

Návrh postupu pro stanovení četnosti překročení 24hodinového imisního limitu pro suspendované částice PM₁₀

**Tento návrh byl vypracován v rámci projektu Technologické agentury ČR
č. TA02030664 „Souhrnná metodika pro hodnocení vlivů provozu silničních
komunikací na obyvatele v jejich okolí“.**

ZPRACOVAL: ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o.
Hvožd'anská 3/2053
148 01 Praha 4
e-mail: atem1@atem.cz
tel.: 241 494 425

ŘEŠITELÉ: Mgr. Jan Karel
Mgr. Radek Jareš
Bc. Eva Smolová

Březen 2013

O B S A H

1. ÚVOD.....	3
2. STANOVENÍ ČETNOSTI PŘEKROČENÍ 24HODINOVÉHO IMISNÍHO LIMITU PM₁₀ MODELOVÝM VÝPOČTEM	3
3. STANOVENÍ ČETNOSTI PŘEKROČENÍ 24HODINOVÉHO IMISNÍHO LIMITU PM₁₀ V PROJEKTU CITEAIR	5
4. ANALÝZA A POSTUP OPTIMALIZACE VÝPOČETNÍHO POSTUPU	6
5. VÝSLEDNÝ NÁVRH VÝPOČETNÍHO POSTUPU	13
6. LITERATURA.....	14

1. ÚVOD

Předkládaný návrh výpočetního postupu byl vypracován v rámci projektu Technologické agentury ČR č. TA02030664 „Souhrnná metodika pro hodnocení vlivů provozu silničních komunikací na obyvatele v jejich okolí“.

Cílem této práce je nalézt či optimalizovat vhodný postup pro určení hodnoty modelové veličiny „četnost překročení 24hodinového limitu koncentrací suspendovaných částic PM₁₀“. Materiál vychází ze zjištěné skutečnosti, že stanovení hodnoty této imisní veličiny standardními modelovými postupy, které jsou obsaženy v metodikách SYMOS'97 a ATEM, se setkává s řadou komplikací.

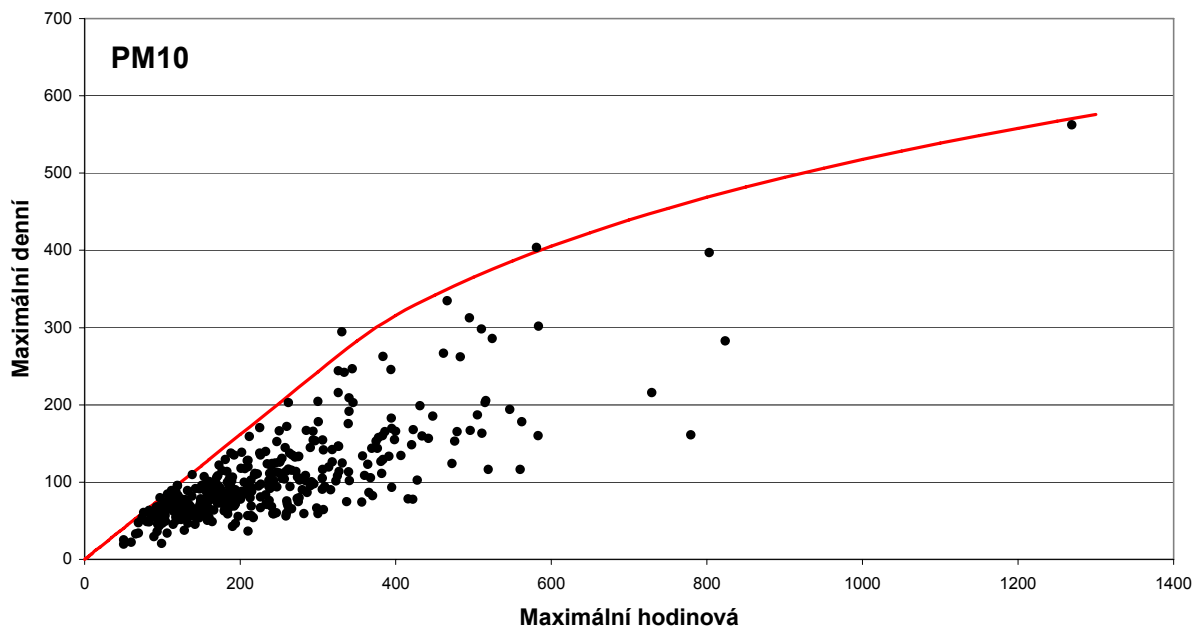
V důsledku odlišné konstrukce výpočetního postupu často nastávají situace, kdy vypočtená četnost překročení limitu v dané lokalitě je poměrně významně vyšší, než četnost zjištěná na základě imisního monitoringu. Tato skutečnost značně omezuje možnosti praktického využití výsledků modelových výpočtů.

