Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti (JOSRA). JOSRA 3-4 2023, roč. 16.

Užívání roušek a respirátorů a ochrana dýchacích cest dětí

20.12.2023

Use of medical masks and respirators and protection of children's airways

Jiří Tilhon[1], Růžena Langová[2]

[1]*Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., tilhon@vubp.cz*

[2]*Fakulta bezpečnostního inženýrství VŠB-TU Ostrava*

roušky respirátory ochrana dýchadel OOPP děti

Abstrakt

V nedávné době se užívání roušek a respirátorů stalo velkým tématem. Ovšem tématem, okolo kterého panovalo a stále panuje velké množství rozporuplných postojů. Ty převážně vyplývají ze základních neznalostí rozdílu v použití těchto výrobků a v druhu ochrany, kterou poskytují. V této oblasti veřejnost nedostala jasné a srozumitelné informace. Článek přibližuje některé aspekty šíření prachových částic a aerosolů ovzduším, možnou ochranu, jak ji nabízí rouška či respirátor, a to poukázáním jak na základní charakteristiky těchto výrobků, tak i požadavky k uvedení na trh. Pozornost je věnována i definování rozdílu mezi respirátorem pro dospělé a pro děti s uvedením některých aspektů, které je nutné respektovat v rámci návrhu dětského respirátoru.

Klíčová slova: rouška, respirátor, kapacita plic dětí, zdravotnický prostředek, osobní ochranný prostředek

Abstract

Recently, the use of masks and respirators has become a big topic. However, it is a topic around which there have been and still is a large number of contradictory attitudes. These result mainly from a basic lack of knowledge of the differences in the use of these products and the type of protection they provide. The public has not received clear and comprehensible information in this area. The article provides an overview of some aspects of the airborne spread of dust particles and aerosols, the possible protection provided by a face mask or respirator, by pointing out both the basic characteristics of these products and the requirements for placing them on the market. Attention is also paid to defining the difference between a respirator for adults and a respirator for children, indicating some aspects that must be respected in the design of a children's respirator.

Keywords: medical mask, respirator, children's lung capacity, medical device, personal protective equipment

Přijat k publikování / Received for publication 17. 10. 2023

Úvod

I když se to zdá nepravděpodobné, stále existuje řada dohadů o tom, jak a zda vůbec roušky a respirátory fungují, zda přináší užitek ve formě ochrany, zda jsou schopny zabránit šíření virů a bakterií, lépe řečeno epidemií, a to konkrétně covidu-19, který se díky negativní popularizaci stal nejen strašákem, ale i zástupcem všech možných epidemií. Přitom jsou na světě daleko smrtelnější onemocnění než covid-19. Otázka tak vůbec nezní, zda nás respirátory či roušky mohou ochránit před šířením onemocnění covid-19 před touto pandemií, ale zda nás jsou schopny ochránit před šířením jakéhokoli bakteriálního či virového onemocnění, před jakoukoli pandemií tohoto druhu.

Mnozí pracovníci používají různé prostředky ochrany, protože tak bylo jejich zaměstnavatelem stanoveno, protože je užívali jiní pracovníci v jejich oboru. Málokterý z těchto pracovníků se však zabývá tím, jak tyto prostředky chrání, popř. koho chrání. Tato neznalost se stala základním pozadím pro vznik mnohých neshod, nepochopení a negativních reakcí v čase pandemie covid-19. Přitom první masivní kontakt s koronavirem mělo lidstvo již v roce 2003, ale tehdejší epidemie se v Evropě nijak výrazněji neprojevila a Evropané necítili potřebu zabývat se myšlenkami na přípravu adekvátních ochranných reakcí společnosti. A tak pochopitelně ani nevyužili možnosti k objasnění funkčnosti jak filtračních polomasek k záchytu částic (dále jen respirátorů), tak zdravotnických ochranných masek – chirurgických roušek (dále jen roušek). Snad jen v časopise d-Test vyšel článek, který porovnával respirátory s rouškami a definoval nejmenší účinnou ochranu proti koronaviru SARS pomocí respirátoru typu FFP-2 [8].

Jistá změna nastala o 16 let později v čase pandemie covidu-19, zvláště na počátku pandemie, kdy zdomácněla říkánka: „Moje rouška chrání tebe, tvoje rouška chrání mě“. Jakkoli to byla velká pravda, neboť rouška není prostředkem ochrany před pandemickým šířením onemocnění, a již vůbec ne prostřednictvím koronavirů, dodnes je některými zpochybňována a znevažována. A někdy právě tím, že je porovnávána s respirátory. Je to jako srovnávat bicykl s autem, neboť oba prostředky mají kola. Záměně funkcionalit roušky a respirátoru mírně napomáhá i neodborný překlad zahraničních materiálů, kdy oba prostředky jsou označeny jako „mask“. Vedle samotného zaměňování obou prostředků, což autory samo o sobě usvědčuje z neznalosti problematiky, je však mnohdy zřetelné, že autoři přednášených myšlenek mají jen minimální představu o šíření prachových částic vzduchem a tím i o šíření virů a bakterií tímto prostředím.

Šíření částic v ovzduší

Každý z nás již někdy v životě viděl v proudu slunečního světla volně se vznášející částice prachu v ovzduší. Prachové částice jsou značeny zkratkou slov Particulate Matter a číslem, které znamená jejich velikost v mikrometrech. Přitom existuje jistá nejednotnost při překladu tohoto pojmu, která nenapomáhá snadnému pochopení problematiky. V zákoně na ochranu ovzduší [7] je užíván pojem tuhé znečišťující látky pro posuzované odpadní plyny, naproti tomu norma pro hodnocení kvality ovzduší [39] sleduje aerosolové částice, za které pokládá všechny částice ve sledovaném vzduchu. Prachové částice o velikosti nad 100 µm jsou velmi těžké, a velmi rychle se snáší k zemi, takže v ovzduší prakticky nepřetrvávají. Čím je částice menší, a tak i lehčí, tím lépe se může v ovzduší pohybovat, tj. gravitační síla na ni tak silně nepůsobí. Částice o velikosti pod 10 µm jsou pak schopné volného pohybu v ovzduší. Co se týče schopnosti částic proniknout do lidského těla dýcháním, lze obecně zmínit, že čím jsou prachové částice menší, tím hlouběji do dýchacích cest mohou proniknout. Částice v průměru větší než 10 µm se obvykle nevdechují, hrubé částice o průměru 10 µm až 2,5 µm jsou zachyceny již v horních cestách dýchacích – tj. v nose, ústech, hrtanu a průdušnici, jemné částice o velikosti 2,5 µm až 0,1 µm se dostávají až do plic a plicních sklípků, přičemž ultrajemné částice o velikosti menší než 0,1 µm prostupují přes buněčnou membránu [31]. To je důležité nejen z důvodu, že některé prachové částice mohou samy o sobě vyvolávat alergické reakce či vysloveně onemocnění, ale i proto, že se na jejich složitě

strukturovaném povrchu [30], může nacházet celé spektrum toxických složek [13] či virů nebo bakterií [33], plísní a hub. A všechny tyto složky mohou vyvolat další onemocnění [12]. Na tomto místě je vhodné zmínit, že ultrajemné částice mají velkou plochu povrchu a schopnost absorbovat podstatné množství toxických látek [21].

