

STROJNÍČKA FAKULTA TU V KOŠICIACH
NÁRODNÝ INŠPEKTORÁT PRÁCE
EURÓPSKA AGENTÚRA PRE BEZPEČNOSŤ A OCHRANU
ZDRAVIA PRI PRÁCI



TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE
NATIONAL LABOUR INSPECTORATE
EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK

AKTUÁLNE OTÁZKY BEZPEČNOSTI PRÁCE A PREVENČIA ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ

ZBORNÍK PRÍSPEVKOV

Konferencia je organizovaná pod záštitou
Ministerstva práce, sociálnych vecí a rodiny,
Ministerstva životného prostredia SR a
dekana Strojníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach

XXXVII. medzinárodná konferencia

13. - 15. 11. 2024

Hotel Patria, Štrbské Pleso, Vysoké Tatry, Slovenská republika

ISBN: 978-80-553-4726-4





AKTUALIZACE PODKLADŮ PRO VYTVOŘENÍ PROTOTYPU DĚTSKÉHO RESPIRÁTORU

UPDATING OF SUPPORTING DOCUMENTS FOR THE CREATION OF A PROTOTYPE OF A CHILD RESPIRATOR

LANGOVÁ, R. & KLOUDA, K. & TILHOŇ, J.

Abstrakt:

Pro ochranu dýchacích cest dětí nejsou v současné době schváleny žádné zkušební normy, dle kterých by se vyráběli nebo testovali dětské respirátory, s ohledem na potřeby dětského uživatele. V rámci výzkumu jsou proto blíže přiblíženy parametry, které je při navrhování ochranné polomasky pro děti zohlednit. Téma přibližuje navržený materiál, který je pomocí aktuálních zkušebních metod testován na dýchací odpor a záchyt aerosolů, přičemž výsledky budou uzpůsobeny dle dýchacích odporů dětí.

Abstract:

For children's airway protection, no test standards are currently approved to produce or test child respirators, taking into account the needs of the child's user. In the framework of research, therefore, the parameters that are taken into account when designing the children's protective half-mask are closer to the approach. The topic approximates the proposed material, which is tested by the current test methods for breathing resistance and aerosols retention, with the result.

Klíčové slová:

Dětský respirátor, testování, dýchací odpor, záchyt aerosolů, nanovláknenný materiál

Key words:

Child respirator, testing, breathing resistance, aerosols retention, nanofiber material

Úvod

V současné době i po několika letech od pandemie koronaviru je zlepšování ochrany zdraví lidí stále více a více aktuálním tématem. Zlepšování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci jde den od dne dopředu a při tom je potřeba nezapomínat i na ty nejmenší a nejzranitelnější, a tím jsou děti.

Téma ochrany dýchacích cest dětského uživatele je zásadním krokem, jelikož se každý rok zvyšuje počet onemocnění respiračního charakteru šířených bakteriální i virovou cestou. Také stoupá počet alergiků a astmatiků. Proto je důležité zaměřit se právě na vhodní ochranu dýchacích cest dětí – respirátory.

V rámci výzkumní práce jsou hledány a posuzovány odlišné parametry a vlastnosti, které ovlivňují dětského uživatele při používání respirátoru. Navazuje se z vitální kapacity plic na prodýchatelný odpor, který je uživatel schopen vytvořit v plicích, aby se v navržené masce neudusil a dýchání v ní mu nerobilo problémy.

Hlavním cílem bylo provést na navrženém materiálu měření a zkoušení materiálu na průnik aerosolů a tlakovou ztrátu.



Toto téma je nadále předmětem výzkumu.

1 SPECIFIKACE PARAMETRŮ NAVRŽENÝCH PROTOTYPŮ

Na téma návrhu prototypů byly v první fázi výzkumu zpracovány základní poznatky na téma ochrany dýchacích cest u dětí v současné době. Na základě zjišťovaných zpracovaných podkladů a zdrojů byly navrženy čtyři velikosti (A až D) pro vytvoření dětských respirátorů. Navržené velikosti byly stanoveny na základě vypočteného rozmezí vitální kapacity plic dětí rozdělených dle věkových kategorií, které byly prvně určeny.

V dalším rozsahu zkoumání způsobů vhodného návrhu nejideálnějšího variantu dětského respirátoru byly rozšířeny původně navržené velikosti masek o následující specifitější parametry, které je nutno také při navrhování zhodnotit.

