

Laboratoř GIS

Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

tel.: 597324346, 603 511547; e-mail: petr.jancik@vsb.cz

**ROZPTYLOVÁ STUDIE II
PRO MĚSTO OPAVA**

Dlouhodobá stabilitní růžice

Ostrava, únor 2007

Objednatel: Statutární město Opava

Horní náměstí 69

746 26 Opava

Zhotovitel: Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 15

708 33 Ostrava – Poruba

Odpovědný řešitel: **Doc. Ing. Petr Jančík, Ph.D., vedoucí katedry**

Autorizovaná osoba dle § 15 odst. 1 písm. d) podle
zákona č. 86/2002 Sb., Č.j.: 2159/740/02,

Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Řešitelský tým: RNDr. Jan Bitta

Ing. Irena Pavlíková

Obsah

1	ÚVOD	3
2	VSTUPNÍ ÚDAJE	5
2.1	OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	5
2.1.1	Údaje o obyvatelstvu.....	7
2.1.2	Stav životního prostředí.....	8
2.2	TERÉN.....	11
2.3	KLIMATICKÁ A METEOROLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ.....	13
2.4	VSTUPNÍ METEOROLOGICKÁ DATA	13
2.5	ÚROVEŇ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ, IMISNÍ LIMITY A MEZE TOLERANCE.....	14
2.6	IMISNÍ POZADÍ LOKALITY	15
2.7	ZDROJE ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ	18
3	METODIKA VÝPOČTU	21
3.1	SUTTONOVA STATISTICKÁ TEORIE TURBULENTNÍ DIFÚZE	21
3.2	SYMOS'97	23
3.3	ANALYTICKÝ DISPERZNÍ MODELOVACÍ SUPERPOČÍTAČOVÝ SYSTÉM (ADMOSS).....	24
3.3.1	Použité technické vybavení.....	25
3.3.2	Použité programové vybavení.....	25
3.3.3	Rozdělení zdrojů a sítě receptorů	25
3.3.4	Management výpočtů.....	28
3.4	KOREKCE VÝSLEDKŮ MODELOVÁNÍ.....	28
3.4.1	Stanovení požadových koncentrací.....	28
3.4.2	Stanovení korekčních konstant.....	29
3.4.3	Korekce výsledků modelování.....	29
4	VÝSTUPNÍ ÚDAJE	30
4.1	VÝPOČTENÉ CHARAKTERISTIKY	30
4.2	KARTOGRAFICKÁ INTERPRETACE VÝSLEDKŮ.....	31
4.3	DISKUZE VÝSLEDKŮ	63
4.3.1	Suspendované částice PM_{10}	64
4.3.2	Oxid dusičitý NO_2	65
4.3.3	Benzo(a)pyren.....	66
5	ZÁVĚR	68
6	SEZNAM POUŽITÝCH DOKUMENTŮ	70
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	72

1 Úvod

Předmětem této rozptylové studie je modelování rozptyl znečišťujících látek na území města Opavy, se zahrnutím všech zdrojů znečišťování ovzduší. Všechny použité vstupní údaje jsou shodné jako v případě Rozptylové studie pro město Opava [1]. Jedinou výjimkou jsou vstupní meteorologická data. Modelování se provádí s použitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice.

Modelování se provádí pro tyto znečišťující látky:

- oxid dusičitý NO_2 ;
- suspendované částice vyjádřené jako frakce PM_{10} (polétavý prach);
- polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) vyjádřené jako benzo(a)pyren (B(a)P).

Ostatní významné znečišťující látky, zejména SO_2 , nebyly do této studie zahrnuty, neboť jejich koncentrace jsou na území města Opavy výrazně nižší než koncentrace určené limity, a to i v obdobích se zhoršenými rozptylovými podmínkami (při smogových situacích).

Modelování rozptylu znečišťujících látek probíhá podle metodiky Ministerstva životního prostředí ČR „SYMOS'97“ s využitím všech dostupných informací o emisích ze všech zdrojů znečišťování ovzduší, které mají vliv na kvalitu ovzduší na území města. Do rozptylové studie nebyly zahrnuty emise ze zdrojů znečišťování ovzduší z Polska, neboť nebylo možné získat pro jejich modelování dostatek informací.

Orientačně se provede také korekce výsledků modelování s využitím imisního monitoringu z roku 2003.

Dílčí cíle při řešení této rozptylové studie jsou:

1. modelování průměrných ročních koncentrací pro jednotlivé skupiny zdrojů (REZZO1 – 4) pro znečišťující látky NO_2 , PM_{10} a benzo(a)pyren pomocí metodiky SYMOS'97;
2. modelování celkové imisní situace;

3. orientační korekce výsledků modelování s využitím imisního monitoringu;
4. zpracování výsledků modelování do grafických výstupů v tištěné a digitální podobě.

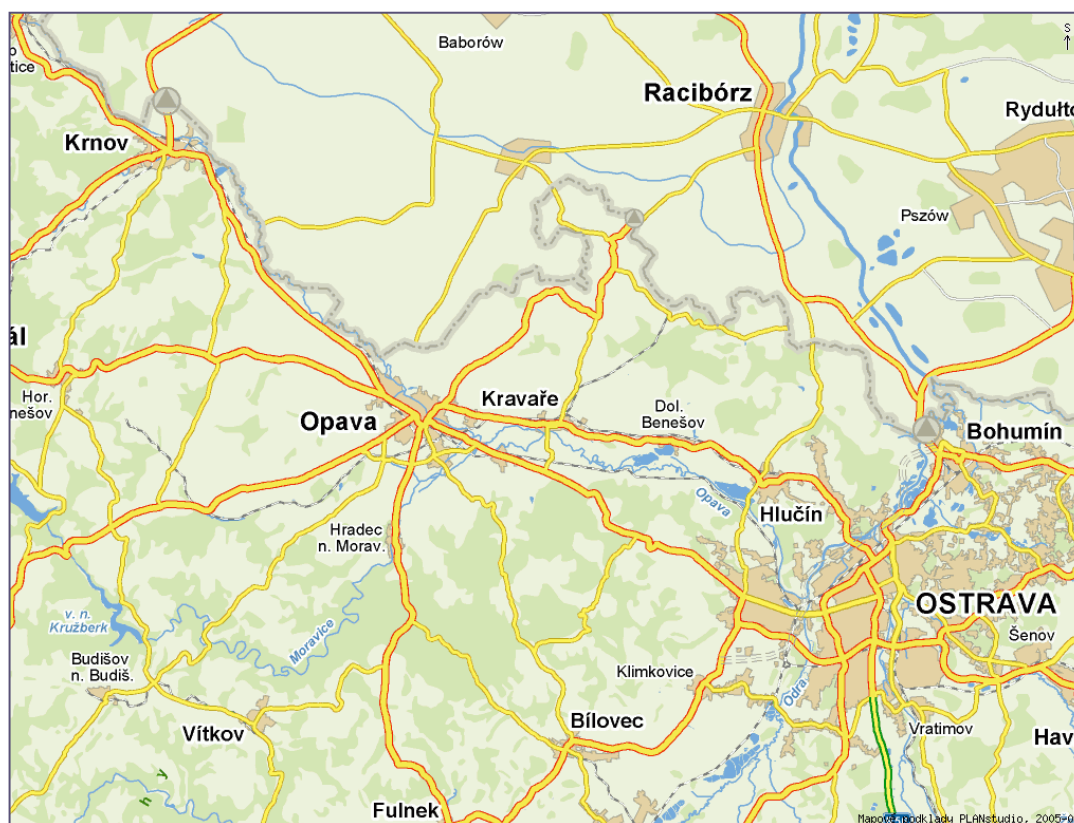
2 Vstupní údaje

Veškerá vstupní data byla převzata z Rozptylové studie pro město Opava [1]. Jedinou výjimkou jsou vstupní meteorologická data.

2.1 Obecná charakteristika území

Statutární město Opava je průmyslové, kulturní, zemědělské a správní centrum českého Slezska. Leží v úrodném údolí řeky Opavy, které je součástí Slezské nížiny. Jihozápadně je toto údolí ohraničeno masivem Nízkého Jeseníku.

Obr. č. 1: Poloha města Opavy



Zdroj: *Mapy.cz*

Střed města je v nadmořské výšce 257,0 m n. m. a jeho zeměpisné souřadnice jsou $49^{\circ} 56'$ s.z.š. a $17^{\circ} 54'$ v.z.d. Nejnižší místo (řeka Opava pod Komárovem) je položeno v 263,5 m n. m. a nejvyšší místo (Hůrka jižně od Podvihova) je v 529,8 m n. m.

Město Opava je rozděleno na třináct správních celků: Jaktař, Kateřinky u Opavy, Komárov, Kylešovice, Malé Hoštice, Milostovice, Opava – Město, Opava – Předměstí, Podvihov, Suché Lazce, Vávrovce, Vlastovičky a Zlatníky.

Celková rozloha města je 90,61 km². Souhrnné údaje o využití tohoto území uvádí Tabulka č. 1.

Tab. č. 1: Souhrnné údaje o využití území města Opavy

Zemědělská půda		67,57 km ²
	Orná půda	60,28 km ²
	Louky	3,25 km ²
	Zahrady	4,03 km ²
	Sady	0,17 km ²
	Trvalé travní porosty	3,30 km ²
Nezemědělská půda		23,04 km ²
	Lesní půda	5,08 km ²
	Vodní plochy	1,55 km ²
	Zastavěné plochy	5,13 km ²
	Ostatní plochy	11,27 km ²
Celkem		90,61 km²

Zdroj: ČSÚ [2]

Hospodářství, ekonomický potenciál a současná struktura průmyslu města Opavy je ovlivněna dlouhodobým historickým vývojem. Město Opava leželo na křižovatce důležitých obchodních cest a postupně se stalo střediskem potravinářského a strojírenského průmyslu. Z nejvýznamnějších podniků lze uvést IVAX Pharmaceuticals, a.s. (nyní s.r.o.), předního výrobce léčiv a chemických substancí v České republice. V tradiční výrobě trvanlivého pečiva pokračuje OPAVIA – LU, a.s., závod Opava, v potravinářství působí také NOWACO mrazírny, Bivoj (masné výrobky), Moravskoslezské cukrovary, a.s., odštěpný závod Opava, Pivovar Zlatovar (v současnosti mimo provoz) a Slezská pekárna J.L.N. Největším strojírenským podnikem ve městě je Ostroj Opava. Kovodělnou výrobu provozují firmy Ferram Opava, Femont Opava, Witzenmann Opava aj. Pokračovatelem tradic opavských papíren je Model Obaly. Moderní nátěrové hmoty vyrábí Balakom (nyní Akzo Nobel Coatings CZ, a.s.) V posledních letech se rozvíjí průmysl elektrotechnický, opravárenství a polygrafie.

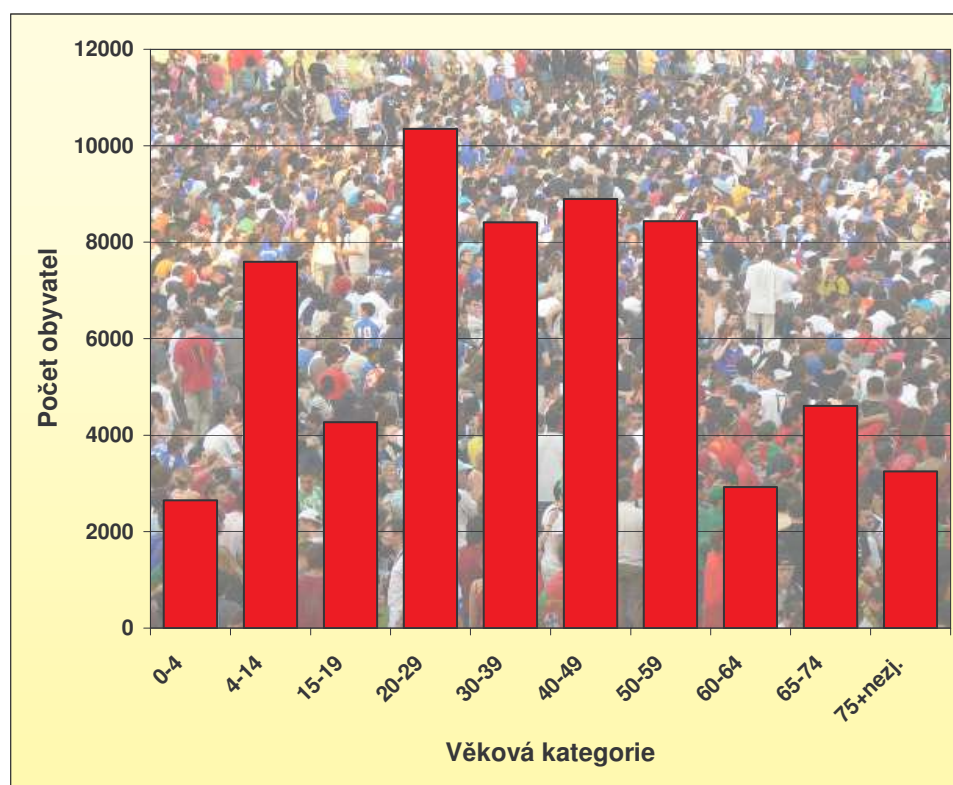
Na okraji města působí moderní zemědělské podniky. Ve městě sídlí i jedno z největších českých spotřebních družstev Jednota Opava.

2.1.1 Údaje o obyvatelstvu

Většina imisních limitů je vyhlášena pro ochranu zdraví obyvatelstva, neboť kvalita ovzduší je úzce spjata se zdravotním stavem populace. Dle Sčítání lidu, domů a bytů v roce 2001 [2] má Opava celkem 61 382 obyvatel trvale žijících na území města, což představuje hustotu 677 osob na km² (Věkové rozdělení obyvatelstva je zobrazeno v Grafu č. 1).

Je pravděpodobné, že většina těchto obyvatel žije v oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší, proto by bylo vhodné doplnit tuto studii o analýzu zatížení obyvatel imisemi a podrobněji stanovit podíl obyvatelstva, které žije v oblastech, kde dochází k překračování imisních limitů, a dále eventuálně případná nápravná opatření poté přednostně směřovat tam, kde jsou překračováním imisních limitů postiženy početně největší skupiny obyvatel.

Graf č. 1: Rozdělení obyvatelstva města Opavy dle věkových skupin



Zdroj: ČSÚ [3]

2.1.2 Stav životního prostředí

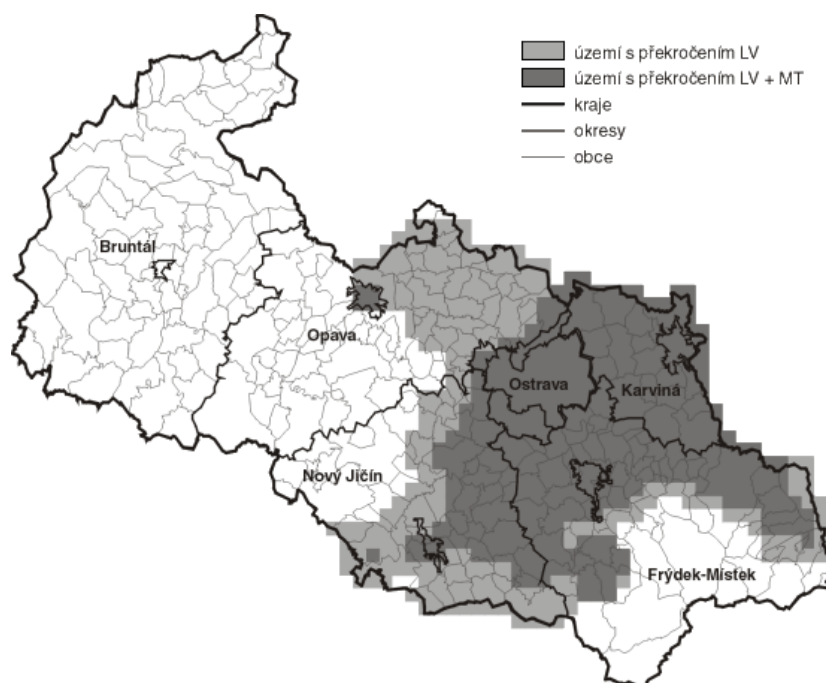
Ovzduší

Vzhledem k neuspokojivému řešení silniční sítě ve městě je oblast, vedle znečištění produkovaného velkými stacionárními zdroji, zatížena zejména emisemi z automobilové dopravy.

Nepříznivá je situace u znečištění zejména suspendovanými částicemi vyjádřeným jako frakce PM₁₀, polycyklickými aromatickými uhlovodíky a také oxidy dusíku. Přičemž u znečištění suspendovanými částicemi jsou překračovány přípustné limity (benzo(a)pyren se v oblasti neměří).

V roce 2003 byly na území města zjištěny koncentrace přesahující imisní limit a mez tolerance. Na základě dat z tohoto roku tak bylo město Opava opětovně vymezeno jako oblast se zhoršenou kvalitou ovzduší [4]. Viz Obrázek č. 2 a Tabulky č. 2a - 2c na následujících stranách.

Obr. č. 2: Území, na kterém došlo v roce 2003 k překročení imisního limitu (LV) nebo imisního limitu navýšeného o mez tolerance (LV + MT) pro některou ze sledovaných znečišťujících látek, bez zahrnutí ozonu



Zdroj: MŽP [4]

Tab. č. 2a: Překročení limitní hodnoty pro ochranu zdraví lidí (v % plochy územního celku města Opavy v roce 2003)

PM ₁₀ roční průměr > 40µg/m ³	PM ₁₀ max. 24h průměr >50µg/m ³ >35x/rok	B(a)P roční průměr > 0,001 µg/m ³
18,5	33,3	33,3

Zdroj: MŽP [4]

Tab. č. 2b: Překročení limitní hodnoty a meze tolerance pro ochranu zdraví lidí (v % plochy územního celku města Opavy v roce 2003)

PM ₁₀ roční průměr > 43,2 µg/m ³	PM ₁₀ 36. nejvyšší 24h průměr > 60 µg/m ³ > 35x/rok
14,8	3,7

Zdroj: MŽP [4]

Tab. č. 2c: Překročení limitní hodnoty a cílového imisního limitu pro ochranu ekosystémů a vegetace (v % plochy územního celku města Opavy v roce 2003)

NO _x roční průměr > 30 µg/m ³
0,3

Zdroj: MŽP [4]

Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší

Zákon č. 86/2002 Sb. (§7 odst. 1) [5] definuje oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší jako prováděcím právním předpisem vymezenou část území (zónu) nebo sídelního seskupení (aglomerace), kde je překročena hodnota jednoho nebo více imisních limitů nebo cílového imisního limitu pro ozon nebo hodnota jednoho či více imisních limitů zvýšená o příslušné meze tolerance.

Obec je v tomto případě povinna postupovat podle § 7 odst. 6 Zákona č. 86/2002 Sb. [5] do dvou let od vymezení oblasti Ministerstvem životního prostředí podle § 7 odst. 4 tohoto zákona vypracovat případně aktualizovat programy ke zlepšení kvality ovzduší pro znečišťující látky, u kterých jsou překračovány imisní limity a meze tolerance, v případě troposférického ozonu cílové imisní limity.

Voda

Městem protéká řeka Opava, která je součástí povodí Odry, a její vody jsou tak odváděny do Baltského moře.

Na území obce do řeky Opavy ústí dva nejvýznamnější přítoky Velká a Moravice. Je zřejmé, že jakost vod v povodí těchto řek, a u Moravice zvláště, je významně lepší, než v dílčím povodí Odry. Je to samozřejmý důsledek menší koncentrace průmyslu a řidšího osídlení.

Řeka Opava, poté co byly rekonstruovány a intenzifikovány čistírny odpadních vod v Krnově a Opavě, je v celé své délce, s výjimkou znečištění fosforem, klasifikována jako čistý tok. V případě řeky Moravice je situace obdobná.

Odpady

Struktura produkce odpadů odpovídá struktuře průmyslové výroby. Převládajícími oblastmi jsou potravinářská a chemická výroba a výroba elektrické a tepelné energie.

Ve městě je zaveden systém tříděného sběru komunálního odpadu, který provozují Technické služby Opava, a.s., které jsou také provozovatelem zařízení na dotřídňování komunálního odpadu. Město je, jako řada dalších obcí regionu, zapojeno do systému smluv se společností EKO-KOM, a.s. Využitelné vytríděné složky jsou tak materiálově využívány. Zejména se jedná o vytríděný papír, sklo, plasty, kovy a odpad z údržby soukromé i veřejné zeleně. Biodegradabilní odpad je zpracováván v kompostárně RABIO, s.r.o.

Poblíž města jsou dvě významná zařízení na odstraňování odpadů: Skládky Holasovice II – ELIO Slezsko a.s. a Zpracovatelské zařízení Chlebičov – EKO Chlebičov, a.s.

Staré ekologické zátěže

Nejvýznamnějšími starými ekologickými zátěžemi regionu jsou kontaminované území bývalého závodu Galena, a.s. (v současnosti IVAX Pharmaceuticals, s.r.o.), jehož riziko je klasifikováno jako extrémní, a sanované skládky průmyslového odpadu

společnosti Balakom, a.s. (nyní Akzo Nobel Coatings CZ, a.s.) Dále se na území města nachází ještě několik starých ekologických zátěží s nízkou rizikovostí. Přehled starých ekologických zátěží uvádí Tabulka č. 3 na následující straně.

Tab. č. 3: Přehled starých ekologických zátěží na území města Opavy

Název	Typ zátěže	Druh provozu	Celkové riziko	Provozovatel	Poznámka
SME, a.s. Opava - dvůr	elektrárny	energetika	4-nízké 4-bodové	SME, a.s.	-
Šibeniční kopec u Opavy	komunální skládka	ostatní	4-nízké 4-bodové	-	-
Akzo Nobel Coatings CZ, a.s. "Březinka"	průmyslová skládka	ostatní	2-vysoké 3-lokální	Akzo Nobel Coatings CZ, a.s.	Na lokalitě se nacházejí dvě skládky tzv. Stará skládka a skládka Březinka. Obě skládky jsou již po sanaci.
IVAX Pharmaceuticals s.r.o.	průmyslová / obchodní místa	chemický průmysl	1-extrémní 3-lokální	IVAX Pharmaceuticals s.r.o.	Lokalita se nachází ve výrazném meandru řeky Opavy. Rozloha celého areálu činí cca 24 ha. Areál je ze severu omezen tokem řeky Opavy, z jihu pak silnicí a železniční tratí spojující města Opavu a Ostravu.
Akzo Nobel Coatings CZ, a.s. Závod	průmyslová / obchodní místa	chemický průmysl	0-neznámé	-	Po sanaci.

Zdroj: VÚV T.G.M. [6]

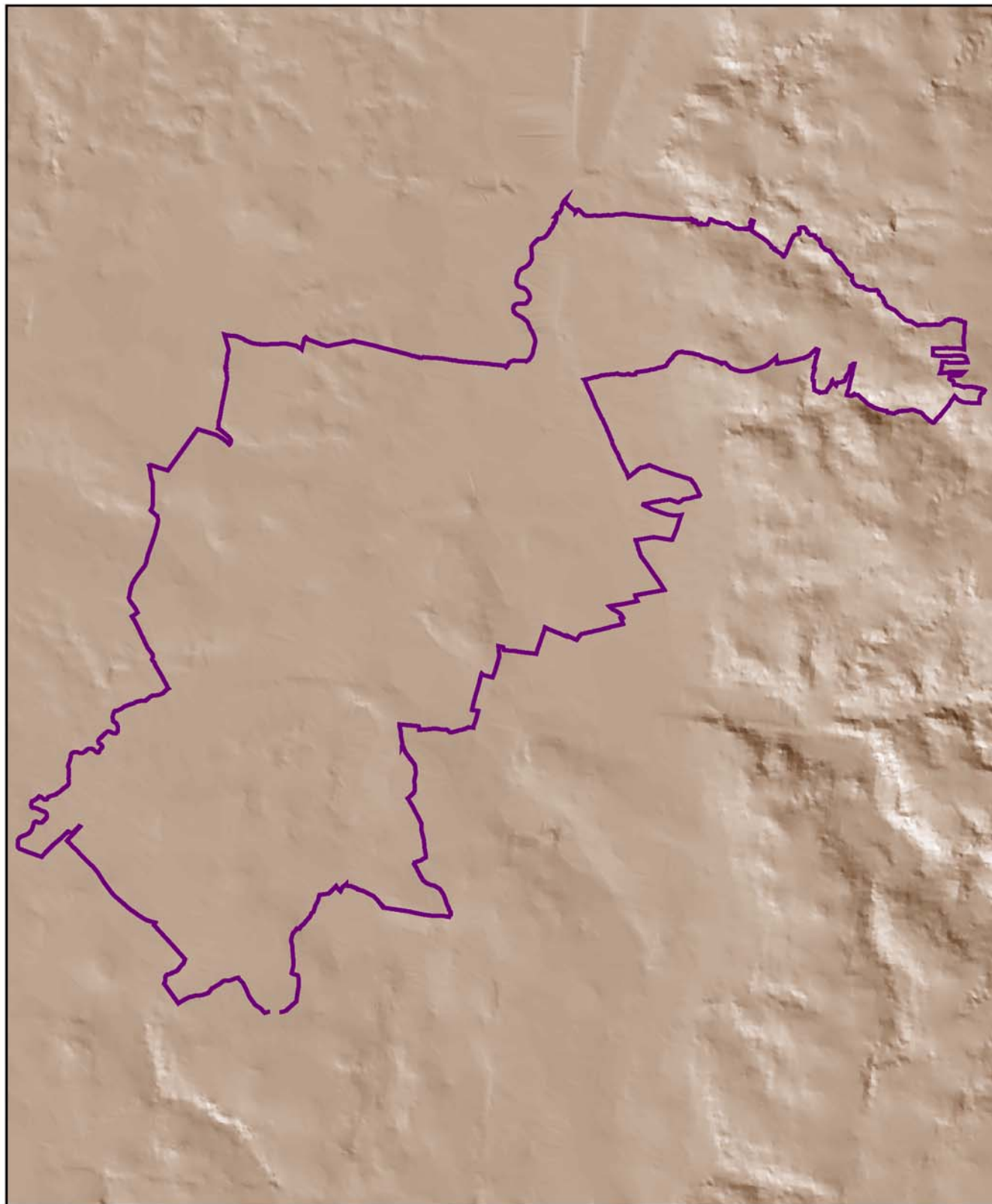
Zvláště chráněná území

Na území města Opavy se nenachází žádné zvláště chráněné území.

