

VÝSKYT SO₂ V EMISIÁCH Z BANSKO – ÚPRAVÁRENSKÉHO ZÁ- VODU SIDERIT, S.R.O., NIŽNÁ SLANÁ

Pavel Slančo
Milan Bobro
Ján Brehuv
Jozef Hančulák

Summary

Occurrence of SO₂ in emissions from mining and or processing plant SIDERITE, Ltd., Nižná Slaná

This paper presents the calculation of concentration, or the estimation of maximum concentration of sulphur dioxide in the area surrounding Siderit plant in Nižná Slaná. This calculation has been compared with SO₂ values measured at particular points situated near the plant stalk (point source) The wind speed, at which the concentration on certain places surrounding the source can achieve the maximum, have been calculated.

1 ÚVOD

Koncentráciu exhalátov plynov a malých tuhých častíc (< 0,1 μm) možno

$$C = \frac{Q}{2 \alpha_2 \alpha_3 u_H x_1^{\alpha_2 + \alpha_3}} \exp \left[\frac{-x_2^2}{2 \alpha_2^2 x_1^2 \alpha_3} \right] \left\{ \exp \left[\frac{-(x_3 - h)^2}{2 \alpha_3^2 x_1^2 \alpha_3} \right] + \exp \left[\frac{-(x_3 + h)^2}{2 \alpha_3^2 x_1^2 \alpha_3} \right] \right\}, \quad (1)$$

kde Q – hmotnostná výdatnosť (mohutnosť) zdroja, h – efektívna výška zdroja, u_H – rýchlosť vetra vo výške koruny komína, α₂, α₃, β₂, β₃ – koeficienty parametrov rozptylu (tab.2), x₁, x₂, x₃ – súradnice odberového miesta.

Začiatok kartézskoho súradnicového systému, x₁, x₂, x₃ je zvolený tak, že smer osi x₁ je smer prúdenia vetra, smer osi x₃ má smer výšky komína a os x₂ je orientovaná tak, aby bol súradnicový systém pravotočivý. Výpočet koncentrácie predpokladá, že smer a rýchlosť vetra sa s časom nemenia.

2 TEÓRIA

Exhaláty, vypúšťané z komína, majú podstatne vyššiu teplotu ako vzduch v okolí komína. Dôsledkom tejto skutočnosti, ako aj tlakových pomerov v komíne, majú exhaláty značnú vertikálnu rýchlosť v smere výšky komína. V okamihu, keď sa teplota v okolí

v ľubovoľnom bode priestoru v okolí bodového zdroja (komína) vypočítať [2,5]:

komína vyrovná následkom turbulentného premiešavania s teplotou dymovej vlečky vychádzajúcej z komína, stratí dymová vlečka vertikálnu rýchlosť v smere výšky komína spôsobenú vplyvom zdroja exhalácií. Výška, v ktorej stratí dymová vlečka vertikálnu rýchlosť, je efektívna výška zdroja h.

Pre výpočet efektívnej výšky bodového zdroja, s tepelnou výdatnosťou G < 20 MW, sa často používa vzťah

$$h = H + \frac{1,5wd + 9,8G}{u_H}, \quad (2)$$

kde H – skutočná výška komína, w – rýchlosť vypúšťania exhalátu z komína, G – tepelná výdatnosť zdroja.

2.1 Rýchlosť vetra

K výpočtu očakávaného znečistenia prostredia zo známeho zdroja je potrebné poznať, okrem parametrov samotného zdroja, meteo-

rologické podmienky v danej oblasti. K najpremenlivejším meteorologickým prvkom patrí prúdenie vzduchu (vietor). Výpočet koncentrácie znečisťujúcich látok je podmienený poznaním distribúcie smerov a rýchlostí vetra v sledovanej oblasti za určité časové obdobie.

Rýchlosť vetra sa jednotne meria vo výške 10 m nad povrchom okolitého terénu. Na pot-

rebnú výšku (výšku komína H) sa obyčajne redukuje podľa vzťahu [1]

$$u_H = u_{10} \left(\frac{H}{10} \right)^p, \quad (3)$$

kde exponent p závisí od triedy stability ovzdušia (tab.1) [1].

