

RNDr. Jaroslav MRÁZ, CSc.  
Státní zdravotní ústav, Praha

# Nanomateriály a ochrana zdraví na pracovištích

## Occupational health aspects of manufactured nanomaterials

Recenzent  
doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc.

*Autor podává základní informaci o nanomateriálech a jejich působení na zdraví na pracovištích. Definiuje pojem nanočástice, uvádí vlastnosti a využití vyráběných nanomateriálů, včetně využití v medicíně. Popisuje účinky nanomateriálů na pracovištích, měření a hodnocení jejich expozice. Vzhledem k nedostatečné legislativě v této oblasti doporučuje při nakládání s nanomateriály jednat podle principu předběžné opatrnosti.*

**Klíčová slova:** nanomateriály, nanočástice, vlastnosti nanomateriálů, využití nanomateriálů, účinky nanomateriálů, ochrana zdraví na pracovištích

*The author presents the fundamental information concerning nanomaterials and their impact on human health in workplaces. He defines the term nanoparticles and describes their properties, utilization in various fields including medicine, and assessment of their exposure. However, due to insufficient scientific knowledge and legislation in this area, he recommends to manipulate with nanomaterials in accordance with the precautionary principle.*

**Key words:** nanomaterials, nanoparticles, nanomaterial properties, utilization of nanomaterials, effects of nanomaterials, protection of health in workplaces

Zatímco řada typů vyráběných nanomateriálů (manufactured, engineered nanomaterials) rychle proniká do moderních technologií a odtud do běžného života, experimentální toxikologické studie poskytují četné příklady škodlivého působení těchto materiálů na organismus. Předpokládá se, že k nepříznivým zdravotním účinkům by mohlo docházet i u lidí, a to zvláště při výrobě nebo zpracování nanomateriálů. V předloženém článku jsou stručně shrnuty aktuální poznatky o vlastnostech a využití vyráběných nanomateriálů, možnostech měření a hodnocení jejich profesionální expozice a možnostech kvalifikované intervence na pracovištích. Zajištění ochrany zdraví na pracovištích s nanomateriály je v současné době značně ztíženo nedostatkem údajů i vhodných nástrojů, zejména: a) nejsou známy reálné expozice nanomateriálům na pracovištích, b) vliv nanomateriálů na lidské zdraví nebyl dostatečně prozkoumán, c) neexistují vyšetření odhalující specifická poškození zdraví účinkem nanomateriálů, d) nakládání s nanomateriály na pracovištích není upraveno žádnými hygienickými předpisy. Na druhé straně ovšem nelze pominout, že k rozvoji některých profesionálních onemocnění z chemických látek a prachu dochází až po mnohaleté expozici. Proto, dokud nebudou příslušná zdravotní rizika objektivně vyhodnocena, je nutné při nakládání s nanomateriály zachovávat princip předběžné opatrnosti, tj. přijímat všechna obecná preventivní opatření, jako kdyby škodlivé působení bylo prokázáno.

## ÚVOD

Nanotechnologie spolu s výzkumem a využíváním nanomateriálů patří v současnosti mezi nejdynamičtější oblasti vědy a technického rozvoje a jsou též mediálně hojně sledovány. Výrazy s atraktivní a navíc poněkud tajemnou předponou nano– tak zaznamenávají i občané s vědou a technikou nespjatí. A protože mnohé vlastnosti a možnosti využití nanomateriálů jsou pro laika zajímavé až překvapivé, vstupují do povědomí a stávají se populárními. Navíc výrobky obsahující nanomateriály nebo alespoň takto označené začínají pronikat do běžného života, ba i domácností.

RNDr. Jaroslav Mráz, CSc. (1960).

Absolvent Přírodovědecké fakulty UK v Praze, obor analytická chemie. Nyní působí ve Státním zdravotním ústavu v Praze, Centru hygieny práce a pracovního lékařství, jako vedoucí oddělení pro hodnocení expozice chemickým látkám na pracovišti. Kontakt: jmraz@szu.cz.

