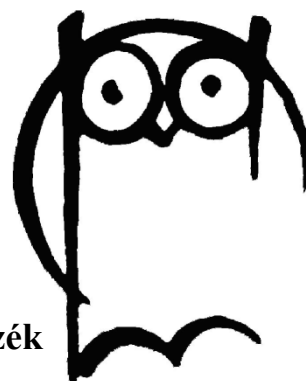


Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék



A hajdúböszörményi Bocskai tér átépítésének vizsgálata zajterhelési szempontból

Készítette: Bertalan Nikolett, környezetmérnök szakos hallgató

Belső konzulens: Kocsis Dénes

Külső konzulens: Dr. Kiripolszky István

Tanszékvezető: Dr. Bodnár Ildikó

Debrecen

2014. november

Tartalom

1.Bevezetés, célkitűzés	3
2.Szakirodalmi áttekintés.....	4
2.1. Hangtani alapok.....	4
2.1.1.Hang és zaj	4
2.1.2.Az embert érő zaj megítélése	5
2.2. Hangterjedés.....	6
2.2.1.Hangterjedés szabad térben	6
2.2.2.Hangterjedést befolyásoló tényezők	7
2.3. Jogszabályok, előírások, határértékek a hazai szabályozásban.....	8
2.4. Stratégia zajtérképezés az Európai Unióban és Magyarországon	9
2.5. Zaj hatása az emberre	11
3.Anyag és módszer.....	13
3.1. Helyszín.....	13
3.2. Mérés kivitelezése	14
3.3. Stratégia zajtérkép készítés	16
4.Eredmények és értékelésük	18
4.1. Alapok	18
4.2. Építkezés előtt	19
4.3. Építkezés közben.....	23
4.4. Átépítés utáni (jelenlegi) állapot	25
4.5. Különbségtérkép.....	30
4.6. Vertikális rácsszámítás	32
4.7. Homlokzati zajterhelés és lakossági érintettség	33
4.8. Konfliktustérkép.....	37
5.Következtetés, javaslattétel	39
6.Összefoglalás	41
7.Felhasznált irodalom	42
8.Melléklet.....	44

1. Bevezetés, célkitűzés

„Egy napon az embernek éppen olyan elkeseredetten kell majd küzdenie a zaj ellen, mint a kolera vagy a pestis ellen.”

(Dr. Robert Koch, német bakteriológus, 1910.)

A világ népességének növekedése, az urbanizáció, az ipar folyamatos fejlődése, valamint a közlekedés is hozzájárul ahhoz, hogy korunk egyik legnagyobb problémája a zajártalom legyen. A zaj hatásával, veszélyességével manapság már egyre többen foglalkoznak az Európai Unióban és Magyarországon is egyaránt. Ennek következményeképpen számos jogszabály született meg hazai és európai viszonylatban is. Egy-egy zajvédelmi probléma megoldása rendkívül összetett feladat, több szakterület összehangolt munkájára van szükség.

TDK dolgozatom témájának megválasztásakor fontosnak tartottam, hogy egy olyan témában végezzek kutatási, mérési feladatokat, amelyek környezetemet, lakhelyemet érintik. Hajdúböszörmény központjának átépítési munkálatai a közelmúltban fejeződtek be. A munkálatok az egész város lakosságát érintették. Az építkezés alatt az egyik legnagyobb probléma a városközpontban megnőtt zajterhelés volt. Ezért is választottam TDK munkám témájának a hajdúböszörményi Bocskai tér átépítésének vizsgálatát zajterhelési szempontból.

Kutatási tevékenységem során célul tűztem ki, hogy összehasonlítsam az építkezés előtti és utáni zajterhelés nagyságát. TDK munkám készítése során több időpontban mérést is végzek a város központjában. IMMI 2013-as zajtérkép készítő program teljes verziója segítségével zajtérképet készítek, amelyekhez saját mérési és forgalomszámlálási eredményemet is felhasználom. A modellezést 3D-ben valósítom meg. Ezt követően az elkészült zajtérképek felhasználásával egy különbség térképet készítek el, annak érdekében, hogy a vizsgált terület zajterhelésnek változását szemléltetni tudjam. Vizsgálataimat vertikális modellezéssel is kiegészítem. Jelenleg még Hajdúböszörmény nem rendelkezik zajtérképpel.

Tehát összefoglalva a TDK dolgozatom célja egy olyan elemzés elkészítése, amelynek során zajtérképek segítségével vizsgálom a hajdúböszörményi Bocskai tér átépítésének hatásait, annak érdekében, hogy megismerjem a város központjában lezajlott beruházás zajterhelésre gyakorolt hatását, és egy árfogó képet kapjak az építkezés előtti, valamint az építkezés utáni helyzetről.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Hangtani alapok

2.1.1. Hang és zaj

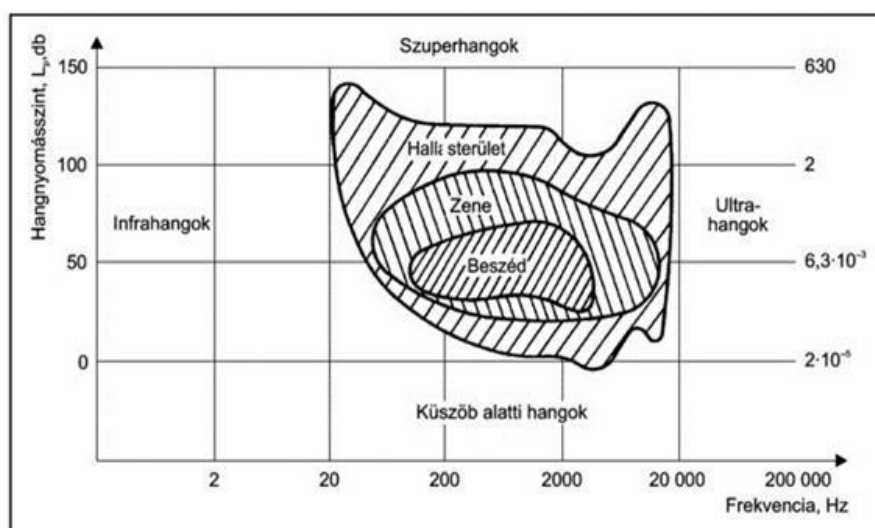
A hang a minket körülvevő, valamilyen vivőközeg állapotának elemi ingadozása, amely hullám alakjában terjed. Közeg szerint a hangterjedéskor megkülönböztetjük a léghangot, folyadékhangot és a testhangot [1,2,3].

Zajnak nevezzük a különböző frekvenciájú és intenzitású hangok keverékét, amely az emberben zavaró érzetet kelt. Ezen hangjelenségek megítélése az ember szubjektivitásán, egyéni érzékenységén alapul. Ennek következtében, minden nem kívánatos hangot zajnak tekinthetünk [4,5,6].

A zaj hatását befolyásoló tényezők: [1,7]

- az időtartam
- a hangnyomásszint
- a frekvencia szerinti megoszlás

Statisztikai felmérések alapján állapították meg a hallható hangok tartományát, amelyet az 1. ábra szemléltet. A 20-20000 Hz frekvenciatartományba eső hangokat érzékeli az emberi fül. Ez alatti frekvenciájú hangok az infrahangok, a hallástartomány fölé eső hangok az ultrahangok. Az alsó határgörbét hallásküszöbnek, a felsőt pedig fájdalomküszöbnek nevezzük. A hallásküszöb alá eső hangok a küszöb alatti hangok, a fájdalomküszöb feletti hangok pedig a szuperhangok [2,8].

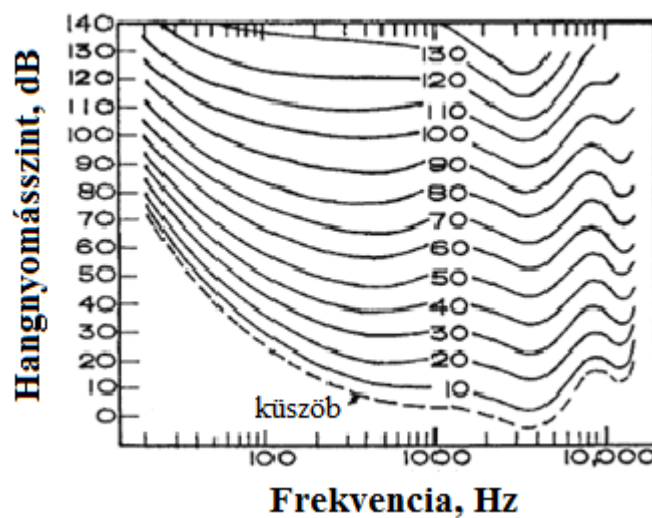


1. ábra- Hallástartomány [2]

2.1.2. Az embert érő zaj megítélése

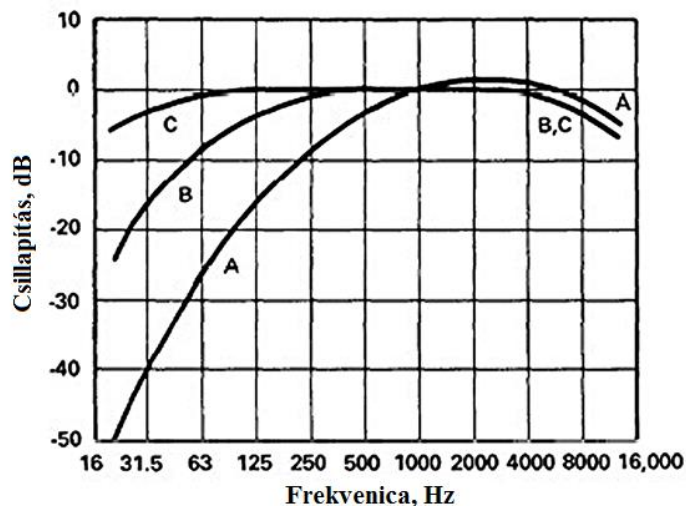
A zaj események mérésre olyan mennyiséget kell használnunk, amely kifejezi a zaj emberre gyakorolt hatását. Erre a célra nem alkalmas a lineáris hangnyomásszint, mert ez a fizika mennyiség nem veszi figyelembe a hallás tulajdonságait. Legfontosabbnak tekinthető érzet a hangosság szint és a hangosság, amelyek függenek az intenzitástól és a frekvenciától [9].

A hangosság jellemzésére szolgáló mennyiség a hangosság szint. Mértékegysége a phon (SI egysége nincs). Tetszés szerinti intenzitású, és frekvenciájú hang hangnyomásszintje megegyezik a vele azonos hangérzetű, a szabad térben szemből érkező 1 kHz frekvenciájú tiszta hang hangnyomásszintjével. A 2. ábrán az egyenlő hangosság szintek görbéi, vagy más néven phone görbék vannak ábrázolva. Egyes szakirodalmak ezeket a görbéket a szabványosítójukról elnevezve Fletcher-Munson görbékként is említik [2,8,9,11].



2. ábra- Az egyenlő hangosság szintek görbéi [12]

Ahhoz, hogy az ember érzékenységét vissza tudják adni a műszerek mérőláncaiba úgynevezett súlyozó szűrőket iktatnak be. Alkalmazhatnak A, B, C és D súlyozó szűrőket is attól függően, hogy mit mérnek. D szűrőt repülőgépzaj mérése esetén alkalmaznak. A 3. ábra az A, B és C súlyozó szűrők zajcsillapítását ábrázolja a frekvencia függvényében. Az A szűrő a phon-görbékből származtatott súlyozó szűrő. Az A szűrővel mért hangnyomásszint az A-hangnyomásszint, melyet szabványosan a zaj emberre gyakorolt hatásának jellemzésére használnak [2,9,11,14].



3. ábra- Az A-B-C súlyozó szűrők zajcsillapítása frekvencia függvényében [5]

A környezetünkben észlelt zajok többsége az idő függvényében kisebb-nagyobb mértékben változik. Ezen időben változó zajok jellemzésére olyan állandó zajt kerestek, amelynek hatása az emberre ugyanaz, mint a vizsgált változó zajé. Ezt a mennyiséget egyenértékű A- hangnyomásszintnek (L_{Aeq}) nevezzük és az 1. képlettel számoljuk [2].

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \quad (1. \text{ képlet})$$

Ahol: T - t_2 - t_1 vonatkoztatási idő (s)

t_1 és t_2 - a vonatkoztatási idő kezdete és vége

$P_A(t)$ - az A- szűrővel súlyozott hangnyomás időfüggvénye

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

2.2. Hangterjedés

2.2.1. Hangterjedés szabad térben

Akusztikai szempontból szabad térnek tekintjük azt a teret, ahol a hullámterjedést akadály nem zavarja, vagyis a hanghullám a forrásból a tér minden irányába visszaverődés, törés és elhajlás nélkül terjed. Ilyen szabad tér azonban a valóságban nem létezik [2].

A hangforrások három alapvető típusát különböztetjük meg: pontforrás, vonalforrás és felületi forrás [11].

Legegyszerűbb hangforrásnak a pontforrást tekintjük. Pontforrás esetben a hangteljesítmény minden irányban azonos intenzitással terjed. A távolság duplázódásával a hangnyomásszint 6 dB-lel csökken. Monopol sugárzónak nevezzük azt a legegyszerűbb

pontforrást, amely harmonikus gömbhullámokat hoz létre. Pontforrásra példaként a repülőgépet lehet említeni [2,8,10].

Vonalforrásról beszélünk akkor, ha egy végtelen hosszú vonal minden eleme hangforrásként szolgál. Példaként említhetjük a vasútvonalat, közutakat, csővezetékeket, illetve a nagyfeszültségű villamos távvezetékeket is. Vonalszerű sugárzók esetében meg kell különböztetnünk koherens és inkoherens vonalforrást. Koherens vonalsugárzóról beszélünk akkor, hogyha ennek a végtelen hosszú vonalnak minden eleme azonos amplitúdóval és fázissal sugároz. Inkoherens vonalforrásnak tekintjük az egyidejűleg nem azonos fázisban sugárzó gömb-sugárzók egy vonalban elhelyezkedett végtelen hosszú sorát. Vonalforrástól származó zaj estén a távolság duplázódásával 3 dB csökkenést tapasztalhatunk [2,8,15].

Abban az esetben beszélünk felületi forrásról, ha a hang szabad nyíláson, épület ablakán vagy vékony falon keresztül jut a szabadba. Két jellegzetes típusát különböztetjük meg a kör és a derékszögű felületi sugárzót [3,11].

2.2.2. Hangterjedést befolyásoló tényezők

A zaj a forrástól a megfigyelési pontig folyamatosan változik. A megfigyelési ponton kialakuló ekvivalens zajszintet számos tényező alakítja, befolyásolja [15].

A levegő nem tekinthető ideális közegnek hangterjedés szempontjából ennek következtében a távolságtörvény alapján kiszámított hangnyomás-csökkenésénél nagyobb történik a valóságban. Ez a levegő hangelnyelése miatt történik. A levegőcsillapításnak a mértéke függ a hőmérséklettől, és a nedvességtartalomtól egyaránt. Szorosan összefügg a frekvenciával is, hiszen a magas hangok jobban csillapodnak, mint a mélyek [2, 9].

A hang terjedésében rendkívül fontos szerepet játszik a szél iránya, illetve nagysága. A hangterjedési sebessége magasabb légrétegekben szélirányban növekszik, ellenszélben csökken. Tapasztalatok alapján szélirányban a zajszint erősödése is előfordulhat, míg ellenszél esetén a tényleges körülményektől függően akár több 10 dB nagyságú zajszint csökkenés léphet fel 2-3 km-es távolságban [15,16].

