

## Germicidní zářivky a jejich efekt na zdraví

(Effect of ultraviolet germicidal lights installed in office ventilation systems on workers' health and wellbeing: double-blind multiple crossover trial )

Menzies D., Popa Julia, Hanley J.A., Rand T., Milton D.K.  
Lancet, Vol.362, 2003, č. 9398, s. 1785-91  
Volně přeložil a zkrátil MUDr. Vladimír Plesník

### Souhrn

Podstata práce: Osoby pracující v prostorách moderních budov často trpí různými zdravotními potížemi nejasného původu, nezřídka kombinovanými. Zjišťovali jsme, zda instalace ultrafialových germicidních lamp (UGL) do zvlhčovačů vzduchu a do chladících panelů ve ventilačním systému budovy sníží počet mikrobů ve vzduchu a tím také omezí tato s prací související onemocnění.

Metodika: Do dvojité zaslepené, několikrát zkřížené studie bylo zařazeno 771 osob. V budovách úřadů v Montrealu (Kanada) byly UG lampy mimo provoz po 12 týdnů s následným čtyřtýdenním zapojením. Během období 48 měsíců byly zářivky 3x v provozu a 3 x mimo provoz. Průběžně byly zaznamenávány pracovníky uváděné potíže při práci a 6x během studie byla měřena koncentrace endotoxinů a životaschopných mikrobů v ovzduší a na předmětech, i další vlivy prostředí.

Výsledky: Při provozu UG lamp klesla koncentrace mikrobů a endotoxinů na ozářených plochách ventilačních systémů o 99 % ( 95% interval spolehlivosti 67-100). Asi nikdo ze sledovaných o provozu zářivek nevěděl a také nehlásil nějakou nežádoucí reakci. Podle pravidelně získávaných údajů měli pracovníci při provozu zářivek ve srovnání s dobou bez jejich provozu významně menší počet jakýchkoli potíží při práci (adjustovaná relativní pravděpodobnost 0,8 /95 % IS 0,7-0,99/, stejně jako symptomů respiračních (0,6 /0,4-0,9/) a slizničních (0,7 /0,6-0,9/). Nejvíce klesl počet slizničních symptomů za pobytu na pracovišti u atopiků (0,6 /0,5-0,8/) a nekuřáků (0,7 /0,5-0,9/). Nekuřáci měli za provozu zářivek také mnohem méně respiračních (0,4 /0,2-0,9/) a svalových či kloubních potíží (0,5 /0,3-0,9/).

Interpretace výsledků: Instalace ultrafialových germicidních lamp ve většině budov úřadů v Severní Americe by mohla vyřešit asi u 4 milionů zaměstnanců potíže při práci vznikajících následkem mikrobiální kontaminace teplovodních, ventilačních a klimatizačních zařízení. Náklady na instalaci by se, při dlouhodobější perspektivě, vyplatily ve srovnání se ztrátami, které každý rok působí absence pracovníků, vyvolávaná „nemocemi z budov“ (building-related illness).

### Úvod

Kanceláře a jím podobné prostory jsou dnes pracovním místem pro více než 70 % zaměstnanců v Severní Americe a v západní Evropě. Většinou pracují v budovách skládajících se ze samostatných, uzavřených místností, které jsou automaticky vytápěny, ventilovány a klimatizovány jedním, či dvěma operačními systémy. V řadě prací jsou dokumentovány zdravotní potíže osob, pobývajících v takovém prostředí.

Zdravotní problémy osob, pracujících v těchto budovách, se obvykle označují jako nespecifická onemocnění „z budov“. Příčiny jejich symptomů jsou nejasné, ale existují důkazy o možném podílu mikrobiální kontaminace klimatizační aparatury budovy na jejich vzniku. Srovnávací studie vždy svědčí o vyšším výskytu těchto potíží u pracovníků na klimatizovaných pracovištích. Masivní růst bakterií, hub a prvoků byl zjištěn v chladících sekcích aparatury, ve spirálách a odkapávacích chladičů v celé budově. Bylo referováno o souvislosti mikrobiální kontaminace s nahromaděním případů rýmy, horeček, astmatických příhod, alergických pneumonitid i Pontiacké horečky.

