

**Univerzita obrany  
Fakulta ekonomiky a managementu  
Katedra ochrany obyvatelstva**

**SYMOS 97 – modelování a simulace  
(Studijní pomůcka pro předmět  
KRIZOVÉ SCÉNAŘE)**

Zpracoval: Ing. Jiří BARTA  
RNDr. Ing. Tomáš LUDÍK



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Studijní pomůcka byla zhotovena na základě specifické studie „Krizové scénáře“, která byla vyvinuta firmou T-SOFT, a.s. na zakázku pro účely projektu „Vzdělávání pro bezpečnostní systém státu CZ.1.07/2.2.00/15.0070.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### OBSAH

Úvod a cíl studijní pomůcky .....	3
1. Specifikace a použitelnost nástroje SYMOS 97 .....	4
2. Návrh Zadání .....	6
2.1 Modelový případ znečištění ovzduší SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> a prachem z teplárenského zařízení .....	6
3. Metodický postup použití nástroje SYMOS 97" .....	8
3.1 Obecné zásady postupu použití nástroje .....	8
3.2 Vytvoření projektu .....	9
3.3 Výškopisy .....	9
3.3.1 Vytvoření a editace výškopisu .....	10
3.3.2 Uložení, importy a exporty výškopisů .....	11
3.4 Větrné růžice .....	12
3.4.1 Standardní stabilitní větrná růžice .....	12
3.4.2 Vytvoření a editace růžice, zařazení do projektu .....	14
3.4.3 Protokol růžice .....	16
3.4.4 Graf vytvořené růžice .....	17
3.5 Znečišťující látky (veličiny) .....	18
3.6 Prachové skupiny .....	20
3.7 Zdroje znečištění .....	20
3.8 Referenční body .....	24
3.9 Mapový podklad .....	26
3.10 Výpočty .....	29
Roční koncentrace .....	30
3.10.1 .....	Denní koncentrace 33
Maximální koncentrace .....	34
3.10.2 .....	Tvorba izolinií 35
4. Shrnutí výsledků a závěr .....	39
Literatura .....	40
Poznámky .....	41



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## ÚVOD A CÍL STUDIJNÍ POMŮCKY

Úniky nebezpečných látek se stávají stále častějším a diskutovanějším tématem u odborné veřejnosti. Jejich četnost a hrozící riziko je stále podceňováno. Tato realita se promítá i do povědomí občanů o rizicích a hrozbách v jejich okolí. Velmi málo obyvatel se informuje o možných hrozbách ve svém okolí.

Cílem dokumentu je metodicky popsat použití nástroje SYMOS 97. Na rozdíl od nástrojů TeRex a ALOHA není SYMOS určen pro řešení úniků nebezpečných látek při průmyslových haváriích nebo podobných událostech, takže tato studie nevychází z kmenového dokumentu Modelové řešení havárie při přepravě nebezpečné látky.

Nástroj je určen pro výpočty a modelování kontinuálního znečištění ovzduší s využitím „Metodiky SYMOS'97 – metodiky výpočtu znečištění ovzduší u bodových, plošných nebo liniových stacionárních zdrojů, ČHMÚ Praha, 1997“ (System for Modelling of Stationery Sources).

V rámci studie jsme tedy navrhli vhodný scénář, odpovídající této metodice.

## 1. SPECIFIKACE A POUŽITELNOST NÁSTROJE SYMOS 97

Metodika SYMOS 97 je určena především pro vypracování rozptylových studií znečišťujících látek, které slouží jako podklady pro hodnocení kvality ovzduší. Ve výpočtech jsou zahrnuty veškeré geografické a meteorologické ovlivňující faktory, dále také vlastnosti, geometria a uspořádání znečišťujících zdrojů.

Geografické faktory, zohledněné při výpočtu, jsou například:

- tvar a charakter terénu,
- výškopis zkoumané oblasti,
- převýšení zdrojů oproti terénu.

Meteorologické faktory, zahrnuté v modelu, jsou především klimatické vstupní údaje:

- větrná růžice,
- teplotní stabilita atmosféry (5 stupňů stability),
- četnost výskytu horní hranice inverze.

Všechny tyto údaje jsou statistického charakteru, získané na bázi dlouhodobých měření ČHMÚ.

Z vlastností znečišťujících zdrojů jsou důležité:

- morfologické tvary zdrojů (plošné zdroje, bodové zdroje, liniové zdroje),
- kategorie unikajících znečišťujících látek.

Kategorie látek jsou modelovány z hlediska:

- průměrné doby jejich setrvání v atmosféře (20 hod, 6dní, 2 roky),
- vlastnosti látek podle jejich reakce s atmosférou (chemické procesy, fyzikální procesy).

V případě fyzikálních procesů pak ještě model rozlišuje způsob, jakým jsou látky odstraňovány z ovzduší na:

- suchou depozici (zachytávání plynné nebo pevné látky na zemském povrchu),
- mokrou depozici (vychytávání těchto látek padajícími srážkami).



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metodiky výpočtů umožňují modelovat **znečištění ovzduší plynnými látkami a prachem** z bodových, liniových a plošných zdrojů, stanovit charakteristiky v síti referenčních bodů se započítáním výše uvedených, převážně statisticky zadávaných ovlivňujících faktorů. Výsledkem jsou v síti referenčních bodů (vzdálených do 100 km od znečišťujících zdrojů) maximální krátkodobé (hodinové) koncentrace znečišťujících látek, průměrné roční koncentrace znečišťujících látek a doby trvání koncentrací převyšující zadané limity (imisní limity).

Jak je patrné z uvedených charakteristik, program i metodika patří ke špičkovému řešení dané problematiky a na malé výjimky (např. šíření v husté zástavbě pod úrovní střech) dávají velmi přesné výsledky.

## 2. NÁVRH ZADÁNÍ

### 2.1 Modelový případ znečištění ovzduší SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a prachem z teplárenského zařízení

Pro účely metodického popisu řešení zadaného úkolu pomocí programu SYMOS 97 jsme zvolili typický případ znečišťujícího zdroje – elektrárny a teplárny spalující hnědé uhlí – a odpovídající strukturu emitovaných škodlivin.

Příklad řeší vliv umístění tohoto pro Českou republiku typického zdroje emisí do oblasti Západočeského kraje v okolí města Plzeň. Skutečné hodnoty emisí odpovídají stávajícímu provozu Elektrárny a teplárny Mělník 2. Pro oblast máme k dispozici standardní osmisměrnou větrnou růžici (zdroj: ČHMÚ) pro všechny třídy stability ovzduší. V příkladu zkoumáme znečištění pro oblast 15 x 15 km v rastru referenčních bodů 5km. Tím se dostáváme k celkovému počtu 16 zkoumaných bodů, které si snadno a přehledně zobrazíme na situační mapě.

Výškopis definujeme opět v rastru 5 km, což je pro použití v praxi příliš hrubé, (běžně je to 10 – 50 metrů) nicméně pro přehledné zobrazení hodnot a ukázkou možností práce s těmito daty (exporty apod.) jsou výsledky názorné a přehledné.

Zkoumané veličiny jsou oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) a oxidy dusíku, počítané a označované v souhrnu NO<sub>x</sub> (je to především NO a NO<sub>2</sub>). Dále jsou to prachové částice, kde pro jednoduchost uvažujeme jednu prachovou skupinu s velikostí částic 20μm.

Výsledkem výpočtů na základě výše uvedených vstupních údajů budou roční, denní a maximální koncentrace uvedených škodlivin v jednotlivých referenčních bodech. Na získaných výsledcích pak ukážeme možné formy prezentace, typy výstupů a možných exportů dat.

Shrnutí parametrů znečišťujícího zdroje je pro přehlednost v následující tabulce. Pro konkrétní hodnoty emisí jsme použili parametry elektrárny/teplárny Mělník 2 v roce 2009.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tabulka 1 Charakteristiky znečišťujícího zdroje

Parametr	Hodnota	Poznámka
Typ zdroje	1 stacionární zdroj (komín)	
Nadmořská výška	220 m	
Výška koruny komína nad terénem	35 m	
Využití zdroje	Celý rok 24 h denně, 15 dní v roce odstávka	
Objem spalín	1m <sup>3</sup> za sekundu	Průměrná hodnota
Emise NO <sub>x</sub>	2 025 tun/rok	Podle ČEZ (Mělník 2)
Emise SO <sub>2</sub>	1 428 tun/rok	Podle ČEZ (Mělník 2)
Emise prachu	4 000 tun/rok	Částice 20um

Při zadání vstupů modelu je možno uvést řadu dalších parametrů, vztahujících se ke zdroji znečištění, které musíme operativně získat z různých informačních zdrojů. Řada těchto parametrů, na které během zadávání narazíme, je nepovinná a aplikace umí situaci modelovat i s využitím běžně dostupných dat.

Větrná růžice a výškopis bude zadána manuálně v rámci postupu řešení, neboť tabulky pro zadání těchto hodnot jsou přímo součástí aplikace. Bohužel jsme neměli k dispozici tyto údaje v elektronické podobě pro přímý import do programu.





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 3. METODICKÝ POSTUP POUŽITÍ NÁSTROJE SYMOS 97

V následující kapitole jsou uvedeny jednotlivé postupné kroky, které je nutno dodržet pro správnou posloupnost výpočtů a funkci programu. Jednotlivé kroky jsou logicky uspořádány a vedou studenta ke správnému výpočtu.

#### 3.1 Obecné zásady postupu použití nástroje.

V dalších kapitolách probereme použití nástroje na řešení výše uvedeného modelového případu. Postupně projdeme celé zadání vstupních parametrů modelového případu, spuštění výpočtu, a prezentaci a vyhodnocení výsledků. V rámci SYMOS 97 se souhrn těchto vstupů a výstupů po provedeném výpočtu nazývá Projekt a je uložen v souboru s příponou .s97 a je **hlavním datovým zdrojem** k tomuto dokumentu.

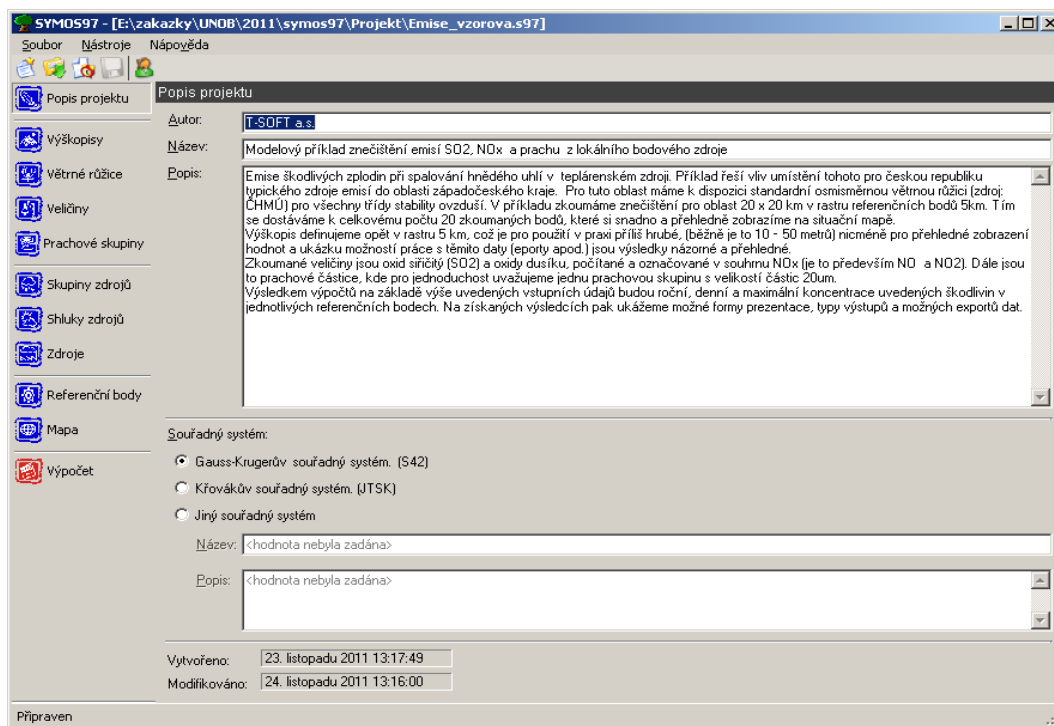
Během práce na projektu budeme vytvářet různé další **datové zdroje**, tedy soubory se zadávanými daty, výsledky různých exportů a výstupů. Všechny tyto soubory jsou k dispozici na přiloženém CD pro přímé použití v aplikaci. Vždy, pokud v příslušném odstavci popisujeme vytvoření takového datového zdroje, uvedeme cestu ve formě. **Datový zdroj na CD: cesta/název\_souboru**

Při popisu používání nebudeme vždy krok za krokem navádět uživatele ke stisku dané ikony nebo tlačítka, neboť předpokládáme znalost čtenáře v ovládání aplikací v prostředí Windows a všechna tlačítka aplikace mají kontextovou nápovědu po najetí kurzorem (ToolTip).

Tento dokument není manuálem programu SYMOS 97, ale metodickou pomůckou pro jeho použití. Proto doporučujeme při práci nahlížet také do interaktivního helpu nebo manuálu.

