

OTDK – DOLGOZAT

Pont-pont mikrohullámú összeköttetés tervezése

Készítette:

Orbán Péter Pál

BSc szakos villamosmérnök hallgató

Konzulens:

Vári Péter

egyetemi adjunktus

Széchenyi István Egyetem

Távközlési Tanszék

2014.

„OLYAN NINCS, HOGY SEMMI SEM TÖRTÉNIK.

NINCSENEK ÁTLAGOS PILLANATOK.”

/DAN MILLMAN/

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	4
2.	Elméleti háttér	5
2.1	Összeköttetés tervezése.....	5
2.1.1	Helyszíni szemle.....	5
2.1.2	Szabad átlátás	6
2.1.3	Interferencia fajtái.....	6
2.1.4	Interferencia zavaró területei	7
2.2	Nemzetközi szabványok, előírások, szabályozások	9
2.2.1	NMHH.....	10
2.2.2	ITU	10
2.2.3	Frekvenciagazdálkodás.....	10
3.	Kivitelezés	12
3.1	Bemeneti paraméterek	12
3.2	Rendelkezésre álló eszközök	12
3.3	Összeköttetés megtervezése.....	12
3.4	Preinstallációs feladatok	23
3.5	Engedélyezési eljárás.....	24
3.5.1	Frekvencia kijelölési terv	24
3.6	Eszköz telepítése	25
3.6.1	Kültéri egység összeszerelése és felhelyezése a TV toronyba.....	25
3.6.2	Beltéri egység elhelyezése a mikrohullámú adóteremben	26
3.6.3	Pontos iránybaállítás	26
4.	Összefoglaló.....	28
5.	Irodalomjegyzék	29

1. Bevezetés

A mai világban, a laptopok, tabletek, okos telefonok nagymértékű elterjedésével az információk társadalmát éljük, ahol mindenkinek, mindenhol, minden időpillanatban szüksége van mobilhálózatra, internetre, telefonra, hogy állandóan elérhető legyen. A felhasználók magas elvárásainak kielégítése (az adatsebességet és internet elérhetőséget illetően) mind a távközlési mérnökök munkakörébe tartozik.

A mobilhálózatok bázisállomásai, települések közötti telefon és internet összeköttetések két fő módon csatlakozhatnak a gerinchálózathoz. Egyik esetben optikai kábelekkal, másik esetben pont-pont mikrohullámú összeköttetéseken keresztül. Az optikai hálózat igen fejlett, megbízható, zavarmentes, viszont a kiépítési költsége többszöröse egy vele azonos feladatot ellátó mikrohullámú összeköttetéssel. Ezért nagymértékben elterjedt és kedvelt a vezeték nélküli összeköttetés a távközlésben.

Az infokommunikáció és távközlés rohamos fejlődése maga után vonja a mikrohullámú hálózatok és eszközök gyors fejlődését is.

OTDK dolgozatom témája az egyetemen egy 38GHz-es mikrohullámú pont-pont összeköttetés megtervezése, engedélyeztetése, ezen belül az engedélyeztetési eljárás lépéseinek bemutatása. Célja még az egyetem tulajdonában lévő mikrohullámú eszközök feltelepítésének előkészítése és üzembe helyezése.

Fontosnak tartom, hogy a távközlési mérnökök tisztában legyenek egy ilyen jellegű összeköttetés tervezésének lépéseivel, megépítésével, jogi szabályozásaival.

2. Elméleti háttér

2.1 Összeköttetés tervezése

2.1.1 Helyszíni szemle

Mikrohullámú összeköttetés tervezésénél első lépés a felhasználói igények és a végpontok ismeretében a helyszíni felmérés (Field-survey). Meg kell vizsgálni, hogy a végpontok között van-e szabad optikai átlátás tiszta Fresnel-zónával és hova helyezhető el az antenna kültéri illetve beltéri egysége. Meg kell bizonyosodni még az energia ellátásának, kábelezés elvezetésének, tűz és biztonságvédelmi előírások betartásának lehetőségéről.

A felmérés megkönnyítésének érdekében fontos előkészületi munkákat kell megtenni. A Google Earth nevű program segítségével pontosan meghatározhatók a végpontok koordinátái, légvonalbeli távolságuk is. Nagy segítség a tervezőmérnökök számára egy olyan térkép, ami a domborzati viszonyokat mutatja, beleértve a magasabb épületeket is az összeköttetési nyomvonal mentén. Ezt Digital Terrain Model-nek (DTM) nevezzük.

Terepbejárás lépései:

- Végpontok helyének és magasságának felmérése:

A végpontokat GPS koordináták alapján határozzuk meg. Ennek két lehetősége van. A helyszínen GPS vevő készülékkel feljegyezzük a végpont koordinátáit, vagy számítógépes szoftver segítségével digitális térképen keressük meg a végpontokat és olvassuk le annak koordinátáit.

Két szabványosított koordinátát használunk. Az egyik a WGS 84 (World Geodetic System 1984) melyet a térképészet használ, a másik az EOVS¹ (Egységes Országos Vetület) magyarországi földmérési térképek vetületi rendszere, melyet a tervező rendszerek használnak.

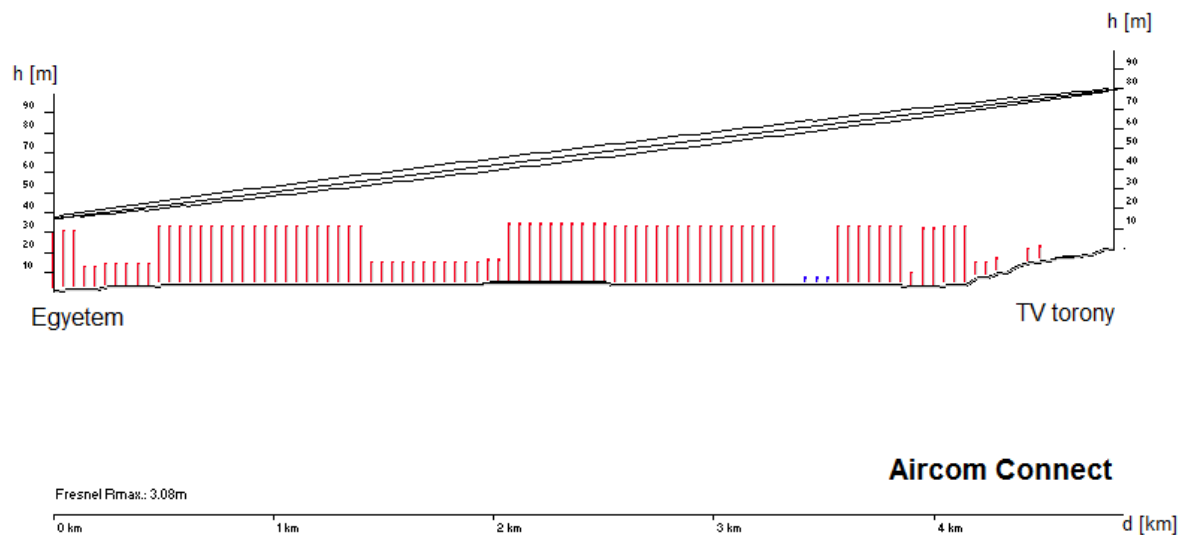
¹ EOVS: Az egységes országos vetület a magyarországi földmérési térképek vetületi rendszere, amit 1975-ben vezettek be, összhangban az egységes országos térképrendszerrel (EOTR-rel). Az ország teljes területét egy hengervetület fedi le. A koordináta-tengelyek tájolása ÉK-i, vagyis a pozitív X iránya északra, a pozitív Y iránya keletre mutat. Az x tengely a gellérthegyi alapponton áthaladó kezdő meridián vetített képe, az y tengely pedig Magyarország középső szélességi vonala közelében haladó és a kezdő meridiánra merőleges legnagyobb gömbi kör vetített képe. A számítások egyszerűsítése érdekében a koordináta-tengelyeket önmagukkal párhuzamosan X irányban 200 000, Y irányban 650 000 méterrel eltolták azért, hogy az egész ország területe az első koordináta-negyedbe essék. Az X koordináta értéke 400 000 m-nél mindig kisebb, az Y koordináta 400 000 m-nél pedig mindig nagyobb. Ezzel is biztosítva a koordináták esetleges felcserélése elleni védelmet. Az ingatlan nyilvántartási és polgári topográfiai térképek ebben a vetületi rendszerben készülnek.

- Szabad átlátás vizsgálata (Line-of-Site) LOS:

A mikrohullámú pont-pont összeköttetések esetén működési feltétel az optikai szabad rálátás és az 1. Fresnel-zóna tisztasága. Ennek nem teljesülése több utas terjedéshez vezet, melynél a jel több tereptárgyról több útvonalon érkezik a vevőbe, interferenciát okozva a jelnek.

2.1.2 Szabad átlátás

Meg kell bizonyosodnunk, hogy a tervező szoftvereink is szabad átlátást mutatnak a két végpont között. Ehhez az Aircom Connect nevű programot használtam. A program keresztmetszeti ábrát készít a link vonalán és mutatja az esetleges benyúló akadályokat.



1. ábra: Terepmetszeti kép

2.1.3 Interferencia fajtái

A frekvencia sávok kihasználásának lényege, hogy minél több részre osszuk fel, minél közelebb legyenek egymáshoz az egyes átviteli csatornák. Ennek az szab határt, hogy mennyire zavarják az egymás mellett lévő csatornák egymást.

Azonos csatornás interferencia:

Egymáshoz közel lévő, azonos frekvenciát használó összeköttetések között előfordulhat, hogy az egyik összeköttetés adója bezavarja a másik összeköttetés vevőjét és a vett hasznos jel teljesen összeütközik a másik állomás által kisugárzott jellel, ami zavarként lép fel. Ezért hívják ezt azonos csatornás interferenciának.

Szomszéd csatornás interferencia

Két frekvenciában közeli összeköttetés elméletben nem zavarhatják egymást, hiszen az adók és vevők szűrői pontosan hangoltak, tehát csak azt a jelet adják és veszik, amire be vannak állítva. De a gyakorlatban sajnos ezt nem tudjuk tökéletesen elérni. Tehát ilyen esetben is előfordul, hogy két egymáshoz közeli frekvencián működő összeköttetés zavarhatja egymást. Ezt a jelenséget hívjuk szomszéd csatornás interferenciának, mert a zavaró jel a szomszéd csatornákból jön.