Běžně dostupné informace o nanomateriálech a nanotechnologiích mají obvykle charakter zpráv o zajímavém jevu nebo přicházejí s jasným pozitivním poselstvím o výhodách plynoucích z jejich použití. Jiné úvahy se naopak zaměřují na rizika, která jak cílené využívání, tak nechtěné emise nanomateriálů představují pro životní prostředí a lidské zdraví. Protože v tomto směru až dosud mnoho prokázaných poškození zaznamenáno nebylo, nanomateriály bývají označovány za skrytou hrozbu, „časovanou bombu“, která se může projevit až po dostatečně dlouhém působení. Tedy ani velké množství získaných dílčích informací nemusí vést k ucelenému a střízlivému pohledu na komplexní problematiku rizika z používání nanomateriálů. Vzhledem k nadšení autorů některých úvah je někdy také nsnadné rozlišit, zda jsou popisované jevy a aplikace reálné nebo existují zatím jen v autorově fantazii.

Lidé se s nanomateriály setkávají a zřejmě stále více budou setkávat ve spotřebitelských produktech, při lékařských výkonech, v životním prostředí i na pracovištích. Zatímco příjem z životního prostředí a různých výrobků postihne velké skupiny obyvatelstva, ale zůstane na poměrně nízké úrovni, počet osob exponovaných na pracovištích při výrobě nebo zpracování nanomateriálů bude výrazně nižší, ale jejich expozice může být potenciálně vysoká. Proto se v předloženém článku budeme zabývat podstatnými aspekty ochrany zdraví především na pracovištích s nanomateriály.

## ZÁKLADNÍ POJMY

Podle mezinárodních norem [1] se jako nanočástice označují objekty, u nichž alespoň jeden rozměr je menší než 100 nm. Mohou to být částice kulové nebo různě nepravidelného tvaru se všemi rozměry pod 100 nm, vlákna o průměru menším než 100 nm nebo destičky o tloušťce menší než 100 nm. Nanočástice se běžně nacházejí v přírodě jako nejmenší složka široké skupiny submikrometrových částic, které se pod vžitým názvem ultrajemné částice (ultrafine particles) přirozeně vyskytují v pevné i kapalně formě např. v atmosferickém oparu. Vysoký obsah ultrajemných částic se nachází také v kouři z topenišť, výfukových plynech diesellových motorů a svařovacích dýmech. Běžná koncentrace ultrajemných částic v čistém vzduchu je řádově  $10^3/\text{cm}^3$ , ve znečištěném městském vzduchu  $10^5/\text{cm}^3$  [2].

Zcela novým typem a stále se rozšiřující skupinou nanočástic jsou tzv. vyráběné nanomateriály (manufactured, engineered nanomaterials), přípra-

vované pro rozmanité účely využitím moderních technologií. Vyráběné nanomateriály jsou na rozdíl od přírodních ultrajemných částic tvořeny vždy pevnými nerozpuštěnými nanočásticemi s předem určenou velikostí a požadovanými vlastnostmi.

## VLASTNOSTI A VYUŽITÍ VYRÁBĚNÝCH NANOMATERIÁLŮ

Základem nanomateriálů jsou většinou běžné průmyslové látky, které byly cíleně připraveny nebo vyrobeny ve formě nanočástic. Příkladem těchto látek je oxid titaničitý  $\text{TiO}_2$ , oxid křemičitý  $\text{SiO}_2$ , kovové stříbro, zlato, železo, saze nebo organické polymery. Tyto jednoduché nanomateriály se nezískávají mechanickými operacemi z větších částic, ale obvykle srážením z roztoků nebo kondenzací z plynné fáze. Některé nanomateriály jsou však tvořeny částicemi, které se ve větších rozměrech nepřipravují nebo ani nemohou existovat. Jejich příkladem jsou uhlíkové nanotrubičky, připomínající bezešvé jednovrstvé nebo vícevrstvé trubičky z osnovy vytvořené plošným spojením atomů uhlíku. Vyrábějí se také nanočástice tvořené dvěma nebo více složkami uspořádanými jako jádro a obal. Mezi tyto tzv. kompozitní nanomateriály patří např. magnetické nanomateriály, kde magnetické jádro je pokryto biologicky kompatibilní vrstvou. V budoucnu se předpokládá využití nanočástic se složitou vnitřní strukturou umožňující vykonávat různé mechanické funkce, tedy fungující jako „nanostrojky“ nebo „nanoroboty“.

