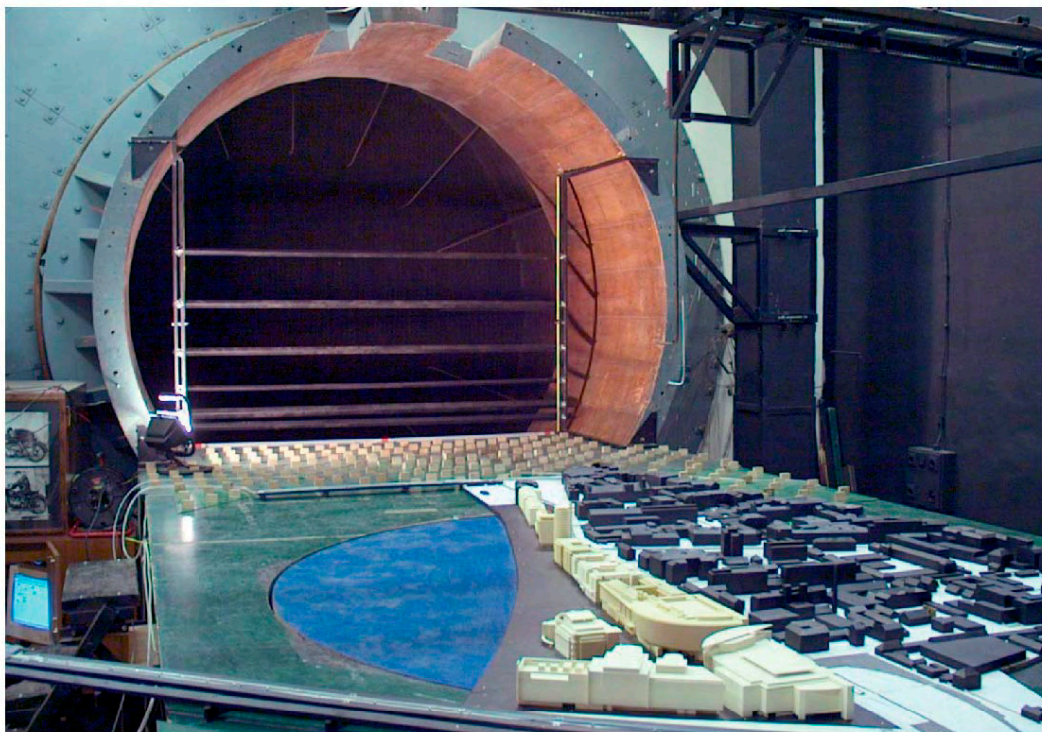


# **Az M0 északi szektor 11-10. sz. főutak közötti szakasz levegőszennyezettség és zajterhelés vizsgálata**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Áramlásstan Tanszék

Vibrocomp Kft.

2007



1. ábra Légszennyezettség mérés a szélcsatornában

## Bevezető

Az "M0 északi szektor 11-10. sz. főutak közötti szakasz levegőszennyezettség és zaj szempontjából történő vizsgálata és elemzése" tárgyában a Nemzeti Autópálya Zrt. 2006. december 5-én ajánlati felhívást tett közzé az Európai Unió Hivatalos Lapjában nyílt közbeszerzési eljárás megindítására. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem lett a közbeszerzési eljárás nyertese, így 2007. február 5-i dátummal szerződést kötött a Nemzeti Autópálya Zrt-vel.

A Műegyetem légszennyezettség előrejelzésével foglalkozó Áramlástan Tanszéke, valamint a zaj számítását végző Vibrocamp Kft. bevonásával 2007 februárjában kezdte meg, és öt hónap alatt végzi el azokat a vizsgálatokat, amelyek eredményei alapján megítható, hogy az M0 környűri 11-10. sz. főutak közötti szakaszának négy különböző

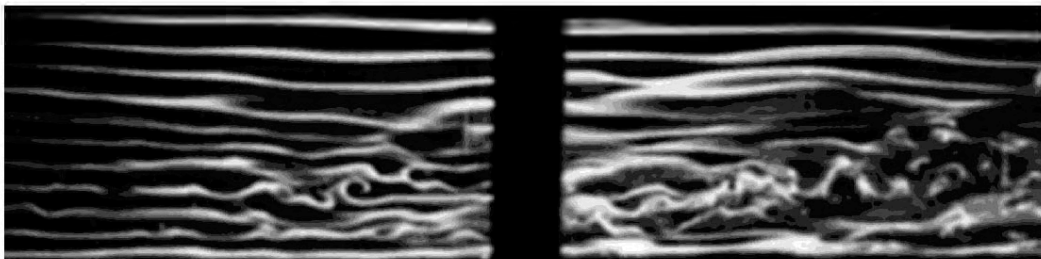
nyomvonala esetén a jelenlegi állapothoz képest 2010 és 2018 évben várhatóan milyen mértékben változik a levegőszennyezettség és a zaj a környező településeken.

