

# 5

## OMEZENÍ PRAŠNOSTI NA DŮLNÍCH RACOVIŠTÍCH

### 5.1 ÚVOD

K omezení prašnosti na důlních pracovištích se uplatňuje řada technických zařízení a řada organizačních opatření. Pro detailní posouzení možností ke snížení prašnosti, jsme se soustředili na jeden podstatný aspekt, funkci postřiku. K tomuto rozhodnutí nás vedla skutečnost, že všeobecně a v poměrech naší republiky zvláště, není tato možnost ochrany před vznikem prachu dostatečně zhodnocena.

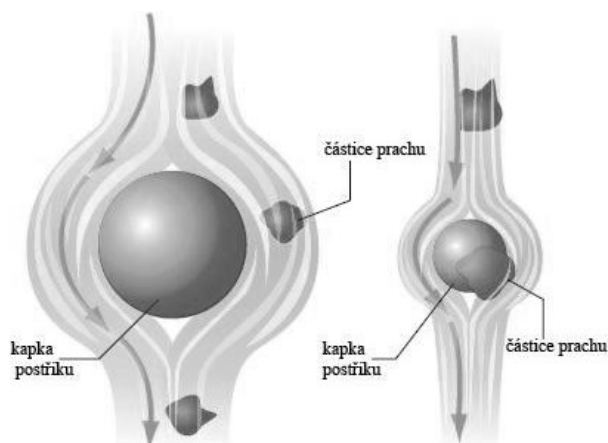
Není zhodnocena teoreticky a nebyla ani ověřována v praxi. Postřikem a funkcí trysek, jako prostředků, které skrápí prach se zabývá řada renomovaných výrobců. Doposud však unikl významný faktor, který efektivitu skrápění ovlivňuje, a to je vztah mezi granulometrickým složením prachu a velikosti vodní kapky.

Tento významný vztah, který ovlivňuje efektivní účinek zkrápění, nebyl v našich poměrech doposud řešen. Také v zahraničí, je jeho řešení jenom částečné. Výrobci trysek udávají jejich podrobnou charakteristiku, ale vztahu mezi granulometrickým složením prachu, který na příslušném místě vzniká, a distribuci kapek postřiku, se nevěnují.

### 5.2 ZÁKONITOSTI VÝBĚRU POSTŘIKU

Zachycení částic prachu je nejefektivnější, když mají částice prachu a vodních kapek ekvivalentní rozměry. Kapky, které jsou příliš velké, nechtějí kolidovat (střetat se), s malými částicemi prachu a kapky, které jsou příliš malé, se velmi rychle vypařují a unikají z prachových částic. Vyjadřuje to obrázek 1. Zachycení polétavého prachu vodním postřikem je nejefektivnější v oblasti s malou turbulencí. Jestli je průměr kapek větší, než prachových částic, budou prachové částice sledovat proud kolem kapky (část obrázku vlevo). Pokud je průměr kapek a prachových částic srovnatelný, budou prachové částice sledovat menší proud kolem kapky a spojí se s ní (část obrázku vpravo) [1]. Z obr. 5.1, lze dokázat, že rozměr částic prachu je při návrhu systému postřiku velmi zásadní. Každý postřik je složen z kapek různých rozměrů a označuje se jako distribuce kapek. Ke zjištění fragmentace prachu lze použít několik metod. Při experimentech, v rámci doktorské disertace, jsme vyzkoušeli síťovou analýzu, v laboratoři VŠB-TU Ostrava, síťovou analýzu na VVUÚ Ostrava Radvanice a měření na přístroji Fritsch na

VŠB-TU Ostrava.



Obr. 5.1 Vztah mezi rozměrem kapky a zrn prachu

Source: [1]

### 5.3 FRAGMENTACE PRACHU U ODLUČOVAČE PŘI RAŽBĚ CHODBY na Dole ČSM Důlního díla č. 391 024

Pro granulometrický rozbor složení prachu při ražení kombajnem MR-340-Ex-SANDVIK (obr. 5.2), na dole ČSM, při ražení chodby č. 391 024, ve sloji č. 39, mocnosti 2,2-2,6 m jsme získali vzorky „1“, „2“, „3“ (tabulka 5.1).



