

Testování nově vyvíjených technologií sanitace povrchů a vzduchu ve vnitřních prostorách budov

RNDr. Bohumil Kotlík, Ph.D (1), MUDr. Věra Melicherčíková, CSc. (1), Ing. Jan Urban Ph.D. (1), pplk..Ing. Jiří Matějka (2)

(1) Státní zdravotní ústav, Praha

(2) Ministerstvo vnitra generální ředitelství HZS ČR

SZÚ, Šrobárova 49/49, Praha 10, 100 00, bohumil.kotlik@szu.cz

V tomto sdělení chceme informovat o výsledcích testů účinnosti specifických aplikačních metod sanace povrchů a vzduchu ve vnitřním prostředí staveb, jejichž rozsah a nabídka se významně rozšířily v souvislosti s probíhající epidemií SARS CoV-2. Testy byly zaměřeny na nejčteněji nabízené postupy tj. na použití otevřených a uzavřených (čističky vzduchu) zdrojů UV-C záření, fumigaci (použití biocidních látek) a ozonizaci. Zvláštní pozornost je věnována naplnění díkce souvisejících zákonů a předpisů EU a dodržování bezpečnostních zásad při aplikaci těchto postupů v pracovním i komunálním prostředí. Uvádíme i příklady čteně se vyskytujících problémů a nedostatků při aplikaci těchto technologií.

Problematikou používání nových technologických postupů sanitace ve vnitřních prostorách budov se Státní zdravotní ústav (SZÚ) zabývá již dlouho. Je to důsledek pandemie onemocnění COVID-19 a rychlého rozvoje možných dekontaminačních postupů ploch, povrchů a ovzduší. Zde bychom rádi uvedli a diskutovali výsledky terénního ověřování nových technologií, které jsme prověřovali v praktických podmínkách v roce 2020.

Pokud zadáme do vyhledávače Google slovo „dezinfekce“, objeví se asi 190 miliónů českých odkazů, u hesla sanitace jich je 268 tisíc (17. 1. 2021). Jedná se o logický důsledek poptávky vzniklé pandemií onemocnění COVID-19, způsobené obaleným virem SARS-CoV-2. Už jarní vyhlášení pandemie velmi názorně ukázalo, jak důležité je dodržování základních hygienických zásad včetně mytí a dezinfekce rukou, používání roušek a odpovídající dezinfekce prostor, povrchů a ovzduší. Veřejnost, a to i odborná v současnosti průběžně vznáší mnoho dotazů na to, jak je účinné UV (C) záření, ozón, dezinfekce metodou suché mlhy s různými dezinfekčními přípravky, které jsou (podle distributorů) účinné na dezinfekci ovzduší, bazénové a pitné vody, ale i ploch a povrchů, a to po dobu 3 týdnů až 2 let. Objevují se nové výrobky (čističky vzduchu), je snaha dezinfikovat fasády domů pro seniory, ulice, chodníky, pískoviště, lavičky, dopravní prostředky, ale i osoby, které přicházejí do práce či do veřejných prostor (obchodní centra apod.) pomocí dezinfekčních brán.

Předpisy

Připomeňme zde ještě tři další zdroje (které ale již tak frekventovaně využívány nejsou), a to:

- Wikipedie uvádí, že dezinfekce je ničení mikroorganismů – ne však nutně jejich spor – pomocí chemických a fyzikálních (např. UV záření, vysoká teplota) metod. Provádí se v místech se zvýšenými nároky na čistotu z důvodu minimalizace nebo zamezení výskytu infekcí (nemocnice, výroba potravin a léčiv). Dezinfekci lze také definovat jako čištění předmětu od některých nebo všech patogenních organismů, které mohou způsobit infekci (1).
- Vyhláška č. 306/2012 Sb., „o podmínkách předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče“ obsahuje zásadní informace. Jsou zde v příloze č. 4 uvedeny základní metody, způsoby, postupy a kontrolní procesy pro hodnocení účinnosti. Uvedené standardní

postupy mechanické očištění a dezinfekce rukou a pokožky, ploch a povrchů ponořením, otřením a postřikem jsou běžně používány ve zdravotnictví, komunální oblasti a ve veterinární péči. Tyto přípravky a postupy podléhají laboratornímu testování při aplikaci otřením, ponořením nebo postřikem. Dlouhodobě se ale jednalo jen o postupy a přípravky od výrobců a distributorů, kteří mají doloženy veškeré podklady požadované legislativou pro uvádění výrobků na trh v ČR (2).

- Zákon č. 258/2000 Sb., „o ochraně veřejného zdraví“ v platném znění v § 56 a § 58 řeší praktické provádění ochranné dezinfekce, která je zahrnuta do stávajících technologických postupů údržby nebo dezinfekčních plánů, provozních řádů apod. příslušných provozoven (3). Pokud se ale jedná o mimořádnou činnost, jak je přímo v § 56 uvedeno, tedy o cílenou likvidaci původců a přenašečů infekčních onemocnění, jedná se o speciální ochrannou dezinfekci (dezinsekcí a deratizací) – DDD. Speciální ochrannou DDD může provádět pouze fyzická osoba, která mimo jiné (viz § 58 zákona) má platné osvědčení o odborné způsobilosti. Pokud jsou pro speciální ochrannou dezinfekci používány nebezpečné chemické látky nebo chemické směsi, které mají, podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (4), přiřazenu třídu nebo třídy a kategorie nebezpečnosti: akutní toxicita kategorie 1, 2 nebo 3 nebo toxicita pro specifické cílové orgány po jednorázové nebo opakované expozici kategorie 1, pak je může používat jen fyzická osoba, která absolvovala odborný kurz pro práci s těmito látkami (3).