Používání nanomateriálů v celosvětovém i tuzemském měřítku prudce narůstá a zasahuje do nejrůznějších oborů lidské činnosti [3,4]. Nanomateriály jsou např. složkami barev a kosmetických přípravků, používají se v elektrotechnice, při výrobě automobilových dílů, textilu, zdravotnického materiálu nebo při dekontaminaci znečištěných vod. Příčinou dramatického nárůstu jejich využití je zjištění, že různé látky vyskytující se ve formě nanočástic vykazují ve srovnání se stejnými látkami o „běžné“ velikosti částic řadu neobvyklých a překvapivých vlastností. Je to dáno tím, že v nanorozměrech se začínají uplatňovat jiné fyzikální principy, které se u částic s většími rozměry (mikrometrovými a většími) projevují jen zanedbatelně. Nanomateriály mají např. odlišné zbarvení, rozpustnost, chemickou reaktivitu, elektrické vlastnosti nebo pohyblivost. Se změnami fyzikálněchemických vlastností nanomateriálů se mohou měnit také jejich interakce s organismem. Často pak vykazují toxicitu i materiály tradičně považované za inertní.

Je třeba zdůraznit, že ani sebezpečnější vlastnosti nanočástic nejsou ničím tajemným a neuchopitelným. Jsou projevem fyzikálních zákonitostí a proto popsatelné a vysvětlitelné. Podobně jako ve všech jiných vědních disciplínách se někdy stává, že pozorujeme jevy, které na teoretické zdůvodnění teprve čekají, zatímco jindy je teorie připravena a teprve velkým úsilím se předvídaný jev podaří prokázat experimentálně.

## NANOMATERIÁLY V MEDICÍNĚ

Z pohledu medicínského je zájem o nanomateriály motivován dvěma rozdílnými důvody. Oblastí primárního zájmu je klinické využití cíleně připravovaných nanočásticových materiálů v diagnostice a terapii, které mohou pacientům i zdravotnictví přinášet značný prospěch [4,5]. Na druhé straně jsou vstup, distribuce a interakce rozmanitých nanomateriálů s organismem studovány jako podklad pro hodnocení a řízení rizik spojených s jejich expozicí, tj. s cílem předcházet poškození lidského zdraví.

Nejčastěji zmiňovanou medicínskou aplikací nanočástic je cílený transport léčiv do požadovaného místa v organismu. Modifikací nanostruktur lze řídit jejich distribuci, způsob průchodu buněčnou membránou, místo účinku, selektivitu interakce s vazebnými místy, mechanismus uvolnění aktivní látky apod. Zvláštní výhody nabízejí magnetické nanočástice na bázi oxidů železa, které lze využít jednak jako specifické kontrastní látky

při diagnostice metodou nukleární magnetické rezonance, jednak pro transport aktivních látek, kdy uvolnění navázaného léčiva lze řídit vnějším magnetickým polem. V jiné terapeutické aplikaci lze magnetickým polem předat magnetickým nanočásticím tolik energie, že následným zahřátím zničí např. nádorové buňky, do kterých byly předtím cíleně vneseny. Výše uvedeným využitím nanomateriálů v medicíně se zabývají i špičková tuzemská akademická a klinická pracoviště.