2.1.4 Interferencia zavaró területei

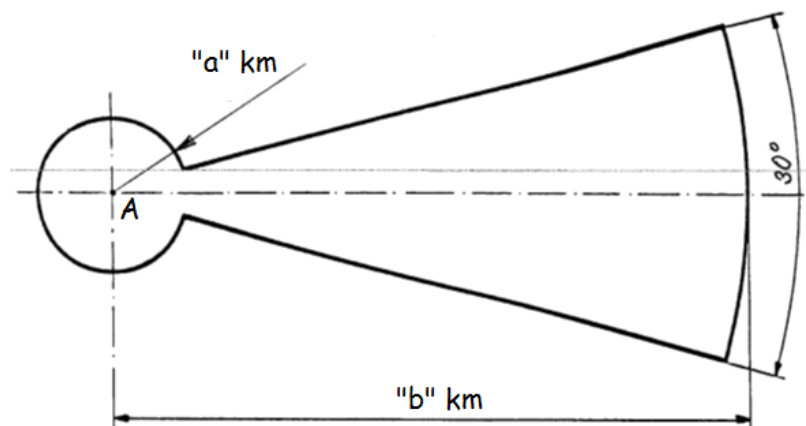
A rádiórelé összeköttetés minden vevőjének legalább 4 dB fédingtartalékkal kell rendelkezni a külső interferenciás zavarhatásokkal szemben. Ez a 4 dB a tervezett rendszerre vonatkozó legkisebb érték. Ez a mennyiség jelenti a jövőben telepítésre kerülő és a már kiépített rendszerek zavaró hatásának következtében bekövetkező fédingtartalék csökkenést. Az egyes interferenciaforrásokból származó fédingtartalék csökkenése nem lépheti túl a 0,4 dB-t és összesen nem lehet több mint 4 dB.

Azonos csatornájú interferenciaszámítási zóna

Az azonos csatornájú interferencia zóna geometriai viszonyai a 14. ábrán láthatók.

Ezen hatókörön belül azok az állomások vannak, melyek:

- a vizsgált állomásnak "a" km sugarú körzetében belül helyezkednek el,
- a vizsgált állomásnak 30°-os sugárnyalábjába esnek ($\pm 15^\circ$ -os) és távolságuk a vizsgált állomástól legfeljebb "b" km.



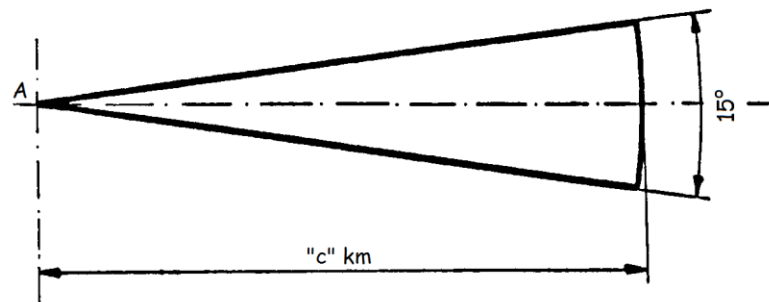
2. ábra: Azonos csatornás interferenciaszámítási zóna

Szomszéd csatornájú interferenciaszámítási zóna

A szomszéd csatornás interferencia zóna geometriai viszonyai a 15. ábrán láthatók.

Ezen a hatókörön belül azok az állomások vannak, melyek:

- az adóantenna 15° -os sugárnyalábjába esnek ($\pm 7,5^\circ$) és távolságuk az adóantennától legfeljebb "c" km.

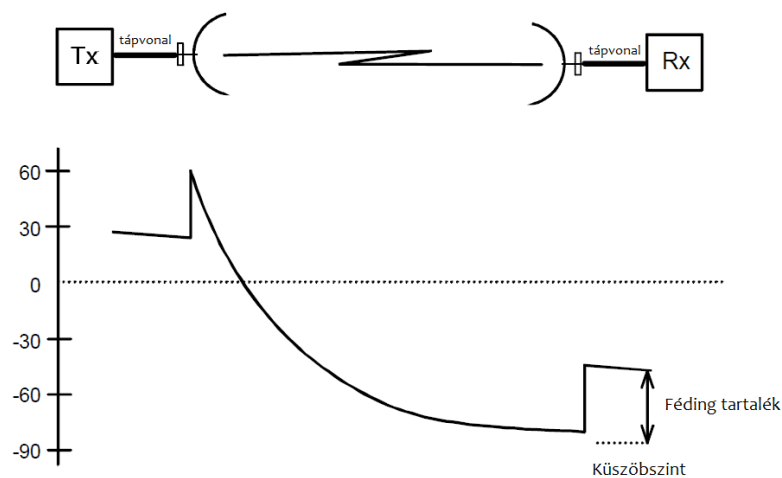


3. ábra: Szomszéd csatornás interferenciaszámítási zóna

A zónák méretére utaló "a", "b", "c", betűk értéke frekvenciafüggő, számértékük az aktuális frekvenciasávra vonatkozó ajánlásban található. A mi 38 GHz-es összeköttetésünk esetén $a = 4$ km, $b = 36$ km, $c = 30$ km.

2.1.4.1 Link Budget számítása

A jel terjedési útját az adótól a vevőig végigkövetjük és fő célunk a féding tartalék meghatározása. A 18-as ábra a link leegyszerűsített vázlatát mutatja be.



4. ábra: Link Budget

Jól látható, hogy az adóból (Tx) egy bizonyos szintű jel jön ki. Amíg eljut az antennáig, addig is csökken kis mértékben a jel a csatlakozók és tápvonalak csillapítása miatt. Ahogy eléri az antennát, az antenna nyeresége hozzáadódik a jelszinthez, ez az ugrás figyelhető meg az antennánál. A jel a legnagyobb csillapodást a szabad térben szenved el. De a vevő antennához érve, annak a nyeresége is hozzá adódik, tehát újra egy jobb jelszintet kapunk. A vevő oldalon szintén a tápvonalak és csatlakozók csillapítása miatt csökken még egy kicsit a jel, amíg elér a vevőhöz (Rx).

A vevőbe érkezett jel és a vevő küszöbszintje közötti különbség adja meg nekünk a Féding tartalékot. Különböző modulációs szintek és különböző BER értékekhez, különböző küszöbszint tartozik. Így például egy magasabb modulációs szint esetén érzékenyebb a rendszer, a hozzá tartozó küszöbszint is magasabb, mint egy alacsonyabb modulációhoz képest, tehát a Féding tartalékunk is csökkeni fog.

Összeköttetésünknel ez a következő képen néz ki:

1. táblázat: Féding tartalék számítása

Adó kimenő teljesítménye	+	18	dBm
Csatlakozások vesztesége	-	1	dB
Adó antenna nyeresége	+	41,6	dB
Szabadtéri csillapítás	-	137,69	dB
Atmoszférikus csillapítás	-	0,624	db
Vevő antenna nyeresége	+	41,6	dB
Névleges bejövő teljesítmény		-37,49	dBm
Küszöbérték 128 QAM, 10-3 BER		-76	dBm
Féding tartalék		38,51	dB

A táblázat jól szemlélteti, hogy melyik összetevő milyen módon járul hozzá a Féding tartalék alakulásához.

2.2 Nemzetközi szabványok, előírások, szabályozások

A rádiós frekvencia gazdálkodás szempontjából két fontos szervezetet kell megemlítenünk. Országon belüli részről az NMHH – Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóságot, nemzetközi részről pedig az ITU – International Telecommunication Union szervezetét.

2.2.1 NMHH

A Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság országos körű önálló államigazgatási szerv. Feladata a Magyarországi hírközlés zavartalan működésének és fejlődésének, a felhasználó ügyfelek érdekeinek védelme. Valamint az elektronikus hírközlési tevékenységet végző személyek, szervezetek jogszabályoknak megfelelő betartásának felügyelete. Fontos feladata még a határokon túli országok szabályozó szervezeteivel való kapcsolat fenntartása és együttműködése.

2.2.2 ITU

A Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU) az ENSZ mellett működő szervezet, melynek feladata a nemzetközi távközlés együttműködésének segítése, fejlődése. Az ITU különböző bizottságai ajánlásokat adnak ki, amelyek figyelembe vételével dolgozzák ki az egyes országok kormányai a távközléssel kapcsolatos jogszabályaikat. Az ITU a Földet három régióra osztotta fel. Egy-egy régió belül azonosak a rádiótávközlésre vonatkozó szabályok.

Az ITU három szektorra osztható.

- ITU-R: a rádió távközlési szektor
- ITU-T: a szabvány ügyi szektor
- ITU-D: a fejlesztési szektor

2.2.3 Frekvenciagazdálkodás

Földfelszíni összeköttetések tervezése több frekvencián történhet. A frekvenciákért az NMHH-tól kell frekvenciát igényelni egy frekvenciaterv formájában. Ennek a folyamatnak az első lépése a frekvenciakijelölés kérése. A frekvenciakijelölési kérelem akkor lesz hivatalos, ha a megfelelő formában az NMHH-hoz eljut és az előírásoknak megfelel.

Ha az általunk beadott dokumentum minden előírásnak megfelel, akkor kiadnak egy frekvencia kijelölési határozatot. Ebben a határozatban megtalálható minden olyan információ, ami az üzembe helyezéshez, üzemeltetéshez szükséges, beleértve a frekvencia használati díjakat is. Ezt a határozatot évente meg kell újítani, amennyiben továbbra is szükség van az összeköttetésre.

A telepítés után új kérelmet kell benyújtani az NMHH-nak, hogy rádióengedélyt kapjunk. Ezt a frekvencia kijelölési kérelem alapján állítják ki.

Frekvencia díjakat az **1/2011. (III. 31.) NMHH** rendelet alapján határozzák meg, ahol kiszámolható a frekvencia havi díja. A frekvencia díjakat állomásonként számolják és Budapest területén belül pedig kétszeres a frekvencia díja.

Általánosan elmondható, hogy alacsonyabb frekvencia sávok nagyobb távolságra, de kisebb sávszélességet biztosítva viszik át az adatot, ezért a nagy távolságok miatt nagyobbak is az interferenciák, több zavart okozhat más állomásoknak. Ezért van az, hogy az alacsonyabb frekvenciák drágábbak, mint a magasabbak.

2. táblázat: Frekvenciasáv díjai P-P összeköttetéseknel

Frekvenciasáv (F)	Díj (Ft/kHz/hó)
960 MHz < F < 10 GHz	0,672
10 GHz <F < 13,25 GHz	0,336
13,25 GHz < F < 21,2 GHz	0,267
21,2 GHz < F < 30 GHz	0,202
30 GHz < F < 55 GHz	0,161
55 GHz <F	0,08

3. Kivitelezés

3.1 Bemeneti paraméterek

A megrendelő benyújtja az igényeit, amelyek alapján a tervező elkezd tervezni. Alapvető megrendelői igények például, hogy melyik két pont között legyen adatátvitel, milyen csatorna kapacitással, milyen rendelkezésre állással és mekkora költséggel. Innentől kezdve a tervező mérnökre van bízva, hogy milyen módon valósítja meg az elvárásoknak megfelelő összeköttetést, milyen eszközöket használ. Persze pontról pontra egyeztet a megrendelővel, a költségek állását, hiszen erős befolyásoló tényező, az egész összeköttetés felépítése és üzemeltetése.

