



SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Odbor Monitorovanie emisií a kvality ovzdušia

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA

V SLOVENSKEJ REPUBLIKE

2013

Bratislava 2015

Aktualizované: jún 2018

AIR POLLUTION ASSESSMENT IN THE SLOVAK REPUBLIC – 2013

RESUME

Slovak air protection legislation is fully identical with the relevant EU legislation. The results of air pollution monitoring in Slovakia in 2013 are summarized in the presented report.

Content

1. *Partition of the Slovak territory – Status to 31. 12. 2013*
 - 1.1 *Zones and agglomerations*
 - 1.2 *List of zones and agglomerations*
 - 1.3 *List of air quality management areas*
2. *Monitoring network – Status in 2013*
3. *Air pollution assessment in zones and agglomerations*
 - 3.1 *Introduction*
 - 3.2 *Agglomerations and zones for SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, benzene and CO*
 - 3.2.1 *Agglomeration Bratislava*
 - 3.2.2 *Agglomeration Košice*
 - 3.2.3 *Zone – Banská Bystrica Region*
 - 3.2.4 *Zone – Bratislava Region*
 - 3.2.5 *Zone – Košice Region*
 - 3.2.6 *Zone – Nitra Region*
 - 3.2.7 *Zone – Prešov Region*
 - 3.2.8 *Zone – Trenčín Region*
 - 3.2.9 *Zone – Trnava Region*
 - 3.2.10 *Zone – Žilina Region*
 - 3.3 *Agglomeration and zone for Pb, As, Cd, Ni, BaP and O₃*
 - 3.3.1 *Agglomeration Bratislava*
 - 3.3.2 *Zone Slovakia*
 - 3.4 *Summary*
4. *Ground level ozone*
 - 4.1 *Results*
 - 4.2 *Summary*
5. *Results of air pollution modelling completed to 31. 12. 2013*
 - 5.1 *Description of the applied models*
 - 5.2 *Results*
 - 5.3 *Summary*

Annex 1 Monitoring network – meta data

The territory of Slovakia was delimited into 8 zones (identical with the administrative regions) and 2 agglomerations (the largest cities Bratislava and Košice). In 2013 the 18 air quality management areas (Fig. 1.1) were specified, which totally include 2 882 km² and 1 446 880 inhabitants (27% of population). The national air pollution monitoring network in Slovakia is maintained by the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ). In 2013, it consisted of 38 monitoring stations, 4 of them are rural stations belonging to the EMEP monitoring network (Tab. 2.1). The monitoring network was built in accordance with the rules given in EU directives.

The results of measurements in 2013 are summarised in Tab. 3.1–3.15. With respect to limit values the main problem in Slovakia is represented by the high level of PM₁₀ concentrations. The daily limit values were exceeded more frequently than 35 days at 10 stations, but none exceeded annual limit value. The limit value plus margin of tolerance for PM_{2,5} was exceeded at 2 stations as well. However, it should be emphasized that long-range transboundary transport in Slovakia plays very important role resulting in high regional background PM concentrations. The SO₂ limit values were not exceeded at any station but alert threshold was exceeded 2 times at station Bystričany-Rozvodňa (Tab. 3.5). NO₂ concentrations did not exceed annual limit at any station. The CO concentrations were below the lower assessment threshold at all monitoring stations. The annual average concentrations of benzene were below the limit value 5 µg.m⁻³. The annual concentrations for benzo(a)pyrene were above the target value at Bratislava-Trnavské mýto, Veľká Ida-Letná, Krompachy-SNP and Prievidza-Malonecpalská, and Trnava-Kollárova stations. Ground level ozone data are summarized in Chapter 4. Ozone represents a specific problem in Slovakia. The concentration level is mostly controlled by the downward mixing and transboundary transport (advective type). The ozone target values (25 days, three years average), as well as AOT40 (five years average) were overstepped at most of the stations. The ground level ozone alert information threshold to the public was exceeded 3 times in 2013. The national ozone level reduction potential is very small.

In Chapter 5 some results of air pollution modelling are presented. Two models were developed or modified at SHMÚ for the use in Slovakia:

- CEMOD for countrywide modelling of SO₂, NO_x, NO₂, CO and benzene (combination of Gaussian and segment approaches, linear SO₂ chemistry, NO_x chemistry according German TA Luft, empirical CO/benzene ratios).
- IDWA (3D anisotropic inverse distance interpolation, empirical altitude dependence function of concentrations based on background measurements) for countrywide modelling of PM₁₀, PM_{2,5} and heavy metals.

In Chapter 6 the classification of zones and agglomerations and specification of air quality management areas for 2014, based on 2013 monitoring and modelling results, are presented. Detailed meta data for all monitoring stations is given in ANNEX I.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 POPIS ÚZEMIA – STAV K 31. 12. 2013	7
1.1 Rozdelenie územia.....	7
1.2 Zoznam aglomerácií a zón	7
1.3 Zoznam oblastí riadenia kvality ovzdušia	8
2 STAV MONITOROVACEJ SIETE V ROKU 2013.....	19
3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA NA ZÁKLADE VÝSLEDKOV MERANÍ Z MONITOROVACÍCH STANÍC	27
3.1 Úvod.....	27
3.2 Aglomerácie a zóny pre SO ₂ , NO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} , benzén a CO	27
3.2.1 Aglomerácia Bratislava.....	27
3.2.2 Aglomerácia Košice.....	27
3.2.3 Zóna Banskobystrický kraj	27
3.2.4 Zóna Bratislavský kraj	27
3.2.5 Zóna Košický kraj.....	27
3.2.6 Zóna Nitriansky kraj.....	28
3.2.7 Zóna Prešovský kraj.....	28
3.2.8 Zóna Trenčiansky kraj.....	28
3.2.9 Zóna Trnavský kraj.....	28
3.2.10 Zóna Žilinský kraj	28
3.3 Aglomerácia a zóna pre Pb, As, Cd, Ni, BaP, Hg a O ₃	28
3.3.1 Aglomerácia Bratislava.....	28
3.3.2 Zóna Slovensko	29
3.4 Zhrnutie	29
4 PRÍZEMNÝ OZÓN.....	39
4.1 Vyhodnotenie výsledkov meraní.....	40
4.2 Záver	45
5 VÝSLEDKY MODELOVANIA USKUTOČNENÉ K 31.12.2013.....	47
5.1 Použité metódy a ich stručný popis	47
5.2 Výsledky a výstupy	50
5.3 Záver	64
6 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER.....	67
6.1 Návrh na zaradenie zón a aglomerácií do skupín	67
6.2 Vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia	68
6.3 Záver	69
PRÍLOHA 1 – Meracie stanice monitorovacích sietí kvality ovzdušia	

ÚVOD

Kvalitu ovzdušia vo všeobecnosti určuje obsah znečisťujúcich látok vo vonkajšom ovzduší. V § 7 zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov je stanovený postup pre jej hodnotenie. Kritériá kvality ovzdušia (limitné a cieľové hodnoty, medze tolerancie, horné a dolné medze na hodnotenie a ďalšie) sú uvedené vo vyhláske MŽP SR č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia. Základným východiskom pre hodnotenie kvality ovzdušia na Slovensku sú výsledky meraní koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší, ktoré realizuje Slovenský hydro-meteorologický ústav na staniciach Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia (NMSKO), ktorej súčasťou sú aj 4 stanice s monitorovacím programom EMEP. V nadväznosti na merania sa pre plošné hodnotenie kvality ovzdušia využívajú metódy matematického modelovania.

1 POPIS ÚZEMIA – STAV K 31. 12. 2013

1.1 Rozdelenie územia

Na základe výsledkov hodnotenia z roku 2012 súlade s § 9 ods. 3 zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov, SHMÚ, ako poverená organizácia, navrhol na rok 2013 18 oblastí riadenia kvality ovzdušia v 8 zónach a v 2 aglomeráciách. Vymedzené oblasti zaberajú rozlohu 2 882 km². Na tomto území v roku 2013 žilo 1 446 880 obyvateľov, čo predstavuje 27 % z celkového počtu obyvateľov SR (5 415 949).

1.2 Zoznam aglomerácií a zón

V Prílohe č. 17 k vyhláske č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia je uvedený zoznam aglomerácií a zón nasledovne:

- I. pre oxid siričitý, oxid dusičitý a oxidy dusíka, častice PM₁₀, častice PM_{2,5}, benzén a oxid uhoľnatý

AGLOMERÁCIE	Vymedzenie územia
BRATISLAVA	územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy
KOŠICE	územie mesta Košíc

Zóny	Vymedzenie územia
Banskobystrický kraj	územie kraja
Bratislavský kraj	územie kraja okrem územia hlavného mesta SR Bratislavy
Košický kraj	územie kraja okrem územia mesta Košíc
Nitriansky kraj	územie kraja
Prešovský kraj	územie kraja
Trenčiansky kraj	územie kraja
Trnavský kraj	územie kraja
Žilinský kraj	územie kraja

- II. pre arzén, kadmium, nikel, olovo, polycyklické aromatické uhl'ovodíky, ortuť a ozón

AGLOMERÁCIE	Vymedzenie územia
BRATISLAVA	územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy

Zóny	Vymedzenie územia
Slovensko	územie Slovenskej republiky okrem územia hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy

1.3 Zoznam oblastí riadenia kvality ovzdušia

V roku 2013 bolo na Slovensku 18 oblastí riadenia kvality ovzdušia (obr. 1.1).

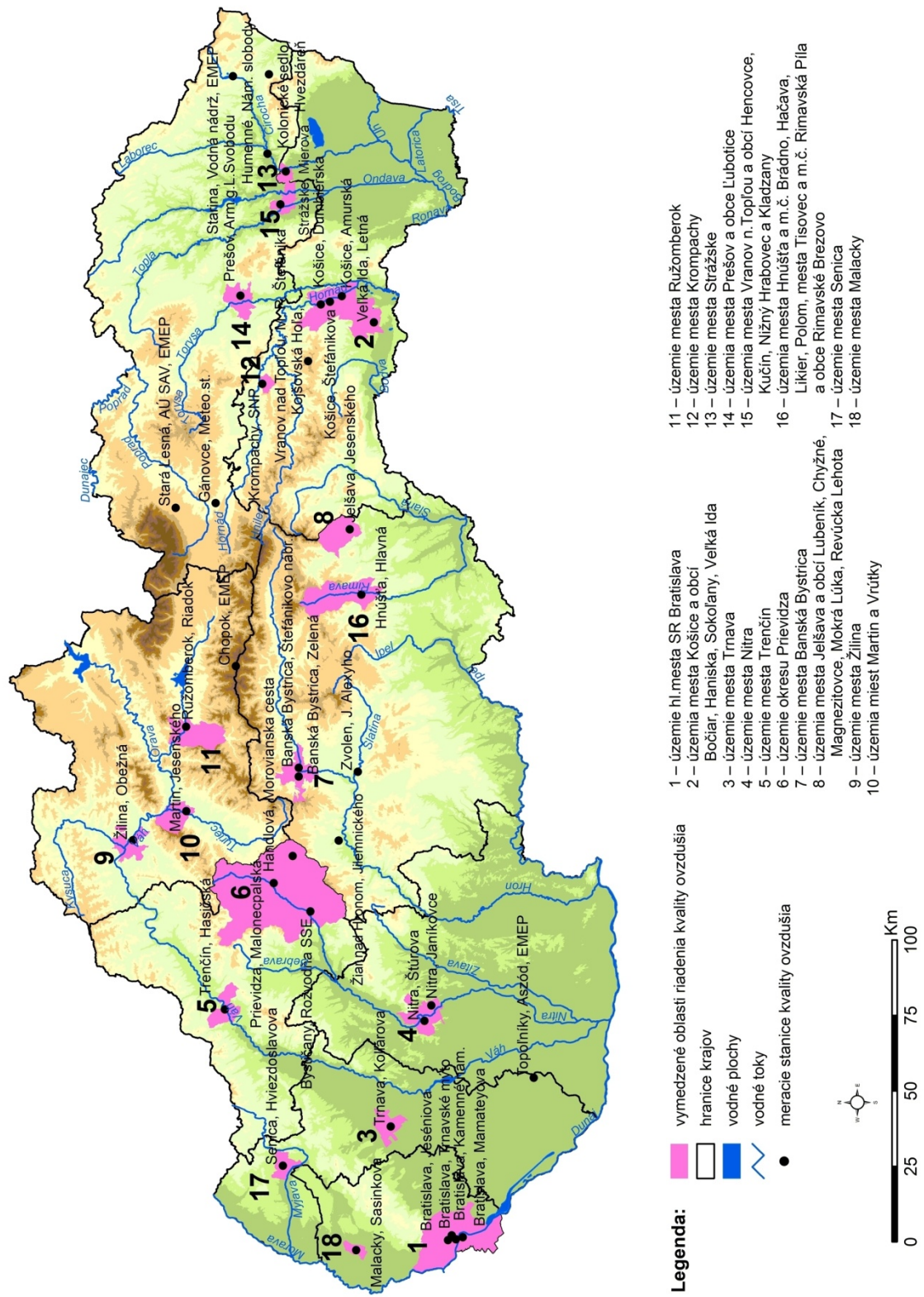
AGLOMERÁCIA / Zóna	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka	Plocha [km ²]	Počet ¹⁾ obyvateľov
BRATISLAVA	územie hl. mesta SR Bratislava	PM ₁₀ , NO ₂	368	417 389
KOŠICE Košícký kraj	územia mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokofany, Veľká Ida	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP	302	245 422
Banskobystrický kraj	územie mesta Banská Bystrica	PM ₁₀ , PM _{2,5}	103	79 368
	územia mesta Hnúšťa a miestnych častí Brádno, Hačava, Likier, Polom, mesta, Tisovec a miestnej časti Rimavské Brezovo a obce Rimavská Píla	PM ₁₀	206	12 515
	územie mesta Jelšava a obcí Lubeník, Chyžné, Magnezitovce, Mokrá Lúka, Revúcka Lehota	PM ₁₀ , PM _{2,5}	109	6 232
Bratislavský kraj	územie mesta Malacky	PM ₁₀	27	17 087
Košícký kraj	územie mesta Krompachy	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP	23	8 877
	územie mesta Strážske	PM ₁₀	25	4 391
Nitriansky kraj	územie mesta Nitra	PM ₁₀ , PM _{2,5}	100	78 351
Prešovský kraj	územia mesta Prešov a obce Ľubotice	PM ₁₀ , PM _{2,5}	79	94 096
	územia mesta Vranov nad Topľou a obce Hencovce, Kučín, Majerovce, Nižný Hrabovec a Kladzany	PM ₁₀ , PM _{2,5}	65	27 520
Trenčiansky kraj	územie okresu Prievidza	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP, As	960	137 050
	územie mesta Trenčín	PM ₁₀ , PM _{2,5}	82	55 886
Trnavský kraj	územie mesta Senica	PM ₁₀	50	20 318
	územie mesta Trnava	PM ₁₀	72	65 978
Žilinský kraj	územie mesta Martin a Vrútky	PM ₁₀ , PM _{2,5}	86	64 190
	územie mesta Ružomberok a obce Likavka	PM ₁₀ , PM _{2,5}	145	30 937
	územie mesta Žilina	PM ₁₀ , PM _{2,5}	80	81 273

* PM₁₀ – častice v ovzduší, ktoré prejdú zariadením selektujúcim častice s aerodynamickým priemerom 10 μm s 50 % účinnosťou

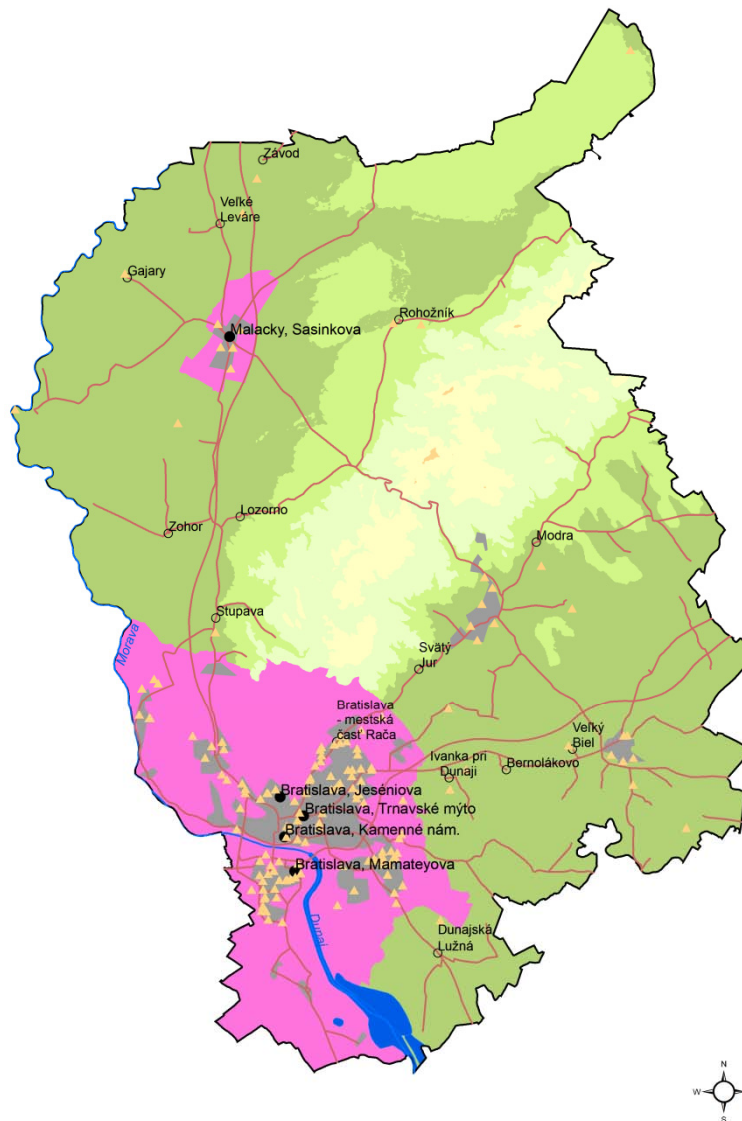
** PM_{2,5} – častice v ovzduší, ktoré prejdú zariadením selektujúcim častice s aerodynamickým priemerom 2,5 μm s 50 % účinnosťou

¹⁾ Stav k 31. 12. 2013

Obr. 1.1 Oblasti riadenia kvality ovzdušia v roku 2013.

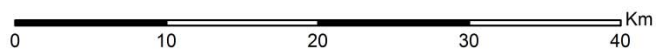


AGLOMERÁCIA BRATISLAVA a Zóna Bratislavský kraj

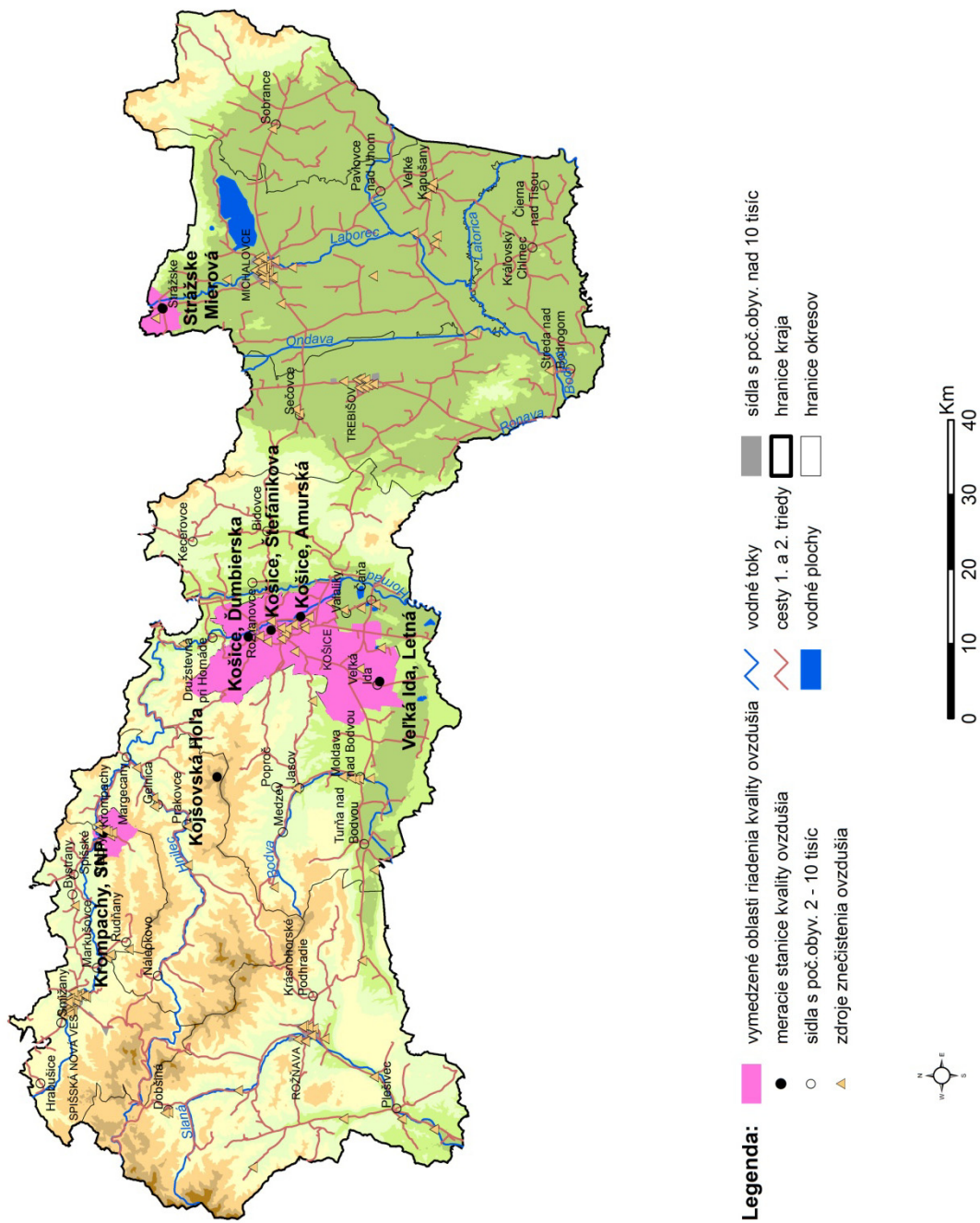


Legenda:

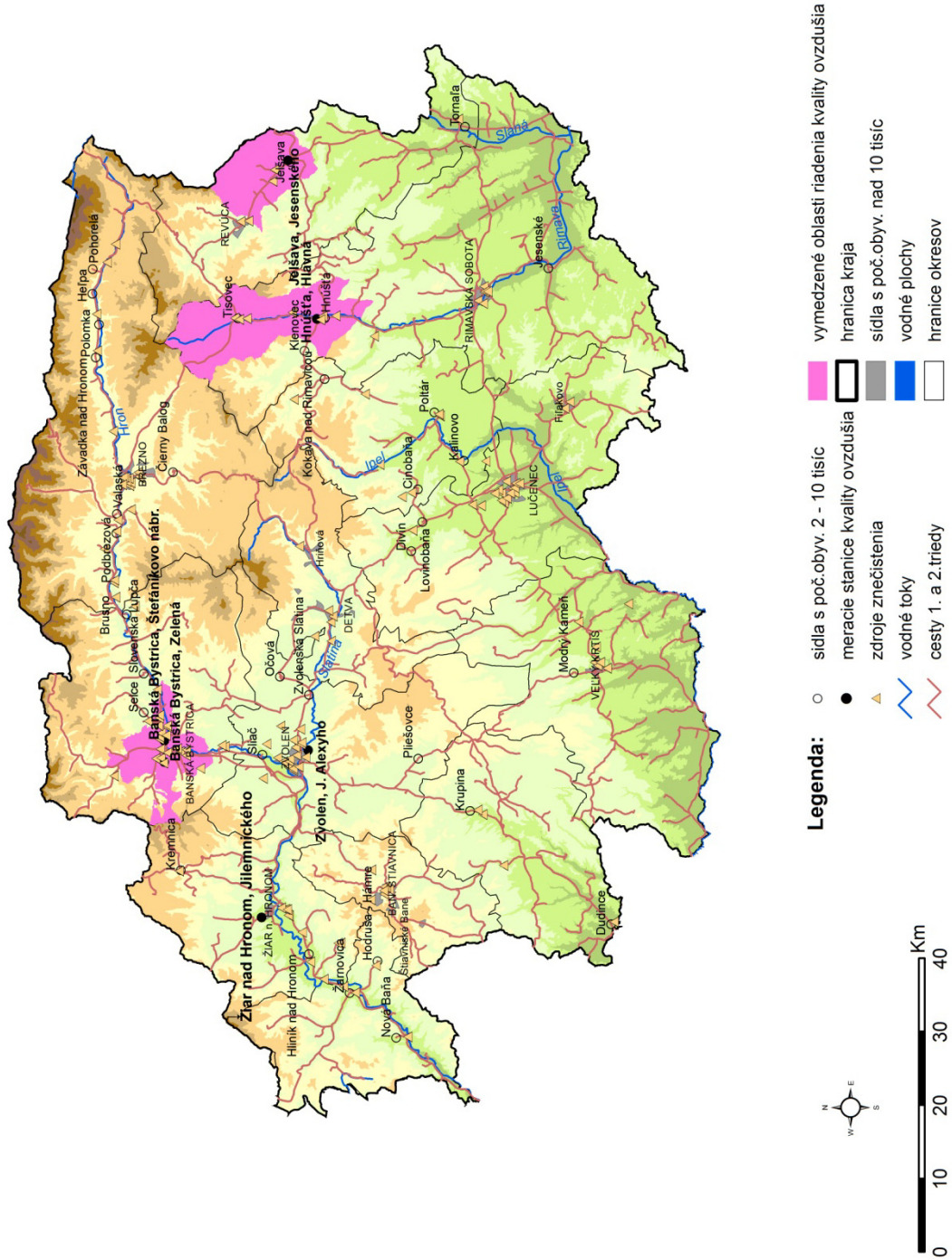
- | | | |
|---|--|--|
| Vymedzené oblasti riadenia kvality ovzdušia | zdroje znečistenia | hranice kraja |
| Meracie stanice kvality ovzdušia | vodné toky | sídla s počtom obyv. nad 10 tisíc |
| sídla s poč.obyv.2- 10 tisíc | cesty 1. a 2.triedy | vodné plochy |