Tab.1 Hodnoty meteorologického parametra p pre rôzne triedy stability ovzdušia (TS) [1]

Triedy stability ovzdušia (TS)	Názov triedy	Vertikálny teplotný gradient γ [°C / 100 m]	Meteorologický parameter p [-]
I	superstabilná	$\gamma < - 1,6$	0,5
II	stabilná	$- 1,6 \leq \gamma \leq - 0,7$	0,4
III	izotermná	$- 0,6 \leq \gamma \leq + 0,5$	0,3
IV	normálna	$+ 0,6 \leq \gamma \leq + 0,8$	0,25
V	konvektívna	$\gamma > + 0,8$	0,18

2.2 Koeficienty rozptylu

Koeficienty $\alpha_2, \alpha_3, \beta_2, \beta_3$ v rovnici (1) charakterizujú tzv. parametre rozptylu (štandardné odchýlky rozdelenia koncentrácie vo vzdialenosti x_1 od zdroja). Výsledkom väčšiny teoretických aj experimentálnych prác vzťahujúcich sa k tomuto problému sú vzťahy

$$\sigma_2 = \bar{\alpha}_2 x_1^{\bar{\alpha}_2} \quad \sigma_3 = \bar{\alpha}_3 x_1^{\bar{\alpha}_3}, \quad (4)$$

kde koeficienty $\alpha_2, \alpha_3, \beta_2, \beta_3$ závisia od konkrétnych podmienok rozptylu a získavajú sa experimentálne (tab.2) [7].

Tab.2 Analytické vyjadrenie parametrov rozptylu σ_2 a σ_3 [7]

Triada stability	$\sigma_2(x_1) = \alpha_2 x_1^{\beta_2}$	$\sigma_3(x_1) = \alpha_3 x_1^{\beta_3}$
I	$0,0454 x_1^{0,9031}$	$0,510 x_1^{0,42}$
II	$0,0722 x_1^{0,9031}$	$0,450 x_1^{0,5}$
III	$0,1046 x_1^{0,9031}$	$0,540 x_1^{0,54}$
IV	$0,1474 x_1^{0,9031}$	$0,371 x_1^{0,64}$
V	$0,2089 x_1^{0,9031}$	$0,107 x_1^{0,92}$

2.3 Odhad maximálnej koncentrácie

Odberové stanovišťa majú konštantné súradnice vzhľadom k zdroju znečistenia (päta komína je podľa predpokladu [5] počiatkom súradnicového systému). Ak predpokladáme stály smer vetra (v smere súradnice x_1) počas merania koncentrácie a jeho konštantnú rýchlosť, súradnicu $x_3 = 0$ (nulové prevýšenie odberového miesta oproti päte komína) a $x_2 = 0$ (odberové miesta v smere vetra), môžeme pre každú triedu stability ovzdušia (tab.1,2) a konkrétnu hodnotu x_1 nájsť rýchlosť vetra

$u_{10,M}$, pri ktorej dosiahne koncentrácia plynnej látky (SO_2) maximum (najnepriaznivejšia situácia) a túto hodnotu porovnať s najvyššou prípustnou koncentráciou plyných látok ($150 \mu g \cdot m^{-3}$), resp. s nameranými hodnotami koncentrácie na odberových miestach. Hodnotu $u_{10,M}$ (pre každú triedu stability a odberové miesto) je možné nájsť výpočtom extrému rovnice (1) pomocou rovníc (2), (3), ak je podľa predpokladu koncentrácia len funkciou rýchlosti u_{10} .

$$u_{10M} = \frac{2(1,5wd+9,8G)10^6}{HP(\sqrt{H^2+4\hat{\alpha}_3^2x_1^{2\hat{\alpha}_3}-H})} \quad (5)$$

Miesto maximálnej koncentrácie pri stálych parametroch zdroja a konštantných meteorologických podmienkach [5] bude vo vzdialenosti

$$x_{1M} = \exp\left\{\frac{\ln(H^2\hat{\alpha}_3 - \ln[\hat{\alpha}_3^2(\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_3)])}{2\hat{\alpha}_3}\right\} \quad (6)$$

a hodnotu maximálnej možnej koncentrácie vypočítame podľa rovnice (1), kde $x_2 = 0$, $x_3 = 0$ a $x_1 = x_{1M}$.