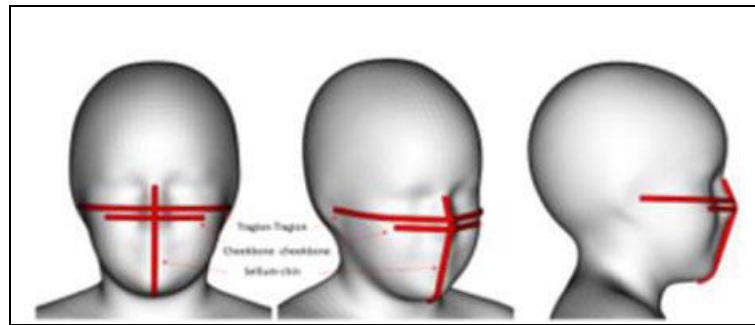
1.1 POPIS NÁVRHU VELIKOSTÍ VZOREK DĚTSKÝCH RESPIRÁTORŮ

Pro stanovení základních charakteristik respirátorů, pro návrh dětského respirátoru, jsou dle původně stanovených čtyřech kategorií rozpracovány jednotlivé rozměry prototypů masek, pro které slouží jako vzor technická norma ČSN CEN/TS 17553:2022, norma ISO/TS 16976-2:20015 a ČSN EN 14683+AC:2020. Normy budou sloužit nejen na přizpůsobení rozměrů pro jednotlivé dětské velikosti, ale také se inspirují použitými materiály, výrobními a zkušebními metodami, přičemž se bude dbát ohled na vitální kapacitu plic dětí, prodýchatelnost materiálu, výdechový odpor apod.

Na základě konzultací s odborníky, mezi které patří hlavně Ing. Marcela Munzarová, textilní inženýrka, podnikatelka v oboru nanotechnologií, byly rozebrány možnosti použití specifických materiálů pro výrobu řešených respirátorů. V první řadě je za potřebí zvážit inspiraci na straně již existujících norem. Jde o dvě hlavní normy, které by byly základem pro další navrhování zde uvedených velikostí. TNI SWA 17553, 80 6099: 2020 Obličejové roušky pro veřejnost – Minimální požadavky, zkušební metody a používání je technická normalizační informace, která přejímá dokument informačního charakteru, který byl vypracován v souladu s vnitřními předpisy CEN. Tato norma má i současnější vydání, které je přístupné v anglickém originálu z května 2023 a je vedeno jako předběžní česká technická norma ČSN P CEN/TS 17553, 80 6099: 2023 Textilie a textilní výrobky – Obličejové roušky pro veřejnost – Minimální požadavky, metody zkoušení a používání.

„Obličejové roušky pro veřejnost jsou také určeny pro použití dětmi. Vzhledem k širokému rozsahu morfologií, musí být rozměry obličejové roušky pro veřejnost stanoveny odborníky a musí být přizpůsobeny morfologii uživatele. Dýchatelnost musí být definována na základě dohledu nad mladým uživatelem.

Obličejová rouška pro veřejnost musí být navržena a vyrobena tak, aby splňovala požadavky určené pro používání dětmi. Rozsahy rozměrů velikosti obličeje a hlavy na obrázku 4 byly použity jako návod.“ (18)



Obr. 1 Rozměry dětského obličeje a hlavy (18)

Tab. 1 Rozměry dětského obličeje a hlavy

Rozsah věku	Lící kost – lící kost	Kořen nosu – brada	Tragion – Tragion	Obvod hlavy
3-5 let	(88 až 109) mm	(93 až 127) mm	(202 až 253) mm	(477 až 549) mm
6-9 let	(94 mm až 116) mm	(105 mm až 130) mm	(220 až 279) mm	(500 až 560) mm
10-12 let	(98 až 121) mm	(114 až 133) mm	(233 až 290) mm	(515 až 570) mm
13-15 let	(104 až 132,5) mm	(123 až 135) mm	(251 až 300) mm	(525 až 580) mm

Dle výše uvedených rozměrů dětských obličejů při výrobě obličejových roušek bude inspirováno i návrhení „kopyt“, s uvedením rozměru pro čtyři skupiny velikostí dětských respirátorů (skupina A až D).

Na základě rozměrů, které jsou uvedeny v Tab.1, je níže uvedena specifikována tabulka (Tab.2) s průměrovanými hodnotami pro konkrétní velikosti.