Ennek a füzetnek az összeállítói arra töreksenek, hogy bemutassák az érdekelteknek, különösen pedig az autópálya szakasz környezetében élőknek a vizsgált folyamatokat, a mérési, számítási módszereket, ezek tudományos, szakmai hátterét, az alkalmazott mérőeszközöket, szoftvereket és azt, hogy a munka során kapott eredmények milyen következtetésekre adnak lehetőséget. Amennyiben az Olvasóban kérdések merülnek fel a füzet tartalmával kapcsolatban, szívesen rendelkezésre állunk azok megválaszolására!

**Elérhetőségeink: Áramlástan Tanszék**  
H-1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 4-6.  
Fax: (1) 463-3464, e-mail: [ljajos@ara.bme.hu](mailto:ljajos@ara.bme.hu)

## A szennyezőanyag terjedése a légkörben

A légszennyezés folyamatának három szakasza van: az emisszió (vagy kibocsátás), a transzmisszió (vagy szállítás), illetve az Immisszió (az adott helyen megjelenő koncentráció). Nézzük meg részletesebben e három folyamatot a feladatunk szempontjából! Valamely szennyező forrásból a környezeti levegőbe kerülő légszennyező anyag kibocsátásának (emissziójának) modellezésénél három forrástípust használnak: pont-, vonal- és területi forrás. Az autópályákon haladó gépkocsik kipufogógázai vonalforrásból származónak tekinthetők, míg az alagutakban kibocsátott szennyezők az alagutak portáljain - pontforrásokon - keresztül jutnak be a légkörbe.



2. ábra Örvények a turbulens határétegben

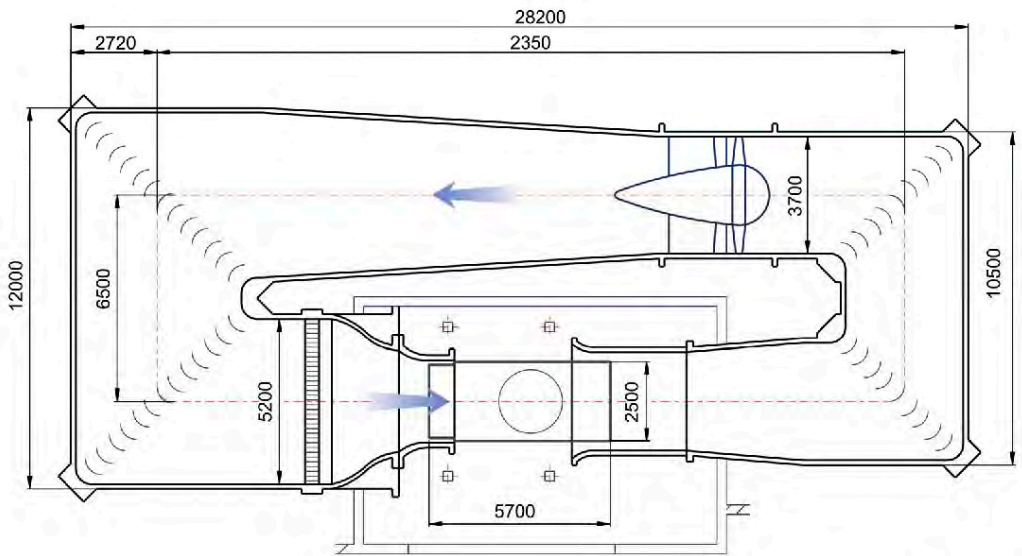
## A szennyezőanyag terjedés modellezése

Egy adott település adott helyén a mértékadó levegőszennyezettség értéke az autópálya megépítése után két tényezőtől adódik össze: a jelenleg érvényes szennyezettségből (amit alap légszennyezettségnek nevezünk) és a kiegészítő légszennyezettségből (amit az elkészült autópályán haladó járművek okoznak). Míg az alap légszennyezettség értéke mérhető, addig a kiegészítő légszennyezettség csak modellezéssel határozható meg.

A transzmisszió a kibocsátott szennyezőanyag légkörben történő elszállítódása (transzportja), hígulása. A légkör alsó részébe, a határétegbe kibocsátott szennyezőanyagokat az áramló levegő szállítja. A légkörnek a földfelszínhez közel levő rétegét nevezzük határétegnek, amelynek vastagsága 0,2-2 km. A légköri határéteg szerkezetét a turbulens örvényestek alakítják (2. ábra).

A szennyezőanyag részecskék együtt mozognak a levegővel, ezért az általuk megtett utat a szélességi mező szerkezete határozza meg. Ha egy füstfáklyát nézünk, megfigyelhetjük, hogy a füstfáklya szélessége függőlegesen és vízszintesen egyaránt növekszik, amit a turbulens áramlásban kialakuló örvények által okozott, ún. turbulens diffúziós folyamatok okoznak.