Při použití dezinfekčního přípravku na úrovni biocidu smí být podle § 56 písm. a) zákona 258/2000 Sb. v platném znění, používány jen přípravky dodané na trh v souladu s přímo použitelným předpisem Evropské unie o biocidních přípravcích. V tomto případě by to měly být dezinfekční přípravky s deklarovanou účinností proti obaleným virům. V ČR povoluje biocidy ministerstvo zdravotnictví.

Každé zdravotnické zařízení, provozovna, firma (pracovní prostředí), obchod atd. (komunální prostředí) má své provozní řády, na jejichž správnost a provádění má dohlížet příslušná hygienická stanice. Pokud pracovníci používají biocidy, musí mít k tomu odpovídající odbornou způsobilost a musí být vybaveni osobními ochrannými pomůckami. Samozřejmostí musí být i kontrola následné bezpečnosti dekontaminovaných prostor. Pokud je provozní řád správně nastaven (včetně pravidelného střídání dezinfekčních přípravků s různými účinnými látkami, aby nemohlo dojít ke vzniku rezistence), dodržován a prováděn, tak není potřeba využívat jiné procesy dezinfekce, jakou jsou strojové dezinfekce používání fumigačních prostředků pomocí ozónu, suchých mlh či fotokatalytických nátěrů apod.

Nové aplikační metody sanitace

Před příchodem koronavirové pandemie se v ČR netestovalo použití dezinfekčních přípravků postupem suché mlhy, natřením povrchů nanočásticemi různých chemických látek nebo v širší míře různé ozonizační procedury. Tyto informace nebyly a částečně dosud nejsou dostupné ani na odborné úrovni. Navíc stále v podstatě nelze v ČR testovat reálnou účinnost na eliminaci SARS-CoV-2 z ovzduší a povrchů. Současné postupy stanovují téměř výhradně účinnost dezinfekčních přípravků na základě eliminace různých virů na testovacích nosičích.

Pracoviště SZÚ Praha Národní referenční laboratoř pro dezinfekci a sterilizaci (NRL) ve spolupráci s hasiči, policií, armádou a záchranáři testovalo dekontaminační postupy a různé způsoby aplikace s různými přístroji. Všechny používané přípravky musí být uvedeny na trh ve shodě s legislativou EU, aplikační přístroje musí splňovat bezpečnostní parametry k ochraně zdraví. Stále platí, že se postupy dezinfekce provádějí v epidemiologicky zdůvodněných

případech a s ohledem na životní prostředí a odolnost materiálů, jejich toxicitu a dráždivost a z hlediska možných zdravotních rizik. I v nouzovém stavu platilo dodržování předpisů a provozních řádů, které hygienici mohli na základě epidemiologické situace zpřísnit.

V domácnostech a veřejně přístupných místech se samozřejmě mohou také využívat dezinfekční přípravky s virucidním účinkem proti obaleným virům. Zároveň je důležité, aby se přípravek používal dle údajů na etiketě (za správnost údajů na etiketě ručí dovozce či výrobce přípravku), čili ve správné koncentraci, době působení, způsobu použití přípravku (postřik, otření, ponor) a pro danou oblast použití (pro zdravotnictví, potraviny, průmysl, domácnosti a veřejné prostory a pro oblast veterinární péče). Samozřejmostí je doložení vlastností přípravku bezpečnostním listem (safety sheets). V případě dezinfekce potravinářských či průmyslových provozů, domácností či veřejných prostor nejsou metody testování založeny na eliminaci živočišných virů, proto se zde využívají přípravky, které byly testovány dle metod pro oblast zdravotnictví.

SARS-CoV-2 a zvýšená potřeba pokrýt mimo specifických a zdravotnických zařízení i komunální poptávku trh a nabídku zásadně ovlivnily. Potom, co odezněla vlna antivirových/virucidních přípravků, gelů a výrobků, u kterých testy na dezinfekci ploch prokazovaly minimální, v nejlepších případech antivirovou účinnost (dezinfekční přípravky musí vykazovat virucidní účinnost, což je redukce viru o 4 log řády), se v současnosti „antivirový“ trh v ČR soustředí víceméně na tři skupiny výrobků.

1. Zdroje UV-C záření

První skupinou jsou zdroje UV-C záření (otevřené i uzavřené „germicidní zdroje“)

Klasické germicidní lampy měly a mají, s ohledem na bezpečnost, přesně a jednoznačně definované podmínky pro použití. Jsou primárně určeny do pracovního prostředí a jejich používání se řídí provozními řády.

