



NÁVOD NA DOMÁCÍ VÝROBU A BEZPEČNÉ POUŽITÍ 3D TIŠTĚNÉ OCHRANNÉ MASKY

Náš tým z Katedry elektrotechnologie a Katedry elektroenergetiky Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze testoval možnosti ochranné masky, kterou by bylo možné tisknout na běžných domácích 3D tiskárnách, jež vrství materiál z roztaveného plastu. Laická i odborná veřejnost si tiskem ochranných pomůcek na těchto tiskárnách většinou není jistá, protože tištěné objekty mají typicky zřetelné vrstvení a velkou pórovitost povrchu, kde by se mohly držet infekční částice. Ve spolupráci s Ústavem imunologie a mikrobiologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy se nám ale podařilo prokázat, že při vhodné a pravidelné dezinfekci nejsou masky zdravotně závadné. Zároveň jsme navrhli úpravu volně dostupného modelu a vhodný filtrační materiál – nanovláknennou textilií; dají se ale použít i běžně dostupné materiály jako je bavlněné plátno či materiál z lékařské roušky. Výhodou tohoto řešení je filtrace infekčních částic při nádechu i výdechu – při dobrém přilnutí masky k tváři tedy zvyšujete ochranu sebe i svého okolí. V tomto dokumentu uvádíme ucelený návod, jak si takovou ochrannou masku vyrobit na 3D tiskárně, a zásady bezpečného používání masky, které vyplynuly z provedených testů a konzultací s odborníky. Protože stále probíhají některé testy, budeme tento návod případně dále aktualizovat.

Důležité upozornění!

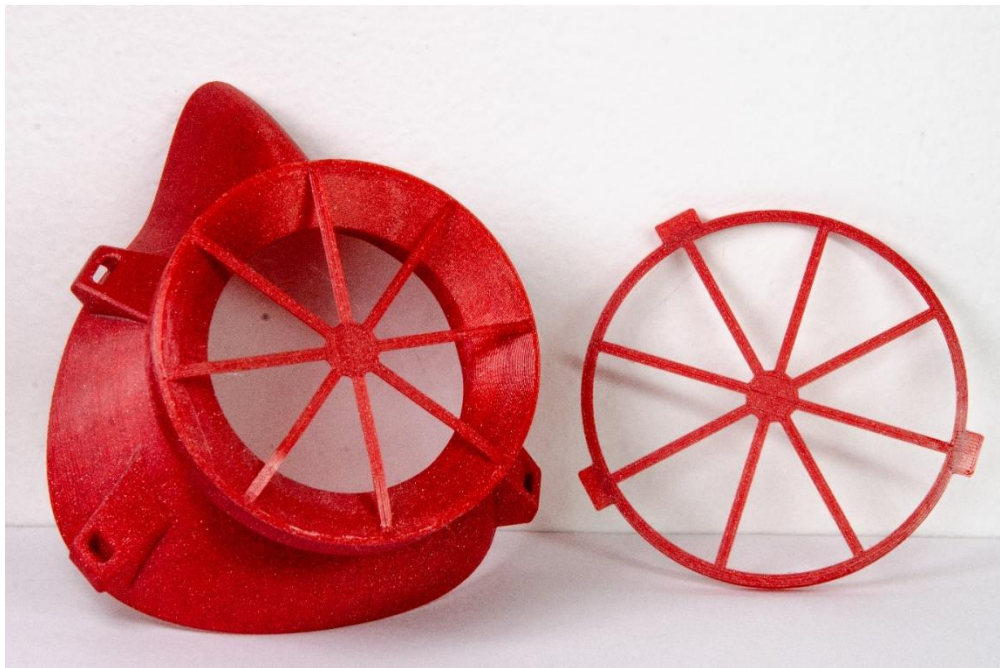
Předložený návod je nutné chápat jako naši snahu pomoc při krizové situaci. Ochranná maska nebyla testována v takovém rozsahu, abychom byli schopni určit přesnou účinnost filtrační látky nebo dezinfekce povrchu masky, který se samozřejmě může trochu lišit od použitého materiálu a nastavení vaší tiskárny. Na základě níže předkládaných zahraničních studií a zdrojů, provedených testů, a především diskuzí s odborníky lze však masku doporučit jako improvizovanou ochranu, která sníží riziko vaší infekce. Platí ovšem, že každý masku tiskne a následně používá na vlastní riziko, neboť se nejedná o certifikovanou osobní ochrannou pomůcku. Při její výrobě se řiďte našimi bezpečnostními pokyny, také však experimentálním citem a zdravým rozumem.

