

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE

Ústav pro životní prostředí

Ekologie a ochrana prostředí, Ochrana životního prostředí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bioaerosol v ovzduší

Bioaerosol in the air

Dita Hladíková

Školitel: RNDr. Iva Hůnová, CSc.

Červen, 2010

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a použila jen uvedené prameny a literaturu.

V Praze dne

.....

Dita Hladíková

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat RNDr. Ivě Hůnové, CSc. za pomoc a odborné vedení při zhotovení této bakalářské práce.

## ABSTRAKT

Bioaerosol a jemu srovnatelný pojem aerobiologie jsou termíny spojené se studiem chemických, fyzikálních a biologických oborů. Bioaerosol v ovzduší je část aerosolu, která obsahuje částice biologického původu, jako jsou viry, bakterie, plísňové spory, domácí prach s roztoči a pyl. Tyto částice mohou ovlivnit zdraví živých organismů z hlediska alergie, toxicity, karcinogenity či infekce a v neposlední řadě mají vliv na klimatický systém planety z důvodu působení jako kondenzační jádra pro vznik srážek. Nejvíce studovanými účinky biologických částic na lidské zdraví jsou uváděny respirační symptomy a plicní onemocnění. To souvisí s téměř nepřetržitou expozicí člověka těmto částicím jak v domácím prostředí, kde se vyskytují především roztoči v domácím prachu, zvířecí alergeny, plísně a bakterie, tak ve venkovním prostředí, kde je člověk vystaven účinkům pylu a venkovních plísní. V případě ovlivnění klimatického systému Země se zde jedná o přímý i nepřímý vliv. Nepřímé ovlivnění zahrnuje tvorbu oblačnosti a srážek, které má mimo jiné vliv na hydrologický cyklus planety. Jako přímé ovlivnění klimatu označujeme rozptyl a absorpce slunečního záření.

Při psaní práce bylo vycházeno především ze zahraniční literatury, která byla považována za stěžejní zdroj informací týkajících se této problematiky.

Klíčová slova: bioaerosol, životní prostředí člověka, lidské zdraví, ovlivnění klimatu

## ABSTRACT

Bioaerosols and aerobiology are similar terms associated with the study of chemical, physical and biological fields. Bioaerosols in the air is a part of the aerosol containing particles of biological origin, such as viruses, bacteria, fungal spores, house dust mites and pollen. These particles can affect health of living organisms in terms of allergies, toxicity, carcinogenicity or infection and ultimately affect the planet's climate system because of acting as condensation nuclei for the formation of precipitation. The most studied biological effects of the above-mentioned on human health are reported respiratory symptoms and pulmonary diseases. This is due to almost continuous human exposure to these particles, both in the domestic environment, which includes mainly house dust mites, animal allergens, molds and bacteria, and outdoors, where a person is exposed to pollen and outdoor molds. In the case of interference with the climate system of the Earth there is a direct or indirect influence. Indirect effects include the creation of clouds and precipitation, which has the effect on the

hydrological cycle of the planet. Scattering and absorption of solar radiation is considered a direct effect on climate change.

Foreign literature was a crucial source of information on this topic.

Key words: bioaerosols, human environment, human health, climate impact

1	OBSAH	
2	ÚVOD .....	7
3	BIOAEROSOL V OVZDUŠÍ .....	7
3.1	Pylová zrna .....	7
3.2	Houby a plísně .....	9
3.3	Roztoči .....	11
3.4	Zvířecí alergeny .....	12
3.5	Bakterie .....	13
4	BIOAEROSOL A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ ČLOVĚKA.....	14
4.1	Vnitřní prostředí.....	14
4.2	Pracovní prostředí .....	14
4.3	Venkovní prostředí .....	15
5	VLIV BIOLOGICKÝCH ČÁSTIC NA LIDSKÉ ZDRAVÍ .....	16
5.1	Alergická reakce .....	17
5.1.1	<i>Asthma bronchiale</i> .....	17
5.1.2	Alergická rinitida.....	19
5.1.3	Alergická konjunktivitida.....	19
5.2	Kardiovaskulární onemocnění .....	20
5.2.1	Koronární ateroskleróza .....	21
5.3	Infekční onemocnění.....	21
5.3.1	Legionářská nemoc – legionelóza .....	21
5.3.2	Tuberkulóza .....	22
5.4	Nádorová onemocnění .....	23
6	VLIV BIOAEROSOLU NA KLIMATICKÝ SYSTÉM PLANETY .....	24
7	ZÁVĚR.....	25
8	SEZNAM LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ .....	27
8.1	Použitá literatura .....	27
8.2	Internetové zdroje .....	30

## 2 ÚVOD

Předmětem této bakalářské práce je přehledně zpracovat problematiku biologických částic v ovzduší. Jedním z cílů je dopodrobna nastudovat zdroje a výskyt hlavních složek bioaerosolu, které se vyskytují v životním prostředí člověka. Úkolem je prostudovat výskyt částic ve vnitřním i ve venkovním ovzduší. Z hlediska ovlivnění zdraví člověka je důležitým prostředím i pracovní prostředí, jelikož v této oblasti mohou být lidé exponováni bioaerosolu po značnou část svého života.

Danou problematikou se ve své práci zabývám proto, že výskyt těchto částic není zdaleka podrobně prostudován, v současné době se jejich počet zvyšuje a lidé by jejich existenci neměli podceňovat. Ať už z důvodu ochrany zdraví či zabránění negativnímu vlivu na životní prostředí. Z toho plyne hlavní otázka pro tuto práci: Jaké mohou být dopady bioaerosolu na lidské zdraví? Hlavním cílem je tedy zpracovat přehled nejvýraznějších a nejčastěji vyskytovaných onemocnění spojených s účinky biologických částic. V závěru práce bude shrnut jejich dopad na klimatický systém planety.

## 3 BIOAEROSOL V OVZDUŠÍ

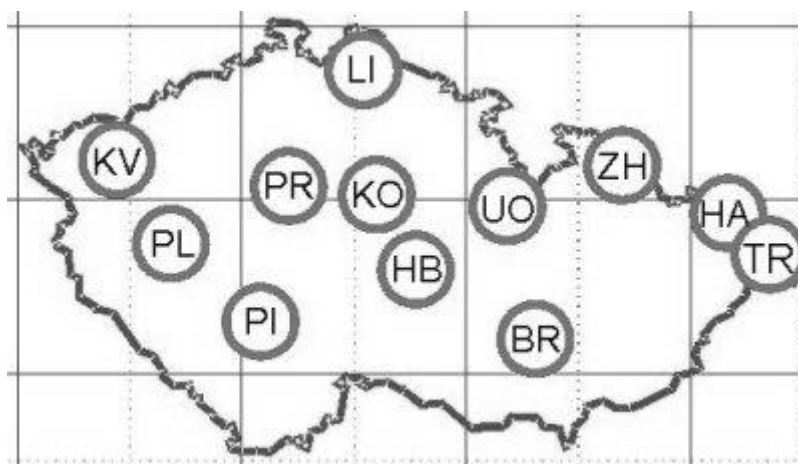
### 3.1 Pylová zrna

Pyl se skládá z pylových zrn (obrázek 1), která vznikají v prašnicích na tyčinkách mateřské pylové buňky. Pylová zrna větrosnubných rostlin jsou přenášena vzdušnými proudy. Na uvolnění pylu má vliv jeho zralost, teplota okolního prostředí, vlhkost vzduchu, denní doba a dokonce i celkové znečištění prostředí (Rieger, 1996). Vyšší teploty a slunce mají pozitivní vliv na vysokou koncentraci pylu v ovzduší, naopak vlhkost a srážky z předchozího dne mají efekt negativní (Kasprzyk, Walanus, 2010). Podle Balouna a spol. se velikost pylových zrn nachází v rozmezí 10-40  $\mu\text{m}$ . Z pylových zrn, která se zachytí na nosní sliznici, se následně uvolní malé částice (5  $\mu\text{m}$ ). Ty mohou proniknout až do průdušek a vyvolat astma (Rieger, 1996). Lee a spol. po provedeném měření v Cincinnati ve Spojených státech uvádí, že zjištěná koncentrace pylových zrn v jarním období ve vnitřním ovzduší byla v rozmezí 1-5 pylových zrn na metr krychlový, zatímco ve venkovním ovzduší byla naměřena maximální koncentrace až 1234 pylových zrn/ $\text{m}^3$ .



V posledních 50 letech dochází ke zřetelnému nárůstu alergických onemocnění. Tento vzestupný trend má celou řadu příčin. Nejčastější formou alergických onemocnění jsou u nás pylové alergie (polinózy). Z faktorů životního prostředí se na tomto nepříznivém vývoji významně podílejí zejména změny ve vegetačních poměrech naší krajiny. Na úkor polopřirozené až přirozené vegetace se ve velké míře zvětšily především plochy zarůstající ruderalní a plevelovou vegetací (Rieger, 1995).