Významným způsobem se ale rozšiřuje nabídka „uzavřených“ systémů. Jedná se většinou o upravené čističky vzduchu. Ty jsou plošně doporučovány i pro provoz za přítomnosti lidí nebo do komunálního prostředí. Dezinfekce vzduchu je zde založena na průchodu vzduchu prostorem s aktivním UV-C zdrojem, kdy nedochází k průniku UV-C záření do prostředí. Účinnost závisí jak na rychlosti proudění vzduchu zařízením (doba setrvání – uvádí se nutná až 30 minutová expozice pro otevřené profesionální zdroje), tak na dosažení potřebné intenzity UV-C záření.

Podle NCBI (National Center for Biotechnology Information), která je součástí americké národní lékařské knihovny, bylo v roce 2009 (14) stanoveno, že dávka k eliminaci SARS-CoV-1 s účinností 99,99 % je $3,640 \mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$. Vezmeme-li v úvahu, že 1 Joule (J) odpovídá 1 W (W) na 1 sekundu (s), pak je hodnota potřebné dávky $36,4 \text{ J}/\text{m}^2$. Lze ale dohledat i údaje na úrovni až $200 \text{ J}/\text{m}^2$ (15).

Některé výrobky na trhu ale tato kritéria ani zdaleka nenaplnují. Takže se zde mohou objevit problémy s nedostatečnou intenzitou – výkonem UV-C lampy, (malý nedostatečný výkon pro vyčištění prostoru) nebo naopak příliš velkým průtokem vzduchu (nedostatečná doba působení záření) nebo s možnou související tvorbou O_3 .

Většina těchto výrobků na českém trhu pak nemá dostatečně prokázanou účinnost na dezinfekci vzduchu a omezuje se často na nepodložená tvrzení.

2. Dekontaminace pomocí suché mlhy z biocidních přípravků

Do druhé skupiny patří dekontaminační postupy využívající zmlžovače tzv. „suché“ mlhy z různých (často biocidních) přípravků někdy kombinované s ozonizací.

V dikci zákona č. 324/2016 Sb., „o biocidních přípravcích a účinných látkách a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o biocidech) musí být při aplikaci jednotlivých látek

uvedeno množství biocidní látky, teplota a vlhkost, doba působení, délka vyvětrání, možnosti kontroly provedené aplikace (5).

Aplikace suchou mlhou se provádí bez přítomnosti osob a zvířat. Pracovníci používají osobní ochranné pracovní oděvy, obuv a masky podle typu použitého biocidního přípravku.

Výsledky testování mikrobicidní účinnosti v SZÚ Praha jsou uvedeny v tabulce 1 (nebyla testována účinnost na koronaviry). Celkem bylo realizováno 36 jednotlivých testů, při kterých bylo otestováno 16 dezinfekčních přípravků a 9 dekontaminačních zařízení. Soubor všech dostupných výsledků je ale větší, zahrnuje i kooperaci SZÚ s dalšími subjekty (Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem a Výzkumný ústav stavebních hmot).

Jako účinné se ukázaly víceméně pouze přípravky na biocidní bázi – peroxid vodíku, Persteril 15 (směs peroxidu vodíku, kyseliny octové a kyseliny peroxyoctové), GPC8 (směs glutaraldehydu a kvartérní amoniové soli).

- *Někteří výrobci a dovozci či distributoři neměli biocidní látky uvedené na trh v ČR registrované podle Zákona č. 324/2016 Sb. o biocidech.*
Seznam látek k dezinfekci SARS-CoV-2 byl zveřejněn Evropskou agenturou pro chemické látky (European Chemicals Agency)(12). Seznam obsahuje přehled účinných látek, které byly schváleny nebo byly přezkoumány za účelem použití v dezinfekčních přípravcích a dále seznamem přípravků, které byly povoleny podle nařízení o biocidních přípravcích:
<https://data.europa.eu/euodp/cs/data/dataset/biocidal-products-lists-of-disinfectant-active-substances-and-products> (12)
- *Výrobci a dovozci často neměli laboratorně a prakticky prověřené metody aplikace přípravků suchou mlhou.*
- *Je zapotřebí kontrolovat, zda osoby provádějící nebo kontrolující tuto činnost mají potřebná a platná osvědčení o odborné způsobilosti.*
- *Na trhu existují různé přístroje, které generují suchou mlhu v uzavřeném prostoru. Tato zařízení musí být bezpečná pro použití v interiéru bez vyvolání zdravotních rizik.*
- *Nebylo hodnoceno možné poškození ošetřovaných materiálů při použití suché mlhy různých biocidních přípravků.*

Před použitím postupu suché mlhy je nutné provést mechanickou očistu a dezinfekci ploch a povrchů doporučenými čistícími a dezinfekčními přípravky. Aplikace suché mlhy tyto postupy nenahrazuje.

3. Ozónové generátory

Poslední velmi popularizovaným a medializovaným postupem je přímá ozonizace vnitřních ploch a prostor při použití ozonových generátorů. Na to je navázána nabídka čističek vzduchu, domácích ozonátorů a naopak deozonátorů a souvisejících služeb.