Další slibnou aplikací nanotechnologií jsou tkaniny z nanovláken, jejichž výzkum, vývoj a výroba probíhají také v České republice. Nanotkaniny se schopností propouštět vzduch a vodní páry, ale nikoli bakterie a viry jsou ideálním prostředkem pro sterilní krytí ran. Ochranný účinek nanotkanin lze ještě zvýšit zavedením fotosenzitivních látek do jejich struktury, kde účinkem světla na tyto látky v přítomnosti kyslíku dochází k tvorbě singletového kyslíku s výrazně baktericidními účinky.

## ÚČINKY NANOMATERIÁLŮ NA ORGANISMUS

Za určující determinantu toxických vlastností látek byla donedávna považována především jejich chemická identita (tedy nikoli vnější podoba). Ke změně uvažování přispělo zjištění, že nutnou podmínkou karcinogenního účinku azbestu je vláknitý tvar jeho částic. U nanomateriálů bývá vliv velikosti částic na jejich biologické účinky podstatný [6]. Na zvířatech bylo experimentálně prokázáno, že nanočástice oxidu titaničitého způsobují záneť plic, přestože tatáž látka s částicemi o rozměrech řádu mikrometrů je v inhalační toxikologii používána jako inertní kontrolní materiál pro porovnání s účinky fibrogenních prachů. Pokusy in vitro a na zvířatech ukazují schopnost nanomateriálů vyvolávat v buňkách oxidativní stres. Nanočástice pronikají buněčnou membránou a mohou se dostat i do mozku podél čichového nervu nebo překonáním hematoencefalické bariéry. Nicméně tak jako často nelze přesně odhadnout fyzikálněchemické vlastnosti nanomateriálů ze znalosti vlastností chemicky identických látek s částicemi o větších rozměrech, platí tato nejistota i pro odhad jejich účinků na organismus.

Přestože byl proveden velký počet experimentálních toxikologických studií s vyráběnými nanomateriály na zvířatech a v systémech in vitro a vedle toho také velký počet epidemiologických studií zdravotního dopadu expozice jemným a ultrajemným částicím, údaje o účincích „pravých“ vyráběných nanomateriálů na lidské zdraví v podmínkách reálných expozic jsou velmi vzácné. Mezi nimi byl publikován i případ smrtelného poškození plic po expozici polyakrylátovým nanočásticím na čínském pracovišti s hrubě zanedbanými hygienickými podmínkami, kdy daný nanomateriál byl nalezen v plicní tkáni ještě několik měsíců po expozici [7]. Podle nezávislé kritické analýzy případu [8] však příčinnou souvislost mezi nálezem nanomateriálu v plicích a jejich poškozením nelze jednoznačně prokázat, protože vzhledem k charakteru výroby mohlo ovzduší pracoviště obsahovat řadu dalších toxických agens, které nebyly řádně podchyceny.

V současné době neexistují podklady pro zavedení specifického screeningu poškození zdraví účinkem nanomateriálů [9–11]. Doporučuje se však realizovat alespoň obecný screening zdravotního stavu. Výsledky těchto vyšetření se mohou stát základem příštích epidemiologických studií. Jako nezbytný předpoklad pro realizaci rozsáhlých multicentrických prospektivních studií, uskutečnitelných již v současnosti, se doporučuje včasné zavedení registrů expozic.

## NANOMATERIÁLY A OCHRANA ZDRAVÍ NA PRACOVIŠTÍCH

Zabezpečení ochrany zdraví na pracovištích s vyráběnými nanomateriály postrádá v současné době pevnou oporu jak v oblasti měření a hodnocení expozice a jejich následné interpretaci, tak v oblasti legislativní.