1. Model a tisk masky

Náš tým přejal a použil volně dostupný model „COVID-19 MASK“ z internetové databáze Thingiverse.com, který původně vytvořila španělská firma La Factoría 3D a který je určený pro 3D tisk metodou FFF (Fused Filament Fabrication – tisk pomocí roztaveného plastového vlákna). Tento model byl ve spolupráci s firmou Y Soft upraven tak, aby do masky bylo možné jednoduše vkládat látkový filtr a bylo zajištěné utěsnění okolo filtru. Tento upravený model si můžete stáhnout [zde](#). Skládá se ze dvou částí – skeletu masky a krycí mřížky, která fixuje filtrační materiál. Je dostupný ve třech velikostech: S, M a L. Pro správný výběr si přeměřte vzdálenost od kořene nosu po bradu (rozměr X) a svoji velikost si najdete v níže uvedené Tabulka 1.

Tabulka 1. Rozměry jednotlivých variant masky

Velikost	Výška masky (cm)	Šířka masky (cm)	Rozměr X (cm)
L	12.5	10	11.5–12.5
M	11.8	10	11–11.8
S	10.5	9.5	10–11.3



Obrázek 1. Tištěné části ochranné masky

Během výzkumu jsme testovali různé materiály a nastavení tiskárny, abychom zjistili, zda mohou mít tyto parametry vliv na bezpečné používání masky a její dezinfekci. Z testů realizovaných ve spolupráci s Ústavem imunologie a mikrobiologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy vyplývá, že jsou mezi testovanými variantami drobné rozdíly. Vhodné varianty jsou uvedeny v následující tabulce. Masky byly vytištěny na tiskárnách Original Prusa i3 (MK2S a MK3S) a kromě materiálu jsme zkoušeli různé nastavení výšky vrstvy a úpravu tištěného povrchu – v případě materiálu ASA leptání v acetonových parách, v případě PET-G nátěr dvousložkovou epoxidovou pryskyřicí.

Tabulka 2. Doporučené materiály a nastavení 3D tiskárny podle provedených testů

Materiál	Teplota trysky (°C)	Teplota podložky (°C)	Výška vrstvy (mm)	Povrchová úprava
PET-G	245	85	0,15	Žádná
PET-G	245	85	0,35	Epoxidová pryskyřice
ASA	270	110	0,35	Žádná
PLA	220	70	0,35	Žádná
PolyMax	220	45	0,20	Žádná

Kompletní zprávu z testování si můžete otevřít [zde](#). Přestože jsou tištěné díly typicky porézní s jasně zřetelným vrstvením, obecně lze říct, že masky tištěné metodou tisku FFF jsou bezpečné za předpokladu správného zacházení a pravidelné dezinfekce (podrobně v kapitole 5 – Doporučené zásady používání a dezinfekce). Při volbě menší výšky vrstvy tisku bude povrch méně členitý a dezinfekce může být účinnější. Na druhou stranu velmi detailní tisk (okolo 0.05 mm výšky vrstvy) nebyl testován a podle pozorování zde může docházet k nesmáčení povrchu dezinfekčním prostředkem, čímž se naopak účinnost dezinfekce sníží. Další testování (již přímo s novým typem koronaviru) aktuálně probíhá. Na jeho základě budeme tabulku i naše doporučení aktualizovat.

