

Ing. Jitka HOLLEROVÁ,  
Státní zdravotní ústav Praha

# Prašnost a její hodnocení

## Dustiness and its Evaluation

Recenzentka  
MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

*Cílem článku je stručně popsat vlastnosti prachu a jeho zdravotních účinků včetně rozdílů pojetí a hodnocení prašnosti v pracovním, venkovním a vnitřním prostředí. Jsou zde shrnuty základní definice a pojmy užívané v posuzování prašnosti.*

**Klíčová slova:** pevné částice, prach, zdravotní účinky, definice, pracovní, vnitřní, venkovní prostředí, legislativa

*The aim of this paper is to describe shortly properties of a particulate matter and its health impact with respect to the different approach to evaluation of particulates matter in occupational, ambient and indoor atmospheres. Basic definitions and terms used in the evaluation of particulate matter are summarized too.*

**Keywords:** particulate matter, dust, health impact, definitions, occupational, indoor, outdoor ambient, legislation

Prach patří k nejrozšířenějším škodlivinám, se kterými se člověk setkává jak v běžném životě, tak při svých pracovních činnostech. Rozsah škodlivých účinků prachu na člověka je velmi široký, při jejich hodnocení záleží na původu, vlastnostech a velikosti prachu, na jeho koncentraci v ovzduší, na délce a podmínkách působení i na individuální vnímavosti člověka na prach. V tomto směru je i rozsáhlá legislativa, která zahrnuje předpisy pro pracovní prostředí, venkovní prostředí i vnitřní obytné prostory.

## ZDROJE A ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY PRACHU

Disperzní systém kapalných a pevných částic suspendovaných v plynu nazýváme aerosolem, podle skupenství částic mluvíme o aerosolu tuhém nebo kapalném. Prach je polydisperzní tuhý aerosol, který vzniká lidskou činností při mechanickém zpracování pevných materiálů (dobývání surovin, řezání, broušení, vrtání), při rozměňovacích procesech (mletí, drcení), ale i bez zásahu, např. rozptýlením částic z neupraveného zemského povrchu vlivem proudění vzduchu, činností sopek, tvorbou aerosolu na mořském pobřeží.

Velikost prašných částic je 1 až 100  $\mu\text{m}$ , částice větší než 30  $\mu\text{m}$  jsou označovány jako hrubý prach a v prostředí při běžných podmínkách rychle sedimentují.

Při tepelných procesech (spalování organických látek) vzniká kouř s částicemi o velikosti 0,01 až 0,5  $\mu\text{m}$ , při chemických oxidačních procesech (svažování) se uvolňuje dým s částicemi o velikosti 0,1 až 1  $\mu\text{m}$ . V hygienické praxi se pod pojmem prach rozumí veškeré tuhé aerosoly.

Látky biologického původu jako jsou pyly, spóry plísní a mikroorganismy, jejichž velikost se pohybuje v rozsahu velikosti částic prachu, se označují jako bioaerosol.

## ÚČINKY PRACHU NA LIDSKÝ ORGANISMUS

Prach můžeme dělit podle různých kritérií, základní dělení je na toxický a netoxický prach. Podle původu získáme skupiny prachu, od kterých se pak odvíjejí účinky na lidský organismus. Následné dělení prachu podle účinků je v našich předpisech používáno při hodnocení prašnosti v pracovním prostředí [1].

Z hlediska působení prachu na člověka dělíme prachy na:

- prachy s převážně nespecifickým účinkem,
- prachy s fibrogenním účinkem, které mohou být jednak s možným fibrogenním účinkem,

- nebo s převážně fibrogenním účinkem,
- prachy s dráždivým účinkem (případně senzibilizujícím účinkem)
- minerální vláknité prachy.

Expozice prašným částicím a její zdravotní účinky mohou mít různou formu [2].

Styk pokožky s některými prachy, jako je většina organických prachů a některé anorganické a vláknité prachy, může způsobovat podráždění nebo alergické odezvy, zvláště u citlivých osob.