A hőmérséklet is jelentős mértékben befolyásolja a zajterjedését, hiszen a hang nagyobb sebességgel terjed melegebb közegben. A Nap sugárzásának következményeként a Föld felszíne felmelegszik, emiatt az alsó rétegek melegebbek lesznek a felsőnél. Ebben a helyzetben egy negatív hőmérsékleti gradiens alakul ki. Ennek következtében bizonyos

távolságban akusztikai árnyékszóna jön létre. Este azonban fordított a helyzet, melynek következtében a magasság függvényében pozitív hőmérsékleti eloszlás alakul ki [2,3,7].

A talaj csillapító hatását a föld hangvisszaverő és hangelnyelő tulajdonságai is együttesen befolyásolják. Ezen hatások jelentős mértékben függnak a földközeli meteorológiai viszonyoktól. Abban az esetben, ha a hangforrás a talaj felett helyezkedik el interferencia lép fel a megfigyelő helyén a közvetlen és a visszavert hangsugár között. Aszfalt, beton, illetve bármilyen kemény felület hangelnyelése rendkívül csekély, ezzel szemben a füves területek hangelnyelés már jelentős [2,3,9].

A növényzet, legalább 10 méter szélességben is befolyásolja a hangterjedést. A csillapítás mértékét meghatározza a növényzet fajtája, sűrűsége illetve az évszakok. A növényzet csillapító hatása csak a felszín feletti maximum 4 méter magasságig érezteti hatását. Hatékony zajcsökkentést nem lehet elérni csak növényzet telepítésével. Semmiképpen sem nyújt megfelelő védelmet a magasan elhelyezkedő zajforrások ellen [3,16].

Hangvisszaverődést akkor kell figyelembe venni, hogyha a zajforrás vagy a megfigyelő pont közelében nagyobb hangvisszaverő felületek helyezkednek el. Ennek tekinthető például az épületek, falak, ilyen esetben tükröző zajforrásokkal számolhatunk. Tapasztalatok alapján a hangnyomásszint a hangvisszaverő felület környezetében 3 dB-lel emelkedik [2].

2.3. Jogsabályok, előírások, határértékek a hazai szabályozásban

Hazai környezetvédelmi szabályozás tekintetében a legfontosabb az 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól. A szabályozás célja a környezet elemeinek védelme, a fenntartható fejlődés elősegítése [17].

Zaj- és rezgésvédelemhez kapcsolódó általános jellegű jogsabályok: [18,19,20]

- 27/2008. (XII.3.) KvVM EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
- 284/2007. (X.29.) Kormányrendelet a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól
- 93/2007. (XII. 12.) KvVM rendelet a zajkibocsátási határértékek megállapításnak, valamint a zaj- és rezgés-kibocsátás ellenőrzésének módjáról

Hatályos szabványok: [16,21,22]

- MSZ 18150-1:1998 A környezeti zaj vizsgálata és értékelése

-
- MSZ EN ISO 3741:2011 Akusztika. Zajforrások hangteljesítmény meghatározása hangnyomásméréssel. Pontos módszer zengő szobában.
 - MSZ 15036:2002 Hangterjedés a szabadban

A felsorolt jogszabályok közül a 27/2008. (XII.3.) KvVM EüM együttes rendelet tartalmazza közlekedéstől származó zaj és az építési kivitelezési tevékenységektől származó zaj terhelési határértékeit a zajtól védendő területeken. A konkrét határértékeket az 1. melléklet 1. táblázata és a 2. melléklet 2. táblázata tartalmazza [18].

2.4. Stratégia zajtérképezés az Európai Unióban és Magyarországon

1996 novemberében az Európai Unió kiadta az úgynevezett Zöld könyvet, amely a zajpolitikában eddig elért intézkedések eredményit foglalta össze. Feltárták a hiányosságokat és belátták, hogy közös összefogásra van szükség a zajvédelem területén. Ennek eredményeképpen az Európai Parlament és Tanács 2002. június 25-én fogadta el a 2002/49/EK irányelvet a környezeti zaj értékeléséről. Egyes szakirodalmak a direktívát csak END néven említik- Environmental Noise Directive. Az Európai Unió tagállamának előírás, hogy az irányelvet a saját jogrendjükbe illesszék be [4, 23,24].

Az irányelv a hazai szabályozásba a következő jogszabályokkal épült be: [25,26]

- 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet a stratégia zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól
- 280/2004. (X. 20.) Kormányrendelet a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről

Legfontosabb része a direktívának, hogy a tagállamoknak úgynevezett stratégia zajtérképet kell készíteniük nagyvárosi agglomerációkra, fontosabb nagy forgalmú közutakra, vasútvonalakra és repülőterekre [24].

A stratégia zajtérkép egy terület előrejelzése vagy egy átfogó értékelése a zajnak való kitettség szempontjából. A térkép az adott terület zajterhelését színskála szerinti 5 dB-es lépésközzel szemlélteti. Az irányelv a mérési feltételeket is megfogalmazza. A térképezéshez használt raszter általában 10x10 méter. Javaslat, hogy a zajtérképezést az épületek között a terepszinttől $4 \pm 0,2$ m magasan kell elvégezni. Alacsonyabban is végezhetünk mérést, de eredményeket 4 méterre kell korrigálni. A vizsgált terület minden egyes zajforrására (közlekedés, ipar) külön-külön stratégia zajtérképet kell elkészíteni [4,15,27].

A térképek készítése során kétféle mutatót használunk az L_{den} -t, valamint az $L_{éjjel}$ -t. A folyamatos zajterhelés mértékének jellemzésére alkalmazzuk day-evening-night vagyis a napköz–este–éjjel zajszintet, amit L_{den} -nel jelölünk. Az L_{den} dB-ben mért értékét a következő 2. képlet segítségével fejezhetjük ki [15,24].

$$L_{den} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{24} \cdot \left\{ 12 \cdot 10^{\frac{L_{napköz}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{este}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{éjjel}+10}{10}} \right\} \right) \quad (2. \text{ képlet}) \quad [11]$$

Ahol: $L_{napköz}$ - egy év összes napközbeni

L_{este} - egy év összes esti

$L_{éjjel}$ - egy év összes éjjeli

időszakaira meghatározott A-hangnyomásszint [11].

Az L_{den} súlyozott érték, súlyozó szorzókkal veszi figyelembe a napszakok érzékenységeit. Az időszakok kezdetét a tagállamok maguk választják meg. Az országok általánosságban használt intervallumai: $L_{napköz}$: 07⁰⁰-19⁰⁰, L_{este} : 19⁰⁰-23⁰⁰, $L_{éjjel}$: 23⁰⁰-07⁰⁰ [8,15].

Magyarországon ez a 208/2004 jogszabály alapján az alábbiak szerint módosul: [26]

- MSZ ISO 1996-2 szerint az $L_{napköz}$ az egy év összes napközben (06⁰⁰-18⁰⁰ óra közötti) időszakra meghatározott hosszú idejű átlagos A-hangnyomásszint
- MSZ ISO 1996-2 szerint az L_{este} az egy év összes esti (18⁰⁰-22⁰⁰ óra közötti) időszakra meghatározott hosszú idejű átlagos A-hangnyomásszint
- MSZ ISO 1996-2 szerint a $L_{éjjel}$ az év összes éjszakai (22⁰⁰-06⁰⁰ óra közötti) időszakra meghatározott hosszú idejű átlagos A-hangnyomásszint

Különböző fajtáit tudjuk megkülönböztetni a stratégia zajtérképeknek. Ilyen a zajterhelési zajtérkép, ami egy olyan stratégia zajtérkép, amely a vizsgált terület környezeti zajforrások által okozott zajterhelését szemléleti meghatározott időre és állapotra. A konfliktus térkép pedig az immissziós zajszint és a 280/2004. (X.20.) Kormányrendeletben található stratégia küszöbértékek különbségét ábrázolja. A küszöb értékeket az 1., 2., és a 3. táblázat tartalmazza. A rendeletben található küszöbértékek határozzák meg, hogy egy területre vonatkozóan milyen intézkedési tervet kell készíteni [4,24,26].

- Intézkedési tervben kell azokat a zajcsökkentési vagy zaj elleni védelmet célzó intézkedéseket meghatározni, amelyekkel megakadályozható a zaj növekedése azokon a területeken ahol a zajjellemzők stratégia küszöbértéknek megfelelnek, vagy nem haladják meg őket.

1. táblázat- Stratégiai küszöbértékek 1. [26]

	L_{den} [dB]	$L_{éjjel}$ [dB]
közlekedési zajforrás esetén	63	55
üzemi zajforrás esetén	46	40

- Intézkedési tervben kell meghatározni 10 évnél nem hosszabb időtartamú zajcsökkentési vagy zaj elleni védelmet célzó intézkedéseket, ahol a zajjellemzők a következő stratégia küszöbértéket meghaladják.

2. táblázat- Stratégia küszöbértékek 2. [26]

	L_{den} [dB]	$L_{éjjel}$ [dB]
közlekedési zajforrás esetén	63	55
üzemi zajforrás esetén	46	40

- Intézkedési tervben kell meghatározni 5 évnél nem hosszabb időtartamú zajcsökkentési vagy zaj elleni védelmet célzó intézkedéseket, ahol a zajjellemzők a következő stratégia küszöbértéket meghaladják.

3. táblázat- Stratégia küszöbértékek 3. [26]

	L_{den} [dB]	$L_{éjjel}$ [dB]
közlekedési zajforrás esetén	73	65
üzemi zajforrás esetén	56	50

Hazánkban 2007. június 30-ig kellett stratégia zajtérképet elkészíteni a 250 ezer főnél népesebb nagyvárosi agglomerációkra, a 6 millió jármű/év-nél forgalmasabb közutakra, a 60 ezer jármű/év-nél forgalmasabb vasutakra és a főbb repülőterekre [24,26].

2.5. Zaj hatása az emberre

Életünk fontos része a hangok észlelése, azonban bizonyos hangok, bizonyos körülmények között zavaróvá válhatnak. A rohamosan fejlődő közlekedés, ipar és gépesítés kellemetlen velejárója a zaj. A zajos környezet mindenkire megterhelést jelent.

Egészségkárosító hatása nemcsak a halláskárosodásban, de egyéb funkcionális rendellenességekben is jelentkezik [1,4,15].

Becslések szerint európai emberek körülbelül 20%-a olyan mértékű zajszint elviselésére kényszerül, amelyet egészségügyi szakemberek elfogadhatatlannak tartanak. Nappalra vonatkozóan a WHO- Egészségügyi Világszervezet becslése szerint az Európai Unióban élő lakosság mindegy 40%-a van kitéve a közlekedésből származó 55 dB (A) hangnyomásszintnek [24,28].

A zajszennyezés egészségkárosító hatásai: [24]

- pihenés és alvászavar
- kommunikáció akadályozása
- zaj által okozott halláskárosodás
- pszichofiziológiai és mentális egészségre és teljesítményre gyakorolt hatások

30-65 dB (A) hangnyomásszintű zajok esetében koncentráció képesség csökkenés, fáradtságérzet jelentkezik. A zajok ebben a tartományban megszokhatóak, nem okoznak maradandó egészségügyi károsodást. A 65-85 dB (A) hangnyomásszintű zajok esetében vegetatív zavarok alakulhatnak ki. Ebben az esetben a zajok hosszú idő után sem szokhatóak meg. A maradandó károsodás hatását egyértelműen nem tudták bebizonyítani. 85 dB (A) és az ennél nagyobb hangnyomásszintű zajok esetében fülzúgás, álmatlanság, fejfájás jelentkezik. Bebizonyították, hogy ebben az esetben már egy lassú és több fázisban lejátszódó hallásromlás következik be [6].

A halláskárosodáson a hallásküszöb végleges vagy időszakos megemelkedését emelkedését értjük, melynek meghatározása audiometriás vizsgálattal történik. A halláskárosodás mértékét nagymértékben befolyásolja az expozíciós idő. A halláskárosodás következményei közé tartozik a beszédérthetőség romlása [2,4,6].

A zaj a pihenés, az alvás zavarását a szervezet fokozott terhelését is eredményezi. Ennek következtében vérnyomás-emelkedés, szív arrhythmia (ritmuszavar), vasoconstrictio (érszűkület) is jelentkezhet. Kutatásokban bizonyítják, hogy a zaj okozhat önbizalomhiányt, valamint a stressz egyik kiváltója is lehet, illetve összefüggésben van a munkahelyi teljesítmény csökkenésével is. A zajos környezet növeli az emberek ingerlékenységét, ami összefügg a társadalmi kapcsolatok romlásával. Összességében tehát elmondható, hogy a modern, fejlett világunk egyik nagy károkozója a zajos környezet [3,4,9,15].

3. Anyag és módszer

3.1. Helyszín

Hajdúböszörmény, Hajdú-Bihar Megye egyik legnagyobb települése közé tartozik. A Hajdúság, valamint a Nyírség találkozásának fekszik. Érdekességgént megemlítendő, hogy területe 370,78 km², ez alapján Hajdúböszörmény területileg hazánk negyedik legnagyobb települése. Lakossága a legfrissebb, 2014-es adatok alapján 31332 fő [29].

A vizsgálati helyszín Hajdúböszörmény központja. A központban főként közintézmények, oktatási intézmények találhatóak. Főbb épületek:

- Bocskai István Gimnázium
- Bocskai István Általános Iskola
- Sillye Gábor Művelődési Központ és Községi Ház
- Kertész László Városi Könyvtár
- Hajdúböszörményi Járásbíróság
- Hajdúsági Múzeum
- Polgármesteri Hivatal
- Bocskai téri Református Templom

A téren két nagyobb forgalmat lebonyolító útszakasz megy keresztül, amelyekhez a Magyar Közút Nonprofit Zrt-től származó forgalomszámlálási adatok tartoznak. Az egyik a 3502-es számú közút, amelynek része a Kossuth Lajos utca. Ezen útszakaszához tartozó számláló állomás kódja 2010 és az előtt lévő években a 4177-es állomás. Az ezt követő években pedig a 13619. A másik nagyobb forgalommal rendelkező útszakasz a 3509-es. Az érintett szakaszhoz tartozó számlálóállomás kódja 7225. Ezek az utak rendelkeznek a legnagyobb átmenő forgalommal. A 3. melléklet 3. táblázata az útszakaszokhoz vonatkozó keresztmetszeti forgalmat foglalja össze, az elmúlt öt évre vonatkozóan járműkategóriánként jármű/nap viszonylatban [30].

2012 őszén kezdetét vette Hajdúböszörmény főterének rekonstrukciója. A munkálatok során az egész főter átalakult. A Bocskai tér központjában szökőkút épült, sétálóutcat, parkot és szabadtéri színpadot alakítottak ki. A tervezési munkálatok során kiemelt figyelmet fordítottak arra, hogy a tér, illetve a központ zöld területének nagysága ne csökkenjen (parkosítás, faültetés). A munkálatok nemcsak az épületeket, hanem a téren átmenő útszakaszokat is érintették. A főtéri munkálatok ebben az évben fejeződtek be.

3.2. Mérés kivitelezése

A vizsgálatok során több mérési is végeztem. A mérés kivitelezésével kapcsolatos információkat az MSZ 18150-1:1998 A környezeti zaj vizsgálatáról és értékeléséről szóló szabvány tartalmazza.