Lze zdůraznit, že prachové částice mohou vystoupat až do výše 10 kilometrů a že při vhodných podmínkách mohou překonat vzdálenosti mnoha tisíc kilometrů. Šíření částic ovzduším tak můžeme vnímat jako prostředek zachování života na zemi, můžeme na něj nahlížet jako na prostředek šíření různých nemocí, přičemž druhý náhled nepopírá první. Důležité však je, že vzduch je pouhým přenašečem prachových částic a mikroorganismů na nich, že se zde mikroorganismy nerozmnožují, ale pouze přežívají. A zdůrazněme, že ve volné přírodě je méně vzdušných mikroorganismů než na ulici ve městech [21] či vysloveně v uzavřených místnostech; obdobně méně mikroorganismů je ve vysokých polohách nad ledovci či vodními plochami, kde účinně působí UV záření (viz níže). Naopak více mikroorganismů je ve vlhkém a teplém podnebí či místnostech, např. sklepích.

Zaměříme-li se na bioaerosol, tj. částice nesoucí bakterie a viry, musíme vnímat, že vydechovaný či vykašlávaný aerosol, který by mohl obsahovat viry či bakterie, sestává z velice drobných kapiček, které se v krátkém čase vypaří a zůstane pouze sůl nesoucí virus či bakterii. Jestliže jsme si připomněli, že částice mohou za určitých podmínek překonat i tisíce kilometrů, pro přenos životaschopných virů a bakterií to neplatí. Byť je každý z těchto organismů v podstatě jiný, kdy bakterie jsou jednobuněčné organismy složené z buněčné membrány, ribozomů, chromozomů a dalších struktur [18], a viry jsou nebuněčné organismy složené z proteinového obalu a nukleové kyseliny a bílkoviny [46], negativně na ně působí UV záření a ozón. V prvém případě je UV-C a UV-B záření absorbováno nukleovými kyselinami, které se pak nemohou úspěšně replikovat, v druhém případě ozón rozruší buněčnou stěnu bakterie či proteinový obal viru a pronikne až k jádru nukleové kyseliny, kterou oxidací poškodí rozrušením molekulárních vazeb. Toto poznání je z pohledu využití v „domácím prostředí“ spíše nevyužitelné. K eliminaci viru SARS-Cov-1 s účinností 99,99% je potřeba dávky UV-C lampy 3,640 $\mu W.sec.cm^{-2}$, čili 36,4 $J.m^{-2}$, což je výkon, který běžné lampy pro „domácí“ použití nevyvíjí [19]. Stejně tak je to i u použití ozónu, kdy ke zničení virů je zapotřebí dávky několika desítek miligramů ozónu působícího několik desítek minut [16, 29], ale přípustný expoziční limit (expozice osoby po dobu 8 hodin) je 0,1 $mg.m^{-3}$, čili 0,05 ppm a nejvyšší přípustná koncentrace (expozice osoby po dobu max. 15 minut – nejvýše 4 takové časové úseky za 8 hodin) pak 0,2 $mg.m^{-3}$ [6]. I směrná hodnota WHO pro 8hodinový denní průměr ozónu je stanovena na hodnotu 100 $\mu g.m^{-3}$ [45] čili 0,05 ppm, což již predikovala národní legislativa při stanovení úrovně ozónu v obytném prostředí budov [4].

Lze tvrdit, že vlhké prostředí a pochopitelně i buněčná tkáň poskytují bakteriím a virům základní podmínky potřebné pro množení, protože samy o sobě nejsou schopné další existence. Přesto mají bakterie a viry schopnost přežívat na různých površích různě dlouhou dobu. Mezitím co na kůži mohou např. přežívat přibližně do 20 minut, stejné viry či baterie mohou na tkaninách přežívat půl až třičtvrtě hodiny, a na deskách stolů a jiných tvrdých materiálech i celý den. Je tak možný nechtěný a nezamýšlený přenos virů a bakterií z takových povrchů nebo na takových površích. Kapénky obsahující bakterie a viry mohou být velice malé, okem nepostřehnutelné. Bacily mají velikost v rozmezí 0,1-10 µm, virus je zpravidla menší, ačkoli největší viry jsou ve velikosti bakterií. Klinicky významné viry mají velikost v rozmezí 16–18 nm. Proto je důležité zamezit takovému přenosu bakterií a virů především užitím prostředků desinfekce, které tyto organismy účinně likvidují jak již zmíněnou oxidací, tak i hydrolýzou, koagulací bílkovin či vytvořením solí s bílkovinou a jinými mechanismy. Lze pochopitelně užít i postupů sterilizace, záření (UV, IR, ionizační, částečně i mikrovlnné) či jiných postupů s ohledem na likvidovaný organismus, dezinfikovaný materiál, a také s ohledem na zdravotní odpověď pacienta či uživatele, jedná-li se o dezinfekci pokožky, popř. možnost působení par dezinfekčního činidla na člověka, nejčastěji na oči či dýchací orgány.

