

# Zárójelentés

Projekt nyilvántartási száma:	DERI_06 AEROSZOL1
Projekt címe:	Eszközfejlesztés az inhalált aeroszol szennyezők egészségi hatásának meghatározásához
Munkaszakasz száma:	1.-4. munkaszakasz (zárójelentés)
A bemutatott időszak:	2007. 01. 01. – 2010. 01. 01.
Kedvezményezett szervezetek:	Technoorg-Linda Tudományos Műszaki Fejlesztő Kft.  Magyar Tudományos Akadémia KFKI Atomenergia Kutatóintézet  Envi-tech Kft.
Projektvezető:	Szigethy Dezső,  a Technoorg-Linda Kft. ügyvezető igazgatója

Budapest, 2010. január 12.

## **A pályázat során megvalósult eredmények összefoglaló rövid bemutatása**

A projekt előrehaladása a szerződés ütemterve szerint történt, a kitűzött feladatok és részfeladatok maradéktalanul teljesültek. A teljesítés során jó együttműködés alakult ki a kutatóintézetek és a fejlesztő ipari résztvevők között, amit a tudományos eredmények sikeres alkalmazása bizonyít. A program lebonyolítása közben a résztvevő konzorciumi tagok több szakmai megbeszélést tartottak, amelyek elősegítették a kutatási témák előrehaladását. Az eredmények nagy részét bemutattuk nemzetközi konferenciákon, és publikáltuk nemzetközi szaklapokban. A projekt kapcsán született számos publikáció referenciáját (3 könyvfejezet, 15 nemzetközi impaktfaktoros folyóiratban megjelent cikk, 1 hazai folyóiratban megjelent cikk, 9 konferenciacikk és 32 konferencia absztrakt) a beszámoló végén soroljuk fel. Egyes fejlesztési eredmények hasznosultak, mások közel kerültek az ipari hasznosításhoz.

Az első két munkaszakaszban az alap- és alkalmazott-kutatásra összpontosítottunk, míg a harmadik és negyedik munkaszakaszban fokozott figyelmet szenteltünk az eredmények alkalmazására, hasznosítására és piacra-vitelére, az utóbbi feladatokat a programban résztvevő két vállalkozás vezette.

A pályázat során, számos nemzetközileg is egyedülálló eredményt értünk el. A pályázat futamideje alatt létrehoztunk egy „state-of-the-art” technológiákon alapuló mérőberendezést a levegőáramlási tér, a részecsketranszport és a részecskekiülepedés vizsgálatára az emberi légzőrendszer légútjait reprezentáló üreges modellekben. A létrehozott bronchiális üvegcsőmodell, a realisztikus geometriájú üreges műgyanta tüdőöntvény, és e modellekben kialakuló áramlási és kiülepedési viszonyok mérésére szolgáló optikai rendszer együttesen jelentős tudományos eredmény. A pályázat során kidolgozott sztochasztikus egész légzőrendszeri és numerikus áramlástan alapú (CFD) regionális folyamatokat leíró matematikai modellek a legújabb kutatásokon alapszanak és kategóriáikban egyedi eredményeknek számítanak. A modellek alapján felhasználóbarát szoftverek kerültek kidolgozásra, amelyek értékes terméket jelenthetnek a piacon. Az alkalmazott mérőberendezés egyes, a pályázat során továbbfejlesztett, műszerei önmagukban is megállják a helyüket a hazai és nemzetközi piacon. A beszámolási időszakokban elért fontosabb eredményeket részfeladatonként összefoglalva alább soroljuk fel:

### **I. beszámolási időszak (2007. január 1. – 2007. augusztus 31.)**

1.1. részfeladat: Két összejövetel és számos telefonbeszélgetés során megterveztük mind a Déri Miksa, mind az EUREKA projekt szakmai szerkezetét, valamint a projektkoordinálás és a partnerek közötti kollaboráció módját a német vagy az osztrák partnerek pályázatainak sikeres, illetve sikertelen elbírálása esetére is.

1.2. részfeladat: CT-s képsorozatok készültek az orról, a szájról, a garatról, a gégeről és a légcső felső szakaszáról. A képsorozatok feldolgozása révén előállítottuk a felső légutak háromdimenziós, morfológiailag realisztikus numerikus modelljét.

1.3. részfeladat: Számos bronchiális tüdőöntvényt készítettünk a realisztikus geometriájú, buborék és egyéb hibáktól mentes öntvények készítésére leginkább alkalmas módszer kikísérletezése érdekében. A többlépcsős folyamat során alkalmazott anyagok és beállítási lehetőségek széles skáláját kísérleteztük ki, az optimális paraméter értékek megkereséséhez.