A tervező sokféle berendezés közül választhat, amivel megvalósíthatja, a megrendelt hálózatot, például Ericsson, Huawei, Linkra, NEC eszközökkel. Jelen megrendelőnknek, az egyetemnek NEC eszköze van, így az összeköttetés tervezését erre az eszközre készítjük el.

3.2 Rendelkezésre álló eszközök

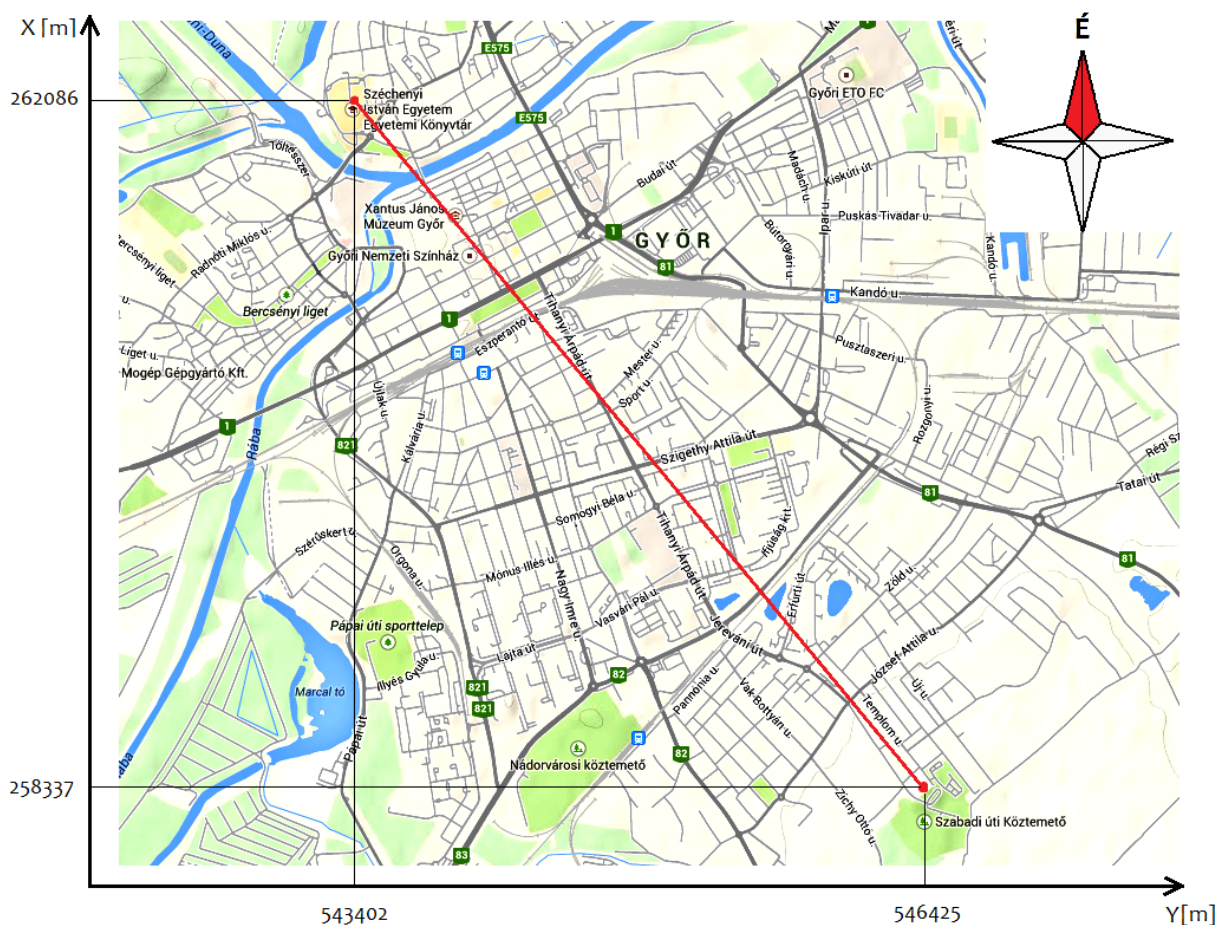
Az NEC Eastern Europe cég támogatásával kapott az egyetem két iPasolink 100E beltéri eszközt és két Pasolink 38GHz-es kültéri egységet. Az összeköttetéshez szükséges volt még két antennára, amit a Grante Zrt. adományozott az egyetemnek.

3.3 Összeköttetés megtervezése

Az összeköttetés megtervezése folyamán voltak szempontok, amik adottak voltak és voltak, amiket én választhattam meg. Adott volt például, a kültéri egység, ami meghatározza, hogy milyen működési frekvenciatartományban kell megtervezni az összeköttetést. A frekvencia lényegében azt is megadta, hogy milyen távolságot foghatunk át vele. A rendelkezésre álló lehetőségek alapján, úgy véltem, hogy az összeköttetés egyik végpontjaként legalkalmasabb az egyetem teteje. Ez azért is praktikus, mert magasan van, másrészt a laborgyakorlaton résztvevő diákoknak helyben van a vizsgálni kívánt eszköz. A másik végpont kiválasztásánál szempont volt még a légvonalbeli távolság helyes megválasztása is a rendelkezésre álló frekvencia miatt. Ezek alapján lett kiválasztva a győri TV torony, mely teljesen megfelelőnek tűnt. A TV torony az Antenna Hungária Zrt. tulajdonában van, ezért az eszköz toronyban való elhelyezéséről megállapodást kellett készíteni.

A két végpontot az EOV koordináták alapján kell megadni, hogy egyértelműen meghatározzuk a pontos helyüket. Meg kell adni még a tengerszint feletti magasságot és az antenna magasságát. Ez alapján számoljuk ki a köztük lévő távolságot, azimut és elevációs szöget.

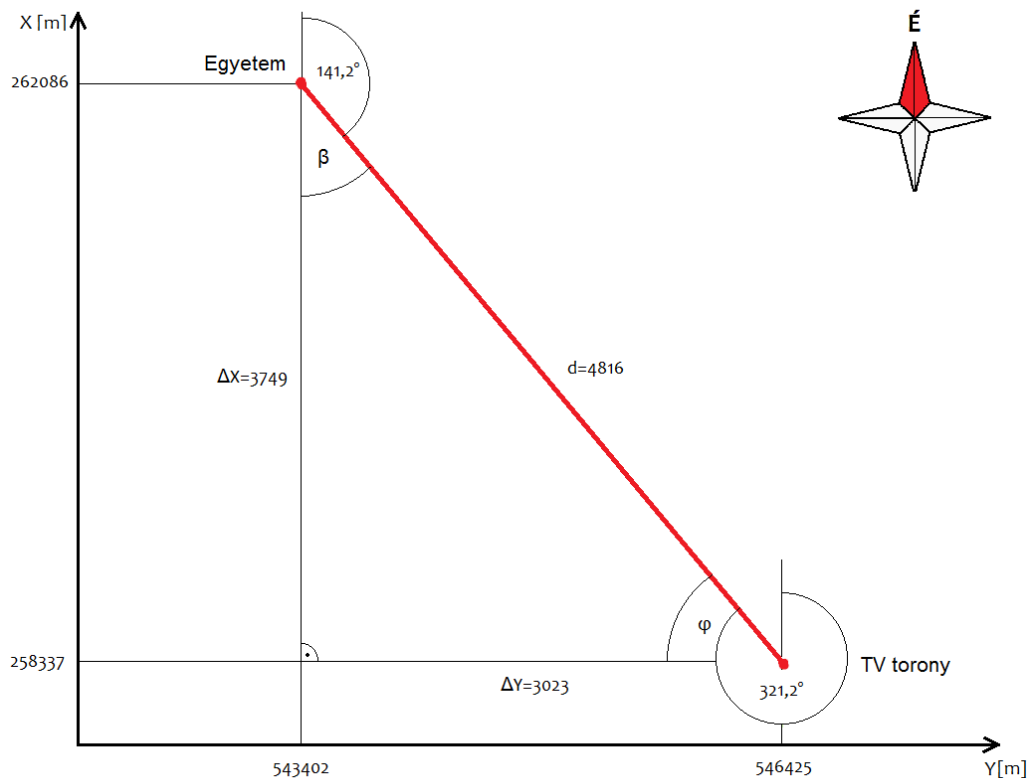
Az alábbi kép jól szemlélteti, hogy a derékszögű koordináta rendszerben, hogyan kell elképzelni az összeköttetés vonalát.



5. ábra: Összeköttetés EOV koordinátái

Pitagorasztétel alapján könnyen kiszámolható a két pont közti távolság. Szögfüggvénnyel pedig az antennák által bezárt szög, az azimut és az eleváció. Az azimut horizontális irányban, míg az eleváció vertikális irányban adja meg az antennák dőlésszögét. Hozzá kell még tenni, hogy az azimut szöget az északi iránytól kezdve számoljuk, óramutató járásával megegyező irányban.

A számításokat a következő ábra segítségével könnyebben megérthetjük.



6. ábra: Távolság és azimut számolása

A távolság kiszámolása:

$$d = \sqrt{3749^2 + 3023^2}$$

$$d = 4816 \text{ m}$$

Tehát a két végpont távolsága 4816 méter, azaz 4,816 km. A távolság meghatározásánál figyelembe kell még venni az antenna magasságokat is és az elevációból adódó szakaszhosszabbodást, de jelen esetünkben ez olyan kis értékű, hogy eltekintünk tőle

Azimut számolása:

Az egyetem oldalán:

$$\sin \beta = \left(\frac{\text{szöggel szembeni befogó}}{\text{átfogó}} \right)$$

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{3023}{4816} \right)$$

$$\beta = 38,8^\circ$$

$$180^\circ - 38,8^\circ = \mathbf{141,2^\circ}$$

A TV torony oldalán:

$$\sin\varphi = \left(\frac{\text{szöggel szembeni befogó}}{\text{átfogó}} \right)$$

$$\varphi = \sin^{-1} \left(\frac{3749}{4816} \right)$$

$$\phi = 51,2^\circ$$

$$270^\circ + 51,2^\circ = 321,2^\circ$$

Link Budget számítás

A Link Budget megadja a jel teljesítményének alakulását az összeköttetés folyamán. Ennek segítségével határozhatjuk meg a vett névleges teljesítményt és a féding tartalékot.

A következő táblázat szemléletesen mutatja, hogy áll össze a vett névleges teljesítmény.

3. táblázat: Névleges bejövő teljesítmény

Adó kimenő teljesítménye	18	dBm
Csatlakozások vesztesége	1	dB
Adó antenna nyeresége	41,6	dB
Szabadtéri csillapítás	137,69	dB
Atmoszférikus csillapítás	0,624	db
Vevő antenna nyeresége	41,6	dB
Névleges bejövő teljesítmény	-38,114	dBm

Féding tartalék számításánál a vett teljesítmény és a vételi küszöbérték különbsége határozza meg azt. Érdekes megfigyelnünk, hogy különböző modulációs állapotokhoz különböző küszöbszint tartozik, így alacsonyabb moduláció esetén nagyobb féding tartalék áll rendelkezésünkre. A 8. táblázatban ezt mutatom be.