Jedním z velmi důležitých aspektů problematiky bioaerosolu je chování těchto částeček po jejich vzniku. Jak již bylo uvedeno, vznikají při dýchání a jsou tak zcela běžnou komponentou ovzduší, které vdechujeme. Zdůrazněme, že další

jedinci takovéto částečky vdechují a zůstávají při tomto procesu stále zdraví. Což je dáno tím, že ne všechny mikroorganismy vyvolávají zdravotní komplikace a nemoci nebo že je sice mají potenciál vyvolat, ale není jich dostatečné množství k překonání imunitního systému napadeného jedince – podáno ve zjednodušené podobě. Vzhledem ke skutečnosti, že jen ve specifických případech můžeme předpokládat výskyt infekčních bakterií a virů v daném prostoru, lze tvrdit, že při běžném dýchání můžeme kdykoli vdechnout kapénky aerosolu s infekčním materiálem. Což však neznamená, že musíme onemocnět. K vdechnutí kapének aerosolu s infekčním materiálem může dojít i mimo takto vymezený prostor, ať již v důsledku nedodržení hygienických návyků, např. neodložení specifických oděvních součástek před opuštěním vymezeného prostoru, nebo např. kýchnutím jiného, infikovaného, jedince. Při kýchnutí vylétne najednou až 40 000 kapének rychlostí až 320 km/h, přičemž tyto kapénky mohou doletět až do vzdálenosti 8 metrů [32]. Je-li kýchnutí tlumené rukou, tj. proud vzduchu není tak silný, kapénky neletí tak daleko. Přitom platí, že čím jsou kapičky větší, tím jsou těžší a po balistické dráze se dříve snáší k zemi [2, 27]. Jiná situace nastává při mluvení či běžném dýchání, kdy více než kapénky vydechujeme aerosol, částečky menší než jeden mikron. Jak již bylo uvedeno, takové částečky vydrží ve vzduchu déle, přičemž platí, že čím menší částečka, tím déle se ve vzduchu udrží. A znovu připomeňme, že čím menší je částice aerosolu, tím hlouběji pak do plic proniká.

Ochrana dýchacích cest

To je důvod, proč je třeba zabezpečit vhodnou ochranu dýchacích cest. A to jak toho, kdo vydechuje infekční bioaerosol, tak hlavně toho, kdo se v takovém prostoru vyskytuje a takový infekční bioaerosol vdechuje. Samozřejmě nejnebezpečnější jsou takové prostory, které jsou uzavřené, poměrně malé, nevětrané a dostatečně vlhké. Tj. prostory, které vytváří vhodné podmínky pro déletrvající přežití bakterií či virů a které vytváří podmínky pro nárust koncentrace bakterií či virů v daném prostoru, a tak dosažení dávky, která bude schopna překonat imunitní systém jedince a vyvolat zdravotní komplikaci či onemocnění. Základními ochrannými prostředky dýchacích cest, které jsou schopny filtrovat vdechovaný a vydechovaný vzduch a zachytit kapičky aerosolu s bakteriemi a viry, jsou zdravotnické obličejové masky – chirurgické roušky a polomasky proti částicím – respirátory. Při tomto záchytu se významně uplatňuje Brownův pohyb, zvláště pro částice menší než 0,2 µm [15, 17], kdy do sebe částečky neustále a neuspořádaně narážejí a tímto nahodilým pohybem jsou rozptylovány z místa s nejvyšší koncentrací, a vlastnost nanočástic přidružovat se k větším částicím. Což je jedno z vysvětlení, proč látkové struktury dokáží zachytit i drobné virové nanočástice, které by v rámci základních představ makrosvěta měly propadnout sítem. Je důležité zdůraznit, že roušky byly vyhotoveny ani ne tak pro záchyt částic při nádechu, ale hlavně pro záchyt částic při výdechu pro rozmělnění síly výdechu. Rozmělněním výdechu dochází k tomu, že částečky, které proniknou přes látku roušky, nejsou unášeny takovou silou, a tudíž po balistické dráze co nejdříve klesají. Proto byla stanovena bezpečná vzdálenost 2 metrů mezi lidmi s doporučením, aby měli na obličeji roušku. Riziko přenosu infekce je pak takřka nulové. Snížením doporučené vzdálenosti či sejmutím roušky či respirátoru roste možnost přenosu infekce až k hranici jistoty. Přitom nebezpečnější a zároveň náchylnější k infekci je ta osoba, která se nechrání. A užívá-li jedinec správně nasazený respirátor, je před přenosem infekce vhodně chráněn.

Zdravotnická obličejová maska - rouška

Rouška je zdravotnickým prostředkem ve smyslu přílohy č. VIII Nařízení (EU) 2017/745 o zdravotnických prostředcích [11]. Jedná se o neinvazivní zdravotnický prostředek, který je podle určeného účelu a rizik s nimi souvisejícími zařazen do třídy I, popř. do třídy IIa, je-li zhotoven z nanomateriálu, nebo je-li určen výrobcem ke sterilizaci, resp. třídy IIR, je-li rouška zkoušena i na ochranu proti průniku tělních tekutin (myšleno krve). Hlavním cílem roušek je snížit riziko přenosu infekčního agens z uživatele na osoby v jeho blízkosti. Prvním doložitelným uživatelem byl francouzský profesor klinické chirurgie a patologie na pařížské lékařské fakultě Paul Berger, který ji použil již v roce 1897 jako prostředek proti kapičkám vycházejícím z úst operatéra a jeho asistentů [22]. Prostředek tak nebyl a dodnes není

koncipován jako prostředek ochrany uživatele, byť jej lze jednoduchou úpravou více přitisknout k obličeji uživatele, čímž lze zvýšit schopnost prostředku omezit vdechnutí vzduchu okolního prostředí, který by neprošel přes materiál roušky. V současné době se podoba roušek ustálila na obdélníkovém tvaru skládaných roušek o velikosti cca 175 mm x 90 až 95 mm [36, 44]. Tyto rozměry vychází z měření obličejové části lebky dospělé populace pomocí faciometru, kdy jedna z měřených hodnot je délka mezi kořenem nosu a bradou a druhá z měřených hodnot je délka mezi lícními kostmi.

Zkoušení roušek se řídí normou EN 14683+AC:2020 [41]. Základem testování je stanovení účinnosti bakteriální filtrace, tzv. BFE (Bacterial Filtration Efficiency), určení správného parametru prodyšnosti a stanovení mikrobiální čistoty.