3 PRAKTICKÝ VÝPOČET

Výška centrálného komína závodu Siderit, s.r.o., Nižná Slaná [3] je $H = 120$ m, priemer koruny komína $d = 3,2$ m, rýchlosť vypúšťania exhalátu $w = 22$ m.s⁻¹, tepelná kapacita zdroja $G = 14,8$ MW.

Plynné emisie celkového zdroja (centrálného komína) tvoria emisie z rotačnej pece č.1 (výstup z látkového filtra FVU-150), rotačnej pece č.2 (filter FVU-150) a z peletizácie. Ostatné možné zdroje (drviareň, chladiče pražienca rotačných pecí č.1,2 a kotolňa) prispievajú k emisiám centrálného komína zanedbateľným množstvom plynných emisií, resp. ich emisné výstupy ústia do samostatného komína.

V správe z merania emisií pre závod Siderit, s.r.o., Nižná Slaná [3] sú uvedené hmotnostné toky oxidu siričitého (SO₂), oxidov dusíka (NO_x) a oxidu uhoľnatého (CO) – tab.3.

Tab.3 Hmotnostné toky SO₂, NO_x a CO

Zdroj emisií	Hmotnostný tok [g.s ⁻¹]		
	SO ₂	NO _x	CO
RP-1	27,9	1,16	30,6
RP-2	25,2	0,06	35,3
Peletizácia	56,9	8,58	5,1
Spolu	110	9,8	71

RP-1 – rotačná pec č.1, RP-2 – rotačná pec č.2

3.1 Odberové miesta a namerané hodnoty SO₂

Vypočítané hodnoty koncentrácie oxidu siričitého sú v ďalšej časti práce porovnané s nameranými hodnotami jeho koncentrácie na troch odberových miestach: Gočovo ($x_1 = 3100$ m) – severne od závodu Siderit, Nižná Slaná – roľnícke družstvo ($x_1 = 1800$ m) a Henckovce ($x_1 = 2800$ m), ktoré sa nachádzajú južne od zdroja oxidu siričitého.

Pre stanovenie SO₂ vo vonkajšom ovzduší sa použila metóda aspiračno –

kalorimetrická [4]. Oxid siričitý sa zachytával v roztoku tetrachlórortuťnanu sodného s pridaním chelatonu na zamedzenie katalytickej oxidácie. Vzniknutá zlúčenina dáva v kyslom prostredí s fuchsínom a formaldehydom červeno-fialové sfarbenie, ktorého intenzita je úmerná množstvu oxidu siričitého.

Odberová aparátúra sa skladá z dvoch kapilárnych absorbérov zapojených za sebou, prietokomeru a čerpadla. Vzduch sa presáva cez absorbéry naplnené 15 a 10 ml roztoku, odoberá sa 720 l vzduchu po dobu 24 hod., prietokom 30 l hod.⁻¹.

Tab.4 Koncentrácia SO₂ – meranie

Odberové miesto	Koncentrácia SO ₂ [µg.m ⁻³]	
	C _{min.} – C _{max.}	Ročný priemer
Gočovo	26,5 – 125,6	59,7
Nižná Slaná – roľ. družstvo	16,2 – 113,5	53,2
Henckovce	9,7 – 135,6	54,6

C_{min.} – najnižšia nameraná hodnota na stanovišti, C_{max.} – najvyššia nameraná hodnota.

V priebehu merania koncentrácie neboli známe meteorologické pomery v oblasti Nižnej Slanej (najbližšia meteorologická stanica je v Rožnave), preto vypočítané maximálne hodnoty koncentrácie podľa rovnice (1) a uvedených predpokladov možno porovnávať len s maximálnou hodnotou nameranou na jednotlivých odberových miestach.