Heslo „dezinfekce generátory ozónu“ dalo 17. 1. 2021 na Google 1 420 tisíc odkazů. Trh tedy v tomto případě zareagoval velmi rychle. Ozón se většinou v generátorech vyrábí působením elektrických výbojů (vysokofrekvenční korónový výboj) nebo pomocí krátkovlnného ultrafialového záření (například UV-C) na molekuly kyslíku. Někteří výrobci a dodavatelé generátorů ozónu (ozonátory), nabízených jak pro profesionální použití, tak pro širokou laickou veřejnost ve svých návodech k použití uvádějí, že jejich zařízení čistí vzduch, zbavuje jej pachů (organických látek), dezinfikuje ovzduší, plochy a povrchy materiálů a že jejich postupy vykazují baktericidní, fungicidní a virucidní účinnost včetně účinnosti proti koronaviru SARS-CoV-2.

U generátorů ozónu (ozonátorů) je ale nutno rozlišovat „profesionální“ ozonátory s výkonem v řádu jednotek a více gramů O₃ na hodinu (lze dohledat až 25 g/h) a „home“

čističky vzduchu pro domácí použití, kde by koncentrace O₃ v prostředí neměly překročit 100 µg/m³ (0,05 ppm).

- *V dokládaných materiálech a i na webech distributorů je zapotřebí rozlišovat údaj o produkci O₃ v čase (většinou za hodinu) a možnou výslednou koncentraci O₃ v produkovaném vzduchu – objemovou koncentraci, která je emitována do prostředí. Ta ale přímo závisí na průtoku vzduchu.*
- *Dále platí, že se velmi často objevuje snaha nějakým způsobem doloženou účinnost dezinfekce ploch vztáhnout, a to zcela neopodstatněně, k účinnosti při dezinfekci vzduchu (často je v těchto případech nesprávně používán termín sterilizace).*
- *V žádné nabídce těchto přístrojů nebylo na webu dohledáno upozornění ohledně používání vysoko-koncentračních ozonátorů v obytných místnostech, kde se mohou vyskytovat květiny, zvířata nebo upozornění na možnost destrukce plastů, tisků či například obrazů (byty, školy, úřady apod.). Je zřejmé, že by skupina přístrojů s produkcí O₃ nad 200 µg/m³ měla podléhat taxativně definovaným pravidlům používání.*

a) Domácí, ale i profesionální čističky vzduchu s ozonizací nebo s UV-C uzavřeným systémem určené pro vnitřní komunální a pro pracovní prostředí, kde je pohyb osob, by neměly překročit:

- a. doporučení WHO (13) - (hodinová maximální nejvyšší koncentrace 100 µg/m³ = 0,05 ppm)
- b. limity stanovené NV č. 361/2007 ve znění nařízení vlády č. 246/2018 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (u O₃ je PEL = 100 µg/m³ a NPK-P = 200 µg/m³; 0,05 a 0,1 ppm) (6)
- c. hodinový limit O₃ stanovený vyhláškou č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb v hodnotě 100 µg/m³ (0,05 ppm) (7).

Diskuzi nad účinností těchto zařízení z hlediska schopnosti eliminovat pachy, dezinfekcí ovzduší včetně, ploch a povrchů materiálů, diskuzi nad uváděnou baktericidní, fungicidní a virucidní účinností včetně účinnosti proti koronaviru SARS-CoV-2 poměrně jednoznačně uzavřel dokument vydaný US EPA (United States Environmental Protection Agency – Agentura pro ochranu životního prostředí Spojených států) „Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners“ aktualizovaný v září 2020 (8). EPA zde uvádí:

- Existují důkazy, které prokazují, že při koncentracích, které nepřekračují kritéria pro ochranu veřejného zdraví, není ozón účinný při odstraňování mnoha chemikálií způsobujících zápach.
- Pokud je ozón aplikovaný do vnitřního ovzduší používán v koncentracích, které nepřekračují kritéria pro ochranu veřejného zdraví, nelikviduje účinně viry, bakterie, plísňe ani jiné biologické znečišťující látky.
- Dostupné vědecké důkazy ukazují, že při koncentracích, které nepřekračují kritéria pro ochranu veřejného zdraví, je ozón obecně neúčinný při kontrole znečištění vnitřního ovzduší.

Shrňeme-li to do krátkého závěru, tak průběžná ozonizace zdravotně bezpečnými koncentracemi ozónu nepřináší žádné výhody, protože je naprosto neúčinná.

b) Ozónové generátory

Z hlediska zajištění bezpečnosti spadají ozónové generátory s produkcí jednotek a více gramů O₃ za hodinu do zcela jiné kategorie. Mimo hodnocení účinnosti je zde zásadní i zajištění bezpečnosti.