4. táblázat: Az egyes modulációkhoz tartozó féding tartalék

QPSK	Receiver threshold	-92	dBm
	Fading margin:	53,886	dB
16QAM	Receiver threshold	-85,5	dBm
	Fading margin:	47,386	dB
32QAM	Receiver threshold	-82,5	dBm
	Fading margin:	44,386	dB
64QAM	Receiver threshold	-79,9	dBm
	Fading margin:	41,786	dB
128QAM	Receiver threshold	-76	dBm
	Fading margin:	37,886	dB

Az összeköttetésünk az eszköz által tudott legkisebb sávszélességgel, 7 MHz-el fog üzemelni, hiszen a kapcsolat létrejöttéhez és a működés szemléltetéséhez teljesen elegendő. Itt visszautalnék még arra, hogy az általunk foglalt sávszélességnél minden egyes kHz után fizetünk, tehát törekedjünk, hogy feleslegesen ne foglaljunk le olyan sávot, amit nem használunk ki.

A 38 GHz-es sávnak, mint minden más sávnak is egy része polgári célú, másik része pedig kormányzati célú felhasználásra van szánva. A kétirányú kommunikáció miatt van alsó és felső sáv. 38 GHz-en ez így oszlik meg.

5. táblázat: Polgári illetve kormányzati sávrész

	Alsó részsáv [MHz]	Felső részsáv [MHz]
Polgári sávrész	37 058 - 37 926	38 318 - 39 186
Kormányzati sávrész	37 926 - 38 178	39 186 - 39 438

A 7 MHz-es sávszélességű digitális jelátvitel céljára a P49/P'49 – P58/P'58 számú csatornák jelölhetők ki növekvő csatorna sorszám szerinti sorrendben. A védősávok 7 MHz esetén a P48/P'48 és P59/P'59 számú sávok. A védősávokban senki sem adhat, ezek különítik el egymástól a különböző sávszélességű sávokat.

A sávosztás táblázata:

6. táblázat: A 7 MHz sáv szélességű csatornák

Sávközépi frekvencia [MHz]	Csatornaosztás					Meg- jegyzés
	3,5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	56 MHz	
37381,75 / 38641,75	R93/R'93					V é d ő s á v
37383,50 / 38643,50		P47/P'47				
37385,25 / 38645,25	R94/R'94					
37387,00 / 38647,00			S24/S'24			
37388,75 / 38648,75	R95/R'95					
37390,50 / 38650,50		P48/P'48				
37392,25 / 38652,25	R96/R'96					
37394,00 / 38654,00						
37395,75 / 38655,75	R97/R'97					
37397,50 / 38657,50		P49/P'49				
37399,25 / 38659,25	R98/R'98					
37401,00 / 38661,00			S25/S'25			
37402,75 / 38662,75	R99/R'99					
37404,50 / 38664,50		P50/P'50				
37406,25 / 38666,25	R100/R'100					
37408,00 / 38668,00				T13/T'13		
37409,75 / 38669,75	R101/R'101					
37411,50 / 38671,50		P51/P'51				
37413,25 / 38673,25	R102/R'102					
37415,00 / 38675,00			S26/S'26			
37416,75 / 38676,75	R103/R'103					
37418,50 / 38678,50		P52/P'52				
37420,25 / 38680,25	R104/R'104					U7/U'7
37422,00 / 38682,00						
37423,75 / 38683,75	R105/R'105					
37425,50 / 38685,50		P53/P'53				
37427,25 / 38687,25	R106/R'106					
37429,00 / 38689,00			S27/S'27			
37430,75 / 38690,75	R107/R'107					
37432,50 / 38692,50		P54/P'54				
37434,25 / 38694,25	R108/R'108					
37436,00 / 38696,00				T14/T'14		
37437,75 / 38697,75	R109/R'109					
37439,50 / 38699,50		P55/P'55				
37441,25 / 38701,25	R110/R'110					
37443,00 / 38703,00			S28/S'28			
37444,75 / 38704,75	R111/R'111					
37446,50 / 38706,50		P56/P'56				
37448,25 / 38708,25	R112/R'112					
37450,00 / 38710,00						
37451,75 / 38711,75	R113/R'113					Védő- sáv
37453,50 / 38713,50		P57/P'57				
37455,25 / 38715,25	R114/R'114					
37457,00 / 38717,00			S29/S'29			
37458,75 / 38718,75	R115/R'115					
37460,50 / 38720,50		P58/P'58				
37462,25 / 38722,25	R116/R'116					
37464,00 / 38724,00				T15/T'15		
37465,75 / 38725,75	R117/R'117					
37467,50 / 38727,50		P59/P'59				
37469,25 / 38729,25	R118/R'118					
37471,00 / 38731,00			S30/S'30			

A frekvencia kijelölés tervezéseként első lépés eldönteni, hogy a link melyik oldala legyen alsó vagy felső fekvésű, illetve horizontális vagy vertikális polarizációval tervezzük meg. Ennek meghatározásához a 2014. augusztusban frissített NMHH adatbázist vettem segítségül. Itt a két végpontot figyelem meg, hogy melyiken mennyi 38 GHz-es eszköz van, milyen fekvésűek és milyen polarizációval rendelkeznek. Interferencia szempontjából fontos, hogy az azonos fekvésűeket egy helyre rakjuk, így kevésbé zavarják egymást. Polarizációban elválasztott sávok között körülbelül 30 dB elválasztás van. Az adatbázis alapján arra jutottunk, hogy a TV torony tetején több a 38 GHz-es felső fekvésű eszköz, így mi is a TV toronyba állítjuk be a magasabb adófrekvenciát. Polarizációban pedig vertikális mellett döntöttünk.

Ezek után következik az általunk használni kívánt sáv kiválasztása, melynél az interferencia vizsgálat segít. Lényegében azt kell figyelni, hogy mi ne zavarjunk másokat és mások se zavarjanak minket. Ezt a mikrohullámú rádiórelé összeköttetések alkalmazási segédletben előírt határérték adja meg, miszerint a zavaró érték adónként nem lépheti túl a 0,4 dB-t és összességében a 4 dB-t.

Az interferencia számításához a MicroPlanner nevű programot használtam. Ez a program is adatbázisból dolgozik. Lényege, hogy meg kell adnunk az általunk kiválasztott sáv nevét, azaz frekvenciáját, a végpontok koordinátáit, az antennák típusát, kisugárzott teljesítményt és ezek alapján készíti el a számítást. Ezek eredményét egy táblázatban és egy felülnézeti rajzban fogom közölni.

Ahogy azt korábban említettem, a sávokat alulról felfelé kell feltölteni, így elsőnek a P49/P'49-es sávot állítjuk be. A zavartatás vizsgálatot mind a két állomás esetén el kell végezni.

A Z-DFMa és DFMa oszlopokat kell figyelni.

Z-DFMa - a zavaró adó féding tartalék csökkenése, amelyet a mi általunk tervezett link okoz.

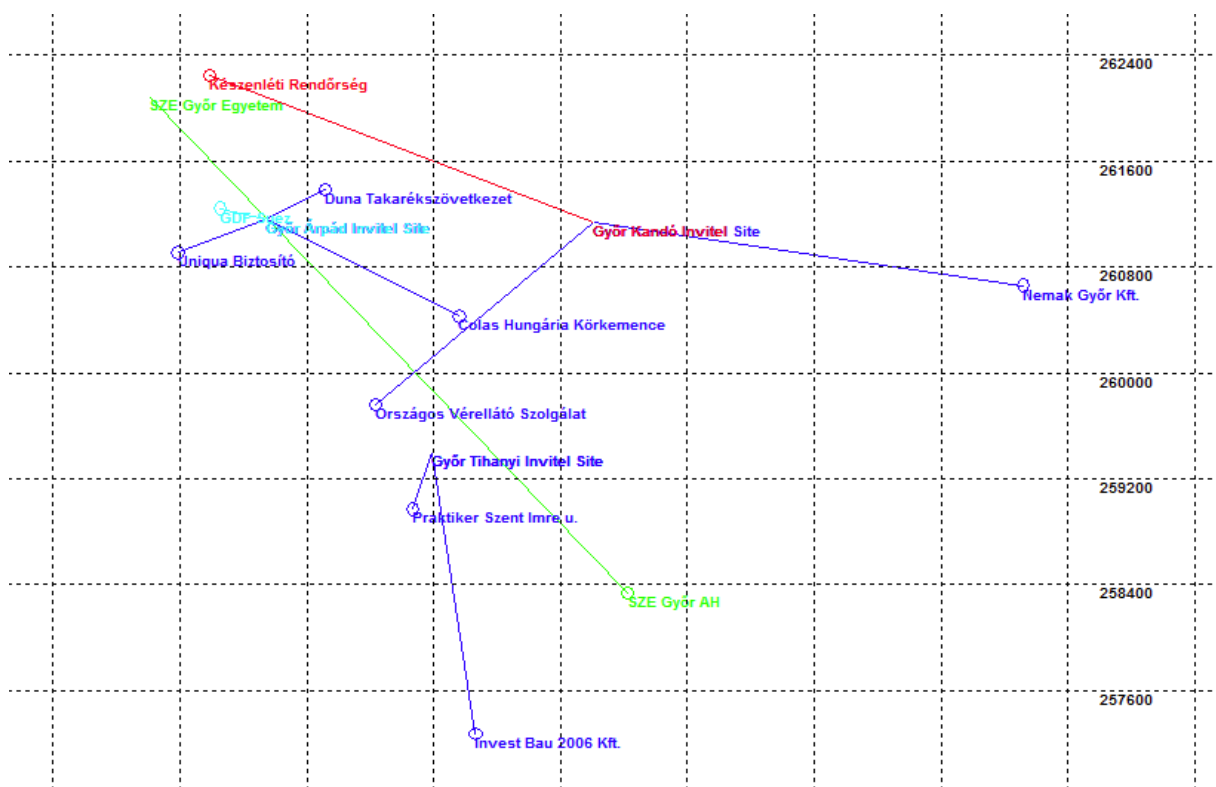
DFMa - a mi linkünk féding tartalék csökkenését adja meg, melyet más link okoz.

Először az egyetemi állomást vizsgáljuk P49-es sávban.

