ZÁPORNÉ IONTY V OBYTNÉM PROSTŘEDÍ

J. Svoboda

Došlo: 17. prosince 2007

Abstract

SVOBODA, J.: *Ions and their contribution for living space*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 2, pp. 189–198

This contribution is dealing with more than up to date topic. Nowadays more than one third of human population suffers from some form of allergies – dust, pollen or mites. The air we breathe the whole day does not come from outside, on the contrary it comes from closed rooms used for living. The important part of air are the negative ions which are necessary for life. Therefore, the optimal level of ions should be maintained. Living environment which does not contain enough negative ions causes various diseases, such as allergies, asthma, headache, tiredness and depressions. Increased concentration of negative ions inside a house is the basic prevention of tiredness and other diseases.

microclimate, ions, interior, home environment

Lépe se nám spí a usíná na venkovském nebo horském „čerstvém vzduchu“, než v bytě, kde se kouří, a který leží třeba v prostoru koncentrovaného městského provozu. Říkalo se, že je tam prostě víc kyslíku. Dnes už ale víme, že „kyslíkem to nebylo“. Díky přesným rozborům a měřením byly zjištěny velké rozdíly v koncentracích vzdušných iontů ve vzduchu. Zatímco ve velkých městech, moderních budovách, kancelářích a bytech se koncentrace vzdušných záporných iontů pohybují většinou hluboce pod doporučenou úrovní 800 i-/cm³ a mnohdy se blíží nule, na horách, v lesích, u moře a vodopádů a v přírodě vůbec se naopak vyskyt lehkých vzdušných záporných iontů pohybuje v hodnotách velmi vysokých. Výjimkou nejsou hodnoty 5 000 i-/cm³ (na horách a u moře), 50 000 i-/cm³ (v jeskyních a u vodopádů) nebo i 100 000 i-/cm³ (po bouřce). Dalšími výraznými zdroji ionizace ovzduší je oheň, slunce, vítr a vlastně jakýkoliv rychlý turbulentní pohyb vlhčího vzduchu (proto nám je tak dobře i u okna jedoucího vlaku, na lodi, či na motorce) a zejména pak třštění vodních kapek. Takto vyvolanou ionizaci poprvé popsal v 19. stol. nositel Nobelovy ceny za fyziku Philipp von Lenard, odtud tzv. Lenardův ionizační jev. Zdá se ale, že již před tisíci lety lidé znali zdroje přírodní ionizace a příjemné pocity s nimi spojené. Tehdy sice asi nepřemýšleli, proč cítí takovou euforii při východu slunce, ve větru na mořských útesech, poblíž příboje, u ohně, v jeskyních, hlubokých lesích, u vodních pe-

řejí a uctívali tyto síly jako božstva a léčivou magii. To, co tehdy zřetelně pociťovali a jen si neuměli vysvětlit, my dnes dokážeme nejen změřit, ale i upravovat ku prospěchu našeho zdraví.

V posledních letech se definitivně potvrdila významnost vlivu iontové nerovnováhy na lidské zdraví. Přestože na tento škodlivý stav vědci upozorňují již dlouho, až alarmující nárůst civilizačních chorob, alergií, respiračních a duševních potíží donutil odborníky pátrat usilovněji po příčinách. Výsledky byly bohužel v mnohém ohromující. Výzkum ukázal, že se jedná o důsledek trvalého působení přebytku škodlivých – kladně nabitých iontů na lidský organismus. Prakticky všechny civilizační vymoženosti totiž tyto škodlivé ionty produkují. Automobily, průmyslový smog, umělá vlákna, vysílače, ozonová díra, skleníkový efekt, televize, monitory, zářivky, kopírky, laserové tiskárny aj. Všechny tyto vlivy naprosto vychylují zdravou rovnováhu iontů (kterou nacházíme již jen na některých místech v přírodě) v neprospěch našeho zdraví. Přitom právě na těchto místech trávíme většinu svého času, pracujeme, odpočíváme, spíme atd. Převaha škodlivých – kladně nabitých iontů prokazatelně způsobuje bolesti hlavy, zvýšený krevní tlak, nervozitu, únavu a u citlivějších jedinců již po několika týdnech může odstartovat alergii, astma a deprese. Proto také existují pro tyto škodlivé – kladně nabité ionty přísné hygienické normy, jejichž dodržování se běžně kontroluje.