## MĚŘENÍ A HODNOCENÍ EXPOZICE NANOMATERIÁLŮM NA PRACOVÍŠTÍCH

Nejběžnější cestou vstupu škodlivin do organismu v pracovním prostředí jsou dýchací orgány. Předpokládá se, že tato cesta hraje podstatnou roli i při expozici nanomateriálům, přestože určitý význam může mít také dermální absorpce nebo příjem požitím. Hlavním metodickým přístupem k posouzení expozice nanomateriálům na pracovištích je proto jejich monitorování v pracovním ovzduší [1]. Měření koncentrace, resp. velikostní distribuce částic nanomateriálu v ovzduší však naráží na různé překážky. Běžné metody stanovení prašnosti v hygienické praxi, založené na záchytu na filtrech a jejich následném vážení, nejsou použitelné. Současně s nanočásticemi se totiž vždy zachycují i větší částice, jejichž hmotnost převažuje. Separace nanočástic od hrubší frakce vyžaduje již speciální nákladná zařízení. Také zařízení pro kontinuální monitorování nanočástic, založená např. na optickém principu nebo pohybu částic v elektrickém poli, jsou málo dostupná a až na výjimky neumožňují osobní odběry [1,2].

Dalším problémem je interpretace získaných výsledků. Měřicí přístroje neumožňují rozlišení hledaných nanočástic od všudypřítomného ultrajemného atmosferického aerosolu. Je tedy nutno pečlivě charakterizovat pozadové hladiny. Kromě toho nanoaerosoly jsou dynamickými systémy, kde dochází k shlukování nanočástic do větších útvarů nebo jejich adhezi na větších částicích a libovolných površích, takže distribuce velikostních frakcí se průběžně mění. Nalezení optimální strategie měření a charakterizace nanoaerosolů jsou stále předmětem intenzivního výzkumu.

## NANOMATERIÁLY NA PRACOVÍŠTÍCH A LEGISLATIVA

Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. (dříve 361/2007 Sb.), kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, vyjmenovává mezi škodlivými faktory pracovního prostředí též chemické látky a prach, a určuje jejich přípustné expoziční limity (*PEL*). Hodnoty *PEL* byly zavedeny pro několik set chemických látek a několik desítek druhů prachu různých materiálů zařazených do pěti tříd. Pouze výjimečně byla při stanovení hodnot *PEL* zohledněna velikost prašných částic, a to při rozlišení vdechovatelné frakce (*PEL<sub>c</sub>*) a respirabilní frakce (*PEL<sub>r</sub>*) u prachů s fibrogenním účinkem. K nanočásticovému charakteru chemických látek nebo prachů – i kdyby tyto údaje byly k dispozici – však předpis nepřihlíží. Jako ochranný limit je tedy nutno použít stávající hodnoty *PEL* pro chemické látky nebo prach. U většiny běžně se vyskytujících nanomateriálů však *PEL* pro příslušnou chemickou látku nebyl stanoven. Dále, všechny vyráběné nanomateriály podobně jako „tradiční“ prach jsou v organismu nerozpustné, a také svými účinky připomínají spíše prach než chemické látky. Z hlediska hygieny práce je proto vhodnější a schůdnější pohlížet na vyráběné nanomateriály jako na prach, a v krajním případě využít alespoň zavedené hodnoty *PEL<sub>c</sub>* pro prachy s převážně nespecifickým účinkem ve výši 10 mg/m<sup>3</sup>. Zohledňování velikostní distribuce částic při stanovení *PEL* (nano)materiálů je zatím většinou ve stadiu úvah a návrhů.

Protože Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. ani jiný hygienický předpis pojem nanomateriál neužívá, zaměstnavatelé nejsou povinni nanočásticový charakter vyráběných nebo používaných materiálů hlásit ani registrovat. Identifikace pracovišť s potenciální expozicí nanomateriálům pro účely ochrany zdraví je proto závislá na zájmu či dobré vůli zaměstnavatelů. Nakládání s nanomateriály lze také odhalit z veřejně dostupných prezentací samotných výrobců, nebo nepřímým způsobem, např. prostřednictvím seznamu pracovišť, které jsou příjemcem státní podpory v oblasti výzkumu nanomateriálů a nanotechnologií [12]. Snaha chránit výrobní a obchodní tajemství či pouhá nechuť vyplňovat dotazníky ze strany podniků a nevymahatelnost poskytování příslušných údajů spolu s nekoordinovaným postupem ze strany státu vytvářejí prostředí, kde značná část pracovišť s expozicí nano-

materiálům zřejmě stále uniká pozornosti státních orgánů. Tato situace je charakteristická i pro další země. Ve snaze zajistit dohledatelnost nanomateriálů nejen při výrobě, ale i podél jejich celého životního cyklu Evropská komise navrhuje, aby nanomateriály podléhaly registraci ve zvláštním režimu v rámci programu REACH [13].