Hlavní a nejčastější cestou vstupu prachu do lidského organismu jsou dýchací cesty. Hrubé prachové částice jsou zadržovány v horních cestách dýchacích. Pohybem řasinkového epitelu, kterým je vystlána nosní dutina, se dostávají s hlenem do nosohltanu a jsou spolknuty, vykašlány nebo vykýchány. Větší částice se postupně v dýchacích cestách zachycují (horní cesty dýchací zachytí většinu částic větších než 5  $\mu\text{m}$ ), menší částice pronikají hlouběji.

Se zmenšující se velikostí částic pravděpodobnost průchodu do plicních sklípků stoupá, pro částice velikosti 3  $\mu\text{m}$  je tato pravděpodobnost vyšší než 50 %. Frakce prachu tvořená malými částicemi vdechovatelná až do plic je z hlediska zdravotního rizika nejnebezpečnější.

Vdechování prašných částic způsobuje různé nepříznivé biologické reakce lidského organismu.

Vysoké koncentrace prachu v ovzduší způsobují usazování prachových částic v očích, nosu a ústech a s tím spojené nepříjemné pocity. Dlouhodobá expozice těmito koncentracím i u prachu bez specifických účinků (někdy nazývanému „inertní“) přetěžuje samočisticí mechanismy plic, snižuje celkovou obranyschopnost člověka a může přispívat ke vzniku chronického zánětu průdušek. Kromě toho mechanické působení těchto částic i jejich odstraňování může způsobovat poranění pokožky nebo sliznic.

Fibrogenní prach je schopen vyvolat tvorbu plicních fibróz, tj. zvýšené bujení vaziva v plicích. Za fibrogenní složku se považuje krystalický oxid křemičitý ve formě křemene, kristobalitu nebo tridymitu a také gama forma oxidu hlinitého.

Účinek dráždivých prachů se nejčastěji projevuje mechanickým drážděním sliznic dýchacích cest, spojivek očí a pokožky, u citlivějších osob i alergickými reakcemi. Některé prachy, zvláště organického původu, mohou vyvolávat precitlivělost, projevující se např. jako průduškové astma.

Infekční prach, který obsahuje choroboplodné zárodky zachycené na prašných částicích, může způsobit vážná onemocnění, mezi ně patří i bakteriální a plísňové infekce způsobené bioaerosolem.

Prachy toxické mohou způsobit kromě místního účinku na dýchací ústrojí i systematickou intoxikaci. Prachy obsahující toxické látky jsou absorbovány krví, což pak vede k nepříznivému vlivu na tkáně a orgány, i vzdálené od místa vstupu škodliviny.

Karcinogenní prachy, mohou při vdechnutí vyvolat nádorová onemocnění u lidí, kteří jsou těmto prachům vystaveni.

## ZÁKLADNÍ DEFINICE A TERMÍNY PRO HODNOCENÍ PRACHU

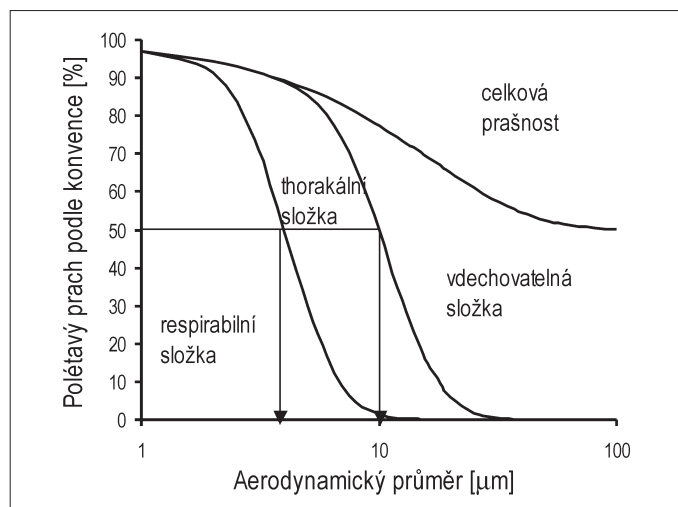
Kromě chemických, fyzikálních a biologických vlastností má velký význam z hlediska ohrožení lidského zdraví velikost částic prachu a pro zhodnocení zdravotního rizika je důležitá skutečnost jak hluboko se částice dostanou do dýchacího ústrojí. Proto byly definovány základní pojmy, které umožňují pochopení principů působení prašných částic [3], [4], [5].