1.4. részfeladat: Elvégeztük az orvosi képalkotó technikákkal készült geometriák, illetve az idealizált légúti geometriák matematikai térdiszkretizációját a numerikus áramlástani számításokhoz. Olyan térrácsokat állítottunk elő, amelyek a felület közelében sűrűbbek, mint a geometria többi részében.

1.5. részfeladat: Numerikus áramlástani számításokat végeztünk egy berácsozott öt generációt felölelő idealizált légúti geometrián. A számítási eredmények a részecskekiülepedés nagymértékű lokális egyenetlenségeit mutatják. A kiülepedés inhomogenitását valóságghű légúti elágazásokban is ellenőriztük patkánytüdő röntgenelnyelődésen alapuló számítógépes rétegvizsgálatával.

1.8. részfeladat: Kiválasztottuk az 5 nm – 100 µm tartományba eső méreteloszlással jellemezhető aeroszolok koncentrációjának és az aeroszol részecskék elektromos töltésének olyan mérési módszerét, amely humán inhalációs kísérletekben alkalmazható. Specifikáltuk a szükséges műszereket, figyelembe véve azok paramétereit és elérhetőségét. Megterveztük továbbá a mérési összeállítást és az adatfeldolgozást.

## **II. beszámolási időszak (2007. szeptember 1. – 2008. augusztus 31.)**

2.2. részfeladat: Az előző beszámolási időszakban megvizsgált alanytól nemében és más tulajdonságaiban is különböző személy felső légutairól készült CT-s képsorozatokon alapuló légúti modellt állítottunk elő. A képsorozatok feldolgozása révén előállított új légúti modellt összehasonlítottuk a régebbi modellel, hogy megállapítsuk azok jellegzetes eltéréseit.

2.3. részfeladat: A részfeladattal kapcsolatban az előző beszámolási időszakban tapasztalt technikai problémák kiküszöbölése után még realisztikusabb és ez esetben már gyakorlatilag az egész bronchiális részt reprezentáló öntvényeket készítettünk. A készített öntvényekről mikro-CT-s felvételsorozatokot készítettünk.

2.4. részfeladat: A kívánt CFD számítások elvégzéséhez elvégeztük a 2.3 feladatban előállított geometriák szükséges részeinek térrácsozását. A feladatot az alakzatok méretén és komplexitásán túlmenően még a rácselemek átlagos méretét szabályzó kényszerek (függvények) is nehezítették.

2.5. részfeladat: Ebben a feladatban levegősebesség és részecsketranszport számításokat végeztünk idealizált és realisztikus légúti geometriákban. A CT rétegfelvételekből felépített geometriát úgy skáláztuk, hogy annak bemenete (légcső keresztmetszete) megegyezzen az idealizált geometriáéval. Ezáltal lehetővé vált a két geometrián számított eredmények összehasonlítása.

2.6. részfeladat: Létrehoztunk két, üvegcsövekből összeállított, az emberi légzőrendszer centrális légutait közelítő idealizált modellt. Az elkészült modelleket a 2.8 részfeladat keretében megvalósított aeroszol generáló és légzést szimuláló berendezéssel kapcsoltuk össze. A mérések során a légúti modellek fontosabbnak ítélt pontjaiban megvizsgáltuk a levegő áramlási sebességét.

2.7. részfeladat: Feldogoztuk a német partnerek (Inamed GmbH, GSF) által az EUREKA projekt keretében végzett aeroszol-inhalációs kísérleteinek eredményeit és ezeket összehasonlítottuk a Déri projekt számítási eredményeivel.

2.8. részfeladat: Az előző munkaszakaszban megtervezett blokk-vázlatot kibővítve, összeállítottuk az aeroszolak előállítására és mérésére szolgáló berendezést. A berendezéssel aeroszolakat generáltunk az 5 nm és 100  $\mu\text{m}$  közötti mérettartományban. Megmértük a levegő áramlásának sebességét és eloszlását a légúti modell fontosabbnak ítélt szakaszaiban.