### 3.2 Vytvoření projektu

Prvním krokem je vytvoření projektu, jehož titulní stránka může vypadat například jako na obrázku 1.



Obrázek 1 Titulní strana projektu

Projekt si uložíme do vhodného adresáře. Na přiloženém CD je projekt uložen v dokončeném stavu. Datový soubor je umístěn na studijním CD: \\SYMOS97\\DatoveZdroje\\Emise\_vzorova.s97

### 3.3 Výškopisy

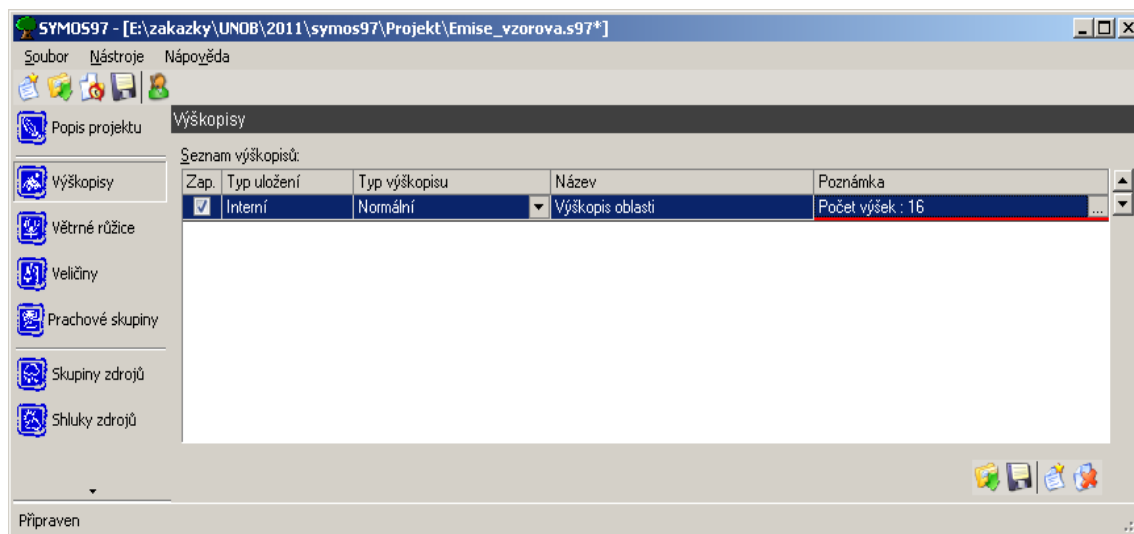
Po zadání základních údajů je prvním krokem vytvoření nebo vložení výškopisu oblasti, ve které budeme zkoumat znečištění ovzduší. Výškopis můžeme získat v elektronické podobě (standardní výškopis ČR), nebo můžeme využít možnost editace pomocí tabulky v programu.

Výškopis je v podstatě tabulka, která popisuje průměrnou nadmořskou výšku čtverců, na které si rozdělíme zájmové území. Sloupce a řádky tabulky jsou vlastně souřadnice pomyslných čtverců a v jejich průsečíku je nadmořská výška čtverce.

Souřadnice výškopisu jsou buď absolutní, odpovídající mapě a danému souřadnému systému (S-42, JTSK, WGS84 apod.), nebo mohou být pouze relativní tak, jak je to v našem případě. Plocha čtverců je dána hustotou souřadnic. Přesné výškopisy jsou v rastru 10 x 10 m, nicméně my jsme zvolili velmi hrubý rastr 5 x 5 km z důvodů přehlednosti, neb máme jen 16 výškopisných bodů pro naše zájmové území 20x20km.

### 3.3.1 Vytvoření a editace výškopisu

Z menu přidáme nový výškopis, pojmenujeme ho. Typ výškopisu volíme normální (hodnoty jsou absolutními nadmořskými výškami), typ uložení je interní, neboť data nemáme k dispozici v externím souboru (tvoříme je).




Obrázek 2 Vytvoření nového výškopisu

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Do tabulky pak zadáme například (odečtem z vrstevnic mapy) hodnoty nadmořské výšky jednotlivých čtverců.

**Interní výškopis**



**Základní vlastnosti**

Název : Výškopis oblasti

Typ : Normální

☒ Zapnuto

Levý horní roh :

Pozice X: 0 m Y: 20000 m

Pravý dolní roh :

Pozice X: 20000 m Y: 0 m

Velikost buňky :

Směr X: 5000 m Y: 5000 m

Bod X\Y	0	5000	10000	15000
15000	220	250	220	200
10000	235	225	220	200
5000	300	350	350	300
0	200	235	245	550

Ok Storno

Obrázek 3 Vyplnění výškopisu

### 3.3.2 Uložení, importy a exporty výškopisů

Výškopisy můžeme importovat z TXT souborů nebo je podporován formát SYMOS 97 (ESRI, SURFER).

Námi definovaný výškopis si můžeme také uložit pro další použití, soubor má příponu .hg. Datový zdroj na CD: \SYMOS97\DatoveZdroje\Vyskopis\_oblast.hg



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 3.4 Větrné růžice

Větrná růžice je běžný způsob statistického popisu četnosti výskytu větru v daném směru a dané třídě stability ovzduší. Standardní větrná růžice je osmisměrová, tedy popisuje četnosti větru od severu po 45 stupních a stav bezvětří. Větrné růžice bývají definovány pro různé výšky nad zemí a mohou se tedy lišit pro různé znečišťující látky podle toho, jak se látka chová v atmosféře.

Aplikace SYMOS 97 umožňuje načítání růžic ze standardních formátů, případně přímou editaci hodnot růžice. Dále zobrazuje rychlostní nebo stabilitní grafy růžice a samozřejmě také ukládání a exportování vytvořené růžice do souboru pro další využití. Podporované formáty jsou PDF, HTML, RTF, XLS a EMF. Větrné růžice v elektronické podobě bývají k dispozici převážně jako placená služba (např. od ČHMÚ).

#### 3.4.1 Standardní stabilitní větrná růžice

Pro náš modelový případ jsme využili větrnou růžici, získanou z Rozptylové studie znečištění ovzduší oblasti města Plzně (dále jen Rozptylové studie). K dispozici jsme měli pouze dokument v PDF formátu, takže jsme využili možnost zadání dat manuálně editorem růžice. Pro další použití růžici uložíme ve vhodném formátu a ukážeme si graf a export vytvořené růžice.

Na obrázku 4 je stránka z dokumentu Rozptylové studie, ze kterého jsme čerpali data pro naši modelovou růžici.

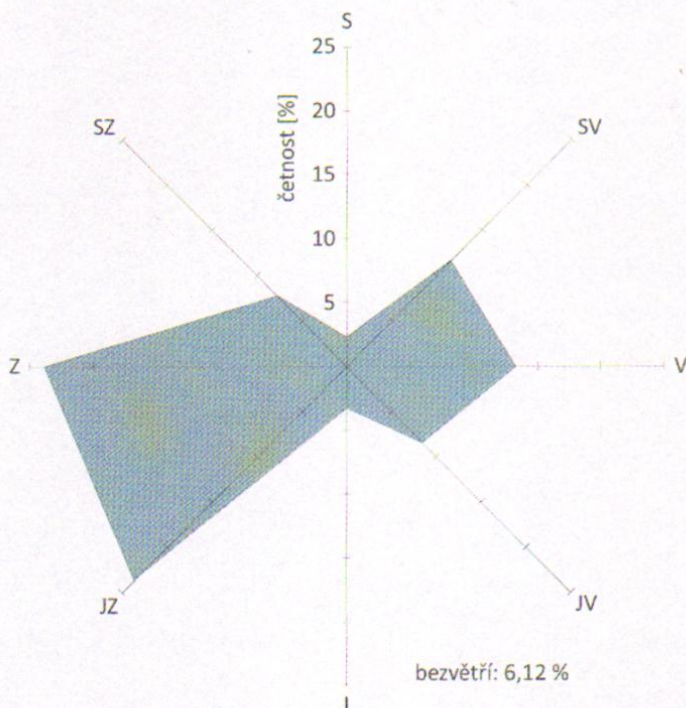
Datový zdroj na CD: \SYMOS97\DatoveZdroje\ruzice\_CHMU.png



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 3.3 Stabilitní větrná růžice

Pro výpočet rozptylové studie byla použita větrná růžice pro oblast Plzeň, která byla sestavena programem WAsP a odpovídá zájmové oblasti v okolí uvažovaného emisního zdroje. Tato základní osmisměrná růžice byla následně rozdělena do jednotlivých tříd stability atmosféry a jednotlivých tříd rychlosti větru podle metody Symos '97.



Obr. 3 Obecná osmisměrná větrná růžice v 10 m nad terénem

Tab. 3 Větrná růžice rozdělená podle jednotlivých tříd

	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bez.
1. tř. - v = 1,7 m	0,21	1,01	0,97	0,68	0,22	0,88	0,77	0,31	2,61
2. tř. - v = 1,7 m	0,52	1,98	2,34	1,68	0,73	3,07	2,34	1,34	1,76
2. tř. - v = 5,0 m	0,01	0,14	0,13	0,05	0,03	0,17	0,13	0,05	0,00
3. tř. - v = 1,7 m	0,42	1,67	1,97	1,69	0,75	3,78	3,44	1,55	0,72
3. tř. - v = 5,0 m	0,31	2,59	3,50	1,68	0,48	4,43	4,47	1,30	0,00
3. tř. - v = 11,0 m	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
4. tř. - v = 1,7 m	0,16	0,69	1,00	0,71	0,35	1,87	1,44	0,49	0,66
4. tř. - v = 5,0 m	0,33	1,55	1,91	0,99	0,26	6,45	7,88	1,81	0,00
4. tř. - v = 11,0 m	0,04	0,08	0,07	0,03	0,01	0,09	0,72	0,20	0,00
5. tř. - v = 1,7 m	0,15	0,82	0,79	0,58	0,37	1,94	1,37	0,40	0,37
5. tř. - v = 5,0 m	0,07	1,06	0,57	0,34	0,11	0,93	1,17	0,25	0,00

Obrázek 4 Větrná růžice



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 3.4.2 Vytvoření a editace růžice, zařazení do projektu

V menu *Větrné růžice* přidáme standardní větrnou růžici. Tím se připraví prázdná šablona pro naplnění dat (četností výskytů směrů větru pro dané třídy stability ovzduší). Pokud nemáme k dispozici všechny údaje, můžeme položku, pro kterou neznáme všechny údaje, odstranit. Jedná se například o třídu stability nebo rychlost větru.

Standardně je definováno 5 tříd (stupňů) stability ovzduší a v každé třídě 3 rychlosti větru (1.7 m/s, 5.00 m/s a 11 m/s). V našem případě máme k dispozici například v 1. třídě stability četnosti pouze pro rychlost větru 1.7 m/s, takže pravděpodobnosti pro ostatní rychlosti ponecháme 0. V tomto konkrétním případě je to zřejmě proto, že ve velmi stabilní atmosféře je pravděpodobnost výskytu silnějších větrů velmi malá a můžeme si ji dovolit zanedbat.

Pomocí ikon v dolní části aplikace můžeme upravit šablonu tak, aby odpovídala datům, která máme k dispozici (odstranit nebo přidat některé třídy stability případně rychlosti větru). Bohužel rychlosti větru jdou odebrat pouze pro celou růžici, nikoli selektivě pro jednotlivé třídy stability.

