

Miskolci Egyetem

Műszaki Anyagtudományi Kar

Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola



MISKOLCI
E G Y E T E M

PM₁₀ szilárd részecskék forrás-hozzárendelése és a szmoghelyzet elemzése

az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat adatai alapján

Ph.D. értekezés téziszfüzete

Készítette:

URAMNÉ LANTAI KATALIN

okleveles kohómérnök

Tudományos témavezető:

Dr. Palotás Árpád Bence, egyetemi tanár

Miskolc

2016.

1 BEVEZETÉS

A légszennyezés egészségre és a környezetre gyakorolt káros hatása közismert. Európában az elmúlt évtizedekben számos légszennyező anyag kibocsátása jelentősen csökkent, így a régió levegőjének minősége javult, a légszennyező anyagok koncentrációja azonban még mindig túl nagy. Európa népességének jelentős része olyan helyeken – főleg városokban – él, ahol időnként bekövetkezik egyes levegőminőségi határértékek túllépése: az ózon, a nitrogén-dioxid és a szilárd részecske (ez a mindennapi szóhasználatban szállóporként ismert) (PM) jelentette szennyezés súlyos egészségügyi kockázatot jelent.

A légszennyezés helyi jellegű ugyan, valójában azonban egész Európát érintő probléma. A hosszú távú és nagyfokú expozíció különféle egészségügyi hatásokat okozhat, a légzőszervrendszer kisebb károsodásaitól kezdve egészen a korai elhalálozásig.

A 10 mikron átmérőjű, vagy kisebb szilárd részecskékre (PM₁₀) vonatkozó napi koncentráció átlagértéke az EU levegőminőségi zónáinak több mint harmadában meghaladja az előírt határt. Jelenleg 18 tagállam, köztük Magyarország ellen van folyamatban jogsértési eljárás a határértékek be nem tartása miatt.

A CAFE (Clean Air for Europe) program célja az EU tagállamokban az összes légszennyező forrás felderítése és az emisszió csökkentés megoldása a levegőminőségi célértékek betartását szolgáló nemzeti csökkentési tervek készítésével. A szmoghelyzetek előfordulásának visszaszorítása érdekében speciális figyelmet igényel a PM₁₀ eredetének tételes feltárása.

A Sajó völgye légszennyezettségi zóna szmoghelyzetek tekintetében Magyarország legkritikusabb területeinek egyike, évente itt fordul elő a legtöbb szilárd részecskére vonatkozó napi határérték túllépés. A szmoghelyzetekben végrehajtandó hatékony intézkedések elrendeléséhez elengedhetetlen a túllépést okozó helyzetek elemzése.

A lakossági fűtés szerepe egyre jobban előtérbe kerül az EU országokban, így Magyarországon is. A lakosság a gázárak emelkedését követően 2005-től egyre nagyobb mértékben állt át szilárd tüzelésre. A régi, korszerűtlen tüzelőberendezések emissziója jelentős mértékben befolyásolja a levegőminőséget, ezért szmoghelyzetekben indokolt az ilyen kazánok, kályhák, kandallók használatának korlátozása.

A légszennyezés forrásazonosítása jó közelítéssel elvégezhető az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózatban (OLM) üzemelő, különböző típusú mérőállomások (ipari, lakossági, közlekedési, háttér) légszennyező komponenseire vonatkozó adatainak párhuzamos elemzésével, figyelembe véve a meteorológiai viszonyokat és a háttér állomások adatait is.

Kutatásom során a Sajó völgye légszennyezettségi zónájában rendelkezésre álló, különböző típusú monitor állomások immisziós adatsorai alapján következtettem a szilárd részecske, mint a zónában kritikus komponens forrásaira. Elemeztem az OLM (Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat) több évre visszamenőleg - 2002-től 2014-ig - rendelkezésre álló szennyezőanyag koncentráció adatait (közel 100 000 adatot). Hosszú és rövidtávú trendek alapján következtettem a Miskolc város légszennyezettségét meghatározó forrásokra összevetve az egyes légszennyező komponensek napi lefutását, figyelembe véve a mért meteorológiai adatokat. Megvizsgáltam a Sajó völgye légszennyezettségi zóna és Miskolc város légszennyezettsége közötti összefüggéseket. A Sajó völgye zóna monitor állomásainak bevonására azért volt szükség, mivel Miskolcon hosszútávú adatsorok tekintetében csak két típusú monitor állomás adatai állnak rendelkezésre (városi, közlekedési).

2 AZ ELEMZÉSI MÓDSZER BEMUTATÁSA ÉS AZ EREMÉNYEK

Vizsgálataimat három időszakban végeztem. Elemeztem a rendelkezésre álló, hosszú távú – 11-12 éves – adatsorokat. A továbbiakban a szmoghelyzetek teljes időtartama alatt vizsgáltam a PM₁₀ koncentráció lefutását a túllépési helyzet kialakulástól a lecsengésig. Ezt követően külön-külön elemeztem a rövidtávú (napi) adatokat a szmoghelyzetek lefutásának vizsgálatán keresztül a monitor állomások által regisztrált hőmérsékleti adatok figyelembe vételével.

2.1 A monitor állomások besorolása

Annak alapján, hogy az állomás az emisszió forráshoz képest hogyan helyezkedik el, megkülönböztetünk regionális, városi háttér, ipari és közlekedési állomást. A városi háttérállomás ipari és közlekedési emissziótól nem közvetlenül befolyásolt városi területen helyezkedik el, míg az ipari háttér bizonyos ipari létesítmény, a közlekedési pedig nagyobb forgalmú út közelében található.

Az 1. táblázat a Sajó völgye zónában működő monitor állomások besorolását mutatja be. A domináns légszennyező forrásokat abban a sorrendben adja meg a táblázat, amilyen mértékben az egyes tevékenységek hozzájárulnak a mért terület immisziós helyzetéhez.