### **III. beszámolási időszak (2008. szeptember 1. – 2009. augusztus 31.)**

3.5. részfeladat: E részfeladat keretében numerikus áramlástani (CFD) részecske transzport és kiüledés számításokat végeztünk a kóros elváltozások kialakulásának leggyakoribb régiójában, vagyis a centrális légutak nagyobb hörgőiben a relevánsnak ítélt aeroszol paraméterekre és légzési módokra. Ezenkívül, numerikus algoritmusokat dolgoztunk ki és alkalmaztunk a lokális (sejtszintű) részecske kiüledési sűrűség kvantifikálására a légutakban.

3.6. részfeladat: Egy új kísérleti módszert dolgoztunk ki, a realisztikus üreges bronchiális tüdőöntvény elkészítésére. Az így készült geometriában Doppler módszerrel lézeres részecske-áramlási sebességeket mértünk. A mérések adataival légúti sebességprofilokat tudtunk rekonstruálni a bronchiális csőrendszer különböző helyein.

3.7. részfeladat: A nemzetközi EUREKA projektben résztvevő német partnerek humán inhalációs (*in vivo*) kísérleteinek adatait összehasonlítottuk a Déri Miksa pályázat magyar partnerei által végzett modellszámítások eredményeivel. Mindkét mérési módnál háromféle egészségi állapotra végeztük el az összehasonlítást: egészséges tüdőre, COPD-os tüdőre (chronic obstructive pulmonary disease, elzáródással járó krónikus légúti betegség), valamint asztmás légutakra. Az egyezés igen jónak bizonyult.

3.8. részfeladat: Az előző szakaszban az aeroszol részecskék paramétereinek mérésére használt Testovent szondát lecseréltük egy Lézer Doppleres berendezésre, mivel azt nem kell közvetlenül az áramlási térbe helyezni és így nem perturbálja azt. A berendezéssel részecske sebességet, méreteloszlást és koncentrációt határoztunk meg. Az adatokat összevetettük a kimondottan e célra fejlesztett numerikus modell eredményeivel és jó egyezést találtunk.

3.9. részfeladat: Az előző munkaszakaszban kifejlesztett mérőrendszert további öt elemmel egészítettük ki. A berendezést alkalmaztuk az általunk készített üveg- és műgyanta-tüdőmodellekre jellemző áramlások mérésére, amivel egyben a berendezést is teszteltük.

3.10. részfeladat: A részfeladat keretében sor került a pályázat során kifejlesztett és használt tüdőmodellek validálására, továbbá CFD számítások elvégzésére az egyesített orrűreg-garat-gége-légcső-hörgőrendszer geometrián. A modellszámítások eredményeit mind *in vitro*, mind pedig *in vivo* körülmények között elvégzett mérések eredményeivel hasonlítottuk össze. Ezek részben levegőáramlási profilok, részben pedig részecske

kiülepedési eloszlások összehasonlítását jelentette. A különböző módszerekkel meghatározott értékek között általában jó egyezést tapasztaltunk.

3.11. részfeladat: Elkezdtek a potenciális vásárlóközönség feltérképezését és megfelelő tájékoztatását. E tevékenységben partnerünk volt a Bécsi Egyetem Aeroszol Tanszéke, a GRIMM Aerosoltechnik GmbH+Co.KG Ainring, a Joint Research Centre, Institute for Environment (Ispra, Italy), az amerikai TSI Co és a Veszprémi Egyetem. A termékeinket bemutattuk az ÖKOTECH kiállításon is, amire szórólapokat is készítettünk.

#### **IV. beszámolási időszak (2009. szeptember 1. – 2009. december 31.)**

4.8. részfeladat: Továbbfejlesztettük a két cég által megépített berendezést és néhány új mérést végeztünk el. A Doppler sebességmérő berendezést továbbfejlesztettük, mert a Nd:YAG lézert kicseréltük egy He-Ne lézerre, ezenkívül a műgyantából készült tüdőöntvényt néhány helyen sikerült megfelelően átlátszóvá tennünk.

4.9. részfeladat: Összefoglaltuk és elemeztük az aeroszol mérések eredményeit. Az elvégzett mérések egy sor új eredményt hoztak, mivel, tudomásunk szerint, ilyen méréseket üvegből készült tüdőmodelleken és műgyanta tüdőöntvényeken eddig nem végeztek. Ezeknek az eredményeknek egy részét már publikáltuk és előadtuk nemzetközi konferenciákon. A kapott eredmények összhangban vannak a modellszámítások eredményeivel.

4.10. részfeladat: A tüdőmodelleket együttesen teszteltük és újra ellenőriztük. Az egész tüdőre vonatkozó modellekkel légúti betegségeket szimuláltunk, a CFD alapú modellekkel pedig újabb számításokat végeztünk a felső légutakban. A készült teljes légzőrendszerre vonatkozó aeroszol kiülepedési szoftvert piacra adható formába hoztuk.

