

## **38. METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK**

**A légkörfizika és a levegőkémia a modern  
meteorológiában**

**A Magyar Tudományos Akadémia  
Földtudományok Osztálya  
Meteorológiai Tudományos Bizottsága**

**meghívja Önt a**

**38. METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK**

**üléseire.**

**A tudományos napok témája:**

**A légkörfizika és a levegőkémia a modern meteorológiában**

**Az ülések időpontja: 2012. november 22-23.**

**Az ülések helye:**

**MTA Székház, Nagyterem**

**1051 Budapest, Széchenyi István tér 9. II. emelet**

# AZ ÜLÉSEK PROGRAMJA

**November 22-én 10:00 – 12:00**

**Elnök: Mészáros Ernő**

- Major György:** A napállandó mérések újabb eredményei
- Bozó László:** Légköri nyomanyagok nagytávolságú terjedésének modellezése
- Gelencsér András:** Széntartalmú légköri aeroszol: A nagyvárosi levegőszennyezéstől az éghajlatmódosításig
- Geresdi István:** A numerikus modellezés szerepe a felhőfizikai kutatásokban

*Ebédészünet (12:00 – 13:30)*

**November 22-én 13:30 – 17:00**

**Elnök: Bozó László**

- Haszpra László:** Üvegházhatású gázok a légkörben
- Horváth László:** A reaktív nitrogén a légkörben; újabb európai kutatási eredmények
- Salma Imre:** A légköri nukleáció jelentősége és tulajdonságai Budapesten
- Kiss Gyula:** Főbb nemzetközi trendek a légköri aeroszol kutatásában

*Szünet (14:50 – 15:20)*

**Mészáros Róbert, Lagzi István László, Leelőssy Ádám:**

Légköri szennyezőanyag-terjedési modellek fejlesztése

**Labancz Krisztina, Ferenczi Zita, Steib Roland:**

Levegőszennyezettség-előrejelzése Budapesten kémiai transzport modell segítségével

**Ferenczi Zita** Budapesti PM<sub>10</sub> koncentráció előrejelezhetőségének vizsgálata mérési adatok és modellszámítások alapján

**Baranka Györgyi, Weidinger Tamás, Bozó László, Balázs Roland, Somfalvi-Tóth Katalin, Szabó Zsanett, Tarjányi Zsuzsanna:**

A jelenkori és a XIX. századi ózonadatok tendenciáinak vizsgálata

# AZ ÜLÉSEK PROGRAMJA

**November 23-án 10:00 – 12:20**

**Elnök: Haszpra László**

**Tóth Zoltán:** Nagyfelbontású napspektrofotometria és keskenysávú napsugárzásmérések az Országos Meteorológiai Szolgálatnál: UV sugárzás, teljes ózontartalom, aeroszol optikai paraméterek

**Tóth Zoltán:** A légkör napsugárzás-átbocsátásának hosszú távú változása Budapest felett - "dimming" vagy "brightening"?

**Lábó Eszter, Geresdi István:**

Részletes mirofizikai séma alkalmazása a hosszuhullámú sugárzásátvitel modellezésében

**Dombai Ferenc, Suhai Bence, Barta András:**

Zivatarok villámlás aktivitásának megfigyelése VHF frekvenciákon

*Szünet (11:20 – 11:40)*

**Bór József, Barta Veronika, Sátori Gabriella:**

Zivatarokhoz köthető felső légköri elektromos kisülésekkel kapcsolatos kutatások Sopronban

**Sarkadi Noémi, Geresdi István:**

A szilárd halmazállapotú csapadékelemek olvadásának számítógépes modellezése

*Zárszó*

## A NAPÁLLANDÓ MÉRÉSEK ÚJABB EREDMÉNYEI

**Major György**

Az 1800-as évek elején Fourier hívta fel a figyelmet arra, hogy a Föld - felszín hőmérsékletének kiszámításához ismerni kellene a Napból a légkörhöz érkező sugárzás mértékét. A felszínről végzett méréseket a műholdas korszak meghaladottá tette. Folyamatos műholdas mérések 1978 novemberében kezdődtek, egyszerre több műszerrel is. 2003-ig úgy tudtuk, hogy a napállandó napciklusokra kiátlagolt értéke  $1366 \text{ W/m}^2$ , mindössze  $0,3 \text{ W/m}^2$  bizonytalansággal.

Ez az eredmény több, egymástól független műszer mérésén alapult. 2003-ban új műszer is műholdra került, amely az 1360-as érték közelére „csökkentette” a korábbi számot, ez az új érték kívül esik a korábbi bizonytalansági intervallumon. Az utóbbi évben két mérés is a kisebb értéket látszik megerősíteni. Tehát érdemes újabb független mérést végezni még akkor is, ha elég pontosnak is tudjuk valamely természeti paraméter méréseit.

# LÉGKÖRI NYOMANYAGOK NAGYTÁVOLSÁGÚ TERJEDÉSÉNEK MODELLEZÉSE

**Bozó László**

*Országos Meteorológiai Szolgálat*

A természetes és antropogén kibocsátás során a légkörbe kerülő nyomanyagok forrásaiktól jelentős távolságra juthatnak, mielőtt az ülepedési folyamatokon keresztül elhagyják a légkört. A terjedési, kémiai átalakulási és ülepedési mechanizmusok modellezése lehetőséget nyújt arra, hogy pontosabb képet nyerjünk a nyomanyagok földrajzi eredetéről, valamint légköri koncentrációjuk, illetve ülepedésük mértékének tér- és időbeli eloszlásáról. Ezek ismerete nélkülözhetetlen az emberi egészséget és az ökoszisztémák működését érintő levegőkörnyezeti terhelés vizsgálata esetében.

Bemutatjuk a Magyarországra vonatkozó számítások eredményeit, az elmúlt évtizedekben bekövetkezett változások tendenciáit, különös tekintettel a 10 mikrométer alatti aeroszol részecskékre (PM10), illetve az ezekben található toxikus nyomelemekre. Az előadás második részében a légköri aeroszol részecskék és a troposferikus ózon kontinensek közötti terjedésével kapcsolatos modellszámítások eredményeit ismertetjük. Az interkontinentális szennyezőanyag transzport jelensége már korábbról ismert volt, de ennek mértékére, a regionális levegőminőség szabályozásában játszott szerepére vonatkozó részletes modellszámítások csak a közelmúltban készültek el.