2. Filtrační materiál

2.1. Úvod do problematiky

V současné době existuje značně široké povědomí veřejnosti o materiálech použitelných pro filtraci vzduchu s ohledem na zachycení virových částic. Často je jako primární vlastnost brána pouze filtrační schopnost užitého materiálu, nicméně stejně tak důležitá je i jejich prodýchatelnost a navlhavost, resp. životnost. Věnujme se ovšem nejprve dvojici filtrační schopnost + prodýchatelnost.

Vědci z University of Cambridge publikovali v roce 2013 svůj výzkum¹ zaměřující se právě na zmíněnou dvojici parametrů u materiálů běžně dostupných v domácnosti. Praktické výstupy tohoto výzkumu jsou k dispozici [zde](#). Z výsledků je evidentní, že nejlepší kombinací filtrační schopnosti a prodýchatelnosti disponuje lékařská rouška (chirurgická maska). Tento výsledek není zcela překvapivý, nicméně jako zajímavá se může jevit poměrně podobná filtrační schopnost běžného bavlněného trika či povlaku na polštář. Kromě toho je zarážející i marginální přírůstek dvojitého vrstvení těchto materiálů, především s ohledem na výrazné snížení prodýchatelnosti.

Je nutné mít na paměti, že tyto hodnoty byly naměřeny pro ideální případ těsnění, a tedy nereprezentují efektivitu reálných pomůcek, či pomůcek vytvořených z těchto materiálů. Lékařská rouška má celkem těsný kontakt s obličejem díky elastickým prvkům a tvarově upravitelné části, jíž se překrývá nos, a lze s ní tedy v rámci mezí dosáhnout poměrně dobré těsnosti ochranné pomůcky. Nemůže se ovšem v žádném případě rovnat s vhodně upravenou a utěsněnou polomaskou či maskou, u níž se při použití filtračního materiálu uvedeného ve výzkumu předpokládá přiblížení se či dosažení naměřených parametrů.

¹ <https://www.cambridge.org/core/journals/disaster-medicine-and-public-health-preparedness/article/testing-the-efficacy-of-homemade-masks-would-they-protect-in-an-influenza-pandemic/0921A05A69A9419C862FA2F35F819D55>

Uvědomme si však, že uvedené účinnosti je vhodnější chápat inverzně, tedy jako procento virů, jež filtrem projdou. Vzhledem k tomu, že k nakažení člověka může dojít i při inhalaci pouze jednoho virionu², je při teoretickém výskytu samotných virionů (průměr přibližně 100 nm) na vnější straně filtru nedostačující jak inverzní účinnost bavlněného filtru (26 až 49 %), tak i lékařské roušky (3 až 11 %). Naštěstí se však virus v běžných situacích vyskytuje v kapénkách, jež mají řádově větší rozměry (jednotky až desítky mikrometrů) a filtr je tedy mnohem snáze zachytí. Těchto kapének člověk při zakašlání uvolní až 3.000, což je zhruba stejné množství jako za pět minut mluvení. Kýchnutí naopak může uvolnit až 40.000 kapének³. Při bilaterálním použití (potenciálně nakažený – nenakažený) ochranných pomůcek a udržování bezpečné vzdálenosti se počet kapének dosahujících ochrany nenakaženého naštěstí drasticky snižuje. Při krátkodobém kontaktu s potenciálně nakaženým je tak riziko přenosu minimální. Nebezpečí ovšem hrozí v případě, že se ve filtru zachytí kapénka obsahující virus a nechá se vyschnout (typicky při přerušení používání ochranné pomůcky na delší dobu). Když posléze dojde k opětovnému použití ochranné pomůcky bez provedení vhodné dezinfekce či výměny filtru, s vysokou pravděpodobností uživatel usazený virus inhaluje.