Za optimální se v odborné literatuře považuje koncentrace záporných iontů (různé prameny se ale velmi liší) v rozmezí 1000 až 10 000 iontů/cm³, u prací psychicky náročných (práce na PC apod.) se doporučuje podstatně vyšší koncentrace. Jak se tato doporučení v široké míře dodržují a jak je možno zjištěný nevyhovující stav napravovat, se jen velmi zřídka dovídáme. Toto konstatování je vlastně impulsem pro náš výzkum alespoň jednoho z několika „prostředí“, kde člověk žije.

CÍL PRÁCE

Cílem této práce je výzkum a stanovení podmínek prostředí pro zdravé spaní a bydlení v interiéru, které považují za nejvýznamnější. Jde zde hlavně o výzkum iontového mikroklima v interiéru a to z důvodu stále se zvětšujícího úbytku záporných iontů. Tím dochází k mnoha onemocněním, alergiím, únavám a nespavosti. Proto je snaha autora, aby toto mikroklima bylo „umělé“, pomocí generátorů záporných iontů ionizováno na optimální nebo alespoň přijatelnou úroveň. A to tak, aby bylo vytvořeno zdravé, „čisté“ prostředí, které by ovlivňovalo naše zdraví včetně psychických aspektů.

ZÁPORNÉ IONTY A ELEKTROIONTOVÉ MIKROKLIMA

Ionty jsou elektricky nabitě částice, které mají buď kladný nebo záporný náboj. Elektroiontové mikroklima je složka prostředí, vytvářená negativními nebo pozitivními ionty v prostředí. Záporné ionty působí blahodárně a ozdravně na lidský organismus. Elektrické pole Země rozděluje ionty tak, že kladné přitahuje povrch země a záporné jsou odpuzovány směrem k ionosféře. Záporné ionty vznikají v přírodě i v místnostech ve značném množství, ale jejich koncentrace se vlivem znečišťujících látek rychle snižuje. Vzduch obsahuje stále větší podíl nečistot, které se v důsledku rozdílnosti elektrických nábojů na záporné ionty navazují. Často je úbytek iontů takový, že dochází k ionopenii, která způsobuje zdravotní potíže vyvolané nedostatkem záporných iontů. Hlavními lapači iontů jsou kouř, smog, prach, aerosoly. Krátkodobá ionopenie se může projevit migrénami, sníženou duševní i fyzickou výkonností a celkovou únavou. Dlouhodobý nedostatek záporných iontů může vést až k trvalým neurózám a dyshacím potížím.

KONCENTRACE IONTŮ

Koncentrace iontů se vyjadřuje počtem iontů v jednotce objemu, kterou je 1 cm³ vzduchu. Je nutné udávat, zda jde o pozitivní ionty „n⁺“ či negativní ionty „n⁻“. Pro výpočet koncentrace iontů platí následující vztah, pomocí kterého jsou vypočítány

koncentrace iontů z naměřeného celkového proudu vzduchu:

$$n = \frac{I_c - I_s}{e \cdot M} = \frac{I_{iont}}{e \cdot M},$$

kde I_{iont} [A]	je iontový proud vyvolaný dopadem iontů na katodu AK
e [C]	je jednotkový náboj $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C
n [cm ⁻³]	je koncentrace iontů s pohyblivostí
I_c [A]	je hodnota celkového proudu
I_s [A]	je hodnota svodového proudu
M [cm ³ .s ⁻¹]	je objem nasávaného vzduchu.

MOŽNOSTI VZNIKU IONTŮ A JEJICH UPLATNĚNÍ

Největší výskyt záporných iontů je v přírodě. Vzduch je vždy alespoň částečně ionizován účinkem kosmického záření. Běžně vzniká v jednom cm³ vzduchu každou sekundu asi 10 záporných iontů. Současně s ionizací vzduchu probíhá i opačný děj, zvaný rekombinace. Nesouhlasně nabitě částice se navzájem přitahují a vytvářejí opět neutrální molekuly. Koncentrace iontů obsažených v různých prostředích jsou znázorněny v tabulce I.

