UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Katedra preventivního lékařství

Petr Fibrich

Ovzduší v budovách a možná zdravotní rizika

Indoor Air and Possible Health Risks

Diplomová práce

Praha, květen 2007

Autor práce: Petr Fibrich
Studijní program: Všeobecné lékařství

Vedoucí práce: **Prof. MUDr. Milena Černá, DrSc**.
Pracoviště vedoucího práce: **Ústav obecné hygieny 3. LF UK**
Datum a rok obhajoby: 5. června 2007

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato diplomová práce byla používána ke studijním účelům.

V Praze dne 10. května 2007 Petr Fibrich

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí své diplomové práce Prof. MUDr. Mileně Černé, DrSc. za poskytnutí cenných rad a podpory při psaní diplomové práce a za čas a trpělivost, kterou mi věnovala v průběhu konzultací. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Martinovi Fibrichovi, svému bratrovi, za technickou pomoc a cenné připomínky při hodnocení statistických údajů.

Obsah

1 Úvod....6

2 Faktory vnitřního prostředí....7

2.1 Vnitřní klima interiérů....8

2.1.1 Teplota a relativní vlhkost vzduchu....8

2.1.2 Elektroiontové mikroklima....9

2.2 Škodliviny v ovzduší....12

2.2.1 Hlavní zdroje znečištění ovzduší....12

2.2.2 Přehled jednotlivých škodlivin v ovzduší....13

2.3 Syndrom nemocných budov. 26

2.3.1 Příčiny syndromu nemocných budov....27

2.3.2 Postupy vyšetřování budov....28

2.3.3 Řešení syndromu nemocných budov....29

3 Faktory ovlivňující kvalitu ovzduší ve vnitřním prostředí 30

3.1 Problematika zaměřená na čas a denní aktivity obyvatel....30

3.2 Problematika dopravy....32

3.3 Problematika větrání a klimatizace, vliv na nemocnost a pracovní výkon 32

3.4 Problematika vybraných zdravotních faktorů....34

3.4.1 Pasivní kouření 34

3.4.2 Alergie....34

3.4.3 Plísně....38

3.5 Problematika kvality ovzduší v budovách ve vztahu k ekonomickým otázkám 40

3.6 Monitoring vnitřního ovzduší v bytech v České republice....41

4 Možnosti prevence....45

5 Vlastní práce....47

5.1 Metodika....47

5.2 Výsledky....48

5.2.1 Pobyt v uzavřených prostorech....48

5.2.2 Kvalita ovzduší v budovách....52

5.2.3 Zdravotní faktory....54

5.2.4 Radon....63

6 Závěr....65

Souhrn....66

Summary....67

Seznam použité literatury....68

Přílohy....71

1 Úvod

Člověk je neustále vystavován škodlivinám obsažených ve vzduchu, a to ve venkovním i vnitřním prostředí interiérů. Případné působení na zdraví je výsledkem souhrnu expozic z obou těchto složek prostředí. Vzhledem k tomu, že v různých literárních a odborných pramenech se uvádí, že až 90 procent dne tráví člověk právě v uzavřených prostorech, nabývá tedy ovzduší ve vnitřním prostředí na významu.

Význam znečištění ovzduší se odráží ve zdravotním stavu obyvatel, a to ve smyslu buď akutní, krátkodobé odezvy na zvýšené koncentrace znečišťujících látek nebo chronické odezvy, v důsledku dlouhodobé expozice znečištěnému ovzduší. Efekt se projevuje jednak zvýšeným výskytem subjektivních obtíží (kašel, pálení očí, ztížené dýchání aj.), jednak změnami parametrů fyziologických funkcí, růstových parametrů, ovlivnění vývoje plodu, ukazatelů imunity, zhoršením obtíží chronicky nemocných, zvýšením nemocnosti, až i zvýšením úmrtnosti oslabených osob. [1]

Při hodnocení stížností obyvatel a skutečného zdravotního rizika je často nutno posuzovat i psychologické faktory a další sociálně-ekonomické okolnosti stížností a obav o zdraví. Stížnosti na zápachy, jejichž zdroje jsou nezjistitelné žádnými dostupnými analytickými metodami, mají často příčinu v psychické nebo sociální oblasti, zejména ve špatných mezilidských vztazích.

Důležitým aspektem při hodnocení kvality vnitřního prostředí je i subjektivita, jakož i různá senzitivita k některým chemickým látkám. Neexistují proto na světě přesně stanovené jednotné limity hodnocení, ale je nutný individuální přístup k hodnocení prostředí a objektivizaci zdravotních potíží. [2]

Podobně jako ve většině zemí i v České republice se vnitřní prostředí budov v posledním desetiletí změnilo. Byly identifikovány tři základní změny:

- vzrůst cen všech druhů energie a hrozba vyčerpání jejich zdrojů vede k šetření zejména ve zdrojích pro vytápění. Konstrukční řešení budov je podřizováno zabránění tepelným ztrátám, což vede k omezení přirozeného větrání okny a k následné kumulaci škodlivin ve vnitřním ovzduší.
- značný nárůst používání chemických látek v budovách, v nových konstrukčních

materiálech, nábytku a dalších zařízeních a intenzivnější používání chemických čistících, úklidových a desinfekčních prostředků

- třetí změnou je změněný způsob života. V budovách tráví lidé většinu času. Zejména byty jsou místem, kde jsou možným škodlivinám vystaveny populační skupiny více senzitivní na kvalitu vnitřního ovzduší, malé děti, dlouhodobě nemocní, invalidé a staří lidé s omezenou pohyblivostí. [1]

Kvalita vzduchu uvnitř budov je závislá na řadě faktorů, zejména na:

- kvalitě venkovního ovzduší
- objemu vzduchu připadajícího na osobu v místnosti (tzv. vzduchová kostka) a jeho obměně
- koncentraci škodlivin a kontaminantů, jejichž zdrojem jsou:
    - stavební materiály, předměty vnitřního zařízení budov
    - obyvatelé a jejich metabolismus
    - aktivity provozované v bytě, včetně úklidu, čištění a údržby [1]

Tato diplomová práce se bude zabývat faktory budov, které ovlivňují jejich „klima," škodlivinami v ovzduší a syndromem nemocných budov. Dále se bude věnovat faktorům, které ovlivňují kvalitu ovzduší ve vnitřním prostředí z hlediska interakce s jejími obyvateli, v další části se dotkne problematiky prevence. V následující kapitole pak budou prezentovány výsledky vlastní práce.

Vzhledem k nesmírně širokému tématu nebylo možné v této práci obsáhnout všechno, ale snažil jsem se dotknout se co nejvíce faktorů ovlivňujících kvalitu uvnitř budov, nastínit jejich význam, nejen pro člověka, a uchopit tak toto téma v co největší komplexnosti.

2 Faktory vnitřního prostředí

Tato kapitola je rozdělena na tři části. První se zabývá mikroklimatem interiérů. Vnitřní klima interiérů ovlivňují zejména teplota, relativní vlhkost vzduchu a také elektroiontové klima, které je sice všude kolem nás, ale např. špatné ventilační poměry,

prašnost a vlhkost vzduchu mohou způsobit nerovnováhu v iontovém zastoupení ve vnějším i vnitřním prostředí, a vyvolat tak pocit nepohody u citlivých lidí. Druhá část se týká škodlivin zastoupených v ovzduší. Poslední část shrnuje důsledky všech negativních faktorů a jejich dopadů na kvalitu ovzduší v budovách ve vztahu k percepci obyvatel, a bude se týkat syndromu nemocných budov.

2.1 Vnitřní klima interiérů

2.1.1 Teplota a relativní vlhkost vzduchu

Teplota má největší význam pro tzv. tepelnou pohodu organismu, která je jedním z faktorů zajišťujících optimální prostředí pro pobyt člověka a která je definována jako stav rovnováhy mezi subjektem a interiérem bez zatěžování termoregulačního systému. *Další význam teploty vyplývá z jejího úzkého vztahu k relativní vlhkosti vzduchu.* V zimním období dochází vlivem vytápění k poklesu relativní vlhkosti vzduchu na 20% i méně. Organismus je tak vystaven nefyziologickému prostředí, kde i u zdravých jedinců dochází k intenzivnímu vysoušení sliznice horních cest dýchacích, tím klesá jejich ochranná funkce a stoupá možnost průniku škodlivých látek až do dolních cest dýchacích. V letním období naopak vysoká relativní vlhkost spojená s vysokou teplotou může nepříznivě ovlivňovat tepelnou rovnováhu organismu omezenímrespirace a tím ztráty tepla.

Doporučené hodnoty relativní vlhkosti vzduchu se mají pohybovat v rozmezí 30 – 60% a rychlost proudění vzduchu v zimním období max. 0,15 $m.s^{-1}$, v letním období max. 0,25 $m.s^{-1}$. *Doporučené teplotní parametry pro dlouhodobý pobyt člověka jsou 19 – 24 °C.* V zimním období je nutné se vyvarovat nekontrolovaného větrání, větrat krátce co největším průřezem větracího otvoru. V letním období je třeba se snažit o snížení negativního dopadu vysokých teplot na lidský organismus.

Je třeba, aby při vyšší vlhkosti vzduchu nemohlo docházet k orosování stěn místností jak z důvodů hygienicko-zdravotních (růst plísní), tak estetických, ale i ekonomických (nezanedbatelný nárůst energetických nákladů při poklesu tepelně izolačních odporů vlhkých stěn). Povrchy se orosují, jestliže jejich teplota dosáhne teploty rosného bodu. Snížení teploty rosného bodu vzduchu (a tím zamezení orosování povrchů) dosáhneme snížením teploty vzduchu místnosti (větráním). Toto je však možné pouze tehdy, je-li vlhkost

venkovního vzduchu nižší než vlhkost vzduchu v místnosti. Je-li poměr vlhkosti obrácený, větráním vlhčím vzduchem sice snížíme teplotu vzduchu v místnosti, ale vlhkostní poměry se ještě zhorší. V místech s nižší vlhkostí vzduchu lze vlhkost částečně zvýšit snížením teploty – větráním. Další zvýšení zajistí zvlhčovače vzduchu. [2]

2.1.2 Elektroiontové mikroklima

Ovzduší, které nás obklopuje, je neustále více či méně ionizováno. Znamená to, že obsahuje určité kvantum volných atmosférických iontů. Na tento stav je člověk dlouhodobě adaptován. Pro pocit komfortu prostředí je určitý počet atmosférickýchiontů nezbytný.

Ionty dělíme podle polarity na kladné *(jejich představitelem je v přírodě ion dusíku)* a záporné *(ionty kyslíku a vodní páry)*. Důvodem je složení atmosféry. Podle hmotnosti můžeme dělit ionty na lehké, střední a těžké. Lehké ionty jsou shluky 10 – 30 molekul plynů vysoké pohyblivosti, mají malou životnost (několik sekund), neustále vznikají a mají největší biologický význam. Střední ionty tvoří shluky stovek molekul, s životností několika stovek hodin. Těžké ionty jsou tvořeny shluky až tisíců molekul s životností až týdny. Obsahují zpravidla kondenzační jádro, tj. částice prachu a kouře či dýmu.

Čím více je ovzduší znečištěno, tím více lehkých – a pro člověka žádoucích – lehkých iontů se mění na střední a těžké ionty. *Počet lehkých iontů je tedy ukazatelem čistoty vzduchu.* Při umělé ionizaci vzduchu dochází k tomu, že více iontů obalí více nečistot, vzniknou tak těžké ionty, které díky větší hmotnosti rychleji sedimentují, a vzduch se tak čistí.

Asi 95% ionizace vzduchu způsobují dva zdroje: elektromagnetické záření a radioaktivní záření. Zbývajících 5% připadá na hoření, různé chemické procesy (např. fotosyntéza rostlin), rozstřikování vody, písku a elektrická pole kolem spotřebičů.

Nad zemským povrchem nejsou kladné a záporné ionty v rovnováze. I když při přirozené ionizaci vzduchu vzniká dvojice iontů s opačnými znaménky, nenaměříme na stejném místě stejný počet kladných a záporných iontů. Příčinou toho je, že Země nese záporný náboj a ionosféra nese kladný náboj. Mezi těmito dvěma póly existuje elektrické pole, ve kterém kladné ionty jsou přitahovány k Zemi, zatímco záporné ionty jsou přitahovány k opačně nabité ionosféře. Oba póly odděluje špatně vodivá vrstva vzduchu,

takže pohyb iontů je pozvolný. Je tak zapříčiněno, že nad zemským povrchem je stálá mírná převaha iontů s kladným nábojem. V čisté přírodě dosahuje tato převaha 20 – 25%.

Lidé, kteří jsou citliví na změny počasí, vnímají vlastně měnící se koncentrace vzdušných iontů. Reagují např. bolestmi hlavy, kloubů, jizev, příp. změnami nálady a poruchami spánku. Říká se, že jsou meteosenzitivní a jejich počet se odhaduje asi na 30% populace. Tito lidé dobře reagují na umělou ionizaci vzduchu.

Na koncentraci iontů v interiéru mají vliv stavební konstrukce a lidská činnost.

Vliv stavebních konstrukcí na koncentrace iontů v interiéru:

Nejmenší vliv mají přírodní materiály (dřevo) a výrobky z nich (cihelné zdivo). Elektroiontové mikroklima interiéru značně negativně mění železobetonové zdivo (panelové domy). Krajním případem jsou železobetonové objekty bez možnosti přirozeného větrání s klimatizací. V takových domech je koncentrace iontů v ovzduší velmi malá a pro komfort prostředí se doporučuje obnova ionizace vzduchu pomocí ionizátorů uměle.

Vliv lidských činností na ionizaci vzduchu:

Přirozenou ionizaci vzduchu negativně ovlivňuje zejména kouření. Dehet obsažený v cigaretovém dýmu na sebe váže lehké záporné ionty a způsobuje jejich zánik. Zánik způsobuje i klimatizace, při které se vzduch filtruje, vlhčí a dopravuje v potrubí často na značně vzdálená místa. Míst, kde mohou lehké ionty zaniknout, je tedy mnoho. Nezanedbatelný je také dlouhodobý pobyt více lidí v nevětrané místnosti. Lidé pak mají pocit „vydýchaného vzduchu“ a „nedostatku kyslíku.“ Ve skutečnosti se jedná o nedostatek lehkých záporných iontů.

