yellow-Blue, [http://nzphoto.tripod.com/sterea/anaglyphs\\_yb.html](http://nzphoto.tripod.com/sterea/anaglyphs_yb.html); Hozzáférés: 2019. május 10.
13. - Nicolas S. Holliman, Neil A. Dodgson, Gregg E. Favalora, and Lachlan Pockett, (2011. június): Three-Dimensional Displays: A Review and Applications Analysis, *IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING*, VOL. 57, NO. 2
14. - Petrie, Gordon. (2001). 3D Stereo-Viewing of Digital Imagery: Is Auto-Stereoscopy the Future for 3D?. *GEOInformatics*. 4. 24 - 29.
15. - <https://adcnj3d.wordpress.com/free-viewing-3d-parallel-view/>; Hozzáférés: 2019. május 6.
16. - D. Lehmann, B. Julesz, (1978): Lateralized cortical potential evoked in humans by dynamic random-dot stereograms
17. - Graham J. Woodgate, Jonathan Harrold, Adrian M.S. Jacobs, Richard R. Moseley\*, David Ezra, (2015): Flat panel autostereoscopic displays — characterisation and enhancement
18. - Balogh, Tibor & Kovács, Péter & Megyesi, Zoltán. (2007): HoloVizio 3D Display System. 10.4108/ICST.IMMERSCOM.2007.2145.



19. - Orvosi HoloPlatform-<http://holografika.com/orvosi-holoplatform/>; Hozzáférés: 2019. május 10.
20. - Nam Kim\*, Anh-Hoang Phan, Munkh-Uchral Erdenebat, Ashraful Alam, Ki-Chul Kwon, Mei-Lan Piao and Jeong-Hyeon Le, (2013): 3D Display Technology Display and Imaging, Vol. 1, pp. 73–95
21. - Gábor Dénes, (1971): HOLOGRÁFIA, 1948-1971, Fizikai Szemle 2000/6. 181.o.
22. - G. Szabó I., (2016): Egy majdnem elfeledett technika, Szakdolgozat feladatkiírás
23. - Palatinus József, (1996): Bálint István(1905-1996) A sztereóképtechnika varázslója
24. - Filmszakadás: <https://porthole.hu/cikk/6092>; Hozzáférés: 2019. május 20.
25. - Bestbyte webshop: <https://www.bestbyte.hu/LED-Wide/Acer-21-5-V226HQLBbi-LED-HDMI-monitor-p184841.html>; Hozzáférés: 2019. május 8.
26. - Aqua webáruház: [https://www.aqua.hu/22-lg-22mk430h-b-led-monitor-fekete-603252.html?utm\\_source=quart&utm\\_medium=product&utm\\_campaign=similar](https://www.aqua.hu/22-lg-22mk430h-b-led-monitor-fekete-603252.html?utm_source=quart&utm_medium=product&utm_campaign=similar); Hozzáférés: 2019. május 8.
27. - Aqua webáruház: <https://www.aqua.hu/22-asus-va229h-led-monitor-fekete-745287.html>; Hozzáférés: 2019. május 8.
28. - Edmund Optics: <https://www.edmundoptics.com/p/75-x-75mm-50r50t-plate-beamsplitter/6986/>; Hozzáférés: 2019. május 11.
29. - RP Photonics Encyclopedia: [https://www.rp-photonics.com/beam\\_splitters.html](https://www.rp-photonics.com/beam_splitters.html)
30. - Edmund Optics: <https://www.edmundoptics.com/resources/application-notes/optics/what-are-beamsplitters/>; Hozzáférés: 2019. május 12.
31. - U- optics: <https://www.u-optic.com/Show/?id=197&siteid=2>; Hozzáférés: 2019. május 12.
32. - James L. Ferguson, Scott D. Robinson, Charles W. McLaughlin, Blake Brown, AdiAbleah, Thomas E. Baker, Patrick J. Green (2005): An innovative beamsplitter-based stereoscopic/3D display design
33. - The 3D plural view family: <https://www.3d-pluraview.com/en/specifications#technology>; Hozzáférés: 2019. április 12.
34. - moreSonic<sup>3</sup>2720H: <http://www.more3d.com/more3d/index.php?id=236>; Hozzáférés: 2019. április 12.
35. - Random pont kép; <http://psycnet.apa.org/index.cfm?fa=buy.optionToBuy&id=1991-00252-001>; Hozzáférés: 2019 április 5.
36. - 3D filmnézés házilag: <https://pcworld.hu/eletmod/3d-s-filmnezes-hazilag-85162.html>; Hozzáférés: 2019. május 14.
37. - Understanding the different 3D formats: <https://www.practical-home-theater-guide.com/3d-tv-formats.html>; Hozzáférés: 2019. május 14.