1. táblázat. A Sajó völgye zónában működő monitor állomások besorolása

Település	Cím	Domináns légszennyező források	Mérőállomás besorolása	Állomáskód
Miskolc	Búza tér	közúti közlekedés, szállítás kereskedelmi, intézményi fűtés lakossági fűtés, tüzelés szolgáltatások	városközponti/ közlekedés	M4
Miskolc-Görömböly	Lavotta út	lakossági fűtés, tüzelés ipari technológiák közúti közlekedés, szállítás	külvárosi háttér	M6
Miskolc-Martintelep	Alföldi utca	lakossági fűtés, tüzelés közúti közlekedés, szállítás	külvárosi háttér	M5
Kazinebarcika	Egressy Béni u. 1.	lakossági fűtés, tüzelés kereskedelmi, intézményi fűtés ipari tüzelőberendezések ipari technológiák	városi háttér	K1
Sajószentpéter	Sport út	lakossági fűtés, tüzelés ipari technológiák ipari tüzelőberendezések közúti közlekedés, szállítás	külvárosi/ipari	S1
Putnok	Bajcsy- Zsilinszky u.	lakossági fűtés, tüzelés	külvárosi háttér	P1
Oszlár	Petőfi u. 2.	ipari technológiák ipari tüzelőberendezések lakossági fűtés, tüzelés mezőgazdaság	vidéki ipari	T1
Hernádszurdok	Gátórház 3.	háttér légszennyezettség	vidéki háttér	H1

Az Oszláron és Hernádszurdokon üzemelő monitor állomások a közlekedéstől és egyéb szilárd részecske kibocsátó forrástól (ipari, lakossági források) távol helyezkednek el, ezért adataik PM₁₀ komponens vonatkozásában háttér koncentrációként értékelhetők. Miskolc tekintetében az Oszláron mért adatok tekinthetők relevánsnak, mivel ugyanabban a völgyben (Sajó völgy) helyezkedik el a két település.

2.2 Jogszabályi háttér

A hatályos jogszabály PM₁₀-re többféle határértéket illetve küszöbértéket különböztet meg, amit a 2. táblázat tartalmaz.

2. táblázat. PM_{10} határértékek és küszöbértékek

PM ₁₀			
Egészségügyi határérték		Tájékoztatósi küszöbérték	Riasztási küszöbérték
24 órás	éves	24 órás	24 órás
50 µg/m ³ a naptári év alatt 35-nél többször nem léphető túl	40 µg/m ³	75 µg/m ³ két egymást követő napon és a meteorológiai előrejelzések szerint a következő napon javulás nem várható	100 µg/m ³ két egymást követő napon és a meteorológiai előrejelzések szerint a következő napon javulás nem várható

2.3 Hosszútávú adatsorok elemzése és eredményei

A hosszútávú kiértékelés segítséget nyújt a PM_{10} koncentrációk eredetének vizsgálatában, mivel nagyrészt kiküszöböli az adat rendelkezésre állásban mutatkozó hiányokat, valamint a meteorológia paraméterek változásának hatását. Így pl. elsimítja a 2011. évi rendkívüli időjárás által okozott PM_{10} koncentráció és a túllépésszám (napi határértéket meghaladó napok száma) növekedést, ami az összes európai országra jellemző volt.

Az éves mérési adatok fűtési (01.01. – 03. 31. és 10. 01. – 12. 31.) és nem fűtési (04. 01. – 09. 30.) időszakokra történő felosztása tájékoztató adatot szolgáltat a lakossági tüzelésből származó komponensek részarányáról, feltételezve, hogy a közlekedési légszennyezés szezonálisan nem változik számottevő mértékben.

A PM_{10} fűtési és nem fűtési koncentráció különbségéből hosszú távon szintén vonhatók le következtetések a lakossági kibocsátások változására, hiszen az októbertől áprilisig terjedő időszakban ez az egyetlen emisszió forrás, mely többletterhelést okoz. Természetesen az inverziós helyzetek, a szélsó, a csapadék is jelentősen befolyásolja a PM_{10} koncentráció mértékét, ami a 11 éves adatsor elemzésével részben kiküszöbölhető.

A nem fűtési félév 11 éves PM_{10} átlagkoncentráció adataiból levonva a háttérállomás szintén 11 éves átlagolt koncentráció értékét (oszlári mérőállomás átlaga, azaz 23,6 µg/m³), az 3. táblázatban foglalt értékek adódnak.

3. táblázat. A Sajó völgyében üzemelő monitor állomások fűtési és nem fűtési félév PM_{10} koncentrációi a háttérkoncentráció levonásával 11 éves átlagban

Állomás	M4	M6	K1	S1	P1
	µg/m ³				
Fűtési félév 11 éves átlag háttérterhelés nélkül	28,7	16,7	14,8	16,6	30,7
Nem fűtési félév 11 éves átlag háttérterhelés nélkül	13,2	3,9	0,2	2	6,4

Nem fűtési félévben a városi típusú állomásokon a háttérterhelés felett 0,2 – 6,4 µg/m³ között alakul a többletterhelés, ami fűtési félévben 14,8 – 30,7 µg/m³. Közlekedési típusú állomáson a fűtési félév átlagos PM_{10} többletkoncentrációja alig több mint kétszerese a nem fűtési félévben regisztrált értékek átlagának, míg ez az arány városi állomásoknál 5-8-szoros.

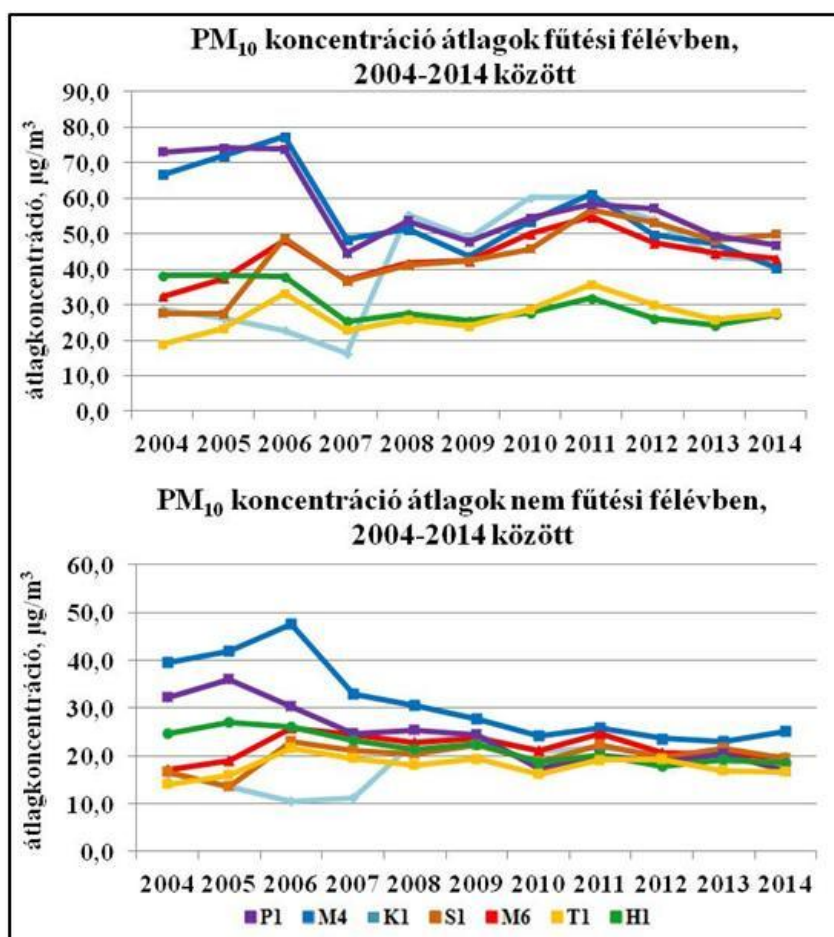
A háttér állomásokon (Oszlár, Hernádszurdok), alig van különbség a fűtési és nem fűtési félév adatai között, ami azt igazolja, hogy a lakossági fűtés nem befolyásolja számottevően az ott regisztrált mérési adatokat.