Hodnoty zkoušky BFE se udávají v procentech, jako průměr pěti měření a nabývají hodnot minimálně 95 % pro třídu I či hodnot minimálně 98 % pro třídu II či IIR. Zkoušky se provádí na čtvercovém vzorku z testované roušky – BFE101 na vzorku o velikosti 4 x 4 cm, BFE110 na vzorku o velikosti 10 x 10 cm za použití kapalné suspenze s bacilem Staphylococcus aureus. Účinnost filtrace je stanovena porovnáním kontrolních bakteriálních počtů před testovanou látkou a počtů ve směru proudění. Přitom průtok je definován úrovní 28 l/min a velikost částic je stanovena na 3,0 + 0,3 µm. Zachycené částice následně tvoří kolonie (CFU) s průměrnou velikostí částic 1700 ± 3000 µm, což umožňuje vykazovat účinnost filtrace až > 99,9%. Obdobným postupem se testuje tzv. VFE test (Viral Filtration Efficiency) s tím, že namísto bacilu Staphylococcus aureus je použit bakteriofág phiX174. Tento test, jako modifikovaná metoda z metody BFE, však není uznávanou standardní testovací metodou.

Ke stanovení prodyšnosti slouží tzv. Delta P test, kdy je měřen rozdíl tlaku vzduchu na každé straně zkoušeného materiálu pomocí manometru. Konstantní průtok vzduchu je na úrovni 8 l/min. Diferenciální tlak musí nabýt hodnoty max. 40 Pa/cm^2 pro roušky třídy I a II, a max. 60 Pa/cm^2 pro třídu IIR.

Mikrobiální čistota vyžaduje dosažení úrovně max. 30 cfu/g roušky všech zmíněných tříd.

Uvádění zdravotnických prostředků na trh má mnohá specifika. Výrobce musí být zaregistrován u Státního ústavu pro kontrolu léčiv stejně tak jeho výrobek. Výrobce musí mít zaveden a certifikován systém managementu kvality pro zdravotnické prostředky [40] a jeho výrobek musí projít klinickým testováním, musí být testován v akreditované laboratoři a posouzen oznámeným subjektem, který vystavuje certifikát. Teprve poté může výrobce vyhotovit prohlášení shody, označit výrobek značkou shody a uvést jej na trh. Používání zdravotnického prostředku je výrobcem sledováno v rámci povýrobního dozoru s povinností informovat dozorový orgán v případě výskytu selhání výrobku a o přijetí nezbytných a účelných opatření k ochraně uživatelů a zamezení výskytu obdobných selhání či nežádoucích situací [11, 40].

Filtrační polomaska proti částicím - respirátor

Respirátor je osobním ochranným prostředkem III kategorie ve smyslu přílohy č. I nařízení (EU) 2016/425 o osobních ochranných prostředcích [10], tj. prostředkem, který chrání před riziky, která mohou způsobit velmi závažné důsledky, jako je smrt nebo trvalé poškození zdraví. Hlavním smyslem ochrany dýchacích cest je oddělit uživatele respirátoru od okolního prostředí, čili oddělit jeho dýchací cesty od okolního ovzduší a tím zajistit, že vdechovaný vzduch bude bez prachových částic, v intencích tohoto článku tedy bez bioaerosolu. Předpokládá se užívání respirátoru po dobu jedné pracovní směny, není-li výrobcem stanoveno jinak nebo nejsou-li podmínky prostředí vysloveně zátěžové, např. u horníků v dolech.

Zkoušení respirátorů se řídí normou EN 149+A1:2009 [38]. Jde o celou řadu jednotlivých testů, které zkouší jak dílčí části respirátoru, tak respirátor jako celek. Mezi dnes nejznámější testy patří:

- Zjištění dýchacího odporu, kdy je měřen tlakový odpor filtrační vrstvy respirátoru při průtoku objemu vzduchu

- 30 l/min (max. 60 Pa pro FFP1, max 70 Pa pro FFP2, max. 100 Pa pro FFP3) a 95 l/min (max. 210 Pa pro FFP1, max 240 Pa pro FFP2, max. 300 Pa pro FFP3) pro nádech a 160 l/min (max. 300 Pa pro všechny třídy) pro výdech.
- Zjištění průniku částic filtračním materiálem, které se provádí jak na respirátorech po dodání, tj. ve stavu v jakém jsou, a ve stavu po teplotním kondicionování, kdy jsou před testováním respirátory vystaveny celodenním změnám teplot od 70 °C do -30 °C. K testování jsou vždy použita dvě různá zkušební média. Chlorid sodný, který demonstruje ochranu proti pevným částicím, a parafínový olej, který demonstruje ochranu proti kapalným částicím. Velikost samotných částic je ve velkém rozsahu, od 0,02 µm do 2 µm, se středním hmotnostním průměrem 0,6 µm. Tento test je určujícím, zda materiál filtrační polomasky má či nemá schopnost předepsaného záchytu částic. Respirátor třídy FFP1 musí zachytit min. 80 % částic, respirátor třídy FFP2 musí zachytit min. 94 % částic a respirátor třídy FFP3 musí zachytit min. 99 % částic. Na tomto místě je možné připomenout, že bakterie a viry se v ovzduší nevyskytují osamoceně, že jsou vždy neseny na nějaké prachové částečce, na soli po odpaření vody. Pro určení schopnosti respirátoru zachytit bioaerosol se tak přednostně používá test chloridem sodným.
- Zjištění schopnosti respirátoru propustit vydechovaný oxid uhličitý měřením koncentrace oxidu uhličitého v podmaskovém prostoru. Koncentrace nesmí překročit 1,0 objemového procenta.
- Zjištění celkové netěsnosti respirátoru, který je prováděn na 10 pokusných osobách, které musí provádět předepsané cviky, během kterých se monitoruje průnik vnějšího ovzduší do podmaskového prostoru, tj. průnik vzduchu nejen skrze filtrační povrch masky, ale také průnik různými netěsnostmi mezi respirátorem a obličejem nositele. Netěsnosti jsou způsobovány jak nesprávným nasazením, použitím nevhodné velikosti respirátoru, tak i různými nerovnostmi či tvary obličeje, jizvami, neoholením mužské tváře apod. Tento test je rozhodující pro potvrzení zatřídění respirátoru do jednotlivých tříd FFP1 až FFP3.
- Další zkoušky musí např. doložit pevnost a soudržnost jednotlivých částí respirátoru, schopnost provádět s nasazeným respirátorem různé činnosti, snesitelnost materiálu respirátoru s pokožkou, odolnost materiálu atd.

