KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.

Közlekedésinformatikai Központ

Fő közlekedési létesítmények stratégai zajvédelmi intézkedési tervei – EU tagállami feladat

Általános leírás

Évi 3 millió jármű áthaladásánál nagyobb forgalmat lebonyolító közutak

Évi 3 millió jármű áthaladásánál nagyobb forgalmat lebonyolító gyorsforgalmi utak

Évi 30 ezer szerelvény áthaladásánál nagyobb forgalmat lebonyolító vasutak

Budapest

2015. május

KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.

Közlekedésinformatikai Központ

Projekt megnevezése: Fő közlekedési létesítmények stratégai zajvédelmi intézkedési tervei – EU tagállami feladat

Témaszám: 2111-00-124

Megrendelő: Nemzeti Fejlesztési Minisztérium

1011 Budapest, Fő utca 44-50.

Projektvezető neve: Jakab Attila

Beosztás: központvezető

Szervezeti egység: Közlekedésinformatikai Központ, KTI Nonprofit Kft.

Dokumentum címe: Általános leírás

Készítette: Dr. Balogh Edina .....
tudományos munkatárs aláírás

Jóváhagyó: Jakab Attila .....
központvezető aláírás

Közreműködött: Beer Lívia
Horváth Dóra
Schmelz Tamás

Budapest

2015. május

TARTALOM

1 Előzmények 4

2 Teljesítendő feladatok 6

2.1 Jogszabályban előírt kötelezettségek 6

2.2 Érintett szakaszok 7

3 Akusztikai alapfogalmak 10

4 Közlekedési zajterhelés 13

4.1 Közlekedési zajforrások 13

4.2 A zaj terjedése 14

4.3 A közúti zaj mérséklésének műszaki lehetőségei 15

4.3.1 Aktív zajcsökkentési lehetőségek 15

4.3.2 Passzív zajcsökkentési lehetőségek 17

5 A stratégiai zajtérképek általános jellemzői 19

6 A stratégiai zajvédelmi intézkedési tervek általános jellemzői 22

6.1 A Zajcsökkentési intézkedési terv szükségessége és tartalma 22

6.2 Zajcsökkentési intézkedések 22

6.3 Zajcsökkentési intézkedések rangsorolása 30

6.4 Fajlagos költségek 31

6.5 Becsült zajterhelés-csökkentő hatás 32

6.6 Az érintett lakosság 34

7 A stratégiai zajvédelmi intézkedési tervdokumentációk értelmezése 35

7.1 Közutakra vonatkozó intézkedési tervek 35

7.2 Gyorsforgalmi utakra vonatkozó intézkedési tervek 39

7.3 Vasutakra vonatkozó intézkedési tervek 41

1 ELŐZMÉNYEK

Hazánk európai uniós tagságából következő kötelezettsége a környezeti zajterhelésnek a jogszabályokban leírt módon történő meghatározása és értékelése – a stratégiai zajtérképek elkészítése –, valamint a zajterhelés szinten tartása, illetve mérséklése érdekében végrehajtandó stratégiai intézkedések megfogalmazása – a zajvédelmi intézkedési tervek összeállítása.

2002. június 25-én fogadta el az Európai Parlament és Tanács *A környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 2002/49/EK irányelvét (END).* Az irányelv legfőbb eleme és lényege a stratégiai zajtérképek elkészítése, amelyek segítségével lehetővé válik az egyes tagállamok lakossági zajhelyzetének egységes elvek szerinti feltárása. A zajtérképeknek be kell mutatniuk az aktuális helyzetet, a zajterhelési küszöbérték túllépés mértékét és a lakosság érintettségét. A zajhelyzet további értékelése és kezelésének javasolt módszere a stratégiai zajtérképre épülő, a stratégiai zajtérképezés során meghatározott konfliktusos területekre vonatkozó intézkedési tervben kerül rögzítésre. A direktíva egységesíti a figyelembe veendő zajjellemzőket, a számítási módszereket, a környezeti zajterhelés zajtérképen történő megjelenítésének követelményeit, valamint az információk közlésének módját.

A stratégiai zajtérképezés közvetlen eredményeként előállnak tehát:

- maguk a stratégiai zajtérképek,
- az ezek alapján meghatározott érintettségi adatok és
- a stratégiai intézkedési tervek.

A zajtérképezéssel kapcsolatos EU feladatok ötévenkénti ütemekben valósulnak meg. Egy ütemen belül az első 2–3 év során folynak az előkészítő munkálatok, ezt követően a stratégiai zajtérképek, majd az intézkedési tervek készülnek el. Az első ütemhez képest a másodikban bővült a vizsgálandó létesítmények köre; a már korábban vizsgált létesítmények esetében pedig az előző intézkedési terv összeállítása óta bekövetkezett változások nyomon követésére kerül sor a zajtérképek és intézkedési tervek felülvizsgálatával.

Az első ütemben az évi 6 milliós forgalomnál nagyobb forgalmú közutakra, valamint az évi 60 ezer vonatáthaladásnál nagyobb forgalmú vasútvonalakra vonatkozóan készültek el a stratégiai zajtérképek és zajvédelmi intézkedési tervek.

A zajtérképezés második ütemében a fő közlekedési létesítmények körében a 3 millió jármű/évnél nagyobb forgalmú országos közutak, a 30 000 szerelvény/évnél nagyobb forgalmú vasútvonalak stratégiai zajtérképeit és intézkedési terveit kell elkészíteni. A stratégiai zajtérképezés feladatát a KTI egy korábbi projekt keretében 2012-ig elvégezte, a zajtérképek rendelkezésünkre állnak.

Jelen projekt célja a 3 millió jármű/évnél nagyobb forgalmú gyorsforgalmi utakra és egyéb országos közutakra, valamint a 30 000 szerelvény/évnél nagyobb forgalmú vasútvonalakra

vonatkozó stratégiai zajvédelmi intézkedési tervek elkészítése. Az intézkedési tervek elkészítése több mint 650 települést és mintegy 3 600 km-nyi teljes hosszúságú közlekedési létesítményt érint. Jelen feladat magában foglalja az 1. ütem során elkészült zajvédelmi intézkedési tervek felülvizsgálatát is.

Az intézkedési tervek elkészítésének módszertanát *a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004. (X. 20.) Korm. rendelet*, továbbá *a stratégiai zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól szóló 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet* alapján alakítottuk ki, beleértve a javasolható zajvédelmi intézkedéseket, azok értékelését, a dokumentáció felépítését és tartalmát. A dokumentáció tartalmi és formai kialakításánál a jogszabályi követelmények teljesítésén túl további szempont, hogy az illetékesek számára átlátható és érthető módon közölje a tárgyban az érintettek szempontjából releváns információk lehető legteljesebb körét.

2 TELJESÍTENDŐ FELADATOK

2.1 JOGSZABÁLYBAN ELŐÍRT KÖTELEZETTSÉGEK

A 280/2004. (X. 20.) Korm. rendelet 13. § szerint az előző zajtérképezési ütem során elkészült intézkedési terveket felül kell vizsgálni, és szükség szerint módosítani kell, ha a meglévő zajhelyzetet befolyásoló jelentősebb változás következik be, valamint elő kell állítani a második ütemben elkészült zajtérképek és érintettségi adatok alapján az újabb intézkedési terveket.

A 280/2004. (X. 20.) Korm. rendelet 5. melléklete alapján az intézkedési tervnek minimálisan a következő információkat kell tartalmaznia:

- a számításba vett zajforrások leírása,
- az intézkedési terv készítésére kötelezettek megnevezése,
- a kapcsolódó jogszabályok megnevezése,
- a stratégiai küszöbértékek,
- a zajtérképezés eredményeinek összefoglalása,
- a zajterhelésnek kitett emberek becsült száma, a problémák és a fejlesztésre szoruló helyzetek feltárása,
- a közvélemény tájékoztatásáról szóló jelentés,
- a korábban végrehajtott, a folyamatban lévő és előkészítés alatt álló zajcsökkentési intézkedések,
- a zajcsökkentésre kötelezett által a következő öt év során megteendő intézkedések,
- hosszú távú stratégia és pénzügyi stratégia (költségvetések, költséghatékonysági felmérések, költség-haszon értékelések),
- az intézkedési terv végrehajtásának és eredményeinek értékelési módszere,
- a zajjal terhelt emberek számának becsült csökkenése.

A hivatkozott rendelet 6. melléklete szerint az Európai Bizottság részére megküldendő adatok:

- a nagyforgalmú közutak, nagyforgalmú vasútvonalak általános leírása (elhelyezkedésük, méreteik és forgalmi adataik),
- a környezet jellemzése (a települések, terület felhasználási kategóriák, egyéb fontosabb zajforrások megnevezése),

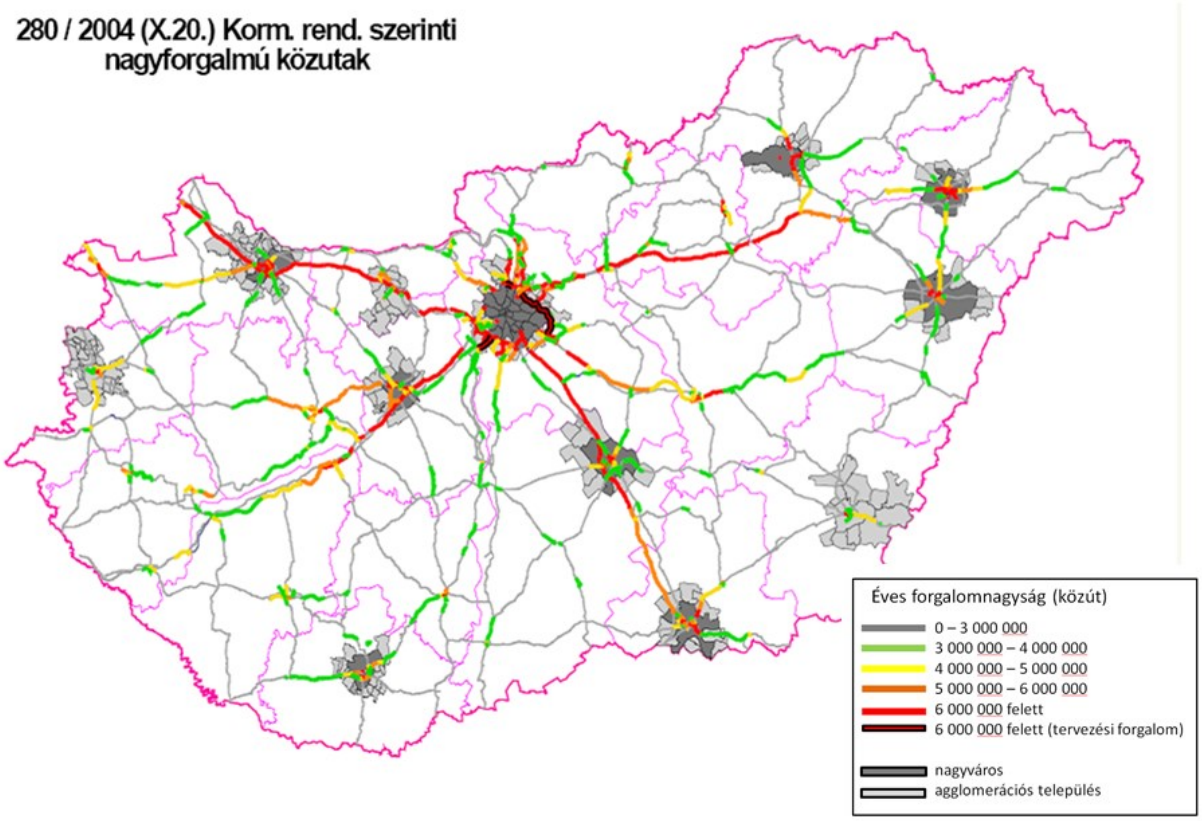
- a korábban végrehajtott zajcsökkentési programok és a folyamatban lévő zajvédelmi intézkedések,
- az alkalmazott számítási és mérési módszerek,
- azon személyek becsült teljes száma (száz főben kifejezve), akik olyan lakóépületekben élnek, ahol a legzajosabb homlokzatot érő zajterhelés 4 m-rel a talajszint fölött meghatározott L_{den} értéke a következő sávok valamelyikébe esik: 55–59, 60–64, 65–69, 70–74, >75 dB,
- azon személyek becsült teljes létszáma (száz főben kifejezve), akik olyan lakóépületekben élnek, ahol a legzajosabb homlokzatot érő zajterhelés 4 m-rel a talajszint fölött meghatározott $L_{éjjel}$ értéke a következő sávok valamelyikébe esik: 50–54, 55–59, 60–64, 65–69, >70 dB,
- ahol az információk rendelkezésre állnak, meg kell adni, hogy a felsorolt zajtartományokon belül hányan laknak olyan lakóépületekben, amelyek az adott zajtípus elleni fokozott hangszigeteléssel vagy csendes homlokzattal rendelkeznek (mind az L_{den}, mind az $L_{éjjel}$ mutatóra vonatkozóan),
- az L_{den}>55, 65, illetve 75 dB zajterhelésű terület teljes (km^2-ben kifejezett) nagysága. Minden ilyen területre meg kell adni továbbá az ott lévő lakóépületek és az ezeken élő emberek becsült teljes számát (100-ra kerekítve).
- Ha a fenti zajterhelésű területen belül város, község van, akkor ezek területén az 55 dB és 65 dB szintvonalakat stratégiai zajtérképen ábrázolni kell.
- Az összes fontosabb szempontra kitérő intézkedési terv legfeljebb tízoldalas összefoglalása.