Ionizace vzduchu naproti tomu ovlivňuje povrchový náboj v interiéru, působí na nižší organismy a na člověka.

Vliv ionizace vzduchu na povrchový náboj v interiéru:

Třením materiálů o sebe vzniká povrchový elektrický náboj, látky se „nabíjejí“ statickou elektřinou. K takovému nabíjení stačí např. tření látky o pokožku těla nebo pohyb člověka na sedadle. Pokud nelze nežádoucí povrchový náboj odvádět (uzemněním), lze jej neutralizovat umělou ionizací vzduchu.

Vliv ionizace vzduchu na nižší organismy:

Lehké záporné ionty působí bakteriostaticky a baktericidně u některých kmenů bakterií. Mají tlumivý účinek na růst některých plísní, naproti tomu stimulují růst vybraných kulturních rostlin.

Vliv ionizace vzduchu na člověka

Přímé působení vzdušných iontů se děje vdechováním, tedy v plicích. K přímému působení dochází i na povrchu těla, kůží. Samo jejich působení není dosud detailně objasněno. Protože člověk nemá specifické čidlo k vnímání iontů, předpokládá se informace mozkové kůry sumací podprahových podnětů.

Ionizace vzduchu na člověka má:

1. vliv na dýchací ústrojí: lehké záporné ionty urychlují pohyb řasinek výstelky dýchacích cest. Tím se urychluje samočištění plic. Kromě toho lehké ionty podporují tvorbu enzymů ovlivňujících pružnost dýchacích cest a urychlují hojení zánětů dýchacích cest.
2. vliv na žlázy s vnitřní sekrecí: záporné ionty stimulují nadledviny k tvorbě glukokortikoidů a mineralokortikoidů. Je popsáno i zvyšování svalové síly a ekonomiky svalové práce (jako důsledek dostatku energie, kterou zajišťují kortikoidy), ale i zlepšení funkce štítné žlázy.
3. vliv na kůži: záporné ionty ochlazují – lepší odvod tepla; je popsáno rychlejší hojení ran a spálenin
4. vliv na CNS: známý je příznivý vliv na neurotiky, trpící poruchami spánku arůznými bolestmi bez organických změn. Je popsána lepší akomodace oka, ale také lepší paměť na čísla.
5. vliv na krevní oběh: nejznámější je příznivý vliv na hypertoniky, u kterých byl opakovaně zjištěn pokles krevního tlaku. Popisuje se i pokles eosinofilů u astmatiků, zpomalení sedimentace erytrocytů aj. [3]

2.2 Škodliviny v ovzduší

Škodliviny v ovzduší můžeme rozdělit na látky venkovního prostředí znečisťující ovzduší v interiérech a na kontaminanty vnitřního prostředí. Vzhledem k tomu, že jak vnitřní, tak vnější prostředí nejsou od sebe izolována, ale vzájemně se ovlivňují, není možné striktně dodržovat toto rozdělení. Světová zdravotnická organizace dokonce ve svých doporučeních pro kvalitu ovzduší *(Air Quality Guidelines for Europe)* uvádí mezi škodlivinami vnitřního ovzduší pouze tabákový kouř, umělá skelná vlákna *(MMVF; man-made vitreous fibres)* a radon.

2.2.1 Hlavní zdroje znečištění ovzduší

K hlavním zdrojům znečištění venkovního ovzduší patří průmysl, zvláště energetický *(spalování fosilních paliv, ropy a zemního plynu)*, metalurgický, stavební *(výroba cementu a vápna je zdrojem ohromného množství minerálního prachu)*, chemický; z dalších zdrojů doprava *(spalování pohonných hmot)*, domácí topeniště *(z nich pochází až 50% veškerých nečistot, které lze v ovzduší nalézt)*, neupravený zemský povrch *(zdroj minerálního prachu, organických částic z těl zvířat i rostlin a různých mikroorganismů)* a výbuchy sopek a vichřice.

Znečištění ovzduší interiéru z venkovního prostředí ovlivňuje zejména:

- poloha stavebního objektu *(vzdálenost od zdroje znečištění)*
- technický stav budovy *(netěsnost oken)*
- lokalita terénu *(konfigurace okolí, nadmořská výška)*
- klimatické podmínky *(převládající směr větrů)*

V každém stavebním objektu je člověk před škodlivinami venkovního prostředí významným způsobem chráněn. I do vnitřního ovzduší však část venkovního znečištění pronikne. Na úpravě, vybavení a zařízení vnitřních prostor pak dále závisí, kolik škodlivin člověk skutečně vdechne a kolik jich zanikne na vnitřních površích.

Škodliviny v ovzduší mohou působit jako látky:

- dusivé – zasahují do oxidačních pochodů v tkáních vazbou na hemoglobin či blokem cytochromoxidázy a ředí vzdušný kyslík *(ozón, dusík, methan, CO, H_2S, anilin,*

kyanovodík aj.)

- dráždivé – vyvolávají stahy hladkého svalstva průdušek; místo jejich maximálního působení je dáno jejich rozpustností ve vodě *(čpavek, fluorovodík, alkalické kouře, halogeny, fosgen aj.)*
- alergizující – reakce z přecitlivělosti vyvolávají převážně látky bílkovinné povahy rostlinného i živočišného původu, ale i některé chemické organické sloučeniny *(toluen, formaldehyd aj.)*
- karcinogenní – *(formaldehyd, benzen, polycyklické aromatické uhlovodíky aj.)*

Působení znečištěného ovzduší na zdraví člověka závisí na rozpustnosti škodlivin ve vodě, na jejich chemickém složení a fyzikálních vlastnostech. [2]

2.2.2 Přehled jednotlivých škodlivin v ovzduší

Vzhledem k podrobnému zpracování této problematiky v několika zdrojích *(Manuál prevence č. 3, Air Quality Guidelines for Europe,* www.epa.gov*)* uvádím jen zestručněný přehled.

Tabákový kouř

Tabákový kouř je komplex tisíců sloučenin v pevné i plynné fázi, který nemůže být měřen přímo jako celek. Ke kvantifikaci expozice se používá markerů jako nikotin a respirabilní suspendované částice. V USA se měřené hladiny nikotinu pohybovaly v rozmezí od 1 do 10 $\mu g.m^{-3}$ v domech, od 0 – 30 $\mu g.m^{-3}$ v kancelářích, ještě vyšší byly v restauracích, barech a omezených prostorech (např. v autech). Měření hladin tabákového kouře, spojené s respirabilními suspendovanými částicemi, byly v domech v rozmezí od několika do více než 500 $\mu g.m^{-3}$, hladiny v úřadech jsou všeobecně menší než 100 $\mu g.m^{-3}$ a v restauracích mohou překročit 1 $mg.m^{-3}$. Hladiny tabákového kouře jsou přímo závislé na hustotě kuřáků.

Prevalence v západních zemích je u dospělých kuřáků 30 – 50%; odhaduje se, že *přes 50% domácností obývá nejméně 1 kuřák.*

Cigaretový kouř zvyšuje riziko nepříznivých zdravotních účinků u nekuřáků vystavených běžným hladinám kouře v zakouřeném prostředí. Chronická expozice

cigaretovému kouři zvyšuje mortalitu na rakovinu plic, zvyšuje riziko morbidity a mortality na kardiovaskulární nemoci u nekuřáků. Také působí podráždění očí a dýchacího traktu. U kojenců a mladých dětí zvyšuje riziko pneumonie, bronchitidy, bronchiolitidy a sekretorické otitidy, u astmatických dětí zvyšuje závažnost a četnost astmatických záchvatů. Dále ještě redukuje porodní hmotnost u potomků matek nekuřaček. U dospělých existuje silný důkaz, že tabákový kouř zvyšuje mortalitu na rakovinu nosních dutin. Současné důkazy u dětí naznačují, že tabákový kouř je rizikovým faktorem pro syndrom náhlého úmrtí kojenců.

Na základě důkazů z několika studií WHO odhadla, že 9 – 13% všech případů rakoviny plic může být přiřazeno tabákovému kouři u nekuřácké populace, vystavené dlouhodobě jeho vlivu. Proporce infekcí dolních cest dýchacích u dětí v důsledku expozice tabákovému kouři může být odhadnuta na 15 – 26%, za předpokladu, že 35% matek doma kouří. Přibližně 3000 – 4500 nekuřáků v evropské populaci ročně zemře na rakovinu plic.

Neexistuje důkaz pro hladinu bezpečné dávky. *Riziko rakoviny sdružené s celoživotní expozicí tabákovému kouři doma, kde 1 osoba kouří, je přibližně* 1.10^{-3}. [5]

MMVF (umělá skelná vlákna)

Vzdušné koncentrace umělých skelných vláken z izolací se pohybují v rozmezí 10^5 – 2.10^6 vláken/m^3. Několik studií o MMVF ve venkovním vzduchu zaznamenalo koncentrace od 2 vláken/m^3 v oblasti venkova do $1{,}7.10^3$ vláken/m^3 blízko města.

MMVF o průměru větším než 3 μm mohou způsobit přechodnou iritaci a zánět kůže, očí a horních cest dýchacích. Možná hluboká penetrace do plic je největší z nepoddajných keramických vláken a skleněných mikrovláken využívaných v průmyslu. Různé typy skelných vat a keramická vlákna byly zařazeny do skupiny potenciálně karcinogenních látek pro člověka. [5]

Radon

Expozice radonu a jeho dceřiným prvkům je dominantním zdrojem expozice ionizujícímu záření ve většině zemí. Hladiny radonu se značně liší mezi příbytky a závisejí primárně na přívodu tohoto plynu ze země a typu materiálu budovy. Průměrné koncentrace v evropských zemích se pohybují v rozmezí od 20 – 100 $Bq.m^{-3}$.

Několik současných studií poskytlo důkazy o riziku rakoviny plic v závislosti na expozici radonu v domech. Všeobecně bylo hodnocení expozice založeno na měření radonu v domech lidí, kteří tam žili 10 – 30 let. *Interakce mezi expozicí radonu a kouřením s ohledem na rakovinu plic přesáhla aditivitu* a blížila se násobícímu efektu.

Odhadnutý přisouditelný poměr rakoviny plic ve vztahu k expozici radonu v domech se pohybuje v rozmezí od 2 – 5% v oblastech s nízkou expozicí do 9 – 17% v oblastech s vysokou expozicí.

Za předpokladu, že úmrtí na rakovinu plic tvoří 3% celkových úmrtí, je odhadnuto, že kolem 600 – 1500 osob zemře na rakovinu plic na 1 milion lidí vystavených v průměru 25 $Bq.m^{-3}$ celoživotně. Pro průměrnou expozici 100 $Bq.m^{-3}$ je odhadnuté rozmezí od 2700 do 5100 úmrtí na rakovinu plic na 1 milion exponovaných lidí.

Radon je prokázaný lidský karcinogen s genotoxickými účinky. Odhadnuté riziko je přibližně $3 – 6.10^{-5}$ na 1 $Bq.m^{-3}$. To znamená, že *osoba žijící v evropském domě s průměrem 50 $Bq.m^{-3}$ má celoživotní riziko rakoviny plic 1,5 – 3.10^{-3}.* Přirozená koncentrace radonu v okolním prostředí venku je kolem 10 $Bq.m^{-3}$. [5]

Situace v České republice

Průměrná hodnota v České republice je 58 $Bq.m^{-3}$ a je mezi evropskými státy nejvyšší. To je zčásti dáno geologickou stavbou (Český masiv), zčásti se v tom odráží i stáří a často zanedbanost domového fondu ČR a snížená infiltrace v důsledku zvýšených nákladů na otop. V žádné sídelní jednotce nedochází k alarmujícímu výskytu rakoviny plic. Na území s běžným radonovým rizikem je kouření dominantní příčinou úmrtí na rakovinu plic, tedy v průměru u 7% úmrtí, kdežto na území s vysokým radonovým rizikem se dá očekávat maximálně zdvojnásobení počtu rakoviny plic.

Koncentrace dceřiných produktů radonu ve vzduchu bytů leží v rozpětí od jednotek $Bq.m^{-3}$ (tak jako ve venkovním vzduchu) až po desetitisíce $Bq.m^{-3}$ v domech se špatnou izolací vůči podloží s vysokým radonovým rizikem.

Podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví nemají koncentrace dceřiných produktů radonu v ročním průměru překročit 100 $Bq.m^{-3}$ v nových obytných domech, koncentrace ^{226}Ra v použitém stavebním materiálu by měla být pod 120 $Bq.kg^{-1}$ a koncentrace radonu v

dodané vodě by měla být pod 50 Bq.l^{-1}. Ve starých obytných domech nesmí průměrná roční koncentrace dceřiných produktů radonu překročit 200 Bq.m^{-3}. Nad touto zásahovou úrovní je majitel obytného domu povinen přikročit k ozdravným opatřením.

Hlavní zdroje radonu v domě a mechanismy jeho přísunu jsou: podloží domu *(nasávání skrz nedostatečnou bariéru)*, stavební materiál *(exhalace z povrchu stěn)* a voda *(uvolnění ze spotřebované vody)*.

Radon z podloží:

O míře rizikovosti radonu z podloží rozhodují tří základní skutečnosti:

- radon je v půdním vzduchu vždy přítomen, a to v koncentracích 1000 až 1000000 Bq.m^{-3}
- dům nasává radon komínovým efektem
- bariéra domu vůči podloží bývá zřídkakdy dokonalá

Radon ze stavebních materiálů:

Běžný stavební materiál (cihly, beton) je vyroben z přírodních surovin (jílu, písku, cementu apod.). Obsahuje tedy uran stejně jako podloží, a je tak neodstranitelným zdrojem radonu v domě.

Radon z vody:

Rizikovost radonu nespočívá v požití vody, ale v inhalaci radonu (a ve vzduchu vzniklých dceřiných produktů) uvolněného při spotřebě vody v domě (při sprchování, praní, koupání, mytí nádobí apod.), kde nejrizikovějším místem bývá sprchový kout.

