

KÖZÚTI JÁRMŰVEK ÁLTAL KIBOCSÁTOTT SZENNYEZŐ ANYAGOK ÉPÍTETT ÉS TERMÉSZETES KÖRNYEZETBEN TÖRTÉNŐ TERJEDÉSÉNEK ELMÉLETI ÉS KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA

(NYILVÁNTARTÁSI SZÁM: T 037730)

ZÁRÓJELENTÉS (2002-2005)

I. Az OTKA projektben résztvevő kutatók:

Dr. Szepesi Zsuzsanna (témavezető)⁽¹⁾,
Dr. Lajos Tamás (megbizott témavezető),
Dr. Goricsán István (egyetemi adjunktus)⁽²⁾
Suda Jenő (egyetemi tanársegéd),
Régert Tamás (egyetemi tanársegéd)⁽³⁾
Balczó Márton Ph.D. hallgató⁽⁴⁾
Paulik Ferenc Ph.D. hallgató⁽⁵⁾,
Dezső Gábor Ph.D. hallgató⁽⁶⁾,

*⁽¹⁾ Dr. Szepesi Zsuzsanna részvétele gyermekének születése miatti távolléte következtében korlátozott volt, a témavezetést az OTKA Bizottság engedélye alapján Dr. Lajos Tamás vette át. Ezt a beszámolót is ő jegyzi.

⁽²⁾ Dr. Goricsán István (egyetemi adjunktus) 2005 évben védte meg Ph.D. fokozatát, amely jelentős mértékben támaszkodott az OTKA projekt keretében végzett kutatásaira.

⁽³⁾ Régert Tamás (egyetemi tanársegéd) néhány héttel ezelőtt nyújtotta be Ph.D. dolgozatát, amely az előző résztvevőénél kisebb mértékben támaszkodik az OTKA projekt keretében végzett kutatásaira.

⁽⁴⁾ Balczó Márton Ph.D. hallgató kutatómunkája igen szorosan kapcsolódik ezen OTKA projekthez.

⁽⁵⁾ Paulik Ferenc Ph.D. tanulmányait befejezte, és – miután egy vállalattal ösztöndíjas szerződése volt - elhagyta a Tanszéket.

⁽⁶⁾ Dezső Gábor egy éves Diploma kurzuson vett részt a Von Kárman Institute-ban, az OTKA projekt témájában végezve kutatásokat. Ennek befejezése után az Intézetben maradt, és ugyanebben a témakörében folytatta kutatásait. Ezek alapján a közeljövőben szerzi meg Ph.D. fokozatát a Louvain-i Egyetemen.

Felsorolt kutatókon kívül több egyetemi hallgató vett részt a kutatásban, ennek eredményeként számos önálló feladat, diplomaterv és szakdolgozat, született.

II. Bevezetés, a munkaterv

A járművek által kibocsátott szennyeződés jellemzően városi környezetben, különösen zárt házsorokkal szegélyezett utcákon és nagy forgalmú autópályák közelében okoz jelentős környezetszennyeződést. Adott szennyező kibocsátást feltételezve a helyi szennyező terhelés (koncentráció) kialakulásában mindkét esetben igen nagy szerepe van a szennyezőanyag terjedésének, ami döntően a konvekciótól, azaz a levegő áramlási viszonyaitól függ. Az áramlási viszonyokat egyrészt az atmoszférikus határreteg áramlás és a házsorok, ill. az autópálya környezetében lévő épületek, domborzati elemek befolyásolják. Másrészt szerepet játszik a levegőben mozgó járművek által okozott áramkép módosulás is. Így a mozgó járművekről a közegnek átadódó erő megváltoztatja az áramlást a talajszint közelében, az egyes karosszériaelemek körüláramlásánál örvények keletkeznek, és a járművek mögött megnő a turbulencia. Mindezek, valamint a kipufogógázok termikus feláramlása befolyásolják a szennyezőanyag terjedést.

A kutatás célja e komplex folyamat, és az azt befolyásoló tényezők hatásának vizsgálata, megismerése, a jelenségek elméleti hátterének tisztázása és leírása kísérleti vizsgálatokkal és a numerikus áramlástan módszereinek alkalmazásával.

A kutatási feladatokat és a várható eredményeket éves bontásban az alábbi terv szerint terveztük:

2002

Kísérleti berendezések, mérőrendszer bővítések specifikációja, beszerzésük és beüzemelésük megkezdése.

Optikai mérési módszer alkalmazásával kapcsolatos vizsgálatok, kísérletek.

Járművek körüli áramlás és a szennyezőanyag terjedés számítási lehetőségeivel kapcsolatos szakirodalom megismerése.

Az áramlási tér numerikus szimulációjának megkezdése.