ZPŮSOBY IONIZACE VZDUCHU

● Působením zemského elektrického pole

Ionty v elektrostatickém poli vznikají mezi ionosférou a povrchem země. Zeměkouli si můžeme představit jako obrovský kulový kondenzátor, jehož vnitřní elektrodou je vodivý povrch Země, který je nabitý záporně, a druhou elektrodou je vrstva ionizovaného, dobře vodivého ovzduší, tzv. ionosféra, která je nabitá kladně. Dielektrikem je pak vrstva špatně vodivého vzduchu. Tyto procesy tvorby iontů probíhají ve zlomku vteřiny. Vznik iontů je znázorněn na obrázku 1.

● Působením ionizujícího a UV záření

V přirozených podmínkách se na tvorbě vzdušných iontů podílí ionizující záření z přirozených radioaktivních látek obsažených v prostředí a různé druhy kosmického a slunečního záření. V interiéru budov mohou být mohutným zdrojem iontů i radioaktivní plyn radon, vznikající radioaktivním rozpadem radia a thoria, které jsou obsaženy ve stavebních konstrukcích.

● Lenardovým efektem

Jedná se o proces vzniku iontů při rozprašování vody do vzduchu. Např. při prudkém nárazu vodní kapky na překážku nebo při unikání a praskání bublinek plynu z vody. Tím dochází k tvorbě záporných a kladných iontů. Odtržení molekul vody z povrchu vodní hladiny vzniká iont s negativním nábojem, zatímco odtržením větších kapek nebo celé vodní hmoty vede k tvorbě pozitivních iontů.

I: Schéma vzniku ionizovaných částic

I: Koncentrace záporných iontů nacházejících se v různých prostředích

Název prostoru	Koncentrace záporných iontů
vzduch v průměrném městském bytě	50–100 iontů/cm ³
vzduch na ulici ve městě	100–500 iontů/cm ³
vzduch v lese nebo u moře	1 000–5 000 iontů/cm ³
vzduch u vodopádů	10 000–50 000 iontů/cm ³
vzduch po bouřce	10 000–50 000 iontů/cm ³

ROZDĚLENÍ IONTŮ

Podle hlavní vlastnosti, kterou je polarita, dělíme ionty na záporné (negativní, „-“, anionty) a kladné (pozitivní, „+“, kationty). Další klasifikace označuje

pohyblivost. Pohyblivost souvisí s velikostí a případně i s atomovým poloměrem. Pod pojmem pohyblivost si tak můžeme představit rychlost pohybu částic v elektrickém poli. V tabulkách č. II a III je znázorněno rozdělení iontů dle U. Hörraka a H. Israëla.

II: Rozdělení iontů dle U. Hörraka

Druh iontů	k [cm ² .V ⁻¹ .s ⁻¹]	d [nm]
Těžké velké ionty	$0,00420 > k \geq 0,00041$	$22,0 < d \leq 79,0$
Lehké velké ionty	$0,0740 > k \geq 0,0042$	$4,80 < d \leq 22,0$
Střední ionty	$0,500 > k \geq 0,074$	$1,60 < d \leq 4,80$
Velké seskupení iontů	$1,28 > k \geq 0,50$	$0,85 < d \leq 1,60$
Malé seskupení iontů	$3,20 > k \geq 1,28$	$0,36 < d \leq 0,85$

III: Rozdělení iontů dle H. Israëla

Druh iontů	k [cm ² .V ⁻¹ .s ⁻¹]	d [nm]
Těžké a ultra těžké	$0,00025 > k$	$d > 114$
Langevinovy	$0,001 > k \geq 0,0025$	$50,0 < d \leq 114$
Střední	$0,01 > k \geq 0,001$	$15,6 < d \leq 50,0$
Malé střední	$1,0 > k \geq 0,01$	$1,32 < d \leq 15,6$
Lehké	$k \geq 1,0$	$1,32 \geq d$

MATERIÁL A METODIKA

ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU VZDUŠNÝCH ZÁPORNÝCH IONTŮ

Pro prováděný výzkum v oblasti iontového mikroklimatu jsme použili generátor záporných iontů – Bionic. Generátory iontů tohoto typu produkují až miliony záporných iontů do 1 cm^3 vzduchu. Vytvářené ionty do prostoru jen zvolna difundují, a proto je nezbytné jejich rozptýlení v prostoru proudem vzduchu. Toho je docíleno nepřímou filtrací pomocí iontových klusterů, které vzdušné anionty, tj. záporně nabitě vzdušné ionty k sobě přitahují podobně jako magnet opačný pól.

