

AZ ÉRDESSÉGI PARAMÉTER GEOINFORMATIKAI ALAPÚ MEGHATÁROZÁSÁNAK JELENTŐSÉGE A TRANZMISSZIÓS MODELLEZÉSBN

SZŰCS JÁNOS – LÉNÁRT CSABA – BÍRÓ TIBOR

THE SIGNIFICANCE OF THE DETERMINATION OF ROUGHNESS LENGTH
BASED ON GIS IN DISPERSION MODELLING

Abstract

Some problems may arise in the case of modelling air pollution caused by point sources, because of the dispersion of contaminants ensues above highly variable areas. It usually occurs in the course of monitoring the air pollution of settlements. Generally the models take the inhomogeneity of the surface into account using only the roughness length parameter. This value can be assigned by measuring the wind profile, using Lidar scanner, remotely sensed or photogrammetric data. There is an opportunity of classifying and splitting the area into homogeneous parts in the case of the examination of an inhomogeneous area. The whole district can be characterized with the help of the only one effective roughness length derived from the value of roughness parameters typical of the previously mentioned area. The calculated concentration field meaningfully depends on the calculated effective roughness parameters based on the different literature recommendations. The deviation of these concentration fields has been examined in the sample area of Jászberény.

Keywords: dispersion model, effective roughness length, land-cover data, concentration field

Bevezetés

Pontforrások hatásának modellezéséhez feltétlenül szükség van a forrásra jellemző emissziós, illetve a forrás környezetére jellemző meteorológiai adatokra. A jelenleg hatályos jogi szabályozás miatt a bejelentésre kötelezett pontforrások üzemeltetőinek negyedévente jelentést kell készíteniük, amelyeket a környezetvédelmi felügyelőségek rendelkezésére kell bocsátaniuk. A jelentések tartalmazzák a kibocsátott anyagok nevét, mennyiségét, hőmérsékletét, térfogatáramát, a források azonosítóját, magasságát, az emissziós pont felületét és az üzemórák számát. A meteorológiai adatok beszerzésének leggyakoribb módjai: adatvásárlás az Országos Meteorológiai Szolgálattól, illetve saját mérések végezése. Amennyiben a fent említett adatok megfelelő minőségűek, akkor egyetlen forrás hatásának vizsgálata elvégezhető. Ha több forrás által okozott együttes immiszió kiszámítása vagy az eredmények térképen való megjelenítése a cél, akkor a geometriai adatgyűjtés is elkerülhetetlen. Az emissziós pontok helyének meghatározására számos adatgyűjtési lehetőség ismert, például földi geodéziai módszerek vagy GPS segítségével történő helymeghatározás. Ezen adatok viszonylag pontosak és minőségük ellenőrizhető. Problémát okoz azonban, hogy Gauss-típusú terjedési modellek alkalmazása során a felszín változékonyságát egyetlen z_0 érdességi paraméter megválasztásával szokás figyelembe venni. z_0 azon felszín feletti magasságot jelenti, ahol a szélsébség nullává válik, feltételezve a logaritmikusságát (GARRAT, J. R. 1992). E paraméter megválasztásához alapos körültekintésre van szükség, mivel értéke a szélsébség és a szélirány megválasztása mellett jelentékeny hatást gyakorol a modell által számított koncentrációmezőre, ebből következően az értékadás nem elhanyagolható hibaforrás. Nem túlzás tehát azt állítani,

hogy az érdességi paraméter értékének helyes megválasztása a transzmissziós modellek felírásának egyik kritikus pontja. Értéke megadható becsléssel, a szélprofil kimérésével, származtatható űrfelvételekből, fotogrammetria útján nyert adatokból, illetve lézerszkenner alkalmazásával. A becslés kétségtelenül az egyik leggyakoribb módszer, előnye a gyors és olcsó értékadás, hátránya a meglehetősen nagy bizonytalanság. A szélprofil kimérése képes figyelembe venni az érdesség szélirányfüggését, emellett pontos értéket szolgáltat, viszont kivitelezése meglehetősen körülményes. Amennyiben a vizsgált területről 3 dimenziós adatbázis áll rendelkezésre, akkor számos módszer alkalmazható az érdességi paraméter-számítással történő meghatározására. Hazánkban a szegedi ventilációs folyosók lehatárolása során történtek ilyen típusú számítások (GÁL T. – UNGER J. 2008). A távérzékelte adatokból osztályozás után származtathatók érdességi adatok. Sajnos, a szakirodalomban azonos felszínborítási viszonyok esetén sem figyelhető meg egységes álláspont az értékadás terén. Mindemellett az érték megállapítása kapcsán figyelembe vehetők még az évszakos eltérések is. Bonyolítja a problémát, hogy z_0 értéke homogén területen jól definiált, ellenben nehézkes a meghatározása olyan helyszínen, ahol a füstfáklya heterogén felszín felett halad el. A pontonként történő értékadás nem lehetséges, mivel a szennyező anyagok transzportját és hígulását befolyásolja a szélműködés örvényessége, ami viszont függvénye széliránnyal egyező és ellentétes irányban elhelyezkedő terület érdességének is. Ebben az esetben az egyik lehetséges módszer a vizsgált területet jellemző egyetlen effektív érdességi paraméter megadása vagy szélirányfüggő értékadás. Az effektív érdesség meghatározása terén szintén nem egységes a szakirodalom. A számítások kivitelezése terén számos ajánlás megfogalmazódik.