4.11. részfeladat: Újabb partnerek keresésére irányuló tevékenységeket folytattunk a piaci lehetőségek bővítése érdekében. Felvettük a kapcsolatot és pályázatot nyújtottunk be különböző cégeknél, pl. aeroszol gyógyszergyáraknál. Kidolgoztunk számos lehetőséget a termékek továbbfejlesztési lehetőségeiről.

4.12. részfeladat: Elkészítettük az összesített dokumentációkat és a beszámolókat.

4.13. részfeladat: Megtörtént a projekt ügyviteli és jogi értelemben vett lezárásának megindítása, valamint a záró dokumentumok véglegesítése és az elszámolás.

## **A projekt által elért eredmények további hasznosításának lehetőségei**

A pályázat során létrejött termékek hasznosításának lehetősége az aeroszol gyógyszergyártó cégek körében egyértelmű. A létrehozott egész légzőrendszeri numerikus modell felhasználásával egyedülálló módon vizsgálható a különböző formában alkalmazható aeroszol gyógyszerek bevételi módjának és részecskeméretének optimalizálása, mind egészséges emberen, mind asztmás, bronchitiszes, COPD-s és emphysemás betegen, akár felnőtt, akár különböző korú gyermekek eseteiben. Légúti betegségeket is modellező egész légzőrendszeri aeroszol depozíciós tüdőmodell, az itt kifejlesztetten kívül, tudomásunk szerint, nincs sem az akadémiai szférában, sem a piacon.

A projekt során létrehozott modern aeroszol mérőeszköz könnyen alkalmassá tehető a projektben bemutatottakhoz hasonló, számos más feladat végrehajtására is. A kifejlesztett eszköz ugyanis hasznos lehet minden olyan cég vagy csoport számára, amely aeroszokok áramlását vagy kiülepedését méri. A pályázat keretében kifejlesztett mérési módszer, mint azt az előző beszámolóban is említettük, hasznos lehet más légúti modellek tesztelésére is. Mindezen túlmenően, a berendezés bármilyen más fényáteresztő geometriában is képes mérni az átáramló részecskék számos paraméterét és kiülepedését. Az üvegből, illetve műanyagból készült légúti modellek, valamint az előállított számítógépes programok oktatási és szemléltető célokat is kitűnően szolgálnak. Ezért a fent említett célközönséget kifejezetten oktatási intézmények is bővíthetik.

A létrehozott aeroszol-mérő berendezés egy könnyen összeállítható és számos irányban bővíthető több komponensű rendszer. A mérőeszköz különböző részegységei ezért önállóan is széles körben alkalmazhatók. A berendezés például Doppler sebességmérő rendszer és légúti modellek nélkül, aeroszokok méreteloszlásának, koncentrációjának, töltésének és néhány más paraméterének meghatározására alkalmazható 5 nm-től a  $\sim 100 \mu\text{m}$ -ig terjedő tartományban, azaz gyakorlatilag az egész belélegezhető aeroszol mérettartományban. Hasonlóan, a pályázatban létrehozott realisztikus három-dimenziós számítógépes légúti modellek megfelelő formában számos a kereskedelemben is kapható három-dimenziós geometria szerkesztésére alkalmas szoftverrel felhasználhatók.

A fent említettek alapján, a létrehozott termékek több, az eredeti céloktól eltérő, feladatokban résztvevő cég számára is jelenthet hasznos terméket, pl. olyan cégek számára, amelyek üveggyapot vagy kőzetgyapot alapú szigetelő anyagokat gyártanak vagy használnak fel. A módszer segítségével ugyanis, kismértékű továbbfejlesztést követően, tanulmányozható a fent említett szigetelő anyagokból származó káros aeroszokok kiülepedés-eloszlása az ott dolgozók légzőrendszerében. A technológia segítségével megfelelő védelem dolgozható ki ezen munkások részére is.