Zde se vracíme k výše zmíněné problematice navlhavosti. Kromě zmíněných kapének zachytává respirační filtr rovněž i částice vodní páry obsažené ve vzduchu. Vzhledem k relativně vysokému obsahu vodní páry ve vydechaném vzduchu (v průměru zhruba 70% relativní vlhkost při teplotě přibližně 33 °C)⁴ se filtr může v krátké době nasýtit. Zvýšená teplota a vlhkost s sebou mimo jiné přinášejí riziko vzniku a růstu bakteriálních kolonií, které uživatel může následně vdechnout. Proto je zapotřebí pomůcky po použití vyhodit do uzavíratelné nádoby (v případě jednorázových) či dezinfikovat (převarit + vyžehlit / ponořit do dezinfekční lázně). V případě (jednorázové) lékařské roušky se uvádí maximální bezpečná doba kontinuálního používání 2 až 3 hodiny. Tato hodnota se odvíjí od míry fyzické aktivity uživatele a také od okolního prostředí. Při nízké zátěži a ve venkovním prostředí lze tak roušku bezpečně používat i po vícero hodin.

Ovšem i v případě bilaterálního (nakažený – nenakažený) použití ochranných pomůcek s uvedenými filtry nelze možnost přenosu zcela vyloučit. To je logicky nepřipustné při dlouhodobějším (desítky minut a více) kontaktu s potenciálně nakaženou osobou. Nápodobně jsou zmíněné filtry nedostačující v případě lékařských zákroků, u nichž dochází k výskytu kapének ve formě aerosolu. V obou případech je tedy nutné užít filtr s mnohem vyšší filtrační schopností.

2.2. Doporučené filtrační materiály

Jako preferovanou a pravděpodobně nejúčinnější variantu doporučujeme použít nanovláknennou textilii. Pro potřeby výroby této ochranné masky jednáme mimo jiné o distribuci textilie SpurTex VS od firmy Spur a.s., která má podle **technického listu** filtrační účinnost samotných virových částic až 94 %, v případě kapének tato účinnost značně překračuje 99 %. Distribuci zajišťuje firma Y Soft, obraťte se na jejich **webové stránky**. Je však třeba podotknout, že jsou obecně nanovláknenné materiály nedostatkovým zbožím a primárně jsou určeny pro výrobu profesionálních respirátorů, proto budou dostupné pouze v omezeném množství.

Je však možné využít i filtrů z výše uvedených materiálů, tj. například bavlněné plátno či látku z lékařské roušky. Látku dále můžete ponořit do solného roztoku, čímž filtrační účinnost

² <https://www.sciencedaily.com/releases/2009/03/090313150254.htm>

³ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143281/>

⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925400519315709>

ještě zvýšíte⁵. Na následujících obrázcích je naznačeno, jak správně filtrační materiál (v našem případě například z lékařské roušky) do masky vložit. Je vhodné mít větší kus látky, který vložíte do masky a zajistíte krycí mřížkou. Teprve poté upravíte látku na požadovanou velikost obštížením.



Obrázek 2. Vložení filtračního materiálu do ochranné masky



Obrázek 3. Úprava filtru obštížením

⁵ <https://www.nature.com/articles/srep39956>

3. Těsnění masky ve styku s obličejem

Přilnutí masky k obličejí je základním předpokladem, aby maska dobře fungovala. Dýchání tak bude probíhat pouze přes vložený filtr a nikoli mezerami okolo krajů masky. Je také důležité, aby maska na obličejí dobře a pohodlně seděla a nezpůsobovala lokální otlaky, protože jakékoli zranění na obličejí je v době probíhající pandemie velmi nežádoucí. Základní úpravou masky je proto vložení těsnění na okraje masky.

Doporučujeme použít lemovací těsnění s profilem o výřezu okolo 2 mm. Zkoušeli jsme jak silikonové profily (bílé těsnění na obrázku), tak gumové černé těsnění, které je o něco tvrdší, ale lépe drží tvar. Pro masku velikosti L by vám měla stačit délka těsnění přibližně 36,5 cm, pro masku velikosti S přibližně 32 cm. Silikonové těsnění je potřeba k masce minimálně v několika bodech přilepit. Další možností je silikonové těsnění, které se používá na okna či dveře. To je potřeba přilepit po celém vnitřním obvodu kraje masky. Bohužel lepené spoje často neodolávají dezinfekčním roztokům. Jistě vás však napadnou i další možnosti, které jsme nezmínili.