38. - Stereoscopic formats: <http://www.sview.ru/en/help/input/>; Hozzáférés: 2019. május 14.
39. - Most common 3D files: <https://all3dp.com/3d-file-format-3d-files-3d-printer-3d-cad-vrml-stl-obj/>; Hozzáférés: 2019. április 29.
40. - Digital video and file extension list: <https://www.file-extensions.org/filetype/extension/name/movie-video-multimedia-files>; Hozzáférés: 2019. május 14.
41. - Standard-Fastening Sets; <https://hu-product.item24.com/en/catalogue/products/standard-fastening-sets-1001012015/>; Hozzáférés: 2019. május 17.
42. - Reflexiós üveg: <https://www.gulyasuveges.hu/arak/fenyvisszavero-reflexios-uvegar.html>; Hozzáférés: 2019. május 25.
43. - Intel NUC teszt: <https://pcworld.hu/tesztek/teszt-intel-nuc-5i7ryh-minigep-szurke-kocka-nagy-szivvel-164854.html>; Hozzáférés: 2019. május 28.
44. - Valastyán Attila, (2013. október 19.): Linuxot mindenre - Raspberry Pi, Linux az Oktatásban Konferencia; <https://docplayer.hu/3562224-Linuxot-mindenre-raspberry-pi.html>; Hozzáférés: 2019. május 28.
45. - Raspberry Pi szinkronizálás: <https://github.com/turingmachine/omxplayer-sync/issues/80>; Hozzáférés: 2019. május 23.
46. - Fali konzol: <https://www.aqua.hu/trevi-st-221-univerzalis-fali-tarto-konzol-0022100-355140.html>; Hozzáférés: 2019. május 20.
47. - Raspbery PI montitor forgatás / tükrözés; <https://www.raspberrypi.org/documentation/configuration/config-txt/video.md>; Hozzáférés: 2019. május 28.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatom tartalmát magyar és angol nyelven foglalom össze az alábbi pontban.

### 8.1. Összefoglaló

Az OPTIKA Mérnökiroda Kft. által kiírt szakdolgozati témában egy 3D megjelenítőt kellett tervezni, pontosabban áttervezni, amihez meghajtó szoftvert is kellett illeszteni. Először is el kellett helyeznem kiírt feladatnak megfelelő 3D-s rendszert a többi térbeli megjelenítésre alkalmas rendszer közé.

A következőkben meghatároztam egy ilyen rendszer megépítéséhez szükségeslegfontosabb eszközök, mint a monitor, nyalábosztó, és polárszűrő tulajdonságait. Ez javarész szakirodalmi áttekintés alapján, illetve konkurens termékek vizsgálatával végeztem. Az összehasonlítást táblázatos formában végeztem, valamint a nyalábosztó spektrális tulajdonságait internetes katalógus, illetve saját mérés alapján határoztam meg.