## **A 2007. január 1. – 2010. január 1. időszakban e Déri Miksa projekthez kapcsolódó publikációk**

### **Könyvfejezetek:**

1. Szymanski W.W., Golczewski A., Nagy A., Gál P., Czitrovsky A. (2007) An innovative approach to Optical Measurement of Atmospheric Aerosols – Determination of the size and complex refractive index of single aerosol particles, in Advanced Environmental Monitoring, ed. Y.J. Kim, U. Platt, Springer, pp. 167-187, 2007.
2. Balásházy I., Farkas Á., Szőke I., Konyicska-Egresi J., Karlinger K., Kerényi T., Nagy J. (2008) A radonterhelés sejtszintű modellezése. Könyv: Környezet és Egészség. Tanulmányok egyes környezeti, fizikai és kémiai tényezők hatásairól. Szerkesztő: Köteles Gy. és Tompa A., Possum Kiadó, Budapest, ISBN 978-963-87453-3-4.
3. Balásházy I., Kudela G., Zichler Sz., Dobos E., Horváth A., Szőke R., Horváth I. (2008) Inhalált aeroszolok légzőrendszeri kiülepedése. Könyv: Környezet és Egészség. Tanulmányok egyes környezeti, fizikai és kémiai tényezők hatásairól. Szerkesztő: Köteles Gy. és Tompa A., Possum Kiadó, Budapest, ISBN 978-963-87453-3-4.

### **Folyóiratcikkek impaktfaktoros nemzetközi folyóiratokban:**

1. Balásházy I., Alföldy B., Molnár A.J., Hofmann W., Szőke I., Kis E. (2007) Aerosol drug delivery optimization by computational methods for the characterization of total and regional deposition of therapeutic aerosols in the respiratory system. Current Computer-Aided Drug Design 3, 1, 13-32.
2. Farkas Á., Balásházy I. (2007) Simulation of the effect of local obstructions and blockage on airflow and aerosol deposition in central human airways. Journal of Aerosol Science 38, 865-884.
3. Lopez M.A., Etherington G., Castellani C.M., Franck D., Hurtgen C., Marsh J., Nosske D., Dörfel H., Andrási A., Bailey M., Balashazy I., Battisti P., Bérard P., Berkowski V., Birchall A., Blanchardon E., Bonchuk Y., Boschung M., Carlan de L., Cantone M.C., Challeton-de Vathaire C., Cruz-Suarez R, Davis K., Dorrian D., Giussani A., Le Guen B., Hodgson A., Jourdain J.R., Koukoulidou V., Luciani A., Malatova I., Molokanov A., Moraleda M., Muikku M., Oeh U., Puncher M., Rahola T., Ratia H., and Stradling N. (2007) Coordination of Research on Internal Dosimetry in Europe: the CONRAD Project. Radiation Protection Dosimetry 127, 1-4, 311-316.

4. Szőke I., Balásházy I., Farkas Á. and Hofmann W. (2007) The effect of inhomogeneous activity distributions and airway geometry on cellular doses in radon lung dosimetry. *Radiation Protection Dosimetry* 127, 1-4, 68-72.
5. Szőke R., Alföldy B., Balásházy I., Hofmann W. and Sziklai-László I. (2007) Size Distribution, Pulmonary Deposition and Chemical Composition of Hungarian Biosoluble Glass Fibers. *Inhalation Toxicology* 19, 4, 325-332.
6. Balásházy I., Hofmann W., Farkas Á. and Madas B.G. (2008) Three-dimensional model for aerosol transport and deposition in expanding and contracting alveoli. *Inhalation Toxicology* 20, 611-621.
7. Farkas Á. and Balásházy I. (2008) Quantification of particle deposition in asymmetrical tracheobronchial model geometry. *Computers in Biology and Medicine* 38, 508-518.
8. Lopez M.A., Etherington G., Castellani C.M., Franck D., Hurtgen C., Marsh J., Nosske, Breustedt B., Blanchardon E., Andrasi A., Bailey M.R., Balashazy I., Battisti P., Bérard P., Birchall A., Broggio D., Challeton-de Vathaire C., Cruz-Suarez R., Doerfel H., Giussani A., Hodgson A., Koukoulou V., Kramer G.H., Le Guen B., Luciani A., Malatova I., Molokanov A., Moraleda M., Muikku M., Oeh U., Puncher M., Rahola T., Stradling N. and Vrba T. (2008) Internal Dosimetry: Towards harmonisation and coordination of research. *Radiation Protection Dosimetry* 131, 1, 28-33.
9. Szőke I., Farkas Á., Balásházy I. and Hofmann W. (2008) Modelling of cell deaths and cell transformations of inhaled radon in homes and mines based on a biophysical and microdosimetric model. *International Journal of Radiation Biology* 84, 2, 127-138.
10. Balásházy I., Horváth A., Sárkány Z., Farkas Á., Hofmann W. (2009) Simulation and minimisation of airway deposition of airborne bacteria. *Inhalation Toxicology* DOI:10.1080/08958370902736646.
11. Balásházy I., Farkas Á., Madas B.G., Hofmann W. (2009) Non-linear relationship of cell hit and transformation probabilities in low dose of inhaled radon progenies. *Journal of Radiological Protection* 29, 147-162.
12. Kerekes A., Nagy A., Czitrovsky A. (2009) Experimental flow and deposition studies with hollow bronchial airway models, *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery* 22, 2, 175-176.
13. Szőke I., Farkas Á., Balásházy I., Hofmann W. (2009) Stochastic aspects of primary cellular consequences of radon inhalation. *Radiation Research* 171, 1, 96-106.
14. Czitrovsky A. (2010) Application of optical methods for micron- and sub-micron particle measurements, book chapter in: *Aerosols – Science and Technology*, J. Wiley, (In print).
15. Horváth A., Balásházy I., Farkas Á., Sárkány Z., Dobos E. and Czitrovsky A. (2010) Airway deposition of intact and fragmented pollens *Aerobiology*. (Submitted).