Obrázek 4. Pohled na masku ze strany těsnění

Pokud by samotné těsnění nestačilo k dokonalému přilnutí masky, lze masku po lokálním zahřátí na okrajích natvarovat přesně na váš obličej. To je možné provést například fénem na vlasy nebo horkovzdušnou pistolí; doba zahřívání však samozřejmě závisí na daném materiálu. PLA je tvárné při teplotě přibližně 55 °C, PET-G při 68 °C a materiál ASA dokonce až při 93 °C. Příliš nedoporučujeme masku ponořovat do horké či vroucí vody. Obecně jsou tyto polymerní materiály do značné míry hygroskopické a mohlo by tak dojít ke změně vlastností, případně i ke zhoršení účinnosti doporučené dezinfekce.

Po utěsnění již stačí provléknout otvory na bocích masky gumičky pro uchycení na hlavě a maska je připravena k používání.

4. Doporučené zásady používání a dezinfekce

Ochranná maska je vhodná a doporučená na krátkodobé používání především v prostorech s vyšší koncentrací lidí, například při cestování MHD nebo nakupování. Není příliš vhodná pro činnosti se zvýšenou fyzickou zátěží, protože je její prodyšnost ve srovnání například s lékařskou či látkovou rouškou horší. Při používání dále dbejte následujících zásad:

- Při manipulaci s maskou se dotýkejte pouze uchycovacích gumiček, především po jejím použití. V ideálním případě kombinujte ochrannou masku a ochranné rukavice.
- Dezinfikujte masku vhodnými prostředky po každém použití, nejdéle po 6 hodinách nepřetržitého používání.
- Filtrační materiál, ať už používáte jakýkoli, doporučujeme po použití zlikvidovat a pro další použití masky vložit nový.
- Při styku s nakaženou osobou doporučujeme zlikvidovat celou masku.
- Masku si mezi sebou nestřídejte ani při použití dezinfekce.
- Po přibližně 14 dnech používání je vhodné změnit typ dezinfekčního prostředku.
- Při známkách poškození masky ji pokud možno okamžitě nahraďte.

Pro dezinfekci doporučujeme celou masku ponořit na 20 minut do dezinfekčního roztoku. Na základě **výsledků testování** lze použít následující prostředky:

- Sterilium Med (dezinfekce na bázi etanolu)
- Skinman Soft (dezinfekce na bázi izopropylalkoholu)
- Savo Originál (dezinfekce na bázi chlornanu sodného) v koncentracích doporučených výrobcem

V případě nedostatku uvedených prostředků, lze podle konzultací s odborníky použít i čistý izopropylalkohol. Dezinfekci čistým etanolem ovšem nedoporučují kolegové z Prusa Research⁶. V případě dezinfekce v prostředku Savo masku před nandáním na obličej důkladně opláchněte pod tekoucí vodou.

Tyto přípravky však mají na kůži vysušující účinky. Proto doporučujeme nechat masku před dalším použitím řádně vyschnout a pokožku na obličej mazat vhodnými zvlhčujícími přípravky.

Doporučené zásady byly diskutovány s odborníky z Ústavu imunologie a mikrobiologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Autoři děkují především MUDr. Emilu Pavlíkovi, CSc., který prováděl výše zmíněné testy. Dále patří velké poděkování Vědecko-servisní skupině Virologie Mgr. Jana Webera, CSc., z Ústavu organické chemie a biochemie Akademie věd České republiky, která stále provádí testování účinnosti dezinfekčních prostředků přímo pro virus Covid-19.

⁶ https://help.prusa3d.com/cs/article/prusa-face-shield-disinfection_125457

Budeme moc rádi, když pomocí tohoto návodu pomůžete chránit sebe a své okolí. A také budeme moc rádi, pokud pomůžete vyrábět ochranné pomůcky i pro své okolí a pro ty, kteří to v dnešní době potřebují nejvíc. Nezapomeňte ovšem také s vytištěnými maskami sdělovat upozornění a postupy dezinfekce, které jsou v tomto dokumentu uvedeny.