## PRAKTICKÁ OPATŘENÍ NA PRACOVÍŠTÍCH

Účinky nanomateriálů na lidské zdraví zatím nebyly dostatečně prozkoumány a nakládání s nimi neupravují žádné hygienické předpisy. Na druhé straně je známo, že k rozvoji některých profesionálních onemocnění účinkem chemických látek nebo prachu dochází až po mnohaleté expozici, delší než období současného využívání vyráběných nanomateriálů. Proto je třeba řídit se při nakládání s nanomateriály principem předběžné opatrnosti, tj. přijímat všechna obecná preventivní opatření, jako kdyby škodlivé působení již bylo prokázáno. Tato obecná opatření povedou s velkou pravděpodobností k významnému snížení expozice nanomateriálům na daných pracovištích. Mezi technická opatření patří zejména účinné větrání, manipulace s nanomateriály v odsávaných prostorách a filtrace ovzduší [2]. Např. HEPA filtry zachycují více než 99,9 % částic všech velikostních frakcí. Zatímco záchyt velkých částic zde probíhá vlivem setrvačnosti, přímého zachycení a síťovým efektem, u malých částic se uplatňuje (podobně jako u látek v plynném stavu) princip difuze a následná adheze na materiál filtru. Dalšího snížení expozice lze dosáhnout používáním osobních ochranných prostředků: filtračních masek nebo polomasek (respirátorů), v případě dermální expozice rukavic. Bylo prokázáno, že filtrační materiál i u prostředků určených pro ochranu před běžným prachem zachycuje značnou část procházejících nanočástic. Nicméně ochranné prostředky deklarované speciálně pro ochranu před nanočásticemi, které by byly certifikovány na základě testů podle příslušných technických norem, nejsou dosud k dispozici.

## SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE

Česká republika patří v oblasti nanotechnologií a nanomateriálů mezi země s rozvinutým výzkumem a četnými výrobními nebo zpracovatelskými podniky. Systematický přehled všech subjektů v ČR nakládajících s nanomateriály není k dispozici. V roce 2008 byl však zpracován přehled 170 organizací – nositelů projektů výzkumu a vývoje v oblasti nanotechnologií a nanomateriálů, podporovaných ze státních prostředků [12]. Jeho aktualizované vydání je připravováno i v roce 2012. Dále, s cílem posoudit rozsah expozice nanomateriálům na pracovištích v ČR, proběhla na pokyn hlavního hygienika ČR v letech 2008 až 2009 dotazníková akce, kterou realizovaly krajské hygienické stanice ve spolupráci se Státním zdravotním ústavem [14]. Většinu z více než 100 podchycených pracovišť tvořily laboratoře, kde riziko plynoucí z expozice nanomateriálům bylo vyhodnoceno jako nepatrné. Na žádném z evidovaných pracovišť včetně průmyslových závodů nebylo dosud hlášeno poškození zdraví ani subjektivní potíže nebo diskomfort v souvislosti s expozicí nanomateriálům. Autoři uvedené dotazníkové akce jsou však přesvědčeni, že v ČR existuje řada pracovišť s nezanedbatelným potenciálem expozice nanomateriálům, které evidenci státních orgánů unikají.