A modellezés kétféle lehet: szélcsatornában, kismintán, vagy a jelenségek számítással történő leírásával (numerikus szimulációval). Miután a szennyezők mozgását a levegő áramlása határozza meg, a helyes modellezés nagyon fontos feltétele mindkét esetben, hogy az atmoszféra talaj közeli rétegében kialakuló áramlást, a sebességmegoszlást és a szennyezőanyagok hígulását alapvetően befolyásoló turbulens örvények jellemzőit helyesen modellezzük.



3. ábra Az Áramlástan Tanszék vízszintes szélcsatornája

## Terjedés vizsgálatok szélcsatornában

A szélcsatorna egy olyan berendezés, amelyben szabályozott körülmények között, reprodukálhatóan lehet meghatározott áramlási viszonyokat létrehozni, így az atmoszféra alsó részén, a határrétegben kialakuló áramlást és kipufogógáz terjedést modellezn.

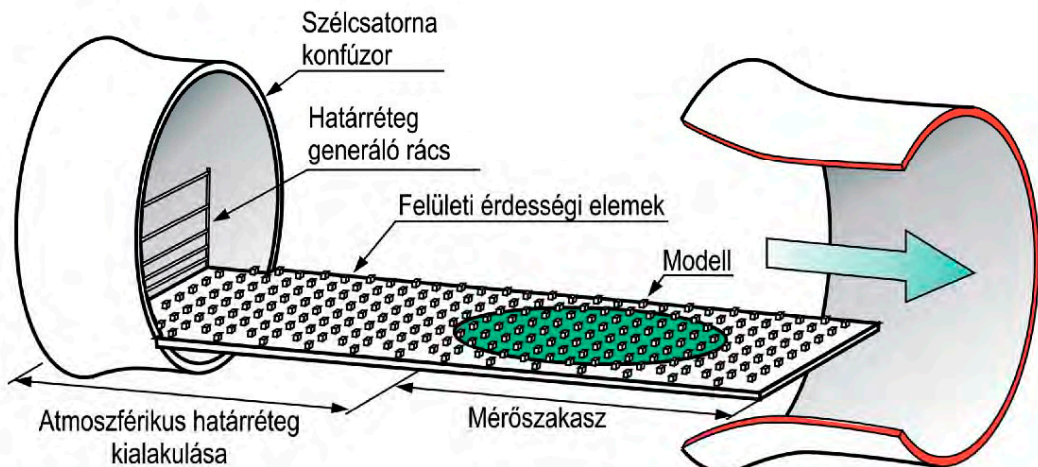
A 3. ábrán látható az Áramlástan Tanszék Kármán Tódor Szélcsatorna Laboratóriumának 4 szélcsatornája között a legnagyobb, amelyben légköri szennyező terjedési vizsgálatokat végzünk. A 2,6m átmérőjű mérőtérben a maximális szélesség 200 km/h.

A talajhoz közeli atmoszférikus áramlási viszonyokat a 4. ábrán látható ráccsal és a talajon levő kis kockákkal (turbulenciagenerátorokkal) modellezzük.

Az 1. ábrán annál a vizsgálatnál látható a rács és a turbulenciagenerátor, amellyel a Millenniumi Városcsopont Ferencváros légszennyezettségére gyakorolt hatását vizsgáltuk.

A valóságos szennyező terjedés viszonyok helyes előrejelzése az atmoszférikus határréteg korrekciós modellezésén kívül megköveteli a valóságos domborzathoz, az áramlást befolyásoló épületekhez, növényzethez geometriailag hasonló modell elkészítését (1. és 5. ábra), és meghatározott áramlási sebességnél nagyobb sebességek alkalmazását.

A légszennyezettség mérés módszere elvileg igen egyszerű. Meghatározzuk azt a jellemzően 3-5 szélirányt, amely az adott helyen a leggyakoribb, majd ezeknek megfelelően egymás után beállítjuk a modellt. Megindítjuk a szélcsatorna ventilátorát, és beállítjuk az áramlási sebességet. Ekkor a szélcsatornában valóságos áramláshoz hasonló áramlás jön létre.



4. ábra Az atmoszférikus határréteg modellezése a mérőtérben

Ezt követően az utak és alagutak bejáratainak modelljein előírt mennyiségű nyomgázt (pl. metán - levegő keveréket) bocsátunk be egyenletesen az út modellje mentén az áramló levegőbe. Kijelöljük a mintavételi helyeket, ahol mérni kívánjuk a levegőszennyezettséget. Ezek kiválasztásának szempontjai: várható nagy légszennyezettség, sűrűn lakott terület, sokak által látogatott intézmények, közterületek, kiemelkedő minőségi követelmények (pl. kórház, iskola, játszótér). A modell ezen helyein levegő mintákat veszünk, és megmérjük a mintákban a nyomgáz koncentrációt.