# SZÉNTARTALMÚ LÉGKÖRI AEROSZOL: A NAGYVÁROSI LEVEGŐSZENNYEZÉSTŐL AZ ÉGHAJLATMÓDOSÍTÁSIG

Gelencsér András

*Pannon Egyetem, Környezettudományi Intézet, MTA-PE Levegőkémiai Kutatócsoport*

A 21. század hajnalán az emberiség a légkörrel kapcsolatban egy új jelenséggel kényyszerült megbarátkozni, amit angol nyelven *Atmospheric Brown Clouds (ABC)* elnevezéssel illetünk. Ez a fogalom döntően széntartalmú aeroszolrészecskékből álló, kontinentális léptékű és tartós levegőszennyezést jelent. A nagyvárosi levegőszennyezésből „kinőtt” sajátos összetételű fotokémiai szmogtakaró alapjaiban rajzolja át azt a képet, ami a légköri aeroszol éghajlati hatásaival kapcsolatban a tudományos közvéleményben a 20. század végére kialakult. A légköri aeroszol klasszikus hűtő hatását a korom és szerves részecskék egyre növekvő arányával jellemezhető szmog egyre kevésbé képes biztosítani. Az üvegházhatású gázok töretlenül növekvő koncentrációja mellett ez sem jó hír a 21. század várható éghajlati változásait illetően.

A jelenség és hatásainak leírását, értelmezését, a jövőbeni változások előrejelzését nagymértékben megnehezíti a széntartalmú légköri aeroszol koncentrációjának, összetételének és tulajdonságainak változékonysága, nevezéktani és mérés technikai problémák sokaságával súlyosbítva. Például az egyértelműnek tűnő korom fogalma is rendkívül eltérő morfológiájú, méretű, abszorpciós képességű részecskék halmazát takarja, amelynek légköri mérésére a mai napig nem létezik egységes elvű módszer. Hasonlóképpen problémás a korom és a humuszszerű vegyületek kontinuumának megkülönböztetése, a részecskefázisú légköri átalakulások nyomonkövetése, az optikai tulajdonságok számítása, a higroszkópos növekedés és aktiválódás modellezése, a források azonosítása, hogy csak a legfontosabbakat említsük.

Összefoglaló jellegű előadásomban az MTA-PE Levegőkémiai Kutatócsoport e területen elért kutatási eredményeit is alapul véve mutatom be az említett jelenség hátterét, levegőkémiai és éghajlati vonatkozásait.

## **Hivatkozott irodalom:**

- Andreae, M. O., Gelencsér, A.: Black carbon or brown carbon? The nature of light-absorbing organic aerosol, *Atmos. Chem. Phys.* 6, 3131–3148, 2006.
- Engling, G., Gelencsér, A.: Atmospheric Brown Clouds: From local air pollution to climate change, *Elements* 6, 223–228, 2010.
- Gelencsér, A.: Carbonaceous Aerosol, Series Atmospheric and Oceanographic Sciences Library, Vol. 30, 2004, 360 p., ISBN: 1-4020-2886-5, Springer.

# A NUMERIKUS MODELLEZÉS SZEREPE A FELHŐFIZIKAI KUTATÁSOKBAN

Geresdi István

*Pécsi Tudományegyetem, Környezettudományi Intézet*

A felhők és a csapadék fontos szerepet játszanak számos, környezetünket rövid, vagy hosszabb távon érintő folyamatban. Gondoljunk csak a gyorsan kialakuló árvizekre, az erdőket és az épületeket tönkretévő savas esőre, vagy az ózon koncentrációnak a Déli-sark felett megfigyelhető csökkenésére. A felhők fontos szerepet játszanak éghajlatunk alakításában is. Egyrészt kialakulásuk és a csapadékhullás során jelentős vertikális irányú víz transzport megy végbe, másrészt a rövid- és a hosszuhullámú sugárzás terjedésére gyakorolt hatásuk révén befolyásolják a Föld-légkör rendszer sugárzásegyenlegét.

A megfigyelések mellett a numerikus modellek mindig is fontos szerepet játszottak a felhőkben lejátszódó folyamatok megismerésében. A folyamatok széles térbeli és időbeli skálája, és a különböző folyamatok közötti erős kölcsönhatások miatt a mérések – legyen szó akár laboratóriumi vagy in-situ megfigyelésekről – nem elegendőek, ahhoz, hogy megértsük a felhőkben lejátszódó folyamatokat.

A felhőfizikai kutatások és ennek részeként a numerikus modellezés kezdete szorosan kapcsolódik az időjárás módosítással kapcsolatos kutatások fellendüléséhez. Szerencsés módon a kezdetek időben egybeestek a számítógépek megjelenésével. Míg az időjárás előrejelzésére használt modellekben a felhők és a felhőkben lejátszódó folyamatok csak nagyon leegyszerűsítve szerepeltek egészen a 90-es évekig, addig az időjárás módosítási projektekhez kapcsolódó fejlesztéseknek köszönhetően már az egy-egy felhő életciklusát leírni képes modellek meglehetősen pontosan írták le a csapadékképződési folyamatokat. A 90-es éveket követően a számítógépek gyorsan növekvő teljesítményének köszönhetően már nem csak a mezoskálájú modellekben, de globális és klíma modellekben is lehetővé vált a felhőfizikai folyamatok figyelembe vétele. Ez döntően még az ún. 'bulk' parametrizációs eljárással történik. Napjainkban azonban egyre inkább előtérbe kerülnek az ún. részletes mikrofizikai leírást használó modellek. Ezek ugyan nagy számítógép teljesítményt igényelnek, de kutatási célú alkalmazásuknak már nincs különösebb akadálya.



# ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK A LÉGKÖRBEN

**Haszpra László**

*Országos Meteorológiai Szolgálat*

A Föld éghajlatát alapvetően három aktív tényező, illetve tényezőcsoport alakíthatja: a kozmikus tényezők (a Nap energia-kibocsátása, a Föld keringési pályája, tengelyének dőlésszöge), a kontinensek kiterjedése és eloszlása, amelyek befolyásolják az óceáni és a légköri energia-áramlást, továbbá részben az albedót, valamint a légkör összetétele, amely meghatározza a Föld-légkör rendszer energia-eloszlását. A többi éghajlatalakító tényező (pl. felszínborítottság, felhőzet) a visszacsatolások révén jut szerephez. A légkör összetétele annyiban speciális, hogy megváltozása módosítja a bolygó éghajlatát, a bármilyen okból kiinduló éghajlatváltozás viszont az óceánok és a bioszféra légkörhöz kapcsolódó, éghajlattól függő nyomanyag-forgalma révén kihat a légkör összetételére. A természeti folyamatok mellett ma már az ember is aktív éghajlatalakító tényező. A légszennyezés globális léptékben befolyásolja a légkör összetételét, a földhasználat megváltoztatásával, a jégfelületek szennyezésével pedig az ember hatást gyakorol a bolygó albedójára. Különösen fontos szerepük van a levegőbe juttatott hosszú légköri tartózkodási idejű üvegházhatású gázoknak, mivel ezek geológiai időskálán is módosíthatják a Föld éghajlatát.

Az előadás röviden áttekinti a legfontosabb üvegházhatású gázokat, légköri mennyiségük alakulását a földtörténeti múlttól napjainkig. Bemutatja legfontosabb forrásaikat és nyelőiket, kritikus folyamataikat, továbbá jövőben várható légköri koncentrációjukat.

# A REAKTÍV NITROGÉN A LÉGKÖRBEŒEN; ÚJABB EURÓPAI KUTATÁSI EREDMÉNYEK

Horváth László

*Magyar Tudományos Akadémia - Szent István Egyetem, Növényökológiai Kutatócsoport;  
Országos Meteorológiai Szolgálat, Levegőkönyezet-elemző Osztály*

A légkör összetételének megváltozása következtében fellépő környezeti problémákat általában a káros hatások szerint csoportosítják (szmog, eutrofizáció, éghajlatváltozás, UV-B sugárzás emelkedése, talajok savasodása stb.). Az ezeket okozó anyagok száma szinte végtelen, a nitrogénvegyületeknek ( $N_r$ =reaktív nitrogén) azonban kitüntetett szerepük van. Egyrészt igen változatos formában jelennek meg, a -3 oxidációs számtól kezdve a +5-ig, más-más hatással és más-más közegeket veszélyeztetve. Másrészt élettartamuk is változatos, az órák nagyságrendtől a százévesig változik. Emiatt a nitrogénvegyületek szinte minden környezeti problémáért felelőssé tehetők. Az ezzel kapcsolatos jelenséget nitrogén kaszkádnak nevezik, utalva arra, hogy az adott komponens élettartama szerint a különböző N-formák lépcsőzetesen más-más közeget veszélyeztetnek. A káros hatások természetesen nem csak a légkörben jelentkeznek, de mivel a levegő a „legfluidabb” közeg, közvetítő közegként fontos szerepet játszik.

A probléma kezdete mintegy száz évre nyúlik vissza, mikor a Föld megnövekedett népességének élelmiszer-ellátásához szükség volt a talajok mesterséges N-utánpótlására (*Haber-Bosch* féle ammónia szintézis). A felhasznált műtrágya N-tartalmának csupán 6%-a jelenik meg az élelmiszerben (vegetáriánusoknál 14%-a) a többi a termelés, tenyésztés, feldolgozás, szállítás, tárolás, kereskedelem, hulladékképződés során a környezetbe jut és szennyezi azt. Ráadásul a megnövekedett népesség növekvő energiafelhasználása (ipar, közlekedés, háztartások) is jelentős N-forrás.

Egy tanulmány szerint a nitrogénszennyezés Európában 150-750 eurójába kerül minden egyes személynek évente. Az első Európai Nitrogén Felmérés (European Nitrogen Assessment, ENA) 2011. április 11-én került nyilvánosságra, a „Nitrogén és Globális Változások” konferencián, a skóciai Edinburgh-ban.

A tanulmány a felesleg-nitrogén öt társadalmi veszélyét részletezi, melyek a következők, néhány tipikus példával:

1) Vízminőség: felszíni vizek tápanyag-dúsulásának potenciális veszélye (eutrofizáció,  $C > 1,5$  mg Nr/l) a kontinens túlnyomó részén magas.

2) Levegőminőség: a  $PM_{2,5}$  részecskék belélegzése miatt Európa középső részén a statisztikailag várható élettartam-rövidülés legalább fél év, egyes helyeken (pl. a Benelux államok, Pó-völgye, Budapest) több mint egy év). A fotokémiai szmog kialakulásában is fontos szerepük van a N-vegyületeknek. A dinitrogén-oxid a sztratoszférába jutva, károsítja az ózonréteget.

3) Üvegház mérleg: a dinitrogén-oxid üvegház hatása kb. 300-szorosa a széndioxidénak. A sugárzásokényszerre gyakorolt hatását azonban más N-vegyületek kompenzálják, pl. a metán élettartamának csökkentése és az ammónium és szulfáttartalmú részecskék hűtő hatása következtében.

4) Biodiverzitás: az európai erdők fajösszetétele a kontinens széleit leszámítva, jelentősen csökkent. Az európai talajok biodiverzitása is csökkent a tápanyag-dúsulás miatt.

5) Talajminőség: talajsavasodás lép fel a trágyázás és az ülepedés miatt, ami termésesökkenéssel és nehézfém mobilizációval jár. A talaj szervesanyag-tartalma Európában nagyrészt közepes, illetve alacsony.

Mindezekben a folyamatokban a reaktív nitrogén játssza a főszerepet, így nyilvánvaló, hogy az egyik, ha nem a legfontosabb környezetvédelmi probléma maga a nitrogén.

A káros hatások megelőzése érdekében számos intézkedést tehetünk. Az élelmiszerek 1/3-a hulladékba megy (a mezőgazdaság a legfontosabb szennyező), csökkenteni lehet a műtrágyázás hatékonyságát, ezáltal kevesebb N kerül a légkörbe, talajvízbe, csökkenteni lehet az energiafelhasználásból eredő kibocsátást, megváltoztathatjuk a társadalmi-fogyasztói szokásainkat.