V některých českých provozech již byla provedena prvotní charakterizace nanoaerosolů v pracovním ovzduší, vesměs formou komerčních zakázek na objednávku zaměstnavatelů. Jejich výsledky a interpretace proto nebyly uveřejněny. Celkově však je v současné době podchycení rizik z expozice nanomateriálům na českých pracovištích zcela nedostatečné. Cestou ke zlepšení situace by se mohlo stát vytvoření vhodného systému evidence všech pracovišť nakládajících s nanomateriály a zvýšení dostupnosti měřících technik. Lze předpokládat, že důsledná evidence pracovišť bude umožněna až povinnou registrací nanomateriálů, která v ČR bude jistě vázána na rozvoj předpisů evropských. Také objektivní hodnocení rizik při

znalosti expozičního scénáře bude možné realizovat až po získání znalostí a zkušeností, které jsou v celosvětovém měřítku teprve shromažďovány. Do té doby je nutné při nakládání s nanomateriály jednat v souladu s principem předběžné opatrnosti.

Kontakt na autora: [jmraz@szu.cz](mailto:jmraz@szu.cz)

### Použité zdroje:

- [1] International Organisation for Standardization, ISO/TR 27628: Workplace atmospheres – Ultrafine, nanoparticle and nano-structured aerosols – Inhalation exposure characterization and assessment, Geneva: ISO, 2007.
- [2] Görner, P., Witschger, O., Rizika v nových technologiách – Nanotechnologie. *Bezpečná práce*, 2009, 40, č. 6, s. 3–5.
- [3] Barabaszová, K., Nanotechnologie a nanomateriály (skripta). VŠB Ostrava: Schenk, 2006. ISBN 80–248–1210–X.
- [4] Prnka, T., Šperlink, K., Bionanotechnologie, nanobiotechnologie, nanomedicina (skripta). Ostrava: Repronis, 2006, ISBN 80–7329–134–7.
- [5] Nanomedicine. Nanotechnology for Health. 39 s. European Technology Platform, European Commission, Luxembourg 2006. ISBN 92–79–02203–2.
- [6] Oberdörster, G., Oberdörster, E., Oberdörster, J., Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ. Health Perspect.* 2005, 113, 823–839.
- [7] Song, Y., Li, X., Du, X., Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion, pulmonary fibrosis and granuloma. *Eur. Respir. J.* 2009, 34, s. 559–567.
- [8] Maynard, A., Nanoparticle exposure and occupational lung disease – six expert perspectives on a new clinical study. Safenano Community. Dostupný na WWW: <http://community.safenano.org/user/Profile.aspx?UserID=2368> Published 18 August 2009.
- [9] Nasterlack, M., Zober, A., Oberlinner, C., Considerations on occupational medical surveillance in employees handling nanoparticles. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 2008, 81, 721–726.
- [10] Schulte, P. A. et al. Options for occupational health surveillance of workers potentially exposed to engineered nanoparticles: State of the Science. *J. Occup. Environ. Med.* 2008, 50, 517–526.
- [11] Schulte, P. A., Salamanca–Buentello, F., Ethical and scientific issues of nanotechnology in the workplace. *Environ. Health Perspect.* 2007, 115, 5–12.
- [12] Prnka, T., Šrbená, J., Šperlink, K., Nanotechnologie v České republice 2008. Česká společnost pro nové materiály a technologie. Ostrava: Repronis, 2008. ISBN 978–80–7329–187–7.
- [13] European Commission, Presidency conclusions of the high level event „Towards a regulatory framework for nanomaterials’ traceability“, Brussels, 14 September 2010. Dostupné na [www.health.belgium.be/filestore/19064475\\_FR/fr\\_12129319.pdf](http://www.health.belgium.be/filestore/19064475_FR/fr_12129319.pdf).
- [14] Mráz J., Pasportizace pracovišť s nanomateriály v České republice (Zpráva o plnění úkolu hlavního hygienika ČR). Praha: Státní zdravotní ústav 2008. ■

## Ze zahraniční literatury

- Solon, I., Gurian, P. L., Perez, H.: The Extraction of a Bacillus anthracis surrogate from HVAC filters. (Extrakce bacila anthraxu z klimatizačních filtrů). *Indoor and Built Environment*, 21, 2012, č. 4, s. 562–567.