Ennek ismeretében adott (pl. csúcsórai) járműforgalomhoz tartozó kipufogógáz kibocsátás ismeretében meghatározható, hogy a valóságban az adott helyen, adott szélirány és szélsébség mellett mekkora a szennyező koncentráció. Ismerve az egyes szélirányok és szélsébségek gyakoriságát, kiszámol-

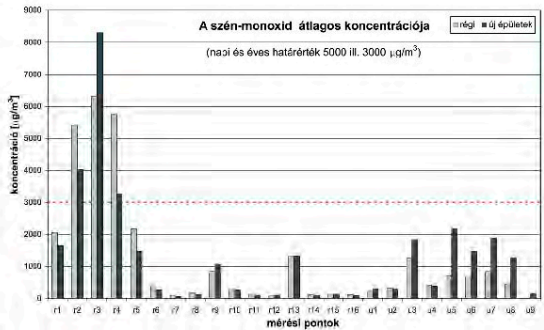


5. ábra Pétkőmőgyékén modellje

ható, hogy a csúcsórában, azon kívül, éves átlagban mekkora az adott pontban a levegőszennyezettség, illetve összehasonlíthatók az eredeti és az új változat esetén kialakuló szennyező koncentráció értékek (6. ábra).

Az Áramlástan Tanszéken alkalmazott mérési módszer megegyezik a nemzetközi előírásokban meghatározott és mérésekkel igazolt eljárásokkal.

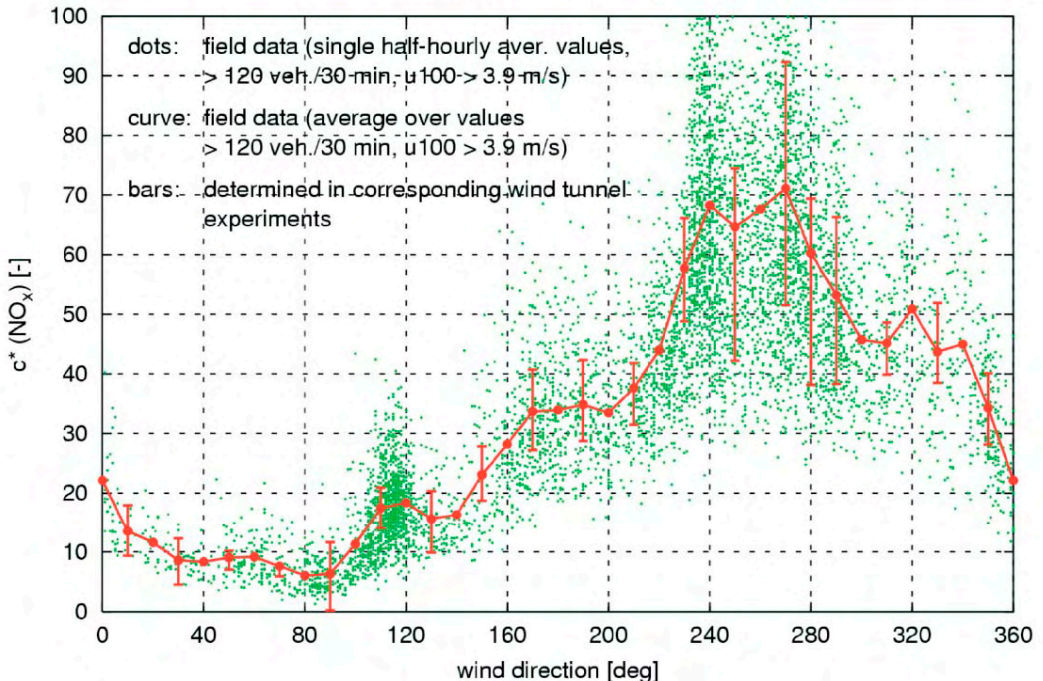
A 7. ábrán a szélirány függvényében ábrázolták az egy éven keresztül mért koncentráció értékeket (zöld pontok, melyek átlagát a piros görbe mutatja) és a szélcsatorna modellkísérlettel kapott koncentrációkat (piros oszlopok).



6. ábra Éves koncentráció átlagok két különböző építési változatnál

7. ábra Szélcsatornában és a terepen mért koncentráció értékek összehasonlítása a szélirány függvényében (Schatzmann & Leif, 2002)