Tyto generátory nejenom že uměle vyrábějí záporné ionty, ale současně fungují jako čističky vzduchu, protože záporné ionty na sebe navazují různé prachové částice.

Vzduch čistí dvěma způsoby:

1. Přímoou filtrací pomocí elektrostatického filtru, kdy jsou veškeré prachové částice a mikroorganismy nabitě kladně zachytávány elektrostatickým filtrem a pevně vázány na prachovém kolektoru čističky. Kladný náboj nesou všechny prachové částice, zatímco plochy filtru mají náboj záporný.
2. Nepřímou filtrací pomocí iontových klusterů. Všechny prachové částice, nečistoty i viry a bakterie mají kladný náboj a jsou tedy zápornými ionty přitahovány do shluků, tzv. clusterů. Tento shluk

molekul či částic je ve velmi krátké době – v řádu vteřin mnohem těžší než jednotlivé poléťavé částice, a proto klesají k zemi, kde je potom uklízíme při běžném úklidu. Tento způsob čištění má výrazně kladný účinek pro naše zdraví. Větší shluky nečistot se ani při vdechnutí nedostávají tak hluboko do plicních sklípků a díky samočisticí schopnosti plicního epitelu jsou mnohem snáze odstraněny z těla. Další vlastností shluků (clusterů) nečistot je to, že jako větší hmota mají mnohem větší náboj – a jsou mnohem silněji přitahovány a účinněji zachyceny elektrostatickým filtrem.

ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ IONTŮ

Koncentraci vzdušných iontů můžeme měřit dle několika metod a pomocí speciálních měřicích zařízení. Vzhledem k tomu, že pro zdraví člověka jsou prospěšné ionty záporné (negativní), budeme se především zabývat měřením koncentrace těchto iontů.

PRINCIP POUŽITÍ METODY S ASPIRAČNÍM KONDENZÁTOREM (AK)

Do aspiračního kondenzátoru je nasáván vzduch, který obsahuje úplné spektrum vzdušných iontů s různou hodnotou pohyblivosti, od lehkých přes střední, až po těžké. Nasávání vzduchu zajišťuje ventilátor s regulovatelnými otáčkami. Sestavení měřicího obvodu zachycuje obr. 2.

2: Sestavení měřicího obvodu s aspiračním kondenzátorem

Měřicí obvod je napájen zdrojem stejnosměrného napětí. Jako dielektrikum v AK působí vzduch. Kondenzátor tvoří dvě elektrody válcového tvaru. Sběrnou elektrodou je kolektor.

Na intenzitě pole závisí množství, resp. spektrum iontů, které budou zachyceny sběrnou elektrodou. Tyto zachycené vzdušné ionty pak způsobují vodivost mezi elektrodami a uzavření proudové cesty v obvodu.

METODA MĚŘENÍ POMOCÍ DESKOVÉHO KONDENZÁTORU

Do přístroje je nasáván vzduch, který obsahuje úplné spektrum vzdušných iontů s různou hodnotou pohyblivosti, od lehkých přes střední, až po těžké. Nasávání vzduchu je zajištěno ventilátorem. Vzduch o určitém objemu je nasáván z okolí ventilátorem a proudí okolo elektrod. Ionty zvolené polarity jsou sbírány kolektorem. Sbírat je možné vždy jen ionty jedné polarity. Deskový kondenzátor je znázorněn na obr. 3. Dráha pohybu iontů při měření deskovým kondenzátorem je znázorněna na obr. 4.

3: Deskový kondenzátor – Air Ion Counter

4: Dráha pohybu iontů při měření deskovým kondenzátorem

Naměřené hodnoty proudu jsou přímo úměrné prostorové hustotě náboje tak, že platí vztah:

$$\rho = \frac{I_{nd}}{M_d},$$

kde M_d [$\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] je objemem nasávaného vzduchu za jednotku času

ρ [$\text{C} \cdot \text{cm}^{-3}$] je prostorová hustota monopolárních nábojů

I_{nd} [A] je naměřený proud deskového kondenzátoru.