A túllépések nagy többsége (több mint 90 %-a) fűtési időszakban fordul elő, amikor az ipari és közlekedési kibocsátások mellett a lakossági fűtés is hozzájárul a levegőterheléshez. 2008-tól a városi állomások veszik át a vezető szerepet a közlekedési típusúval szemben, amit

legjobban a 2014 évi adatok szemléltetnek, amikor valamennyi városi típusú állomáson nagyobb a PM_{10} napi határérték túllépésszám a közlekedési típusú állomáshoz képest. 2010-ben megfordul a hernádszurdoki (H1) és az oszlári (T1) állomásokon a túllépések számának trendje, továbbá az oszlári (T1) állomáson a PM_{10} túllépések száma 2013 kivételével a duplájára nő. Az elemzés igazolta, hogy az utóbbi 4 évben a lakossági emisszió nagyobb arányban járul hozzá a PM_{10} túllépésszám növekedéséhez, mint a közlekedés.

A 11 éves adatsor tekintetében a putnoki (P1) állomáson a legtöbb az egészségügyi határértéket túllépett napok száma, ezt követi a miskolci közlekedési típusú (M4), a miskolci lakossági típusú (M6), a Sajószentpéteri (S1) és a kazincbarcikai (K1) állomás.

Az 1. ábra a vizsgált monitor állomásokon a fűtési és nem fűtési félév PM_{10} koncentráció átlagait, valamint az állomások koncentrációinak egymáshoz való viszonyát szemlélteti. A H1 állomáson időnként előfordul, hogy a nem fűtési félévben nagyobb az NO_x koncentráció a fűtésinél – ami az SO_2 komponenshez hasonlóan szintén azt igazolja, hogy ezeket az adatokat a lakossági tüzelés nem befolyásolja, ezzel alátámasztva a korábbi feltételezést, miszerint a H1 monitor állomás háttér állomásnak tekinthető.

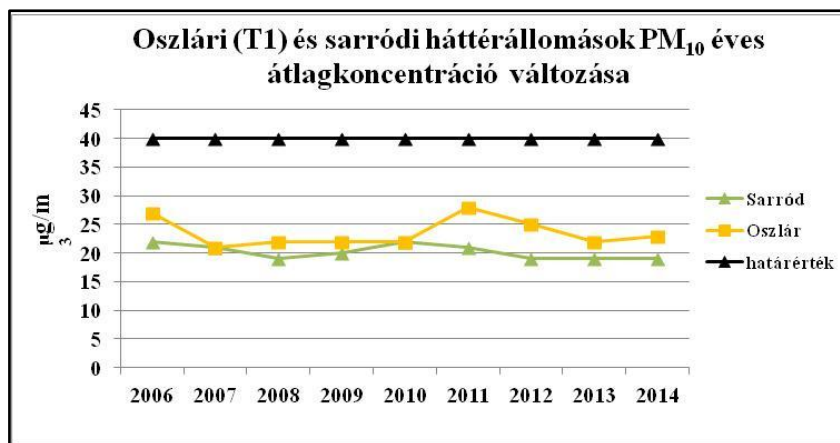


1. ábra. PM_{10} koncentráció átlagok fűtési és nem fűtési félévben a Sajó völgyben üzemelő monitor állomásokon 2004-2014 között

A 4. táblázat a háttér állomások éves PM_{10} koncentrációjának változását adja meg 2006 és 2014 között. A Sajó völgye zóna átlagértéke a Lenschow által bevezetett forrás hozzárendelésnek megfelelően az oszlári mérőállomás 9 éves átlaga, azaz $23,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ez az érték tekinthető a vizsgált terület regionális háttérkoncentrációjának. A tendenciát a 2. ábra szemlélteti.

4. táblázat. A Sajó völgye zóna oszlári (T1) PM_{10} háttérállomása és az országos háttérállomás (Sarród) éves PM_{10} koncentrációja 2006 – 2014 között $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben

Mérőállomás	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Átlag
Oszlár	27,3	21,4	22,4	21,9	22,4	27,8	24,7	21,6	22,5	23,6
Sarród	22	21	19	20	22	21	19	19	19	20,2



2. ábra. Osztári (T1) és sarródi (országos) háttérállomás PM_{10} koncentráció változás 2006-2014 között

Megállapítható, hogy mind a hernádszurdoki (H1), mind az oszlári (T1) PM_{10} éves átlagok nagyobbak, mint az országos háttérállomás adatai. Ez visszavezethető az észak-magyarországi régió domborzati adottságaira, az ehhez kapcsolódó speciális meteorológiai viszonyokra és a térség gazdasági helyzetére. Az is szembeűnő, hogy Hernádszurdokon, - annak ellenére, hogy ez az állomás a lakott településektől jóval messzebb található, mint az oszlári - minden vizsgált évben nagyobb a mért értékek éves átlaga. Hernádszurdokon tehát jobban érvényesül a határon áterjedő hatás.

Az 5. táblázat az éves PM_{10} átlagkoncentráció (x) és a túllépésszám (y) közötti összefüggést mutatja be 2004 - 2014 között.