Z tohoto důvodu je v předložené práci navržena alternativní metodika výpočtu. Jedná se o aplikaci statistické metody, vycházející z analýzy korelace hodnot ročních průměrů koncentrací PM₁₀ a četnosti překročení 24hodinové koncentrace 50 µg.m⁻³ pro danou lokalitu a rok. Uvedený výpočetní postup byl navržen již v roce 2004 v rámci mezinárodního projektu CITEAIR [2], který se zabýval kvalitou ovzduší v evropských městech. Předložená práce pak přináší upřesnění výpočetního vztahu a jeho optimalizaci pro podmínky České republiky.

2. STANOVENÍ ČETNOSTI PŘEKROČENÍ 24HODINOVÉHO IMISNÍHO LIMITU PM₁₀ MODELOVÝM VÝPOČTEM

V případě modelování maximálních hodnot 24hodinových koncentrací PM₁₀ je využívána metodika ČHMÚ [1], která vychází z tzv. obalové křivky (obr. 1). Tato křivka byla konstruována na základě výsledků imisního monitoringu tak, že pro jednotlivé naměřené hodinové koncentrace spojuje nejvyšší zjištěné 24hodinové hodnoty.

Obr. 1. Konstrukce obalové křivky pro výpočet maximálních denních koncentrací dle metodiky ČHMÚ [1]



Pro určení počtu překročení stanovené hodnoty během roku se pro každou hodinovou koncentraci, platnou pro danou kombinaci meteorologických podmínek (směr větru, třída rychlosti větru, třída stability), nejprve určí 24hodinová koncentrace dle vztahu prezentovaného na obr. 1. Následně se testuje, zda takto vypočtená hodnota již překročila 24hodinový limit. Výsledná četnost překročení limitu je pak dána součtem doby překročení limitní hodnoty při jednotlivých kombinacích meteorologických podmínek (po přepočtu z hodin na dny za rok).

V praxi se však ukazuje, že vypočtená hodnota četnosti překročení je často podstatně vyšší, než ekvivalentní hodnota zjištěná pomocí imisního monitoringu.

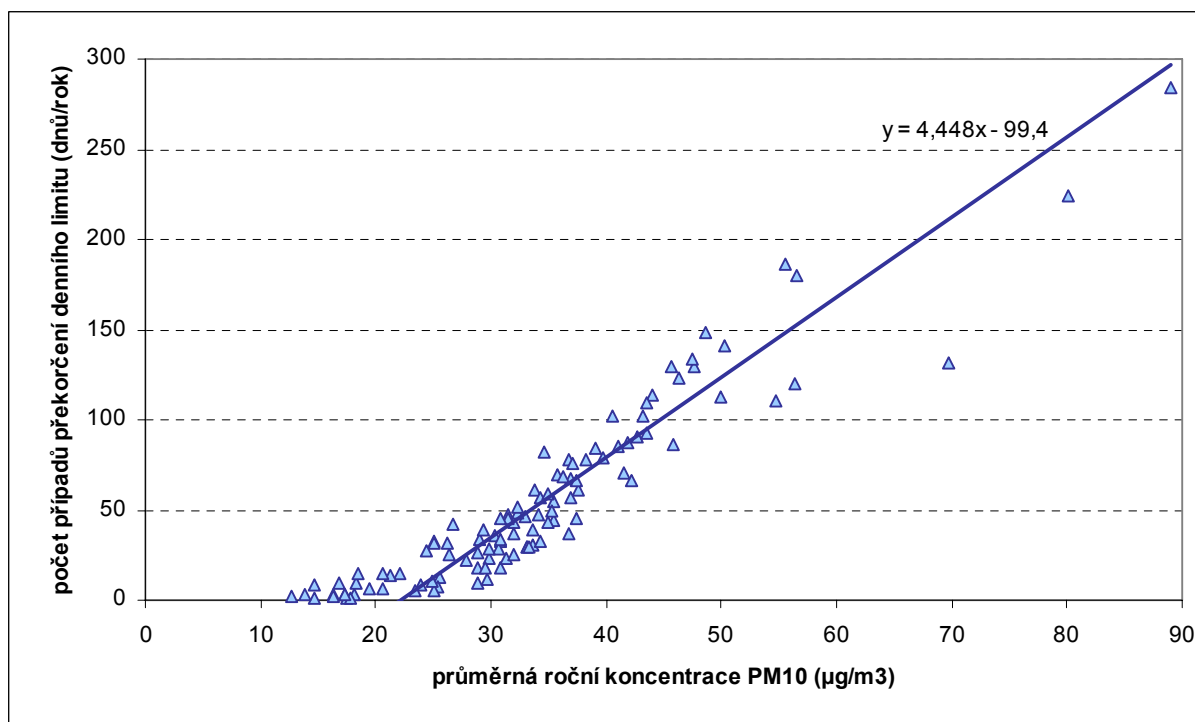
V případě samotných 24hodinových maxim se z principu očekává, že modelové hodnoty budou (i výrazně) vyšší, než hodnoty obvykle naměřené (jedná se o „modelová maxima“). Avšak v případě četnosti překročení limitu je tendence interpretovat vypočtené hodnoty tak, že podávají obraz o reálné situaci v území (obdobně jako modelové hodnoty ročních průměrů) a výrazná diference modelové a měřené imisní hodnoty je zde tedy méně žádoucí.