Data vyplňujeme přímo interaktivně do políček v tabulce na obrázku 5. Naše hotová větrná růžice je zobrazena na následujícím obrázku. Pokud jsme neudělali chybu a data jsou správná, součet výskytů v pravém dolním rohu tabulky musí být 100%.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SYMOS97 - [E:\zakazky\UNOB\2011\symos97\Projekt\Emise\_vzorova.s97]

Soubor Nástroje nápověda

Popis projektu Větrné růžice

Výškopisy

Větrné růžice

Veličiny

Prachové skupiny

Skupiny zdrojů

Shluky zdrojů

Zdroje

Referenční body

Mapa

Výpočet

Seznam větrných růžic

Počet směrů	Popis
8	Standardní větrná růžice

Hodnoty četnosti výskytu větru - větrná růžice [%]

Směr větru:	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	CALM	Součet
<b>I. třída stability - velmi stabilní</b>										
1,70 m/s	0,21	1,01	0,97	0,68	0,22	0,88	0,77	0,31	2,61	7,66
5,00 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11,00 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>II. třída stability - stabilní</b>										
1,70 m/s	0,52	1,98	2,34	1,68	0,73	3,07	2,34	1,34	1,76	15,76
5,00 m/s	0,01	0,14	0,13	0,05	0,03	0,17	0,13	0,05	0	0,71
11,00 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>III. třída stability - izotermní</b>										
1,70 m/s	0,42	1,67	1,97	1,69	0,75	3,78	3,44	1,55	0,72	15,99
5,00 m/s	0,31	2,59	3,5	1,68	0,48	4,43	4,47	1,3	0	18,76
11,00 m/s	0	0	0,01	0	0	0	0,02	0,01	0	0,04
<b>IV. třída stability - normální</b>										
1,70 m/s	0,16	0,69	1	0,71	0,35	1,87	1,44	0,49	0,66	7,37
5,00 m/s	0,33	1,55	1,91	0,99	0,26	6,45	7,88	1,81	0	21,18
11,00 m/s	0,04	0,08	0,07	0,03	0,01	0,09	0,72	0,2	0	1,24
<b>V. třída stability - konvektivní</b>										
1,70 m/s	0,15	0,82	0,79	0,58	0,37	1,94	1,37	0,4	0,37	6,79
5,00 m/s	0,07	1,06	0,57	0,34	0,11	0,93	1,17	0,25	0	4,5
11,00 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Celková růžice</b>										
1,70 m/s	1,46	6,17	7,07	5,34	2,42	11,54	9,36	4,09	6,12	53,57
5,00 m/s	0,72	5,34	6,11	3,06	0,88	11,98	13,65	3,41	0	45,15
11,00 m/s	0,04	0,08	0,08	0,03	0,01	0,09	0,74	0,21	0	1,28
součet	2,22	11,59	13,26	8,43	3,31	23,61	23,75	7,71	6,12	100

Přípraven

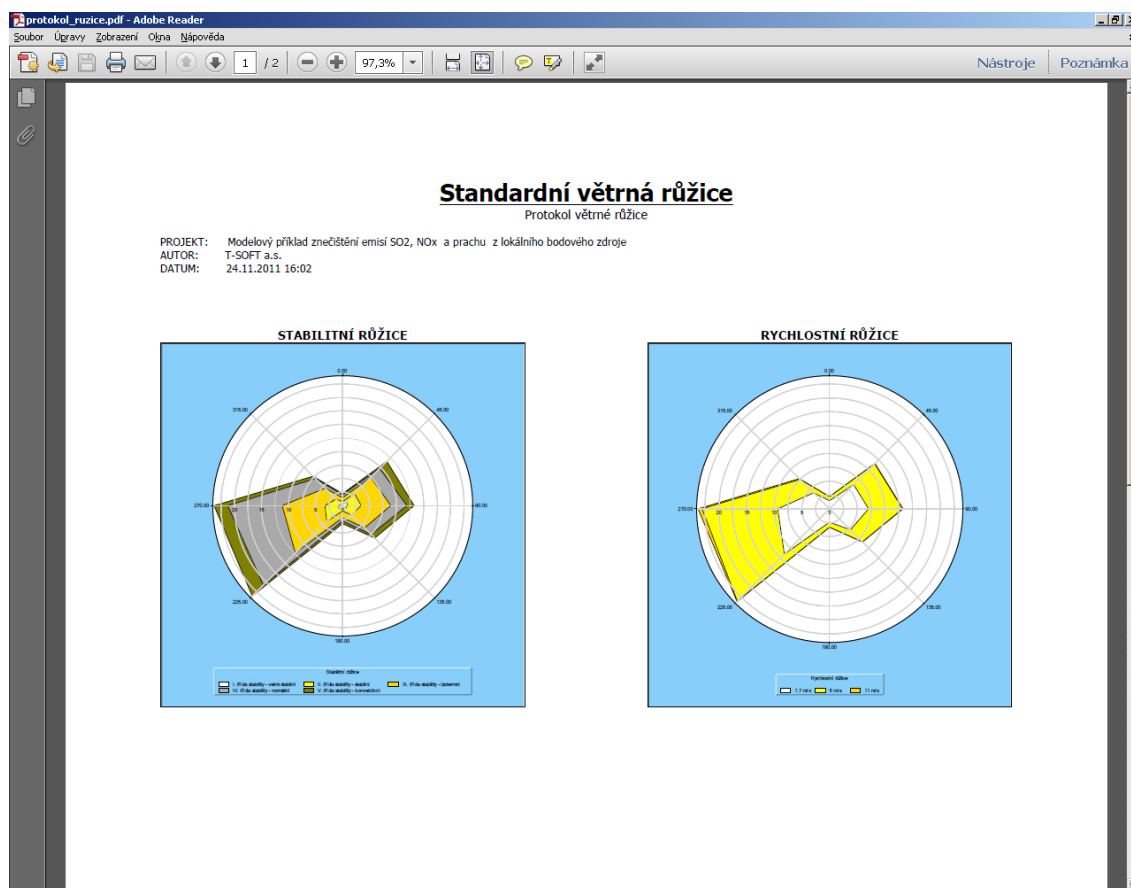
Obrázek 5 Manuální zadání větrné růžice

Po dokončení editace si větrnou růžici uložíme do souboru pomocí ikonky s disketou v horní pravé části okna. Datový zdroj je uložen na studijním CD: \SYMOS97\DatoveZdroje\ruzice\_symos.wr



### 3.4.3 Protokol růžice

Nyní si můžeme vyzkoušet vytvoření protokolu růžice, které spustíme ikonkou v horní části menu. Po chvíli se zobrazí náhled protokolu, můžeme ho uložit v námi zvoleném formátu. My jsme zvolili soubory .pdf a .xls (MS Excel). Náhled protokolu v PDF je zobrazen na obrázku 6. (Pro detailní průzkum použijeme soubor .pdf nebo .xls na CD s dokumentací).



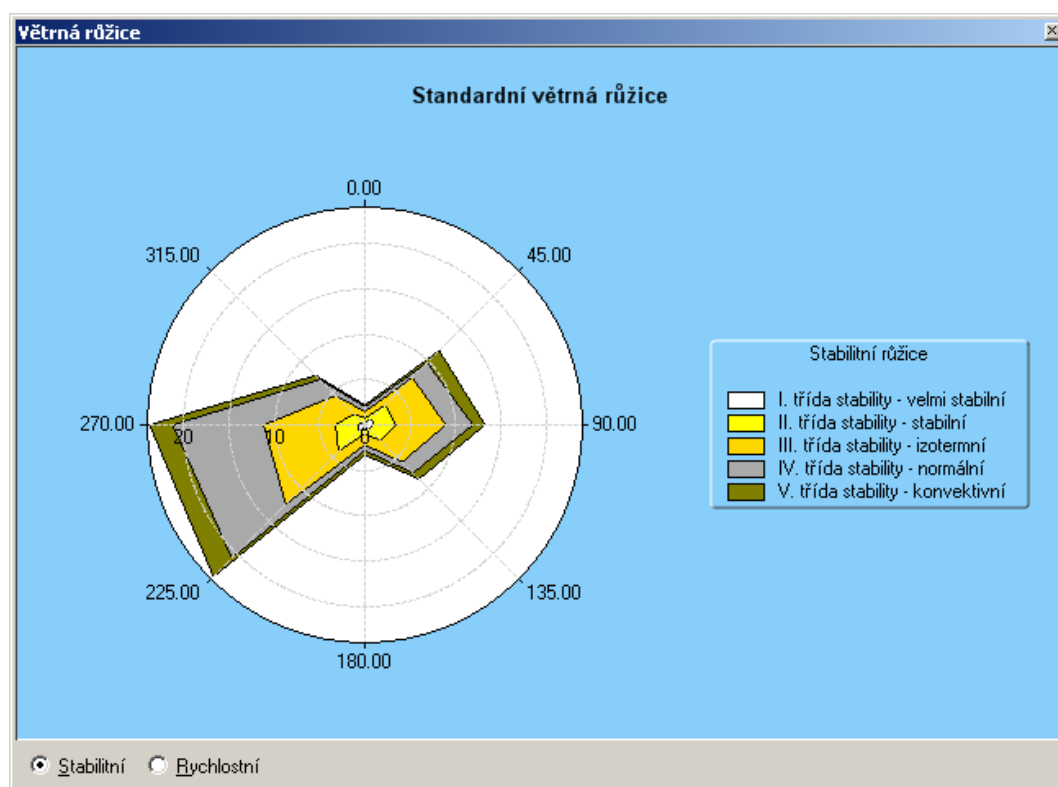
Obrázek 6 Náhled protokolu větrné růžice

Datové zdroje na CD: \SYMOS97\DatoveZdroje\protokol\_ruzice.pdf  
 \SYMOS97\DatoveZdroje\protokol\_ruzice.xls

### 3.4.4 Graf vytvořené růžice

Podobně můžeme rychle zobrazit graf definované růžice (Obrázek 7) ve stabilitní nebo rychlostní formě. Grafický výsledek je totožný, ale na rozdíl od protokolu není k dispozici jako datový zdroj.

Porovnáním se zdrojovým dokumentem, jak vidíme na obrázku 6 a 7, jsme dostali stejné grafické znázornění růžice (stabilitní forma), takže v dosavadním postupu jsme neudělali chybu a máme k dispozici platnou větrnou růžici.

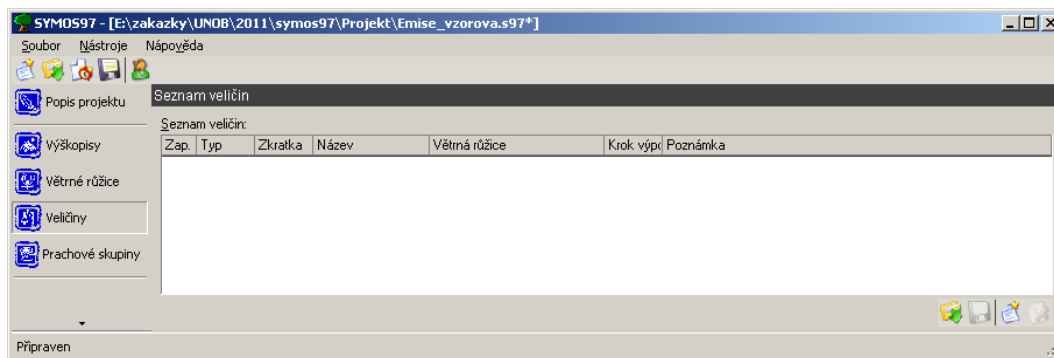


Obrázek 7 Graf definované růžice

### 3.5 Znečišťující látky (veličiny)

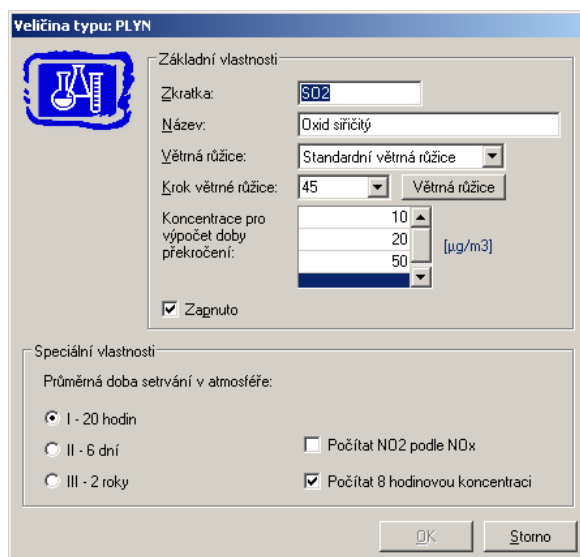
Záložka *Veličiny* umožňuje v programu SYMOS 97 definovat základní vlastnosti emitovaných látek (obrázek 9), jejichž výskyt v ovzduší zkoumáme (viz obrázek 8). Základní rozdělení je na plynné látky a prach.

V našem modelovém případě máme zadáno, že náš zdroj znečištění produkuje SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, což jsou plynné látky, a prach s průměrem částic 20um. Tyto látky nadefinujeme v programu jak je vidět na obrázku 8, ukážeme si to podrobně v případě SO<sub>2</sub>, u dalších látek je postup obdobný.



Obrázek 8 Seznam emitovaných látek

Otevřeme průvodce přidáním veličiny (ikona vpravo dole) a doplníme parametry emitovaných látek.



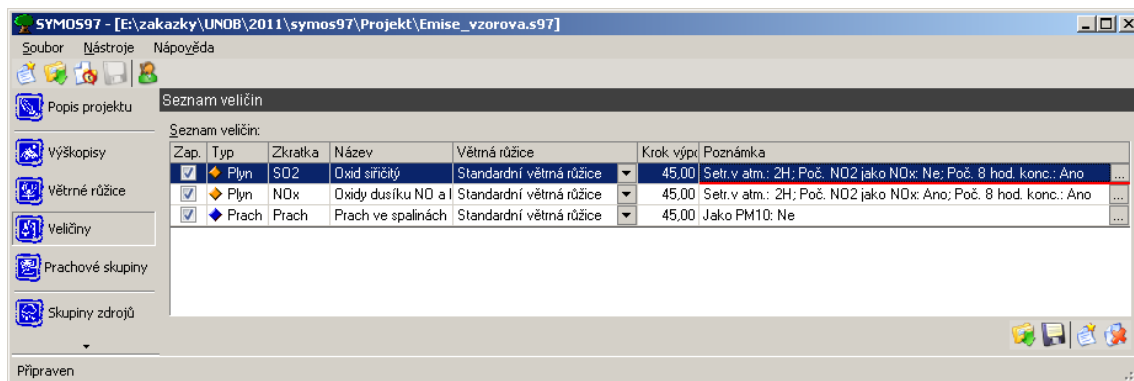
Obrázek 9 Parametry emitovaných látek – SO<sub>2</sub>

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Parametry jsou zřejmé, při zadávání je třeba uvědomit si následující skutečnosti:

- Použitá větrná růžice se může lišit pro každou látku s ohledem na její vertikální pohyb v atmosféře. Parametrem větrné růžice je totiž mj. výška nad terénem. V našem případě máme model zjednodušen použitím pouze jedné společné růžice.
- Jednotlivé meze koncentrací pro výpočet doby překročení jsou dány příslušnou normou. Pro SO<sub>2</sub> je to v současnosti 50 ug/m<sup>3</sup>. Můžeme zkoumat více hodnot, někdy bývá totiž uváděna i mez 20ug.
- Doba setrvání látky v atmosféře je odvislá od charakteru látky, podle typu depozice apod.