7. táblázat: Egyetem P49 interferencia

SZE Győr 37397.5 szomsz: 25dB	AH-SZE Győr Egyetem P49	K=-106dBW G=41.6dB Hv=80m	B=7MHz F=7.8dB Bch=0.5dB	Ant= 3hf38_HPA-0.3-S-380 SR-NEC Pol=V Tápv=0dB TXP=18dBm								
ZAVARÓ	OSSZEKÖTTETES	ATL.	SZV.V	SZV.A	POL	VED.V	VED.A	SUM_VD	ANT. TIP.			
17	Uniqua Biztató - Győr Árpád Ite	VAN	8.9	66.3	H4.7	26.3	48.8	79.8	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
18	Duna Takaréket - Győr Árpád Ite	VAN	6.8	90.9	H7.8	20	54.2	82	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
24	Colas Hungárce - Győr Árpád Ite	VAN	11.9	148	V0	31.9	60	91.9	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
65	Invest Bau Zt. - Győr Tihanyite	VAN	99.1	49.5	V0	55.8	43.2	99	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
70	GDF Suez - Győr Árpád Ite	VAN	2.7	32.3	V0	12.1	38.5	50.6	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
78	Praktiker Szu. - Győr Tihanyite	VAN	26.1	100	H6	37.2	56	99.2	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
81	Nemak Győr Kt. - Győr Kandó Ite	VAN	85.8	53.1	V0	53.2	44.4	97.6	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
107	Mosonmagyaróim - Geh IntézménKft	VAN	15.2	121.3	H2	35	60	97	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
116	Országos Vért - Győr Kandó Tel	VAN	9.3	87.1	H8	27.7	53.4	89.1	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
133	Készenléti Rég - Győr Kandó Tel	VAN	4.9	31.4	V0	19.5	38.3	57.8	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
140	UNIX Autó Kft - Csorna Siló	VAN	60.9	141.2	V0	47	60	107	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
142	Mosonmagyaróim - Ecolochem Kft	VAN	15.2	5.5	V0	35	20	55	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR			
172	Csorna KLIK - Csorna Siló	VAN	60.5	103.1	H4.4	46.8	51.3	102.5	38DEF_VHLP 1-370			
SZE Győr 37397.5 szomsz: 25dB	AH-SZE Győr Egyetem P49	K=-106dBW G=41.6dB Hv=80m	B=7MHz F=7.8dB Bch=0.5dB	Ant= 3hf38_HPA-0.3-S-380 SR-NEC Pol=V Tápv=0dB TXP=18dBm								
ZAVARÓ	OSSZEKÖTTETES	VED.	EIRP	SZTCS	ZJSZ	C/I	DFMa	T[Km]	F[MHz]	Z-C/I	Z-DFMa	
17	Uniqua Biztató - Győr Árpád Ite	79.8	5.3	135.52	-168.92	62.9	0	3.8	37397.5	41.2	0.05	1;; XML!
18	Duna Takaréket - Győr Árpád Ite	82	2.3	134.98	-173.58	67.6	0	3.6	37397.5	42.9	0.03	2;; XML!
24	Colas Hungárce - Győr Árpád Ite	91.9	13.3	131.28	-193.78	87.8	0	2.3	37404.5	74.1	0	1;-25dB;
65	Invest Bau Zt. - Győr Tihanyite	99	17.3	126.96	-167.56	61.6	0	1.4	37397.5	51.9	0	2;; XML!
70	GDF Suez - Győr Árpád Ite	50.6	-0.8	135.63	-170.93	64.9	0	3.8	37404.5	37.1	0.12	2;-25dB;
78	Praktiker Szu. - Győr Tihanyite	99.2	2.3	127.38	-208.18	102.2	0	1.5	37404.5	77.5	0	2;-25dB;
81	Nemak Győr Kt. - Győr Kandó Ite	97.6	19.3	134.51	-171.71	65.7	0	3.4	37397.5	58	0	2;; XML!
107	Mosonmagyaróim - Geh IntézménKft	97	9.2	155.66	-227.36	121.4	0	38.9	37404.5	103.6	0	1;-25dB;
116	Országos Vért - Győr Kandó Tel	89.1	15.3	130.42	-188.12	82.1	0	2.1	37404.5	70.4	0	2;-25dB;
133	Készenléti Rég - Győr Kandó Tel	57.8	19.3	137.33	-134.74	28.7	0.78	4.7	37397.5	21	3.36	2;; XML!
140	UNIX Autó Kft - Csorna Siló	107	9.2	153.68	-235.39	129.4	0	30.9	37404.5	111.6	0	2;-25dB;
142	Mosonmagyaróim - Ecolochem Kft	55	5.3	155.66	-164.27	58.3	0	38.9	37397.5	36.6	0.14	1;; XML!
172	Csorna KLIK - Csorna Siló	102.5	10.7	153.92	-204.62	98.6	0	31.8	37397.5	82.3	0	2;; XML!
-134.72 28.72 0.78												

Jól látható, hogy a 133-as sorszámú Készenléti rendőrség – Kandó Invitel linket 3,36 dB-el zavarjuk. A képen zöld színű a mi linkünk, kék ami nem zavar és piros színű, ami a határértéken felüli.



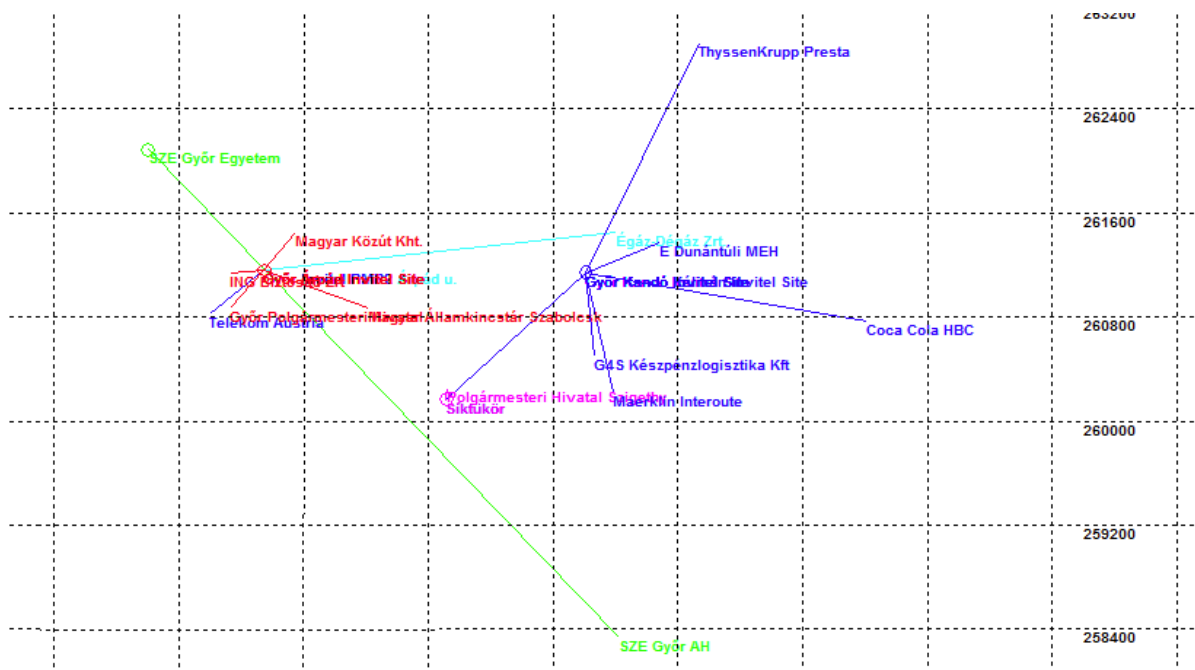
7. ábra: Egyetem P49 interferencia

Következő sáv, amit vizsgálunk, a P50/P'50 lesz.

8. táblázat: Tv torony P'50 interferencia

SZE Győr Egyetem-SZE Győr AH 38671.5 P50' szomsz: 25dB	K=-106dBW G=41.6dB Hv=37m	B=7MHz F=7.8dB Bch=0.5dB	Ant= 3hf38_HPA-0.3-S-380 SR-NEC Po1=V Tápv=0dB TXP=18dBm							
ZAVARO OSSZEKOTTETES	ATL.	SZV.V	SZV.A	POL	VED.V	VED.A	SUM_VD	ANT.TIP.		
9 Duna Takaréket - Mosonmagyarórn	VAN	163.5	172.2	V0	60	60	120	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
21 Győr Tihanyite - Mécs László te	VAN	5.2	92.9	H7.4	20	54.6	82	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
46 Leier - Ács MÁV	VAN	51	106.2	V0	43.7	60	103.7	3hf23_VHLP1-370		
54 Győr Kandó Ite - Robust Plastik	VAN	32.6	174.4	V0	38.5	60	98.5	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
63 Győr Árpád Ite - Colas Hungárce	VAN	0	159.8	V0	0	60	60	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
128 Győr Tihanyite - Interoute Makf	VAN	5.2	89.7	H3.4	20	58.6	82	3hf23_VHLP1-370		
141 Nolato Magyat. - MosonmagyaróAV	BG64_1.8	161.8	10.7	H2	60	32.3	96.1	3hf23_VHLP1-370		
146 Győr Árpád Ite - GDF Suez	VAN	0	35.1	V0	0	39	39	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
158 Győr Tihanyite - Praktiker Szu.	VAN	5.2	131.3	H2	20	60	82	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
184 Győr Árpád Ite - Lapcom Kft.	VAN	0	76.3	H11.4	0	50.6	62	3hf23_VHLP1-370		
194 Geh IntézménKf - Mosonmagyaróim	BG72.9_3.4	164.4	59.2	H2	60	46.4	111.8	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
219 Győr Kandó Iel - Országos Vértat	VAN	32.6	63.8	H4.6	38.5	47.9	91	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
225 Győr Kandó Ite - Maerklin Intte	VAN	32.6	119.6	H2	38.5	56	96.5	38DEF_VHLP 1-370		
232 Győr Kandó Ite - ThyssenKruppta	VAN	32.6	93.7	V0	38.5	54.7	93.2	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
235 UNIX Auto Kf u - Mosonmagyaróim	BK98.9_1	165.6	113.7	H2	60	59.5	122.5	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
243 Mosonmagyaróág - Mosonmagyarórn	VAN	163.8	83.8	V0	60	52.8	112.8	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
247 SOPRON MH. AAS - SOPRON HONVE2.	VAN	126.6	70.8	H2	60	40.4	102.4	17df38_DPA-0.17-S-380 FR		
254 Csorna Siló - UNIX Auto Kft.	VAN	109.4	29.1	V0	57.9	37.8	95.7	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
258 Győr Árpád Ite - ING Biztosíttrt	VAN	0	55.5	V0	0	45.2	45.2	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
271 Csorna Siló - Földmérési éIn	VAN	109.4	56	H4.1	57.9	45.3	107.3	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
276 Mór Csókakó te - Mór OTH	VAN	14.1	32.7	V0	34.1	38.5	72.6	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
278 Csorna Siló - Swietelsky 401	VAN	109.4	179.6	H2	57.9	60	119.9	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
SZE Győr Egyetem-SZE Győr AH 38671.5 P50' szomsz: 25dB	K=-106dBW G=41.6dB Hv=37m	B=7MHz F=7.8dB Bch=0.5dB	Ant= 3hf38_HPA-0.3-S-380 SR-NEC Po1=V Tápv=0dB TXP=18dBm							
ZAVARO OSSZEKOTTETES	VED.	EIRP	SZTCS	ZJSZ	C/I	DFMa	T [Km]	F [MHz]	Z-C/I	Z-DFMa
9 Duna Takaréket - Mosonmagyarórn	120	17.3	154.23	-215.83	109.8	0	31.9	38671.5	100.1	0
21 Győr Tihanyite - Mécs László te	82	14.2	134.3	-161.01	55	0	3.2	38671.5	42.2	0.04
46 Leier - Ács MÁV	103.7	23.7	153.06	-191.96	86	0	27.9	38671.5	82	0
54 Győr Kandó Ite - Robust Plastik	98.5	26.3	133.57	-164.67	58.7	0	2.9	38671.5	58	0
63 Győr Árpád Ite - Colas Hungárce	60	13.3	125.66	-156.28	50.3	0.01	1.1	38664.5	36.6	0.14
128 Győr Tihanyite - Interoute Makf	82	12.6	134.3	-162.62	56.6	0	3.2	38671.5	41.5	0.05
141 Nolato Magyat. - MosonmagyaróAV	96.1	5.6	154.45	-203.85	97.8	0	32.7	38671.5	75.8	0
146 Győr Árpád Ite - GDF Suez	39	-0.8	125.66	-149.37	43.4	0.03	1.1	38664.5	15.6	7.04
158 Győr Tihanyite - Praktiker Szu.	82	2.3	134.3	-197.9	91.9	0	3.2	38664.5	67.2	0
184 Győr Árpád Ite - Lapcom Kft.	62	9.6	125.66	-136.96	31	0.48	1.1	38671.5	12.9	9.32
194 Geh IntézménKf - Mosonmagyaróim	111.8	9.2	154.99	-241.5	135.5	0	34.8	38664.5	117.7	0
219 Győr Kandó Iel - Országos Vértat	91	15.3	133.57	-193.17	87.2	0	2.9	38664.5	75.5	0
225 Győr Kandó Ite - Maerklin Intte	96.5	8.6	133.57	-205.37	99.4	0	2.9	38678.5	81	0
232 Győr Kandó Ite - ThyssenKruppta	93.2	15.3	133.57	-195.37	89.4	0	2.9	38678.5	77.7	0
235 UNIX Auto Kf u - Mosonmagyaróim	122.5	15.3	154.67	-245.77	139.8	0	33.5	38678.5	128.1	0
243 Mosonmagyaróág - Mosonmagyarórn	112.8	6.2	154.87	-220.38	114.4	0	34.3	38671.5	93.6	0
247 SOPRON MH. AAS - SOPRON HONVE2.	102.4	20.9	162.13	-202.53	96.5	0	79.3	38671.5	96.4	0
254 Csorna Siló - UNIX Auto Kft.	95.7	9.2	153.73	-224.13	118.1	0	30.1	38664.5	100.3	0
258 Győr Árpád Ite - ING Biztosíttrt	45.2	-3.7	125.66	-158.46	52.5	0	1.1	38678.5	21.8	2.95
271 Csorna Siló - Földmérési éIn	107.3	9.2	153.73	-210.73	104.7	0	30.1	38671.5	86.9	0
276 Mór Csókakó te - Mór OTH	72.6	20.3	159.6	-170.8	64.8	0	59.2	38671.5	58.1	0
278 Csorna Siló - Swietelsky 401	119.9	8.3	153.73	-224.23	118.2	0	30.1	38671.5	99.5	0
-136.61 30.61 0.52										