### Goettinger Strasse, 1994, NO<sub>x</sub>

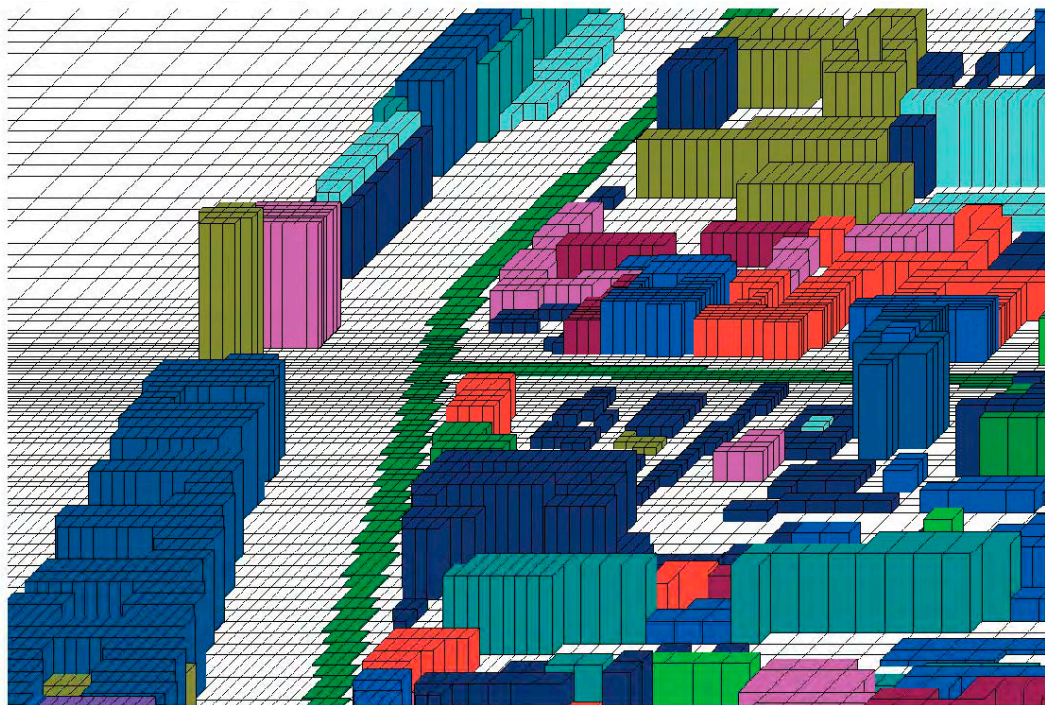


## Terjedés vizsgálatok az áramlás számításával

Az atmoszféra alsó rétegében lejátszódó áramlási és szennyező terjedési folyamatok modellezésének és így módon a várható légszennyezettség meghatározásának másik módszere az áramlási és szennyező terjedési folyamatok számításal történő meghatározása. A Tanszék az erre a célra kifejlesztett MISKAM szoftvert alkalmazza, amelyet főként német nyelvterületen használnak kiterjedten.

A többi, térbeli áramlások számítására alkalmas szoftverhez hasonlóan a számítási teret néhány millió térfogat részre, cellára osztjuk fel, és ezek, valamint egy turbulenciamodell felhasználásával adott peremfeltételek (pl. szélirány és szélesség megoszlás, domborzat) mellett numerikusan oldjuk meg az áramlást, majd a szennyező terjedést leíró differenciálegyenleteket. A MISKAM szoftver derékszögű, nem azonos térfajú hálót alkalmaz (8. ábra).

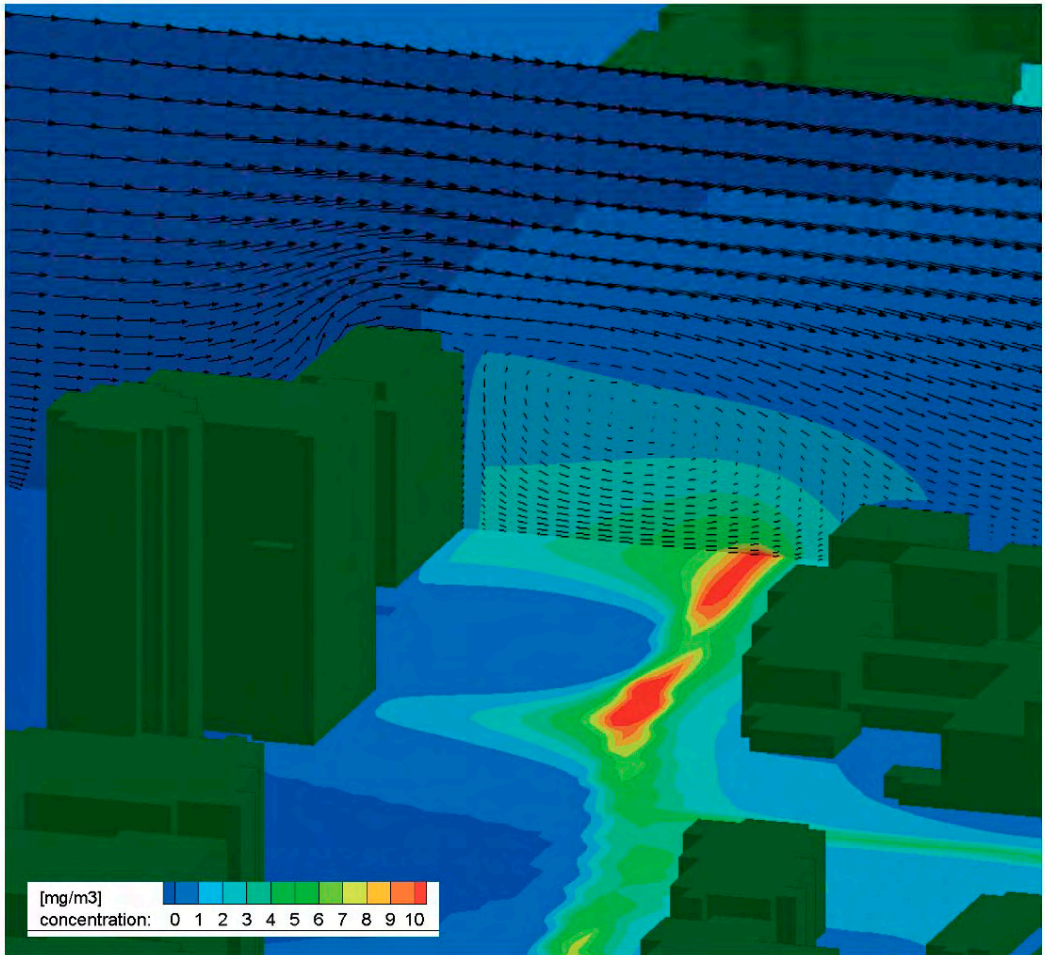
8. ábra Városrész numerikus modellje (MISKAM)