Domy s vysokým radonovýmrizikem můžeme tedy očekávat:

- na území s vysokým radonovým rizikem základových půd
- zejména v topném období při největším rozdílu teplot uvnitř a venku, hlavně v noci, kdy se vytváří největší podtlak při nejmenší výměně vzduchu
- u domů starších, v nichž jsou stářím porušeny základy (sedáním) nebo bariéry pozbyly svou izolační schopnost.

- u domů prostších, u nichž protiradonové bariéry chyběly již v projektu
- u domů rodinných a venkovských
- v bytech v nejnižších podlažích

A naopak menší nebo žádnou obavu je možné mít na území s nízkým radonovým rizikem podloží, u domů městských, bytových, sídlištních, moderních, nákladných. Jistotu je však možno získat až po změření.

Protiradonová opatření

Preventivní opatření se zaměřují na monitoraci stavebních materiálů z hlediska radioaktivity, odradonováním vody před přivedením do domu a zajištění co nejdokonalejší plynotěsnosti domu vůči podloží. U stavebních materiálů se zvýšeným obsahem radia je nutno posoudit možnost odstranění nebo nucenou ventilaci. [2]

Suspendované částice (aerosol)

Suspendované částice představují různorodou směs organických a anorganických částic kapalného a pevného skupenství různé velikosti, složení a původu. Jsou definovány jako: *„pevné nebo kapalné částice, které v důsledku zanedbatelné pádové rychlosti přetrvávají dlouhou dobu v atmosféře.“* Na rozdíl od plynných látek nemají specifické složení, nýbrž představují směs látek s různými účinky. Současně působí i jako vektor pro plynné škodliviny.

Podle zdrojů dělíme suspendované částice na primární a sekundární. Primární částice jsou emitované přímo ze zdrojů a můžeme je dále dělit na ty, které pocházejí z antropogenních zdrojů (spalování fosilních paliv, doprava, technologické procesy, antropogenní vlivy) a z přírodních zdrojů (mořský aerosol, sopečná činnost, kosmický spad aj.). Sekundární částice jsou ty, které vznikají v ovzduší na základě probíhajících chemických a fyzikálních procesů a dále ty, které se do ovzduší dostávají resuspenzí (zvířením) v důsledku lidské činnosti nebo meteorologických faktorů.

Malé částice podléhají koagulaci a kondenzaci, zvětšují se, ale jejich konečná velikost zpravidla nepřesáhne 2 μm. Tyto částice setrvávají v ovzduší relativně dlouho, udává se cca 7 – 30 dnů. Částice vzniklé mechanickým dispergováním jsou naopak obvykle

větší než 2 μm a jejich životnost v ovzduší je kratší.

Z hlediska zdravotního efektu a průniku do plic se sledují dvě frakce suspendovaných částic:

- suspendované částice frakce PM_{10} (particulate matter) – jsou definovány jako částice, které projdou velikostně selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 μm s odlučovací účinností 50%
- jemné suspendované částice frakce $PM_{2,5}$ – jsou definovány jako částice, které projdou velikostně selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 2,5 μm s odlučovací účinností 50%.

Účinek suspendovaných částic závisí na jejich velikosti, tvaru a chemickém složení. V současné době se klade důraz na zohlednění velikosti částic, která je rozhodující pro průnik a depozici v dýchacím traktu. Větší částice jsou zachyceny v horních partiích dýchacího ústrojí, obvykle se dostanou do trávicího ústrojí a jedinec je jim exponován také jejich požitím. Částice frakce PM_{10} *(tzv. thorakální frakce)* se dostávají pod hrtan do dolních cest dýchacích, jemnější částice označené jako frakce $PM_{2,5}$ *(tzv. respirabilní frakce)* pronikají až do plicních sklípků. Největší podíl prachu se ukládá v plicích při velikosti částic mezi 1 – 2 μm. S dalším zmenšováním se částice začínají chovat jako plynné molekuly a jejich retence v plicích klesá. Částice menší než 0,001 μm jsou téměř všechny zase vydechovány. Účinky suspendovaných částic jsou dále ovlivněny jejich chemickým složením a adsorpcí dalších znečišťujících látek na jejich povrchu.

Suspendované částice dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu morfologie i funkce řasinkového epitelu, zvýšit produkci hlenu a snížit samočistící schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny usnadňují vznik infekce. Recidivující akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy a chronické obstrukční nemoci plic. Efekt krátkodobě zvýšených koncentrací suspendovaných částic frakce PM_{10} se projevuje zvýrazněním symptomů u astmatiků a zvýšením celkové nemocnosti i úmrtnosti. Citlivou skupinou jsou děti, starší osoby a osoby s chronickým onemocněním dýchacího a oběhového ústrojí.

Mnoho prací ukazuje na zvýšení celkové úmrtnosti o 3 – 12% při zvýšení denní

koncentrace suspendovaných částic o 100 $\mu g.m^{-3}$ (respektive o 50 $\mu g.m^{-3}$ PM_{10} a $PM_{2,5}$), u respiračních příčin smrti se udává zvýšení až o 17%.

Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě WHO vydaná v roce 2000 uvádí jako sumární odhad ze 17 epidemiologických studií denní zvýšení celkové úmrtnosti v souvislosti se zvýšením denní průměrné koncentrace PM_{10} o 10 $\mu g.m^{-3}$ o 0,74%.

Jako sumární odhad z různých epidemiologických studií vztažený ke zvýšení denní průměrné koncentrace PM_{10} o 10 $\mu g.m^{-3}$ uvádí WHO konkrétně zvýšení počtu hospitalizací z důvodu respiračních onemocnění o 0,8%, nárůst použití léků k rozšíření průdušek při astmatických potížích o 3%, zvýšení počtu lidí trpících kašlem o 3,6% a lidí s podrážděním dolních dýchacích cest o 3,2%. [7]

Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je nejběžnějším kontaminantem ovzduší, jehož koncentrace jsou vždy vyšší v interiérech než venku.

Zdrojem tohoto plynu je především člověk, jeho metabolismus, dýchání a termoregulační pochody a také spalování pevných paliv.

Počet osob přítomných v místnosti, velikost prostoru a nedostatečné větrání jsou hlavní příčinou zvyšování koncentrace CO_2 nad normální hodnoty do 10000 – 30000 $mg.m^{-3}$. Při koncentracích nad 1,5 objemových procent je nepříznivě ovlivněno především dýchání, nad 3% většina lidí trpí bolestmi hlavy, závratěmi a nauseou. Koncentrace nad 6 – 8% vedou k letargii a ztrátě vědomí.

Zvýšená koncentrace CO_2 v obytném prostředí je považována za indikátor neadekvátního větrání, přeplněnosti užívaného prostoru osobami nebo technickou závadou na zařízení pro vytápění. [2]

Oxid uhelnatý

Koncentrace globálního pozadí CO se pohybuje v rozmezí 0,06 – 0,14 $mg.m^{-3}$. Ve velkých evropských městech s hustou dopravou jsou průměrné 8-hodinové koncentrace CO celkově nižší než 20 $mg.m^{-3}$. Koncentrace CO uvnitř vozidel jsou všeobecně vyšší než v okolním vzduchu. V domácnostech s užíváním plynových spotřebičů byl naměřen peak

koncentrací CO od 60 do 115 $mg.m^{-3}$. Tabákový kouř v domácnostech, kancelářích, vozidlech a restauracích může zvýšit průměrnou 8-hodinovou koncentraci CO na 23 – 46 $mg.m^{-3}$.

CO rychle difunduje přes alveolokapilární a placentární membrány. Přibližně 80 – 90% absorbovaného CO se váže s hemoglobinem na karboxyhemoglobin (HbCO), který je specifickým markerem expozice v krvi. Během expozice fixní koncentraci CO se koncentrace HbCO rychle zvyšuje na začátku expozice, začíná se vyrovnávat po 3 hodinách a dosahuje trvalého stavu po 6 – 8 hodinách expozice. Poloviční eliminace u fétů je mnohem delší než u těhotné matky. HbCO snižuje kapacitu hemoglobinu pro kyslík a poškozuje uvolňování kyslíku z hemoglobinu v extravaskulárních tkáních, a způsobuje tak hypoxii tkání.

Účinky CO závisejí na koncentraci karboxyhemoglobinu v krvi. 2,3 – 4,3% způsobí rychlejší nástup vyčerpání při tělesné zátěži u mladých zdravých mužů; 5,0 – 10% způsobí poruchy vigility, poruchy vidění, schopnosti učení, poruchy senzomotoriky komplexně; 20% - bolesti ve spáncích, poruchy dýchání; 30% - bolesti hlavy, snadná unavitelnost, poruchy úsudku, závratě, poruchy vidění; 40 – 50% - bolest hlavy, kolaps, mdloby; 60 – 70% - bezvědomí, intermitentní křeče, poruchy dýchání; 80% - rychlá smrt. [2]

U zdravých lidí má endogenní produkce CO za následek hladiny HbCO 0,4 – 0,7%. *Hladiny HbCO u nekuřácké populace jsou obvykle 0,5 – 1,5%* vzhledem k endogenní produkci a expozici prostředí. *Nekuřáci v určitých zaměstnáních (řidiči, policisté, dopravní policisté, zaměstnanci garáží, hasiči) mohou mít dlouhodobě hladiny HbCO nad 5% a těžcí kuřáci nad 10%.* [5]

Hlavním zdrojem tohoto plynu ve vnitřním prostředí je nedokonalé spalování za nedostatku kyslíku – kamna na pevná paliva, plynové spotřebiče bez odtahu, krby, nevětrané kuchyně s plynovým sporákem, ale také garáže v těsné blízkosti obytných prostor. Zemní plyn obsahuje 5% CO. Významný zdroj CO je také kouření tabákových výrobků. [2]

Formaldehyd

Hlavní cesta expozice formaldehydu je inhalace. *Koncentrace ve vnitřním prostředí je o několik řádů vyšší než hladiny v okolním vzduchu. Vzhledem k vysoké koncentraci*

formaldehydu v tabákovém kouři představuje kouření hlavní zdroj formaldehydu.

Hlavními příznaky expozice formaldehydu jsou iritace očí, nosu a hrdla, společně s diskomfortem, slzením, kýcháním, kašláním, nauseou, dušností a nakonec smrtí.

Formaldehyd je genotoxický. Existuje také důkaz spojení mezi relativně vysokou pracovní expozicí formaldehydu a nasofaryngeálním karcinomem a karcinomem nosních dutin při koncentracích vyšších než 1 $mg.m^{-3}$. Existuje značný rozdíl v individuální odpovědi na formaldehyd u lidí. Signifikantní zvýšení příznaků podráždění se objevilo při hladině nad 0,1 $mg.m^{-3}$ u zdravých jedinců. Formaldehyd patří do skupiny pravděpodobně karcinogenních látek pro člověka. [5]

Formaldehyd, jehož přítomnost je postřehnutelná čichem pro jeho štiplavý zápach je často považován za nejnebezpečnější škodlivinu v interiérech bytů.

Zdrojem mohou být již samotné stavební materiály použité v konstrukci budov, zařizovací předměty jako nábytek, podlahoviny, koberce, tapety, dále kosmetické čistící a desinfekční prostředky používané v domácnostech. Zdrojem formaldehydu je také spalování uhlí, hoření plynu a kouření. Jeho koncentrace v bytech jsou vysoké zejména tam, kde bylo použito ke konstrukci domů dřevotřískových desek nebo močovino-formaldehydové izolace. Jeho koncentrace závisí především na stáří a množství nábytku. Nejčastěji se pohybuje v rozmezí 29 – 60 $\mu g.m^{-3}$. [2]

Další organické chemické látky

VOC's *(volatile organic compounds)* je anglická zkratka pro označení skupiny organických těkavých sloučenin. V domácnostech je možné identifikovat asi 2000 různých chemických sloučenin, jen však asi 50 se jich vyskytuje běžně, z nichž jen asi 10 má prokázané či předpokládané zdravotní účinky. Hlavním zdrojem těkavých organických látek v interiérech je kouření, používané čistící prostředky, deodoranty, kosmetické přípravky, osvěžovače vzduchu, vonné oleje, nátěry, barvy a laky, koberce, podlahoviny, fungicidy, desinfekční, deratizační a desinsekční prostředky. Venkovní vzduch, zejména v bytech umístěných v blízkostech hustého dopravního provozu, má významný podíl na výsledné koncentraci ve vnitřním prostředí.

Akutní následky expozice těkavým sloučeninám se projevují jako akutní otravy.

- Toluen, xylen, styren a ethylbenzen mají neurotoxické účinky a způsobují s ohledem na jejich koncentraci v prostředí bolesti hlavy, poruchy koncentrace, poruchy motoriky, závrať, nauseu a zvracení. Chronické působení nižších koncentrací se může projevit trvalým senzomotorickým poškozením, zejména drobných svalů končetin.
- Některé z látek této skupiny jsou prokázané karcinogeny (benzen-1,3-butadien)
- Další látky, které prokazatelně souvisí s hyperreaktivitou dýchacích cest nebo s alergenním působením, jsou ethylbenzen, chlorované uhlovodíky, ftaláty.
- Chloroform v bytovém prostředí vzniká odpařováním pitné vody ošetřené chlorem. K expozici dochází při praní, mytí nádobí a provádění osobní hygieny zejména sprchování horkou vodou.
- K chlorovaným uhlovodíkům patří tetrachlorethylen, methylenchlorid a trichlorethan. Mohou způsobovat hypersenzitivní reakce plic.
- Terpeny jsou součástí osvěžovačů vzduchu, deodorantů a leštidel. Mohou být příčinnou alergických respiračních reakcích.
- Pesticidy jsou podezřelé z karcinogenity nebo chronického poškození jater a ledvin.