Na území našeho státu pracuje již několik let Pylová informační služba, která monitoruje výskyt pylů v ovzduší a pravidelně informuje veřejnost o aktuální situaci (Rieger, 1996). Má za úkol poskytovat lékařům a pacientům včas a co nejpřesněji informace o výskytu pylových alergenů v ovzduší, upozorňovat na větší výkyvy proti běžnému průměru a vytvářet odpovědi dalšího vývoje pro nejbližší období. Pylový monitoring nemá význam jen pro alergologii, ale ve světě se využívá v lesnictví, zemědělství, dokonce i v kriminalistice. Pomáhá při sledování změn klimatu planety a v rozšíření jednotlivých rostlinných druhů (Rieger, 1995). Na obrázku č. 2 jsou znázorněny měřicí stanice Pylové informační služby v České republice.

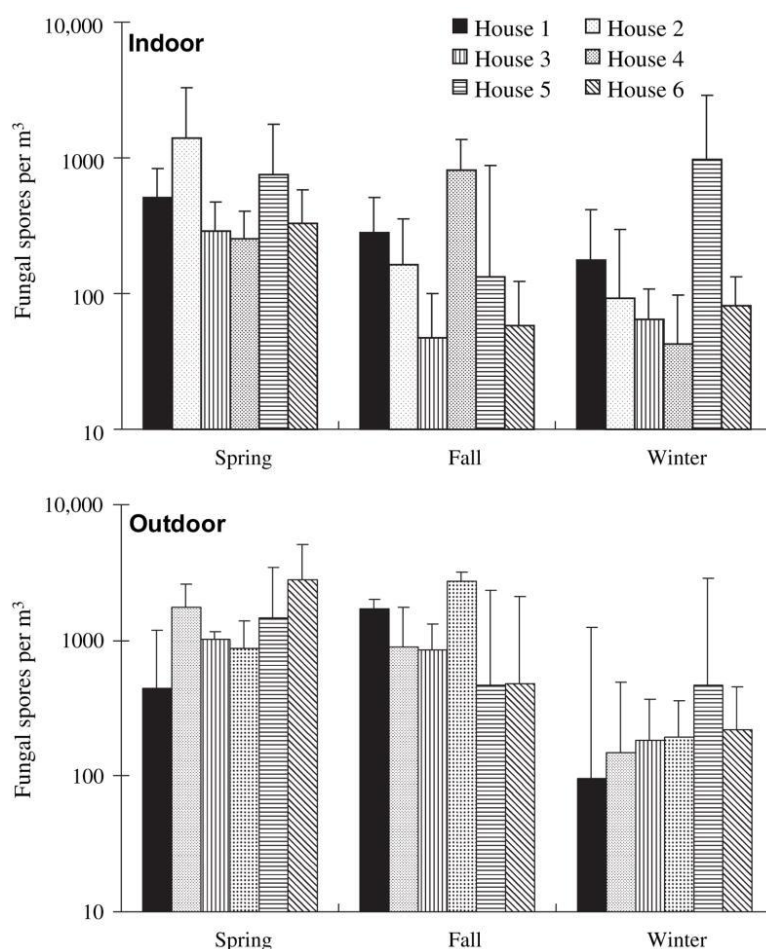


Obr. 2 Monitorovací stanice Pylové informační služby v České republice ([www.pylovasluzba.cz](http://www.pylovasluzba.cz))

### 3.2 Houby a plísň

Mimo pylová zrna se ve venkovním i vnitřním ovzduší nacházejí spory plísní, které mohou být přenášeny na velké vzdálenosti. Plísň jsou saprofytické eukaryotní organismy, které se v hojném počtu vyskytují po celém světě. Rozmnožují se pohlavními i nepohlavními sporama. Velikost těchto spor je často menší než  $10\mu\text{m}$ , což umožňuje jejich dobrý průnik do dolních cest dýchacích. (Panzner, Špičák, 2004).

Plísním se daří nejlépe v teplém prostředí s vysokou vlhkostí (Panzner, Špičák, 2004). Uvádí se, že nejideálnější teplota pro růst plísní je 21°C a relativní vlhkost nad 60%. V domácím prostředí to jsou zejména koupelny, kuchyně, odpadkové koše a klimatizace. Z těchto plísní se mezi nejvýznamnější řadí rody *Aspergillus* a *Penicillium*. Z venkovních plísní jsou významné a hojné plísně rodu *Alternaria* a *Cladosporium*. Ty se vyskytují především na listech, v hlíně a ve vlhké tlející hmotě (Panzner, Špičák, 2004). Při zvýšeném výskytu rodu *Cladosporium* ve venkovním ovzduší byl prokázán větší počet onemocnění horních dýchacích (Adhikar et al., 2006). Na obrázku 3 je znázorněna koncentrace plísňových spor naměřená v 6 různých domácnostech ve třech ročních obdobích.



**Obr. 3** Koncentrace plísňových spor ve vnějším a vnitřním prostředí naměřená v 6 různých domácnostech (Adhikar et al., 2006)

Houby jsou příčinou jak lidských, tak rostlinných a živočišných chorob, ale na druhou stranu jsou plísně důležité pro lékařský a potravinářský průmysl (Panzner, Špičák, 2004). Kromě alergenních účinků mají houby účinky toxické, zejména z důvodu produkce

mykotoxinu. Některé z nich, jako například *Stachybotrys atra* nebo *Fusarium*, mají imunosupresivní účinky<sup>1</sup> (Maroni et al., 1995).

Obsah plísňových spor může být ve venkovním ovzduší velmi vysoký a díky tomu mohou potencionálně ovlivnit hydrologický cyklus a klima. Stanou se kondenzačními jádry pro vznik dešťových srážek a oblačnosti (Depres et al., 2009).

### 3.3 Roztoči

Roztoči jsou mikroskopičtí členovci o velikosti asi jedné třetiny milimetru, kteří patří do kmene *Artropoda*, řádu *Acari*, podřádu *Astigmata* a čeledi *Pyroglyphidae*. Jsou zvláštní tím, že nemají dýchací systém, ale výměnu kyslíku a oxidu uhličitého uskutečňují celým povrchem svého těla. Sama čeleď *Pyroglyphidae* se skládá z 16 rodů a 46 druhů. 13 druhů se nachází v domovním prachu, přičemž 3 z nich mají celosvětový význam jako hlavní zdroj roztočových alergenů: *Dermatophagoides farinae* (obrázek 4), *Dermatophagoides pteronyssinus*, který má u nás dominantní postavení, a *Euroglyphus maynei*. V menším množství jsou u nás nalézány také čeledi *Glyciphallidae* a *Acaridae*. (Panzner, Špičák, 2001). Na jiných místech na světě ale dominují jiné druhy, jako je například *Hirstia domicola* v Japonsku (Wharton, 1976). V tropických oblastech přebírá hlavní úlohu *Blomia tropicalis*.



Obrázek 4 *Dermatophagoides farinae* zobrazená v elektronovém mikroskopu, zvětšení 2000krát ([www.navajo.cz](http://www.navajo.cz))

Nejmasovějším přírodním zdrojem roztočů jsou v naší republice ptačí, zejména holubí hnízda. Odtud se pak roztoči dostávají do bytových i domovních interiérů. Pohyby roztočů byly prokázány ve vzdušných proudech ve městech, zejména v blízkosti parků (Panzner; Špičák, 2001). Roztoči obývají předměty, které jim poskytují dobré podmínky pro přežití, jako jsou koberce, čalouněný nábytek, matrace, polštáře, závěsy, plyšové hračky a knihy (Díaz, Milián, 2004).

Zdrojem potravy roztočů jsou kožní, především lidské, šupinky a lupy, v nich obsažené houby, bakterie a kvasinky, ale mohou pozřít i jiné organické materiály využívané

<sup>1</sup> Oslabení, snížení imunitní reaktivity organismu

v domácnostech (Díaz, Milián, 2004). Kde se nachází alergizující látky? Odpověď je jednoznačná, tyto látky se vyskytují v jejich trávicím ústrojí. Poměrně velké množství enzymů, které vznikají při extracelulárním trávení, je vylučováno s jejich exkrementy (Coloff, 2009). Alergen pak kontaminuje částičky respirabilního prашného aerosolu, který se usazuje v bytě a při všech činnostech může být inhalován hluboko do dýchacích cest (Hrodek, Vavřinec, 2002). Je prokázáno, že expozice alergenům získaných z těl roztočů je hlavním senzibilátorem v prvním roce života a pozdějším významným alergenem pro vyvolání astmatického záchvatu.