Obr. 5.2 Řezný orgán razícího kombajnu MR-340

Tabulka 5.1 Granulometrické složení prachu při ražbě kombajne

Vzorek č. 1		Vzorek č. 2		Vzorek č. 3	
síto	hm. %	síto	hm. %	síto	hm. %
$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	
40	32,8	40	26,6	40	36,5
63	18,4	63	6,8	63	22,1
100	10,4	100	2,9	100	13,6
160	5,4	160	1,8	160	6,8
250	2,0	250	0,8	250	2,6
400	0,3	400	0,3	400	0,4
630	0,0	630	0,2	630	0,0

Source: síťová analýza VVUÚ

Jednotlivé vzorky byly odebrány v blízkosti odlučovače prachu, který byl umístěn na konci sacího větracího tahu, při různých postaveních ražby.

Vzorek č. 1, datum odběru 5. 4. 2013, staničení čelby 570 m,

Vzorek č. 2, datum odběru 12. 4. 2013, staničení čelby 600 m,

Vzorek č. 3, datum odběru 20. 4. 2013, staničení čelby 645 m.

#### 5.4 FRAGMENTACE PRACHU PODLE MĚŘENÍ PŘÍSTROJEM FRITSCH

Pro zjištění, jak se shodují výsledky granulometrického složení prachu provedené různými metodami, jsme požádali Institut dopravy, fakulty strojní o provedení měření laserovým přístrojem firmy Fritsch [2]. Účel byl ověřit výsledky dvou způsobů zjištění fragmentace. Výpis hodnot granulometrického složení prachu pro vzorek č. „2“, Důl ČSM, přístrojem Fritsch je v tabulce 5.2.

**Tabulka 5.2 Hodnoty granulometrického složení prachu, pro vzorek č. „2“, důl ČSM, přístrojem Fritsch**

x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
Q3	0.10	0.29	0.40	0.88	1.54	1.92	2.08	2.20	2.34	2.53
q3	0.02	0.03	0.03	0.06	0.14	0.12	0.06	0.06	0.08	0.13
x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
Q3	2.76	3.00	3.26	3.53	3.80	4.09	4.70	5.33	5.98	6.65
q3	0.17	0.20	0.24	0.28	0.30	0.35	0.41	0.48	0.55	0.63
x	2.40	2.60	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
Q3	7.32	7.98	9.29	12.33	15.06	17.66	18.95	20.28	21.66	23.11
q3	0.69	0.73	0.81	0.94	1.09	1.27	1.43	1.60	1.78	2.00
x	8.50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Q3	24.64	26.24	29.56	32.99	36.45	39.88	43.22	46.43	49.48	52.37
q3	2.25	2.49	2.81	3.20	3.54	3.81	4.01	4.14	4.21	4.24
x	18.00	19.00	20.00	22.00	25.00	28.00	32.00	36.00	38.00	40.00
Q3	55.10	57.67	60.09	64.52	70.29	75.25	80.90	85.59	87.59	89.36
q3	4.25	4.23	4.20	4.14	4.02	3.90	3.77	3.54	3.29	3.07
x	45.00	50.00	53.00	56.00	63.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00
Q3	92.97	95.55	96.70	97.61	98.94	99.65	99.81	99.92	99.98	100.00
q3	2.73	2.18	1.76	1.47	1.01	0.53	0.26	0.15	0.09	0.03
x	95.00	100.0	106.0	112.0	125.0	130.0	140.0	145.0	150.0	160.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	242.0	250.0	300.0	400.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2400.0	2500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : Prumer /  $\mu\text{m}$  Q3 : kumulativní hodnota / % q3 : density distribution

Srovnáním výsledků v tabulce 5.1 a tabulce 5.2 už je na první pohled patrný rozdíl. Zatím co síťovou analýzou byl zjištěn rozměr nejmenších zrn 40  $\mu\text{m}$ , při analýze Laserovým přístrojem to byla už zrna rozměru 0,04  $\mu\text{m}$ . Laserovým přístrojem zjišťujeme zrna 1000 krát menší.

## 5.5 VZOREK „Třinec“

Ve spolupráci s Třineckými železárnami jsme odebrali vzorky prachu na pracovišti, kde se přesypávala ruda do drtiče (podmínky pracoviště jako v dole). Rozbor prachu byl proveden laserovým přístrojem firmy Fritsch obr. 5.3.

