

SYNDROM NEMOCNÝCH BUDOV

2007



Syndrom nemocných budov

Sestavila: MUDr. Ariana Lajčíková, CSc., Státní zdravotní ústav, Praha

Obálka: Attavena

Vydala: Síť ekologických poraden (STEP)

Vydání první, 2007

Bližší informace: www.zeleneuradovani.cz

Materiál je spolufinancován ze zdrojů EU – programu Transition Facility. Za jeho obsah je výhradně odpovědná Síť ekologických poraden a nelze jej v žádném případě považovat za názor Evropské unie.

Syndrom nemocných budov a ionizace vzduchu uvnitř budov

Úvod

Syndrom nemocných budov, známý jako SBS (z angl. Sick Building Syndrome), je soubor nespecifických obtíží, které zpravidla nejsou tak závažné, aby způsobily pracovní neschopnost pro nemoc. Postihují obvykle větší počet osob, zejména v administrativních budovách. Tyto potíže zhoršují pohodu lidí a negativně ovlivňují jejich pracovní výkonnost. Příznaky byly shrnuty pod název syndrom nemocných budov v r. 1983 na zasedání Světové zdravotnické organizace v Kodani.

Lze je rozdělit do čtyř skupin:

- postižení očí a horních cest dýchacích: pocity dráždění a pálení očí, nosu, nosohltanu, slzení a rýma
- postižení dolních cest dýchacích: tlak na prsou, dušnost, někdy až astmatického rázu
- kožní dráždění, svědění, zčervenání pokožky, vyrážka
- centrálně nervové, jako bolesti hlavy, letargie, někdy naopak vznětlivost, snížení pracovní kapacity a paměti, poruchy nočního spánku s denní ospalostí, nesoustředivost, únava.

V praxi se však často příznaky různě kombinují a překrývají.

Světová zdravotnická organizace definuje SBS jako zvýšený výskyt podráždění kůže a sliznic a dalších potíží, spojených s prací, na které si stěžují pracovníci v moderních kancelářských budovách.

Prevalence může dosahovat až 25 % a jako vážný problém může potíže vnímat až 10 % zaměstnanců. Skupinový výskyt napomáhá v diagnostice zejména oproti takovým stavům, jako je únavový syndrom nebo syndrom mnohotné chemické přecitlivělosti, které mají některé příznaky obdobné jako SBS, ale postihují většinou jednotlivé osoby.

Příčina SBS není dostatečně objasněna, ale dosud známé dlouhodobé studie ukazují, že se na vzniku podílí více příčin, zejména vlastnosti budov a vnitřního prostředí, kontaminace vnitřního ovzduší, náplň práce a osobnostní charakteristika pracovníků. Z vlastností budov je na prvním místě klimatizace, nemožnost otvírat okna, nedostatečná údržba a úklid, syntetické podlahoviny a závěsy v interiéru pracovišť, časté používání fotokopírovacích přístrojů, dlouhodobá práce s počítači aj. Z kontaminujících látek jsou nejvýznamnější: těkavé organické sloučeniny, tabákový kouř, zplodiny hoření, včetně do budovy vnikajících výfukových plynů, vláknitý prach, bioaerosoly a radon.

Lze říci, že SBS je spojen především s nedostatky budov technické povahy, na jeho vzniku se však zřejmě podílí řada činitelů. Na mnoha místech jsou potíže lidí charakteru SBS studovány a hledána jejich možná příčina.

Co udělá klimatizace s venkovním ovzduším? Vzduch je filtrován, může být vlhčen, odvlhčován, chlazen, nebo ohříván, dopravován často na značné vzdálenosti a znovu filtrován. Výsledkem je produkt zcela odlišných fyzikálně-chemických vlastností. Budovy s klimatizací se proto také nazývají budovami s umělým ovzduším. Jednou z přirozených charakteristik venkovního ovzduší je obsah určitého kvanta elektrické energie, která je přítomna ve vzduchu ve formě volných atmosférických iontů. Při úpravě vzduchu klimatizací takřka všechny ionty ve vzduchu původně obsažené zaniknou a není výjimkou, že je do místností

vzduchovody přiváděn elektricky téměř neutrální vzduch. Co o těchto malých elektrických nábojích vlastně víme?

Ionizace vzduchu

je složka životního prostředí, charakterizovaná obsahem volných iontů v ovzduší. Vzdušné ionty odpovídají za elektrický stav vzduchu, někteří autoři mluví o ionizaci vzduchu, jiní užívají termín elektroiontové mikroklíma.

Tato složka prostředí je pozorována a studována systematicky prakticky od počátku tohoto století. Již koncem devatenáctého a začátkem dvacátého století si řada fyziků všimla, že dochází k samovolnému vybití nabitého elektroskopu, což je způsobováno vodivými částicemi – ionty, přítomnými v okolním ovzduší. Dílčí poznatky z oblasti ionizace ovzduší jsou ještě staršího data a jsou spojovány se jmény Galvani /v r. 1791/ a Humboldt / r.1850 /, kteří na úrovni vědeckého poznání své doby zformovali konkrétní představy o vlivu elektricky nabitých částic.

Fyziologové dávno vědí, že žáby hynou ve Faradayově kleci, která představuje dokonale odstíněný prostor, prostředí elektricky neutrální. Včelaři ze zkušenosti vědí, že včely nelze chovat v železných úlech.