3. STANOVENÍ ČETNOSTI PŘEKROČENÍ 24HODINOVÉHO IMISNÍHO LIMITU PM₁₀ V PROJEKTU CITEAIR

Projekt „Comparing Urban Air Quality Across Borders“ (projekt CITEAIR) byl zaměřen na zlepšení spolupráce evropských měst a regionů při zavádění evropské legislativy v oblasti kvality ovzduší. Partnerská města spolupracovala na účinnějším řešení vyhodnocování vlivu dopravy na kvalitu ovzduší a na společné metodice informování odborníků a veřejnosti o situaci v životním prostředí.

V rámci tohoto projektu byla mimo jiné aplikována metoda stanovení četnosti překročení 24hodinového limitu PM₁₀ (50 µg.m⁻³) na základě její korelace s hodnotou ročních průměrů PM₁₀ pro daný rok a lokalitu. Za tímto účelem byla provedena analýza dat z 27 městských měřicích stanic ve 12 evropských státech. Výsledky analýzy ukázaly, že obě veličiny vykazují dle výše uvedeného projektu velmi výraznou lineární závislost ($R^2 = 0,9$). Následně byl navržen výpočetní vztah, prezentovaný na obr. 2.

Obr. 2. Závislost počtu překročení 24hodinového limitu a průměrné roční koncentrace PM₁₀ dle projektu CITEAIR [2]



Jak se ukazuje, takto získané výsledky vykazují v zásadě větší shodu s výsledky imisního monitoringu než dosavadní výstupy modelových výpočtů. Doporučujeme proto uvažovat o začlenění tohoto přístupu do standardních metodik modelování rozptylu znečišťujících látek i přesto, že se jedná o aplikaci statistického přístupu, tj. použití určitého přepočteního vztahu bez bližší znalosti kauzálních vazeb mezi uvedenými veličinami.

V následujících krocích byla provedena analýza uvedeného výpočetního postupu ve vazbě na dlouhodobé výsledky imisního monitoringu v ČR a následná optimalizace výpočtu.

4. ANALÝZA A POSTUP OPTIMALIZACE VÝPOČETNÍHO POSTUPU

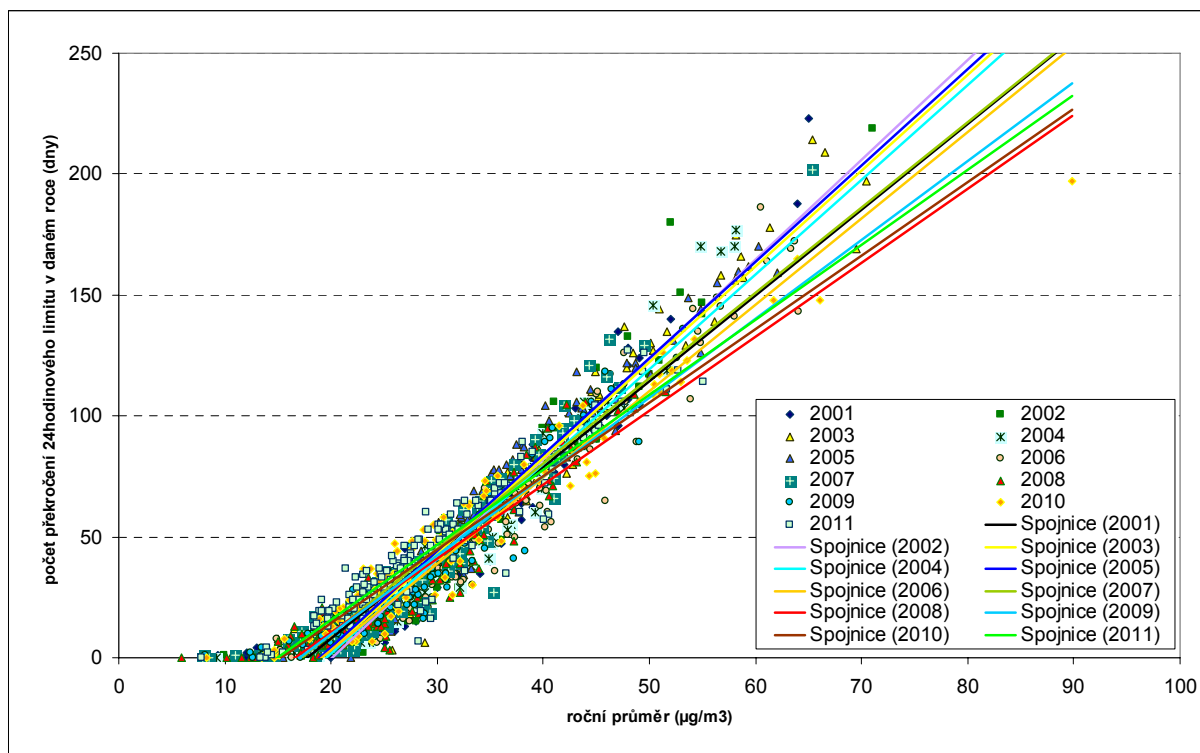
V rámci řešení byly brány v úvahu následující alternativy či modifikace:

- úprava prezentovaného výpočetního vztahu na základě měření pouze v České republice
- modifikace pro různé roky řešení (liší se významně např. s ohledem na různé úrovně dálkového přenosu) + dlouhodobý průměr pro využití v prognózních modelech
- rozdělení podle typu stanice (odlišení např. pouze dopravních stanic pro účely výpočtu imisí z dopravy)
- alternativní řešení extrapolace do nízkých hodnot (posun prahové hodnoty, nahrazení přímkou křivkou)

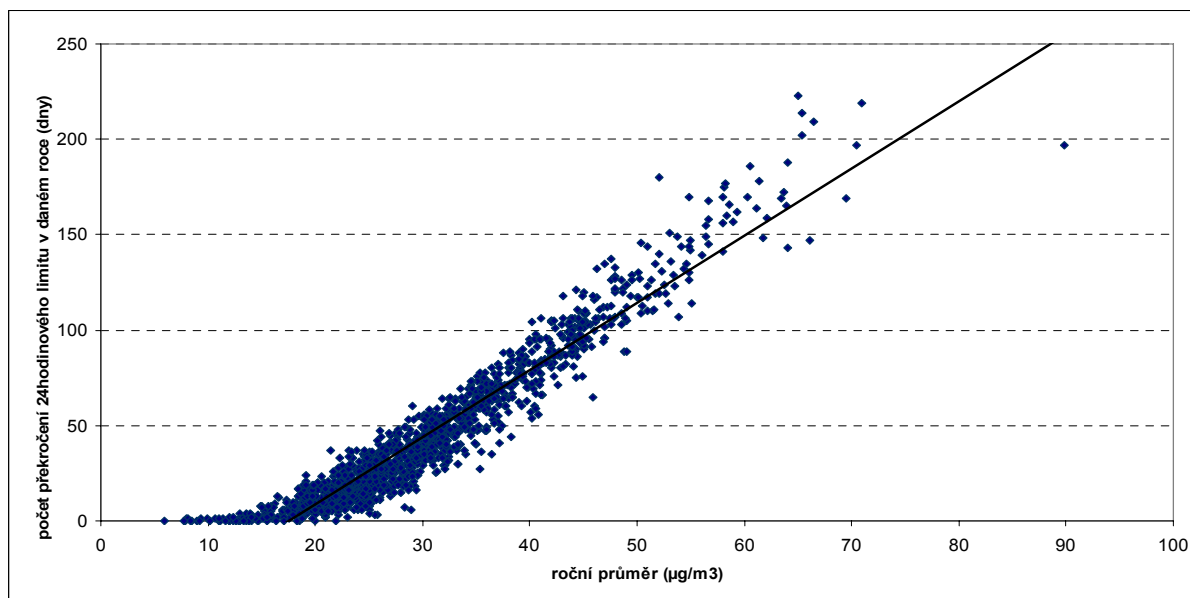
Tyto variantní přístupy jsou prezentovány v následujících grafech.

Jako podklad pro analýzu byly použity výsledky imisního monitoringu, tj. měřené hodnoty průměrných ročních koncentrací PM₁₀ a četnosti překročení limitu 24hodinových koncentrací PM₁₀ ve výši 50 µg.m⁻³ za období let 2001 – 2010 [3]. Do analýzy vstupovaly všechny stanice v ČR, na nichž byly v daném roce obě tyto imisní veličiny vykázané. Celkem tedy bylo analyzováno 1 438 dvojic imisních hodnot.