2.2 Terén

Pro modelování metodikou SYMOS'97 je nutno zadat tvar reliéfu celé modelované oblasti. Pro modelování byl použit digitální model terénu zájmového území, který byl vytvořen při vyhotovení Rozptylové studie pro město Opavu [1]. Viz mapka na str. 12. Použitý soubor s průběhem terénu v tomto formátu je k dispozici v digitální podobě.

Terén pro modelování na území města Opavy



Legenda:

hranice území
města Opavy



M 1:100 000

2.3 Klimatická a meteorologická charakteristika území

Podnebí města Opavy je dáno jeho zeměpisnou polohou. Území města je otevřeno baltickému klimatu, do něhož proniká vliv podnebí kontinentálního.

Podle Köppenovy klasifikace spadá opavské podnebí do skupiny Cfb – Teplá mírnější klimata, která se vyznačují proměnlivým často zamračeným počasím, mírnějším létem, teplým podzimem a dostatečnými srážkami.

Souhrn klimatických charakteristik města Opavy

Počet letních dnů	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	140 - 160
Počet mrazových dnů	110 - 130
Průměrný roční počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu	-2°C - -3°C
Průměrná měsíční teplota vzduchu v červenci	17°C - 18°C
Průměrná teplota v dubnu	7°C - 8°C
Průměrná teplota v říjnu	7°C - 8°C
Průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem nad 10 mm	14 - 18
Průměrný sezónní úhrn srážek v létě	280 mm - 320 mm
Srážkový úhrn v zimním období	200 mm - 250 mm
Průměrný sezónní počet dní se sněžením	50 - 60
Počet dnů zamračených	120 - 150
Průměrný roční počet jasných dnů	36 - 41
Průměrná sezónní rychlost větru na podzim	2,5 m/s - 3,0 m/s

Zdroj: Mapa klimatických oblastí [7]

2.4 Vstupní meteorologická data

Při modelování dlouhodobým modelem, který byl použit v této studii, se pracuje s meteorologickými daty statisticky zpracovanými pro určité období (v tomto případě deset let). Data dodává ČHMÚ v podobě matice hodnot, které jsou procentuálním výskytem určitého generalizovaného typu počasí v daném období. Počasí je zařazeno do určité kategorie podle kombinace třídy teplotní stability ovzduší (reprezentované průměrným teplotním gradientem γ) a rychlosti větru. Používají se třídy podle Bubníka a Koldovského.

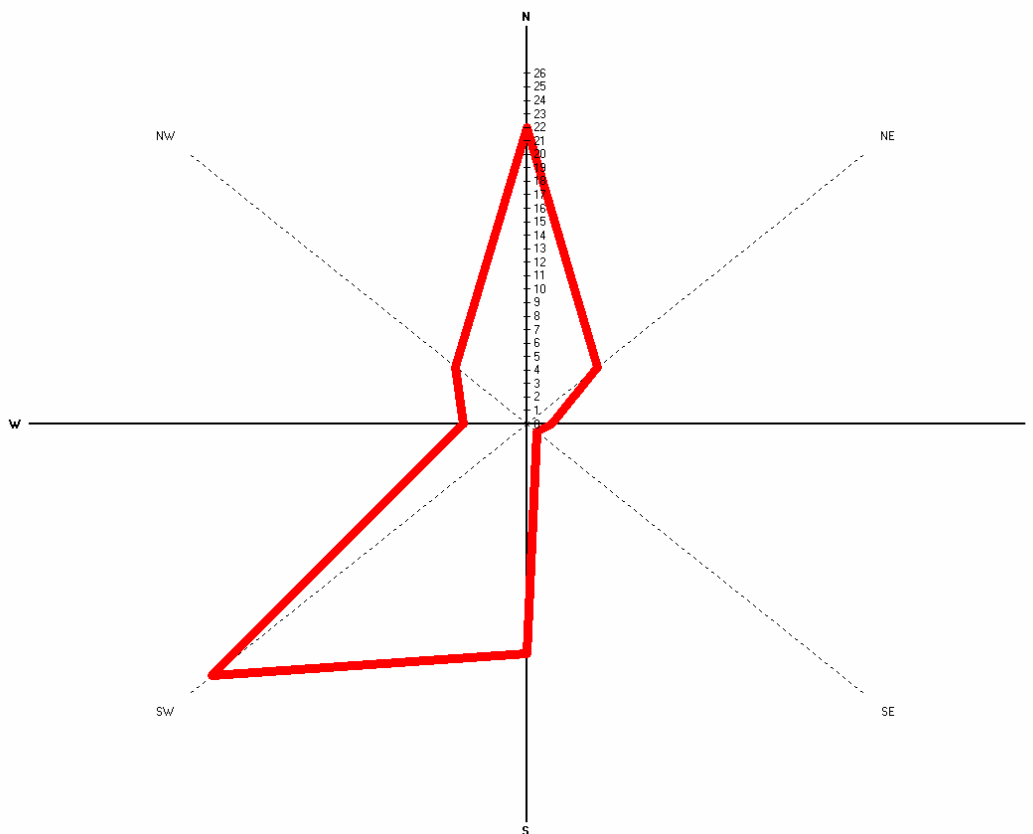
Celá sada takto upravených dat se nazývá stabilitní větrná růžice. Graficky lze četnost počasí v jednotlivých kategoriích znázornit jako paprskový graf, ve kterém je na jednotlivých osách (např. osmi směřů) vynesena četnost výskytu jednotlivých kategorií počasí [%].

Pro výpočty v této studii byl použit dlouhodobý odborný odhad větrné růžice pro lokalitu Opava, který byl dodán ČHMÚ.

Dlouhodobá stabilní větrná růžice pro Opavu

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Bezvětří	Součet [%]
I,tř, v=1,7m/s	1,71	0,43	0,13	0,10	1,14	0,93	0,21	0,33	5,33	10,31
II,tř, v=1,7m/s	4,52	1,32	0,34	0,22	3,52	2,76	0,44	0,64	5,88	19,64
II,tř, v=5m/s	0,09	0,06	0,01	0,00	0,16	0,23	0,03	0,05	0,00	0,63
III,tř, v=1,7m/s	5,42	1,42	0,31	0,19	3,40	3,27	0,57	0,97	2,57	18,12
III,tř, v=5m/s	2,31	1,04	0,16	0,02	1,87	5,03	0,58	0,43	0,00	11,44
III,tř, v=11m/s	0,08	0,00	0,00	0,00	0,07	0,30	0,05	0,00	0,00	0,50
IV,tř, v=1,7m/s	2,57	0,51	0,18	0,11	1,23	1,31	0,33	0,90	1,57	8,71
IV,tř, v=5m/s	2,17	0,58	0,14	0,03	2,29	7,03	0,85	0,78	0,00	13,87
IV,tř, v=11m/s	0,35	0,03	0,02	0,01	0,95	3,98	0,36	0,03	0,00	5,73
V,tř, v=1,7m/s	2,33	0,47	0,17	0,08	0,85	1,03	0,33	1,00	1,31	7,57
V,tř, v=5m/s	0,43	0,04	0,03	0,04	1,52	0,52	0,05	0,85	0,00	3,48
Součet [%]	21,98	5,90	1,49	0,80	17,00	26,39	3,80	5,98	16,66	100,00

Údaje v tabulce jsou uvedeny v procentech výskytu dané situace za rok.



2.5 Úroveň znečištění ovzduší, imisní limity a meze tolerance

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší [5] stanovuje přípustné limity úrovně znečištění ovzduší.

Úroveň znečištění ovzduší je hmotnostní koncentrace znečišťujících látek v ovzduší nebo jejich depozice z ovzduší na jednotku plochy zemského povrchu za jednotku času.

Imisní limit je hodnota nejvýše přípustné úrovně znečištění ovzduší vyjádřená v jednotkách hmotnosti na jednotku objemu při normální teplotě a tlaku.

Mez tolerance je procento imisního limitu nebo část jeho absolutní hodnoty, o které může být imisní limit překročen. Meze tolerance se postupně snižují až do roku 2010, kdy budou mít nulové hodnoty pro všechny znečišťující látky.

Hodnoty imisních limitů a mezí tolerance pro zájmové znečišťující látky uvádějí Tabulky č. 4 a 5 [8].

Tab. č. 4: Imisní limity pro zájmové znečišťující látky

Znečišťující látka	Vyjádřena jako	Imisní limit [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]			Účel vyhlášení
		IHr	IHd	IHk	
Prašný aerosol	PM ₁₀	40	50(35x)	-	Ochrana zdraví lidí
Oxidy dusíku	NO ₂	40	-	200(18x)	Ochrana zdraví lidí
	NO _x	30	-	-	Ochrana ekosystémů
Benzo(a)pyren	B(a)P	0,001	-	-	Ochrana zdraví lidí

V závorce (dolní index) je uveden maximální počet překročení uvedeného limitu za rok.

IHr - průměrná roční koncentrace znečišťující látky (aritmetický průměr za kalendářní rok).

IHd - průměrná denní koncentrace znečišťující látky (aritmetický průměr koncentrací za 24 hodin.)

IHk - průměrná koncentrace znečišťující látky za 1 hodinu.

Tab. č. 5: Meze tolerance pro zájmové znečišťující látky (2005 – 2010) [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Rok						Účel vyhlášení
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Oxid dusičitý NO ₂	IHr	10	8	6	4	2	0	Ochrana zdraví lidí
	IHk	50	40	30	20	10	0	

IHr - průměrná roční koncentrace znečišťující látky (aritmetický průměr za kalendářní rok).

IHk - průměrná koncentrace znečišťující látky za 1 hodinu.

2.6 Imisní pozadí lokality

Základním podkladem pro hodnocení současného imisního zatížení jsou výsledky imisního monitoringu. Nejbližší imisní monitorovací stanicí je stanice Opava – Kateřinky (viz Tabulka č. 6 na následující straně).

Tab. č. 6: Karta měřicí stanice Opava – Kateřinky

Základní údaje	
Kód	TOVK
Název	Opava – Kateřinky
Stát	Česká republika
Vlastník	Český hydrometeorologický ústav
Kraj	Moravskoslezský
Okres	Opava
Obec (ZÚJ)	Opava
Typ měřicího programu	Automatizovaný měřicí program
Klasifikace	
EOI - typ stanice	pozaďová
EOI - typ zóny	městská
EOI - charakteristika zóny	obytná
EOI - zkratka	B/U/R
Lokalizace	
Zeměpisné souřadnice	49° 56' 41.97" sš; 17° 54' 34.30" vd
Nadmořská výška	255 m
Doplňující údaje	
Terén	rovina, velmi málo zvlněný terén
Krajina	vícepodlaž. zástavba (sídliště z posled. desetil.)
Reprezentativnost	okreskové měřítko - městské nebo venkov (0,5 – 4 km)
Poznámka	
Dobrá lokalita ve sportovním areálu	
Dodavatel dat, adresa	
ČHMÚ – pobočka Ostrava AIM Mgr. Libor Černíkovský K Myslivně 3/2182 708 00 Ostrava – Poruba	Tel: 596 900 218
	Fax: 596 910 284
	E-mail: cernikov@chmi.cz

Zdroj: ČHMÚ [9]

Maximální hodnoty a průměrné roční imisní koncentrace zájmových znečišťujících látek na monitorovací stanici Opava – Kateřinky jsou za rok 2003 uvedeny v Tabulce č. 7. Denní průměry za rok 2003 znázorňují Grafy č.2 a 3.

Tab. č. 7: Vybraná imisní data z monitorovací stanice Opava – Kateřinky pro rok 2003

PM ₁₀ [μg.m ⁻³]										
Nejvyšší IHk		Nejvyšší IHd		Čtvrtletní aritmetický průměr				Roční aritmetický průměr (IHr)	Imisní limit	
Hodnota	Datum	Hodnota	Datum	I.	II.	III.	IV.		IHd	IHr
681,0	01.03.	351,8	01.03.	75,4	35,6	32,2	34,9	44,3	50	40
NO ₂ [μg.m ⁻³]										
Hodinové maximum v roce		Denní maximum v roce		Čtvrtletní aritmetický průměr				Roční aritmetický průměr (IHr)	Imisní limit	
Hodnota	Datum	Hodnota	Datum	I.	II.	III.	IV.		IHk	IHr
104,6	19.09.	61,1	25.02.	23,0	13,6	14,4	20,9	18,0	200	40

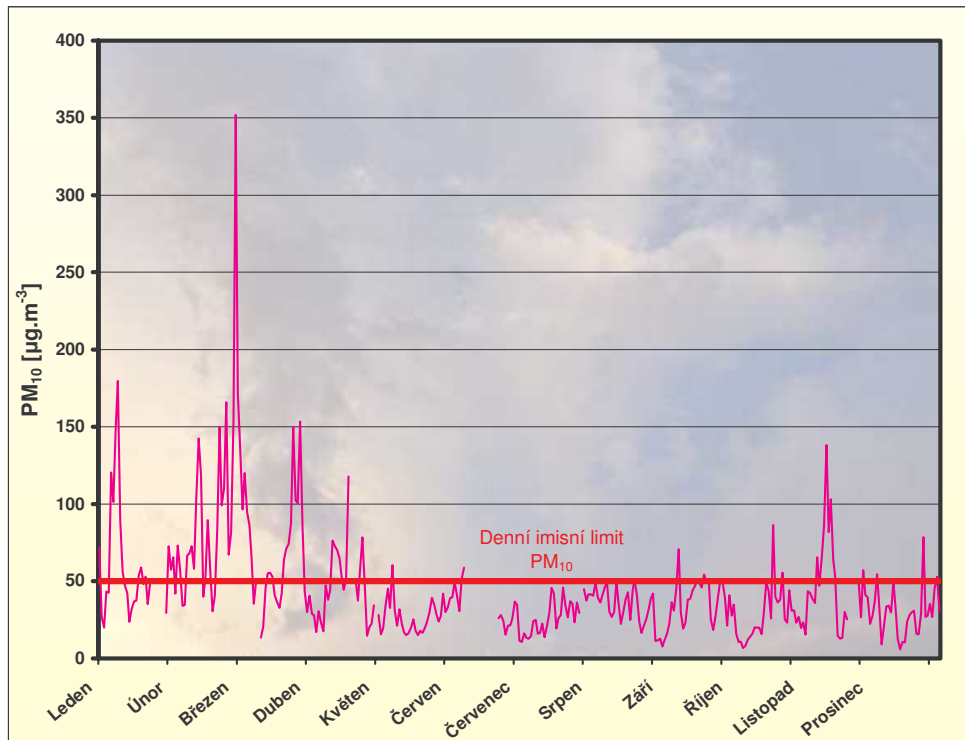
IHr - průměrná roční koncentrace znečišťující látky (aritmetický průměr za kalendářní rok).

IHd - průměrná denní koncentrace znečišťující látky (aritmetický průměr koncentrací za 24 hodin.)

IHk - průměrná koncentrace znečišťující látky za 1 hodinu.

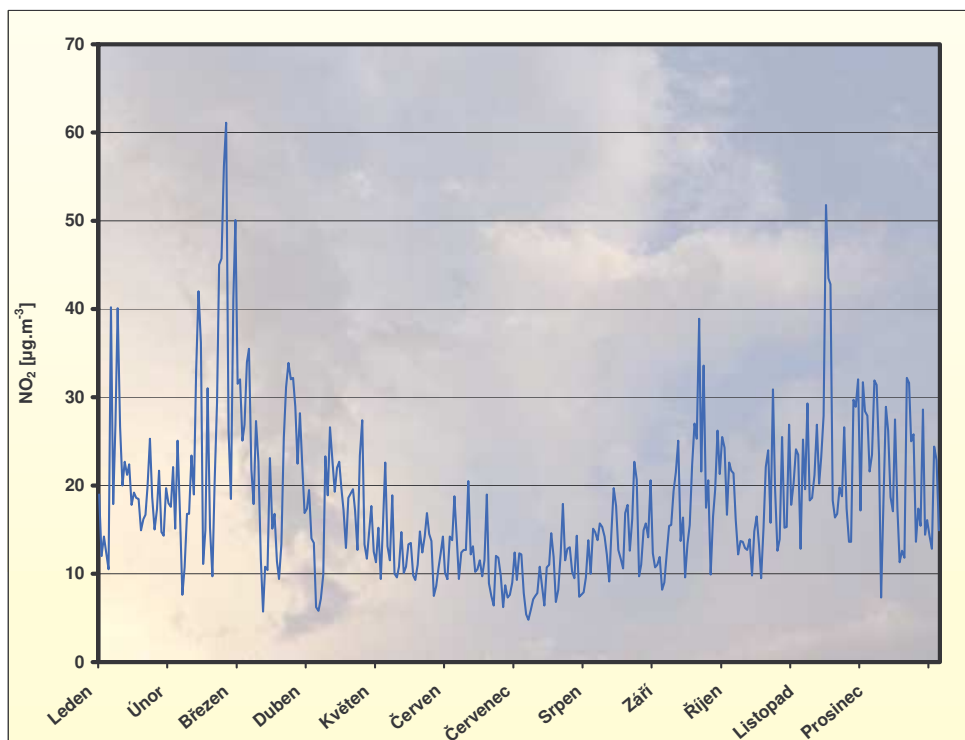
Zdroj: ČHMÚ [10]

Graf č. 2: Průběh průměrných denních koncentrací PM₁₀ na monitorovací stanici Opava – Kateřinky za rok 2003



Zdroj: ČHMÚ [10]

Graf č. 3: Průběh průměrných denních koncentrací NO₂ na monitorovací stanici Opava – Kateřinky za rok 2003



Zdroj: ČHMÚ [10]

Podle výsledků imisního monitoringu na stanici Opava – Kateřinky za rok 2003 je u znečišťující látky PM₁₀ překračován denní imisní limit (celkem překročen 90x) i roční imisní limit (IHr = 44,3 mg.m⁻³, což odpovídá překročení o téměř 11%).

2.7 Zdroje znečišťování ovzduší

Vnímání pojmu „zdroj znečišťování ovzduší“ není jednoznačné.

Dle zákona č. 86/2002 Sb. [5] jsou zdrojem znečišťování ovzduší zařízení nebo činnosti, které znečišťují nebo mohou znečišťovat ovzduší čili do ovzduší vnášet jednu či více znečišťujících látek.

Na základě §4 tohoto zákona jsou zdroje znečišťování ovzduší

- stacionární,
- mobilní.

Stacionární zdroje znečišťování ovzduší jsou pak dále děleny podle míry svého vlivu na kvalitu ovzduší na kategorie

- zvláště velké zdroje,
- velké zdroje,
- střední zdroje,
- malé zdroje.

Mobilními zdroji jsou samohybná a další pohyblivá, případně přenosná zařízení vybavená spalovacími motory znečišťujícími ovzduší, pokud tyto motory slouží vizuálně k vlastnímu pohonu nebo jsou zabudovány jako nedílná součást technologického vybavení. Mohou to být dopravní prostředky, nesilniční mobilní stroje nebo přenosná nářadí vybavená spalovacím motorem.

V databázích REZZO se zdrojem rozumí provozovna. V rámci provozovny však může znečišťující látky do ovzduší vypouštět až několik desítek komínů či výduchů.

Pro účely modelování je za zdroj považován jednotlivý komín či výdech. Proto se v této zprávě používá pojem zdroj právě v tomto smyslu (není-li uvedeno jinak). Pod pojmem provozovna se rozumí zdroj ve smyslu zákona.

U některých modelovaných zdrojů, konkrétně u malých stacionárních zdrojů a u mobilních zdrojů, jsou jednotlivé komíny, výduchy, resp. výfuky reprezentovány vhodnějším způsobem. Lokální topeniště jsou reprezentována sítí plošných zdrojů o zvolené velikosti buňky a doprava je reprezentována sítí liniových zdrojů, která kopíruje průběh silniční sítě.

Předmětem modelování jsou všechny skupiny zdrojů znečišťování ovzduší na území města Opavy.

Vstupní data o zdrojích znečišťování ovzduší byla pro tuto rozptylovou studii převzata z Rozptylové studii pro město Opava [1].

Souhrnné údaje o emisích z jednotlivých modelovaných skupin zdrojů znečišťování ovzduší jsou uvedeny v Tabulce č. 8.

Tab. č. 8: Souhrnné emise na území města Opavy podle jednotlivých skupin zdrojů

Látka	Zvláště velké a velké zdroje		Střední zdroje		Lokální topeniště		Doprava		Celkem
	[t/rok]	[%]	[t/rok]	[%]	[t/rok]	[%]	[t/rok]	[%]	[t/rok]
TZL	19,548	20,653	21,291	22,49	42,997	45,43	10,815	11,43	94,652
NO_x	110,950	38,015	47,732	16,35	35,613	12,20	97,566	33,43	291,862
B(a)P	8,028*	0,116	4,706*	0,07	6856,000*	99,39	29,159*	0,42	6897,892*

* U B(a)P jsou uváděné hodnoty v [g/rok]

Nejvýznamnějšími zdroji znečišťování TZL jsou na území města Opavy lokální topeniště, která produkují více než 45% z celkového množství emisí TZL produkovaných na území města. Dalšími významnými zdroji znečišťování TZL jsou střední a zvláště velké a velké zdroje znečišťování (více než 22%, resp. více než 20%, z celkového množství emisí TZL produkovaných na území města).

U znečišťování NO_x je na území města Opavy vliv nejvýznamnějších znečišťovatelů – zvláště velkých a velkých zdrojů a dopravy – srovnatelný. Produkují

více než 38%, resp. více než 33%, celkového množství emisí NO_x produkovaných na území města.

U znečišťování B(a)P na území města Opavy výrazně převažují nad všemi ostatními zdroji lokální topeniště. Jejich emise tvoří většinu – více než 99% emisí z celkového množství emisí B(a)P produkovaných na území města.

3 Metodika výpočtu

Ve většině zemí je v současné době rozptýl znečišťujících látek v přízemní vrstvě atmosféry modelován pomocí difúzních modelů založených na aplikaci Suttonovy statistické teorie turbulentní difúze.

3.1 Suttonova statistická teorie turbulentní difúze

Statistická teorie turbulentní difúze byla vytvořena Suttonem na základě Taylorovy statistické korelační teorie turbulence a řešení klasické rovnice difúze.

Suttonova rovnice pro výpočet koncentrace plyných látek v libovolném místě v okolí plynulého vyvýšeného bodového zdroje je:

$$K(x, y, z) = \frac{Q_m}{\pi C_y C_z u x^{2-n}} \exp\left(-\frac{y^2}{C_y^2 x^{2-n}}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{C_z^2 x^{2-n}}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{C_z^2 z^{2-n}}\right) \right]$$

Odvození parametrů C_y a C_z bylo provedeno ve tvaru:

$$C_z = \left[\frac{4}{(1-n)(2-n)} \left(\frac{N}{u}\right)^n \left(\frac{w'^2}{u^2}\right)^{1-n} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Kde C_z je vertikální difúzní parametr.

Analogicky pro složku y :

$$C_y = \left[\frac{4}{(1-n)(2-n)} \left(\frac{N}{u}\right)^n \left(\frac{u'^2}{u^2}\right)^{1-n} \right]^{\frac{1}{2}}$$

V těchto vzorcích je

- n ... meteorologický exponent (bezrozměrný),
- N ... Suttonova makroviskozita [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$],

u', w' ... odchylky od průměrných složek rychlostí proudění vsměru osy y a z [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

Meteorologický exponent je definován z profilu rychlostí větru:

$$u = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{\frac{n}{2-n}}$$

Kde u a u_1 , jsou rychlosti větru ve výškách z a z_1 . Exponent n nabývá hodnot v intervalu $\langle 0;1 \rangle$ v závislosti na stabilitě ovzduší (0 – vysoce labilní, 1 - velmi stabilní).

Suttonova makroviskozita:

$$N = u' \cdot z_0$$

Kde z_0 je délka drsnosti, tj. teoretická výška nad terénem mající geometrický význam hladiny, kde se průměrná rychlost u' stává nulovou [m].