AGLOMERÁCIA KOŠICE a Zóna Košický kraj



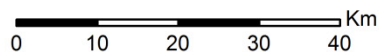
Zóna Banskobystrický kraj



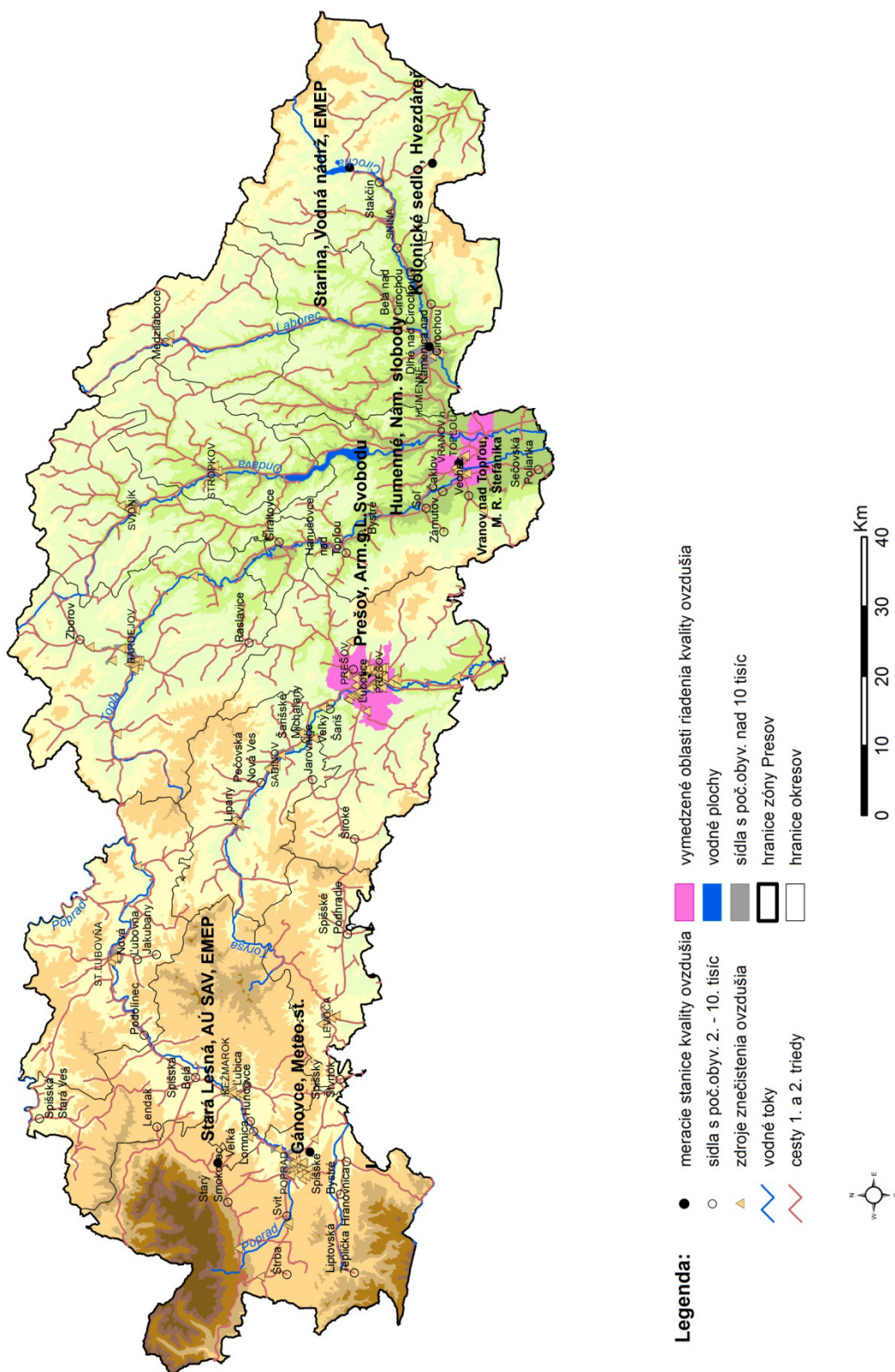
Zóna Nitriansky kraj



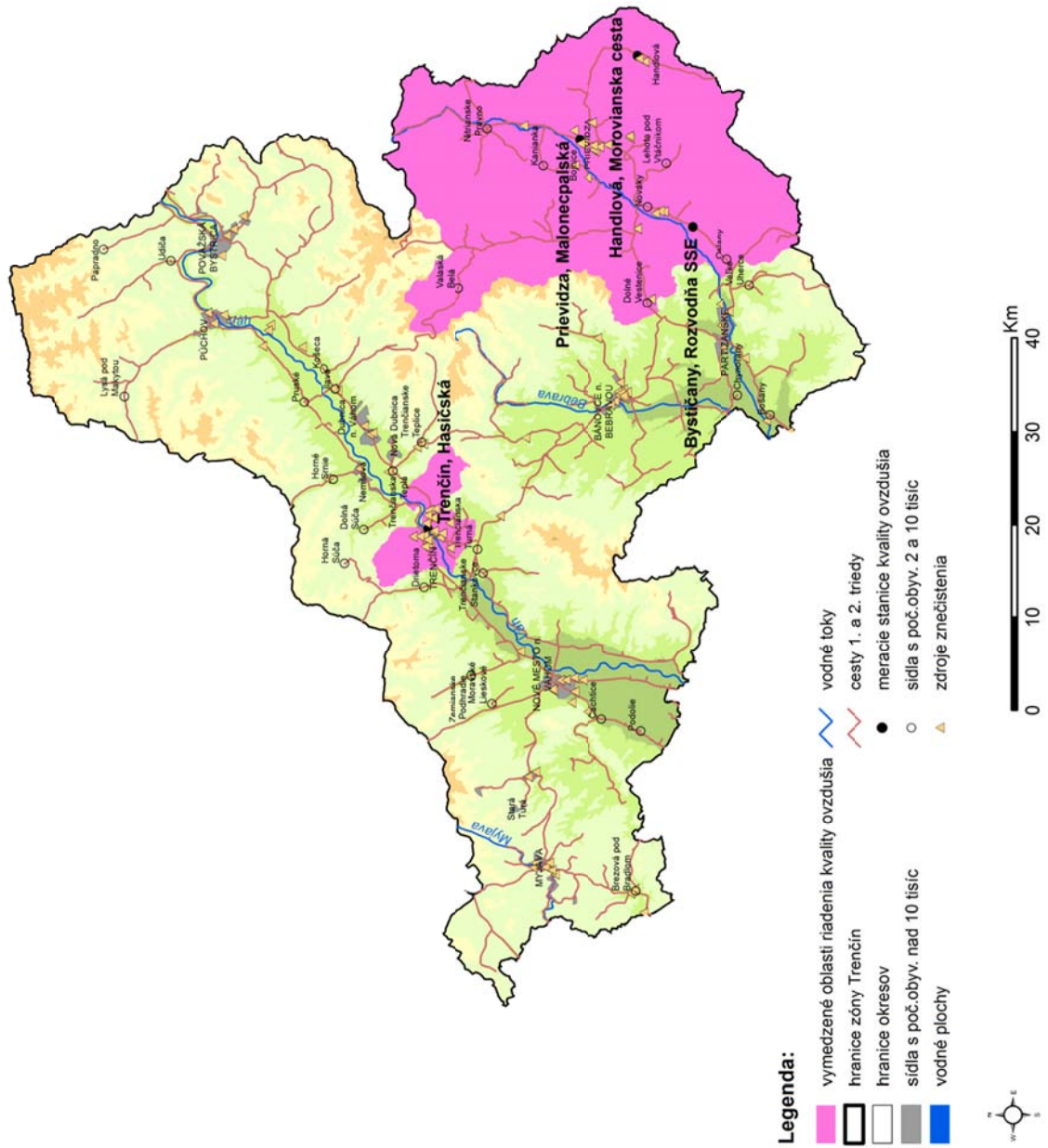
- Legenda:**
- vymedzené oblasti riadenia kvality ovzdušia
 - meracie stanice kvality ovzdušia
 - sídla s poč.obyv. 2 - 10 tisíc
 - zdroje znečistenia
 - vodné toky
 - cesty 1. a 2. triedy
 - vodné plochy
 - sídla s poč.obyv. nad 10 tisíc
 - hranice zóny Nitra
 - hranice okresov



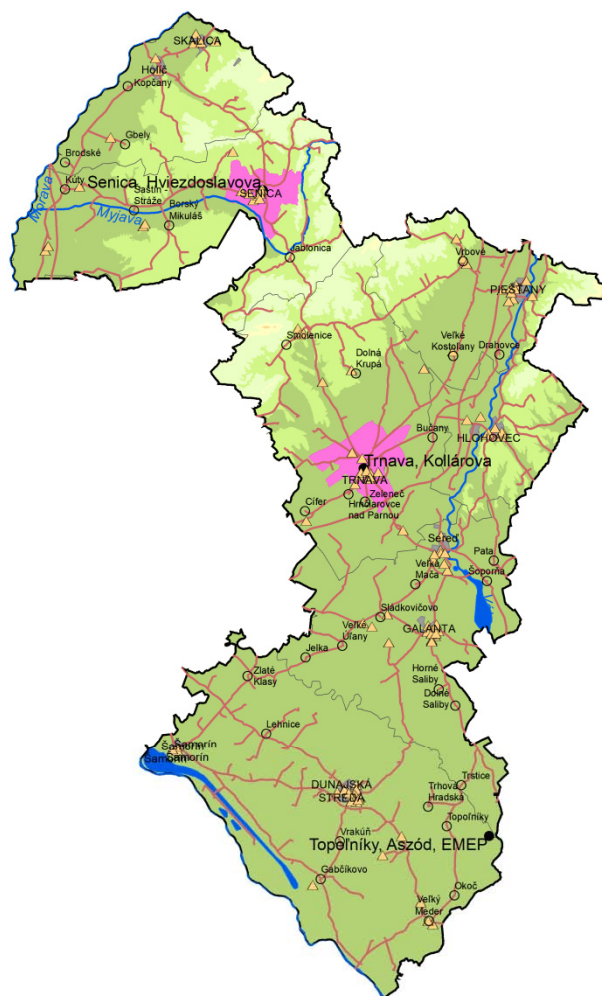
Zóna Prešovský kraj



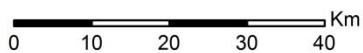
Zóna Trenčiansky kraj



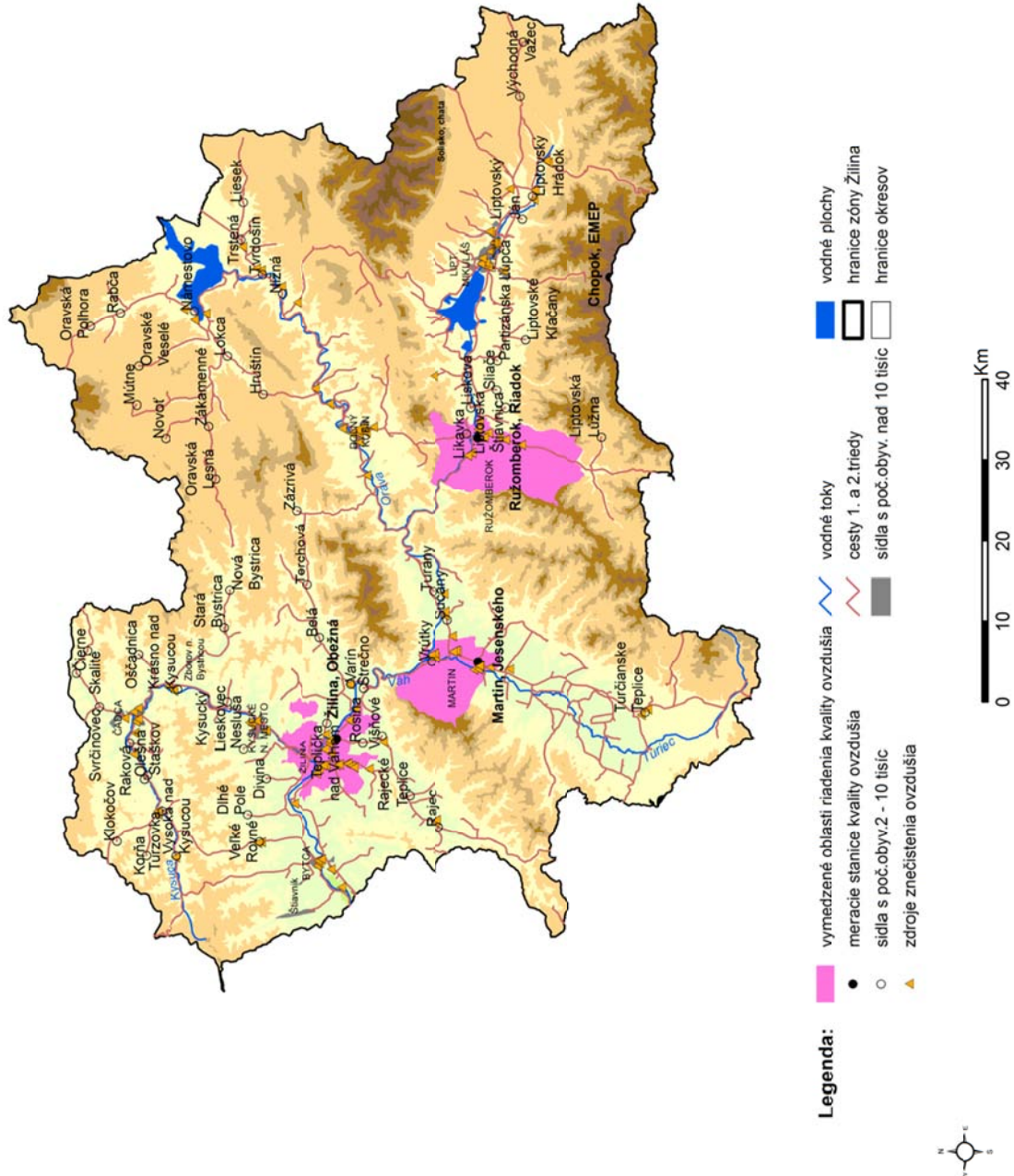
Zóna Trnavský kraj



- Legenda:**
- vymedzené oblasti riadenia kvality ovzdušia
 - meracie stanice kvality ovzdušia
 - sídla s poč.obyv. 2 - 10 tisíc
 - zdroje znečistenia
 - vodné toky
 - cesty 1. a 2.triedy
 - vodné plochy
 - sídla s poč.obyv. nad 10 tisíc
 - hranice zóny Trnava
 - hranice okresov



Zóna Žilinský kraj



2 STAV MONITOROVACEJ SIETE V ROKU 2013

Tab. 2.1 Monitorovacie siete kvality ovzdušia v SR podľa vlastníkov – stav v roku 2013
(umiestnenie staníc v aglomeráciách a zónach, kódy staníc, názvy staníc, ich charakteristika a zemepisné súradnice).

Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia (NMSKO) – vlastník SHMÚ

	Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ oblasti	Typ stanice	Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadm. výška [m]
BRATISLAVA	Bratislava I	SK0004A	Bratislava Kamenné nám.	U	B	17°06'48"	48°08'41"	139
	Bratislava III	SK0002A	Bratislava Trnavské mýto	U	T	17°07'43"	48°09'30"	136
	Bratislava III	SK0048A	Bratislava Jeséniova	S	S	17°06'22"	48°10'05"	287
	Bratislava V	SK0001A	Bratislava Mamateyova	U	B	17°07'32"	48°07'30"	138
KOŠICE	Košice I	SK0015A	Košice Amurská	U	B	21°17'11"	48°41'28"	201
	Košice I	SK0267A	Košice Štefánikova	U	T	21°15'33"	48°43'34"	209
	Košice I	SK0016A	Košice Ďumbierska	S	B	21°14'42"	48°45'11"	240
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica	SK0214A	Banská Bystrica Štefánikovo nábr.	U	T	19°09'16"	48°44'07"	346
	Banská Bystrica	SK0236A	Banská Bystrica Zelená	U	B	19°06'55"	48°44'00"	425
	Revúca	SK0025A	Jelšava Jesenského	U	B	20°14'26"	48°37'52"	289
	Rimavská Sobota	SK0022A	Hnúšťa Hlavná	U	B	19°57'06"	48°35'02"	320
	Zvolen	SK0262A	Zvolen J. Alexyho	U	B	19°09'24"	48°33'29"	321
	Žiar nad Hronom	SK0268A	Žiar nad Hronom Jilemnického	U	B	18°50'32"	48°35'58"	296
Bratislavský kraj	Malacky	SK0052A	Malacky Sasinkova	U	T	17°01'11"	48°26'15"	198
Košický kraj	Gelnica	SK0042A	Kojšovská hoľa	R	B	20°59'13"	48°46'57"	1253
	Košice okolie	SK0018A	Veľká Ida Letná	S	I	21°10'30"	48°35'32"	209
	Michalovce	SK0030A	Strážske Mierová	U	B	21°50'15"	48°52'26"	133
	Spišská Nová Ves	SK0265A	Krompachy SNP	U	T	20°25'26"	48°54'57"	372
Nitriansky kraj	Nitra	SK0269A	Nitra Štúrova	U	T	18°04'10"	48°18'00"	143
	Nitra	SK0134A	Nitra Janíkovce	U	B	18°08'27"	48°17'00"	149
Prešovský kraj	Humenné	SK0037A	Humenné Nám. slobody	U	B	21°54'50"	48°55'51"	160
	Kežmarok	SK0004R	Stará Lesná AÚ SAV, EMEP	R	B	20°17'28"	49°09'10"	808
	Poprad	SK0041A	Gánovce Meteo.st.	R	B	20°19'24"	49°02'05"	706
	Prešov	SK0266A	Prešov , Arm. g. L. Svobodu	U	T	21°16'03"	48°59'36"	252
	Snina	SK0006R	Starina Vodná nádrž, EMEP	R	B	22°15'35"	49°02'32"	345
	Snina	SK0406A	Kolonické sedlo Hvezdáreň	R	B	22°16'25"	48°56'06"	431
	Vranov nad Topľou	SK0031A	Vranov nad Topľou M. R. Štefánika	U	B	21°41'15"	48°53'11"	133

	Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ oblasti	Typ stanice	Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadm. výška [m]
Trenčiansky kraj	Prievidza	SK0013A	Bystričany Rozvodňa SSE	S	B	18°30'51"	48°40'01"	261
	Prievidza	SK0027A	Handlová Morovianska cesta	U	B	18°45'23"	48°43'59"	448
	Prievidza	SK0050A	Prievidza Malonecpalská	U	B	18°37'40"	48°46'58"	276
	Trenčín	SK0047A	Trenčín Hasičská	U	T	18°02'28"	48°53'47"	214
Trnavský kraj	Dunajská Streda	SK0007R	Topoľníky Aszód, EMEP	R	B	17°51'38"	47°57'36"	113
	Senica	SK0021A	Senica Hviezdoslavova	U	T	17°21'48"	48°40'50"	212
	Trnava	SK0045A	Trnava Kollárova	U	T	17°35'06"	48°22'16"	152
Žilinský kraj	Liptovský Mikuláš	SK0002R	Chopok EMEP	R	B	19°35'32"	48°56'38"	2008
	Martin	SK0039A	Martin Jesenského	U	T	18°55'17"	49°03'35"	383
	Ružomberok	SK0008A	Ružomberok Riadok	U	B	19°18'10"	49°04'44"	475
	Žilina	SK0020A	Žilina Obežná	U	B	18°46'15"	49°12'41"	356

Monitorovacie stanice ostatných prevádzkovateľov – veľkých zdrojov znečistenia ovzdušia (VZZO)

	Okres	Názov stanice	Vlastník	Typ oblasti	Typ stanice	Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadm. výška [m]
BRATISLAVA	Bratislava II	Bratislava Vlčie Hrdlo	Slovnaft, a.s., Bratislava	S	I	17°10'10"	48°08'00"	134
	Bratislava II	Bratislava Pod. Biskupice	Slovnaft, a.s., Bratislava	U	B	17°12'20"	48°08'05"	132
KOŠICE	Košice II	Košice Polov	U.S. Steel, s.r.o.	U	B	17°10'10"	17°10'10"	365
Bratislavský kraj	Senec	Rovinka	Slovnaft, a.s., Bratislava	S	B	17°13'40"	48°06'15"	133
Košický kraj	Košice - okolie	Veľká Ida	U.S. Steel, s.r.o.	S	I	20°18'23"	48°33'24"	205
	Trebišov	Leles	Slovenské elektrárne, a.s.	S	B	22°01'24"	48°27'46"	98
Nitriansky kraj	Šaľa	Trnovec nad Váhom	Duslo, a.s., Šaľa	S	B	17°55'44"	48°09'00"	122

Typ oblasti: U – mestská, S – predmestská, R – vidiecka
 Typ stanice: B – požadová, I – priemyselná, T – dopravná

Merací program v monitorovacích sieťach kvality ovzdušia v SR v roku 2013

Tab. 2.2 Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia (vlastník SHMÚ).

	Názov stanice	Kontinuálne							Manuálne	
		PM ₁₀	PM _{2,5}	Oxidy dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhľohľatý CO	Benzén	Ťažké kovy As, Cd, Ni, Pb	Polyaromatické uhľovodíky BaP
Bratislava	Bratislava, Kamenné nám	x								
	Bratislava, Trnavské mýto	x		x			x	x		x
	Bratislava, Jeséniova	x		x		x				x
	Bratislava, Mamateyova	x		x	x	x				
	Spolu 4 stanice	4		3	1	2	1	1		1
Košice	Košice, Amurská	x	x							
	Košice, Štefánikova	x	x	x				x		
	Košice, Ďumbierska					x				
	Spolu 3 stanice	2	2	1		1		1		
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	x		x	x		x	x	x	
	Banská Bystrica, Zelená		x	x		x				
	Jelšava, Jesenského	x	x			x				
	Hnúšťa, Hlavná	x	x							
	Žiar nad Hronom, Jilemnického	x	x							
	Zvolen, J. Alexyho	x	x							
Spolu 6 staníc	5	5	2	1	2	1	1	1		
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	x		x	x		x	x		
	Spolu 1 stanica	1		1	1		1	1		
Košický kraj	Kojšovská hoľa					x				
	Veľká Ida, Letná	x	x				x		x	x
	Strážske, Mierová	x	x							
	Kropáčiky, SNP	x	x	x	x		x	x	x	x
	Spolu 4 stanice	3	3	1	1	1	2	1	2	2
Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	x		x	x		x	x		
	Nitra, Janíkovce	x	x	x		x				
	Spolu 2 stanice	2	1	2	1	1	1	1		
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody	x	x			x				
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	x	x			x			x	
	Gánovce, Meteo. st.					x				
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	x	x	x			x	x		
	Starina, Vodná nádrž, EMEP					x			x	
	Vranov nad Topľou, M. R. Štefánika	x	x		x					
	Kolonické sedlo	x	x							
Spolu 7 staníc	5	5	1	1	4	1	1	2		
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	x	x		x	x			x	x
	Bystričany, Rozvodňa SSE	x	x		x					
	Handlová, Morovianska cesta	x	x		x					
	Trenčín, Hasičská	x	x	x	x		x	x		
	Spolu 4 stanice	4	4	1	4	1	1	1	1	1
Trnavský kraj	Topoľníky, Aszód, EMEP	x	x			x			x	
	Senica, Hviezdoslavova	x	x		x					
	Trnava, Kollárova	x	x	x			x	x		x
	Spolu 3 stanice	3	3	1	1	1	1	1	1	1
Žilinský kraj	Chopok, EMEP					x			x	
	Martin, Jesenského	x	x	x			x	x		
	Ružomberok, Riadok	x	x		x				x	
	Žilina, Obežná	x	x	x		x				
	Spolu 4 stanice	3	3	2	1	2	1	1	2	
NMSKO spolu 38 monitorovacích staníc		32	26	15	12	15	10	10	9	6

Tab. 2.3 Monitoring kvality ovzdušia a zrážok na staniach NMSKO – program EMEP.