2.2 ÉRINTETT SZAKASZOK

A 3 millió jármű/évnél nagyobb forgalmú gyorsforgalmi utak és egyéb állami közutak, valamint a 30 000 szerelvény/évnél nagyobb forgalmú vasútvonalak hosszát a 2.1. táblázatban és a 2.2. táblázatban mutatjuk be, térképes ábrázolásuk a 2.1. ábra és a 2.2. ábra szerint látható.

2.1. táblázat Évente 3 millió jármű áthaladásánál nagyobb forgalmat lebonyolító közutak hossza

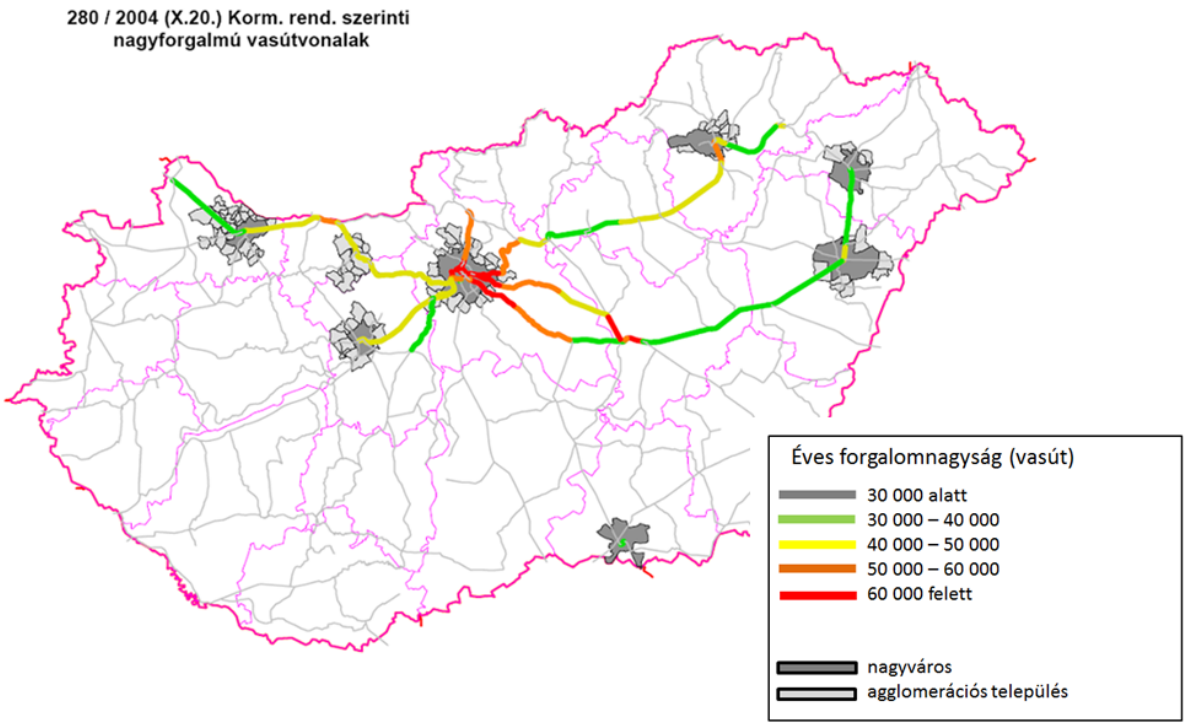
Közút típusa	Hossz [km]	Összesen [km]
gyorsforgalmi út	812	2696
első-és másodrendű út	1884	



2.1. ábra A2012-ben zajtérképezett, évi 3 millió járműnél nagyobb forgalmat lebonyolító közutak

2.2. táblázat Évente 30 000 szerelvény áthaladásánál nagyobb forgalmat lebonyolító vasútvonalak hossza

Vasútvonal	Hossz [km]	Összesen [km]
1. számú vonal	177	
30. számú vonal	67	
40. számú vonal	48	
70. számú vonal	33	
80. számú vonal	223	914
100. számú vonal	270	
120. számú vonal	92	
140. számú vonal	2	
150. számú vonal	2	



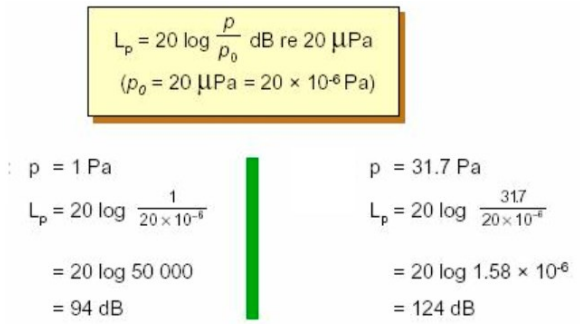
2.2. ábra A 2012-es ütemben zajtérképezett, évi 30 000 szerelvény áthaladásánál nagyobb forgalmat lebonyolító vasútvonalak

A közúti és a vasúti térképen is jól megkülönböztethetők a különböző színekkel jelölt, eltérő forgalomnagysággal rendelkező szakaszok. Az első zajtérképezési ütemben felmért és a második ütemben felülvizsgálandó, legnagyobb forgalommal jellemzett szakaszokat jelzi a piros szín. A többi (narancssárga, citromsárga, zöld és szürke) színnel jelölt szakaszok képezik az első ütemhez képest a vizsgálandó létesítmények körének bővülését.

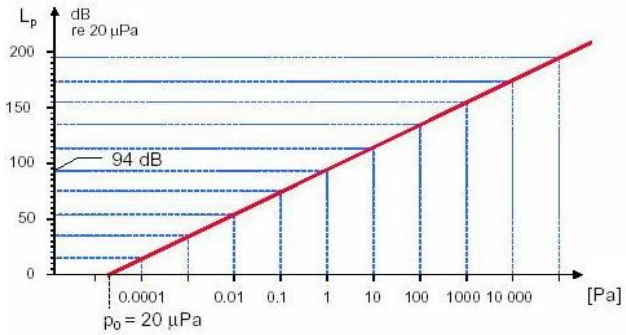
3 AKUSZTIKAI ALAPFOGALMAK

A stratégiai zajvédelmi intézkedési tervek az érintettek széles köre számára nyújthatnak hasznos információt. Célunk ezért, hogy a zajvédelem területén nem jártas érdeklődők számára is értelmezhető dokumentumok szülessenek. E célból jelen fejezetben röviden bemutatjuk az intézkedési tervek megértéshez elengedhetetlenül szükséges akusztikai alapfogalmakat.

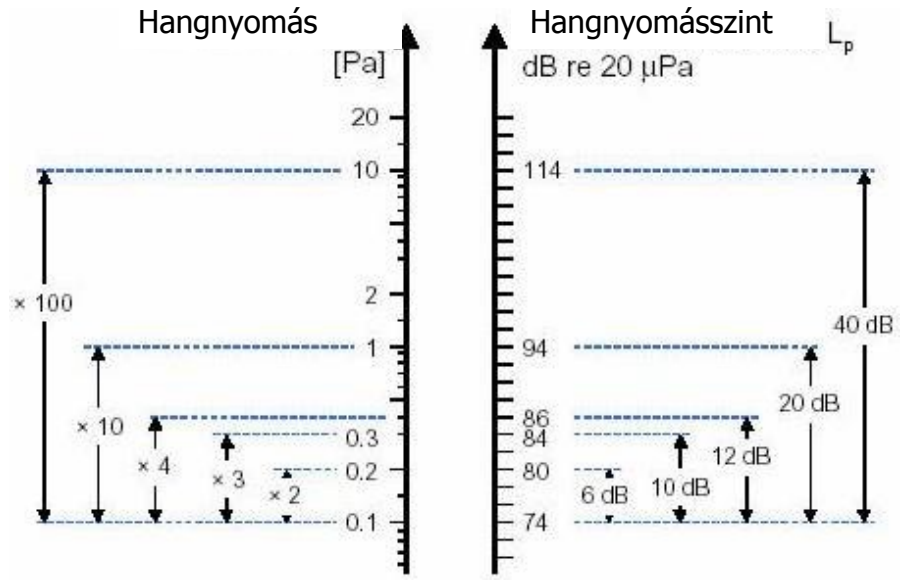
Hangnyomásnak nevezzük a hang okozta, a statikus légnyomáshoz hozzáadódó változó nyomást, Pa-ban kifejezve. A hangnyomásszint jele L, és a hangnyomás négyzetéből, valamint a p_0 = 20 μPa vonatkoztatási hangnyomás négyzetéből számított hányados 10-es alapú logaritmusa, $\log(p/p_0)^2$ dB-ben kifejezve. A Bel [B] helyett a deciBel [dB] használata 10-zel való szorzást jelent. A 2 értékű kitevőt a $10\log(p/p_0)^2$ elé kiemelve: $20\log(p/p_0)$. Ez a hangnyomásszint szokásos kifejezése (lásd 3.1. ábra – 3.3. ábra).



3.1. ábra A hangnyomás és a hangnyomásszint fogalma I.

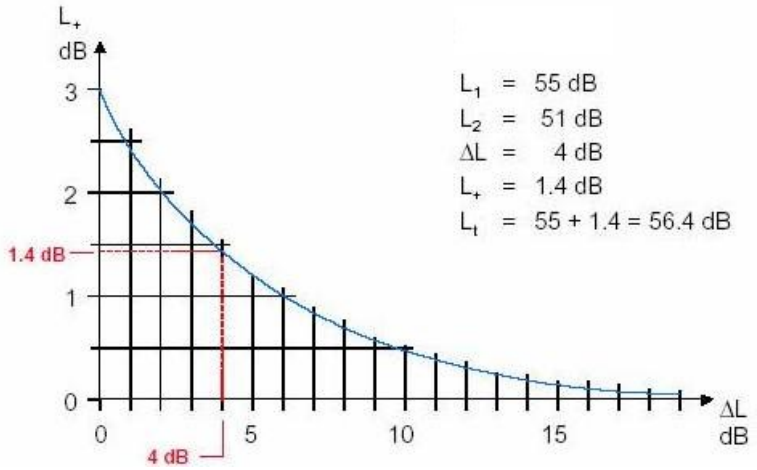


3.2. ábra A hangnyomás és a hangnyomásszint fogalma II.



3.3. ábra A hangnyomás és a hangnyomásszint fogalma III.

A hangnyomásszintek összeadódása a logaritmikus jelleg miatt eltér a szokásos összegezés módszerétől. Nagyon szemléletes és gyors az alábbi számoló ábra használata (3.4. ábra). A két összeadandó szint különbsége (ΔL) függvényében leolvasható a nagyobbik szinthez hozzáadandó korrekció. Amennyiben a két szint azonos, akkor a különbségük nulla, ekkor a legnagyobb értékű korrekció 3 dB (magyarázat: 10*log(10L/10+10L/10) = 10log(2*10L/10)=L+3 dB és a * a szorzás jele). Az ábra mutatja, hogy ha a különbség nagyobb, mint 10 dB, akkor a korrekció 0,5 dB érték alatt van, ez tehát azt jelenti, hogy a méréseknél a mérendő szintnél 10 dB-lel alacsonyabb környezeti zaj a mért eredményre már nincs gyakorlati befolyással.



3.4. ábra A hangnyomásszintek összeadása

A zaj jellemzésének az emberi halláshoz – emberi hangosságérzetekhez – való igazítását célozza az ún. A-szűrő bevezetése. Ennek értelmében az A-hangnyomásszint, L_A a zajmérő

műszer bekapcsolt A-súlyozószűrőjével meghatározott egyszám-adatos hangnyomásszint, illetve hangteljesítmény-szint.

A zaj hangnyomásszintje az idő függvényében váltakozik, így oly módon lehetséges egyösszehasonlítható zajjellemzőt meghatározni, ha az ún. megítélési időre vonatkoztatjuk a hangnyomásszintet. Ezen átlagolás eredménye az ún. egyenértékű hangnyomásszint: L_{eq} [dBA], amely az időben változó nyomásingadozásoknak, illetve hangnyomásszinteknek a megítélési időre vonatkoztatott integráltja. Ezt az értéket használjuk a környezeti zaj vizsgálatakor, megítélésekor, és ugyanilyen típusú (L_{eq}) mérőszámmal fejezhetők ki a határértékek és a küszöbértékek is.