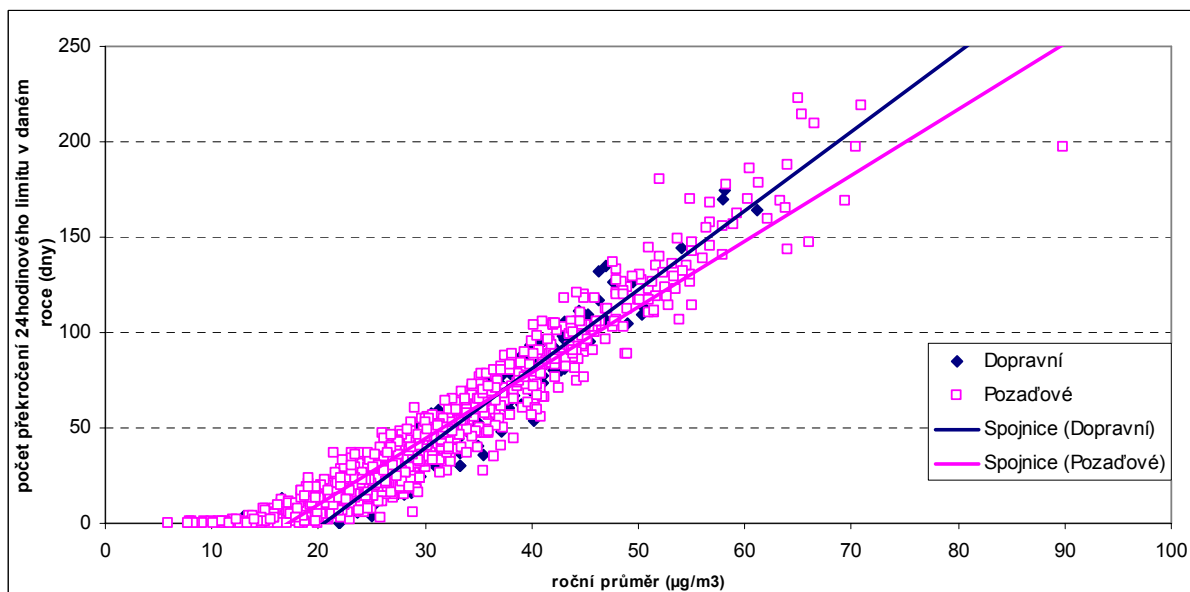
Obr. 3. Závislost počtu překročení 24hodinového limitu a průměrné roční koncentrace PM₁₀ dle výsledků imisního monitoringu v ČR v období 2001 – 2011 (jednotlivé roky)



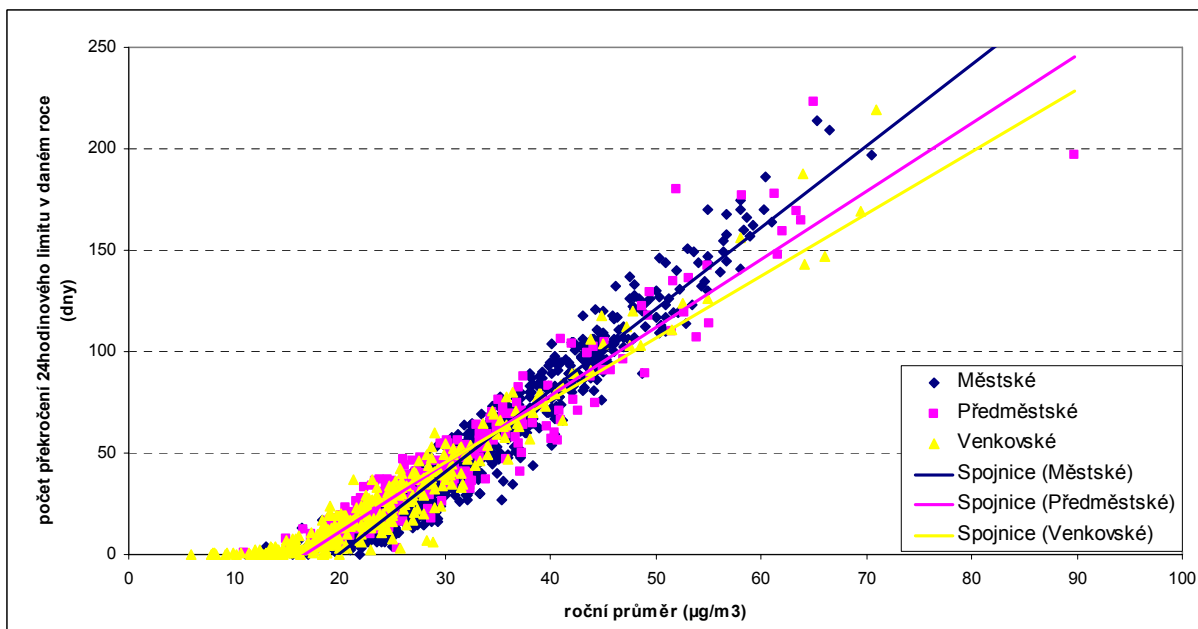
Obr. 4. Závislost počtu překročení 24hodinového limitu a průměrné roční koncentrace PM₁₀ dle výsledků imisního monitoringu v ČR v období 2001 – 2011 (souhrn)



Obr. 5. Závislost počtu překročení 24hodinového limitu a průměrné roční koncentrace PM₁₀ dle výsledků imisního monitoringu v ČR v období 2001 – 2011 (rozdělení dle typu stanice)



Obr. 6. Závislost počtu překročení 24hodinového limitu a průměrné roční koncentrace PM₁₀ dle výsledků imisního monitoringu v ČR v období 2001 – 2011 (rozdělení dle typu lokality)