Domácí roztoči vyžadují zvláštní podmínky pro svůj růst, zvláště teplotu a vlhkost, která je nejdůležitějším faktorem pro prohlubování jejich populací. Například množství roztočů v koberci na chladné podlaze je menší, než v čalounění pohovky nebo matraci lůžka (Panzner, Špičák, 2001). Jejich výskyt byl zjištěn v mnoha částech světa. Studie v Indii odhalila, že populace roztočů v průběhu léta byla menší, než v období dešťů v září, říjnu a v zimě. V této studii vědci došli k závěru, že extrémně vysoké teploty v letním období, nízká relativní vlhkost a nedostatek dešťů jsou pro růst a vývoj roztočů nepříznivé podmínky (Díaz, Milián, 2004) V tropických oblastech se vyskytují v hojné míře celoročně, což souvisí s již zmíněnou závislostí na vyšší vlhkosti.

Roztoči se zdají být resistantní vůči většině pesticidů, avšak mohou být citliví na nižší koncentrace lindanu<sup>2</sup> (Wharton, 1976), který je však klasifikován jako možný karcinogen a v dnešní době je jeho výroba a používání v České republice zakázána.

### 3.4 Zvířecí alergeny

Psi a kočky jsou nejčastějšími domácími zvířaty, která přicházejí do kontaktu s člověkem. Domácí zvířata, včetně hlodavců, králíků apod., produkují alergeny, které mohou lidé snadno vdechnout, proto se řadí mezi alergeny inhalační (Maroni et al., 1995).

Zvířecí alergeny jsou především vylučovány slinami, močí a mazovými žlázami, až v druhé řadě to jsou i chlupy a srst. Mají velikou schopnost udržovat se na povrchu předmětů v interiéru, ale také na šatech osob, které s nimi ve společné domácnosti žijí (Panzner, Špičák, 2004).

Mezi nejagresivnější alergeny řadíme alergeny kočičí, které v prostředí přetrvávají nejdéle. Jejich hlavní alergen se nazývá Fel d 1, který kočky produkují svými slinami. Zvláště nebezpečné mohou být i alergeny pocházející z ptáků, především z holubů a papoušků, které

---

<sup>2</sup> Chlorovaný cyklický uhlovodík, který se užíval jako pesticid (wikipedia.org)

způsobují nejen astma a alergickou rýmu, ale i závažnější onemocnění, jako je zánět plic (Turiel, 1985).

### 3.5 Bakterie

Většina vzdušných bakterií se vyskytuje ve vnitřním prostředí. Jsou přenášeny vdechutím, kašlem nebo kýchnutím, nebo mohou být přeneseny dotykem přes kůži. Nejčastějším výskytem těchto mikroorganismů ve vnitřních prostorech bývá usazený prach, zvlhčovače vzduchu a klimatizační jednotky (Maroni, 1995).

Ve vnitřním ovzduší se vyskytují bakterie rodu *Micrococcus*, mezi které patří *Micrococcus luteus* a *Staphylococcus epidermis*, oproti tomu ve venkovním ovzduší dominuje rod *Pseudomonas* (Maroni, 1995) nebo *Streptococcus* spp. a *Bacillus* spp., které jsou původci nemocničních nákaz. Spory bakterií *Mycobacterium tuberculosis*, *Clostridium tetani* vyvolávají všeobecně známá závažná onemocnění (Kohoutová, 2008).

Nejzávažnějším rizikem je výskyt a kumulace mikroorganismů v různých místech klimatizačního zařízení (potrubí, kde dochází ke kondenzaci par a nedostatečnému odvodu kondenzátu, filtry) a jejich rozmnožování v podmínkách, které jsou pro řadu z nich optimální, tj. teplota a vlhkost. Následně se mikroorganismy s proudem vzduchu dostávají do vnitřního prostředí a vytvářejí bioaerosol (Kohoutová, 2008).

Zvláštní význam má bakterie *Legionella pneumophila* (obrázek 5), která se množí a žije ve vodním prostředí, nečastěji na stěnách potrubí. Do prostředí se dostává například při sprchování, či jiném využití vody. *Legionella* je schopná přežít v teplotách pohybujících se v rozmezí 5,7 až 63 °C. O tomto faktu svědčí i její výskyt v přírodních horkých pramenech, jako například v Yellowstoneckém národním parku ve Spojených státech amerických, i v domácích nádržích na horkou vodu (Burge, 1995). *Legionella pneumophila* je významná tím, že je původcem Legionářské nemoci, která postihuje dýchací cesty.



Obr. 5 *Legionella pneumophila* (www.mlab.com)

## 4 BIOAEROSOL A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ ČLOVĚKA

### 4.1 Vnitřní prostředí

Biologické částice ve vnitřním ovzduší mají mnoho zdrojů. Mohou pocházet z vnějšího prostředí, avšak většina z nich se tvoří přímo v prostředí obytných domů a bytů (Leslie, 2000). Ovzduší ve vnitřních prostorech obsahuje tři hlavní části bioaerosolu, které mohou mít vliv na zdraví obyvatel. Tyto částice jsou roztoči a jejich výkaly, zvířecí alergeny a mikroorganismy. Pyl je dalším druhem částic, ale do budov se dostává z vnějšího prostředí, kde je jeho výskyt mnohonásobně vyšší. Mezi mikroorganismy vyskytující se ve vnitřních prostorách řadíme viry, bakterie, houby, včetně plísní a kvasinek a prvoky, jako jsou améby, které mohou žít ve znečištěných zvlhčovačích a klimatizačních systémech. V prostředí nemocnic bývá zjišťována celá řada patogenních mikroorganismů (Braniš, Hůnová, 2009)

Bakterie a plísně využívají pro svůj růst a množení organickou hmotu v různých materiálech, stěny, dřevo, čalouněný nábytek a koberce, půdu a květiny, chladicí zařízení a potraviny. Růst těchto organismů není ovlivněn jen dostupností potravy, ale také velikostí teploty a vlhkosti. Ta může mít za následek potíže s dýcháním, bolesti hlavy, sípání a vznik astmatu (Bornehag et al., 2001). Výskyt bakterií ve vnitřním prostředí souvisí s prostředím venkovním a také s přítomností rostlin či organických nečistot.

Epidemiologické studie naznačují souvislost mezi bioaerosoly a syndromem nemocných budov. Toxikologické studie přinesly o této skutečnosti jisté důkazy. Nicméně do jaké míry může expozice biologickým částicím vysvětlit nespecifické příznaky, je zatím nejasné (Laumbach, Kipen, 2005). Syndrom nemocných budov (Sick building syndrome) popisuje zdravotní stav, při němž lidé vyskytující se v určité budově trpí příznaky nemoci nebo pocity nevolnosti bez zjevného důvodu. S časem stráveným uvnitř budovy jsou příznaky silnější, naopak při opuštění budovy téměř zmizí ([www.who.int](http://www.who.int)). Syndrom nemocných budov se projevuje rýmou, kašlem, horečkou, pálením očí, bolestí hlavy a malátností (Maroni et al., 1995).

### 4.2 Pracovní prostředí

Expozice vůči bioaerosolu v pracovním prostředí je spojena s celou řadou účinků na lidské zdraví, jako jsou infekční onemocnění, toxické účinky, alergie a nádorová onemocnění (Douwes et al., 2003). V profesionální praxi se jedná o látky s iritačním účinkem, vyskytující se na pracovišti. Nejpočetnější jsou zemědělské alergeny živočišné, rostlinné, nejčastěji

smíšené. Dále jsou to alergeny textilní, rostlinné, syntetické a opět nejčastěji směšové. Trvale přibývá alergií na moučný prach (Bureš, Horáček, 2003).

Jedno z nejčastějších onemocnění spojených s výskytem bioaerosolu v pracovním prostředí je onemocnění dýchacích cest – exogenní alergická alveolitida. V našich podmínkách se onemocnění objevuje nejčastěji pod obrazem „farmářské“ nebo „sladovnické plíce“ (Farmer’s Lung Disease) V prvním případě jsou příčinou termofilní aktinomycety *Micropolyspora faeni* nebo *Micropolyspora vulgaris*, *Thermonospora viridis* obsažené v plesnivém seně, slámě a zrní (Bureš, Horáček, 2003). Příčinou může být i obsah *Absidie corymbifera* (Bardonnnet et al.,2001), která pochází z pšenice, ječmene a cereálních produktů. V případě sladovnických plic je příčinou onemocnění *Aspergillus clavatus* nebo *Aspergillus fumigatus* přítomný v prachu sladu. Dále může být příčinou celá řada dalších antigenů, nevyjímaje některé chemické látky, např. síran měďnatý obsažený v herbicidech (Bureš, Horáček, 2003).