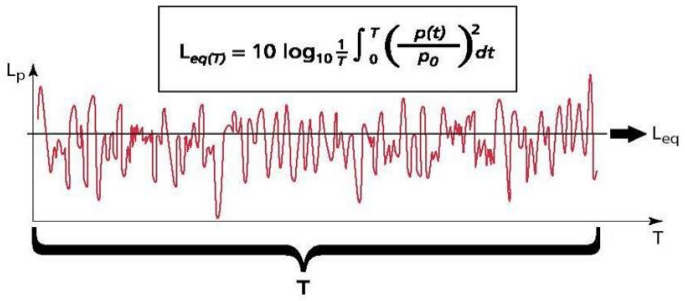
A fentiek nyomán bevezethető az egyenértékű A-hangnyomásszint, L_{Aeq} fogalma, amely annak a folyamatos, állandó A-hangnyomásszintnek az effektív értékét fejezi ki adott T időtartamra nézve (megítélési időtartam), amely azonos a vizsgált, időben változó zaj effektív értékével. Az így meghatározott mennyiséget nevezzük zajterhelésnek, amely zajjellemzőre a jogszabályban rögzített terhelési zajhatárértékek vonatkoznak. Az egyenértékű A-hangnyomásszint a következő képlettel határozható meg:

$$L_{Apeq,T} = 10\lg\left[\frac{1}{T}\int_0^T 10^{0,1L_p(t)}dt\right] = 10\lg\left[\frac{1}{T}\int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2}dt\right] \text{ dB} \qquad (1)$$

ahol:

L_{AeqT}	az egyenértékű A-hangnyomásszint a t_1-től t_2-ig tartó T megítélési időtartam alatt, dB-ben;
p_o	a vonatkoztatási hangnyomás, (20 μPa);
$p_A(t)$	a hangjel pillanatnyi A-hangnyomása.

Az egyenértékű A-hangnyomásszint fogalmát a 3.5. ábra szemlélteti:



3.5. ábra Az egyenértékű A-hangnyomásszint

Az egyenértékű szint fogalma természetesen súlyozatlan hangnyomásszintekre is értelmezhető.

4 KÖZLEKEDÉSI ZAJTERHELÉS

Városi környezetben a közlekedés az egyik legjelentősebb zajforrás; mértékét számos tényező befolyásolja a keletkezéstől a terjedésen keresztül a befogadóknál történő megjelenéséig. Jelen fejezetben ezeket a befolyásoló tényezőket tekintjük át.

4.1 KÖZLEKEDÉSI ZAJFORRÁSOK

A közlekedési zaj forrásai az egyes alágazatokban specifikusak. Jelen projekt céljának megfelelően a következőkben a közúti és a vasúti zajforrásokat tekintjük át.

A közúti gépjárművek okozta zajterhelés – azaz a közutak és környezetük zajterhelése – szempontjából az egyes járművek zajkibocsátása alapvetően az alábbi három részből tevődik össze:

- A hajtás zaja, más néven **működési vagy motorzaj**, amely több komponensből áll: a motorfelületről lesugárzott zajból, továbbá a kipufogó berendezés, a szívóberendezés, a segédberendezések, valamint az erőátvitel zajából. A működési zajteljesítményt elsősorban a motor zajteljesítménye határozza meg. A motorzaj a közúti járművek forgalma miatt kialakuló környezeti zajterhelés egyik meghatározó forrása.
- **Gördülési zaj**, amely a haladási sebesség logaritmusával arányos. A gördülési zaj a motorzaj mellett a közúti járművek másik olyan zajforrása, amely a környezeti zajterhelés alakulására döntő hatással van. A gördülés miatt kialakuló környezeti zajterhelés fontos sajátossága az említett logaritmikus sebességfüggés, aminek közvetlen következménye, hogy kb. 25 km/h haladási sebességig a gördülési zajnak a környezeti zajterheléshez adott járuléka nagyon alacsony a motorzaj járulékával összehasonlítva. Az említett sebességfüggés következtében azonban nagy haladási sebesség mellett a gördülési zaj meghatározó zajforrássá válik, így különösen a gyorsforgalmi utak esetében fontos összetevő.
- **Aerodinamikai zaj**, amelyen ebben az esetben a légáramlás által gerjesztett zajokat értjük. A légáramlás által keltett zajok csak nagyobb sebességnél mérvadóak az eredő zaj tekintetében. Az aerodinamikai zajokat az áramlásleválások és légörvények idézik elő. A pillanatnyi zajszint a haladási sebesség változásával az egyenes arányosságnál nagyobb növekményt mutat: körülbelül a sebesség négyzetével arányos.

A vasútüzem zajkibocsátásában az alábbi három fő összetevő játszik szerepet:

- a **gördülési zaj**, amely a közepes sebességek tartományában meghatározó zajforrás és egyben a hazai körülmények között a vasútüzem domináns zajforrása;
- a **gépzaj**, amely a vontatás és a segédüzem zajából tevődik össze, és amely az alacsony sebességek mellett domináns, valamint

- az **áramlási zaj**, amely nagysebességű haladáskor válik meghatározóvá.

A gördülési zajra döntő befolyással van a sín és a kerék érintkező felületének a geometriája. A kialakuló gerjesztés intenzitását és spektrumát, és ezen keresztül az akusztikai teljesítményt és az akusztikai spektrumot egyaránt befolyásolja a kerék alakjának körtől való eltérése és a sín hullámossága, de a felületek mikrostruktúrája és szilárdságtani jellemzői is szerepet kapnak. A sín gerjeszthetőségét és a rezgésbe jött sín lesugárzási jellemzőit az alépítmény rendszere és állapota egyaránt lényegesen befolyásolja.

A sínhézagok miatti impulzusos zaj kifejezett panaszforrás lehet, a korszerű hegesztett sínkötés széleskörű elterjedésével azonban ez a fajta zajforrás eltűnőben van.

A szerelvény zajszempontból helyes konstrukciós kialakítása elsősorban a fékezés miatti zajösszetevőt mérsékli, de a rezgő felületek esetében a gerjesztés és a lesugárzási hatásfok rontásával is jelentősen mérsékelhető a környezetbe jutó akusztikai teljesítmény.

4.2 A ZAJ TERJEDÉSE

A zaj terjedése során az akusztikai energia mindig egyre nagyobb felületen oszlik meg (geometriai csillapítás) és egyben a terjedés közegében fokozatosan hővé alakul (elnyelés). Amennyiben a terjedési úton akadályok is vannak (zajárnyékolást eredményező műtárgyak, épületek, terepalakulatok, növényzet), akkor ezek az akadályok további zajcsökkenést eredményeznek.

A fenti mechanizmusok a zajforrás jellegétől függetlenül mindig eredményeznek zajcsökkenést, a hatásmechanizmusok azonban frekvenciafüggőek, az atmoszférikus csillapítás esetén pedig a levegő állapotjellemzői is befolyásolják a csillapítást. Nagytávolságú terjedés esetén a zajszint csökkenése erősen frekvenciafüggő és a levegő nedvességtartalma is lényeges szerepet játszik a csillapítás mértékének az alakulásában. Figyelembe véve, hogy a hangsebesség hőmérsékletfüggő, továbbá, hogy a közeg áramlási sebessége (szél) is módosítja a terjedés irányát, nyilvánvaló, hogy nagytávolságú terjedés esetén a meteorológiai jellemzők alakulása akár döntően is befolyásolhatja a csillapítás helyfüggő alakulását.

Rövid távon a csillapítást a geometriai csillapítás, a talaj elnyelő hatása, vagy éppen ellenkezőleg, a hangot visszaverő jellege és a hangárnyékolást eredményező akadályok határozzák meg.

Az utak, vasutak mentén a növényzet zajterhelést mérséklő hatása csak több tíz méter mélységű és jelentős hosszúságú erdősáv esetében számottevő, egy fasor gyakorlatilag hatástalan.

A zajárnyékoló falak akkor hatásosak, ha megfelelő geometriai méretekkel rendelkeznek, elhelyezésük gondos elemzés alapján történt és a fal maga jelentős beiktatási csillapítással jellemezhető. A megfelelő beiktatási csillapítással rendelkező zajárnyékoló falak a jellemző

működésük szerint lehetnek elnyelő és visszaverő típusúak. A felhasználás egyéb körülményitől függ, hogy melyik típus alkalmazható eredményesen.

4.3 A KÖZÚTI ZAJ MÉRSÉKLÉSÉNEK MŰSZAKI LEHETŐSÉGEI

Jelen fejezetben a zaj mérséklésének aktív – a zajforrásra és annak közvetlen környezetére kiterjedő –, valamint passzív – az észlelőnél alkalmazható – megoldásait tekintjük át a közútra, illetve a vasútra vonatkozóan. Az alábbiakban vázolt műszaki lehetőségek elvi jellegűek. Az elvek gyakorlatba történő átültetését a zajvédelmi intézkedési tervek általános jellemzőit ismertető 6. fejezetben tárgyaljuk.

4.3.1 AKTÍV ZAJCSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGEK

KÖZÚT

A közúti közlekedési zaj mérséklése lehetséges a gépjárművek szerkezetének vagy üzemeltetésének módosításával, forgalomszabályozási eszközökkel, valamint a gördülési zaj mérséklésével a burkolat tulajdonságainak megváltoztatása által.

A gépjárművek szerkezetét illetően elmondható, hogy esetenként azonos típusú gépjárművek között is tapasztalhatók eltérések a gyártási, illetve összeszerelési körülmények közötti különbségek nyomán. Ezért a zajkibocsátás mértéke már a gyártási szakaszban, az említett folyamatok precizitásának fejlesztésével mérsékelhető. A szerkezetet érintő beavatkozások esetében pedig a gerjesztő hatások elkerülése jelenti a leghatásosabb módot a zajcsökkentésre.

A gördülési zaj mértéke összefügg a sebességgel, ugyanakkor a gumiabroncs rezgésgerjesztésének csökkentésére a sebesség mérséklése mellett egyéb megoldások is szóba jöhetnek:

- a gumiabroncs-szélesség csökkentése,
- a kerékátmérő növelése,
- lágyabb gumikeverékek alkalmazása, valamint
- a gumiabroncs megtöltése folyékony vagy szilárd csillapító anyaggal.

A gördülési zaj tovább mérsékelhető az útburkolat felületének optimális kialakításával, például, ún. *drain* bevonatok alkalmazásával, illetve alacsonyzajú porózus útburkolatok használatával

A közúti eredetű zaj csökkentése forgalomszervezési-szabályozási eszközökkel is lehetséges, ilyen megoldások az alábbiak:

- a közúti forgalom (bizonyos járműfajták) sebességének korlátozása,

- a közúti forgalom nagyságának, volumenének korlátozása, bizonyos gépjárművek (pl. nagy tehergépjárművek) áthaladásának megtiltása, a forgalom elterelése,
- a jelzőlámpák összehangolt szabályozása, forgalomtól függő szabályozás, a jelzőlámpák éjszakai kikapcsolása (villogó sárgára állítása),
- a különböző sebességű gépjárművek részére külön forgalmi sáv kijelölése, továbbá
- a sebességváltozást szükségessé tevő okok, forgalmi akadályok előjelzése.

A gépjárművek üzemeltetését illetően fontos kiemelni a vezetési stílust: a kisebb fordulatszámon való üzemelés – a sportos vezetési stílussal együtt járó erős gyorsítások és hirtelen fékezések mellőzése – előnyösebb a zajterhelés szempontjából. A gépjármű-vezetéshez kapcsolódó egyéb közösségi normák tiszteletben tartása – például a fölösleges kürt használat az ajtók hangos becsapásának mellőzése – szintén hozzájárul a zavaró hanghatások mérsékléséhez.

VASÚT

A vasút tekintetében az aktív zajcsökkentési megoldások a járműre és a pályaszerkezetre koncentrálódnak.

A vasúti zaj egyrészt a sín és a kerék érdességének csökkentésével mérsékelhető. Erre az alábbi – zömmel a fékeket érintő – megoldások alkalmasak:

- síncsiszolás a sín elhasználódásának függvényében,
- a gördülőállomány korszerűsítése korszerű blokk-fékek, pl. kompozit anyagú fékpofák és szerkezetek alkalmazásával,
- tárcsafékek alkalmazása a kerék futófelülete és a fékpofa közötti kölcsönhatás elkerülésére.

A kerekek árnyékolását, a felfüggesztés optimalizálását illetően az alábbi módszerek alkalmazása lehetséges:

- rezgéscsillapítás hangolt lengéscsillapítók segítségével,
- a kerékátmérő csökkentése,
- a keresztmetszet optimalizált kialakítása a kerekeknél az axiális elmozdulás csökkentésére,
- az alacsony frekvenciás zajkibocsátás mérséklése kilyuggatott keréktárcsa alkalmazásával,
- forgózsámoly-takarás az új és felújított kocsikon, illetve ennek kombinálása az alacsony profilú zajárnyékoló falakkal,

- városi közúti vasút esetében a forgózsámoly árnyékolása és elnyelő anyag használata a jármű alsó felületein,
- gumirugó alkalmazása a kerék futófelülete és a keréktárcsa között a zajkibocsátás és a kerék elhasználódásának mérséklése érdekében.

A vontatási és az aerodinamikai zaj járműfejlesztéssel mérsékelhető.

A vasúti jármű mellett a pálya kialakításának optimalizálása is megoldást jelenthet:

- lágy réteg alkalmazása a talpfáknál és az alépítmény csillapításának javítása a testhang csökkentése érdekében (a léghang a rezgő sín miatt növekszik),
- csillapítók és elnyelők alkalmazása a síntalp és a talpfa között, valamint
- a sín formájának átalakítása kisebb síntalp és vágánycsillapítás alkalmazásával.

Vágánytípusok tekintetében az alábbiak javasoltak:

- a táblás, paneles alépítmények elkerülése, illetve
- városi közúti vasút esetében a keresztaljas, vagy zöldnövénnyel és humusszal rendelkező vágányok alkalmazása.