Vzhledem k výsledkům měření, kde jsme zjistili při analýze prašnosti, že největší procentní zastoupení v granulometrickém složení prachu připadá na hodnoty 19-470  $\mu\text{m}$ , vzniká tak naprosto nová situace, kdy jsme dosavadními metodami, síťovou analýzou (ČSN 15 3105) nedokázali zjistit prachová zrna nejmenších rozměrů.



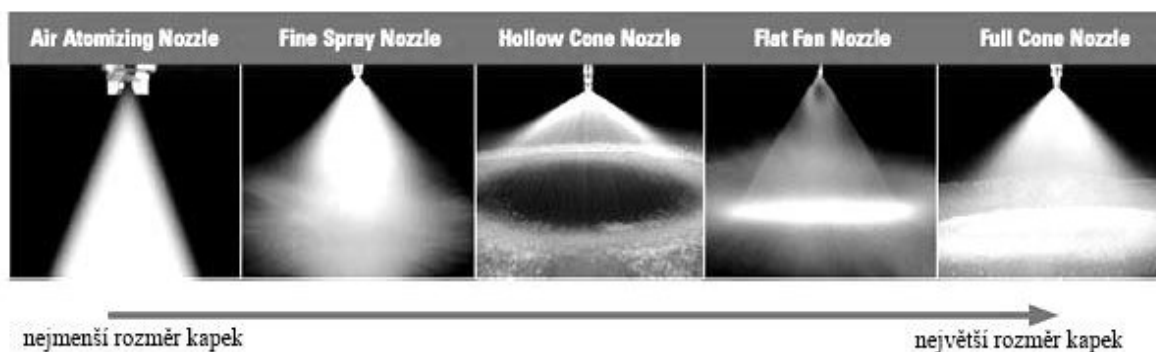
Obr. 5.3 Měřicí přístroj prašnosti Fritsch

Source: [6]

Právě tato zrna tvoří podstatnou část respirabilního prachu a jsou nejrizikovější z hlediska zdravotního ohrožení i nebezpečí související s výbušnými vlastnostmi uhelného prachu. Problém je o to složitější, že dosavadní konstrukce trysek, nedokážou vytvořit příslušné velikosti kapek, aby došlo k souladu mezi rozměry zrn prachu a kapek.

## 5.6 TRYSKY A ROZLOŽENÍ VODNÍCH KAPEK V PROUDU

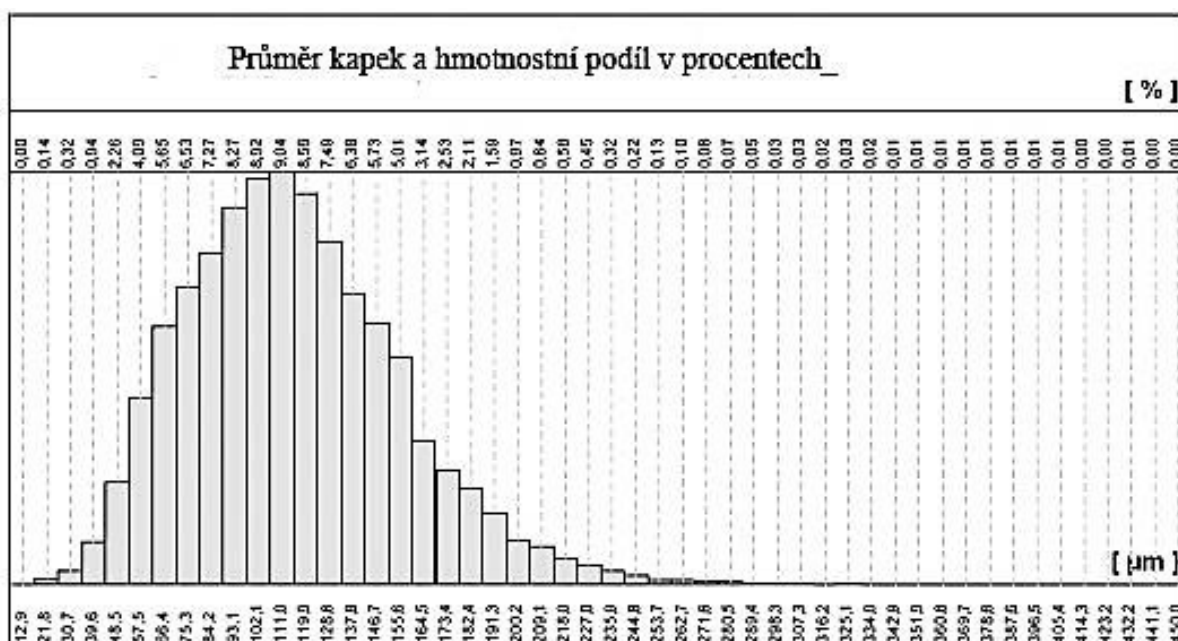
Výrobou a distribucí trysek se dnes zabývá řada firem. Jako velmi zajímavé se jeví internetové stránky firmy Hennlich [3]. Přehled běžných typů trysek od nejmenšího k největšímu rozměru kapek je na obr. 5.4.