Aby respirátor mohl být certifikován podle některé z definovaných tříd FFP1, FFP2 nebo FFP3, musí vyhovět všem předepsaným testům a všem dalším požadavkům, jak jsou stanoveny v normě a v evropském předpise. Teprve poté může oznámený subjekt vystavit certifikát shody s typem a výrobce může svůj respirátor označit evropskou značkou shody. K ní však musí připojit čtyřčíslí toho oznámeného subjektu, který bude provádět periodické kontroly výrobku či u výrobce (viz čl. 17 nařízení (EU) 2016/425 – specifikum pro osobní ochranné prostředky III. kategorie). Jestliže by v rámci těchto kontrol byla zjištěna funkční nedostatečnost respirátoru, byl by výrobce vyzván k odstranění nedostatku a k novému ověření funkčních vlastností respirátoru [10, 38].

Může být respirátor rouškou a naopak?

Již v čase pandemie SARS v roce 2003 byly v akreditované laboratoři VÚBP, v. v. i., provedeny testy, na jejichž základě byly vysloveny tři závěry. Prvním závěrem bylo, že k zajištění ochrany před viry postačuje již respirátor třídy FFP2, jakkoli bylo doporučeno užití respirátoru FFP3. Druhým závěrem byl předpoklad, že respirátor funguje tzv. oboustranně, tj. má shodné vlastnosti jak na straně nádechu (filtrační schopnost osobního ochranného prostředku), tak na straně výdechu (ochranná vlastnost zdravotnického prostředku). Třetím závěrem bylo zjištění, že z testovaných roušek i ta s nejlepšími výsledky odpovídá respirátoru třídy FFP1 [8].

Na toto testování navázalo v roce 2022 testování jednoho konkrétního respirátoru. Se svolením výrobce GOOD MASK s.r.o. bylo v rámci kontrolního modulu C2 předáno několik výrobků respirátoru GM2 NANO FFP2 NR do akreditované zkušební laboratoře Textilního zkušebního ústavu, s.p. k testování filtrační účinnosti podle ČSN EN 14683+AC, přílohy B. Výsledky filtrační účinnosti BFE dosáhly hodnot od 99,89 % při testování zvenku dovnitř do 99,94–100 % při testování zevnitř ven. Obdobně výsledky filtrační účinnosti VFE dosáhly hodnot 99,63–99,94 % při testování zvenku

dovnitř 99,94–100 % při testování zevnitř ven. Velikost použitého bakteriofágu byla 20 nm [35].

Jak vyplývá z předchozích porovnání účelu použití roušek a respirátorů a porovnání prováděných zkoušek před uvedením těchto prostředků na trh, je zřejmé, že oba druhy prostředků nelze zaměňovat, že každý slouží jinému účelu a má jiné a neporovnatelné užitné charakteristiky. Je tak zřejmé, že má-li být respirátor použit pro potřeby zdravotnictví, musí být podroben specifickým zkouškám pro roušky a musí splnit i další požadavky. Což platí i pro výrobce, který si musí zavést a nechat certifikovat systém managementu kvality pro výrobce zdravotnických prostředků. Požadavek na splnění požadavků předpisů platí i naopak. Rouška může být prohlášena za respirátor až poté, co úspěšně absolvuje příslušné zkoušky stanovené pro respirátory a splní i ostatní požadavky předpisů [25]. Již je z porovnání náročnosti testů podle jednotlivých norem, s ohledem na výsledky testování VÚBP, v. v. i., v roce 2003 a testování respirátoru k filtrační účinnosti BFE a VFE lze konstatovat, že respirátory jsou více připraveny na vyhovění požadavkům zdravotnického testování než roušky k testování podle požadavků na respirátory.

Má-li rouška a respirátor splňovat oboje požadavky, musí kromě dvojího testování a dvojí certifikace naplnit i otázky značení výrobku, tj. musí nést označení jak dle požadavků na zdravotnický prostředek, tak označení platné pro osobní ochranné prostředky (viz kapitola III přílohy I nařízení (EU) 2017/745 vs čl. 9.2 EN 149+A1) a jeho balení (viz kapitola III přílohy I nařízení (EU) 2017/745, vč. ISO 15223-1 [42] vs čl. 9.1 EN 149+A1), musí tomu odpovídat informace poskytnuté v návodu výrobce a pochopitelně to musí být rozpoznatelné v prohlášení shody výrobce (viz příloha IV nařízení (EU) 2017/745 vs. příloha IX nařízení (EU) 2016/425). Výrobce roušky pak musí mít zaveden a certifikován systém managementu kvality pro výrobu zdravotnických prostředků ISO 13485. Nepostačuje tak zavedení systému kvality podle ISO 9001, které ani není pro výrobce osobních ochranných prostředků vyslovenou povinností. Výrobce respirátoru ani nemusí být registrovaný u Státního ústavu pro kontrolu léčiv, ani u něj nemusí mít respirátor registrovaný. V případě užití ve zdravotnictví však tuto registraci musí zajistit.

Dětský respirátor

V rámci pandemie covid-19 se na trhu objevil tlak na ochranu dýchacích orgánů jak dospělých, tak dětí. Zřejmě si každý Čech vzpomene na vzedmutí vlny ochoty a sounáležitosti, kdy mnozí začali vyrábět ochranu dýchacích cest takřka z čehokoli a pro kohokoli. Tato aktivita byla společná všem lidem napříč Evropou. Výsledkem tohoto snažení bylo zajištění výpadku zásobování profesionálními výrobky a posléze i definování požadavků Evropského výboru pro normalizaci [43] ke sjednocení požadavků na takovéto výrobky. Dočasný nedostatek výrobků ochrany dýchacích cest však odhalil ještě jeden problém. Tím byla, a stále ještě je, neexistence prostředků ochrany dýchacích cest pro dětskou populaci [1]. Jakkoli na trhu existuje několik výrobců, kteří nabízí tzv. dětské respirátory, nejsou to respirátory pro děti. Dětská populace má několik základních specifik: děti jsou různě velké a mají různě velké obličeje, děti mají odlišné charakteristiky dýchání – dýchají rychleji, mají nižší schopnost překonat tlakovou překážku při dýchání, mají jiný objem plic, což může vést k tomu, že kojenci a batolata respirátor nemohou používat a že některé děti zřejmě nebudou dostatečně zralé, aby dokázaly respirátor správně používat. Tyto odlišnosti lze přiblížit na následujících zjištěních:

- Bez adekvátního zmenšení rozměrů respirátoru a jeho upínacího systému nelze zaručit adekvátní přilehnutí respirátoru k obličeji dítěte, což sníží jeho účinnost a vystaví dítě možnosti nakažení mikroorganismem, před kterým jej má chránit.
- Dětské skupiny rozdílně reagují na překážky v rámci dýchacích cest, tj. i respirátor. V souladu s psychickým vývojem dítěte lze doložit, že děti do 3 let fyzického věku zpravidla reagují negativně na nové předměty a zážitky, které mohou navozovat pocit strachu a úzkosti, a to i v přítomnosti osoby blízké – rodiče. U věkové kategorie čtyř a více let pak lze očekávat překonání této emocionální bariéry, u mladších ročníků s přispěním osoby blízké, u starších ročníků pak již samostatným přístupem. Při tom je možné nastínit, že u dětí předškolního věku není v rámci pohlaví rozdílu ve vnímání strachu a úzkosti, kdežto u dětí na začátku školního věku se více

- bojí děvčata než chlapci, kde vrcholem je přibližně sedmý až osmý rok života [34]. Je tak zřejmé, že se respirátory nebudou moci použít pro všechny věkové skupiny, předpokládaně ne pro věkovou skupinu 0-3 let [1].
- Budou muset být definovány dětské skupiny s ohledem na růst obličejové části hlavy, zejména s uvážením bizygomatické šíře jako největší šíře obličeje (rozměr zy-zy) a morfologické výšce obličeje od brady ke kořeni nosu (rozměr n-gn), a s ohledem na vitální kapacitu plic, tj. množství vzduchu, které lze maximálně vydechnout po předchozím maximálním nádechu.
- Budou muset být definovány požadavky na prodyšnost filtračního materiálu respirátoru s ohledem na skutečnost, že má dětská populace nižší ventilaci, takže stanovený odpor při průtoku 30 l/min. by se měl pohybovat na úrovni 110 Pa. Přitom by tlaková ztráta při průtoku neměla překročit 20 Pa na vstupu a 30 Pa na výstupu [28].
- Budou muset být definovány postupy pro testování dětských respirátorů, při nichž se musí dbát na skutečnost, že pro určení celkové netěsnosti budou muset být použiti dětští zástupci. Při stanovení dětmi vynaložené fyzické zátěže by mělo být dbáno, aby jejich tepová frekvence nepřekročila ukazatel submaximální pracovní kapacity dětí, která činí 170 tepů za minutu [24].

Pro dětský respirátor nelze použít stávající respirátory pro dospělé, neboť tyto respirátory jsou pro děti velké a nezajistí dokonalé utěsnění na obličeji. Zároveň by dětem klady velké nároky na prodýchnutí, což by děti nutilo k odstranění takové překážky. Je zřejmé, že bude nutné definovat několik dětských skupin k zajištění jejich ochrany těmito prostředky. V současné chvíli je na trhu větší množství respirátorů, které jsou zmenšenými variantami běžných respirátorů. Dostupné jsou však i masky, nikoli respirátory, pro věkové skupiny 3–11 let a věkovou skupinu 12+ [3]. Je zřejmé, že definování dětských skupin bude pro používání respirátorů jemnější, aby více zohlednilo jak vzrůst dětí a s ním spojené rozměry obličeje, tak i vitální kapacitu plic [14] a sílu dechu. K definování vitální kapacity plic dětských skupin bylo provedeno několik studií, které se věnovaly různým věkovým kategoriím dětí [9, 23]. Vzhledem k tomu, že výstupy těchto studií se neshodují a nelze je bezvýhradně použít, je nutná konzultace s odborníky z oblasti pneumologie. Těmto charakteristikám je potřebné přizpůsobit požadavky na filtrační materiál, aby byl dětmi snadno prodýchnutelný, aby se v podmaskovém prostoru nehromadil oxid uhličitý, a přesto měl ochrannou vlastnost na úrovni minimálně FFP2. Jistou pozornost si pochopitelně zaslouží i přezkoumání zdravotní nezávadnosti respirátoru, a to i s ohledem na toxický vliv netkaných textilií na životní prostředí [20].

Po nadefinování technických charakteristik dětských respirátorů je potřebné i nadefinovat metody zkoušení. Ty musí samozřejmě vycházet z požadavkové a zkušební normy pro respirátory, nicméně s úpravami požadovaných hodnot, jak budou definovány s ohledem na jednotlivé věkové skupiny a dětskému respirátoru vetknuté technické charakteristiky. Je zřejmé, že dojde ke snížení jednotlivých dechových odporů, možné je i snížení obsahu oxidu uhličitého v podmaskovém prostoru. U respirátorů pro dospělé je uvedena hodnota 1,0 %, což je hodnota nižší, než je stanoven limit pro oxid uhličitý v budovách [5], nicméně s přihlédnutím ke zkušebním normám používaných v některých zemích je hodnota oxidu uhličitého stanovena pod 1 % [1, 25].

S ohledem na skutečnost, že uvádění respirátorů na trh předpokládá jednotný systém testování akreditovanými laboratořemi, tj. jednotné postupy, shodné technické parametry zkušebních zařízení, a znamená jednotný způsob vyhodnocení definovaných požadavků, musí společně s definováním technických parametrů dětských respirátorů proběhnout i definování testovacích postupů, stanovit a obhájit technické a zkoušené parametry, definovat další požadavky, které by se na dětské respirátory vztahovaly. Přitom musí dojít k široké shodě jak na půdě evropských zkušebních laboratoří, tak na půdě oznámených osob, respektive Evropské komise, které by vyústily k definování závazných postupů, výstupů a posuzování dětských respirátorů, neboť bez této shody nebude možné uvést dětské respirátory legálně na trh. Bylo by vhodné, aby výsledek byl včleněn do evropské technické normy harmonizované k nařízení (EU) 2026/425.

Závěr

Je zřejmě nemyslitelné nosit neustále ochranu dýchacích cest, a tak zamezit vniknutí jakékoli infekční bakterie či viru do dýchacích cest. Běžná onemocnění zřejmě i nadále budeme muset akceptovat jako běžné riziko naší koexistence s přírodou. Možná si stanovíme jasně definované hranice, kdy bude nutná ochrana dýchacích cest a kdy ještě ne. Je zřejmé, že vyvolávání paniky ať již méně informovanými politiky či zneužitými novináři není tou nejlepší cestou ochrany, není tou správnou systémovou reakcí společnosti na problém.