Bezpečnost

Za normálních podmínek je ozón vysoce reaktivní plyn modré barvy a charakteristického zápachu s mimořádně silnými oxidačními účinky. Má silně dráždivé účinky na oční spojivky a dýchací cesty a ve vyšších koncentracích způsobuje ztížené dýchání a zánětlivou reakci sliznic v dýchacích cestách. Zvýšeně citlivé vůči expozici ozónu jsou osoby s chronickými obstrukčním onemocněním plic a astmatem. Krátkodobé akutní účinky ozónu, počínaje drážděním očí jsou postřehnutelné při koncentracích ozónu okolo 200 µg/m³ (0,1 ppm), ale i nižších. Symptomatické účinky na dolní a horní cesty dýchací se objevují při vyšších koncentracích ozónu, a to zejména u vnímavější části populace. U dětí může dojít ke snižování plicních funkcí již při koncentracích ozónu okolo 220 µg/m³ (0,11 ppm). Různé příznaky, včetně kašle a bolesti hlavy, byly spojeny s koncentracemi ozónu pouhých 160 až 300 µg/m³. Při hodinové expozici 1 000 µg/m³ (0,5 ppm) již dochází k vážným akutním škodlivým účinkům. Koncentrace vyšší než 1 ppm (2 000 µg/m³) vedou v několika minutách k smrti (9). Při používání je tedy nutno zachovávat vysokou míru ochrany a bezpečnosti. I zde je zapotřebí kontrolovat zda osoby provádějící nebo kontrolující tuto činnost mají potřebná a platná osvědčení o odborné způsobilosti.

Účinnost

Podle „Inactivation of Coronaviruses in food industry: The use of inorganic and organic disinfectants, ozone, and UV radiation, *Scientia Agropecuaria* 11(2): 257 – 266 (2020) (10)“ koncentrace ozonu mezi 10 až 20 ppm (20 až 40 mg/m³) při 10 až 15 minutové aplikaci snižují množství SARS-CoV-2 o 3,5 log. Podobnou, částečně účinnou koncentrací O₃, uvádí autoři v „Development of a Practical Method for Using Ozone Gas as a Virus Decontaminating Agent, *Science & Engineering*, 31: 216–223, 2009 (11)“, kde při testech na chřipkový virus (H3N2), HSV (herpes simplex virus typu 1), rhinovirus typu 1A a 14 (RV 1A a RV 14); Adenovirus typu 3 a 11 a na myši koronavirus byla v laboratorních podmínkách prokázána účinnost 3 log.

NRL Státního zdravotního ústavu v Praze testovala dekontaminační účinnost ozónu při ošetření vybraných povrchů (nosiče: sklo, kov, PVC, textil). Mikrobicidní účinnost se testovala na standardních testovacích mikroorganismech, které jsou podle norem ČSN EN doporučeny k testování účinnosti chemických látek na bakteriích *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, mikroskopických vláknitých houbách *Aspergillus brasiliensis* a modelovém viru (bakteriofág) *E.coli bakteriofág φX 174*. Densita/hustota mikrobů na nosičích byla 10⁷⁻⁸ cfu/ml u bakterií a plísní a 10⁷ pfu/ml u bakteriofága. Účinnost na SARS-CoV-2 v SZÚ Praha testována nebyla. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 2. Účinek ozonizace byl testován v 5 experimentech s přístroji dle návodů a doporučení výrobců nebo byly použity i vyšší koncentrace a doby působení ozónu, kde bylo použito i několik ozonátorů současně. Teoretický výkon ozonátorů byl 7 g/h, 10 g/h, 14 g/h nebo 20 g/h ozónu. Reálně měřená koncentrace ozónu v ozonizovaném prostoru je však vždy výrazně nižší, vzhledem k jeho úniku, rozkladu a interakci s materiály, netěsnostmi v místnostech apod.

Při testování účinnosti na dekontaminaci ovzduší došlo k poklesu spor plísní o 68–50 % (což je méně než 1 log). Jednalo se o testy 3 a 4, kde podmínky testování jsou uvedeny v tabulce 2. Výsledky testování neprokázaly dekontaminační (dezinfekční) účinnost ozónu aplikovaného pomocí generátorů ozónu (viz tab. 2). Může se zde ale jednat i o nevhodně nastavená pravidla používání těchto přístrojů. Jak je z tabulky zřejmé, byly naměřeny hodnoty ozónu, které jsou akutně toxické pro člověka. Přesto mikrobicidní účinnost na vybrané mikroorganismy, které

byly nanесeny na různé povrchy neporéznych a poréznych materiálů, nebyla prokázána. Parametr možného poškození materiálů (plasty, koroze kovů), které byly v ošetřovaném prostoru, nebyl hodnocen. Po ošetření ozónem je nutné místnosti vyvětrat, aby nedocházelo k riziku poškození zdraví osob, které prostor používají. Po provedené ozonizaci by měly být měřeními v ošetřených prostorách prokázány takové hodnoty zbytkového ozónu v ovzduší, které zajišťují ochranu veřejného zdraví.

Testované postupy nevykazovaly účinnost na bakterie, plísně a viry (bakteriofág), kterou uvádějí slovně či v návodech jejich výrobci a dodavatelé.

Závěr

Aktuálně trhem nejvíce nabízené postupy sanitace se v současnosti soustřeďují na použití UV-C záření – přímé a uzavřené zdroje, fumigaci a ozonizaci. Jedná se částečně o nové technologie dekontaminace, které ale musí být založené na vědeckých důkazech a praktickém prověřování jejich účinnosti. Podle realizovaných testů a dohledatelných podkladů v odborné literatuře řada těchto výrobků nezajišťuje dostatečnou ochranu a distributoři nejsou schopni doložit uváděné údaje o účinnosti.