További megoldást jelent a sebességkorlátozás, amely azonban a forgalom lebonyolításának hatékonyságát, illetve a szolgáltatási színvonalat is csökkenti.

4.3.2 PASSZÍV ZAJCSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGEK

ZAJCSÖKKENTÉS TERJEDÉS KÖZBEN

A hang terjedésének fizikai jellemzői miatt a zajterhelés mértéke a zajforrás és a védendő létesítmény közötti távolság növelésével, ún. védőtávolság alkalmazásával is mérsékelhető. Erre azonban csak speciális helyszínrajzi adottságok esetén van lehetőség: sűrűn beépített városokban csak nagyon ritkán alkalmazható.

A leggyakrabban alkalmazott módszerek közé tartozik a zajárnyékoló falak használata. A szokásos zajforrás-észlelő elrendezés esetén a fal mögött levő észlelőhöz nagyrészt csak a zajárnyékoló fal felső élét és a végeit megkerülve jut el a zaj. A zajárnyékoló fal a mérhető akusztikai hatás mellett szubjektív módon is befolyásolja a zaj pszichológiai hatását azzal, hogy eltakarja a zajforrást az észlelő számára. Ugyanakkor ezzel a pozitív hatással ellentétes a zajárnyékoló falak általános kedvezőtlen esztétikai megítélése. Utóbbin a falak tájba illesztett, illetve építészeti szempontokat figyelembe vevő kialakításával lehet segíteni.

A zajárnyékoló falak csak megfelelő műszaki tervezés esetén működnek hatásosan. A – szabványokban is rögzített – akusztikai elvárások teljesítésén túl széles körű tervezési követelményeknek kell eleget tenni, ezért figyelembe kell venni többek között statikai, állékonysági, közlekedésbiztonsági (szabad kilátás csomópontokban, kijáratok), karbantartási és tájesztétikai szempontokat is. A korábbiaktól eltérő tervezési körülményként jelentkezik a

magasabb felépítésű nehéz tehergépjárművek nagy sebességű közlekedése, amely a zajárnyékoló fal feletti tartományban többlet zajhatást kelt.

Szintén elterjedt megoldás a zajárnyékoló töltések, illetve bevágások alkalmazása. A töltések a zajárnyékoló falhoz hasonlóan fejtik ki hatásukat azzal a különbséggel, hogy a földtöltések számára előírt rézsűs megvalósítás miatt a szélességi méretük igen jelentős. A kétszeres hullámelhajlás miatt a töltések akusztikai hatása ugyanolyan magassági méret esetén kedvezőbb, mint a zajárnyékoló falaké. A bevágások a zajárnyékoló falakhoz hasonlóan működnek, de az adott zajcsillapítás eléréséhez szükséges magassági méret a bevágásra jellemző geometria figyelembevételével számítható.

Zajárnyékolás céljából növényzet is alkalmazható, az ily módon elérhető csillapítás nagysága azonban függ a növényzet fajtájától, a telepítéstől, a sűrűségtől, az évszaktól, a zaj spektrumától és egyéb tényezőktől, ezért az irodalomban közzétett mérési adatok nagymértékű szórást mutatnak. A növényzettel elérhető zajcsökkentés általában kisebb a feltételezett értékeknél, és csak széles, tömör, sűrű lombozatú, aljnövényzettel is rendelkező erdősávval lehet jól kimutatható nagyságú (5–10 dBA) többletcsillapítást elérni. Az örökzöld növényzet kivételével a lombtalan állapothoz jelentős mértékben lecsökkent zajcsillapítási érték tartozik. Ugyanakkor a növényzettel történő zajárnyékolás jelentős pszichológiai hatást fejt ki: a zajforrás eltakarásán túl természetes, megnyugtató látványt nyújt.

A felsorolt általános módszereken túl egyéb lehetőségek is alkalmazhatók. A zaj terjedésének mérséklésére az épületek is felhasználhatók, ezért megoldást jelenthet a lakóépület és a zajforrás (közút, vasút) közé semleges funkciójú épületet (pl. garázst, üzletet) telepíteni.

ZAJCSÖKKENTÉS AZ ÉSZLELŐNÉL

Amennyiben a zaj mérséklésére nézve a felsoroltak nem jelentenek megoldást, lehetőség van passzív zajvédelmi módszer alkalmazására: az épületek homlokzati hanggátlásának jelentős mértékű növelése biztosítja a belső téri határértékek teljesítését.

Azonban a jogszabályban meghatározott stratégiai küszöbértékek kültéri zajszintre vonatkoznak – azaz a stratégiai tervezés a beltéri zajszinteket közvetlenül nem veszi számításba –, továbbá a 25/2004. (XII.20.) KvVM rendelet. 10. §-a sem említi a figyelembe veendő intézkedések között, ennek megfelelően az infrastrukturális megközelítéssel készült intézkedési terv keretében a passzív zajvédelmet nem tudjuk figyelembe venni.

5 A STRATÉGIAI ZAJTÉRKÉPEK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

A feladatban érintett közúti és vasúti szakaszokra vonatkozó zajvédelmi intézkedési tervek az adott szakaszra korábban elkészített stratégiai zajtérképekhez kapcsolódóan készíthetőek el, ezért röviden áttekintjük azok jellemzőit.

Az előállított zajtérképek a vonatkozó jogszabályoknak megfelelően készültek el, így azok mindenben megfelelnek *a stratégiai zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól* szóló 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendeletnek. A számítás módszerének leírása a Műszaki dokumentációban található.

A jogszabályi követelményeknek megfelelően a zajtérképeket az alábbi forráscsoportokra készítettük el:

- közúti közlekedés okozta zajterhelés
- vasúti közlekedés okozta zajterhelés

A zajterhelést bemutató térképek a következő jellemzőkre vonatkozóan készültek el (a hivatkozott rendelet 3. sz. mellékletében foglaltaknak megfelelően)

- az L_{den} napi zajjellemzőre, illetve
- az $L_{éjjel}$ zajjellemzőre.

Az L_{den} decibelben (dB) mért értékét a következő összefüggéssel kell meghatározni:

$$L_{den} = 10 * \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{napköz}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{este}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{éjjel}+10}{10}} \right) \quad (2)$$

ahol:

- az $L_{napköz}$ az MSZ ISO 1996-2 szerinti, az egy év összes napközbeni (6:00 és 18:00 óra közötti) időszakaira meghatározott hosszú idejű átlagos A-hangnyomásszint;
- az L_{este} az MSZ ISO 1996-2 szerinti, az egy év összes esti (18:00 és 22:00 óra közötti) időszakára meghatározott hosszú idejű átlagos A-hangnyomásszint;
- az $L_{éjjel}$ az MSZ ISO 1996-2 szerinti, az egy év összes éjszakai (22:00 és 6:00 óra közötti) időszakaira meghatározott hosszú idejű átlagos A-hangnyomásszint.

A hazai jogszabály úgynevezett „**küszöbértékeket**” definiál, amelyekhez viszonyítottan kell megítélni a jelenlegi zajállapotot. Közlekedési zajforrás esetén az alábbi küszöbértékeket kell figyelembe vennünk:

- L_{den} = 63 dB,
- $L_{éjjel}$ = 55 dB.

Mindezek alapján zajforrás-csoportonként és zajjellemzőkként el kellett készíteni az ún. konflitustérképeket is, amik a zajterhelés küszöbértékekhez való viszonyát mutatják be. Így

mind a közúti, mind a vasúti közlekedésre vonatkozóan az alábbi 4 típusú zajtérkép készült el:

Elkészült zajtérképek a nagyforgalmú közutak esetében:

- A közúti közlekedés okozta zajterhelés az L_{den} mutatóra
- A közúti közlekedés okozta zajterhelés az $L_{éjjel}$ mutatóra
- A közúti közlekedés okozta konfliktushelyzetek bemutatása az L_{den} mutatóra
- A közúti közlekedés okozta konfliktushelyzetek bemutatása az $L_{éjjel}$ mutatóra

Elkészült zajtérképek a nagyforgalmú vasutak esetében:

- A vasúti közlekedés okozta zajterhelés az L_{den} mutatóra
- A vasúti közlekedés okozta zajterhelés az $L_{éjjel}$ mutatóra
- A vasúti közlekedés okozta konfliktushelyzetek bemutatása az L_{den} mutatóra
- A vasúti közlekedés okozta konfliktushelyzetek bemutatása az $L_{éjjel}$ mutatóra

A zajszintek térképeken történő megjelenítése (a 280/2004. Korm. rendelet 1. sz. mellékletében előírtaknak megfelelően):

- A zajjellemzők zajterhelési zajtérképen történő bemutatása különböző színű, 5 dB-es zajszintgörbék alkalmazásával történt.
- A stratégiai küszöbértékek túllépése mértékének megadása a konfliktustérképen különböző színű, 5 dB-es vagy ennél nagyobb felbontású zajszintgörbék megadásával történt.

*A zajszintgörbék által határolt sávok megjelenítésére alkalmazott színskála a **zajterhelési térképek** esetében:*

- **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**

*Alkalmazott színskála a **konfliktustérképek** esetében:*

- **Nincs konfliktus** (a terhelés nem éri el a küszöbértéket): ***fehér***
- Túllépés **0-5 dB:** ***sárga***
- Túllépés **5-10 dB:** ***narancssárga***
- Túllépés**> 10 dB**: ***piros***

A zajterhelési- és konfliktustérképeken a jelmagyarázatban feltüntetett színkód szerint megkülönböztettük a védendő intézményeket (külön színnel jelölve az iskolákat, óvodákat és egészségügyi intézményeket), a lakó- és egyéb épületeket.

6 A STRATÉGIAI ZAJVÉDELMI INTÉZKEDÉSI TERVEK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

6.1 A ZAJCSÖKKENTÉSI INTÉZKEDÉSI TERV SZÜKSÉGESSÉGE ÉS TARTALMA

A *280/2004. (X. 20.) Korm. rendelet* szerinti konfliktusos területek azok a területek, ahol a számított zajterhelés meghaladja a stratégiai küszöbértéket. A stratégiai küszöbértéknek való megfelelőség a stratégiai zajtérképezés során feltárt zajhelyzet alapján dönthető el. A jogszabály **szerint a stratégiai zajtérképezés során feltárt konfliktusos területre kell intézkedési tervet készíteni**.

Az intézkedési terv tartalmát és realizálásának időintervallumát a zajterhelés stratégiai küszöbértékekhez való viszonya határozza meg. A 280/2004. (X. 20.) Korm. rendelet 9. § (3)-(5) bekezdései alapján az intézkedési terv és a stratégiai küszöbérték viszonya 6.1. táblázat szerint foglalható össze.

6.1. táblázat Az intézkedési tervek tartalma és végrehajtásának időintervalluma a konfliktus mértéke szerint

Konfliktus mértéke	Intézkedési terv tartalma, a végrehajtás időintervalluma
nincs túllépés: **L_{den} <= 63 dB** **$L_{éjjel}$ <= 55 dB**	Az intézkedési tervben kell meghatározni azokat a zajcsökkentési vagy más, a zaj elleni védelmet célzó műszaki, szervezési, településrendezési megoldásokat és egyéb intézkedéseket (például hatósági eljárás kezdeményezését), amelyekkel megakadályozható a zaj növekedése az önkormányzat által kijelölt csendes területeken, a zajtól védendő vagy védelemre szánt területeken.
<10 dB túllépés: **63dB <L_{den} <= 73 dB** **55 dB <$L_{éjjel}$ <= 65 dB**	Az intézkedési tervben 10 évnél nem hosszabb határidőt tartalmazó és zajcsökkentési vagy más, a zaj elleni védelmet célzó műszaki, szervezési, településrendezési megoldásokat és egyéb intézkedéseket rangsorolva kell meghatározni a zajtól védendő vagy védelemre szánt területeken.
>10 dB túllépés **L_{den} > 73 dB** **$L_{éjjel}$ > 65 dB**	Az intézkedési tervben 5 évnél nem hosszabb határidőt tartalmazó zajcsökkentési vagy más, a zaj elleni védelmet célzó műszaki, szervezési, településrendezési megoldásokat és egyéb intézkedéseket kell rangsorolva meghatározni a zajtól védendő vagy védelemre szánt területeken.

6.2 ZAJCSÖKKENTÉSI INTÉZKEDÉSEK

Az intézkedési tervek készítésének 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendeletben meghatározott szabályai szerint a lehetséges **zajcsökkentési intézkedések** az alábbi hat csoportba sorolhatók:

- forgalomtervezés,
- területhasználati tervezés,
- műszaki intézkedések a zajforrásoknál,
- csendesebb zajforrások kiválasztása,

- a zaj csökkentése terjedés közben,
- szabályozási vagy gazdasági intézkedések, ösztönzők.