A jövő azonban nem túl biztató. A GAINS modellel számítva az EU-27-ek N-kibocsátását csak az  $\text{NO}_x$  esetében sikerülhet felére csökkenteni, a másik két meghatározó szennyező (ammónia, dinitrogén-oxid) emissziója várhatóan alig fog változni 2030-ra.

# A LÉGKÖRI NUKLEÁCIÓ JELENTŐSÉGE ÉS TULAJDONSÁGAI BUDAPESTEN

**Salma Imre**

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet, URL: [www.salma.elte.hu](http://www.salma.elte.hu)*

Az ultrafinom aeroszol részecskék ( $d < 100$  nm) kutatása éghajlati jelentőségük és egészségügyi többletkockázatuk miatt fontos, és a tudományos érdeklődés előterébe került az elmúlt években. Ezek a részecskék magas-hőmérsékletű forrásokból közvetlenül emittálódnak vagy nukleációval keletkeznek a levegőben. A keletkezési folyamatok és kapcsolatrendszeinek megismerése elsősorban a részecskeszám méreteloszlás időváltozásának tanulmányozásával megvalósítható.

Első alkalommal azonosítottunk és jellemeztünk léggöri nukleációt Budapesten. Megállapítottuk, hogy a léggöri nukleáció nem ritka jelenség; előfordulása a Duna környezetében éves szinten 27%. A nukleációs gyakoriság jelentős évszakos változékonysággal rendelkezik: tavasszal 44%, míg télen 7,3%. Az új részecske-képződés intenzitásának átlagértéke és szórása  $(4,2 \pm 2,5) \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ . A 6 nm átmérőjű részecskék növekedési sebessége tipikusan  $(7,7 \pm 2,4) \text{ nm h}^{-1}$  értékű. Az adatok a nukleáció levegőminőségi vonatkozásaira is rávilágítanak.

A „nukleációs felhő” horizontális kiterjedése időnként eléri a főváros lineáris méretét, de gyakran jelentős térbeli különbségek alakulnak ki a városon belül. Az előadás során Budapest különböző környezeteire (városi háttérre, nyílt belvárosi térségre, utcakanyonra és közlekedési mikrokörnyezetre) vonatkozó kutatási eredményeket és következményeket is bemutatok, valamint beszámolok a kapcsolódó helyi elképzelésekről is.

# FŐBB NEMZETKÖZI TRENDK A LÉGKÖRI AEROSZOL KUTATÁSÁBAN

**Kiss Gyula**

*MTA-PE Levegőkémiai Kutatócsoport, Veszprém*

A léggöri aeroszol számos területen hatással van mindennapi életünkre: az aeroszol részecskék fontos szerepet töltenek be az éghajlat alakításában (pl. a Föld sugárzási mérlegének, a felhő- és csapadékképződés alakításán keresztül), alapvetően befolyásolják a látótávolságot, számos egészségügyi probléma forrásai, stb. Ugyanakkor a mesterségesen generált aeroszolt a gyógyászatban és az iparban számos területen alkalmazzák.

Az elmúlt években, évtizedekben a léggöri aeroszol kutatásában számos főbb irányvonal körvonalazódott, amelyek egymáshoz viszonyított súlya a tudománypolitikai célkitűzéseknek, döntéseknek (pl. elnyerhető pályázati források) megfelelően változott.

Előadásomban áttekintést adok a léggöri aeroszol kutatásában felfedezhető, az elmúlt időszakra és napjainkra jellemző főbb nemzetközi trendekről.

# LÉGKÖRI SZENNYEZŐANYAG-TERJEDÉSI MODELLEK FEJLESZTÉSE

Mészáros Róbert<sup>1</sup>, Lagzi István László<sup>2</sup> és Leelőssy Ádám<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék*

<sup>2</sup>*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizika Intézet*

Az ELTE Meteorológiai Tanszékén több mint egy évtizede végzünk különböző skálájú szennyezőanyag terjedési és ülepedési modellszimulációkat. A modellezés során nyert tapasztalatok alapján folyamatosan fejlesztjük a szennyezőanyagok légköri terjedésének és az általuk okozott környezeti terhelésnek a szimulálására alkalmas TREX (TRansport-EXchange) terjedési-kicszerélődési modellsomagot. Különböző szimulációkat végeztünk lokális, regionális és kontinentális skálán. A TREX-Euler modellel az Aladin modell meteorológiai mezőit felhasználva becsültük a radioaktív izotópok terjedését, bomlását és ülepedését egy Közép-Európát lefedő szabályos rácson. A modellt később alkalmassá tettük több pontforrás, valamint emissziós mezők kezelésére is.

Eddig a kén-dioxid terjedését, száraz és nedves ülepedését szimuláltuk a közép-európai térségben. A TREX-Lagrange baleseti kibocsátási modellel a Paksi Atomerőmű területén történő feltételezett baleset során a légkörbe került radioaktív izotópok diszperzióját szimuláltuk az erőmű 30 km sugarú környezetében. A különböző skálájú modellszimulációk mellett statisztikai vizsgálatokat is végeztünk, baleseti kibocsátásokat feltételezve. Ennek keretében hazai pontforrásokra a Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek szerint rendszereztük a modellfuttatásokat. Lokális skálán, egy egyszerű Gauss modellel (ALOHA) végeztünk nagyszámú szimulációt a Paksi és a Fukushimai Atomerőművek, valamint az Izotóp Intézet térségére.

A fentiekén kívül a Paksi Atomerőmű területére alkalmaztuk az OpenFOAM áramlási modellt is, amely képes az épületek áramlásmódosító hatásának figyelembevételével az üzem területén, a kibocsátás néhány száz méteres környezetében kialakuló szélviszonyok és a terjedés szimulációjára.