Anyag és módszerek

Gauss-típusú modell alkalmazására a jászberényi pontforrások vizsgálata során került sor. A város tipikus alföldi település, lakossága megközelítőleg 30 ezer fő. A település ipara a szocialista extenzív iparosítás és az 1990-es rendszerváltozást következményeként nyerte el jelenlegi arculatát. A legjelentősebb vállalatok és azok beszállítói a város Ny-i területén koncentrálódnak, illetve egy nagyobb cég található a város K-i részén. Jászberény beépítettségére a földszintes és egyemeletes házak jellemzők, de természetesen vannak tömbházak is, amelyek általában négyemeletesek. A település környékén lombhullató erdők, szántók és zártkerti ingatlanok találhatóak. A fő szélirány az ÉNy-i, az átlagos szélsébség 2,5 m/s. A kutatás célja a jászberényi pontforrások által okozott koncentrációmező modellezése volt, amely térben Jászberény belterületének egészére és külterületének egy részére, időben pedig 2002-től 2010-ig terjedt ki. Ezen időszak alatt az említett területen mintegy 400 forrás üzemelt, amelyek döntő többsége kémény vagy kürtő. A pontforrások hatásának vizsgálatához szükséges adatbázis egyik alapjául az üzemeltetők által bejelentett adatok szolgáltak. Bár az adatbázis megfelelő attribútumokat szolgáltat, komoly hátránya, hogy csak diszkrét geometriai jellemzőkkel bír, azaz csak az üzemek postai címét tartalmazza, a források pontos helyszínéről nem hordoz információt. A geometriai adatok előállítására mintegy 300 forrás esetén GPS segítségével történt, a fennmaradó megközelítőleg 100 forrás koordinátáit pedig műholdképek alapján állítottuk elő. A következő lépésben a WGS 1984 koordináták Egységes Országos Vetületi Rendszerbe (EOV) történő transzformálására került sor. Ennek egyik oka, hogy a rendelkezésre álló térképek esetén elterjedt ez a vonatkoztatási rendszer, a másik nagy előny, hogy a méterrendszerű koordináta-rendszer esetén a modell futtatása nem igényel újabb transzformációkat. A források egyedi azonosítóval történő ellátása georelációs kapcsolatot teremtett az emissziós