IONTOVÉ CHARAKTERISTIKY

SATURAČNÍ CHARAKTERISTIKA PROSTŘEDÍ

Hlavním charakteristickým ukazatelem iontového mikroklimatu daného prostředí je právě saturační charakteristika prostředí. Ta udává závislost měřeného iontového proudu I_{iont} na intenzitě elektrického pole E_{AK} (gradient mezi elektrodami). Rovněž můžeme místo proudu určit přepočtenou hodnotu koncentrace iontů n (příslušné polarity), nebo můžeme tuto charakteristiku vyjádřit v závislosti na

mezní pohyblivosti $1/k_m$. Všechny tyto čtyři kombinace vyjadřují stav koncentrace iontového pole pro měřené prostředí a samotná charakteristika má podobu obr. 5: Saturační charakteristika prostředí.

MĚŘENÍ SPEKTRÁLNÍCH CHARAKTERISTIK IONTOVÝCH POLÍ

Jednou ze sledovaných vlastností ovzduší je koncentrace a složení atmosférických iontů. Základními charakteristikami jsou: rozměr, hmota a pohyblivost. Rozměr a hmota je úměrná počtu a typu molekul v iontu. Každý iont se v elektrickém poli pohybuje a jeho rychlost je úměrná hmotě a intenzitě elektrického pole. Pohybem iontu v atmosféře dochází ke srážkám s molekulami vzduchu a jinými ionty. Výsledná rychlost pohybu iontu je pak menší. Experimentálně bylo zjištěno, že dobré terapeutické výsledky mají lehké záporné ionty, které mají vysokou pohyblivost. Těžké kladné ionty jsou pro člověka velice nepříznivé. Obecně se v atmosféře vyskytují ionty lehké, střední i těžké v určitém poměru, který závisí na způsobu ionizace vzduchu a vlastnostech prostoru.

5: Saturační charakteristika prostředí

IONTOVÉ CHARAKTERISTIKY

Jednou z důležitých iontových charakteristik je charakteristika spektrální. Ta udává závislost množství iontů určité pohyblivosti „ k “ v jednotce objemu na pohyblivosti „ k “. Jak vyplývá z popisu aspirační metody měření koncentrace iontů, spektrální charakteristiku je možné vypočítat ze změřené saturační charakteristiky.

SATURAČNÍ CHARAKTERISTIKA

Jako saturační označujeme charakteristiku, která znázorňuje závislost měřeného proudu tekoucího aspiračním kondenzátorem „ I “ na napětí „ U “, nebo také proudu na převrácené hodnotě mezní pohyblivosti „ $1/k_m$ “. Nasycení neboli saturace nastává u aspiračního kondenzátoru zvýšením napětí mezi elektrodami kondenzátoru na takovou hodnotu, kdy pohyblivost měřených iontů je tak nízká, že nezpůsobuje další zvýšení proudu mezi kolektorem a zemí. Na saturační charakteristice se tento stav pro-

jeví, v ideálním případě, zlomem křivky do směru kolmého na osu proudu. Z této definice vyplývá, že saturační charakteristika je rostoucí křivka a nemůže dojít k jejímu poklesu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Dosažené výsledky prokazují, že ionizací vzduchu došlo k významnému nárůstu koncentrace záporných iontů v prostředí.

V grafech obr. 6–9, jsou porovnávány naměřené saturační charakteristiky iontů v měřeném prostředí. Měření bylo prováděno pomocí aspiračního kondenzátoru a kondenzátoru deskového – Air iont Counter. Grafy znázorňují nárůst koncentrace záporných iontů po provedení ionizaci interiéru. Měření bylo prováděno v prostředí, které charakterizovalo prostředí v interiéru a to v různých vzdálenostech od zdroje záporných iontů. Měření probíhalo za těchto podmínek: teplota vzduchu 24 °C, vlhkost vzduchu 48 %.

6: Saturační charakteristika pro přirozenou koncentraci kladných iontů

7: Saturační charakteristika pro přirozenou koncentraci záporných iontů

8: Saturační charakteristika koncentrace iontů po ionizaci ionizátorem Bionic ve vzdálenosti 1,8 m od aspiračního kondenzátoru

9: Saturační charakteristika koncentrace iontů po ionizaci ionizátorem Bionic ve vzdálenosti 0,5 m od aspiračního kondenzátoru.

SOUHRN

Zkušenosti získané z těchto měření a poznatky z odborné literatury by se měly stát základním zdrojem pro metodu získání kvalitního prostředí, kde bude dosaženo příznivější koncentrace negativních iontů. Hlavním faktorem těchto úprav zůstávají zatím nadále vlastnosti použitých stavebních či interiérových materiálů a také úroveň vodivosti okolních stěn z pohledu ionizačního zdroje.