# LEVEGŐSZENNYEZETTSÉG ELŐREJELZÉSE BUDAPESTEN KÉMIAI TRANSPORT MODELL SEGÍTSÉGÉVEL

**Labancz Krisztina, Ferenczi Zita, Steib Roland**

*Országos Meteorológiai Szolgálat*

Az elmúlt évtizedekben az ipari termelés, a fűtés és az egyre növekvő forgalom hatására Budapest levegőkörnyezeti állapota folyamatosan romlott. Ugyanakkor a jogi környezet egyre szigorúbb feltételeket szab a levegőkörnyezet minőségének fenntartása érdekében. A legfontosabb szennyezőanyagok ( $PM_{10}$ ,  $O_3$  és  $NO_x$ ) mért koncentrációi gyakran az előírt határértékek környékén vagy afölött alakulnak, nemcsak Budapest belterületén, hanem a külvárosokban is, ezért szükségessé vált a főváros levegőkörnyezetének folytonos megfigyelése, illetve a várható változások minél pontosabb előrejelzése.

Többéves fejlesztőmunka eredménye az a levegőminőségi előrejelző modellrendszer, amellyel Budapest területére 2 napra előrejelezhető a légszennyező anyagok koncentrációjának várható alakulása. Ezek az előrejelzések adhatnak alapot a különböző riasztási fokozatok elrendelésére, illetve visszavonására. A modellrendszer alapját a CHIMERE levegőkémiai transzport modell képezi. A légkörben zajló kémiai átalakulásokat a modell közel 80 anyag több mint 300 kémiai reakcióján keresztül veszi figyelembe. A modell futtatásához szükséges meteorológiai bemenő adatokat egy finom felbontású numerikus előrejelző modell szolgáltatja (WRF illetve AROME), míg az ugyancsak meghatározó szennyezőanyag-kibocsátási adatbázis az egyedi pontforrások hozamán, a becsült lakossági kibocsátáson, valamint a főváros területén végzett forgalomszámlálási adatokon alapul.

A modellrendszer 1 órás időbeli és 2,5 km-es térbeli felbontással számolja ki a várható  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$  és  $O_3$  koncentráció értékeket a főváros területére. A naponta frissülő szennyezőanyag specifikus eredmények az OMSZ internetes portálján megtekinthetők.

# BUDAPESTI PM<sub>10</sub> KONCENTRÁCIÓ ELŐREJELEZHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA MÉRÉSI ADATOK ÉS MODELLSZÁMÍTÁSOK ALAPJÁN

Ferenczi Zita

*Országos Meteorológiai Szolgálat*

Budapest levegőminőségét a lakossági fűtésből és a közlekedésből származó emisszió és a meteorológiai viszonyok együttesen határozzák meg. Napjainkban elsősorban a téli PM<sub>10</sub> epizódhelyzetek kezelése okozza a legtöbb levegőminőségi problémát a fővárosban. Az emissziós hatások közül alapvetően a lakossági fűtésben figyelhető meg jelentős évszakos változékonyság, télen kell elsősorban ezzel a hatással számolni. Azok a meteorológiai helyzetek is főleg a téli évszakban figyelhetők meg, amelyek a PM<sub>10</sub> koncentrációját kedvezőtlenül befolyásolják. Az emisszió megemelkedése és a kedvezőtlen meteorológiai hatások együttesen vezetnek a téli PM<sub>10</sub> epizód helyzetek kialakulásához. Néhány epizód helyzet kialakulása azonban a nagytávolságú transzport hatásával magyarázható, de utólag ez a hatás nagyon nehezen azonosítható.

Budapesten a légszennyezettség-mérő hálózat 11 állomása folyamatosan detektálja a különféle légszennyezőanyagok koncentrációját. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál kifejlesztett levegőminőségi előrejelző modellrendszer Budapest területére előrejelzi az alapvető (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> és O<sub>3</sub>) légszennyező anyagok koncentrációjának várható alakulását. Vizsgálatainkhoz a mérőhálózat által detektált és az előrejelző rendszer által számított PM<sub>10</sub> koncentráció értékeket használtuk fel.

Ebben az előadásban bemutatjuk, hogy az előrejelző rendszer milyen pontossággal tudta előrejelezni az elmúlt két évben a PM<sub>10</sub> koncentrációját, valamint meghatározzuk azoknak a meteorológiai paramétereknek a körét, amelyek jelentősen befolyásolták a kialakult koncentráció értékeket. A két vizsgálat eredményeiből meghatározható, hogy Budapesten a PM<sub>10</sub> koncentráció kialakulását milyen mértékben határozza meg az emisszió, valamint a meteorológiai helyzet és ezáltal mekkora pontosság várható el a budapesti levegőminőség előrejelző rendszertől.



## A JELENKORI ÉS A XIX. SZÁZADI ÓZONADATOK TENDENCIÁINAK VIZSGÁLATA

**Baranka György<sup>1</sup>, Weidinger Tamás<sup>2</sup>, Bozó László<sup>1</sup>, Balázs Roland<sup>1</sup>,  
Somfalvi-Tóth Katalin<sup>1</sup>, Szabó Zsanett<sup>2</sup> és Tarjányi Zsuzsanna<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Országos Meteorológiai Szolgálat*

*<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudomány Egyetem*

Az ózont a Habsburg Birodalom területén 1853-1856 között világviszonylatban egyedülállóan sűrű, 20 mérőhelyből álló mérőhálózattal, a Schönbein-módszer alkalmazásával mérték. A XIX. század második feléből további hosszúidejű ózon adatsorokkal rendelkezünk. A Magyar Királyság területén többek között Szegeden, Budán, Selmecebányán és Besztercebányán különböző időszakokban regisztrálták ekkor az ózont. Az ózommérések a nappali és az éjszakai időszakokra vonatkoztak, vele egy időben a meteorológiai elemeket, mint a hőmérsékletet, nedvességet, légnyomást, szelet, felhőzetet, csapadékot is feljegyezték. További hosszú, összefüggő adatsor áll rendelkezésünkre Budáról (1856–1898) és Ó-Gyalláról (1898–1905), mely ózonadatok lehetővé teszik az akkor induló urbanizációs folyamatok hatásának kimutatását. Elemezzük a városi és vidéki mérőhelyeken mért ózonkoncentráció különbségét a majd két évszázadot felölelő ózommérések alapján. A régi ózon idősoroknak a jelenlegivel (1990-2011) történő egybevetése kimutatta, hogy közel háromszorosára nőtt az ózon keverési aránya Magyarország térségében.