Seriózní podněty z praxe začínají přicházet až po první světové válce. O atmosférické ionty se kromě fyziků začínají zajímat i lékaři. Ukazuje se, že vzdušné ionty mají svůj význam nejen v přírodě, ale i uvnitř člověkem zbudovaných staveb, v bytech a na pracovištích. Začínají se konstruovat měřiče iontů a jejich generátory. V šedesátých letech vznikají ve světě specializovaná pracoviště, zaměřená na výzkum v oblasti ionizace vzduchu. V Moskvě je založena Centrální laboratoř pro studium účinků atmosférických iontů při Akademii věd a jsou zpracována pravidla pro iontovou terapii. V Paříži je podobné pracoviště ustaveno v sedmdesátých letech pod názvem Association Française pour la Recherche sur l' Aéroionification. Téměř současně vznikají stejně zaměřená pracoviště v USA, Izraeli a v Německu. Získané poznatky jsou však spíše povahy bioklimatologické a biometeorologické, než přímo medicínské. Je však nezvratně prokázáno, že elektroiontové mikroklíma má nesporné blahodárné fyziologické účinky na lidský organismus. Působí příznivě na duševní i fyzické zdraví, zvyšuje jeho mentální i fyzické schopnosti, má specifické léčebné účinky, činí vzduch dýchatelnějším, lehčím, příjemnějším, je příčinou jeho svěžesti, zrychluje růst některých rostlin, na jiné organismy (bakterie) má vliv tlumivý – bakteriostatický (zastavuje růst) až baktericidní (působí smrtelně). Má řadu diskrétních efektů, pro které je účelné se mu dále věnovat.

Na tomto místě se sluší vzpomenout průkopníka studia ionizace vzduchu u nás. Byl jím akademik František Běhounek, zakladatel dnešního Ústavu dozimetrie záření ČSAV. Ve dvacátých a třicátých letech uskutečnil řadu měření elektrického stavu vzduchu v Praze, ve Vysokých Tatrách i během svých dvou expedic k Severnímu pólu. Měření provedl přístroji, které k tomu účelu sám zkonstruoval a které jsou dodnes funkční. Jeho velkým úspěchem je m.j. skutečnost, že zájem o tuto problematiku přenesl na své žáky a pokračovatele.

Přesto, že se problematice ionizace vzduchu věnuje systematicky poměrně úzký okruh vědeckých pracovníků, jsou naše dnešní vědomosti mnohem přesnější a dokážeme je dílčím způsobem v praxi využívat. Lidský organismus je totiž na přirozené životní prostředí po léta adaptován. Má-li člověk zdravě žít, pracovat a zároveň pociťovat duševní a fyzickou pohodu, potřebuje, aby faktory životního prostředí byly v určité rovnováze. Rozvoj civilizace však přinesl závažné zásahy do

přírody, mění se zvyklosti života – bydlení i práce. Dnešní člověk musí často v životním prostředí napravovat to, co v minulosti svými negativními zásahy způsobil. Kromě základních atmosférických veličin – teploty, vlhkosti a znečištění vzduchu - jsou aktivitou člověka dotčeny velmi často i elektrické vlastnosti vzduchu.

Vznik a dynamika iontů

Atmosférické ionty jsou elektricky nabitě molekuly, části molekul, či molekulární shluky, které vznikly v důsledku ionizace plynných složek atmosféry.

Proces ionizace lze rozdělit do tří fází:

- 1) vytržení elektronu z atomu, takže se projeví kladný náboj jeho jádra
- 2) apozice volného elektronu na neutrální atom či molekulu, které tak získávají náboj záporný. Při přirozené ionizaci tedy vždy vzniká dvojice elektricky nabitých částic, každá s opačným nábojem. (Na rozdíl od ionizace umělé, kdy generátor iontů může být zkonstruován tak, že je zdrojem iontů výhradně jedné polaridy).
- 3) vytvoření lehkého vzdušného iontu, což je zpravidla shluk 10 – 30 plynných molekul, navázaných na elektricky nabitou částici a nesoucí její elektrický náboj.

Aby k ionizaci vzduchu (a k vytvoření iontů) došlo, je zapotřebí určitého kvanta energie. Její minimální velikost je označována jako ionizační energie. Tou se vlastně překonává elektrostatická přitažlivost mezi elektronem a kladně nabitým jádrem.

V přírodě jsou dva základní zdroje energie, potřebné k tomuto ději:

- 1) prvním a nejvýznamnějším zdrojem energie, vyvolávajícím ionizaci ovzduší je elektromagnetické záření, zejména kosmické záření, krátkovlnná (ultrafialová) složka slunečního záření a gama záření radioaktivních látek.
- 2) na druhém místě je přirozené korpuskulární záření alfa a beta radioaktivních látek, zejména radonu a thoronu, obsažených v zemské kůře. Ze zemského povrchu se uvolňuje půdní plyn, jehož rozpad provází uvolnění kvanta energie.

Radioaktivní látky nejsou v zemském povrchu obsaženy rovnoměrně. V každém prostředí je jejich rozdělení jiné a proto má i výsledné zářivé pole na různých místech i různou expoziční vydatnost. V důsledku toho je potom i místní produkce iontů různá.

Kromě těchto dvou základních (95% ionizace) a prakticky všudypřítomných zdrojů energie dochází k ionizaci vzduchu i při prudkém rozstřikování vody (baloelektrický efekt Lenardův), víření prachu, písku a krystalů ledu (Rudgeův efekt). Ionizujícím vlivem působí i fotoelektrický efekt Hallwachsův, hoření, rozličné chemické procesy, koronové výboje a blesky. Zdrojem iontů jsou i elektrická pole různých elektrických přístrojů.

Kosmické záření se podílí na ionizaci vyšších vrstev atmosféry. Je známo, že jeho intenzita ve výši 4 km nad povrchem Země je asi 7 krát větší, ve výšce 6 km už 20 krát větší než na zemském povrchu. Na ionizaci nižších vrstev atmosféry se proto podílejí významněji přirozeně radioaktivní látky, které z půdy proniknou do ovzduší. Jelikož mají silnou kinetickou energii, jsou i silným ionizátorem.

Energie je předávána molekulám, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti dráhy částic záření, až je zcela pohlcena. Přitom zanechává podél každé dráhy stopu složenou z iontů. Protože ke ztrátám energie ionizující částice dochází nejen vlastní ionizací, ale i excitací a vyzařováním, je průměrná spotřeba energie pro vytvoření jednoho iontového páru podstatně vyšší, než výše zmíněná ionizační energie. Uvádí se, že činí ve vzduchu 34 až 36 eV.

