

# Zkušenosti s vyšetřováním mikroorganismů v ovzduší nemocnic

## Experience with investigation of microorganisms in indoor air in hospitals

RNDr. Kateřina KLÁNOVÁ, CSc.  
Centrum zdraví a životních podmínek,  
Státní zdravotní ústav

Článek uvádí výsledky získané vyšetřováním koncentrací mikroorganismů v ovzduší 54 místností nemocnic s klimatizací. Průměrná koncentrace plísní byla v ovzduší nemocnic nižší než je nalézána v domácnostech; průměrná koncentrace bakterií byla přibližně stejně vysoká jako v domácnostech. Na koncentraci mikroorganismů v ovzduší nemocnic neměla vliv jejich koncentrace ve venkovním ovzduší.

**Klíčová slova:** bakterie, nemocnice, ovzduší, plísně

Recenzent  
MUDr. Ariana Lajčková, CSc.

The article deals with the results obtained by investigation of microorganism concentrations in the air of 54 rooms of hospitals equipped with air-conditioning. The average concentration of moulds in the air in hospitals was lower than the concentration used to be found in households; the concentration of microorganisms in the air in hospitals was not influenced by their concentration in the surrounding air.

**Key words:** bacterium, hospital, air, moulds

Mikroorganismy jsou nedílnou součástí životního prostředí. Vyskytují se ve všech jeho složkách: vodě, půdě a ovzduší. Do ovzduší se většina mikroorganismů dostává z půdy nebo z rostlinného materiálu. V ovzduší uzavřených prostorů jsou kromě mikroorganismů z vnějšího prostředí i mikroorganismy z vnitřních zdrojů. Za významný vnitřní zdroj bakterií i plísní je považován prach. Zdrojem mikroorganismů do ovzduší však může být i nedostatečně udržované vzduchotechnické zařízení [1] či další instalovaná technická zařízení, původně určená k eliminaci mikroorganismů, jako je například čistící vzduchu [2].

V průběhu své existence si člověk vytvořil složitý systém zachování integrity organismu, který mu umožňuje žít v množství mikroorganismů, které ho obklopují. O tom, jaký bude výsledek setkání člověka s mikroorganismem, rozhodují v podstatě tři okolnosti – virulence mikroorganismu<sup>\*)</sup>, velikost infekční dávky a schopnost organismu reagovat na vniklé agens<sup>\*\*)</sup>.

Zdrojem infekčního agens může být člověk nebo živočich, výjimkou nejsou ani infekce vyvolané mikroorganismy žijícími volně v okolním prostředí, především u imunosuprimovaných pacientů (s oslabeným imunitním systémem).

Počet pacientů, jejichž imunitní systém je z různých důvodů poškozen, neustále vzrůstá. Souběžně s tímto nárůstem se stále častěji vyskytují údaje o poškození pacientů saprofytickými mikroorganismy, které dosud nebyly v spojení s onemocněním člověka uváděny. K takovým pacientům lze řadit i pacienty starších věkových kategorií či malé děti.

Přenos infekčního organismu se předpokládá především kontaktem člověk – člověk, případně živočich – člověk. Pokud se nejedná o infekční oddělení nebo o podezření na epidemii ze vzdušného aerosolu, není Evropskou unií doporučováno preventivní sledování infekčních agens ve vzdušném aerosolu [3]. Opakovaně však bylo prokázáno, že mezi koncentrací mikroorganismů, zejména bakterií, ve vzdušném aerosolu a postoperačními infekcemi je vysoká korelace [4].

Ze všech interiérů představují právě nemocnice prostředí, ve kterém se vyskytuje nejvíce jedinců s oslabeným imunitním systémem. Pro takovéto pacienty může představovat riziko i saprofytická mikroflóra z prachu. Například v 1 gramu prachu koberců jsme zjistili více než  $10^5$  bakterií a  $10^6$  plísní [5]. Pohybem osob v interiéru se zdrojem prachu vzrůstá nejen koncentrace prachových částic, ale i koncentrace mikroorganismů v ovzduší.

<sup>\*)</sup> schopnost vyvolat onemocnění

<sup>\*\*)</sup> původce onemocnění (pozn. red.)