Az első évben végzett tevékenység eredményeként kiegészülve rendelkezésre áll az a kísérleti technika, amire szükségünk van a szélcsatorna vizsgálatok elkezdéséhez. Másik eredmény, hogy elegendő ismeret és kezdeti eredmény áll rendelkezésre az áramlások numerikus szimulációjának széles körű alkalmazásához.

2003

A járművek mozgását és kibocsátását szimuláló rendszer kifejlesztése, kísérleti tapasztalatok szerzése.

Járművek körüli áramlások és a szennyezőanyag terjedés számítása. Járművek körüli áramlások és a szennyezőanyag terjedés kísérleti vizsgálatának megkezdése. A számítási és mérési eredmények összehasonlítása.

Utciókban kialakuló áramlás és terjedés számítása.

A második év eredményeként rendelkezésre áll a járművek mozgásának és kibocsátásának szimulálására alkalmas kísérleti berendezés, amivel a szélcsatorna mérések kibővíthetők. Másik fontos eredmény, hogy mérésekkel verifikált számítási módszer áll rendelkezésre a járművek körüli áramlás és szennyező terjedés számításához.

2004

Járművek körüli áramlások és a szennyezőanyag utcákban való terjedésének együttes numerikus áramlástan vizsgálatának folytatása. Utcában jármű modellek hatására is kialakuló áramlás és terjedés mérése. A mérési és számítási eredmények összevetése.

Autópálya áramlási és terjedési viszonyainak vizsgálata számításokkal és modellkísérletekkel.

A harmadik évben végzett tevékenység eredményeként számos kísérleti tapasztalat áll rendelkezésre a járművek kipufogó gázainak elkeveredése, városi környezetben való terjedése és a folyamatok numerikus szimulációja tekintetében. Tapasztalatok, mérési eredmények állnak rendelkezésre az autópályákon kibocsátott szennyeződés terjedéséről, ennek befolyásolási lehetőségeiről.

2005

Paramétervizsgálatok elvégzése. Az egyesített számítási módszerekkel kapott eredmények kísérleti ellenőrzése. A számítási és kísérleti eredmények összefoglalása, integrálása. Az eredmények közzététele.

Az utolsó év munkájának eredményeként rendszerezetten rendelkezésre állnak és közlésre kerülnek mindazon elméleti és gyakorlati ismeretek, következtetések, amelyeket a munka során megszereztünk.

III. A kutatás során elvégzett feladatok, eredmények

A kutatás során elvégzett munkát és az elért eredményeket azokat tematikusan rendezve mutatjuk be.

1. A járművek körüli áramlás vizsgálata a szennyező kibocsátás helyes modellezése érdekében.

A szennyezők légköri terjedésére – különösen viszonylag kis szélességek esetén – jelentős hatása van a járművek körüli áramlásnak. A szélcsatorna modellezés és a numerikus szimuláció pontosságát, megbízhatóságát nagymértékben befolyásolja, hogy mennyire vesszük figyelembe a járművek körüli áramlás hatásait a nyomgáz kibocsátására használt források kivitelezésénél.

Ezért álló és áramló levegőben mozgó tompa testek (járművek) körüli áramlás szennyező terjedés szempontjából fontos jellemzőinek (jellegzetes áramlási struktúrák, turbulencia) megismerésére numerikus szimulációt végeztünk a 80-as években tanszékünk szélcsatornájában mért autóbussz

modell körüli áramlás leírására. A szimuláció jó eredményt adott: mind a számolt nyomásmegoszlás, mind pedig a sárcseppek pályája jó egyezést mutatott a mérésekkel. A munka eredményeiről a [2], [3] publikációkban számoltunk be.

Megterveztük és elkészítettük a Tanszék NPL szélcsatornában végzendő szennyező terjedés modell vizsgálathoz szükséges eszközöket. Ennek keretében autóbuszmodell mögötti háromdimenziós szennyezőanyag-mező részletes feltérképezése volt célunk. A mintavételezésen alapuló gázkoncentráció mérés eredményeként a modell mögötti térrészben több száz pontból álló rács pontjaiban meghatároztuk a kipufogógáz koncentrációjának eloszlását. A kísérletek eredményeként a numerikus modell ellenőrzése, ill. a forrástagok parametrizálása vált lehetővé. A numerikus szimuláció és a mérések eredményeit figyelembe vettük a vonalforrások kialakításánál mind a terjedés vizsgálatára épített szélcsatorna modelleknél, mind pedig a numerikus szimulációknál. A mérések hozadéka volt az a megállapítás, hogy a jövőben a mérés gyorsítása érdekében az optikai koncentrációmérés alkalmazása lenne célszerű, amelyre vonatkozóan az első lépéseket megtettük (egyebek mellett lézerek előállítására alkalmas berendezés fejlesztése). [13]

Az áramlás numerikus szimulációjának kutatására irányuló T 037651 sz. OTKA projekttel együttműködve vizsgáltuk a kerékszekrényben létrejövő áramlást, amely jelentősen befolyásolja a járművek körüli áramlást és ezáltal a szennyező terjedést. A számítások és a szakirodalomban fellelhető mérések jó egyezést mutattak. Régebben Tamás doktorandusz e téma tanulmányozása céljából 3 hónapot töltött a Siegeni Egyetemen és 9 hónapot a Von Kármán Institute-ban [5], [9].