5. táblázat. PM_{10} éves átlagkoncentráció és a napi határérték túllépések száma közötti összefüggés 2004 - 2014 között

Év	Egyenes egyenlete	R^2	35 db túllépésszámhoz tartozó számított koncentráció
2004	$y = 3,5731x - 71,586$	0,9626	29,8
2005	$y = 4,5088x - 87,291$	0,9892	27,1
2006	$y = 4,931x - 102,83$	0,9539	28,0
2007	$y = 3,6141x - 64,052$	0,9052	27,4
2008	$y = 4,4003x - 83,838$	0,9508	27,0
2009	$y = 3,8183x - 76,692$	0,9373	29,3
2010	$y = 4,164x - 76,175$	0,9700	26,7
2011	$y = 4,9229x - 99,697$	0,9296	27,4
2012	$y = 5,3665x - 110,42$	0,9951	27,1
2013	$y = 5,139x - 104,37$	0,9910	27,1
2014	$y = 4,1398x - 78,327$	0,8511	27,4

A statisztikai elemzés adatai jól mutatják, hogy a különböző típusú állomások mérési adatai az adott egyenesekkel jól közelíthetők (nagy, 0,9 feletti R^2 értékek). Az egyenesek egyenleteibe behelyettesítve a jelenlegi szabályozás szerint megengedett maximális 35 db túllépésszámot, megkaphatjuk azt az éves PM_{10} átlagkoncentrációt, mely mellett ez a túllépésszám a jelenlegi tendenciák mellett betartható lenne. Ez az érték átlagban $27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ezt az értéket csak a két háttérállomásként definiált állomás (T1 és H1) tudja teljesíteni.

A 2014. évre vonatkozó egyenlet alapján megvizsgálható, hogy mennyi túllépéses nap okoz az éves átlagkoncentrációban $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es emelkedést. A számítás adatait az 6. táblázat tartalmazza. A számításokat elvégezve a 2004-2014 közötti időintervallumra a 7. táblázat szerinti napi növekmény értékeket adódnak.

Az adatok azt mutatják, hogy az éves átlagkoncentráció $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es növekedéséhez átlagban 5 túllépéses nap szükséges.

6. táblázat. 2014 évi napi PM_{10} koncentráció növekedés számítása

y	Napi számított érték, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Napi növekmény, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
0	18,920	
1	19,162	0,242
2	19,404	0,242
3	19,645	0,242
4	19,887	0,242
5	20,128	0,242
6	20,370	0,242
7	20,611	0,242
8	20,853	0,242
9	21,094	0,242
10	21,336	0,242

7. táblázat. Napi PM_{10} koncentráció növekedés számítása 2004-2014 között

Év	Napi növekmény, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2004	0,280
2005	0,220
2006	0,200
2007	0,280
2008	0,230
2009	0,260
2010	0,240
2011	0,200
2012	0,190
2013	0,190
2014	0,240
Átlag	0,230

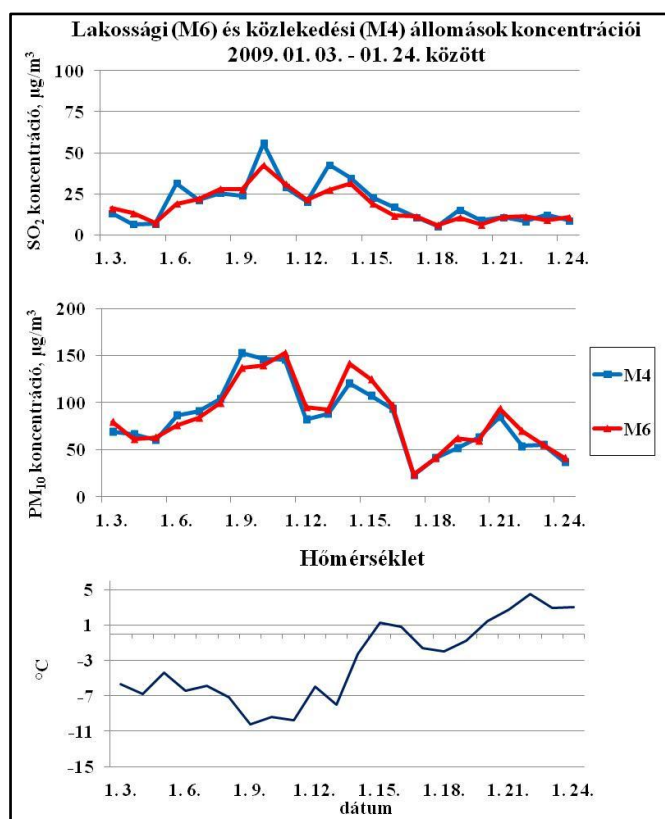
A 35 db. túllépésszámhoz tartozó koncentráció érték és a háttérszennyezettség különbsége adja a terhelhetőséget, ami a vizsgált időszakban $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tehát a Sajó völgyében már 20 túllépéses nap után várható az éves határérték túllépése.

2.4 Rövidtávú adatsorok elemzése és eredményei

A különböző komponensek egymáshoz viszonyított koncentráció változása alapján szintén következtettem a források eredetére, amihez felhasználtam a szennyezettségi rózsákat is, melyek megmutatják, hogy milyen irányból érkeznek a különböző koncentrációjú szennyezőanyagok.