Společnost potřebuje jasně stanovené postupy pro zvládání těchto situací. Jakkoli se domnívala, že takové postupy má, ukázalo se, že v rozměru pandemie jsou nepoužitelná. Ukázalo se, že izolování jednotlivců není vhodnou ochranou, když denní nárůst nových případů je počítán po stovkách, kdy se ochrana netýká malého okruhu dalších jednotlivců, ale desetitisíců lidí najednou. Ukázalo se, že základní neznalosti, v tomto případě chování bioaerosolu, či nepochopení druhů a typů ochrany nenapomáhá věcnému zvládání krizové situace. Ochrana jednotlivců účinnými prostředky osobní ochrany by byla jen jednou, a možná základní, částí takových postupů.

Proto se autoři článku pokusili přiblížit jak chování částic, tak i funkcionalitu používaných druhů ochrany. Přiblížením funkčnosti roušek a respirátorů, požadavků pro jejich uvedení na trh se pokusili přiblížit základní rozdíly mezi těmito druhy ochrany tak, aby nedocházelo k jejich neúmyslné záměně. Tomu slouží jak přiblížení základního testování, tak i dalších podmínek pro uvedení na trh. Zároveň je na příkladu konkrétního respirátoru doloženo, že je možné provést testováním ověření, zda osobní ochranný prostředek splňuje požadavky i na zdravotnický prostředek, a doložili tak možnost používání tohoto prostředku jako mezisektorového ochranného prostředku. Závěrem se autoři věnovali definování některých aspektů pro definování požadavků na materiál pro výrobu respirátorů pro děti a následnou konstrukci a výrobu dětských respirátorů, jakož i podmínek pro možné jednotné testování akreditovanými zkušebnami EU za účelem certifikace výrobku příslušnými oznámenými subjekty pro ochranu dýchacích cest jako osobních ochranného prostředku k jeho uvedení na trh.

Literatura

[1] 3M. Filtrační polomasky proti částicím – veřejnost. *Technický bulletin*. 2020, revize 4, 10 s.

[2] COLE, Eugene C.; COOK, Carl E. Characterization of Infectious Aerosols in Health Care Facilities: An aid to Effective Engineering Controls and Preventive Strategies. *American Journal of Infection Control* [online]. 1998, vol. 26. no 4. p 453-464 [cit. 2023-10-01]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/S0196-6553(98)70046-X.

[3] *Jak si mohu vybrat správnou velikost masky Crayola?* [online]. Crayola, 2023 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: https://www.crayola.com/faq/online-shopping/how-do-i-select-the-proper-crayola-face-mask-size/.

[4] ČESKO, 2003. Nařízení vlády č. 6 ze dne 16. prosince 2002, Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity

chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2003, částka 4, s. 121-125. ISSN 1211-1244.

[5] ČESKO, 2009. Vyhláška č. 268 ze dne 12. srpna 2009, o technických požadavcích na stavby. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 81, s. 3702-3719. ISSN 1211-1244.

[6] ČESKO, 2007. Nařízení vlády č. 361 ze dne 28. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007, částka 111, s. 5086-5229. ISSN 1211-1244.

[7] ČESKO, 2014. Zákon č. 201 ze dne 2. května 2012, o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 69, s. 2786-2841. ISSN 1211-1244.

[8] Lékařské operační roušky a filtrační polomasky. *d*-Test. 2003, č. 6, s. 5-9. ISSN 1210-731X.

[9] Průměrná výška a váha dětí podle věku. *Epřehledy.cz* [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://eprehledy.cz/prumerna_vyska_a_vaha_ditete_dle_veku.php.

[10] EU. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/425 ze dne 9. března 2016 o osobních ochranných prostředcích a o zrušení směrnice Rady 89/686/EHS (Text s významem pro EHP). *Úřední věstník Evropské unie*. 2016, L 81, 31. 3. 2016, s. 51–9.

[11] EU. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2017/745 ze dne 5. dubna 2017 o zdravotnických prostředcích, změně směrnice 2001/83/ES, nařízení (ES) č. 178/2002 a nařízení (ES) č. 1223/2009 a o zrušení směrnic Rady 90/385/EHS a 93/42/EHS. *Úřední věstník Evropské unie*. 2017, L 117, 5.5.2017, s. 1–175.

[12] FERENČÍK, M; ROVENSKÝ, J; SHOENFELD, Y.; MAŤHA, V. *Imunitní systém: informace pro každého*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005.

[13] FERETTI, Donatela …[et al.]. “Risk is in the air”: polycyclic aromatic hydrocarbons, metals and mutagenicity of atmospheric particulate matter in a town of northern Italy: respira study. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis.* 2019, vol. 842, p. 35-49. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2018.11.002.

[14] GANONG, F. William. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vyd. Galén, Praha: 2005. ISBN 80-726-2311-7.

[15] GEBAUER, Günter; RUBINOVÁ, Olga; HORKÁ, Hana. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA group, 2007. ISBN 978-80-7366-091-8.

[16] HUDSON, J. B.; SHARMA, M.; VIMALANATHAN, S. Development of a practical method for using ozone gas as a virus decontaminating agent. *Ozone Sci Eng*. 2009, vol. 31, no. 3, s. 216-223. DOI: https://doi.org/10.1080/01919510902747969.

[17] JOKL, Miroslav. *Zdravé obytné a pracovní prostředí*. 1. vyd. Praha: Academia, 2002. 261 s. ISBN 80-200-0928-0.

[18] KAPRÁLEK, F. *Základy bakteriologie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1999. 241 s. ISBN 80-7184-811-5.

[19] KOTLÍK, Bohumil; MELICHERČÍKOVÁ, Věra; URBAN, Jan; MATĚJKA, Jiří. Testování nově vyvíjených technologií sanitace povrchů a vzduchu ve vnitřních prostorách budov. *Hygiena*. 2021, roč. 66, č. 1, s. 16-23. DOI: 10.21101/hygiena.a1776.

[20] KUBÁTOVÁ, Hana; ROUPCOVÁ, Petra; KLOUDA, Karel; BÁTRLOVÁ, Kateřina. Toxicity testing of nonwovens used for production of respiratory protective equipment. *Central European Journal of Public Health*. 2023. vol 31, no 1, p. 74-80. ISSN 1803-1048.

[21] KWON, H.-S., RYU, M. H. & CARLSTEN, C. Ultrafine particles: unique physicochemical properties relevant to health and disease. *Exp Mol Med*. 2020, vol. 52, s. 318–328. https://doi.org/10.1038/s12276-020-0405-1.