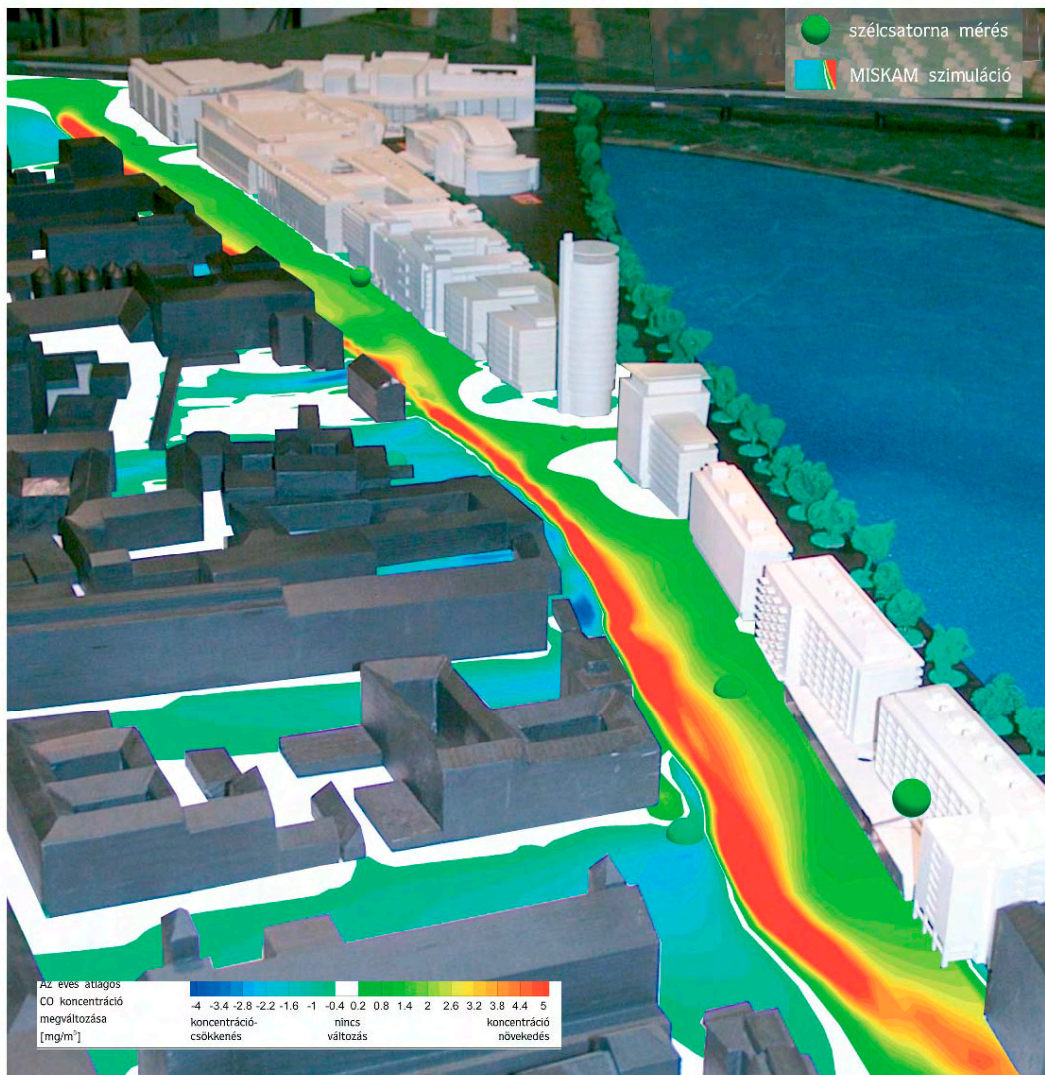
A numerikus szimulációval térbeli koncentráció megoszlásokat kapunk, amelyek alapján szemléletesen bemutatatható a levegőszennyezettség alakulása (9. ábra). (Az ábrán színek jelzik a levegőszennyezettség mértékét: piros a nagy, kék a kis értékeket.) Az ábrán jól látható, hogy milyen hatást gyakorolnak a levegőszennyezettségre a magas épületek mögött keletkező örvények és az épületek közötti utcákon beáramló tiszta levegő sávok.