Přes nedostatek průkazních výsledků studií těchto látek ve vnitřním prostředí i přes přítomnost potenciálních karcinogenů je velice pravděpodobné, že těkavé organické sloučeniny v koncentracích, které se většinou nacházejí ve vnitřním prostředí, nejsou zdrojem rizika pro nepříznivý zdravotní efekt. Jejich koncentrace ovlivňují kvůli jejich zápachu pohodu a komfort prostředí. [2]

Benzen

Zdroje benzenu v okolním vzduchu zahrnují cigaretový kouř, spalování a vypařování benzen-obsahujícího benzinu *(více než 5% benzenu)*, petrochemický průmysl a spalovací procesy. Průměrné koncentrace benzenu ve vzduchu jsou ve venkovských a městských oblastech okolo 1 $\mu g.m^{-3}$, resp. 5 – 20 $\mu g.m^{-3}$. Vnitřní a vnější hladiny jsou vyšší blízko zdrojů emise benzenu jako čerpací stanice (benzinové pumpy). Hlavní cestou expozice je inhalace. Více než 1-hodinové cestování přispívá k celkové expozici benzenu 30%. Benzen

působí hematotoxicky, genotoxicky a karcinogenně. [5]

Oxidy dusíku

Z osmi oxidů dusíku, které mohou být přítomny ve vnitřním prostředí se jenom dva mohou nacházet v koncentracích způsobujících prokazatelný vliv na zdraví – oxid dusičitý (NO_2) a oxid dusnatý (NO).

Základním zdrojem oxidu dusíku jsou emise z automobilové dopravy a ze stacionárních zdrojů spalujících fosilní paliva za vysokých teplot. *Rovnocenným zdrojem je používání plynu jako energetického zdroje pro vaření a vytápění nebo ohřev teplé vody.* V ČR používá plynu k vaření či pečení asi 80% domácností, elektřinu kolem 18% a zbylá 2% vaří na jiných zdrojích.

NO_2 působí především jako iritant dolních cest dýchacích a plic. Jeho vysoké koncentrace mohou vést ke smrti v důsledku edému plic (560000 $\mu g.m^{-3}$). Koncentracím běžným ve vnitřním prostředí bytů (100 – 400 $\mu g.m^{-3}$) se připisuje nepříznivý efekt na zvýšení výskytu a komplikací bakteriálně vyvolaných respiračních infekcí. [2]

Roční průměrné koncentrace přirozeného pozadí jsou v rozmezí 0,4 – 9,4 $\mu g.m^{-3}$. Venkovní hladiny ve městě mají roční průměr v rozmezí 20 – 90 $\mu g.m^{-3}$ a hodinová maxima v rozmezí 75 – 1015 $\mu g.m^{-3}$. Hladiny uvnitř uzavřených prostor v přítomnosti spalování v plynových spotřebičích mohou mít průměr větší než 200 $\mu g.m^{-3}$ v průběhu několika dní. Maximální 1-hodinový peak může dosáhnout 2000 $\mu g.m^{-3}$.

Epidemiologické studie dospělých a dětí pod 2 roky neprokázala signifikantní účinek užívání plynových zařízení na vaření na respirační choroby. Nicméně se odhaduje, že děti ve věku 5 – 12 let mají 20% nárůst rizika výskytu respiračních symptomů. [5]

NO má podobný účinek na krev jako CO – výsledkem je snížené množství hemoglobinu a tvorba methemoglobinu.

Obyvatelé domů používající plyn jako zdroj pro vytápění, vaření či ohřev teplé vody jsou v malém, ale signifikantně vyšším riziku vyššího výskytu respiračních infekcí než obyvatelé elektrifikovaných domácností.

K nejjednodušším opatřením patří větrání a používání digestoře při vaření; výměna plynových sporáků za elektrické sníží koncentrace NO_2 v průměru pětkrát. [2]

Oxidy síry

V současně době se koncentrace SO_2 snižují jako důsledek kontroly emise a změn v použití paliv. Průměrné roční koncentrace jsou v rozmezí 20 – 60 $\mu g.m^{-3}$ s denním průměrem zřídka vyšším než 125 $\mu g.m^{-3}$. Ve městě, kde se uhlí stále používá k vytápění nebo vaření, nebo u nedostatečně kontrolovaných průmyslových zdrojů, mohou být koncentrace 5 – 10 krát větší.

Zhoršení příznaků mezi vybranými citlivými pacienty se trvale objevovalo poté, co koncentrace SO_2 přesáhly 250 $\mu g.m^{-3}$ v přítomnosti PM_x. Několik novějších studií ukazuje účinky na mortalitu a zvýšenou míru hospitalizace v důsledku celkových respiračních příčin a chronické obstrukční plicní nemoci u nižších hladin expozice (průměrné roční hladiny pod 50 $\mu g.m^{-3}$, denní hladiny obvykle nepřesahující 125 $\mu g.m^{-3}$). [5]

Zdrojem SO_2 ve vnitřním prostředí jsou kamna na uhlí, petrolej a naftu, i když převažující komponentou jeho zvýšených koncentrací v bytech je venkovní ovzduší v typických oblastech tepelných elektráren.

Sloučeniny síry, jako sirouhlík a síra samotná se mohou v bytech vyskytovat také ze špatně provedené odpadové instalace. [2]

Ozón

Hladiny ozónu, převážně antropogenního původu, se pohybují v rozmezí 40 – 70 $\mu g.m^{-3}$, ale mohou být i vyšší než 120 – 140 $\mu g.m^{-3}$ za 1 hodinu. V Evropě může maximální hodinová koncentrace ozónu přesáhnout 300 $\mu g.m^{-3}$ ve venkovských oblastech a 350 $\mu g.m^{-3}$ v urbanizovaných regionech.

Krátkodobé akutní účinky zahrnují respirační příznaky, změny plicních funkcí a záněty dýchacích cest. Tyto zdravotní účinky byly signifikantní u koncentrací 160 $\mu g.m^{-3}$ po 6,6-hodinové expozici ve skupině zdravých cvičících dospělých. U dětí, adolescentů a mladých dospělých se objevil pokles plicních funkcí při krátkodobé expozici koncentracím

120 – 240 $\mu g.m^{-3}$ a vyšším. Expozice ozónu zvýšila míru hospitalizace z respiračních příčin a exacerbace astmatu. [5]

Azbest a další minerální vlákna

Aktuální vnitřní a venkovní koncentrace ve vzduchu jsou v rozmezí pod sto až k několika tisícům vláken na metr krychlový. Současné koncentrace azbestu v prostředí se nepovažují za riziko azbestózy, nicméně riziko mesoteliomu a rakoviny plic nemůže být vyloučeno.

Azbest je prokázaný lidský karcinogen. [5]

Azbest byl používán pro své výhodné protipožární a tepelně izolační vlastnosti ve velmi širokém spektru výrobků i v domácnostech: u elektrické a tepelné izolace, v konstrukci stěn u azbesto-cementových desek nebo vinyl-azbestových podlah a stropních dílů. Při všech těchto aplikacích může docházet v průběhu užívání k mechanickému poškození povrchu výrobku a k uvolňování vláken azbestu do ovzduší.

Minerální vlákna nahrazující azbest, tj. uměle vyráběná, mají amorfní strukturu a používají zejména křemík, hliník a bór.

K hlavním projevům dlouhodobého působení azbestových vláken v ovzduší (více než 20 let) patří azbestóza a bronchogenní karcinom plic. Tato onemocnění jsou častější u kuřáků než u nekuřáků. Relativně krátkodobým efektem vdechováním azbestových vláken je vznik pleurálního nebo peritoneálního mesoteliomu po 15-ti letech expozice. *Riziko onemocnění z expozice azbestu v nepracovním prostředí, tj. i v bytovém, je považováno za velice malé a nepravděpodobné.* [2]

Domácí prach

Domácí prach představuje komplex pevných částic různé velikosti. Zatímco částice větších rozměrů rychle sedimentují na povrchy a textilie ve vnitřním prostředí, menší částice mohou být neustále přítomny v prostředí jako aerosoly.

Hlavní složkou domácího prachu, která souvisí s projevy onemocnění jsou biologické částice. Ty jsou zdrojem imunologické hypersenzitivní reakce.

Domácí prach obsahuje i plísně, bakterie, roztoče a produkty jejich metabolismu,

šupinky lidské kůže, vlasy, chlupy domácích zvířat, částečky textilií i potravin. V závislosti na velikosti a tvaru jsou tyto komponenty vdechovány a mohou způsobovat alergické a jiné reakce nebo být deponovány v plicích. Hlavním zdrojem bakterií jsou prokazatelně samotní uživatelé bytu. [2]

2.3 Syndrom nemocných budov[1)]

K onemocněním nebo spíše symptomům onemocnění, která jsou spojována se zvýšenou koncentrací chemických látek ve vnitřním ovzduší, patří syndrom nemocných budov. [2]

Termín *„sick building syndrome (SBS)“* je užíván k popisu situací, ve kterých obyvatelé budov pociťují akutní zdravotní účinky a pocity diskomfortu, které se objevují v návaznosti na čas strávený v budovách, a není zjištěna žádná specifická nemoc nebo příčina. Stížnosti mohou být lokalizovány na jednotlivý pokoj, zónu nebo mohou být rozšířeny po celé budově. Naproti tomu termín *„building related illness (BRI)“* je užíván, jsou-li identifikovány příznaky diagnostikované nemoci, jež mohou být přesně přičítány vzdušným kontaminantům budov.

V roce 1984 naznačila zpráva komise WHO, že více než 30% nových nebo rekonstruovaných budov může být celosvětově předmětem nadměrných stížností ve vztahu ke kvalitě ovzduší v budovách. Často se jedná o přechodný stav, ale u některých budov jde o dlouhodobější problém. Problémy mnohdy vyplývají z toho, že je budova opravována nebo udržována způsobem, který je neslučitelný s původním návrhem nebo předepsanými pracovními postupy. Někdy jsou problémy ovzduší v budovách výsledkem nedostatečného plánu budovy nebo aktivit obyvatel.

Indikátory SBS zahrnují:

- stížnosti obyvatel na příznaky spojené s akutním diskomfortem, např. bolesti hlavy, podráždění očí, nosu, hrdla; suchý kašel, suchá a svědící kůže; závrať a nausea; obtížné soustředění, únava, vyčerpanost a citlivost na zápachy
- příčina symptomů není známa

1) Z angl.: Sick building syndrome (SBS)

- většině stěžovatelů se uleví brzy po opuštění budovy

Indikátory BRI zahmují:

- obyvatelé si stěžují na příznaky jako kašel, tlak (úzkost) na hrudi, horečka, třesavka a bolesti svalů
- symptomy mohou být klinicky definovány a mají jasnou identifikovatelnou příčinu
- stěžovatelé potřebují delší čas na zotavení po opuštění budovy

Je důležité poznamenat, že stížnosti mohou vyplývat z jiných příčin. Tyto mohou obsahovat nemoci získané vně budov, alergie, faktory spojené se stresem, se zaměstnáním, nespokojeností a jiné psychosociální faktory. Nicméně studie ukazují, že příznaky mohou být způsobeny nebo zhoršovány problémy v kvalitě ovzduší.

2.3.1 Příčiny syndromu nemocných budov

- *neadekvátní ventilace*: inadekvátní ventilace se může objevit tehdy, pokud topné, větrací nebo klimatizační systémy neefektivně distribuují vzduch k lidem v budovách
- *chemické kontaminanty z vnitřních zdrojů*: největší znečištění ovzduší v budovách pochází ze zdrojů uvnitř budovy. Např. lepidla, podlahové krytiny, čalounění, dřevěné zboží, kopírky, pesticidy a čistící prostředky mohou uvolňovat prchavé organické sloučeniny (VOC's) obsahující formaldehyd. Okolní tabákový kouř přispívá vysokými hladinami VOC's, jinými toxickými sloučeninami a vdechovanými částečkami hmoty. Některé z nich jsou známé karcinogeny. Produkty hoření jako CO, NO_2 stejně jako vdechované částice mohou pocházet z kamen na dřevo, krbů a plynových kamen.
- c*hemické kontaminanty z vnějších zdrojů*: vnější vzduch vstupující do místnosti může být zdrojem znečištění ovzduší v budovách. Např. polutanty z výfukových plynů, kanalizačních otvorů a z bytových odvodů (koupelny, kuchyně) mohou vstoupit do budovy skrz špatně umístěné odvzdušňovací (nasávací) otvory, okna aj. Kromě toho i produkty spalování mohou proniknout do budovy z přilehlé garáže.
- *biologické kontaminanty*: bakterie, viry, plísně a pyl jsou typy biologických kontaminant. Tyto kontaminanty se mohou množit ve stojaté vodě, která se

akumuluje v potrubí, zvlhčovačích, odpadních jímkách nebo kde je voda akumulována pod střešními taškami, v podlahových krytinách nebo izolacích. Někdy může být znečišťující látkou hmyzí nebo ptačí trus. Typické tělesné příznaky ve vztahu k biologickým kontaminantům zahrnují kašel, tlak na hrudi, horečku, třesavku, bolesti svalů, alergie aj.

Tyto prvky mohou působit v kombinaci a mohou potencovat jiné stížnosti jako neadekvátní teplota, vlhkost nebo osvětlení. Nicméně i po průzkumu místnosti mohou zůstat specifické příčiny stížností neznámé.

2.3.2 Postupy vyšetřování budov

Cílem vyšetřování budov je identifikovat a řešit stížnosti na kvalitu ovzduší v budovách cestou, která jim předchází, zabraňuje jejich návratu a která se vyhýbá tvorbě jiných problémů. K dosažení cíle je nutné zjistit, zda stížnost aktuálně souvisí s kvalitou ovzduší v budovách, identifikovat příčinu stížností a určit nejvhodnější nápravné postupy.

Proces vyšetřování kvality ovzduší v budovách všeobecně začíná inspekcí problémové oblasti k poskytnutí informací o čtyřech základních faktorech, které ovlivňují kvalitu ovzduší v budovách:

- obyvatelé
- klimatizační systémy
- možné cesty vstupu škodlivých látek
- možné zdroje kontaminant

Měl by zahrnovat dokumentaci snadno dostupných informací o historii budovy a historii stížností, identifikaci známých klimatizovaných zón a problémových oblastí, zaznamenání počtu stávajících a nových obyvatel, vyšetření a identifikaci individuálních klíčů potřebných pro informace a zhodnocení.