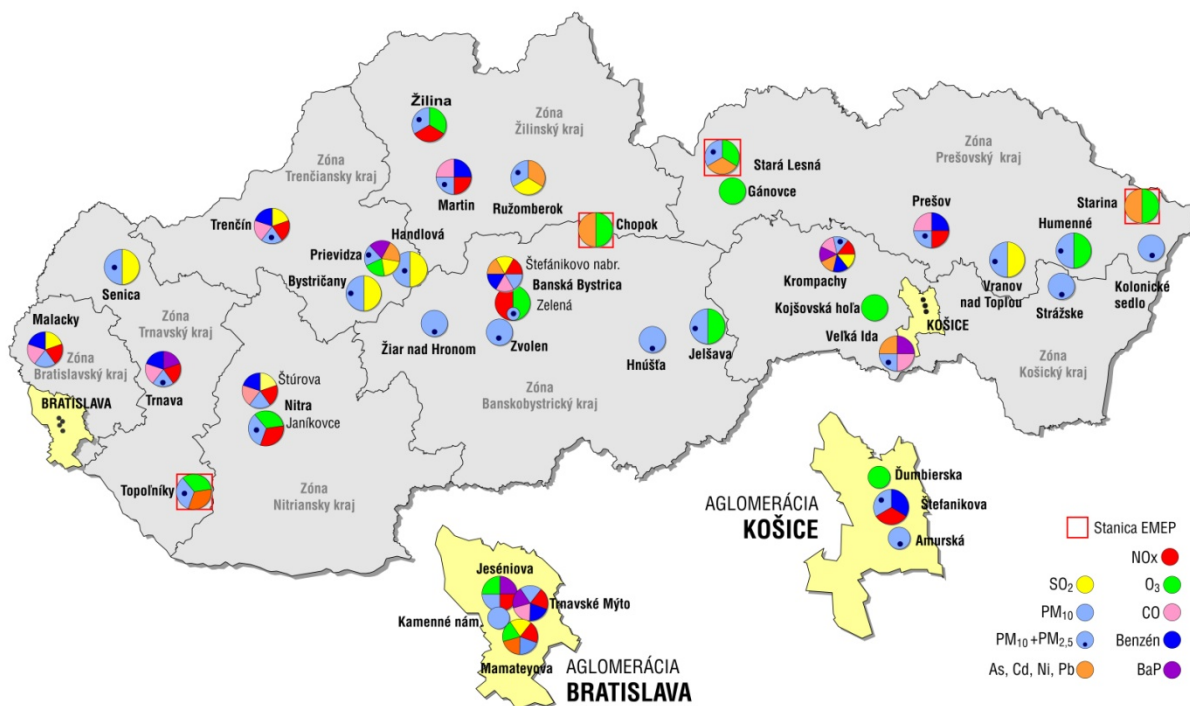
OVZDUŠIE		Oxid siričitý SO ₂	Oxidy dusíka NO _x	Sířany SO ₄	Dusičnany NO ₃	Kyselina dusičná HNO ₃	Amoniak, amonné kationy NH ₃ , NH ₄	Alkalické kationy K, Na, Ca, Mg	Ozón O ₃	VOC	PM ₁₀ ¹	Olovo Pb	Arzén As	Kadmium Cd	Nikel Ni	Chróm Cr	Meď Cu	Zinok Zn
Prešovský kraj	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP								x		x	x	x	x	x	x	x	x
	Starina Vod. nádrž, EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Trnavský kraj	Topoľníky Aszód, EMEP								x		x	x	x	x	x	x	x	x
Žilinský kraj	Chopok EMEP	x	x	x	x	x			x		x ²	x	x	x	x	x	x	x

¹ týždenné vzorkovanie

² TSP – celkové suspendované častice v ovzduší

ATMOSFÉRICKE ZRÁŽKY		pH	Vodivosť	Sířany SO ₄	Dusičnany NO ₃	Amonné kationy NH ₄	Alkalické kationy K, Na, Ca, Mg	Chloridy Cl	Olovo Pb	Arzén As	Kadmium Cd	Nikel Ni	Chróm Cr	Meď Cu	Zinok Zn
Prešovský kraj	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Starina Vod. nádrž, EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Trnavský kraj	Topoľníky Aszód, EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Žilinský kraj	Chopok EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Obr. 2.1 Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia - 2013.



Tab. 2.4 Merací program na monitorovacích staniciach ostatných prevádzkovateľov – veľkých zdrojov znečistenia ovzdušia (VZZO).

Vlastník	NUTS	Názov stanice	PM ₁₀	Oxidy dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO
Slovnaft, a.s. Bratislava	BRATISLAVA	Bratislava, Vičie Hrdlo	x	x	x	x	x
		Bratislava Podunajské Biskupice	x	x	x	x	x
	Bratislavský kraj	Rovinka	x	x	x	x	x
	Spolu	3 stanice	3	3	3	3	3
Duslo, a.s. Šafa	Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom	x	x	x		
	Spolu	1 stanica	1	1	1		
U.S. Steel, s.r.o., Košice	KOŠICE	Košice Polov	x	x	x		x
	Košický kraj	Veľká Ida	x	x	x		x
	Spolu	2 stanice	2	2	2		2
Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava	Košický kraj	Leles	x	x	x		
	Spolu	1 stanica	2	2	2		

Zhodnotenie monitorovacej siete

Zoznam monitorovacích staníc kvality ovzdušia SHMÚ (NMSKO) ako aj ostatných prevádzkovateľov a ich merací program v roku 2013 je v tab. 2.1 až 2.4 a na obr. 2.1. Podrobný popis staníc (všetky požadované meta údaje) sa nachádza v Prílohe k hodnoteniu.

Monitorovacia sieť kvality ovzdušia SHMÚ (NMSKO) v roku 2013

Zabezpečenie monitorovania kvality ovzdušia v aglomeráciách a zónach SR

Monitorovanie kvality ovzdušia bolo v roku 2013 zabezpečené vo všetkých aglomeráciách a zónach SR.

Monitorovací program

Oxid siričitý SO₂

Minimálny rozsah monitorovania SO₂ (počet a umiestnenie podľa Prílohy č.5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) nebol splnený z dôvodu chýbajúceho merania v aglomerácii Košice. Monitorovanie oxidu siričitého bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 12 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý 4 monitorovacích staniciach. Monitorovanie SO₂ prebiehalo na 2 EMEP staniciach v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP.

Oxidy dusíka NO₂ a NO_x

Minimálny rozsah monitorovania NO₂ (počet a umiestnenie podľa Prílohy č.5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia.) bol splnený. Monitorovanie oxidov dusíka bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 15 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý 2 monitorovacích staniciach. Monitorovanie NO_x prebiehalo na 2 EMEP staniciach v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP.

Častice PM₁₀

Minimálny rozsah monitorovania PM₁₀ (počet a umiestnenie podľa Prílohy č.5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. Monitorovanie PM₁₀ bolo zabezpečené ekvivalentnou, kontinuálnou metódou oscilačnej mikrováhy, prístrojmi TEOM na 32 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 19 monitorovacích staniciach. Na 4 EMEP staniciach bolo realizované meranie TSP/PM₁₀ v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP.

Test ekvivalencie s gravimetrickou metódou sa vykonal na viacerých mestských staniciach, v súčasnosti sa výsledky analyzujú a cieľom je celý postup zautomatizovať.

Častice PM_{2,5}

Rozsah monitorovania PM_{2,5} (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške 360/ 2010 Z. z. o kvalite ovzdušia.) bol splnený. Monitorovanie PM_{2,5} bolo zabezpečené rovnakou metódou ako merania PM₁₀, prístrojmi TEOM na 26 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bola dosiahnutá na 7 staniciach.

Oxid uhoľnatý CO

Minimálny rozsah monitorovania CO (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) nebol splnený z dôvodu chýbajúceho merania v aglomerácii Košice. Monitorovanie oxidu uhoľnatého bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 10 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 2 monitorovacích staniciach.

Ozón O₃

Minimálny rozsah monitorovania O₃ (počet a umiestnenie podľa Prílohy č.9 k vyhláške 360/2010 Z.z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. Monitorovanie ozónu bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 15 staniciach. Požadovaná výťažnosť platných nameraných údajov (90 %) bola dosiahnutá na 7 monitorovacích staniciach. Na 8 staniciach nebola požadovaná výťažnosť dát dosiahnutá (Prievidza-Malonepalská 88,7 %, Gánovce-Meteo. st. 83,9 %, Bratislava-Mamateyova 78,7 %, Chopok-EMEP 78 %, Žilina-Obežná 74,6 %, Nitra-Janíkovce 73,3 %, Topoľníky-Aszód, EMEP 69,9 %, Jelšava-Jesenského 68,2 %).

Benzén

Minimálny rozsah monitorovania benzénu (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške 360/ 2010 Z.z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. Monitorovanie benzénu bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 10 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 6 monitorovacích staníc.

Ťažké kovy (Pb, As, Cd, Ni)

Vzorky na analýzu ťažkých kovov sa odoberajú každý druhý deň počas 24 hodín. V roku 2013 boli vzorky na analýzu ťažkých kovov odoberané na 5 mestských monitorovacích staniciach a 4 staniciach s monitorovacím programom EMEP.

Polyaromatické uhľovodíky – benzo(a)pyrén

Minimálny rozsah monitorovania benzo(a)pyrénu (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške 360/2010 Z.z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. V roku 2013 bol zabezpečený monitoring benzo(a)pyrénu na 6 staniciach. Na týchto monitorovacích staniciach bolo zabezpečené vzorkovanie PM₁₀ na obsah benzo(a)pyrénu 24 hodinovým odberom.

VOC

Prchavé organické zlúčeniny, C₂–C₆ alebo tzv. ľahké uhľovodíky, sa začali odoberať na stanici Starina na jeseň v roku 1994. Starina je jednou z mála európskych staníc, zaradených do siete EMEP, s pravidelným monitorovaním prchavých organických zlúčenín. Vyhodnocujú sa v súlade s metodikou EMEP podľa NILU. Ich koncentrácie sa pohybujú rádovo v desatinách až jednotkách ppb. Za rok 2013 sú k dispozícii údaje až od mája 2013, z technických aj finančných príčin (tab.3.15).

Monitorovacie siete kvality ovzdušia ostatných prevádzkovateľov monitoringu kvality ovzdušia v roku 2013

Z ostatných prevádzkovateľov monitorovacích staníc – VZZO na Slovensku merajúcich na základe rozhodnutia príslušného OUŽP (merajú znečisťujúce látky referenčnými metódami okrem PM₁₀). V roku 2013 bolo takýchto staníc 5 (tab. 3.10). Namerané údaje z predmetných meracích staníc boli použité ako doplnkové pre hodnotenie KO.

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA NA ZÁKLADE VÝSLEDKOV MERANÍ Z MONITOROVACÍCH STANÍC

3.1 Úvod

Spracovanie a vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt (LH) a limitných hodnôt zvýšených o medzu tolerancie (LH + MT) na ochranu zdravia ľudí je pre jednotlivé monitorovacie stanice a znečisťujúce látky uvedené v tabuľkách 3.4, 3.7 a 3.8. Kvalita ovzdušia je považovaná za dobrú, ak úroveň znečistenia neprekračuje limitné hodnoty. Výskyt a doba trvania znečistenia na úrovni signálov Upozornenie a Regulácia a od roku 2010 Výstražných prahov pre NO₂ a SO₂ za ostatných 5 rokov uvádza tabuľka 3.5. V tabuľkách 3.11 až 3.14 sú vyhodnotené výsledky meraní z vidieckych pozadových staníc (program EMEP) podľa kritických hodnôt na ochranu vegetácie.

Za účelom stanovenia spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia v aglomeráciách a zónach Slovenska, bolo spracované 5-ročné obdobie rokov 2009–2013, podľa horných (HMH) a dolných (DMH) medzí pre hodnotenie znečistenia ovzdušia. Výsledky pre jednotlivé znečisťujúce látky (ZL) sú uvedené v tabuľkách 3.6 a 3.9.

3.2 Aglomerácie a zóny pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén a CO

3.2.1 Aglomerácia Bratislava

V roku 2013 boli prekročené denné limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí pre PM₁₀ na dopravnej stanici Bratislava-Trnavské. Priemerná ročná koncentrácia NO₂ na Mamateyovej bola 35 µg.m⁻³, čo predstavuje nárast približne o 8 µg.m⁻³ oproti roku 2012. V porovnaní s rokom 2011 a 2012 sa pozorovala tendencia poklesu znečistenia PM₁₀ na celom území mesta. Úroveň ostatných ZL bola pod limitnými hodnotami.

3.2.2 Aglomerácia Košice

V roku 2013 boli priemerné ročné koncentrácie na ochranu zdravia ľudí pre PM₁₀ na staniciach Košice-Štefánikova a Košice-Amurská pod limitnými hodnotami. Denné limitné hodnoty pre PM₁₀ boli prekročené na stanici Košice-Štefánikova. Úroveň znečistenia PM_{2,5} neprekročila cieľovú hodnotu a ani limitnú hodnotu na žiadnej stanici. Ostatné ZL boli tiež pod limitnými hodnotami.

3.2.3 Zóna Banskobystrický kraj

Priemerná ročná koncentrácia PM₁₀ nebola prekročená na žiadnej stanici. Denné limitné hodnoty boli prekročené na stanici Banská Bystrica-Štefánikovo nábregie a Jelšava-Jesenského, kde bola prekročená aj cieľová hodnota pre PM_{2,5}. Oproti rokom 2011 a 2012 úroveň znečistenia časticami PM₁₀ výrazne poklesla v celej zóne, pričom najvýraznejší pokles sa pozoroval na stanici Banská Bystrica-Štefánikovo nábregie. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.4 Zóna Bratislavský kraj

Výsledky meraní v roku 2013 poukazujú na pokles znečistenia časticami PM₁₀ oproti roku 2012. 24-hodinovú limitnú hodnotu na ochranu zdravia ľudí nebola prekročená vo väčšom počte ako povoľuje limit a priemerná ročná koncentrácia bola tiež pod limitnou hodnotou 40 µg.m⁻³. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.5 Zóna Košický kraj

V tejto zóne bola prekročená denná limitná hodnota na ochranu zdravia ľudí pre PM₁₀ na stanici Veľká Ida-Letná. Na monitorovacej stanici dosiahol počet prekročení 24-hodinovej limitnej hodnoty PM₁₀ na ochranu zdravia 79, čo je najväčšia hodnota na Slovensku, avšak oproti roku

2012 sa takmer nezmenila (77). Rovnaký trend poklesu v roku 2013 vykazuje aj stanica Krompachy-SNP, s poklesom prekročení na 42 oproti 63 v roku 2012 a ročným priemerom $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pričom v roku 2012 sa vyskytla takmer rovnaká hodnota – $34 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Na stanici Strážske-Mierová, klesol počet prekročení na 22 oproti 38 v roku 2012 a pokles približne o $3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ bol zaznamenaný aj pri ročnom priemeri – $27 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Cieľová hodnota pre $\text{PM}_{2,5}$ bola prekročená na staniciach Krompachy-SNP. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.6 Zóna Nitriansky kraj

V zóne nebola prekročená ročná a ani denná limitná hodnota na ochranu zdravia ľudí pre PM_{10} a rovnako neboli prekročené cieľové hodnoty pre $\text{PM}_{2,5}$. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.7 Zóna Prešovský kraj

V roku 2013 pokračovala tendencia poklesu znečistenia časticami PM_{10} v celej zóne z roku 2012. Prekročenie dennej limitnej hodnoty v počte 54 krát bolo zaznamenané len na stanici Prešov-arm. gen. L. Svobodu. Úroveň $\text{PM}_{2,5}$ sa na všetkých staniciach pohybovala pod cieľovou hodnotou $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.8 Zóna Trenčiansky kraj

Celkovo sa zachoval klesajúci trend počtu prekročení 24-hodinovej limitnej hodnoty z roku 2012. Úroveň znečistenia PM_{10} prekročila dennú limitnú hodnotu na ochranu zdravia ľudí na stanici Bystričany, Rozvodňa SSE. Cieľová hodnota pre $\text{PM}_{2,5}$, nebola prekročená na žiadnej stanici. Pre SO_2 bola hodinová limitná hodnota na ochranu zdravia ľudí 20 krát prekročená na monitorovacej stanici Bystričany, Rozvodňa SSE a 3 krát na stanici Prievidza, Malonecpalská, avšak tento počet je nižší, ako je povolený počet prekročení – 24 krát. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.9 Zóna Trnavský kraj

Pokles znečistenia časticami PM_{10} z roku 2012 sa zachoval aj v roku 2013. V roku 2013 na žiadnej stanici nebola prekročená denná a ani ročná limitná hodnota na ochranu ľudského zdravia a úroveň znečistenia frakciou $\text{PM}_{2,5}$ bola hlboko pod cieľovou hodnotou $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na všetkých staniciach. Ostatné ZL neprekročili limitné alebo cieľové hodnoty.

3.2.10 Zóna Žilinský kraj

V roku 2013 bola prekročená denná limitná hodnota na ochranu zdravia ľudí pre PM_{10} na staniciach Ružomberok-Riadok a Žilina-Obežná. V porovnaní s rokom 2012 sa v celej zóne zachovala výrazná tendencia poklesu znečistenia časticami PM_{10} a na rozdiel od roku 2012 na žiadnej stanici nebola prekročená ani limitná hodnota pre $\text{PM}_{2,5}$. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.3 Aglomerácia a zóna pre Pb, As, Cd, Ni, BaP, Hg a O_3

3.3.1 Aglomerácia Bratislava

Cieľová hodnota ozónu (8 h koncentrácia prízemného ozónu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, povolený počet prekročení je 25 dní v priemere za 3 roky) bola prekročená na monitorovacích staniciach Bratislava-Jeséniova a Bratislava-Mamateyova. V roku 2013 bol informačný prah prekročený na monitorovacej stanici Bratislava-Jeséniova v celkovej dobe trvania 3h, výstražný prah prekročený nebol. Priemerná ročná koncentrácia BaP na stanici Bratislava-Trnavské mýto je väčšia, ako cieľová hodnota.

3.3.2 Zóna Slovensko

Zóna vymedzuje územie Slovenskej republiky okrem územia hlavného mesta SR Bratislavy.

V zóne Slovensko bola cieľová hodnota ozónu prekročená na 7 staniciach. V roku 2013 bol informačný prah prekročený len na monitorovacej stanici Kojšovská hoľa v celkovej dobe trvania 3h. Výstražný prah pre ozón nebol prekročený na žiadnej stanici v zóne Slovensko. Priemerná ročná koncentrácia BaP prekročila cieľovú hodnotu, ktorú bolo treba dosiahnuť 31. 12. 2012 na staniciach na staniciach Veľká Ida-Letná, Krompachy-SNP, Prievidza-Malonecpalská, Trnava-Kollárova.

3.4 Zhrnutie

SO₂

V roku 2013 nebola v žiadnej aglomerácii a zóne prekročená úroveň znečistenia pre hodinové a ani pre denné hodnoty. Príslušné limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí neboli prekročené vo väčšom počte, ako stanovuje Vyhláška č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia. V roku 2013 sa vyskytli 2 prípady prekročenia výstražného prahu na stanici Bystričany, Rozvodňa SSE, v celkovom trvaní 7 hod (tab. 3.5).

Kritická hodnota na ochranu vegetácie je $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendárny rok a zimné obdobie. Táto limitná hodnota nebola prekročená v priebehu roku 2013 na žiadnej z EMEP staníc, ani za kalendárny rok, ani za zimné obdobie. Všetky hodnoty boli pod DMH na ochranu vegetácie (tab. 3.11).

NO₂

V roku 2013 nebola prekročená ročná limitná hodnota na žiadnej monitorovacích stanici na Slovensku. Prekročenie limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre hodinové koncentrácie sa nevyskytlo prekročené na žiadnej monitorovacej stanici vo väčšom počte, ako stanovuje Vyhláška č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia. V roku 2013 nenastal žiaden prípad prekročenia výstražného prahu.

Kritická úroveň na ochranu vegetácie ($30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendárny rok vyjadrená ako NO_x) nebola v roku 2013 prekročená na žiadnej z EMEP staníc. Hodnoty boli hlboko pod DMH na ochranu vegetácie.

PM₁₀

Najväčší problém kvality ovzdušia na Slovensku, ako aj vo väčšine európskych krajín, predstavuje v súčasnosti znečistenie ovzdušia časticami PM_{10} . V roku 2013 bola prekročená 24h limitná hodnota na 10 mestských staniciach. Ročná limitná hodnota nebola prekročená na žiadnej stanici. Od roku 2011 došlo k výraznejšiemu poklesu znečistenia časticami PM_{10} . Nasledujúce roky ukážu či ide o klesajúci trend emisií PM_{10} , alebo dôsledok medziročných meteorologických variácií, alebo sa tieto faktory nepodarí identifikovať.

PM_{2,5}

Pre častice $\text{PM}_{2,5}$ je ustanovený len ročný limit $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, ktorý vstúpi do platnosti 1. 1. 2015. Pre rok 2013 platí limitná hodnota plus medza tolerancie $26 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Commission implementing Decision 2011/850/EU, ANNEX 1, bod 5). V roku 2013 bola táto hodnota prekročená na 2 staniciach a cieľová hodnota na žiadnej inej, čo je pokles oproti roku 2012.

CO

Na žiadnej z monitorovacích staníc nebola prekročená limitná hodnota a úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2008–2013 je pod DMH.

Benzén

Najvyššia úroveň benzénu sa v roku 2013 namerala na stanici v Krompachoch $4,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo je pod limitnou hodnotou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Pb, As, Ni, Cd

Limitná hodnota pre Pb, ani cieľová hodnota pre As, Cd a Ni neboli v roku 2013 prekročené.

BaP

Cieľová hodnota bola prekročená na všetkých meracích staniach s výnimkou Bratislava-Jeséniova.

Tab. 3.1 Limitné hodnoty plus medze tolerancie pre jednotlivé roky a cieľové hodnoty.

	Priemerované obdobie	Limitná hodnota* [µg/m³]	Dátum, ku ktorému treba dosiahnuť limitnú hodnotu	Medza tolerancie	Limitná hodnota + medza tolerancie [µg/m³]													
					D0 31/12/00	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
SO ₂	1h	350 (24)	1.1.2005	150 µg/m³	500	470	440	410	380	350	350	350	350	350	350	350	350	350
SO ₂	24h	125 (3)	1.1.2005	-														
SO ₂ ^v	1r, W ¹	20 (-)	1.1.2003	-														
NO ₂	1h	200 (18)	1.1.2010	50 %	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	200	200	200
NO ₂	1r	40 (-)	1.1.2010	50 %	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	40	40	40
NO _x ^v	1r	30 (-)	1.1.2003	-														
PM ₁₀	24h	50 (35)	1.1.2005	50 %	75	70	65	60	55	50	50	50	50	50	50	50	50	50
PM ₁₀	1r	40 (-)	1.1.2005	20 %	48	46	45	43	42	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Pb	1r	0.5 (-)	1.1.2005	100 %	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CO	max. 8 h denná hodnota	10000 (-)	1.1.2003 (1.1.2005)	6000 µg/m³	16000	16000	16000	14000	12000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Benzén	1r	5 (-)	1.1.2006 (1.1.2010)	100 %	10	10	10	10	10	10	9	8	7	6	5	5	5	5
PM _{2.5}	1r	25	1.1.2008	5 µg/m³										30	29	28	27	26
PM _{2.5} **	1r	25	1.1.2015	-														

¹ zimné obdobie (1. október – 31. marec)

^v kritické úrovne pre ochranu vegetácie

* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách

** cieľová hodnota

	Priemerované obdobie	Cieľová hodnota [ng/m³]	Dátum, ku ktorému treba dosiahnuť cieľovú hodnotu
As	1r	6	31. 12. 2012
Cd	1r	5	31. 12. 2012
Ni	1r	20	31. 12. 2012
BaP	1r	1	31. 12. 2012

Tab. 3.2 Limitné hodnoty, horné a dolné medze na hodnotenie.

	Receptor	Interval sprimerovania	Limitná hodnota [µg/m³]	Medza na hodnotenie [µg/m³]	
				Horná*	Dolná*
SO ₂	Ľudské zdravie	1h	350 (24)		
SO ₂	Ľudské zdravie	24h	125 (3)	75 (3)	50 (3)
SO ₂	Vegetácia	1r, 1/2r	20 (-)	12 (-)	8 (-)
NO ₂	Ľudské zdravie	1h	200 (18)	140 (18)	100 (18)
NO ₂	Ľudské zdravie	1r	40 (-)	32 (-)	26 (-)
NO _x	Vegetácia	1r	30 (-)	24 (-)	19,5 (-)
PM ₁₀	Ľudské zdravie	24h	50 (35)	35 (35)	25 (35)
PM ₁₀	Ľudské zdravie	1r	40 (-)	28 (-)	20 (-)
Pb	Ľudské zdravie	1r	0,5 (-)	0,35 (-)	0,25 (-)
CO	Ľudské zdravie	8h (maximálna)	10 000 (-)	7 000 (-)	5 000 (-)
Benzén	Ľudské zdravie	1r	5 (-)	3,5 (-)	2 (-)
PM _{2.5}	Ľudské zdravie	1r	25**	17	12

* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách

** ako limitná hodnota platí od 1. 1. 2015

Tab. 3.3 Výťažnosť údajov* v % v roku 2013.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.			86,9			
	Bratislava, Trnavské Mýto		100,0	95,5		100,0	95,0
	Bratislava, Jeséniova		93,0	98,7			
	Bratislava, Mamateyova	74,7	78,0	70,6			
KOŠICE	Košice, Štefánikova		40,0	72,4	61,0		99,0
	Košice, Amurská			97,9	61,0		
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nám.	91,0	88,0	96,8		83,0	97,0
	Banská Bystrica, Zelená		57,0		91,0		
	Jelšava, Jesenského			63,9	62,0		
	Hnúšťa, Hlavná			97,4	67,0		
	Zvolen, J. Alexyho			97,6	71,0		
	Žiar nad Hronom, Jilemnického			96,7	68,0		
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	87,0	87,0	78,9		88,0	85,0
Košícký kraj	Veľká Ida, Letná			99,2	97,0	42,0	
	Strážske, Mierová			97,7	97,0		
	Krompachy, SNP	44,2	20,0	64,3	63,0	35,0	67,0
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		69,0	70,0	59,0		
	Nitra, Štúrova	87,6	41,0	89,7		94,0	94,0
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody			98,1	74,0		
	Prešov, arm. gen. L. Svobodu		79,0	94,1	58,0	77,0	94,0
	Vranov nad Top., M.R.Štefánika	83,5		98,9	55,0		
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP			99,0	94,0		
	Kolonické sedlo			90,8	91,0		
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	77,4		71,3	63,0		
	Bystričany, Rozvodňa SSE	99,7		98,3	97,0		
	Handlová, Morovianska cesta	99,3		90,4	66,0		
	Trenčín, Hasičská	67,0	65,0	64,2	53,0	50,0	66,0
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	94,4		92,7	62,0		
	Trnava, Kollárova		88,0	81,2	88,0	65,0	91,0
	Topoľníky, Aszód, EMEP			74,8	51,0		
Žilinský kraj	Martin, Jesenského		67,3	90,2	91,0	89,0	88,0
	Ružomberok, Riadok	87,1		91,4	68,0		
	Žilina, Obežná		62,0	73,3	48,0		

* Výťažnosť je pomer počtu platných nameraných hodnôt k počtu možných hodnôt za kalendárny rok vyjadrený v percentách.