és a geometriai adatok között, így lehetőség nyílt a térinformatikai alapú elemzésre és a térképi megjelenítésre. A meteorológiai adatok egy részét az OMSZ szolgáltatta, emellett a városban üzemelő meteorológiai állomás által mért értékek is felhasználásra kerültek. Az érdességi paraméter meghatározásához elsőként a vizsgált városi területet az úthálózat által meghatározott diszjunkt poligonokra bontottuk. Az így keletkezett városrészek beépítettsége már jóval homogénebbnek bizonyult, mint a település egészéé. A poligonokat karakterizáló z_0 megválasztásában szakértői bejárás is segített, de a leghasznosabb támogatást a nyilvános városi településszerkezeti terv adta. Ez a dokumentum részletesen jellemzi a vizsgált körzeteket, különböző beépítettségi osztályokat definiál. Az érdesség szempontjából azonos osztályok összevonásával lehetőség nyílt a körzeteket reprezentáló poligonok osztályba sorolására. Mivel a kutatás a település külterületének egy részére is kiterjedt, ezen a területen is a földhasználatot jellemző poligonokhoz lettek hozzárendelve a z_0 -értékek, amelyek meghatározása a Corine CLC100 felszínborítási osztályok alapján történt. A poligonokra jellemző érdességi magasságértékek megadásánál külön problémát okozott a szakirodalom egységének hiánya, ami különösen az alacsony érdességű felszínnek esetén szembetűnő; bizonyos esetben akár tízszeres eltérés is megfigyelhető. A leginkább használatos értékek megadhatók az European Wind Atlas, a KNMI, illetve egyéb kutatások alapján (JULIETA, S. – CARLA, R. – RICARDO, G. 2007). Fellelhető olyan értékadás is, amely a szakirodalomban szereplő leggyakoribb értékeket rendeli az egyes osztályokhoz (BIHARI P. 2007). A Corine-program előtt megjelent ajánlások között szerepel olyan is, amely 5 osztályt alkalmaz és városi környezetre 1,2–2 értéket javasol (FEKETE K. – POPOVICS M. – SZEPESI D. 1983). Szinte valamennyi ajánlásra jellemző, hogy nem minden osztály esetén használ egyetlen értéket, alkalmanként intervallumot alkalmaz. Ez alapján minden osztályt jellemez egy minimum-, egy maximum- és egy legvalószínűbb érték. További problémát jelent az effektív érdességi paraméter megadása. A szakirodalom itt is számos módszert ismertet, amelyek közül a területarányos súlyozású átlagolás alkalmazása tűnik a leginkább nyilvánvalónak. Ez az eljárás azonban a nagyobb érdességű területek túlreprezentálása miatt hibás eredményre vezet, ezt elkerülendő a területarányos súlyozású logaritmikus átlagolásra került sor, azaz

$$\ln z_{0,eff} = \frac{\sum A_i \ln z_{0i}}{\sum A_i} \quad (\text{TAYLOR, P. A. 1987}).$$

A vizsgált területre jellemző effektív érdességi paraméter meghatározására alkalmazott módszer előnyei: becslésnél pontosabb, csökkenti a szubjektivitást, olcsó, bármely szakirodalmi ajánlást figyelembe véve megadható az effektív érdességi paraméter. Ez lehetőséget ad a koncentrációmező változásának nyomon követésére a különböző érdességi értékek függvényében. A módszer főbb hátrányai: nem veszi figyelembe a szélirányfüggőséget, a vizsgált terület lehatárolása önkényes.

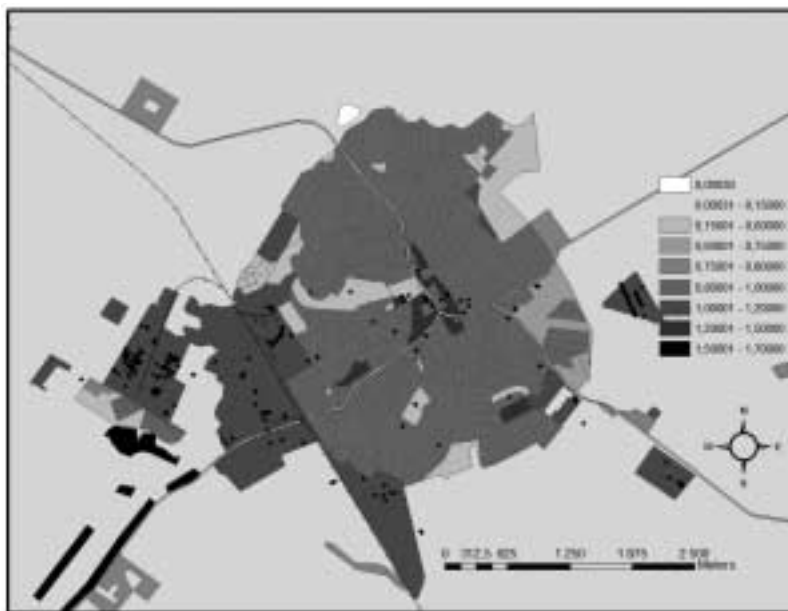
Tudományos eredmények

A szennyező anyagok koncentrációjának meghatározásához a vizsgált területet lefedő 50×50 m-es rácshálózt adtunk meg. A szennyezők terjedését, így a felszínközeli koncentrációt jelentősen befolyásolják a meteorológiai körülmények. Hogy minél többféle időjárási körülményt figyelembe véve is le lehessen futtatni a programot, egy saját fejlesztésű program alkalmazására került sor, amelyben inputként a felhasználó adja meg a meteorológiai adatokat, illetve az érdességi paramétert. A program futásához szükséges további