A 25/2004. (XII. 20.) KvVM rendelet szerint a közúti közlekedés esetén az alábbi intézkedések javasoltak:

- A forgalomsűrűség csökkentése, amely megvalósítható az átmenő forgalom csökkentésével (elterelésével), vagy a (helyi vagy helyközi) közösségi közlekedési hálózat újraszervezésével. Utóbbi esetében fontos a valós utazási igényekhez igazodó hálózat és menetrend kialakítása és fenntartása, hogy az intézkedés valóban elérje hatását, azaz a zajterhelés csökkenését.
- A nehézgépjárművek részarányának csökkentése: ugyancsak elérhető a kívánt hatás a nehézjárművek forgalomátterelésével, vagy időszakos kitiltásával, korlátozásával.
- Sebességkorlátozás, forgalomcsillapítás: egyedileg javasolt forgalomcsillapított, vagy sebességkorlátozott (pl. 30 km/h-s) zónák kijelölésével, vagy az út vonalvezetésének áttervezésével szintén csökkenthető a zajterhelés.
- A járműpark felújítása: a nagyforgalmú utakon nem helyi, önkormányzati döntés kérdése a járműpark összetétele. A korszerű tömegközlekedési járművek beszerzése elsősorban nem a kis zajhatásuk miatt történik, a zajterhelés csökkentéshez való hozzájárulásuk igen kicsi. A járműpark felújításának zajhatása a stratégiai zajtérképezés eszközeivel közvetlenül nem becsülhető, mivel a becslés a számítási módszer állandóinak a megváltoztatását igényli.
- Az útburkolat cseréje: az útburkolat cseréjétől belterületen akusztikai szempontból csak az út teljes keresztmetszetére kiterjedő folytonossági hiányok esetében várható értékelhető mértékű zajterhelés csökkenés, egyéb esetekben a zajterhelés változás a stratégiai zajtérképezés eszközeivel nem mutatható ki. Ez alól kivételt képez a kifejezetten hangelnyelő típusú útburkolat, amelynek az alkalmazása az alacsony belterületi megengedett haladási sebesség mellett csak kismértékű zajszintcsökkenést eredményez a költségek jelentős megnövekedése árán, ezért az alkalmazása nem javasolható.

A jogszabályban megjelenő, fent részletezett intézkedések

- Budapestre és vonzáskörzetére,
- a 100 000-nél nagyobb lélekszámú városok közigazgatási területén belül a fő és egyéb közlekedési létesítményekre, illetve az üzemi létesítményekre, valamint
- a fő közlekedési létesítményekre vonatkoznak.

Jelen dokumentum azokat az intézkedési terveket mutatja be, amelyek a fő közlekedési létesítményekre vonatkozóan készültek. Ezekre jellemző, hogy az egyes települések átkelési

szakaszait foglalják magukban, és nem hálózatcentrikus jellegűek. Ezen okból kifolyólag a forgalomsűrűség csökkentése, a nehézgépjárművek részarányának csökkentése és a járműpark felújítása, mint lehetséges intézkedések jelen feladat keretei között nem kerültek figyelembevételre. A sebességkorlátozás mint intézkedés hatásainak feltárása szintén településszintű részletes vizsgálatot igényelne, amire jelen projekt nem terjedt ki. Mindezekből következően a közúti közlekedés forgalomtervezési intézkedései közül csupán az elkerülő út lehetőségét vizsgáltuk.

A zajcsökkentési intézkedéseknek a vonalas létesítmények stratégiai zajtérképezési sajátosságai szerinti adaptációját az alábbiakban (6.2. táblázat – 6.4. táblázat) foglaltuk össze. Ezen alapelvekből kiindulva, az adott út-, illetve vasútszakasz sajátosságait is figyelembe véve választhatjuk meg a rövid- és hosszú távon javasolt zajvédelmi intézkedéseket.

6.2. táblázat Zajcsökkentési intézkedések – közúti közlekedés (nem gyorsforgalmi utak)

Lehetséges zajcsökkentési megoldások az intézkedési tervben	A zajcsökkentési megoldás adaptálása a vonalas létesítmény stratégiai zajtérképezése sajátosságainak a figyelembevételével	A zajcsökkentéssel érintett lakosszám
Forgalomtervezés - elkerülő út létesítése	Az elkerülő út létrehozásával megvalósuló zajterhelés csökkenés a település belső forgalma és a korábbi áthaladó forgalom arányától függ. Jellemző, hogy a megyeszékhelyeken lévő utak átkelési szakaszain az elkerülő út forgalomba helyezését követően is megmarad egy nagyobb arányú belső forgalom, ezért a forgalom, és egyben a zajterhelés is csak mérsékelten csökken. Ilyen esetekben a magas költségek miatt nem indokolt a zajcsökkentés céljával létesített elkerülő út (a települést elkerülő út lényegesen hosszabb, mint a konfliktusos átkelési szakasz). Ezzel szemben a kis belső forgalommal jellemezhető kisebb települések esetén, ahol nagy az átmenő forgalom (és ezen belül magas a nehézjárművek részaránya), az elkerülő út forgalomba állítása jelentősen csökkenteni fogja a települési forgalmat, így a zajterhelést is.	A zajtérképezett útszakasz térségében kimutatott teljes lakosszám.

Területhasználat-tervezés[1]	Általában javasolható, hogy a kül- és belterületi nagyforgalmú utak környezetében **védőtávolság kerüljön kijelölésre, amelyen belül nem kerül sor olyan területté történő átminősítésre, melyre zajvédelmi határérték vonatkozik.** Ezen kívül a domborzat és az épületek árnyékoló hatásának kihasználása, az épületek védendő homlokzatának tájolása, a forgalomcsökkentés, valamint a városközpontok decentralizálása is megvalósítható.	---
Műszaki intézkedések a zajforrásoknál - az útburkolat cseréje	Hosszú távon, ha a burkolatcsere közlekedésbiztonsági megfontolások, illetve a közlekedési infrastruktúra állagmegóvása érdekében indokolt, akkor a zajhatás a fentiek szerint ugyan nem fog jelentősen javulni, azonban várható, hogy a burkolat leromlási folyamatának az időtartama meghaladja az intézkedési terv időtávlatát, amelynek során a kopóréteg akusztikai tulajdonságai végig kedvezőek maradnak.	A módosítással érintett zajtérképezett útszakasz térségében kimutatott lakosszám.
Csendesebb zajforrások kiválasztása és előnyben részesítése - a járműpark felújítása	A járműpark összetételének a zajemisszió csökkenésére kifejtett hatása az intézkedési terv időtartamán túlnyúló időtávlatban jut csak érvényre.	A zajtérképezett útszakasz térségében kimutatott teljes lakosszám.
A zaj csökkentése terjedés közben, passzív védelem	A zajárnyékoló létesítmények alkalmazhatósága belterületen igen korlátozott a létesítmény területszétválasztó, a normális életvitelt akadályozó hatása miatt, továbbá a létesítmény a településképet általában negatívan befolyásolja így az alkalmazása, általában nem jön számításba, kivéve az egyedi, speciális eseteket. A passzív védelem alkalmazására vonatkozóan elvi korlátozás nincs. Ugyanakkor a másodlagos védelemként a beltéri zaj csökkentésére irányuló passzív védelem egyedi jellege miatt azt nem vettük számításba az infrastrukturális megközelítéssel készült intézkedési terv keretében.	A módosítással érintett zajtérképezett útszakasz térségében, az útnak a zajárnyékolással ellátott oldalán kimutatott teljes lakosszám.
Szabályozási vagy gazdasági	A zajcsökkentés érdekében kialakított, a település egészét érintő, átfogó koncepció	A zajtérképezett útszakasz térségében kimutatott teljes

[1] A szükséges védőtávolságokat lásd az 1. sz. mellékletben

intézkedések, ösztönzők.	a fragmentált úthálózatra (kiragadott útszakaszok) vonatkozó stratégiai zajtérképekre alapozva nem dolgozható ki.	lakosszám.

6.3. táblázat Zajcsökkentési intézkedések – közúti közlekedés (gyorsforgalmi utak)

Lehetséges zajcsökkentési megoldások az intézkedési tervben	A zajcsökkentési megoldás adaptálása a vonalas létesítmény stratégiai zajtérképezése sajátosságainak a figyelembevételével	A zajcsökkentéssel érintett lakosszám
Forgalomtervezés - a forgalomsűrűség csökkentése - sebességkorlátozás, forgalomcsillapítás - a nehézjárművek részarányának csökkentése	A **sebességkorlátozás** gyorsforgalmi utak esetében a szolgáltatási színvonal indokolatlan mértékű csökkenését jelentené, ezért **nem javasolt megoldás.** A gyorsforgalmi utak alapvetően a települések elkerülésével valósultak meg, **elkerülő út létesítése** ez esetben tehát **nem merül fel zajcsökkentési megoldásként.**	A zajtérképezett útszakasz térségében kimutatott teljes lakosságszám.
Területhasználat-tervezés[2]	Általában javasolható, hogy a kül- és belterületi nagyforgalmú utak környezetében **védőtávolság kerüljön kijelölésre, amelyen belül nem kerül sor olyan területté történő átminősítésre, melyre zajvédelmi határérték vonatkozik.** Ezen kívül a domborzat és az épületek árnyékoló hatásának kihasználása, az épületek védendő homlokzatának tájolása, a forgalomcsökkentés, valamint a városközpontok decentralizálása is megvalósítható.	---
Műszaki intézkedések a zajforrásoknál - az útburkolat cseréje	A gyorsforgalmi utak esetében a burkolat közbiztonsági szempontok miatt kiváló állapotban van, a kopóréteg akusztikai tulajdonságai reálisan megvalósítható beavatkozással érdemben nem javíthatóak.	A módosítással érintett zajtérképezett útszakasz térségében kimutatott lakosszám.
Csendesebb zajforrások kiválasztása és előnyben részesítése - a járműpark felújítása	A nagyforgalmú utakon nem helyi, önkormányzati döntés kérdése a járműpark összetétele. A korszerű tömegközlekedési járművek beszerzése elsősorban nem a kis zajhatásuk miatt történik, a zajterheléshez adott (csökkentett) járulékuk igen kicsi. A járműpark felújításának zajhatása a stratégiai zajtérképezés eszközeivel közvetlenül nem becsülhető, mivel a becslés a számítási módszer állandóinak a megváltoztatását igényli. A járműpark összetételének a zajemisszió	A zajtérképezett útszakasz térségében kimutatott teljes lakosszám.

[2] A szükséges védőtávolságokat lásd az 1. sz. mellékletben

	csökkenésére kifejtett hatása az intézkedési terv időtartamán túlnyúló időtávlatban jut csak érvényre.	
A zaj csökkentése terjedés közben, passzív védelem	A zajárnyékoló létesítmények alkalmazhatósága gyorsforgalmi utak mentén hatékony, javasolható zajcsökkentési megoldás. A passzív védelem alkalmazására elvi korlátozás nincs. Ugyanakkor a másodlagos védelemként a beltéri zaj csökkentésére irányuló passzív védelem egyedi jellege miatt azt nem vettük számításba az infrastrukturális megközelítéssel készült intézkedési terv keretében.	A módosítással érintett zajtérképezett útszakasz térségében, az útnak a zajárnyékolással ellátott oldalán kimutatott teljes lakosszám.
Szabályozási vagy gazdasági intézkedések, ösztönzők.	A zajcsökkentés érdekében kialakított, a település egészét érintő, átfogó koncepció a fragmentált úthálózatra (kiragadott útszakaszok) vonatkozó stratégiai zajtérképekre alapozva nem dolgozható ki.	A zajtérképezett útszakasz térségében kimutatott teljes lakosszám.

6.4. táblázat Zajcsökkentési intézkedések - vasúti közlekedés

Lehetséges zajcsökkentési megoldások az intézkedési tervben	A zajcsökkentési megoldás adaptálása a vonalas létesítmény stratégiai zajtérképezése sajátosságainak a figyelembevételével	A zajcsökkentéssel érintett lakosszám
Forgalomtervezés - sebességkorlátozás - forgalomátirányítás	A vasúti forgalomban csak egészen kivételes esetben fogadható el a zajcsökkentési célú sebességkorlátozás. A szolgáltatási színvonal ugyanis nagymértékben összefügg (több más elem mellett) az eljutási idővel. A beruházások jelentős hányada éppen annak érdekében valósul meg, hogy az eljutási idő az adott viszonylaton csökkenjen. A fenti szempontok átbocsátási kapacitáshiányos vonalakon még nagyobb hangsúlyt kapnak. Alternatív útvonal hiányában forgalomátirányítás Budapest térségében nem tervezhető.	A módosítással érintett és zajtérképezett vonalszakasz térségében kimutatott teljes lakosszám.
Területhasználat-tervezés[3]	Általában javasolható, hogy a kül- és belterületi nagyforgalmú vasutak környezetében **védőtávolság kerüljön kijelölésre, amelyen belül nem kerül sor olyan területté történő átminősítésre, melyre zajvédelmi határérték vonatkozik.** Ezen kívül a domborzat és az épületek árnyékoló hatásának kihasználása, az épületek védendő homlokzatának tájolása, a forgalomcsökkentés, valamint a városközpontok decentralizálása is megvalósítható.	---
Műszaki intézkedések a zajforrásoknál - a sín és a kerék érdességének csökkentése, - a pálya optimalizálása, alépítmények megválasztása, - a pálya állapotának javítása, sínköszörülés, - műanyag féktuskók alkalmazása, - az acél hídszerkezeteken hangelnyelők, beágyazott sínek,	A vasútüzemben a pályafenntartás / karbantartás elsődleges célja a biztonságos és folyamatos üzemvitel biztosítása és a szolgáltatási színvonal fenntartása /javítása, aminek járulékos hatása egyebek között a kisebb zajemisszió. A műszaki intézkedések zajemisszió csökkentő hatása a stratégiai zajtérképezés eszközeivel közvetlenül nem becsülhető, mivel a becslés a számítási módszer megváltoztatását igényli.	A módosítással érintett és zajtérképezett vonalszakasz térségében kimutatott lakosszám.