A szabvány szerint az épületen kívül mérések esetében 1. vagy 2. pontosságú mérőműszer alkalmazható. Az általam használt műszerek:

- SVAN 947-es típusú zaj és rezgésmérő műszer
- SVAN 943-as zajmérő műszer

A SVAN 947-es műszer első pontossági osztályú, a SVAN 943-as pedig másodosztályú mérőműszer közé tartozik. A műszerek belső memóriával rendelkeznek, így az adatok tárolása lehetséges. Az mérési eredmények számítógépre vihetők egy SVAN program segítségével. Ezek az adatok más alapvető programokba is átkonvertálhatóak, az én esetemben ez Microsoft Excel program.

A mérési pontjaim kijelölése a védendő homlokzattól 2 méterre és a terepszinttől 1,5 méter magasan történt. A pontok a tér 5 különböző helyén találhatók, amelyek a következők:

- Polgármesteri Hivatal
- Bocskai István Gimnázium
- Bocskai István Általános Iskola
- Sillye Gábor Művelődési Központ és Közösségi Ház
- Kertész László Városi Könyvtár

Nappali mérés esetében a mérés 06⁰⁰-22⁰⁰ között, éjszakai mérés esetében pedig 22⁰⁰-06⁰⁰ között végeztem a méréseket. A mérési idő megválasztásakor figyelni kell arra, hogy a mért zajadatok a vonatkoztatási időre jellemzőek legyenek. A mérési pontokon háromszor 10 perces méréseket végeztem, két műszer párhuzamos használatával. A fél órás mérések alatt egy mérési ponton összesen 6 mérési eredményt kaptam. A megkapott eredményeket pedig a 3. képlet szerint logaritmikusan átlagoltam és ezeket az eredményeket használtam a további vizsgálatok során.

$$L_{Aeq\ átlag} = 10 \cdot \lg\left(\frac{10^{0,1 \cdot L_{Aeq\ 1}} + 10^{0,1 \cdot L_{Aeq\ 2}} + 10^{0,1 \cdot L_{Aeq\ 3}} + \dots + 10^{0,1 \cdot L_{Aeq\ n}}}{n}\right) \text{ (3. képlet)}$$

Az időjárási tényezők is befolyással vannak a mérésre. 5 m/s szélesség felett nem szabad mérést végezni. A 4. táblázat a mérési időpontjaim meteorológia adatokat foglalja össze.

4. táblázat- Meteorológia adatok [31]

	Hőmérséklet (°C)	Szélesség (m/s)	Légnyomás (hPa)	Relatív nedvesség (%)	Csapadék mennyisége (mm)
2013. 04. 06.	10	3,3	1011	63	0
2013. 07. 10.	29	2,7	1011	49	0
2014. 09. 03.	21	2,8	1013	66	0

A zajmérési eredményeimet manuális forgalomszámlálási adatokkal is kiegészítettem. Ennek során az elhaladt járműveket akusztikai járműkategóriánként számoltam, melynek időtartalma minden útszakaszra vonatkozóan egy óra. A forgalomszámlálást nappalra és éjszakára vonatkozóan is elvégeztem. Az akusztikai járműkategóriák meghatározását a 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet tartalmazza [25].

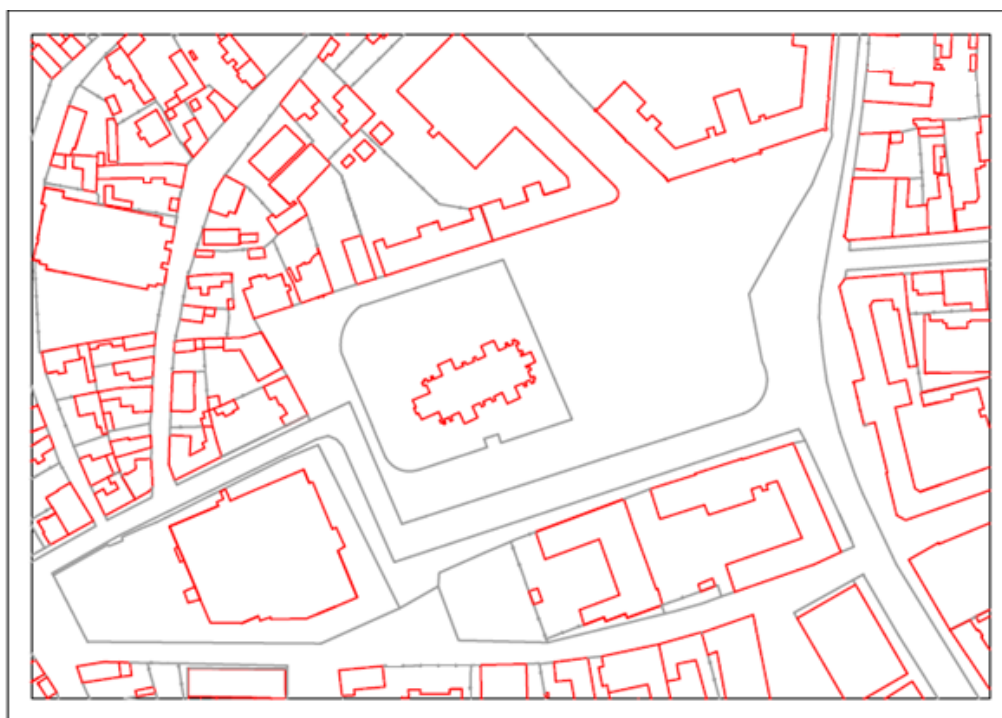
5. táblázat- Akusztikai járműkategóriák [25]

Járműkategória	Járművek jellemzői	Akusztikai járműkategória
Személy- és kis tehergépkocsi	személygépkocsi vontatmánnyal vagy nélküle, kis autóbusz, kis tehergépkocsi- össztömege kevesebb 3500 kg-nál	I.
Szóló autóbusz	KRESZ szerint meghatározott	II.
Motorkerékpár és segédmotoros kerékpár	KRESZ szerint meghatározott	
Könnyű tehergépkocsi	3500-7000 kg össztömegű tehergépkocsi	
Csuklós autóbusz	KRESZ szerint meghatározott	III.
Szóló nehéz tehergépkocsi	7000 kg-nál nagyobb össztömegű tehergépkocsi	
Tehergépkocsi szerelvény	tehergépkocsi pótkocsival, nyerges vontatóval	

3.3. Stratégia zajtérkép készítés

A mért eredmények szemléltetésére zajtérképeket készítettem el, amelyhez több program együttes alkalmazására volt szükségem. Az IMMI programot egy német cég a Wölfel Meßsysteme Software GmbH + Co. KG fejlesztette ki.

A zajtérkép elkészítéséhez IMMI 2013 zajtérkép készítő program teljes verzióját használtam. A teljes verzió a számítási eredmények pontossága miatt szükséges. Az alaptérkép elkészítése AutoCAD programmal történt. Ennek oka, hogy az AutoCAD-del előállított digitális térképem vektoros tulajdonságait az IMMI felismeri is megtartja. Rendelkezésemre állt Hajdúböszörmény szabályozási tervének digitális változata dwg formátumban. AutoCAD program segítségével egy olyan dxf fájlt állítottam elő, amely a vizsgált területet méretarányosan szemlélteti. Ezt prezentálja a 4. ábra.



4. ábra- Vizsgált terület

Az IMMI elindításakor először meg kell határoznunk néhány alapbeállítást, például a számítási terület nagyságát, napszakokat. A projectet nappali (06⁰⁰-22⁰⁰) és éjszaki (22⁰⁰-06⁰⁰) időszakra állítottam be. Ez követően beimportáltam az alaptérképet a programba. Az épületek vonalai ennek következtében már megvoltak, csak a hozzájuk tartozó elemtípust és magassági értéket kell megadnom.

Következőnek az útszakaszok felülrajzolása történt meg az MSZ 15036-os szabvány alapján. Ebben az esetben szükség volt az útszakaszokhoz tartozó forgalmi adatok

megadására. Ez történhet átlagos napi formai adatokkal, valamint az általam egy órára vonatkozó külön akusztikai járműkategóriánként számolt gépjármű forgalommal is. Meg kell még adnunk az út/forgalomjelleg kategóriát, annak érdekében, hogy a napszakok forgalmi aránya meghatározható legyen az átlagos napi forgalomhoz képest. Itt több típus közül lehet választani:

- M1, M5 autópályák M0-n kívüli szakaszai
- M0 és az M3, M7 autópályák M0-n kívüli szakasza
- M0-n belüli autópálya szakaszok
- Nagyarányú nemzetközi forgalmat lebonyolító főutak
- Átlagos éjszakai forgalmú utak
- Kis éjszakai forgalmú utak

Be kell állítanunk még az útszakaszra vonatkozó akusztika érdességi kategóriát A-tól E-ig, ahol az A a legjobb az E pedig a legrosszabb útminőséget jelöli. Meg kell adni még a mértékadó sebességet, valamint az út sávjainak számát.

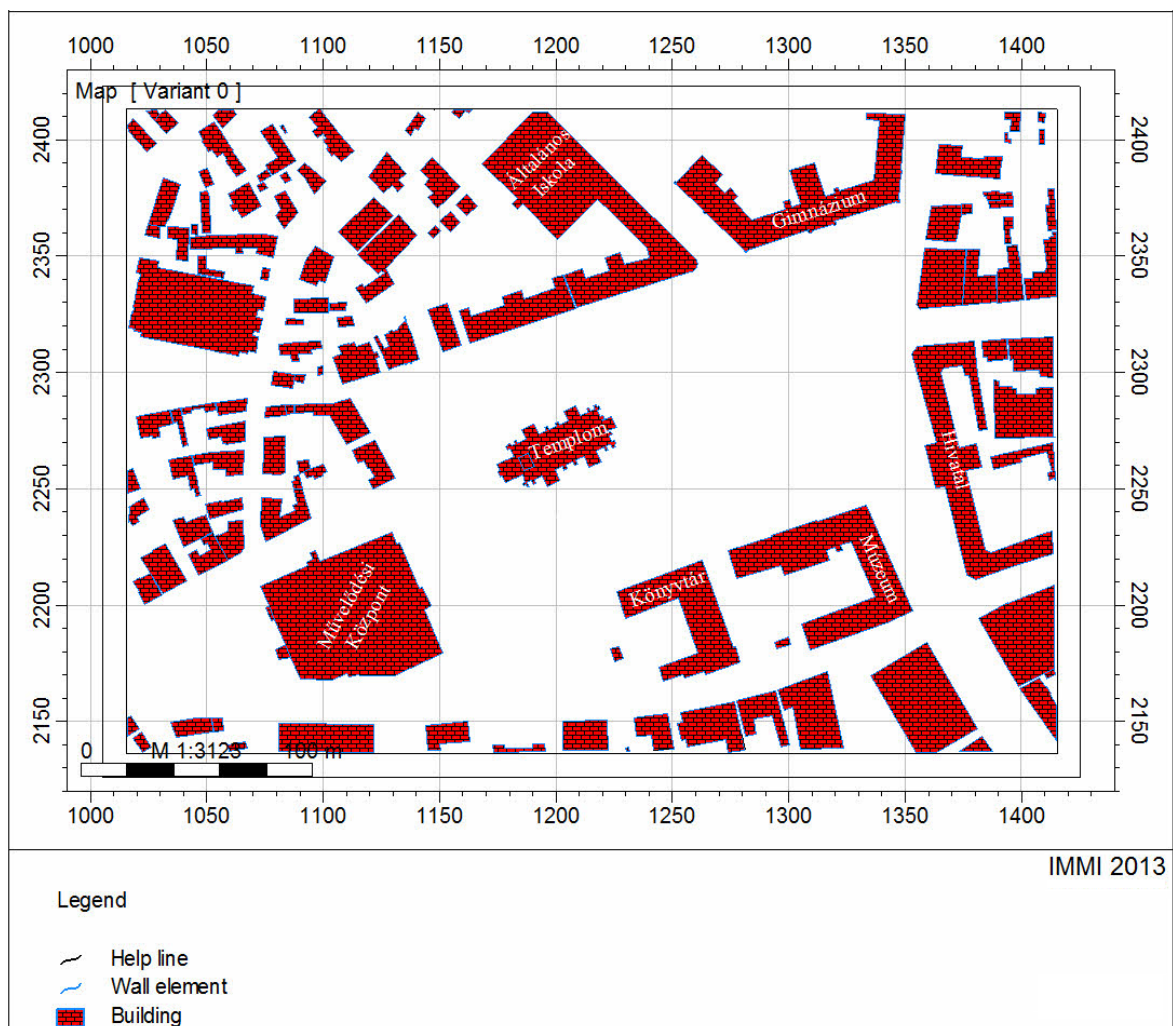
Azokon a helyeken, ahol méréseket végeztem zajterhelési pontokat helyeztem el. Ezekre a pontokra pontszámítást lehet végezni. A felülrajzolt és adatokkal feltöltött térképen végezve rácsszámítást végzek. Rácsszámítás esetében be kell állítani a rácsméretet. Az általam megválasztott rácsméret 10x10 m. A rácsszámítás eredményeképpen megkapott térkép a terület zajterhelését mutatja meg színskála szerinti 5 dB-es lépésközzel. A zajszintgörbékkel határolt sávokat az MSZ ISO 1996-2 szabvány szerint előírt színskála kell megjeleníteni, ami a német DIN 18005-ös szabványból lett átvéve: [25]

- 35 dB alatt világoszöld
- 35-40 dB között zöld
- 40-45 dB között sötétzöld
- 45-50 dB között sárga
- 50-55 dB között okkersárga
- 55-60 dB között narancssárga
- 60-65 dB között cinóber
- 65-70 dB között kármin
- 70-75 dB között lila
- 75-80 dB között kék
- 80-85 dB között sötétkék

4. Eredmények és értékelésük

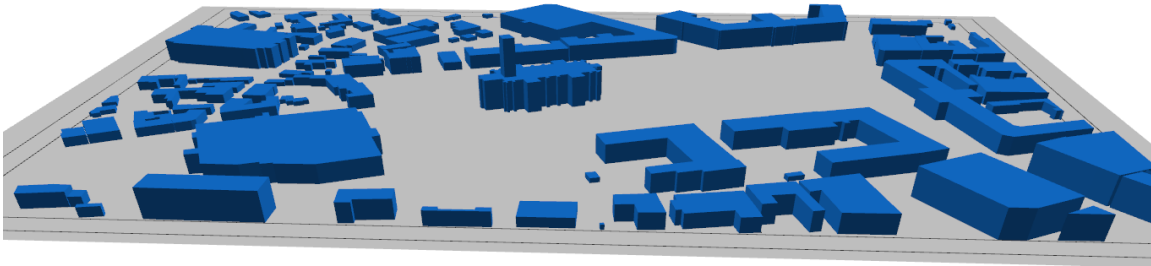
4.1. Alapok

A zajtérkép készítéséhez IMMI 2013 zajtérkép készítő program teljes verzióját használtam. A zajtérkép készítése során a legelső lépésként a területet ábrázoló dxf fájlt importáltam be a programba. Mivel AutoCAD fájl az alapom, ezért ki kell azokat a layereket választanom, amelyeket szeretném, hogy az IMMI érzékeljen. Itt az volt a célom, hogy csak az épületeim körvonalait ábrázoló vonalak legyenek beolvasva. Ezek után tehát az épületek vonalai megvoltak, amelyeket egyesítettem annak érdekében, hogy elemtípust tudjak hozzá rendelni. Minden egyes épülethez ház elemtípust rendeltem, ezek után minden házhoz magassági értéket társítottam. Ezt követően beállítottam a visszaverődés mértéket is, minden esetben bonyolult szerkezetű faltípust választottam ki. Az 5. ábrán látható az így elkészült felülrajzolt térkép. A további vizsgálatok során mindig ugyanezt az alaptérképet fogom alapnak használni.