U pracovníků v oblasti zpracování krmiva pro dobytek je prokázáno zvýšené riziko vzniku rakoviny jater, stejně jako nádorů žlučových cest, slinných žláz a mnohočetného myelomu<sup>3</sup> (Autrup et al., 1988). Řada studií prokázala vztah mezi expozicí prachu ze dřeva při výrobě nábytku, tesařství a dalším dřevozpracujícím průmyslu a rakovinou paranasálních dutin<sup>4</sup>, která se řadí mezi vysoce agresivní zhoubné novotvary (Franchi et al., 2002).

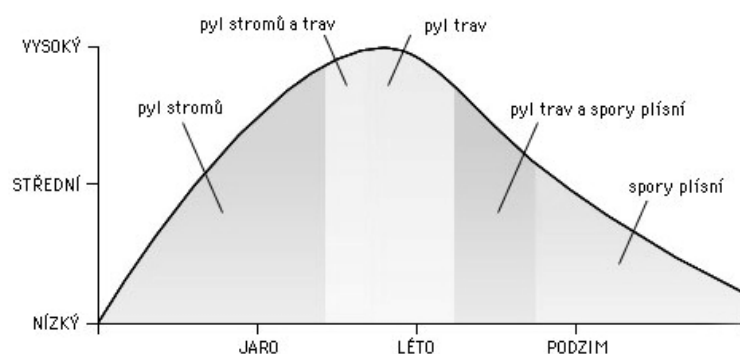
#### 4.3 Venkovní prostředí

Co se týče bioaerosolu, venkovní prostředí je spojeno především s výskytem pylových zrn a plísni. Ve sféře ovlivnění krajiny a životního prostředí je kladen důraz např. na omezování výsadeb zejména monokulturních porostů alergologicky významných dřevin a dále na pečlivou údržbu trávníků po celé letní období. Sekání travních porostů je třeba zahájit před vykvétáním a zároveň je nutné zajistit včasný odvoz sena, které je mnohdy agresivnější než tráva. Je třeba přistupovat také k likvidaci či asanaci skládek, obecně pak míst porostlých ruderální, resp. plevelovou vegetací s častým výskytem z alergologického hlediska nežádoucích druhů (Rieger, 1996).

---

<sup>3</sup> Nevyléčitelná forma rakoviny krve, která vzniká z buněk nacházejících se v kostní dřeni

<sup>4</sup> Vedlejší dutiny dýchacích cest

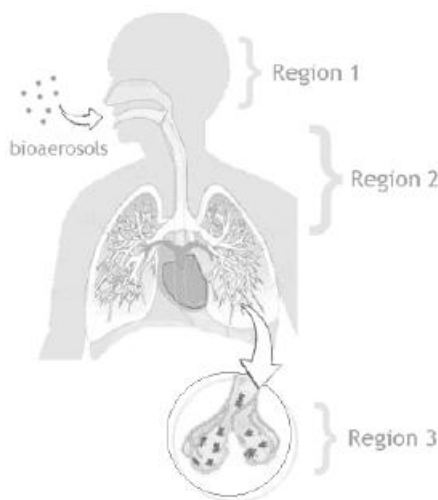


**Obrázek 6 Znárodnění dominujícího bioaerosolu ve venkovním prostředí (www.proalergiky.cz)**

Klimatické podmínky jednoznačně ovlivňují výskyt biologických částic v ovzduší. Proto je celou řadou studií spojována změna klimatu s výskytem pylových zrn v různých částech světa. Zvýšené teploty v severnějších zeměpisných šířkách umožňují rozšíření některých druhů rostlin, čímž se zvýší obsah pylů v ovzduší a stejně tak i obsah plísní (*Cladosporium* a *Alternaria*) (Ayres et al., 2009).

## 5 VLIV BIOLOGICKÝCH ČÁSTIC NA LIDSKÉ ZDRAVÍ

Biologické částice způsobují celou řadu zdravotních problémů. Mezi nejčastější řadíme respirační onemocnění, která jsou povětšinou způsobena alergickou reakcí na určité alergeny v ovzduší. Respirační symptomy a zhoršení funkce plic je nejvíce studovaná problematika z hlediska působení biologických částic v ovzduší na lidské zdraví (Douwes et al., 2003) (obrázek 7). Jak již bylo řečeno, ve vnitřním prostředí se vyskytují alergizující roztoči a houby, ve venkovním naopak převládají pyly.



**Obr. 7 Průnik bioaerosolu do lidského dýchacího systému ( www.ecometrex.com)**

Dalším projevem bioaerosolu na lidském zdraví je vznik infekcí, které mohou být způsobeny toxickými bakteriemi, viry a houbami. V neposlední řadě může dojít ke vzniku nádorových onemocnění, která mohou vzniknout působením těchto biologických částic v těle člověka.

## 5.1 Alergická reakce

Alergii lze definovat jako stav zvýšené citlivosti organismu na celou řadu určitých látek, které mají schopnost alergizovat, tj. mají tzv. imunogenní vlastnosti. Mohou to být i látky toxické, kde je pak nutné rozlišit, jakým podílem tyto látky působí toxicky a jakým naopak způsobují přecitlivělost – alergii (Baloun et al., 1989).

Alergická onemocnění řadíme mezi onemocnění imunitního systému, který zajišťuje nejen obranu proti infekcím, ale i rovnovážný stav celého organismu. Imunitní systém alergiků reaguje na podněty zevního prostředí, v tomto případě na alergeny, zvýšenou reaktivitou.

Vznik alergického onemocnění je výsledkem interakce geneticky založené dispozice k alergii a vlivů pocházejících z prostředí (Hrodek, Vavřinec, 2002). Podle vstupu alergenů do těla mluvíme o alergii inhalační (vstup dýchacími cestami), alergii kontaktní (dotykem kůže, přes kůži) a alergii potravinové (Rieger, 1996). Nejvýznamnější skupinou inhalačních alergenů rostlinného původu tvoří pyl různých druhů rostlin (luční trávy, plevely, dřeviny apod.) Většina těchto druhů rostlin jsou anemofilní<sup>5</sup> a tvoří obrovská kvanta lehkého pylu, roznášeného na velké vzdálenosti (Baloun et al., 1989).

### 5.1.1 *Asthma bronchiale*

*Asthma bronchiale* je chronické zánětlivé onemocnění dýchacích cest. Buňky zánětu svými produkty zvyšují reaktivitu průdušek, jejímž důsledkem jsou opakované stavy výdechové dušnosti a záchvaty kašle, zvláště v noci a časně ráno (Hrodek, Vavřinec, 2002). Tento zánět zvyšuje reaktivitu dýchacích cest vůči různým stimulům a je příčinou reverzibilní bronchiální obstrukce<sup>6</sup> (Panzner, Špičák, 2004). Vznikající bronchiální obstrukce je způsobena sevřením hladkých svalů průdušek, otokem sliznic a zvýšenou tvorbou vazkého hlenu. Je reverzibilní. Přetrvávající zánět vede k přestavbě stěny průdušek a postupné ztrátě této reverzibility (Hrodek, Vavřinec, 2002). Jestliže není adekvátně léčen, vede k remodelaci

---

<sup>5</sup> Přenášené větrem

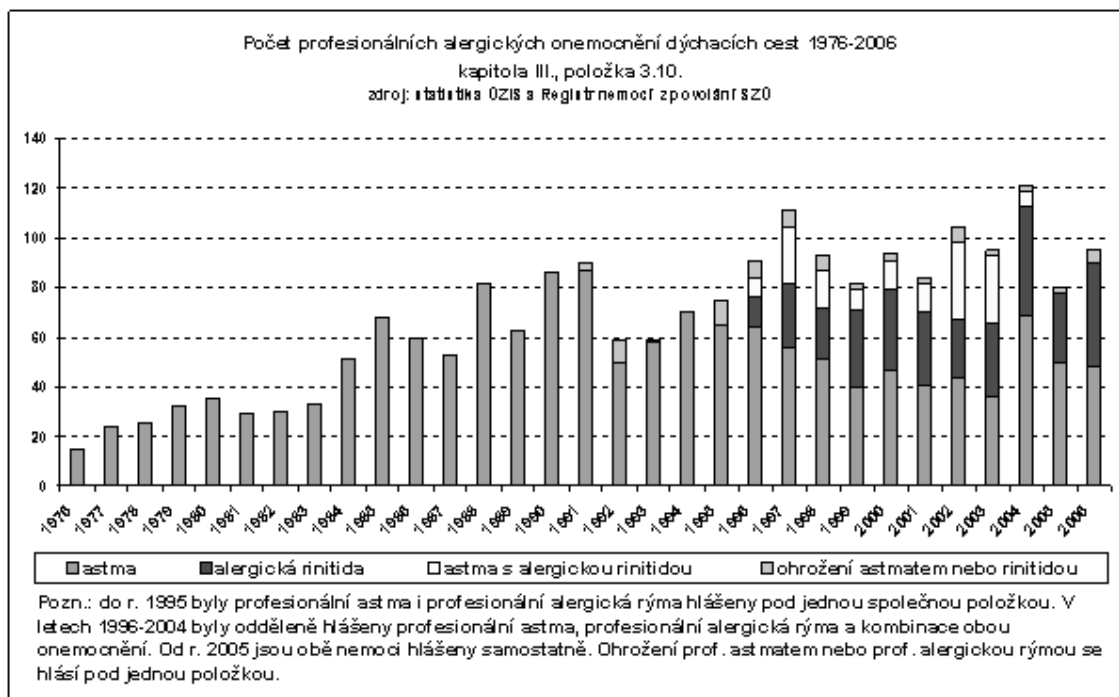
<sup>6</sup> Omezený průtok vzduchu v průduškách