A MISKAM szoftver alkalmazását egyebek között az azzal számolt és a hannoveri Göttinger Strasse-n mért koncentráció megoszlások összevetésével validálták. Hasonlóan kedvező tapasztalatokat szerezünk a számítási eredmények szélcsatorna mérésével való összevetésével (10. ábra). A szélcsatornában mért és a MISKAM szoftverrel számított koncentráció értékek jól egyeztek.

Dr. Lajos Tamás egyetemi tanár







10. ábra Szennyező koncentráció: számított (folytonos eloszlás) és mért (színes "gombok")

9. ábra Szennyező koncentráció eloszlás a Soroksári úton nyugati szélirány esetén

## Zajterhelés vizsgálat

Az M0 autópálya legközelebb eső lakóterületeket érő zajterhelést a domborzati adottságok és a beépítés nagymértékben befolyásolja.

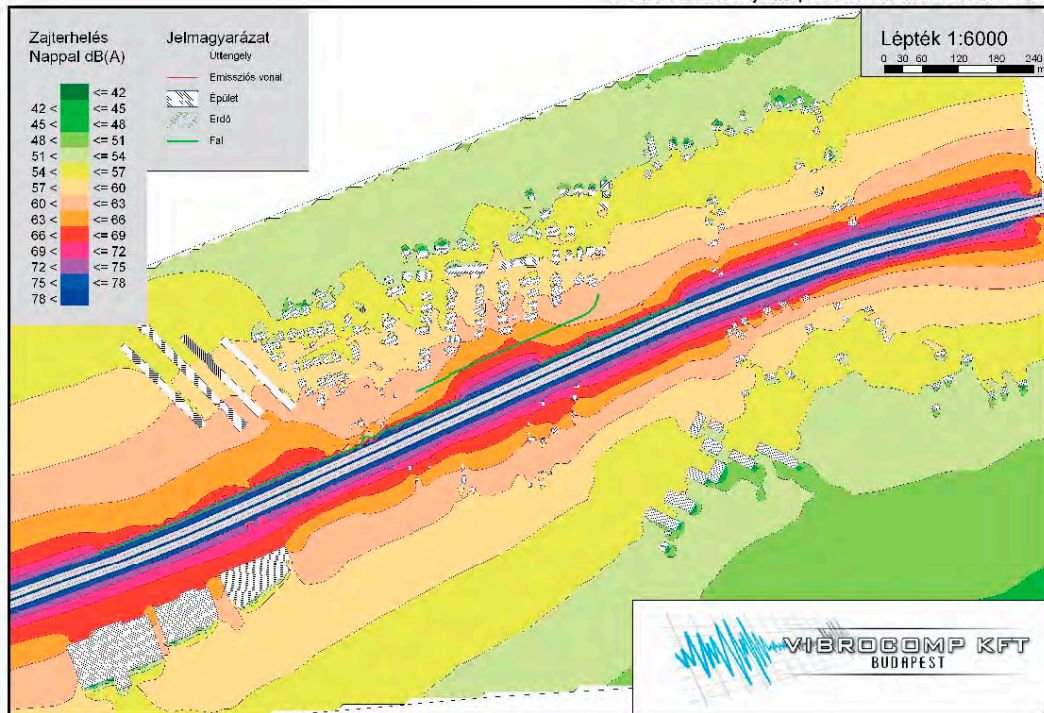
A zajszámításokat a Vibrocomp Kft. végzi a nemzetközileg és hazánkban is elfogadott, német fejlesztésű, de magyar sajátosságokat figyelembe vevő SoundPlan szoftverrel, amely alkalmas a forgalmi adatokból, valamint a domborzati és beépítési viszonyokból a zajterhelés várható értékének meghatározására, zajtérképek készítésére (11. ábra).