V laboratoři Centra zdraví a životních podmínek se od roku 1995 věnujeme vyšetřování mikroorganismů v ovzduší nemocnic. Část dále uvedených výsledků již byla publikována jako průměrné koncentrace mikroorganismů v ovzduší starších a nových budov nemocnic [6].

V předloženém sdělení seznamujeme s vyšetřením ovzduší v dalších nemocnicích; celkem jsme sledovali deset nemocnic. V osmi z nich jsme byli požádáni o vyšetření vedením nemocnic, které mělo zájem na zjištění kvality vnitřního prostředí své nemocnice. Další dvě nemocnice nás požádaly o měření z důvodu podezření na vysokou kontaminaci ovzduší jejich pracoviště. Všechny deset nemocnic bylo vybaveno klimatizačním zařízením.

Od roku 1998 jsme vyšetření vnitřního prostředí doplnili o mikrobiologický rozbor vnějšího prostředí před objektem, což nám umožnilo porovnat koncentrace bakterií a plísní v ovzduší uvnitř a vně objektů.

## METODIKA

Ve všech případech jsme vzduch odebírali aeroskopem RCS Plus na agarové stripky pro stanovení celkového počtu smíšené populace bakterií a na agarové stripky pro stanovení celkového počtu smíšené populace kvasinek a plísní. Stripky pro stanovení bakterií jsme inkubovali při teplotě 30 °C, stripky pro kvasinky a plísně při teplotě 24,5 °C. Kultivace probíhala po dobu 48 hodin (bakterie) nebo 5 dnů (plísně). V některých případech jsme sledovali i koncentrace stafylokoků, ty jsme našli v ovzduší nemocnic jen zcela výjimečně, proto jsme od jejich dalšího sledování upustili. Tyto výsledky v předloženém sdělení neuvádíme. Stejně tak nejsou uvedeny výsledky nálezů kvasinek, neboť i ty jsme v ovzduší ve vnitřním prostředí (ani venkovním) téměř nikdy nezjistili.

Na každém odběrovém místě jsme odebírali vzduch třikrát, interval mezi odběry byl deset minut, vždy (pokud není uvedeno jinak) v dýchací zóně cca 120 cm nad zemí, poté asi 30 cm nad zemí a nakonec opět v dýchací zóně. Jako výsledek jednoho odběru je uveden průměr z těchto tří vyšetření. Ve většině nemocnic bylo odebíráno z více míst, v tabulkách jsou uvedeny průměrné hodnoty.

## Výsledky a diskuse

V tab. 1 jsou uvedeny koncentrace bakterií a plísní v ovzduší prvních šesti nemocnic, vždy jsme našli více bakterií než plísní. Nejméně bakterií bylo v ovzduší superseptických prázdných sálů (5. nemocnice), nejvíce v boxech

pacientů (1. nemocnice). V našich měřeních jsme nezjistili výrazný vliv práce operačního týmu na koncentraci bakterií v ovzduší (před a v průběhu operací – 2., 3. a 4. nemocnice).

Tab. 1 Koncentrace bakterií a plísni v ovzduší prvních šesti nemocnic

Místo odběru	Koncentrace (KTJ . m <sup>-3</sup> )	
	Bakterií	Plísni
1. nemocnice 12/95 boxy pacientů (n = 2) inkubátory (n = 3)	550 295	5 20
2. nemocnice 4/96 operační sály před operací (n = 2) operační sály během operací (n = 6)	400 367	145 30
3. nemocnice 12/96 operační sály před operací (n = 7) operační sály během operací (n = 4) pokoje JIP (n = 2)	104 95 20	nd nd nd
4. nemocnice 1/97 operační sály před operací (n = 3) operační sály během operací (n = 2)	117 160	nd nd
5. nemocnice 10/98 operační sály superseptické, prázdné (n = 6)	35	2
6. nemocnice 12/98 operační sály aseptické, prázdné pod operační lampou (n = 3) u monitoru (n = 2)	230 305	nd nd

KTJ – kolonie tvořící jednotky (počet organismů)  
nd – nedetekováno

V sedmé nemocnici jsme vyšetřovali ovzduší vnitřního prostředí v nově postavené budově před kolaudací a dva měsíce po kolaudaci za plného provozu. Výsledky z těchto měření jsou uvedeny v tab. 2. Také v této nemocnici bylo v ovzduší více bakterií než plísni. Zatímco koncentrace bakterií v ovzduší v lůžkové části byla v obou odběrových dnech přibližně stejná, byla koncentrace bakterií v ovzduší nemocnice v operačních sálech vyšší po uvedení do provozu než v době před kolaudací.