**Aerodynamický průměr částice D** – průměr koule o hustotě  $1 \text{ g.cm}^{-3}$  se stejnou ustálenou rychlostí způsobenou gravitační silou v klidném ovzduší, jako má částice za obvyklých podmínek týkajících se teploty, tlaku a relativní vlhkosti.

**Vdechovatelná (inhalable) frakce** – hmotnostní frakce polévatého prachu, která je vdechnuta nosem a ústy.

**Thorakální (thoracic) frakce** – hmotnostní frakce vdechovaných částic pronikajících za hrtan.

V obr. 1 je vyznačeno, že 50 % polévatého prachu s  $D = 10 \text{ }\mu\text{m}$  je v thorakální frakci.



Obr. 1 Vdechovatelná, thorakální a respirabilní konvence jako procenta z polévatého prachu

**Respirabilní (respirable) frakce** – hmotnostní frakce vdechovaných částic, které pronikají do dýchacích cest, kde není řasinkový epitel. V následujícím obrázku je vyznačeno, že 50 % polévatého prachu s  $D = 4 \text{ }\mu\text{m}$  je v respirabilní frakci.

**TSP (total suspended particulate)** – je celková prašnost – všechny částice obklopené vzduchem v daném objemu vzduchu.

**PM<sub>10</sub> (particulate matter 10)** – hmotnostní podíl prašnosti pro velikost částic pod  $10 \text{ }\mu\text{m}$  za předpokladu, že minimálně 50 % prašných částic je menších než  $10 \text{ }\mu\text{m}$  (částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr  $10 \text{ }\mu\text{m}$  odlučovací účinnost 50 %).

**PM<sub>2,5</sub> (particulate matter 2,5)** – hmotnostní podíl prašnosti pod  $2,5 \text{ }\mu\text{m}$  za předpokladu, že minimálně 50 % prašných částic je menších než  $2,5 \text{ }\mu\text{m}$  (částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr  $2,5 \text{ }\mu\text{m}$  odlučovací účinnost 50 %).

**Dýchací zóna** – je prostor v bezprostřední blízkosti úst a tváří, přesněji technicky definován jako polokulový prostor (obecně o poloměru  $0,3 \text{ m}$ ) se středem v polovině spojnice obou uší a vymezený rovinou tváře procházející touto spojnicí, vrcholem hlavy a ohryzkem.

**PEL (přípustný expoziční limit)** – celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž mohou být, podle současného stavu znalostí, vystaveni zaměstnanci při osmihodinové pracovní době, aniž by u nich došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jejich pracovní schopnosti a výkonnosti.

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

## TYPY PROSTŘEDÍ A PŘÍSLUŠNÁ LEGISLATIVA

### Pracovní ovzduší

Většina pracovních činností člověka je spojena s uvolňováním prachu, proto je nutné koncentrace prachu v pracovním ovzduší sledovat, hodnotit a vytvářet následně taková opatření, aby nedocházelo k poškození zdraví, případně aby poškození zdraví bylo minimální. Míru znečištění ovzduší prachem vyjadřuje koncentrace aerosolu buď hmotnostní nebo početní v objemové jednotce vzduchu. Pro stanovení prašnosti se používá převážně metoda gravimetrická a zjištěné hmotnostní koncentrace prachu se vyjadřují v  $\text{mg.m}^{-3}$ . U vláknitých prachů se pro posouzení prašné situace používá koncentrace početní, tj. počet vláken na jednotku objemu (vl.  $\text{cm}^{-3}$ ). Počet vláken se stanovuje z odebraných vzorků prachu mikroskopicky.

Expozice prašným aerosolům se hodnotí na základě porovnání zjištěných koncentrací s limitními koncentracemi. V pracovním prostředí je to **časově vážená průměrná koncentrace za pracovní směnu** a přípustný expoziční limit (PEL).

Na základě dlouhodobých studií byly vytvořeny předpisy, podle kterých se měří a posuzují účinky prachu v pracovním prostředí.