stěny bronchů, která může vyústit v ireverzibilní obstrukci dýchacích cest (Panzner, Špičák, 2004).

Astma se projevuje stavy ztíženého dýchání či výdechové dušnosti provázené velmi často hvízdavým zvukem ve výdechu. To může být i jediným projevem (Panzner, Špičák, 2004).

Alergické astma je definováno přítomností pozitivní reakce nejčastěji na inhalované alergeny v kožních testech nebo zvýšené hladiny protilátek typu IgE. Je často spojené s ekzémem a alergickou rýmou. Inhalované alergeny jsou u bronchiálního astmatu nejdůležitějším senzibilizačním i provokačním faktorem. V sezoně jsou to pylové alergeny a spory plísní, celoročně se uplatňují hlavně alergeny roztočů a zvířecí srst, mohou se uplatnit i alergeny potravinové (Panzner, Špičák, 2004). Podle Holgateho a spol. je expozice roztočů v domácím prostředí jedním z klíčových faktorů vzniku astmatu u dětí. Ayres a spol. zase uvádí, že ke vzniku jedné pětiny astmatických onemocnění přispívá expozice plísním ve vlhkém vnitřním prostředí.

Podle nařízení vlády ČR č. 290/95 Sb. se asthma bronchiale, společně s alergickou rinitidou, řadí mezi nemoci z povolání. Většinou se vyskytují v kombinaci, ale od roku 1996 jsou brány jako samostatné jednotky. Na obrázku č. 8 jsou znázorněny onemocnění dýchacích cest spojených v pracovním prostředí.



Obr. 8 Počet profesionálních onemocnění dýchacích cest (www.szu.cz)

### 5.1.2 Alergická rinitida

Alergická rýma je charakterizována svěděním nosu, kýcháním, zvýšenou produkcí vodnatého sekretu a pocitem plného nosu. Pacienti s rinitidou trpí často ztrátou čichu (Bureš, Horáček, 2003). Výskyt alergické rýmy v populaci dosahuje v průměru 10% (Hrodek, Vavřinec, 2002).

Alergická rinitida se může vyskytovat po celý rok (celoroční, perineální), kdy se uplatňují alergeny vyskytující se především v prostředí našich obydlí, jako jsou roztoči, domácí plísně a zvířecí alergeny, nebo ve vazbě na roční období (sezonní). Pro sezonní rinitidu je charakteristická senzibilizace pylovými alergeny (Bureš, Horáček, 2003).

Perineální rýma vzniká na základě přecitlivělosti na celoročně se vyskytující alergeny, nejčastěji alergeny vnitřního prostředí, většinou roztočů. (Panzner, Špičák, 2004). Příčinou rýmy mohou být i domovní plísně, zejména *Aspergillus* spp. a ještě častěji zvířecí alergeny – koček, psů, drobných hlodavců (Hrodek, Vavřinec, 2002). Onemocnění má často odlišný průběh než rýma sezonní a to díky dlouhodobému působení alergenů v malých dávkách. Tím vyvolá výraznější a trvalejší zánětlivé změny na nosní sliznici. Klinicky většinou převažuje zduření nosní sliznice s neprůchodností nosu, svědění nebývá tak časté (Panzner, Špičák, 2004). Alergická rýma celoroční bývá výraznější na konci zimy, někdy v květnu či srpnu. (Hrodek, Vavřinec, 2002).

Typ alergické rýmy sezonní bývá časově ohraničen určitým ročním obdobím. Většinou jde o rýmu pylovou, méně často je příčinou alergie na vzdušné plísně, především *Cladosporium* spp. (Hrodek, Vavřinec, 2002). V našich podmínkách jsou nejdůležitější pylové alergeny jarních stromů a keřů, později travin a plevelových rostlin (Panzner, Špičák, 2004). Při sezonní alergické rýmě se pylová zrnka dostávají do nosní dutiny a jsou zachycena vrstvou hlenu. Díky enzymu lysozymu jsou uvolněny proteiny, které následně způsobí alergickou reakci. Uvádí se, že alergická reakce proběhne do 20 minut od podráždění.

Potíže pacientů přecitlivělých na sezonní alergeny jsou vázány na období jejich výskytu, a proto je typické, že mimo vegetační období jsou bez příznaků. Časté je průvodní svědění sliznic a téměř pravidelné postižení oční spojivky. Může docházet i k celkovým projevům: únava, nesoustředěnost a bolest hlavy (Panzner, Špičák, 2004).

### 5.1.3 Alergická konjunktivitida

Oči jsou místem mnoha alergických reakcí, které bývají průvodním jevem alergické rýmy (Panzner, Špičák, 2004).

Alergická konjunktivitida je velmi častým alergickým projevem s prevalencí až 25%. Oční spojivka je aktivně imunologicky reagující tkáň a dominantní úlohu zde hrají žírné buňky a jimi uvolňované a tvořené mediátory. S uvolňováním histaminu souvisí soubor příznaků, jako je svědění očí a okolí, slzení, pocit pálení v očích a citlivost na světlo. Vodová sekrece je často popisována jako slzotok (Panzner, Špičák, 2004).

Stejně, jako alergická rinitida, se konjunktivitida dělí na sezonní a celoroční, podle doby výskytu alergických projevů. Sezonní typ konjunktivitidy je většinou spojen i s nosními příznaky při polinóze (Panzner, Špičák, 2004). Vyvolávajícím podnětem jsou vzdušné alergeny - hlavně pyly, v současné době i aerosoly. (zdn.cz) Hlavními příznaky jsou náhle vznikající silná svědivost očních víček, překrvení spojivek a slzotok (Hrodek, Vavřinec, 2002).

Příznaky celoroční konjunktivitidy přetrvávají v průběhu celého roku, i když téměř vždy jsou výraznější v pylové sezoně (Panzner, Špičák, 2004). Oproti sezonní konjunktivitidě bývají příznaky mírnější, nesou s sebou však riziko poškození sliznic a trvalejších obtíží. Hlavní příčinou bývá alergie na domácí alergeny (Hrodek, Vavřinec, 2002). Často se u pacientů souběžně vyskytuje atopická dermatitida<sup>7</sup> nebo astma. Alergická rýma se projevuje ve srovnání se sezonní alergickou konjunktivitidou méně často (Panzner, Špičák, 2004).

## 5.2 Kardiovaskulární onemocnění

Ačkoliv mnoho znečišťujících látek může vyvolat zdravotní problémy, ať už samostatně nebo v kombinaci, hlavním předmětem výzkumu vlivu na lidské zdraví se staly aerosoly jako takové (Brook et al, 2004). Jejich relativní rizika jsou v porovnání s ostatními rizikovými faktory vzniku kardiovaskulárních onemocnění, jako jsou obezita, kouření nebo vysoký tlak, nízká, nicméně je to závažný problém pro veřejné zdraví, protože jim jsou lidé vystaveni po celou dobu života (www.americanheart.com).

Tyto částice mohou mít přímé účinky na kardiovaskulární systém, krev a plicní receptory, nebo nepřímé účinky, jako je plicní oxidativní stres nebo zánětlivá reakce (Brook et al., 2004). To vede k poranění cév, ateroskleróze a autonomní dysfunkci (Dockery, Stone, 2007).