Itt is egyértelműen látható, hogy sok rádiót zavarnánk az adónkkal ebben a sávban.



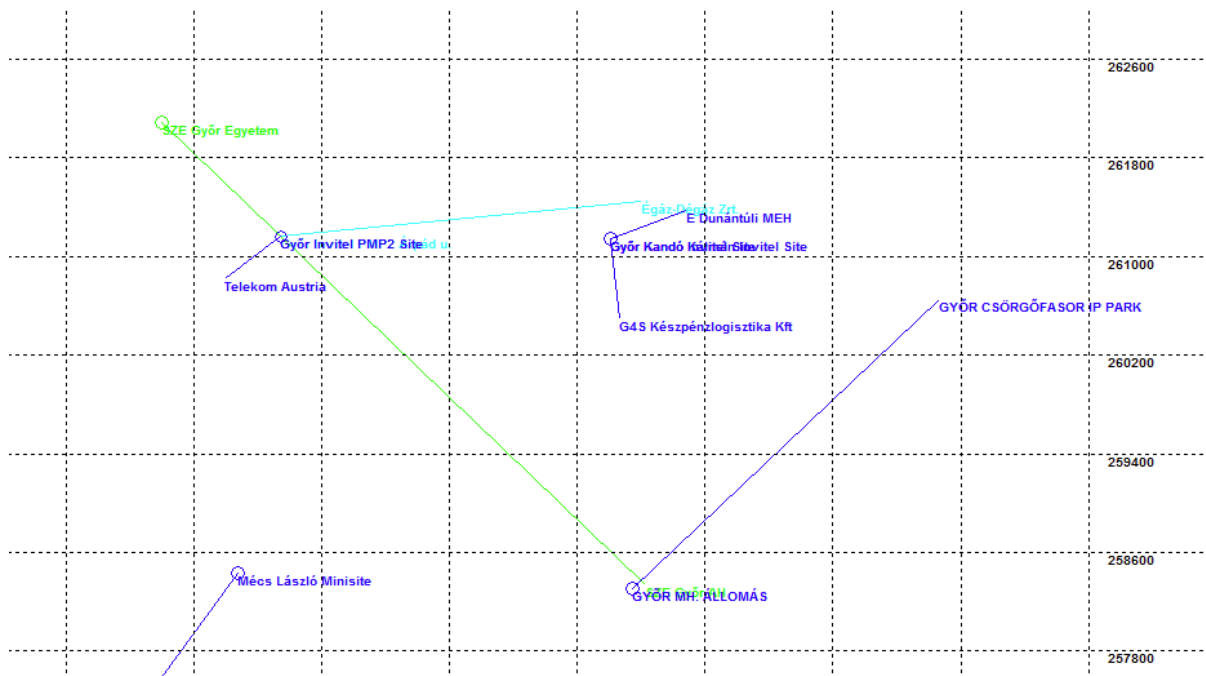
8. ábra: TV torony P'50 interferencia

Mivel az egyik irányban nem felelt meg a csatorna, ezért a másik iránnyal már nem is foglalkozunk. A P51, P52, P53, P54-es csatorna sem volt jó. Végül elértem a P55-öset

9. táblázat: Egyetem P55 interferencia

SZE Győr AH-SZE Győr Egyetem 37439.5 P55 szomsz: 25dB	K=-106dBW G=41.6dB Hv=80m	B=7MHz F=7.8dB Bch=0.5dB	Ant= 3hf38_HPA-0.3-S-380 SR-NEC Pol=V Tápv=0dB TXP=18dBm							
ZAVARO OSSZEKOTTETES	ATL.	SZV.V	SZV.A	POL	VED.V	VED.A	SUM_VD	ANT.TIP.		
23 Égáz-Dégáz Zt. - Győr Invitelu. VAN		38.4	83.1	V0	39.7	60	99.7	3hf23_VHLP1-370		
24 Ács MÁV - Bonafarm VAN		114.7	99.3	V0	59.9	55.9	115.8	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
30 Telekom Austria - Győr Invitelte VAN		7.8	87.6	H4.6	22.7	57.4	84.7	3hf23_VHLP1-370		
108 GYÖR CSÖRGÖFRK - GYÖR MH. ÁLLÁS VAN		77.3	0	H6.4	51.5	0	57.9	17df38_DPA-0.17-S-380 FR		
115 Mosonmagyaróim - FGSZ Mérőállás VAN		15.2	159.9	V0	35	60	95	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
120 Tízpróba Mo ft - Mécs László te VAN		74.8	36.9	V0	51	39.4	90.4	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
128 Komárom MÁV - Komárom Siló BK58.9_0.5		112.5	22.9	V0	59	36.6	96.1	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
170 E Dunántúli EH - Győr Kandó Kte VAN		43.7	59.2	H5.8	41.2	36.9	83.9	38DEF_VHLP 1-370		
172 G4S Készpénzft - Győr Kandó Itte VAN		34.6	179.1	V0	38.9	60	98.9	3hf38_HPA-0.3-S-380-FR		
SZE Győr AH-SZE Győr Egyetem 37439.5 P55 szomsz: 25dB	K=-106dBW G=41.6dB Hv=80m	B=7MHz F=7.8dB Bch=0.5dB	Ant= 3hf38_HPA-0.3-S-380 SR-NEC Pol=V Tápv=0dB TXP=18dBm							
ZAVARO OSSZEKOTTETES	VED.	EIRP	SZTCS	ZJSZ	C/I	DFMa	T[Km]	F [MHz]	Z-C/I	Z-DFMa
23 Égáz-Dégáz Zt. - Győr Invitelu.	99.7	19.6	133.72	-197.72	91.7	0	3.1	37432.5	83.6	0
24 Ács MÁV - Bonafarm	115.8	9.2	152.12	-242.63	136.6	0	25.8	37432.5	118.8	0
30 Telekom Austria - Győr Invitelte	84.7	3.7	135.04	-199.94	93.9	0	3.6	37432.5	69.9	0
108 GYÖR CSÖRGÖFRK - GYÖR MH. ÁLLÁS	57.9	22.9	133.29	-152.19	46.2	0.02	2.9	37446.5	48.1	0.01
115 Mosonmagyaróim - FGSZ Mérőállás	95	19.3	155.67	-215.27	109.3	0	38.9	37432.5	101.6	0
120 Tízpróba Mo ft - Mécs László te	90.4	15.3	135.39	-194.39	88.4	0	3.7	37432.5	76.7	0
128 Komárom MÁV - Komárom Siló	96.1	8.3	154.8	-226.51	120.5	0	35.2	37432.5	101.8	0
170 E Dunántúli EH - Győr Kandó Kte	83.9	3.7	133.55	-197.65	91.6	0	3	37432.5	68.4	0
172 G4S Készpénzft - Győr Kandó Itte	98.9	5.3	130.55	-208.06	102.1	0	2.1	37432.5	80.4	0
				-152.19	46.19	0.02				

Látható, hogy nincs olyan zavaró jelünk, ami határértéken felüli lenne, tehát ez jó!