2. A épületek körüli áramlás numerikus szimulációval történő vizsgálata a szennyező terjedésre gyakorolt hatásmechanizmusok megismerése, valamint megbízható eredményeket szolgáltató modellek kidolgozása céljából.

Az áramlás numerikus szimulációjának kutatására irányuló T 037651 sz. OTKA projekttel együttműködve, de a jelen OTKA projekt kutatási céljait figyelembe véve vizsgálatokat végeztünk épületek körüli áramlás numerikus szimulációjával. A kutatás célja volt információk és tapasztalatok szerzése bonyolult turbulens áramlások numerikus áramlástan módszereivel történő meghatározásának lehetőségeiről, az eredmények megbízhatóságának feltételeiről. E munkafázis keretében numerikus szimulációval meghatároztuk a Budapest Sportaréna és egy német jégstadion sátorfeteje körüli áramlást és nyomásmegoszlást, és az eredményeket összehasonlítottuk az épületek modelljeinek általunk végzett szélcsatorna méréseivel. A munka eredményeként megállapítottuk azokat a modellezési feltételeket (numerikus háló sajátosságai, turbulencia modell), amellyel jó egyezést kaptunk. A vizsgálat eredményei alapján meghatároztuk azokat a feltételeket, amellyel egy épület közelében az áramlás és ezen keresztül a szennyező terjedés korrekten számolható. Ilyen számításoknak nagy jelentősége van pl. légszennyezést okozó balesetek esetén a menekülési

útvonalak meghatározásában, az épület szellőzőrendszerének tervezésében (elhasznált levegő kibocsátás és frisslevegő bevezetés helyének meghatározása). A vizsgálatok eredményeiről a [20] publikációban számoltunk be.

3. Épületek, domborzati elemek, mozgó járművek és termikus hatások által befolyásolt áramlási terek szennyező terjedés szempontjából fontos jellemzőinek megismerésére irányuló terjedés vizsgálatok

Egy szakdolgozat keretében [4] szélcsatorna kísérleteket végeztünk városi környezetben lévő pontszerű kibocsátás (egy gázmotor kipufogórendszere) által a környező épületek felületén okozott légszennyeződés meghatározása és az áramlás jellemzőinek megismerése érdekében. Hasonló vizsgálatot végeztünk az áramlás numerikus szimulációjával is Ph.D. kutatás keretében.

Ugyancsak szélcsatorna kísérletet és numerikus szimulációt végeztünk Ph.D. kutatások keretében egy sérült gázvezetékben kiáramló gázsugar áramlásának és hígulásának meghatározása érdekében.

A projekt keretében végzett munkánk egy részét a járművek mozgását és a szennyezőanyag kibocsátását szimuláló rendszer fejlesztése tette ki. Nemzetközi tapasztalatok alapján kifejlesztettünk egy szimulációs rendszert, amely segítségével szélcsatornában modellezhető a városi környezetben haladó járművek helyi zavarása, az áramlásra és így a szennyezőanyag-terjedésre gyakorolt hatása. A rendszer két végtelenített futószalagra rögzített modellautókkal szimulálja a járműforgalmat. A változtatható sebességű és irányú szalagok alkalmasak különböző (egyirányú, kétirányú, változó sebességű) forgalmi szituációk modellezésére. A közlekedést szimuláló fenti rendszert egyszerűsített kétdimenziós utca-kanyonban (párhuzamos házsorok közé) rögzítettük, és a szélcsatorna mérőterében különböző irányú áramlásban mértük a koncentráció eloszlást az utca keresztmetszetben és a házak felületén.