Stejným způsobem nadefinujeme i zbylé naše škodliviny a měli bychom dospět ke stavu aplikace jak je vidět na obrázku 10.



Obrázek 10 Definovaný seznam emitovaných látek

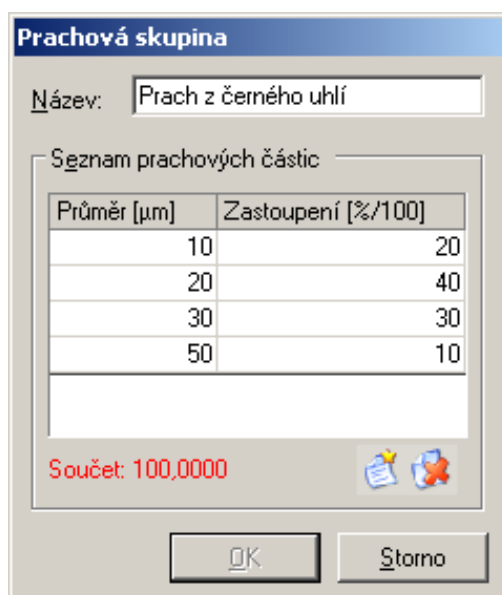
Opět si látky můžeme uložit do samostatných souborů pro použití v dalších projektech. Soubory mají přípony .ec.

Datové zdroje na CD: \SYMOS97\DatoveZdroje\SO2.ec  
 \SYMOS97\DatoveZdroje\NOx.ec  
 \SYMOS97\DatoveZdroje\Prach.ec

### 3.6 Prachové skupiny

V našem modelovém případě předpokládáme pro jednoduchost a názornost pouze jeden rozměr emitovaných prachových částic (20um) pro námi uvažovaný zdroj – komín teplárny.

V praxi však jsou k dispozici hodnoty skutečně změřené na modelovaných zdrojích. Většinou se jedná o množinu prachových částic v určitém rozsahu rozměrů a procentuálního zastoupení. Tato množina je často charakteristická pro typ zdroje. Např. pro kotel, spalující hnědé uhlí apod. V aplikaci proto jde definovat prachová skupina, a ta následně přiřadit příslušnému zdroji. Pro názornost jsme definovali jednu prachovou skupinu v rozsahu rozměrů částic 10 – 50 um, viz obrázek 11. Datový zdroj na CD: \SYMOS97\DatoveZdroje\Prachove\_skupiny.dgc



**Prachová skupina**

Název:

Seznam prachových částic

Průměr [μm]	Zastoupení [%/100]
10	20
20	40
30	30
50	10

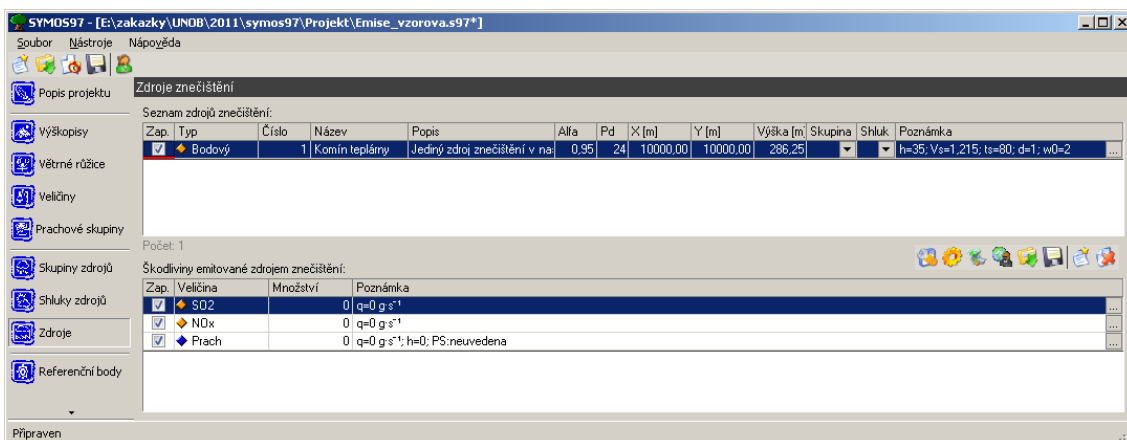
Součet: 100,0000

OK Storno

Obrázek 11 Prachová skupina v rozsahu rozměrů částic 10 – 50 um

### 3.7 Zdroje znečištění

V záložce zdroje znečištění můžeme vytvářet a editovat jednotlivé emisní zdroje. V našem případě máme za úkol modelovat znečištění z jediného zdroje, komína teplárny. Analogicky s předchozími kroky si vytvoříme nový zdroj znečištění, kde hned v prvním kroku určíme, zda jde o bodový zdroj (naš případ, jeden komín), plošný zdroj (např. shluk komínů) nebo zdroj liniový (řada, linie znečišťujících zdrojů).



Obrázek 12 Zdroj znečištění

V dolním okně aplikace se zobrazují definované látky, jak je vidět na obrázku 12, pomocí zaškrťovacích tlačítek přiřadíme, které látky emituje náš zdroj. V našem případě jsou to všechny, které jsme dosud definovali.

Zde se již velmi názorně projevuje logika aplikace a smysl tvorby datových zdrojů pro jednotlivé definované entity. Postupně si totiž budujeme databázi informací, kde máme již popsané objekty, výškopisy oblastí, větrné růžice, látky a jejich vlastnosti, znečišťující zdroje a jejich vlastnosti atd.

Většinu parametrů totiž musíme zjistit mimo aplikaci z různých informačních zdrojů, např. meteorologická data z ČHMÚ, vlastnosti látek a jejich parametry z hlediska znečištění ovzduší (kritické koncentrace, doby setrvání v atmosféře), parametry zdrojů z přímých měření nebo z informací od provozovatele zdroje. Například roční emise jednotlivých elektráren a tepláren ČEZ jsou uveřejňovány na internetových stránkách apod.

Pro modelování pak vybíráme vhodné kombinace již definovaných entit pomocí zapnutí zaškrťovacím polem před každou položkou.

Vraťme se nyní k našemu modelovému zdroji. Máme připraven nový zdroj a podle parametrů zadání mu přiřadíme emisní parametry. U každé látky nastavíme emisní hodnoty, které spočítáme ze známých ročních hodnot emisí, které jsou zobrazeny na obrázku 13.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jeden rok 365 dní = 8760 hodin = 525600 minut = 31536000 sekund

Roční emise CO<sub>2</sub> = 1428 t

Roční emise NO<sub>x</sub> = 2025 t

Roční emise prachu = 4000 t

Průměrná rychlost emise je tedy

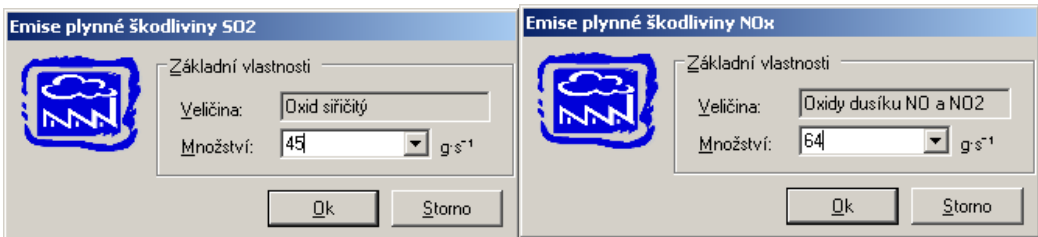
45 gramů SO<sub>2</sub> za sekundu.

64 gramů NO<sub>x</sub> za sekundu

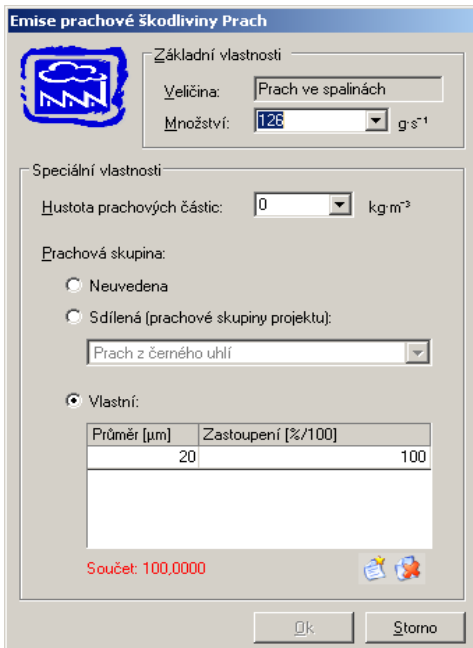
126 gramů prachu za sekundu

Obrázek 13 Roční hodnoty emisí

Nastavíme příslušné parametry plyných látek (obrázek 14) a parametry emitovaného prachu (obrázek 15). Zde je patrná možnost přiřazení prachové skupiny, která může být nadefinována pro opakované použití v navzájem podobných zdrojích. My však využijeme vlastní, čili pro tento zdroj jedinečnou prachovou skupinu, sestávající pouze z jedné hodnoty rozměru částic.



Obrázek 14 Nastavení emisí škodlivin



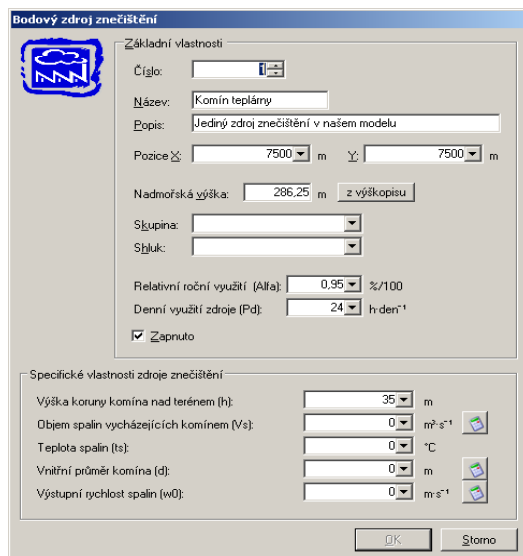
Průměr [μm]	Zastoupení [%/100]
20	100

Obrázek 15 Nastavení emisí prachových částic



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

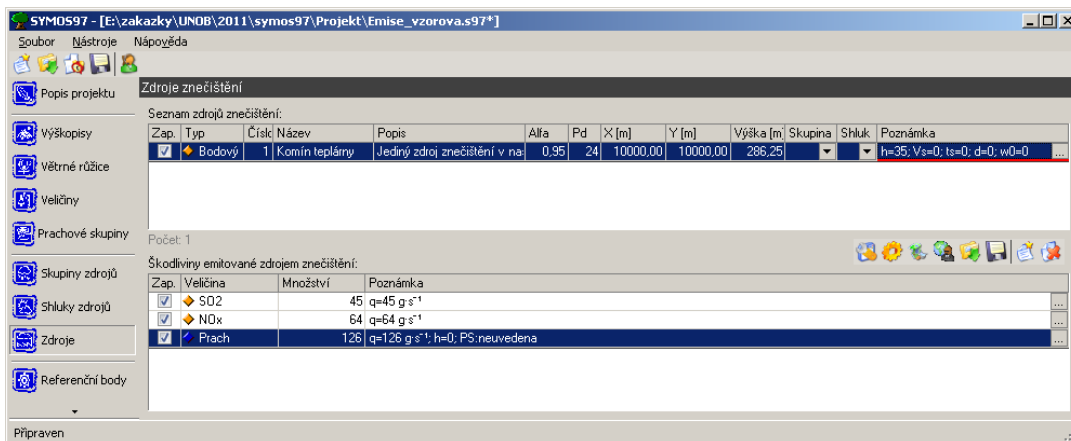
Dále se věnujeme dialogu pro nastavení celkových parametrů našeho zdroje znečištění. Jednotlivé hodnoty jsou patrné, pozici zdroje umístíme pomocí našich relativních souřadnic zhruba doprostřed zájmové oblasti a nadmořskou výšku dopočítá aplikace z našeho výškopisu.



Obrázek 16 Celkové parametry zdroje znečištění

V tomto okamžiku bychom měli mít nastaveny všechny základní parametry našeho zdroje, takže si můžeme uložit datový soubor pro další použití. Datový zdroj na CD: `\SYMOS97\DatoveZdroje\zdroje_znecisteneni.psc`

Přehledové okno aplikace SYMOS 97 (obrázek 17) poskytuje náhled na všechny důležité parametry výpočtu.