[3] A szükséges védőtávolságokat lásd az 1. sz. mellékletben

alkalmazása, ill. burkolt hidak alkalmazása		
Csendesebb zajforrások kiválasztása és előnyben részesítése - járműállomány fejlesztése, aerodinamikai zaj csökkentése	A vasúti közlekedési beruházások egyik célja a szolgáltatási színvonal javítása. Számos vasúti beruházás esetében a szolgáltatási színvonal javítása a technológiai színvonal emelésével történik, aminek járulékos hatása egyebek között a kisebb zajemisszió. A fordított eset nem fordul elő (zajcsökkentési célú gördülőállomány fejlesztés, aminek járulékos hatása a szolgáltatási színvonal javulása). A járműpark felújításának zajhatása a stratégiai zajtérképezés eszközeivel közvetlenül nem becsülhető, mivel a becslés a számítási módszer állandóinak a megváltoztatását igényli.	A zajtérképezett vonalszakasz térségében kimutatott teljes lakosszám.
***A* zaj csökkentése terjedés közben, passzív védelem**	A zajárnyékoló létesítmények és a passzív védelem alkalmazására elvi korlátozás nincs. Ugyanakkor a másodlagos védelemként a beltéri zaj csökkentésére irányuló passzív védelem egyedi jellege miatt azt nem vettük számításba az infrastrukturális megközelítéssel készült intézkedési terv keretében.	A módosítással érintett és zajtérképezett vonalszakasz térségében, a vonalnak a zajárnyékolással ellátott oldalán kimutatott teljes lakosszám.
Szabályozási vagy gazdasági intézkedések, ösztönzők	A zajcsökkentés érdekében kialakított, átfogó koncepció a fragmentált vasút hálózatra (kiragadott vonalszakaszok) vonatkozó stratégiai zajtérképekre alapozva nem dolgozható ki.	A zajtérképezett vonalszakasz térségében kimutatott teljes lakosszám.

6.3 ZAJCSÖKKENTÉSI INTÉZKEDÉSEK RANGSOROLÁSA

Amennyiben egy adott település/gyorforgalmi út esetében több zajvédelmi intézkedést is javasolunk, az intézkedések rangsorolása **költség-haszon elemzés** alapján történik. Az intézkedések költség-haszon elemzése során a stratégiai zajtérképezés keretében rendelkezésre álló adatok felhasználásával egy olyan mutatószámot képezünk, amelyben a keletkezett „haszon” arányos a zajhelyzet javulásával érintett lakosszámmal.

A költség-haszon arány tehát a zajhelyzet javulásával érintett lakosszámra vetített fajlagos költséggel jellemezhető. A stratégiai zajtérképezés keretei között vizsgált szakasz-hosszak és érintettség mellett az externáliák internalizására vonatkozó becslés egyrészt bizonytalan, másrészt a közvetlen költségekhez képest kevés járulékot képviselnek, ezért a továbbiakban ezek alakulását nem elemezzük.

Az intézkedések költséghatékonyságát az adott költséggel elérhető becsült zajterhelés csökkenés és az érintett lakosszám jellemzi. Ennek megfelelően, a stratégiai zajtérképezés keretei között képezhető az intézkedéshez rendelt zajvédelmi hatékonyság index, amelynek magasabb értékéhez kedvezőbb költség-haszon arány tartozik, azaz ugyanakkora költséggel több ember részesül zajcsökkentésben és/vagy nagyobb a zajcsökkentés mértéke.

Az intézkedési terv tartalmazza az alábbi táblázatot, amelyben a jelzett mutatószámok is szerepelnek:

6.5. táblázat Költség-haszon mutatószámok

Intézkedés	Érintett útszakasz/ intézmény	Zajcsökkentéssel érintett lakosszám (I) [fő]	Költség (k) [mFt]	Becsült zajemisszió csökkenés (ΔL) [dB]	Költség lakosszám [mFt/fő]	Előrebecsült zajvédelmi hatékonyság index: $\frac{\Delta L * I}{k}$

A rangsorolás alapja a **becsült zajvédelmi hatékonyság**. Külön rangsoroltuk az ötéves időtávlatra vonatkozó intézkedéseket és a hosszú távú stratégia intézkedéseit.

6.4 FAJLAGOS KÖLTSÉGEK

Az intézkedések rangsorolása az egyes javasolt zajvédelmi intézkedésekhez becsült költségek rendelését igényelte. Az alábbi szóba jöhető intézkedés típusokhoz definiáltunk fajlagos költségeket:

- elkerülő út építése (közutak esetén forgalomtervezési intézkedésként),
- útburkolat felújítása (közutak és gyorsforgalmi utak esetén műszaki intézkedésként),
- zajárnyékoló fal építése (közutak, gyorsforgalmi utak és vasutak esetén terjedés közbeni zajcsökkentő intézkedésként).

A fajlagos költségek becsléséhez a Magyar Közút Nonprofit Zrt., valamint a NIF Zrt. által rendelkezésünkre bocsátott, a stratégiai zajtérképek alapadatainak felvétele (2011) óta megvalósult, a jelenleg folyamatban lévő, illetve előkészítés alatt álló, zajvédelmi szempontból hatással bíró beruházásokra vonatkozó adatokból indultunk ki. Ezen adatok rendelkezésünkre álltak mind a nagyforgalmú közutakra és gyorsforgalmi utakra, mind a nagyforgalmú vasutakra vonatkozóan. A zajcsökkentő hatású beruházásokra vonatkozó költségadatok nem voltak teljes körűek (nagyszámú beruházásra vonatkozóan hiányzott a költségadat), azonban elegendő adat állt rendelkezésünkre a közelítő fajlagos költségértékek meghatározásához. Hangsúlyozzuk, hogy a feladat jelen projekt keretében nem a pontos költségek meghatározása, hanem egy tájékoztató érték becslése, ami alapját jelentheti az egyes intézkedések rangsorolásának.

A rendelkezésre álló adatbázisokból első lépésben leválogattuk azon beruházásokat, melyekhez költségadat is rendelkezésre állt. A megvalósult beruházások esetében ez tényleges költséget, a folyamatban lévő, illetve előkészítés alatt álló beruházásokra vonatkozóan pedig tervezett költséget jelentett. Mind a közúti, mind a gyorsforgalmi és vasúti, költségadattal ellátott beruházások közül a jelen feladat szempontjából releváns beruházásokat a fent felsorolt intézkedéstípusoknak megfelelően 3-3 csoportba soroltuk. Megjegyezzük, hogy az „útburkolat javítás” intézkedéstípusba sorolható beruházások számtalan variációja jelent meg, ezek közül a zajcsökkentés szempontjából releváns

„kopóréteg cseréje” típusú beavatkozásokra koncentráltunk. A költségadatokból a szintén rendelkezésünkre álló mennyiségi információk (épített/tervezett új útszakasz hossza, javított/javítandó burkolatú útszakasz hossza, épített/tervezett zajárnyékoló fal magassága és hossza,) alapján az intézkedés típusának megfelelő fajlagos költségértékeket képeztünk (millió Ft/km; millió Ft/m^2). Az új út építésére vonatkozóan – a nagyságrendi különbség miatt – két típust különböztettünk meg: a 2x1 sávos utat, valamint a 2x2 sávos, fizikai elválasztással megvalósuló utat. A burkolatjavítás esetében ellenben nem számoltunk különböző szélességű úttípusokkal, egy általános értéket határoztunk meg. A fajlagos költségekből – a nagyságrendileg kiugró értékeket kiküszöbölve – átlagot számoltunk, ami a becsült fajlagos költségértékek alapját jelentette. Mivel csupán tájékoztató értékek meghatározása volt a cél, így a költségek időbeli változásával nem számoltunk.

A vázolt módszerrel meghatározott becsült fajlagos költségek az egyes intézkedéstípusokra vonatkozóan a következők:

- új (elkerülő) út építése:
    - 2x1 sávos út: 700 millió Ft/km,
    - 2x2 sávos út, fizikai elválasztással: 2500 millió Ft/km,
- útburkolat felújítása: 50 millió Ft/km,
- zajárnyékoló fal építése: 35 ezer Ft/m^2

6.5 BECSÜLT ZAJTERHELÉS-CSÖKKENTŐ HATÁS

Az elérhető zajterhelés-csökkenés mértéke szempontjából az egyes beavatkozásokat az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

1) **A csökkentés mértéke $\Delta L_A < 4$ dB** (kicsi):

- hangelnyelő útburkolat,
- a vasúti jármű kerekének és a sín érdességének csökkentése, a vasúti pálya optimalizálása,
- a kerekek árnyékolása,
- forgalomszervezési intézkedések,
- jelzőlámpa éjszakai kikapcsolása,
- (éjszakai) sebességcsökkentés,
- (éjszakai) nehézjármű forgalom korlátozása,
- erdősáv telepítése.

2) **A csökkentés mértéke 4 dB $\leq \Delta L_A < 10$ dB** (közepes):

- a vasúti gördülőállomány fejlesztése,

- 100 m-nél szélesebb erdősáv telepítése,
- alacsony, H < 4 m magas töltés építése,
- alacsony, H < 4 m magas zajárnyékoló fal építése,
- az út vezetése bevágásban.

3) **A csökkentés mértéke 10 dB ≤ ΔL_A < 13 dB** (nagy):

- magas, H > 4 m magas töltés építése,
- magas, H > 4 m magas zajárnyékoló fal építése,
- az út vezetése mélyebb bevágásban + zajárnyékoló fal építése,
- az előző megoldások kombinációja.

4) **A csökkentés mértéke ΔL_A > 13 dB** (extrém):

- a közút részleges vagy teljes lefedése (zöld galéria),
- közút vezetése alagútban,
- passzív védelem különböző eszközei.

Különleges lehetőség az **elkerülő út** létesítése. Ennek alkalmazása általában az érintett település egészén javítja a zajhelyzetet, különösen a korábbi nagyforgalmú út (utak) környezetében.

Esetünkben az előző pontban rögzített három intézkedéstípushoz volt szükséges egy átlagos zajcsökkentő hatás becslése:

- elkerülő út építése,
- útburkolat felújítása,
- zajárnyékoló fal építése.

Az elkerülő út zajcsökkentési hatásának meghatározása egyedi, komplex vizsgálatot igényelne az érintett településekre vonatkozóan. Ez jelen projekt keretében nem volt feladatunk, így a javasolt elkerülő utak esetében nem adtunk meg becsült zajcsökkentő hatást.

Az útburkolat felújítása esetében az általunk javasolt beavatkozás nem kifejezetten hangelnyelő burkolat alkalmazása, hanem a rossz állapotban lévő, repedezett útburkolat kopórétegének cseréje a folytonosság helyreállítása érdekében (a részletes magyarázatot lásd a 6.2 fejezet közútra vonatkozó táblázatában). Tapasztalati értékek alapján hatékonysági számításainkban az ilyen jellegű beavatkozások zajcsökkentő hatását egységesen 0,5 dB közelítő értékkel jellemezzük.

A zajárnyékoló fal létesítésére vonatkozóan – mivel a beavatkozások konkrét műszaki tervezése jelen feladatunknak nem képezte részét – egységesen 3 m magasságot feltételeztünk. A zajcsökkentő hatás a magasságon kívül számos egyéb tényezőtől

(zajforrástól való távolság, hosszúság, ...) függ. Mivel jelen projektben stratégiai szintű tervek készítése volt a cél, az egyéb tényezőktől függetlenül – tapasztalati eredmények alapján – egységesen 7 dB-lel közelítettük a zajárnyékoló falak zajcsökkentő hatását. Az egységesen alkalmazott érték lehetőséget adott arra, hogy egy adott településen a beavatkozások rangsorolásánál összevontan kezelhessük az összes javasolt zajárnyékoló falat.

6.6 AZ ÉRINTETT LAKOSSÁG

Az egyes zajvédelmi intézkedések hatékonyságának megítéléséhez fontos szempont, hogy mekkora számú lakosságot érint az intézkedéssel elért/elérhető zajcsökkenés. A becsült érintett lakosságszám meghatározását az egyes intézkedés típusokon belül az alábbiak szerint végezzük:

- elkerülő út építése: az új út megépülésével elkerült területnek a mentesítendő út zajterhelésével érintett lakosságát számítjuk (ha nem az egész települést érinti az elkerülés, akkor hosszarányosan becsüljük a lakosszámot),
- zajárnyékoló fal építése: hosszarányosan számítjuk a zajárnyékoló fallal határolandó útszakasz adott oldala mentén élő érintett lakosságot a település teljes érintett lakosszáma alapján (az arányosításnál figyelembe vesszük, ha a lakóépületek eloszlása nem egyenletes a településen a vizsgált útszakasz(ok) mentén),
- útburkolat felújítása: hosszarányosan számítjuk a felújítandó útszakasz két oldala mentén élő érintett lakosságot a település teljes érintett lakosszáma alapján (az arányosításnál figyelembe vesszük, ha a lakóépületek eloszlása nem egyenletes a településen a vizsgált útszakasz(ok) mentén),
- területhasználat-tervezés: mivel ehhez az intézkedés típushoz sem fajlagos költséget, sem zajcsökkentő hatást nem rendeltünk, az érintett lakosszám meghatározása sem szükséges.