### **Folyóiratcikk hazai folyóiratban:**

1. Farkas Á. (2009) Radon származékok légúti transzportjának, kiülepedésének és egészségre gyakorolt hatásának számítógépes modellezése. Nukleon 2, 1, 25, 1-10.

### **Konferencia cikkek:**

1. Balásházy I., Szőke I., Farkas Á., Tatár L.G. and Madas B.G. (2007) Radon and the LNT hypothesis. 4<sup>th</sup> Hungarian Radon Forum, Veszprém, Hungary, 5 April 2007. Book of Proceedings 39-46, Pannon University Publisher, Veszprém, Hungary, (In Hungarian).
2. Farkas Á., Balásházy I., Szőke I. (2007) Numerical modelling of cellular radiation burden of inhaled radon progenies. IRPA Regional Congress for Central and Eastern Europe, 2007, Brasov, Romania. Book of Abstracts: 60, ISBN 10973-87778-3-6. Proceedings: T1 O-3, p.1-7/CD.
3. Farkas Á., Balásházy I., Szőke I. (2007) Környezeti radioaktív aeroszolok légzőrendszeri kiülepedésnek és biológiai hatásának vizsgálata numerikus módszerekkel. III. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Book of Proceedings 85-89. Editors: Máthé Csongor, Mócsy Ildikó, Urák István és Zsigmond Andrea. Ábel Kiadó: Kolozsvár, 2007. ISSN 1842-9815.
4. Farkas Á. and Balásházy I. (2007) Quantification of radon burden in diseased lungs. 4<sup>th</sup> Hungarian Radon Forum, Veszprém, Hungary, 5 April 2007. Book of Proceedings 19-24, Pannon University Publisher, Veszprém, Hungary, (In Hungarian).
5. Kudela G. and Balásházy I. (2007) Modelling of clearance of deposited radon progenies from the lung. 4<sup>th</sup> Hungarian Radon Forum, Veszprém, Hungary, 5 April 2007. Book of Proceedings 25-30, Pannon University Publisher, Veszprém, Hungary, (In Hungarian).
6. Madas B.G., Tatár L.G., Balásházy I., Szőke I. and Farkas Á. (2007) Numerical description of the cellular structure of human bronchial epithelium for the analysis of health effects of inhaled radon progenies. 4<sup>th</sup> Hungarian Radon Forum, Veszprém, Hungary, 5 April 2007. Book of Proceedings 31-37, Pannon University Publisher, Veszprém, Hungary, (In Hungarian).
7. Farkas Á., Balásházy I., Madas B.G., Szőke I. (2009) Radoninhalációhoz kapcsolódó mikrodozimetriai paraméterek és biológiai végpontok térkorrelációi. V. Magyar Radon Fórum Környezetvédelmi Konferencia, Veszprém, 2009. május 18., Cikkgyűjtemény, Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém, Magyarország.
8. Kudela G., Balásházy I., Madas B.G. (2009) Centrális légúti radondepozíció és tisztulás. V. Magyar Radon Fórum Környezetvédelmi Konferencia, Veszprém, 2009. május 18., Cikkgyűjtemény, Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém, Magyarország.