Obr. 5.4 Sortiment trysek firmy Hennlich

Source: [3]

Na speciálním laserovém přístroji, se určuje distribuce kapek a příklad takového zjištění pro trysku výrobní č. 216 404 je na obr. 5.5.



Obr. 5.5 Příklad zjištění rozměru a četnost výskytu kapek trysky výrobní č. 216 404

Source: [3]

V grafickém zobrazení, obr. 5.5, se dá například zjistit, že nejmenší kapky mají rozměr 21,8  $\mu\text{m}$  a jsou v proudu zastoupeny 0,14%. Relativně větší kapky mají rozměr 227,5  $\mu\text{m}$  a jsou v proudu zastoupeny 0,45%. Největší zastoupení v proudu mají kapky rozměru 111,0  $\mu\text{m}$  a jsou zastoupeny 9,04%.

Tryska Hennlich typ č. 212.285 17. AC. 00.0 má distribuci kapek dle tabulky 5.3.

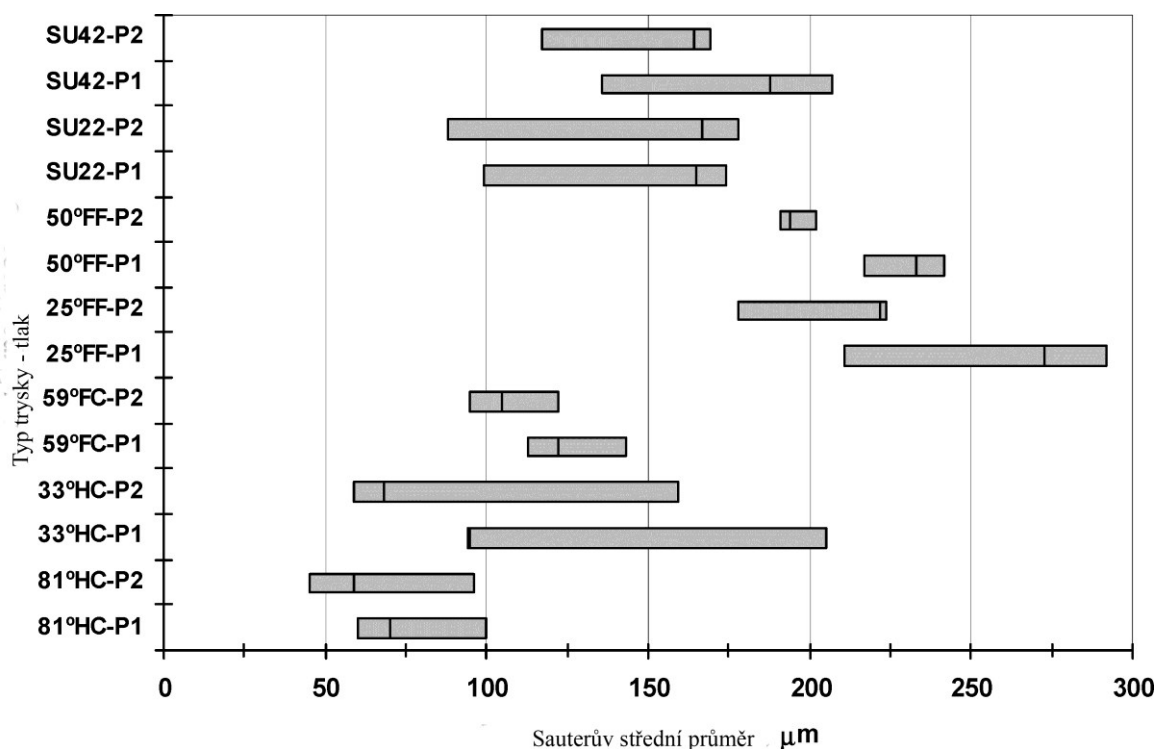
Tabulka 5.3 Distribuce kapek trysky 212 285