Třetí rychlost u^* [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] lze stanovit:

$$u_* = \sqrt{u'w'}$$

Pro $z = 0$:

$$K(x, y) = \frac{2Q_m}{\pi C_y C_z u x^{2-n}} \exp \left[-\frac{1}{x^{2-n}} \left(\frac{y^2}{C_y^2} + \frac{h^2}{C_z^2} \right) \right]$$

kde x, y ... souřadnice receptoru [m],

K ... koncentrace ZL v bodě o souřadnicích $x, y, (z)$ [$\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$],

Q_m ... emise ZL ze zdroje [$\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$],

h ... výška bodového zdroje [m],

u ... rychlost větru v místě zdroje [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

Tato teorie je základem většiny používaných rozptylových modelů, které jsou často modifikací základní Suttonovy funkce. Pro výpočty imisí v této studii byl použit matematický model, rovněž založený na Suttonově teorii difúze – SYMOS '97. [2]

3.2 SYMOS '97

SYMOS '97 byl vydán v roce 1998 jako doporučená metodika MŽP ČR ve Věstníku Ministerstva životního prostředí. Zároveň byla tato metodika zpracována jako software pro počítače třídy PC i pro počítače třídy pracovních stanic s operačním systémem UNIX. Program dodává firma Idea Envi, s.r.o. Metodika je určena především pro vypracování rozptylových studií, jakožto podkladů pro hodnocení kvality ovzduší.

SYMOS '97 je tzv. **dlouhodobý model**. To znamená, že vstupní meteorologická data, tj. rychlost větru a stabilita ovzduší, vstupují do modelu po statistickém zpracování skutečných meteorologických pozorování a roztřídění počasí do tříd, které jsou dány určitým rozsahem rychlostí větru a průměrného vertikálního teplotního gradientu ve směšovací vrstvě. Výsledek je možno znázornit grafy četnosti výskytu uvedených tříd počasí – tzv. stabilitními větrnými růžicemi.

Modelování tzv. **průměrných dlouhodobých koncentrací** se pak provádí tak, že výpočtová funkce se počítá pro „každý“ směr větru (obvykle ve všech směrech po jednom až třech stupních) a výsledku je přiřazena taková váha, jaká je četnost výskytu použité kombinace tříd počasí v daném směru. Výsledek je tedy závislý na průměrném výskytu určitého počasí za modelované období. Pokud jsou známy průměrné emise zdrojů za stejné období, je možno správně vyhodnotit průměrné koncentrace za období, pro které jsou statisticky zpracována meteorologická data. Ve studii byla použita průměrná roční data o zdrojích i roční průměry meteorologických dat. Výsledkem tedy byly vyhodnocené **průměrné roční koncentrace** modelovaných znečišťujících látek.

Podle použité metodiky je však možno vyhodnocovat také tzv. **maximální krátkodobé koncentrace**. Tyto koncentrace se vyhodnocují tak, že se vypočítají hodnoty imisí při „všech“ rychlostech větru od 1,5 do 15 m/s v intervalech daných

metodikou, ve „všech“ směrech (podle metodiky 360 směrů po 1 stupni). **Výsledkem jsou pak teoretická maxima, vypočtená na všech receptorech, ze všech uvedených kombinací meteorologických parametrů, bez ohledu na to, zda se ve sledované oblasti za sledovaný časový interval vůbec vyskytly, a bez ohledu na časový průběh emisí ze zdrojů.** Výsledky jsou tedy kromě emisí ovlivněny pouze geometrií zdrojů a terénu.

Metodika je určena především pro vypracování rozptylových studií, jakožto podkladů pro hodnocení kvality ovzduší. Metodika není použitelná pro výpočet znečištění ovzduší ve vzdálenosti nad 100 km od zdrojů a uvnitř městské zástavby, pod úrovní střech budov (např. na křižovatkách nebo v kaňonech ulic). Toto omezení jsme zohlednili v grafických výstupech, kde je znázorněna zástavba tak, aby překrývala grafické informace o koncentracích znečišťujících látek. Základních rovnic modelu rovněž nelze použít pro výpočet znečištění pod inverzní vrstvou, ve složitém terénu a při bezvětří.

Při posuzování výsledků modelování je nutno vzít v úvahu všechna uvedená omezení použitého modelu. To znamená, že výsledné rozložení přízemních koncentrací všech znečišťujících látek je statistické, s významným zjednodušením působících faktorů (zejména meteorologických podmínek a prostorových okrajových podmínek). Výsledky modelování jsou proto orientační a jsou vhodné zejména pro srovnání působení jednotlivých druhů zdrojů v různých obdobích. Lokálně se mohou ve skutečnosti vyskytnout i výrazně vyšší koncentrace znečišťujících látek, zejména ve složitém terénu (hlubší, úzká údolí) a v husté zástavbě. [2]

3.3 Analytický disperzní modelovací superpočítačový systém (ADMOSS)

Pro vypracování této studie byla použita metoda výpočtu pomocí systému ADMOSS. S tohoto využitím systému bylo možné modelovat celé území města Opavy o rozsahu řádově stovek km² s přesností a generalizací obvyklou pro lokální rozptylové studie s několika zdroji a velikostí modelované oblasti řádově km². Přesnost umístění zdrojů, podrobná analýza rozložení emisí a podrobnost sítě výpočtových bodů umožňuje srovnávat imise způsobené zdroji lokálního významu

(doprava a lokální topeniště) s velkými průmyslovými zdroji. To vše umožňuje získat věrohodný obraz o relativním rozložení imisí ze všech zdrojů z území města.

3.3.1 Použité technické vybavení

K výpočtům byl použit superpočítačový cluster Termit, který se nachází v Superpočítačovém centru VŠB-TUO. Tento cluster se skládá z 16 uzlů. Každý z těchto uzlů je tvořen dvěma procesory AMD Athlon MP 2600+, 3 GB RAM a Fast Ethernet (100 Mbit/s) adaptérem. Celý cluster používá operační systém RedHat Linux 7.2. Výpočty je možné realizovat na všech volných uzlech clusteru, což v praxi umožňuje počítat několik úloh najednou.

Pro přípravu dat a pro výpočet modelu bylo použito pracovní stanice Silicon Graphics Octane se dvěma procesory MIPS R12000, 350 MHz, operační systém IRIX 6.3. Výstupy byly připraveny na počítačích třídy PC, dále zpracovány na pracovní stanici Silicon Graphics Octane a vytištěny na tiskárně Hewlett-Packard Business InkJet 3000.

3.3.2 Použité programové vybavení

Pro analýzu a konverzi vstupních a výstupních dat pro modelování byl použit programový balík pro GIS ArcInfo verze 8.0.2 firmy ESRI, Inc., byly vytvořeny vlastní programové moduly v programovacím jazyce AML (ArcInfo macro language).

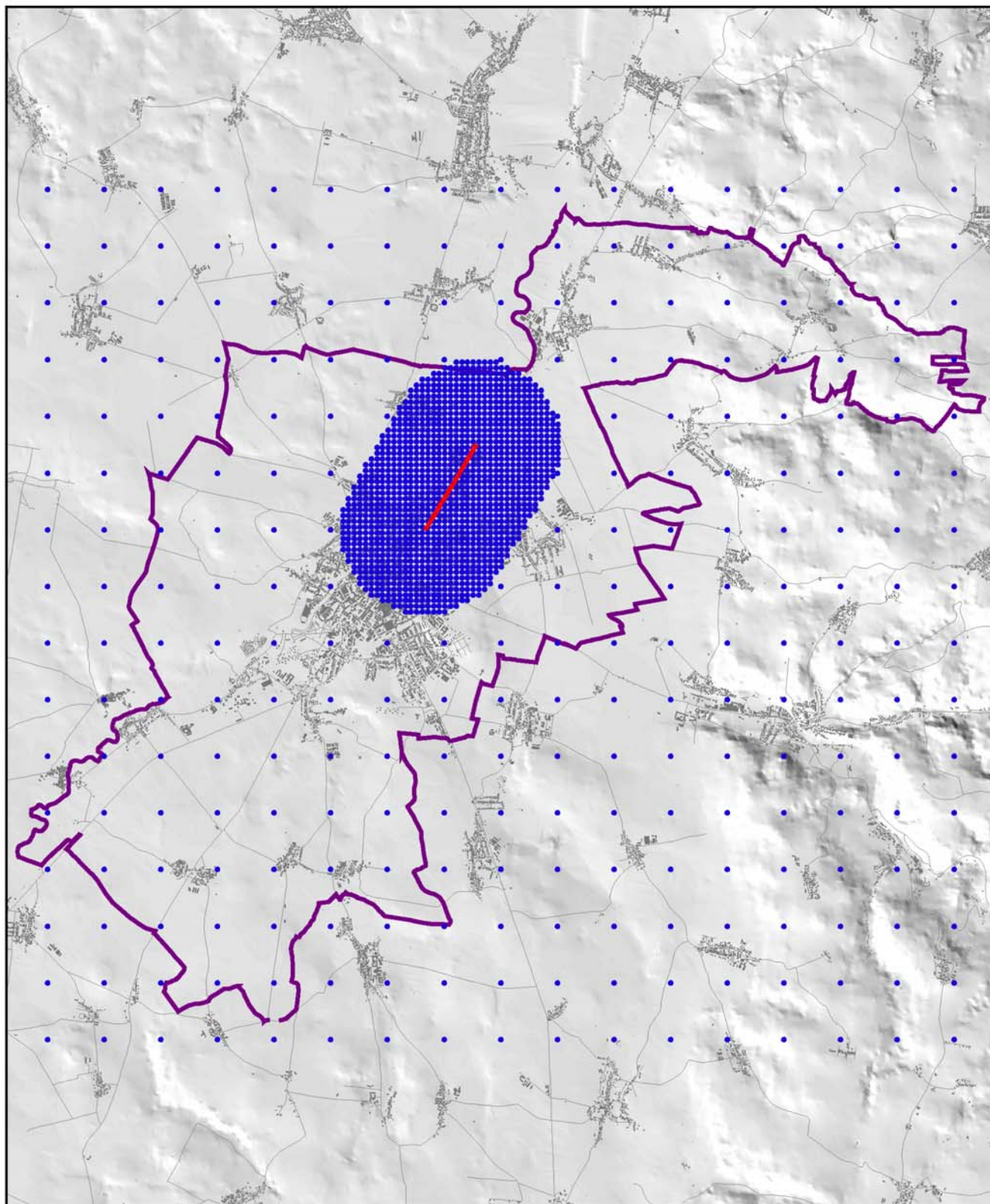
Pro vlastní modelování rozptylu modelování byl použit program SYMOS'97, verze 2003 firmy Idea-Envi, s.r.o., ve verzi pro operační systém UNIX (LINUX).

3.3.3 Rozdělení zdrojů a sítě receptorů

Území bylo rozděleno pravidelnou čtvercovou sítí o straně 1500 m. Jednalo-li se o velké a vysoké zdroje znečištění (REZZO 1), které ovlivňují svými emisemi velké oblasti, byla použita v celém zájmovém území pravidelná síť receptorů o kroku 100 m. Pokud se jednalo o nižší zdroje, s lokálním dosahem (REZZO 2, liniové zdroje, lokální topeniště), byla použita síť receptorů skládající se ze dvou částí. První část, která zahrnovala obalovou zónu 2500 m okolo zdrojů REZZO 2, resp. 1500 m okolo lokálních topenišť a liniových zdrojů, byla tvořena pravidelnou sítí receptorů s krokem

100 m. Druhá byla tvořena pravidelnou sítí receptorů s krokem 1500 m, pokrývající zbytek zájmového území vně obalových zón. Tímto postupem bylo možno získat detailní informace o hodnotách znečištění v oblasti, kde se tyto hodnoty prudce mění a zároveň mít pod kontrolou hodnoty znečištění v celém zájmovém území. Viz mapka na str. 27.

Ukázka tvorby receptorů



3.3.4 Management výpočtů

Byl vytvořen systém managementu výpočtů, který rozdělené výpočty posílá do fronty úloh na paralelní výpočetní systém Termit. Po ukončení výpočtů se výsledek každé úlohy převede do formátu prostorových dat (bodová vrstva – receptory s hodnotami koncentrací). Z těchto dat jsou interpolovány rastrové soubory (GRIDy). Pro jejich vytvoření se používá po částech lineární interpolace. Tím vzniknou výsledné prostorové rastrové soubory (GRIDy) s velikostí buňky 25 metrů, které pokrývají zájmovou oblast. Tato prostorová data jsou dále sečtena do výsledného výstupu, který je součtem všech dílčích úloh pro jednotlivé díly.

3.4 Korekce výsledků modelování

Model SYMOS'97, který byl použit pro modelování, vykazuje u průměrných ročních koncentrací obecně nižší výsledky. Srovnání výsledků modelování s výsledky imisního monitoringu ukázalo, že modelové hodnoty jsou nižší než hodnoty naměřené, přičemž větší rozdíl byl zaznamenán u PM_{10} . Podhodnocení výsledků modelování je způsobeno zejména tím, že model SYMOS'97 nepostihuje ranní přízemní inverze a tzv. inverzní situace při bezvětří, při kterých dochází ke zvýšenému znečišťování ovzduší. V případě PM_{10} model dále nezahrnuje všechny zdroje tuhých znečišťujících látek, zejména reemise (emise, způsobené opětovným zvířením již usazených částic vlivem větru a dopravy).

Korekce výsledků byla provedena pro znečišťující látky PM_{10} a NO_2 . Korekce výsledků nebyla provedena pro B(a)P, neboť z dané lokality nejsou k dispozici výsledky měření.

3.4.1 Stanovení pozad'ových koncentrací

Na základě imisního monitoringu na monitorovací stanici Červená hora v Jeseních byly určeny pro jednotlivé znečišťující látky pozad'ové koncentrace. Tyto koncentrace v sobě zahrnují imise ze zdrojů, které nebyly zahrnuty do modelování. Jedná se o „přirozené imisní pozadí“, které se v ovzduší vyskytuje nezávisle na lokálních antropogenních zdrojích.

Pro PM₁₀ byla tato hodnota stanovena na 25 µg.m⁻³. Pro NO₂ byla tato hodnota stanovena na 8 µg.m⁻³.

3.4.2 Stanovení korekčních konstant

Uvedené hodnoty požadových koncentrací byly odečteny od průměrných ročních koncentrací znečišťujících látek z monitorovací stanice Opava – Kateřinky a byl stanoven poměr mezi upravenými hodnotami výsledků imisního monitoringu a namodelovanými koncentracemi. Takto byly získány korekční konstanty jak pro jednotlivé skupiny zdrojů, tak pro všechny zdroje celkem. Konstanty uvádějí, kolikrát model hodnoty koncentrací v dané oblasti podhodnocuje.

Pro PM₁₀ byla určena korekční konstanta 6,9. Pro NO₂ byla určena korekční konstanta 1,6. Tyto hodnoty korekčních konstant odpovídají hodnotám korekčních konstant z podobných rozptylových studií, zpracovaných pro rozsáhlejší území (viz Tabulka č. 5).

Tab. č. 9: Korekční konstanty určený při obdobných rozptylových studiích

Zdroj	Korekční konstanta PM ₁₀	Korekční konstanta NO ₂
Místní program zlepšení kvality ovzduší pro město Ostrava [12]	6,0 – 9,0	6,0 – 7,0
Modelování rozptylu znečišťujících látek pro informační systém kvality ovzduší města Olomouce [13]	7,6	3,5
Rozptylová studie pro obec s rozšířenou působností Kopřivnice [14]	13,4	4,1
Korekce výsledků modelování s využitím imisního monitoringu : Dodatek č. 2 k Rozptylové studii pro město Opava [15]	13,7	3,3

3.4.3 Korekce výsledků modelování

Výsledky modelování byly korigovány násobením korekčními konstantami a přičtením uvedených požadových koncentrací.

Je zřejmé, že v případě použití dlouhodobé stabilní větrné růžice není vhodné srovnávat výsledky modelování s konkrétní imisní situací z roku 2003. Výsledky korekce jsou proto zcela orientační.

4 Výstupní údaje

Výsledkem každé varianty výpočtu je databázový soubor ve formátu *.dbf.

S využitím technologie GIS byly z výstupů modelu SYMOS'97 vytvořeny bodové vrstvy ve formátu ESRI Shapefile. Z těchto bodových vrstev byly vytvořeny rastrové soubory ve formátu ESRI GRID s velikostí buňky 10 m, které pokrývají spojitě celé zájmové území. Hodnota každé buňky gridu odpovídá průměrné roční koncentraci v daném místě. Pro jejich vytvoření byla použita „po částech lineární“ interpolace.

4.1 Vypočtené charakteristiky

Průměrné roční koncentrace PM₁₀, SYMOS'97

- Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise ze středních zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise z lokálních topenišť
- Imise z automobilové dopravy
- Imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší
- Celkové imise

Průměrné roční koncentrace PM₁₀, korigované výsledky

- Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise ze středních zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise z lokálních topenišť
- Imise z automobilové dopravy
- Imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší
- Celkové imise

Průměrné roční koncentrace NO₂, SYMOS'97

- Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise ze středních zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise z lokálních topenišť
- Imise z automobilové dopravy
- Imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší
- Celkové imise

Průměrné roční koncentrace NO₂, korigované výsledky

- Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise ze středních zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise z lokálních topenišť
- Imise z automobilové dopravy
- Imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší
- Celkové imise

Průměrné roční koncentrace B(a)P, SYMOS'97

- Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise ze středních zdrojů znečišťování ovzduší
- Imise z lokálních topenišť
- Imise z automobilové dopravy
- Imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší
- Celkové imise

4.2 Kartografická interpretace výsledků

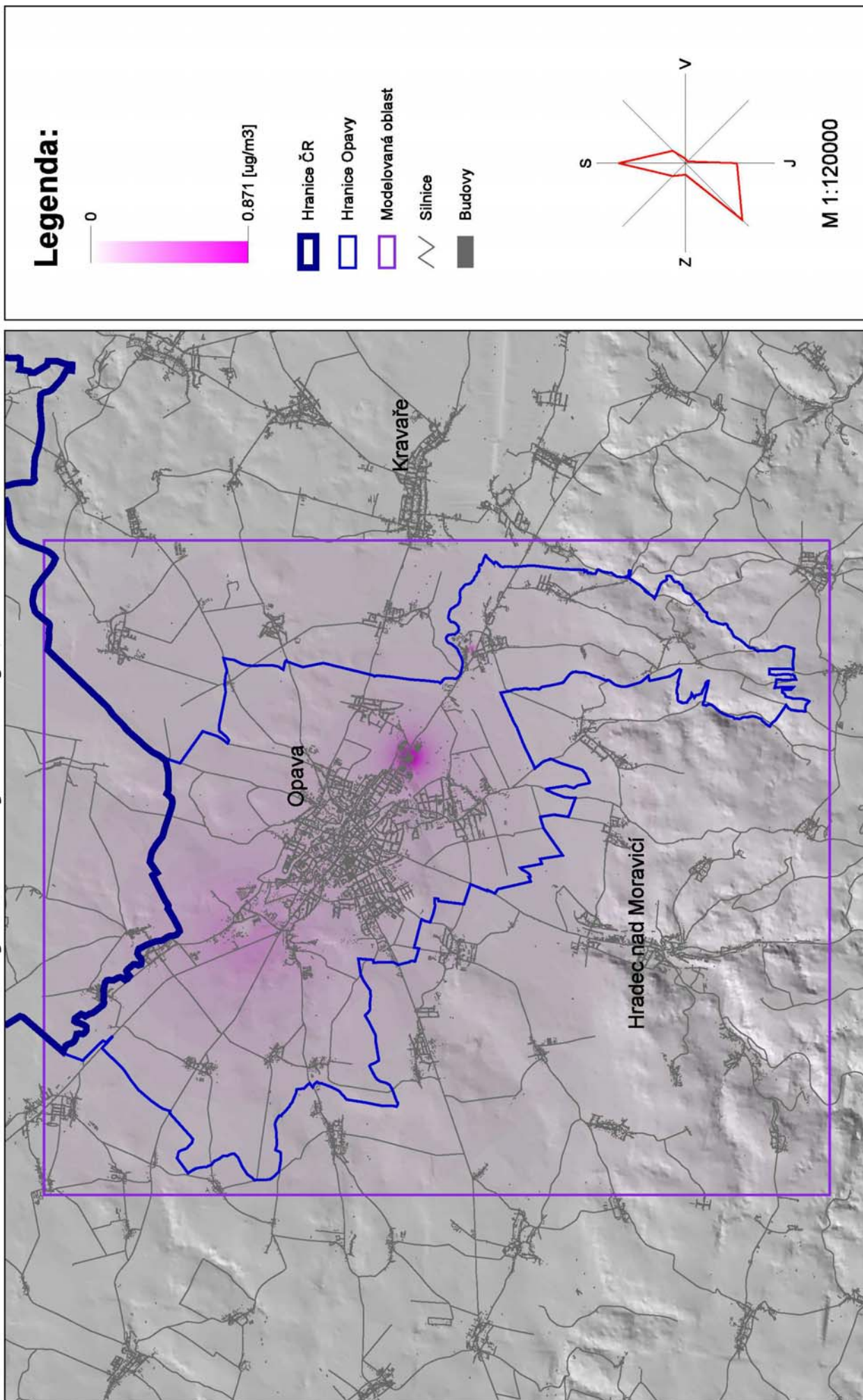
Z uvedených vypočtených charakteristik byly vytvořeny mapky. V každé mapce jsou vyobrazena rozložení přízemních koncentrací sledovaných znečišťujících

látek (ve výšce 1,5 m nad povrchem). Podle metodiky SYMOS'97 není možno vyhodnocovat výsledky modelování uvnitř husté zástavby. Proto byly topografické prvky kompozic zvoleny tak, aby bylo zřejmé rozložení zástavby. Pro grafické výstupy byla zvolena taková forma prezentace, která ukazuje přehled rozložení imisí v zájmovém území. V případě modelování rozptylu znečišťujících látek v ovzduší se jedná o zjednodušený stav a spojitě rozložené sledované jevu (přízemní koncentrace znečišťující látky). Výsledky modelování není vhodné prezentovat v podobě striktně oddělených izoploch nebo izolinií, protože takovéto výstupy mohou vést ke zkreslené interpretaci. Izolinie jsou proto pro lepší orientaci doplněny pouze do mapových výstupů reprezentujících výsledky modelování ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší. Koncentrace znečišťujících látek z těchto zdrojů se v zájmovém území mění pozvolna a použitý způsob kartografický interpretace by nebyl dostatečně čitelný. V ostatních mapkách byla vždy použita pouze izolinie hodnoty imisního limitu.

Výsledky modelování jsou uvedeny v následujících mapkách na str. 33 – 62.