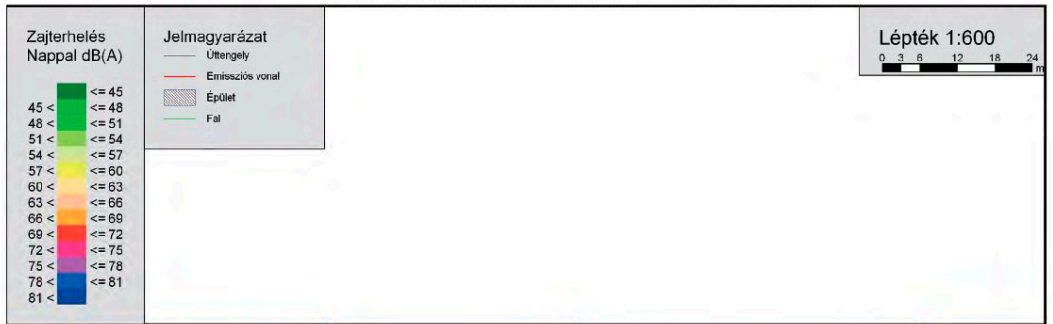
A lehetséges nyomvonalakra készülő vizsgálat eredményei elősegítik a nyomvonalak közötti választás szakmai alátámasztását.

A Vibrocomp Kft. az izophon görbékkel bemutatott zajterhelési térképeket kiegészíti a domborzatot, lakóövezetet látványosan bemutató metszetekkel (12. ábra), illetve perspektivikus zajtérképekkel (13. ábra), melyeken a lakótelep, illetve a lakott területek kerülnek ábrázolásra.

Bite Pál cégvezető

11. ábra Minta zajtérkép az M1-M7 közös szakaszára

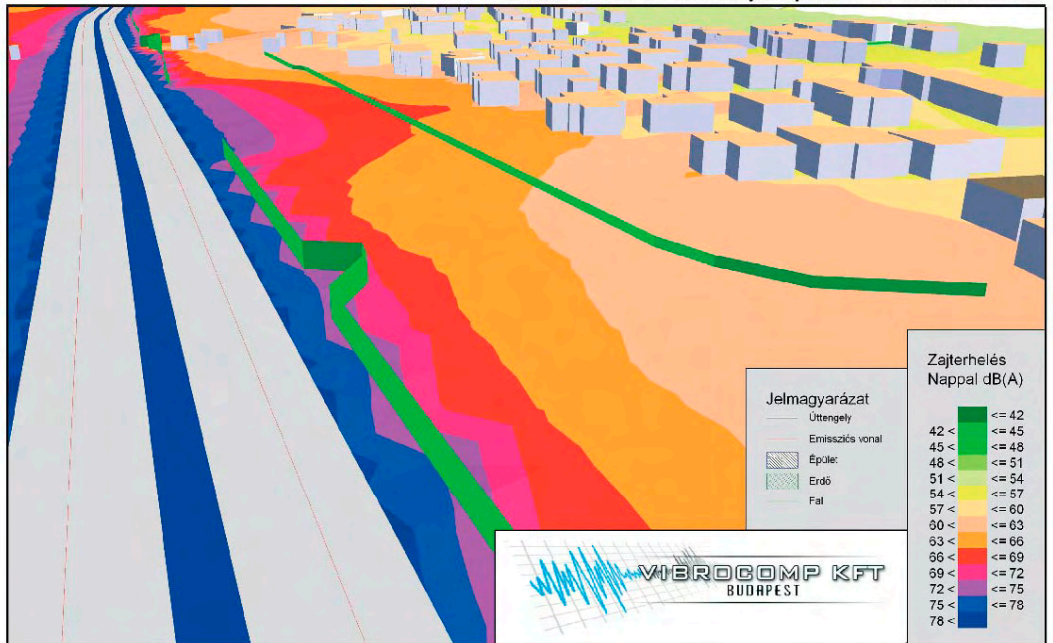


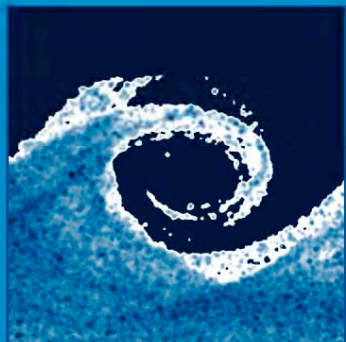


12. ábra Minta metszeti zajtérkép a zajárnyékoló falak hatásának szemléltetésére



13. ábra Minta 3 dimenziós zajtérkép az M1-M7 közös szakaszára





## Áramlástan Tanszék

H-1111 Budapest  
Bertalan Lajos u. 4-6.  
Műegyetem, AE épület

Tel.: +36-1-463-4072  
Fax: +36-1-463-3464  
lajos@ara.bme.hu

[www.ara.bme.hu](http://www.ara.bme.hu)



## Vibrocomp Kft.

H-1118 Budapest  
Bozókvár u. 12.

Tel.: +36-1-310-7292  
Fax: +36-1-319-6303  
info@vibrocomp.hu

[www.vibrocomp.hu](http://www.vibrocomp.hu)