5. ábra- Felülrajzolt terület

A program arra is lehetőséget nyújt, hogy a területet 3D-ben is megtekintsem. A 6. ábra a felülrajzolt térképem 3D-s modelljét szemlélteti.



6. ábra- Felülrajzolt terület 3D-s modellje

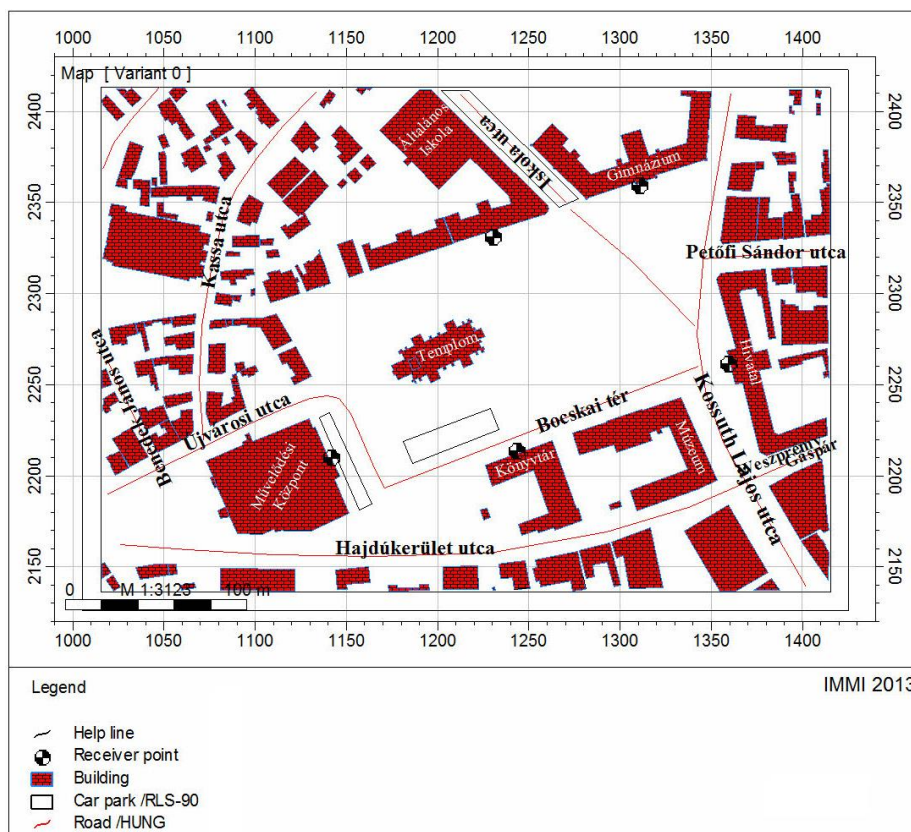
4.2. Építkezés előtt

Az itt vizsgált állapot az építkezés megkezdése előtti állapotot tükrözi. Sajnos saját mérésre ebben az esetben nem volt lehetőségem, mivel a munkálatok már elkezdődtek, mikor ezzel a témával el kezdtem foglalkozni, de mindenféleképpen el kell készíteni a „rég” állapot vonatkozó zajtérképet, annak érdekében, hogy ezt össze tudjam vetni a későbbi helyzettel.

A már korábban elkészített térképet használtam alapul és ezt egészítettem ki az építkezés előtti állapotnak megfelelően. A téren található közutak felülrajzolásával kezdtem, az MSZ 15036-os szabvány alapján. Ebben az esetben több paramétert is be kell állítani, és meg kell adni. Szükséges az útszakaszokhoz tartozó forgalmi adat megadása. A két nagyobb forgalmat lebonyolító útszakasz esetében, Kossuth Lajos utca (3502-es közút) és a Petőfi Sándor utca (3509-es közút) esetében a 3. melléklet 3. táblázatában található 2012-es évre vonatkozó járműkategóriánként számolt forgalmi adatokat társítottam. Itt be kell állítani még az út/forgalom jellegét is. A Kossuth Lajos utcát átlagos éjszakai forgalmú útként, a Petőfi Sándor utcát pedig alacsony éjszakai forgalmú útként definiáltam. Ezen adatok alapján a program pedig automatikusan kiszámolta a nappalhoz és éjjelhez tartozó értékeket. A többi kisebb forgalmú utcát pedig becsült adatokkal töltöttem fel, akusztikai járműkategóriánként egy óra alatt elhaladt forgalommal.

Ezen kívül be kell állítani még az az akusztikai érzékenységi kategóriát. Ebben az esetben útszakaszhoz C, D vagy E kategóriát rendeltem, az útburkolat minőségétől függően. Az alapbeállításoknál meg kell adni még mértékadó sebességet is.

A területen találhatóak parkoló területek is. A parkolóhelyek számát hol számolással, hol pedig becsléssel állapítottam meg. A művelődési ház előtt 20, a könyvtárral szemben 10 és a gimnázium és az általános iskola között 30 helyes parkoló zónát jelöltem ki. A felülrajzolt építkezés előtti állapotot a 7. ábra szemlélteti.



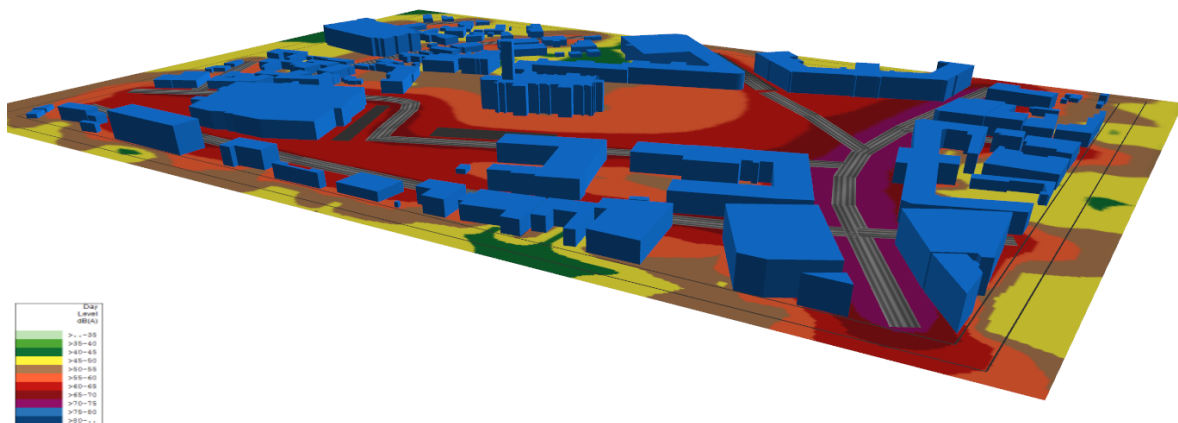
7. ábra- Felülrajzol, építkezés előtti állapot

Fekete pontok jelzik a területen a zajterhelési pontokat, amelyeket az épület homlokzatától 2 méter távolságban helyeztem el. Ezeken a pontokon végeztem az építkezés alatt és után méréseket. Ezekre a pontokra a program segítségével pontszámítást végeztem el, amelynek eredményét a 6. táblázat tartalmazza.

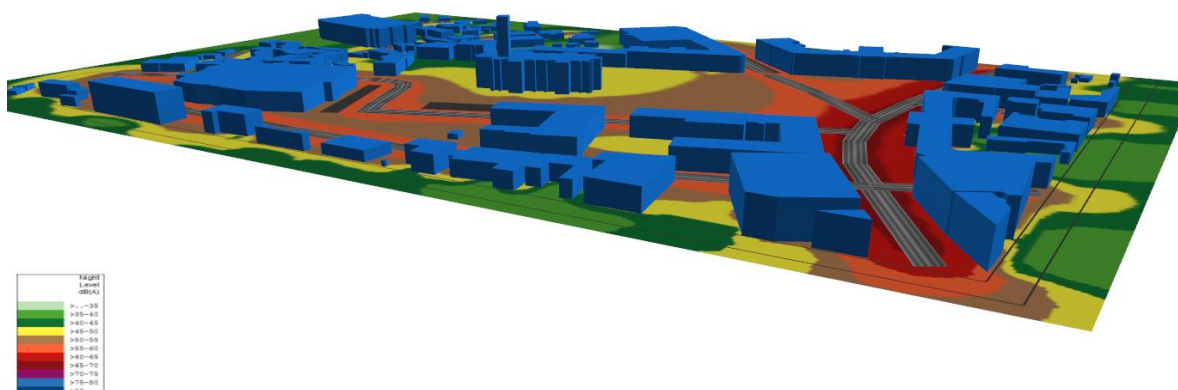
6. táblázat- IMMI által számolt értékek

	IMMI [dB]	
	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)	Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)
Polgármesteri Hivatal	68,2	60,6
Bocskai István Gimnázium	61,9	54,4
Bocskai István Általános Iskola	55,8	48,3
Sillye Gábor Művelődési Központ	60,6	52,7
Kertész László Városi Könyvtár	64,3	56,1

A program segítségével rácsszámítást is tudok végezni, a bevitt adatok alapján. A számítás során 10x10 m-es rácsméretet és 4 méteres magasságot állítottam be. A vizsgálati területemet a program ilyen méretű rácscsokra osztja fel, ebben az esetben 1472 rácscs jött létre. A rácscsok középpontjában pedig 4 méteren kiszámítja a zajszintet, ezután pedig interpolációval alkotja meg a zajtérképemet. Nappalra vonatkozó zajtérképet a 4. melléklet 1. ábrája, az éjjel vonatkozót pedig az 5. melléklet 2. ábrája mutatja be. A térképeken a terület zajterhelése látható, a DIN 18005-ös színskála szerinti 5 dB-es lépésközzel. A világosabb színek az alacsonyabb, a sötét színek a magasabb terhelést jelzik. Az építkezés előtti a főter és környezetének zajterhelését a közlekedés okozta. A közlekedés szerepe mind a nappali, mind pedig az éjszakai állapotra elkészült zajtérképen jól megfigyelhető, hiszen az utak, utcák sötétebbek a nagy forgalom miatt. A zajtérképen jól látható, hogy a legkritikusabb a Kossuth Lajos utca. A nappalra és éjjelre vonatkozó zajtérképek 3D-s modelljét a következő 8. és 9. ábrákon szemléltetem.



8. ábra- Nappalra vonatkozó 3D-s modell a rácsszámítás során kapott értékekkel



9. ábra- Éjjelre vonatkozó 3D-s modell a rácsszámítás során kapott értékekkel

Az itt megkapott eredmények értékelésénél a pontszámítás során megkapott értékeket vettem össze a 27/2008. (XII.3.) KvVM-EüM együttes rendeletet 3. mellékletében található közlekedésből származó zaj terhelési határértékeivel, amely megtalálható az 1. melléklet 1. táblázatában.

Az IMMI által kapott értékek és a határérték összehasonlítása lehetséges, ugyanis a pontokat a homlokzattól 2 méterre és 1,5 méter magasságban helyeztem el. A 7. és 8. táblázatban foglaltam össze a területre vonatkozó határértékeket külön nappal és éjjelre és az IMMI által pontszámításként megkapott értéket.

7. táblázat- IMMI által számolt érték és a nappal határérték összevetése

	IMMI [dB]	Határérték [dB]
		Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)
Polgármesteri Hivatal	68	60
Bocskai István Gimnázium	62	
Bocskai István Általános Iskola	56	
Sillye Gábor Művelődési Központ	61	
Kertész László Városi Könyvtár	64	

8. táblázat- IMMI által számolt érték és az éjjeli határérték összevetése

	IMMI [dB]	Határérték [dB]
		Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)
Polgármesteri Hivatal	61	50
Bocskai István Gimnázium	54	
Bocskai István Általános Iskola	48	
Sillye Gábor Művelődési Központ	53	
Kertész László Városi Könyvtár	56	

Az IMMI által pontszámítás során megkapott értékeimet összevettem a határértékekkel. Fontos, hogy egészre kerekített értéket lehet összehasonlítani a határértékekkel. Megállapítottam, hogy a nappalra számított értékek esetében a Bocskai István Általános Iskolához tartozó érték nem haladja meg a jogszabályban található 60 dB-es határértéket. Éjszakára meghatározott 50 dB-es határértéket szintén csak a Bocskai István Általános Iskolához tartozó érték nem haladja meg.

4.3. Építkezés közben

Az építkezés megkezdését követően a város központjában számos változás történt. Ezek közül az egyik legjelentősebb változás, hogy a tér a gépjárműforgalomtól teljes mértékben el lett zárva. Ennek következménye, hogy a téren eddig áthaladó forgalom a környező kis utcákba koncentrálódott. Elmondható, hogy ezek az utcák az eddiginél nagyobb forgalmat bonyolítottak le. Továbbá az építkezés miatt a téren található két parkoló is megszűnt. A munkálatok megkezdést követően nem a közlekedéstől származó zaj okozta a legnagyobb problémát, hanem az építkezési munkálatok.

Az állapotfelmérés során kétszer is végeztem tájékozódó jellegű méréseket. Mértem egyszer az építkezési munkálatok alatt, illetve egy hétfői napon is, amikor az építkezés szünetelt.

Az alapzaj mérésére 2013. április 6-án a délelőtti órákban került sor. A mérés során egy mérési ponton 6 eredményt kaptam, amit ezt követően logaritmikusan átlagoltam. Az így kapott eredményeket pedig a 9. táblázatban foglaltam össze.

9. táblázat- Alapzaj mérése során kapott eredmények

	943- L_{Aeq} [dB]	947- L_{Aeq} [dB]	L_{Aeq} átlag [dB]
Polgármesteri Hivatal	51,6	55,3	57,7
	57,6	60,2	
	52,7	61,0	
Bocskai István Gimnázium	47,3	47,8	49,6
	51,3	52,8	
	46,1	48,5	
Bocskai István Általános Iskola	48,0	53,6	51,2
	47,2	51,8	
	50,5	52,7	
Sillye Gábor Művelődési Központ	55,2	71,9*	54,0
	56,7	57,3	
	49,1	49,5	
Kertész László Városi Könyvtár	55,2	56,0	53,9
	52,7	51,4	
	53,9	52,4	

* Az átlagolás során ezen értékeket nem vettem figyelembe, mert a másik műszerrel párhuzamosan ebben az időpontban mért értéktől nagymértékben eltér.

Az építkezési munkálatok alatt történő mérés 2013. július 10-én valósult meg. Az első ponton a mérést 12:30-kor kezdtem el. Ezért ezt az időpontot választottam, mert a téren

komolyabb munkálatok folytak, több munkagép is dolgozott. A mérési eredményeket a következő 10. táblázatban foglaltam össze.

10. táblázat- Építkezés során mért eredmények

	943- L_{Aeq} [dB]	947- L_{Aeq} [dB]	L_{Aeq} átlag [dB]
Polgármesteri Hivatal	66,1	67,9	69,5
	70,1	72,0	
	69,3	69,5	
Bocskai István Gimnázium	63,4	62,5	63,3
	62,8	61,3	
	65,6	62,6	
Bocskai István Általános Iskola	55,8	56,3	62,3
	64,0	59,8	
	64,2	65,1	
Sillye Gábor Művelődési Központ	56,9	57,9	61,6
	65,1	65,9	
	53,3	54,1	
Kertész László Városi Könyvtár	63,7	62,7	59,0
	51,4	51,3	
	52,6	51,8	

Az építkezésre vonatkozóan zajtérképet nem lehet elkészíteni, mert az IMMI program segítségével zajterhelést vagyis immissziót lehet vizsgálni. Az építkezés során pedig a gépek általi zajkibocsátás, vagyis emissziót vizsgáltam.