Respirátory pro děti, podle velikostí, byly navrženy od nejmenší (A) až po největší (D) dětskou velikost dle návrhu. Jednotlivé velikosti respirátorů A až D jsou shrnuty v Tab. 2 a jejich náčrt je vidět na Obr. 2 a Obr. 3. Na základě těchto náčrtů se připraví laboratorní vzorky z vybraných materiálů schopné dalšího zkoušení vůči prodýchatelnosti a záchytu virů.

V následující tabulce (Tab. 2) jsou uvedeny rozměry šířky a délky navržených respirátorů, tzv. kopyt, přičemž se vycházelo z průměrných hodnot stanovených rozměru dětského obličeje a hlavy v Tab. 1 Rozměry dětského obličeje a hlavy.

Tab. 2 Rozměry velikostí respirátorů A-D (autor)

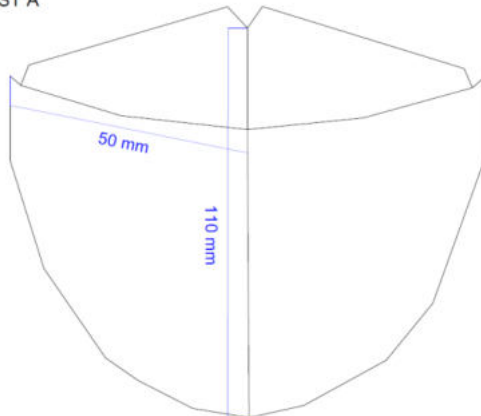
VELIKOST	ROZMĚRY RESPIRÁTORŮ	
	šířka ¹	délka ²
A	50 mm	110 mm
B	53 mm	117 mm
C	55 mm	123 mm
D	58 mm	129 mm

¹ vzdálenost od lící kosti po kořen nosu

² vzdálenost od kořeně nosu po bradu

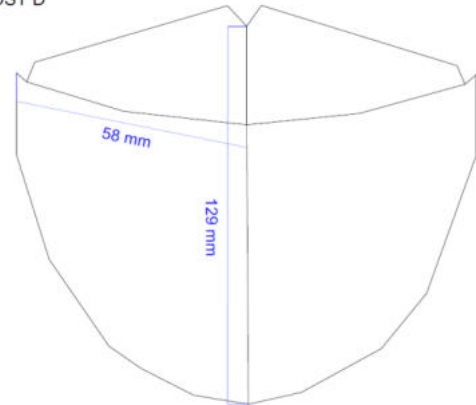


VELIKOST A



Obr. 2 Náčrt s rozměry dětského respirátoru velikosti A

VELIKOST D



Obr. 3 Náčrt s rozměry dětského respirátoru velikosti D

1.2 POSOUZENÍ NÁVRHU DLE VLASTNOSTI PROUDOVÉHO ODPORU

Respirátory byly navrženy podle norem, které řeší návrh respirátoru dle vitální kapacity plic. Po schůzce a konzultaci témata dizertační práce a myšlenky dále použít toto téma na navržení prototypů pro vznik normy na výrobu dětských respirátorů s Lékařskou komorou, bylo doporučeno od MUDr. Petra Konečného Ph.D. návrh dětských respirátorů propracovat a zaměřit se při navrhování na vlastnosti dýchacího odporu, a tedy prodýchatelnost materiálu.

Podrobně řešeny metody, referenční hodnoty, indikace a další vlastnosti ovlivňující návrh respirátoru pro děti řeší kniha *Funkce dýchacího ústrojí u dětí a mladistvých 1984* od autorů Zapletal Alois, Šamánek Milan a Paul Tomáš, pomocí které budou blíže rozebrány proudové odpory dýchacích cest v poloze funkční reziduální kapacity (tj. v poloze klidového výdechu), v závislosti na tělesné výšce, věku a tělesném povrchu u chlapců a děvčat.

Vykonaný průzkum a návrh, který byl původně zpracován dle vitální kapacity plic byl stanoven s ohledem na výšku a věk dětí, přičemž byly velikosti a hodnoty stanoveny pro děti od 3 do 15 let. Použité hodnoty z knihy (*Funkce dýchacího ústrojí u dětí a mladistvých 1984*) byly od 6 let a 115 cm, proto chybící hodnoty od 3-5 let byly vypočteny dle jednotlivých platných rovnic.