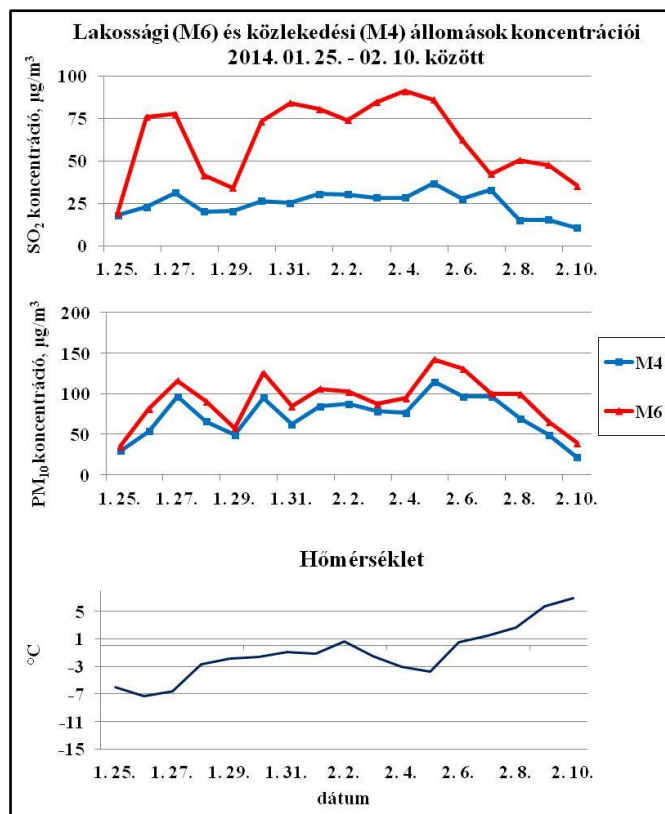
Az egyes években előforduló szmoghelyzetek kialakulásának és lecsengésének elemzéséből szintén vonhatók le következtetések a szennyezettség forrásáról. A szmoghelyzetek PM_{10} és SO_2 koncentráció lefutásának összehasonlító vizsgálata a lakossági, közlekedési és háttér típusú állomásokon, összevetve a hőmérséklet napi változás lefutásával, információt szolgáltat a szennyezettség eredetéről. A háttérkoncentrációk levonásával a miskolci közlekedési és városi állomáson a PM_{10} és az SO_2 koncentráció alakulása alapján következtetni lehet a közlekedés illetve a lakossági kibocsátás mértékére.

A miskolci közlekedési (M4) és a lakossági (M6) típusú mérőállomások SO_2 és PM_{10} koncentrációinak alakulását a hőmérséklet változással kiegészítve mutatja be a 3. és a 4. ábra 2009. évre és 2014. évre vonatkozóan.



3. ábra. PM_{10} , SO_2 koncentráció változás, és a napi átlaghőmérséklet alakulása a miskolci közlekedési (M4) és lakossági típusú (M6) mérőállomáson

A PM_{10} és SO_2 koncentrációja valamint a hőmérséklet változásának vizsgálata azt mutatja, hogy a szmoghelyzet időtartama alatt regisztrált legkisebb napi átlaghőmérséklethez tartozik a legnagyobb SO_2 és PM_{10} koncentráció, míg a PM_{10} -nél a hőmérséklet növekedése ellenére is mutatkozik egy újabb csúcs, ami mind a közlekedési, mind a lakossági típusú állomáson jelentkezik. Mivel az SO_2 komponensnél ez a második csúcs nem mutatkozik, feltételezhető valamilyen egyéb kibocsátó hatása.



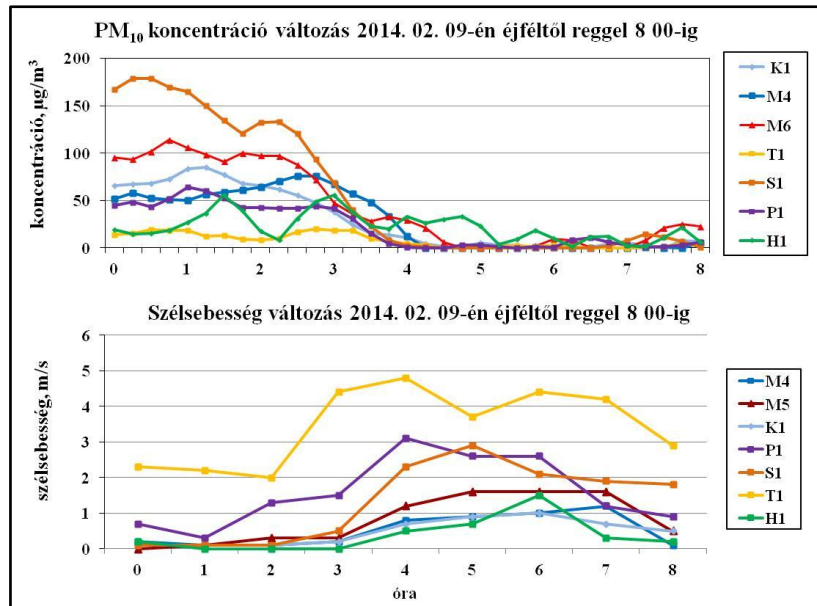
4. ábra. PM₁₀, SO₂ koncentráció változás, és a napi átlaghőmérséklet alakulása a miskolci közlekedési (M4) és lakossági típusú (M6) mérőállomáson

Ebben a helyzetben is jól megfigyelhető a meredek lecsengés, nyomon követhető a hőmérséklet növekedéssel egyidejű koncentráció csökkenés, mely mindkét komponensre vonatkozik. Viszont ebben az évben már jelentős a városi és a közlekedési állomás közötti PM₁₀ és SO₂ különbség, ami szintén a lakossági kibocsátás erősödését igazolja.

A meteorológia elsődleges szerepet tölt be a szmoghelyzetek kialakulásában illetve lecsengésében, elsősorban az inverzió és a szélcsend befolyásolja a PM₁₀ terjedését. A szmogesemények bekövetkeztekor tett PM₁₀ csökkentési intézkedések nem hatékonyak. Fontos a szmogesemények előrejelzése.

A többváltozós adatelemző módszer (főkomponens elemzés) az m változót és n esetet tartalmazó $m \times n$ méretű mátrixot olyan mátrixok összegére bontja fel, amely mátrixok mindegyike egy oszlop és sormátrix szorzata. A monitor állomáson rendelkezésre álló adatok alapján végzett főkomponens elemzéssel a szmoghelyzetekben elsődleges komponensek közül a szélesség került az első főkomponensbe, míg a PM₁₀ „csak” a második főkomponensben jelenik meg.

Az 5. ábra a PM₁₀ koncentráció és a szélesség változását mutatja be. A 2014. 02. 09-én éjfél-től 02. 10-én reggel 8:00-ig, vagyis a szmoghelyzet megszűnéséig vizsgált intervallumban egyértelműen látható, hogy a szélességnek jelentős szerepe van a szmoghelyzetek megszűnésében. A szél feltámadása után a PM₁₀ koncentráció akár 1 óra alatt lecsökken 130 µg/m³ értékről 1-2 µg/m³ értékre.