A kísérleti vizsgálatok eredményeit numerikus szimuláció segítségével kapott értékekkel vetettük össze. Ehhez a FLUENT általános célú és a MISCAM speciális diszperziós szoftvercsomagokat használtuk. Az előbbi kód lehetőséget ad ún. forrástagok alkalmazására. Ezek a járművek által keltett turbulencia és a kibocsátott szennyezőanyag helyi modellezésére alkalmasak. A numerikus szimuláció sikere nagyban függ a paraméterezéstől, amelyhez az 1. pontban ismertetett numerikus szimulációk és szélcsatorna vizsgálatok szolgáltatnak alapot. Kidolgoztuk a FLUENT-ben alkalmazható forrástaggal bővített modell paraméterrendszerét. Vizsgáltuk a modell hálófüggetlenségét és a turbulencia modellek alkalmazhatóságát. Az utcakanyonban, ill. városi környezetben kialakuló áramlás és szennyezőanyag terjedés vizsgálatát diplomatervezők bevonásával, szélcsatorna mérésekkel és a terjedés numerikus szimulációjával végeztük el.

Hasonlóan a kis szélességek melletti atmoszférikus áramlásokhoz, a teremáramlásoknál is nagy szerepe van a termikus feláramlásoknak. A peremfeltételek pontosabb megadhatósága miatt a termikus feláramlások

figyelembe vételével történő terjedésszámításokat először termekben végeztük el. A kis áramlási sebesség melletti, sűrűségkülönbség által vezérelt transzportfolyamatok jobb megértése végett vizsgáltuk pontszerű forrásból kibocsátott szennyezőanyag zárt térben lejátszódó diszperzióját kísérleti és numerikus áramlástanú úton. [14]

4. A szennyező kibocsátás helyes modellezésére vonatkozó vizsgálatok

Összefoglaltuk a vonalforrások szélcsatorna méréseknél történő alkalmazásával kapcsolatos szakirodalmi ismereteket és saját tapasztalatainkat annak érdekében, hogy meghatározzuk azon módszereket és követelményeket, amelyek alkalmazásával, ill. betartásával a számításoknál és a szélcsatorna kísérleteknél a közlekedési szennyezők kibocsátása helyesen szimulálható egy vonalforrással.

Különböző vonalforrás-kialakításokat vizsgáltunk szélcsatorna-mérések segítségével. A méréseket a hannoveri Podbielski-Strasse modelljén végeztük, mivel ennek az utcának a légszennyezettségi viszonyairól számos helyszíni mérési adat és szélcsatorna, valamint numerikus szimulációs eredmény áll rendelkezésre az irodalomban.

A szélcsatorna mérések mellett MISKAM numerikus szimulációs szoftverrel is végzetünk számításokat. Hatféle vonalforrás vizsgálata során szerzett tapasztalataink szerint a vonalforrás kialakítása jelentősen befolyásolta a szennyezőanyag-terjedést az utcakanyonban. A korábban használt vonalforrás-típusra helyezett vékony szűrőszövet használata csökkentette a csúcskoncentrációkat, mivel a korábbinál egyenletesebb, a vonalforrás teljes felületén eloszló, csökkentett kilépősebességet hozott létre. Másrészt a vastag szűrőszövetek használata a nehezebb kezelhetőség (összenyomódás miatti egyenetlen nyomásesés, tömítetlenségek) miatt nem hozta meg a várt eredményt [15].

5. A levegő szennyeződés városi környezetben történő terjedése jellemzőinek vizsgálata

A kutatás fő célkitűzésének elérése végett városi környezetben lejátszódó nagyszabású szennyezőanyag terjedési vizsgálatokat végeztünk. Ennek keretében modelleztük a Duna Petőfi- és Lágymányosi-híd közti pesti partszakaszát a IX. kerület nagy részével együtt. A modellezett területet több nagy forgalmú út szeli ketté (É-D irányban a Soroksári, K-NY irányban pedig a Haller utca), modelleztük továbbá a hidakon bonyolódó forgalom szennyező hatását is. A vizsgált terület 24 pontjában mértük a nyomgáz koncentrációját különböző szélirány és forgalomsűrűség mellett. Egy módszert dolgoztunk ki, amellyel a mért vagy számított dimenziótlan koncentrációból a szélesség, szélirány és forgalomsűrűség időbeni megoszlását figyelembe véve meghatározható az adott mérési pontban a várható szennyezőanyag terhelés órás, napi és éves felbontásban.

Elvégeztük a szennyezőanyag-terjedés numerikus szimulációját is, ehhez a már említett FLUENT és MISKAM kódokat használtuk. A numerikus

szimuláció nemzetközi összehasonlításban is igen átfogó, komplex és nagy területre kiterjedő volt. Különösen a számított eredmények mérésekkel történt összehasonlítása keltett igen kedvező nemzetközi visszhangot [8] [11] [12] [21] [22].