Mnoho studií ve světě prokázalo, že nárůst částic menších než 10  $\mu\text{m}$  v ovzduší má za následek zvýšenou mortalitu. Environmental protection agency ve Spojených státech amerických dokazuje, že se při nepatrném nárůstu PM o 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zvýšila mortalita u lidí o 0,5%. Zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění může být u starších osob, diabetiků a

---

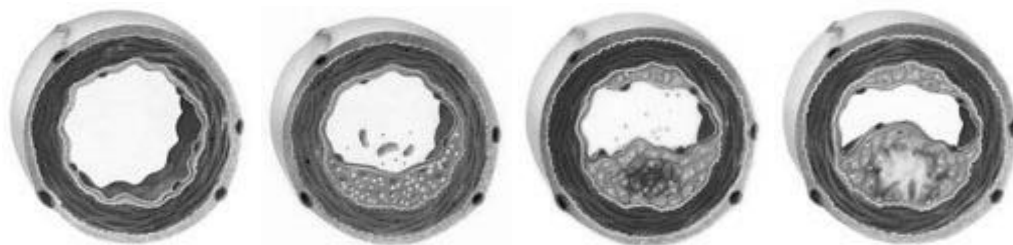
<sup>7</sup> Neinfekční kožní zánětlivé onemocnění, při kterém vzniká svědivý zánět. (www.ordinace.cz)

lidí na nižší sociální úrovni (Brook et al., 2004). Podle doktora Dockeryho nastává zvýšené riziko těchto onemocnění u žen, u kterých záleží také na věku. Je také dokázáno, že u žen s prokázanou ischemickou chorobou je dvakrát větší riziko úmrtí než u mužů (Dockery, Stone, 2007).

### 5.2.1 Koronární ateroskleróza

Koronární ateroskleróza je onemocnění, při kterém dochází k zužování koronárních tepen (obrázek 9), díky kterému je znemožněn průtok krve, zásobující kyslíkem srdce.

První projevy koronární aterosklerózy mohou být různé. V některých pramenech se uvádí jako prvotní projev výskyt angíny pectoris, tzn. bolesti na hrudi při zvýšené fyzické námaze, později i v klidové poloze. Jindy se toto onemocnění může projevit až po proběhlém infarktu myokardu či mozkové cévní příhodě.



Obrázek 9 Průběh zúžení koronárních tepen ([www.msdi.cz](http://www.msdi.cz))

## 5.3 Infekční onemocnění

Tato onemocnění mohou být způsobena viry, bakteriemi nebo vzdušnými houbami. Mohou se projevit například u pracovníků ve zdravotnictví, a to ve formě tuberkulózy, spalniček nebo žaludeční chřipky, u zemědělců a veterinářů, kde se může vyskytnout například prasečí chřipka, nebo u pracovníků v lesnictví, kde se projevuje tularémie<sup>8</sup> (Douwes et al., 2003).

### 5.3.1 Legionářská nemoc – legionelóza

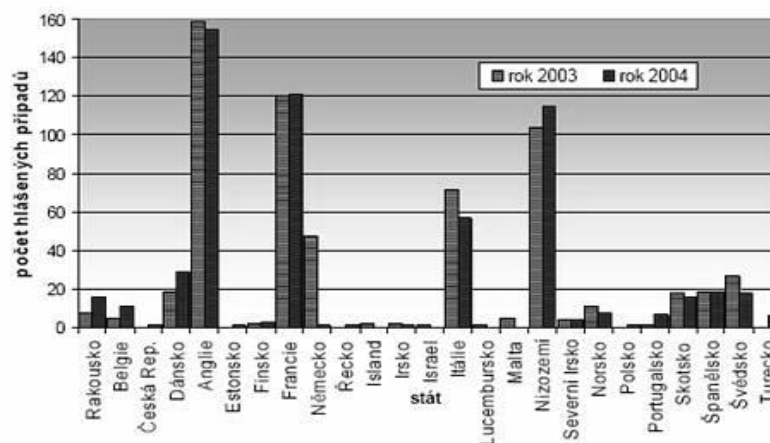
Legionářská nemoc je infekční onemocnění vyvolané bakterií *Legionella pneumophila*. Její průběh je charakterizován jako těžký zápal plic, doprovázený horečkou, bolestmi hlavy, malátností, kašlem a bolestí na hrudi.

---

<sup>8</sup> Chronické nebo akutní bakteriální onemocnění, které se projevuje u zajíců či ostatní lesní zvěře a je přenášena například klíšťaty

Toto onemocnění se vyskytuje především v hotelech nebo bytových domech, jelikož nejčastější výskyt této bakterie způsobující legionářskou nemoc je v klimatizačních jednotkách. Podle Herrieta Burgeho byl ve 37 bytových domech v americkém Chicagu zjištěn 51% výskyt bakterie *Legionella pneumophila*. V těchto domech byly nainstalovány nádrže na vodu s teplotou nižší než 55 °C. Z tohoto důvodu je zcela nezbytné klimatizační jednotky pravidelně čistit a udržovat v čistotě.

Legionelóza podléhá ohlašovací povinnosti ve všech členských státech Evropské unie. Přesto je odhadováno, že je hlášeno méně než 5 % všech případů výskytu tohoto onemocnění, i když stále dochází k postupnému získávání podrobnějších informací vedoucích ke zdokonalení v diagnostice tohoto typu onemocnění. Z následujícího grafu (obrázek 10) je zřejmé, že v některých zemích jsou počty hlášených legionelóz až podezřele nízké (Pospíchal, 2005).



**Obrázek 10** počet hlášených případů onemocnění Legionářskou nemocí v Evropě (Pospíchal, 2005)

### 5.3.2 Tuberkulóza

Tuberkulóza je uváděna jako nejstarší smrtelné bakteriální onemocnění na světě. Byla velice rozšířenou nemocí v průběhu druhé světové války, avšak díky zavedení očkování a dokonalejší léčbě se toto onemocnění stalo ve vyspělých státech téměř vzácností. I dnes se ale objevují případy nakažení touto infekční nemocí. V roce 2007 zemřelo na následky tuberkulózy 1.77 milionu lidí, nejvíce v rozvojových zemích (www.who.int). Největší výskyt byl zaznamenán v Subsaharské Africe a jihovýchodní Asii (Kochi et al., 1995).

Tuberkulóza je závažné infekční onemocnění vyvolávané bakterií *Mycobacterium tuberculosis*. Tuberkulózní bakterie napadají nejčastěji plíce, mízní uzliny, hrtan, střeva, kosti a další orgány. Během onemocnění se tvoří uzlíky – tuberkuly, které mohou v procesu hojení

zvápenatět nebo se mohou rozpadnout a pokračuje další chorobný proces. Po masivním pomnožení jsou rozneseny krevním řečištěm do celého těla (www.tuberkuloza.cz).

Tuberkulóza se přenáší kapénkovou infekcí a projevuje se dlouhotrvajícím kašlem s hlenovým vykašláváním, bolestmi hlavy, malátností a ztrátou váhy. Postihuje především jedince s nízkou imunitou, časté jsou případy u nakažených nemocí AIDS (www.tuberculosis.net). Je to označováno za onemocnění chudých a postihuje hlavně mladé lidi v nejproduktivnějším věku.

Tímto onemocněním nebývá nakažen pouze člověk, ale i ostatní živé organismy. U hovězího dobytka dochází k nakažení bakterií rodu *Mycobacterium bovis*, která se do člověka dostane konzumací mléka nakaženého zvířete a způsobuje nejčastěji tuberkulózu střev. Tuberkulóza ptáků je způsobena bakterií rodu *Mycobacterium avium* (www.tuberkuloza.cz).

#### 5.4 Nádorová onemocnění

Nádory mohou být způsobeny různými faktory, například onkogenními viry a jinými biologickými činiteli. Jako jediný neviróv karcinogen byl stanoven mykotoxin. Ten se vyskytuje v prostředí, kde se pracuje s materiály obsahujícími plísně. Nejznámější mykotoxin se nazývá aflatoxin, který produkuje *Aspergillus flavus* a byl prokázán jako lidský karcinogen způsobující rakovinu jater. Za další možný karcinogen je považován ochratoxin<sup>9</sup> (Douwes et al., 2003). V případě inhalace aflatoxinu nejsou plíce cílovým orgánem pro nádorové onemocnění (Autrup et al., 1988).

Ve spojení s bioaerosoly můžeme hovořit také o možnosti rakoviny plic způsobené průnikem radonu do lidského organismu. Jeden z možných způsobů, jak se radon a jeho produkty mohou dostat do lidského těla, je spojení s biologickými částicemi v ovzduší. Po tomto spojení následuje vdechnutí do dýchacích cest a poškození buněk, což vede ke vzniku nádorového onemocnění plic. Nové modely hodnocení rizik předpovídají, že ve Spojených státech amerických z odhadovaných 135 000 případů rakoviny plic ročně může být 10 000 způsobeno právě ozářením radonu (Spagnolo, Witorsch, 1994).