Obrázek 17 Přehledové okno aplikace SYMOS 97



### 3.8 Referenční body

Referenční body jsou použity pro výpočty všech typů koncentrací znečištění (denní, maximální, roční). Jsou to místa v rámci zájmového (modelovaného) prostoru, ke kterým se vztahuje matice výsledků výpočtů.

V našem modelovém případě nastavíme síť referenčních bodů tak, aby odpovídala aktuálním souřadnicím a definovanému výškopisu jak hodnotami, tak roztečí bodů (5 km). Na základě seznamu referenčních bodů je vytvořen seznam výsledků vypočtených koncentrací.

K vytvoření sítě použijeme na obrázku 18 vyobrazený Generátor sítě referenčních bodů, spuštěný ikonkou v pravé dolní části okna aplikace.

Obrázek 18 Generátor referenčních bodů

Doplníme hodnoty adekvátní souřadnicím naší zájmové plochy (stejně jako jsme definovali ve výškopisu) a rozteč bodů (po 5 km). Po vygenerování prázdné matice necháme přiřadit referenčním bodům nadmořské výšky podle zadaného výškopisu. Kromě nadmořské výšky umístíme síť bodů do výšky nad terén, kde nás zajímají výpočty koncentrací. Pro modelování vlivu na obyvatelstvo jsme zvolili výšku 10 m naší

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

sítě. Samozřejmě můžeme definovat více sítí v různých výškách a pro ně spouštět výpočty a porovnávat namodelované hodnoty.

SYMOS97 - [E:\zakazky\UNOB\2011\symos97\Projekt\Emise\_vzorova.s97\*]

Soubor Nástroje Nápořádá

Popis projektu Referenční body

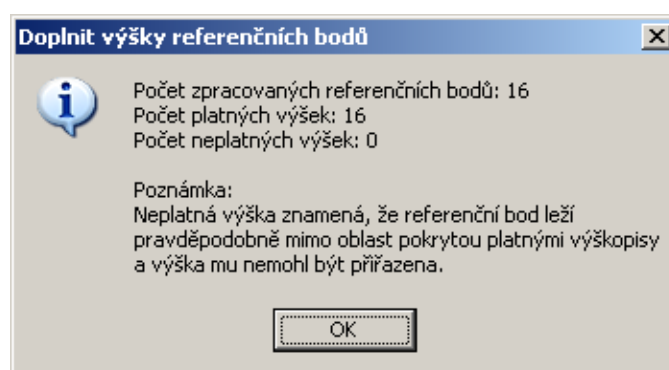
Seznam referenčních bodů

Zap.	Číslo	X [m]	Y [m]	Výška [m]	Výška nad terénem [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	0	200	10
<input checked="" type="checkbox"/>	2	5000	0	235	10
<input checked="" type="checkbox"/>	3	10000	0	245	10
<input checked="" type="checkbox"/>	4	15000	0	550	10
<input checked="" type="checkbox"/>	5	0	5000	300	10
<input checked="" type="checkbox"/>	6	5000	5000	271,25	10
<input checked="" type="checkbox"/>	7	10000	5000	295	10
<input checked="" type="checkbox"/>	8	15000	5000	361,25	10
<input checked="" type="checkbox"/>	9	0	10000	235	10
<input checked="" type="checkbox"/>	10	5000	10000	277,5	10
<input checked="" type="checkbox"/>	11	10000	10000	286,25	10
<input checked="" type="checkbox"/>	12	15000	10000	267,5	10
<input checked="" type="checkbox"/>	13	0	15000	220	10
<input checked="" type="checkbox"/>	14	5000	15000	232,5	10
<input checked="" type="checkbox"/>	15	10000	15000	228,75	10
<input checked="" type="checkbox"/>	16	15000	15000	210	10

Počet: 16

Připraven

Obrázek 19 Referenční body



Obrázek 21 Graf definované růžice

Pokud máme správně nastaveny souřadnice a rastr zájmových bodů pokrývá dostupný výškopis, doplní (interpolují) se nadmořské výšky pro všechny body.

Hotovou síť si opět uložíme mezi datové zdroje. Datový zdroj je uložený na studijním CD: \SYMOS97\DatoveZdroje\referencni\_body.rpc

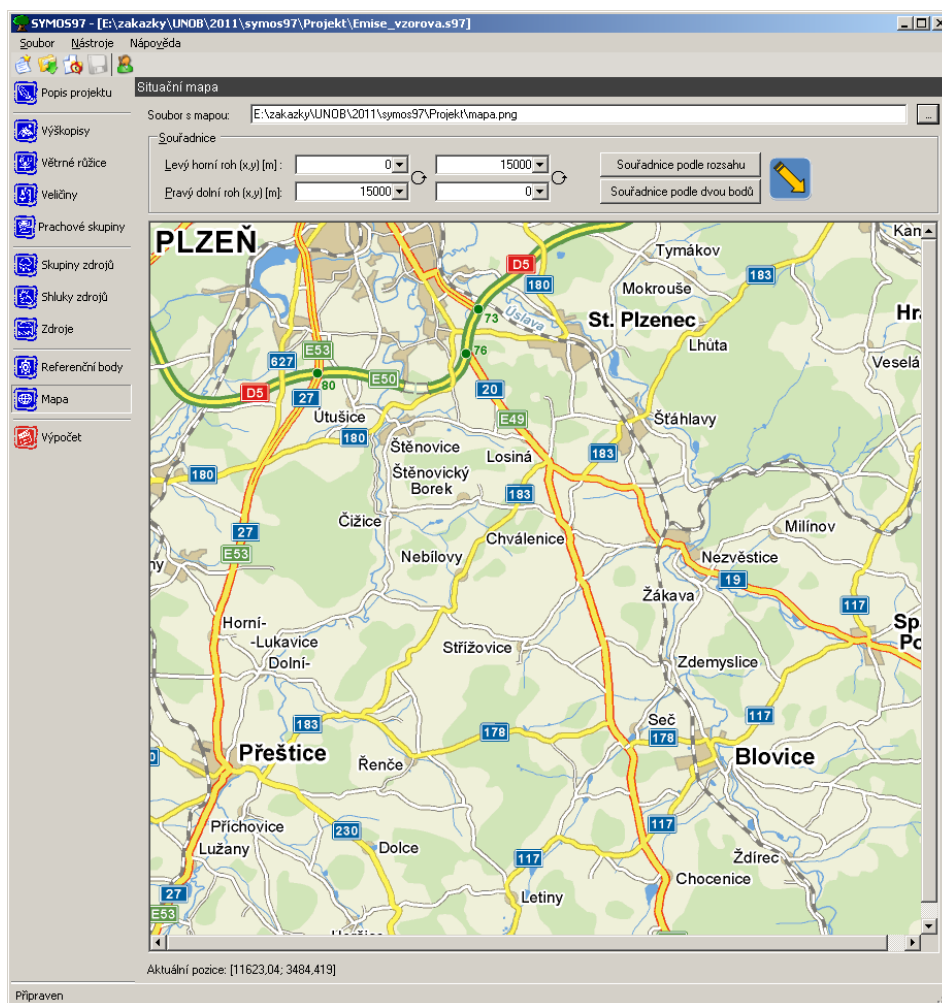
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 3.9 Mapový podklad

Posledním krokem, který provedeme před spuštěním výpočtů, je nastavení mapového podkladu. Modelování situace můžeme samozřejmě spustit i bez mapového podkladu a vyhodnocovat pouze numerické hodnoty v rámci sítě referenčních bodů na tzv. slepé mapě, tedy na kříži referenčních bodů.

V našem modelovém příkladu jsme využili výřez mapy, získaný z [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) přímým sejmutím obrazovky, editací v grafickém editoru IrfanView a uložený do formátu .png. Všechny tyto prostředky jsou k volnému stažení na Internetu. Datový zdroj na CD: \SYMOS97\DatoveZdroje\mapa2.png

Vytvořenou vrstvu mapy otevřeme v SYMOS 97 v záložce *Mapy*, výsledek je vidět na obrázku 22.



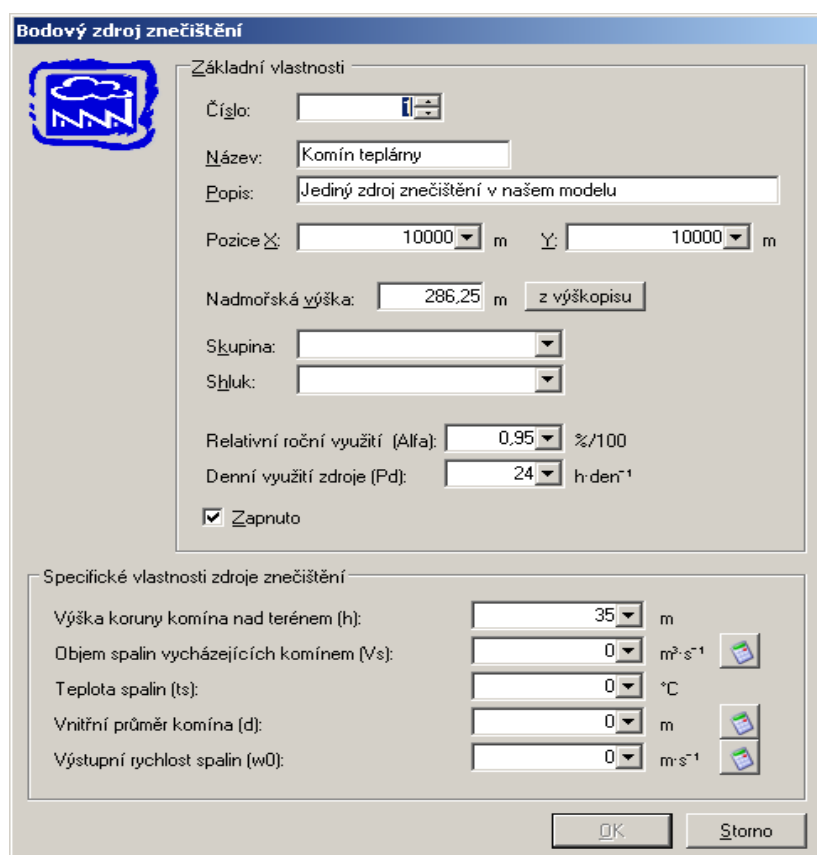
Obrázek 22 Importovaný mapový podklad

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nyní musíme mapu zkalibrovat, tedy nastavit souřadnice v daném systému (v našem případě S42).

Jsou dvě základní možnosti:

- Pokud máme k dispozici mapu zkalibrovanou, tedy takovou, jejíž výřez je ohraničen známými souřadnicemi, použijeme volbu *Souřadnice podle rozsahu*.
- Ve většině případů však máme na mapě souřadnicový rastr (zakreslený a popsáný u jednotlivých čar) nebo alespoň známe souřadnice některých bodů. Potom použijeme volbu *Souřadnice podle dvou bodů*. Polohu těchto bodů zadáme stiskem levého tlačítka na mapě a připsáme známé souřadnice. Body musejí být dostatečně vzdálené od sebe. Ideální jsou body na úhlopříčce výřezu mapy. Náš zdroj pak bude v mapě podle souřadnic jeho umístění.