Účinnost ultrafialových germicidních lamp na eliminaci mikrobiální kontaminace byla již prokázána v různých podmínkách, ne však ještě v budovách úřadů.

## **Metodika**

### Účastníci

V Montrealu byly vybrány tři kancelářské budovy, mající neotevratelná okna, mechanicky větrané a s klimatizací, v nichž byl zákaz kouření. V žádné budově dosud nedošlo k epidemii nemocí z budovy.

V každé budově byl vybráno několik poschodí (celkem 14), kde pracovali zaměstnanci po celou směnu na stejném místě. Po poučení podepsali souhlas s účastí ve studii a jejich pracoviště bylo zaznamenáno v podrobném plánu celého poschodí.

Podle výsledků pilotní studie bylo třeba získat 632 osob aby bylo možné prokázat 10 % redukci potíží souvisejících s pracovištěm. Účast ve studii nabídli 980 pracovníkům, z nichž 20 % nabídku odmítlo a 15 % studii nedokončilo.

### Plán studie

V době od 1. 7. 1999 do 31. 6. 2000 byla zorganizována dvojitě zaslepená, několikanásobně zkřížená studie. Testované germicidní UV lampy přímo ozařovaly chladiče a odkapávačky ventilačního systému pro vybrané poschodí. Zapojeny byly na období 4 týdnů, vypnuty během následujících 12 týdnů. To byla doba dostatečná k dekontaminaci a následné rekontaminaci zvlhčovací sekce ventilačního systému, který jinak pracoval (topení, chlazení, zvlhčování a částečná recirkulace) jako obvykle. V každé budově byly germicidní lampy nainstalovány, pak zapnuty po 4 týdny a po dobu následných 12 týdnů byly vypnuty. Tento postup byl opakován tak, aby lampy byly vždy v provozu jen v jedné budově.

Germicidní rtuťové lampy (výrobek Sanuvox Technologies, Montreal) byly podtlakové, typu argon-neon. Jejich baňky byly z křemičitého skla, povleklého oxidem titanu aby se zabránilo vzniku ozonu. Čistý výkon lamp byl při vzdálenosti 1 metru a při vlnové délce 245 až 266 nm  $450 \text{ mW/cm}^2$ . Lampy byly zasazeny do parabolických reflektorů ve vzdálenosti 15 – 75 cm od chladičů a odkapávacích. Doba přežití rezistentních mikrobů se odhadovala na méně než 4 minuty.

V týdnu před zapnutím lamp vyplnili pracovníci dotazník, obsahující jejich osobní, demografické, zdravotní a pracovní charakteristiky. Každý tak vyplnil maximálně 6 dotazníků (tři při vypnutých a tři při zapnutých lampách). Uvedli zda ve sledovaném dnu měli či neměli deset specifických symptomů před pobytem nebo po něm na pracovišti. K vybraným symptomům patřila bolest hlavy, únava, nesoustředěnost, svědění kůže, očí, nosu nebo hrdla, zduření nosní sliznice, respirační potíže (kašel, tlak na hrudi, obtížné dýchání), bolesti svalů, kloubů a zad. Potíže které vznikly po příchodu na pracoviště se hodnotily jako související s prací. Ani samotní pracovníci, ani osoby předávající a vybírající dotazníky, nevěděly kdy jsou lampy zapnuty nebo vypnuty.

### Vyšetřování pracovního prostředí

Ve stejném týdnu, v němž byly sledovány zdravotní potíže zaměstnanců, byly také sledovány faktory pracovního prostředí v příslušné budově a ventilačního systému na pracovišti. Na každém sledovaném poschodí byl na čtyřech pracovních místech zjišťován počet zárodků v ovzduší jak přímo ve ventilační aparatuře, tak ve venkovním vzduchu. Zárodky byly pomocí vývěvy vzduchu, pracující s objemem 12 litrů/minutu, zachycovány po dobu 15 minut na Petriho misky s půdami ke kultivaci plísní nebo bakterií. Počet sedimentovaných zárodků zjišťovali pomocí kovových destiček o rozměru 5 x 5 cm. Sterilní destičky pokládali na chladiče a odkapávače, kde byly vystaveny působení germicidní lampy, a na filtry, které byly mimo tuto expozici. Z každého místa odebrali čtyři destičky, které pak pokládali plochou, exponovanou UV, na kultivační půdy v Petriho miskách. Všechny misky byly inkubovány při 37 °C po 48 hodin, část byla ještě kultivována při 25 °C celý týden. Identifikace kolonií probíhala standardními postupy.