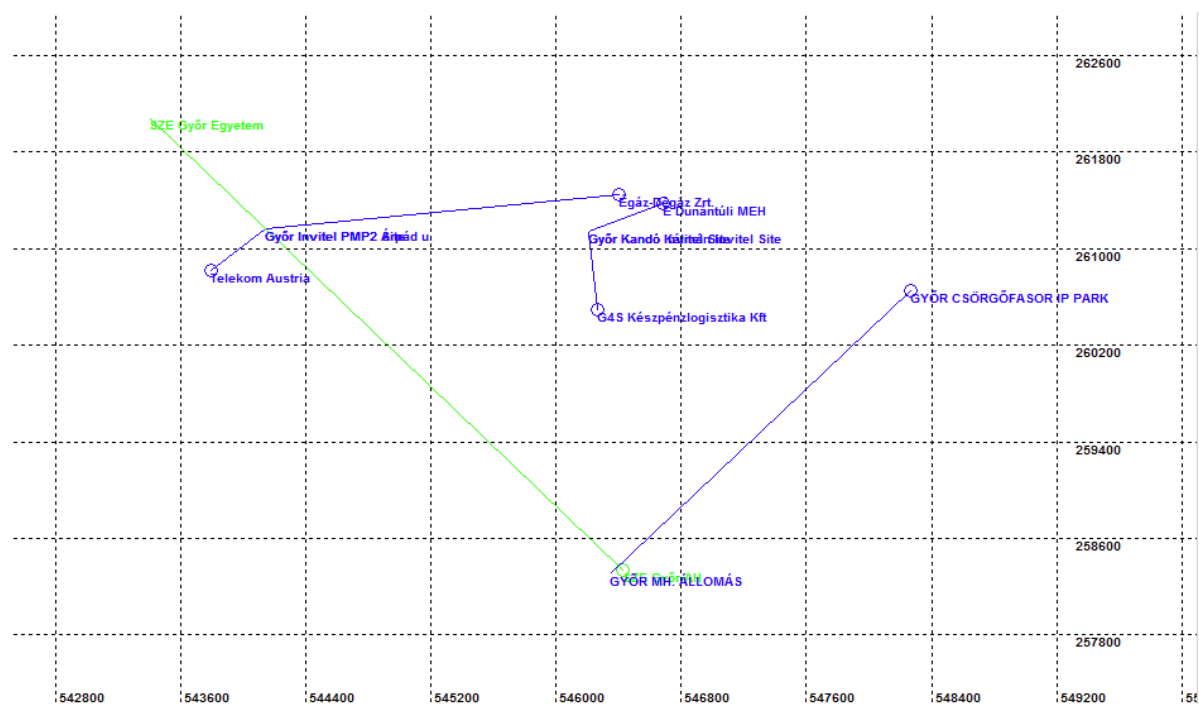
9. ábra: Egyetem P55 interferencia

Nézzük meg, hogy a másik oldalról is megfelel e.

10. táblázat: TV torony P'55 interferencia

SZE Győr Egyetem-SZE Győr AH 38699.5 P55' szomsz: 25dB			K=-106dBW G=41.6dB Hv=37m			B=7MHz F=7.8dB Bch=0.5dB			Ant= HPA-0.4-S-380 SR-NEC Pol=V Tápv=0dB		
ZAVARO OSSZEKOTTETES			ATL.	SZV.V	SZV.A	POL	VED.V	VED.A	SUM_VD	ANT.TIP.	
23	Győr Invitel P	- Égáz-Dégáz Zrt	VAN	0	121.4	V2	0	60	60	VHLP1-370	
24	Bonafarm	- Ács MÁV	VAN	54.2	69.6	V4.9	44.7	49.9	94.6	HPA-0.3-S-380-FR	
30	Győr Invitel P	- Telekom Austri	VAN	0	95.5	H2	0	60	62	VHLP1-370	
108	GYÖR MH. ÁLLOM	- GYÖR CSÖRGÓFAS	VAN	0	77.2	H8	0	44	52	DPA-0.17-S-380 FR	
115	FGSZ Mérőállom	- Mosonmagyaróvá	BG66_2.2	161.4	16.7	V2	60	35.3	97.5	HPA-0.3-S-380-FR	
120	Mécs László Mi	- Tízpróba Mo Kf	VAN	31.4	143.1	V2	38.3	60	98.3	HPA-0.3-S-380-FR	
128	Komárom Siló	- Komárom MÁV	BG54_1.6	60.2	149.8	V2	46.7	60	108.3	HPA-0.3-S-380-FR	
170	Győr Kandó Kál	- E Dunántúli ME	VAN	32.6	135.5	H2	38.5	56	96.5	VHLP 1-370	
172	Győr Kandó Inv	- G4S Kézipénzlo	VAN	32.6	113.7	V2.5	38.5	59.5	98	HPA-0.3-S-380-FR	
SZE Győr Egyetem-SZE Győr AH 38699.5 P55' szomsz: 25dB			K=-106dBW G=41.6dB Hv=37m			B=7MHz F=7.8dB Bch=0.5dB			Ant= HPA-0.4-S-380 SR-NEC Pol=V Tápv=0dB		
ZAVARO OSSZEKOTTETES			VED.	EIRP	SZTCS	ZJSZ	T/I	DFMa	F [MHz]	Z-T/I	Z-DFMa
23	Győr Invitel P	- Égáz-Dégáz Zrt	60	19.6	125.66	-149.96	44	0.03	38692.5	35.9	0.16
24	Bonafarm	- Ács MÁV	94.6	9.2	153.32	-222.62	116.6	0	38692.5	98.8	0
30	Győr Invitel P	- Telekom Austri	62	3.7	125.66	-167.86	61.9	0	38692.5	37.9	0.1
108	GYÖR MH. ÁLLOM	- GYÖR CSÖRGÓFAS	52	22.9	137.76	-150.76	44.8	0.02	38706.5	46.7	0.01
115	FGSZ Mérőállom	- Mosonmagyaróvá	97.5	19.3	155.55	-217.65	111.6	0	38692.5	104	0
120	Mécs László Mi	- Tízpróba Mo Kf	98.3	15.3	135.47	-202.37	96.4	0	38692.5	84.7	0
128	Komárom Siló	- Komárom MÁV	108.3	8.3	155.44	-239.34	133.3	0	38692.5	114.6	0
170	Győr Kandó Kál	- E Dunántúli ME	96.5	3.7	133.58	-210.28	104.3	0	38692.5	81	0
172	Győr Kandó Inv	- G4S Kézipénzlo	98	5.3	133.58	-210.19	104.2	0	38692.5	82.5	0
SUM:						-147.29	41.29	0.05			

Itt is szépen látható, hogy minden féding tartalék csökkenés a határérték alatt van, tehát itt jó helye lesz a csatornáknak.



10. ábra: TV torony P'55 interferencia

Végül a táblázatokból kiolvashatjuk az egyes állomások adási frekvenciáját, amit később beállítunk az eszközöknek. Az egyetemi adófrekvencia:

$$f_{\text{EgyetemTX}} = 37439,5 \text{ MHz}$$

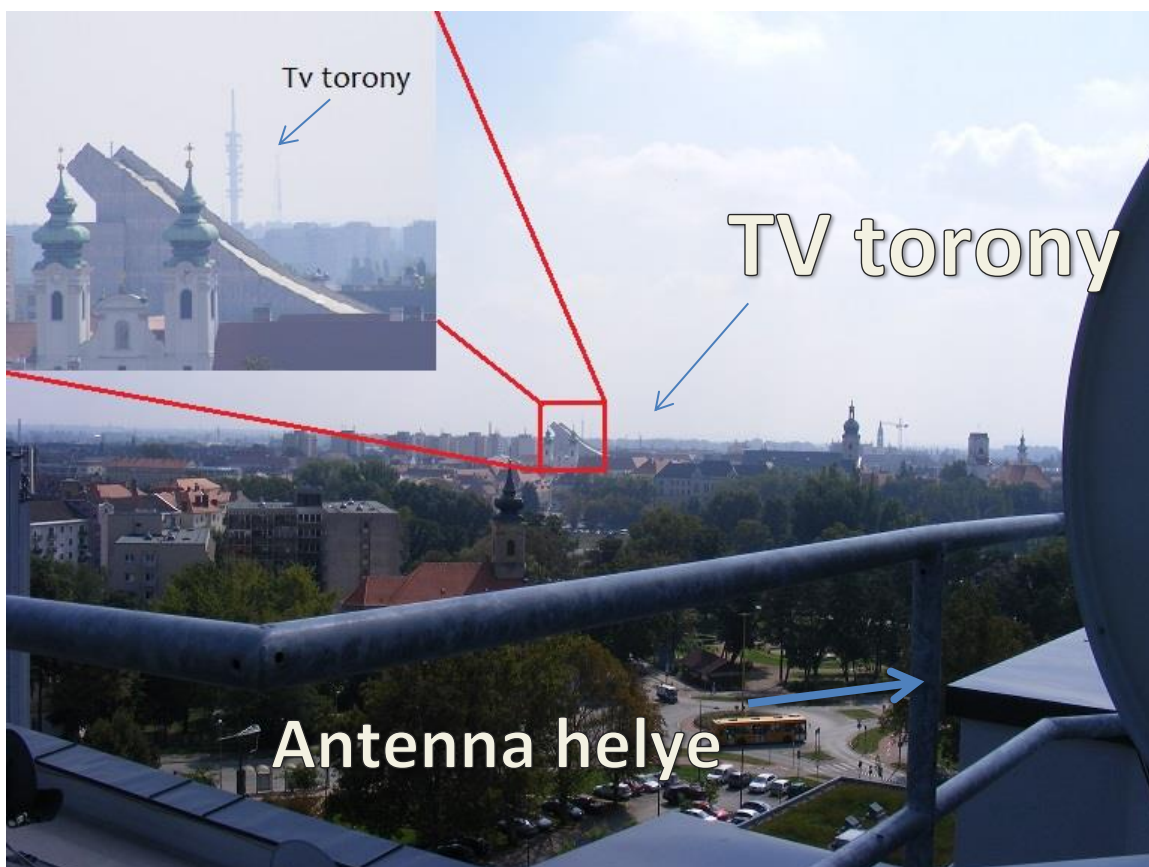
És a TV torony adófrekvenciája:

$$f_{\text{TV torony TX}} = 38699,5 \text{ MHz}$$

3.4 Preinstallációs feladatok

Mind a két helyiség klímáját tekintve az eszközök működési tartományán belül helyezkedik el. Tűzvédelmi szempontból az eszközök közelében könnyen gyulladó anyag nincs, az eszköz túlhevülése esetén tüzet nem okozhat. Tehát eszközeink tűzvédelmi szempontból eleget tesznek az elvárásoknak.

Az antenna helye az alapján lett kiválasztva, hogy a TV toronyra minél jobban rá lehessen látni, ne legyen közbelógó akadály és a rögzítés is megoldható legyen. Ezeket figyelembe véve választottam ki a következő képen látható helyet.



11. ábra: A szabad átlátás és az antenna helye

Mivel a TV toronyba egyedül nem tudtam bejutni, a szerelő csapat segített az eszközök helyének megtalálásában. Nagy szerencsénkre az adóteremből a TV torony negyedik emeletére volt kivezetett kábel, így ezzel nem kellett foglalkozni. A beltéri eszköz a TV torony melletti épület adótermében lesz elhelyezve. Az antenna és a kültéri egység a torony negyedik emeletén, egy oszlopon foglal majd helyet.