A harmadik részben összegyűjtöttem a televíziózás, mozizás során használt kiterjesztéseket, amiket csoportosítottam. Igyekeztem a legfőbb típusokat bemutatni, hiszen a hétköznapi felhasználás során is főként ezeket alkalmazzuk. Végül ebben a részben került sor a meghajtó modul illesztésére, amivel teljessé vált a kép a megépítendő rendszer kápadásával kapcsolatban. A választott Raspberry Pi az egyszerűségével, és könnyen hozzáférhetőségével tűnt ki a többi közül, és az értékelés során is felülemelkedett a többi megoldáson. Az eszközökkel, hiszen kettő került alkalmazásra, megvalósítható a legfontosabb dolog, a két full HD monitor meghajtása. A bootolási adatok megváltoztatásával lehetőség nyílt az egyik kép forgatására, illetve tükrözésére is. Erre azért is volt szükség, mivel a felső monitorról jövő fénysugarak a tükörrel való találkozás után megfordulnak, így nem jöhetne létre a 3D-s élmény.

A termékspecifikációkból, a megvalósítandó koncepció kiválasztása után a berendezést 3D-s tervező szoftver segítségével megterveztem. A javarészt kereskedelmi forgalomban megkapható alkatrészek miatt csupán egy összeállítási rajzot készítettem el a bemutathatóság, és a legyárthatóságért. A tervezés során ügyeltem a gyárthatóságra, valamint a szerelhetőségre, hogy az esetleges kalibrációt zökkenőmentesen végre lehessen hajtani.

A berendezés alkatrészeinek beszerzése napirendre van véve, illetve egyes elemek már beszerzésre is kerültek. Amint az össze részegység készen áll, megkezdődhet a gyártási folyamat.

## 8.2. Summary

On the subject of the thesis written by OPTIKA Mérnökiroda Kft., a 3D viewer had to be designed, more accurately redesigned to which driver software had to be fitted. First of all, I have to put a 3D system in accordance with the written task for the other spatial display system.

In the following, I have specified the most important tools for building such a system, such as monitor, beam splitter, and polar filter. This is mostly based on a review of literature and the analysis of competing products. The comparison was done in tabular form, and the spectral properties of the beam splitter were determined on the basis of an Internet catalogue or own measurement.

In the third part, I gathered the extensions used in television and cinema. that I grouped. I tried to show the main types, because we use them mostly in every day. Finally, in this section, the driver module was fitted to complete, the image of the system being built. The choice of Raspberry Pi with its simplicity and ease of access has emerged from the others and has also surpassed other solutions during the evaluation. With the tools, since two have been used, the most important thing is to drive two full HD monitors. By changing the boot data, it was also possible to rotate or mirror one image. This was also necessary because the light beams coming from the top monitor turnaround after the mirror, so the 3D experience would' not be created.

After designing the product concept and the concept to be implemented, I designed the equipment with the help of 3D design software. Because of the mostly commercially available parts, I made only one assembly drawing for demonstrability and manufacturing. During the design, I took care of the manufacturability as well as the mounting ability so that any calibration could be performed smoothly.

The purchase of parts of the equipment is on the agenda and some items have already been purchased. As soon as every assembly part is ready, a single assembly process can begin.

# KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve:

Azonosítója: |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

A hallgató elérhetőségei (e-mail, telefon):

Szakedolgozat/diplomaterv címe:

Témavezető:

Konzulens:

Tanszék:

Üzem:

*Kérjük, hogy táblázatot olvasható (nyomtatott) betűkkel töltsse ki! A táblázat bővíthető.*

Alk.	Dátum	Elvégzett feladat/Megjegyzés/Mérföldkő	Aláírás (T/K)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

A Konzultációs naplót összesen legalább hét alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni a témavezetővel vagy konzulenssel. Legalább négy konzultáció a témavezetővel kell történnjen, ezek közül az egyik az utolsó alkalom kell legyen. A tanszékek a tanszéki elvárásoknak és a feladat jellegének függvényében a kötelező konzultációkon kívül „mérőköveket”, ellenőrzési pontokat is beiktathatnak/előírhatnak.

A hallgató konzultációs kötelezettségeinek eleget tett, az elkészített szakedolgozat/diplomaterv a követelmények megfelel, az beadható.

Dátum:

Dátum:

konzulens aláírása

témavezető aláírása