Protože čtyři pětiny plyných molekul ve vzduchu představuje dusík, je největší pravděpodobnost, že ionizující energie bude předána molekule dusíku. Odtržením elektronu z obalové dráhy vznikne kladný ion dusíku a volný elektron. Ten není schopen sám existovat a předává své elementární kvantum elektřiny jinému neutrálnímu atomu nebo molekule.

Základem záporných iontů je molekula kyslíku, neboť ten má, stejně jako – OH skupina vody, největší afinitu k elektronům. Vodní pára v ovzduší je tedy druhým hlavním zdrojem záporných iontů. Ionizovaná molekula kyslíku pak dále disociuje na atomární ion kyslíku a na neutrální atomární kyslík, který dále reaguje buď s dusíkem nebo s další molekulou kyslíku. Vznikají tak oxidy dusíku a ozón. Je tedy zřejmé, že vznik těchto toxických látek je neoddělitelnou součástí ionizační reakce v ovzduší. Jak velké množství těchto látek, z hygienického hlediska nežádoucích, vznikne, závisí na příkonu ionizující energie.

Dělení iontů

Dělíme-li ionty podle polarit na kladné a na záporné, víme, že hlavním představitelem kladných iontů je ion dusíku a záporných ion kyslíku nebo vodní páry. Ionty obou polarit vznikají prakticky stále, ionizace trvá 10^{-6} sekundy.

Vzdušné ionty můžeme dělit také podle hmotnosti na:

a) lehké (malé nebo rychlé) ionty, shluky 10 – 30 molekul plynů s životností několika sekund. Jejich velikost je cca 10^{-8} cm. Z hygienického hlediska jsou nejdůležitější, neboť jsou nositeli příznivého biologického působení na člověka..

b) střední ionty jsou shluky několika set molekul plynů. Jejich životnost je několik minut až několik hodin. Jejich existence je podmíněna určitou vlhkostí vzduchu. Velikost středních iontů je 10^{-7} cm.

c) těžké, tzv. Langevinovy ionty jsou shluky až tisíců molekul o velikosti 10^{-5} cm. Jejich životnost je několik dní až týdnů. Jsou tvořeny kondenzačními jádry (dým, mlha, prach, kouř – pevné i kapalné aerosoly).

Někdy se užívá dělení podle rychlosti pohybu a ionty se dělí na rychlé, střední a pomalé.

Čím více je ovzduší znečištěno, tím více lehkých iontů obou polarit se mění na střední až těžké ionty, jejichž počet stoupá a počet lehkých iontů klesá. Na tomto poznatku, totiž že koncentrace lehkých iontů je vlastně kvalitativním ukazatelem čistoty ovzduší, založil Spurný metodu integrálního hodnocení kvality ovzduší.

Vertikální rozvrstvení iontů

Je známo, že ionty nejsou nad zemským povrchem v obou polaritách přítomny ve stejném množství. V normálních podmínkách při zemském povrchu převažují ionty kladné nad zápornými. Zeměkouli si lze totiž představit jako obrovský kulový kondenzátor, jehož jednou elektrodou je vodivý povrch Země nabitý záporně a druhou elektrodou vrstva ionizovaného, dobře vodivého ovzduší – ionosféra – nabitá kladně. Jako dielektrikum slouží špatně vodivá vrstva vzduchu tloušťky cca 50 km. Mezi zemským povrchem a ionosférou je potenciální spád asi 400 tisíc voltů, přičemž na hladině moře a na zemském povrchu malé nadmořské výšky je obvykle 120 až 130 voltů na metr a stoupá až na 200 V na metr za pěkného počasí bez atmosférických poruch. Na horských vrcholcích dosahuje v důsledku koncentrace ekvipotenciálních čar až $5000 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$. Intenzita elektrického pole je tedy větší u malé

elektrody (Země) a menší u velké elektrody (ionosféry), neboť průměrná hodnota potenciálního spádu činí jen asi 8 V na metr ($400\ 000\ \text{V} : 50\ \text{km} = 8\ \text{V}$). Podle obecných fyzikálních zákonů putují k Zemi, která jako celek nese záporný náboj. Proto je kladných iontů nad zemským povrchem stále mírná převaha.

Koeficient unipolarity – vliv znečištění ovzduší

K vyjádření poměru mezi kladnými a zápornými ionty slouží koeficient unipolarity. Je to v podstatě podíl počtu kladných iontů k záporným. Z toho, co bylo řečeno výše vyplývá, že koeficient unipolarity je v přírodě hodnota vždy vyšší než 1,0. V neznečištěné atmosféře se pohybuje od 1,15 – 1,25. Naopak v silně znečištěném prostředí, zejména v okolí velkých průmyslových závodů je udáván koeficient unipolarity /značí se P/ 4,0 až 6,0. Vysoká převaha kladných iontů nad zápornými je jen relativní, nepříznivý poměr kladných a záporných iontů je zapříčiněn zvýšeným zánikem záporných iontů vlivem znečištění ovzduší.

Pohyblivost a zánik iontů

V čistém prostředí, v lokalitách mimo zdroje nadměrného znečištění se malé neboli lehké ionty pohybují rychlostí 1-2 cm/s, střední ionty 0,5 cm/s a velké ionty 0,001 cm/s. I když je pohyblivost iontů obou polarit téměř srovnatelná, přece jen se lehké a záporné ionty pohybují o málo rychleji, což zvyšuje pravděpodobnost jejich zániku. Pohyblivost iontů je značně závislá na parametrech prostředí.

Způsobů, jakými mohou ionty v ovzduší zaniknout, je několik. Nejzávažnější a nejčastější je rekombinace iontů. K té dochází tehdy, jestliže se setkají dva ionty opačného znaménka a vymění si elektron, čímž se stanou elektricky neutrální. Častá je i neutralizace iontů na opačně nabitých površích, příp. vodičích.