Egy környezetmérnök hallgató részvételével a MISKAM numerikus szimulációs szoftver segítségével végeztünk kiegészítő számításokat a Millenniumi városközpont modelljén, 5 szélirányra. A 2 milliós cellaszámú számítás eredményeinek a régebbi, 1 milliós számítás eredményeivel összevetve megállapítható volt a hálózás hatása. A számítás kiértékelése alapján megállapítható, hogy a nagy koncentrációjú (forrásközeli) mérőpontokban jelentős (10-30%-os) eltérések is előfordulnak a két különböző hálózással kapott eredmények, valamint a MISKAM számítások és a szélcsatorna mérés eredményei között. Ennek oka a szélcsatornában és a számításban használt különböző vonalforrás, illetve a forrásközeli, meredek koncentráció változáshoz képest nem elég sűrű számítási háló. Megállapítottuk továbbá, hogy a forrástól távoli, kis koncentrációjú helyeken a két MISKAM számítás jó egyezést mutat, tehát ezen pontokban a megoldás hálófüggetlennek mondható. Ezen pontokban a szélcsatorna méréssel való egyezés is megfelelő volt.

Szélcsatorna és numerikus áramlástan vizsgálatokat végeztünk pont- és kisméretű felületi forrásból (balesetből) származó szennyezés városi környezetben és adott domborzati viszonyok melletti terjedésének meghatározására.

A számítási és mérési eredmények összehasonlítása során szerzett tapasztalatok alapján összegezve megállapíthatjuk, hogy az egyezés általában kielégítő, azonban a mikrometeorológiai, ill. áramlási-terjedési folyamatok kellő pontosságú numerikus szimulációja további fejlesztéseket igényel (forrástagok). Ennek érdekében folytattuk az egyedülálló jármű szennyezőanyag terjedésre gyakorolt lokális hatásának kísérleti vizsgálatát. A városi környezetben történő szennyezőanyag terjedés szélcsatorna vizsgálatokor alkalmazott vonalforrás elemeket is továbbfejlesztettük. Hosszabb távú célunk olyan eszközök és eljárások fejlesztése, amelyek a nyomgáz egyenletesebb elosztását teszik lehetővé, továbbá alkalmas a szennyezőanyag levegőtől eltérő sűrűségéből adódó hatások modellezésére is.

A vizsgálatok lehetőséget adtak a szennyező források osztályozására immiszió növelő hatásuk és hatásmechanizmusuk tekintetében. Ez az osztályozás szempontokat adhat a várostervezők számára.

Részletes vizsgálatokat végeztünk annak kiderítésére, hogy adott épület együttes és forgalomsűrűség esetén milyen eszközökkel lehet az immisziót csökkenteni. Megállapítottuk, hogy a lehetőségek igen korlátozottak, a növényzet a helyi szélesebbesség csökkentése miatt inkább növeli a koncentrációt. Helyi védelmet nyújthatnak pl. összefüggő sövények. [20]

6. Városrészek átszellőzésének, szélkomfortjának vizsgálata

Különösen nyáron, és kisebb szélesebbégek esetén van jelentősége a városrészek átszellőzésének. Ezért vizsgáltuk városrészek átszellőzési

jellemzőit különböző épületkonfigurációk esetén. Ennek keretében kidolgoztunk egy, a homokeróziós eljárásra épülő módszert lakott területek átszellőzésének számszerű minősítésére. Ezen eljárás segítségével a tervezett beruházások (épületek, parkok, stb.) átszellőzésre gyakorolt hatása, a korábbi, kvalitatív eredményt adó módszerekkel ellentétben számszerűsíthető, és így az adott változatok könnyebben minősíthetők. [11] [18]

7. Ismétlődő felületi érdekességi elemek modellezésének fejlesztése

Városi környezetben és erdős területen történő szennyező terjedés numerikus modellezéséhez szükség van az épületek és a növényzet áramlásra, és ezáltal a szennyezőanyag terjedésre gyakorolt hatásának a figyelembe vételére. Gyakran adódik olyan feladat, amelynél viszonylag homogén „érdekességi elemek” (azonos, vagy hasonló lakóépületekből álló lakótelepek, lakóparkok, erdők, parkok) numerikus modellezésére van szükség. A modellkészítés költségei és időigénye miatt nem gazdaságos, ill. a számítási idő megnövekedése miatt nem reális egy nagyobb városi területen valamennyi épület, fa, stb. egyenként történő modellezése, noha ezek hatásának figyelembe vételére feltétlen szükség van. Ezért olyan módszert kell keresnünk, amellyel az ismétlődő házak, utcák, fák helyettesítésével kialakított, egyszerűbb numerikus modell alkalmazásával is jó eredményt érünk el. Abból a feltevésből indultunk ki, hogy ezek a homogénnek tekinthető felszíni elemek (amelyeket érdekességnek is nevezhetünk) a numerikus modellben rétegekkel helyettesíthetők, amelyekben impulzus, turbulens mozgási energia és disszipáció forrásokat helyezünk el, amelyek közel azonos hatást gyakorolnak az áramlásra és a terjedésre, mint a valóságos épületek, fák.