Základní normou je ČSN EN 481 Ovzduší na pracovišti. Vymezení velikostních frakcí pro měření polévatého prachu [3]. Tato norma definuje konvence pro odběr vzorků velikostních frakcí, jež musí být používány pro hodnocení účinků polévatého prachu vdechovaného na pracovišti. V praxi jsou tyto konvence používány pro specifikaci přístrojů pro odběr polévatého prachu k měření koncentrací odpovídajících definovaným frakcím.

Pro pracovní prostředí se používají k posouzení prašnosti termíny vztahující se k jednotlivým frakcím prachu, tj. vdechovatelná (celková prašnost), thorakální a respirabilní frakce. Obvykle se stanovuje celková prašnost, u prachů s možnými nebo převážnými fibrogenními účinky se stanovuje i frakce respirabilní. U fibrogenních prachů je nutné stanovit i obsah fibrogenní složky, protože od ní se odvozují limitní hodnoty pro

respirabilní frakci. Frakce thorakální se zatím v pracovním lékařství nehodnotí.

V nařízení vlády [6] o pracovních podmínkách (příloha č. 3) jsou uvedeny přípustné expoziční limity (PEL) pro výše popsané skupiny prachů. Mimo to jsou zde uveřejněny metody na stanovení koncentrace prachu v pracovním prostředí, jak gravimetrické pro stanovení jednotlivých frakcí prachu, tak mikroskopické pro stanovení vláknitých prachů.

Porovnáním změřených koncentrací prachu s příslušnými PEL získáme přehled o prašné situaci na pracovišti, stupni prašného rizika i účinnosti protiprašných opatření.

Na základě hodnocení zátěže faktory rozhodujícími ze zdravotního hlediska o kvalitě pracovních podmínek se činnosti zařazují do kategorií práce podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví [7]. Protože jedním z faktorů je i prašnost, musí být činnosti spojené s prašností na základě měření zařazeny do příslušné kategorie práce.

### Vnitřní a venkovní ovzduší

Předpisy týkající se kvality ovzduší a charakterizace hmotnostní koncentrace částic ve vnitřním i venkovním prostředí používají termíny suspendované částice PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>. Od používání termínu celková prašnost (TSP) se v současné době upouští, vzhledem k tomu, že z hlediska škodlivosti pro lidské zdraví jsou právě frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> rozhodující. Prach se dále již nerozlišuje tak, jak je to u pracovního prostředí.

### Vnitřní prostory

Velká část prachu ve vnitřních prostorech má svůj původ v prostředí vnějším. Platí to zejména pro malé částice, které vstupují do vnitřních prostor ventilací a infiltrací. Pobyt lidí a jejich aktivity dále zvyšují množství prachových částic ve vnitřním ovzduší a tím zhoršují kvalitu vnitřního prostředí. Velmi nepříznivě ovlivňuje vnitřní prostředí tabákový kouř. Protože většina populace tráví daleko více času ve vnitřním prostředí než venku, je důležité sledovat vliv znečištění vnitřního prostředí na lidský organismus.

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví [8] pro vnitřní pobytové prostory uvádí hygienické limity pro charakteristické ukazatele vnitřního prostředí. Tato vyhláška se bohužel nevztahuje na bytové prostory. Prašnost se v těchto případech vyjadřuje v  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a naměřené koncentrace se porovnávají s příslušnými hygienickými limity. Limity jsou zde stanoveny jako jednohodinové, vztahované na standardní podmínky.

### Venkovní ovzduší

Venkovní ovzduší a jeho kvalita závisí na množství zdrojů škodlivých látek, tedy i prachu. Zdroje prachu ve venkovním ovzduší, jak již bylo popsáno, jsou rozmanité a záleží na jejich umístění, množství, kapacitě, na klimatických a přírodních podmínkách a v neposlední řadě na opatřeních, které byla provedena za účelem snížení úniku škodlivin. Nutnost zlepšování kvality venkovního ovzduší se odráží i v současné legislativě, kde je již zakotven časový harmonogram snižování množství škodlivých látek v ovzduší včetně prašných částic.