Významná je i tvorba středních a těžkých iontů při setkání s kondenzačním jádrem (znečišťující aerosol – kouř, prach, mlha). Vlivem větší hmotnosti se urychluje jejich sedimentace.

Vzhledem ke krátké životnosti zejména lehkých iontů probíhá proces jejich zániku téměř kontinuálně, současně ale dochází stále k novým ionizacím.

Na koncentraci iontů ve vnitřním prostředí se podílí člověk svými různými aktivitami. Závažné je kouření, neboť cigaretový dým, který je převážně kapalným aerosolem dehtu, vzdušné ionty spolehlivě ničí.

Další aktivitou, která má negativní vliv na koncentraci lehkých iontů v interiéru je úprava vzduchu klimatizací. Ionty, obsažené ve venkovním ovzduší, jsou neutralizovány již při filtraci nasávaného vzduchu, při jeho vlhčení (ať už se jedná o vlhčení vodou nebo párou) a zejména pak při dopravě vzduchu potrubím často značné délky na vzdálené místo určení.

Ionizace vzduchu je negativně ovlivněna (t.j. absolutní počty iontů klesají) při dlouhodobém pobytu více lidí v nevětrané místnosti.

Vliv meteorologických faktorů na koncentraci iontů v ovzduší

a) vliv atmosférického tlaku: při jeho poklesu stoupá počet lehkých iontů, při vzestupu tlaku počet lehkých iontů klesá. To se vysvětluje tím, že při nižším tlaku se zvyšuje proudění plynů z nitra Země, zvyšuje se emanace radioaktivních látek a tím

se zvyšuje ionizace ovzduší. Pokles tlaku je často provázen srážkami, při jejichž spadu jsou k zemi strhávány částice prachu a jiné nečistoty, čímž se vzduch zbavuje kondenzačních jader. Se spadem srážek je spojeno ochlazování vzduchu a tím změna relativní vlhkosti.

Často opomíjený vliv srážek spočívá také v tom, že zvlhčují povrch zemský, kde se vytváří vrstva vody, brání úniku radioaktivních emanací z nitra země. Tím se radioaktivita ovzduší a obsah volných iontů bezprostředně po spadu srážek snižuje. Bylo pozorováno, že při poklesu atmosférického tlaku se zvyšuje koeficient unipolarity vzrůstem počtu kladných iontů a to jak lehkých, tak středně těžkých. Při bouři pak dochází k výrazné převaze záporných iontů.

b) vliv teploty: se stoupající teplotou se koncentrace malých iontů zvyšuje.

c) vliv vlhkosti: stoupající vlhkost spočívá ve zvyšujícím se počtu kapiček vody v ovzduší. Ty se chovají jako kondenzační jádra a adsorbují malé ionty. Počet malých (lehkých) iontů tím v ovzduší klesá. Udává se, že relativní vlhkost vzduchu je hlavním činitelem, regulujícím koncentraci lehkých iontů v ovzduší.

V letním období, za teplého, slunečného počasí začíná koncentrace lehkých iontů klesat od okamžiku, kdy relativní vlhkost přesáhne 70%.

d) vliv proudění vzduchu: proudění vzduchu ovlivňuje elektrické poměry v ovzduší určité oblasti tím, že přemísťuje vzdušné masy ze vzdálených oblastí, event. ze spodních vrstev atmosféry do velkých výšek. V zásadě počet volných iontů stoupá, vane-li vítr z pevniny. Klesá, vane-li od moří a oceánů. Rovněž rychlost proudění je významným faktorem. Příliš silný vítr – o rychlosti nad 5 m/s – unáší prach, jehož částice se v ovzduší chovají jako kondenzační jádra. Je uznáván názor, že nízká vlhkost vzduchu a vyšší teploty vždy předcházejí zvýšení ionizace ovzduší.

Soudí se, že všeobecně známé pocity, které, u citlivých jedinců oznamují změnu počasí (deprese, bolesti hlavy, malátnost, zvýšená dráždivost, dýchací potíže, bolesti pohybového aparátu aj.) jsou vlastně vyvolány právě změnami v koncentracích iontů a jejich polaritě.

Tyto obtíže zpravidla nastávají ještě před změnami meteorologické situace a přetrvávají ještě několik dní po jejím uklidnění. Je známo a často citováno, že lidé pociťují duševní pohodu, dokonce až mírnou rozjařenost v blízkosti velkých vodopádů. Submikroskopické kapénky vody jsou ionizovány a při již popsané afinitě hydroxylového jádra k elektronům nastává zde převaha záporných iontů. Tato hydroionizace v blízkosti velkých vodopádů je také důsledkem rychlého proudění vzduchu nad pohybující se masou vody.

Kolísání koncentrace lehkých iontů ve venkovním ovzduší

Na různých místech zemského povrchu ale i na stejném místě měření dochází během dne, během měsíce a v průběhu roku k periodickému kolísání koncentrací lehkých iontů v ovzduší.

V denním kolísání byla zjištěna maxima u obou polarit kolem 6,00 h ráno. V ročním kolísání jsou určité rozdíly. Maxima jsou zpravidla v období místního léta (červen-červenec u nás), minima v období místní zimy, u nás v prosinci a v lednu. Otázkou zůstává, jak dalece se na zimních minimech vzdušných lehkých iontů podílí znečištění ovzduší v zimě, v období spalování nekvalitních paliv. Čím čistší ovzduší, tím větší rozdíly jsou mezi

naměřenými minimy a maximy koncentrací. V silně znečištěném prostředí se rozdíly denního i ročního kolísání koncentrací iontů značně stírají.

Co se týká měsíčního kolísání koncentrací volných vzdušných iontů, byla popsána maxima v období úplňku. Příčina těchto měsíčních kolísání není jednoznačně vysvětlena.