[22] LOWRY, H. C. Some Landmarks in Surgical Technique. *The Ulster Medical Journal* [online]. 1947. vol. 16, no 2, p. 102-113 [cit. 2023-09-15]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2479244/.

[23] LYONS, A. Harold; TANNER, W. Ralph. Total lung volume and its subdivisions in children: normal standards. *American Physiological Society: Journal of Applied Physiology* [online]. 1962, vol 17, no 4 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/jappl.1962.17.4.601.

[24] MÁČEK, Miloš; MRZENA, Bohuslav. *Fyziologické aspekty užívání ochranných prostředků u dětské populace ve věku 18 měsíců do 6 let*. Lázně Bohdaneč: Institut civilní ochrany.

[25] MORAVOVÁ, Veronika ...[et al.]. *Průvodce základy regulace osobních ochranných prostředků a zdravotnických prostředků. Příspěvek ke společnému boji s pandemií onemocnění covid-19*. 1. vyd. Praha: ÚNMZ, 2021. 63 s. ISBN 978-80-7283-258-3.

[26] MORAVOVÁ, Veronika ...[et al.]. *Srovnávací analýza respirátorů dle norem EN 149:2001+A1:2009 GB 19083-2010 GB 2626-2006*. Praha: Porta Medica, 2020. 16 s.

[27] MORAWSKA, L. ...[et al.]. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science*. 2009, vol. 40, no 3. p. 256-269.

[28] PETRARTUR, Stanislav. *Vývoj dětské masky OM DM-3: konečný projekt DM-3.* Zlín: Temco, 1994.

[29] QUEVEDO-LEÓN, R. ...[et al.]. Inactivation of coronaviruses in food industry: the use of inorganic and organic disinfectants, ozone, and UV radiation. *Sci Agropecu*. 2020, vol. 11, no. 2, s. 257-66. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.14

[30] RODRIGUEZ, Martin Gerardo ...[et al.]. A study of dust airborne particles collected by vehicular traffic from the atmosphere of southern megalopolis Mexico City. *Environmental Systems Research* [online]. 2019, vol. 16, no. 8. Dostupné z: https://environmentalsystemsresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40068-019-0143-3.

[31] SEIGNEUR, Christian. *Air Pollution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. 370 s. ISBN 978-11-084816-32.

[32] SLABOTINSKÝ, Jiří. Není respirátor jako respirátor. *112* [online]. 2020, roč. XIX, č. 11, s. 26-27 [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xix-cislo-11-2020.aspx?q=Y2hudW09MTA%3d. ISSN 1213-7057.

[33] Bacteria can travel thousands of kilometres on airborne dust. *Phys Org* [online]. November 22, 2022 [cit. 2023-10-01]. Dostupné z: https://phys.org/news/2022-11-bacteria-thousands-kilometers-airborne.html

[34] *Studie o psychopatologických zvláštnostech používání ochranných masek u dětí ve věku 4-6 let.* Lázně Bohdaneč: Institut CO, [1974].

[35] TEXTILNÍ ZKUŠEBNÍ ÚSTAV. *Protokol o zkouškách č. AZL 22/0840*. Brno: TZÚ, 2022. 3 s.

[36] Třívrstvá jednorázová rouška české výroby: 10 ks. *Spiromedic* [online] [cit. 2021-09-03] Dostupné z: https://www.spiromedic.cz/ochranne-pomucky/trivrstva-jednorazova-rouska-ceske-vyroby-10-ks/?gclid=Cj0KCQjw5oiMBhDtARIsAJi0qk1ncPrBUZFhRlgR2aB_pta_thOUu3YTbWiVIzSxabZdORI-AE3ubc4aArF3EALw_wcB.

[37] TVAROG, Rastislav. *Jemné prachové častice v ovzduší prenikajú do našich domácnosti a ohrozujú naše zdravie!* [online]. TWG, c2015-2021[cit. 2023-10-01] Dostupné z: https://rekuperacia.twg.sk/jemne-prachove-castice-ohrozuju-nase-zdravie/.

[38] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN EN 149+A1:2009. *Ochranné prostředky dýchacích orgánů - Filtrační polomasky k ochraně proti částicím - Požadavky, zkoušení a značení*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2009.

[39] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN EN 12341:2014. *Kvalita ovzduší - Referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM10 a PM2,5.* Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2014.

[40] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN EN ISO 13485 ed. 2:2016 + Opr.1:2017 + A11:2022. *Zdravotnické prostředky — Systémy řízení kvality — Požadavky pro regulační účely*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2016.

[41] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN EN 14683+AC:2020 + Opr.1:2018. *Zdravotnické obličejové masky – Požadavky a metody zkoušení*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2020.

[42] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN EN ISO 15223-1:2017. *Zdravotnické prostředky - Značky pro štítky, označování a informace poskytované se zdravotnickými prostředky - Část 1: Obecné požadavky*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2022.

[43] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN P CEN/TS 17553:2023. *Textilie a textilní výrobky - Obličejové roušky pro veřejnost - Minimální požadavky, metody zkoušení a používání*. (CWA 17553:2020 Community face coverings – Guide to minimum requirements, methods of testing and use). Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2023.

[44] UVTECH. *Jednorázová ústní rouška Dispomask - zelená 5 ks*. UV TECH [online] [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: https://www.uvtech.cz/jednorazova-ustni-rouska-dispomask-zelena-50-ks/?gclid=Cj0KCQjw5oiMBhDtARIsAJi0qk1R9xvp2vwTSRM4_1H9w32gyz6rxw7KFin3IK-7MD1eaWBRmJyOb48aAhq2EALw_wcB.

[45] WORLD HEALTH ORGANIZATION. OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH TEAM. *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment* [online]. World Health Organization, 2006 [cit. 2023-12-14]. https://iris.who.int/handle/10665/69477.

[46] ZÁVODSKÁ, Radka. *Biologie buněk: základy cytologie: bakteriologie: virologie*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2006. 160 s. ISBN: 80-86960-15-3.

Vzorová citace

TILHON, Jiří; LANGOVÁ, Růžena. Užívání roušek a respirátorů a ochrana dýchacích cest dětí. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online]. 2023, roč. 16, č. 3-4. Dostupný z: https://www.bozpinfo.cz/josra/uzivani-rousek-respiratoru-ochrana-dychacich-cest-deti

. ISSN 1803-3687.

Autor článku:
Ing. Jiří Tilhon, Ph.D., LL.M.
Růžena Langová