adatokat a jelentések, illetve a források koordinátái tartalmazzák. Ennek következtében a terjedési modell az összes bejelentett anyagra és tetszőleges meteorológiai körülményekre alkalmazható. Az eljárás minden rácsponton kiszámítja a pontforrások által okozott immisziót. Outputként megjelennek a rácspontokra számított koncentrációk, továbbá a rácspontok EOV-koordinátái. A módszer előnye, hogy a település egy tetszőleges pontjának koordinátáit ismerve a felhasználó térinformatikai alkalmazás nélkül is meg tudja határozni, hogy mekkora hatást gyakorolnak a források az adott területre. Természetesen a koordináták és az immisziós értékek ismeretében lehetőség van a térképi megjelenítésre, különböző térinformatikai szoftverek alkalmazásával. A vizsgálat során nem pusztán a pontforrások által kibocsátott szennyezők modellezése volt a cél, hanem a különböző ajánlások alapján meghatározott effektív érdességi paraméterek hatásának vizsgálata a számított koncentrációmezőre. Mivel a modell bemenő adatként az érdességi paraméteren kívül a szélirányt, a szélesebséget, a légköri stabilitást, a hőmérsékletet és a jelentések által megadott adatokat is tartalmazza, célszerű néhány érték rögzítése az analízis elvégzéséhez. Figyelembe véve a helyi kibocsátási jellemzőket, a vizsgálat során felhasznált emissziós adatokat a 2006-os 2. és 4. negyedévi adatok képezték, átlagos meteorológiai körülmények, azaz 6-os stabilitási paraméter, 15, illetve 5 °C hőmérséklet és 2,5 m/s szélesebség feltételezése mellett. A településen a leggyakoribb szélirány az ÉNy-i, majd ezt követi az ÉK-i, a szennyező anyagok terjedése szempontjából pedig a legkedvezőtlenebb irány a Ny-i, így e szélirányok esetén külön-külön meghatároztuk az immisziómezőket. Bár a vizsgálat valamennyi bejelentésre kötelezett anyag esetén kivitelezhető, fontossága miatt a kén-dioxid, a nitrogén-oxidok és a szén-monoxid vizsgálatát végeztük el. A különböző effektív érdességi paraméterek hatása vizsgálható a számított koncentrációmezők különbségének vagy hányadosának képzésével, illetve statisztikai módszerekkel. A modell felépítéséből következően a különbségképzés egyszerű és könnyen kivitelezhető módszer, hátránya viszont, hogy értéke függ az emittált mennyiségtől, ami Jászberényben az idő függvényében meglehetősen változékony. Ezzel szemben hányados-képzést alkalmazva, a számított értékek nem függenek a források által emittált mennyiségtől, csak azok arányától, ami az idő függvényében homogénebb. Ebben az esetben azonban újabb problémaként merül fel, hogy a modell által meghatározott koncentrációmezők csak a pontforrások által okozott szennyezést adják meg, így vannak olyan rácspontok, ahol 0 szerepel. Figyelembe véve, hogy a 0/0 matematikailag értelmetlen, emellett a vizsgálat célja annak kiderítése, hogy az érdesség függvényében hány-szorosára változnak az immisziós értékek, a 0/0 értékek tekinthetők úgy, hogy nem történt változás, így a hányados ebben az esetben 1-nek vehető.

Az ipar rendkívül változatos szennyező anyagaival és koncentrált forrásaival tűnik ki (MOSER M. – PÁLMAI GY. 1992). Amennyiben a felszínborítási osztályokat és a pontforrásokat térképen megjelenítjük, megfigyelhető, hogy a legtöbb forrás Jászberényben is az ipari területeken található, a belvárosi területeken lényegében csak a bejelentésre kötelezett intézményi kazánkélmények helyezkednek el. Az utcák, illetve a művelési ágak által megadott poligonokhoz a különböző érdességi értékeket hozzárendelve általában a külterületi szántók kapnak alacsony értéket, amelyet néhány helyen az erdőkhöz rendelt magasabb értékek szakítanak meg, majd a külvárosi ipari területek nagyobb értékei következnek, és a belvárosi körzetek kapják a legnagyobb érdességi paramétert (1. ábra). A különböző ajánlások alapján származtatott effektív érdességi paraméterek (1. táblázat) többszörös eltérést is mutatnak. A vizsgálat során a szakirodalomban szereplő leginkább használatos értékeket tartalmazó ajánlás alapján származtatott $z_{0,eff} = 0,256867$ érték használatával modellezett koncentrációmezők kerültek összehasonlításra, a városi középértéknek tekinthető és a $z_0 = 1,5$ érték alapján számított koncentrációmezőkkel (BIHARI P. 2007).