Tab. 3.4 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2013.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									VP ²⁾	
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	SO ₂	NO ₂
		1 hod	24 hod	1 hod	1 rok	24 hod	1 rok	1 rok	8 hod ¹⁾	1 rok	3 hod po sebe	3 hod po sebe
	Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] (počet prekročení)	350 (24)	125 (3)	200 (18)	40	50 (35)	40	25	10000	5	500	400
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					^a 18	^a 24					
	Bratislava, Trnavské myto			0	35	60	34		1834	0,7		0
	Bratislava, Jeséniova			0	13	9	22					0
	Bratislava, Mamateyova	^b 0	^b 0	^a 2	^a 35	^b 24	^b 29				0	0
KOŠICE	Košice, Štefánikova			^c 0	^c 34	^b 40	^b 31	^b 20		1,5		0
	Košice, Amurská					28	27	^b 16				
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik.nábr.	0	0	^a 0	^a 34	57	35		^a 1735	1,4	0	0
	Banská Bystrica, Zelená			^b 0	^b 6,6			17				0
	Jeľšava, Jesenského					^b 51	^b 36	^b 27				
	Hnúšťa, Hlavná					23	26	^b 15				
	Zvolen, J. Alexyho					19	26	^b 20				
	Žiar n/H, Jilemnického					10	22	^b 14				
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	^a 0	^a 0	^a 0	^a 22	^a 19	^a 25		^a 3549	^a 2,9	0	0
Košícký kraj	Veľká Ida, Letná					79	40	25	^c 2281			
	Strážske, Mierová					22	27	20				
	Krompachy, SNP	^c 0	^c 0	^c 0	^c 17	^b 42	^b 35	^b 30	^b 2497	^b 4,4	0	0
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce			^b 0	^b 13	^b 4	^b 23	^b 15				0
	Nitra, Štúrova	^a 0	^a 0	^c 0	^c 36	^a 11	^a 26		1986	0,8	0	0
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody					16	25	^b 18				
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu			^a 0	^a 35	54	34	^b 19	^a 2798	1,7		0
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	^a 0	^a 0			24	25	^b 17			0	
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP ³⁾					2	18	12				
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň ³⁾					3	19	12				
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	^a 3	^a 0			^b 26	^b 32	^b 25			0	
	Bystričany, Rozvodňa SSE	20	2			48	35	22			3	
	Handlová, Morovianska cesta	0	0			7	24	^b 16			0	
	Trenčín, Hasičská	^b 0	^b 0	^b 0	^b 33	^b 29	^b 32	^b 18	^b 4217	^b 1,2	0	0
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	0	0			28	29	^b 16			0	
	Trnava, Kollárova			^a 0	^a 26	^a 32	^a 31	^a 20	^b 3812	2,5		0
	Topoľníky, Aszód, EMEP ³⁾					^b 4	^b 21	^b 16				
Žilinský kraj	Martin, Jesenského			0	38	23	28	17	^a 1958	^a 0,5		0
	Ružomberok, Riadok	^a 0	^a 0			47	35	^b 21			0	
	Žilina, Obežná			^b 0	^b 17	^b 55	^b 36	25				0

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

²⁾ limitné hodnoty pre výstražné prahy

³⁾ stanice indikujú regionálnu požadovú úroveň

Znečisťujúce látky, ktoré prekročili limitnú hodnotu sú zvýraznené hrubým písmom

Označenie výťažnosti: > 90 %, ^a 75 – 90 %, ^b 50 – 75 %, ^c < 50 % platných meraní

Tab. 3.7 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia ťažkými kovmi(As, Cd, Ni a Pb) podľa cieľových a limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	As	Cd	Ni	Pb
	Cieľová hodnota [ng.m ⁻³]	6,0	5	20	
	Limitná hodnota [ng.m ⁻³]				500
	Horná medza na hodnotenie [ng.m ⁻³]	3,6	3	14	350
	Dolná medza na hodnotenie [ng.m ⁻³]	2,4	2	10	250
Slovensko	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	2,1	0,5	1,4	21,6
	Veľká Ida, Letná	1,3	0,6	1,6	28,3
	Krompachy, SNP	1,9	0,7	1,1	56,0
	Prievidza, Malonecpalská	4,4	0,5	1,1	8,4
	Ružomberok, Riadok	1,6	0,4	1,0	9,3

Tab. 3.8 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom (BaP) podľa cieľovej hodnoty na ochranu zdravia ľudí.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	BaP
	Cieľová hodnota [ng.m ⁻³]	1,0
	Horná medza na hodnotenie [ng.m ⁻³]	0,6
	Dolná medza na hodnotenie [ng.m ⁻³]	0,4
BRATISLAVA	Bratislava, Jeséniova	1,0
	Bratislava, Trnavské mýto	1,1
Slovensko	Veľká Ida, Letná	5,3
	Krompachy, SNP	2,8
	Prievidza, Malonecpalská	1,9
	Trnava, Kollárova	1,3

Tab. 3.9 Zaradenie monitorovacích staníc, na ktorých sa monitorovali ťažké kovy a benzo(a)pyrén, podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2009 až 2013.

AGLOMERÁCIA Zóna	Stanica	As			Cd			Ni			Pb			BaP		
		>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH	>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH	>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH	>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH			
BRATISLAVA	Bratislava, Jeséniova															A
	Bratislava, Trnavské mýto															A
Bratislava	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.		A				A			A			A			
	Veľká Ida, Letná			A			A			A			A	A		
	Krompachy, SNP		A				A			A			A	A		
	Prievidza, Malonecpalská	A					A			A			A	A		
	Trnava, Kollárova															A
	Ružomberok, Riadok			A			A			A			A			
	Nitra, Štúrova															

A – áno

Tab. 3.10 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2013 z priemyselných staníc ostatných prevádzkovateľov - VZZO.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia								VHP ²⁾	
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		CO	Ben- zén	SO ₂	NO ₂
		1 hod	24 hod	1 hod	1 rok	24 hod	1 rok	8 hod ¹⁾	8 hod ¹⁾	3 hod Kľzavý priemer	3 hod Kľzavý priemer
	Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] (počet prekročení)	350 (24)	125 (3)	200 (18)	40	50 (35)	40	10000	10000	500	400
BRATISLAVA	Bratislava, Pod. Biskupice	0	0	0	17.3	4	21	1264		0	0
	Bratislava, Vlčie Hrdlo	0	0	0	22.2	0	20	5107		0	0
KOŠICE	Poľov	0	0	0	8.1	68	37	1194		0	0
Bratislavský kraj	Rovinka	0	0	0	14.3	1	19	943	1.2	0	0
Košícký kraj	Veľká Ida	12	3	0	12.9	38	31	1130		0	0
	Leles	0	0	2	33.1	86	39			0	0
Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom	0	0	0	13.1	15	23			0	0

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

²⁾ Limitné hodnoty pre výstražné hraničné prahy
Znečisťujúce látky, ktoré prekročili limitnú hodnotu sú zvýraznené hrubým písmom

Tab. 3.11 Priemerné ročné koncentrácie SO₂ v ovzduší [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] na EMEP staniaciach.

	Priemerné ročné koncentrácie SO ₂					Priemerné koncentrácie SO ₂ v zimnom období				
	2009	2010	2011	2012	2013	zima 2008–2009	zima 2009–2010	zima 2010–2011	zima 2011–2012	zima 2012–2013
Limitná hodnota na ochranu ekosystémov	20					20				
Horná medza na hodnotenie	12					12				
Dolná medza na hodnotenie	8					8				
Chopok, EMEP	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6
Starina, Vodná nádrž, EMEP	1,2	1,4	1,4	1,7	1,5	1,9	2,0	2,3	2,6	2,1

Tab. 3.12 Priemerné ročné koncentrácie NO_x (vyjadrené ako NO₂) v ovzduší [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] na EMEP staniaciach.

	2009	2010	2011	2012	2013
Limitná hodnota na ochranu ekosystémov	30				
Horná medza na hodnotenie	24				
Dolná medza na hodnotenie	20				
Chopok, EMEP	2,2	2,5	3,0	2,7	2,9
Starina, Vodná nádrž, EMEP	3,6	3,7	4,2	4,1	4,3

Tab. 3.13 Priemerná ročná koncentrácia suspendovaných častíc (PM₁₀ a TSP) v ovzduší [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] na EMEP staniaciach.

	2009	2010	2011	2012	2013
Chopok, EMEP	4,9	4,9	5,8	5,7	3,5
Topoľníky, Aszód, EMEP	22,7	23,8	21,4	20,6	16,4
Starina, Vodná nádrž, EMEP	15,0	15,5	15,7	14,2	11,2
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	13,3	13,2	15,1	15,2	10,7

Tab. 3.14 Priemerné ročné koncentrácie ťažkých kovov na EMEP staniaciach [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$].

	Pb	As	Ni	Cd	Cu	Cr	Zn
Chopok, EMEP	1,26	0,20	0,87	0,04	2,32	1,04	4,69
Topoľníky, Aszód, EMEP	9,01	1,19	0,83	0,26	3,90	1,48	20,22
Starina, Vodná nádrž, EMEP	4,44	0,54	1,07	0,16	1,91	1,91	10,57
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	4,99	0,75	1,73	0,19	3,55	3,77	12,59

Tab. 3.15 Priemerné ročné koncentrácie prchavých organických zlúčenín (ppb) – Starina 2013

etán	etén	propán	propén	i-bután	n-bután	acetylén	i-pentán	n-pentán	izoprén	n-hexán	benzén	toluén	o-xylén
2,534	1,102	0,970	0,479	0,355	0,493	0,278	0,204	0,086	0,111	0,099	0,049	0,221	0,188

4 PRÍZEMNÝ OZÓN

Výsledky výskumu z posledných rokov viedli k významným zmenám v interpretácii problematiky troposférického ozónu v Európe. Štúdie jednoznačne dokumentujú uplatnenie veľko-rozmerových procesov (prenos na veľké vzdialenosti, vertikálna výmena, vzťah ozón – klíma a iné) pri formovaní lokálnej úrovne prízemného ozónu. Ozón, resp. jeho prekurzory prenesené horizontálne z mimoeurópskych zdrojov, ďalej ozón prenesený vertikálne z voľnej troposféry a ozón pochádzajúci z prirodzených zdrojov (izoprén a terpény z lesov, ich emisie závisia hlavne od teploty) samotná európska environmentálna politika už ovplyvniť nemôže. Dokladom toho je skutočnosť, že Európa za posledných 20 rokov masívne (o cca 40 %) znížila emisie prekurzorov ozónu (NO_x, NMVOC, CO) bez zodpovedajúcej odozvy na úroveň prízemného ozónu. V období 1990–2011 poklesla antropogénna emisia prekurzorov ozónu na Slovensku: NMVOC z 136 kt na 68 kt; NO_x z 226 kt na 85 kt a CO z 515 kt na 227 kt.

Formovanie úrovne prízemného ozónu je veľmi zložitý proces. Lokálne efekty, ako titrácia ozónu v mestských centrách a produkcia ozónu v mestských vlečkách sú v interakcii z mezo- a veľkomeradlovými procesmi (diaľkový prenos a vertikálne premiešavanie ozónu a jeho prekurzorov). Denný chod rýchlosti vetra a vertikálne premiešavanie, slnečné žiarenie, teplota vzduchu, konvekcia, termálna cirkulácia v členitom teréne a depozícia na povrch sú veľmi významné faktory v ozónovom cykle. Výsledky rozsiahleho monitoringu potvrdili existenciu zóny s akumulovaným ozónom v hornej časti hraničnej vrstvy atmosféry nad priemyslovými kontinentmi (napr. projekty EUROTRAC v Európe, NARSTO v USA). Táto regionálna akumulácia často predstavuje hlavnú frakciu koncentrácie prízemného ozónu v dňoch, v ktorých sú prekročené limitné hodnoty.

V rámci projektu EUROTRAC-2 sa prvý krát kvantifikoval prenos ozónu a jeho prekurzorov zo Severnej Ameriky. Antropogénne emisie zo Severnej Ameriky prispievajú 4–8 µg.m⁻³ k priemernej koncentrácii prízemného ozónu v Európe (občas až do 20 µg.m⁻³). Počas TOR-2 experimentov sa zistil nový aspekt chémie troposférického ozónu. Merania na observatóriu Jungfraujoch vo Švajčiarsku (3 450 m n.m.) priniesli dôkazy o veľkej, možno dominantnej úlohy in-situ fotochemickej tvorby ozónu v spodnej troposfére nad Alpami, ktorá narastá od zimy k jari. Potvrďuje to aj marcové maximum ročného chodu ozónu na stanici Lomnický štít (vysokohorská výskumná stanica 2 632 m n.m.).

Biogénne emisie prchavých organických látok (BVOC) a oxidov dusíka z prírodných zdrojov môžu hrať v procese tvorby ozónu v Európe oveľa významnejšiu rolu ako sa pôvodne predpokladalo. Lesy sú dominantným zdrojom BVOC. Ich emisie sú zatiaľ stanovené s veľkou neurčitou. Väčšina izoprénu a viac ako polovica terpénov sú emitované v období od mája do augusta, pričom ich emisia rastie exponenciálne s rastúcou teplotou. V teplých slnečných dňoch BVOC významne prispievajú k formovaniu vysokej úrovne prízemného ozónu. Tvorbe ozónu napomáha aj emisia NO_x z pôd (odhaduje sa až na 15 % celkovej emisie oxidov dusíka v Európe). Lesy pokrývajú 41 % plochy Slovenska, pričom priľahlé časti okolitých krajín sú v širokej miere zalesnené.

Popis denného režimu vertikálneho transportu ozónu schematicky rozoznáva tri vrstvy (prízemnú, medzivrstvu a subsynoptickú). Prízemná vrstva siaha od povrchu do výšky asi 200 m, medzivrstva je daná hrúbkou vrstvy premiešavania počas dňa (v priemere asi 1000 m) a subsynoptická vrstva, ktorá prechádza do voľnej troposféry. V prízemnej vrstve dominujú lokálne hydrodynamické procesy, ovplyvnené drsnosťou a nerovnomerným ohrevom povrchu. Medzivrstva je čiastočne ovplyvňovaná lokálnymi efektmi, čiastočne konvekciou a čiastočne procesmi synoptického meradla. V dôsledku vertikálneho gradientu vetra sú vzduchové hmoty v jednotlivých vrstvách horizontálne prenášané rôznymi smermi. V dôsledku denného cyklu premiešavania sú cez deň všetky tri vrstvy vo vzájomnej interakcii. Ozón a jeho prekursorov majú tendenciu sa premiešať cez všetky tri vrstvy. Počas noci je táto interakcia slabá. V noci absen-tuje fotochemická produkcia ozónu. Ozón v spodnej vrstve sa rozkladá na povrchu (depozícia), alebo reakciou s NO, vyššie koncentrácie ozónu zostávajú izolované v medzivrstve (nočnej reziduálnej časti hraničnej vrstvy s nízkou koncentráciou NO). Vrstva s akumulovaným ozónom je prenášaná vetrom a má potenciál premiešať sa nadol v priebehu nasledujúceho dňa. Druhý významný proces v meteorológii medzivrstvy predstavuje termálna cirkulácia v horských oblastiach. Ozón a jeho prekursorov zo vzdialených zdrojov (transportované synoptickou cirkuláciou) môžu splynúť s údolnou cirkuláciou a významne prispieť k lokálnej úrovni koncentrácií.

4.1 Vyhodnotenie výsledkov meraní

Národná monitorovacia sieť staníc znečistenia ovzdušia SHMÚ (obr. 4.1) sa buduje od roku 1992. V rámci tejto siete postupne narastal počet analyzátorov ozónu. Merania ozónu prebiehajú aj na 4 vidieckych pozad'ových staniciach (EMEP). Na všetkých staniciach sa používajú automatické analyzátory, ktoré pracujú na princípe absorpcie UV žiarenia (referenčná metóda podľa EN 14625). Národný ozónový kalibračný štandard SHMÚ je pravidelne každý rok nadviazaný na primárny NIST štandard č. 17 v ČHMÚ Praha.

Počet chýbajúcich meraní bol v roku 2013 na väčšine staníc vyšší ako 10 %, najvyššia poruchosť bola na staniciach Jelšava, Nitra Janíkovce a Topoľníky (tab. 4.1).

Obr. 4.1 Sieť monitorovacích staníc prízemného ozónu SHMÚ (stav v r. 2013)



Tab. 4.1 Počet chýbajúcich meraní 1h koncentrácií prízemného ozónu [%].

Stanica	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Bratislava, Jeséniova	2,5	2,2	5,8	16,8	0,6	1,64	0,1	0,2	1,3	1,6	0,3
Bratislava, Mamateyova	3,6	2,7	6,3	2,3	0,8	1,07	7,2	6,2	4,9	3,9	21,3
Košice, Ďumbierska	1,4	0,5	8,6	44,4	1,1	0,14	2,1	0,4	0,1	3,3	3,9
Banská Bystrica, Zelená							42,5	0,03	0,1	0,6	8,8
Jeľšava, Jesenského	4,1	0	0,3	8,2	5,0	0,13	3,0	2,8	61,6	73,1	31,8
Kojšovská hoľa	9,9	1,1	9,9	6,3	0,7	1,98	0,1	14,2	2,5	4,2	1,5
Nitra, Janíkovce							13,7	22,5	63,3	11,8	26,7
Humenné, Nám. slobody	1,9	0,3	0,3	10,3	9,5	0,47	0,1	3,8	7,5	0,7	0,3
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	4,7	0,5	0,3	10,9	0,2	0,31	0,6	0,4	2,2	3,2	0,8
Gánovce, Meteo. st.	1,4	24,9	15,9	7,8	0,01	1,71	0,1	0,4	0,2	2,4	16,1
Starina, Vodná nádrž, EMEP	2,2	17,3	7,1	24,8	6,6	2,56	0,8	0,1	0,2	1,6	5,0
Prievidza, Malonecpalská					1,9	0,40	3,4	0,5	4,6	1,9	11,3
Topoľníky, Aszód, EMEP	1,4	3,6	6,6	1,7	1,4	0,59	0,6	2,9	-	18,9	30,1
Chopok, EMEP	45,5	9,6	1,9	29,0	1,0	1,67	0,3	2,6	2,2	3,4	22,0
Žilina, Obežná	2,7	0,3	0,5	0,5	1,0	0,05	1,5	0,1	0,4	3,1	25,4

-dlhodobá porucha

Tab. 4.2 Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v rokoch 2003 – 2013.

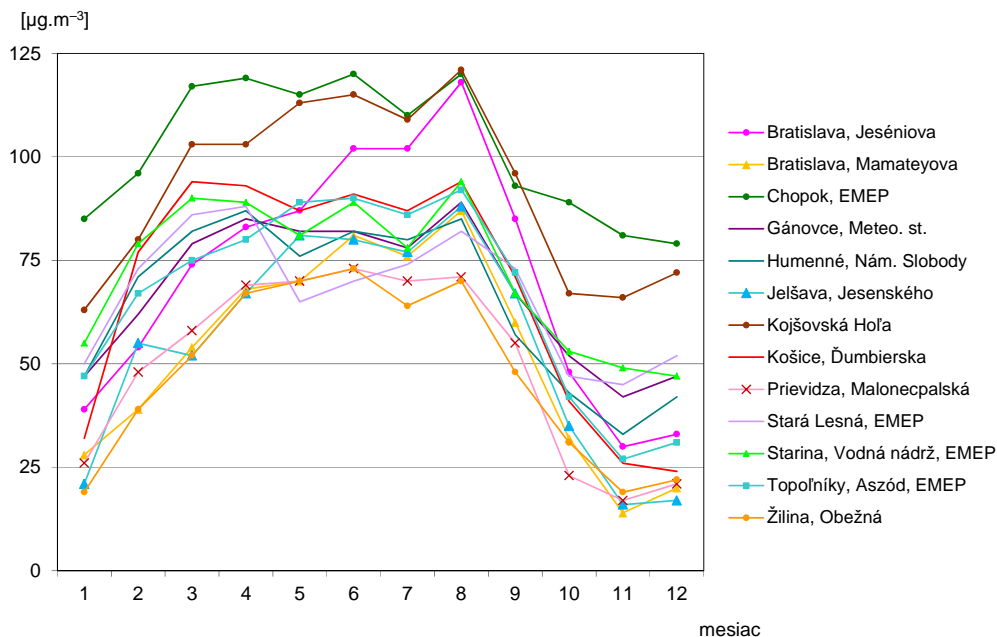
Stanica	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Bratislava, Jeséniova	71	64	68 ^a	66	59	59	60	61	63	65	62
Bratislava, Mamateyova	53	48	53	50	49	48	48	46	51	53 ^a	48
Košice, Ďumbierska	68	60	67 ^b	49	57	56	81	63	73	62	61
Banská Bystrica, Zelená							^b 53	56	60	66	66
Jeľšava, Jesenského	55	51	52	55	56	51	49	44 ^c	- ^c	- ^b	41
Kojšovská hoľa	91	86	86	84	79	76	85	90	87	83	78
Nitra, Janíkovce							^a 74	^a 53 ^c	- ^a	62 ^b	58
Humenné, Nám. slobody	66	58	60 ^a	62	56	55	59	53	53	55	60
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	67	62	70 ^a	73	68	74	61	67	65	63	71
Gánovce, Meteo. st.	68 ^a	66 ^a	67	68	60	65	62	63	64	66 ^a	67
Starina, Vodná nádrž, EMEP	73 ^a	66	66 ^b	62	62	59	58	51	59	60	64
Prievidza, Malonecpalská					48	53	50	49	51	52 ^a	50
Topoľníky, Aszód, EMEP	67	59	60	60	58	60	59	55	- ^a	59 ^b	64
Chopok, EMEP	^b 109	91	95 ^b	96	91	92	90	87	96	93 ^a	96
Žilina, Obežná	48	42	41	44	44	46	48	47	48	49 ^b	53
Priemer	65	59	61	60	62	61	62	59	61	63	63

viac ako 90 %, ^a 75 – 90 %, ^b 50 – 75 %, ^c menej ako 50 % platných meraní

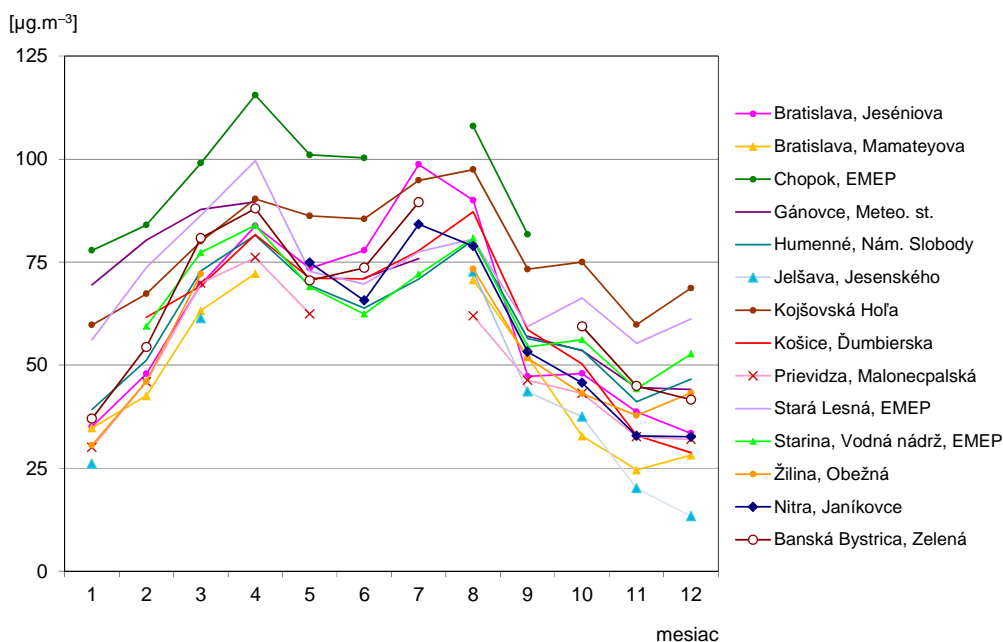
V tabuľke 4.2 sú zhrnuté priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu zo všetkých staníc NMSKO za obdobie 2003 až 2013. Celosieťový priemer z roku 2003 je najvyšší za celé toto obdobie. Ročné priemery nenaznačujú žiaden dlhodobý trend. Referenčná hodnota ročného priemeru pre ochranu materiálov $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ bola v posledných 3 rokoch prekročená na celom území Slovenska. Koncentrácie ozónu na Slovensku narastajú s nadmorskou výškou. V letnom období cez deň sa výšková závislosť do značnej miery stráca. Koncentrácie sa v čase najväčšej vertikálnej výmeny v spodnej atmosfére (popoludní) v celom profile prakticky vyrovnávajú.

Obrázok 4.2 ilustruje variabilitu mesačných priemerov koncentrácie ozónu zo všetkých staníc v roku 2003. Najvyššie figurujú pozad'ové horské stanice (Chopok, Kojšovská hoľa), po nich nasledujú regionálne, predmestské a nakoniec mestské stanice. Podobný priebeh priemerných mesačných koncentrácií ako v roku 2003, ktorý bol extrémne teplý, sa pozoroval aj v roku 2013 (obr. 4.3).