V prostředí byla před ionizací změřena koncentrace jak záporných, tak kladných iontů. Dále bylo provedeno měření po ionizaci vzduchu, a to ve vzdálenostech 0,5 m a 1,8 m. S narůstající vzdáleností mezi ionizátorem a měřicím zařízením klesá podíl záporných iontů, což může být do jisté míry způsobeno menším prouděním vzduchu u daného typu ionizátoru.

Umělé vytváření příznivého pole vzdušných, tedy záporných iontů není jen požadavkem pro budoucnost. Už v současnosti je stále více lidí postiženo různými typy alergií, jejichž nejvýznamnějším zdrojem je nedostatek záporných iontů v životním prostředí člověka. Proto by ionizaci prostředí zápornými ionty uvítali jako prevenci i lidé zcela zdraví a ovšem nemocní, trpící různými formami alergie nebo jinými nemocemi. Mít kolem sebe zdravé a čisté obytné prostředí není luxus, nýbrž základní potřeba člověka. Za život projde našimi plícemi kolem 500 000 kg vzduchu, což je čtyřikrát více, než za život sníme a vypijeme pro nutnou obživu.

Proto bude nyní úkolem autora využít naměřené a získané informace pro navržení dostupných prostředků, které budou v žádoucí míře produkovat záporné ionty, zatím hlavně v prostředí pro spánek a odpočinek.

mikroklima, ionty, interiér, vnitřní prostředí

SUMMARY

This contribution is dealing with more than up to date topic. Nowadays more than one third of human population suffers from some form of allergies – dust, pollen or mites. The air we breathe the whole day does not come from outside, on the contrary it comes from closed rooms used for living. The important part of air are the negative ions which are necessary for life. Therefore, the optimal level of ions should be maintained. Living environment which does not contain enough negative ions causes various diseases, such as allergies, asthma, headache, tiredness and depressions.

Increased concentration of negative ions inside a house is the basic prevention of tiredness and other diseases.

The reason for the dangerousness of interiors is the increase in concentration of harmful substances which are usually called VOC substances. VOC (Volatile Organic Compounds) substances are so dangerous because they destroy free biogenous elements – negative ions, which are necessary for human life.

In inside environment it's very necessary to keep the air healthy, because we spent here almost all of our life time. Many people suffer from of allergic disorders and respiratory trouble. This problem is

possible to solve by filtration of an air in combination with anoint generator. Aniont generator could avoid health trouble which is very important for our health.

Prokázat a objektivně argumentovat reálnost uvedených tvrzení nebo aspoň té části, týkající se problematiky čištění vzduchu a ionizace, je cílem výzkumné práce autora a spolupracovníků Ústavu nábytku, designu a bydlení MZLU v Brně.

Poděkování patří IGA MZLU v Brně, neboť na základě získaných grantových prostředků byl realizován tento výzkum, a to v rámci řešení projektu IGA 37/2007.

LITERATURA

- BUŘIVAL, Z, BARTUŠEK, K, ROZSÍVALOVÁ, Z., 2003: The Physical Basic of Ionic Fieled and brief Mention of the Meaning for Humman Physiology nad Physic Power, 500 s.
- FURCHNER, H., 1968: Baustoffbedingte Einflusse auf die Lufterlektrizität in Räumen und auf das Behaglichkeitsempfinden des Menschen. Heizung Lüftung – Haustechnik 19, No. 5.
- HALCOMB, K., 1965: Effect of air ionozation on the performace of a vigilance test, Yournal of enginneering psychologists, 250 s.

- HAPL, L., 1984: Elektroiontové mikroklima vnitřního obytného prostředí vybraných materiálně technických základů výstavby, 155 s.
- ISRAËL, H., 1957: Atmosphärische Elektrizität. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig. 220 s.
- JOKL, M., 2002: Zdravé obytné a pracovní prostředí. Praha: Academia, 261 s. ISBN 80-200-0928-0.
- JOKL, M., 1993: Teorie vnitřního prostředí budov. Vydavatelství ČVUT Praha, 261 s. ISBN 80-01-00481-3.

Adresa

Ing. Jaroslav Svoboda, Ústav nábytku, designu a bydlení, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: svobodajarda@seznam.cz