Valamennyi esetben a $z_{0,eff}=0,256867$ érdesség alapján meghatározott koncentrációs értékek képezték az osztandót, a $z_0 = 1,5$ értékkel megadottak pedig az osztót.



1. ábra Pontforrások és érdességi osztályok a vizsgált mintaterületen a BIHARI P.-féle értékek alapján (saját szerkesztés)
Figure 1 Point sources and roughness length classes based on the research by BIHARI, P. (by authors)

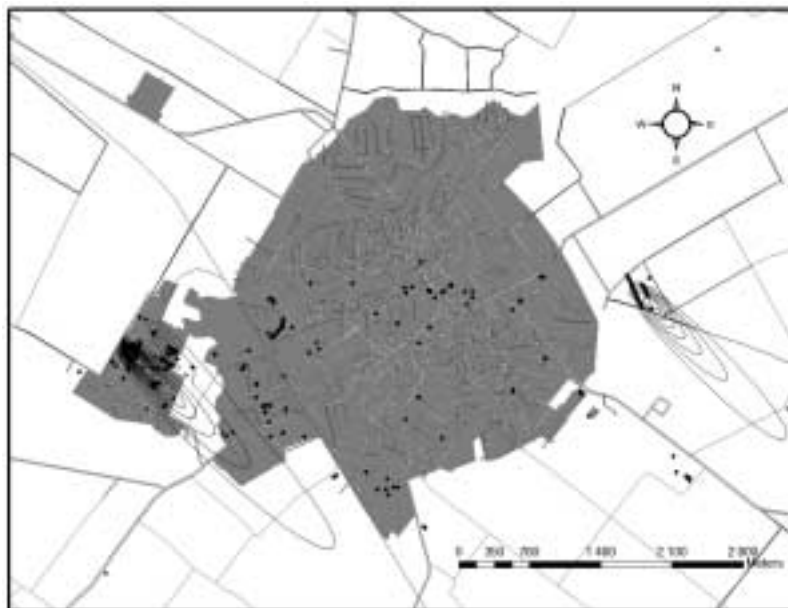
1. táblázat – Table 1

A különböző ajánlások alapján meghatározott effektív érdességi paraméterek
Values of the effective roughness length
for the study area derived by difference recommendations

Típus	Forrás	z_0 effektív
Minimum-érték	JULIETA, S. et al. (2007)	0.105805
Legvalószínűbb érték	JULIETA, S. et al. (2007)	0.112512
Maximum-érték	JULIETA, S. et al. (2007)	0.115726
Legvalószínűbb érték	BIHARI P. (2007)	0.256867
Minimum-érték	KNMI	0.072704
Maximum-érték	KNMI	0.285911
Minimum-érték	European Wind Atlas	0.076468
Maximum-érték	European Wind Atlas	0.110497

Nitrogén-dioxidot a bejelentésre kötelezett források döntő többsége kibocsát, bár ez a mennyiség nagyon szerény hatást gyakorol a város levegőminőségére mindkét érdességi paraméterrel számolva. A relatíve domináns területek a település Ny-i és K-i ipari területein helyezkednek el. A belvárosi pontforrások hatása a levegőminőségre gyakorlatilag elhanyagolható a fűtési és nem fűtési időszakban is. A források Ny-i szélirány esetén gyakorolják a legerősebb hatást a belváros levegőminőségére, de azt még ilyen meteorológiai feltétel esetén sem éri jelentékeny terhelés. Az érdességi paraméter hatását vizsgálva szembetű-