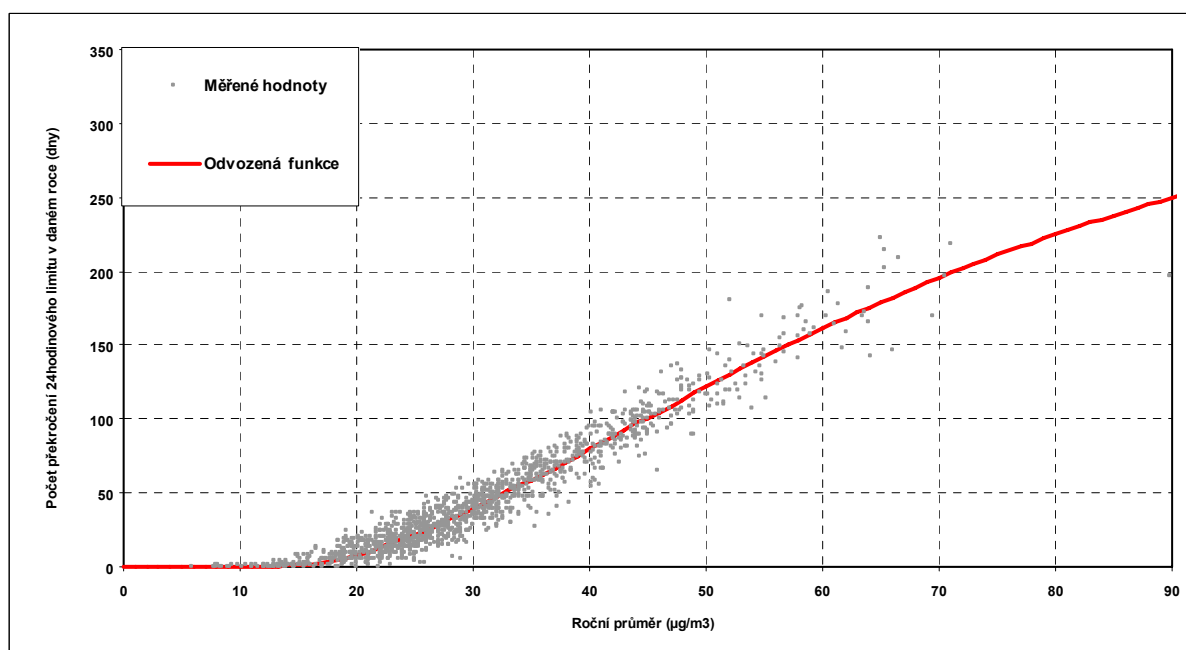


Z grafů je patrné, že **nebyly zaznamenány zásadní rozdíly** v závislosti počtu překročení 24 hodinového limitu na ročním průměru koncentrace PM₁₀ ani **mezi jednotlivými roky, ani mezi typy stanic, ani mezi typy lokalit**.

Ukazuje se tedy jako přijatelné odvození **jednoho společného výpočetního vztahu**, platného obecně pro celé území ČR a pro všechny časové horizonty, včetně modelování výhledových situací.

Pro výsledné odvození výpočetního vztahu byl použit software pro matematickou aproximaci křivek TableCurve 2D ver. 3. Průběh výsledné funkce je prezentován na obr. 7.

Obr. 7. Výsledná odvozená funkce pro výpočet počtu překročení 24hodinového limitu PM₁₀ na základě průměrné roční koncentrace - oblast naměřených dat



Pro stanovení výpočetního vztahu bylo nutno především podrobněji analyzovat:

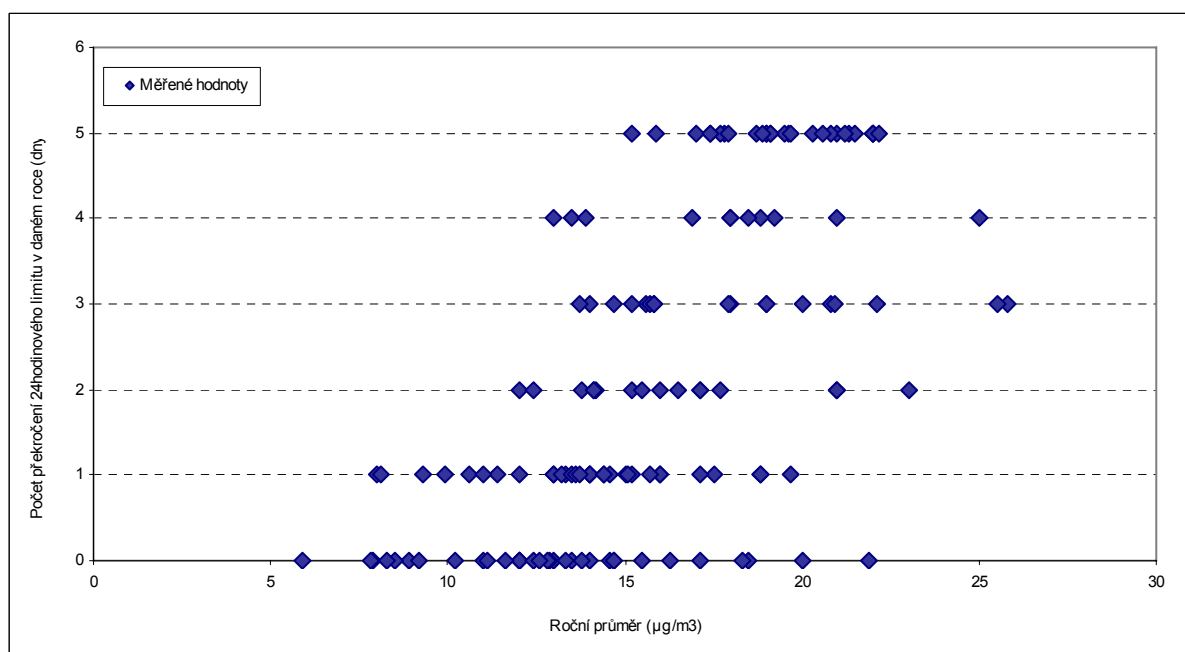
- oblast nízkých hodnot, kdy je z principu nutno uvažovat s určitým pásmem průměrných ročních koncentrací, při nichž je četnost překročení 24hodinového limitu nulová
- oblast vysokých koncentrací, u nichž je nedostatek výsledků imisního monitoringu, avšak do výpočetní metodiky je nezbytné ji zahrnout (např. pro účely modelování v blízkosti významných zdrojů emisí PM₁₀)