Ačkoliv se může zdát odběr vzorků vzduchu na kontaminanty logickou odpovědí na stížnosti obyvatel, přesto zřídka poskytuje informace o možných příčinách. Zatímco určitá základní měření *(např. teploty, relativní vlhkosti, koncentrace CO_2 a proudění vzduchu)* mohou poskytnout užitečné informace o současných podmínkách budovy, sběr vzorků

koncentrací specifických škodlivých látek může být zavádějící. Hladiny koncentrací kontaminant zřídka převyšují současné standardy a doporučení, i když si obyvatelé opakovaně stěžují na zdravotní potíže. Odběr vzorků vzduchu by neměl být prováděn, dokud nejsou shromážděny důležité informace o faktorech uvedených výše, a strategie odběru vzorků by měla být založena na úplném pochopení toho, jak budovy fungují a na povaze stížností.

2.3.3 Řešení syndromu nemocných budov

Řešení syndromu nemocných budov obvykle zahrnuje kombinaci následujících:

- pokud jsou známé zdroje, spočívá efektivní přístup k řešení problému kvality ovzduší v budovách v odstranění nebo přeměně zdroje škodlivých látek. Příklady obsahují rutinní údržbu klimatizačních systémů (např. periodické čištění nebo výměna filtrů), odstranění mořených stropních obkladů a podlahových krytin, ustanovení týkající se omezování kouření, odvzdušnění zdroje kontaminantů do vnějšího prostoru; uchovávání a používání barev, lepidel, rozpouštědel a pesticidů v dobře větraných prostorech a při používání těchto škodlivin pobývat s nimi v kontaktu co nejkratší dobu.
- zvýšení rychlosti ventilace a distribuce vzduchu může být často úsporný způsob snížení hladin škodlivin v budovách. Klimatizační systémy by měly být navrženy na určité standardy. Při silném zdroji škodlivých látek je vhodná aspirační ventilace k odčerpání kontaminovaného vzduchu přímo z budovy. Místní aspirační ventilace je obzvláště doporučována k odstranění škodlivin, které se akumulují na specifických místech jako v klubovnách, kopírovacích místnostech, tiskárnách atd.
- čistění vzduchu může být užitečným doplňkem k ventilaci.
- školení a komunikace jsou důležitými prvky v léčebném i preventivním programu kvality ovzduší v budovách. Pokud obyvatelé, správa a údržba plně komunikují a chápou příčiny a následky problémů kvality ovzduší v budovách, mohou společně pracovat efektivněji v ochraně před problémy, které by se mohly objevit, nebo v jejich řešení, jestliže se objeví. [4]

3 Faktory ovlivňující kvalitu ovzduší ve vnitřním prostředí

V této kapitole jsem se zaměřil na faktory, které mohou ovlivnit kvalitu ovzduší ve vnitřním prostředí a které jsou v interakci s denními aktivitami obyvatel, jejich zdravím a subjektivním vnímáním kvality ovzduší v uzavřených prostorech.

Na několika studiích je zde dokumentován význam časového faktoru, vliv dopravy na zdraví cestujících, vliv dalších faktorů jako je vaření, větrání, klimatizace a jejich vliv na výkon v zaměstnání apod. Studie také hodnotí zdravotní faktory jako kouření, alergie a plísně. Na závěr jsou předloženy výsledky monitoringu bytového prostředí v České republice.

Vzhledem k značné heterogenitě cílů, zkoumaných faktorů, metodik a vlastního provedení níže uvedených studií se mi nepodařilo sestavit obecné závěry či shrnutí, a proto jsou tyto studie ponechány vcelku. Přesto jsem se však pokusil alespoň o jakési rozvrstvení do určitých podskupin s podobnou tématikou.

Tato kapitola také posloužila jako předloha k vlastní práci.

3.1 Problematika zaměřená na čas a denní aktivity obyvatel

V Německu byla v letech 2001/2002 provedena studie „Dampness and mould in homes," která analyzovala čas strávený uvnitř budov. Vzorek zahrnoval 12000 lidí žijících v 5530 náhodně vybraných bytech a domech.

Výsledky studie ukazují, že průměrný čas strávený doma byl 15,7 hodin. Ženy trávily více času doma (16,6 hod.) než muži (14,7 hod.). Delším obdobím pobytu doma byly charakteristické starší věkové skupiny (19,5 hod.) a předškolní děti (17,6 hod.). Mladí muži (17 – 34 let) a mladé ženy (17 – 24 let) pobývali doma relativně krátký čas 11,9 – 12,9 hod. denně.

Kratší čas pobytu doma byl zjištěn u osob žijících v centru města s počtem obyvatel větším než 200 tisíc a u obyvatel malých bytů. Zhodnocení kvality budovy jako „špatné" bylo spojeno s poměrně dlouhou dobou strávenou doma. Expozice s ohledem na dopravu, kvalitu oken a vlastnictví domu nebo bytu nesouvisela s časem tráveným v budovách.

Obyvatelé žijící osamoceni nebo s jednou další osobou v bytě nebo rodinném domku

trávili delší čas doma. Nekuřáci zůstávali doma déle ve srovnání s kuřáky. Podle očekávání bylo zvýšení emise vlhkosti spojeno se zvýšením doby pobytu doma. Větrání obývacích pokojů a ložnic otevřenými okny se nelišilo s ohledem na čas strávený uvnitř budovy.

Osoby trpící astmatem trávily doma okolo 18 hod. denně. U žen bylo zvýšení počtu respiračních infekcí během posledních 12 měsíců spojeno se snížením doby pobytu doma.

Výsledky National Human Activity Pattern Survey založené na datech 9386 amerických občanů a Canadian Human Activity Pattern Survey obsahující data od 2381 osob, provedené v 90. letech, byly srovnatelné s časovými vzory zjištěnými v Německu v roce 2000. V USA byl průměrný čas pobytu doma 15,6 hod./den a v Kanadě 15,8 hod./den. V USA i Kanadě se čas strávený doma zvýšil na 16,1 hod./den ve velkých městech. Tento výsledek byl v rozporu s německými zjištěními, která zaznamenala nižší pobyt doma ve městech větších než 200 tisíc obyvatel. [9]

Německá studie se týkala pouze času, který obyvatelé trávili doma, nikoliv času, tráveného ve vnitřním prostředí celkem. Přesto jsou však její výsledky velmi zajímavé i z hlediska sledování dalších parametrů.

V Kalifornii byla provedena podobná studie, zaměřená na hodnocení denních aktivit dětí, také převážně z hlediska času tráveného uvnitř budov.

Z výsledků studie vyplynulo, že kalifornské děti trávily daleko nejvíce času ve vnitřním prostředí a většinu času stráveného ve vnitřním prostředí trávily doma, a sice: vnitřní prostředí doma 70%, jiné vnitřní prostředí 15%, venku 10%, uzavřená doprava 4%, otevřená doprava 1%. Ve srovnání s dospělými a adolescenty v přidružených studiích strávily děti v průměru o 68 minut denně více venku a o 42 minut denně méně v dopravě.

Důležité rozdíly ve vzorech aktivit byly zjištěny mezi věkovými skupinami a mezi pohlavím. Např. děti 0 – 2 roky staré strávily o 104 min. denně více vevnitř než děti 9 – 11 roků staré. Chlapci ve věku 0 – 2 roky strávili více času (v průměru 115 min.) v blízkosti tabákového kouře než starší chlapci (66 min. v průměru), ačkoliv více dívek (41%) než chlapců (35%) uvedlo expozici tabákovému kouři v jejich denních záznamech. Více dívek (60%) než chlapců (40%) ve věku 9 – 11 let uvedlo možnou expozici aerosolům hygienických prostředků. [10]

Studie „Daily Exposure to Air Pollution in Indoor, Outdoor, and In-vehicle Micro-environments: A Pilot Study in Delhi," monitorující denní aktivity v prostředí interiérů, byla zaměřena zejména na hodnocení expozice respirabilním suspendovaným částicím (RSP) a oxidu uhelnatému (CO).

Z jejích výsledků vyplývá, že k celkové denní expozici RSP přispívalo nejvíce prostředí ložnic, a to 40 – 60% (vzhledem k dlouhé době strávené spánkem a vysokými hladinami RSP v ložnicích), cestování přispívalo 12 – 20%, pracovní prostředí počítalo s 18 – 20%, vaření zahrnovalo 23% denního zatížení. U žen v domácnosti bylo 77% expozice CO z vaření a 23% z cestování. U dětí bylo 85 – 100% expozice CO z cestování. U zaměstnanců byla expozice CO z cestování od 33% (ženy) do 44% (muži) a v pracovních prostorech se expozice objevila u 41% (ženy) a 53% (muži). [11]

3.2 Problematika dopravy

Studie provedená v Los Angeles, zaměřená na hodnocení expozice škodlivinám ve vozidlech, jako jsou saze a na částice vázané polycyklické aromatické uhlovodíky, během dojíždění do škol u dětské populace, definovala několik příčin vysokých expozic během dojíždění. Jsou to: vysoké koncentrace škodlivin již přímo přítomné na silnicích, obzvlášť při těžkém silničním provozu, přímý vliv dalších vozidel v okolí a příspěvek vlastních emisí výfukových plynů autobusů.

Minimalizace dojezdových časů, používání co nejčistějších autobusů na delších linkách, redukce délky pobytu v autobusu a zbytečného volnoběhu by měly snížit dětskou expozici škodlivinám souvisejících s autobusy. [12]

3.3 Problematika větrání a klimatizace, vliv na nemocnost a pracovní výkon

Větrání je silně spojeno s komfortem (vnímaná kvalita vzduchu) a zdravím (SBS symptomy, záněty, infekce, astma, alergie, krátkodobá pracovní neschopnost) a je také naznačena asociace mezi větráním a produktivitou práce (výkon kancelářské práce).

Skupina evropských vědců, zabývající se touto problematikou, vyvodila závěr, že zvýšené dodávky venkovního vzduchu v neprůmyslovém prostředí zlepšují vnímanou

kvalitu ovzduší; že dodávky venkovního vzduchu pod 25 $l.s^{-1}$ na osobu zvyšují riziko SBS příznaků, zvyšují krátkodobou pracovní neschopnost, snižují produktivitu práce mezi zaměstnanci v kancelářských budovách a že ventilační poměry v domech s polovinou vzduchu vyměněného za hodinu (h^{-1}) snižují zamoření domácím prachem a roztoči.

Skupina také uvedla, že v budovách s klimatizačními systémy může být zvýšené riziko příznaků SBS ve srovnání s přirozeně nebo mechanicky větranými budovami, a že nevhodná údržba, design a fungování klimatizačních systémů přispívá ke zvýšené prevalenci SBS příznaků. [13]

Tyto závěry potvrzují výsledky dalších studií, např. Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints [14] nebo The California Healthy Building Study, Phase 1: A Summary [15].

Klimatizace zajistí vzduch bez fyzikální, chemické a mikrobiální kontaminace, ale zbaví jej z velké části jeho přirozené složky, vzdušných iontů. Naskýtá se tedy otázka, zda právě tato skutečnost není alespoň z části zodpovědná za vznik potíží, které souhrnně nazýváme syndrom nemocných budov. V České republice byla Státním zdravotním ústavem provedena studie, jež se právě touto otázkou zabývala.

Důvodem k měření koncentrace lehkých atmosférických iontů byly časté stížnosti na zvýšenou únavu při práci a na nedostatečnou pohodu prostředí, kterou někteří lidé popisovali jako nedostatek koncentrace, roztěkanost a časté bolesti hlavy, jiní uváděli slzení a pálení očí. Tyto příznaky jsou pro syndrom nemocných budov typické.

Z výsledků měření vyplynulo, že *v plně klimatizované budově je až řádově méně lehkých atmosférických iontů než ve venkovním prostředí.* Rozdíly byly statisticky významné. V neznečištěné přírodní lokalitě lze očekávat asi dvojnásobné koncentrace lehkých atmosférických iontů oproti hodnotám naměřeným uvnitř přirozeně větraných objektů. V letním období je v přírodě možno naměřit asi tisíc iontů každé polarity v centimetru krychlovém vzduchu. Čím blíže k civilizaci a zdrojům znečištění ovzduší, tím je lehkých atmosférických iontů méně. Jaro a podzim se zpravidla v koncentracích iontů příliš neliší, zatímco léto bývá v našich zeměpisných šířkách charakterizováno maximálními a zima minimálními hodnotami. [20]

3.4 Problematika vybraných zdravotních faktorů

3.4.1 Pasivní kouření

V roce 2003 New York uvedl v platnost zákon vyžadující zákaz kouření téměř na všech pracovištích a veřejných místech, např. v restauracích, barech a jiných pohostinstvích. Výsledky této studie, která hodnotila 20 pohostinství v západním New Yorku po nabytí účinnosti tohoto zákona, ukázaly, že došlo k poklesu průměrných hladin respirabilních suspendovaných částic, přijatého markeru pro hladiny pasivního kouření, o 84%. [8]

V Usnesení vlády ČR č. 810 z roku 1998 je uvedena statistika kouření v České republice. V ní se uvádí, že v roce 1985 u nás kouřilo pravidelně 45,4% mužů a 24,8% žen, v poslední době se vykazuje trvalý mírný pokles kuřáctví, více u mužů. V roce 1993 bylo zjištěno jen 32,3% pravidelných kuřáků u mužů a 21,3% u žen s nejvyšším zastoupením pravidelných kuřáků u obou pohlaví ve věkové skupině 35 – 44 let. Větší zastoupení kuřáctví je u osob s nižším vzděláním a v nižších sociálních třídách a skupinách. Riziko kouření se zvyšuje sílícími aktivitami tabákových společností, především u dětí a mládeže. Ve věku 16 let kouří již 30% chlapců a 20% dívek. [1]

Podle studie „Vývoj kuřáctví u dětí a dospívajících v České republice v období 1994 – 2002“ založené na školním dotazovém šetření byla prevalence pravidelného kouření v letech 1994, 1998 a 2002 1,9%, 1,4% a 2,0% u věkové skupiny 11 let; 5,8%, 8,6%, a 11,1% u věkové skupiny 13 let a 13,9%, 19,9% a 29,7% u věkové skupiny 15letých. Mezi 15letými kouřilo denně 21% dotázaných v roce 2002, zatímco v roce 1994 to bylo jen 8,8%. Vyšší výskyt kuřáctví byl spojen s vývojem v neúplné nebo restrukturalizované rodině, nižším socioekonomickým statusem rodiny a kouřením rodičů a blízkých přátel. Kuřáci častěji udávali také další rizikové formy chování jako nadužívání alkoholu a užívání marihuany a extáze. [6]

3.4.2 Alergie

Prevalence alergií v posledních desetiletích trvale vzrůstá. Statistiky v České republice uvádějí 3,5 – 4 miliony atopiků, 2 – 2,5 milionu alergiků, 500 – 600 tisíc astmatiků, 1 milion osob s alergickou rýmou, 800 tisíc až 1 milion ekzematiků.