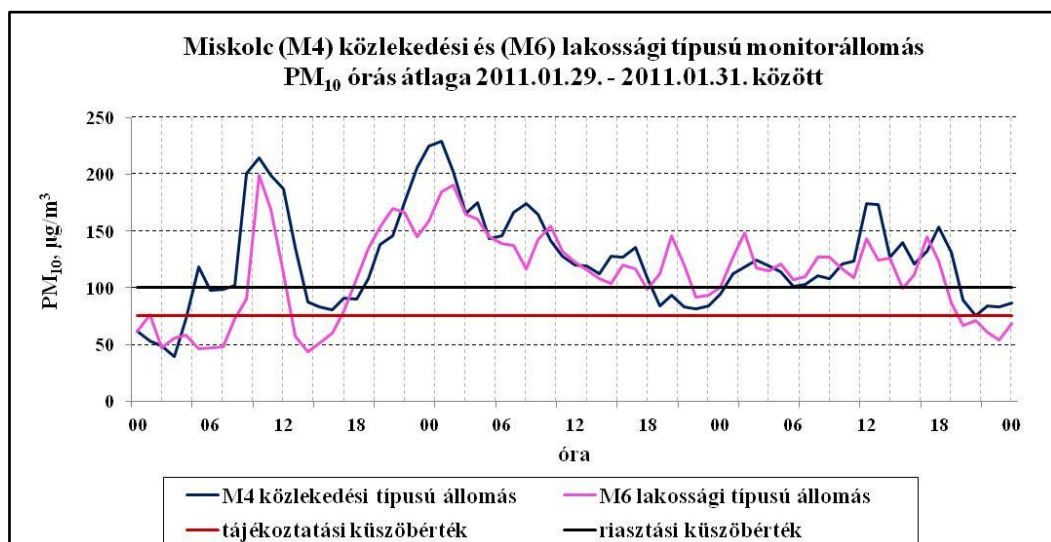


5. ábra. PM₁₀ koncentráció és szélsébség változás 2014. 02. 09-én éjjeltől reggel 8 00-ig

2.5 Egy adott szmoghelyzet elemzése és eredményei

A napi koncentráció trendek lefutásából is következtetni lehet a PM₁₀ eredetére. A 6. ábra az óras PM₁₀ koncentrációk változását mutatja a napszak függvényében.

A reggeli és késő délutáni csúcsok elsősorban a lakossági fűtés miatt alakulnak ki, amit jól szemléltetnek a diagramon 01. 29-én megjelenő csúcsok. Forgalmatszám-lálási adatokkal kiegészítve pontosítható a forráskutatás, mivel a forgalmi adatok napi eloszlása és a fajlagos kibocsátási adatok alapján a közlekedési kibocsátás tendenciája nyomon követhető.



6. ábra. PM₁₀ órás átlagok alakulása 2011. 01. 29. - 2011. 01. 31. között Miskolcon a közlekedési típusú M4 és a lakossági típusú M6 mérőállomáson

3 ÖSSZEFOGLALÁS

A CAFE (Clean Air for Europe) program célja a levegőminőség megfelelő szintjének biztosítása az EU tagállamokban. A szabályozásban szereplő határértékek és célértékek betartása érdekében intézkedési tervek biztosítják a főbb légszennyezőanyagok környezeti levegőben lévő koncentrációjának csökkentését. A hatékony tervek kidolgozásának alapvető feltétele a kibocsátó források pontos meghatározása. Kiemelt prioritással rendelkezik a PM_{10} szennyezettség csökkentését célzó intézkedési programok kialakítása.

Az Európai Bizottság a PM_{10} határértékek túllépése miatt 2008-ban indított jogsértési eljárást Magyarországgal szemben, többek között a Sajó völgye zóna PM_{10} -re vonatkozó határérték túllépése miatt. Az eljárás következménye jelentős bírság lehet, éppen ezért az országnak minden intézkedést meg kell tennie a PM_{10} koncentráció csökkentése érdekében.

Doktori disszertációmban a rendelkezésemre álló 11 éves légszennyezettségi adatsor elemzése alapján megállapítottam, hogy a PM_{10} koncentráció csökkentése érdekében a szükséges beavatkozásokat nem elég csak a túllépési helyzetek kezelésekor megtenni. A nem fűtési időszakokban ugyanis olyan nagy a PM_{10} átlagkoncentráció, amihez hozzáadva a lakossági kibocsátás okozta téli fűtésből eredő többletkoncentrációt, a határérték túllépés bizonyosan bekövetkezik.

Azt is megállapítottam, hogy 2014-ben valamennyi városi állomáson mért szennyező kibocsátás megelőzi a közlekedési típusút, továbbá 2011-től minden évben a putnoki állomáson a legnagyobb a túllépések száma. A PM_{10} napi határérték betartása érdekében tehát elsősorban a lakossági kibocsátások csökkentése a feladat, ezért be kell vezetni a kistüzelő berendezések kibocsátását szabályzó jogszabályokat.

Jól szemléltetik a lakossági kibocsátás előtérbe kerülését az M4 és M6 állomások PM_{10} és SO_2 koncentráció változását bemutató paralel diagramjai. Inverziós időszakban a lakossági típusú állomás PM_{10} értékei a közlekedési felett futnak. A napi lefutás vizsgálata révén egyértelműen kimutatható, hogy az esti időszakban jelentősen megnő a PM_{10} koncentráció a lakossági típusú állomásokon. Az SO_2 görbe – mint tipikus tüzelési komponens – lefutása szintén igazolja a lakossági kibocsátások előtérbe kerülését. Alátámasztja ezt az állítást az a tény is, hogy a vizsgált területen üzemelő monitor állomások közvetlen közelében nincsenek ipari SO_2 kibocsátó források.

4 A KUTATÁS HASZNOSÍTHATÓSÁGA

Értekezésem fő feladata nagyvárosi légszennyezés PM_{10} komponens forrásának azonosítása (forráshozzárendelése) mérési adatokra alapozott statisztikai elemzés segítségével. Az elemzést a Sajó völgye légszennyezetségi zónára végeztem el. A zóna kritikus légszennyező komponense a szilárd részecske PM_{10} frakciója, melyre vonatkozóan a jogszabályban meghatározott napi határérték nem teljesül. A túllépés miatt az Európai Unió jogsértési eljárást indított Magyarország ellen. Az eljárás következménye jelentős bírság lehet, éppen ezért az országnak minden intézkedést meg kell tennie a PM_{10} koncentráció csökkentése érdekében. Ehhez nyújtanak segítséget a disszertációmban bemutatott hosszú távú és rövid távú adatsorok kiértékeléséből nyert adatok és a levont következtetések.