Na stejných místech odběru vzorků byly položeny také do vývěvy lepidlové polykarbonátové membrány k zachycování endotoxinů ze vzduchu. Jejich přítomnost a množství hodnotili pomocí *Limulus* testu s lyzátem améb.

Ráno a odpoledne prvého dne měřili na osmi pracovištích sledovaných poschodí teplotu, vlhkost, rychlost pohybu vzduchu a koncentraci CO<sub>2</sub>. Stejně faktory měřili ve venkovním, nasávaném a recyklovaném vzduchu. Měřili také množství všech volatilních organických látek v ovzduší, koncentraci formaldehydu, ozonu, oxidů dusíku, CO a množství prachových částic.

### Výsledky

#### Pracovníci a jejich práce

	Odmítli účast (n=153)	Vyřazení (n=87)	Ve studii zůstali (n= 771)
Průměrný věk	..	42,9 (10,5)	43,1 (8,5)
Počet žen	95 (62 %)	41 (47 %)	465 (60 %)
Mateřská řeč-francouština	131 (86 %)	68 (78 %)	616 (80 %)
Kouření (n= 67)			
- nikdy nekouřil		28 (42 %)	328 (45 %)
- dříve kouřil		22 (33%)	208 (28 %)
- kouří		17 (25 %)	194 (27 %)
Nemocní (n= 45)			
- atopická onemocnění		30 (45 %)	308 (42 %)
- jiná onemocnění		15 (22 %)	167 (23 %)
Zaměstnání			
- kněží		21 (31 %)	275 (38 %)
- manažeři		25 (37 %)	288 (39 %)
- odborníci		21 (31 %)	168 (23 %)
Počet let práce u stejného zaměstnavatele		13,8 (10,9)	13,7 (9,6)
Délka práce/den v hodinách		7,1 (1,6)	7,1 (1,9)
Počet hodin práce u počítače/den		4,9 (2,6)	5,4 (2,3)

Legenda: uvedené hodnoty vyjadřují procento, nebo průměr. Vyřazeny byly dotazníky osob s chybějícími odpověďmi na některé otázky.

**Množství mikrobů a endotoxinů**

Germicidní UV lampy:	vypnuty	zapnuty	rozdíl průměrných hodnot
.....			
CFU plísní			
- na povrchu filtrů	3 (1-16)	2 (0-8)	1 (-2 až 3)
- na odkapávačích	3 (1-13)	0 (0-0)	2 (1 až 6)
- na chladičích	3-5 (0-19)	0 (0-0)	3 (2 až 5)
Vzduch v klimatizační sekci			
- venkovní (cfu/m <sup>3</sup> )	12 (0-36)	14 (0-43)	-3 (-19 až 12)
- recyklační vzduch	0 (0-8)	0 (0-17)	0 (0 až 0)
- doplňkový vzduch	0 (0-8)	0 (0-0)	0 (0 až 0)
Ve vzduchu na pracovišti (cfu/m <sup>3</sup> )	0 (0)	0 (0-9)	0 (-9 až 0)
CFU bakterií na krevním agaru			
- na povrchu filtrů	25 (2-50)	9-5 (3-18)	13 (4 až 23)
- na odkapávačích	14 (2-27)	1 (0-3)	13 (2 až 19)
- na chladičích	15 (6-30)	0 (0-1)	15 (11 až 21)
Vzduch v klimatizační sekci			
- venkovní (cfu/m <sup>3</sup> )	50 (31-93)	68 (20-109)	-13 (-96 až 46)
- recyklační vzduch	15 ( 8-27)	17 ( 8- 29)	-3 (-14 až 3)
- doplňkový vzduch	18 ( 9-60)	18 ( 8- 38)	0 (-9 až 8)
Ve vzduchu na pracovišti (cfu/m <sup>3</sup> )	127 (31-262)	92 (23-185)	19 (-93 až 135)
Endotoxiny na površích ventilačního systému			
- na filtrech	17 (6-48) EU	21 (10-42) EU	-3 (-15 až 18)
- na odkapávačích	32-5 (15-260)	3 (0 – 11)	29 (18 až 133)
- na chladičích	8 (0-24)	0 (0 8)	8 (1 až 12)
Ve vzduchu (EU/m <sup>3</sup> )			
- venkovní vzduch	0,23 (0,05-0,28)	0,15 (0-0,35)	0,08 (-0,30 až 0,23)
- na pracovišti	0 (0-0,07)	0 (0-0,08)	0 (-0,08 až 0,07)
Ve ventilačním systému			
- před filtrem	0,16 (0-0,33)	0,08 (0-0,18)	0,06 (-0,16 až 0,19)
- za filtry	0,07 (0-0,32)	0,0 (0-0,05)	0,06 ( 0 až 0,19)
- za chladičem	0,065 (0-0,14)	0,02 (0-0,18)	0,03 (-0,11 až 0,13)