Az impulzus, turbulens mozgási energia és disszipáció források jellemzői numerikus szimuláció segítségével, kísérleti úton, vagy szakirodalomból kivehető adatok alapján határozhatók meg.

Első lépésként áramlásra merőlegesen elhelyezkedő és periodikusan ismétlődő házsorokból álló, különböző szélességű utcákban és a fölöttük lévő áramlást határoztuk meg numerikus szimulációval. Külön vizsgáltuk a periodikusan elhelyezkedő házsorok esetén a kétdimenziós áramlás sajátosságait. Kocka alakú épület együttesek (áramlásra merőleges és áramlásirányú épület sorok, valamint sakktábla-szerűen elhelyezett épületek modellek) körüli áramlás számításából tapasztalatokat gyűjtöttünk érdekességi elemek számításával kapcsolatban, és adatokat kaptunk a porózus réteggel való szimulálás céljaira.

A numerikus elemzések mellett kiterjedt kísérleti vizsgálat sorozatot végeztünk a Tanszék NPL szélcsatornájában annak érdekében, hogy szélcsatorna modellezésnél alkalmazott erdő és elővárosi ház-csoport modellek numerikus modellezéséhez a fentiek szerinti forrástagok értékét meghatározzuk. Ennek során az áramlás irányban 3 különböző hosszúságú erdő, ill. ház-csoport modell alkalmazásával a modell előtt, fölött és mögött több metszetben lézer Doppler anemométerrel mértük a sebesség és a turbulenciafok függőleges menti és keresztirányú változását.

A vizsgálatok eredményeként a szakirodalomban található adatokat is figyelembe véve meghatároztuk az erdőt helyettesítő porózus réteg forrástagjait és numerikus szimulációval meghatároztuk az erdőben kialakuló áramlási viszonyokat.

A harmadik modellezendő homogén felszíni elemként a városi utcák 3-5 emeletes épületeit választottuk. Hődrót anemométer alkalmazásával nagyváros modellen sebesség és turbulencia intenzitás méréseket végeztünk szélcsatornában a forrástagok meghatározása érdekében.

Vizsgálatokat végeztünk a mérési eredmények alapján meghatározott forrástagokkal létrehozott porózus modell által szolgáltatott áramkép és a valóságos mért áramkép összehasonlításával a modellezési módszer fejlesztése érdekében. [10] [16]

8. Nehéz gázok terjedésének vizsgálata

Korábbi légköri terjedés vizsgálatainkat (a szélcsatorna vizsgálatokat és a numerikus modellezést egyaránt) levegőhöz hasonló sűrűségű gázokkal végeztük. A szakterületen időközben lejátszódott fejlődés aktuálissá tette olyan kutatások végzését, amelyek eredményei lehetővé teszik a levegőnél nehezebb gázok légköri terjedésének leírását a meteorológiai hatások, a domborzat, a növényzet és a terep beépítettségének figyelembe vételével.

A Tanszék nagy vízszintes szélcsatornájában és az NPL csatornában különböző szélviszonyoknál (irány, megfúvás sebessége, jellege), gázjellemzőknél (metán és nyomgáznak használt SF₆) és modellezett légköri turbulencia viszonyok (elővárosi és stabil atmoszférarétegződés) mellett szélcsatorna terjedés vizsgálatokat végeztünk. Ehhez kialakítottuk a modellezéshez szükséges térinformatikai adatbázist és elkészítettük Várpalota (Pét) környezetének 1:2500 és Budapest Illatos úti objektumok és környezetük 1:1000 léptékű szélcsatorna modelljét.

Az NPL szélcsatornában modellkísérletekkel vizsgáltuk az a forrástagok meghatározásához használt, egyszerű város és erdő modell feletti metán és SF₆ nehézgáz terjedését. Célunk tekintettük, hogy az erdők, domborzat, ill. épületek jelenlétében tapasztalatokat szerezzünk a szennyező terjedés jellemzőiről, a gáz sűrűség hatásáról, valamint, hogy mérési adatokat szerezzünk a FLUENT-tel végzett numerikus szimuláció eredményeinek validálásához.

Elkészítettük mindkét (terep és városi) szélcsatorna modell numerikus modelljét, majd a FLUENT szoftver felhasználva numerikus szimulációval meghatároztuk mindkét a vizsgált objektum: Várpalota (Pét) mellett lévő vegyipari komplexum és Budapest Illatos úti objektumok környékén az áramlási és terjedési viszonyokat különböző sűrűségű gázok esetén.