Na základě výše uvedených odborných informací je nesnadné se vyjádřit k potřebnosti výše uvedených druhů opatření nebo vydat doporučení z hlediska četnosti a volby sanitačních prostředků. Vyjádření SZÚ zahrnuje používání fumigačních prostředků a k tomu vyrobených přístrojů k ošetření ploch, povrchů a ovzduší suchou mlhou, UV-C zdroji a použitím ozónu. Fotokatalytické postupy zatím nebyly v dostatečné míře řešeny.

Přesto lze shrnout několik základních bodů:

- Naprosto zásadní je zákon č. 258/200 Sb., „o ochraně veřejného zdraví“ a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění § 56 a § 58. V těchto paragrafech je řešeno praktické provádění ochranné dezinfekce, která je zahrnuta do stávajících technologických postupů údržby nebo dezinfekčních plánů, provozních řádů apod. příslušných provozoven. Pokud se ale jedná o mimořádnou činnost, jak je přímo v § 56 zákona č. 258/2000 Sb. uvedeno, o cílenou likvidaci původců a přenašečů infekčních onemocnění, jedná se o speciální ochrannou dezinfekci (dezinfekci a deratizaci) – DDD. Speciální ochrannou DDD může provádět pouze fyzická osoba, která mimo jiné (viz § 58 zákona č. 258/2000 Sb.) má platné osvědčení o odborné způsobilosti. Pokud jsou používány nebezpečné chemické látky nebo chemické směsi (viz výše) musí mít tyto osoby i osvědčení o této činnosti.
- Zatímco pro klasické otevřené zdroje UV-C záření (germicidní lampy) jsou stanoveny poměrně rigidní pravidla používání, uzavřené zdroje (čističky vzduchu) nejsou zatím nijak řešeny. Účinnost UV-C zdrojů přitom závisí na minimální nutné intenzitě záření a nutné době ozáření vzduchu/ploch. Některé výrobky na trhu tato kritéria ani zdaleka nenaplnují. Takže se zde mohou objevit problémy s nedostatečnou intenzitou – výkonem UV-C lampy, (malý nedostatečný výkon pro vyčištění prostoru) nebo naopak příliš velkým průtokem vzduchu (nedostatečná doba působení záření) nebo s možnou související tvorbou O₃. Většina těchto výrobků na českém trhu nemá dostatečně prokázanou účinnost na dezinfekci vzduchu a omezuje se často na nepodložená tvrzení.
- Biocidní látky doporučené výrobcem k aplikaci suchou mlhou musí být uvedené na trh v ČR podle zákona č. 324/2016 Sb., „o biocidech“. Před použitím postupu aplikace biocidů formou suché mlhy je nutné provést mechanickou očistu a dezinfekci ploch a povrchů doporučenými čistícími a dezinfekčními přípravky podle provozních řádů pracoviště. Aplikace suché mlhy tyto postupy nenahrazuje, k frekvenci použití se nelze vyjádřit.
- Generátory ozónu lze použít pouze jako doplňkovou metodu po provedené mechanické očištění a dezinfekci. Může se využít pouze při zabezpečení podmínek ochrany a bezpečnosti

zdraví osob k dezodoraci. Důležité je, zvláště v případě profesionálních generátorů ozónu s výkonem v řádu jednotek gramů O₃/h, které mají určitou účinnost, zajistit odpovídající ochranu zdraví lidí a pracovníků a v neposlední řadě i ochranu ošetřovaných materiálů a životního prostředí.

- Dostatečné údaje pro použití nátěrů ve vnitřním prostředí využívajících princip fotokatalýzy TiO₂ nejsou zatím k dispozici. Ústav fyzikální chemie provedl několik studií, kde vyhodnotil adsorpci vůči rychlosti odbourávání modelových látek a zjistil, že na povrchu TiO₂ se tvoří pouze zlomek koncentrace radikálů potřebných k jakémukoli zabití mikroorganismu (tisíce až desítky tisíc). Jinými slovy, množství peroxidu vodíku či OH* radikálu na povrchu TiO₂ je vždy příliš nízké. Proto se jeho používání na plochy a povrchy nedoporučuje. Přesto v těchto případech zde zůstává otevřenou otázkou účinnosti vznikajícího výboje energie excitovaného elektronu na povrchu nanovrstvy. Související otázkou je účinnost těchto produktů ve vnitřním prostředí bez aktivace UV zářením.