(Gočovo, Nižná Slaná RD a Henckovce) a jednotlivé triedy stability, je potrebné použiť: Q = 110 g.s⁻¹ (tab.3), koeficienty rozptylu α₃, β₂, β₃ pre jednotlivé triedy stability (tab.2), hodnoty meteorologického parametra p (tab.1), rovnice (5), (2), (3), údaje pre H, w, d, G z časti práce o charakteristike zdroja a hodnoty súradníc x₁ pre stanovišia Gočovo, Nižná Slaná – roľnícke družstvo a Henckovce.

3.2 Výpočet maximálnej koncentrácie

K výpočtu maximálnej koncentrácie SO₂ podľa rovnice (1), pre jednotlivé stanovišia

Tab.5 Porovnanie maximálnych vypočítaných a nameraných koncentrácií SO₂

TS	Odberové miesto	u _{10,M} [m.s ⁻¹]	C _{max.} [µg.m ⁻³]	C _M [µg.m ⁻³]
I	Gočovo	- •	125,6	-
	Nižná Slaná RD	- •	113,5	-
	Henckovce	- •	135,6	-
II	Gočovo	- •	125,6	-
	Nižná Slaná RD	- •	113,5	-
	Henckovce	- •	135,6	-
III	Gočovo	9,2	125,6	1,72
	Nižná Slaná RD	15,9	113,5	0,08
	Henckovce	10,2	135,6	1,10
IV	Gočovo	4,9	125,6	2,2
	Nižná Slaná RD	9,0	113,5	4,0
	Henckovce	5,5	135,6	15,9
V	Gočovo	1,3	125,6	125,6
	Nižná Slaná RD	2,6	113,5	102,4
	Henckovce	1,5	135,6	125,1

• - nereálne vysoké hodnoty u_{10,M}, C_M – maximálna vypočítaná hodnota koncentrácie

Veľmi premenlivým a dôležitým prvkom pri výpočte koncentrácie je rýchlosť vetra. Pre praktické výpočty sa preto zavádzajú triedy rýchlosti vetra I, II, III nasledovne:

Tab.6 Triedy rýchlosti vetra

Trieda	ū [m.s ⁻¹]	Interval rých. ū [m.s ⁻¹]
I	1,7	0 – 2,5
II	5	2,5 – 7,5
III	11	> 11

Pre tieto tri triedy rýchlosti vetra je možné podľa rovnice (6) vypočítať v každej triede stability vzdialenosť od zdroja, pri ktorej do-

siahne odhadovaná koncentrácia maximum. Samotnú koncentráciu vypočítame podľa rovnice (1), v ktorej bude $x_1 = x_{1,M}$ (tab.7).

Tab.7 Maximálna koncentrácia pre tri triedy u_{10}

TS	u_{10} [m.s ⁻¹]	$x_{1,M}$ [m]	C [µg.m ⁻³]
IV	1,7	9000	45,9
	5	5670	32,5
	11	4840	19,1
V	1,7	2615	123,7
	5	1820	84,6
	11	1605	48,4

Pre triedy stability I, II, III nie sú uvedené hodnoty $x_{1,M}$, resp. koncentrácie C, pretože vzdialenosti $x_{1,M}$ značne prekračujú reálne dĺžkové hodnoty doliny, v ktorej sa závod Siderit nachádza.

4 DISKUSIA

Dolina, v ktorej sa závod Siderit nachádza, je pomerne úzka dolina, z bokov a zo severu uzavretá horskými masívmi, tiahnuca sa v severo – južnom smere. Prevládajúce vetry majú smer doliny (južný, resp. severný vietor). Odberové miesta (Gočovo, Nižná Slaná RD, Henckovce) majú takú polohu, že ich spojnice so zdrojom má smer doliny (v rovnici (1) $x_2=0$). Dolina v smere z juhu na sever len veľmi mierne stúpa, preto je prípustné predpokladať $x_3=0$.