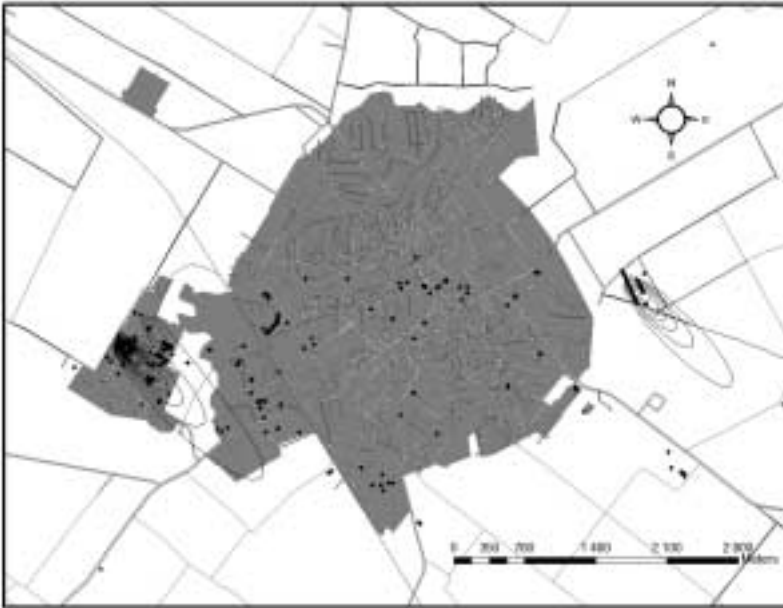
nő, hogy a szélirány jóval erősebb hatást gyakorol az értékekre, mint a fűtési vagy nem fűtési időszak. Ny-i szélirány esetén az értékek hányadosa viszonylag homogén eloszlású, a domináns Ny-i forrásoktól kezdődően a szélirány mentén egyetlen, csaknem kétszeres értéket reprezentáló irány mentén figyelhetők meg magasabb értékek, erre merőlegesen pedig folyamatos csökkenés figyelhető meg. Ebben az esetben a hányadosok értékét lényegében csak a Ny-i, illetve a K-i iparterület forrásai befolyásolják, teljesen elnyomva a többi hatását. ÉNy-i, illetve ÉK-i szél esetén jóval heterogénebb eloszlás figyelhető meg (2–4. ábra). A város É-i részén, a források elhelyezkedésének megfelelően, egyik esetben sincs változás, ellenben a többi területen a szél irányában, illetve erre merőlegesen igen jelentős eltérések figyelhetők meg. Ilyen meteorológiai körülményeket feltételezve a kisebb források erősebben befolyásolják a hányadosok értékét.



2. ábra NO_x -koncentrációmező 2006 2. negyedévében, ÉNy-i szélirányt, 2,5 m/s szélességet, 15 °C hőmérsékletet, 6-os stabilitási kategóriát, 0,26 effektív érdességi paramétert és valamennyi forrás együttes üzemelését feltételezve. Az izokoncentrációs vonalak $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sűrűséggel megjelenítve (saját szerkesztés)

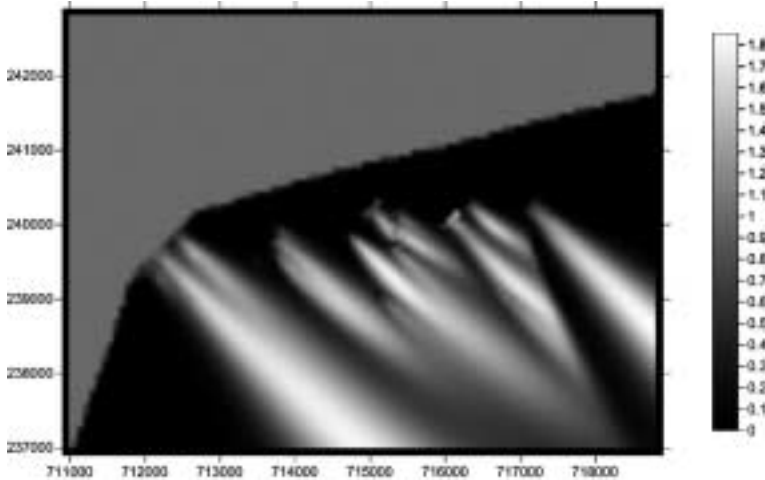
Figure 2 NO_x concentration field in the second quarter of 2006 assuming northwestern wind direction, 2.5 m/s wind speed, 15 °C temperature, 6 stability category, 0.26 effective roughness length and all point sources functioning. The isoconcentration lines are represented with a density of $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (by authors)

A szénmonoxid-kibocsátással kapcsolatban hasonló megfigyelések tehetők, mint a nitrogén-dioxiddal összefüggésben. Ebben az esetben is a város Ny-i, illetve K-i része a domináns, továbbá a Ny-i területen belül a vasútvonal melletti források relatív szerepe megnő. Mindkét érdességi paraméter figyelembevételével, a modell alapján számított koncentrációk értéke nagyságrendekkel kisebb a határértékben rögzítetté. A fűtési és nem fűtési időszak közötti eltérés e szennyező esetén sem jelentős. A különböző érdességi paraméterek alapján számított immisziós értékek hányadosát vizsgálva gyakorlatilag a nitrogén-oxidokkal analóg állítások fogalmazhatók meg. Ennek az erős kapcsolatnak az az oka, hogy általában mindkét szennyezőt, megközelítőleg azonos arányban, ugyanazok a források emittálják.