### **Konferencia absztraktok:**

1. Balásházy I., Szőke I., Farkas Á., Filep A., Zichler Sz., Madas B.G. (2007) Risk of radon progenies and the LNT hypothesis. 6<sup>th</sup> LOWRAD International Conference on Low Dose Radiation Effects on Human Health and Environment. October 18-20, 2007, Budapest, Hungary. Book of Abstracts 29.
2. Kudela G., Balásházy I. (2007) Bronchial radiation burden of the up clearing deeply deposited radon progenies. 6<sup>th</sup> LOWRAD International Conference on Low Dose Radiation Effects on Human Health and Environment. October 18-20, 2007, Budapest, Hungary. Book of Abstracts 74.
3. Nagy A., Czitrovsky A., Szymanski W.W, Gál P. (2007) Calibration and evaluation of a multi-angle scattering aerosol spectrometer, International Congress on Optical Particle Characterization, pp. 79-80, July 9-13, 2007-11-26, Graz, Austria, 2007.
4. Ocskay R., Salma I., Aalto P., Kulmala M., Gelencsér A., Kiss Gy., Balásházy I. (2007) Number size distribution of atmospheric aerosol particles at urban and rural sites in Hungary with health implications. European Aerosol Conference 2007, Salzburg, Austria, Abstract T08A010.
5. Salma I., Balásházy I. (2007) Characteristic features of urban aerosols and health risk of the anthropogenic components. Meteorological Scientific Days 2007 conference, Budapest, Hungary, 22-23 November 2007. Book of Abstract, 5-8.
6. Szőke I., Farkas Á., Balásházy I., Hofmann W. (2007) Health effects of inhaled radon progenies in homes and mines. European Aerosol Conference 2007, Salzburg, Austria, Abstract T08A020.
7. Szőke R., Sziklai-László I., Balásházy I., Kudela G., Hofmann W. (2007) Pulmonary deposition and chemical composition of biosoluble vitreous fibers. European Aerosol Conference 2007, Salzburg, Austria, Abstract T08A021.
8. Balásházy I., Farkas Á., Szőke I., Hofmann W., Madas B.G. (2008) Development of a complex mechanistic radon induced lung cancer risk model. Lowrad 2008 Conference, 7<sup>th</sup> International Meeting on the Effects of Low Doses of Radiation in Biological Systems: New Perspectives on Human Exposure. Lisbon, Portugal, 27-29 November 2008. Book of Abstracts 55.
9. Farkas Á., Balásházy I. és Szőke I. (2008) Légúti levegőáramok és részecsketranszport modellezése FLUENT CFD kóddal. ANSYS Konferencia és Partneri Találkozó, Budapest, 2008. október 10.
10. Balásházy I., Farkas Á., Szőke I., Kudela G., Madas B.G. (2009) Inhalált radon leányelemek légúti depozíciója tisztulása és biológiai hatása. IX. Magyar Aeroszol Konferencia, Balatonfüred, 2009. április 27-28. Absztraktgyűjtemény 68-69.
11. Balásházy I., Kudela G. (2009) Radiation burden of the up clearing deeply deposited radon progenies in the central airways. European Aerosol Conference, EAC 2009, Karlsruhe, Germany, 6-11 September 2009, Abstract CD: T122A01