Tab. 2 Koncentrace bakterií a plísni v ovzduší sedmé nemocnice

Místo odběru	Koncentrace (KTJ . m <sup>-3</sup> )	
	Bakterií	Plísni
Před kolaudací 10/98 operační sály (n = 2) lůžková část (n = 2) Venkovní prostředí	30 65 240	5 nd 40
Po kolaudaci 1/99 operační sál (n = 1) lůžková část (n = 3) Venkovní prostředí	170 73 130	nd nd 50

KTJ – kolonie tvořící jednotky (počet organismů)  
nd – nedetekováno

I osmá z uvedených nemocnic patřila mezi ty, jejichž zaměstnanci se zajímali o kvalitu vnitřního prostředí. Výsledky uvedené v tab. 3 ukazují nízké, respektive žádné koncentrace plísni v ovzduší. Výrazně vyšší koncentrace bakterií byly zjištěny v ovzduší pokoje novorozenců než na porodním sále. V době našeho vyšetření byl v místnostech přítomen pouze pracovník odebírající vzorky.

Tab. 3 Koncentrace bakterií a plísni v ovzduší osmé nemocnice (4/99)

Místo odběru	Koncentrace (KTJ . m <sup>-3</sup> )	
	Bakterií	Plísni
Porodní sál – u výusti klimatizace	50	nd
Porodní sál – u lůžka	20	nd
Neonatologie – u lůžka	300	nd
Místnost primárky	360	20
Venkovní prostředí	20	20

KTJ – kolonie tvořící jednotky (počet organismů)  
nd – nedetekováno

V deváté nemocnici jsme zjistili vysoké koncentrace plísni i bakterií v ovzduší, jak je vidět v tab. 4. V tomto případě se jednalo o nemocnici před rekonstrukcí, ve které nemohl být dostatečný režim úklidu dodržován vzhledem k velkému zastavení vzdušného prostoru a nedostatku volné podlahové plochy.

Tab. 4 Koncentrace bakterií a plísni v ovzduší deváté nemocnice (6/98)

Místo odběru	Koncentrace (KTJ . m <sup>-3</sup> )	
	Bakterií	Plísni
JIP – u inkubátoru v místnosti 1	80	60
místnost 2	580	270
ARO – místnost s inkubátory	820	240
izolace	1040	180
u inkubátoru	310	60
nad klimatizační jednotkou	90	nd
Venkovní prostředí	120	310

KTJ – kolonie tvořící jednotky (počet organismů)  
nd – nedetekováno

V desáté nemocnici jsme vnitřní prostředí vyšetřovali dvakrát (tab. 5). Při první návštěvě jsme zjistili koncentrace plísni v ovzduší, které byly více než 3 krát vyšší než koncentrace bakterií. Tyto vysoké koncentrace se v ovzduší vyskytovaly v důsledku nevhodné stavební úpravy. Při další návštěvě po provedení příslušných doporučených úpravách byly naměřené koncentrace mnohem nižší, i když koncentrace plísni v ovzduší byla oproti jiným nemocnicím stále vysoká.

Tab. 5 Koncentrace bakterií a plísni v ovzduší desáté nemocnice.

Místo odběru	Koncentrace (KTJ . m <sup>-3</sup> )	
	Bakterií	Plísni
5/98 Laboratoř Chodba Venkovní prostředí	1520 1290 230	5100 4250 30
6/98 Laboratoř Chodba Nad UV zářičem (zapnuto) Venkovní prostředí	50 70 140 80	140 70 80 340

KTJ – kolonie tvořící jednotky (počet organismů)

Neobvykle vysoká koncentrace bakterií i plísni byla zjištěna nad UV zářičem, který má sloužit ke snížení koncentrace mikroorganismů v ovzduší. Vzhledem k tomu, že na přístroji byla vrstva prachu, nebyly zjištěny výsledky překvapivé.