3.5 Engedélyezési eljárás

Az engedélyezési eljárás arról szól, hogy hivatalosan az NMHH frekvenciagazdálkodási osztályának benyújtjuk az általunk megtervezett összeköttetés paramétereit, adatait, számításait egy frekvencia kijelölési terv formájában.

3.5.1 Frekvencia kijelölési terv

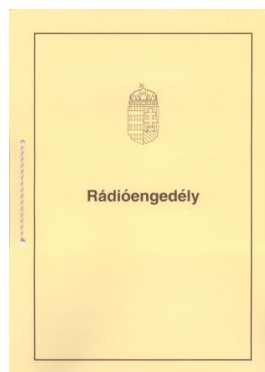
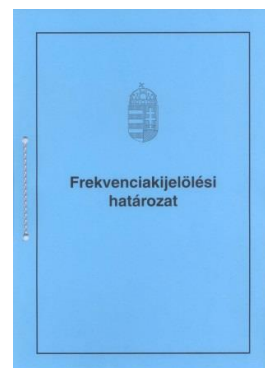
Az NMHH a tervező rendelkezésére bocsátja a PcHif nevű programot, mellyel elkészíthető a frekvencia kijelölési tervhez minden adatlap és fájl, ami szükséges. A programba be kell vinni az összeköttetés hálózati paramétert, partner, állomás, berendezés, antenna adatait, ami alapján tervez a program. A program automatikusan elkészíti a frekvencia kijelöléshez szükséges adatlapokat. Ezek megtalálhatóak a Frekvencia kijelölési tervben a mellékleteknél. A PcHif fő feladata, hogy a felvett adatok alapján készít egy XML fájlt, ami bekerül a hatóság központi rendszerébe, így megkönnyítve az adminisztrációs munkákat.

3.5.2 Frekvencia kijelölési határozat

Az NMHH elbírálja a Frekvencia kijelölési tervet, és ha mindent rendben talál, kiállít egy frekvencia kijelölési határozatot, ami feljogosít az eszközök feltelepítésére. Ez a dokumentum tartalmazza a telepítéshez szükséges adatokat.

3.5.3 Rádióengedély

A rádióengedély a végső dokumentum, amit telepítés után, igénylés esetén kézhez kapunk. Ez jogosít fel minket az összeköttetés használatára. A rádióengedély egy évig érvényes és további használat esetén meg kell újítani a szerződést. Az összeköttetés engedélye szintén a mellékletekben megtalálható.

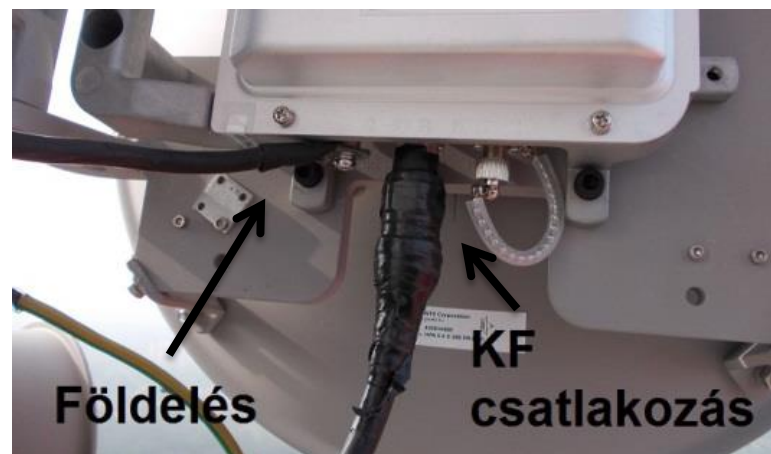


3.6 Eszköz telepítése

A telepítést az Antenna Hungária telepítő csapatának segítségével vittem véghez, ez úton is köszönöm, magas színvonalú precíz munkájukat. A munkafolyamat egyes lépéseit a következő ábrák segítségével fogom bemutatni.

3.6.1 Kültéri egység összeszerelése és felhelyezése a TV toronyba

Földelés és KF kábel csatlakoztatása.



12. ábra: Kábelek csatlakoztatása

A képen látható, hogy a köd miatt nem látjuk pontosan az egyetem épületét, de közelítőleg arra irányítjuk az antennát.



13. ábra: Antenna irányba állítása

3.6.2 Beltéri egység elhelyezése a mikrohullámú adóteremben

Korábban említettem, hogy a TV toronyból van levezetett KF kábel a mikrohullámú adóterembe, ennél fogva itt lett elhelyezve az IDU. Itteni feladat még a túloldalhoz hasonlóan az alapvető paraméterek beállítása.



14. ábra: TV torony oldal beltéri egység

3.6.3 Pontos iránybaállítás

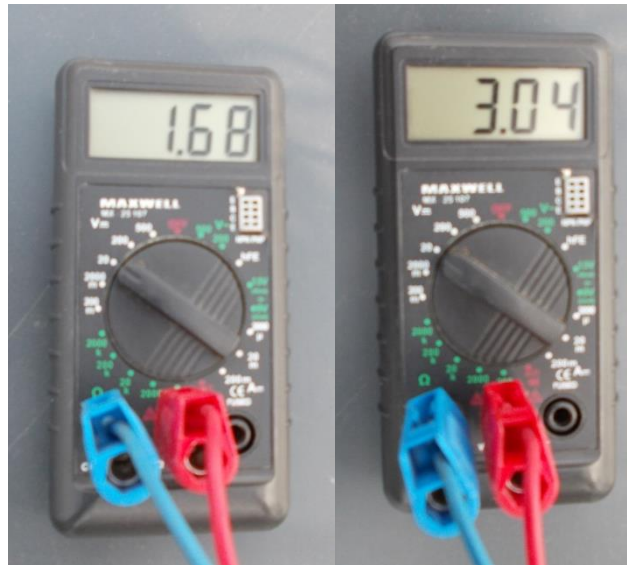
Ehhez a feladathoz két ember szükséges, mert egyszerre érdemes a két végpontot irányba állítani. Itt van nagy segítségünk az ODU-n elhelyezett RX level port, mely a vett jelszinttel arányos feszültség értéket állít elő.

Első lépésként csatlakozzunk egy multiméterrel a RX level monitor porthoz.



15. ábra: Csatlakozás az RX level porthoz

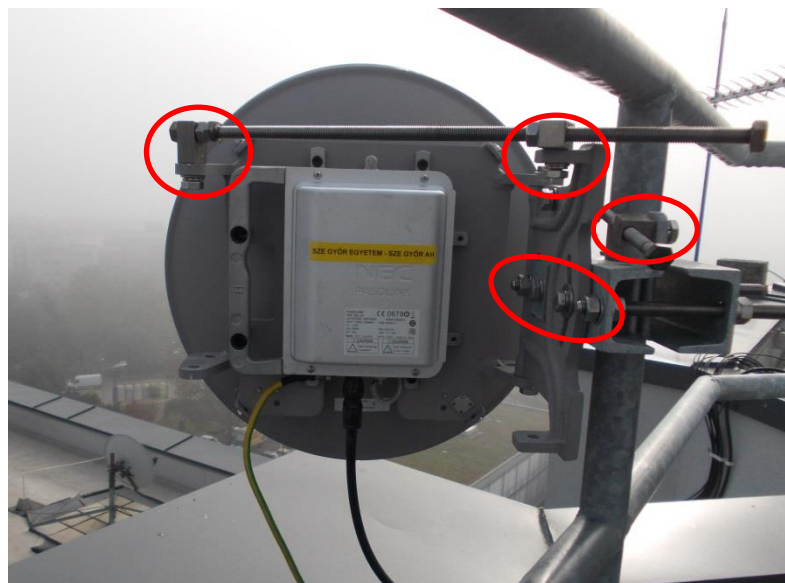
Majd az antennát először horizontális irányban mozgassuk addig, amíg megtaláljuk a maximális feszültséget.



16. ábra: A feszültség értéke ferde állásban, majd jó állásban

Ezután vertikális irányban mozgassuk az antennát szintén addig, amíg megtaláljuk a feszültség maximumot. Állításnál arra kell figyelni, nehogy egy mellék nyalábra hangoljuk rá az antennánkat.

A TV torony oldalán szintén hasonló eljárással kell az antennát helyes irányba állítani. Az irányba állítás után fixre húzzuk az antennán az állító és rögzítő csavarokat.



17. ábra: Rögzítő csavarok meghúzása

Végül pedig a 18-as ábrán a kész kültéri egységek láthatóak. Jól látszik, hogy mind a két végpont kellő mértékű tartalékkal rendelkezik és a földelés is be van kötve. Az összes felhelyezett eszközön elhelyeztem az összeköttetés rádióengedélyben bejegyzett nevét, hogy mindenkinek nyilvánvaló legyen az eszközök hovatartozása.



18. ábra: A kész végpontok

Az összeköttetés laborgyakorlati mérésre alkalmas, adatforgalom indítható rajta.

4. Összefoglaló

Dolgozatomat a pont-pont összeköttetések elméleti ismertetésével kezdtem. Ezek után gyakorlati szempontból is lépésenként végigvettem a tervezés fázisait, hogy mi alapján kezdjük a tervezést. A megrendelő igényei szerint a rendelkezésre álló eszközöket alapul véve, megterveztem és kiszámoltam az összeköttetés paramétereit. Ismertettem a nemzetközi szabályozások után a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság szerepét, hiszen az összeköttetés mérnöki megtervezése mellett jogilag ő szabályozza és engedélyezi a frekvencia használatát és az összeköttetés létrejöttét.

A dolgozat második felében a kivitelezés lépéseit mutattam be. Itt részletesen végigvettem az összeköttetés számításait, az engedélyezési eljárás folyamatát, aztán az előkészületektől kezdve a telepítésen át egészen a kapcsolat létrejöttéig a gyakorlati tennivalókat.

Szeretném megköszönni elsősorban Vári Péternek a sok segítséget a dolgozat folyamán.

Köszönöm még az:

- Antenna Hungária Zrt.
- Koonsys Communications
- NEC Eastern Europe Kft.
- Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság
- Grante Zrt.

munkatársainak nagylelkű segítőkészségét.

5. Irodalomjegyzék

- Ingvar Henne, Per Thorvaldsen: Planning of LOS radio relay systems
- Tájékoztató a mikrohullámú hálózatok engedélyezési eljárásáról
- Mikrohullámú rádiórelé összeköttetések, alkalmazási segédlet (HIFT-002-B 1999.)
- Mikrohullámú digitális rádióvevők interferenciamérései (HIFT-002-A 1999.)
- Mikrohullámú hálózatok tervezése 38GHz-es frekvenciasáv (HIFT-002-8/1999.)
- Honfy József: Hullámterjedés és Antennák I-II. Széchenyi István Egyetem, 2003.

A ábrák és táblázatok nagy részben saját készítésűek.