Az Észak-magyarországi régióban korábban nem készültek részletes elemzések a forrásazonosításra. Az értekezésemben feltárt összefüggések alapján hathatósabb intézkedések tehetők a PM_{10} koncentráció csökkentésére. A nagy regionális háttérkoncentráció miatt a korábbi gyakorlattal ellentétben a nem fűtési félévben is csökkenteni kell a szilárd részecske PM_{10} frakciójának koncentrációját.

Az elvégzett külön méréssorozat eredményeit a környezetvédelmi hatóság alkalmazni tudja a Miskolcon jelenleg folyó úthálózat fejlesztési projekt levegőtisztaság-védelmi szempontú értékelésében. A jelenleg hatályos levegő védelméről szóló Kormányrendelet értelmében "amennyiben a levegőterheltség a tervezett helyhez kötött légszennyező forrás hatásterületén az Országos Légszennyezetségi Mérőhálózat (a továbbiakban: OLM) regionális adatai alapján nem haladja meg az egészségügyi határértéket, a helyhez kötött légszennyező forrás létesítésére irányuló engedélyezési eljárásban a levegővédelmi követelményeket úgy szükséges meghatározni, hogy annak várható levegőterhelése ne eredményezze az egészségügyi határértékek túllépését". (306/2011 (XII. 23.) Korm. rendelet 7. § (1)).

Az M4 és M6 állomások PM_{10} és SO_2 koncentráció változását bemutató paralel diagramjaiból levont következtetések Miskolc város önkormányzatának adnak iránymutatást arra vonatkozóan, hogy a PM_{10} koncentráció csökkentése érdekében elsősorban a lakossági tüzelésnél kell beavatkozni, a közlekedés korlátozása a prioritási sorban csak másodlagos.

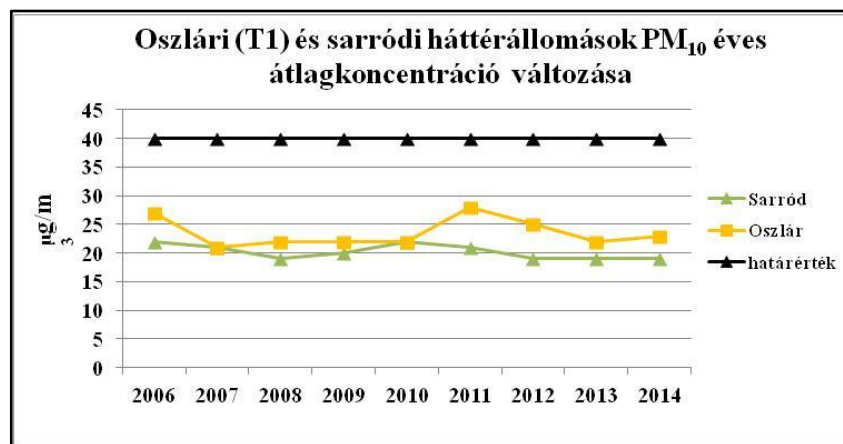
Vizsgálataim igazolták, hogy a korábbi jogalkotáskor alkalmazott elmélettel ellentétben szükség van a lakossági tüzelésből származó emisszió szabályozására. Jelenleg az un. kis-tüzelőberendezések emissziójára vonatkozóan Magyarországon nincs hatályos jogszabály, ellentétben Németországgal, ahol azt 2010. januárjában éppen a PM_{10} emisszió csökkentése érdekében alkották meg (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26.) illetve Ausztriával, ahol tartományonként eltérő a szabályozás. A lakossági tüzelés előtérbe kerülését igazoló vizsgálatokra alapozva ezért annak megalkotása elsődleges feladat.

5 TÉZISEK

1. A PM_{10} , SO_2 légszennyező komponensek és a hőmérséklet több éves lefutásának kiértékelésével, valamint egy adott szmoghelyzetben a részletes komponens elemzések alapján megállapítottam, hogy az utóbbi években a városi típusú mérőállomások PM_{10} koncentrációja dominál a közlekedési típusú állomásokon regisztrált PM_{10} koncentrációval szemben. Az Észak-magyarországi régió légszennyezettségi zónájában a közlekedési típusú állomáson a fűtési félév átlagos PM_{10} többletkoncentrációja alig több mint kétszerese a nem fűtési félévben regisztrált értékek átlagának, míg ez az arány városi állomásoknál 5-8-szoros.

A PM_{10} napi határérték túllépések számának csökkentése érdekében a beavatkozást elsősorban a lakossági kibocsátások mérséklésére kell koncentrálni.

2. Az adatok elemzése során a vizsgált régióban meghatározott PM_{10} háttérszennyezettséget ($23,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) az országos PM_{10} háttérkoncentrációval összevetve, megállapítottam, hogy az Észak-magyarországi régió légszennyezettségi zónájában a PM_{10} háttérkoncentráció a 2006-2014 közötti időszakban nagyobb az országos átlagnál.



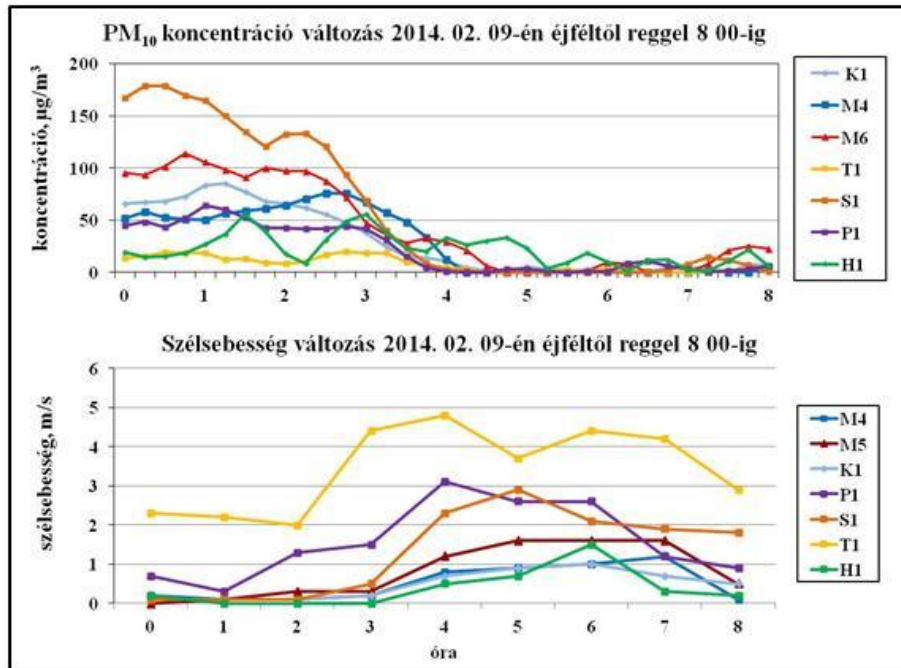
3. Meghatároztam a vizsgált összes mérőállomás éves PM_{10} átlagkoncentrációi (x) és a túllépésszámok (y) közötti összefüggést leíró egyenesek egyenleteit 2004 - 2014 között. Behelyettesítve a PM_{10} komponensre megengedett éves 35 db. túllépésszámot, kiszámítottam a hozzá tartozó koncentráció értéket ($27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), melyet az Észak-magyarországi régióban csak a háttér típusú állomások tudják teljesíteni.