V letech 1996 až 1998 jsme stejnou metodou vyšetřovali ovzduší ve 40 převážně pražských domácnostech. Průměrná naměřená koncentrace mikroorganismů

mů byla v jednom metru krychlovém 305 bakterií a 68 plísní [7]. Porovnáme-li tyto hodnoty s hodnotami naměřenými v prvních osmi nemocnicích, můžeme konstatovat, že v šesti z osmi nemocnic bylo v ovzduší v nemocnicích méně bakterií než v průměrné pražské domácnosti a ve všech nemocnicích bylo v ovzduší nemocnic méně plísní než v domácnostech (tab. 6). Celková průměrná hodnota koncentrace směsné populace bakterií a plísní pro 54 místností vnitřního prostředí nemocnic také ukázala, že v nemocnicích je v ovzduší méně plísní než v domácnostech. Průměrná hodnota koncentrací bakterií v ovzduší je však v nemocnicích téměř stejně vysoká jako v domácnostech.

Tab. 6 Průměrné koncentrace bakterií a plísní v ovzduší osmi nemocnic.

Místo odběru	Koncentrace (KTJ . m <sup>-3</sup> )		R.v.v. (%)	t (°C)
	Bakterií	Plísní		
1. nemocnice 12/95, n = 5	397	14	–	–
2. nemocnice 4/96, n = 8	375	59	28	29
3. nemocnice 12/96, n = 13	88	0	–	–
4. nemocnice 1/97, n = 5	134	0	–	–
5. nemocnice 10/98, n = 6	35	2	41	22
6. nemocnice 12/98, n = 5	260	0	18	22
7. nemocnice 10/98, n = 4	48	3	46	24
1/99, n = 4	97	0	24	24
8. nemocnice 4/99, n = 4	183	5	35	22
Průměr celkem n = 54	<b>286</b>	<b>11</b>	–	–
Průměr celkem n = 31	–	–	<b>32</b>	<b>24</b>
Domácnosti n = 40	305	68	41	23

V interiérech nemocnic jsme neprokázali vliv ročního období na koncentrace mikroorganismů uvnitř budov, což je patrné na údajích uvedených v tab. 6 a v tab. 7, ve kterých jsou uvedeny hodnoty koncentrací mikroorganismů uvnitř budov i vně objektů. Souvisí to zřejmě s používáním klimatizace v objektech. Vliv venkovního ovzduší, ve kterém je zejména v jarních až podzimních měsících více spor plísní, se na kvalitě vnitřního prostředí neprojevil. Koncentrace mikroorganismů v ovzduší nemocnic je tedy podle našich měření více závislá na vnitřních zdrojích. Z těchto zdrojů lze mikroorganismy odstraňovat především úklidem, který je i v současné době považován za nezbytnou součást užívání budov [8]. Nemožnost důkladného úklidu (devátá nemocnice, tab. 4) či nedostatečný úklid ve vnitřním prostředí (zaprášžený UV zářič, tab. 5) se projeví zhoršením mikrobiologicko-hygienické kvality ovzduší, což jsme prokázali v našich vyšetřeních.

V případech, kdy byla měřena koncentrace mikroorganismů i ve venkovním prostředí (s výjimkou prvního měření v desáté nemocnici), jsme porovnali hodnoty koncentrací mikroorganismů uvnitř i vně objektů (tab. 7). Koncentraci plísní v ovzduší jsme ve všech pěti takto hodnocených nemocnicích zjistili nižší uvnitř objektů než ve venkovním prostředí. Koncentrace bakterií však byly ve dvou případech téměř stejné uvnitř objektů i ve venkovním prostředí (6/98 a 1/99), ve dvou případech byly uvnitř nemocnic naměřeny koncentrace bakterií vyšší než ve venkovním prostředí (6/98 a 4/99) a pouze v jednom případě bylo v ovzduší uvnitř nemocnice zjištěno méně bakterií než ve venkovním vzduchu (10/98).

Tab. 7 Koncentrace bakterií a plísní v ovzduší nemocnic a ve venkovním prostředí

Datum odběru	Poměrné znečištění – u/v	
	Bakterie	Plísně
6/98	1,1	0,3
6/98	4,1	0,4
10/98	0,2	0,1
1/99	0,9	0
4/99	8,9	0,3

u/v – poměr koncentrace uvnitř objektu ke koncentraci ve venkovním prostředí

Sledování celkové koncentrace mikroorganismů v ovzduší vnitřního prostředí nemocnic umožňuje stanovit aktuální stav čistoty pracoviště i kontrolu technických zařízení, která mají napomáhat této čistotě dosáhnout.