V roce 1996 byly shromážděny údaje o výskytu alergických onemocnění v České

republice u reprezentativního vzorku 5026 dětí ve věku 5, 9 a 13 let z 15 měst. Z výsledků za první rok sledování je patrné, že počet alergických dětí s věkem prakticky všude stoupá, z 12,8% u pětiletých na 18,5% u třináctiletých. Nejzávažnější formou alergie je bronchiální astma. Touto nemocí trpí 3,9% dětí z celého souboru. Děti s alergickým onemocněním bydlí častěji ve městech s horší kvalitou ovzduší, než děti bez alergie. [1]

Pro alergii a alergická onemocnění mají mnohem větší význam vlivy bytového a domovního prostředí, kde člověk tráví 80 – 98% svého času, než škodliviny zevního prostředí. *Koncentrace polutantů v interiérech je v průměru 2 – 5 krát vyšší než v prostředí vnějším.* Každý uzavřený prostor má své mikroklima, které je ovlivňováno faktory fyzikálními, chemickými a biologickými. Fyzikální a chemické faktory působí většinou pouze jako nespecifická dráždidla, látky biologické povahy mohou navíc u predisponovaných jedinců vyvolávat imunitní reakce včetně reakcí alergických.

Zdroje biologické kontaminace jsou jak ve venkovním prostředí (pylová zrna), tak v prostředí domovním. Nejčastějšími biologickými částicemi v ovzduší interiérů jsou viry, bakterie, roztoči, plísně, hmyz a detrit domácích zvířat. Biologickou kontaminaci podporují i klimatizační zařízení, zvlhčovače, domácí pokojové květiny a vodní zdroje v interiérech. Biologické a chemické faktory prostředí (ozón, NO_2, tabákový kouř) mohou snižovat toleranci organismu a podporovat primární senzibilizaci, podporovat procesy alergického zánětu, poškozovat slizniční povrchy, zvyšovat jejich propustnost, umožňovat kontakt i prostupnost alergenu, ovlivňovat regulační úlohu T lymfocytů a zvyšovat expresi adhezních molekul i tvorbu IgE protilátek. Důležitým faktorem je i doba a intenzita expozice jedince alergenům.

S alergeny domácího prostředí se člověk setkává již prenatálně, jestliže těhotná žena – atopička žije v prostředí s vysokou expozicí k těmto alergenům. Lidský plod se může senzibilizovat již od 12. týdne těhotenství a v pupečníkové krvi novorozence pak mohou být prokázány specifické IgE protilátky.

Za posledních 50 let se změnily bytové poměry, přibylo domácností se zvířecími miláčky, zvýšila se teplota a vlhkost v interiérech, až 10 krát se snížila výměna čerstvého vzduchu v porovnání s dobou před 30 lety. Ve stravě převládají průmyslově vyráběné potraviny s řadou aditiv, zvyšuje se příjem kalorií a solí, mění se spektrum tuků a střevní

mikroflóra. Škodlivin prostředí přibývá i díky rostoucímu automobilovému provozu, vytápění a používání plynových spotřebičů bez digestoře. Významný negativní vliv má i kuřáctví. Měnící se životní styl, rostoucí socioekonomická úroveň a sedavý způsob života vyžadují více času stráveného uvnitř budov a v dopravních prostředcích. Nemalý význam mají i virové infekce prodělané v raném dětství a zvýšená spotřeba antibiotik.

Hlavní úloha byla dlouho přisuzována alergenu domácího prachu. V 60. letech se potvrdilo, že se jedná o heterogenní, antigenně bohatou směs, a že hlavní alergenovou složkou prachu jsou částice o rozměrech do 5 μm, které pronikají do dolních dýchacích cest a slouží přitom jako nosiče některých chemických látek (SO_2, NO_2, formaldehyd, polycyklické aromatické uhlovodíky), ale také dceřiných produktů radonu, a působí tak jako dráždidla, která poškozují slizniční povrchy a usnadňují prostupnost pro alergeny. Na těchto nosičích se však do dolních cest dýchacích dostávají také pylové alergeny či alergeny roztočů, které se uvolňují z původně značně velkých (10 – 150 μm i více) pylových zrn a částic trusu roztočů. Rovněž zvířecí alergeny obsažené ve slinách, mazových žlázách nebo moči (srst a chlupy jsou z hlediska alergenity v pozadí) kontaminují částice respirabilního aerosolu. Kromě toho také ulpívají na předmětech v interiérech a na šatech osob. Látky navázané na prachové částice se usazují v dolních dýchacích cestách a působí v organismu dlouhodobě. Mechanismus vzniku alergie se tedy uskutečňuje dvojí cestou: kontaktní a inhalační.

Mezi hlavní alergeny vnitřního prostředí se řadí roztoči, spóry plísní, švábi a alergeny domácích zvířat. [16]

Existují 3 hlavní postupy pro snižování symptomů alergie a astmatu cestou změn ve vnitřním prostředí budov. První může kontrolovat vnitřní zdroje agens, které způsobují příznaky, např. kouření uvnitř budov může být omezeno nebo izolováno na odděleně větrané pokoje nebo vůbec zakázáno. Domácí zvířata mohou být chována venku. Dalším účinným opatřením může být omezení růstu mikroorganismů. Změny v plánech budov, konstrukci, provozu, údržby mohou snížit vlhkost prostředí. Známé rezervoáry alergenů jako koberce s roztoči mohou být eliminovány nebo nahrazeny. Zlepšení čištění interiérů budov a topné, větrací a klimatizační systémy mohou také omezovat růst nebo akumulacialergenů uvnitř.

Druhý hlavní postup pro snížení příznaků alergie a astmatu je použití čističek vzduchu nebo zvýšené větrání ke snížení vnitřních koncentrací hlavních škodlivin. Mnoho alergenů jsou vzdušné částice. Lepší filtrace venkovního vzduchu vstupujícího mechanicky větranými budovami může také snížit vstup venkovních alergenů do budov. Filtrace je pravděpodobně nejefektivnější pro menší alergenní částice. Alergeny, které mají větší částice, mají vyšší gravitační rychlost usazování a jsou méně účinně zachycovány vzdušnými filtry.

Protože virové respirační infekce často zhoršují astmatické příznaky, třetí postup pro redukci astmatických příznaků je upravit návyky v budovách, které snižují četnost virových respiračních infekcí mezi obyvateli.

Náležitě velké filtrační systémy mohou být schopny redukovat koncentrace menších vzdušných alergenů přibližně kolem 75%. [21]

Používání čističů vzduchu v interiérech je mnohdy doporučováno s ohledem na možnost snížit tímto způsobem koncentrace bakterií a plísní v ovzduší, a zlepšit tak podmínky v interiérech u pacientů s alergií. V odborné literatuře lze nalézt nespočet různých prací zabývajících se hodnocením kvality ovzduší v souvislosti s používáním čističů vzduchu, většinou však s rozporuplnými výsledky. Zdá se však nepochybné a v současné době stále jasnější, že počet alergických onemocnění je vyšší ve vyspělých zemích, kde je (nebo bylo) i používání čističů vzduchu častější.

Z výsledků studie „Vliv čističe vzduchu na mikroorganismy v ovzduší mateřské školy“ vyplynulo, že čistič vzduchu v interiéru s normálním provozem neovlivňuje mikrobiologicko-hygienickou kvalitu ovzduší. Vliv čističe vzduchu na kvalitu ovzduší je nejvyšší při laboratorním testování, nižší v interiérech bez provozu a není pozorován, pokud se v místnostech aktivně pohybují osoby.

Na základě výše citovaných výsledků vyšetření se lze domnívat, že čistič vzduchu pravděpodobně nezlepší zdravotní stav pacientů alergologických ambulancí s prokázanou alergií na bakterie a plísně, a v tomto směru by jim ani jako nápravné opatření neměla být doporučována jeho instalace. [19]

3.4.3 Plísně

V souvislosti s přítomností mikroskopických hub ve vnitřním prostředí se dosud největší pozornost věnovala jejich alergennímu potenciálu (respirační a kožní alergické projevy), zabezpečenému cytoplazmatickými glykoproteiny. Například australští odborníci zjistili, že vysoká přítomnost *Penicillium sp*. v prostředí bytů byla významným rizikovým faktorem pro vznik a rozvoj alergického astmatu ujejich obyvatel, zatímco aspergilové spory zase zvyšovaly riziko atopických reakcí. Naproti tomu se ještě nepodařilo exaktně dokázat přímý či nepřímý vztah mezi výskytem mikromycet v budovách a zdravotním stavem jejich obyvatel. Statistická významnost zvýšeného výskytu respiračních alergií (astma, alergická rinitida, hypersenzitivní pneumonie) zvláště v zimě a hlavně u dětí bývajících ve vlhkých a prašných bytech s vysokou koncentrací mikroskopických hub, především *Alternaria sp*., je však prokazatelná.

Monitorování expozice houbám ve vnitřním prostředí je komplikované i absencí standardizovaných přesných praktických metod sledování vztahu vnitřního mikroklimatu a mikroskopických hub. Zjistilo se, že *zárodky alternarií se vyskytovaly především v nedostatečně vytápěných prostorech, aspergily byly častější v rodinných domech a v bytech s tapetami, zatímco kladosporidám se více dařilo na betonových podkladech. Schopnost zástupců rodů Penicillium a Aspergillus, primárních kolonizátorů budov, rychle růst i na běžném domácím prachu už při relativní vlhkosti 76 – 80%, která je charakteristická pro většinu dnešních stavebních materiálů, je pravděpodobným vysvětlením jejich predominantního výskytu i v prostředí tzv. zdravých budov.* Sekundární (*Cladosporidium sp*., vyžadují relativní vlhkost substrátu 85%) a terciární kolonizátoři (*Fusarium sp*., kvasinky, optimální relativní vlhkost vyšší než 90%) mají silnou biodegradační aktivitu, díky čemu jim vlastní stavební materiál (sádrokarton, betonové omítky, cihlové a keramické materiály, organické nátěry a obklady, dřevo, papír) může sloužit jako médium při vhodném teplotně-vlhkostním režimu.

V současnosti se čím dál tím víc prosazuje komplexní pohled na mechanismus působení mikroskopických hub na lidský organismus, což zahrnuje i imunosupresivní účinky β-glukanů z jejich buněčné stěny, i toxické a dráždící účinky jejich toxických metabolitů – mykotoxinů anebo prchavých organických sloučenin.

Nízkomolekulové organické sloučeniny, zvláště alkoholy, aldehydy, ketony, aromatické sloučeniny, aminy, terpeny, chlorované uhlbvodíky a sirné sloučeniny, jsou nejen příčinou nepříjemného „plesnivého“ zápachu, ale mohou vyvolat i zánětlivou reakci dýchacích cest u disponovaných jedinců.

Problémy kontaminace vnitřního prostředí budov mikroskopickými houbami se musí řešit na úrovni budovy, jejího provozu, stylu života i zdraví obyvatel. Taková kontaminace je totiž indikátorem nevhodného architektonického návrhu, stavební konstrukce anebo uživatelského zacházení s budovou.

Redukci koncentrace mikromycet vevnitř budov je možné dosáhnout snížením vlhkosti a prašnosti, zvýšením účinné ventilace, přiměřeným teplotním a hygienickým režimem. Při prvotním mechanickém čištění ploch už porostlých houbami je třeba zabezpečit, aby tuto práci vykonali poučení odborníci v ochranných oděvech a s respiračními osobními ochrannými prostředky, aby se nevhodnou manipulací ještě více nezvyšovala koncentrace houbových spór v ovzduší. Důkladně očištěné stěny, podlahy apod. se doporučuje omýt vodou s chlorovým vápnem (4 : 1) a natřít chlorovým vápnem s přídavkem 0,1 – 0,7% neionových tenzidů. [17]

Z venkovních plísní jsou v našich podmínkách nejhojnější a klinicky nejvýznamnější plísně rodu *Alternaria* a *Cladosporium*, z plísní domácího prostředí rody *Aspergillus* a *Penicillium*. [16]

Zajímavá byla slovenské studie, která se zabývala otázkami růstu a přežívání mikroskopických vláknitých hub na povrchu některých u nás nejčastěji používaných omítek, a to v pokusných laboratorních podmínkách.

Kolonizace stavebních materiálů a omítek zárodky mikroskopických vláknitých hub v prostorech bytů anebo jiných budov je za přirozených podmínek dynamický proces, na kterém se podílejí čas, vlhkost, teplota spolu s depozity různých složek organického prachu, bakterií apod., ale i velmi složité nutriční nároky a vlastnosti jednotlivých kolonizátorů z říše hub. Významné jsou i vlastnosti a úpravy stavebních materiálů, nátěrů, emulzí, barev, kondenzace vlhkosti na nich, jejich pórovitost apod. Jiné podmínky mohou být například v kuchyni, kde na povrchu stěn se mohou deponovat mikroskopické zbytky poživatin a

mikromycety, které kolonizují potravinové substráty, jiné podmínky v obytných pokojích, případně i v jiných prostorech.

Výsledky studie ukázaly, že i přes velký počet (10^4 – 10^7) naočkovaných zárodků na povrch omítek v Petriho miskách a přesto, že se 2 krát po sobě v týdenních intervalech přidaly k omítkám živiny, nebyly viditelné po 40 dnech, ale ani po 3 měsících inkubace při 25°C ve vlhkém prostředí makroskopické změny povrchu použitých stavebních materiálů, které by naznačily růst naočkovaných kmenů– např. změna barvy apod. [18]

Významným faktorem jsou povodně, které přispívají k růstu plísní v zatopených domech a které jsou nejen v České republice stále aktuální.