Napjainkban a városklíma kutatás egyik érdekes területe az emberi tevékenység, a fotokémiai szmog és a városi hősziget kialakulása közötti kölcsönhatások vizsgálata. A közelmúlt időszakában Budapesten kialakult hőség napok ózonkoncentrációinak tanulmányozása alapján megállapítható, hogy az erős rövidhullámú sugárzás, a magas hőmérséklet, valamint az alacsony légköri páratartalom kedvez az ózon keletkezésének. Az ózon, mint üvegházgáz, jelenlétével a hőmérséklet további emelkedéséhez is hozzájárul. Némely ózon prekursor, mint CH<sub>4</sub>, CO és nmVOC melegeedéshez, míg mások, mint

pl. az NO<sub>x</sub> a légkör hűléséhez vezet, ezért az ózon és prekursorainak összesített éghajlat módosító hatásának kimutatása további vizsgálatokat igényel.

Az Európa térségére vonatkozó különböző kapcsolt numerikus időjárás előrejelző és fotokémiai transzport modellek néhány napos ózon előrejelzései már számos helyen elérhetők az interneten. Az ózon, mint interkontinentális szennyező anyag szerepét globális skálájú három-dimenziós kémiai transzport modellek eredményeinek bemutatásával értékeljük.

# NAGYFELBONTÁSÚ NAPSPEKTROFOTOMETRIA ÉS KESKENYSÁVÚ NAPSUGÁRZÁSMÉRÉSEK AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLATNÁL: UV SUGÁRZÁS, TELJES ÓZONTARTALOM, AEROSZOL OPTIKAI PARAMÉTEREK

**Tóth Zoltán**

*Országos Meteorológiai Szolgálat, Léggörfizikai és Méréstechnikai Osztály*

A spektrális irradiancia mérésének egyik célja az, hogy a sugárforrásról szeretnénk információt kapni, a másik pedig, hogy ismert kimenőjelű sugárforrás esetén a sugárforrás és az érzékelő közötti térrész fizikai jellemzőiről szeretnénk információt kapni. Ez utóbbi esetben vagy az adott térrész optikai tulajdonságait, vagy pedig egy oda elhelyezett test (anyag) valamely optikai mutatóját (pl. áteresztését) szeretnénk vizsgálni. Központi csillagunk, a Nap, lehet mind a vizsgálat tárgya, mind pedig természetes sugárforrásként is használható a légkör némely fontos tulajdonságának vizsgálatához. Ebben az esetben napspektrofotometriáról beszélünk.

Bár a léggörfizikán belül – de még a léggörfizikai célú napsugárzás-méréseken belül is – a napsugárzás spektrális eloszlásának mérése még ma is eléggé speciális területet jelent, mégis nagy jelentőséggel bír. Ma már nagy pontossággal ismerjük a légkör felső határára érkező napsugárzás spektrális jellegzetességeit, s így a földfelszínen felvett spektrumok jól használhatók a légkör sok jellemző tulajdonságának megismerésére, vizsgálatára. A Naptól érkező spektrális intenzitás „puszta” ismeretén túlmenően tehát a mért adatok széles körben felhasználhatók. Az előadásban bemutatjuk a napspektrofotometria kísérleti fizikai és mérés-technikai elvét, azaz azt, hogy hogyan lehet meghatározni egy légköri komponens légoszlopnyi összemenyiségét a légkör tetejére érkező és a földfelszínen mért spektrális irradiancia, valamint az abszorpciós koefficiens vagy (ha a szórás is jelentős az adott hullámhosszon) az extinkciós koefficiens ismeretében. Bemutatjuk a méréseinknél alkalmazott UV-, látható- és közeli infravörös tartományban működő napspektrofotométereket, ismertetjük, elemezzük mérési eredményeinket (pl. ózontartalom, spektrális UV sugárzás, aeroszol optikai paraméterek stb.), illetve az ezeket felhasználó kutatások, fejlesztések eredményeit. Ma már a nagy pontosságú mérőrendszerek működésének alapja a jól kalibráltság. Mivel referencia berendezésekkel rendelkezünk - pl. az UV tartományban a legnagyobb pontosságú nemzetközi mérőhálózat tagja vagyunk -, a kalibráció, a kalibrációs procedúrák kiemelt fontosságúak munkánkban. Ennek még nagyobb hangsúlyt ad, hogy Regionális Napsugárzási Központként működünk a WMO VI. régiójában, mely tevékenységünket szintén röviden bemutatjuk.

Munkánk egyéb szolgáltatásokkal is kiegészül, pl. külső megrendelésekre különböző speciális méréseket végzünk (pl. mezőgazdaságban használt UV szűrő anyaggal ellátott fóliák UV sugárzásnak való hosszútávú kitettség hatására történő UV transzmisszió növekedésének meghatározása stb.). Ezekből is adunk ízelítőt.

# A LÉGKÖR NAPSUGÁRZÁS-ÁTBOCSÁTÁSÁNAK HOSSZÚ TÁVÚ VÁLTOZÁSA BUDAPEST FELETT - „DIMMING” VAGY „BRIGHTENING”?

**Tóth Zoltán**

*Országos Meteorológiai Szolgálat, Légekőrfizikai és Méréstechnikai Osztály*

Egy planetáris atmoszféra rövidhullámú sugárzás átbocsátó képességét felszíni napsugárzásmérési adatokból számítható, alkalmasan választott fizikai mennyiségekkel jól lehet jellemezni. Ha olyan esetekre végezzük el a számítást, amikor a napkorongot nem fedte felhő, akkor a mérési hely feletti légoszlop szennyezettségére kapunk információt. Ha széles hullámhossz-tartományra integrált irradiancia értékek állnak rendelkezésünkre, akkor egy átlagos (szürke közelítés-jellegű) optikai vastagságot kapunk, ha megfelelő hullámhosszokon, kvázi-monokromatikus irradianciákkal dolgozunk, akkor az aeroszol optikai vastagságát kapjuk. Amennyiben elég hosszú adatsor áll rendelkezésre, hosszú távra megtudhatjuk, hogyan változott az atmoszféra átlátszósága.