Azonban összehasonlítottam a mért alapzajt és az építkezés során mért zajterhelés nagyságát. Ezt a következő 11. táblázatban összesítettem.

11. táblázat-Alapzaj és az építkezés közbe mért zajterhelés összevetése

	Alap zaj [dB]	Építkezés közben [dB]
Polgármesteri Hivatal	57,7	69,5
Bocskai István Gimnázium	49,6	63,3
Bocskai István Általános Iskola	51,2	62,3
Sillye Gábor Művelődési Központ	54,0	61,6
Kertész László Városi Könyvtár	53,9	59,0

A táblázat alapján jól látható, hogy az építkezés alatt a terület zajterhelése minden ponton jelentősen megnőtt. Az építkezési munkálatok során mért értékeimet összevetettem a 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet 2. mellékletében található építési

kivitelezési tevékenységektől származó zaj terhelési határértékével. Ezt a 2. melléklet 2. táblázata foglalja össze.

A főtér munkálatait úgy tervezték, hogy 1 év alatt befejezik, de technikai okok miatt ez nem valósul meg. Emiatt az értékeimet az 55 dB-es határértékkel vettem össze. Ez az érték nappalra, lakóövezetre és egy évnél hossza időszakra vonatkozó építkezésekre vonatkozik. Következtetésként levontam, hogy a tájékozódó jellegű mérés során minden érték meghaladta a határértéket.

Meg kell ebben az esetben említeni a 284/2007. (X.29.) Kormányrendelet a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól. Határérték túllépés esetén a Kormányrendelet 13. § alapján a kivitelező a környezetvédelmi hatóságtól felmentést kérhet a zajhatárértékek betartása alól.

4.4. Átépítés utáni (jelenlegi) állapot

Az átépítést követően központ zajterhelése változott. Ez annak köszönhető, hogy a téren átmenő forgalom nagysága és összetétele megváltozott, valamint több nagyobb parkoló zóna kialakítására is sor került. A jelenlegi állapot felmérése során mérést és forgalomszámlálást is egyaránt végeztem. A mérés 2014. szeptember 3-án valósult meg ennek eredményeit a 12. és 13. táblázatban foglaltam össze.

12. táblázat- Nappali időszakra vonatkozó mérési eredmények.

	943- L_{Aeq} [dB]	943- L_{Aeq} [dB]	L_{Aeq} átlag [dB]
Polgármesteri Hivatal	59,2	59,3	59,3
	59,3	59,9	
	59,0	58,9	
Bocskai István Gimnázium	58,0	58,1	56,3
	53,5	54,2	
	56,2	55,8	
Bocskai István Általános Iskola	54,1	54,6	55,0
	67,4*	69,4*	
	58,1	58,4	
Sillye Gábor Művelődési Központ	54,9	54,9	56,1
	57,9	57,9	
	54,8	54,8	
Kertész László Városi Könyvtár	60,2	63,5	61,2
	59,5	63,5	
	57,0	60,2	

* Az átlagolás során ezen értékeket nem vettem figyelembe, mert a másik műszerrel párhuzamosan ebben az időpontban mért értéktől nagymértékben eltér.

13. táblázat- Éjjeli időszakra vonatkozó mérési eredmények

	943- L_{Aeq} [dB]	943- L_{Aeq} [dB]	L_{Aeq} átlag [dB]
Polgármesteri Hivatal	51,6	51,5	52,4
	55,1	54,2	
	49,1	48,7	
Bocskai István Gimnázium	55,6	53,8	57,1
	58,8	61,1	
	53,4	52,7	
Bocskai István Általános Iskola	46,0	-*	45,8
	47,2	-*	
	51,3	-*	
Sillye Gábor Művelődési Központ	50,4	51,0	51,1
	47,1	47,3	
	53,1	53,5	
Kertész László Városi Könyvtár	52,5	49,8	51,0
	51,9	49,2	
	51,6	50,1	

*Nincs eredmény, mert az automatikus mentés nem lett bekapcsolva.

A jelenlegi állapotra vonatkozóan is zajtérképet készítettem el nappali és éjjeli időszakra vonatkozóan. Elsőnek is beillesztettem a már korábban elkészített alaptérképet, hiszen a téren található épületekben nem történt változás. Ezt a térképet egészítettem ki a jelenlegi állapotoknak megfelelően. Következő lépésként felülrajzoltam a közutakat az MSZ 15036-os szabvány szerint. Ebben az esetben is szükséges az útszakaszhoz tartozó forgalmi adat megadása. Az utakhoz, utcákhoz a saját forgalomszámlálási adataimat rendeltem, melyet a 14. táblázatban foglaltam össze.

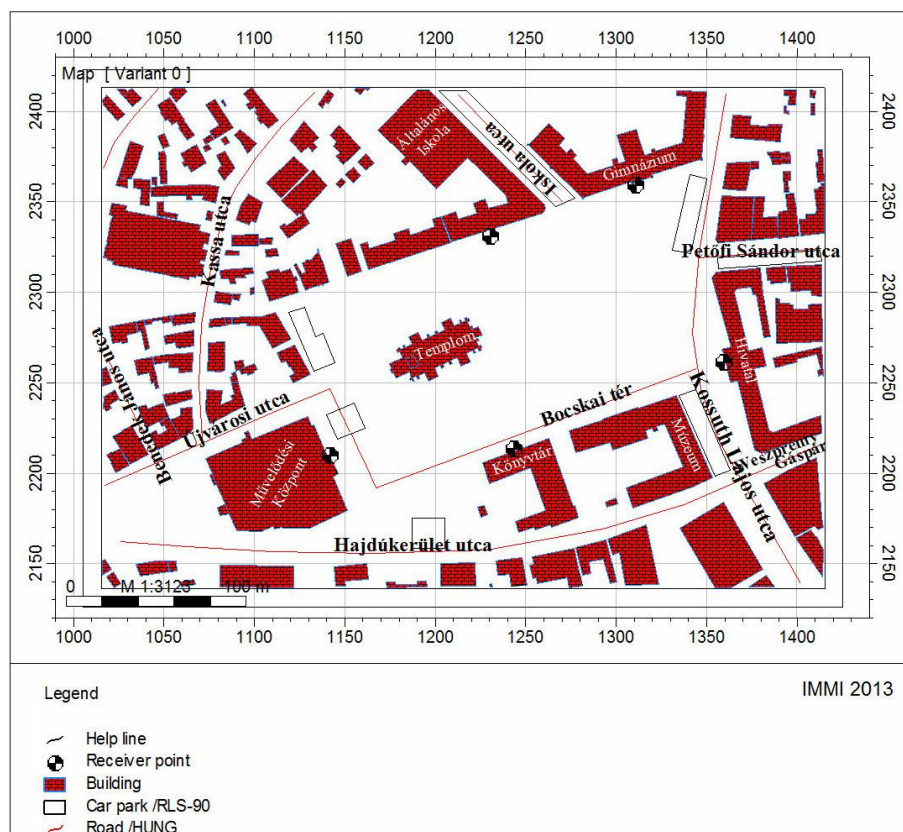
14. táblázat- Forgalomszámlálási eredmények (jármű/óra)

Utca	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)			Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)		
	Akusztikai járműkategóriák					
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Kossuth Lajos utca	219	2	0	28	0	0
Petőfi Sándor utca	60	0	0	8	0	0
Hajdúkerület utca	64	2	0	10	0	0
Weszprémy Gáspár utca	56	2	0	7	0	0
Bocskai tér	0	11	0	0	1	0
Kassa utca	16	1	0	4	0	0
Benedek János utca	14	0	0	3	0	0
Iskola utca	25	1	0	10	1	0
Újvárosi utca	71	1	0	10	1	0

Az eredményekből jól látható, hogy III. akusztikai járműkategóriába tartozó jármű sem a téren sem pedig a környező utcákban nem haladt el a forgalomszámlálási időszak alatt. A Bocskai tér a forgalom elől el van zárva, azonban ezen az útszakaszon a motoros fogalom megmaradt. A forgalmi adatokból az is látható, hogy a téren áthaladó forgalom már nem olyan nagymértékű, mint az építkezés előtt. Mivel a számolt forgalmam egy órára vonatkoznak, törvényszerűségi tényezőt alkalmazásával szerettem volna megállapítani, hogy az adataim, hogyan viszonyíthatók nap többi órájához. Ezzel szerettem volna átlagos napi forgalmat meghatározni. Magyar Közút Nonprofit Zrt- Törvényszerűségi tényezői alapján, azonban ilyen tényezőt nem találtam [32].

Következő lépésként beállítottam az útszakaszra vonatkozó akusztikai érzékenységi kategóriát. 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet alapján, azon útszakaszhoz, amelynek kopórétege díszburkolat, azokhoz E akusztika érzékenységi kategóriát kell választani. Az építkezésnél a Kossuth Lajos utca, Petőfi Sándor utca, Bocskai tér is díszburkolattal lett lerakva, így ezekhez E, a többi útszakaszokhoz C és D értéket rendeltem az útburkolat minőségétől függően, mivel ezen utak nem lett felújítva. Az, hogy az útburkolati minőség nem került jobb kategóriába hozzájárul ahhoz, hogy a zajterhelés nem fog csökkenni.

A 10. ábra szemlélteti az építkezés utáni felülrajzolt állapotot.



10. ábra- Felülrajzolt, építkezés utáni állapot

A 10. ábrán szemléltetve van több parkoló terület is. Az építkezés előtt a téren található parkolók közül majdnem mind megszűnt és helyette sokkal több és nagyobb férőhellyel kialakított parkoló zónákat alakítottak ki. A gimnázium és az általános iskola között parkolóterületet nem változott, ehhez, mint az építkezés előtt egy 30 férőhelyet rendeltem. A megrajzolt parkoló terület a múzeum előtt 15, a gimnázium előtt 13, még a Petőfi után 6 férőhellyel rendelkezik. A Művelődési központ környezetében egy 8 és 24, valamint Hajdúkerület utcánál egy 10 férőhelyes parkoló terület található.

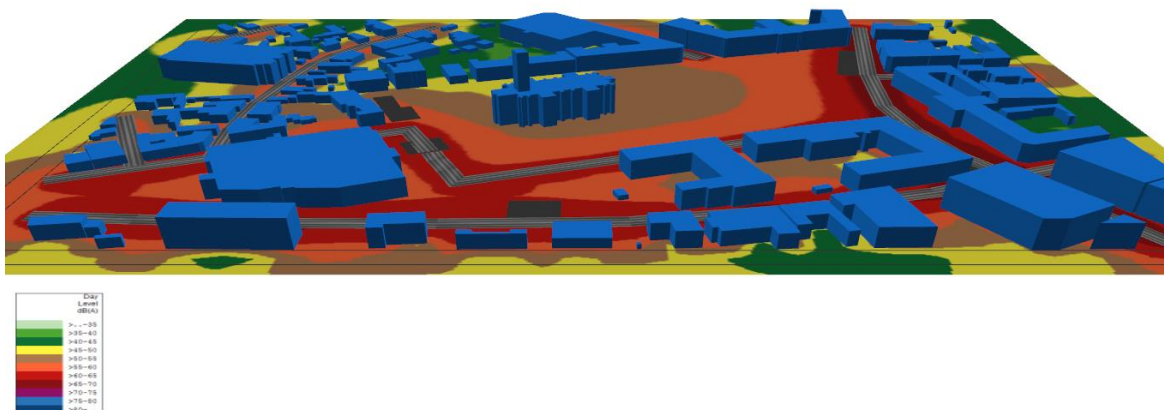
A program segítségével kétféle módon végezhetek számítási feladatokat. Az egyik, hogy a bevitt és beállított adatok alapján a zajterhelési pontokra pontszámítást végeztem el. A zajterhelési pontokat a fekete pontok jelzik, amelyek az épület homlokzatától 2 méterre és 1,5 méter magasan helyezkednek el. Ezeken a pontokon végeztem a méréseket. Az IMMI által számolt értékeket a 15. táblázat tartalmazza, mind nappalra, mind pedig éjjelre vonatkozóan.

15. táblázat- IMMI által számolt értékek

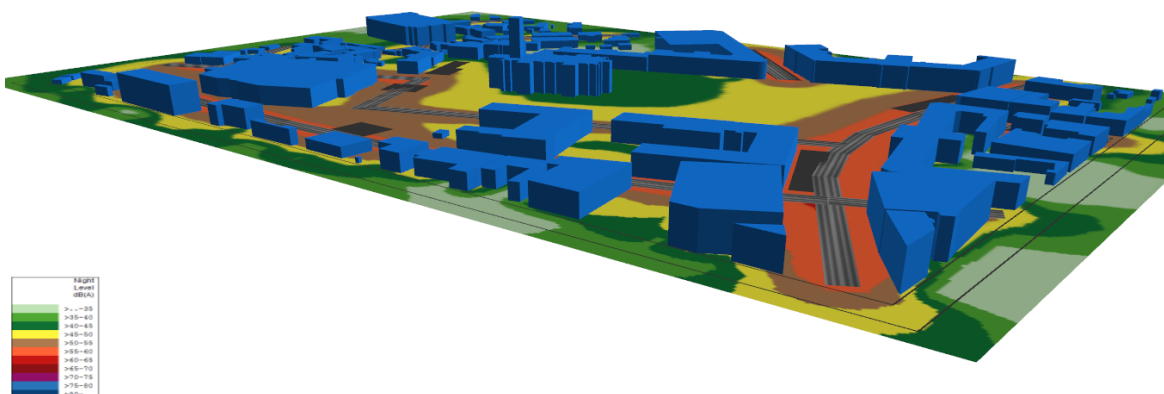
	IMMI [dB]	
	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)	Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)
Polgármesteri Hivatal	62,1	53,5
Bocskai István Gimnázium	56,0	47,5
Bocskai István Általános Iskola	50,7	42,1
Sillye Gábor Művelődési Központ	58,0	49,2
Kertész László Városi Könyvtár	61,1	50,8

A program segítségével rácsszámítást is tudok végezni a bevitt adatok alapján. Hasonlóképpen, mint az építkezés előtti állapot modellezése esetén a számítás során 10x10 m-es rácsméretet adtam meg. A 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet alapján zajtérkép készítés esetében 4 méteres magasságot kell megadni.

Nappalra vonatkozó zajtérképet a 6. melléklet 3. ábrája, az éjjel vonatkozót pedig az 7. melléklet 4. ábrája mutatja be. Látszik, hogy a közlekedés még mindig jelentős szerepet játszik a tér zajterhelésében, de az építkezés előtti állapotokhoz képest jelentősen csökkent a terhelés mértéke. Kifejezetten jól látszik az éjjeli időszaknál, hogy a Bocskai téri útszakasz sokkal világosabb, annak köszönhetően, hogy a forgalom mértéke minimális, mivel csak motoros forgalom valósul meg. A nappalra és éjjelre vonatkozó zajtérképek 3D-s modelljét a 11. és 12. ábrán mutatom be.



11. ábra- Nappalra vonatkozó 3D-s modell a rácsszámítás során kapott értékekkel



12. ábra- Éjjelre vonatkozó 3D-s modell a rácsszámítás során kapott értékekkel

A jelenlegi állapotra kapott eredmények értékelésénél legelőször is összehasonlítottam az általam mért eredmények és az IMMI által, a bevitt adatok alapján pontszámításként megkapott eredményeket. Ezt a 16. táblázatban foglaltam össze.