Zákon o ochraně ovzduší [9] a prováděcí nařízení vlády [10] jsou základními dokumenty pro hodnocení a řízení kvality ovzduší. V nařízení vlády jsou uvedeny limity pro PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, které jsou stanoveny v souladu s právem Evropských společenství a zahrnují imisní limity, meze tolerance, cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle. Imisní limit je zde aritmetický průměr za 24 h a aritmetický průměr za kalendářní rok, hodnoty imisních limitů jsou vyjádřeny v  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Na rozdíl od emisí, měřených u zdroje, měří se imise v místě pobytu lidí. Zatímco emise měří a hodnotí orgány ochrany životního prostředí, imise měří a hodnotí orgány ochrany veřejného zdraví.

Rozsah příspěvku o prašnosti v pracovním, vnitřním a venkovním ovzduší není vyčerpávajícím seznamem předpisů, ale shrnuje základní informace a umožňuje snazší orientaci ve stávající legislativě.

### Použité zdroje:

- [1] Kolektiv autorů: *Analýza rizik při práci*, SZÚ Praha 2001
- [2] Kolektiv autorů: *Manuál prevence v lékařské praxi*, SZÚ Praha 1997
- [3] ČSN EN 481 Ovzduší na pracovišti. Vymezení velikostních frakcí pro měření poléťavého prachu, 10/1999
- [4] ČSN ISO 7708 Kvalita ovzduší – Definice velikostních částic pro odběr vzorků k hodnocení zdravotních rizik, 1/1998
- [5] ČSN EN 1540 Ovzduší na pracovišti – Terminologie, 9/1999
- [6] Nařízení vlády č. 178/2001 Sb. v platném znění, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci
- [7] Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli
- [8] Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- [9] Zákon č. 86/2002 Sb. v platném znění, o ochraně ovzduší
- [10] Nařízení vlády č. 350/2002 Sb. v platném znění, kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší. ■

### \* Finské filtry proti ptačí chřipce

Finská firma *LifaAir Ltd.* vyvinula nový filtrační materiál ve spolupráci s technickým výzkumným finským centrem a technickou univerzitou v Hong Kongu. Je doporučen do nemocnic a jiných budov, kde je cílem ochránit vnitřní ovzduší před viry ptačí chřipky a SARS, před infekcí legionelou a tbc, či před jinými vzdušnými nákazami. Firma *LifaAir* patentovala dvě technologie: Lifa 3 G filtr a Lifa filtr vysoké bezpečnosti. Výrobce navíc nabízí vysoce účinné protichemické filtry a speciální filtry proti nervovým plynům.

*LifaAir Ltd.* byla založena ve Finsku v r. 1988 a dnes má pobočky v Dubaji, v Hongkongu a v New Yorku. Více o firmě: [www.lifa.net](http://www.lifa.net). Více o nových filtračních materiálech: [www.3filters.com](http://www.3filters.com).

Více informací o technologiích, materiálech a využití: [vesa.makipaa@lifa.net](mailto:vesa.makipaa@lifa.net).

(Laj)

### \* „Zelené“ cihly

Zajímavý experiment ve výrobě „zelených“ cihel se brzy uskuteční v Itálii. V regionu Latium (hl. město Řím) byl položen základní kámen k výstavbě nového závodu na výrobu eko-cihel z odpadu. Technologie je patentována firmou *Eco-King* ve spolupráci s ENEA (Italian Agency for New Technologies, Energy and Environment).

Eko-cihly jsou patentově chráněny v 18 zemích. Odpady jsou zpracovány na cihly, které jsou tvrdší a lehčí než beton. Obsahují 70 % tepelně zpracovaného odpadu a 30 % speciálních polymerů. Jde o revoluční výrobní proces, technologie je zcela bezodpadová a bez emisí. Nepředstavuje tedy riziko pro životní prostředí.

Nová továrna má stát 14 mil. €, zpracuje v šestidenním pracovním týdnu 90 tun odpadu a nabídne 30 pracovních míst.

Zdroj: *POLLUTEC, HiTech Ambiente Italy*

(Laj)