Pokud budete mít nějaké postřehy či návrhy na zlepšení tohoto řešení, můžete nám napsat na email: tichyto4@fel.cvut.cz.

Autoři návodu

- **Ing. Tomáš Tichý**
Katedra elektrotechnologie, FEL ČVUT v Praze
- **Ing. Ondřej Šefl**
Katedra elektroenergetiky, FEL ČVUT v Praze
- **Ing. Petr Veselý**
Katedra elektrotechnologie, FEL ČVUT v Praze
- **doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D.**
Katedra elektrotechnologie, FEL ČVUT v Praze



DOPLNĚNÍ NÁVODU NA ZÁKLADĚ NOVÝCH VÝSLEDKŮ TESTOVÁNÍ

Ve zveřejněném návodu jsme avizovali doplnění nových dat na základě provedených testů. V tomto dokumentu bychom rádi zveřejnili nové poznatky, které z těchto výsledků plynou.

Důležité upozornění!

Předložený návod je nutné chápat jako naši snahu pomoc při krizové situaci. Ochranná maska nebyla testována v takovém rozsahu, abychom byli schopni určit přesnou účinnost filtrační látky nebo dezinfekce povrchu masky, který se samozřejmě může trochu lišit od použitého materiálu a nastavení vaší tiskárny. Na základě níže předkládaných zahraničních studií a zdrojů, provedených testů, a především diskuzí s odborníky lze však masku doporučit jako improvizovanou ochranu, která sníží riziko vaší infekce. Platí ovšem, že každý masku tiskne a následně používá na vlastní riziko, neboť se nejedná o certifikovanou osobní ochrannou pomůcku. Při její výrobě se řiďte našimi bezpečnostními pokyny, také však experimentálním citem a zdravým rozumem.

1. Výsledky virologických testů

Kolegové ze skupiny virologie Mgr. Jana Webera, CSc., Ústavu organické chemie a biochemie Akademie věd České republiky provedli testy pro ověření účinnosti dezinfekčních prostředků na 3D výtisky. Vzhledem k vytížení virologického oddělení byly testovány pouze výtisky z materiálu PET-G. Parametry tištěných vzorků jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 1. Nejlépe hodnocené materiály a nastavení 3D tiskárny podle provedených testů

Materiál	Teplota trysky (°C)	Teplota podložky (°C)	Výška vrstvy (mm)	Povrchová úprava
PET-G	245	85	0,15	Žádná

Jelikož se tento materiál a tiskové nastavení ukázalo jako vhodné pro dezinfikování virů i bakterií, lze tedy konstatovat, že je optimální pro tisk masek. Další testování vlivu rozlišení či tiskových materiálů na účinnost dezinfekčních prostředků nyní neplánujeme realizovat.

Celkovou zprávu zhodnocující měření si můžete přečíst na konci tohoto dokumentu. Sledované dezinfekce, které byly pro tento experiment použity, jsou:

- Sterilium Virugard
- Sterilium
- SAVO v koncentracích doporučených výrobcem
- 70% Propan-2-ol

Během experimentů byly vzorky v dezinfekci ponořeny po dobu 5–10 minut. Ovšem vzhledem k předchozím testům na dezinfekci masky od bakterií doporučujeme expozici po dobu alespoň 20 minut. Dezinfekční postup tedy provádějte podle instrukcí v návodu.

2. Použité materiály pro těsnění k obličeji

Na základě námětu jednoho z tiskařů jsme konzultovali možnosti použití gumového těsnění. Samotné těsnění může být například z materiálu EPDM (Etylen-Propylen-Dienový-Kaučuk), který není pro styk s pokožkou však příliš vhodný. Podle konzultací s chemiky by ovšem krátkodobá expozice v řádech desítek minut denně (pro kterou je maska určena) neměla škodit. Pokud ale máte citlivější pokožku, případně zpozorujete-li jakýkoliv náznak alergické reakce, otlačení nebo podobných zdravotních komplikací, masku nepoužívejte.