Poděkování:

Autoři děkují všem pracovníkům z následujících institucí, kteří se podíleli na příspěvku:

- *Národní referenční centrum pro vnitřní a venkovní ovzduší, Centrum zdraví a životního prostředí, Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00*
- *Národní referenční laboratoře pro dezinfekci a sterilizaci, Centrum mikrobiologie a epidemiologie, Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00*
- *Centrum hygieny práce a pracovního lékařství, Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00*
- *Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem a Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě*
- *Oddělení registru chemických látek MZ ČR, Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00*
- *Ministerstvo vnitra, generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR, pracoviště chemické služby*
- *Technický ústav požární ochrany*

LITERATURA

- <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dezinfekce>
- 1. Vyhláška č. 306/2012 Sb., „o podmínkách předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče“.
- 2. Zákon č. 258/2000 Sb., Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- 3. Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnice 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006.
- 4. Zákon č. 324/2016 Sb., „o biocidních přípravcích a účinných látkách a o změně některých souvisejících zákonů“
- 5. Nařízení vlády č. 246/2018 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- 6. Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností
- 7. US EPA (United States Environmental Protection Agency – Agentura pro ochranu životního prostředí Spojených států) „Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners“

aktualizovaný v září 2020 – <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners?> (únor 2021)

8. J. Marhold – Přehled průmyslové toxikologie – anorganické látky, Avicenum, 1980
9. Roberto Quevedo, José Miguel Bastías, Teófilo Espinoza, Betty Ronceros, Iván Balic, Ociel Muñoz, Inactivation of Coronaviruses in food industry: The use of inorganic and organic disinfectants, ozone, and UV radiation, *Scientia Agropecuaria* 11(2): 257 – 266, 2020
10. James B. Hudson, Manju Sharma, Selvarani Vimalanathan, Development of a Practical Method for Using Ozone Gas as a Virus Decontaminating Agent, *Science & Engineering*, 31: 216–223, 2009
11. <https://data.europa.eu/euodp/cs/data/dataset/biocidal-products-lists-of-disinfectant-active-substances-and-products> (únor 2021)
12. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, update 2005
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf (únor 2021)
13. UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication, Andrea Bianco, Mara Biasin, Giovanni Pareschi, Adalberto Cavalieri, Claudia Cavatorta, Claudio Fenizia, Paola Galli, Luigi Lessio, Manuela Lualdi, Edoardo Redaelli, Irma Saulle, Daria Trabattoni, Alessio Zanutta, Mario Clerici, *MedRxiv*, 2020,
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.05.20123463v2.article-info> (únor 2021)
14. A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations, Milad Raeiszadeh and Babak Adeli, National Center for Biotechnology Information,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7571309/>, (únor 2021)

Tabulka č. 1. – Výsledky testování mikrobicidní účinnosti při aplikaci suché mlhy

IMZ	Místo dekontaminace	objem (m ³)	Dekontaminační zařízení	Dekontaminační přípravek	Koncentrace	Doba aplikace	Doba expozice	Baktericidní účinek	Fungicidní účinek	Virucidní účinek
Koronabus I	Autobus	48	TELESTO	Disiclean Air	10%	6 min	15 min	NE	NE	NE
Koronabus I	Autobus	41	TELESTO	Disiclean	10%	10 min	15 min	NE	NE	NE
Koronabus I	Autobus	41	TELESTO	NANOCLEAN	bez ředění	6 min	15 min	NE	NE	NE
Koronabus I	Autobus	41	TELESTO	NANOCLEAN	bez ředění	8,5 min	15 min	NE	NE	NE
Koronabus I	Autobus	-	Fogátor z řady	e-dison				NE	NE	NE
Koronabus I	Místnost	250	Fogátor z řady	c-disere				NE	NE	NE
Koronabus II	Autobus	-	TELESTO	VertEsprit-ANK	bez ředění	2 x 10 min	30 min	NE	NE	NE
Koronabus II	Autobus	-	TELESTO	Zoono	bez ředění	10 min	45 min	NE	NE	NE
Koronabus II	Autobus	-	CLEAMIX	Peroxid vodíku	50%	120 min	30 min	NE	NE	NE
Koronabus II	Autobus	-	TELESTO	Persteril 15	2%	2 x 10 min	30 min	ANO	ANO	ANO
Koronabus III	Místnost	62 a 44*	CLEAMIX	Peroxid vodíku	50%	110 min a 110 min*	25 min a 45 min*	ANO	ANO	ANO
Koronabus III	Místnost	44	TELESTO	GCA-D401	1:100	2 x 10 min	40 min	NE	NE	NE
Koronabus III	Místnost	44	Swingfog SN 50	Virkon S	4%	2, 5 min	35 min	ANO	NE ¹	ANO
Koronabus III	Místnost	44	CLEAMIX	Peroxid vodíku	50%	110 min	45 min	ANO	ANO	ANO
Koronabus IV	osobní automobil	-	CLEAMIX	Peroxid vodíku	50%	180 min	41 min	ANO	ANO	ANO
Koronabus IV	Místnost	44	ECA 400 QC (S)	GPC8	4%	20 min	30 min	ANO ²	ANO ³	ANO
Koronabus IV	Místnost	44	TELESTO	Persteril 15	1%	2 x 10 min	30 min	ANO	ANO	ANO
Koronabus V	Místnost	44	Swingfog SN 50	ASOR	0,04%	4 min	15 min	NE	NE	NE
Koronabus V	Místnost	44	ECA 400 QC (S)	GPC8	2%	20 min	30 min	NE	NE	NE
Koronabus V	Místnost	44	TELESTO	Persteril 15	0,50%	10 min	30 min	NE	NE	ANO
Koronabus V	Místnost	44	TELESTO	Persteril 15	1%	10 min	30 min	ANO	ANO	ANO
Koronabus VI	Místnost	44	ECA 400 QC (S)	Persteril 15	0,25%	20 min	30 min	NE	NE	ANO ⁴
Koronabus VI	Místnost	44	ECA 400 QC (S)	Persteril 15	0,50%	20 min	30 min	NE	NE	ANO ⁴
Koronabus VI	Místnost	44	ECA 400 QC (S)	Persteril 15	1%	20 min	30 min	NE	NE	ANO
Koronabus VI	Místnost	44	ECA 400 QC (S)	Persteril 15	1%	40 min	30 min	ANO	NE	ANO
Koronabus I (2 etapa)	Místnost	44	TELESTO COD – 11	GCA-D401	1:50	15 min	30 min	ANO	NE	NE