Vliv stavebních konstrukcí na koncentrace lehkých iontů v interiéru

Elektrické pole uvnitř budov je výrazně ovlivňováno typem stavební konstrukce. Tradiční – cihlové zdivo a dřevěné konstrukce mají na ionizaci vzduchu nejmenší vliv, zatímco železobetonové konstrukce (běžná panelová výstavba) a konstrukce s ocelovým skeletem vnitřní prostor značně odstiňují. Kolem vnitřního prostoru vytvářejí vlastně Faradovu klec.

Z literatury jsou známy údaje, že v moderní železobetonové budově s klimatizací nebyl nalezen ani jediný lehký ion. Z vlastních měření elektroiontového mikroklimatu v panelových budovách s klimatizací lze uvést naměřené ionty pouze v několika desítkách oproti venkovnímu prostředí ve stovkách, tedy řádové rozdíly. V železobetonové tovární hale, jejíž stěny byly částečně vyzdívány tradičním způsobem a prostředí plně klimatizováno, jsme naměřili 50 – 70 lehkých iontů obou polarit v cm^3 , zatímco ve venkovním ovzduší bylo v tutéž dobu 250 - 280 záporných a 450 kladných iontů v cm^3 vzduchu.

Různý stupeň odstínění elektrického pole uvnitř budovy vyvolává i změny unipolárního koeficientu P, který může – vlivem typu stavební konstrukce – stoupnout na hodnoty 1,6 až 3,0.

Na druhé straně ovšem stavební konstrukce, resp. materiál, z něhož je vyrobena, může být zdrojem vzdušných iontů, obsahuje-li ve zvýšené míře radioaktivní látky, jejichž rozpadem dochází k ionizaci ovzduší. Pak může být koncentrace iontů ve vnitřním ovzduší dokonce vyšší než ve venkovním prostředí. Taková situace byla nalezena při měření v objektu postaveném na geologicky abnormální lokalitě s vysokou radiací podloží nebo v budovách, postavených z panelů z ryncholeckého škvárobetonu - domky typu START.

Vliv povrchového náboje materiálů na koncentraci iontů

Třeme-li o sebe dva dielektrické materiály s různou permitivitou, pak zpravidla materiál o vyšší permitivitě se nabíjí kladně a materiál o nižší permitivitě se nabíjí záporně (že vám to něco připomíná? Ze školy: "třeme-li ebonitovou tyč liščíím ohonem..." ano, to je ono!). Dielektrické materiály s nižší permitivitou (např. polyetylén, který má permitivitu 2,2 až 2,5) mívají zpravidla vysokou izolační schopnost, tudíž velký svodový odpor - např. již zmíněný polyetylén 10^{14} ohmů $\cdot \text{m}^{-2}$. Takový materiál může snadno získat velký plošný náboj a tím velký potenciál. Naopak dielektrické materiály s vyšší permitivitou mívají nižší svodový odpor (rohovina má permitivitu 10, svodový odpor 10^8 ohmů $\cdot \text{m}^{-2}$). Takový materiál se nabíje méně v důsledku trvalého svodu náboje k zemi. Povrch lidského těla je pokryt slabou vrstvou rohoviny. Rohovina je materiálem s vyšší hodnotou permitivity. Ženy a děti mívají obvykle slabší vrstvu rohoviny než muži. Pod touto vrstvou je měkká kůže s vysokým obsahem solí. Její permitivita je 8-10. Třeme-li pokožku lidského těla textilií z přírodního materiálu /bavlna, len, hedvábí/ o permitivitě 10 – 12, nabíje se pokožka záporně. Je známo, že krvinky nesou záporný náboj. Nabíje-li se záporně pokožka, pohybrvinek, které jsou odpuzovány, se urychlí. Zlepší se prokrvení tkání

povrchu těla. Naopak – třeme-li pokožku syntetickou textilií o nízké permitivitě 2 – 3, nabije se textil záporně a pokožka kladně. Prokrvení tkání se zpomaluje, výsledkem je zvýšené pocení a pocit diskomfortu. Všeobecně lze říci, že k nabíjení povrchů dochází všude tam, kde se třou dva materiály. Čistě teoreticky dva objekty ze stejného materiálu se fyzikální formou elektrizace (třením) nenabíjejí. V praxi však nejsou materiály vzhledem k nečistotě nikdy absolutně stejné, takže k nabití elektrickým nábojem (k elektrizaci) dochází téměř vždy. K elektrizaci povrchu objektu může dojít i nasedáním iontů jedné polaritě z okolí objektu. O výskytu a udržení náboje pak rozhoduje povrchový odpor objektu, možnost svodu náboje do země a intenzita tvorby elektrického náboje.

Vliv stavebních, zařizovacích a dekoračních materiálů na koncentraci lehkých iontů

Na ionizaci vzduchu v interiéru budov mají vliv veškeré materiály, které tvoří povrchy stropu, stěn, podlahy a všeho vnitřního vybavení a zařízení. Veškeré povrchy, se kterými přichází masa vnitřního vzduchu do kontaktu, jsou místem velkého zániku vzdušných iontů. Na velikosti této styčné plochy záleží, kolik iontů na ní zanikne. Je-li povrch drsný a nerovný, velikost kontaktního povrchu je pak vlastně větší a pravděpodobnost zániku iontů se zvyšuje. Tato plocha může být extrémní tehdy, je-li povrch porézní. Menší zánik iontů je na kompaktních materiálech vzniklých tavením se zcela hladkým povrchem. Zánik iontů jedné polaritě je větší na površích opačně nabitých.

Zvláštním příkladem je sklo, které se nenabíjí a chová se jako izolant. Vzdušné ionty pouze odráží zpět do prostoru, takže v jeho blízkosti (okna, velká zrcadla a jiné zasklené plochy) vzniká jejich relativní převaha.