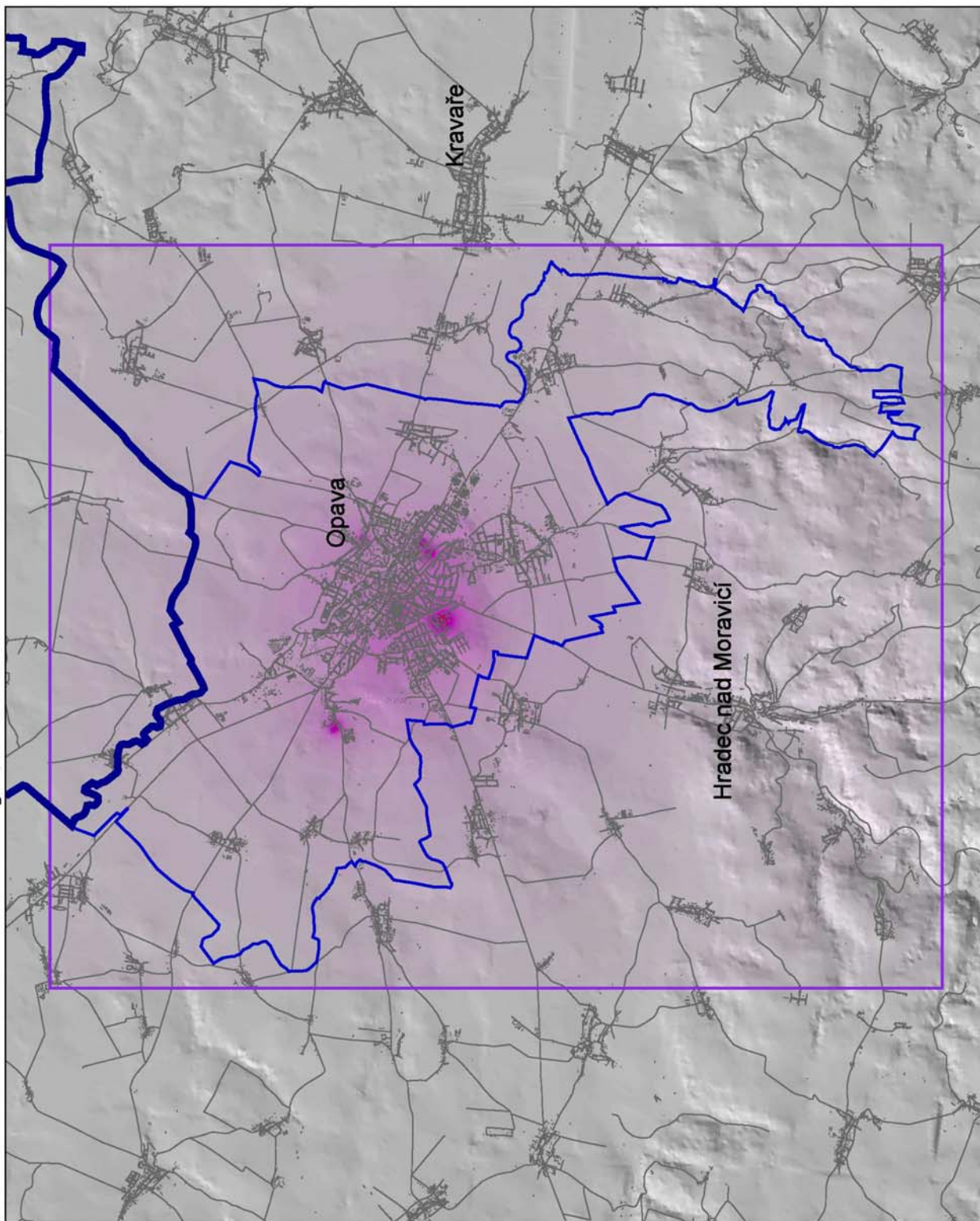
Průměrné roční koncentrace PM10, SYMOS'97

Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003



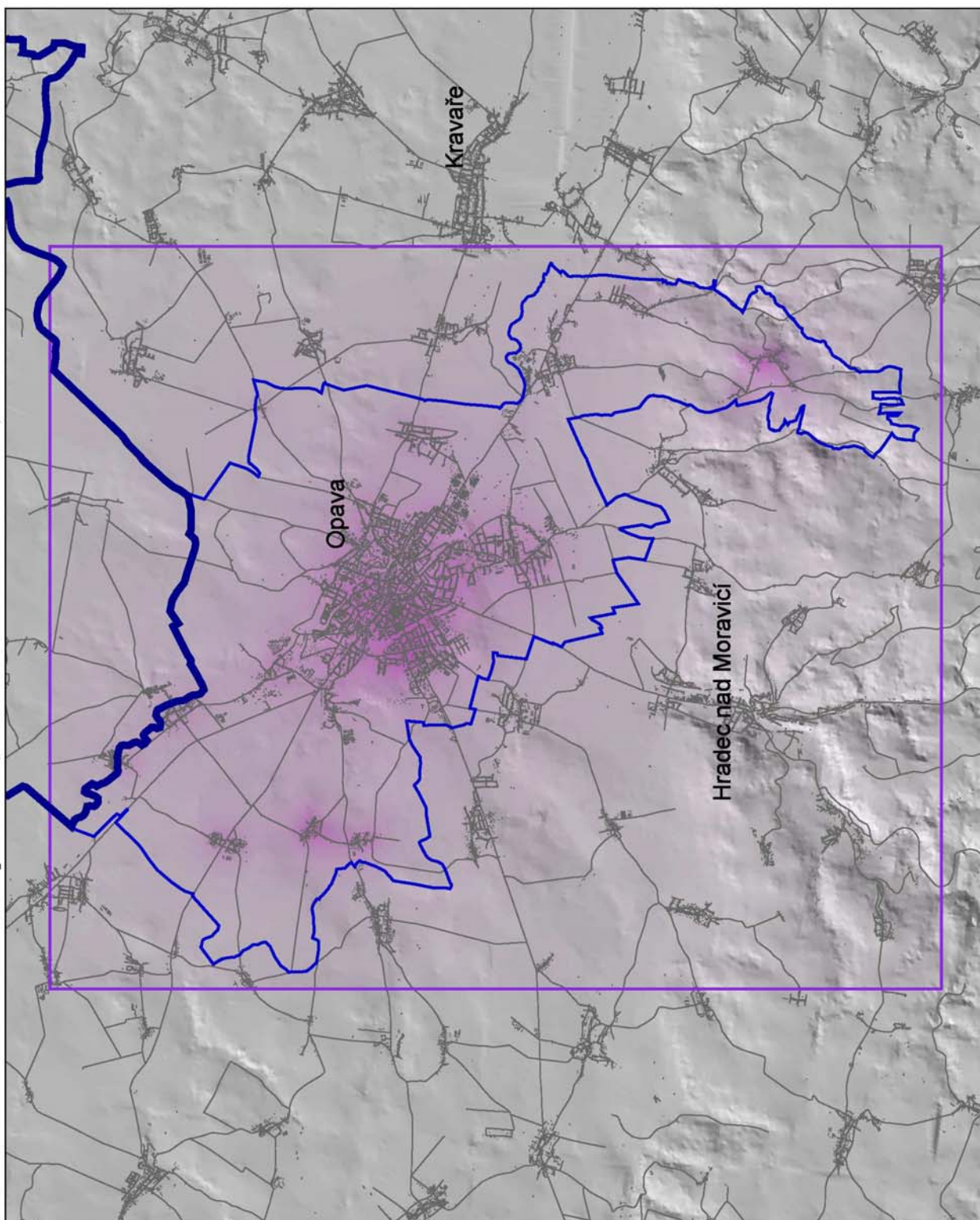
Průměrné roční koncentrace PM10, SYMOS'97

Imise ze středních zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003



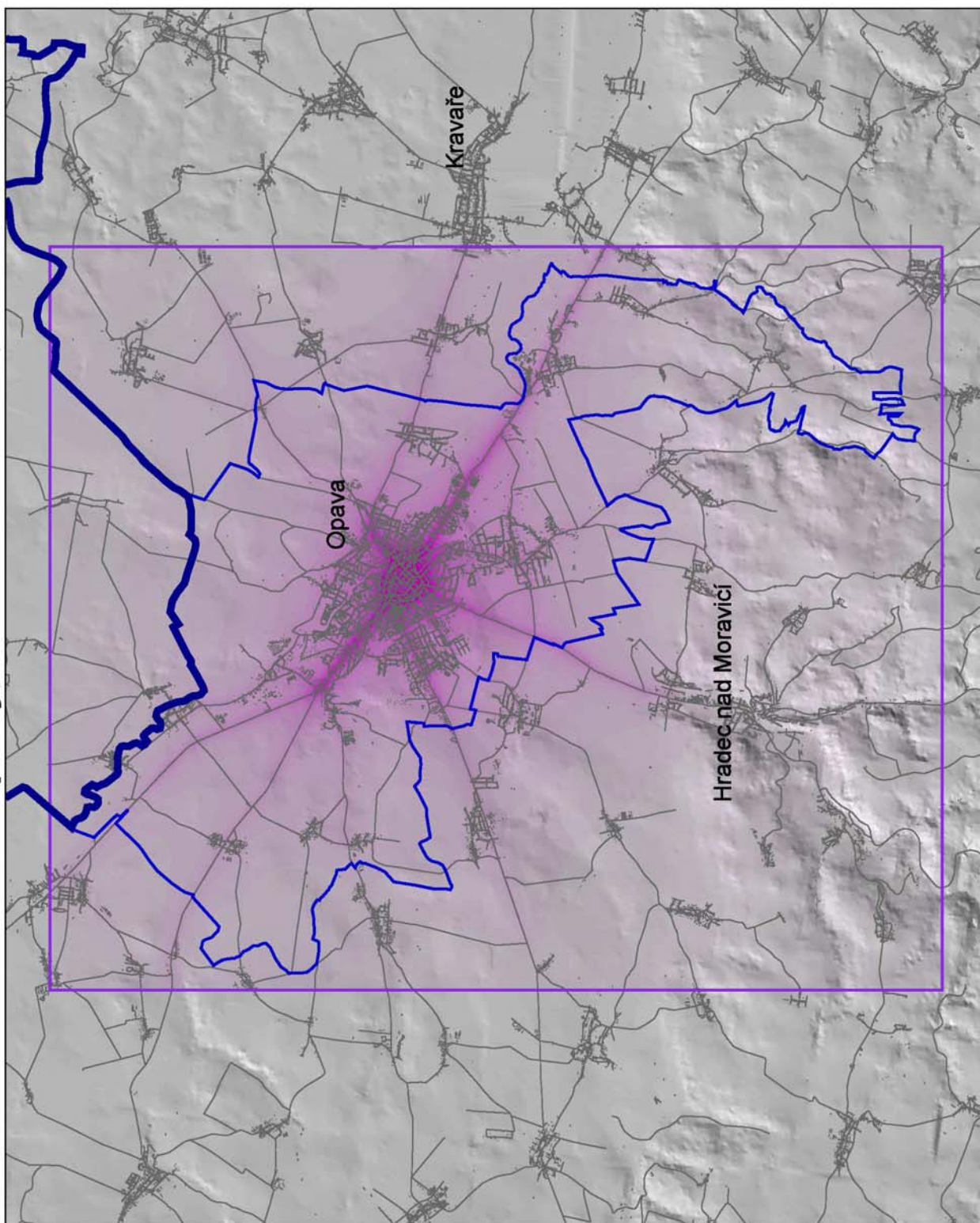
Průměrné roční koncentrace PM10, SYMOS'97

Imise z lokálních topenišť, dlouhodobá průměrná, 2003



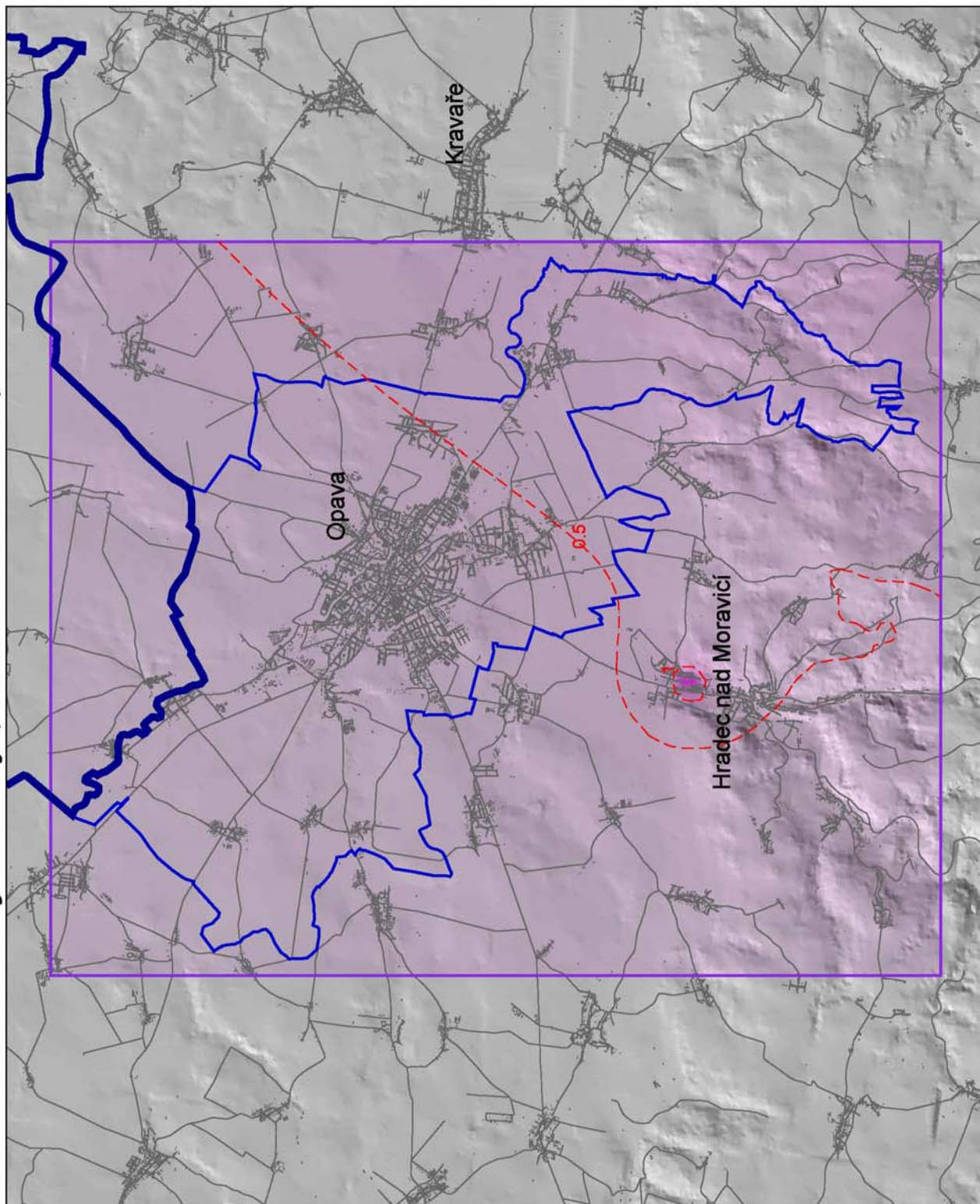
Průměrné roční koncentrace PM10, SYMOS'97

Imise z automobilové dopravy, dlouhodobá růžice, 2003



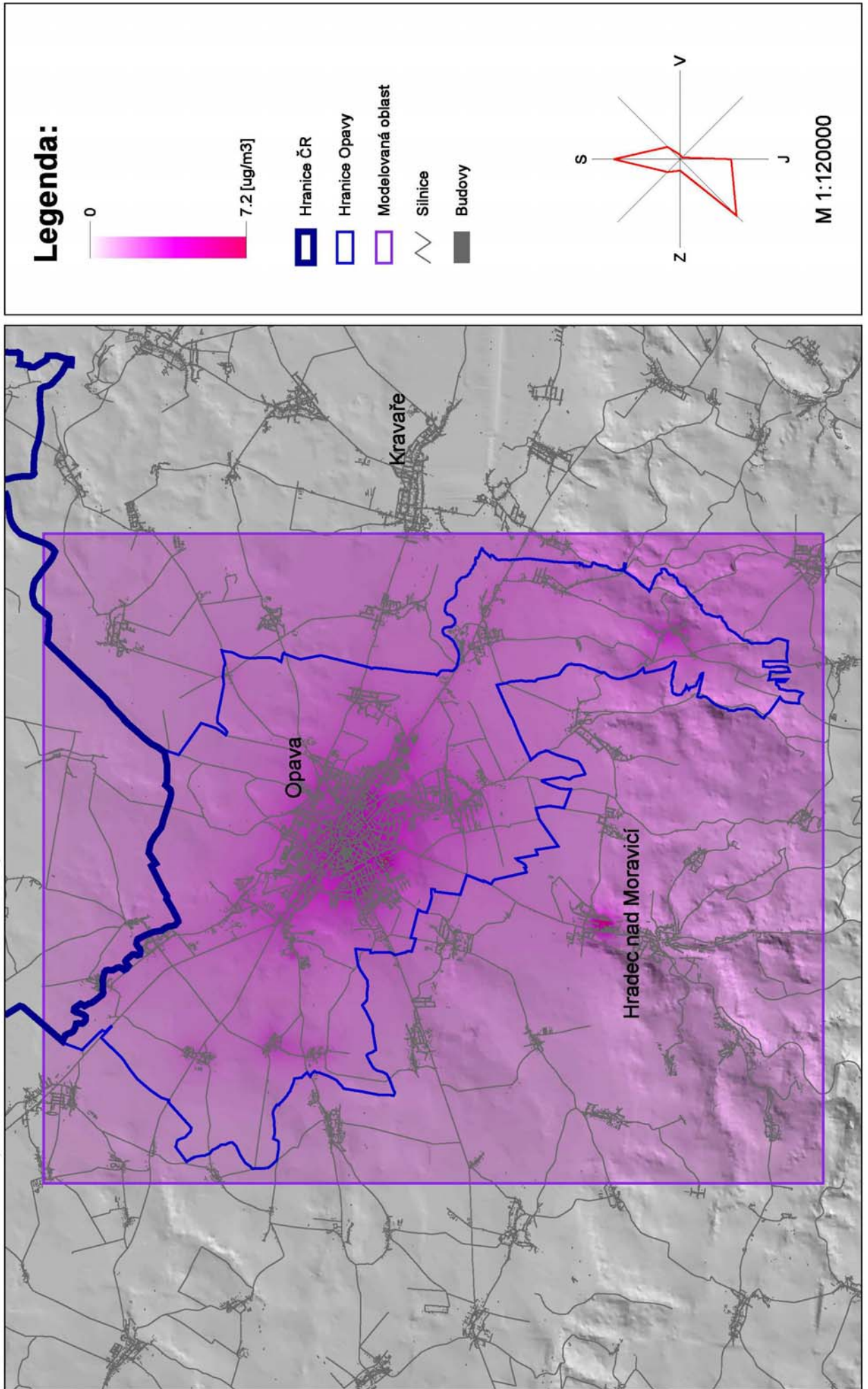
Průměrné roční koncentrace PM10, SYMOS'97

Imise ze vzdálených zdrojů, dlouhodobá rúžice, 2003



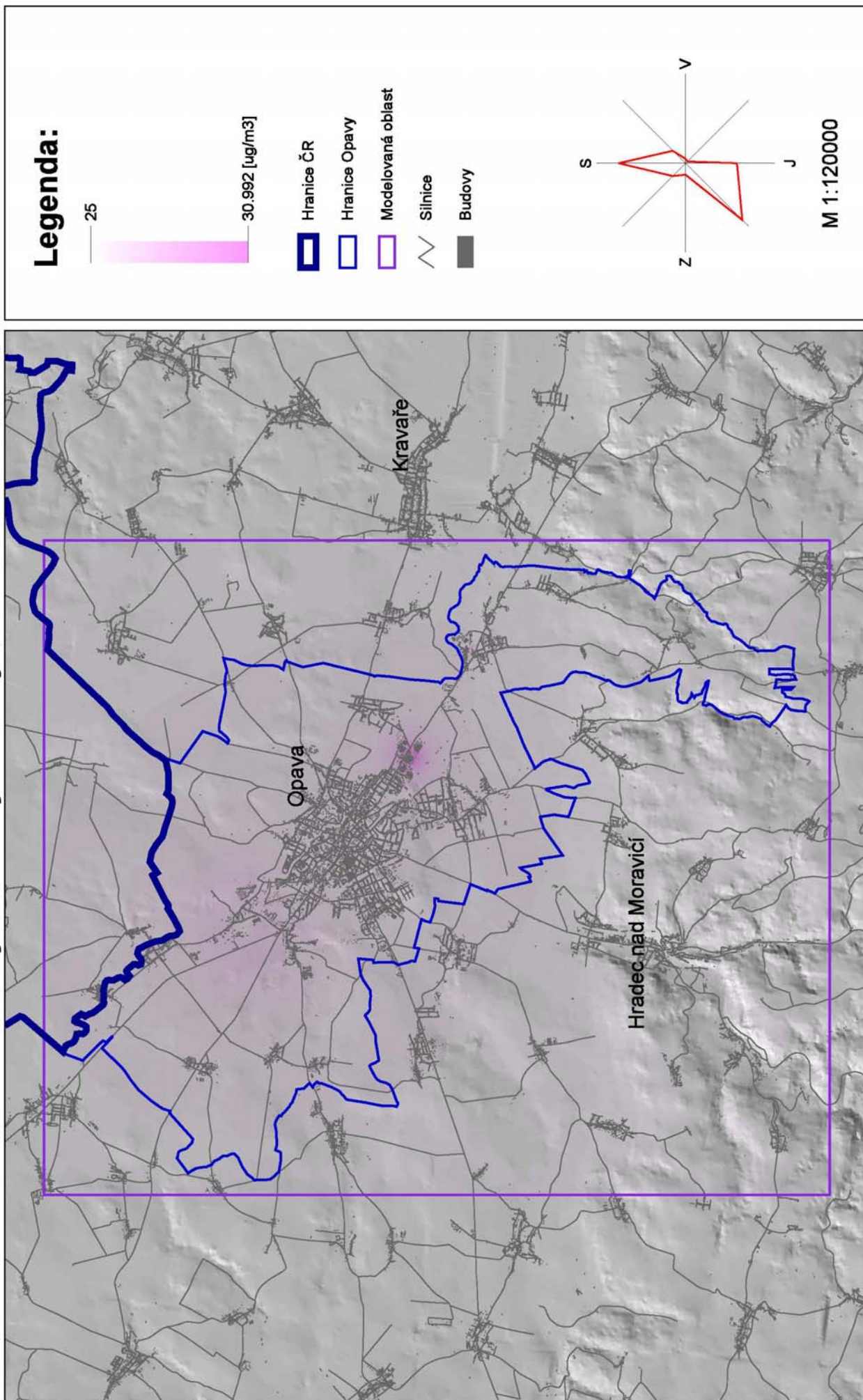
Průměrné roční koncentrace PM10, SYMOS'97

Celkové imise, dlouhodobá rúžice, 2003



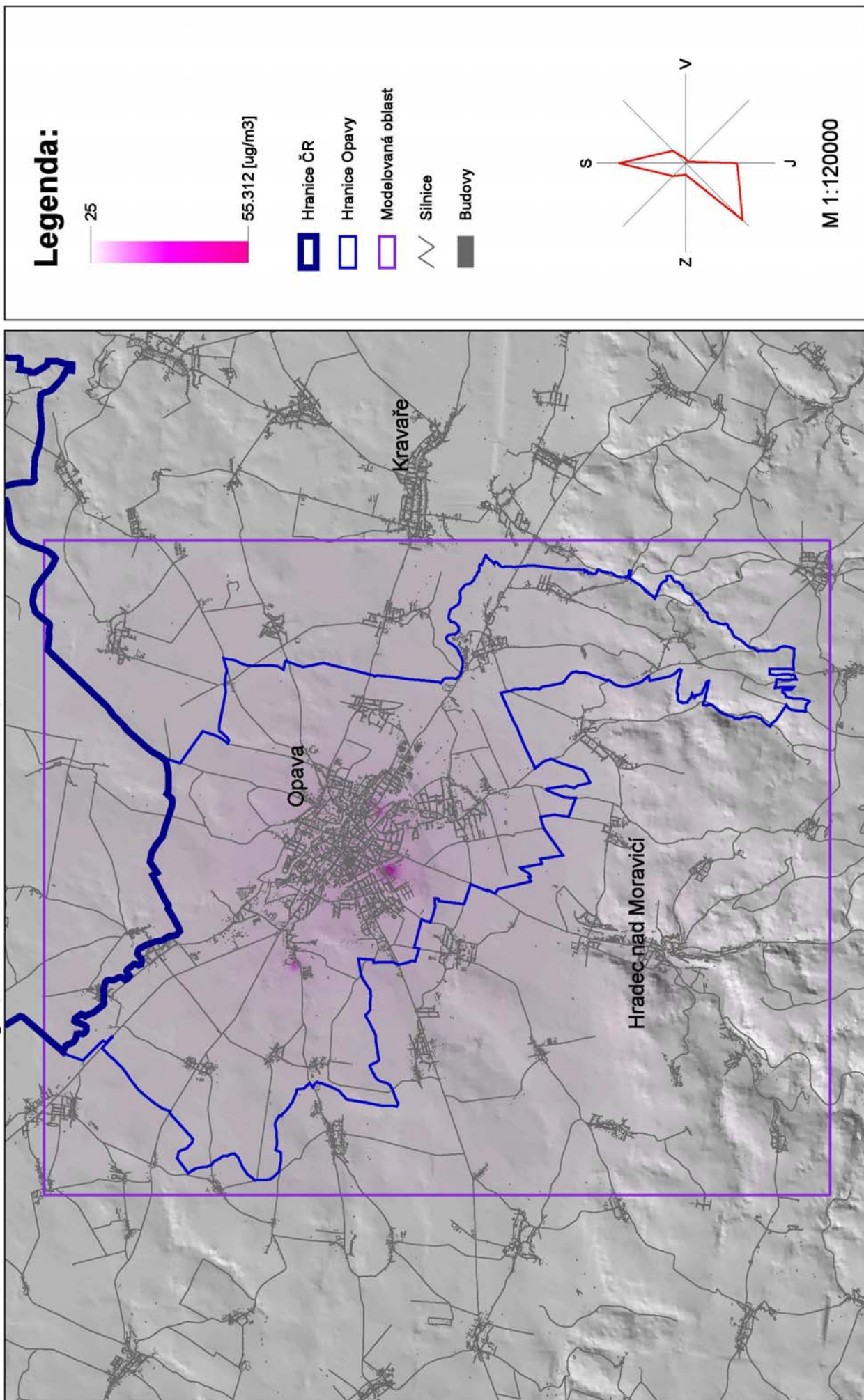
Průměrné roční koncentrace PM10, korigované výsledky

Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003



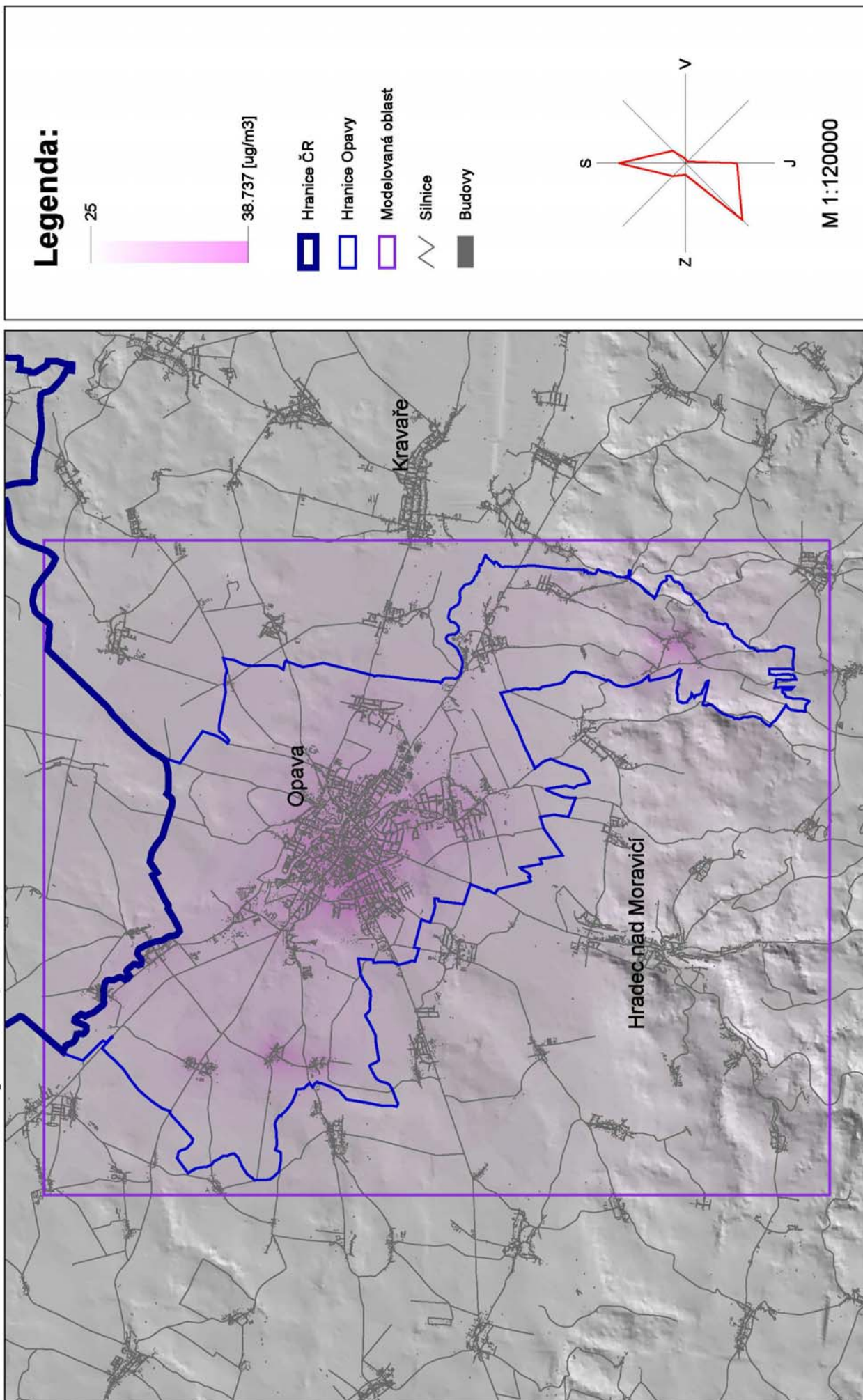
Průměrné roční koncentrace PM10, korigované výsledky

Imise ze středních zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003



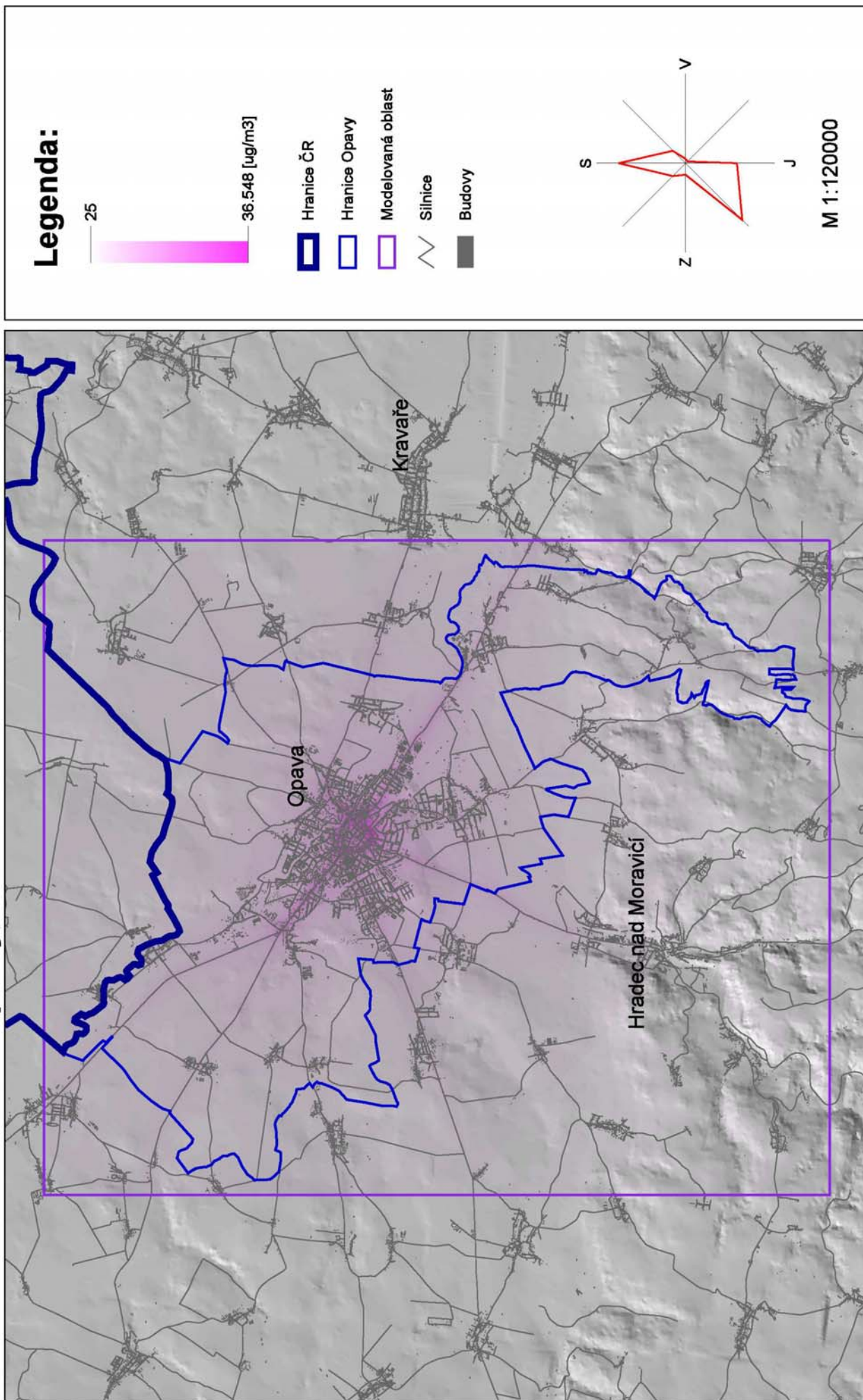
Průměrné roční koncentrace PM10, korigované výsledky

Imise z lokálních topenišť, dlouhodobá průměrná, 2003



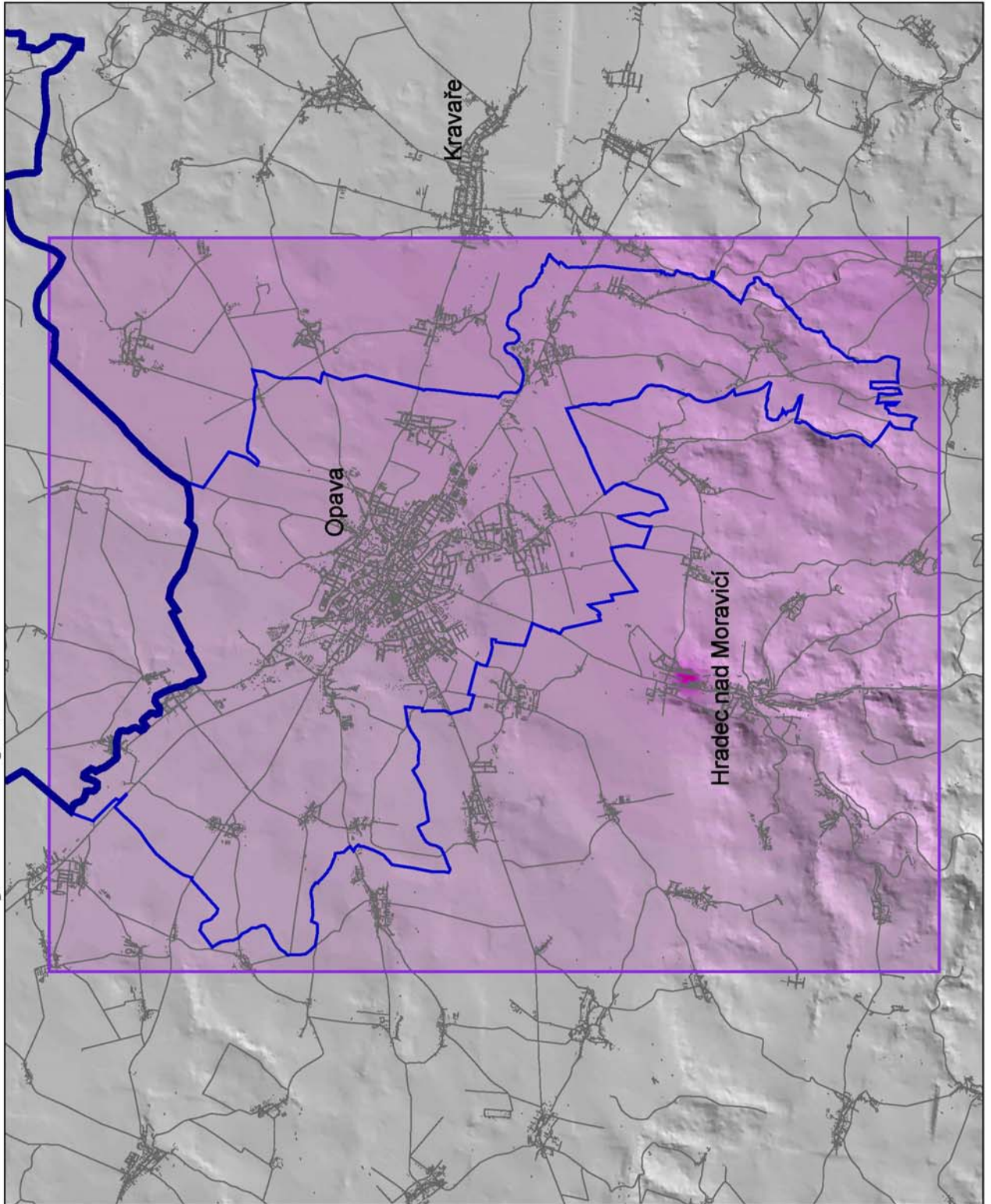
Průměrné roční koncentrace PM10, korigované výsledky

Imise z automobilové dopravy, dlouhodobá průměrná, 2003

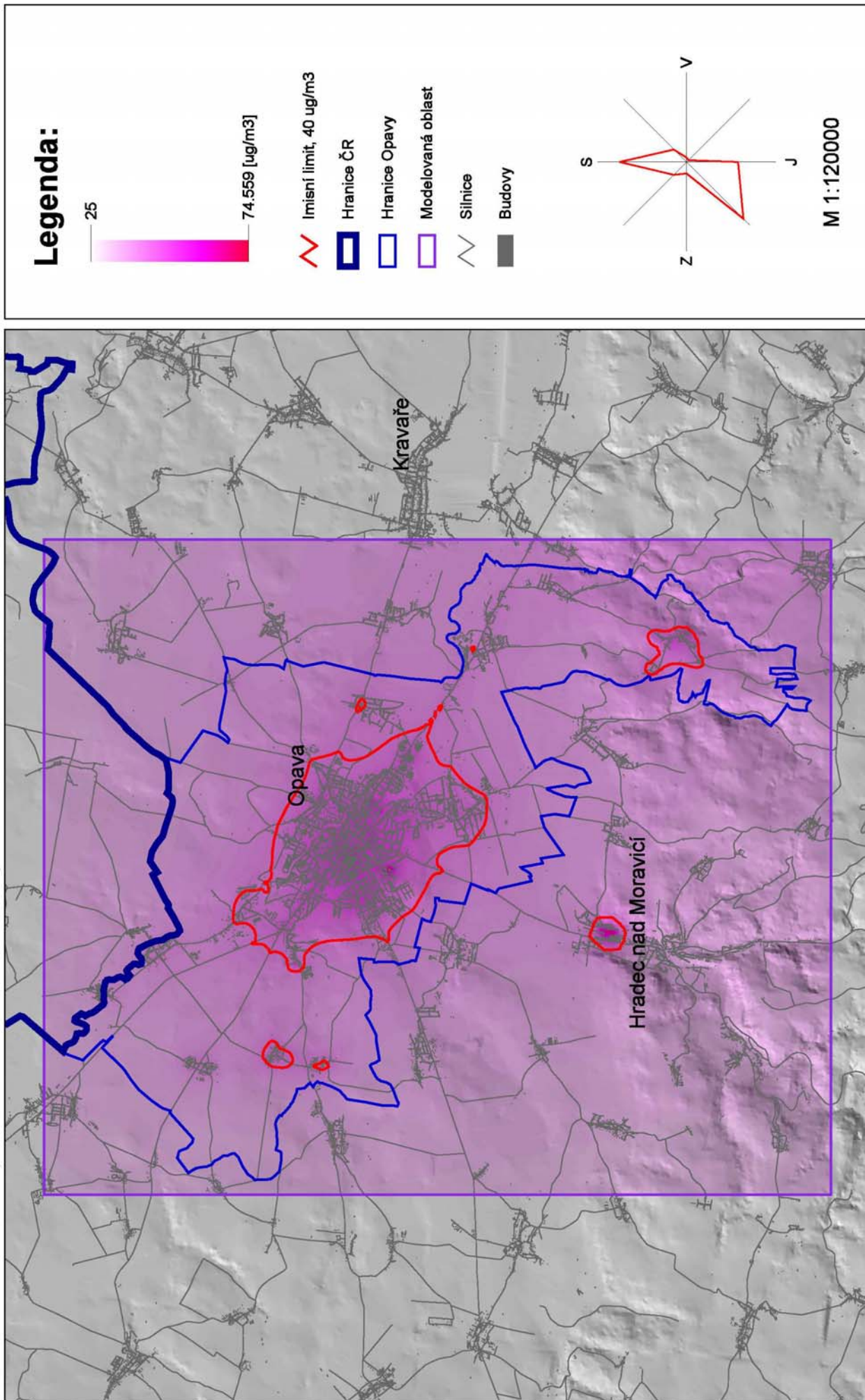


Průměrné roční koncentrace PM10, korigované výsledky

Imise ze vzdálených zdrojů, dlouhodobá rúžice, 2003

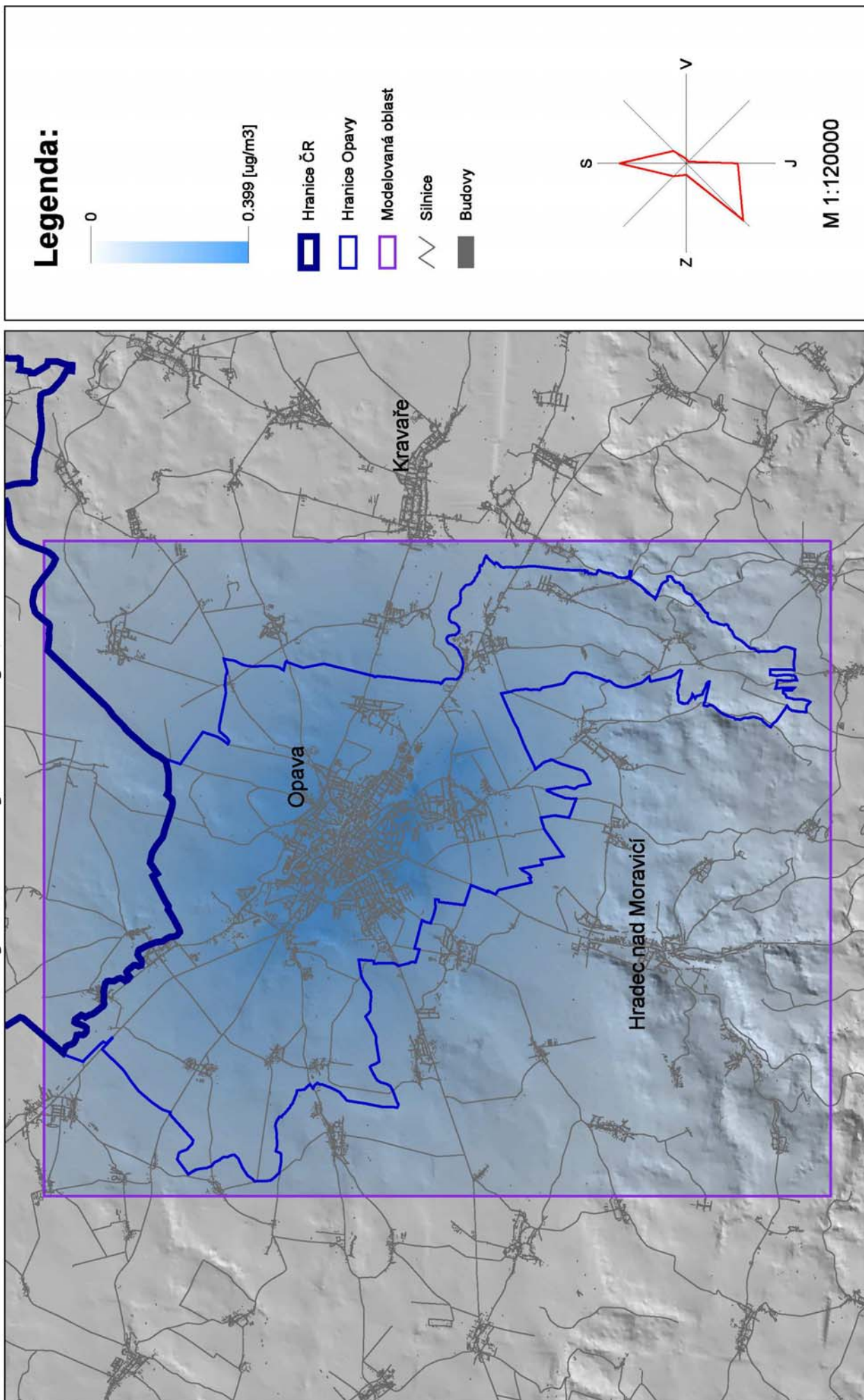


Průměrné roční koncentrace PM10, korigované výsledky Celkové imise, dlouhodobá růžice, 2003



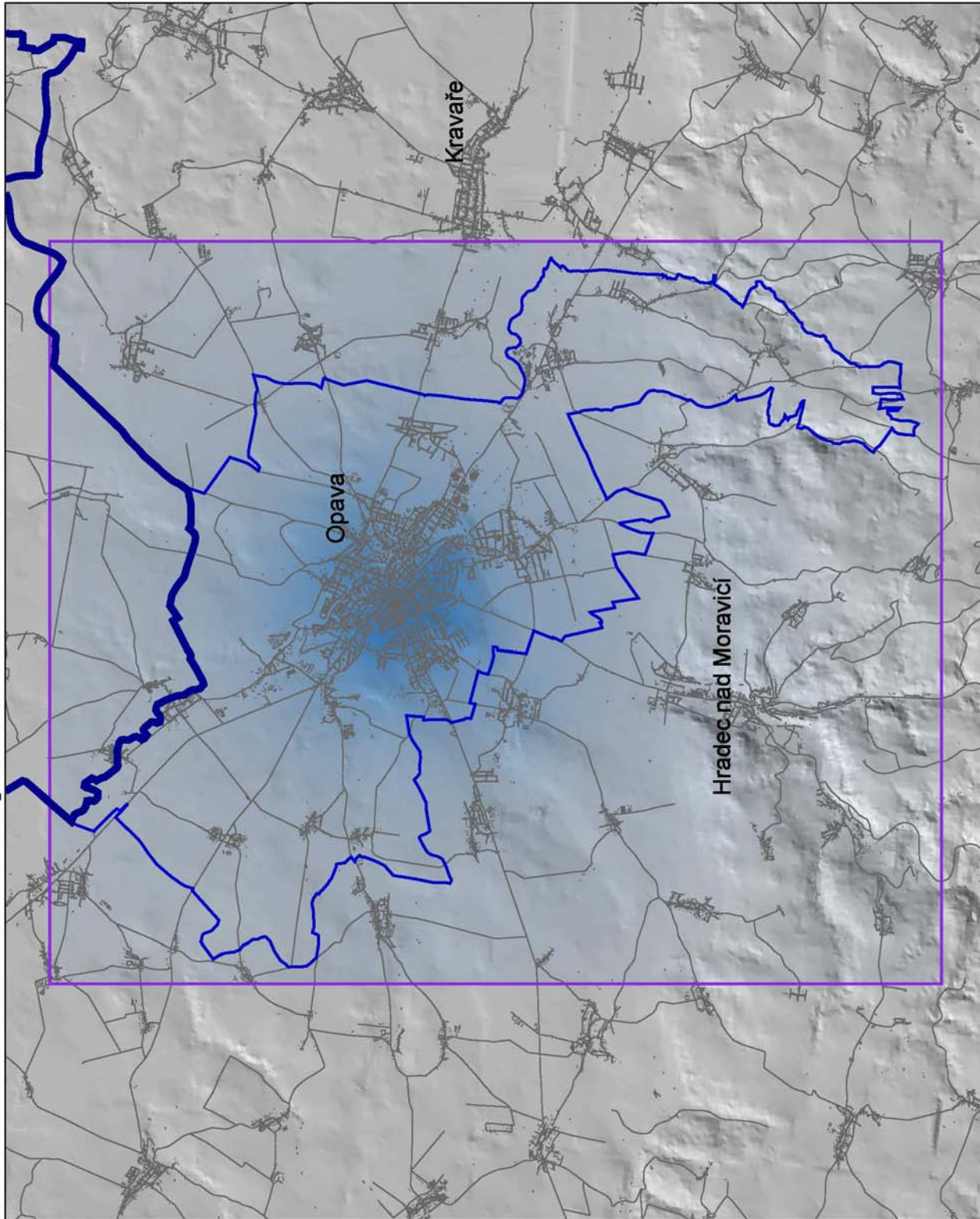
Průměrné roční koncentrace NO₂, SYMOS'97

Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003



Průměrné roční koncentrace NO₂, SYMOS'97

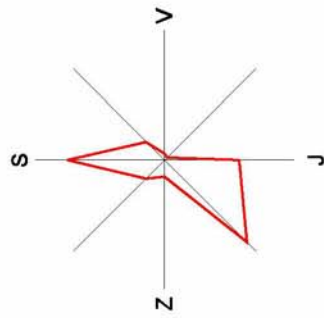
Imise ze středních zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003



Legenda:

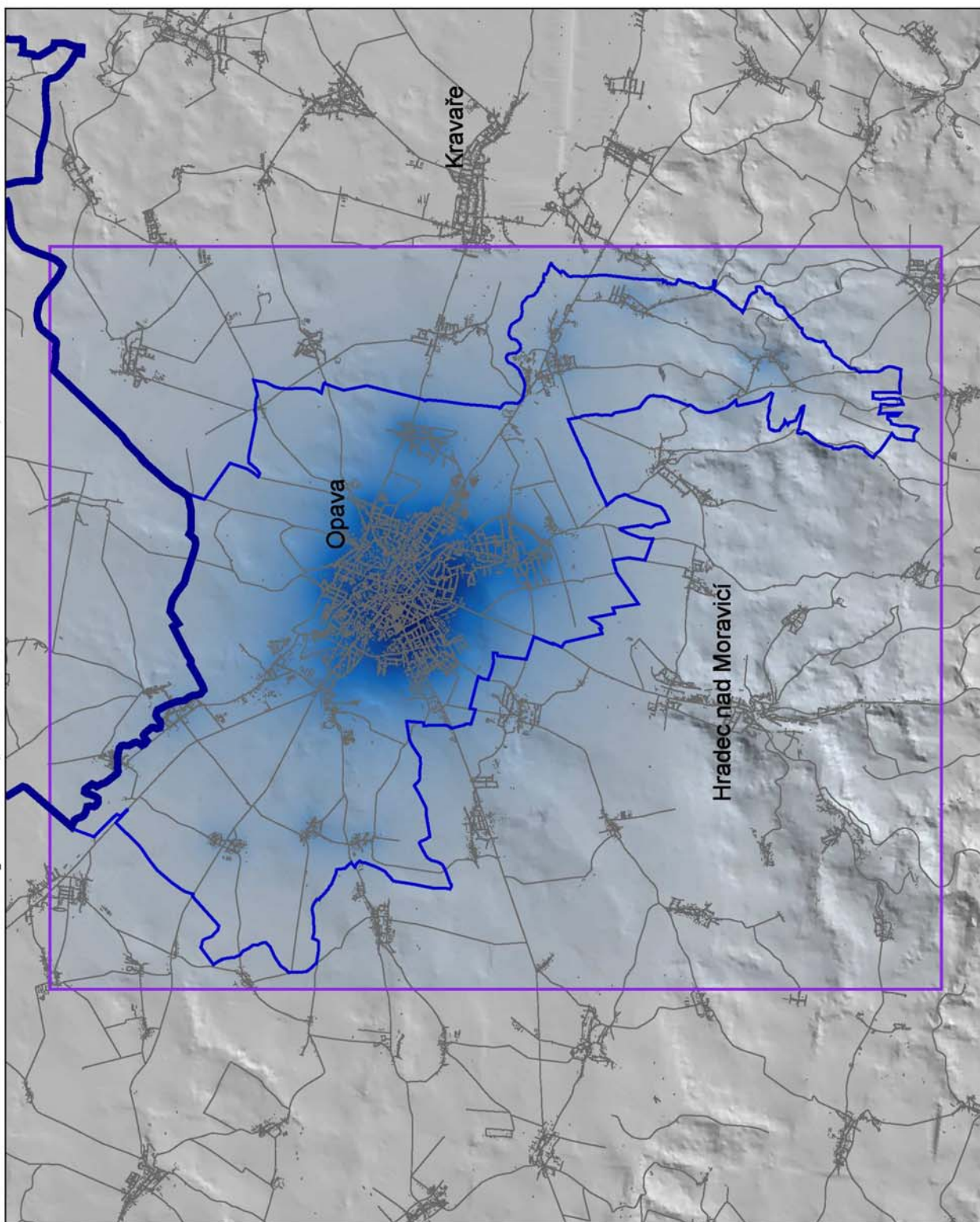


- Hranice ČR
- Hranice Opavy
- Modelovaná oblast
- Silnice
- Budovy



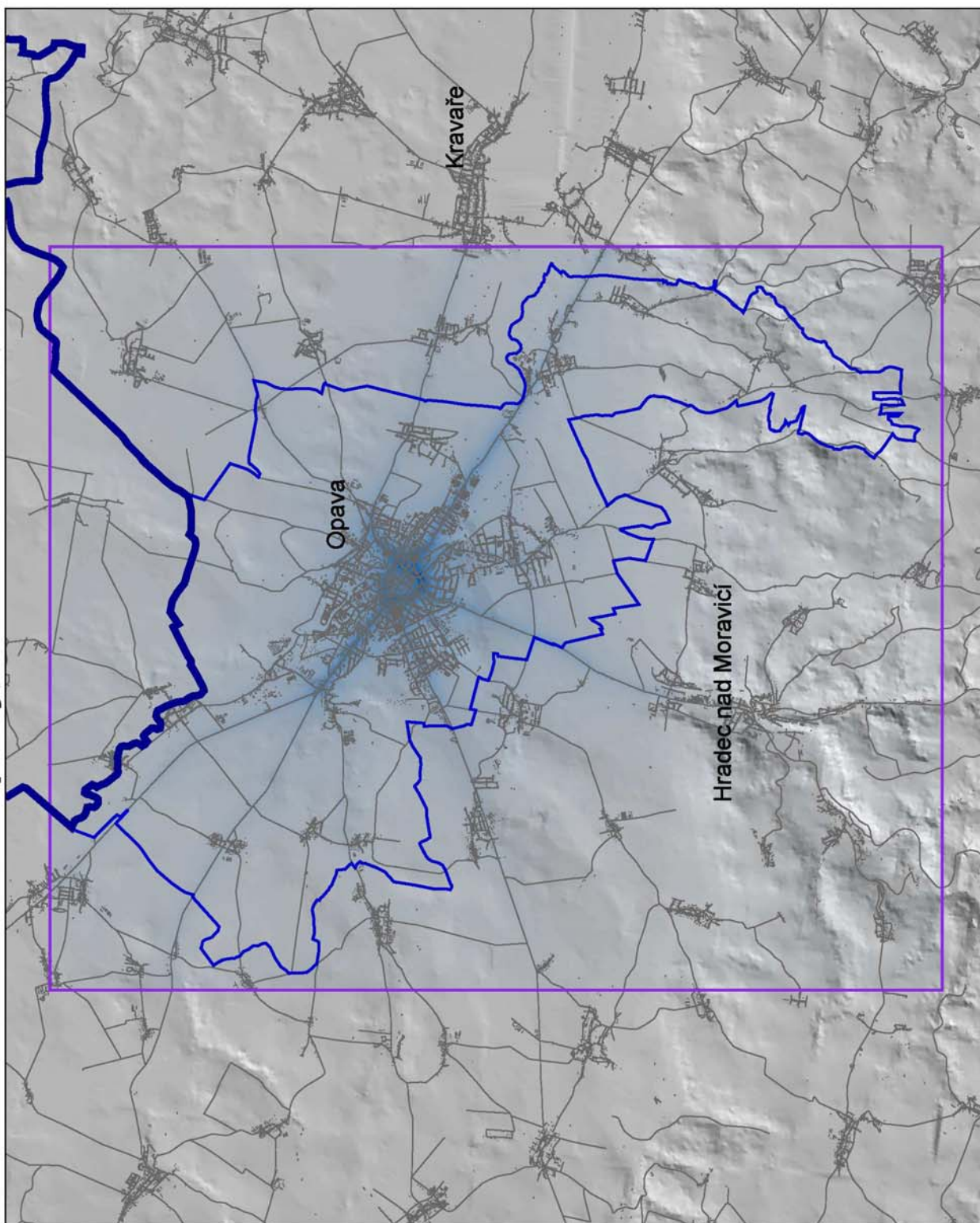
Průměrné roční koncentrace NO₂, SYMOS'97

Imise z lokálních topenišť, dlouhodobá růžice, 2003



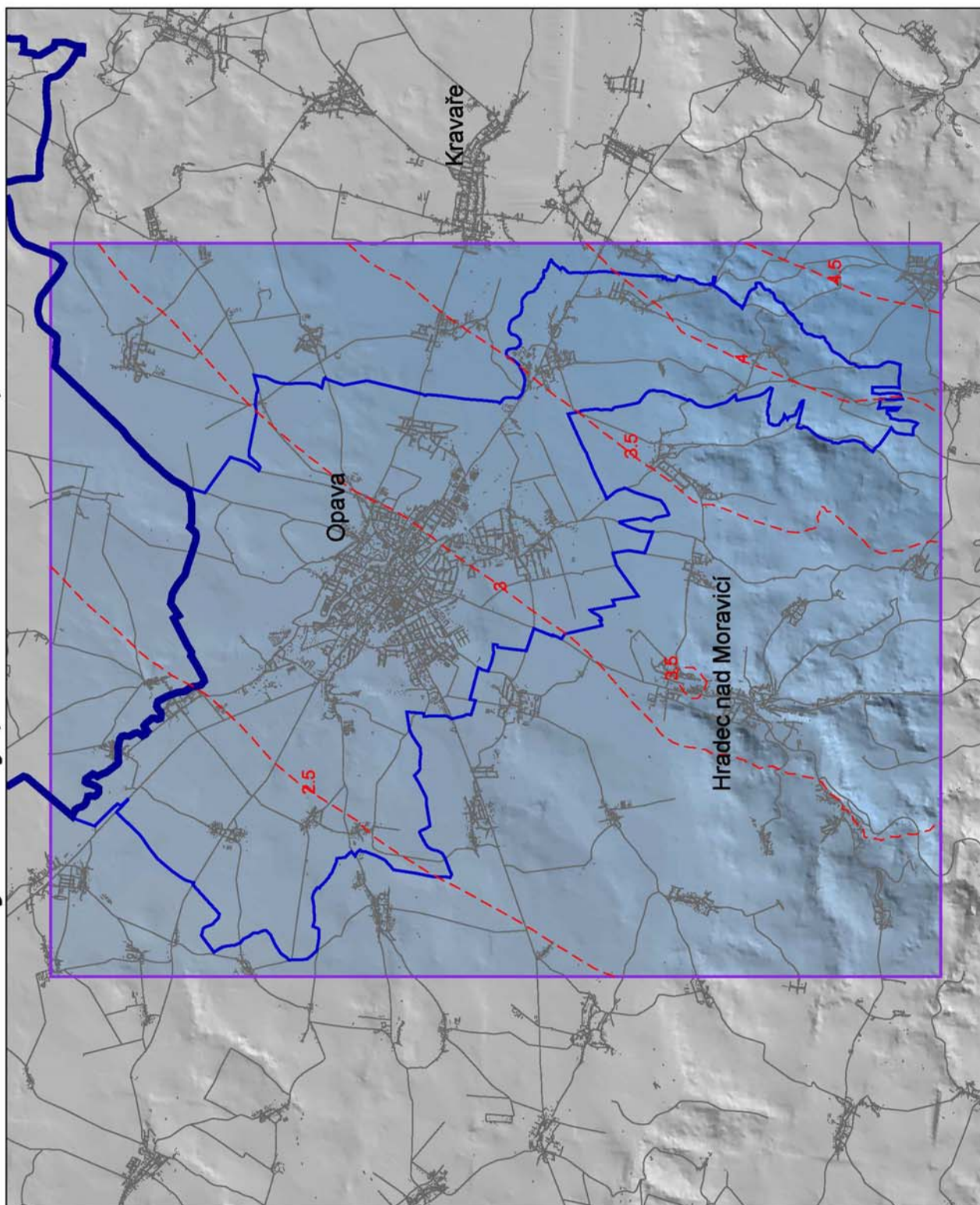
Průměrné roční koncentrace NO₂, SYMOS'97

Imise z automobilové dopravy, dlouhodobá růžice, 2003



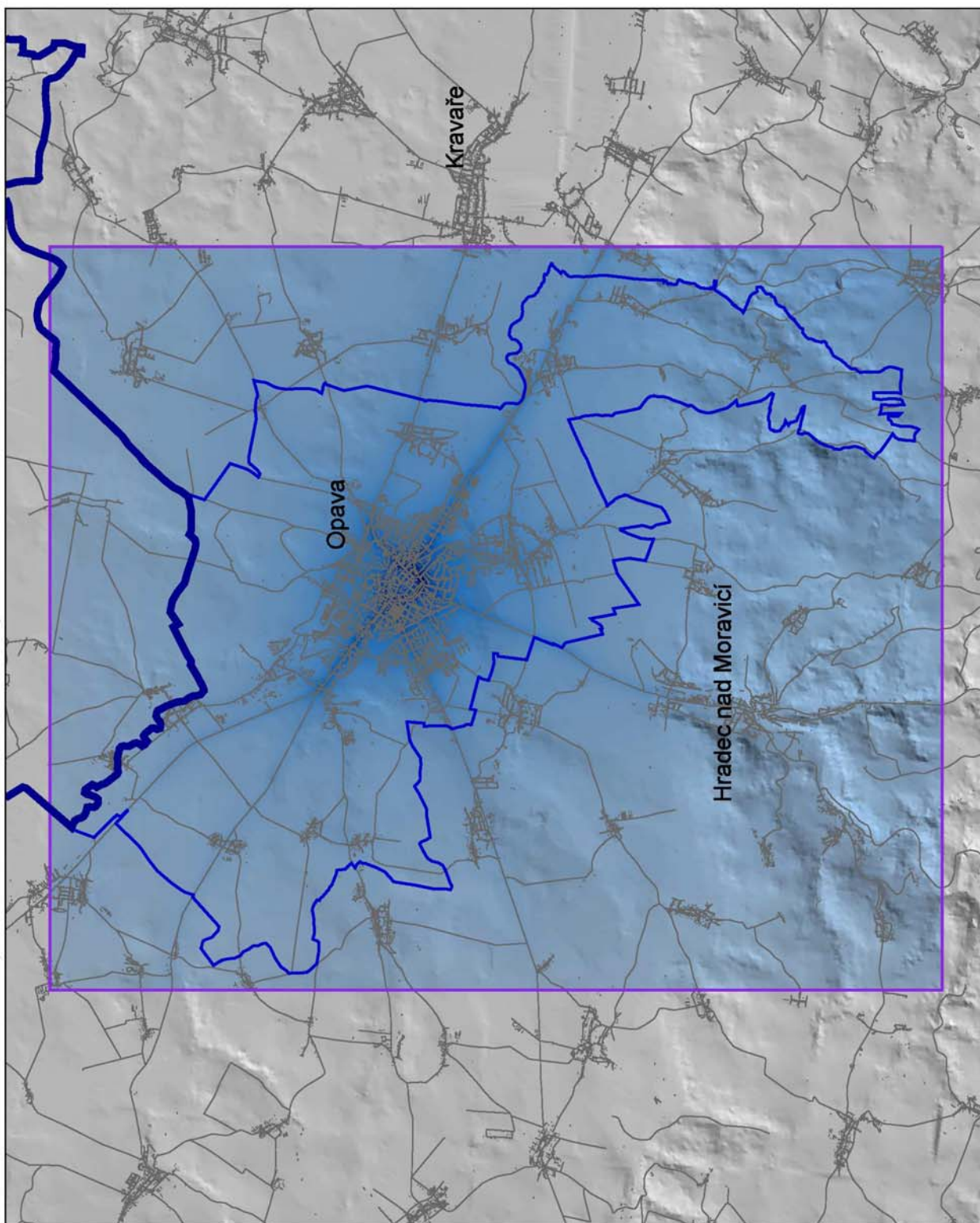
Průměrné roční koncentrace NO₂, SYMOS'97

Imise ze vzdálených zdrojů, dlouhodobá rúžice, 2003



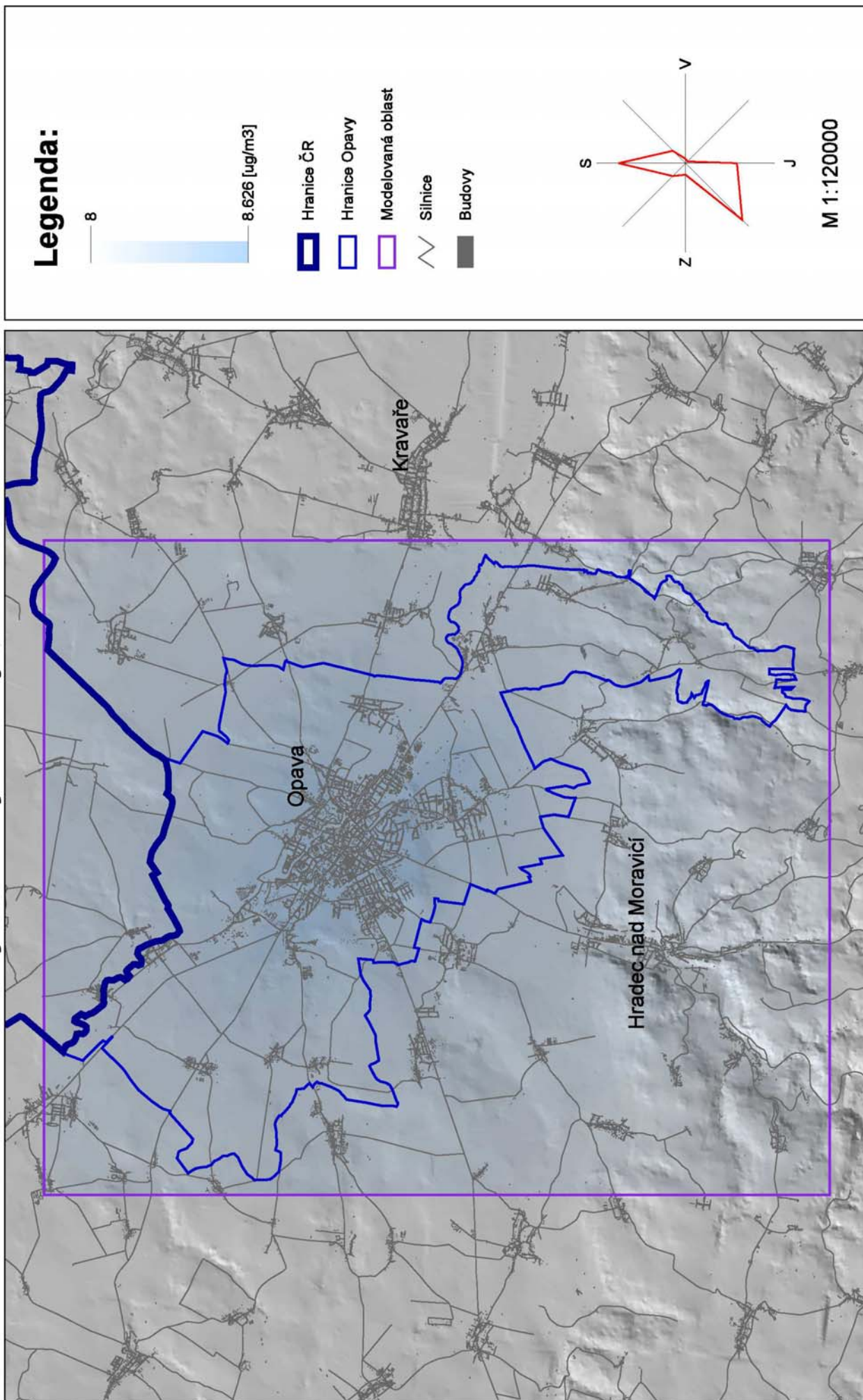
Průměrné roční koncentrace NO₂, SYMOS'97

Celkové imise, dlouhodobá růžice, 2003



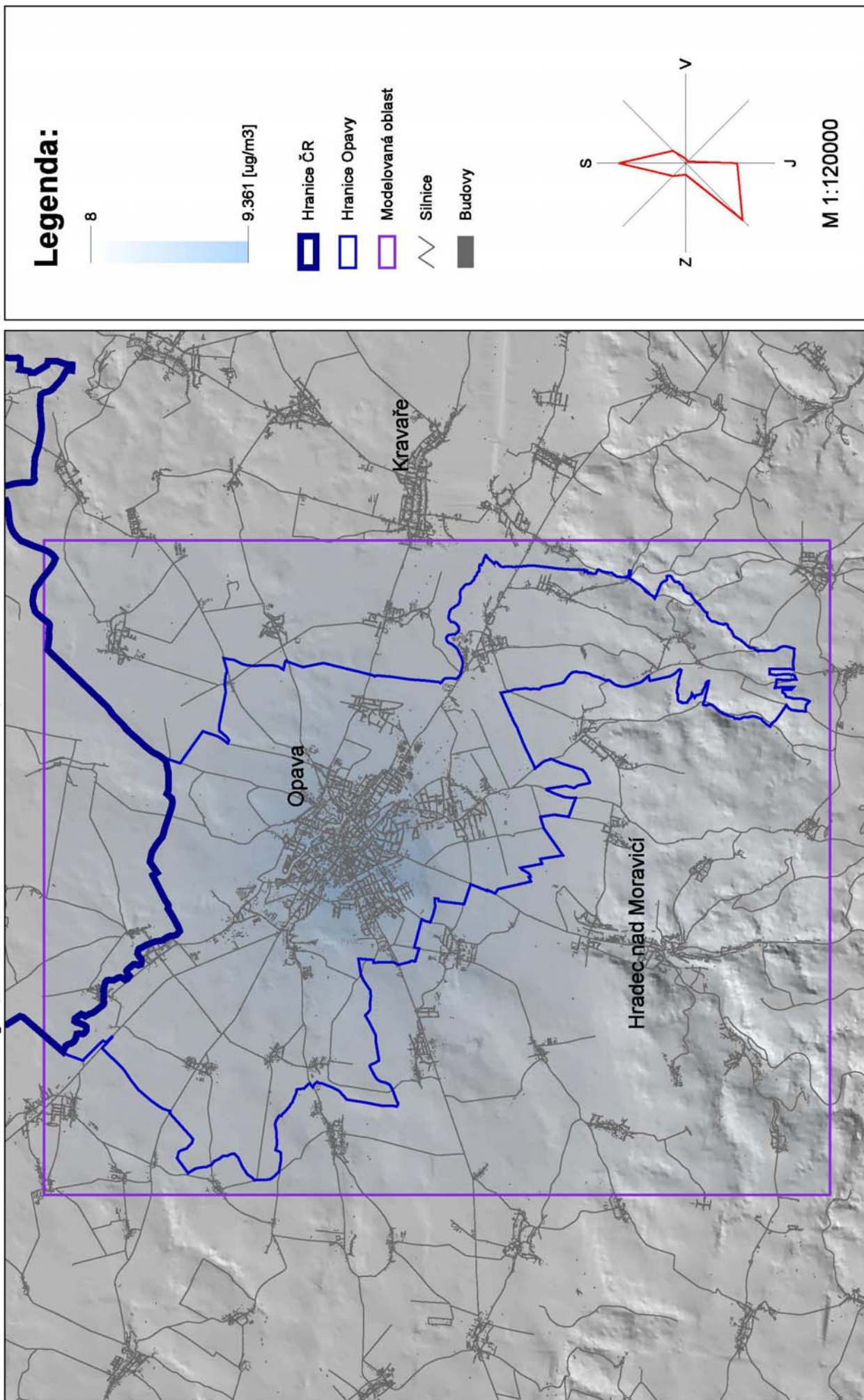
Průměrné roční koncentrace NO₂, korigované výsledky

Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003

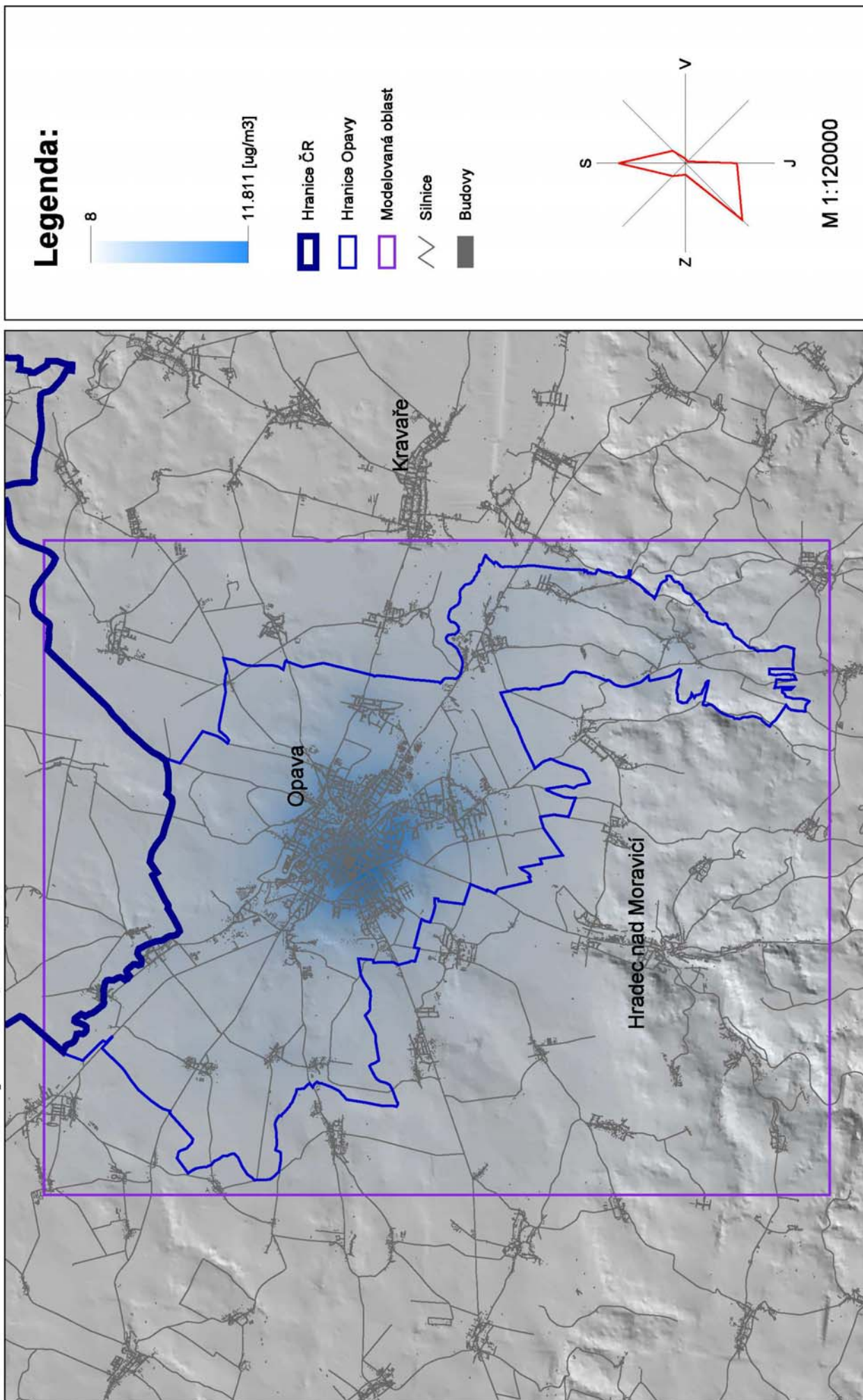


Průměrné roční koncentrace NO₂, korigované výsledky

Imise ze středních zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003

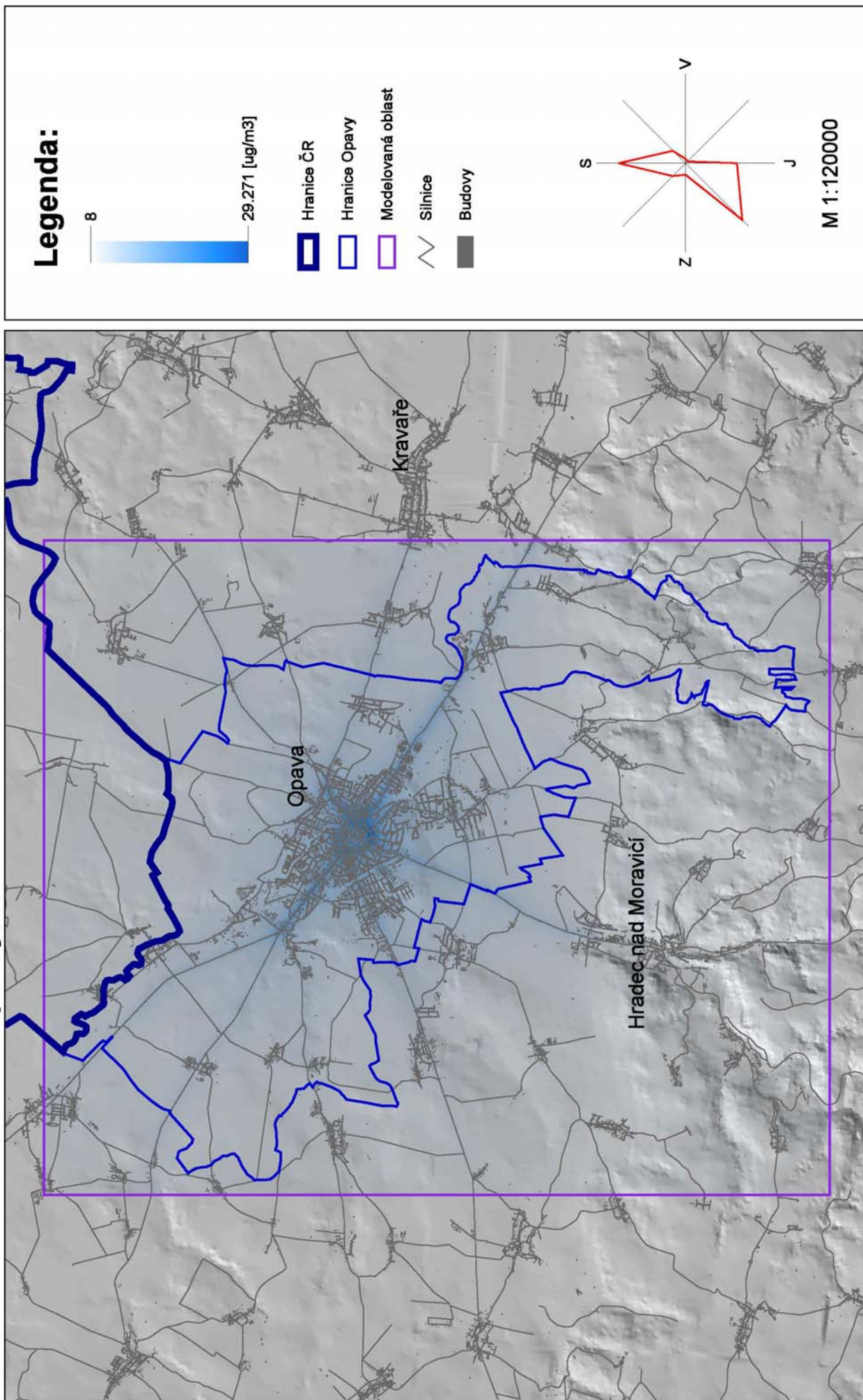


Průměrné roční koncentrace NO₂, korigované výsledky Imise z lokálních topenišť, dlouhodobá růžice, 2003