Budapest-Pestszentlőrincen, az Országos Meteorológiai Szolgálat Marcell György Főobszervatóriumában 1967 óta folynak nagypontosságú szélessávú és spektrális napsugárzásmérések. A vizsgálathoz megfelelő szűrési technikát dolgoztunk ki, amellyel a vizsgálat kritériumainak megfelelő adatbázist tudtunk létrehozni. Ezen adatsor alapján több független fizikai mennyiséget számoltunk ki, és ezek trendjét határoztuk meg. A fentiekre alapozott egyéb számításokkal a Budapest feletti atmoszféra néhány fontos aeroszol optikai sajátosságára is fény derült, például megtudtuk, milyen a jellemző méreteloszlása a légoszlopban található részecskéknek, milyen az összefüggés a domináns részecskeméret és az optikai vastagság között, illetve, hogy milyenek ennek a realisztikus légoszlopnak a tulajdonságai az ideális Rayleigh-atmoszférához képest.

Ezeket az eredményeket mutatjuk be és elemezzük az előadásban, amelyekből többek között kiderül, hogy az atmoszféra átlátszósága a 90-es évek elejéig romlott, majd onnan kezdve kissé javuló tendenciát mutat, összhangban más jellegű (levegőkémiai) hazai és külföldi vizsgálatok eredményeivel.

Az eredmények kapcsán röviden elemezzük azok illeszkedését a nemzetközi tendenciákba a mostaság egyre „divatosabb” global dimming-brightening kérdéskör tükrében.

# RÉSZLETES MIKROFIZIKAI SÉMA ALKALMAZÁSA A HOSSZÚHULLÁMÚ SUGÁRZÁSÁTVITEL MODELLEZÉSÉBEN

Lábó Eszter<sup>1</sup>, Geresdi István<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Országos Meteorológiai Szolgálat

<sup>2</sup>Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar

A felhők és a sugárzás kölcsönhatásának részletesebb modellezésére a felhők légköri sugárzásra való hatásának pontosabb megismerése miatt merül fel az igény. A mai napig folynak kutatások arra vonatkozóan, hogyan lehet modellezni a felhők által képviselt sugárzási kényszert, azaz a felhős, illetve felhőmentes esetben a légkör tetején tapasztalt sugárzás mértékének különbségét. A sugárzási kényszert a rövidhullámú, és hosszúhullámú sugárzásra külön definiálják. A mérésekkel alapján elfogadott tény, hogy a Föld felszínére lejutó napsugárzást a felhők globálisan közel  $44.5 \text{ W/m}^2$ -rel, a világűrbe kimenő hosszú hullámú sugárzást pedig közel  $31.3 \text{ W/m}^2$ -rel csökkentik. Ez azt jelenti, hogy a felhők jelenléte nettó  $13.2 \text{ W/m}^2$ -rel csökkenti a Föld-légkör rendszer hőmérsékletét meghatározó sugárzás nagyságát. Azonban a sugárzási kényszer minden egyes felhőre külön-külön történő meghatározásához a felhőben zajló fizikai folyamatokat minél pontosabban leíró modellekre van szükség.

Kutatásaink során a hosszúhullámú sugárzás és a felhőket alkotó vízcseppek közötti kölcsönhatás modellezését részletes mikrofizikai séma alkalmazásával pontosítottuk. Ezt megelőző kutatások azt igazolták, hogy a hosszúhullámú sugárzás a légkör tetején  $5 \text{ W/m}^2$ -rel is változhat, ha a felhőcseppek karakterisztikus méretét megváltoztatjuk. Az általunk kifejlesztett séma a kölcsönhatás modellezésénél nem csupán a vízcseppek karakterisztikus méretét használja, hanem tetszőleges méret szerinti eloszlást képes figyelembe venni, ezáltal pontosabbá válik a sugárzás felhőcseppeken való elnyelődésének leírása. Ennek numerikus modellezés szempontjából is kiemelt jelentősége lehet, hiszen a jelenlegi numerikus modellek (mint például a WRF - Weather Research and Forecasting modell) parametizációi mind egy-momentumos sémát alkalmaznak. Jelenleg folynak olyan kutatások, amelyek célja részletes mikrofizikai leírás (két- vagy három-momentumos, illetve ún. bin séma) alkalmazása az eredetileg egy-momentumos mikrofizikai leírás helyett. A bin sémák használata ugyan számításigényt tekintve nagyon költséges, de számos kutatás igazolta, hogy a meteorológiai folyamatok (konvekció során képződő réteges felhőzet kialakulása, légköri instabilitás) pontosabban leírható vele.

Az előadásban ismertetjük az általunk kifejlesztett sugárzási sémát, illetve ennek hatását különböző felhőmodellek esetében. További terveink között szerepel a sugárzás által módosított hőmérsékleti profil hatásának vizsgálata a felhő mikrofizikai folyamataira.

# ZIVATAROK VILLÁMLÁS AKTIVITÁSÁNAK MEGFIGYELÉSE VHF FREKVENCIÁKON

**Dombai Ferenc<sup>1</sup>, Suhai Bence<sup>2</sup>, Barta András<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Országos Meteorológiai Szolgálat*

*<sup>2</sup>Eötvös Lóránd Tudományegyetem*

A villámlások a legattraktívabb jelenségei a zivataros folyamatoknak, a hang és optikai jelenségek mellett sugárzásuk szinte a teljes elektromágneses spektrumban detektálható, a VLF-től a VHF-ig (1 KHz – 100 MHz).

A földbe csapó villámok a felhőkben zajló elektromos folyamatok végtermékei, a felhőn belüli kisülések megfigyelésével jobban követhető a zivatarok fejlődése, mivel szorosabban kapcsolódnak a zivatarok belső elektromos folyamataihoz.

A szerzők áttekintést adnak felhőn belüli villámlások megfigyeléseiről, a hazai SAFIR villámlási megfigyelések tapasztalatairól és végül bemutatják eredményeiket a valós idejű 3D VHF lokalizáció detektálás „core” folyamatának – DTOA (Difference Time of Arriving) - non iteratív megvalósításával kapcsolatosan, mely egy új hazai villámlás lokalizációs rendszer alapja lehet a jövőben.