$\mu\text{m}$	1	8	16	24	32	48	56	72	80	88	96
%	0,1	0,5	2,5	5,2	9,5	12,7	11,7	11	6,5	3	2,7

Source: [3]

Abychom ověřili, jaké kapky produkují trysky jiných výrobců, vybrali jsme z dostupných pramenů distribuci kapek u typů vyráběných v USA – viz obr. 5.6.

Z obr. 5.6 vyplývá, že nejmenší kapky, rozměru cca 45  $\mu\text{m}$  produkuje tryska typu 81 HC-P2. To zřejmě nepokryje zrna rozměrů 0,319, resp. 0,4  $\mu\text{m}$ , která vznikají podle tabulky 5.2 a 5.3.

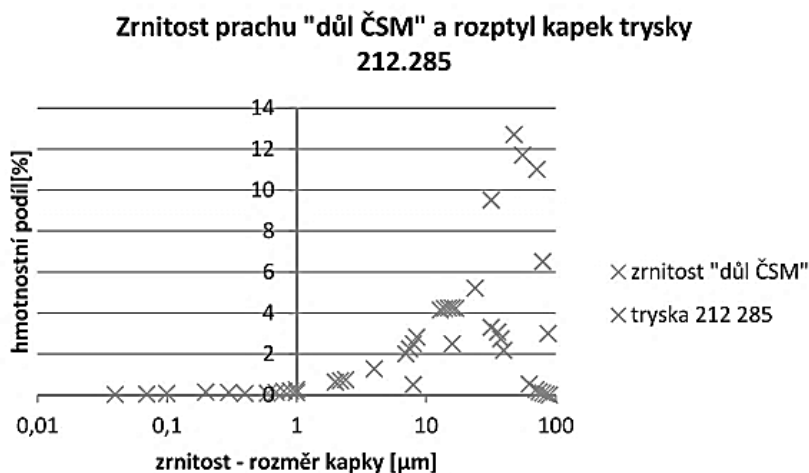


Obr. 5.6 Distribuce kapek a Sauterův střední průměr zjištěný pro různé typy trysek. Vertikální čára v každém obdélníku znázorňuje SMD

Source: [4]

### 5.7 SROVNÁNÍ VELIKOSTI PRACHOVÝCH ZRN A VODNÍCH KAPEK

Přistoupili jsme ke zjištění, jak by kapky trysky č. 212.285 kolidovaly se zrny prachu. Podle údajů tabulky 5.2 jsme v programu Excel vypsali příslušné hodnoty velikosti zrn, vzorku č. 2, z dolu ČSM a jejich procentní podíl, (vzorek č. 2, datum odběru 12. 4. 2013, staničení čelby 600 m), a také podíl jednotlivých kapek v proudu trysky 212.285, a sestavili graf, na obr. 5.7.



Obr. 5.7 Grafické vyjádření rozdělení zrn prachu a vodních kapek vzorek „důl ČSM“ (Údaje na ose „x“ jsou v logaritmické stupnici)

Obr. 5.7 nám poskytl určitou informaci, v jakém vztahu jsou prachová zrna a vodní

kapky, pokud se týká jejich velikosti. Podle tabulky 2 lze zjistit, že zrna nejmenších rozměrů od 0,04  $\mu\text{m}$  až do 8,71  $\mu\text{m}$ , zaujímají v celkovém objemu vzorku četné zastoupení celkem 16,49%. Tryska 212.285, takové kapky neprodukuje. Tryska 212.285 produkuje kapky prakticky až od 8  $\mu\text{m}$ . K zneškodnění malých prachových zrn postřikem, by musela být zřejmě použita, tryska speciální úpravy. Nebo použít 2 trysky s různou distribucí kapek.