Legenda: CFU = colony-forming units ; UE = endotoxin units

Počet plísní a bakterií byl zjišťován ve 1240 vzorcích, přítomnost endotoxinů ve 284 vzorcích.

Na žádném ze sledovaných pracovišť nedošlo po zapnutí germicidních lamp ke změnám fyzikálních a chemických markerů. Na ozářených plochách však došlo ke snížení koncentrace životaschopných zárodků průměrně o 99 % (IS 67-100 %). Ve srovnání se situací bez provozu lamp bylo po jejich zapnutí mnohem menší množství mikrobů a endotoxinů v recyklovaném vzduchu a na površích podstatně nižší počet pěti druhů plísní ze sedmi obvykle nalézaných.

Pracovníci hodnotili pohodu teplotní, fyzikální, kvality vzduchu i přiměřenost větrání. Nepozorovali žádné změny pracovního prostředí v průběhu celé studie, ať byly germicidní lampy v provozu, či nebyly. Během týdnů, kdy lampy byly zapnuty, neobdržel správce budovy a obsluha ventilačního systému žádné připomínky nebo stížnosti zaměstnanců, které by mohly souviset (např. zápach) s provozem lamp.

V době provozu lamp uváděli zaměstnanci podstatně méně všech potíží, zejména slizničních a respiračních. Po adjustaci vzhledem k věku, pohlaví a ke kuřácké anamnéze se ukázalo, že k největšímu snížení potíží docházelo především u žen, dále u atopiků a nekuřáků. Efekt provozu lamp byl i v posledních 4 týdnech studie signifikantně lepší, než v době kdy lampy nebyly v provozu. Byl jen o něco menší, než v prvních 2 týdnech provozu. Nebyl rozdíl ve výsledcích zjišťovaných v různých budovách, nebo na různých podlažích.

## Diskuze

Používání germicidních lamp v centrálním ventilačním systému administrativních budov vedlo k podstatné redukci počtu životaschopných zárodků na exponovaných površích a k velkému snížení potíží souvisejících s prací 771 úředníků, účastnících se na studii. Předností studie byl jednoduchý zásah do provozu, hodnocení efektu samotnými pracovníky, velký počet pracovníků, z nichž velká část se podílela na studii, zaslepení doby intervence a detailní sledování dalších faktorů pracovního prostředí. Nevýhodou byl malý počet budov, v nichž studie probíhala, nemožnost znáhodňování intervence, poměrně malá mikrobiální kontaminace před zahájením studie, nevelký vliv provozu lamp na množství zárodků přímo na pracovišti a nejasný výklad mechanismu příznivého vlivu provozu lamp na zdraví.

Jen zřídka probíhají experimenty v úředních budovách. Ale tato studie byla možná proto, že provoz germicidních lamp je bezpečný, jejich instalace je relativně levná a protože je možné utajit před zaměstnanci, nemajícími přístup do místnosti operátora centrálního ventilačního systému, kdy jsou lampy zapnuty nebo vypnuty.

Studie se uskutečnila ve vybraných budovách, typických pro výskyt nespecifických nemocí z budovy, v jakých je většina úřadoven v Evropě a Severní Americe. Budovy nebyly nijak zvlášť kontaminovány mikroby, proto v podmínkách silné mikrobiální kontaminace může být efekt germicidních lamp jiný, pravděpodobně ještě lepší.