IMZ	Místo dekontaminace	objem (m ³)	Dekontaminační zařízení	Dekontaminační přípravek	Koncentrace	Doba aplikace	Doba expozice	Baktericidní účinek	Fungicidní účinek	Virucidní účinek
Koronabus I (2 etapa)	Místnost	44	TELESTO COD - 11	GCA-D401	1:20	5 min	30 min	ANO²	NE	NE
Koronabus I (2 etapa)	Místnost	44	ECA 400 QC (N)	GPC8	2%	15 min + 13 min	5 min + 25 min	NE ⁵	NE	ANO
Koronabus I (2 etapa)	Místnost	44	ECA 400 QC (N)	GPC8	4%	30 min	30 min	NE ⁵	ANO³	ANO
Koronabus I (2 etapa)	Místnost	44	ECA 400 QC (N)	GPC8	6%	26 min	30 min	NE ⁵	ANO³	ANO
Koronabus II (2 etapa)	Místnost	44	Stream Compact	Sanosil S010Ag (ready to use)	bez ředění	5 min	50 min	NE	NE	NE
Koronabus II (2 etapa)	Místnost	44	Vapor Vacuum	BX65	10%	20 min	20 min	NE	NE	NE
Koronabus II (2 etapa)	Místnost	44	ECA 400 QC (S)	MKAT	bez ředění	25 min	15 min	NE	NE	NE
Koronabus II (2 etapa)	Místnost	44	ECA 400 QC (S)	GPC8	4%	44 min	60 min	NE ⁵	NE	ANO
Koronabus II (2 etapa)	Místnost	44	ECA 400 QC (N)	Vanouquat	8%	51 min	30 min	ANO²	NE	NE
Koronabus II (2 etapa)	Místnost	44	ECA 400 QC (N)	GPC8	4%	51 min	30 min	ANO²	ANO³	ANO

Poznámky k výsledkům testů při daných podmínkách testování:

- 1 - Proces desinfekce vykazoval fungicidní účinnost pouze na neporézním materiálu ze skla
- 2 - Proces desinfekce nevykazoval baktericidní účinnost pouze na porézním materiálu (bavlně)
- 3 - Proces desinfekce nevykazoval fungicidní účinnost pouze na porézním materiálu (bavlně)
- 4 - Proces desinfekce nevykazoval virucidní účinnost pouze na porézním materiálu z kovu
- 5 – Proces desinfekce vykazoval baktericidní účinnost pouze na Gram pozitivní bakterii Staphylococcus Aureus na neporézních materiálech (sklo, kov, plast)

* - Při testování v místnosti o objemu 62 m³ nebylo dosaženo požadované koncentrace peroxidu vodíku při době aplikace 110 minut a následné době expozice 25 minut. Kontaminované povrchy byly přeneseny do místnosti o objemu 44 m³, kde došlo k opakované aplikaci a expozici za podmínek testu 4 (Koronabus III)

-- Parametr nebyl měřen nebo není znám.

Tabulka č. 2 – Výsledky testu účinnosti ozonizace v SZÚ (1 ppm = 2 mg/m³)

Test	Objem prostoru [m ³]	Počet ozonátorů	Maximální dosažená koncentrace	Teoretický celkový výkon [g ozónu/hod]	Doba aplikace	Doba expozice	Baktericidní účinek	Fungicidní účinek	Virucidní účinek
1	22,5	1	6,3 ppm	14	20 min	2 hod	ne	ne	ne
2	87,5	3	16,3 ppm	34	60 min	2 hod a 15 min	ne	ne	ne
3	62	2	15,0 ppm	30	3 hod a 4 min	2 hod	ne	ne	ne
4	62	3	34,0 ppm	44	4 hod a 9 min	2 hod	ne	ne	ne
5	0,05	1	200 ppm	7	30 min	1 hod	ano	ne	ne

Tabulky č. 1 a 2 vypracovali pracovníci z:

- Národní referenční centrum pro vnitřní a venkovní ovzduší, Centrum zdraví a životního prostředí, Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00
- Národní referenční laboratoře pro dezinfekci a sterilizaci, Centrum mikrobiologie a epidemiologie, Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00
- Centrum hygieny práce a pracovního lékařství, Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00
- Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem a Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě
- Oddělení registru chemických látek MZ ČR, Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00
- Ministerstvo vnitra, generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR, pracoviště chemické služby
- Technický ústav požární ochrany