Analýzu oblasti nízkých hodnot prezentují grafy 8 a 9. Na základě porovnání několika alternativních řešení byl zvolen přístup, který uvažuje do určité hodnoty

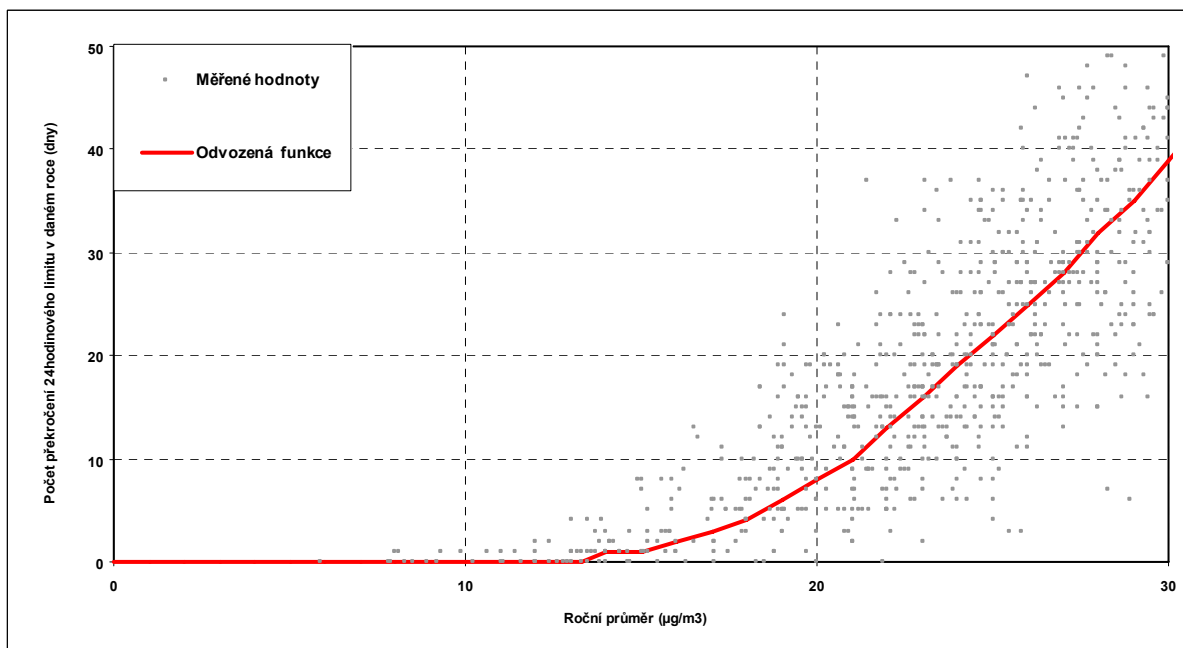
průměrné roční koncentrace s nulovou četností překročení, přičemž tato hodnota byla stanovena ve výši 13,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Graf na obr. 10 pak prezentuje výsledný průběh zvolené funkce v této oblasti hodnot. Vzhledem k tomu, že četnost překročení limitu je celočíselnou hodnotou (s jednotkou dny/rok), jsou v grafu patrné „skoky“ při přechodu na vyšší hodnotu (nejvíce je tento jev zřetelný při přechodu mezi hodnotami 0 a 1).

Obr. 8. Analýza dat k určení zlomové hodnoty u nejnižších hodnot počtu překročení 24hodinového limitu PM₁₀



Obr. 9. Výsledná odvozená funkce pro výpočet počtu překročení 24hodinového limitu PM₁₀ na základě průměrné roční koncentrace – oblast nízkých hodnot