Ostatní používané materiály lze rozdělit na antistatické, omezeně elektrizovatelné a elektrizovatelné. U látek antistatických není třeba se obávat jejich nabití, jejich vliv na ionizaci vzduchu bude diskrétní. Ovlivnit elektroiontové mikroklíma ve své blízkosti mohou, a někdy značně, materiály různě elektrizovatelné. Pohlcování vzdušných iontů různými materiály se v experimentu pohybovalo od 0 do 60 %. Hodnocen byl zánik lehkých záporných iontů, které jsou nositeli biologicky příznivého působení. Pro orientaci lze materiály interiéru rozdělit do čtyř skupin. V každé skupině jsou materiály seřazeny od nejvíce pohlcujících v sestupné řadě:

1. materiály pohlcující více než 60 % lehkých záporných iontů: čerstvě pálené cihly bez povrchové úpravy, překližka bez povrchové úpravy, čalounická potahová bavlněná látka.
2. Materiály pohlcující 41 až 60% lehkých záporných iontů: přírodní dřevo hladce opracované, čerstvá cementovápená omítka, vlněný tkaný koberec, hliníkový plech, lakovaný ocelový plech, křídový papír, suché vyžralé cihly, sololit, balicí papír.
3. Materiály pohlcující 21 až 40 % lehkých záporných iontů: papírová tapeta, syntetický koberec Sparta, měděný plech, vysušená cementovápená omítka, přírodní korek bez povrchové úpravy.
4. Materiály pohlcující 20 % a méně lehkých záporných iontů: syntetický koberec Kovral, umakart, lakovaný korek s tvrzeným povrchem, nerezová ocel, mosazný plech, lino PVC, dřevotříška se syntetickou dýhou, nášlapná fólie Novoplast, syntetická záclonovina, sklo tabulové.

Vlhké materiály (čerstvé, nevyzrálé, nevyschlé) jsou vodivější a zánik vzdušných iontů na jejich površích je vyšší. Po vyschnutí je materiál méně vodivý a jeho vliv na ionizaci vzduchu v blízkosti jeho povrchu se zmenšuje. Některé materiály však mají schopnost vzdušnou vlhkost pohlcovat (např. korek) a jejich vodivost a tím vliv na ionizaci vzduchu s časem stoupá.

Zánik lehkých vzdušných iontů na površích materiálů závisí tedy na velikosti a polaritě elektrostatického náboje na zvoleném povrchu, na fyzikálně-chemických vlastnostech látky, na elektrickém odporu materiálu, na permitivitě (vlivu elektrického pole na látku) a na vodivosti materiálu, dále ještě na relativní vlhkosti, teplotě a ionizaci vzduchu okolního prostředí.

Materiály, pokud se dotýkají, se mohou navzájem nabíjet (předávat si elektrický náboj). Tento děj může probíhat jako elektrostatická indukce, dotykem nebo vázáním iontů z blízkosti.

Z řečeného plyne, že odhad vlivu materiálu na elektroiontové mikroklíma v jeho těsné blízkosti je bez měření velmi obtížný a pouze orientační. Protože je ionizace ovzduší jedním z faktorů životního prostředí, který má v čisté přírodě svou nezastupitelnou roli pro zdraví lidí, je snaha i v interiéru ionizaci vzduchu zachovat nebo alespoň co nejméně narušit. Proto se doporučuje ve vnitřním prostředí přednostní užití těch dekoračních a zařizovacích materiálů, které vzdušné ionty pohlcují co nejméně.

Mechanismus působení iontů na lidský organismus

Působení ionizovaného ovzduší na lidský organismus nebylo do dnešních dnů jednoznačně vysvětleno. Že k působení dochází, je jednoznačné. Člověk nemá čidlo, kterým by koncentraci vzdušných iontů přímo vnímal. Soudí se, že podprahové podněty jsou sumovány v centrálním nervovém systému a do organismu přenášeny pomocí serotoninu. Serotonin /5-hydroxytryptamin/ je biologicky účinná látka, patřící do skupiny katecholaminů, která se v organismu tvoří z tryptofanu a oxiduje se monoaminoxidázou na biologicky neaktivní kyselinu 5-hydroxyindolyloctovou, vylučující se močí. Serotonin byl v organismu identifikován zejména v centrálním nervovém systému, ve střevech i krvinkách. Serotonin byl ale také nalezen v jedech škorpiónů, vos a ropuch. Tato látka, vyvolávající u pokusných zvířat tachykardii a hyperpnoi (zrychlený tep a dech), dráždí hladké svaly a vyvolává zvýšení krevního tlaku, křeče bronchů vedoucí až k astmatickému záchvatu, zvýšení střevní peristaltiky a j.

V laboratorních pokusech reaguje hladina serotoninu v tkáních pokusných zvířat velmi citlivě na vzdušné ionty, přičemž kladné ionty hladinu serotoninu zvyšují, záporné ionty naopak urychlují jeho oxidaci. V pokusu vyvolala intravenózní injekce serotoninu stejný účinek jako inhalace kladných iontů. Vzdušné ionty urychlují jeho enzymatickou reakci a vylučování.

Přes tyto úvahy se však zdá být nepravděpodobné, že by za biologický efekt iontů byl zodpovědný jen jediný z mnoha dalších biokatalyzátorů. Bylo rovněž prokázáno, že inhibitory monoaminoxidázy zpomalují metabolismus nejen serotoninu, ale i jiných katecholaminů, což svědčí pro to, že účinky iontů se pravděpodobně projevují ve změnách metabolismu nejen serotoninu, ale i např. histaminu, adrenalinu aj. Je tedy pravděpodobné, že tzv. serotoninová teorie vysvětluje pouze jeden z více dosud nezjištěných mechanismů působení ionizovaného ovzduší na živý organismus. Tuto myšlenku podporuje i skutečnost, že

je prokázána biologická aktivita iontů na nižší živočichy a rostliny, v jejichž tělech serotonin ani jeho metabolit nebyly nikdy zjištěny.

Z praktického hlediska je možno rozdělit působení elektrického náboje na žádoucí a nežádoucí.