---

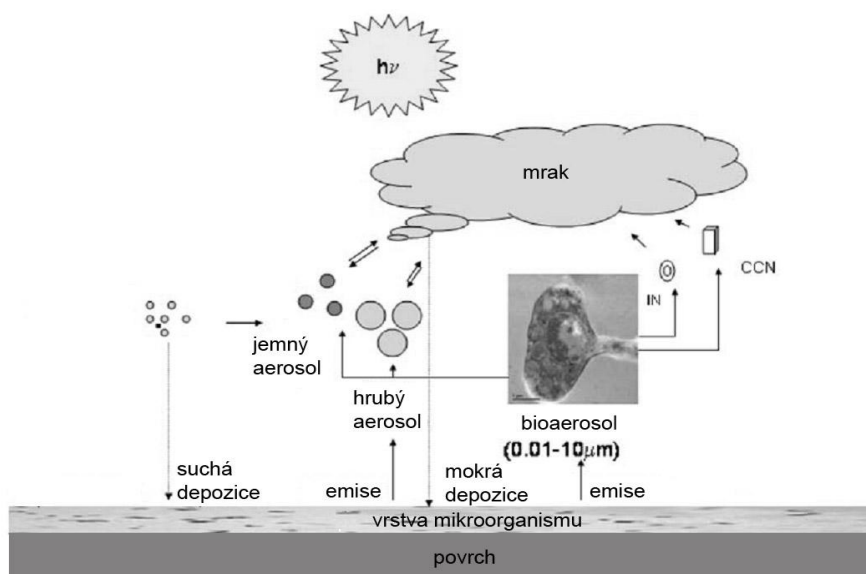
<sup>9</sup> Toxin, který se vyskytuje v obilninách, kukuřici a rýži. V našich podmínkách poměrně častý

## 6 VLIV BIOAEROSOLU NA KLIMATICKÝ SYSTÉM PLANETY

Mnoho výzkumných projektů se zabývá studiem výskytu biologických částic v troposféře, někdy i ve stratosféře. Většinou se jedná o výzkum vlivu těchto částic na lidské zdraví. Nelze ale pominout vliv bioaerosolu na klimatický systém Země. Meteorologickými výzkumy bylo zjištěno, že ve spodní vrstvě troposféry patří 25% z celkové hmotnostní koncentrace atmosférického aerosolu primárnímu bioaerosolu. Tato vysoká koncentrace biologických látek v ovzduší hraje významnou roli v probíhajících atmosférických procesech (Gruber et al., 2007).

Jako jeden z hlavních atmosférických procesů spojený s existencí bioaerosolu je uváděn vznik srážek. Biologické částice při těchto procesech slouží jako kondenzační jádra pro vznik oblačnosti (cloud condensation nuclei - CCN) a pro vznik ledových krystalků (ice nuclei - IN) (Amyot, Ariya, 2004). Tak se modifikuje hydrologický cyklus planety a ovlivňují se změny teploty. Tento proces patří mezi nepřímé ovlivnění klimatu. Za kondenzační jádra ledových krystalků jsou často považovány mikroorganismy blízce související s rostlinami. Tím Andronache a spol. vysvětlují zvýšený výskyt dešťů nad oblastmi pokrytými z větší části rostlinnou vegetací.

Na obrázku 11 je znázorněno schéma cyklu biologických částic v ovzduší, kde je emitován hrubý a jemný aerosol do ovzduší, následný vznik oblačnosti a projev suché a mokré depozice, spojené s čisticími procesy v atmosféře.



Obrázek 11 Zjednodušené schéma vstupu bioaerosolu do ovzduší ( podle Amyota a Ariy, 2004).

Přímým dopadem bioaerosolu na klimatický systém je ovlivnění radiační bilance Země. Tímto se rozumí rozptyl a absorpce slunečního záření. Klimatický systém je ovlivňován ve smyslu ochlazování planety (Balkanski et al., 2005). S tímto procesem může být spojen termín "globální stmívání", který vědci spojují také s odrazem slunečního záření. Shabtai Cohen a Gerald Stanhill dospěli k názoru, že za jedno desetiletí se dopad slunečního záření na povrch Země snížil o 2,7 %.

## 7 ZÁVĚR

Bioaerosol jsou částice vyskytující se téměř konstantně všude kolem nás. Jsou ve vnitřním prostředí, nejčastěji plísně, bakterie, domácí prach a roztoči, ve vnějším prostředí se rovněž vyskytují plísně a zvláště pak pylová zrna, nejvíce v jarních a letních měsících. Množství těchto částic nezáleží pouze na velikosti jejich zdrojů, ale také na podmínkách, které podporují jejich vznik. Tím je myšlena především vlhkost a teplota prostředí. Bylo zjištěno, že růst domovních plísní je podporován vysokou relativní vlhkostí, nevětranými místnostmi a vyšší vnitřní teplotou. Stejně tak se bakteriím velice dobře daří ve vlhkých klimatizačních jednotkách. Díky systému klimatizací se dostávají do většiny místností v budově. Tomuto trendu přispívají také venkovní podmínky, jako jsou časté deště. Tím lze vysvětlit celoročně zvýšený výskyt domovního bioaerosolu v tropických oblastech. Co se týče přírodních podmínek v našich zeměpisných šířkách, daly by se například záplavy označit za největšího činitele podporujícího vznik plísní a bakterií zvýšenou vlhkostí prostředí. Klimatické podmínky ovlivňují výskyt venkovních biologických částic - mírný vytrvalý déšť více sníží počet pylových zrn v ovzduší než prudká krátce probíhající bouře.

Nejvýraznějším dopadem bioaerosolu na živé organismy je ovlivnění jejich zdravotního stavu. Jak již bylo řečeno, tyto částice se vyskytují téměř všude kolem nás. Člověk je vystaven jejich působení jak doma, v zaměstnání, tak i ve venkovním prostředí. Působením těchto škodlivin vznikají nejčastěji onemocnění dýchacích cest. Dochází ke vzniku astmatu, úporných zánětlivých onemocnění plic nebo nádorovému bujení. Alergické onemocnění se může projevit i alergickou konjunktivitidou. Pokud je léčba těchto onemocnění zanedbávána, včetně přehlížení působení alergenů, může dojít ke vzniku velmi vážných komplikací, včetně úmrtí jedince. Působením bioaerosolu může dojít i k závažným kardiovaskulárním onemocněním. Chronickým drážděním stěny cév dochází k postupnému vytvoření aterosklerózy s následujícími komplikacemi tohoto stavu - poruchy krevního

zásobení srdce a končetin. V případě Legionářské nemoci se bakterie způsobující toto onemocnění šíří snadno a velmi rychle klimatizačními systémy budov. Můžeme proto hovořit o závažném problému pro většinu států Evropy i celého světa.

Přítomnost bioaerosolu není spojována pouze s účinky na zdraví živých organismů, ale také s ovlivněním klimatického systému planety. Nejčastějším vlivem popsáním v mnoha publikacích je tvorba srážek a oblačnosti působením bioaerosolu, jako zdroje vzniku kondenzačních jader. Dochází k ovlivnění hydrologického cyklu planety. Dalším, neméně významným vlivem bioaerosolu na klimatické podmínky je jeho schopnost absorbovat a rozptylovat sluneční záření.

Vzniku a existenci biologických částic nelze zabránit. Je však možno omezit intenzitu jeho tvorby a je možno chránit živé organismy před jeho působením. Člověk může omezit vznik nadměrného množství bioaerosolu používáním nových, účelnějších technologií v průmyslu, zemědělství, stavebnictví a bydlení. Vliv bioaerosolu na zdraví lze omezit ochrannými prostředky, dodržováním moderních hygienických zásad a všeobecnou osvětou. Částice bioaerosolu v ovzduší nejsou přímo poznatelné lidskými smysly, ale na jejich existenci nelze zapomínat a v žádném případě je nelze podceňovat.

## 8 SEZNAM LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

### 8.1 Použitá literatura

Adhikar, A., Crawford, C.M., Grinshpun, S.A., Lee, T., Luo, J., Martuzevicius, D., Reponen, R. (2006): Relationship between indoor and outdoor bioaerosols collected with a button inhalable aerosol sampler in urban homes. *Indoor air*, Vol. 16, Issue 1, p. 37-47

Amyot, M. , Ariya, P.A. (2004): New Directions: The role of bioaerosols in atmospheric chemistry and physics. *Atmospheric Environment*, Vol.38, p. 1231–1232

Andronache, C., Bansemer, A., Christner, B., Lauer, A., McNaughton, C., Morris, C.E., Phillips, V. T. , Sands, D.C., Seman, C. (2009): Potential impacts from biological aerosols on ensembles of continental clouds simulated numerically *Biogeosciences*. The national centre of atmospheric research, Vol. 6, p. 987–1014

Autrup, H., Dragsted, L., Olsen, J.H. (1988): Cancer risk and occupational exposure to aflatoxins in Denmark. *British journal of cancer*. Vol, 58, Issue 3,p. 392–396.