3.5 Problematika kvality ovzduší v budovách ve vztahu k ekonomickým otázkám

Nynější technologie a procesy mohou zlepšit vnitřní prostředí stylem, který prokazatelně zvýší produktivitu práce a zdraví.

Dřívější literatura o vztahu vnitřního prostředí k produktivitě byla primárně zaměřena na možné přímé zlepšení kognitivního a fyzického výkonu pracovníků při změnách teploty a osvětlení. Dřívější recenze všeobecně nezvažovaly současné důkazy, že podmínky vnitřního prostředí také ovlivňují prevalence několika velmi běžných zdravotních účinků. Tyto zdravotní účinky vedou k nákladům na zdravotní péči plus nákladům na pracovní neschopnost a k redukci výkonu během období nemoci.

Nakažlivé respirační choroby

Teoretický vztah charakteristik budov a vnitřního prostředí k přenosu nakažlivých respiračních onemocnění závisí na mechanismu přenosu. Přenos chorob inhalací vzdušných infekčních aerosolů může být ovlivněn účinností nebo podílem vzdušných filtrů, podílem ventilace, podílem recirkulace vzduchu u ventilačních systémů, oddělením mezi jednotlivci, teplotou a vlhkostí vzduchu, která ovlivňuje dobu životnosti infekčních aerosolů. Přenos choroby přímo z osoby na osobu nebo nepřímo cestou kontaminovaných objektů nemusí být nutně způsoben charakteristikami budov a vnitřního prostředí. Podmínky vnitřního prostředí mohou také ovlivňovat náchylnost obyvatel k respiračním infekcím.

Na incidenci respiračních chorob mají vliv i problémy spojené s plísněmi v budovách.

Zřejmé přímé náklady na respirační choroby zahrnují náklady za zdravotní péči a náklady za absenci v práci. Doplňkově pak mohou způsobit pokles výkonu v práci.

V USA způsobí 4 běžná onemocnění (nachlazení, chřipka, pneumonie a bronchitis) okolo 176 milionů dnů absence a 121 milionů dnů značně omezených aktivit. Roční hodnota pracovní absence je přibližně 34 miliard dolarů. Roční zdravotní péče u onemocnění horních a dolních dýchacích cest stojí celkem kolem 36 mld. dolarů. Celkové roční náklady respiračních infekcí jsou přibližně 70 mld. dolarů.

Alergie a astma

Přibližně 20% americké populace má alergii na antigeny prostředí a přibližně 6% má astma. Celkové odhadnuté roční náklady na alergii a astma byly sečteny na 15 mld. dolarů.

Syndrom nemocných budov

Většina reprezentativních dat získaná v 56 průzkumech budov ukázala, že 23% zaměstnanců kanceláří hlásilo 2 krát i vícekrát četnější příznaky, které se zlepšily po opuštění daného místa. Některé průzkumy v USA udávají pokles produktivity práce v důsledku špatné kvality ovzduší v budovách od 3 – 5%. To odpovídá ročním celostátním nákladům okolo 60 mld. dolarů. [21]

Statistika pracovní neschopnosti v České republice vykazuje od roku 1990 nevýrazný pokles jednotlivých případů. Průměrné trvání pracovní neschopnosti bylo v roce 1997 25,5 dne u mužů, resp. 27,2 dne u žen. Pracovní neschopnost žen je vyšší než u mužů. Mezi hlavní příčiny patří nemoci dýchací soustavy, nemoci svalové a kosterní soustavy, poranění a otravy. Incidence nemocí z povolání klesla v roce 1996 na 54 případů na 100000 zaměstnanců oproti 82 případům v roce 1987. [1]

3.6 Monitoring vnitřního ovzduší v bytech v České republice

Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí je realizován podle Usnesení vlády České republiky č. 369 z roku 1991 a č. 810 z roku 1998. Jednou ze součástí tohoto systému je monitoring bytového prostředí. V letech 1994 – 2005

byly realizovány 3 etapy měření.

Monitoring vnitřního prostředí je zaměřen na deskripci a hodnocení výskytu chemických, fyzikálních a biologických faktorů v bytovém prostředí a základních aspektů životního stylu.

První etapa projektu byla realizována v letech 1994 – 1998. Jednalo se o pilotní studii, která byla zaměřena na rodiny s dětmi předškolního věku. Studie byla, mimo identifikaci a popis zdrojů a koncentrací ve vnitřním prostředí bytů, zaměřena na přípravu a ověření způsobu odběru vzorků a metod stanovení jednotlivých parametrů.

V druhé etapě 1999 – 2001 bylo jeho základním cílem určit a popsat expozici škodlivinám z vnitřního prostředí u dětí, které navštěvovaly mateřskou školu. Výběr této populační skupiny souvisel se skutečností, že incidence akutních respiračních onemocnění je v tomto věku maximální. Je také známo, že do pěti let věku onemocní 50% všech alergiků. U těchto typů onemocnění byla předpokládána největší spojitost s kvalitou bytového prostředí. U dětí navštěvujících mateřskou školu platí také předpoklad podobného denního režimu a životního stylu v rodinách. Dnes navštěvuje mateřské školy 82% dětí dané věkové kategorie, ve věku 5 – 6 let dokonce 96% dětí.

Studie se skládala ze čtyř částí: z dotazníkového šetření, sledování akutní respirační nemocnosti, asociovaných studií a měření vybraných faktorů vnitřního ovzduší.

Její výsledky byly:

1. Měřené 30-ti minutové koncentrace NO_2 byly v kuchyni vyšší v zimní sezóně než v letní. Dětský pokoj je ovlivňován transportem z kuchyně, kde je nejvýznamnější zdroj NO_2 v bytu – tj. většinou plynový sporák.
2. Co se týká teploty, v letní sezóně nejsou mezi kuchyní a dětským pokojem velké rozdíly. Naproti tomu v zimní sezóně je kuchyň výrazně chladnější, přestože je zde zdroj tepla. V dětském pokoji je v průměru o 2°C tepleji, v některých případech je tento rozdíl až 4°C.
3. Průběhy hodnot relativní vlhkosti v letní sezóně jsou téměř shodné, v zimní sezóně je dětský pokoj o 5% sušší. Protože průměrná nalezená hodnota relativní vlhkosti se

pohybovala v zimním období okolo 30%, jedná se o další zvýšení zátěže dýchacích cest.

4. Maximální hodnoty polétavého prachu frakce TSP dosahovaly v průběhu dne a týdne až 150 $\mu g.m^{-3}$.

5. Z biologických faktorů byla věnována pozornost výskytu plísní, které byly zjištěny v 18% domácností. Výskyt plísní významně souvisí s typem zástavby. Plíseň se vyskytuje častěji v rodinných domech než v bytových domech a v domech cihlových než v domech panelových.

6. Teplota se v topné sezóně pohybovala v rozmezí 17,5 – 26,8°C, teploty v netopné sezóně byly v rozmezí 18,6 – 31°C. Průměrné hodnoty relativní vlhkosti v topné sezóně v dětském pokoji a v kuchyni byly 37,9%, v netopné sezóně 50,3%. Ze všech naměřených hodnot neodpovídá doporučenému rozmezí (30 – 55%) relativní vlhkosti v topné sezóně 19% výsledků. Tyto hodnoty leží pod dolní hranicí doporučeného rozmezí. V netopné sezóně neodpovídá doporučenému rozmezí relativní vlhkosti 26% hodnot, které leží nad horním doporučeným limitem.

7. Průměr z naměřených tříhodinových koncentrací NO_2 v kuchyni a v dětském pokoji nepřekročil hodnotu 50 $\mu g.m^{-3}$. Nejvyšší naměřená hodnota oxidu dusičitého v topné sezóně byla 186 $\mu g.m^{-3}$ a 326 $\mu g.m^{-3}$ v netopné sezóně.

8. Průměr z naměřených tříhodinových koncentrací formaldehydu nepřekročil 35 $\mu g.m^{-3}$. Nad hodnotou 50 $\mu g.m^{-3}$ leží v obou sezónách 15% naměřených hodnot. Maximální koncentrace formaldehydu v topné sezóně dosáhla hodnoty 150 $\mu g.m^{-3}$ a 108 $\mu g.m^{-3}$ v netopné sezóně.

Mezi nejčastěji se vyskytující VOC's patří benzen, toluen, suma xylenů, styren, tetrachloretylen, které byly měřeny pouze v dětských pokojích. Pro tyto látky byla typická obecně nízká úroveň koncentrací s vysokými hodnotami v jednotlivých případech. O závažnějších nálezech lze mluvit zejména v případě benzenu. Průměr z naměřených tříhodinových koncentrací benzenu v topném období byl 5,9 $\mu g.m^{-3}$, v netopném období

4,7 $\mu g.m^{-3}$. [22]

Třetí realizovaná etapa monitoringu vnitřního ovzduší, která probíhala v letech 2001 – 2003, měla průřezový a screeningový charakter a byla zaměřena na velikostně nejfrekventovanější byty v ČR. Cílem této etapy bylo získat obecnou informaci o vnitřním prostředí velikostně nejfrekventovanějších trvale obývaných bytů v ČR (45 až 74 m^2 obývané plochy) a popsat rozsah koncentrací vybraných látek a rozsah hodnot ostatních sledovaných faktorů. Dalším cílem bylo identifikovat „nové“ látky (především organického charakteru), které se vyskytují ve vnitřním ovzduší bytů a zhodnotit zdravotní významnost jejich výskytu.

Z dotazníkového šetření vyplývá, že nejčastěji zastoupený byt v celém souboru byl byt 3 + 1 v bytovém panelovém domě, starý průměrně 42,1 roků, o průměrné celkové ploše 80,1 m^2 a výšce 2,7 m. V celém souboru bylo 21,6 % kuřáckých bytů; v měřeném souboru 20 % kuřáckých bytů. V souboru měřených bytů bylo výrazně vyšší procento VŠ vzdělaných respondentů. Kladně hodnotilo úroveň domácnosti 63,1 % respondentů; 22,4 % respondentů mělo neutrální názor a 14,5 % respondentů bylo nespokojeno.

Vlastní měření v bytech probíhalo v letech 2002 – 2003. Měřena byla kuchyň a největší obytná místnost bytu. Z měření chemických, fyzikálních a biologických faktorů ve vnitřním prostředí bytů vyplynulo, že měřené místnosti byly obecně „teplejší“ a „sušší,“ koncentrace NO_2 byly relativně nízké (průměrná hodnota 17 $\mu g.m^{-3}$). NO_2 přes vysoký stupeň plynofikace v měřených bytech nepředstavoval zásadní problém. Byl zjištěn častý výskyt vyšších koncentrací formaldehydu, hodnota 60 $\mu g.m^{-3}$ byla překročena ve 14% měřených místností. Koncentrace těkavých organických látek byly, s výjimkou benzenu, nízké. Průměrná hodnota benzenu ze všech bytů byla 6 $\mu g.m^{-3}$, ojediněle byly ale nalezeny i hodnoty podstatně vyšší. Průměrné hodnoty suspendovaných částic frakce PM_{10} se pohybovaly na hranici 50 $\mu g.m^{-3}$, výjimečně však byly naměřeny i koncentrace přes 200 $\mu g.m^{-3}$. Kvalitativní analýzy identifikovaly ve vnitřním ovzduší bytů 93 organických látek. Potenciální zdravotní riziko představuje 5 látek, z nichž nejvyšší četnost výskytu měly butylacetát a naftalen. [23]

4 Možnosti prevence

Je až překvapující, kolik všemožných faktorů a vlivů působí na vnitřní prostředí a člověka v něm. Člověk si většinu vlivů neuvědomuje. Přesto reaguje na změny, ať v kladném či záporném smyslu, jako citlivý indikátor a v případě zhoršení podmínek začne signalizovat v podobě stížností na změnu zdravotního stavu. Vzhledem k tomu, že nemá specifické receptory, které by odhalily jednotlivé škodliviny v co nejmenších množstvích, je mnohdy značně složité identifikovat zdroj, a odhalit tak příčinu nespokojenosti obyvatele. V některých případech jsou dokonce symptomy přikládány jinému onemocnění a vlastní příčina v zhoršené kvalitě ovzduší v budovách je tak zcela skryta. Proto je lepší dbát na prevenci s cílem vyhnout se těmto potenciálním nežádoucím faktorům prostředí již v začátku. Ne vždy je to však možné, např. při obývání starých budov, v zástavbách s neznámými konstrukčními plány a použitým stavebním materiálem, v silně znečištěných lokalitách atd. Tyto faktory jsou hůře ovlivnitelné. Naproti tomu existuje celá řada účelných opatření, která mohou zlepšit kvalitu ovzduší, např. změny ve větrání, topení, klimatizaci, čištění vzduchu, používání ionizátorů vzduchu, změnách v domácích zařízeních (podlahové krytiny, koberce, čalounění, odstranění alergenů atp.).

Právo na zdravý vzduch ve vnitřním prostředí

Na setkání pracovní skupiny svolané Evropským centrem pro životní prostředí a zdraví *(European Centre for Environment and Health)* při Světové zdravotnické organizaci bylo v květnu 2000 v Bilthovenu formulováno prohlášení o právu na zdravý vzduch ve vnitřním prostředí. Dvojím účelem tohoto dokumentu bylo:

- informovat ty, kteří mají vliv na veřejné zdraví, o tomto právu a jejich závazcích ve vztahu k tomuto právu a
- uvědomit veřejnost a seznámit ji s tímto právem.

Prohlášení - „Právo na zdravé vnitřní ovzduší“ vychází z 9 principů:

- Podle principu lidského práva na zdraví má každý člověk právo dýchat zdravé vnitřní ovzduší.