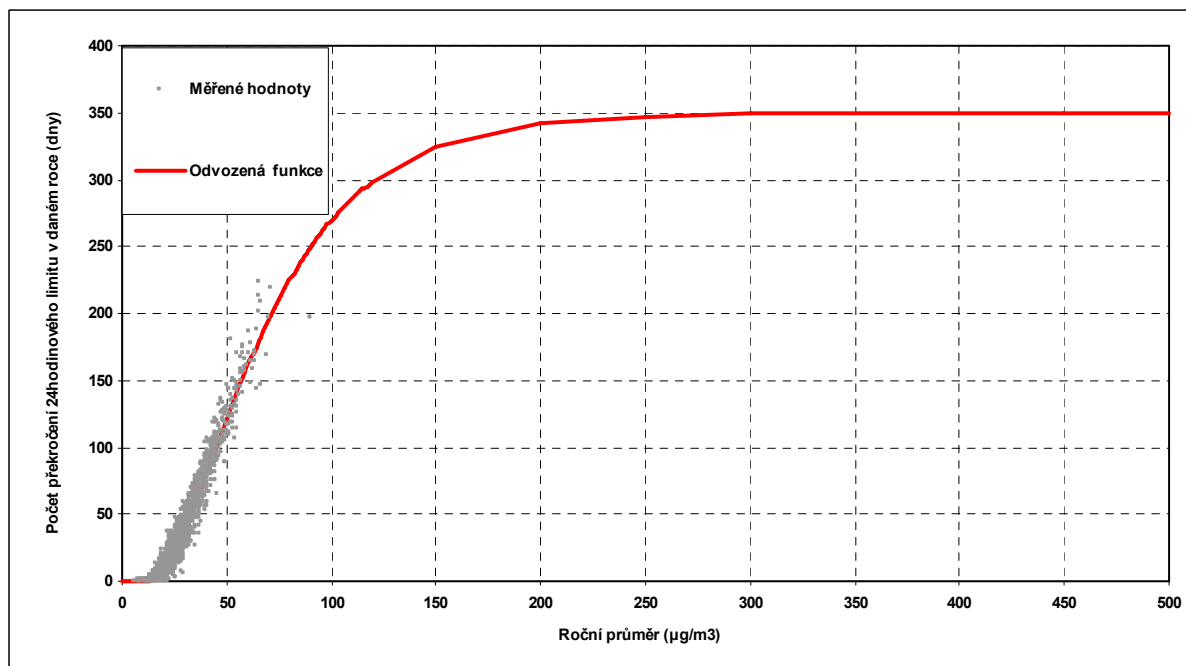


U vyšších hodnot průměrných ročních koncentrací PM₁₀ bylo nutno řešit problém, že naměřené hodnoty průměrné roční koncentrace PM₁₀ nepřesáhnou hodnotu 90 µg.m⁻³, ale výpočetní vztah je nutno konstruovat i pro hodnoty vyšší. V tomto případě byl aplikován logický předpoklad, že počet překročení 24hodinového limitu PM₁₀ nikdy nepřesáhne hodnotu 365 dní. Pomocí zmíněného programu TableCurve 2D tedy byl hledán takový výpočetní vztah, který:

- vykazuje co nejvyšší shodu s výsledky imisního monitoringu
- je prakticky aplikovatelný (obsahuje běžně používané matematické rovnice)
- pro libovolnou vstupní hodnotu nepodává vyšší výslednou hodnotu než 365 dní/rok

Průběh výsledné funkce i pro vyšší hodnoty koncentrací je uveden na obr. 10.

**Obr. 10. Výsledná odvozená funkce pro výpočet počtu překročení 24hodinového limitu
PM₁₀ – rozsah vstupních hodnot průměrné roční koncentrace 0 – 500 µg.m⁻³**



5. VÝSLEDNÝ NÁVRH VÝPOČETNÍHO POSTUPU

Výsledný návrh funkce pro stanovení počtu překročení 24hodinového imisního limitu pro suspendované částice PM₁₀, který prezentují uvedené grafy, je dán následujícími rovnicemi:

a) hodnoty průměrných ročních koncentrací PM₁₀ (IHr PM₁₀) ≤ 13,3 μg.m⁻³:

$$\text{VoL} = 0$$

kde:

- VoL = počet překročení 24hodinového imisního limitu pro suspendované částice PM₁₀ (dny)

b) hodnoty průměrných ročních koncentrací PM₁₀ (IHr PM₁₀) > 13,3 μg.m⁻³:

$$\text{VoL} \doteq \mathbf{a + b \times (1 - \exp(- (IHr PM_{10} - d \times \ln(1 - 2^{0,5} / 2) - c) / d))^2}$$

kde:

- IHr PM₁₀ = průměrná roční koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ (μg.m⁻³)
- konstanty: a = 0,515538569598347
 b = 348,809731696632
 c = 63,8863227586895
 d = 41,1309436051372

Pozn.: Výsledná hodnota VoL se zaokrouhlí na celé dny.

6. LITERATURA

- [1] Keder J. a kol. (2003): SYMOS'97, verze 02, Metodická příručka – doplněk, Praha.
- [2] Elshout. S., Léger, K. (2006): Comparing Urban Air Quality Across Borders. A review of existing air quality indices and the proposal of a common alternative. Projekt INTERREG IIIC – CITEAIR.
- [3] ČHMÚ (1997 – 2011): Souhrnný roční tabelární přehled - Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika.
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html