3. ábra NO_x-koncentrációmező 2006 2. negyedének adatai alapján, ÉNy-i szélirányt, 2,5 m/s szélességet, 15 °C hőmérsékletet, 6-os stabilitási kategóriát, 1,5 effektív érdességi paramétert és valamennyi forrás együttes üzemelését feltételezve. Az izokoncentrációs vonalak 0,5 µg/m³ sűrűséggel megjelenítve (saját szerkesztés)

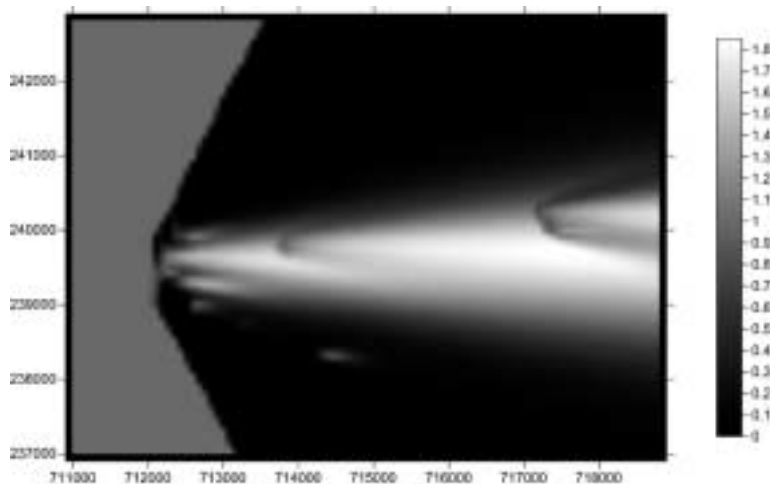
Figure 3 NO_x concentration field in the second quarter of 2006 assuming northwestern wind direction, 2.5 m/s wind speed, 15 °C temperature, 6 stability category, 1.5 effective roughness length and all point sources functioning. The isoconcentration lines are represented with a density of 0.5 µg/m³ (by authors)



4. ábra A 2. és 3. ábrán szemléltetett koncentrációmezők hányadosa, a 0/0 hányadost 1-nek tekintve (saját szerkesztés)
Figure 4 Ratio of the concentration fields demonstrated in the Figs 2 and 3 with 0/0 equal to 1 (by authors)

A nitrogén-dioxiddal szemben *kén-dioxidot* csak néhány forrás bocsát ki a település Ny-i ipari területein. Ugyanazokat a meteorológiai körülményeket feltételezve ugyancsak megállapítható, hogy a források hozzájárulása a háttértértékekhez csak néhány µg/m³

immissziós értékeket ad meg mindkét érdességi paraméterrel számolva. ÉNy-i, illetve ÉK-i szél esetén sem a város irányában terjed ez a szennyező. A legkedvezőtlenebb szélirány az SO_2 terjedése szempontjából is a Ny-i. Az eltérő érdességi paraméter alapján számított immissziós értékek hányadosa jóval homogénebb eloszlást mutat, mint a szén-monoxid, illetve a nitrogén-oxidok esetében. Ennek oka nyilvánvalóan az, hogy csak a város viszonylag kis területén van SO_2 -emisszió. A számított immissziós értékek hányadosát vizsgálva, valamennyi esetben megfigyelhető, hogy a forrásoktól szélirány mentén távolodva kb. kétszeres értékek figyelhetők meg a felszínközeli koncentrációkban, illetve hogy az előbbi irányra merőlegesen rohamosan csökken a hányados értéke (5. ábra). ÉK-i, illetve ÉNy-i szél esetén kimutatható a források elkülönülése, de ilyen szélirányokban a forrásoknak nincs hatása a város levegőminőségére. Ny-i szélirány esetén a forrásoktól a belváros felé haladva jelenik meg az előbb részletezett jelenség. Kisebb z_0 esetén többszörös érték is előfordul a városközpontban, ennek azonban az alacsony emisszió miatt inkább elméleti jelentősége van.