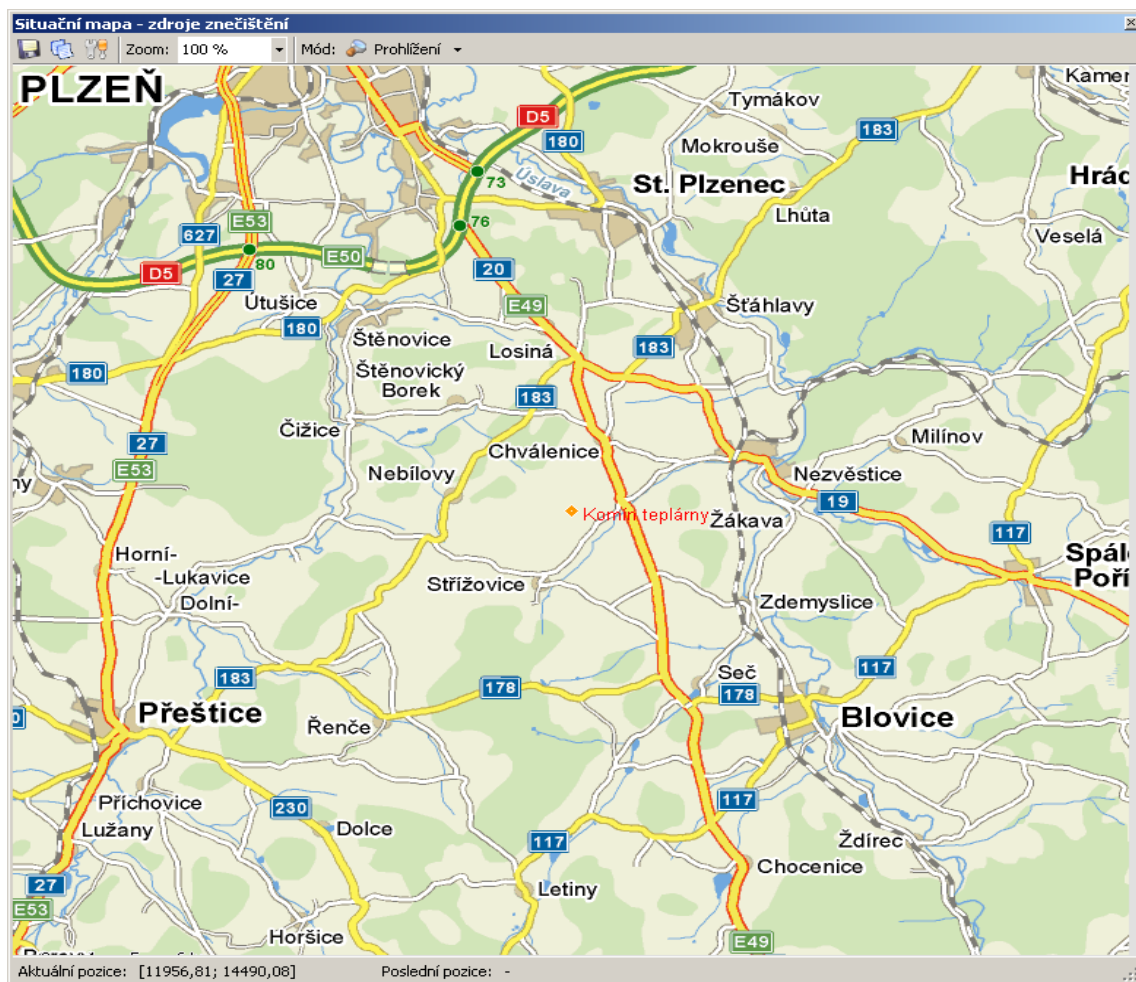


Obrázek 23 Definování bodového zdroje znečištění

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Musíme pak odhadnout případně změřit dva body, dostatečně vzdálené od sebe a ty zadat do systému. Často pomůže vytisknout si mapu a provést to geometrickou metodou nebo si přepočítat poměr pixelů na metry v mapě. Můžeme též využít různých nástrojů na internetových mapách apod.

V mnoha případech postačí pouhý odhad podle měřítka mapy. V našem případě jsme odečetli z [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) souřadnice a vybrali jsme si čtverec, který jsme zkalibrovali souřadnicemi z našeho výškopisu. Nyní si již můžeme zobrazit polohu našeho zdroje znečištění v mapě na obrázku 24. V záložce *Zdroje* volbou *Zobrazit situační mapu*.



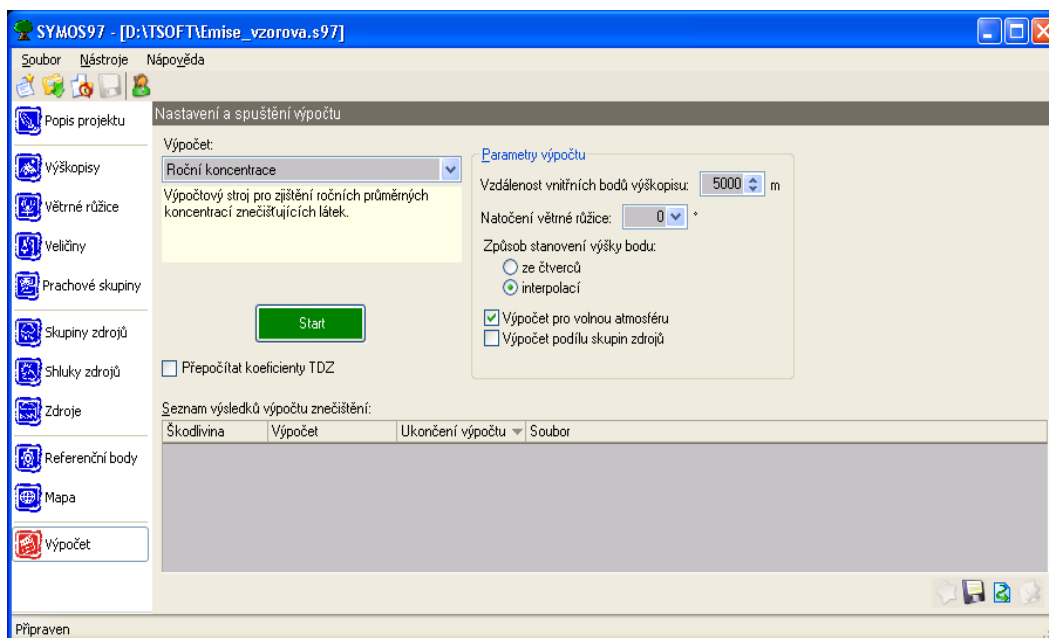
Obrázek 24 Situační mapy



### 3.10 Výpočty

Program počítá podle metodiky SYMOS 97 tři základní parametry znečištění ovzduší, roční, denní a maximální koncentraci škodlivin. Pro každý výpočet a každou znečišťující látku můžeme zobrazit tabulkové hodnoty pro daný referenční bod, detailní hodnoty a zobrazit izolinie, čili hraniční čáry pro zvolené meze hodnot znečištění. Měřítka izolinií, tedy hraniční hodnoty látek, nastavíme v samostatném dialogu.

Základní obrazovka režimu výpočtů před jejich spuštěním je na obrázku 25.



Obrázek 25 Obrazovka režimu výpočtu

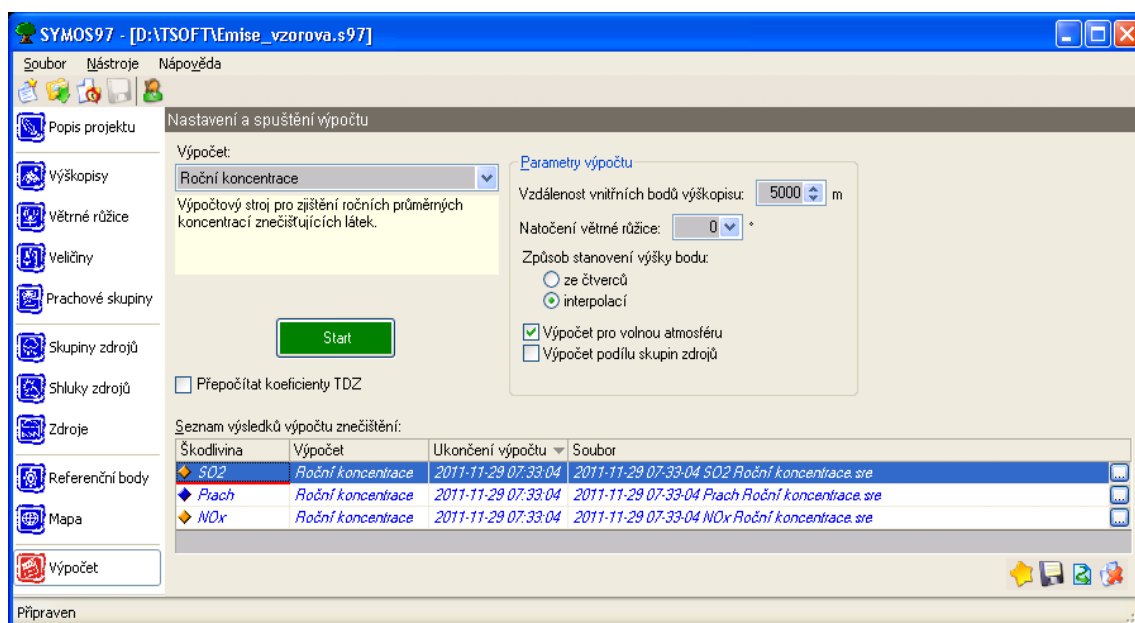
Po výběru požadovaného výpočtu v roletovém menu se spustí výpočetní stroj a do seznamu výsledků se zapíše jednotlivé řádky výsledků. Každý řádek obsahuje výsledky pro jednu škodlivinu a zvolenou koncentraci. Řádky jednotlivých výpočtových strojů se řadí za sebou. Výsledky výpočtů můžeme opět uložit jako datové zdroje pro další použití.

Vzhledem k tomu, že všechny datové zdroje programu jsou ve formátu XML dokumentu, je usnadněna jejich integrace a propojení do dalších systémů.

Volby v tomto menu můžeme ponechat ve výchozím nastavení, jejich význam je dostatečně popsán v manuálu programu.

## Roční koncentrace

Výpočet roční koncentrace jednotlivých škodlivin našeho zdroje podle metodiky SYMOS 97 ve volné atmosféře spustíme po volbě stroje tlačítkem START. Výsledná obrazovka z řádky výpočtů pro SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a prach je na obrázku 26.



Obrázek 26 Výsledná obrazovka s výpočty

Pokud klikneme na ikonu rozbalení výsledků výpočtu (na pravém okraji požadovaného řádku – obrázek 26), dostaneme tabulku hodnot ročních koncentrací pro jednotlivé referenční body zobrazenou na obrázku 27. Jsou zde uvedeny koncentrace pro škodlivinu SO<sub>2</sub> v jednotlivých referenčních bodech.

Dále můžeme výsledky zkoumat z hlediska stability atmosféry a parametrů větrné růžice. Zaškrtnutím volby *Detailní výsledky* zobrazíme tato data pro vybraný řádek, tedy pro vybraný referenční bod zkoumané oblasti (konkrétně pro bod číslo 13, označený na obrázku 27).

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Výsledky pro SO<sub>2</sub>**

Veličina: Oxid siřičitý  
Zahájení: 2011-11-29 07:33:04  
Ukončení: 2011-11-29 07:33:04  
Výpočet: Roční koncentrace  
Verze programu: 6.0.3903.24194

**Parametry výpočtu**  
Vzdálenost vnitřních bodů výškopisu: 5000 m  
Natočení větrné růžice: 0 °  
Způsob stanovení výšky bodu:  
☐ ze čtverců  
☒ interpolací  
☒ Výpočet pro volnou atmosféru  
☐ Výpočet podílu skupin zdrojů

**Zobrazit**  
☐ 1. Detailní výsledky  
☐ 2. Doby překročení  
☐ 3. Podíly skupin zdrojů

Seznam referenčních bodů a příslušných výsledků:

Číslo	Souřadnice X	Souřadnice Y	Nadmořská výška	Výška nad terénem	Detail
1	0	0	200	10	Avg: 1,243868; Max: 22,534580
2	5000	0	235	10	Avg: 0,004017; Max: 0,565406
3	10000	0	245	10	Avg: 0,001848; Max: 0,385973
4	15000	0	550	10	Avg: 0,586294; Max: 22,280155
5	0	5000	300	10	Avg: 0,009090; Max: 0,386473
6	5000	5000	271,25	10	Avg: 6,848815; Max: 119,090759
7	10000	5000	295	10	Avg: 5,279208; Max: 160,731583
8	15000	5000	361,25	10	Avg: 0,040001; Max: 0,559780
9	0	10000	235	10	Avg: 0,019545; Max: 0,565405
10	5000	10000	277,5	10	Avg: 6,051243; Max: 135,625881
11	10000	10000	286,25	10	Avg: 12,678577; Max: 159,854558
12	15000	10000	267,5	10	Avg: 0,018228; Max: 0,386279
13	0	15000	220	10	Avg: 1,147605; Max: 27,431642
14	5000	15000	232,5	10	Avg: 0,003193; Max: 0,385774
15	10000	15000	228,75	10	Avg: 0,006651; Max: 0,565256
16	15000	15000	210	10	Avg: 2,147229; Max: 24,262202

Počet: 16

**Zavřít**

Obrázek 27 Výsledky ročních koncentrací SO<sub>2</sub> pro jednotlivé referenční body

Na obrázku 28 vidíme, že program označil nejvyšší vypočtenou hodnotu zvolené škodliviny, pro definovaný referenční bod, dosaženého znečištění červeným podbarvením políčka.