Obr. 4.2 Priemerné mesačné koncentrácie prízemného ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] na Slovensku v roku 2003.



Obr. 4.3 Priemerné mesačné koncentrácie prízemného ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] na Slovensku v roku 2013.



Tabuľka 4.3 uvádza počty dní, v ktorých bola prekročená priemerná 8h koncentrácia prízemného ozónu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za obdobie 2011–2013, vrátane 3-ročného priemeru. Podľa legislatívy SR (EÚ) sa táto charakteristika vyhodnocuje v priemere za 3 roky. Povolený počet 25 dní v priemere za tri roky bol prekročený na deviatich staniciach, najviac na vysokohorskej stanici Chopok (63 dní). Počet prekročení informačného prahu (IP) pre signál „Upozornenie“ (1 h koncentrácie $180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a výstražného prahu (VP) pre signál „Výstraha“ (1 h koncentrácie $240 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) uvádza tabuľka 4.4. Prahová koncentrácia pre varovanie obyvateľstva v roku 2013 nebola prekročená. V roku 2013, v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi sa vyskytli šesť prípadov prekročenia prahovej koncentrácie pre informáciu obyvateľstva.

Tab. 4.3 Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty na ochranu zdravia ľudí (8h koncentrácia prízemného ozónu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Cieľová hodnota povoleného počtu prekročení je 25 dní v priemere za 3 roky.

Stanica	2011	2012	2013	Priemer 2011–13
Bratislava, Jeséniova	25	48	38	37
Bratislava, Mamateyova	28	36	^a *19	32
Košice, Ďumbierska	70	27	17	38
Banská Bystrica, Zelená	32	54	36	41
Jelšava, Jesenského	^c *13	^c -*	^b 6	6
Kojšovská hoľa	62	38	20	40
Nitra, Janíkovce	^c *11	^a 44	^b 26	35
Humenné, Nám. slobody	10	10	20	13
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	18	14	27	20
Gánovce, Meteo. st.	25	12	^a *11	19
Starina, Vodná nádrž, EMEP	7	8	21	12
Prievidza, Malonecpalská	14	14	^a *10	14
Topoľníky, Aszód, EMEP	^c -	^a 34	^b 32	33
Chopok, EMEP	68	74	^a 46	63
Žilina, Obežná	34	34	^b *26	34

 viac ako 90 %, ^a 75–90 %, ^b 50–75 %, ^c menej ako 50 % platných meraní
 * rok sa nezapočítal do priemeru, z dôvodu nedostatku údajov v letnom období
 - dlhodobá porucha analyzátora

Tab. 4.4 Počet prekročení (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) prízemného ozónu pre upozornenie a varovanie obyvateľstva.

Stanica	IP _{1h} = 180 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$			VP _{1h} = 240 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Bratislava, Jeséniova	3	0	3	0	0	0
Bratislava, Mamateyova	0	0	0	0	0	0
Košice, Ďumbierska	0	0	0	0	0	0
Banská Bystrica, Zelená	0	0	0	0	0	0
Jelšava, Jesenského	^c 0	^c 0	0	^c 0	^c 0	0
Kojšovská hoľa	0	0	3	0	0	0
Nitra, Janíkovce	-	^a 0	0	-	^a 0	0
Humenné, Nám. slobody	0	0	0	0	0	0
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0	0	0	0	0	0
Gánovce, Meteo. st.	0	0	0	0	0	0
Starina, Vodná nádrž, EMEP	0	0	0	0	0	0
Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	0	0	0
Topoľníky, Aszód, EMEP	-	^a 0	0	-	^a 0	0
Chopok, EMEP	0	0	0	0	0	0
Žilina, Obežná	0	0	0	0	0	0

 viac ako 90 %, ^a 75–90 %, ^b 50–75 %, ^c menej ako 50 % platných meraní

Hodnoty AOT40 na ochranu vegetácie sa nachádzajú v tabuľke 4.5. AOT40 je suma prekročení úrovne $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ z 1h koncentrácií počas dňa (od 8 00 do 20 00 h SEČ) od 1. mája do 31. júla. Cieľová hodnota je $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ (priemer za 5 rokov). Táto hodnota bola v priemere za roky 2009–2013 prekročená na ôsmich staniciach.

Hodnoty AOT40 na ochranu lesov uvádza tabuľka 4.6. Táto charakteristika sa počíta rovnako ako AOT40 na ochranu vegetácie, avšak za obdobie od 1. apríla do 30. septembra. Referenčná úroveň pre spravodajstvo do EK je $20\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$. Táto hodnota platí len pre predmestské, vidiecke a poľažkové stanice. Na týchto staniciach na celom Slovensku hodnoty AOT40 pre ochranu lesov pravidelne prekračujú referenčnú úroveň, na niektorých staniciach vo fotochemicky aktívnych rokoch dokonca viac ako dvojnásobne.

V spolupráci s Holandskom sa pomocou modelu LOTOS-EUROS rekalkulovali koncentrácie prízemného ozónu nad Európou pre roky 1999 a 2003, a to v oboch rokoch pre dva varianty – so slovenskými a bez slovenských emisií antropogénnych prekursorov ozónu. Výsledky potvrdili veľmi malý vplyv emisií Slovenska na stredoeurópsku úroveň koncentrácií ozónu a tým aj veľmi malé možnosti jej ovplyvnenia národnými opatreniami. Lokálna produkcia ozónu na Slovensku je veľmi malá (podľa modelu LOTOS-EUROS, na základe výsledkov meraní zo staníc umiestnených v rôznych nadmorských výškach a pozadovej úrovne koncentrácií NO₂). Ročný priemer slovenské emisie prakticky neovplyvňujú, maximálne hodnoty v lete zvyšujú o niekoľko percent a v zime o približne rovnakú hodnotu znižujú.

Tab. 4.5 Hodnoty AOT40 na ochranu vegetácie (máj–júl).
Cieľová hodnota AOT je 18 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ v priemere za 5 rokov.

Stanica	2011	2012	2013	Priemer 2009–13
Bratislava, Jeséniova	17735	24433	19886	20273
Bratislava, Mamateyova	16670	19352	15274	16113
Košice, Ďumbierska	30185	18651	12305	22563
Banská Bystrica, Zelená	19915	27585	19904	20664
Jelšava, Jesenského	24558	–	6748	11623
Kojšovská hoľa	25793	20363	12935	21568
Nitra, Janíkovce	–	25400	18852	21431
Humenné, Nám. slobody	17796	13348	14790	17402
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	15455	12737	14132	13403
Gánovce, Meteo. st.	19196	11959	14697	14558
Starina, Vodná nádrž, EMEP	10267	9429	12552	10558
Prievidza, Malonecpalská	14093	16158	9528	13780
Topoľníky, Aszód, EMEP	–	14984	21587	18603
Chopok, EMEP	29525	30899	24263	27370
Žilina, Obežná	17808	20280	37306	18348

- dlhodobá porucha analyzátora

Tab. 4.6 Hodnoty AOT40 na ochranu lesov (apríl–september).
Referenčná úroveň pre ročné spravodajstvo do EK je 20 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$.

Stanica	2010	2011	2012	2013
Bratislava, Jeséniova	30426	33233	41829	35963
Bratislava, Mamateyova	22484	29413	33997	30840
Košice, Ďumbierska	24567	57247	33768	27304
Banská Bystrica, Zelená	26630	38949	48313	46448
Jelšava, Jesenského	17055	49827	–	18180
Kojšovská hoľa	45232	48875	40477	26524
Nitra, Janíkovce	20312	–	46508	36198
Humenné, Nám. slobody	20527	29418	25804	32442
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	25090	27976	25211	33529
Gánovce, Meteo. st.	23661	35139	23981	31949
Starina, Vodná nádrž, EMEP	11209	19987	20217	28658
Prievidza, Malonecpalská	18587	26243	28288	22395
Topoľníky, Aszód, EMEP	26684	–	31389	39501
Chopok, EMEP	38906	53169	57357	48233
Žilina, Obežná	26465	32787	35382	41515

- dlhodobá porucha analyzátora

4.2 Záver

Slovensko je malá krajina v strede Európy. Prízemný ozón na jeho území má prevažne advektívny pôvod. Dominuje prenos smerom k povrchu z vrstvy akumulácie ozónu nad európskym kontinentom a horizontálny (cezhraničný) prenos, hlavne z južných smerov. Potenciál národných opatrení na zníženie úrovne koncentrácií prízemného ozónu na území Slovenska je veľmi malý. Potvrdzujú to nasledujúce skutočnosti:

1. Masívne zníženie národných emisií prekursorov ozónu za posledné roky neprinieslo zníženie úrovne koncentrácií prízemného ozónu na území Slovenska. Niektoré charakteristiky koncentrácií prízemného ozónu v 2013 zotrvali na relatívne vysokej úrovni z predchádzajúcich rokov.
2. Výsledky meraní z monitorovacích staníc umiestnených v rôznych nadmorských výškach umožnili kvantifikovať prenos ozónu smerom k povrchu ako dominantný vplyv a odhadnúť význam lokálnej produkcie ozónu na Slovensku na menej ako 10 %. Zodpovedá tomu aj úroveň vidieckych pozad'ových koncentrácií NO₂.
3. Výsledky výpočtov pomocou holandského modelu LOTOS-EUROS pre roky 1999 a 2003 (vždy pre dva varianty – so slovenskými a bez slovenských antropogénnych emisií prekursorov ozónu) poukázali na veľmi malý vplyv Slovenska na stredoeurópsku úroveň koncentrácií prízemného ozónu.
4. Veľmi sporadické prekračovanie informačného (180 µg.m⁻³) a výstražného (240 µg.m⁻³) prahu pre verejnosť (hlavne na juhozápadnom Slovensku) malo vždy advektívny (cezhraničný) charakter. Lokálne regulačné opatrenia (napr. obmedzovanie autodopravy v Bratislave) by spôsobili len zníženie titračného účinku oxidov dusíka a tým zvýšenie koncentrácií ozónu v centre mesta. Pozad'ová úroveň koncentrácií by sa nezmenila.

5 VÝSLEDKY MODELOVANIA USKUTOČNENÉ K 31.12.2013

5.1 Použité metódy a ich stručný popis

Matematické modely, v zmysle slovenskej aj európskej legislatívy ochrany ovzdušia, patria medzi základné nástroje na hodnotenie kvality ovzdušia. Modely umožňujú (v rôznych priestorových meradlách) najmä plošné vyjadrenie požadovaných charakteristík znečistenia ovzdušia, analýzu podielu významných zdrojov na znečistení a výpočet očakávaného znečistenia ovzdušia pre rôzne scenáre vývoja emisií. Podľa legislatívy EÚ je samostatná aplikácia modelu možná len pre koncentrácie znečisťujúcich látok pod dolnou medzou na hodnotenie kvality ovzdušia. Pri vyšších úrovniach sa musí kombinovať modelovanie s monitoringom. Proces harmonizácie disperzných modelov v EÚ ešte nie je ukončený. V členských štátoch sa zatiaľ odporúča aplikácia národných modelov. Európska regionálna (požadová) úroveň znečistenia ovzdušia, vrátane transhraničných prenosov sa hodnotí pomocou modelov (aj meraní) programom EMEP, a to pre acidifikáciu, eutrofizáciu, prízemný ozón, ťažké kovy a v súčasnosti sú už prvé výsledky aj pre POPs (Persistent Organic Pollutants – perzistentné organické látky).

Zákon o ochrane ovzdušia č. 137/2010 Z. z. stanovuje postup pre hodnotenie a kritériá kvality ovzdušia v plnom súlade so smernicami EÚ a umožňuje využiť okrem meraní imisií aj matematické modelovania na hodnotenie kvality ovzdušia. Základným východiskom pre hodnotenie kvality ovzdušia na Slovensku sú výsledky meraní koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší, ktoré realizuje SHMÚ na staniách NMSKO. V nadväznosti na merania sa pre plošné hodnotenie kvality ovzdušia využívajú metódy matematického modelovania. Aplikácia modelov však má svoje limity. Legislatíva predpisuje neurčitosť modelovania pre jednotlivé znečisťujúce látky. Tieto v požadovanom rozsahu, resp. priestorovom a časovom členení spravidla nie sú k dispozícii. Platí to najmä pre sofistikovanejšie typy modelov. Modelovanie znečistenia ovzdušia na Slovensku komplikuje mimoriadna členitosť územia a nedostatočná hustota monitorovacej siete.

SHMÚ v súčasnosti pracuje s 2 typmi modelov

- **CEMOD**– modelovanie základných znečisťujúcich látok (SO₂, NO_x, NO₂, benzén a CO) na celom území Slovenska.
- **IDWA**– priestorová interpolácia koncentrácií vybraných látok (PM₁₀, PM_{2,5}, ťažké kovy a ozón) na celom území Slovenska.

Modely CEMOD a IDWA slúžia pre hodnotenie znečistenia ovzdušia na území celého štátu. Model CEMOD môže byť využitý aj pre riešenie lokálnych problémov ochrany ovzdušia (priemyselný zdroj, mesto, ulica a pod.).

Uvedené modely pre hodnotenie kvality ovzdušia boli vyvinuté na SHMÚ. Cieľom bolo získať účinné nástroje pre celoplošné hodnotenie znečistenia ovzdušia požadované našou legislatívou a smernicami EÚ pre riadenie kvality ovzdušia v zónach (všetky kraje Slovenska) a aglomeráciách (Bratislava a Košice) Slovenska. Pomocou týchto modelov je možné v kombinácii s výsledkami z monitorovacích staníc NMSKO hodnotiť kvalitu ovzdušia na celom území Slovenska, a to všetkých požadovaných indikátorov. Samozrejme v rámci prípustnej neurčitosti modelových výpočtov.

Model pre celoplošné hodnotenie koncentrácií plynných znečisťujúcich látok na Slovensku (CEMOD)

CEMOD pracuje na báze metodiky US EPA-ISC pre výpočet znečistenia ovzdušia od stacionárnych zdrojov a metodiky US EPA-CALINE pre líniové (mobilné) zdroje, a to do vzdialenosti 30 km od zdrojov. Pre väčšie vzdialenosti používa sektorový prístup, pričom uhol sektoru narastá so vzdialenosťou od zdroja. Komplexný terén sa zohľadňuje v súlade s metodikou ISC. Metodika zahŕňa korekčný faktor pre pokles koncentrácie s nadmorskou výškou, stanovený na základe meraní regionálnych pozad'ových staníc. Modelové výpočty pre líniové zdroje obsahujú algoritmy, pomocou ktorých sa zohľadňuje vplyv hustoty a štruktúry zástavby (drsnosť povrchu) na rozptyl znečisťujúcich látok v mestskej aglomerácii. Model neobsahuje chemický modul (pre rýchle reakcie). CEMOD sa v súčasnosti aplikuje len pre oxidy dusíka (NO_x), oxid dusičitý (NO_2), oxid uhoľnatý (CO), benzén a oxid siričitý (SO_2). Chemická transformácia NO na NO_2 pre všetky stacionárne zdroje v mimomestskom prostredí a v mestskom prostredí pre zdroje s efektívnou výškou zdrojov viac ako dvojnásobok výšky priemernej zástavby sa počíta v súlade s metodikou TA-Luft 2002. Citovaná metodika je doplnená korekčným koeficientom pre zohľadnenie hustoty a štruktúry zástavby (drsnosti povrchu) v mestskom prostredí pre mobilné zdroje a stacionárne zdroje s efektívnou výškou zdrojov menšou ako je dvojnásobok výšky priemernej výšky zástavby. CEMOD vyžaduje sekvenčné meteorologické aj emisné vstupné údaje (po hodinách). Vypočítaný rad hodinových koncentrácií (8760 hodnôt ročne pre každý uzlový bod) umožňuje stanoviť 8h, 24h a ročné koncentrácie a percentily ich prekročenia.

Funkčnosť modelu CEMOD sa overila pre uvedené znečisťujúce látky pre rok 2000. Výpočty sa vykonali pre všetkých osem zón a dve aglomerácie SR. Zo sekvenčných vstupných hodnôt pre každý referenčný, resp. uzlový bod boli vypočítané všetky charakteristiky znečistenia ovzdušia požadované v smerniciach EÚ, resp. zákonom o ovzduší. Príslušné smernice pre uvedené znečisťujúce látky vyžadujú presnosť odhadu pre ročný priemer 30 %, denný priemer 50 % a pre hodinový priemer 50 až 60 %. Predbežne sa výsledky modelových výpočtov a odvodené parametre porovnali s nameranými hodnotami z automatických monitorovacích staníc (AMS) pre oxid siričitý. Pre ostávajúce znečisťujúce látky sa porovnali výsledky modelových výpočtov len s hodnotami zo staníc AMS v dvoch aglomeráciách, nakoľko pre ostávajúce mestá nie sú k dispozícii dostatočné informácie o intenzite automobilovej dopravy.

Štruktúra programu:

- Riadiaci modul zabezpečujúci koordináciu behu programu na základe definovaných požiadaviek na modelovú simuláciu, vstupné údaje, formy a rozsah výstupov.
- Moduly na predspracovanie emisných a meteorologických dát podľa požiadaviek pre model.
- Moduly disperzného modelu.
- Modul pre výpočet požadovaných štatistických výstupov z vypočítaných údajov.
- Modul pre zabezpečenie výstupov v tabuľkovej a grafickej forme.

Vstupné údaje pre model:

- **Geografické údaje**, t.j. nadmorské výšky, súradnice uzlových a referenčných bodov, štruktúra zástavby mestských častí, geometrické charakteristiky vybratých ulíc.
- **Emisné údaje** predstavujú výstupy z inventarizačného systému NEIS (REZZO), intenzita dopravy od firmy AUREX alebo Slovenskej správy ciest, skladba vozidiel a špecifické emisie podľa kategorizácie EHK, údaje o rýchlosti v dopravných úsekoch a typy ciest.
- **Meteorologické údaje** predstavujú sekvenčné meteorologické vstupné údaje, ktoré sa získajú z meteorologických staníc (databáza KMIS) a mezometeorologického modelu.
- **Pozad'ové koncentrácie** z diaľkového (transhraničného) prenosu sa získajú zo staníc NMSKO s programom EMEP.

Výstupy z modelu:

- Pomocou modelu sa vypočítajú koncentrácie pre všetky zvolené referenčné, resp. uzlové body. Z vypočítaných hodnôt pre každý referenčný bod sa odvodí všetky charakteristiky znečistenia ovzdušia požadované zákonom o ovzduší (maximálne hodinové a priemerné denné koncentrácie, prekročenie imisných limitov a ročné koncentrácie, počet prekročenia medzných hodnôt, resp. príslušné percentily a priemerné ročné koncentrácie).
- Pri dostatočnej hustote uzlových bodov možno jednoducho spracovať mapy izočiari vypočítaných charakteristík (GIS).
- Výsledky výpočtov pre referenčné alebo sieťové body sú k dispozícii aj vo forme tabuľkových výstupov, ako možné vstupy tabuľkových editorov. Ako tabuľkový formát si možno zvolit' EXCEL, resp. výstupy v binárnom alebo ASCII kóde.

Anizotropna vážená inverzná distančná interpolácia pre celoplošné hodnotenie kvality ovzdušia v SR (IDW-A)

Aplikácia disperzných modelov pre znečisťujúce látky s dlhším zotrvaním v atmosfére, pre ktoré chýbajú emisné údaje v požadovanej disagregovanej forme, pre ktoré je typické vysoké regionálne pozadie a významne sa uplatňuje diaľkový prenos, prípadne prírodné zdroje (PM₁₀, PM_{2,5}, olovo, benzo(a)pyrén (BaP), atď.), je často obmedzená. V takýchto prípadoch môžu byť veľmi úspešné interpolačné metódy. Na SHMÚ bola navrhnutá interpolačná metóda **IDW-A**, v ktorej miera vplyvu monitorovacích staníc na koncentrácie v uzlových bodoch siete je nepriamo závislá od ich vzájomnej vzdialenosti.

Interpolačný model bol napr. použitý pre celoslovenské hodnotenie úrovne koncentrácií PM₁₀. Jeho aplikácia vyplynula z vysokého stupňa neurčitosti vstupných emisných údajov (suspenzia a resuspenzia minerálnych častíc, elementárny a organický uhlík, sekundárne častice, častice biologického pôvodu a fugitívne emisie). V interpolačnej schéme sa aplikoval faktor anizotropie prostredia, ktorý zohľadňuje vplyv orografie na šírenie znečisťujúcich látok v danej lokalite. Ako vstupné hodnoty pre výpočet slúžili namerané údaje, alebo z nich odvodené hodnoty (napr. priemery, percentily). Na základe signifikantných atribútov prostredia boli pre každú vstupnú hodnotu definované: vyhladzovacie parametre (smoothing) a exponent horizontálnej reprezentatívnosti. Zaviedla sa aj regionalizácia (priestorová reprezentatívnosť) meraní (vstupných hodnôt). Vstupné hodnoty sa transformovali na referenčnú hladinu na základe empiricky odvodených výškových závislostí z meraní staníc NMSKO s programom EMEP. Interpolačná schéma umožňuje na základe nameraných údajov určiť aj priestorové rozloženie (3D) jednotlivých odvodených charakteristík znečistenia ovzdušia.

Vstupné údaje pre výpočet:

- Namerané alebo odvodené údaje z monitorovacích staníc kvality ovzdušia.
- Faktory anizotropie prostredia, ktoré zohľadňujú vplyv orografie na šírenie znečisťujúcich látok v danej lokalite.
- Atribúty v závislosti od charakteru prostredia pre každý merací bod (prítomnosť a významnosť zdrojov – váhy, geografická integrita – výber podmnožiny, rozmer zastavanej plochy, mesta – vyhladzovací parameter).

Výstupy z modelových výpočtov:

- Vypočítané hodnoty ľubovoľne zadanej charakteristiky kvality ovzdušia pre sieť uzlových bodov na následné mapové spracovanie (priemery, prekročovanie limitov, ...).
- Vypočítané hodnoty ľubovoľne zadanej charakteristiky kvality ovzdušia pre zvolené referenčné body na následné tabuľkové spracovanie (priemery, prekročovanie limitov, ...).

5.2 Výsledky a výstupy

Výsledky modelových výpočtov

Modelové výpočty pre hodnotenie kvality ovzdušia boli uskutočnené aplikáciou hore uvedených modelov CEMOD a IDW-A. Pre znečisťujúce látky SO₂, NO₂, NO_x, CO a benzén bol použitý model CEMOD. Nakoľko vstupné údaje pre rok 2013 budú k dispozícii až v koncom roku 2014, modelové výpočty budú vždy uvedené s ročným sklzom. V prípade prízemného ozónu (O₃), suspendovaných častíc PM₁₀, bola pre modelový výpočet použitá interpolácia IDW-A. Pre výpočet koncentrácií použitím IDW-A sú potrebné len namerané údaje zo siete NMSKO, preto výsledky sú uvedené už za rok 2013.

Oxid siričitý – SO₂

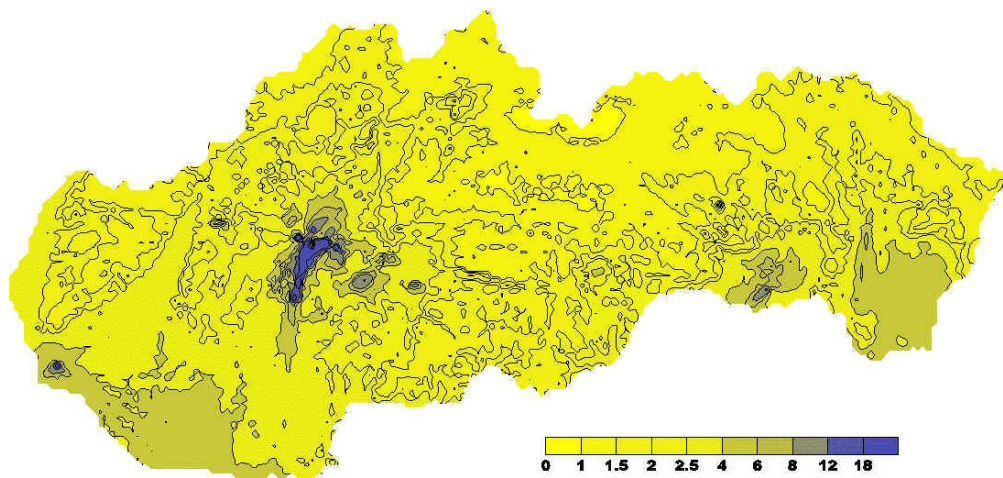
Výpočet plošného rozloženia všetkých charakteristík úrovne koncentrácií SO₂ v zónach, aglomeráciách, oblastiach riadenia kvality ovzdušia a na celom území štátu sa používa model **CEMOD**. Tento model vyžaduje vstupné meteorologické aj emisné údaje v sekvenčnej forme (t.j. v postupnosti po hodinách). Prípravy meteorologických vstupov z celého územia Slovenska za každý rok (úprava údajov z meteorologických staníc, výstupy z meteorologického modelu) sú veľmi náročné. Emisné vstupné údaje sú z databázy NEIS (Národný emisný informačný systém), pre ktoré bol určený ročný chod emisných tokov, a to na základe charakteru a typu zdroja (celoročná, sezónna prevádzka, energetika, atď.). Ako doplnkové údaje pre priestorové hodnotenie územia sa používajú namerané údaje koncentrácií oxidu siričitého z vidieckych požadových staníc NMSKO s programom EMEP. Výsledky meraní z NMSKO slúžia na validáciu modelových výpočtov.