# ZIVATAROKHOZ KÖTHETŐ FELSŐLÉGGKÖRI ELEKTROMOS KISÜLÉSEKSEL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK SOPRONBAN

**Bór József<sup>1</sup>, Barta Veronika<sup>1,2</sup>, Sátori Gabriella<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Geodéziai és Geofizikai Intézet, Sopron

<sup>2</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem, Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola, Sopron

A zivartartevékenység kulcsfontosságú eleme az ún. globális elektromos áramkörnek. A globális elektromos áramkörben az elektromos töltések zivatarfelhőben bekövetkező szétválása és a töltéseket elszállító folyamatok a földfelszín és az ionoszféra közötti potenciálkülönbséget növelik, miközben ezzel a hatással a nem zivataros területek fölött domináns töltéssemlegesítő folyamatok tartanak egyensúlyt. A töltések áramlása ebben a körfolyamatban nem egyenletes. A hosszabb időskálán végbemenő folyamatok mellett pl. az impulzív töltéskisülések tranzienst perturbációkat okoznak a globális elektromos áramkör szinte valamennyi elemében. Ezeknek a jelenségeknek a megfigyelése és vizsgálata viszonylag egyszerű lehetőséget biztosít mind a perturbációt kiváltó forrás folyamatok, mind a perturbált környezeti elem tulajdonságainak a megismerésére, amennyiben a fizikai és kémiai kölcsönhatások összefüggérendszerre ismert.

A függőleges töltésmomentum-változás mértéke szerint különösen intenzív villámok a felsőléggkörben (kb. 20-90 km-es magasságtartomány) elektromos kisülés kialakulását okozhatják. A megfigyelések szerint az alacsony nyomáson bekövetkező természetes gázkisülést változatos alakú, vörös és a troposzférához közeledve egyre több kék összetevőt tartalmazó optikai emissziók kísérhetik (vörös lidérc – red sprite és lidérc udvar – sprite halo). Más esetekben a zivatarfelhőben felgyülemelő töltések egyik centrumából felfelé fejlődő kisülési frontok alakulhatnak ki, amelyek akár az ionoszféra aljái (90-100 km) is eljuthatnak (kék nyaláb – blue jet, illetve óriás nyaláb – gigantic jet). Ezek a legfeljebb néhány tizedmásodperces élettartamú jelenségek a felsőléggkörü elektrooptikai emissziók (FEOEM) családjába tartoznak. A FEOEM-ek optikai és elektromágneses tulajdonságait meghatározó környezeti (fizikai és kémiai) tényezők azonosítása még közel sem teljes. A kapcsolódó alap kutatások a létező, alacsony nyomású gázkisüléseket alkalmazó technológiák (pl. világítótestek, felületkezelési eljárások) fejlesztésének a szempontjából is jelentőséggel bírnak.

Az előadás a FEOEM-ek rövid bemutatása után áttekintést nyújt az MTA CSFK soproni székhelyű Geodéziai és Geofizikai Intézetében folytatott, FEOEM-ekkel kapcsolatos tudományos kutatásokról. A léggkörü elektrodinamika kutatócsoport 2003-tól foglalkozik FEOEM-eket kiváltó villámkisülések extrém alacsonyfrekvenciás (ELF, 3Hz-3kHz) elektromágneses sugárzásának tanulmányozásával. Ezen túlmenően 2007-től FEOEM megfigyeléseket is végeznek egy Sopronban felállított megfigyelőállomásról a város kb. 600 km-es körzetében Közép-Európa fölött.

# A SZILÁRD HALMAZÁLLAPOTÚ CSAPADÉKELEMÉK OLVADÁSÁNAK SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSE

Sarkadi Noémi<sup>1</sup>, Geresdi István<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pécsi Tudományegyetem, Környezettudományi Intézet

Az időjárás előrejelzése szempontjából kulcsfontosságú a csapadék kialakulására, illetve halmazállapotára vonatkozó kérdések megválaszolása. A témában a legnagyobb problémát az jelenti, hogy a folyamatok széles tér- és időskálát fednek le. Ez okból kifolyólag a csapadékképződés modellezése csak korlátozott módon, különböző parametrizációs eljárások segítségével valósítható meg. Napjaink numerikus modelljeiben széles körben alkalmazzák az ún. „bulk” parametrizációs eljárást.

A „bulk” parametrizáció előnye, hogy számítógépes kapacitásigényük viszonylag kicsi, azonban a számítások során nincs lehetőség a hidrometeorok mérettől függő tulajdonságainak leírására. A mikrofizikai folyamatok leírására a részletes mikrofizikai modellek alternatív megoldást nyújtanak. A parametrizációs eljárás lényege, hogy a hidrometeor típusokat méretük szerint csoportosítjuk, és minden méretintervallumra kiszámítjuk a megmaradási egyenleteket. A modell számítógépes kapacitása igen nagy, ez az oka, hogy napjaink operatív előrejelzési modelljei nem alkalmazzák, azonban a csapadékképződési folyamatok részletesebb leírását adja.

Előadásunkban a szilárd halmazállapotú csapadékelemek olvadásának modellezési lehetőségeiről lesz szó. Meghatározzuk az olvadás szempontjából fontos mikrofizikai folyamatokat. Egy egydimenziós kinematikai modell segítségével elvégezzük a csapadékképződés szempontjából meghatározó mechanizmusok vizsgálatát, a dinamikai hatások elhanyagolása mellett (olvadás során felszabaduló látens hő leírása, a felszíni csapadék becslése, csapadékelemek méret szerinti eloszlása). Eltérő kezdeti feltételek mellett bemutatjuk a hópelyhek, és hódara részecskék olvadását, illetve részletesen elemzünk egy ónos eső kialakulásával járó szinoptikus helyzetet. A tanulmány célja, hogy bemutassa a csapadékképződés szempontjából elengedhetetlen mikrofizikai folyamatok modellezési lehetőségeit, részletes mikrofizikai modell segítségével.



**A kiadványok elkészítését a TÁMOP -4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0002 projekt támogatta.**

TÁMOP-4.2.1. B-10/2/KONV-2010-0002  
ADÉL-DUNÁNTÚLI RÉGIÓ EGYETEMI  
VERSENYKÉPESSÉGÉNEK FEJLESZTÉSE

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség  
[www.ujszechenyiterv.gov.hu](http://www.ujszechenyiterv.gov.hu)  
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.