Z meraní [4] a uvedených výpočtov vyplýva, že koncentrácia oxidu siričitého neprekračuje v okolí závodu povolenú hranicu 150 µg.m⁻³ (tab.5,7). Z tých istých tabuliek vidieť, že maximálna koncentrácia na všetkých troch odberových stanovištiach bude najväčšia v I. triede rýchlosti vetra (tab.6) a v V. triede stability ovzdušia (tab.2). Táto trieda stability ovzdušia je charakteristická značným poklesom teploty smerom od zemského povrchu. Existujú preto priaznivé podmienky pre rozptyl a nepriaznivé pre transport exhalácií [6]. K takémuto priebehu vertikálneho teplotného gradientu dochádza najčastejšie v jasných letných dňoch. Krivku koncentrácie charakterizuje výrazné koncentračné maximum, ktoré je relatívne v malej vzdialenosti od zdroja a následný rýchly pokles koncentrácie na nízku hodnotu [6]. V tomto prípade sa oča-

káva najvyššia koncentrácia oxidu siričitého, koncentračná krivka bude strmá takže už v malej vzdialenosti od zdroja (tesne za koncentračným maximom) bude koncentrácia nízka [6]. Z tab.5, resp. tab.7 vidieť, že odberové miesta sa nachádzajú vo vzdialenosti blízkej k vzdialenosti, v ktorej sa nachádza koncentračné maximum pre I. triedu rýchlosti vetra a V. triedu stability.

Teoretický výpočet koncentrácie podľa rovnice (1) predpokladá len jeden zdroj oxidu siričitého (centrálny komín závodu Siderit). Nameraná koncentrácia [4] je však výsledkom súčasného vplyvu aj iných zdrojov SO₂. Jedná sa hlavne o príspevok SO₂ z lokálnych kúrenísk v okolitých obciach (plošný zdroj), alebo aj z iných zdrojov. Tento vplyv je výrazný najmä v zimných mesiacoch [4], kedy je koncentrácia SO₂ na odberových stanovištiach najväčšia.

5 ZÁVER

Porovnaním vypočítanej maximálnej koncentrácie na odberových stanovištiach a nameraných hodnôt vyplýva, že maximálne vypočítané a maximálne namerané hodnoty koncentrácie sú porovnateľné a nedosahujú hraničnú hodnotu 150 µg.m⁻³.

Reálny vplyv emisií oxidu siričitého z centrálného komína závodu Siderit na koncentráciu v jeho okolí bude ešte menší. Pre teoretický výpočet to vyplýva najmä z toho, že v priebehu 24 hod. (doba odberu SO₂) sa mení rýchlosť vetra a jeho smer (vietor nemá stále smer spojnice zdroj – odberové miesto), môže sa meniť aj teplotný gradient. Zmena týchto hodnôt v porovnaní s tými, keď kon-

centrácia podľa teórie dosiahne maximum, znižuje z teoretickej stránky veľkosť koncentrácie na danom stanovišti.

Pri nameraných hodnotách treba vziať do úvahy aj vplyv iných zdrojov SO₂ na nameranú koncentráciu.

LITERATÚRA

- [1] BUBNÍK, J.: Nová metodika výpočtu znečistení ovzduší. Lesní a vodní hospodářství – Ochrana ovzduší, 10, 1981, s. 147-152
- [2] ERMAK, DL.: An analytical model for air pollutant transport and deposition from a point source. Atmos. Environ. 11, 1977, p. 231-237
- [3] RÁKAY, Š.: Správa z merania emisií, Železorzudné bane š.p., odštepny závod Siderit Nižná Slaná, ÚVR Ekológia s.r.o., Košice, 1995
- [4] RUSNÁKOVÁ, A.: Meranie znečisťujúcich látok v oblasti závodu Siderit Nižná Slaná, ÚVR Ekológia s.r.o., Košice, 1997
- [5] SLANČO, P., HANČULÁK, J., BOBRO, M., GELDOVÁ, E.: Teoretické aspekty šírenia tuhých a plynných látok z exhalačných zdrojov, Acta Montanistica Slovaca, č.3, 2000, s. 313-317
- [6] SLANČO, P., BOBRO, M., HANČULÁK, J., GELDOVÁ, E.: Vplyv parametrov exhalačného zdroja a poveternostných podmienok na koncentráciu plynných a tuhých látok v ovzduší, Acta Montanistica Slovaca, č.3, 2000, s. 318-320
- [7] TADMOR, J., GUR, Y.: Analytical expressions for vertical and lateral dispersion coefficients in atmospheric diffusions. Atmos. Environ. 3, 1969, p. 96-102