Příklady žádoucího působení jsou např.:

- působení na pocit pohody zdravých, ale i nemocných lidí (využíván při klimatické léčbě)
- působení na subjektivní vnímání kvality ovzduší
- usnadňování některých technologií, např. nanášení nátěrových hmot v el. poli
- vložování v el. poli při výrobě semiše
- odprašování elektrostatickým polem
- odstraňování elektrostatického náboje při zpracování umělých vláken aj.
- čištění vzduchu

Příklady nežádoucího působení :

- působení na lidský organismus při změnách koncentrací (před bouří aj.)
- rušení technologických výrobních procesů
- iniciace výbuchu
- rušení provozu vř a nf zařízení
- destrukční účinky atmosférické elektřiny a j.

Vliv ionizace vzduchu na nižší organismy

V literatuře je možno nalézt nepřehledné množství údajů o vlivu ionizované atmosféry na rostliny a živočichy. Hned v úvodu je třeba ale také říci, že ačkoliv literatura o účincích iontů je poměrně bohatá, skutečných znalostí není dostatek. Je to způsobeno m.j. i tím, že použité přístrojové vybavení, jak ionizátory, tak počítáče iontů, nejsou vždy srovnatelné úrovně.

Z těch účinků, které jsou významné ve vnitřním prostředí budov stojí za zmínku bakteriostatické a baktericidní účinky na vybrané bakteriální kmeny. Je také popsán tlumivý účinek na růst plísní.

Z mnoha experimentů je zajímavý pokus - sledování tří skupin křečků. Jedna žila ve vzduchu se silnou převahou kladných iontů CO_2 , druhá v převaze záporných iontů O_2 a třetí v normální, uměle neionizované atmosféře. Po šedesáti dnech došlo u zvířat, žijících v převaze kladných iontů ke snížení váhy nadledvin o 33% a celkové ochablosti a vyčerpání. Naproti tomu u zvířat žijících v převaze záporných iontů se váha nadledvin zvýšila o 29%. Tato zvířata byla vysoce aktivní.

Z takových pokusů lze usuzovat, že záporně ionizovaný vzduch zvyšuje schopnost nadledvin produkovat adrenalin (stejně fungují obranné reakce u člověka) a tím pomáhá organismu překonávat velké fyzické a nervové zátěže.

Vliv ionizace vzduchu na lidský organismus

Většinou se předpokládá, že kritériem působení vzdušných iontů na člověka je jejich vdechování. Mnozí autoři považují dokonce dýchací orgány na orgány „elektrometabolismu“.

Je znám příznivý vliv záporných iontů na alergická a zánětlivá onemocnění plic. Je popsáno subjektivní vnímání vdechovaného vzduchu s převahou kladných iontů CO_2 – takový vzduch byl hodnocen jako dusný, vzduch chudý na volné ionty obou

polarit byl hodnocen jako těžký a vzduch s převahou záporných iontů O_2 byl vnímán jako lehký, čerstvý, příjemný.

Dále je známo působení na žlázy s vnitřní sekrecí a je znám vliv na kůži (ionizace vzduchu se někdy využívá k urychlení hojení povrchových defektů). Ionizace vzduchu má vliv na centrální nervový systém – uklidňuje, upravuje nespavost a deprese. Ze známých vlivů na kardiovaskulární systém je mj. nejvýznamnější úprava tlaku krevního.

Léčebné využití účinků vzdušných iontů

V historii medicíny se nejednou stalo, že bylo poznáno příznivé působení určitého, dosud neprobádaného jevu a jeho využívání teprve dodatečně vedlo k systematickému studiu. Stejně tak je to s ionizací vzduchu. Již výše byla popsána obtížnost interpretace různých výsledků. Proto dosud přetrvává určitá skepse v názorech na biologickou aktivitu vzdušných iontů, i když jsou v praxi léčebně již delší dobu využívány. V indikačním seznamu převládají onemocnění dýchacích cest, např. astma bronchiale, akutní a chronické bronchitidy, různé formy alergické rýmy a j.

U nás je dlouho využívána hydroionoterapie a speleoterapie (léčba pobytem v jeskyních – Moravský kras aj.). Léčebné účinky ionizovaného vzduchu se uplatňují i při klimaterapii v lázeňských místech s vyšší nadmořskou výškou (Jeseník, Karlova studánka).

Umělá ionizace vzduchu

Studium vlivu iontů na lidský organismus je podmíněno schopností člověka uměle vytvořit klima o určité polaritě. Proto jsou konstruovány generátory iontů – ionizátory, pracující na různých principech.

Ionizátory elektrofluviální

Pod stropem místnosti je zavěšena síť z vodivého materiálu, opatřená hroty. Tato síť je od stropu odizolována a je na ni přiváděno vysoké napětí jedné polarity, druhý pól je uzeměn. V blízkosti hrotů se vlivem vysokého napětí urychluje pohyb vzdušných iontů natolik, že nárazem štěpí molekuly plynů ve své blízkosti. V okolí hrotů vznikají tedy jakési spršky iontů, z nichž ty, které mají opačný pól než síť, na ní zaniknou. Dochází k převaze iontů se shodným znaménkem jako má síť. První, kdo tento ionizátor zkonstruoval a v praxi použil, byl v r. 1925 A. P. Sokolov. Dokonalejší, ventilátorem opatřený „elektrofluviální lustr“ vyrobil již r. 1928 A. N. Čiževskij. Závažným nedostatkem těchto prvních ionizátorů byl vysoký obsah oxidů dusíku a ozónu v ovzduší. Dále byl jako závažný nedostatek kritizován vznik elektromagnetického pulsního pole.

Ionizátory s koronovým výbojem

Vysoké napětí se přivádí na dvě elektrody o rozdílných rozměrech. Tím, že výbojové napětí je nízké, klesá tvorba ozónu a oxidů dusíku na stopové koncentrace. Na našem trhu je v současnosti nabídka řady firem. Jsou vyráběny jako pokojové, stolní, stropní, závěsné na lustr, do auta, přenosné, dokonce závěsné na krk pro alergiky. Buď je možno je získat samostatně, nebo jako součást čističe vzduchu.