7 A STRATÉGIAI ZAJVÉDELMI INTÉZKEDÉSI TERVDOKUMENTÁCIÓK ÉRTELMEZÉSE

Az alábbiakban azon gyakorlati információkat foglaljuk össze, melyek a zajvédelmi intézkedési tervek egyes pontjainak pontos értelmezését segítik. Az intézkedési tervek három területre (országos közút, gyorsforgalmi út, vasút) vonatkozó dokumentum sablonjai a 2. sz. mellékletben találhatóak. A három csoportba tartozó intézkedési tervek felépítése hasonló, az egyes területek specialitásainak megfelelően azonban vannak eltérések. Fontos kiemelni, hogy a három terület között jelentkező zajterhelési átfedések figyelembe vétele jelen munka keretében nem volt feladatunk.

7.1 KÖZUTAKRA VONATKOZÓ INTÉZKEDÉSI TERVEK

Az országos közutakra vonatkozó stratégiai zajvédelmi intézkedési terveket **település-szinten** készítettük el. Minden érintett településre készült egy intézkedési terv, amely az összes, az adott települést érintő útszakaszt magában foglalja. Az egyes településeknél a közigazgatási határon belüli teljes területet, azaz mind a bel-, mind a külterületi részeket vizsgáltuk. Számos olyan eset is előfordult, amikor az adott útszakasz a település közigazgatási határán kívül haladt, azonban a település területének valamely részét a zajterhelés érintette. Ez esetben is készült az adott településre vonatkozóan intézkedési terv, az érintett terület értékelésével.

Az intézkedési tervek első részében az adott települést érintő **útszakaszok** („érintett útszakaszok”) **alapadatait** mutatjuk be, majd a településre vonatkozó általános adatok szerepelnek. Míg a 2011-ben készült stratégiai zajtérképek még a környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőségek illetékességi területei szerinti felbontásban készültek, jelen intézkedési tervekben már az illetékes megyei kormányhivatal megnevezése szerepel minden egyes településre vonatkozóan, a *környezetvédelmi és természetvédelmi hatósági és igazgatási feladatokat ellátó szervek kijelöléséről szóló 71/2015. (III. 30.) Korm. rendelet* 2. mellékletében meghatározott illetékességi területek alapján.

A következő táblázatokban a stratégiai zajtérképek alapján meghatározott **érintettség adatok** szerepelnek. Az érintettség adatok zajtérképek és statisztikai adatok alapján való meghatározása korábban megtörtént, ennek módszertanát a Műszaki dokumentációban mutatjuk be. Az érintettség adatok az adott települést érintő összes vizsgált útszakaszra vonatkozó értéket tartalmazzák. A vonatkozó rendeletben előírtaknak megfelelően (lásd 2.1 fejezet) mind az L_{den}, mind az $L_{éjjel}$ mutatóra vonatkozóan közöljük a meghatározott zajtartományokba eső

- lakosszámot,

- védendő intézmények számát,

- azon lakosok számát, akik az adott zajtípus elleni fokozott hangszigeteléssel vagy csendes homlokzattal rendelkező lakóépületekben laknak.

A lakosszámot a rendeleti előírásnak megfelelően 100 főre kerekítve adtuk meg. Ebből következően előfordulhat, hogy 0 fő jelenik meg a táblázatban érintett lakosszámként, miközben a vonatkozó zajtérkép szerint található lakóépület az érintettséget jelentő zajtartományokban. A későbbi szöveges értékelés készítésénél ezért mindig az adott zajtérképet vettük alapul.

Védendő intézménynek minősülnek az oktatási intézmények (az iskolák és óvodák mellett ide soroltuk a bölcsődéket, valamint a kollégiumokat is), valamint az egészségügyi intézmények (kórházak, orvosi rendelők). Az érintettségi táblázatokban található darabszámok az adott sávba tartozó épületek számát jelentik, melyek közül több is tartozhat egy adott intézményhez. Ez okozhatja a későbbi szöveges értékelésben szereplő intézmények száma és az itt található darabszám közötti eltérést. További eltérés adódhat abból, hogy az $L_{éjjel}$ mutató esetében az érintettségi táblázatokban mindazon védendő intézmények száma szerepel, melyek az adott zajterhelési tartományba esnek, függetlenül attól, hogy éjszaka az adott intézmény védendőnek minősül-e. Ezzel szemben a későbbi szöveges értékelésben mérlegeltük azt is, hogy az intézmény éjszaka üzemel-e.

A csendes homlokzattal, illetve a fokozott hangszigeteléssel rendelkező lakóépületek definícióját az intézkedési tervekben közöltük.

Az L_{den} mutatóra vonatkozóan közöltük továbbá az 55, 65, illetve 75 dB-nél magasabb zajterhelésű terület nagyságát, az ott lévő lakóépületek számát és az ott élő emberek becsült számát.

A következő, értékelő részben a **terhelés általános jellemzése** keretében rövid leírást adtunk az érintett útszakasz(ok) környezetéről és az L_{den}, ill. $L_{éjjel}$ mutatók alapján leginkább terheltnek minősülő területekről. A terheltség megállapítása az L_{den}, illetve $L_{éjjel}$ mutatókra vonatkozó *zajterhelési térképek* alapján történt. Leginkább terhelt területnek azt a sávot tekintettük, ahol az L_{den} mutató értéke meghaladja az 55 dB-t, az $L_{éjjel}$ mutató pedig az 50 dB-t. A táblázatban név, cím és zajterhelési zóna megadásával feltüntettük azon védendő intézményeket is, melyek az érintett zajterhelési sávok valamelyikébe esnek (L_{den}>55 dB; $L_{éjjel}$>50 dB). Több épületből álló intézmény esetében a zajterhelési zóna meghatározásakor azt az épületet vettük figyelembe, amely a legnagyobb terheltségű sávba esik. Az $L_{éjjel}$ mutató esetében csak azokat az intézményeket közöltük, melyek az éjszakai időintervallumban is üzemelnek, így védettnek minősülnek (pl. kollégium, kórház).

A **konfliktus (érintettség) értékelésénél** az L_{den} és az $L_{éjjel}$ mutatóra vonatkozóan külön-külön általános jellemzést adtunk a konfliktusos területekről, az érintettség mértékéről. Megadtuk a konfliktusos területen élők érintett lakosságon belüli arányát. A konfliktussal leginkább terhelt területeket az L_{den}, illetve $L_{éjjel}$ mutatókra vonatkozó *konfliktustérképek* alapján határoztuk meg, a 63 dB, ill. 55 dB-es küszöbértéket meghaladó sávok rögzítésével. A védendő intézményeket az előző bekezdésben megfogalmazott szempontok szerint tüntettük fel, a konfliktustérképek és az azokon alkalmazott sávok alapján.

Összefoglalva tehát az általános terhelési jellemzésnél a zajterhelésre vonatkozó zajtérképeket vettük alapul, míg a konfliktusok bemutatása (következő táblázat) a konfliktustérképek alapján készült. Ennek a tartalmi különbségnek megfelelően előbbi esetben a zajtérképen alkalmazott 5 dB-es lépcsőkkel meghatározott zajterhelési zónák (pl. 50-55 dB) alapján adtuk meg az egyes védendő épületek zajterhelési szintjét, míg a konfliktusok jellemzésénél a stratégiai küszöbértékeket tekintettük kiinduló értéknek (pl. 73 dB felett – ez a 63 dB-es küszöbérték több mint 10 dB-lel történő túllépését jelenti). A 63-73 dB közötti tartományt kettébontottuk a pontosabb helyzetértékelés érdekében, és ahol a konfliktustérképen egyértelműen elkülöníthetőek voltak az egyes szakaszok ilyen szinten, ott ezt a felosztást alkalmaztuk.

A következő két táblázatban a **stratégiai küszöbértéket** több mint 10 dB értékkel, ill. legfeljebb 10 dB értékkel **meghaladó** zajterhelésű területeket mutattuk be, mind az L_{den} mutatóra ($L_{den}\geq 73$; $63\leq L_{den}<73$), mind az $L_{éjjel}$ mutatóra ($L_{éjjel}\geq 65$; $55\leq L_{éjjel}<65$) vonatkozóan. Az adott mértékű túllépéssel érintett területek beazonosítása a konfliktustérképek alapján történt. A területek rövid leírásához minden esetben egy-egy jellemző képkivágatot is mellékeltünk a megfelelő konfliktustérképekből. A konfliktusos területen található védendő intézményeket egyenként feltüntettük az intézmény nevének, címének megadásával és a vizsgált útszakaszra néző homlokzati fénykép mellékelésével. Az $L_{éjjel}$ mutató esetében itt is csak azokat az intézményeket közöltük, melyek az éjszakai időpontban is üzemelnek (pl. kollégium, kórház).

A ***Zajcsökkentési lehetőségek*** c. táblázatban a zajcsökkentési intézkedések hat csoportjának (lásd 6.2 fejezet) közutakra adaptált lehetőségeit, valamint az egyes intézkedések esetében a zajcsökkentéssel érintett lakosszám meghatározásának elvét mutattuk be.

A ***Zajcsökkentési intézkedések*** c. rész első három táblázatában a stratégiai zajtérképek alapadatainak felvétele (2011) óta megvalósult, a jelenleg folyamatban lévő, illetve előkészítés alatt álló, zajterhelés-csökkentő hatással bíró beruházásokat soroltuk fel. Az alábbi típusú beruházásokat vettük figyelembe:

- elkerülő út létesítése (új út építését csak abban az esetben tüntettük fel, amennyiben egyértelmű volt az adott település elkerülésére irányuló funkciója),
- sebességkorlátozás,
- tömegkorlátozás,
- területhasználat-tervezés,
- útburkolat csere-/javítás,
- zajárnyékoló fal létesítése.

Az adatok a Magyar Közút Nonprofit Zrt., a NIF Zrt. és a KKK által a projekt során 2015. I. negyedévében nyújtott adatszolgáltatásból származnak. Ahol az átadás tervezett/tényleges időpontjára és a tervezett/tényleges költségekre vonatkozóan nem kaptunk információt, ott *n.a.* jelzés szerepel a táblázatokban. Azon tervezett beruházásokat, melyek nem voltak

egyértelműen beazonosíthatóak (pl. nem szerepelt nyomvonal vagy szelvényszám), nem vettük figyelembe. A zajcsökkentéssel érintett lakosság számát 6.6 fejezetben leírtak szerint határoztuk meg.

A következő két táblázatban a rövid távra (a következő 5 éves időszakra), illetve a hosszú távú stratégia (> 5 év) keretében **javasolt zajcsökkentési intézkedések**et tüntettük fel. A táblázatokban az alábbi négy beavatkozás-típus szerepel, a *Zajcsökkentési lehetőségek* táblázatában megfogalmazott alkalmazhatósági értékelésnek megfelelően:

- forgalomtervezés (pl. elkerülő út létesítése),
- területhasználat-tervezés (az út két oldalán védőtávolság kijelölése),
- műszaki intézkedés a zajforrásnál (útburkolat csere),
- a zaj csökkentése terjedés közben (zajárnyékoló fal létesítése).

Az elkerülő út létesítésére irányuló javaslatok megfogalmazásakor igyekeztünk összhangot teremteni az adatszolgáltató szervezetek nyilvántartásában szereplő tervezett beruházásokkal.

A területhasználat-tervezési intézkedést (azaz megfelelő védőtávolság kijelölését az érintett útszakasz két oldalán, amelyen belül nem kerül sor olyan területté történő átminősítésre, melyre zajvédelmi határérték vonatkozik) minden olyan kül- és belterületi szakaszra javasoltuk, amely mentén jelenleg még nincsenek lakóépületek. A védőtávolság szükséges (ill. hatékony) szélességét zajterjedés számító szoftver segítségével becsültük meg (a részleteket lásd az 1. lábjegyzetben).

Az útburkolat felújításának szükségességét helyszíni bejárás alapján határoztuk meg. A 2011. év során az összes érintett útszakaszt bejárva kijelöltük azokat a szakaszokat, melyek esetében a repedezettség foka és jellege miatt zajvédelmi szempontból indokolt a kopóréteg cseréje. Jelen munkában minden ilyen szakaszra kopóréteg cserét javasoltunk. Megjegyezzük, hogy a 2011. óta eltelt időszakban az érintett útszakaszok állapota jelentősen változhatott. Azon szakaszokat, ahol időközben sor került az útburkolat felújítására, értelemszerűen nem szerepeltetjük a javasolt intézkedések táblázatában. Lehetnek azonban olyan útszakaszok, ahol az útburkolat állapotában 2011. óta következett be jelentős romlás. Ezeket az útszakaszokat jelen projekt keretében nem tudtuk meghatározni.