Vyšetřování vzdušné kontaminace mikroorganismy by mělo doprovázet doposud běžnou kontrolu čistoty vyhodnocením stěrů či otisků z pevných ploch. Z některých publikovaných studií vyplývá, že mezi kontaminací nalézanou ve stěrech či otiscích a kontaminací stanovenou mikrobiologickým vyšetřením ovzduší vzájemná korelace není [9]. Přitom pouze mikroorganismy ze vzdušného aerosolu mohou mít přímý účinek na zdraví, jednak v souvislosti s možným vznikem postoperačních infekcí, jednak vzhledem k možnému poškození citlivých osob po vdechnutí nebo polknutí.

Stanovení absolutní hodnoty koncentrací mikroorganismů v ovzduší je závislé na celé řadě faktorů (typ aeroskopu, kultivační půda a teplota inkubace aj.). Jednotlivé výsledky jsou mnohdy i obtížně interpretovatelné, výpovědní hodnotu mají často až při porovnání s dalšími měřeními. Při použití standardní metody však mohou ukázat na čistotu prostředí, která by, zejména v nemocnicích, měla být na vysoké úrovni.

**Literatura:**

- [1] PEJTERSEN, J.: Sensory pollution and microbial contamination of ventilation filters. *Indoor Air*, 6, 1996, s. 239-248.
- [2] LAJČÍKOVÁ, A., KLÁNOVÁ, K.: Čistič a zvlhčovač vzduchu zdrojem plísní? Vytápění, větrání a instalace, 41, č. 4, 1998, s.: 155-157.
- [3] Report No. 12: Biological particles in indoor environments. Commission of the European Communities, Luxembourg, 1994, s. 22-43.
- [4] INTAG, C. E., WIEBE, H. A., PARTAIN, C. L.: Investigation of the importance of air-flow of postoperative infections. *ASHRAE Journal*, 17, 1975, s. 27-33.
- [5] KLÁNOVÁ, K., DRAHOŇOVSKÁ, H.: Vliv vysávání různými vysavači na koncentraci mikroorganismů v ovzduší a vysátém prachu v domácnostech. 79, *Praktický lékař*, 2, 1999, s. 82-84.
- [6] KLÁNOVÁ, K.: Mikroorganismy v ovzduší vybraných interiérů. Vytápění, větrání a instalace, 42, č. 3, 1999, s.: 155-158.
- [7] KLÁNOVÁ, K. (1998): Mikroorganismy ve vnitřním prostředí budov. 1, *Tepelná ochrana budov*, 1, 1998, s. 22-25.
- [8] SCHNEIDER, T., COLE, E. C., KAKKO, C. L.: WS 7 Cleaning for better indoor environment quality. *Proceedings of Healthy Buildings (Helsinki)*, 2000, s. 37-42.
- [9] HYVÄRINEN, A., REPONEN, T., HUSMAN, T.: Characterising mould problem buildings – concentrations and flora of viable fungi. *Indoor Air*, 3, 1993, s. 337-343. ■

**\* Odvod kouře v případě požáru v atriu hotelu**

Nová 13típatrová budova hotelu Hilton ve Frankfurtu má uprostřed atrium o půdorysu 28 x 36 m vysoké 45 m. Strop atria je zasklený s odvětracími otvory.

Za zmínku stojí koncepce odvodu kouře a tepla v případě požáru v atriu. Na dvou stranách přiléhají k atriu ochozy (chodby), které slouží také jako únikové cesty, na třetí straně přiléhají hostinské pokoje. Až do 7. patra jsou ochozy do atria otevřené a jsou v případě požáru chráněny závěsovými stěnami, které se spustí ze stropu. Od 8. patra jsou ochozy od atria zcela odděleny tepelně odolným sklem třídy G 30. Také okna ve spodních étážích u pokojů orientovaných do atria jsou z teplotvzorného skla, aby případný požár a kouř nevnikly do pokojů.

Řešení vycházelo z modelových pokusů. Ve výšce sedmi horních pater není třeba počítat s žádným velkým tepelným sáláním z atria do ochozů. Jinak bude tento horní prostor atria tvořit sběrný prostor kouře. Bylo proto hlavním úkolem zde zabránit vzduchotěsným zasklením vnikání kouře do únikových cest.