Je několik důvodů soudit, že příznivý vliv lamp nebyl jen náhodný. Např. neprojevil se u systémových nemocí z povolání ani u potíží, které začaly před nástupem do zaměstnání. Zlepšení bylo vždy největší u atopiků a nekuřáků, u nichž je nejpravděpodobnější příčinou imunologicky podmíněných potíží (slizniční, respirační, svalové) expozice mikrobiálním antigenům. V průběhu studie nedocházelo ani ke snížení či vymizení příznivého působení germicidních lamp. Ačkoli jejich provoz redukoval mikrobiální kontaminaci exponovaných povrchů o 99 %, množství zárodků ve vzduchu kleslo mnohem méně. Příčinou může být, že množství zárodků plísní a endotoxinů ve vzduchu bylo tak malé, že nestačilo k průkazu statisticky významného poklesu. Přesto i jejich velmi malá množství ovlivňují zdraví vnímavých osob. Při provozu lamp kleslo množství bakterií ve vzduchu o 25-30 %. Zbylý velký podíl bakterií mohl pocházet z lokálních zdrojů, včetně od samotných pracovníků. Tyto zdroje nebyly ve studii nijak ovlivněny.

Byl-li pokles zárodků ve vzduchu na pracovišti relativně malý, jak lze vysvětlit pokles nemocí z budovy při provozu germicidních lamp? Ukázalo se, že lampy redukovaly růst plísní a bakterií vyvolávajících sinusitidy, astma, horečky ze zvlhčovačů vzduchu i alergické záněty plic. Také tvorba endotoxinů, podílejících se na chřipkovitých a respiračních potížích a na změnách plicních funkcí, byla téměř úplně vyloučena. Je možné, že provoz lamp omezil průnik proteinů, přítomných v mikrobiálních antigenech, do aerosolů.

Epidemie nemocí z budovy bývají typicky zjišťovány při nahromadění případů astmatu, nebo alergických pneumonitid, mezi zaměstnanci. Důležitý, ale často nedoceněný je výskyt nespecifických potíží u daleko většího počtu zaměstnanců, pracujících v téže budově.

Dostat zdroj potíží pod kontrolu je vždy základem sanace. Proto jsme ověřovali, zda germicidní lampy mohou snížit výskyt nemocí z budovy tím, že zlikvidují potenciální zdroj mikrobiální kontaminace prostředí. Systémy centrální klimatizace jsou téměř vždy takto kontaminovány a epidemiologické studie zpravidla svědčí o souvislosti kontaminace s nemocemi z budov. Proto nejvýznamnějším přínosem této studie je zjištění, že pomocí germicidních lamp lze spolehlivě snížit mikrobiální kontaminaci klimatizačního systému a tak u vnímavých osob odstranit potenciální příčiny nemocí z budovy. Protože snížení se týká prakticky všech bakterií, plísní a endotoxinů na povrchu předmětů a je tedy nespecifické, není ani třeba předem složitě a nákladně vyšetřovat o jaké mikrobiální kontaminanty se jedná.

Na základě výsledků této studie lze odhadnout, že při instalaci germicidních lamp ve většině budov Severoamerických úřadů by asi u 4 milionů zaměstnanců klesl počet s prací souvisejících onemocnění z budov následkem bakteriální kontaminace. Instalace UGL do ventilačních systémů do budovy s cca 11 148 m<sup>2</sup> pracovní plochy a 1000 pracovníky by stála 52 000 USD a celoroční náklady na provoz, údržbu a výměnu lamp by činily zpočátku asi 52 tisíc USD, později 14 000 USD. Na jednoho pracovníka připadají náklady při zavedení ve výši 52 USD, při dalším provozu 14 USD ročně. Tyto náklady jsou nižší, než činí odhad každoročních ztrát v důsledku pracovní absence vyvolané nemocemi z budov.