Emisie – Zo zdrojov znečisťovania ovzdušia oxidom siričitým, ktoré patria do skupiny veľkých a stredných zdrojov bolo do modelových výpočtov zaradených 227 komínov (výduchov) z celkového počtu takmer 4 932 (v roku 2004 okolo 8 000) evidovaných v databázovom systéme NEIS. Z celkového počtu komínov len v prípade 255 (v roku 2006 to bolo 898) je celoročná emisia je nad 1 t. Z uvedeného je zrejmé, že aj v roku 2012 (obdobne ako už to bolo v roku 2011) je výrazný podiel komínov (výduchov), ktoré majú malý ročný emisný tok. V roku 2012 pozorujeme mierny pokles evidovaných zdrojov znečisťovania ovzdušia oxidom siričitým ako aj emisií (takmer o 10 000t) v porovnaní s rokom 2011. Emisie z 227 komínov vstupujúcich do modelového výpočtu reprezentujú až 99,4 % (54 804) emisií z veľkých a stredných zdrojov (55 129 t) v roku 2012. Z tohto množstva štyri dominantné zdroje predstavujú okolo 83,9 % podiel – ENO (Elektrárne Nováky) 60,5 %, U.S. Steel Košice 15,4 %, Slovnaft Bratislava 2,6 %, CM European power Slovakia 2,9 % a Slovalco, a.s., Žiar nad Hronom 2,5 %. U zdroja znečisťovania ovzdušia U.S. Steel Košice v roku 2012 bolo zaznamenané mierny nárast a u zdroja Slovalco, a.s., Žiar nad Hronom mierny pokles celkovej emisie oxidu siričitého v porovnaní s rokom 2011. Malé zdroje znečisťovania (hlavne domáce vykurovacie systémy) sa podieľali na celkovej emisii oxidu siričitého v roku 2012 cca 5 % (3196 t). V modelových výpočtoch boli malé zdroje ako aj stredné a veľké zdroje s malými emisnými tokmi reprezentované 33 plošnými zdrojmi.

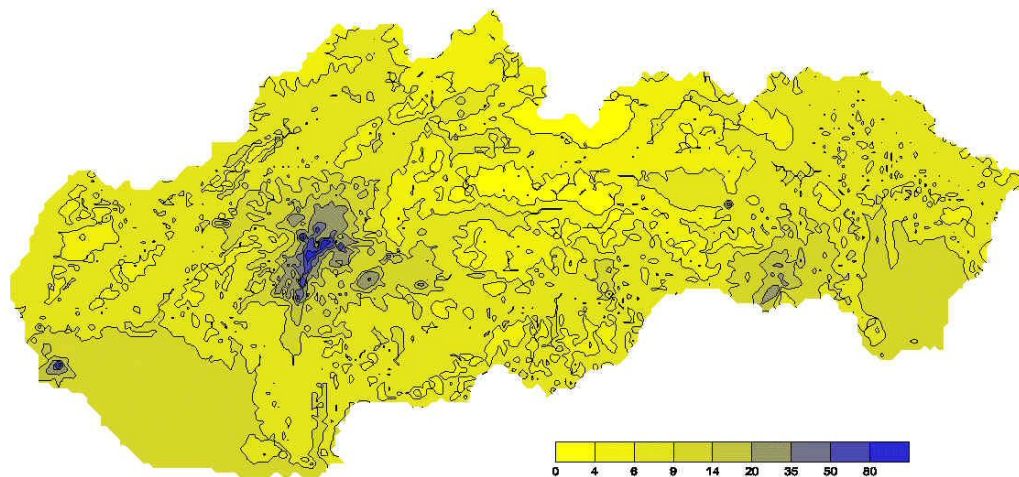
Imisie – Modelový výpočet (CEMOD) potvrdil obmedzenie plochy prekročení krátkodobých koncentrácií len na územie okresu Prievidza. Prekročenie 1 hodinovej limitnej hodnoty bolo zaznamenané na stanici Prievidza (1-krát) a Bystričany (3-krát), je však z pohľadu prípustnosti prekročenia tejto limitnej hodnoty (prípustné 24 prekročenia) tolerované. Prekročenie 24 hodinovej limitnej hodnoty nebolo zaznamenané. Rok 2012 bol z pohľadu rozptylových podmienok znečisťujúcich látok v ovzduší mierne priaznivejší rok ako rok 2011, čo sa prejavilo aj na celoplošnom znížení hodnôt hodinových koncentrácií. Nepriaznivé podmienky pre rozptyl znečisťujúcich látok v ovzduší sa prejavili významne v prípade priemerných denných koncentrácií v niektorých lokalitách - zrejme to súvisí s nárastom trvania inverzných situácií v priebehu dňa v týchto lokalitách vo vykurovacom období.

Z obrázkov 5.1 až 5.3 je zjavné, že najviac zaťažené oblasti čo do rozlohy v súlade s emisiami sú lokality najvýznamnejších (najvýdatnejších) zdrojov znečisťovania oxidom siričitým. V ostatných lokalitách (osídlených) v prípade hodinových percentilov sú hodnoty od 11 do 16 % limitnej hodnoty a v jednej lokalite dokonca pod 7 %. Priemerné ročné koncentrácie oxidu siričitého sa môžu v dôsledku lokálnych podmienok pre rozptyl v niektorých miestach priblížiť hodnote $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo je limitná hodnota pre ochranu ekosystémov. Rozloha plôch so zvýšenými hodnotami sa podľa modelových výpočtov z roka na rok výrazne zmenšovala do roku 2010. V roku 2012 pozorujeme pokles plôch so zvýšenými hodnotami vo Východoslovenskom regióne. Lokalizácia dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia touto znečisťujúcou látkou (ENO, U.S. Steel a Slovnaft) a niektorých zdrojov znečisťovania ovzdušia s obmedzeným dosahom na obrázkoch je zjavná.

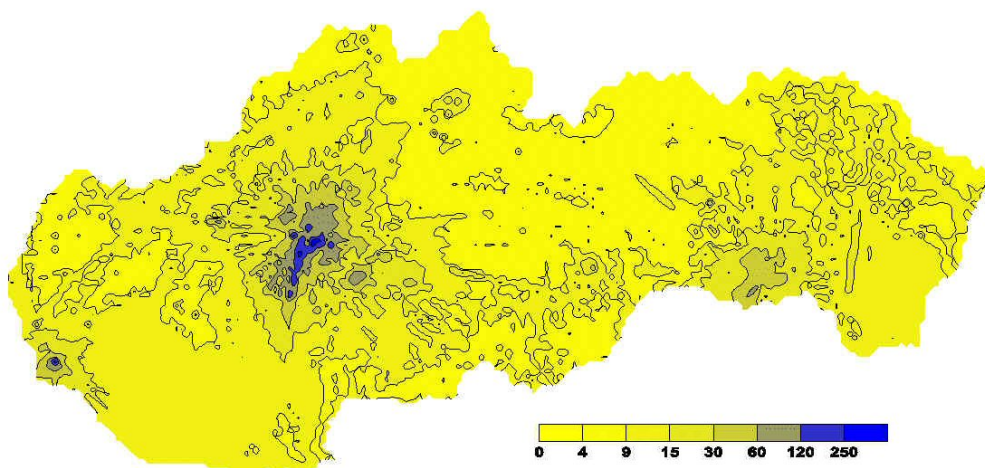
Obr. 5.1 Priemerná ročná koncentrácia SO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2012.



Obr. 5.2 99,2 percentil priemernej dennej koncentrácie SO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2012.



Obr. 5.3 99,7 percentil priemernej hodinovej koncentrácie SO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2012.



Tab. 5.1 Namerané (AMS) a vypočítané (CEMOD) indikátory kvality ovzdušia pre oxid siričitý (SO_2) v sieti NMSKO SR za rok 2012 a ich percentuálny rozdiel [%].

AGLOMERÁCIA/ Zóna	Stanica	(SO_2) – priemerná ročná koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]			99,2-percentil z 24 hodinových údajov oxidu siričitého			99,7-percentil z 1 hodinových údajov oxidu siričitého		
		AMS	CEMOD	%	AMS	CEMOD	%	AMS	CEMOD	%
BRATISLAVA	Bratislava, Mamateyova	7,7	7,8	7	37,6	18	-52	52	41	-27
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	6,9	5,6	-19	12,5	13	4	24,4	23	-6
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	5,8	6,9	19	38,7	16	-59	50,5	30	-41
Košický kraj	Krompachy, SNP	15,7	14,2	-10	36,8	40	9	51,1	86	68
Prešovský kraj	Vranov nad Topľou, M. R. Štefánika	9,8	10,7	9	22,1	19	-14	39,4	32	-19
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	5,7	6,6	16	24	17	-29	45,8	26	-43
	Bystričany, Rozvodňa SSE	16,8	17,4	4	51,1	39	-24	160	93	-42
	Handlová, Morovianska cesta	12,2	17,3	42	48,2	58	20	195,3	145	-26
	Trenčín, Hasičská	6,2	7,1	15	20,3	22	8	38,5	56	45
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	7,2	8,2	14	37,7	16	-58	56	32	-43
Žilinský kraj	Ružomberok, Riadok	7,6	8	5	27,4	16	-42	44,8	31	-37

Tabuľka 5.1 obsahuje vypočítané a namerané indikátory pre hodnotenie kvality ovzdušia. Z tabuľky vyplýva aj skutočnosť, že prezentovať úspešnosť modelových výpočtov v porovnaní s nameranými hodnotami je tým obtiažnejšie, čím je táto hodnota menšia. Platí to hlavne v prípade priemerných ročných koncentrácií, keď absolútny rozdiel $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ predstavuje percentuálny podiel až 15 % (čo je bežná tolerancia pre meracie prístroje). Pričom predpísaná úspešnosť pre modelový odhad je 30%! Na druhej strane, nesúlad medzi nameranými a vypočítanými hodnotami priemernej ročnej koncentrácie poukazuje na existenciu nevidovaných zdrojov (napr. fugitívne) alebo miestne špecifiká, ktoré je veľmi obtiažne modelovo simulovať. Rozdiel merania a modelového výpočtu modelový výpočet v prípade priemernej ročnej koncentrácie na stanici Handlová, Morovianska cesta dáva hodnotu nad predpísanú neistotu (30 %). Na tejto stanici nameraná hodnota priemernej ročnej koncentrácie bola na úrovni nameranej hodnoty na stanici Krompachy, SNP. Na druhej strane, percentily nameraných krátkodobých koncentrácií na stanici Bystričany sú na úrovni stanice Handlová. Kalibráciou modelových výpočtov možno určiť podiel týchto nevidovaných zdrojov na celkovom znečistení ovzdušia.

Priemerná ročná pozadľová koncentrácia nameraná v roku 2012 mala na vidieckych pozadľových staniciach NMSKO s programom EMEP hodnotu menej ako $1,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo predstavuje podiel do 8,5 % z limitnej hodnoty. Táto hodnota mierne vzrástla v porovnaní s rokom 2011. V roku 2012 úroveň znečistenia ovzdušia oxidom siričitým v porovnaní s rokom 2011 celoplošne mierne klesla.

Oxid dusičitý, oxidy dusíka – NO₂, NO_x

Pre plošné hodnotenie úrovne koncentrácií NO₂ sa tiež používa model CEMOD. Postup je rovnaký ako pri SO₂. Model však zohľadňuje transformácie NO na NO₂ a je náročnejší na vstupy, najmä týkajúce sa mobilných zdrojov, vrátane hustoty (štruktúry) zástavby v okolí ciest. Model pracuje s informáciou, ktorá je obdobná ako známy parameter používaný v modeloch ako „land use“. Emisné vstupné údaje pre stacionárne zdroje sú z databázy NEIS a bol určený ročný chod emisných tokov zo stacionárnych zdrojov rôznych typov (celoročná, sezónna prevádzka, energetika atď.). Ďalej sa použili výsledky čítania dopravy z roku 2005 a 2010 (vykonáva sa každých 5 rokov) uverejnené Slovenskou správou ciest, resp. odborné odhady parametrov dopravy na úsekoch bez spočítania dopravy na základe intenzít z predchádzajúcich rokov. Pre mobilné zdroje sa používa pre každý rok tzv. medziročný koeficient nárastu dopravy. Ako doplnkové údaje pri priestorovom hodnotení územia slúžia výsledky meraní oxidu dusičitého z vidieckych pozadových staníc NMSKO s programom EMEP. Výsledky meraní automatických monitorovacích staníc sa využívajú pri validácii modelových výpočtov.

Emisie – Emisie z mobilných zdrojov (delené na osobné a nákladné automobily) boli modelované pre 3 258 cestných úsekov na území SR o celkovej dĺžke 10 401 km. Zo stacionárnych zdrojov znečisťovania ovzdušia oxidom dusičitým spadajúcich do skupiny veľké a stredné zdroje bolo do modelových výpočtov zaradených 884 komínov (výduchov) z celkového počtu takmer 9 336 v roku 2012. Tento zredukovaný počet reprezentuje až 95,9 % (30 163 t) z celkového množstva 31 443 t. Z tohto celkového množstva dva dominantné zdroje predstavujú asi 31,3 % podiel (ENO 11,2 %, U.S. Steel 20,1 %). Ďalších 2,2 % prispievajú kompresorové stanice plynárenského priemyslu, ktoré ale v roku 2012 zaznamenali výrazný medziročný pokles emisií. Emisie oxidov dusíka nie sú až tak výrazne záležitosťou niekoľkých dominantných zdrojov ako v prípade oxidu siričitého. Dokazuje to aj počet komínov (výduchov) zaradených do modelových výpočtov. Väčšiu časť zvyšného podielu predstavujú lokálne vykurovacie systémy. Malé zdroje znečisťovania (hlavne domáce vykurovacie systémy) sa podieľali na celkovej emisii oxidu dusičitého zo všetkých stacionárnych zdrojov cca 10 %. V modelových výpočtoch pre kalibráciu modelu boli malé, stredné a veľké zdroje s malými emisnými tokmi reprezentované plošnými zdrojmi, obdobne aj vplyv automobilovej dopravy pre lokality s nekompletnou informáciou o intenzite dopravy a blízkyh parkovísk.

Imisie – Limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie pre oxid dusičitý bola v roku 2012 prekročená len na stanici Banská Bystrica, Štefánikova nábrežie. V roku 2012 sme zaznamenali výrazný pokles priemernej ročnej koncentrácie na stanici Bratislava a Nitra, Štúrova v porovnaní s rokom 2011. Významný pokles bol zaznamenaný aj na stanici Trenčín, Hasičská. Celkovo, až na desiatich staniciach bol zaznamenaný pokles priemernej ročnej koncentrácie v porovnaní s rokom 2011. V roku 2012 bol zaznamenaný významný nárast len na stanici Bratislava, Jeseniova v porovnaní s rokom 2011, údaj v roku 2012 je však ovplyvnený nižšou výťažnosťou, ktorá v roku 2012 dosiahla hodnotu 58,8 %. V roku 2012 boli zaznamenané v prípade priemerných hodinových koncentrácií prekročenia limitnej hodnoty na staniciach Banskej Bystrica, Štefánikovo nábrežie (1-krát) a Bratislava, Mamateyova (1-krát), ktoré sú však z pohľadu prípustnosti prekročenia tejto limitnej hodnoty (prípustných je 18 prekročení) tolerované. V prípade hodinových koncentrácií po zohľadnení prípustných prekročení bola prekročená horná medza na hodnotenie kvality ovzdušia len na jednej stanici a dolná medza na ôsmich staniciach. V roku 2012 pozorujeme na staniciach NMSKO celoplošne mierny pokles priemernej ročnej koncentrácie až o 13 % v porovnaní s rokom 2011.

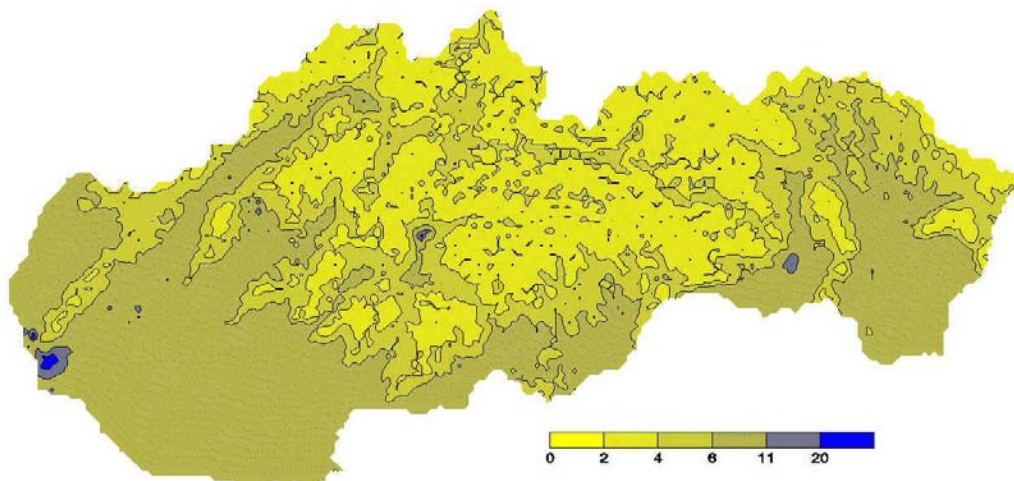
Modelové výpočty pre priemernú ročnú koncentráciu boli okrem oxidu dusičitého (NO₂) vykonané aj pre oxidy dusíka (NO_x), ktoré sú ako znečisťujúca látka hlavným ukazovateľom pre ochranu vegetácie. Obdobne ako pre priemernú ročnú koncentráciu SO₂ má to len informatívnu hodnotu, nakoľko táto hodnota ako limitná platí len pre vegetáciu. Modelové výpočty, ako aj ich mapové zobrazovanie sú len informatívne a slúžia len pre overenie funkčnosti modelu CEMOD. Namerané údaje pre NO_x neuvádzame, nakoľko automatické stanice NMSKO nie sú určené pre účely ochrany vegetácie.

Tab. 52 Namerané (AMS) a vypočítané (CEMOD) indikátory kvality ovzdušia pre oxid dusičitý (NO_2) v NMSKO SR za rok 2012 a ich percentuálny rozdiel [%].

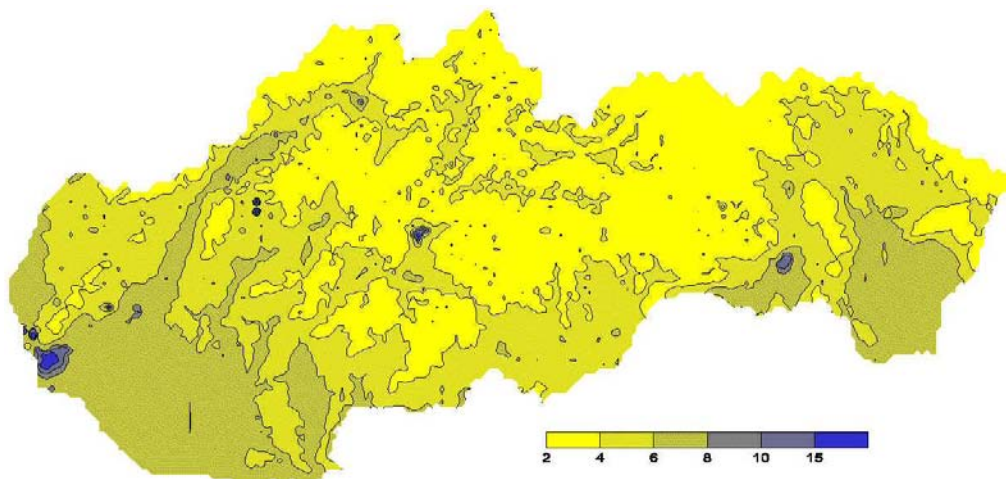
AGLOMERÁCIA/ Zóna	Stanica	(NO ₂) – priemerná ročná koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]			99,8-percentil z 1 hodinových údajov NO ₂		
		AMS	CEMOD	%	AMS	CEMOD	%
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské mýto	38.8	40.6	5	126	184	46
	Bratislava, Jeséniova	24.7	21.9	-11	94	122	29
	Bratislava, Mamateyova	22.9	21	-8	112	91	-19
KOŠICE	Košice, Štefánikova	32.2	27.1	-16	119	117	-2
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	50.4	28.7	-43	169	219	30
	Banská Bystrica, Zelená	5.5	6.8	24	39	33	-16
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	24.8	23.8	-4	98	104	6
Košický kraj	*Krompachy, SNP	-	22.5	-	-	123	-
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce	17	18.5	9	89	84	-6
	Nitra, Štúrova	26.6	24.7	-7	100	108	8
Prešovský kraj	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	36.7	31.2	-15	109	127	16
Trenčiansky kraj	Trenčín, Hasičská	24.5	23.2	-5	107	101	-5
Trnavský kraj	Trnava, Kollárova	20.8	18.6	-11	86	100	16
Žilinský kraj	Martin, Jesenského	21.9	23	5	110	78	-29
	Žilina, Obežná	26.5	21.9	-17	113	110	-3

*Štatisticky nevyhovujúce rozloženie merní v priebehu roka

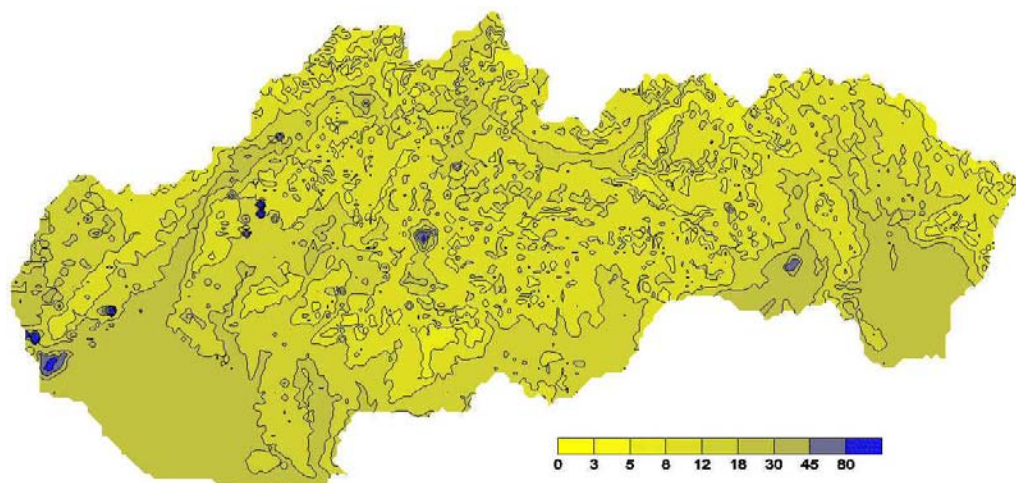
Obr. 5.4 Priemerná ročná koncentrácia NO_x [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2012.



Obr. 5.5 Priemerná ročná koncentrácia NO_2 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), rok 2012 na území Slovenskej republiky.



Obr. 5.6 99,8 percentil hodinovej koncentrácie NO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2012.



Na obrázkoch 5.4 až 5.6 je uvedené celoplošné rozloženie priemerných ročných koncentrácií oxidu dusičitého, ako aj oxidov dusíka. V prípade oxidu dusičitého vplyv mobilných zdrojov (cestná sieť) celoplošne vidieť len nevýrazne v dôsledku postupnej transformácie emitovaného oxidu dusnatého na oxid dusičitý, čo je funkciou času, resp. v dôsledku rozptylu a prúdenia vzduchu funkciou vzdialenosti. V prípade oxidov dusíka (NO_x) tento obraz je výraznejší (predpoklad okamžitej transformácie - okamžitá hodnota). V oboch prípadoch sa prejavuje aj vplyv stacionárnych zdrojov a pozadia. 1 km krok siete uzlových bodov neumožňuje detailnejšie znázornenie. Obdobne to platí aj pre priemerné hodinové koncentrácie oxidu dusičitého.

Priemerná ročná pozadová koncentrácia nameraná v roku 2012 mala hodnotu na staniciach NMSKO s programom EMEP do $4,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo predstavuje podiel do 14 % z limitnej hodnoty pre ochranu vegetácie.

Oxid uhoľnatý – CO

Pre plošné hodnotenie úrovne koncentrácií CO sa tiež používa model CEMOD obdobne ako pre oxidy dusíka. Postup je rovnaký ako sme to opísali v kapitole pre NO_2 . Model však počíta jedine maximálne 8 hodinové kľzavé priemery za deň v priebehu celého roka. Vstupné informácie o parametroch mobilných, ako aj stacionárnych zdrojov vstupujúcich do modelového výpočtu sú totožné ako v prípade oxidu dusičitého.

Emisie – Emisie z mobilných zdrojov (delené na osobné a nákladné automobily) boli modelované pre 3 258 cestných úsekov na území SR o celkovej dĺžke 10 401 km obdobne ako pre oxid dusičitý. Pri modelovom výpočte uvažujeme o tzv. štandardnom vozidle. Emisné faktory sú dané pre celú škálu automobilov delených podľa hmotnosti a splnení EURO I-IV noriem. My sme zvolili v prípade nákladných automobilov mierne pesimistickejšiu kombináciu emisných faktorov poznajúc technický stav našich vozidiel voči európskemu štandardu. Na druhej strane emisie oxidu uhoľnatého sú výraznejšie závislé na pracovnom režime motora, t.j. priemernej rýchlosti vozidla ako v prípade oxidu dusičitého. Nehovoriac o studenom štarte, resp. jazde so studeným motorom v mestách (jazda na krátke vzdialenosti).