12. Balásházy I., Farkas Á., Szőke I. (2009) Airway deposition and health effects of inhaled radon progenies. European Aerosol Conference, EAC 2009, Karlsruhe, Germany, 6-11 September 2009, Abstract CD: T122A02.
13. Czitrovsky A., Nagy A., Kerekes A. (2009) Air flow and particle deposition experiments with hollow bronchial airway models, Accepted presentation for the European Aerosol Conference, September 6-11, 2009, Karlsruhe, Germany.
14. Czitrovsky A. (2009) "Development of Laser-Based Metrology Methods for Extreme Light Infrastructure Project" 17th International Conference on Advanced Laser Technologies, Sept. 26 - Oct. 1. Antalya, Turkey, Book of Abstracts, p. 205, 2009.
15. Dannhauser D., Nagy A., Czitrovsky A., Szymanski W.W., (2009) Measurement of size and optical properties of aerosol particles with dual-wavelength optical particle spectrometer (DWOPS), 6 pages extended abstract for the Asian Aerosol Conference AAC09, Bangkok, Thailand, Nov. 24-27, 2009.
16. Farkas Á., Balásházy I., Szőke I., Madas B.G. (2009) Computer modelling of transport and deposition of detrimental and therapeutic aerosols in three-dimensional realistic airways. European Aerosol Conference, EAC 2009, Karlsruhe, Germany, 6-11 September 2009, Abstract CD: T101A05.
17. Farkas Á., Balásházy I., Madas B.G., Szőke I., Kudela G. (2009) Microdosimetric model applied to lung tissue with potential applicability to BNCT of the liver. Young Researchers BNCT Meeting in Mainz 2009, 29 September - 02 October 2009. Book of Abstracts 92.
18. Horváth A., Balásházy I., Sárkány Z., Farkas Á., Hofmann W. (2009) Optimization of airway deposition of inhaled bacteria. European Aerosol Conference, EAC 2009, Karlsruhe, Germany, 6-11 September 2009, Abstract CD: T106A02.
19. Horváth A., Balásházy I., Farkas Á., Sárkány Z., Dobos E., Werner H., Czitrovsky A. (2009) Intakt és töredezett pollenrészecskék légzőrendszeri kiüledés-eloszlásának vizsgálata a sztochasztikus tüdőmodell segítségével. IX. Magyar Aeroszol Konferencia, Balatonfüred, 2009. április 27-28. Absztraktgyűjtemény 62-63.
20. Kerekes A., Nagy A., Czitrovsky A. (2009) Air flow and particle deposition experiments with a bronchial glass lung modell, National Aerosol Conference Balatonfüred, 27-28 April, pp. 60-61, 2009.
21. Kerekes A., Nagy A., Czitrovsky A. (2009) Experimental flow and deposition studies with hollow bronchial airway models. Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery 22(2), pp.175-176, 2009.
22. Kerényi T., Balásházy I. (2009) Ásványi porok tüdőkárosító hatását befolyásoló tényezők. IX. Magyar Aeroszol Konferencia, Balatonfüred, 2009. április 27-28. Absztraktgyűjtemény 64-65.

23. Kudela G., Balásházy I., Madas B.G. (2009) Radiation burden of the up clearing deeply deposited radon progenies in the central airways. Annual Congress of the European Respiratory Society, Vienna, Austria, European Respiratory Journal 34, 477s.
24. Kudela G., Balásházy I., Dobos E. (2009) Aeroszolok légúti depozíciójának numerikus modellezése beteg légzőrendszerben. IX. Magyar Aeroszol Konferencia, Balatonfüred, 2009. április 27-28. Absztraktgyűjtemény 34-35.
25. Madas B.G., Balásházy I., Farkas Á., Szőke I. (2009) Numerical lung epithelium model for radio-induced carcinogenesis studies. 7th Lung Science Conference, Estoril, Portugal, 27-29 March 2009, Book Abstracts 115.
26. Nagy A., Czitrovsky A., Kerekes A., Szymanski W.W. (2009) A Multi-Angle Laser Light Scattering Aerosol Spectrometer, ALT2009 book of abstracts, p. 107., 17<sup>th</sup> International Conference on Advanced Laser Technologies, Sept. 26 - Oct. 1. Antalya, Turkey 2009.
27. Nagy A., Czitrovsky A., Kerekes A. (2009) Optical measurement method for the measurement of air pollution, National Aerosol Conference Balatonfüred, 27-28 April, pp. 40-41, 2009.
28. Oszetzky D., Nagy A., Kerekes A., Czitrovsky A. (2009) Vertical concentration distribution measurement of atmospheric aerosols by laser light scattering, ALT2009 book of abstracts, p. 129., 17<sup>th</sup> International Conference on Advanced Laser Technologies, Sept. 26 - Oct. 1. Antalya, Turkey 2009.
29. Sárkány Z., Farkas Á., Horváth A., Balásházy I. (2009) Baktériumok légzőrendszeri kiüledésének modellezése. IX. Magyar Aeroszol Konferencia, Balatonfüred, 2009. április 27-28. Absztraktgyűjtemény 66-67.
30. Sárkány Z., Balásházy I., Horváth A., Farkas Á., Dobos E., Czitrovsky A., Hofmann W., Kudela G., Magyar P. (2009) Deposition of pollens in the human respiratory system. European Aerosol Conference, EAC 2009, Karlsruhe, Germany, 6-11 September 2009, Abstract CD: T036A01.
31. Szymanski W.W., Nagy A., Czitrovsky A. (2009) Utilization of elastic scattering of light for characterisation of single, aerosol microparticles, Joint Annual Meeting ÖPG-SPS-ÖGA2 (Austrian Physical Society), Innsbruck 2009.
32. Balásházy I., Farkas Á., Moustafa M., Szőke I., Kudela G. (2010) Lung deposition and biological effects of inhaled radon progenies. 4th Environmental Physics Conference, 10 - 14 March 2010, Hurgada, Egypt, (Submitted).