**Výsledky ročních koncentrací**

Průměrná roční [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]: 1,14760463

Seznam maximálních hodnot [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]:

	1,70 m·s <sup>-1</sup>	5,00 m·s <sup>-1</sup>	11,00 m·s <sup>-1</sup>
I. třída stability - velmi stabilní	27,43164196		
II. třída stability - stabilní	24,45802534	8,61656964	
III. třída stability - izotermní	15,36776278	5,43958823	2,50065676
IV. třída stability - normální	7,62389181	2,70662118	1,24531588
V. třída stability - konvektivní	1,39741477	0,49769246	

Obrázek 28 Výsledky ročních koncentrací pro referenční bod



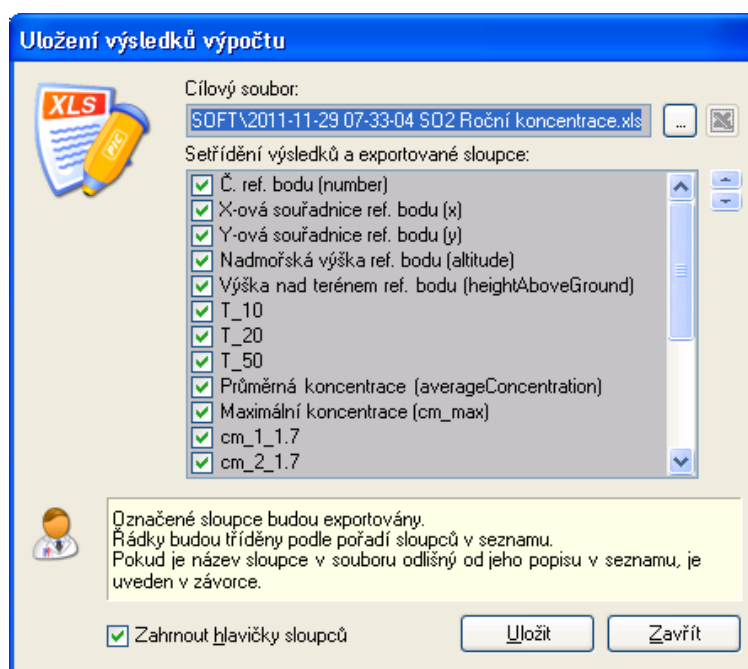
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Další hodnotu, kterou můžeme zkoumat, je doba překročení mezí koncentrace vybrané škodliviny v hodinách za rok (viz obrázek 29). Hodnoty mezí těchto koncentrací jsme nastavili již dříve při definování jednotlivých škodlivin a fakticky by měly odpovídat stávajícím hygienickým předpisům.

Doba překročení koncentrace	
Koncentrace [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	Doba překročení [h·rok <sup>-1</sup> ]
10	389,99
20	241,86
50	0,00

Obrázek 29 Doba překročení koncentrace za rok

Uložení každého řádku výpočtu do formátu Excelu (XML) nám umožní data výpočtu dále strojově zpracovávat. Na obrázku 30 vidíme možnosti, které nám program pro export výsledků nabízí. Datový zdroj na CD: `\SYMOS97\DatoveZdroje\2011-11-2907-33-04SO2 Roční koncentrace.xls`



Obrázek 30 Možnosti exportu dat

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 3.10.1 Denní koncentrace

Stejným postupem provedeme výpočty denních koncentrací. Pro názornost uvádíme na obrázku 31 jen okna výsledků bez komentáře, který odpovídá předchozí kapitole včetně výběru škodliviny a detailu referenčního bodu.

Poznámka: pro denní koncentrace se samozřejmě nepočítají doby překročení. V menu je jen jedna volba – detailní výsledky.

**Výsledky pro SO<sub>2</sub>**

Veličina: Oxid siřičitý  
Zahájení: 2011-11-29 07:54:04  
Ukončení: 2011-11-29 07:54:04  
Výpočet: Denní koncentrace  
Verze programu: 6.0.3903.24194

**Parametry výpočtu**  
Vzdálenost vnitřních bodů výškopisu: 5000 m  
Natočení větrné růžice: 0 °  
Způsob stanovení výšky bodu:  
☐ ze čtverců  
☒ interpolací  
☒ Výpočet pro volnou atmosféru  
☐ Výpočet podílu skupin zdrojů

**Zobrazit**  
☐ 1. Detailní výsledky  
☐ 2. Doby překročení  
☐ 3. Podíly skupin zdrojů

Seznam referenčních bodů a příslušných výsledků:

Číslo	Souřadnice X	Souřadnice Y	Nadmořská výška	Výška nad terénem	Detail
1	0	0	200		10 Max: 19,537481
2	5000	0	235		10 Max: 0,490207
3	10000	0	245		10 Max: 0,334638
4	15000	0	550		10 Max: 19,316895
5	0	5000	300		10 Max: 0,335072
6	5000	5000	271,25		10 Max: 103,251688
7	10000	5000	295		10 Max: 139,074677
8	15000	5000	361,25		10 Max: 0,485329
9	0	10000	235		10 Max: 0,490206
10	5000	10000	277,5		10 Max: 117,587639
11	10000	10000	286,25		10 Max: 138,593902
12	15000	10000	267,5		10 Max: 0,334904
13	0	15000	220		10 Max: 23,783234
14	5000	15000	232,5		10 Max: 0,334466
15	10000	15000	228,75		10 Max: 0,490077
16	15000	15000	210		10 Max: 21,035329

Počet: 16 Zavřít

Obrázek 31 Výsledky denních koncentrací SO<sub>2</sub> pro jednotlivé referenční body

**Výsledky denních koncentrací**

Průměrná roční [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]:

Seznam maximálních hodnot [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]:

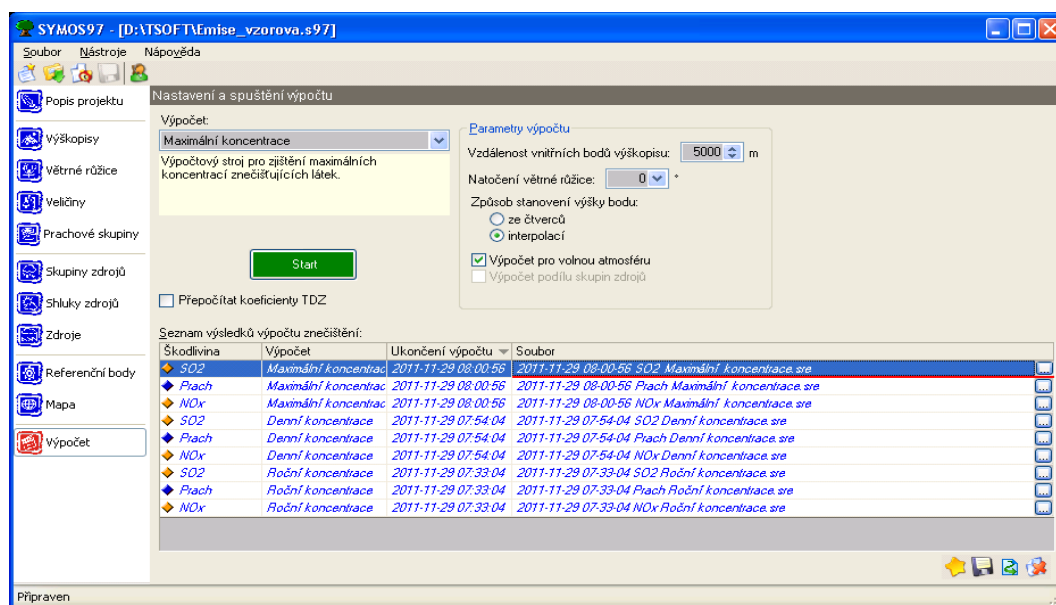
	1,70 m·s <sup>-1</sup>	5,00 m·s <sup>-1</sup>	11,00 m·s <sup>-1</sup>
I. třída stability - velmi stabilní	23,78323358		
II. třída stability - stabilní	21,20510797	7,47056588	
III. třída stability - izotermní	13,32385033	4,71612299	2,16806941
IV. třída stability - normální	6,60991420	2,34664057	1,07968887
V. třída stability - konvektivní	1,21155861	0,43149936	

Obrázek 32 Výsledky denních koncentrací pro referenční bod

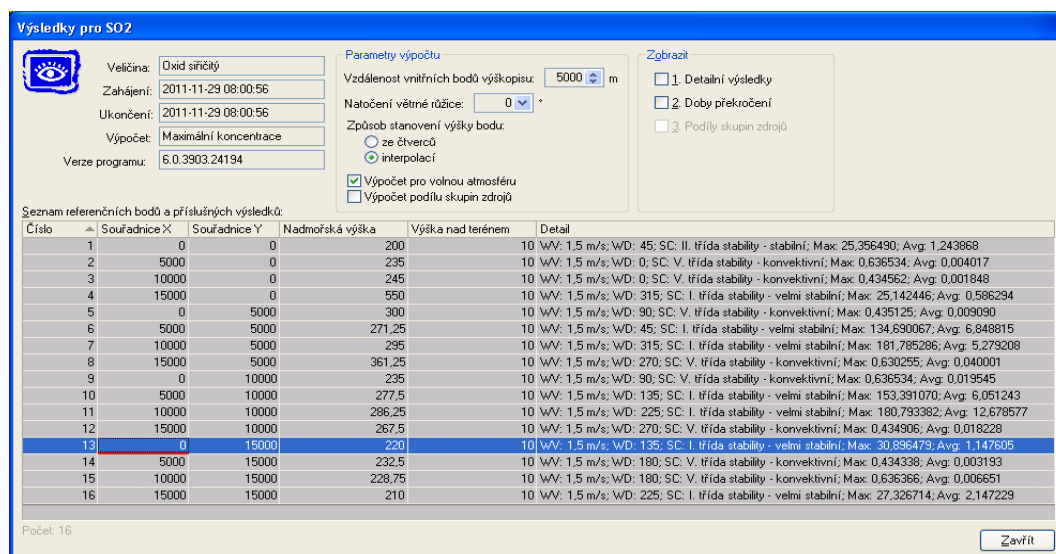
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Maximální koncentrace

Stejným postupem provedeme výpočty denních koncentrací. Pro názornost uvádíme na obrázku 33 jen okna výsledků bez komentáře, který odpovídá předchozí kapitole včetně výběru škodliviny a detailu referenčního bodu.



Obrázek 33 Seznam všech provedených výpočtů



Obrázek 34 Výsledky pro maximální koncentrace

**Výsledky maximálních koncentrací**

Maximální koncentrace:   $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Směr větru:  °

Rychlost větru:   $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Třída stability:

Prům. roční koncentrace:   $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Obrázek 35 Detailní výsledky

**Doba překročení koncentrace**

Koncentrace [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	Doba překročení [ $\text{h}\cdot\text{rok}^{-1}$ ]
10	533,96
20	246,02
50	0,00

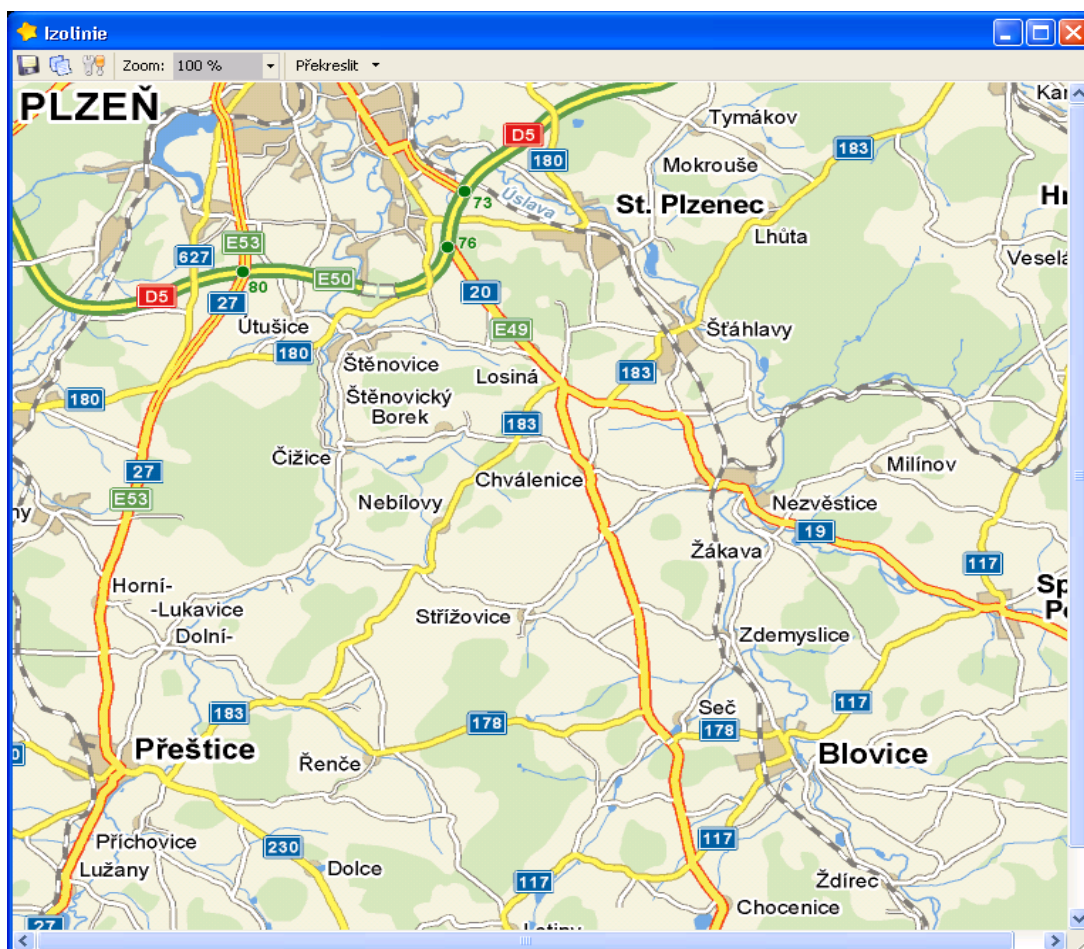
Obrázek 36 Doby překročení limitních hodnot koncentrace

### 3.10.2 Tvorba izoliní

Poslední možností výstupu, kterou nabízí program, je zakreslení izoliní, tedy hraničních čar pro definovanou mez koncentrace, do mapy. Opět můžeme izolinie tvořit pro jednotlivé znečišťující látky a jednotlivé druhy výpočtů koncentrací.