16. táblázat- Mért és az IMMI által számolt eredményeim

	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)		Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)	
	L _{Aeq} átlag [dB]	IMMI [dB]	L _{Aeq} átlag [dB]	IMMI [dB]
Polgármesteri Hivatal	59,3	62,1	52,4	53,5
Bocskai István Gimnázium	56,3	56,0	57,1	47,5
Bocskai István Általános Iskola	55,0	50,7	45,8	42,1
Sillye Gábor Művelődési Központ	56,1	58,0	51,1	49,2
Kertész László Városi Könyvtár	61,2	61,1	51,0	50,8

Látható, hogy a mért és a modellezett értékek között adódnak eltérések. Ez adódhat abból, hogy a mérést és a forgalomszámlálást nem tudtam egy napon megvalósítani. Másrészt a mérések során megpróbáltam csak a közlekedéstől származó zajterhelést mérni, azonban ez nem mindig tudott teljes mértékben megvalósulni. Itt a legnagyobb problémát kiabálás, hangoskodás kiszűrése jelentette.

A mért és a pontszámítás során megkapott értékeket vetettem össze a 27/2008. (XII.3.) KvVM-EüM együttes rendeletet 3. mellékletében található közlekedésből származó zajterhelési határértékeivel. Ez megtalálható az 1. melléklet 1. táblázatában. Az IMMI által kapott értékek és a határérték összehasonlítása lehetséges, ugyanis a pontokat a homlokzattól 2 méterre és 1,5 méter magasságban helyeztem el.

Nappalra 60 dB, éjjelre pedig 50 dB a határérték. Nappalra vonatkozóan a Kertész László Városi Könyvtárhoz tartozó mért és modellezett érték is meghaladja a határértéket, valamint a Polgármesteri Hivatalhoz tartozó modellezett érték is túllépi a 60 dB-t. Éjjelre vonatkozóan a mért értékek közül egyedül a Bocskai István Általános Iskola esetében nincs határérték túllépés. A modellezett értékekkel összevetve az 50 dB-es határértéket a Polgármesteri Hivatalhoz és a Kertész László Városi Könyvtárhoz tartozó értékek lépik túl a határértéket.

4.5. Különbségtérkép

Eddig külön-külön vizsgáltam egy időszakra vonatkozó zajterhelést. Most pedig összehasonlítom, hogy a vizsgált területem zajterhelése, hogyan változott az építkezés előtti állapotokhoz képest. Természeteszerű az, hogy azokon a helyeken ahol csökken az útszakaszok forgalma ott csökken a környező terület zajterhelése is, illetve, ahol nő a forgalom nagysága ott nagyobb zajterhelés lesz tapasztalható. A következő táblázatokban foglaltam össze a terhelés mértékét az építkezés előtt és után.

17. táblázat- Nappalra vonatkozó értékek

	IMMI [dB]	
	Építkezés előtt	Építkezés után
Polgármesteri Hivatal	68,2	62,1
Bocskai István Gimnázium	61,9	56,0
Bocskai István Általános Iskola	55,8	50,7
Sillye Gábor Művelődési Központ	60,6	58,0
Kertész László Városi Könyvtár	64,3	61,1

18. táblázat- Éjjelre vonatkozó értékek

	IMMI [dB]	
	Építkezés előtt	Építkezés után
Polgármesteri Hivatal	60,6	53,5
Bocskai István Gimnázium	54,4	47,5
Bocskai István Általános Iskola	48,3	42,1
Sillye Gábor Művelődési Központ	52,7	49,2
Kertész László Városi Könyvtár	56,1	50,8

Az értékekből látható, hogy az átépítést követően csökkent a terület zajterhelése. Annak köszönhetően, hogy a meglévő utak forgalma csökkent, illetve nem halad keresztül a téren III. akusztikai járműkategóriába tartozó jármű. Egyedül a Bocskai István Gimnáziumhoz tartozó mért értéknél van egy kiugrás, de ha a modellezett értéket hasonlítom össze az építkezés előtti értékkel már ott is látható a csökkenés.

Annak érdekében, hogy a vizsgált terület zajterhelésének változását még inkább szemléltetni tudjam az elkészült zajtérképek felhasználásával különbségtérképeket készítettem el. A különbségtérkép a rácsok egyszerű kapcsolásával, majd egy kivonással végezhető el. $R = A - B$, ahol R a különbség térkép, A az építkezés előtti állapotra vonatkozó zajtérkép, B az építkezés utáni állapotra vonatkozó zajtérkép.

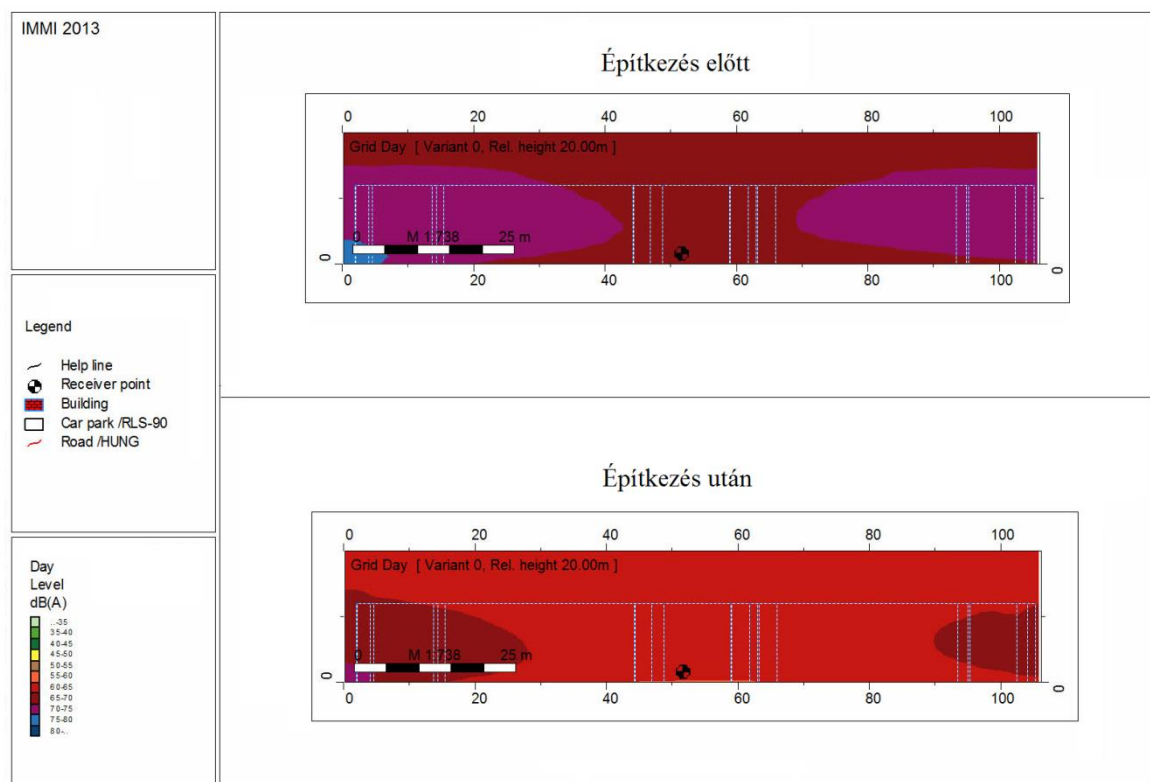
A nappalra vonatkozó különbség térképet a 8. melléklet 5. ábrája, az éjjelre vonatkozót pedig a 9. melléklet 6. ábrája mutatja be. A térképen a terület zajterhelésének változása látható DIN 18005-ös színskála szerint 1 dB-es lépésközzel. A világos színek jelzik a növekvő zajterhelést, ezzel szemben az egyre sötétebb színek jelzik azt, hogy azokon a területeken csökkent a terhelés mértéke.

A térképeken jól látható, hogy a tér nagy része az átépítést követően csökkent a zajterhelés. Kivétel ez alól Művelődési Központ környékén kialakított nagyszámú férőhellyel rendelkező parkolóterület. Az éjjelre vonatkozó különbségtérképen jól megfigyelhető még a Petőfi Sándor utcán található parkoló zóna hatása, hiszen a korábbi állapotokhoz képest nőtt a terhelés mértéke. Az éjjelre vonatkozó térképen jól látható még, hogy a terhelés csökkenése jóval nagyobb területet érint, mint nappal. Ez annak köszönhető, hogy az éjjelre vonatkozó forgalom jelentősen kisebb, mint a nappali.

4.6. Vertikális rácsszámítás

Az átépítés hatását a vertikális modellezés esetében is meg lehet figyelni. A vizsgálatára a Polgármesteri Hivatal épületét választottam ki. Ennek oka, hogy a hivatal előtt elhaladó útszakasz forgalma az építkezés után nagymértékben csökkent, így csökkent a terület zajterhelése is, ami a Polgármesteri Hivatal épületén is jól megfigyelhető.

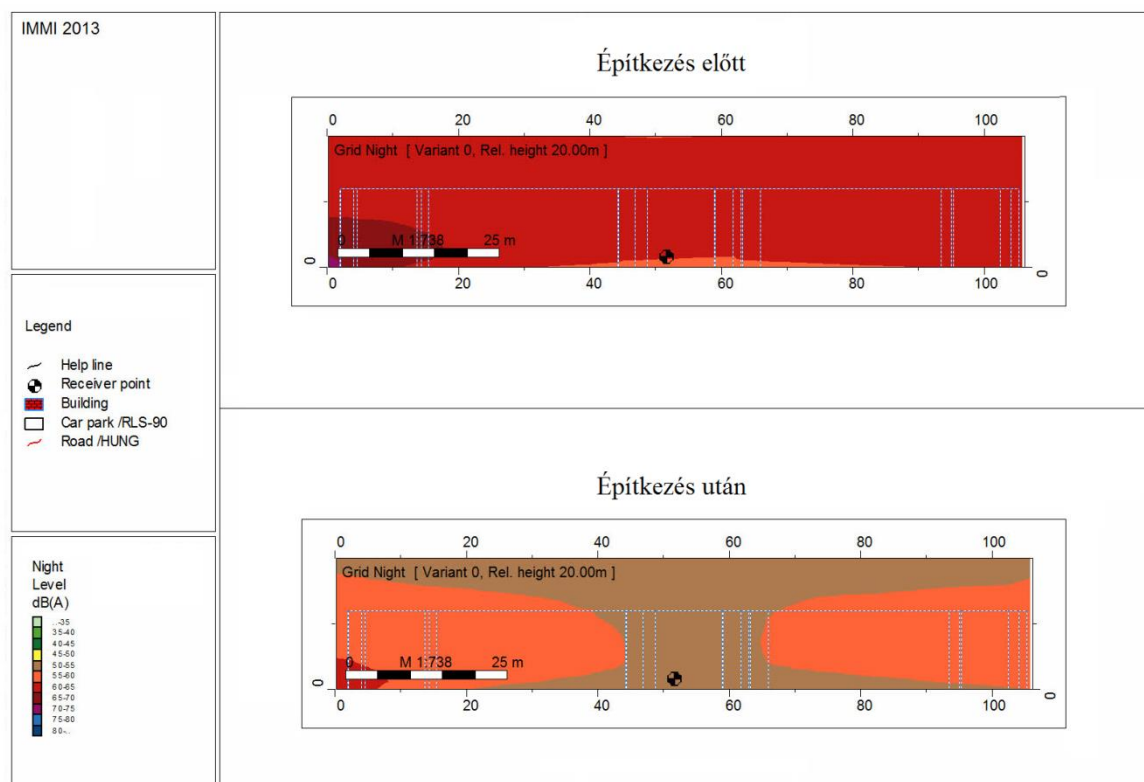
A vertikális modellezést rácsszámítással végeztem el egy segédvonal segítségével. A segédvonalam koordinátái mind az építkezés előtti mind pedig az utáni állapotnál azonosak. A számítás során 20 méteres magasságot és 1x1 m-es rácsméretet állítottam be, a pontosabb modellezett kép érdekében választottam ilyen rácsméretet. A létrejött ábrákon az épület homlokzatát érő zajterhelés látható DIN 18005-ös színskála szerinti 5 dB-es lépésközzel külön nappali és éjjeli időszakra. A 13. ábra a nappalra vonatkozó vertikális modellezés eredményeit mutatja be összehasonlítva az építkezés előtti és utáni állapotot.



13. ábra- Vertikális modellezés nappalra vonatkozóan (Polgármesteri Hivatal)

A képen jól látható, hogy építkezés előtt a nagymértékű forgalom miatt a zajterhelés jóval nagyobb, mint az átépítést követően. Megfigyelhető mindkét állapotra vonatkozóan, hogy az épületek szélein jóval magasabb a terhelés mértéke, ami a Petőfi Sándor utca és a Weszprémy Gáspár utca együttes forgalmának köszönhető.

A 14. ábrán az éjjelre vonatkozó építkezés előtti és utáni vertikális modellezés eredményei vannak szemléltetve, melyeken szintén megfigyelhető a csökkenés mértéke.

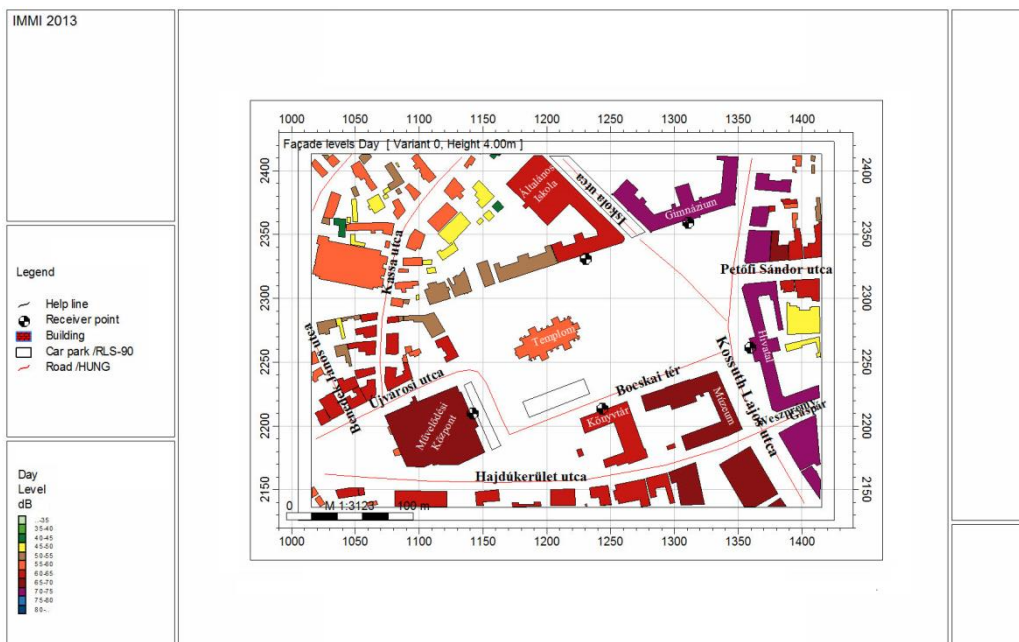


14. ábra- Vertikális modellezés éjjelre vonatkozóan (Polgármesteri Hivatal)

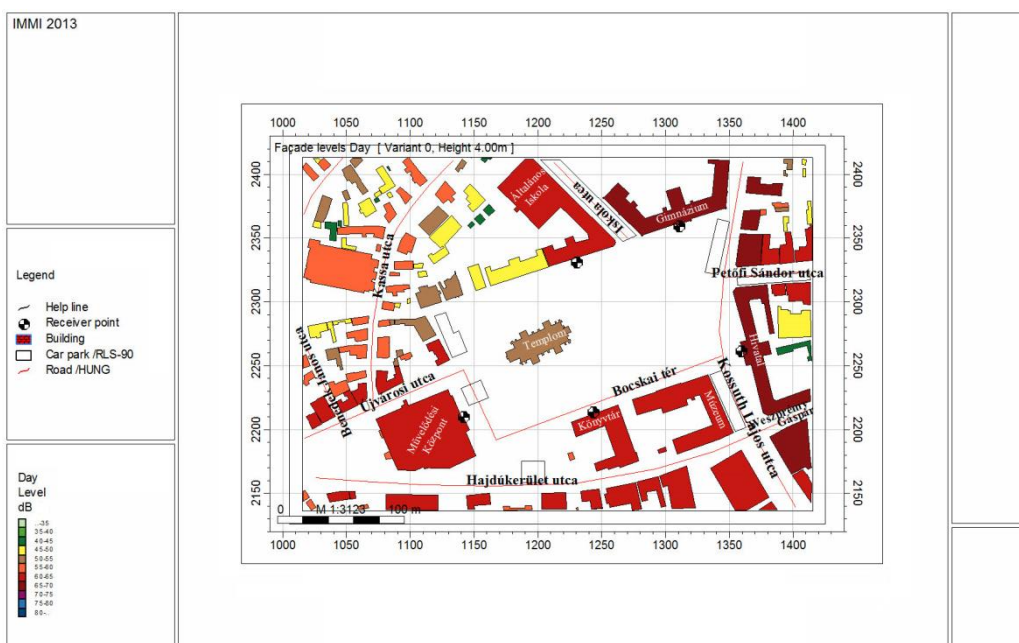
A főtér megújításával kapcsolatos alapelvárások közé tartozott a tér gépkocsiforgalomtól való csökkentése és tehermentesítése. A Városi Önkormányzat részéről nem voltak konkrét elvárások a terület zajterhelésének csökkenésével kapcsolatban, de számítottak rá, hogy a zajterhelés mértéke csökkeni fog a forgalomkorlátozásnak köszönhetően.