Jako ideální volba se tedy jeví používání silikonového těsnění, případně používání dotvarované masky bez těsnění. Je však důležité zamezit průnikům vzduchu mezi tvář a maskou.

3. Filtrační materiály

Ohledně výběru vhodných filtračních materiálů jsme řešení konzultovali s Dr. Ing. Vladimírem Ždímalem z Ústavu chemických procesů Akademie věd České republiky. Experimentálně bylo zjištěno, že vlivem mechanického zacházení a upnutí filtrační nanovlákněné textilie do masky dochází k narušení nanovláken ve filtračním materiálu. Filtrační schopnosti materiálu se tedy po upnutí do masky zhorší a nelze očekávat stejnou hodnotu jako v případě samostatného materiálu. Podle provedených experimentů může tento pokles činit 5–30 % v závislosti na konkrétním výrobcí materiálu a mechanickém

chování textilie (materiál typu melt-blown / nanostrukturovaný materiál). Takovýto pokles je běžný i pro jednorázové respirátory.

Měření bylo prováděno pro případ 95 l/min průtokového objemu aerosolu, což podle normy ČSN 149 + A1 odpovídá respiraci při těžké práci. Během experimentu se sledoval průnik monodisperzního aerosolu o 9 velikostech (mezi 20 a 400 nm) skrze masku. Výše uvedený pokles filtrační schopnosti byl sledovaný pro velikost částic 100 nm.

Dále byl při experimentech zjištěn značný pokles filtračních schopností masky v případech, kdy maska nebyla na testovací figuríně dobře utěsněna. Docházelo tak k průnikům aerosolu do vnitřní oblasti masky. Masku je tedy žádoucí nosit na obličeji dobře usazenou a zamezit tak netěsnostmi mezi tváří a maskou.

Autoři návodu

- **Ing. Tomáš Tichý**
Katedra elektrotechnologie, FEL ČVUT v Praze
- **Ing. Ondřej Šefl**
Katedra elektroenergetiky, FEL ČVUT v Praze
- **Ing. Petr Veselý**
Katedra elektrotechnologie, FEL ČVUT v Praze
- **doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D.**
Katedra elektrotechnologie, FEL ČVUT v Praze

Sample report

Experiment 21/04/20 anti-viral effect of several anti-viral agents on plastic 3D print material

Objective: Evaluate the anti-viral effect of Sterilium Virugard, Sterilium, SAVO and 70% Propan-2-ol on SARS CoV-2 virus, perform IF (immuno-fluorescence) assay without freezing of the recovered virus

Experiment was performed in 96-well plates using VERO-E6 cell line

- 1) 20 µL of SARS CoV-2 virus (approx. 10e6 IU/mL) was added on plastic parts (approx. 0.5x0.5 cm 150 µm PET) from 3D printer and let incubate for 30 minutes at RT
- 2) After incubation virus was recovered with 180 µL of tested disinfection agents (Sterilium Virugard, Sterilium, SAVO and 70% Propan-2-ol) and PBS as a control
- 3) Recovered virus was titered in IF assay in VERO-E6 cells with 1:2.5 serial dilution, starting from 10 µL. VERO-E6 cells were incubated for 72 hours in CO₂ incubator set to 37°C. After incubation IF assay was performed. Briefly, medium was washed out, cells were fixed using 4% PFA, cell membranes were perforated with 0.2% Triton-X100 and SARS-CoV-2 virus was labeled with 1st rabbit anti-SARS-CoV-2 antibody. 2nd anti-rabbit antibody was conjugated with Cy3 fluorophore and for signal detection was used fluorescent microscope.
- 4) Titer was counted by Reed-Muench method, compared to results from untreated control and results were expressed as virus titer reduction in percentage.