2 ZKOUŠENÍ NANOMATERIÁLŮ NA VÚBP

Pro navržení přiměřeného typu ochranné polomasky pro děti je důležité stanovení nejen vlastností, které pohlíží na fyziologii dětí a jejich potřeby, ale i případného materiálu. Takový materiál musí vyhovovat nejen na prodýchatelný odpor dýchacích cest dětí ale i dostatečný záchyt aerosolů. Pro výběr vhodného ochranného materiálu na navržení dětského respirátoru proběhla konzultace výběru materiálu s paní doc. Ing. Eva Kuželovou Košťákovou, Ph.D. z Technické univerzity v Liberci.

Na základě posouzení požadovaných parametrů a vlastností pro dětské ochranné polomasky byl poskytnutý příslušný materiál k testování.

Typ poskytnutého materiálu je elektricky zvlákněný materiál z polyvinylbutyralu (PVB). Elektrické zvláknění proběhlo jako stejnosměrné zvláknění pomocí zařízení NS 1S500U s klimatizační jednotkou NS AC150 (Nanospider™, Elmarco, CZ). Jako podkladový materiál byla použita netkaná textilie typu spunbond Pegatex 30 g/m².



Vzorky textilného materiálu byly upraveny na kolečka (6 vzorků) o průměru 18 cm. Vzorky byly testovány na dýchací odpor a na průnik aerosolu.

2.1 TESTOVÁNÍ DÝCHACÍHO ODPORU

Testování dýchacího odporu materiálu proběhlo na testovacím zařízení dýchacího odporu dle ČSN EN 149+A1. (2009): Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtrační polomasky k ochraně proti částicím – Požadavky, zkoušení a značení.

Tab. 3 TESTOVÁNÍ DÝCHACÍHO ODPORU (autor)

TESTOVÁNÍ DÝCHACÍHO ODPORU		
číslo vzorku	tlaková ztráta [Pa]	
	30 l/min	95 l/min
I.	96	306
II.	72	228
III.	86	262
IV.	76	242
V.	108	320

Hodnoty vzorku II. mají nejbliž k požadovaným hodnotám. Téměř splňuje normu pro třídu FFP2.

2.2 TESTOVÁNÍ PRŮNIKU AEROSOLU

Měření na průnik aerosolů zkoušeným materiálem byla použita metoda zkoušení dle ČSN EN 13274-7. (2020). Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Metody zkoušení – Část 7: Stanovení průniku aerosolu filtrem proti částicím [Respiratory protective devices - Methods of test - Part 7: Determination of particle filter penetration]. Pro měření penetrace filtru se používají dva zkušební aerosoly: a) chlorid sodný b) parafinový olej. Testování vzorků proběhlo použitím obou zkušebních aerosolů. Testování na průnik aerosolu bylo provedeno na zařízení PALAS. Získané výsledky na průnik parafínu jsme porovnali s výsledkem testování na průnik NaCl. Výsledky všech vzorků budou dále vyhodnoceny a bude vybrán nejlepší hodnota vyhovující na záchyt částic aerosolu.

Tab. 4 TESTOVÁNÍ NA PRŮNIK AEROSOLU – SOLI (autor)

TESTOVÁNÍ NA PRŮNIK AEROSOLŮ (NaCl)	
číslo vzorku	[%]
IV.	0,43
V.	0,14
VI.	0,29

Nastavěná koncentrace na zařízení byla 8 mg/m^3 (rozsah $4\text{-}12 \text{ mg/m}^3$).



Tab. 5 TESTOVÁNÍ NA PRŮNIK AEROSOLŮ – PARAFÍNU (autor)

TESTOVÁNÍ NA PRŮNIK AEROSOLŮ (par.)	
číslo vzorku	[%]
IV.	0,62
V.	0,19
VI.	0,35

Nastavěná koncentrace na zařízení byla $19,79 \text{ mg/m}^3$ (rozsah $15\text{-}25 \text{ mg/m}^3$).

Nejlepší schopnost záchytu ze zkoušených vzorků IV. – VI. měl v obou případech testování vzorek číslo V. Tedy procento průniku nepřesáhlo u vzorku číslo V. ani dvě desetiny procenta. U testování průniku soli byla pro vzorek V. naměřena hodnota průniku aerosolu $0,14 \%$, což značí záchyt testovaného materiálu na $99,86 \%$. Rozmezí záchytu testovaných vzorků v obou případech je tedy od $99,86 \%$ do $99,38 \%$.