4.7. Homlokzati zajterhelés és lakossági érintettség

A program segítségével a bevitt adatok alapján a homlokzati zajterhelést is meg lehet határozni. A számítás során 10x10 m-es rácsméretet és 4 méteres magasságot állítottam be. A megkapott térképeken az épületek homlokzati zajterhelése látható DIN 18005-ös színskála szerinti 5 dB-es lépésközzel. A számítás során minden épülethez a homlokzatot érő terhelés közül a legnagyobb értéket rendeli. A 15. ábra az építkezés előtt a 16. ábra pedig az építkezés utáni nappali állapotra vonatkozó homlokzati zajterhelést prezentálja. Az elkészült térképeken jól megfigyelhető a terhelés csökkenés. A legszembetűnőbb változások a téren található azon épületeknél figyelhető meg, ahol méréseket is végeztem.



15. ábra- Építkezés előtt nappalra vonatkozó homlokzati zajterhelés



16. ábra- Építkezés után nappalra vonatkozó homlokzati zajterhelés

Az elkészült homlokzati zajterhelést szemléltető térképek felhasználásával stratégia mutatókat is lekérdezhetünk. Egyik ilyen mutató a lakosság érintettsége. 280/2004. (X. 20.) Kormányrendelet szerint a lakossági érintettséget úgy kapjuk meg, hogy az épületben élő összes lakost, a homlokzatot maximálisan érő terheléshez rendeljük.

A lakossági érintettséget jogszabályi előírás alapján, valamint az épületen belüli egyenletes lakosságeloszlásban is vizsgáltam. A következő 19. és 20. táblázatban foglaltam össze a lakosság érintettségét az építkezés előtti és utáni állapotra vonatkozóan.

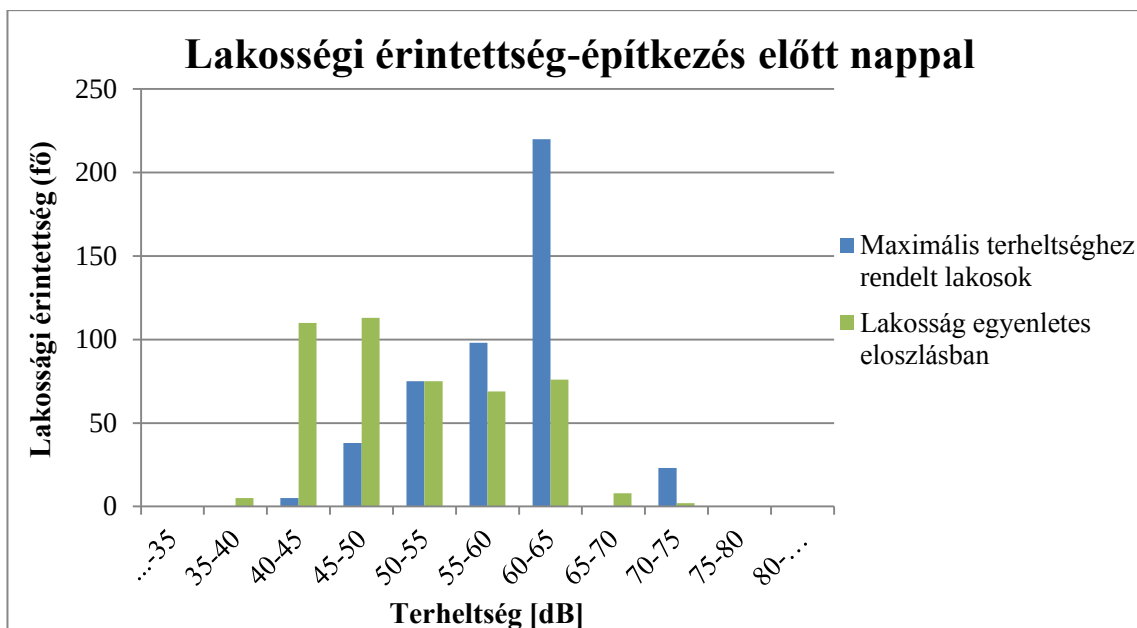
19. táblázat- Lakossági érintettség az építkezés előtt állapotra

Terheltség [dB]	Maximális terheltséghez rendelt lakosok		Lakosság egyenletes eloszlásban	
	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)	Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)	Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)
...-35	0	0	0	48
35-40	0	31	5	140
40-45	5	82	110	95
45-50	38	64	113	64
50-55	75	80	75	53
55-60	98	178	69	49
60-65	220	23	76	8
65-70	0	0	8	0
70-75	23	0	2	0
75-80	0	0	0	0
80-...	0	0	0	0

20. táblázat- Lakossági érintettség építkezés utáni állapotra

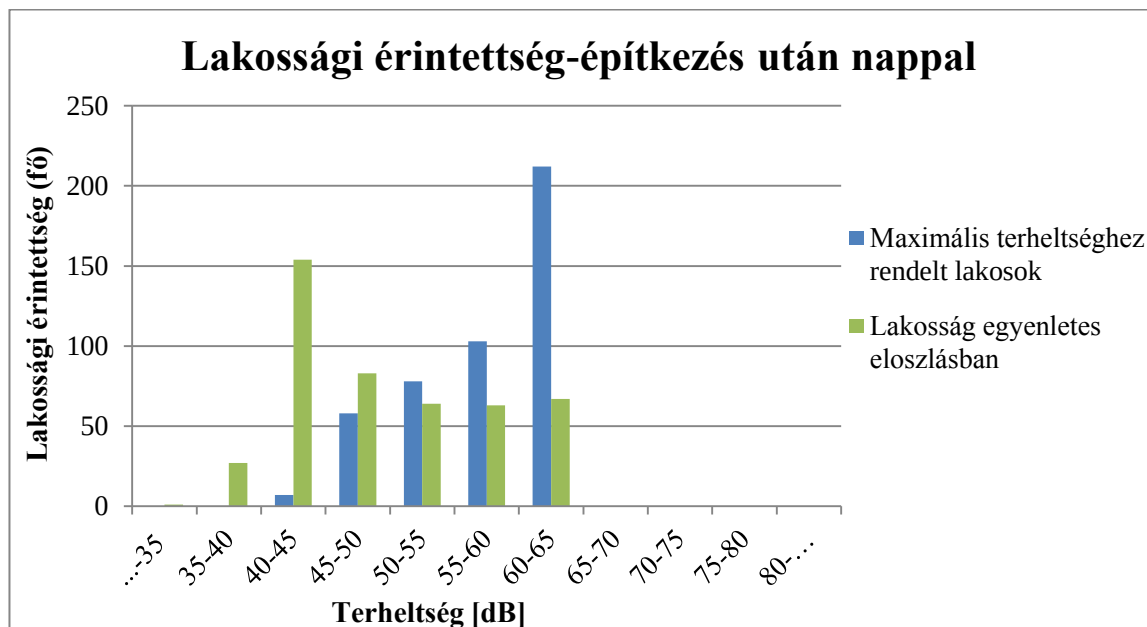
Terheltség [dB]	Maximális terheltséghez rendelt lakosok		Lakosság egyenletes eloszlásban	
	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)	Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)	Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)
...-35	0	5	1	116
35-40	0	32	27	103
40-45	7	65	154	73
45-50	58	79	83	69
50-55	78	215	64	89
55-60	103	61	63	8
60-65	212	0	67	0
65-70	0	0	0	0
70-75	0	0	0	0
75-80	0	0	0	0
80-...	0	0	0	0

A modellezés alapján a vizsgált területen több mint 450 lakos él. A lakosság terheltségét illetően sokkal realisabb értéket kapunk egyenletes lakosság eloszlás esetében. A lakosság terheltségének csökkenése és változása azonban mindkét esetben megfigyelhető. Annak érdekében, hogy a lakossági érintettség változását még inkább szemléltetni tudjam az eredményekből diagramokat készítettem el. A 17. ábrán a lakossági érintettség eloszlása látható az építkezés előtti állapotra vonatkozóan.



17. ábra- Lakossági érintettség építkezés előtt nappali időszakra

Az ábrán a lakossági érintettség eloszlása látható maximális terheltséghez rendelt lakosok alapján és a lakosság egyenletes eloszlásban is. A diagramon jól megfigyelhető, hogy maximális terheltség esetén sokkal több az azon lakosok száma, akit nagyobb mértékű terhelés ér, sőt a lakosság közel felét éri 60-65 dB-es tartományban található. Egyenletes eloszlás alapján a lakossági felének érintettsége a 40-50 dB közötti tartományba esik.

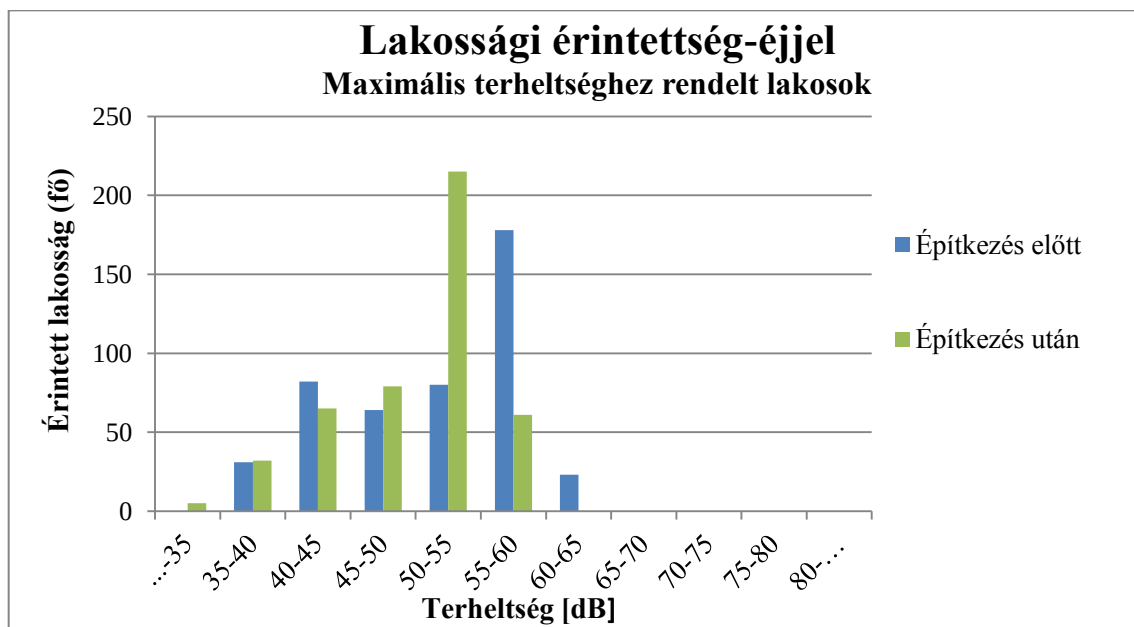


18. ábra- Lakossági érintettség építkezés után nappali időszakra

A 18. ábrán prezentálja a lakossági érintettséget az építkezés utáni nappali időszakra. Maximális terheltség alapján a lakosság több mint felének terheltsége 55-65 dB-es

tartományba esik. Egyenletes lakosság eloszlás esetén megfigyelhető, hogy az érintettek nagyobb része alacsonyabb hangnyomásszinteknek van kitéve.

Az előző 17. ábrával összehasonlítva ezt az ábrát jól megfigyelhető az átépítés hatása, főként egyenletes lakosság eloszlást tekintve.



19. ábra- Lakossági érintettség éjjeli időszakra vonatkozóan maximális terheltséghez rendelt lakosok alapján

A 19. ábrán látható, hogy az éjjeli időszakban csökkent azon lakosok száma, akik nagyobb terhelésnek vannak kitéve. A maximális terhelés mértéke is csökkent, hiszen az építkezés előtt ez a 60-65 dB-es tartományba esett, még a jelenlegi állapot esetében ez 55-60 dB között van. A jelenlegi állapotról vonatkozóan a vizsgált területen élő lakosság közel felének az éjjeli időszakra vonatkozó terhelése 50-55 dB-es tartományban mozog.

280/2004. (X. 20.) Kormányrendelet szerint nem csak a lakosság, de az iskolák, óvodák, kórházak érintettségét is vizsgálni kell. A vizsgált területen három oktatási intézmény is található, így ezek érintettségét is vizsgáltam. Az eredmények azt mutatják, hogy az átépítést követően az iskolák érintettsége is csökkent.

4.8. Konfliktustérkép

Jogszabály szerint azokra a területekre, amelyekre zajterhelési térkép készült konfliktustérképet is készíteni kell. Az elkészült zajtérképek felhasználásával konfliktus térképeket készítettem el. A konfliktus térkép az immisziós zajszint és 280/2004. (X.20.) Kormányrendeletben található stratégia küszöbértékek különbségét ábrázolja. A

küszöbértékek pedig meghatározzák azt, hogy milyen intézkedési tervet kell a vizsgált területre elkészíteni. A konfliktustérképek modellezéséhez az elkészült zajtérképeket és a 21. táblázatban található stratégiai küszöbértékeket használtam fel.

21. táblázat- Alkalmazott stratégia küszöbértékek

	L_{den} [dB]	$L_{éjjel}$ [dB]
közlekedési zajforrás esetén	63	55

Az építkezés előtt nappalra vonatkozó konfliktustérképet a 10. melléklet 7. ábrája, az éjjelre vonatkozót pedig a 11. melléklet 8. ábrája mutat be. A térképeken az immissziós zajszint és a stratégia küszöbértékek különbsége látható színskála szerinti 5 dB-es lépésközzel. Az elkészült térképen látható, hogy szinte az össze út a kritikus pontok közé tartozik. A térképről leolvasható, hogy a vizsgált útszakaszok közül a Kossuth Lajos utca kivételével 0-5 dB-es túllépés tapasztalható a küszöbértékhez képest. A legkritikusabb pontja a vizsgált területnek a legnagyobb forgalmat lebonyolító útszakasz a Kossuth Lajos utca és környéke.