Results for paper from filter cartridge of respiratory mask: (RED = infected, GREEN = uninfected)

SARS CoV-2 virus - 30min/Sterilium Virugard (95% EtOH)

Dilution	SARS-CoV-2 titer IU/mL	SARS-CoV-2 IU in well	IF assay			% of wells uninfected	% of wells infected
			well 1	well 2	well 3		
0	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/2.5	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/6.3	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/15.6	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/39.1	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/97.7	0.00	0.00				100%	0%
1/244.1	0.00	0.00				100%	0%
1/610.4	0.00	0.00				100%	0%
1/1525.9	0.00	0.00				100%	0%
1/3814.7	0.00	0.00				100%	0%
1/9536.7	0.00	0.00				100%	0%

SARS CoV-2 virus - 30min/Sterilium (45% propan-2-ol, 30% propan-1-ol, 0,2% mecetroniumethylsulfate)

Dilution	SARS-CoV-2 titer IU/mL	SARS-CoV-2 IU in well	IF assay			% of wells uninfected	% of wells infected
			well 1	well 2	well 3		
0	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/2.5	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/6.3	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/15.6	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/39.1	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/97.7	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/244.1	0.00	0.00				100%	0%
1/610.4	0.00	0.00				100%	0%
1/1525.9	0.00	0.00				100%	0%
1/3814.7	0.00	0.00				100%	0%
1/9536.7	0.00	0.00				100%	0%

SARS CoV-2 virus - 30min/SAVO 1:10 (final concentration of sodium hypochlorite 0.47%)

Dilution	SARS-CoV-2 titer IU/mL	SARS-CoV-2 IU in well	IF assay			% of wells uninfected	% of wells infected
			well 1	well 2	well 3		
0	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/2.5	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/6.3	0.00	0.00				100%	0%
1/15.6	0.00	0.00				100%	0%
1/39.1	0.00	0.00				100%	0%
1/97.7	0.00	0.00				100%	0%
1/244.1	0.00	0.00				100%	0%
1/610.4	0.00	0.00				100%	0%
1/1525.9	0.00	0.00				100%	0%
1/3814.7	0.00	0.00				100%	0%
1/9536.7	0.00	0.00				100%	0%

SARS CoV-2 virus - 30min/Propan-2-ol (70%)

Dilution	SARS-CoV-2 titer IU/mL	SARS-CoV-2 IU in well	IF assay			% of wells uninfected	% of wells infected
			well 1	well 2	well 3		
0	0.00	0.00	cell detachment	cell detachment	cell detachment	100%	0%
1/2.5	0.00	0.00				100%	0%
1/6.3	0.00	0.00				100%	0%
1/15.6	0.00	0.00				100%	0%
1/39.1	0.00	0.00				100%	0%
1/97.7	0.00	0.00				100%	0%
1/244.1	0.00	0.00				100%	0%
1/610.4	0.00	0.00				100%	0%
1/1525.9	0.00	0.00				100%	0%
1/3814.7	0.00	0.00				100%	0%
1/9536.7	0.00	0.00				100%	0%

SARS CoV-2 virus - 30min/PBS no treatment control

Dilution	SARS-CoV-2 titer IU/mL	SARS-CoV-2 IU in well	IF assay			% of wells uninfected	% of wells infected
			well 1	well 2	well 3		
0	1 372 904	13 729				0%	100%
1/2.5	549 161	5 492				0%	100%
1/6.3	219 665	2 197				0%	100%
1/15.6	87 866	879				0%	100%
1/39.1	35 146	351				0%	100%
1/97.7	14 059	141				0%	100%
1/244.1	5 623	56				0%	100%
1/610.4	2 249	22				66.6%	33.3%
1/1525.9	900	9				100%	0%
1/3814.7	360	4				100%	0%
1/9536.7	144	1				100%	0%

Conclusion:

We were able to completely (100%) inactivate 1 372 904 IU/ml of SARS-CoV-2 virus applied on plastic 3D printer material after 30 minutes of incubation with subsequent wash using chosen disinfection agents (Sterilium Virugard, Sterilium, SAVO (1:10) and 70% propan-2-ol).