8. Az OTKA projekt további kihatásai közvetett eredményei

A fentiekben felsorolt, részben az OTKA által támogatott, részben tanszéki saját forrásból fedezett infrastrukturális fejlesztések mellett azon számítási és szélcsatorna mérési módszerek kifejlesztése érdekében, amelyekkel

különböző városépítési, domborzati, szél és közlekedési viszonyoknál előre becsülhető a környezet terhelése, ill. meghatározhatók a környezeti terhelést csökkentő tényezők, 2002 év végén a Tanszék udvarán felállításra került az ÉMI Kht-tól kedvezményes áron megvásárolt határréteg szélcsatorna és a Tanszékre kerültek az ahhoz tartozó felszerelések, műszerek. (A zárt mérőtér keresztmetszete 2,2 m x 1,4 m.) Ez az igen jelentős beruházás, amelyet a BME kutatásfejlesztési pályázata és saját források támogattak, nagymértékben megjavította a jelen projekt végrehajtásának eszköz hátterét. 2002 évben jelentősen fejlődött a Tanszék mérési infrastruktúrája: pályázati támogatásokból és saját bevételből megvásároltunk és több vonatkozásban (mozgatószerkezet, kiértékelő program fejlesztése) továbbfejlesztettünk egy korszerű lézer-Doppler anemométert, amely – terven felül – jelentős szerepet játszott a projekt végrehajtásában.

A szakirodalom feldolgozása keretében számos közlemény feldolgozása mellett tanulmányoztuk a szennyezők terjedésével kapcsolatos vonatkozó jogszabályokat is. A 2003. év során, a kutatási terven kívül, de ahhoz szorosan kapcsolódva a tanszéki kutatócsoport, Dr. Lajos Tamás vezetésével megalakult munkacsoport tagjaként részt vett a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium megbízásából végzett „Az alap légszennyezettség meghatározási módszertanának kidolgozása” c. munkában. Ennek keretében a munkacsoport kigyűjtötte és értékelte a hatályos jogszabályok vonatkozó részeit, álló és mozgó légszennyező források környezetében kialakuló szennyezettség meghatározásával kapcsolatos előírásokat, és jelentős részben a jelen OTKA pályázat keretében végzett kutatások eredményeire támaszkodva kidolgozott egy segédletet az alap, kiegészítő és mértékadó légszennyezettség meghatározására, valamint a zónák és agglomeráció immissziójának meghatározására vonatkozó rendeletek alkalmazására.

A tanszéki kutatócsoport kidolgozta továbbá a szélcsatorna modellkísérletek, valamint az áramlás numerikus szimulációjának az alap légszennyezettség, valamint az álló, vagy mozgó légszennyező források környezetében kialakuló szennyezettségi viszonyok meghatározásánál történő alkalmazásának kritériumait és módszereit. A munka eredményeit a környezetvédelmi felügyelőségek számára készült Segédletben publikáltuk [6].

Az elvégzett munka részben a munkaterv szerint folyt, azonban a nemzetközi trendeknek megfelelően munkánk súlypontja áttolódott komplex terjedési feladatok szélcsatorna mérési és numerikus szimulációs megoldására. Ez a megközelítés ugyanis lehetővé teszi a kibocsátási feltételek hatásának pontosabb becslését és az egyes járművek hatása modellezésével kapcsolatos kutatási célok adekvát megfogalmazását

A kutatás négy éve során a Kutatási szerződésben leírtaknak megfelelően jártunk el, a támogatást az ott megfogalmazott célok eléréséhez használtuk fel. Az Áramlástan Tanszék kutatócsoportja ezúton is köszönetet mond az OTKA-nak a kutatás anyagi támogatásáért.