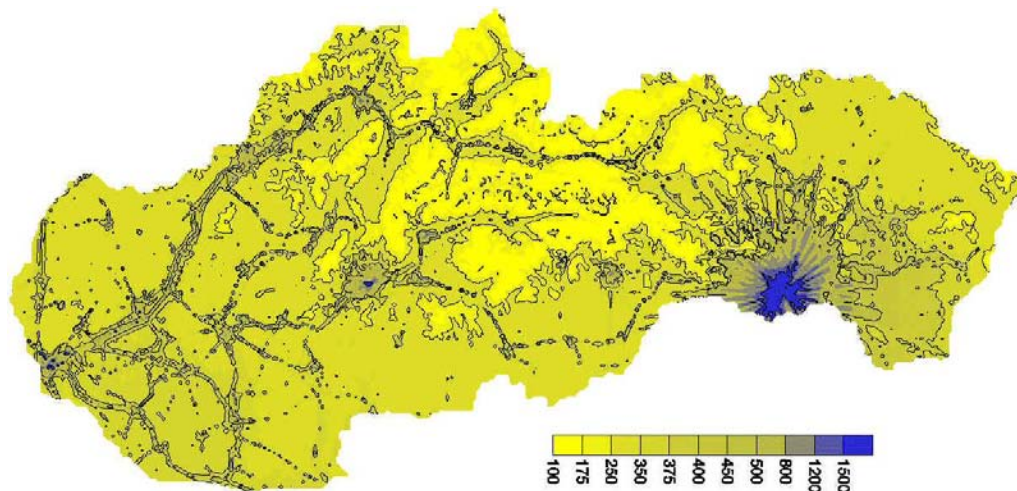
V modelových výpočtoch pre kalibráciu modelu boli malé, stredné a veľké zdroje s malými emisnými tokmi reprezentované plošnými zdrojmi, obdobne aj vplyv automobilovej dopravy pre lokality s nekompletnou informáciou o intenzite dopravy a blízkych parkovísk. V modelových výpočtoch boli fugitívne emisie a známe lokálne vplyvy reprezentované 28 plošnými zdrojmi.

Celkové emisie oxidu uhoľnatého z veľkých a stredných stacionárnych zdrojov v roku 2012 použité pre modelový výpočet boli 136 625 t. Zo stacionárnych zdrojov znečisťovania ovzdušia oxidom uhoľnatým, ktoré spadajú do skupiny veľké a stredné zdroje, bolo do modelových výpočtov zaradených 180 komínov (výduchov) z celkového počtu až 9 117. Tento zredukovaný počet reprezentuje takmer 97 % z celkového emitovaného množstva v roku 2012. Z množstva pre modelový výpočet dva dominantné zdroje predstavujú takmer 81,9 % – podiel U.S. Steel s.r.o. Košice, 72,2 % a Slovalco a.s., Žiar nad Hronom 9,8 %. Ďalšími významnejším prispievateľom je metalurgia a výroba cementu a vápna.

Tab. 5.3 Namerané (AMS) a vypočítané (CEMOD) indikátory kvality ovzdušia pre oxid uhoľnatý (CO) v sieti NMSKO SR za rok 2012 a ich percentuálny rozdiel [%].

		(CO) – 8-hodinový kľzavý priemer [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]					(CO) – 8-hodinový kľzavý priemer [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]		
AGLOMERÁCIA zóna	Stanica	AMS	CEMOD	%	AGLOMERÁCIA zóna	Stanica	AMS	CEMOD	%
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské myto	2479	2208	-11	Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	2017	2139	6
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	1841	1770	-4	Prešovský kraj	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	4109	3184	-23
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	5552	2803	-50	Trenčiansky kraj	Trenčín, Hasičská	2288	2490	9
Košický kraj	Veľká Ida, Letná	2013	2523	25	Trnavský kraj	Trnava, Kollárova	4190	3525	-16
	Krompachy, SNP	4037	2974	-26	Žilinský kraj	Martin, Jesenského	3169	2206	-30

Obr. 5.7 Maximálne denné 8-hodinové kľzavé priemerné koncentrácie [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] oxidu uhoľnatého (CO), rok 2012.



Imisie – Pre oxid uhoľnatý v roku 2012 nebola prekročená ani limitná hodnota ($10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), dolná medza na hodnotenie ($5\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) bola prekročená na jednej stanici (Malacky, Sasinkova), kde však bola výťažnosť údajov len 75 %. Už roky sa javí táto znečisťujúca látka ako neproblematická. Na obrázku 5.7 je uvedené celoplošné rozloženie maximálnych 8-hodinových kľzavých priemerov. Na väčšine území zjavne vidieť cestnú sieť ako líniový zdroj vzhľadom na dominantnosť mobilných zdrojov. Vzhľadom na premenlivosť intenzity dopravy a už spomínaný 1 km krok pre výpočet je veľmi obtiažne to výstižnejšie zobrazit'. V bratislavskej aglomerácii v dôsledku vysokej koncentrácie automobilovej dopravy vidieť zvýšenú zaťaženosť kvality ovzdušia touto znečisťujúcou látkou. Zvýšený vplyv na úroveň znečistenia ovzdušia oxidom

uhoľnatým bol zaznamenaný aj na stanicích v Trnave, v Malackách, Krompachoch a v Prešove, kde sa výraznejšie prejavuje lokálny charakter automobilovej dopravy v ráttane lokálnych problémov s parkovaním. V oblasti lokality zdroja U.S. Steel, Košice vidieť prevládajúcu dominantnosť tohto zdroja nad mobilnými a vidieť vplyv tohto zdroja aj na väčšie vzdialenosti. Napriek mohutnosti zdroja U.S. Steel vplyv na kvalitu ovzdušia lokality je miernejší ako vplyv automobilovej dopravy v lokalitách iných meracích staníc.

Priemerná ročná pozad'ová koncentrácia odhadovaná pre rok 2012 mala hodnotu asi 150 až 350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Benzén

Pre benzén v roku 2012 bola prekročená dolná medza na hodnotenie ($2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) kvality ovzdušia na jednej stanici (Krompachy). Horná medza na hodnotenie ($3,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebola prekročená. V roku 2012 v činnosti bolo 10 analyzátorov BTX, čo v porovnaní s rokom 2005 (4 analyzátory) znamená výrazný nárast. Vzhľadom na vysokú potenciálnu nebezpečnosť tejto látky na ľudské zdravie je potrebné venovať problematike benzénu zvýšenú pozornosť. Obsah benzénu v pohonnej látke poznáme len približne a určiť emisný faktor pre reprezentatívny automobil je problematické, resp. dá sa určiť len s vysokou mierou neurčitosti. Preto sme sa rozhodli v tomto štádiu vývoja využiť poznatky zo zahraničia (Nemecko, Česká republika). Bolo zistené, že existuje významná štatistická závislosť medzi koncentraciami benzénu a oxidu uhoľnatého meraných súbežne. Tesná väzba medzi koncentraciami oboch znečisťujúcich látok odzrkadľuje podobnosť podmienok pri ich emitovaní do ovzdušia. Do roku 2003 sme použili ako modelovací nástroj interpolačný model IDW-A využívajúc uvedené poznatky. Po rozšírení modelu CEMOD, pre celoplošné hodnotenie kvality ovzdušia je od roku 2004 použitý už len model CEMOD aj pre túto znečisťujúcu látku.

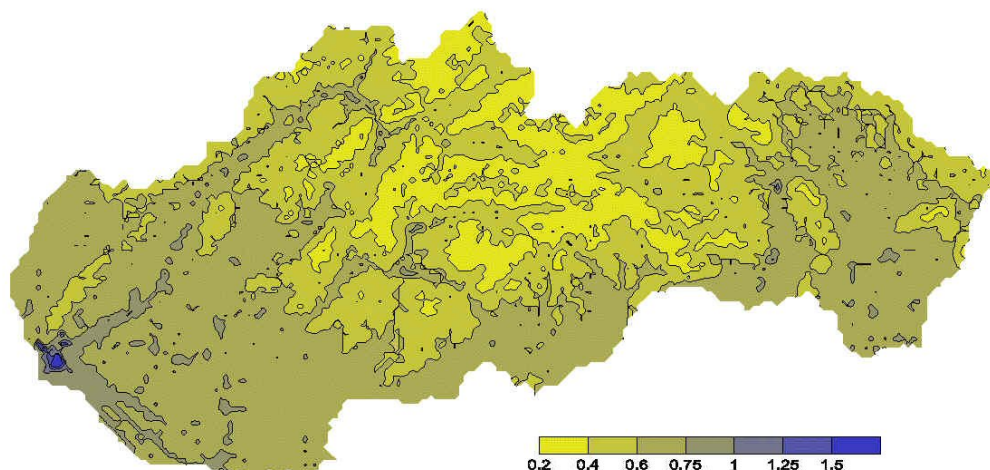
Emisie – V roku 2012 evidované stacionárne zdroje emitovali benzén do ovzdušia v celkovom množstve 65,2 t (nepatrný nárast v porovnaní s rokom 2011). Z tohto množstva 97,5 % emitovali len tri zdroje a to Slovnaft a.s., Bratislava (70,6 %), a U.S. Steel Košice s.r.o., Košice (10,47 %) a Slovnaft Petrochemicals, s.r.o. (16,2 %). Toto množstvo sa zdá málo významné ak uvedieme, že benzín obsahuje objemovo asi 1 % benzénu. Množstvo vzniknutých emisií benzénu z predaného množstva benzínu na území Slovenska v roku 2012 predstavujú asi stokrát viac ako množstvo z evidovaných stacionárnych zdrojov. Produkty zo spaľovania benzínu sú emitované priamo v dýchacej zóne človeka a v čase maximálnej aktivity. Vzhľadom na vysoké potenciálne nebezpečenstvo, ktoré predstavuje táto látka pre ľudské zdravie je zrejmé, že je potrebné venovať problematike benzénu zvýšenú pozornosť. Hlavnými zdrojmi emisií týchto látok je doprava a spaľovacie procesy, a to najmä neúplné spaľovanie fosílnych palív a pohonných hmôt. Emisie z mobilných zdrojov (delené na osobné a nákladné automobily) boli modelované pre 3 258 cestných úsekov na území SR o celkovej dĺžke 10 401 km obdobne ako pre oxid uhoľnatý. Pre modelový výpočet, okrem pravidelnej cestnej siete, sme použili plošné zdroje ako vplyv automobilovej dopravy mimo hlavnej cestnej siete, blízkych parkovísk a čerpacích staníc pohonných hmôt pre kalibráciu modelu na základe nameraných hodnôt. V modelových výpočtoch boli fugitívne emisie a známe lokálne vplyvy reprezentované 15 plošnými zdrojmi.

Imisie – Na obrázku 5.8 sú znázornené výsledky výpočtov pre benzén. Vzhľadom na skutočnosť, že ide o priemerné ročné údaje a celoplošné modelové výpočty robené s krokom 1 km, na obrázku vidíme len fragmenty cestnej siete. V blízkosti ciest príspevok cestnej dopravy v prípade benzénu mimo mesta predstavuje len do $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v ročnom priemere. Obrázok aj napriek tomu dáva dobrú predstavu o plošnom rozložení priemernej ročnej koncentrácie tejto znečisťujúcej látky ak si uvedomíme, že emisie z dopravy sú rádovo väčšie ako zo stacionárnych zdrojov. V aglomerácii Bratislava napriek intenzívnej automobilovej doprave sa prejavuje vplyv dominantných stacionárnych zdrojov (Slovnaft). Pozad'ová koncentrácia na základe meraní v roku 2012 predstavuje podiel okolo 12,5 % limitnej hodnoty.

Tab. 5.4 Namerané (AMS) a vypočítané (CEMOD) indikátory kvality ovzdušia pre benzén v sieti NMSKO SR za rok 2012 a ich percentuálny rozdiel [%].

		Benzén – priemerná ročná koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]					Benzén – priemerná ročná koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]		
AGLOMERÁCIA zóna	Stanica	AMS	CEMOD	%	AGLOMERÁCIA zóna	Stanica	AMS	CEMOD	%
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské myto	0.9	1.4	57	Nitriansky kraj	Nitra, Stúrova	1.1	0.9	-19
KOŠICE	Košice, Štefánikova	1.7	1.6	-6	Prešovský kraj	Prešov, Arm. Gen. L. Svobodu	1.6	1.9	17
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	1.0	1.3	34	Trenčiansky kraj	Trenčín, Hasičská	1.3	1.2	-7
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	0.9	0.9	0	Trnavský kraj	Trnava, Kollárova	1.5	1.8	22
Košický kraj	Krompachy, SNP	3.3	3	-8	Žilinský kraj	Martin, Jesenského	0.6	0.9	58

Obr. 5.8 Priemerná ročná koncentrácia benzénu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2012.



Podľa modelových výsledkov v roku 2012 nebola prekročená limitná hodnota pre benzén na území Slovenska, čo je v súlade s meraniami. Najvyššia nameraná hodnota bola $3,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na stanici v Krompachoch čo predstavuje 66 % limitnej hodnoty. Monitorovacie stanice v Krompachoch a v Prešove boli premiestnené do exponovanejších lokalít ako boli do roku 2009. Na stanici v Krompachoch (bola premiestnená) má zjavný podiel na zvýšení priemernej ročnej koncentrácie aj vyšší vekový priemer domácich vozidiel ako aj státie vekovo starších vozidiel medzi obytnými domami neďaleko meracej stanice. Na stanici v Prešove má zrejme zjavný vplyv neďaleká čerpacia stanica pohonných hmôt. Na stanici v Bratislave, vzhľadom na intenzitu automobilovej dopravy a blízkosti významného stacionárneho zdroja, nameraná hodnota je relatívne malá. Obdobne relatívne malá hodnota bola nameraná aj na stanici Martini v porovnaní s nameranou pozad'ovou koncentráciou. Aj na monitorovacej stanici v Banskej Bystrici bola nameraná priemerná ročná koncentrácia menšia ako sa očakávalo. Čiastočne to možno pripísať aj skutočnosti, že vekový priemer vozidiel je priaznivejší ako celoštátny priemer. Vo všeobecnosti, namerané priemerné ročné koncentrácie na staniciach NMSKO v roku 2012 oproti roku 2011 vykazujú mierny pokles. Výraznejší nárast bol zaznamenaný len na stanici v Trnave. Celoplošne (na území Slovenska) úroveň znečistenia ovzdušia benzénom má miernu medziročnú klesajúcu tendenciu.

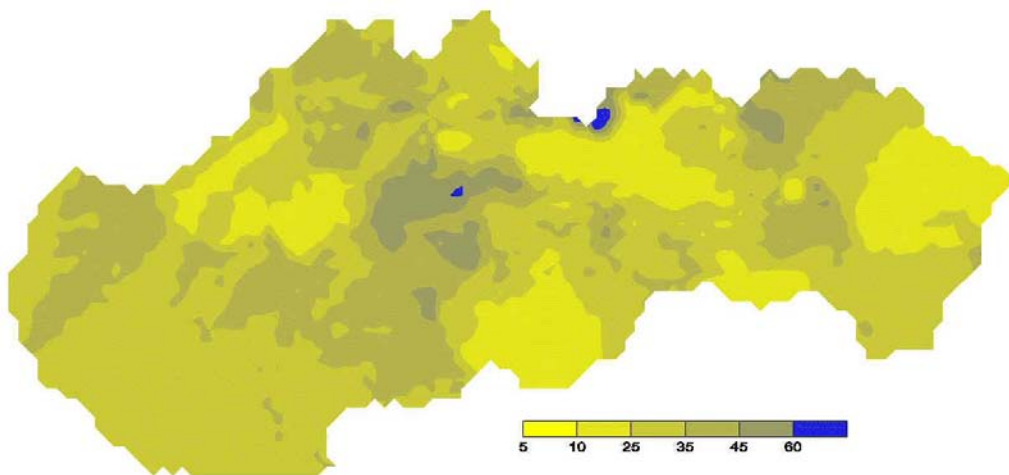
Prízemný ozón – O₃

Je známe, že koncentrácie prízemného ozónu v Európe v súvislosti s rastom antropogénnych emisií prekursorov ozónu (NO_x, VOC, CO) rástli až do roku 1990 približne o 1 µg.m⁻³ ročne. Tento nárast sa zdá, že nepokračuje a po extrémne teplom roku 2003 indikátory úrovne prízemného ozónu sa vrátili do rámca bežných predošlých hodnôt. Aj keď sa už vyskytli na území Slovenska prekročenia výstražného hraničného prahu, Slovensko nemá lokálny potenciál ovplyvniť tieto zvýšené hodnoty koncentrácií prízemného ozónu.

Na skutočné modelovanie ozónu existujú veľmi sofistikované a mohutné modely, ale využitie takýchto modelov pre celoplošné hodnotenie nášho územia je nereálne vzhľadom na náročnosť z pohľadu ľudských zdrojov, ako aj vstupných údajov. Preto pre vizualizáciu rozloženia indikátorov úrovne prízemného ozónu na území Slovenska sme využili interpolačný model IDW-A. Základné vstupné údaje pre výpočet predstavujú výsledky meraní zo siete NMSKO a stanovené parametre v zmysle metodiky pre IDW-A. Na obrázkoch 5.5 až 5.7 sú znázornené priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu za rok 2013, počet dní, v ktorých bola prekročená priemerná osemhodinová koncentrácia prízemného O₃ 120 µg.m⁻³ (cieľová hodnota pre ochranu ľudského zdravia) a hodnoty AOT40 korigované na chýbajúce merania (podľa Vyhlášky MPŽPaRR SR 360/ 2010 Z. z. o kvalite ovzdušia).

Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu narastajú s nadmorskou výškou. V roku 2013 obdobne ako v predchádzajúcich rokoch boli najvyššie na najvyššie položených miestach a najnižšie na staniách v centrách miest. Rok 2013 možno podľa priemerných hodnôt za vegetačné obdobie zaradiť medzi fotochemicky mierne aktívne roky. Priemerné ročné koncentrácie v roku 2013 celoplošne sú štatisticky nevýznamne menšie ako hodnoty v roku 2012. Len na stanici Stará Lesná v roku 2013 bol pozorovaný výraznejší nárast priemerných ročných koncentrácií v porovnaní s rokom 2012.

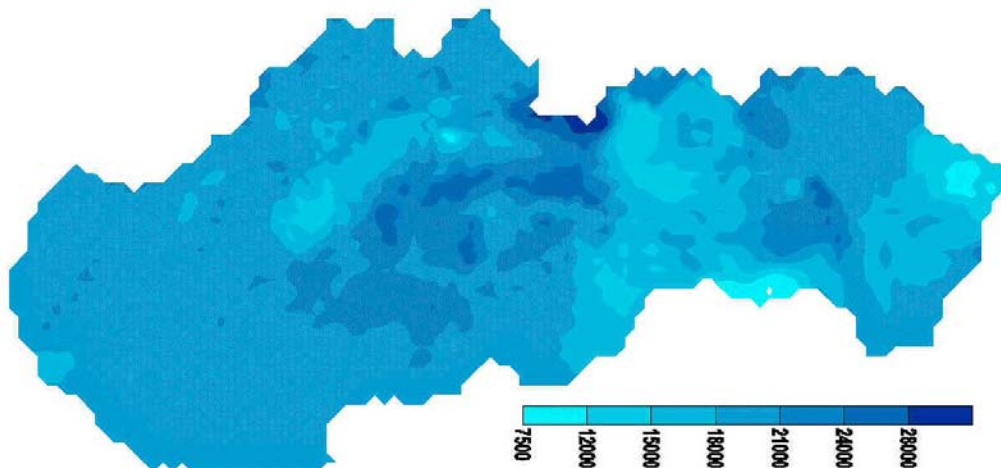
Obr. 5.5 Počet dní, v ktorých bola prekročená cieľová hodnota ozónu pre ochranu ľudského zdravia (120 µg.m⁻³) počas rokov 2011–2013.



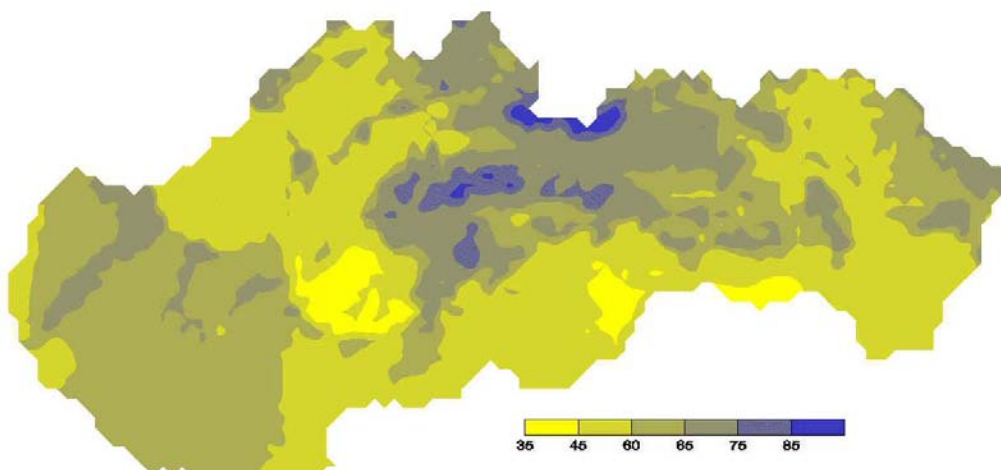
Cieľové hodnoty pre ochranu ľudského zdravia sa prekračujú na celom území Slovenska. Na deviatich staniách z pätnástich bol tento limit (priemer za roky 2011–2013) prekročený vo viac ako povolených 25 dňoch. Po miernom poklese v počte prekročení v roku 2010 pozorujeme za roky 2011 - 2013 znovu mierny nárast aj s porovnaním s obdobím 2010-2012. Nárast prekročení za hodnotené obdobie bol pozorovaný na všetkých monitorovacích staniách s výnimkou staníc Kojšovská hoľa a Jelšava. Hodnoty AOT40 na ochranu vegetácie (máj–júl) (priemer za roky 2009–2013) prekročili cieľovú hodnotu pre ochranu vegetácie z 15 pozorovacích staníc na ôsmich staniách. Výraznejší nárast v za toto obdobie pozorujeme len na stanici Humenné. V hodnotenom období hodnoty AOT40 na ochranu vegetácie (máj–júl) (priemer

za roky 2009–2013) pozorujeme celkový mierny pokles v porovnaní s predošlým obdobím. Najvýraznejšie poklesy boli zaznamenané na stanicích Stará Lesná, Kojšovská hoľa a Jelšava.

Obr. 5.6 Priemerné hodnoty AOT40 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$] za obdobie piatich rokov (2009–2013) pre ochranu vegetácie korigované na chýbajúce obdobie.



Obr. 5.7 Priemerné ročné koncentrácie [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] prízemného ozónu (O_3), rok 2013.



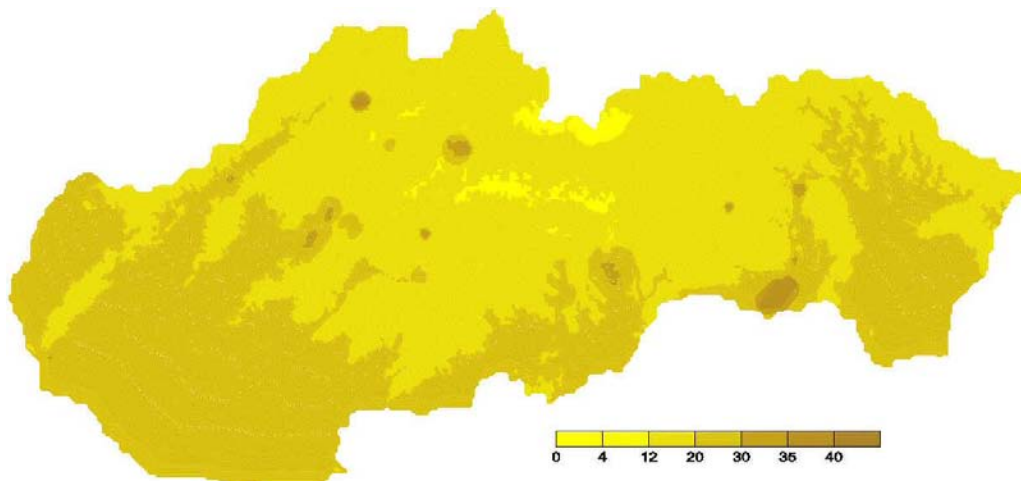
Jemné suspendované častice – PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$

Pre priestorové hodnotenie lokalít s prekročením limitných hodnôt sme použili model (interpoláčnú schému) IDW-A. Táto metodika bola zvolená na hodnotenie zaťaženia územia časticami PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$ práve pre vysoký stupeň neurčitosti vstupných emisných údajov (suspenzia a resuspenzia minerálnych častíc, elementárny a organický uhlík, sekundárne častice, častice biologického pôvodu a fugitívne emisie) použili sme uvedenú interpoláčnú schému. Základné vstupné údaje pre výpočet predstavujú výsledky meraní PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$ z NMSKO získané kontinuálnym meraním. Meranie koncentrácie $\text{PM}_{2.5}$ sa začalo v roku 2005 na troch stanicích. V roku 2013 tento počet narástol na 25 okrem meracích staníc s programom EMEP a okrem staníc s odbermi pre gravimetrické stanovenie a porovnávacie merania. Ako doplnkové údaje pri priestorovom hodnotení územia slúžia výsledky meraní PM_{10} (priame alebo odvodené z TSP) zo staníc s programom EMEP získané manuálnym vzorkovaním. V oblasti, kde nebola monitorovaná $\text{PM}_{2.5}$ kontinuálnym meraním, sme použili pomer koncentrácií $\text{PM}_{2.5} / \text{PM}_{10}$ pre jednotlivé typy monitorovacích staníc ako doplnkové. Tento postup je v súlade s nameranými výsledkami z monitorovacích staníc, výsledkami porovnávacích modelových výstupov a informáciami zo zodpovedajúcich odborných publikácií. Pomery $\text{PM}_{2.5} / \text{PM}_{10}$ boli určené pre re-

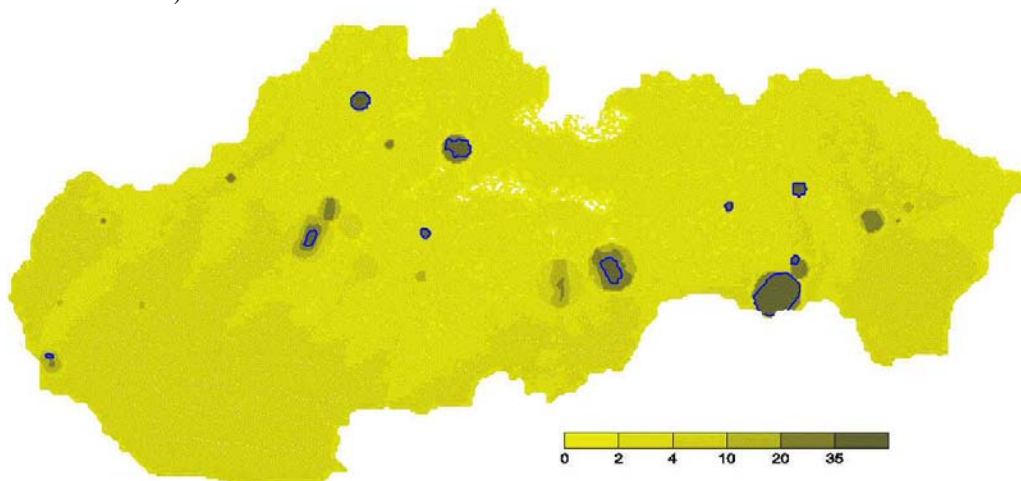
gionálne, mestské pozad'ové, priemyselné a dopravné stanice koeficientmi 0,85, 0,7, 0,6 a 0,5). Výsledky merania PM_{10} zo staníc AMS z tejto oblasti boli konvertované na $PM_{2,5}$ týmito koeficientmi a následne použité ako vstupné údaje pre model IDW-A

Emisie – V roku 2013 v porovnaní s rokom 2012 sme zaznamenali nevýznamný nárast emisií TZL z veľkých a stredných zdrojov znečisťovania ovzdušia len o 1 %. Medziročné zmeny v emisiách od roku 2009 sa výraznejšie nemenia (v rokoch 2005 až 2009 bol zaznamenaný najvýraznejší pokles a to až o takmer 74 %). V roku 2013 z emisií veľkých a stredných zdrojov znečisťovania ovzdušia 49,5 % emitoval U.S. Steel Košice, s.r.o. Ostatné zdroje nepresahovali emisiu TZL 201 t/rok. Nad hranicou 100 t/rok emitovali (okrem U.S.Steel, s.r.o.) len šiesti znečisťovatelia (Slovenské elektrárne, a.s., Považská cementáreň, a.s. Obaly SOLO, s.r.o., MONDI SCP, a.s., FORTISCHEM a.s., Duslo, a.s., BUKÓZA ENERGO, a.s.). Celkové emisie tuhých znečisťujúcich látok (TZL) zo stredných a veľkých zdrojov (NEIS) boli v roku 2013 približne 6700 t. Zdroje znečisťovania ovzdušia zaradené do kategórie malé zdroje emitujú celkovo viac ako veľké a stredné stacionárne zdroje. Je na zamyslenie tá skutočnosť, že podiel spaľovanie drevnej hmoty predstavuje najväčšiu časť emisií tuhých častíc z malých zdrojov. Emisie z mobilných zdrojov (aj abrazívne) činia v roku 2013 z celkového evidovaného množstva emisií tuhých látok menej ako štvrtinu.