Ayres' J.G., Dey, R., Ebi, K.L., Forastiere, F., Forsberg, J., Helms, P.J., Annesi-Maesano, I., Medina-Ramón, M., Windt, M. (2009): Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *European respiratory journal*, Vol.34, p.295-302

Balkanski, Y., Boucher, O., Feichter, J., Ganzeveld, L., Kinne, S., Kloster, S., Minikin, A., Petzold, A., Schulz, M., Stier, P., Tegen, I., Vignati, E., Werner, M., Wilson, J. (2005): The aerosol-climate model ECHAM5-HAM. *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1125–1156

Baloun, J. (1989): Rostliny způsobující otravy a alergie. Avicem, zdravotnické nakladatelství, Praha (p. 235)

Bardouet, K., Dalphin, J.Ch , Madroszyk, A., Mauny, F., Millon, L., Piarroux, B, Reboux, G. (2001): Role of Molds in Farmer's Lung Disease in Eastern France, *American Journal of Respiratory and critical care medicine*, Vol. 163, Issue 7, p.1534-1539

Bornehag, C.G., Blomquist, G., Gyntelberg, F., Järnholm, B., Malmberg, P., Nordvall, L., Nielsen, A., Pershagen, G., Sundell, J. (2001): Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to "dampness" in buildings and health effects (NORDDAMP). *Indoor air*, Vol. 11, Issue 2, p. 72-86

Braniš, M., Hůnová, I. (2009): Atmosféra a klima – aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum , Praha (p. 351)

Brown, R.H., Curtis, M., Saunders K.J., Vandendriessche S. (1992): Clean air at work. The Royal Society of chemistry, Cambridge (p. 507)

Brook,D.B., Franklin, B., Cascio, W., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., Luepker, R., Mittleman, M., Samet, J., Smith, S.C., Tager, I. (2004): Air Pollution and Cardiovascular Disease. American Heart Association, Vol. 119, p. 3050-3052

Bureš, Horáček (2003): Základy vnitřního lékařství. Galén, Praha ( p. 870)

Burge, H.A. (1995): Bioaerosols. Lewis Publishers, Boca Ration (p.319)

Cohen, S., Stanhill, G. (2001): Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences. Agricultural and Forest meteorology. Vol. 107, Issue 4, p. 255.278

Cogswel, J.J., Holgate, S.T., Platts-Mills,T.A., Sporik, R. (1990) :Exposure to house-dust mite allergen (Der p I) and the development of asthma in childhood. A prospective study. The New England journal of medicine Vol. 323 Issue 8, p. 502 – 507

Coloff, M.J. (2009): Dust mites. CSIRO Publishing, Collingwood (p.583)

Cox, C.S., Wathes, M.Ch. (1995): Bioaerosols handbook. Lewis Publishers, Boca Ration (p. 623)

Depres, V.R., Frohlich-Nowoisky, J., Pickersgill, D., Poschl, U. (2009):High diversity of fungi in air particulate matter. Proceedings ofthe national academy of science of United states of America, Vol.106, Issue.31, p: 12814-12819

Díaz, A.M. ;Milián, E.(2004): Allergy to House Dust Mites and Asthma. Puerto Rico health science journal, Vol. 23, Issue. 1, p.47-57

Dockery, S., Douglas, W., Stone, P.H. (2007): Cardiovascular Risks from Fine Particulate Air Pollution. The New England journal of medicine, Vol. 356, issue 5, p.511-513

Douwes, J., Heederik, D., Pearce, N., Thorne, P. (2003): Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. The animals of Occupational hygiene Vol. 47, Issue. 3, p. 187-200

Franchi , A., Moroni, M., Massi, D., Paglierani, M., Santucci, M. (2002): Sinonasal undifferentiated carcinoma, nasopharyngeal-type undifferentiated carcinoma, and keratinizing and nonkeratinizing squamous cell carcinoma express different cytokeratin patterns. The American journal of surgical pathology\_ Vol.26, Issue 12, p. 1597-604.

Gruber, S., Jaenicke, R., Matthias-Maser, S. (2007): Omnipresence of biological material in the atmosphere. Environmental Chemistry . Vol.4, Issue 4, p. 217–220

Hrodek, Vavřínek (2002): Pediatrie. Galén, Praha (p.767)

- Huttunen, K., Rintala, H., Hirvonen, M.R., Vepsäläinen, A., Hyvärinen, A., Meklin, T., Toivola, M., Nevalainen, A. (2008): Indoor air particles and bioaerosols before and after renovation of moisture-damaged buildings: The effect on biological activity and microbial flora. *Environmental Resources*, Vol. 107, Issue 3, p. 291-298
- Jones, A.P. (2002): Indoor air quality and health. *Air Pollution Science for the 21<sup>st</sup> Century* Vol. 1, p. 57-115
- Kasprzyk, I., Walanus, A. (2010): Description of the main Poaceae pollen season using bi-Gaussian curves, and forecasting methods for the start and peak dates for this type of season in Rzeszow and Ostrowiec Sw. *Journal of environmental monitoring*, Vol. 12, Issue. 4, p.906-916
- Kay, J.G., Keller, G.E., Miller, F.J. (1991): Indoor air pollution. Lewis Publishers, Boca Ration (p. 263)
- Kohoutová, J. (2008): Klimatizace- zdravotní rizika a prevence. *Interní medicína*, Vol. 10, Issue 5, p. 231-232
- Kochi, A., Raviglione, M.C., Snider, D. E. (1995): Global epidemiology of tuberculosis: morbidity and mortality of a worldwide epidemic. *The Journal of the american medical association*, Vol. 273, Issue 3, p. 220-226
- Laumbach, R. J., Kipen, H. M. (2005): Bioaerosols and sick building syndrome: particles, inflammation, and allergy. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, Vol. 5, Issue 2, p. 135-139
- Leslie, G.B. (2000): Review, Health Risks from Indoor Air Pollutants: Public Alarm and Toxicological Reality. *Indoor and Built Environment*, Vol. 9, Issue. 1, p. 5-16
- Maroni, M., Seifert, B., Lindwall, T. (1995): Indoor air quality. Elsevier, Amsterdam (p. 1049)
- Meckler, M. (1990): Indoor air quality. The Fairmont Press, Liburn (p. 283)
- Moeller, D.W. (1997): Environmental health. Harvard University Press, Cambridge (p.480)
- Panzner, P., Špičák, V. (2004): Alergologie. Galén, Praha (p. 348)
- Pospíchal, Z. (2005): Ochrana vnitřního vodovodu z pohledu mikrobiologie (II) [voda.tzb-info.cz](http://voda.tzb-info.cz)
- Rieger, M. (1996): Alergie, aeroplankton, zeleň. Český ekologický ústav. Praha (p.69)

Rieger, M. (1995): pylové alergie a životní prostředí. Český ekologický ústav, Praha ( p.49)

Stern, A.C. (1976): Air pollution – The Effect o fair pollution. Academic Press, New York (p.684)

Spagnolo, P., Witorsch, S.V. (1994): Ait pollution and lung disease in adults. CRS Press, Boca Raton (p. 325).

Turiel, I. (1985): Indoor Air quality and human health. Stanford University press, Stanford (p.173)

Wharton, G. W. (1976): House dust mites. Journal of Medical Entomology, Vol. 12,Issue 6, p. 577-621

## 8.2 Internetové zdroje

[www.americanheart.com](http://www.americanheart.com)

[www.cdc.gov](http://www.cdc.gov)

[www.ecometrex.com](http://www.ecometrex.com)

[www.epa.gov](http://www.epa.gov)

[www.mlab.cz](http://www.mlab.cz)

[www.msdi.cz](http://www.msdi.cz)

[www.navajo.cz](http://www.navajo.cz)

[www.proalergiky.cz](http://www.proalergiky.cz)

[www.pylovasluzba.cz](http://www.pylovasluzba.cz)

[www.pyly.cz](http://www.pyly.cz)

[www.szu.cz](http://www.szu.cz)

[www.tuberkuloza.cz](http://www.tuberkuloza.cz)

[www.tuberculosis.int](http://www.tuberculosis.int)

[www.who.int](http://www.who.int)

[www.zdn.cz](http://www.zdn.cz)