40 citací, kopie u překladatele

### **Poznámka překladatele**

Lidské zdraví a pocit pohody ovlivňuje v nemalé míře prostředí, v němž člověk pobývá. Úředníci tvoří populační skupinu, která kus svého života pracuje v kancelářích a v budovách úřadů. Když se objevily první zprávy o zdravotních potížích, které souvisí, či spíše jsou vyvolávány prací v prostředí komfortně vybavených budov a úřadoven, nikdo netušil o jak velký zdravotní problém půjde. Postupem doby byly odhaleny i epidemie různých nespecifických zdravotních symptomů, které nebylo možné přičítat ani úmyslnému vyhýbání se práci, ani panickému zveličování běžných potíží. Dostalo se jim pojmenování nemoc z budovy a příčiny se hledaly v nepříznivém rozvržení práce a přestávek při práci, v nedostatku tekutin, ve složení vzduchu, zejména pak v odlišné ionizaci ovzduší na pracovišti. Nápadné nahromadění těchto nemocí bylo zejména na pracovištích v bezokenných místnostech, odkázaných na umělé osvětlení, centrální ventilaci nebo klimatizaci. Pracoviště s podobnými podmínkami lze dnes najít, byť ne v takovém rozsahu, i v některých provozech zdravotních zařízení. Proto jsem považoval za užitečné seznámit čtenáře SMD s prací, která si všímá především úlohy mikrobu a jejich endotoxinů na vzniku některých často uváděných zdravotních potíží.

Na používání germicidních lamp v uzavřených prostorách-boxech laboratoří, vyšetřoven, nemocničních pokojů a operačních sálů se názory různí. Jejich objektivní přehled výstižně uvádí Dr. Silvestr Bolek v knize „Dezinfekce, sterilizace a režim v prevenci nozokomiálních nákaz“ (AVICENUM Praha, 1984, Zdravotnické aktuality č. 202, s. 199-201). I když od jejího vydání uplynulo 20 let a v ní obsažené informace odpovídají době vzniku, stěží se v domácí literatuře najde lepší zdroj základních poznatků. Přehled současných poznatků o mikrobicidním působení UV záření obsahuje práce Melicharčíkové a Pavlíčka (Zprávy CEM, SZÚ Praha, 2003; 12, s. 513).

Další známý odborník pro problematiku NN, MUDr. Witold Gawlas, nyní již na zasloužilém odpočinku, na toto téma napsal ze svých zkušeností: „*V praxi nemá být germicidní záření (GZ) používáno za přítomnosti lidí (operační sály v průběhu operace, průchod místností (filtry) je možný, avšak lampy musí svítit ve směru k podlaze a ke stropu (ne v zóně obličeje). GZ mění část kyslíku na ozon, který je v místnosti v nadměrné koncentraci a poškozují zrak (rohovku-spojivku), ale také sliznici dýchacích cest. Místnost po ozáření musí být proto před vstupem odvětrána (event. musí běžet klimatizace nebo ventilace). Používání GZ je vhodné pouze pro čisté a velmi čisté provozy, protože neproniká do hloubky. I prachová částice je dostatečně velkou překážkou pro záření (stín pod částicí). Koeficient odrazivosti je závislý na barvě: bílá a světlé barvy odrážejí více. Účinnost záření je závislá mimo jiné na době expozice, proto (v době, kdy jsem se tomu věnoval) musely být pro sterilizaci vzduchu velmi dlouhé kanály se zářiči pro přívod takto upraveného vzduchu. Personál si nesmí plést GZ a modrou lampu pro ozařování dětí s novorozeneckou žloutenkou, mohlo by to vést ke kompletnímu oslepnutí. Novorozenci jsou velmi citliví na zvýšenou tenzi ozonu. Rovněž voda,*

*má-li být sterilizována pomocí GZ, musí protékat ve velmi tenké vrstvě v nevelké vzdálenosti a sklo musí být křemičité, umožňující lepší průnik potřebného spektra záření. Znečištění skla vodním kamenem a kalem značně snižuje účinnost, stejně jako u vzduchovodů. U dlouhého potrubí je pak problémem možnost jeho čištění po celé délce.“*

Ekonomická stránka instalace a provozu germicidních lamp bude v našich podmínkách jistě odlišná od hodnot uváděných v přeložené práci. Máme-li na mysli jen finance a pomineme-li lidské zdraví, nejspíš se ve zdravotnických zařízeních širší používání germicidních lamp neujme a nevyplatí. Ale je správné vždy předem uvažovat „Hlavně co mi to vynese?“