Analýza prachu laserovým přístrojem Fritsch, tak upozornila na vážný problém nejmenších prachových částic, které dosavadní metody zjišťování fragmentace na sítěch, nemohly postihnout.

Z rozboru uvedeném v tomto článku vyplývá, že k účinnějšímu zneškodňování prachu je vhodnější provádět granulometrický rozbor na přístroji Fritsch a požádat výrobce trysek, aby dle toho volili jejich charakteristiku.

## 5.8 ZÁVĚR

Velmi významnou funkcí, která může zvýšit efektivitu postřiku je poměr velikostí prachových zrn a velikostí vodních kapek. Této problematice se zatím věnovala poměrně malá pozornost, a proto jsme se rozhodli ji podrobněji zpracovat.

Očekáváme, že z výsledků naší práce vyplyne poznatek, abychom ve větší míře prováděli rozbor granulometrického složení prachu, za účelem vybrat nejvhodnější typ trysky.

Teoretické poznatky i praktická ověření prokazují, že účinné spojení mezi kapkou vody a zrnkem prachu vznikne tehdy, když budou jejich rozměry velmi blízké. Uvedené závěry mohou významně zvýšit účinnost zneškodňování prachu zkrápěním.

*Článek byl vytvořen za podpory projektu SP2016/8  
„Vytvoření nového odprašovacího zařízení ke zneškodnění uhelného prachu“.*

## LITERATURA

1. Spraying systems Co.: Experts in Spray Technology [online]. Bulletin Num. 652, 2008 [cit. 2016-01-25].
2. Dostupné z: [http://www.spray.com/Literature\\_PDFs/B652\\_Dust\\_Control.pdf](http://www.spray.com/Literature_PDFs/B652_Dust_Control.pdf)
3. Lechler: ENGINEERING YOUR SPRAY SOLUTION [online]. [cit. 2016-01-20]. Dostupné z: [http://lechler.de/index-de\\_DE](http://lechler.de/index-de_DE)
4. HENNLICH: řešení pro průmysl [online]. [2015-12-2]. Dostupné z: <http://hennlich.cz/>
5. D. Pollock, J. Organiscak, Airborne dust capture and induced airflow of various spray nozzle designs. NIOSH, Aerosol Science and Technology, 41:711-720, 2007.
6. Interní materiály Důl ČSM OKD-a.s.
7. FRITSCH: ANALYSETTTE 22 NanoTec plus [online]. [cit. 2015-08-30]. Dostupné z: <http://www.fritsch-sizing.com/products/static-light-scattering/laser-particle-sizer-analysette-22-nanotech-plus/>

Data przesłania artykułu do Redakcji: 01.2016  
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2016

Ing. Beáta Gibesová, Ph.D., Ing. Petr Urban, Ph.D.  
Institut Hornického inženýrství a bezpečnosti  
HGF-VŠB TU-Ostrava, Česká republika  
e-mail: petr.urban@vsb.cz; beata.gibesova@vsb.cz  
tel. práce: +420 596993357,+420607115359

Ing. Zdenek Hruzek, Ing. Vítězslav Košňovský, Ph.D.  
Důl Paskov, OKD. a.s., Česká republika  
e-mail: zdenek.hruzek@okd.cz; vitezslav.kosnovsky@okd.cz

### REDUCING DUST CONCENTRATION IN MINES

**Abstract:** *An important and most frequently used means of dust disposal in mines is water spray. Recently, it was found that its efficient operation depends on the relation between the size of the dust grains and water drops. The article gives examples showing that at the current level of water jet design, this requirement is not met. This leads to the conclusion that it is necessary to develop a new type of nozzles.*

**Key words:** *dust concentration, nozzle, dust particles*

### OMEZENÍ PRAŠNOSTI NA DŮLNÍCH PRACOVÍŠTÍCH

**Abstrakt:** *Jako důležitý a nejčastěji využívaný prostředek ke zneškodňování prachu na důlních pracovištích je vodní postřik. V poslední době bylo zjištěno, že pro jeho efektivní působení musí být relace mezi velikostí prachových zrn a vodních kapek. V článku jsou uvedeny příklady, že při stávající úrovni konstrukce vodních trysek, není tento požadavek zajištěn. To vede k závěru o nutnosti vyvinout nový typ trysek.*

**Klíčová slova:** *prašnost, tryska, prachová částice*