K mikrobiální kontaminaci interiéru může dojít velmi rychle cestou vytápění, větrání a klimatizace. Na kvalitních filtrech se však většina mikrobů zachytí. Zatímco analýza vzorku vzduchu je zatížena značnou chybou, danou místem odběru, povrch filtru dává o mikrobiální kvalitě vzduchu a jeho znečištění dobrou informaci. To je důležité zejména v případě podezření na bioteroristický útok. Proto jsou vyvíjeny analytické metody k rychlému rozboru kontaminace povrchů filtrů. Jejich znečištění vypovídá o množství a typu kontaminantů v ovzduší. Tyto metody musí být rychlé a levné. V článku jsou popsány postupy, jejichž délka analýzy je od dvou do patnácti minut. Potíží analýzy je shlukování bakterií. Autoři se zaměřili na záchyt bacila anthraxu. Protože jde o smrtelně nebezpečnou nákazu, je třeba v experimentu pracovat s bacilem podobných vlastností, který je bezpečný pro lidi a zvířata. Byl zvolen *Bacillus thuringiensis* HD 1011, jehož spory se minimálně shlukují. Navíc ozáření vzorku ultrazvukem shlukování účinně brání a je tak usnadněno přesné počítání bakteriálních kolonií.

(Laj)

## Z domácí literatury

Vydavatelství Grada Publishing, a. s., vydala novou knihu doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D. z oboru využívání alternativních zdrojů – Solární zařízení v příkladech. Dále vyšla kniha prof. Ing. Jana Tywniak, CSc. – Nízkoenergetické domy 3.

- Solární zařízení v příkladech  
doc. ing. Tomáš Matuška, Ph.D.

Publikace se zabývá využitím sluneční energie jako zdroje tepla. V oblasti solární tepelné techniky probíhá v současnosti vysoký nárůst instalací a trend směřuje od relativně zvládnutých



tých solárních soustav pro ohřev bazénové vody a přípravu teplé vody k aplikacím pro vytápění, chlazení a využití velkoplošných solárních soustav v CZT. Kniha se zabývá na jedné straně základy využití sluneční energie, na druhé straně rozvíjí současný stav solární tepelné techniky a její trendy využitelné v klimatických podmínkách České republiky a ukazuje jejich příklady.

Kniha poskytuje čtenáři praktický, avšak nezjednodušený, vhled do problematiky solárních kolektorů, zásobníků tepla, konceptů solárních tepelných soustav a jejich energetických a ekonomických přínosů, doplněný příklady o reálných dopadech různých řešení kolektorů a soustav. Čtenář se tak může zorientovat v současné nabídce na trhu a kvalifikovaně rozhodnout o reálných možnostech aplikací solárních soustav v konkrétním případě. Na konkrétních příkladech a uvedených analýzách je vysvětlena řada mýtů o solárních kolektorech a soustavách vycházejících často buď z nepochopení základních principů nebo z čistě marketingových důvodů.

- Nízkoenergetické domy 3  
prof. ing. Jan Tywniak, CSc. a kolektiv

Stavební řešení, technická zařízení, vzduchotěsnost nízkoenergetických a pasivních domů postupují rychlým vývojem. Nově jsou také diskutovány domy energeticky nulové a nezávislé. Proto kolektiv odborníků v čele s Janem Tywniakem sestavil novou, aktuální publikaci, která se této problematice velmi podrobně věnuje. Kniha připomíná obecné souvislosti a popisuje kategorie budov z hlediska energetické náročnosti. Popisuje nová technická řešení a podrobněji se věnuje technickým systémům. Nechybí ani kapitola o malých fotovoltaických systémech pro budovy.

V knize nechybí příklady realizací nízkoenergetických a pasivních domů z Česka, Rakouska a Německa, a to jak z oblasti bytové výstavby, ale i školství a administrativy, které popisují stavby z hlediska architektonického i technického řešení. Čtenáře jistě zaujmou také komentované požadavky a doporučení nové tepelně-technické normy ČSN 73 0540–2 platné od listopadu 2011.

(Grada Publishing)