Ke spuštění dialogu pro generování izoliní použijeme ikonku v pravé dolní části okna výsledků výpočtů. Program bude pracovat s výsledkem, který máme v daném okamžiku vybrán (podbarven) v okně výsledků.

Zvolíme opět koncentraci  $\text{SO}_2$  a po stisknutí ikony se objeví okno pro práci s izoliniemi – obrázek 37.



Obrázek 37 Okno pro práci s izoliniemi

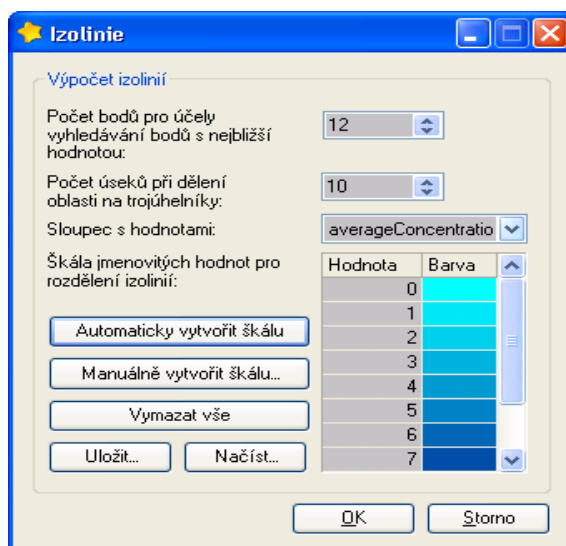
Pro smysluplné zobrazení musíme nastavit měřítko izolinií (ikona nastavení v levém horním rohu okna *Izolinie*) podle hodnot parametrů. Nejjednodušší je stisknout tlačítko *Automaticky vytvořit škálu* (viz obrázek 38). Program pak zvolí škálu podle aktuálních hodnot.

Dále v tomto okně vybíráme parametr, jakou veličinu z daného měření chceme zobrazit. Je to volba *Sloupec s hodnotami*. V našem případě jsme zvolili průměrnou hodnotu.

Izolinie lze zobrazovat pro veškeré parametry, které máme ve výpočtu pro jednotlivé referenční body, doporučujeme čtenáři vyzkoušet si různé možnosti, které program nabízí. Dále lze do zobrazení zapnout (menu *Překreslit*) další zákresy, jako zdroje znečištění, referenční body, lze vypnout mapu apod.

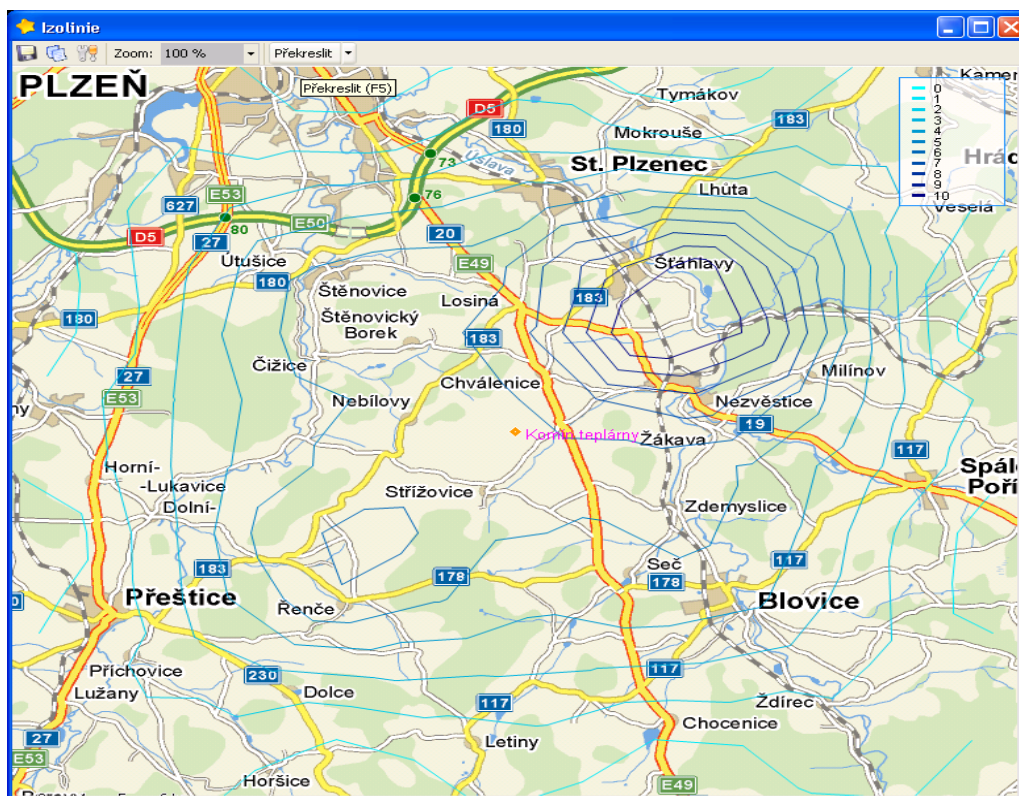


## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obrázek 38 Graf definované růžice

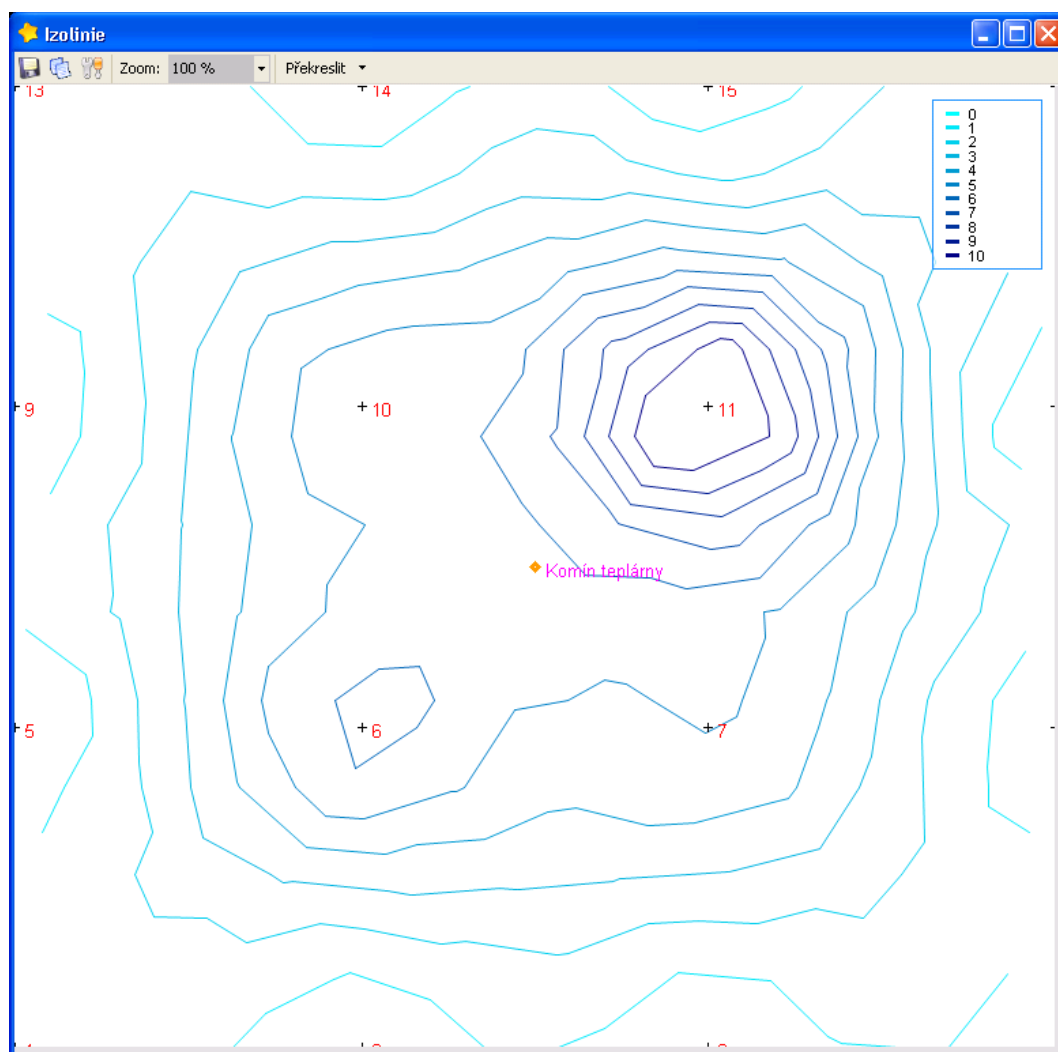
Po odklepnutí tlačítkem OK stiskneme *Překreslit* a izolínie pro definovanou volbu se zobrazí do mapy jak je vidět na obrázku 39.



Obrázek 39 Izolínie zobrazené na mapovém podkladu

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

A ještě pro názornost je na obrázku 40 zobrazení s vypnutým mapovým podkladem (slepá mapa) a zapnutými referenčními body.



Obrázek 40 Slepá mapa s izoliniemi



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## 4. SHRNUÍ VÝSLEDKŮ A ZÁVĚR

Shrnutí a vyhodnocení výsledků je na studentovi. Pokud si projde celý postup zadání parametrů a spuštění výpočtů, jistě se mu začnou spojovat dosažené výsledky do souvislostí.

Je vhodné zkusit měnit některé parametry a sledovat, jak se to projevuje na výsledcích výpočtu, kam se pohybují hodnoty znečištění, jak se mění doba překročení emisí. Prozkoumat vliv větru, který způsobí mj. fakt, že koncentrace nemusí být (a téměř nikdy není) nejvyšší přímo u zdroje, ale jak napovídají i výše uvedené izolinie na obrázcích 39 a 40, bývají maximální hodnoty posunuté ve směru větrné růžice. Možnosti, které tento modelovací nástroj poskytují uživateli, jsou velmi široké.

Studijní pomůcky má za cíl jen základní seznámení se současnými možnostmi modelování škodlivých emisí do atmosféry. Pokud by se čtenář chtěl zabývat modelováním a měřením znečištění profesionálně, nezbytným předpokladem je další studium dostupných materiálů, na prvním místě pak Metodiky SYMOS 97.





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## LITERATURA

Berkowitz R. a kol.: Modelling traffic pollution in streests, Advance copy on report in print, Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute, Dánsko, leden 1997

Bratková, Eva. (zprac.). *Metody citování literatury a strukturování bibliografických záznamů podle mezinárodních norem ISO 690 a ISO 690-2: metodický materiál pro autory vysokoškolských kvalifikačních prací* [online]. Verze 2.0, aktualiz. a rozšíř. Praha: Odborná komise pro otázky elektronického zpřístupňování vysokoškolských kvalifikačních prací, Asociace knihoven vysokých škol ČR, 2008-12-22 [2011-12-30]. 60 s. (PDF). Dostupný z WWW: <<http://www.evskp.cz/SD/4c.pdf>>.

Bubník, J., Keder, J., Macoun, J., Maňák, J. SYMOS'97 Systém modelování stacionárních zdrojů: Metodická příručka. Praha: ČHMÚ, 1998. 60 s. ISBN 80-85813-55-6

Dodatek č. 1 k Metodickému pokynu odboru ochrany ovzduší MŽP ČR SYMOS'97, uveřejněný ve Věstníku MŽP ČR, částka 4, 2003

Gavendova, H., Barta, J. Modelling Programme for Education at University of Defence. In *NEV HORIZONS IN EDUCATION and EDUCATIONAL TECHNOLOGY.: PROCEEDINGS OF 6th WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE on EDUCATION and EDUCATIONAL TECHNOLOGY (EDU'07)*. 1st edition. Venice (Italy) : WSEAS Press, 2007. s. 218-222. ISBN 9789606766169. ISSN 17905117.

Množství emisí jednotlivých provozů ČEZ a.s., (cit. 13. 12. 2011) Dostupné na [www](http://www.cez.cz): [www.cez.cz](http://www.cez.cz).

Rozptylová studie znečištění ovzduší oblasti města Plzně, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Plzeň, červen 2011.

Symos '97 Informační systém kvality ovzduší, Uživatelský manuál, 2011 IDEA-ENVI s.r.o.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### POZNÁMKY



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



UNIVERZITA  
OBRANY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název: SYMOS 97 – modelování a simulace  
(Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNAŘE)  
Zpracoval: Ing. Jiří BARTA, RNDr. Ing. Tomáš LUDÍK  
Počet stran: 41  
Vydavatel: Univerzita obrany  
Vydáno: 2012  
Počet výtisků: 30  
Tiskem: Univerzita obrany

Studijní pomůcka byla zhotovena na základě specifické studie „Krizové scénáře“, která byla vyvinuta firmou T-SOFT, a.s. na zakázku pro účely projektu „Vzdělávání pro bezpečnostní systém státu CZ.1.07/2.2.00/15.0070.

Neprošlo jazykovou úpravou.