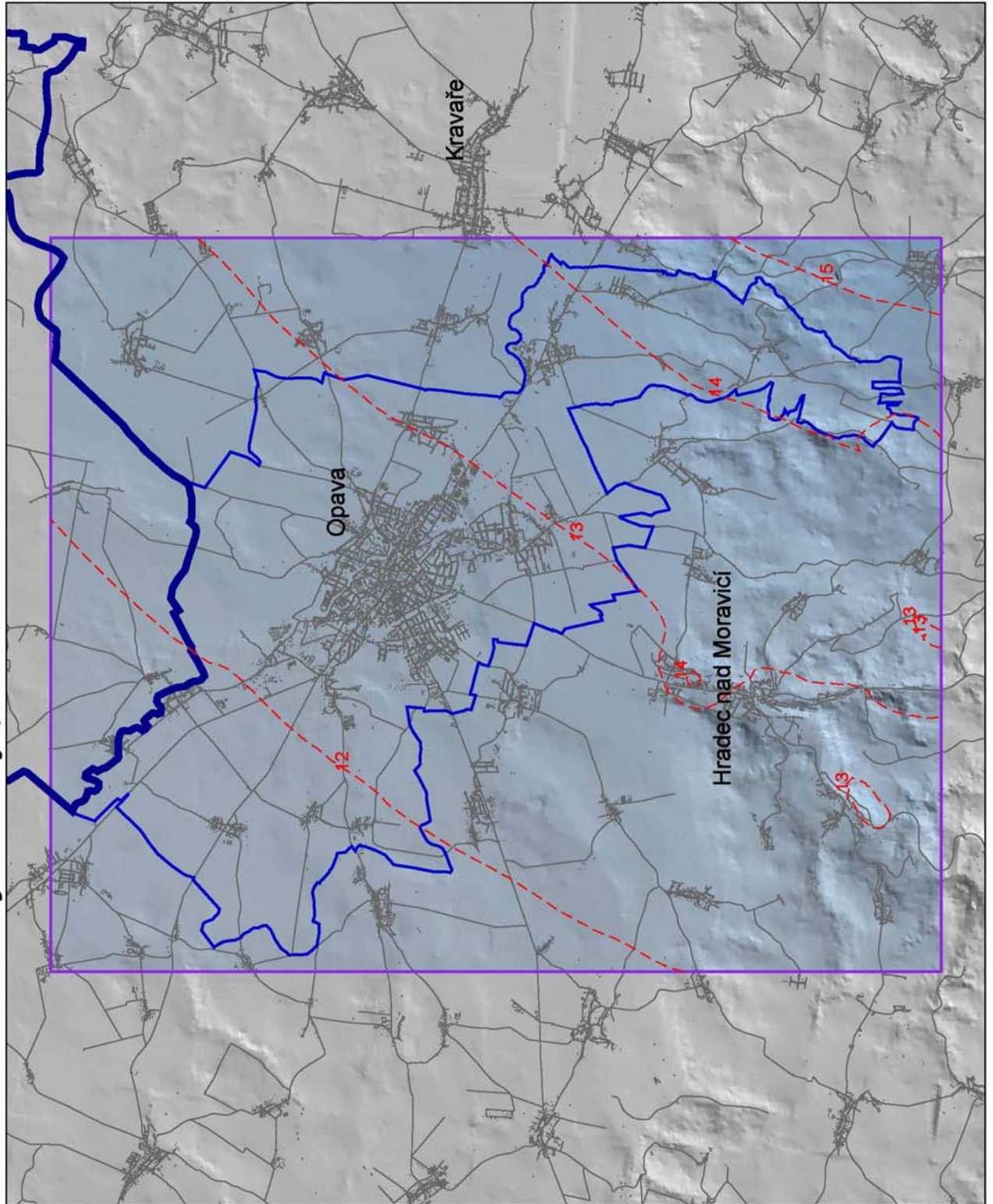


Průměrné roční koncentrace NO₂, korigované výsledky

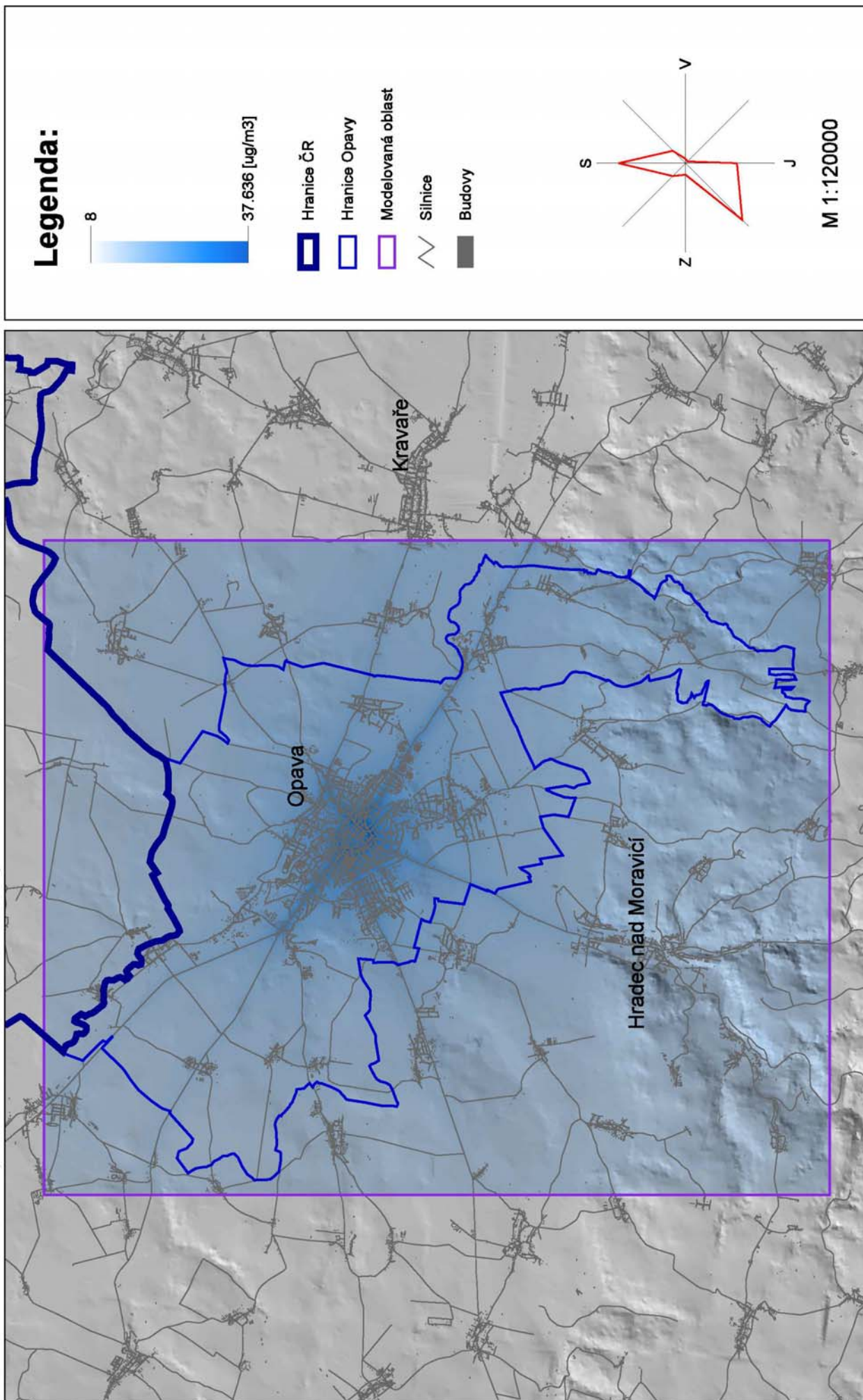
Imise z automobilové dopravy, dlouhodobá průměrná, 2003



Průměrné roční koncentrace NO₂, korigované výsledky Imise ze vzdálených zdrojů, 2003

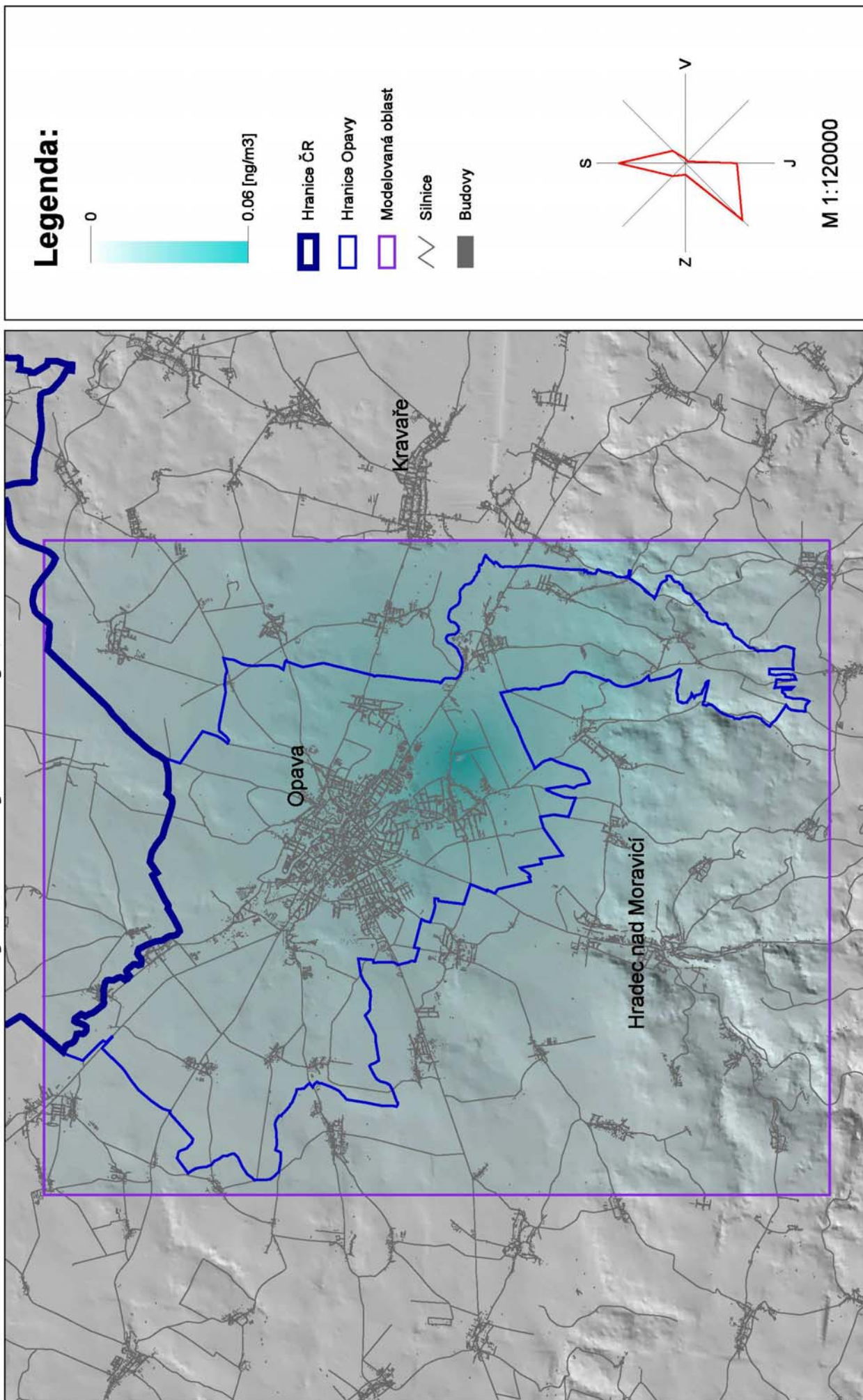


Průměrné roční koncentrace NO₂, korigované výsledky Celkové imise, dlouhodobá růžice, 2003



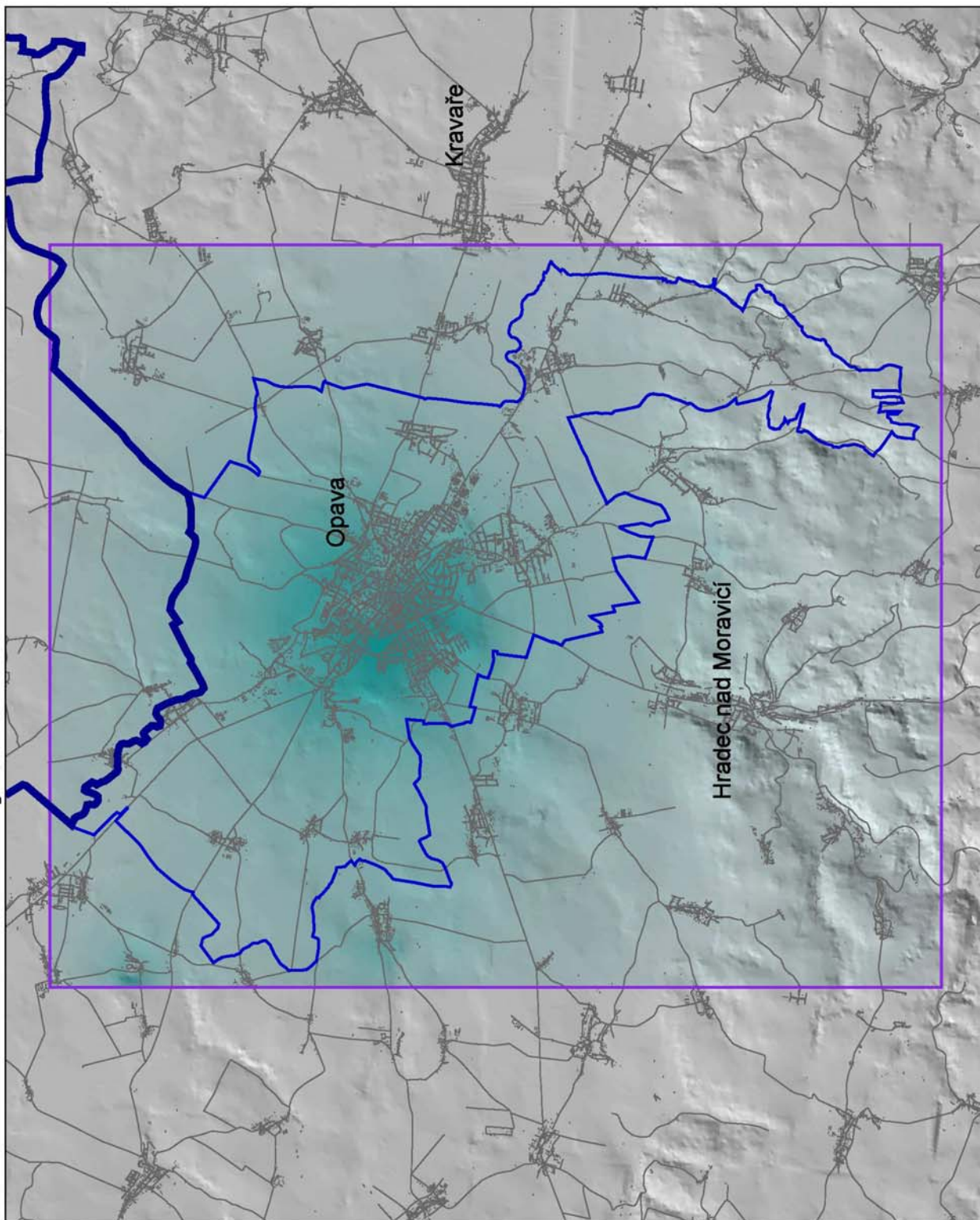
Průměrné roční koncentrace B(a)P, SYMOS'97

Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů, dlouhodobá rúžice, 2003



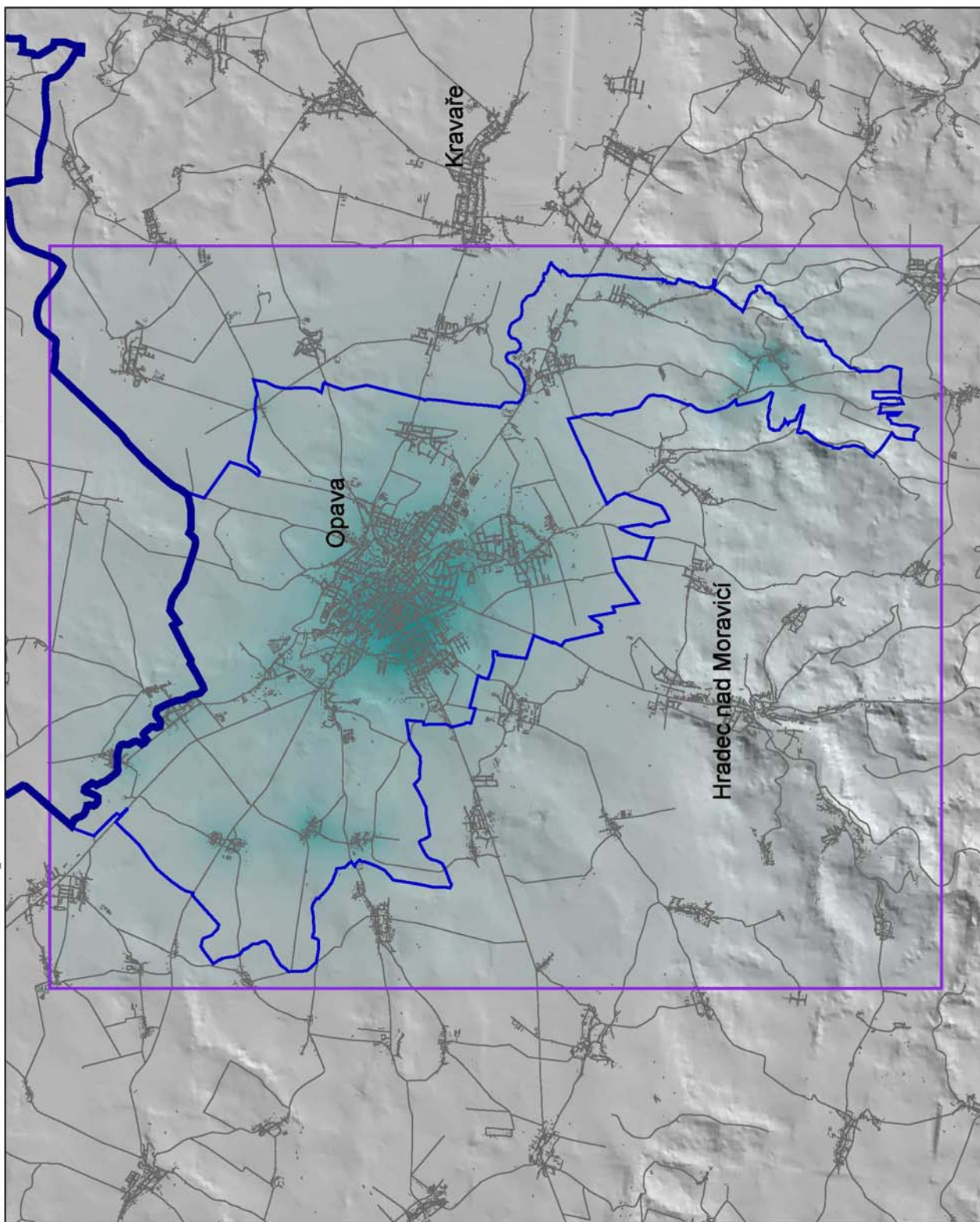
Průměrné roční koncentrace B(a)P, SYMOS'97

Imise ze středních zdrojů, dlouhodobá růžice, 2003



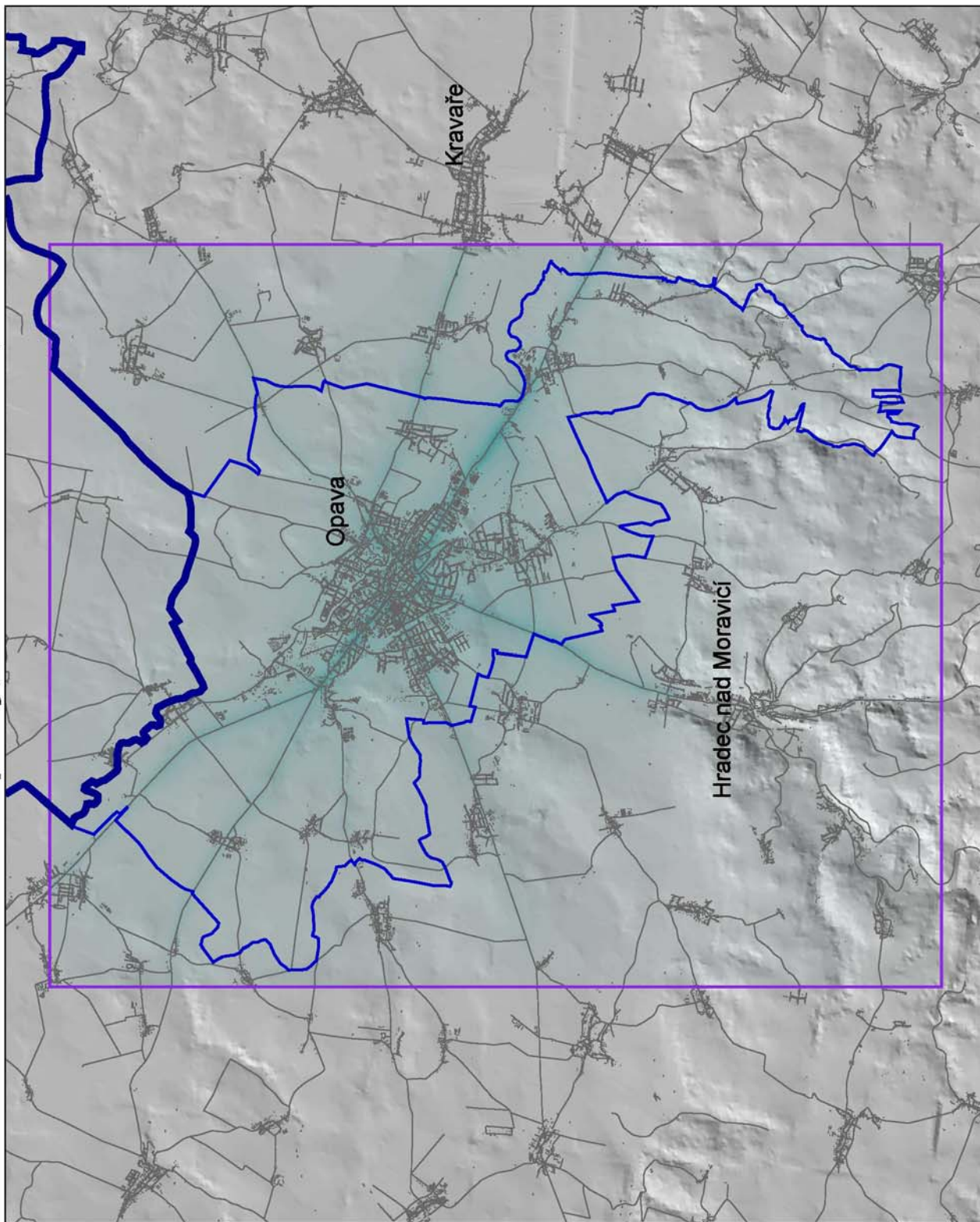
Průměrné roční koncentrace B(a)P, SYMOS'97