Irodalomjegyzék

- [1] KRISTÓF G., LOHÁSZ M., RÉGERT T., LAJOS T.: **Numerikus áramlástan alkalmazások az épületgépészetben**, Magyar Épületgépészet LI. 2002/8, pp. 15-18, 2002
- [2] LAJOS T., RÉGERT T., DÁVID, N.: **Az áramlástan jelentősége az autóbussz karosszéria tervezésben**, 33. Autóbussz Szakértői Tanácskozás és Nemzetközi Gépjármű-biztonsági Konferencia, Keszthely, 2002
- [3] LAJOS T., RÉGERT T., DÁVID, N.: **Az áramlástan jelentősége az autóbussz-karosszériák tervezésben**, Járművek, 49. 2002 október, pp. 4-8, 2002
- [4] MÓCZIK L.: **Épületek közelében elhelyezett pontszerű forrásból kibocsátott szennyezőanyag terjedés vizsgálata**, Szakdolgozat, BME Áramlástan Tanszék, 2002, 2002
- [5] T. RÉGERT, T. LAJOS: **Numerische Untersuchung der Rad-Radhausströmung**,, Wissenschaftliche Mitteilungen der 14. Frühlingsakademie, 2002, pp. 77-88, 2002
- [6] LAJOS T. (szerkesztő): **MÓDSZERTANI SEGÉDLET az alap légszennyezettség és a légszennyező források környezetében**, módszertani segédlet, BME Áramlástan Tanszék pp. 1-85, 2003
- [7] LAJOS T., KRISTÓF G.: **A fejlett numerikus szimulációk alkalmazása a védelmi technológiákban**, 2nd International Symposium on Defence Technology, pp. 218-226, 2003
- [8] T. LAJOS, ZS. SZEPESI, I. GORICSÁN, T. RÉGERT, J. SUDA, M. BALCZÓ: **Wind tunnel measurements and numerical simulation of dispersion of pollutants in urban environment**, Proceedings of Conference on Modelling Fluid Flow, pp. 507-514, 2003
- [9] T. RÉGERT, T. LAJOS: **Investigation of flow field past rotating wheels of cars**, Proceedings of Conference on Modelling Fluid Flow, pp. 387-393, 2003
- [10] CSÉCS, Á., CSURGAI, J., GORICSÁN, I., PINTÉR, I., ZELENÁK, J.: **ABV (NBC) anyagok városi környezetben és terepen történő terjedésének numerikus szimulációja és szélcsatorna modellkísérlete**, III. International Symposium on Defense Technology, 19-20. Apr. 2004 Budapest, Hungary, 2004
- [11] GORICSÁN I., BALCZÓ, M., RÉGERT, T., SUDA, J.M.: **Comparison of Wind Tunnel Measurement and Numerical Simulation of Dispersion of Pollutants in Urban Environment**, Impact of Wind and Storm on City Life and Built Environment, ed. by J.P.A.J. van Beeck, COST C14 International Conference on Urban Wind Engineering and Buildings Aerodynamics, pp. D.6.1-D.6.10, 2004

- [12] RÉGERT, T., LAJOS, T., CSÉCS, Á., GORICSÁN, I., BALCZÓ, M.: **Dispersing Urban Pollutants in Budapest**, FLUENT News, Spring 2004, p. 17., 2004
- [13] SCHWARCZKOPF A.: **Járműmodell mögötti koncentrációmező szélcsatorna vizsgálata**, Önálló feladat, BME Áramlástan Tanszék, 2004
- [14] SZUCSÁN Z.: **Szennyezőanyag terjedés vizsgálata utcakanyonban**, Diplomaterv, BME Áramlástan Tanszék, 2004
- [15] VARGA M.: **Közlekedésből származó szennyezőanyag kibocsátás fizikai modellezésének vizsgálata nagyvárosi környezetben**, Diplomaterv, BME Áramlástan Tanszék, 2004
- [16] ÁCS B., CSÓK L., CSURGAI J., GORICSÁN I., HALÁSZ L., LAJOS T., PINTÉR I., SOLYMOSI J., VINCZE Á., ZELENÁK J.: **ABV-anyagok terjedésének numerikus, számítógépes szimulációja**, Haditechnika 2005/01 pp. 13-19., 2005
- [17] GORICSÁN I.: **Kétdimenziós fennsíkmódellet feletti áramlási mező vizsgálata szélenergetikai megfontolások alapján**, Gép LVI Évf. 2005/1, pp. 15-17., 2005
- [18] GORICSÁN I.: **Atmoszférikus határrétegben lejátszódó áramlási és transzportfolyamatok**, Disszertáció, BME Áramlástan Tanszék, 2005
- [19] GORICSÁN, I., LAJOS, T.: **Numerical simulation of atmospheric flows using FLUENT**, microCAD'05 Proc. of the International Scientific Conference, Section F: Fluid and Heat Engineering, pp. 25-30, ISBN 963 661 652 3, 2005
- [20] LAJOS T., GORICSÁN I., LOHÁSZ M., RÉGERT T., BALCZÓ M.: **Városok légszennyezettségének, valamint épületek és szerkezetek szélterhelésének meghatározása szélcsatornavizsgálattal és az áramlás numerikus szimulációjával**, Gép LVI Évf. 2005/1, pp. 3-8., 2005
- [21] LAJOS, T., GORICSÁN I., BALCZÓ M.: **Wind tunnel measurement and numerical simulation of pollutant dispersion in urban environment**, Proc. of PHYSMOD 2005, Int. Workshop on Physical Modeling of Flow and Dispersion Phenomena, London, Ontario, Canada, pp. 56-57., 2005
- [22] M. BALCZÓ, T FARAGÓ, T. LAJOS: **Modelling urban pollution dispersion by using MISKAM**, microCAD 2005 International Scientific Conference, University of Miskolc, Hungary March 10-11. 2005, 2005