Zajárnyékoló fal létesítésének javasolhatóságához vizsgáltuk a területszétválasztó, a normális életvitelt akadályozó hatást, illetve a fal településképre való hatását. Olyan esetekben, ahol a védendő lakóházaknak az érintett úttal jellemzően direkt kapcsolatuk van, nem javasoltuk zajárnyékoló fal létesítését, mivel annak megszakítása erősen rontja a hatékonyságot. A javasolt zajárnyékoló falakat a korábban leírtaknak megfelelően egységesen 3 m magassággal vettük fel (mivel a beavatkozások konkrét műszaki tervezése jelen projektben nem volt feladatunk). A falak szükséges szélességének becslésére zajterjedés számító szoftver segítségével a 7. táblázatban feltüntetett alapeseteket modelleztük. Az így számított értékek megmutatják, hogy a közvetlenül az út mellett elhelyezett, különböző szélességű, 3

m magas zajárnyékoló falak a zajterhelés milyen mértékű csökkenését eredményezik, a védendő épület úttengelytől való távolsága függvényében.

7.1. táblázat Zajárnyékoló falak hatékonyságának számítása

Épület távolsága az úttengelytől [m]	Zajterhelés [dBA]									
	3m magas zajárnyékoló fal hossza az épület középpontjától mindkét irányban [m]									
	nincs fal	10-10m	15-15m	20-20m	25-25m	30-30m	35-35m	40-40m	45-45m	50-50m
10	66,0	60,3	59,0	58,3	57,9	58,8	57,60	57,6	57,5	57,5
30	59,0	57,1	56,1	55,2	54,4	53,7	53,00	52,5	52,0	51,6
75	52,2	51,7	51,4	51,2	50,9	56,6	50,30	50,0	49,7	49,4
100	50,4	50,0	49,8	49,6	49,4	49,2	49,00	48,8	48,5	48,3

A zaj terjedés közben való csökkentésének másik módja, a másodlagos védelemként a beltéri zaj csökkentésére irányuló passzív védelem egyedi jellege miatt azt nem vettük számításba az infrastrukturális megközelítéssel készült intézkedési tervek keretében.

A javasolt intézkedések időtávlatát (5 éven belül, illetve hosszabb távon) az adott terület zajterhelésének küszöbértéktől való eltérése alapján határoztuk meg. A vonatkozó rendeletnek megfelelően, ahol a túllépés 10 dB értéknél nagyobb, ott rövid távú intézkedést javasoltunk, ahol 10 dB értéknél kisebb, ott a hosszú távú stratégiában szerepeltettük a javasolt intézkedés(eke)t. A területhasználat-tervezési intézkedést minden esetben a rövid távú stratégiába építettük be, mivel ez a szabályozás jellegű intézkedés nem igényel jelentős beruházást, alkalmazásával viszont megelőzhető az újabb konfliktusos területek kialakulása. Az egyes intézkedések becsült költségét, zajcsökkentő hatását, az érintettek számát és a hatékonysági mutatókat a 6. fejezetben leírtak szerint határoztuk meg.

A ***Zajcsökkentési intézkedések rangsorolása*** keretében sorrendet állítottunk fel a javasolt intézkedések között, külön kezelve a rövid- és a hosszú távú javaslatokat. A rangsorolás alapja a hatékonysági index volt (a magasabb hatékonysági index jelentett jobb helyezést). A területhasználat-tervezéshez költség nem rendelhető, így amennyiben volt erre vonatkozó javaslat, minden esetben ez szerepelt az 1. helyen. A táblázatokban feltüntettük az egyes intézkedések becsült nettó költségét, valamint ezek összegét is.

7.2 GYORSFORGALMI UTAKRA VONATKOZÓ INTÉZKEDÉSI TERVEK

Az alábbiakban a nagyforgalmú gyorsforgalmi utakra elkészült intézkedési tervekre vonatkozó speciális (a közúti intézkedési tervektől eltérő) tudnivalókat közöljük. Az itt nem szereplő részletekre vonatkozóan a 7.1 fejezetben leírtak az irányadóak.

A gyorsforgalmi utakra vonatkozó stratégiai zajvédelmi intézkedési terveket **gyorsforgalmi utanként** készítettük el. Minden érintett gyorsforgalmi úthoz készült egy intézkedési terv, ami az adott autópálya/autóút összes zajtérképezett (azaz nagyforgalmúnak minősülő) szakaszát magában foglalja. Mivel a zajvédelmi intézkedési tervek alapjául szolgáló stratégiai

zajtérképek 2011 és 2012 során az akkor területileg illetékes környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőségek szerinti bontásban készültek el, részben jelen projektben is megtartottuk ezt a felosztást az adott intézkedési terveken belül.

Az **érintett útszakaszok alapadatai**t és az **általános adatok**at ennek megfelelően felügyelőségenkénti szakaszokra bontva közöljük. Az általános adatoknál így az egyes szakaszok esetében több megye, illetve megyei kormányhivatal is szerepelhet. Az érintett települések listája azon településeket tartalmazza, melyeken található olyan lakóépület, ami zajterhelés szempontjából konfliktussal érintett területen helyezkedik el. Megadtuk az egyes érintett településekre jellemző övezeti besorolásokat, továbbá külön közöltük azon települések listáját is, melyek közigazgatási területén a vizsgált útszakasz áthalad.

Az **érintettség adatok** – melyek a közutaknál ismertetett információkat tartalmazzák – az adott gyorsforgalmi út összes vizsgált szakaszára vonatkozó, összegzett értékeket tartalmaznak.

Az **általános zajterhelés**, illetve a **konfliktus (érintettség) értékelése** az egyes szakaszokra vonatkozóan külön táblázatban készült, a közúti intézkedési terveknél bemutatott tartalommal.

A ***Zajcsökkentési lehetőségek*** c. táblázatban a zajcsökkentési intézkedések hat csoportjának (lásd 6.2 fejezet) gyorsforgalmi utakra adaptált lehetőségeit, valamint az egyes intézkedések esetében a zajcsökkentéssel érintett lakosszám meghatározásának elvét mutattuk be.

A ***Zajcsökkentési intézkedések*** c. rész első három táblázatában a stratégiai zajtérképek alapadatainak felvétele (2011) óta megvalósult, a jelenleg folyamatban lévő, illetve előkészítés alatt álló, zajterhelés-csökkentő hatással bíró beruházásokat soroltuk fel. Mivel a gyorsforgalmi utak esetében a burkolat közbiztonsági szempontok miatt kiváló állapotban van, a kopóréteg akusztikai tulajdonságai reálisan megvalósítható beavatkozással érdemben nem javíthatóak. A sebességkorlátozás a szolgáltatási színvonal indokolatlan csökkentése miatt nem javasolható, az elkerülő út építése pedig azért nem jöhet szóba, mivel az autópályákat/autóutakat eleve a településeket elkerülve alakították ki. A szakmai szervezetektől 2015. I. negyedévében beérkezett információk alapján összeállított intézkedési adatbázisból így csak a zajárnyékoló falak létesítését vettük figyelembe.

A következő két táblázatban a rövid távra (a következő 5 éves időszakra), illetve a hosszú távú stratégia (> 5 év) keretében **javasolt zajcsökkentési intézkedések**et tüntettük fel. A táblázatokban – az előbbi magyarázat értelmében – az alábbi két beavatkozás-típus szerepel:

- területhasználat-tervezés (az út két oldalán védőtávolság kijelölése),
- a zaj csökkentése terjedés közben (zajárnyékoló fal létesítése).

A javasolt intézkedések becsült költségének, zajcsökkentő hatásának, valamint az érintettek számának meghatározása és az egyes intézkedések rangsorolása a közúti intézkedési terveknél ismertetett módon történt.

7.3 VASUTAKRA VONATKOZÓ INTÉZKEDÉSI TERVEK

Az alábbiakban a nagyforgalmú vasúti vonalszakaszokra elkészült intézkedési tervekre vonatkozó speciális (a közúti intézkedési tervektől eltérő) tudnivalókat közöljük. Az itt nem szereplő részletekben a 7.1 fejezetben leírtak az irányadóak.

A vasúti vonalszakaszokra vonatkozó stratégiai zajvédelmi intézkedési terveket **település-szinten** készítettük el. Minden érintett településre készült egy intézkedési terv, amely az összes, az adott települést érintő vonalszakaszt magában foglalja. Az egyes településeknél a közigazgatási határon belüli teljes területet, azaz mind a bel-, mind a külterületi részeket vizsgáltuk. Számos olyan eset is előfordult, amikor az adott útszakasz a település közigazgatási határán kívül haladt, azonban a település területének valamely részét a zajterhelés érintette. Ez esetben is készült az adott településre vonatkozóan intézkedési terv, az érintett terület értékelésével. A közutakra és gyorsforgalmi utakra vonatkozó intézkedési terveknél alkalmazott terminológia (km szelvény) helyett itt a vasúttervezésben hagyományosan használt mértékegységet (hm szelvény) szerepeltettük.

Az **alapadatok** ismertetésénél felsoroltuk a települést érintő fővonalakat a nagyforgalmúnak minősülő szakaszok által érintett állomásközökkel. A település általános adataira vonatkozóan a közúti zajvédelmi terveknél bemutatott információkat adtuk meg.

Az **érintettség adatok** – melyek a közutaknál ismertetett információkat tartalmazzák – az adott települést érintő összes vizsgált szakaszra vonatkozó értéket magukban foglalják.

Az **általános zajterhelés**, illetve a **konfliktus (érintettség) értékelése** az egyes szakaszokra vonatkozóan külön táblázatban készült, a közúti intézkedési terveknél bemutatott tartalommal.

A ***Zajcsökkentési lehetőségek*** c. táblázatban a zajcsökkentési intézkedések hat csoportjának (lásd 6.2 fejezet) vasutakra adaptált lehetőségeit, valamint az egyes intézkedések esetében a zajcsökkentéssel érintett lakosszám meghatározásának elvét mutattuk be.

A ***Zajcsökkentési intézkedések*** c. rész első három táblázatában a stratégiai zajtérképek alapadatainak felvétele (2011) óta megvalósult, a jelenleg folyamatban lévő, illetve előkészítés alatt álló, zajterhelés-csökkentő hatással bíró beruházásokat soroltuk fel. Az alábbi típusú beruházásokat vettük figyelembe:

- műszaki intézkedések a zajforrásoknál (pl. műanyag féktuskó alkalmazása, futófelületek karbantartása),
- csendesebb zajforrások előnyben részesítése (pl. új villamos motorvonatok beszerzése, használt mozdonyok és kocsik felújítása),
- zajárnyékoló fal létesítése.

Az adatok a szakmai szervezetektől a projekt során 2015. I. negyedévében nyújtott adatszolgáltatásból származnak. Mivel a felsorolt kategóriák közül az első kettő nem településhez köthető, hanem országos szintű beszerzési/karbantartási/felújítási program

keretében valósul meg, ezért ezeket a beruházásokat nem az egyes településekhez tartozó zajvédelmi intézkedési tervekben közöltük, hanem jelen dokumentáció 3. sz. mellékletében (*Országos szintű vasúti zajterhelés-csökkentő hatású beruházások*).

Az intézkedési tervben szereplő következő két táblázatban a rövid távra (a következő 5 éves időszakra), illetve a hosszú távú stratégia (> 5 év) keretében **javasolt zajcsökkentési intézkedések**et tüntettük fel. A táblázatokban az alábbi beavatkozás-típusok szerepelnek, a *Zajcsökkentési lehetőségek* táblázatában megfogalmazott alkalmazhatósági értékelésnek megfelelően:

- forgalomtervezés,
- területhasználat-tervezés,
- műszaki intézkedések a zajforrásoknál,
- csendesebb zajforrások kiválasztása és előnyben részesítése,
- a zaj csökkentése terjedés közben (zajárnyékoló fal létesítése).

Ezeken felül általánosan javasolható intézkedések közé tartozik a pálya általános állapotának javítása, a sínköszörülés, a műanyag féktuskók használata, az acél hídszerkezeteken a hangelnyelők, beágyazott sínek, valamint a burkolt hidak zajcsökkentő megoldásának alkalmazása.

A javasolt intézkedések becsült költségének, zajcsökkentő hatásának, valamint az érintettek számának meghatározása és az egyes intézkedések rangsorolása a közúti intézkedési terveknél ismertetett módon történt.

7.4 FORRÁSHOZ NEM KÖTHETŐ INTÉZKEDÉSEK

A stratégiai zajvédelmi intézkedési tervekre vonatkozó *2002/49/EK irányelv* és a vonatkozó hazai jogszabályok szerint az intézkedési tervekben minden olyan esetben zajvédelmi intézkedési javaslatot kell tenni, amikor a stratégiai zajvédelmi térképek alapján a stratégiai küszöbérték túllépése állapítható meg (0-10 dB közötti mértékű túllépés esetén hosszú távú javaslat szükséges, 10 dB-nél nagyobb mértékű túllépés esetén 5 éven belül megvalósuló intézkedést kell javasolni).

A szakmailag – fent ismertetett jogszabályi követelmények szerint – szükségesnek minősülő rövid-, illetve hosszú távú intézkedések egy részéhez azonban jelenleg nem rendelhető pénzügyi forrás. Ezeket az intézkedési javaslatokat nem az egyes intézkedési tervekben, hanem jelen dokumentum 4. mellékletében szerepeltetjük, feltüntetve a becsült költségeket is.