Imise z lokálních topenišť, dlouhodobá růžice, 2003



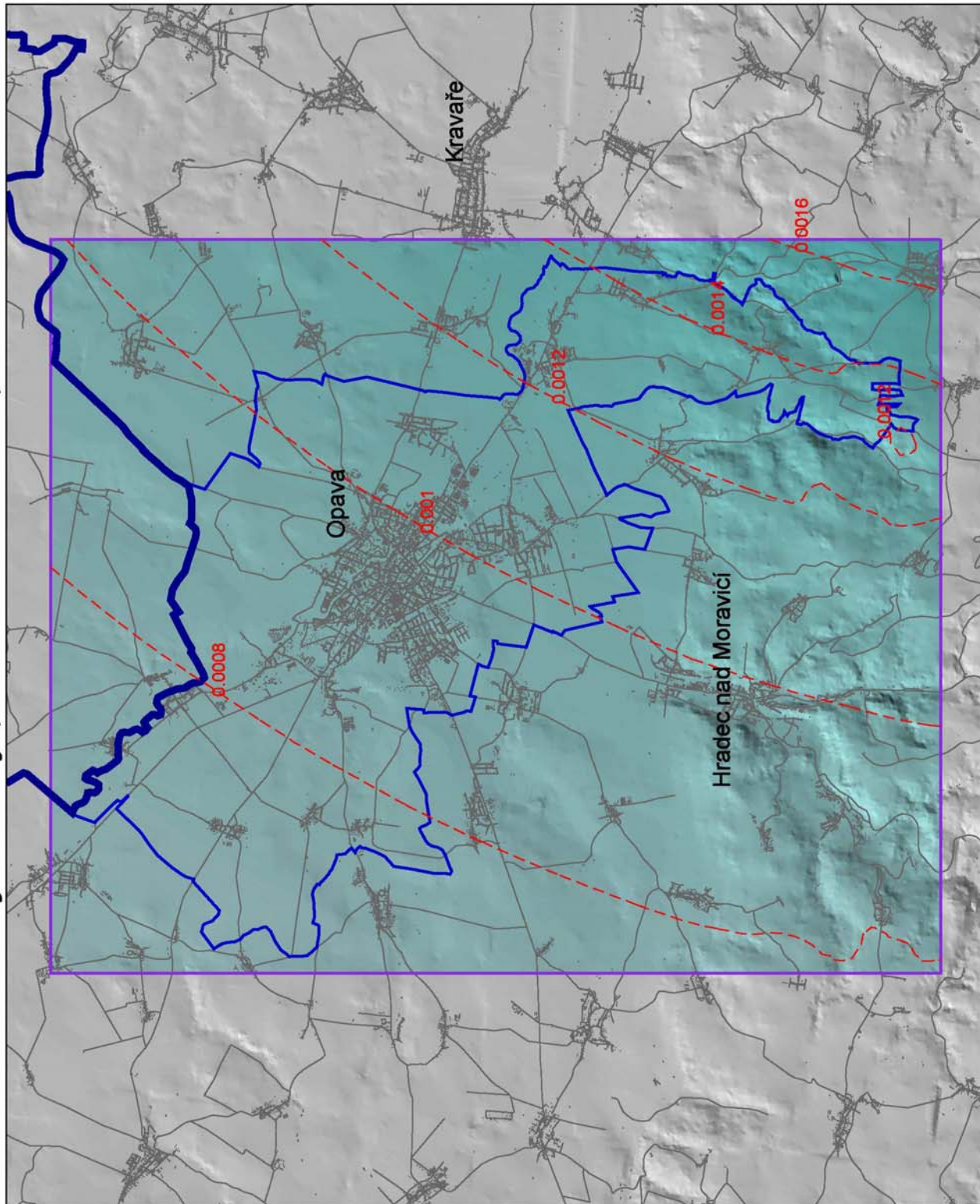
Průměrné roční koncentrace B(a)P, SYMOS'97

Imise z automobilové dopravy, dlouhodobá růžice, 2003



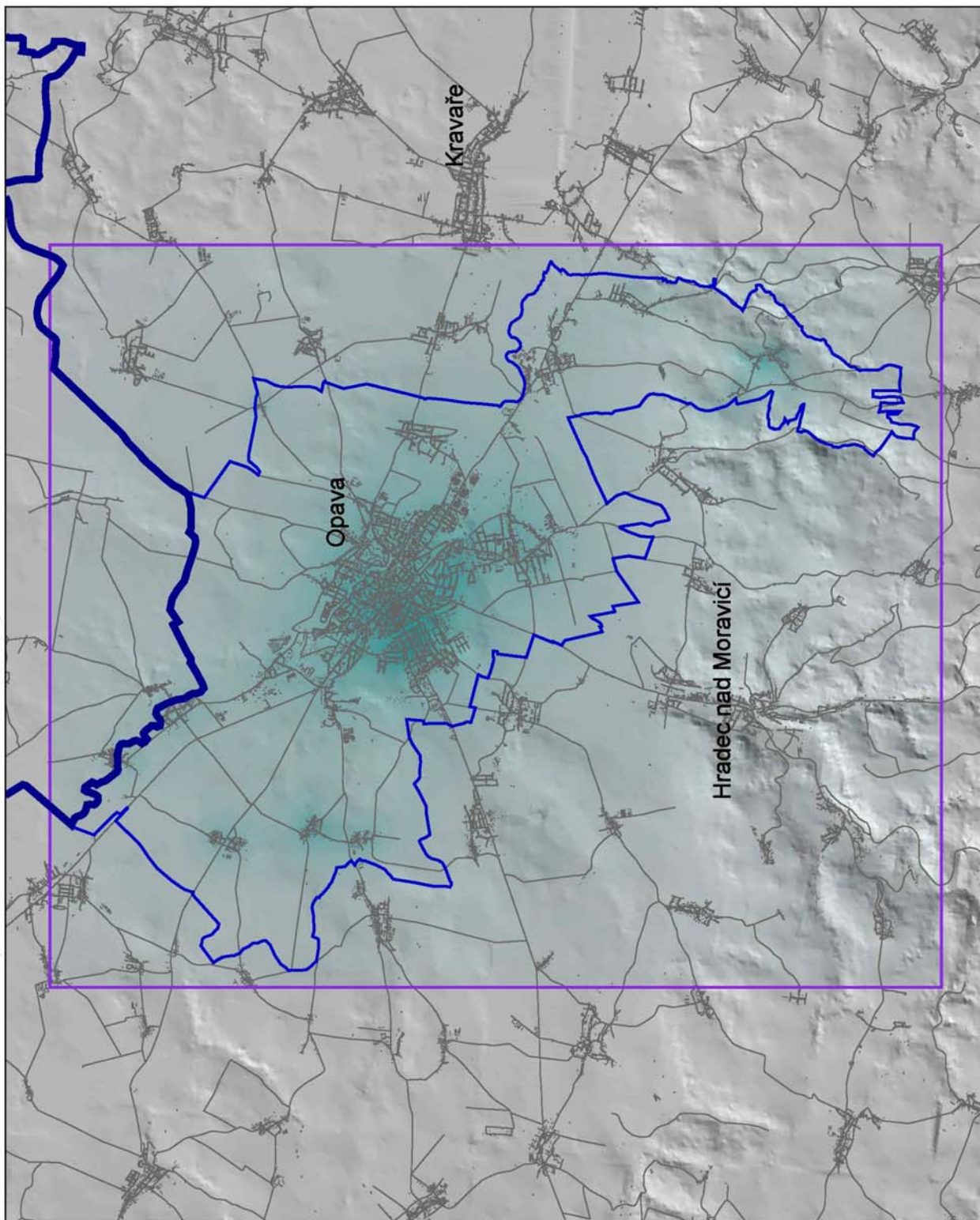
Průměrné roční koncentrace B(a)P, SYMOS'97

Imise ze vzdálených zdrojů, dlouhodobá rúžice, 2003



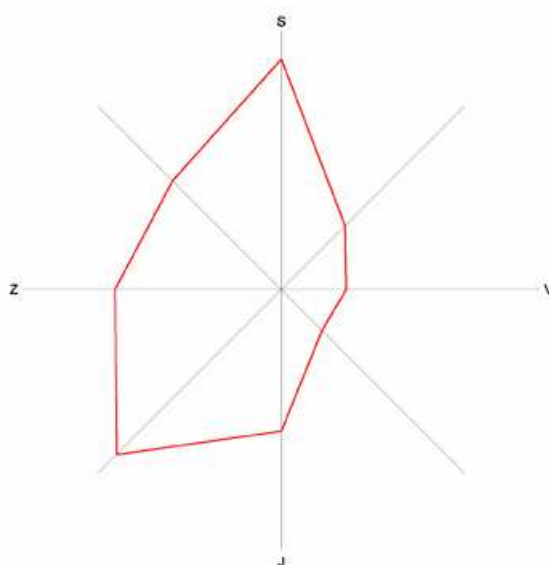
Průměrné roční koncentrace B(a)P, SYMOS'97

Celkové imise, dlouhodobá rúžice, 2003

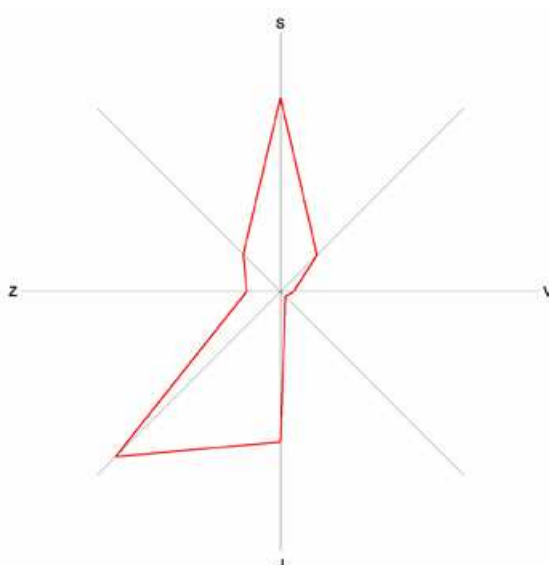


4.3 Diskuze výsledků

Vzhledem k tomu, že četnost větru v dlouhodobé stabilitní větrné růžici pro město Opava vykazuje výrazněji převládající větry z jihozápadu a severu než stabilitní větrná růžice pro rok 2003, kde je rozložení větru více rovnoměrné (viz Obrázky č. 2 a 3), vykazují nekorigované výsledky modelu větší extrémny v rozložení koncentrací znečišťujících látek. Rozdíly mezi výsledky modelování s různými stabilitními větrnými růžicemi tvoří u maxim průměrných ročních koncentrací až dvojnásobek.



Obrázek č. 2: Stabilitní větrná růžice pro město Opava pro rok 2003



Obrázek č. 3: Dlouhodobá stabilitní větrná růžice pro město Opava

Využití dlouhodobé stabilitní větrné růžice pro konkrétní data o zdrojích znečišťování ovzduší z roku 2003 neposkytuje výsledky pro tento rok a ukazuje, že při nezměněné struktuře zdrojů znečišťování ovzduší mohou být celkové imise v jiných letech na některých místech výrazně vyšší než v uvedeném roce, kdy byly relativně dobré rozptylové podmínky oproti dlouhodobému průměru.

Po korekci výsledků modelování s použitím dlouhodobé větrné stabilitní růžice pomocí pozadových koncentrací a výsledků imisního monitoringu za rok 2003 je výsledné rozložení koncentrací znečišťujících látek podobné jako v případě použití stabilitní růžice pro rok 2003. Je zřejmé, že v případě použití dlouhodobé stabilitní větrné růžice není vhodné srovnávat výsledky modelování s konkrétní imisní situací a tato korekce je zcela orientační.

4.3.1 Suspendované částice PM₁₀

Suspendované částice vyjádřené jako frakce PM₁₀ jsou na území města Opavy nejproblematictější znečišťující látkou.

Ze srovnání korigovaných výsledků modelování s využitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice s korigovanými výsledky modelování s využitím roční stabilitní růžice vyplývá, že výsledky jsou velmi podobné, maxima průměrných ročních koncentrací imisí se v případě využití dlouhodobé stabilitní větrné růžice liší několika procenty (viz Tabulka č. 10 na následující straně). Na většině zastavěného území města podle modelování dochází k překračování dlouhodobého imisního limitu PM₁₀. Jedná se zejména o městské části Opava – Město a Opava – Předměstí a dále částečně také o městské části Podvihov, Zlatníky, Hoštice a Komárov.

Tab. č. 10: Srovnání maximálních korigovaných hodnot průměrných ročních koncentrací PM₁₀ [μg.m⁻³]

Průměrné roční koncentrace PM ₁₀	Stabilitní větrná růžice pro rok 2003	Dlouhodobá stabilitní větrná růžice pro roky 1986-1995	Procentuální rozdíl [%]
Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší	33,1	31,0	6,3
Imise ze střední zdrojů znečišťování ovzduší	59,6	55,3	7,2
Imise z lokálních topenišť	40,1	38,7	3,5
Imise z automobilové dopravy	37,7	36,5	3,2
Imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší	69,1	68,4	1,0
Celkové imise	79,2	74,6	5,8

Dále ze srovnání korigovaných výsledků modelování vyplývá, že relativní rozložení imisí z různých skupin zdrojů zůstalo téměř nezměněno. Závěry jsou tedy shodné se závěry předchozí rozptylové studie [1]. Překračování dlouhodobých imisních limitů PM₁₀ je tedy způsobeno převážně vlivem lokálních topenišť. V zastavěných oblastech tvoří imise z lokálních topenišť přibližně 40 – 50%. Ke zhoršené imisní situaci přispívají imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší, které tvoří na většině území města cca 40% z celkových imisí. Negativně rozptylovou situaci ovlivňuje v centru města a podél frekventovaných komunikací automobilová doprava. V těchto místech je doprava původcem až 40% imisí.

Místně jsou patrné extrémní koncentrace PM₁₀ v okolí některých průmyslových zdrojů. Podíl imisí těchto zdrojů může v jejich blízkosti tvořit až 60 %. Mimo tyto oblasti tvoří imise z průmyslových zdrojů přibližně 20% z celkové imisní zátěže.

4.3.2 Oxid dusičitý NO₂

Ze srovnání korigovaných výsledků modelování s využitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice s korigovanými výsledky modelování s využitím roční stabilitní růžice vyplývá, že výsledky jsou velmi podobné, maxima průměrných ročních koncentrací imisí se v případě využití dlouhodobé stabilitní větrné růžice liší několika procenty (viz Tabulka č. 11 na následující straně) a na území města podle modelování s využitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice nedochází k překračování dlouhodobého imisního limitu NO₂.

Tab. č. 11: Srovnání maximálních korigovaných hodnot průměrných ročních koncentrací NO₂ [μg.m⁻³]

Průměrné roční koncentrace NO ₂	Stabilitní větrná růžice pro rok 2003	Dlouhodobá stabilitní větrná růžice pro roky 1986-1995	Procentuální rozdíl [%]
Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší	9,0	8,6	4,4
Imise ze střední zdrojů znečišťování ovzduší	10,1	9,4	6,9
Imise z lokálních topenišť	12,5	11,8	5,6
Imise z automobilové dopravy	33,0	29,3	11,2
Imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší	16,1	15,7	2,5
Celkové imise	42,5	37,6	11,5

Dále ze srovnání korigovaných výsledků modelování vyplývá, že relativní rozložení imisí z různých skupin zdrojů zůstalo téměř nezměněno. Závěry jsou tedy shodné se závěry předchozí rozptylové studie [1]. Největší vliv na výši celkových imisí má na území města Opavy automobilová doprava. V místech s nejvyššími hodnotami dlouhodobých koncentrací NO₂ se automobilová doprava podílí na celkové imisní situaci ze 60 – 70 %. Koncentrace NO₂ dosahují svého maxima v centru města, kde negativně kromě morfologie terénu imisní situaci ovlivňují také imise z lokálních topenišť, které se na celkové imisní situaci podílejí přibližně 15 – 20 %.

Mimo vlastní centrum města, v místech bez intenzivní automobilové dopravy, nad místními zdroji převažuje vliv vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší.

4.3.3 Benzo(a)pyren

Ze srovnání nekorigovaných výsledků modelování s využitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice s nekorigovanými výsledky modelování s využitím roční stabilitní růžice vyplývá, že hodnoty imisí jsou v případě využití dlouhodobé stabilitní větrné růžice vyšší, a to v některých případech při srovnání maxim průměrných ročních koncentrací imisí až o 100 % (viz Tabulka č. 12 na následující straně). Na území města však podle modelování nedochází k překračování cílového imisního limitu B(a)P.

Tab. č. 12: Srovnání maximálních hodnot průměrných ročních koncentrací B(a)P [ng.m⁻³]

Průměrné roční koncentrace B(a)P	Stabilitní větrná růžice pro rok 2003	Dlouhodobá stabilitní větrná růžice pro roky 1986-1995	Procentuální rozdíl [%]
Imise z místních zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší	0,050	0,060	20,0
Imise ze střední zdrojů znečišťování ovzduší	0,00005	0,000064	28,0
Imise z lokálních topenišť	0,199	0,366	83,9
Imise z automobilové dopravy	0,001	0,002	100,0
Imise ze vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší	0,001	0,002	100,0
Celkové imise	0,200	0,385	92,5

Dále ze srovnání nekorigovaných výsledků modelování vyplývá, že relativní rozložení imisí z různých skupin zdrojů zůstalo téměř nezměněno. Závěry jsou tedy shodné se závěry předchozí rozptylové studie [1]. Dominantní vliv na celkovou imisní situaci mají podle modelování v případě benzo(a)pyrenu stále lokální topeniště. Jejich podíl na imisní zátěži benzo(a)pyrenem tvoří 95%. Pouze v městských částech Komárov a Podvihov je rovněž významný vliv vzdálených zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování ovzduší. V okolí frekventovaných komunikací k celkové imisní situaci také negativně přispívá automobilová doprava.

5 Závěr

Úkolem této rozptylové studie bylo s využitím dlouhodobé stabilitní růžice modelovat rozptyl znečišťujících látek na území města Opavy se zahrnutím všech zdrojů znečišťování ovzduší. Modelování bylo provedeno pro znečišťující látky PM_{10} , NO_2 a benzo(a)pyren. Pomocí metodiky SYMOS '97 byly modelovány průměrné roční koncentrace pro jednotlivé skupiny zdrojů znečišťování ovzduší a celková imisní situace. Vstupní data použitá pro tuto rozptylovou studii byla převzata z Rozptylové studie pro město Opava [1]. Výsledky modelování byly pro PM_{10} a NO_2 korigovány s využitím pozadových koncentrací a dat z imisního monitoringu pro rok 2003.

V dlouhodobé stabilitní větrné růžici pro město Opava oproti roční stabilitní větrné růžici pro rok 2003 výrazně převažují větry z jihozápadu a severu. Nekorigované výsledky modelování s využitím dlouhodobé stabilitní růžice proto vykazují větší extrémy v rozložení koncentrací znečišťujících látek. Rozdíly oproti nekorigovaným výsledkům modelování s využitím roční stabilitní růžice pro rok 2003 tvoří u maxim průměrných ročních koncentrací až dvojnásobek.

Srovnání nekorigovaných výsledků modelování s využitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice a roční stabilitní větrné růžice pro rok 2003 ukázalo, že při nezměněné struktuře zdrojů znečišťování ovzduší mohou být celkové imise v jiných letech výrazně vyšší než v roce 2003, kdy byly oproti dlouhodobému průměru relativně dobré rozptylové podmínky.

Podle nekorigovaných výsledků modelování s využitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice nedochází u žádné z modelovaných znečišťujících látek na území města Opavy k překračování dlouhodobého, resp. cílového, imisního limitu.

Po orientační korekci výsledků modelování pro PM_{10} a NO_2 pomocí pozadových koncentrací a výsledků imisního monitoringu za rok 2003 je výsledné poměrné rozložení koncentrací znečišťujících látek v případě použití dlouhodobé větrné stabilitní růžice podobné jako v případě použití roční stabilitní větrné růžice pro rok 2003. Srovnání korigovaných výsledků modelování s využitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice pro PM_{10} a NO_2 s korigovanými výsledky modelování s využitím roční

stabilitní růžice pro PM_{10} a NO_2 ukázalo, že poměrné rozložení imisí se téměř neliší. Maximální průměrné roční koncentrace imisí jsou při využití dlouhodobé stabilitní větrné růžice u PM_{10} a NO_2 rozdílné o několik procent.

Podle korigovaných výsledků modelování s využitím dlouhodobé stabilitní větrné růžice dochází na většině zastavěného území města Opavy k překračování dlouhodobého imisního limitu pro u PM_{10} .

6 Seznam použitých dokumentů

- [1] *Rozptylová studie pro město Opava*. Ostrava : Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu, LabGIS, prosinec 2005. 92 s.
- [2] *Vybrané statistické údaje za základní územní jednotku (ZUJ) 505927 – Opava* [online]. Olomouc : Český statistický úřad, 2006 [cit. 2007-01-31]. Dostupný na WWW: <<http://www.czso.cz/lexikon/mos2003.nsf/mos?openform&:505927>>.
- [3] *Sčítání lidu domů a bytů 2001* [online]. Praha : Český statistický úřad, 2005 [cit. 2007-01-31]. Dostupný na WWW: <<http://www.czso.cz/sldb/sldb2001.nsf/obce/511382?OpenDocument>>.
- [4] *Věstník Ministerstva životního prostředí*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2004, roč. XIV, č. 12. 52 s. ISSN 0862-9013.
- [5] *Zákon č. 86/2002 ze dne 14. února 2002, o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ovzduší) v znění pozdějších předpisů*.
- [6] *Systém evidencí zátěží životního prostředí : Systém evidence kontaminovaných míst* [online]. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka [cit. 2006-11-30]. Dostupný na: <http://mapy.vuv.cz/website/vuv/index_sez.php>.
- [7] QUITT, Evžen (sest.). *Mapa klimatických oblastí ČSSR*. Praha : Kartografické nakladatelství pro Geografický ústav ČSAV Brno, 1970.
- [8] *Nářízení vlády č. 350/2002 Sb. ze dne 3. července 2002, kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší, ve znění pozdějších předpisů*.
- [9] *Informace o kvalitě ovzduší v ČR : Tabulka lokality* [online]. Praha : Český hydrometeorologický ústav, aktualizováno 24.1.2007 [cit. 2007-02-01]. Dostupný na WWW: <http://www.chmi.cz/uoco/isko/isko2/locality/pollution_locality/loc_TOVK.html>.

- [10] *Tabelární ročenka 2003* [online]. Praha : Český hydrometeorologický ústav, aktualizováno 30.6.2006 [cit. 2006-12-01]. Dostupný na: <http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/tab_roc.html>.
- [11] BUBNÍK, Jiří aj. SYMOS'97 : Systém modelování stacionárních zdrojů : Metodická příručka. Praha : Český hydrometeorologický ústav, 1998. 60 s. ISBN 80-85813-55-6.
- [12] *Místní program zlepšení kvality ovzduší pro město Ostrava*. Ostrava :Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu, Laboratoř GIS, prosinec 2004. 153 s.
- [13] *Modelování rozptylu znečišťujících látek pro informační systém kvality ovzduší města Olomouce*. Ostrava :Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu, Laboratoř GIS, prosinec 2005. 54 s.
- [14] *Rozptylová studie pro obec s rozšířenou působností Kopřivnice*. Ostrava :Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu, Laboratoř GIS, březen 2006. 95 s.
- [15] *Korekce výsledků modelování s využitím imisního monitoringu : Dodatek č. 2 k Rozptylové studii pro město Opava*. Ostrava : Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra ochrany životního prostředí v průmyslu, LabGIS, prosinec 2005. 29 s.

7 Seznam použitých zkratk

ADMOSS	...	Analytický disperzní modelovací superpočítačový systém
AIM	...	Automatizovaný imisní monitoring
B(a)P	...	Benzo(a)pyren
C ₉₀	...	Charakteristická hodnota ukazatele jakosti vody s pravděpodobností nepřekročení 90%
ČHMÚ	...	Český hydrometeorologický ústav
ČSÚ	...	Český statistický úřad
GIS	...	Geografický informační systém
IHr	...	Průměrná roční koncentrace znečišťující látky
IHd	...	Průměrná denní koncentrace znečišťující látky
IHk	...	Průměrná hodinová koncentrace znečišťující látky
LV	...	Imisní limit
MŽP	...	Ministerstvo životního prostředí
PM ₁₀	...	Suspendované částice frakce PM ₁₀ (polétavý prach)
TZL	...	Tuhé znečišťující látky
VÚV T.G.M.	...	Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše Garigua Masaryka
ZL	...	Znečišťující látka

VÚV T.G.M.	...	Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše Garigua Masaryka
ZSJ	...	Základní sídelní jednotky
ZL	...	Znečišťující látka