5. ábra A 0,26, illetve 1,5 effektív érdességi paraméterrel számított SO_2 -koncentrációmezők hányadosa a 2006 4. negyedév adatai alapján, Ny-i szélirányt, 2,5 m/s szélességet, 5 °C hőmérsékletet, 6-os stabilitási kategóriát és valamennyi forrás együttes üzemelését feltételezve (saját szerkesztés)

Figure 5 Ratio of the SO_2 concentration fields in the fourth quarter of 2006 assuming effective roughness 0.26 1.5 respectively, western wind direction, 2.5 m/s wind speed, 5 °C temperature, 6 stability category and all point sources functioning (by authors)

Következtetések

A jászberényi szennyező források vizsgálata során is megmutatkozott az érdességi paraméter megválasztásának jelentősége transzmissziós modellek esetén. A kibocsátott szennyezők az alacsony emissziós értékek miatt egyetlen esetben sem gyakorolnak komoly hatást a levegőminőségre. Általánosan elmondható, hogy viszonylag kis területen belül nagyon jelentős változások adódnak az értékadástól függően. Alacsonyabb z_0 esetén a forrástól szélirány mentén távolodva minden esetben magasabb, míg erre az irányra merőlegesen fokozatosan csökkenő koncentráció-értékek adódtak. A szélirány megválasztása erőteljesen befolyásolta a hányados értékeit. A vizsgált terület poligonokra való osztása és

a felszínborítási adatok alapján való értékadásból számított effektív érdességi paraméter megadása növeli az értékadás objektivitását, ennek következtében hatékonyabb módszer a szimpla becslésnél. Ebben az esetben gondot okoz a szakirodalom egységének hiánya. A pontosabb módszer – esetleg az évszakok figyelembevételével – a szélprofil-kimérés, a fotogrammetria, az űrfelvételek vagy a lézerszkenner által nyert adatok alapján történő értékadás lenne.

SZÜCS JÁNOS

SZIE ABK Természettudományi és Testnevelési Tanszék, Jászberény
szucs.janos@abk.szie.hu

LÉNÁRT CSABA

KRF Agrárinformatikai és Vidékfejlesztési Intézet, Gyöngyös
lenart@bestcomp.hu

BÍRÓ TIBOR

KRF Környezettudományi Intézet, Gyöngyös
tbiro@karolyrobert.hu

IRODALOM

- BIHARI P. 2007: Energetikai eredetű levegőkörnyezet-terhelés értékelése és tervezése. – PhD-értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar. 55 p.
- BOZÓ L. – MÉSZÁROS E. – MOLNÁR Á. 2006: Levegőkörnyezet. – Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 109–142.
- Corine Land Cover nomenklátúra, 2010: http://www.fomi.hu/corine/clc100_index.html
- DÉVÉNYI D. – GULYÁS O. 1988: Matematikai-statisztikai módszerek a meteorológiában. – Tankönyvkiadó, Budapest. pp. 163–274.
- DETRÉKÓI Á. – SZABÓ GY. 2002: Térinformatika. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. pp. 31–121.
- FEKETE K. – POPOVIC S. – SZEPESI D. 1983: A légszennyező anyagok transzmissziójának meghatározása. – OMSZ hivatalos kiadványai, 55, 71 p.
- FODOR I. 2001: Környezetvédelem és regionalitás Magyarországon. – Dialóg Campus Kiadó, Pécs. pp. 158–182.
- GARRAT, J. R. 1992: The atmospheric boundary layer. – Cambridge University Press. 316 p.
- GÁCS I. – KATONA Z. 1998: Környezetvédelem. – <ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/energ/kornyeztvedelem.pdf>
pp. 106–153.
- GÁL T. – UNGER J. 2008: Lehetséges ventilációs folyosók feltérképezése érdességi paraméterek alapján egy városi területen. – Légkör, 53. 3. pp. 2–8.
- GORICSÁN I. 2005: Atmoszférikus határregeben lejátszódó áramlási és transzportfolyamatok. – PhD-értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar. pp. 21–23.
- GYENIZSE P. – NAGYVÁRADI L. 2008: A térinformatika és alkalmazása. – Bornus Nyomda, Pécs. pp. 3–58.
- JULIETA, S. – CARLA, R. – RICARDO, G. 2007: Roughness length classification of Corine land cover classes. – Proceedings of the 2007 European Wind Energy Conference & Exhibition.
- KERÉNYI A. 2006: Környezettan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 295–330.
- MÉSZÁROS E. 1977: A levegőkémia alapjai. – Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 52–73.
- MOSEMER M. – PÁLMAI GY. 1992: A környezetvédelem alapjai. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 152 p.
- TAYLOR, P. A. 1987: Comments and further analysis on effective roughness lengths for use in numerical three-dimensional models. – Bound. – layer Meteor. 39. pp. 403–418.
- TROEN, I. – PETERSEN, E. 1989: European wind atlas. – Published for Commission of the European Communities, Directorate General for Science, Research and Development (Brussels, Belgium.). Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 656 p.