Ionizátory s radioaktivním zářičem

jsou užívány pouze k experimentální práci a nedoznaly širšího rozšíření na trhu.

Hydrodynamické ionizátory

Vyrábějí záporně nabitý aerosol a pracují zpravidla na principu Lenardova efektu. Uplatňují se zejména v lázeňství.

Měření elektroiontového mikroklimatu

Pro stanovení koncentrací vzdušných iontů jsou užívány počítače iontů, tzv. iontometry, které jsou konstruovány tak, že lze s jejich pomocí přímo odečíst počet iontů v cm^3 vzduchu jedné polarity, případně měří obě polarity současně a jsou buď určeny k měření veškerých vzdušných iontů, nebo měří jen lehké vzdušné ionty, které jsou z biologického hlediska nejdůležitější. Většinou jde o aspirační přístroje, kterými je vzduch prosáván přes cylindrický kondenzátor a ionty v něm obsažené se zachycují na vnitřní elektrodě kondenzátoru a mění její náboj. Princip měření je sice velmi jednoduchý, ale správnost měření může být mnoha faktory ovlivněna. Záleží na polarizaci izolátorů, na jejich ovlhčování, na množství aerosolu, usazeného z prosávaného vzduchu aj.

Co se týká metodiky měření a hygienických předpisů či norem je třeba říci, že závazná jednotná kritéria nebyla dosud u nás vypracována. Z literatury je známo, že autoři jednotlivých prací postupují při měření podle pokynů výrobce používaného zařízení. U nás postupujeme při měření elektroiontového mikroklimatu podle interní metodiky SZÚ Praha tak, že provádíme měření standardním způsobem, aby byla možnost výsledky srovnávat. Koncentrace iontů měříme v dýchací zóně, t. j. ve výšce 165 cm nad úrovní podlahy u stojícího a 105 cm u sedícího člověka. Součástí měření je stanovení mikroklimatických parametrů (teploty a relativní vlhkosti vzduchu). Měření se provádí buď na určeném, zpravidla pracovním místě, nebo – pokud je třeba charakterizovat celou místnost – ve středu, v průsečíku jejich úhlopříček. Před měření kalibrujeme přístroj izotopem americia (Am^{241}).

Při dosud chybějících limitech se při nezávazných doporučeních řídíme těmito kritérii: pro dlouhodobý pobyt v interiéru doporučujeme jako optimální koncentraci lehkých záporných iontů 1250 ± 50 iontů $\cdot \text{cm}^{-3}$. Jako dlouhodobé, ještě přijatelné minimum 250 ± 50 lehkých záporných iontů $\cdot \text{cm}^{-3}$. Trvalý pobyt člověka v nižších koncentracích lehkých iontů může mít na citlivé jedince negativní vliv a může být pravděpodobně jedním z vyvolávajících činitelů při vzniku syndromu nemocných budov. Obecně doporučujeme, aby koncentrace záporných iontů při umělé ionizaci ovzduší nepřesáhla $5\,000$ iontů $\cdot \text{cm}^{-3}$. To je nejvyšší hodnota, s kterou je možno se setkat v člověkem nedotčené přírodě. Na vyšší koncentrace iontů není člověk dlouhodobě adaptován a není racionálního důvodu ho takovým umělým podmínkám vystavovat. Soudíme, že je k pohodě a zdraví nepotřebuje.

To je však pouze jeden faktor prostředí a možných příčin SBS, jak bylo řečeno výše, je celá řada. Je třeba říci, že v otázkách syndromu nemocných budov je stále hodně „bílých míst“, která si zaslouží být zkoumána a poznána.

Použitá literatura

1. Bencko,V., Honzák,R.: Psychosomatic and psychological aspects of sick building syndrome. Sborník konf. INDOOR AIR 99, 5.díl, s. 414 – 419.
2. Charry, J.M., Kavet.R.I.: Air Ions : Physical and Biological Aspects. CRC Press, USA, 1987, 205 s.
3. Jokl, M.: Optimalizace pracovních podmínek pro člověka. Práce, Praha, 1984, 235 s.
4. Lajčíková, A. : Vliv klimatizovaného prostředí na zdraví a pohodu člověka. Kandidátská disertační práce, LFH KU Praha, 1985.
5. Lajčíková, A., Šimek,J.: Ionizace ovzduší v léčebných lázních Jáchymov. Rehabilitace a fyzikální lékařství, 6, 1999, č.2, s. 49 – 52.
6. Lajčíková,A.: Syndrom nemocných budov. Kancelář, 10, 2007, č.2, s. 38-39.
7. Reiter,R.: Phenomena in Atmospheric and Environmental Electricity. Elsevier, Amsterdam, 1992, 541 s.
8. Soyka,F., Edmonds,A.: The Ion Effect. A Bantam premium book, USA, 1991, 163s.
9. Spurný, Z.: Atmosférická ionizace. Academia, 1985, 155 s.
10. Spurný, Z.: Metoda integrálního hodnocení kvality ovzduší. Ochrana ovzduší, 1984, č.4, s.51-55.
11. Sulman, F.G. The Effect of Air Ionization, Electric Fields, Atmospheric and Other Electric Phenomena On Man and Animal. Ch. Thomas, Springfield, USA, 1980, 398 s.
12. Šimeček, J., Lajčíková, A.: Vliv umělé ionizace vzduchu na prašnost. Pracov. Lék., 40, 1988, č. 5, s. 205-212.
13. Žáček, I.: Několik poznámek k ionizaci ovzduší a jejímu praktickému využití. Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica, č.8, Praha, 1977.
14. Syndrom nemocných budov. Knihovna WHO. Vydal SZÚ Praha, 1997, 20s.