Pro filtrační polomasky platí evropská norma EN 149+A1 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtrační polomasky k ochraně proti částicím – Požadavky, zkoušení a značení. Z hlediska účinnosti jsou respirátory rozděleny do tří tříd ochrany [7]:

FFP1 – celková účinnost ochrany $> 78 \%$, filtrační účinnost materiálu $> 80 \%$ doporučené použití - proti netoxickému prachu

FFP2 – celková účinnost ochrany $> 92 \%$, filtrační účinnost materiálu $> 95 \%$ doporučené použití - proti prachu s převážně dráždivým účinkem

FFP3 – celková účinnost ochrany $> 98 \%$, filtrační účinnost materiálu $> 99 \%$ doporučené použití - proti toxickým částicím, virům, sporám, bakteriím [8]

Dle získaných a naměřených dat lze hodnotit, že zkoušený materiál dosahuje účinnost ochrany proti průniku aerosolů, částic a virů jako filtrační polomasky FFP2 a FFP3.

Závěr

Dalším zkoumáním a doplňováním poznatků pro zpřesnění požadavků na vytvoření podkladů pro výrobu dětského respirátoru bylo kromě požadavku vitální kapacity plic dětí zpracován přehled požadavků na prodýchatelný odpor dýchací soustavy dětí. Dle vzoru současně využívaných norem na zkoušení a výrobu zdravotnických obličejových masek a zkoušení, výrobu ochranných prostředků dýchacích orgánů byly upřesněny rozměry navržených velikostí respirátorů (tzv. kopyt).

Kromě těchto parametrů byl po konzultaci, ve spolupráci s Technickou univerzitou v Liberci, vybrán materiál vhodný na navržené ochranné polomasky. Materiál byl zkoušen na záchyt aerosolů soli a parafínu na přístroji PALAS. Také byl materiál testován na testovacím zařízení dýchacího odporu. Tyto testy proběhly na Výzkumném ústavu bezpečnosti práce v Praze, na základě čeho bylo vyhodnoceno, že navržený, testovaný materiál vyhovuje na záchyt aerosolů a dosahuje účinnost ochrany jako filtrační polomasky FF2 a FFP3.

Zařazení příspěvku

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení dizertační práce autorky a projektu SGS č. SP 2024/044 Ochrana dýchacích cest na principu sorpce.



Literatúra

- [1] Zapletal A., Šamánek M., Paul T., *Funkce dýchacího ústrojí u dětí a mladistvých*, Osveta, Martin, 1984, svazek 80, 1. vydání, 456 s.
- [2] Mao N. Nonwoven fabric filters. In: Kellie G, editor. *Advances in technical nonwovens*. Duxford: Woodhead Publishing; 2016. p. 273-310.
- [3] Sullivan GL, Delgado-Gallardo J, Watson TM, Sarp S. An investigation into the leaching of micro and nano particles and chemical pollutants from disposable face masks - linked to the COVID-19 pandemic. *Water Res.* 2021 May 15; 196:117033. doi: 10.1016/j.watres.2021.117033
- [4] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. (2020). *Obličejové roušky pro veřejnost – Minimální požadavky, zkušební metody a používání* (TNI CWA 17553 80 6099). Říjen 2020.
- [5] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. (2020). *ČSN EN 14683+AC: 2020, Zdravotnické obličejové masky – Požadavky a metody zkoušení*. Česká technická norma.
- [6] ČSN EN 13274-7. (2020). *Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Metody zkoušení – Část 7: Stanovení průniku aerosolu filtrem proti částicím* [Respiratory protective devices - Methods of test - Part 7: Determination of particle filter penetration]. Třídící znak: 832205. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [7] K.Škréta, *Informace o ochraně dýchadel -1. část* (2023), cit. [12.07.2024]; dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/informace-o-ochrane-dychadel>
- [8] MOHYLOVÁ, MUDr. Veronika, 2020. *Možnosti ochrany dýchacích cest nejen v době pandemie COVID-19*. Ostrava. Atestační práce. Lékařská fakulta Ostravské univerzity.
- [9] ČSN EN 149+A1. (2009). *Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtrační polomasky k ochraně proti částicím – Požadavky, zkoušení a značení*. Třídící znak: 832225. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

Korešpondenční adresa

1. Ing. Ružena Langová: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra bezpečnosti práce a procesů, Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava – Výškovice, Česká republika, Tel: +420 735 091 186, email: ruzena.langova@vsb.cz
2. doc. Ing. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D., MBA: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i. (VÚBP, v. v. i.), Odborné pracoviště pro nanobezpečnost, Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1 – Nové Město, Česká republika, Tel.: +420 221 015 869, e-mail: klouda@vubp.cz