Kiszámítottam, hogy az éves átlagkoncentráció $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es növekedéséhez átlagban 5 túllépéses nap járul hozzá.

A 35 db. túllépésszámhoz tartozó koncentráció érték és a háttérszennyezettség különbsége adja a terhelhetőséget, ami a vizsgált időszakban $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tehát a Sajó völgyében már 20 túllépéses nap után várható az éves határérték túllépése.

4. A szélesség befolyásolja a legnagyobb mértékben a PM_{10} koncentrációt. A monitor állomáson rendelkezésre álló adatok alapján végzett főkomponens elemzéssel a szmoghelyzetekben elsődleges komponensek közül a szélesség került az első főkomponensbe, míg a PM_{10} „csak” a második főkomponensben jelenik meg.

A szélesség elsődleges szerepét igazolja a szmoghelyzet lecsengésének vizsgálata, ahol a PM_{10} koncentráció 1 óra leforgása alatt a riasztási szintről minimális értékre csökkent.



6 A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

1. Uramné L. K.: Levegőminőség vizsgálata, szmoghelyzetek elemzése az Észak-Magyarország régióban, Anyagmérnöki tudományok, 2013. (38) 1, p. 309-318.
2. Uramné L. K., Árpád B. Palotás: Air Quality Monitoring and analysis of smog episodic in the North Hungarian region, Meteorologický časopis, 2012. 15, p. 53-58
3. Uramné LK; Lengyel, A; Palotas, AB: Just in time smog-alert forecast by analysis of air quality monitoring stations' data, Immissionsschutz, 2015. 20. évfolyam, p. 108-188
4. Uramné L. K., Prof. Palotás Árpád B.: Lakossági tüzelés szerepe a téli szmoghelyzetek kialakulásában a Sajó völgyében, Energiagazdálkodás, 2016. 1-2. szám
5. Katalin Lantai, Ágnes Wopera, Gábor Nagy: Air quality development in the Northern Hungarian Region, Material Science and Engineering Vol. 41. No 1. 2016 University Press, p. 79-89
6. Uramné L. K, Csuhánics B.: Külszíni lignitbánya PM₁₀ terhelésének feltárása, XVII. Bányászati, Kohászati és Földtani konferencia, Déva, 2015. március 26-29., p.100-104
7. Uramné L. K. A Mátrai Erőmű Zrt. Bükkábrányi bánya PM₁₀ szennyezésének feltárása. ÉMI-KTF, résztanulmány, 2014. május
8. Uramné L. K.: Miskolc levegőszennyezettségi folyamatainak és szmoghelyzeteinek értékelése, Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar, Energia és Minőségügyi Intézet, Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék, 2014. február

További publikációk:

1. Uramné L. K.: Légszennyezettségi agglomerációk és zónák, Új KÖR-KÉP, 2003. IV. negyedév, p. 4-6
2. Uramné L. K.: Csökkenő kibocsátás – javuló levegőminőség, Új KÖR-KÉP, 2010. december, p. 18-19
3. Uramné L. K.: Miskolc levegőszennyezettségi folyamatainak és szmoghelyzeteinek értékelése, Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar, Energia és Minőségügyi Intézet, Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék, 2014. február
4. Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, Levegőtisztaság- és Zajvédelmi Osztály: Intézkedési Program a „Sajó völgye” kijelölt zónában a PM₁₀ komponens határérték túllépésének megszüntetésére, 2008
http://www.kvvm.hu/cimg/documents/8_zona_miskolc.pdf
5. Észak-magyarországi Környezetvédelmi Felügyelőség, Levegőtisztaság- és Zajvédelmi Osztály: Intézkedési Program a „Sajó völgye” kijelölt zóna levegőminőségének javítására, 2004
<http://emiktf.hu/Szakosztalyok/LZO/zona/Sajo.pdf>
6. Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, Levegőtisztaság- és Zajvédelmi Osztály: Intézkedési Program a „Sajó völgye” kijelölt zónában a PM₁₀ komponens határérték túllépésének megszüntetésére, 2008
http://www.kvvm.hu/cimg/documents/8_zona_miskolc.pdf
7. Észak-magyarországi Környezetvédelmi Felügyelőség, Levegőtisztaság- és Zajvédelmi Osztály: A „Sajó völgye” kijelölt zóna levegőminőségének javítására készült Intézkedési Program Felülvizsgálat, 2013
<http://emiktf.hu/Szakosztalyok/LZO/zona/Intezkedesi%20program%20Sajo%20felulvizsgalat%202013%20november.pdf>
8. Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, Levegőtisztaság- és Zajvédelmi Osztály: Intézkedési Program Eger kijelölt levegőminőségének javítására, 2004
<http://emiktf.hu/Szakosztalyok/LZO/zona/Eger.pdf>

9. Észak-magyarországi Környezetvédelmi Felügyelőség, Levegőtisztaság- és Zajvédelmi Osztály: Eger kijelölt város levegőminőségének javítására készült Intézkedési Program Felülvizsgálat, 2013
<http://emiktf.hu/Szakosztalyok/LZO/zona/Intezkedesi%20program%20Eger%20felulvizsgalat%202013%20november%20javitott%2020131223.pdf>
10. Eger kijelölt zóna levegőminőségének javítására készült Intézkedési Program részleges felülvizsgálat, 2016 (Eger megyei jogú város megbízására)