280/2004. (X.20.) Kormányrendelet alapján, azokon a helyeken, ahol a zajjellemzők a 21. táblázatban található stratégia küszöbértéket meghaladják ott az intézkedési tervben 10 évnél nem hosszabb időtartamú zajcsökkentési intézkedéseket kell tenni. A térképről leolvasható, hogy a Kossuth Lajos utcán több mint 10 dB-es különbség is fent állt, így arra a szakaszra a kormányrendelet alapján 5 évnél nem hosszabb időszakra vonatkozó zajcsökkentési intézkedési terv elkészítése vált volna szükségessé.

Az építkezés utáni állapot nappali időszakra vonatkozó konfliktustérképet a 12. melléklet 9. ábrája, az éjjelre vonatkozót pedig a 13. melléklet 10. ábrája prezentálja. Az elkészült térképen látható a változás az építkezés előtti állapotokhoz képest. Csökkenés főként azokon az útszakaszokon figyelhető meg jól, ahol a forgalom mértéke jelentősen csökkent. Mind a nappali és mind az éjjeli időszakra elkészült konfliktustérkép alapján elmondható, hogy a L_{den} -63 dB és $L_{éjjel}$ -55 dB stratégiai küszöbértékekhez képest a túllépés mértéke sehol sem haladja meg a 10 dB-t.

Tehát a jelenlegi állapotra vonatkozóan az elkészült konfliktustérképek alapján elmondható, hogy az intézkedési tervben 10 évnél nem hosszabb intervallumú zajcsökkentési vagy zaj elleni védelmet célzó intézkedéseket kell megfogalmazni.

5. Következtetés, javaslattétel

Általánosan elmondható, hogy egy terület zajterhelését nagymértéken befolyásolja az útburkolat minősége. A Bocskai tér átépítését követően az utak burkolatának minősége 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet alapján nem került jobb minősítésbe akusztikai érdességi kategóriát tekintve. Ez annak köszönhető, hogy a felújított útszakaszokat díszburkolattal fedték le.

Vizsgálataimat kiterjesztettem arra vonatkozóan, hogy ugyanolyan forgalom nagyság mellett, hogyan alakult volna tér zajterhelése, ha a Kossuth Lajos utca kopórétege csendes aszfalt. Ennek alapján az útszakaszhoz A akusztikai érdességi kategóriát állítottam be. A változtatott paraméterre vonatkozóan pedig pontszámítást végeztem el. A pontszámítási eredményeimet a 22. táblázatban foglaltam össze.

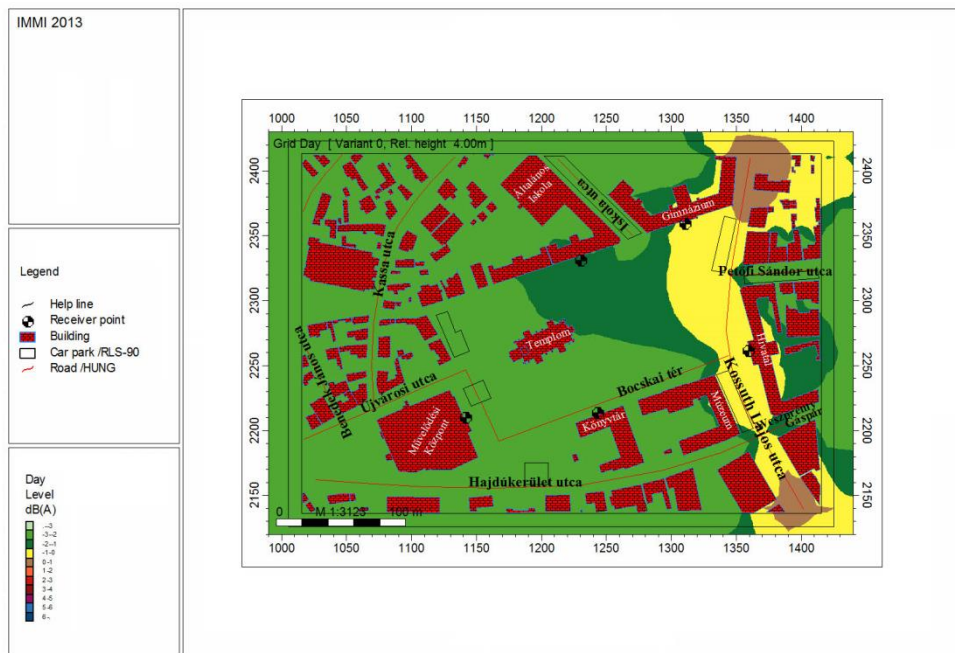
22. táblázat- Az átépítés utáni és a fiktív állapotra vonatkozó pontszámítási eredmények

	Átépítés után		Fiktív állapot	
	IMMI [dB]			
	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)	Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)	Nappal (06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰)	Éjjel (22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰)
Polgármesteri Hivatal	62,1	53,5	59,4	50,3
Bocskai István Gimnázium	56,0	47,5	53,6	44,8
Bocskai István Általános Iskola	50,7	42,1	49,2	40,5
Sillye Gábor Művelődési Központ	58,0	49,2	57,9	49,2
Kertész László Városi Könyvtár	61,1	50,8	61,0	50,7

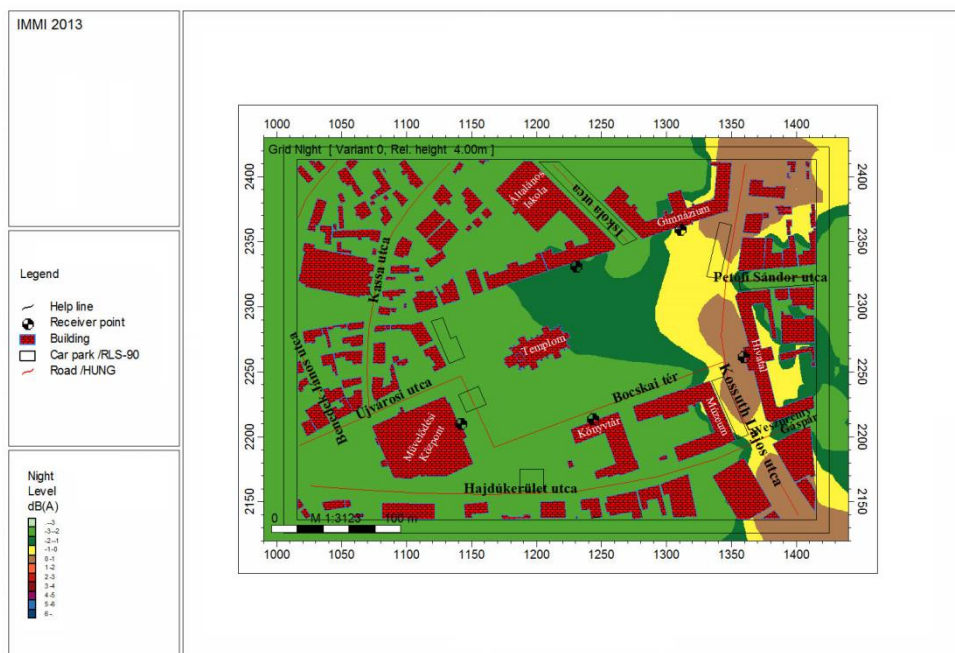
A fiktív állapotra vonatkozó pontszámítási értékekből látható, hogy még nagyobb csökkenés lett volna tapasztalható. Legnagyobb mértékben a Polgármesteri Hivatalhoz tartozó értékek csökkennének. A pontszámítás során megkapott egészre kerekített értékeket vettem össze a 27/2008. (XII.3.) KvVM-EüM együttes rendeletet 3. mellékletében található közlekedésből származó zaj terhelési határértékeivel. Határértékek nappalra 60 dB, éjjelre 50 dB. Ez alapján már csak a Kertész László Városi Könyvtárhoz tartozó értékek lépték át a határértéket nappalra és éjjelre vonatkozóan is.

A vizsgálatok során szintén készítettem zajtérképeket erre a fiktív állapotra vonatkozóan. Az elkészült zajtérképeken nem szembetűnő a változás, hiszen a terület zajterhelése ebben az esetben is 5 dB-es lépésközzel látható. Ennek következtében csak a különbségtérképet fogom bemutatni. A különbségtérképet az átépítés utáni és a fiktív állapot zajtérképének egyszerű kapcsolásával és egy kivonással készítettem el.

A 20. és 21. ábrán jól látható, hogy egy jobb akusztikai érdességi kategóriába tartozó útszakasz, hogyan befolyásolja a terület zajterhelését.



20. ábra- Nappalra vonatkozó különbségtérkép



21. ábra- Éjjelre vonatkozó különbségtérkép

Az elkészült térképeken jól megfigyelhető, hogy akár további zajcsökkentés is megvalósulhatott volna, ha a Kossuth Lajos utca kopórétege nem díszburkolat, hanem csendes aszfalt. Ez alapján tehát elmondható, hogy az útburkolat minősége is meghatározó tényező a terület zajterhelésének kialakulásában.

6. Összefoglalás

TDK munkám témája zajterhelési és zajtérképezési vizsgálatok Hajdúböszörmény főterének környezetében. A Bocskai tér átépítését követően nagymértékű forgalomszabályozást végeztek, jelentős területet térkővel lefedtek és sétálóövezetet alakítottak ki. Célul tűztem ki, hogy egy olyan elemzést készítsek, amely során megvizsgálom a város központjában végbemenő nagy horderejű beruházás zajterhelésére gyakorolt hatását.

Dolgozatom elején röviden áttekintettem a témához kapcsolódó szakirodalmi alapokat és a zaj- és rezgésvédelemhez kapcsolódó hatályos jogszabályokat és szabványokat. Ezt követően bemutattam a zajméréseim során alkalmazott előírásokat, majd részletesen leírtam a zajtérkép készítés alapjait és menetét.

Kutatási tevékenységem során célul tűztem ki, hogy összehasonlítsam a főter és környezetének építkezés előtti és utáni zajterhelését. A vizsgálataim során több időpontban méréseket is végeztem a város központjában. A jelenlegi állapot vizsgálatát kiegészítettem a környező utcák forgalmának mintavételes forgalomszámláláson alapuló meghatározásával. IMMI 2013-as zajtérkép készítő program teljes verziójával zajtérképeket készítettem el nappali és éjjeli időszakra egyaránt. Hajdúböszörmény város szabályozási tervéből a vizsgált terület épületeinek alaprajzait AutoCAD segítségével feldolgoztam és átalakítottam az IMMI számára kompatibilis adathalmazzá. A zajtérkép készítő szoftverben ezután elkészítettem az épületek 3D-s modelljét, melyek a számítás alapjául szolgáltak. A közutak forgalmi adatait a közútkezelő adatbankja segítségével, valamint a saját forgalomszámlálás eredményeinek felhasználásával állapítottam meg. Ezt követően az elkészült zajtérképek felhasználásával egy különbség térképet készítettem el, annak érdekében, hogy a vizsgált terület zajterhelésének változását szemléltetni tudjam. Az átépítés hatását vertikális modellezés segítségével is szemléltettem. Dolgozatomban jogszabályi előírásnak megfelelően lakossági érintettséget is vizsgáltam. Az elkészült zajtérképek felhasználásával konfliktustérképeket készítettem el, melyek az intézkedési terv elkészítéséhez használhatók fel.

TDK munkám készítése során számítógépes modellezés segítségével felmértem és összehasonlítottam a hajdúböszörményi Bocskai tér átépítésének zajterhelésre gyakorolt hatásait. Ezek alapján a területen bekövetkező változások könnyen nyomon követhetőek és szemléltethetőek.

7. Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Kurutz Imre- Dr. Szentmártony Tibor (1999): A műszaki akusztika alapjai, Műegyetemi Kiadó
- [2] Barótfi István (2000.): Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó
- [3] Bera József- Pokorádi László (2010): Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus Kiadó
- [4] Dr. Domokos Endre- Dr. Horváth Béla (2. javított kiadás:2011.): Környezetmérnöki Tudástár, 13. kötet Zaj és Rezgésvédelem- Veszprém, Pannon Egyetem- Környezetmérnöki Intézet, ISBN: 978-615-5044-38-0
- [5] J. Paul Gayer, P.E.,R.A.(2009): Fundamentals of Acoustics, Continuing Education and Development, Inc.
- [6] Kertai Pál (1982): Közegészségtan, Medicina Könyvkiadó
- [7] Kiripolszky István (1985): Külső és belső zajforrások hatásainak elemzése egészségügyi intézményekben- Med.biol. doktori értekezés, Debrecen
- [8] Dr. Kováts Attila (2004): Zaj és rezgésvédelem, Veszprémi Egyetemi Kiadó
- [9] Stróbl András- Suri Noémi (Budapest, 2010): Ipari és közlekedési zajforrások megelőzésének, csökkentésének jogi, műszaki és gazdasági eszközrendszere, Kiadja az EMLA Alapítvány a Környezeti Oktatás Támogatására
- [10] Dr. Wersényi György (2010): Műszaki akusztika (NGB_TA_020_1) jegyzet
- [11] Walz Géza (2008): Zaj- és rezgésvédelem, Kiadja: Complex Kiadó Jogi és Üzleti Tartalomszolgáltató Kft.
- [12] Lawrence K. Wang- Norman C. Pereira- Yung-Tse Hung (2005): Volume 2 Handbook of Enviromental Engineering- Advanced Air and Noise Pollution Contol, eISBN: 1-59259-779-3
- [13] Ctirad Smetana (1975): Zaj- és rezgésmérés, Hungarian Translation Műszaki Könyvkiadó
- [14] Elden F. Ray (2010): Industrial Noise Series Part I., Fundamentals of Enviromental Sound
- [15] Kiss Ádám- Tasnádi Péter (2012): Környezetfizika, Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Kar

-
- [16] MSZ 15036:2002 Hangterjedés a szabadban
- [17] 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól
- [18] 27/2008. (XII.3.) KvVM EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
- [19] 284/2007. (X.29.) Kormányrendelet a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól
- [20] 93/2007. (XII. 12.) KvVM rendelet a zajkibocsátási határértékek megállapításnak, valamint a zaj- és rezgés-kibocsátás ellenőrzésének módjáról
- [21] MSZ 18150-1:1998 A környezeti zaj vizsgálata és értékelése
- [22] MSZ EN ISO 3741:2011 Akusztika. Zajforrások hangteljesítmény meghatározása hangnyomásméréssel. Pontos módszer zengő szobában.
- [23] Environmental Protection Agency (August 2011.) Guidance Note for Strategic Noise Mapping For the Environmental Noise Regulations 2006, Version 2
- [24] Berndt Mihály (Budapest, 2007. február): Részletes háttér- információ a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004. Korm. rendelet végrehajtásához
- [25] 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet a stratégia zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól
- [26] 280/2004. (X. 20.) Kormányrendelet a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről
- [27] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) (August 2007): Position Paper, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2
- [28] <http://www.eea.europa.eu/themes/noise/intro>, Letöltve: 2014.09.24.
- [29] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hajdúböszörmény>, Letöltve: 2014. 10.12.
- [30] <http://internet.kozut.hu/Lapok/forgalomszamlalas.aspx>, Letöltve: 2014. 10. 10.
- [31] <http://koponyeg.hu/t/Hajdajduboszormeny>, Letöltve: 2013. 04. 06., 2013. 07. 10., 2014. 09. 03.
- [32] Magyar Közút Zártkörűen Működő Részvénytársaság (Budapest, 2013. július): Törvényszerűségi tényezők 2012