Obr. 5.8 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2013.

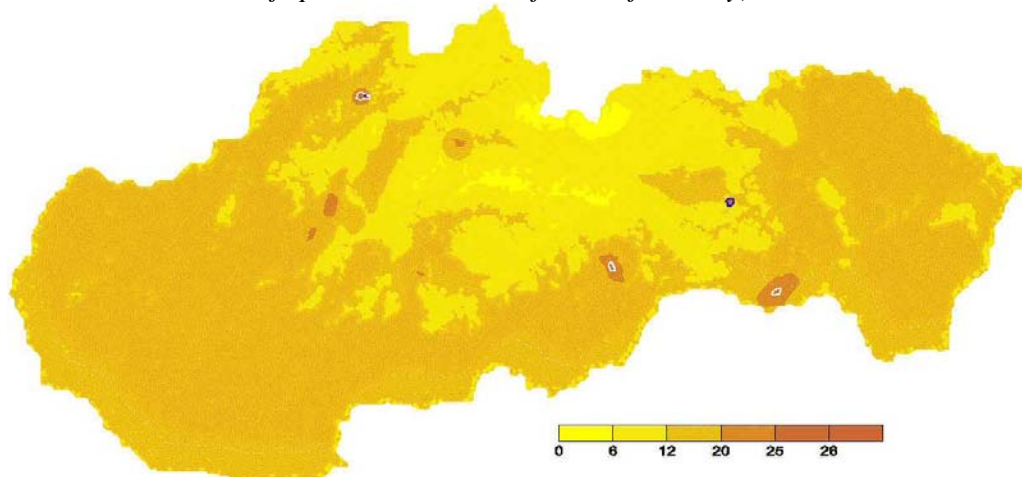


Obr. 5.9 Počet dní s prekročením limitnej hodnoty pre 24-hodinovú koncentráciu PM_{10} ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v roku 2013. (modrá čiara ohraničuje územie s prekročenou limitnou hodnotou)



Imisie (PM₁₀) – Najväčší problém na Slovensku, ale aj vo väčšine európskych krajín predstavuje v súčasnosti znečistenie PM₁₀. Úroveň znečistenia ovzdušia PM₁₀ môžeme charakterizovať ako závažnú. Limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie v roku 2013 nebola prekračovaná na žiadnej stanici NMSKO. Počet prekročení limitnej hodnoty pre 24 hodinové priemerné koncentrácie bol nad povolenou limitnou hodnotou na 31 % meracích staníc. Je to významný pokles s porovnaním so situáciou v roku 2012 (48 %). Celoplošne (územie Slovenska) v priemere to predstavuje pokles z 41 priemerných prekročení v roku 2012 na 31 v roku 2013. Výsledky výpočtov vidíme na obrázkoch 5.8 a 5.9. Tendenciu poklesu celoplošnej priemernej ročnej koncentrácie po výraznom poklese v roku 2012 sme pozorovali aj v roku 2013 (o 6 %) ako aj počet prekročení 24 hodinových priemerných koncentrácií - v priemere o 10 prekročení. Najvýraznejšie poklesy priemernej ročnej koncentrácie oproti predošlému roku (o viac ako 30 %) boli zaznamenané na štrnástich staniciach NMSKO. Pokles počtov prekročení na niektorých staniciach mohol byť čiastočne spôsobený výpadkom meraní. Najvýraznejšie poklesy v počte prekročení 24 hodinových priemerných koncentrácií (20 a viac) boli zaznamenané na štyroch staniciach. Najväčší nárast bol zaznamenaný na stanici Trnava Kollárova a to o 4 prekročení. V súlade s poklesmi počtov prekročení denných limitných hodnôt poklesla aj rozloha nadlimitne zaťažených plôch prekročení 24 hodinových priemerných koncentrácií a to o 25 %. V prípade priemerných ročných koncentrácií nie sú žiadne zaťažené plochy nad limitnými hodnotami na území Slovenska. Priaznivý vývoj znečistenia ovzdušia PM₁₀ v roku 2013 po roku 2012 trvá aj naďalej a zodpovedá priaznivejším podmienkam pre rozptyl znečisťujúcich látok v ovzduší. Je to zrejme aj z nameraných hodnôt na staniciach EMEP. Podobný vývoj vidíme aj prípade plynných znečisťujúcich látok ako v prípade PM₁₀.

Obr. 5.10 Priemerná ročná koncentrácia PM_{2,5} [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2013.
(modrá čiara ohraničuje územie s prekročenou limitnou hodnotou platnou pre rok 2013, biela čiara je prekročenie cieľovej limitnej hodnoty)



Imisie (PM_{2,5}) – Vzhľadom na známe pomery medzi PM₁₀ a PM_{2,5} na jednotlivých typoch staníc môžeme očakávať obdobné zaťaženie životného prostredia. Úroveň znečistenia ovzdušia PM_{2,5} môžeme charakterizovať tiež ako závažnú. V prípade tejto znečisťujúcej látky je stanovená len limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu. Cieľová limitná hodnota ($25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) má byť dosiahnutá v roku 2015. Na rok 2013 platí limitná hodnota $26 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie v roku 2013 bola prekračovaná na dvoch staniciach NMSKO (Krompachy a Jelšava). Najvýraznejšie prekročenie priemernej limitnej hodnoty bolo zaznamenané na stanici Krompachy a to až o takmer 16 %. Obdobne ako v prípade PM₁₀ bol zaznamenaný priaznivý vývoj znečistenia ovzdušia PM_{2,5} v roku 2013 v porovnaní s rokom 2012 a to o 14 %. Významná závislosť medzi priemernou ročnou koncentráciou PM_{2,5} a počtom prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ nebola potvrdená tak ako v prípade priemernej ročnej koncentrácie PM₁₀ a dennými koncentraciami PM₁₀. Vzhľadom na menší aerodynamický priemer táto znečisťujúca

látka sa chová ako plynná znečisťujúca látka av porovnaní s PM_{10} potrebuje viac energie na resuspenziu. Z uvedeného dôvodu resuspenzia častíc (zimný posyp) a rôzne epizódy majú výrazný menší význam v prípade $PM_{2,5}$.

Podiel zdrojov – Pomocou modelových výpočtov sme zisťovali podiel jednotlivých typov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkovej koncentrácii PM_{10} . Bolo zistené, že podiel veľkých a stredných zdrojov na nameraných priemerných ročných koncentráciách v sieti NMSKO je menší ako 2 % s výnimkou okolia USSteel, a.s., Košice (Veľká Ida okolo 30 % a mesto Košice do 2 %). V prípade mobilných zdrojov tento podiel v aglomeráciách Bratislava a Košice predstavujú podiel 10 až 20 %, v ostatných mestách 5 až 10 %. Do týchto výpočtov boli zahrnuté aj príspevky od mobilných zdrojov, ktoré reprezentujú okrem jemných častíc emitovaných z výfukov aj príspevky z opotrebovania brzd, pneumatík a povrchu vozovky (asfalt) ako aj resuspenziu. Ako príspevok regionálneho pozadia boli započítané namerané údaje z vidieckych pozadových staníc NMSKO s programom EMEP. Modelové výpočty poukázali aj na tzv. podiel od neznámych zdrojov, ktoré predstavujú nevidované zdroje (fugitívne) a zdroje určované len bilančne.

V súčasnosti sú na Slovensku rozhodujúcimi lokálnymi zdrojmi prašného znečistenia ovzdušia v mestách:

- Výfukové plyny z automobilov.
- Resuspenzia tuhých častíc z povrchov ciest (znečistené automobily, posypový materiál, prach, špina na krajnici ciest, ...).
- Suspenzia tuhých častíc z dopravy (oder pneumatík, brzdových obložení a povrchov ciest...).
- Minerálny prach zo stavebnej činnosti.
- Veterná erózia z nespevnených povrchov.
- Lokálne vykurovacie systémy na tuhé palivá.
- Malé a stredné lokálne priemyselné zdroje bez náležitej odľučovanej techniky.

Na tieto zdroje by sa mali orientovať lokálne opatrenia na znižovanie úrovne PM_{10} (zmeny v organizácii dopravy, pešie zóny, rozširovanie zelene, spevňovanie povrchov, znižovanie spotreby tuhých palív v lokálnom vykurovaní, kontrola technického stavu a znečistenia pneumatík vozidiel, čistenie ulíc a chodníkov miest, protierózne opatrenia na staveniskách, skládkach sypkých materiálov, skládkach odpadov, prísna kontrola lokálnych priemyselných zdrojov). Často je koncentrácia $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ prekročená už na návetrí miest, a to pri prúde z juhu a východu (epizodicky) alebo pri niektorých poľnohospodárskych prácach, napr. suchej orbe, žatve alebo repnej kampani.

Možnosti lokálnych opatrení na redukcii úrovne PM_{10} sú s ohľadom na vysoké pozadie veľmi náročné. Kým pre ostatné hodnotené znečisťujúce látky úroveň pozadovej koncentrácie predstavuje podiel z limitnej hodnoty do 20 %, pre PM_{10} je to až do 70 % a v prípade $PM_{2,5}$ je to ešte väčšie percento, čo znamená prekračovanie hornej medze na hodnotenie kvality ovzdušia už samotným pozadím. Mestské pozadie PM_{10} väčších miest na Slovensku (nad 50 000 obyvateľov) sa predpokladá medzi $20\text{--}30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Vo všetkých týchto mestách narastá pravdepodobnosť dosiahnutia, resp. prekračovania priemernej ročnej koncentrácie $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a najmä priemerných denných koncentrácií $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v blízkosti ciest ako aj v prípade väčšej rozostavanosti vo väčšom počte ako v 35 dňoch.

Zimný posyp

Určenie pôvodu, resp. podielu jednotlivých zdrojov znečisťovania ovzdušia k celkovej úrovni znečistenia ovzdušia s PM_{10} patrí k najproblematickejším úlohám. Jedným z najzávažnejších prispievateľov je automobilová doprava. Vplyv zimného posypu v mestách na kvalitu ovzdušia je v zimnom období významný. V tejto oblasti sú faktory, ktoré v krátkom časovom horizonte prakticky nemožno ovplyvniť. K týmto patria priame emisie zo spaľovania, opotrebovanie brzd a pneumatík, ako aj oter povrchu vozovky. Základným problémom pre vyhodnotenie vplyvu zimného posypu je veľká neurčitosť vstupných informácií pre zimný posyp, resp. z toho

plynúcich potrebných vstupných údajov pre výpočet. Z informácií o aplikovanom množstve posypového materiálu je základným poznatkom, že množstvá porovnané s dostupnými údajmi odpovedajú potrebe a aplikované množstvo na jednotku plochy komunikácie závisí od klimatických podmienok jednotlivých zón – na východe a severe republiky sa aplikuje 2 až 3-krát viac ako v juhozápadnej časti. Množstvo posypového materiálu na jednotku plochy závisí od rôznych faktorov. Vstupné údaje majú veľkú neurčitost'. Význam odpočítavania príspevku zimného posypu od priemernej ročnej koncentrácie, resp. od počtu prekročení priemerných denných koncentrácií PM_{10} za rok spočíva v posúdení či by došlo k prekročeniu limitnej hodnoty bez príspevku od zimného posypu. Na toto posúdenie vzhľadom na vysokú neistotu vstupov a na základe modelových výpočtov a analýz za rok 2009 postačí kvalitatívny odborný odhad. Bola vykonaná analýza snehových, teplotných a rozptylových pomerov prvého a posledného štvrťroku a podiely jednotlivých typov zdrojov na celkovom znečistení ovzdušia s PM_{10} namerané na tej - ktorej meracej stanici. Bolo zistené, že zhoršené podmienky pre rozptýl znečisťujúcich látok a zvýšené požiadavky na vykurovanie v prvom štvrťroku mohli vyvolať o 7 až 9 prekročení priemerných denných limitných hodnôt viac ako v poslednom štvrťroku. Rok 2013 bolo z pohľadu rozptylu PM_{10} v ovzduší priaznivejší ako rok 2012. To potvrdzuje aj celoplošný významný pokles počtu prekročení 24 hodinovej limitnej hodnoty. Naj výraznejšie to vidieť na stanici EMEP - Topoľníky, Aszód, kde v roku 2012 bolo zaznamenaných rekordných 41 prekročení, kým v roku 2013 len 4. Prvý štvrťrok v roku 2013 bol zrážkovo silne nadnormálny. Na Západnom Slovensku sa súvislá snehová pokrývka vytvárala prechodne. Mesiac december, keď sa vyskytla súvislá snehová pokrývka bol zrážkovo silne podnormálny. V decembri na západnom Slovensku sa sneh nevyskytoval, resp. iba ako nesúvislá snehová pokrývka koncom mesiaca. Čo sa týka zvýšeného počtu prekročení z titulu zimného posypu podľa odborného odhadu, tento počet sa pohybuje v rozmedzí 5 až 7 prekročení a to predovšetkým v prvom štvrťroku. Tento prípadný odpočet len na staniách Košice, Štefánikova (40) a Krompachy (42) zníži počet prekročení na hranicu, resp. pod hranicu povoleného počtu prekročení dennej limitnej hodnoty. V prípade prekračovania nad tolerovaný počet priemernej dennej limitnej hodnoty na ostatných staniách sú prekračovania výrazne vysoké alebo sú to stanice nie dopravného typu.

Priemerné ročné koncentrácie PM_{10} neprekračovali limitnú hodnotu v roku 2013 ani na jednej pozorovacej stanici. Odpočet prípadných prekročení významne neovplyvní hodnotenie vplyvu koncentrácií na ľudské zdravie z pohľadu limitnej hodnoty v prípade priemerných ročných koncentrácií.

5.3 Záver

Slovenská legislatíva v oblasti ochrany ovzdušia, ktorá je v plnom súlade s legislatívou EÚ vyžaduje odhad úrovni indikátorov znečisťujúcich látok pre jednotlivé zóny a aglomerácie v mapovej forme, t.j. celoplošné hodnotenie územia. Splnenie tejto úlohy nie je možné len pomocou meraní. Preto je nevyhnutná kombinácia meraní s modelovými výpočtami. EÚ pre jednotlivé znečisťujúce látky predpisuje len neurčitost' modelových výpočtov, samotné modelovanie (výber, vývoj, validáciu aj aplikáciu modelov) odporúča riešiť na národnej úrovni. Na SHMÚ boli vyvinuté dva modely (CEMOD a IDW-A) pre hodnotenie úrovne kvality ovzdušia na celom území štátu. Pomocou týchto modelov je možné v kombinácii s výsledkami automatických monitorovacích staníc a regionálnych požadových staníc hodnotiť kvalitu ovzdušia na celom území Slovenska, a to všetkých požadovaných indikátorov. Samozrejme v rámci prípustnej neurčitosti modelových výpočtov.

Pri hodnotení kvality ovzdušia rozhodujú výsledky meraní. Samotné merania, resp. ich vypočítacia schopnosť má však svoje obmedzenia. Vymenujme len niektoré rozhodujúce:

1. Prakticky nie je možné zabezpečiť merania s dostatočnou hustotou meracích staníc.
2. Namerané hodnoty koncentrácií sami osebe nič nehovoria o ich pôvode (zdroje, mechanizmus šírenia).

3. Územnú reprezentatívnosť nameranej hodnoty je takmer nemožné odhadnúť bez hustej meracej siete.
4. Dopad zmien v štruktúre a parametroch zdrojov znečisťovania nie je možné namerať (zajtrajšiu hodnotu nenameriame).

Uvedené problémové okruhy sú riešiteľné len použitím vhodne zvolených matematických modelov. Ich aplikáciou možno objektívne zhodnotiť plošné, resp. priestorové rozloženie koncentrácií znečisťujúcej látky nad danou oblasťou, zistiť jej pôvod, odhadnúť podiel jednotlivých zdrojov a posúdiť mechanizmy šírenia znečistenia.

Modely sú nezastupiteľné pri prognózach očakávaného znečistenia ovzdušia pre rôzne emisné scenáre. Hlavným problémom pri aplikácii modelov je spravidla neúplnosť a nepresnosť vstupných údajov. Modelové výpočty poskytujú informáciu, ktorá hovorí akú úroveň koncentrácií pre dané vstupné údaje (emisie, meteorológia) možno s veľkou pravdepodobnosťou očakávať. V prípade väčších odchýlok medzi nameranými a vypočítanými hodnotami je potrebné in situ hľadať príčiny zistených rozdielov. Môže to byť neevidovaný zdroj, podcenenie, resp. precenenie významu niektorých zdrojov, resp. skupín zdrojov, nedostatočné zhodnotenie lokálnych rozptylových podmienok a pod.

Predložené výsledky modelových výpočtov dokumentujú úroveň znečistenia ovzdušia Slovenska v roku 2013 s PM_{10} a ozónom. Dosiahnuté výsledky preukázali schopnosť matematických modelov v rámci predpísanej neurčitosti poskytnúť všetky informácie o kvalite ovzdušia požadované zákonom o ovzduší a ich mapové vyjadrenie pre celé územie Slovenska. Cieľom SHMÚ pre budúce obdobie je ďalšie zdokonaľovanie jestvujúcich modelových nástrojov, ich doplnenie o nové modely, upresňovanie vstupných údajov, znižovanie neurčitostí modelových výpočtov a modelovanie koncentrácií ďalších znečisťujúcich látok v ovzduší.

6 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER

6.1 Návrh na zaradenie zón a aglomerácií do skupín

SHMÚ, v zmysle § 7 zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov, na základe výsledkov hodnotenia kvality ovzdušia SR v roku 2013 navrhuje nasledujúce zaradenie zón a aglomerácií do skupín:

1. skupina - V prvej skupine sú aglomerácie a zóny, v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia jednou látkou alebo viacerými znečisťujúcimi látkami vyššia ako limitná hodnota, prípadne limitná hodnota zvýšená o medzu tolerancie, ak je určená. V prípade ozónu zóny a aglomerácie, v ktorých je koncentrácia ozónu vyššia ako cieľová hodnota pre ozón.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 1. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	PM ₁₀
KOŠICE	PM ₁₀
Zóny	
Banskobystrický kraj	*NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5}
Košický kraj	PM ₁₀ , PM _{2,5}
Nitriansky kraj	PM ₁₀
Prešovský kraj	PM ₁₀
Trenčiansky kraj	PM ₁₀ , PM _{2,5}
Žilinský kraj	PM ₁₀ , PM _{2,5}

Do 1. skupiny boli z praktického dôvodu zahrnuté aj hodnoty PM_{2,5} prekračujúce cieľové hodnoty

* Úroveň je značne ovplyvnená lokálnymi emisiami v súvislosti s budovaním cestného obchvatu.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 1. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	Ozón, BaP
AGLOMERÁCIE SLOVENSKO	
Celé územie	Ozón
Veľká Ida	BaP
Krompachy	BaP
Prievidza	BaP
Trnava	BaP

2. skupina – V druhej skupine sú aglomerácie a zóny, v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia jednou látkou alebo viacerými znečisťujúcimi látkami medzi limitnou hodnotou a limitnou hodnotou zvýšenou o medzu tolerancie. Ak ide o znečistenie ovzdušia ozónom, v druhej skupine sú aglomerácie a zóny, v ktorých je koncentrácia ozónu vyššia ako dlhodobý cieľ pre ozón, ale nižšia alebo rovná sa cieľovej hodnote pre ozón.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 2. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	
AGLOMERÁCIE SLOVENSKO	

3. skupina – Zóny a aglomerácie, v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia pod limitnými resp. cieľovými hodnotami. V prípade ozónu zóny a aglomerácie, v ktorých je koncentrácia ozónu nižšia ako dlhodobá cieľová hodnota pre ozón.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 3. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	oxid siričitý, oxid uhoľnatý, benzén
KOŠICE	PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid dusičitý, benzén
Zóny	
Banskobystrický kraj	oxid siričitý, oxid uhoľnatý, benzén
Bratislavský kraj	PM ₁₀ , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Košický kraj	oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Nitriansky kraj	PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid uhoľnatý, benzén
Prešovský kraj	PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Trenčiansky kraj	oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Trnavský kraj	PM ₁₀ , PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Žilinský kraj	oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 3. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	
AGLOMERÁCIE	
SLOVENSKO	
Celé územie okrem oblastí zaradených do 1. skupiny	BaP

6.2 Vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia

SHMÚ na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v roku 2013 podľa § 9 ods. 3 zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov navrhuje nasledujúce vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia SR na rok 2014. P

	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka
BRATISLAVA	územie hl. mesta SR Bratislava	PM ₁₀ , NO ₂ , BaP
KOŠICE Košický kraj	územia mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokofany, Veľká Ida	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP
Banskobystrický kraj	územie mesta Banská Bystrica	PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územia mesta Hnúšťa a miestnych častí Brádno, Hačava, Likier, Polom, mesta, Tisovec a miestnej časti Rimavská Píla a obce Rimavské Brezovo	PM ₁₀
	územia mesta Jelšava a obcí Lubeník, Chyžné, Magnezitovce, Mokrú Lúka, Revúcka Lehota	PM ₁₀ , PM _{2,5}
Bratislavský kraj	územie mesta Malacky	PM ₁₀
Košický kraj	územie mesta Krompachy	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP
	územie mesta Strážske	PM ₁₀
Nitriansky kraj	územie mesta Nitra	PM ₁₀
Prešovský kraj	územia mesta Prešov a obce Ľubotice	PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územia mesta Vranov nad Topľou a obcí Hencovce, Kučín, Majerovce, Nižný Hrabovec a Kladzany	PM ₁₀ , PM _{2,5}
Trenčiansky kraj	územie mesta Trenčín	PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územie okresu Prievidza	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP
Trnavský kraj	územie mesta Trnava	PM ₁₀ , BaP
	územie mesta Senica	PM ₁₀
Žilinský kraj	územie mesta Žilina	PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územie miest Martin a Vrútky	PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územie mesta Ružomberok a obce Likavka	PM ₁₀ , PM _{2,5}

6.3 Záver

Všetky úlohy odboru Monitoring emisií a kvality ovzdušia SHMÚ v oblasti monitorovania a hodnotenia kvality ovzdušia riešené v roku 2013 vyplývajú zo zákona 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov a jeho vykonávacích predpisov, legislatívy ochrany ovzdušia EÚ a CLRTAP. SHMÚ túto činnosť zabezpečuje na základe uvedeného zákona a poverenia MŽP SR. Výsledky hodnotenia sú každoročne zasielané do Európskej komisie prostredníctvom záväzných reportov o kvalite ovzdušia.

Obr. 6.1 Oblasti riadenia kvality ovzdušia v roku 2014.