- Podle principu respektování autonomie („sebeurčení“) má každý člověk právo na adekvátní informace o potenciálně škodlivých expozicích a na poskytnutí účinných prostředků pro kontrolu alespoň části vnitřních expozic.
- Podle principu nekonání zla („nedělání škod“) by se do vnitřního ovzduší neměla dostat žádná látka v koncentraci, která by vystavila obyvatele vnitřního prostoru zbytečnému ohrožení zdraví.
- Podle principu prospěšnosti („dělání dobra“) nesou všichni jednotlivci, skupiny a organizace spojené s budovou, ať už soukromou, veřejnou nebo vládní, odpovědnost za prosazování přijatelné kvality ovzduší pro obyvatele vnitřních prostor.
- Podle principu sociální spravedlnosti by sociálně-ekonomické postavení obyvatel vnitřních prostor nemělo mít žádný vliv na jejich přístup ke zdravému vnitřnímu ovzduší, ale zdravotní stav může určovat zvláštní potřeby některých skupin populace.
- Podle principu zodpovědnosti by všechny významné organizace měly stanovit určitá kritéria pro hodnocení kvality vnitřního ovzduší v budovách a jeho dopadu na zdravotní stav populace a životního prostředí.
- Podle preventivního principu se v případě rizika expozice škodlivému vnitřnímu ovzduší nesmí nejistota v tomto ohledu považovat za důvod k odkládání efektivních opatření, kterými by této expozici bylo možno předejít.
- Podle principu „znečišťovatel platí“ je původce znečištění odpovědný za jakékoliv poškození zdraví a blaha plynoucí z expozice nezdravému vnitřnímu ovzduší. Navíc je původce znečištění odpovědný za jeho zmírnění a nápravu.
- Podle principu udržitelnosti nelze od sebe oddělovat otázky zdraví a životního prostředí a zajištění zdravého vnitřního ovzduší by nemělo vést k narušení globální nebo lokální ekologické integrity nebo práv budoucích generací. [24]

5 Vlastní práce

5.1 Metodika

Vlastní výzkum byl založen na hodnocení dotazníku. Při jeho sestavování byly též použity dvě předlohy dotazníků ze Státního zdravotního ústavu v Praze sledující vnitřní ovzduší bytů, a sice: Sledování ukazatelů zdravotního stavu v souvislosti s kvalitou vnitřního prostředí bytů z roku 1999 a Projekt měření vnitřního ovzduší bytů z let 2003-2004 *(Kubínová, R. Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí)* [25]. Vzhledem k odlišnostem v určení zkoumané populace a hodnoceným parametrům měly výše uvedené dotazníky spíše inspirativní charakter.

Vlastní dotazník byl rozdělen na několik podskupin, týkajících se časových faktorů, subjektivních faktorů, zdravotních faktorů, faktorů ovlivňujících kvalitu ovzduší v budovách, radonu a faktorů zlepšujících kvalitu ovzduší v budovách.

Podskupina „časové faktory“ obsahovala otázky na celkový čas strávený denně v uzavřených prostorech, a to včetně spánku, dále se věnovala podílu času tráveném v budovách a v dopravních prostředcích. Podskupina „subjektivní faktory“ představovala soubor otázek zaměřených na to, zda si lidé uvědomují kvalitu ovzduší v budovách, zda vnímají specifické pachy obytných prostor, jak vnímají ovzduší v okolí bydliště a jak jsou spokojeni s kvalitou bydlení. U podskupiny „zdravotní faktory“ byl důraz kladen na kouření, pobyt v zakouřeném prostředí, zda je cigaretový kouř obtěžující, dále pak na alergii, výskyt plísní a pobyt v prašném prostředí. Podskupina „faktory ovlivňující kvalitu ovzduší v budovách“ se týkala otázek větrání a jeho četnosti v zimě a v létě, jeho důvodu, zda lidé vnímají možný průnik škodlivých látek zvenčí, zda je více obtěžuje ovzduší venku nebo uvnitř budovy, zabývá se klimatizací, suchým vzduchem při vytápění, teplotou v místnostech a vařením. Podskupina „radon“ se zaměřila na účinky a riziko působení radonu na organismus, místa s vyšší expozicí radonu a na informovanost vyšetřovaného vzorku. Podskupina „faktory zlepšující kvalitu ovzduší v budovách“ obsahovala dvě otevřené otázky na mechanismy, kterými si lidé mohou zlepšit kvalitu ovzduší v budovách a jakými mechanismy si zlepšují kvalitu ovzduší v budovách.

Výzkum proběhl u studentů ubytovaných na koleji Jednota ve druhé polovině června 2006. Dotazník byl rozdán v počtu 140 kusů, z toho návratnost činila asi 83,6%, tedy 117 dotazníků, z toho odpovědělo 56 mužů (47,9%) a 61 žen (52,1%). Hodnocen byl jak celý vzorek, tak i podle pohlaví. Studenti byli ve věkovém rozmezí 18-29 let. Věkové rozložení udává Tab. 1.

Tab. 1: *Věkové rozložení vzorku*

roky	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
18	3	4,9	3	5,4	6	5,1
19	5	8,2	5	8,9	10	8,5
20	6	9,8	11	19,6	17	14,5
21	13	21,3	5	8,9	18	15,4
22	17	27,9	9	16,1	26	22,2
23	10	16,4	7	12,5	17	14,5
24	5	8,2	12	21,4	17	14,5
25 a více	2	3,3	4	7,1	6	5,1

5.2 Výsledky

5.2.1 Pobyt v uzavřených prostorech

Podstatou dotazníkového šetření bylo určit celkovou dobu pobytu v uzavřených prostorech. Z výsledků uvedených v Tab. 2 hodnocených na základě váženého průměru vyplývá, že průměrný čas trávený v uzavřených prostorech byl v souboru 117 osob 18,8 hodin denně; ženy trávily v uzavřených prostorech 18,9 hodin denně, muži 18,6 hodin denně (viz Tab. 3). Věková diference nebyla do hodnocení zahrnuta vhledem k podobnému životnímu stylu studentů ubytovaných na dané koleji. Procentuální zastoupení počtu hodin trávených v uzavřených prostorech vztaženo k celému souboru udává graf na Obr. 1.

Z celkového počtu hodin trávených v uzavřených prostorech činil pobyt v budovách 17,6 hodin denně, z toho u žen 17,5 hodin a u mužů 17,7 hodin denně. Výsledky, včetně percentilového rozložení, jsou uvedeny v Tab. 5. Procentuální rozložení počtu hodin trávených v budovách udává Tab. 4.

Průměrná doba trávená v dopravních prostředcích byla 1,2 hodiny denně, u žen 1,2 hodin a u mužů 1,1 hodin denně. Hodnocení doby trávené v dopravních prostředcích udává

Tab. 7, procentuální rozložení je uvedeno v Tab. 6. Vzhledem k zanedbatelnému procentu cestování autem, není tato problematika dále rozebírána – odkazuji jen na procentuální zastoupení v Tab. 8 a Tab. 9.

Tab. 2: *Kolik času (v hodinách) strávíte denně v uzavřených prostorech (včetně spánku)?*

hodin/den	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
12	1	1,6	1	1,8	2	1,7
13	1	1,6	2	3,6	3	2,6
14	1	1,6	2	3,6	3	2,6
15	3	4,9	3	5,4	6	5,1
16	4	6,6	4	7,1	8	6,8
17	4	6,6	4	7,1	8	6,8
18	7	11,5	5	8,9	12	10,3
19	8	13,1	9	16,1	17	14,5
20	20	32,8	14	25,0	34	29,1
21	7	11,5	6	10,7	13	11,1
22	3	4,9	4	7,1	7	6,0
23	2	3,3	2	3,6	4	3,4

Tab. 3: *Hodnocení celkové doby trávené v uzavřených prostorech (v hodinách)*

	celkem	ženy	muži
velikost vzorku	117	61	56
aritmetický průměr	18,8	18,9	18,6
směrodatná odchylka	2,5	2,3	2,6
5. percentil rozložení	14	15	13,75
25. percentil rozložení	17	18	17
50. percentil rozložení (medián)	19	20	19
75. percentil rozložení	20	20	20
95. percentil rozložení	22	22	22

Tab. 4: *Z toho kolik času (v hodinách) strávíte v budovách?*

hodin/den	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
11	2	3,3	2	3,6	4	3,4
13	2	3,3	2	3,6	4	3,4
14	3	4,9	4	7,1	7	6,0
15	7	11,5	4	7,1	11	9,4
16	4	6,6	5	8,9	9	7,7
17	7	11,5	5	8,9	12	10,3
18	14	23,0	6	10,7	20	17,1
19	10	16,4	13	23,2	23	19,7
20	7	11,5	8	14,3	15	12,8
21	3	4,9	5	8,9	8	6,8
22	2	3,3	2	3,6	4	3,4

Tab. 5: *Hodnocení celkové doby trávené v budovách (v hodinách)*

	celkem	ženy	muži
velikost vzorku	117	61	56
aritmetický průměr	17,6	17,5	17,7
směrodatná odchylka	2,6	2,5	2,7
5. percentil rozložení	13	13	13
25. percentil rozložení	16	16	16
50. percentil rozložení (medián)	18	18	18,5
75. percentil rozložení	19	19	20
95. percentil rozložení	21	21	21

Tab. 6: *Z toho kolik času (v hodinách) strávíte v dopravních prostředcích?*

hodin/den	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
0	2	3,3	2	3,6	4	3,4
≤ 0,5	5	8,2	4	7,1	9	7,7
≤ 1	29	47,5	31	55,4	60	51,3
≤ 2	18	29,5	16	28,6	34	29,1
≤ 3	6	9,8	2	3,6	8	6,8
> 3	1	1,6	1	1,8	2	1,7

Tab. 7: *Hodnocení celkové doby trávené v dopravních prostředcích (v hodinách)*

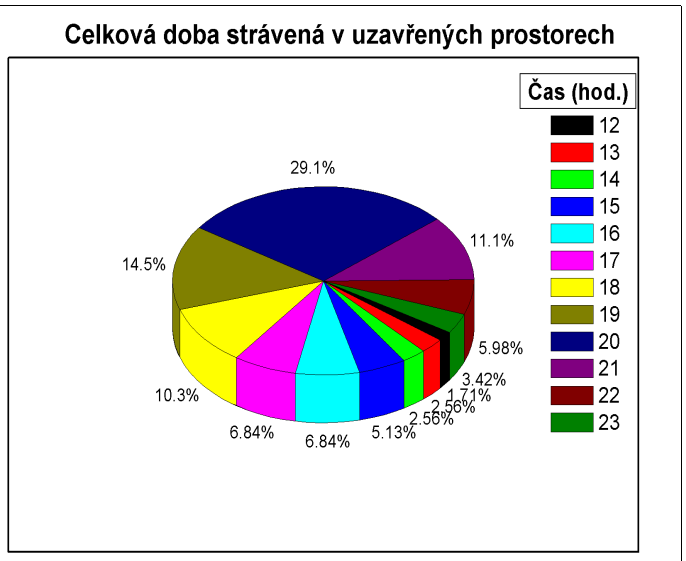
	celkem	ženy	muži
velikost vzorku	117	61	56
aritmetický průměr	1,2	1,2	1,1
směrodatná odchylka	0,8	0,8	0,7
5. percentil rozložení	0,5	0,5	0,5
25. percentil rozložení	1	1	1
50. percentil rozložení (medián)	1	1	1
75. percentil rozložení	2	2	2
95. percentil rozložení	3	3	2,25

Tab. 8: *Z toho ve veřejné dopravě*

hodin/den	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
0	1	1,6	3	5,4	4	3,4
≤ 0,5	11	18,0	7	12,5	18	15,4
≤ 1	30	49,2	29	51,8	59	50,4
≤ 2	16	26,2	15	26,8	31	26,5
≤ 3	2	3,3	2	3,6	4	3,4
> 3	1	1,6	0	0,0	1	0,9

Tab. 9: *Z toho v autě*

hodin/den	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
0	47	77,0	44	78,6	91	77,8
≤ 0,5	8	13,1	8	14,3	16	13,7
≤ 1	4	6,6	2	3,6	6	5,1
≤ 2	2	3,3	1	1,8	3	2,6
≤ 3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
> 3	0	0,0	1	1,8	1	0,9



Obr. 1: *Procentuální zastoupení počtu hodin trávených v uzavřených prostorech v celém souboru*

5.2.2 Kvalita ovzduší v budovách

Druhá část dotazníku se týkala vnímání kvality ovzduší v budovách. Kvalitu ovzduší v budovách si uvědomuje celkem 75,2% šetřené populace, téměř shodné byly výsledky u mužů i u žen. Hodnoty udává Tab. 10, grafické znázornění je v Obr. 2.

Specifické pachy obytných prostor vnímá 88% šetřené populace, z toho 91,8% žen a 83,9% mužů. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 11, grafické znázornění je v Obr. 3.

Nejvíce lidem vadí cigaretový kouř, vydýchaný vzduch, průnik kuchyňských pachů do místnosti, čistící prostředky, zatuchlina, plíseň, pachy z počítačů, pot, nábytek aj.

Ovzduší v okolí bydliště vnímá jako spíše neuspokojivé 38,5% šetřené populace, z toho výrazněji se tento rozdíl projevuje u žen – 45,9% oproti mužům – 30,4%. Jako spíše uspokojivé vnímá ovzduší v okolí bydliště celkem 32,5% šetřené populace, z toho 36,1% žen a 28,6% mužů. Zajímavé je, že muži jsou zcela spokojeni s ovzduším v okolí bydliště ve 23,2%, zatímco ženy jen ve 13,1%, naopak ženy jsou zcela nespokojeny jen ve 4,9% oproti mužům 17,9%. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 12, grafické znázornění je na Obr. 4.

S kvalitou bydlení je spíše spokojeno 43,6% šetřené populace, z toho 45,9% žen a 41,1% mužů. Zcela spokojeno je 24,8% šetřené populace, téměř shodně u žen i u mužů,

významné rozdíly nejsou ani ve spíše neuspokojivém hodnocení kvality bydlení, kde se hodnota pohybovala kolem 23,9%. Zcela nespokojeno s kvalitou bydlení je 7,7% šetřené populace, z toho 4,9% žen a 10,7% mužů. Hodnoty jsou vedeny v Tab. 13, grafické znázornění je na Obr. 5.

Tab. 10: *Uvědomujete si kvalitu ovzduší v budovách?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	46	75,4	42	75,0	88	75,2
ne	9	14,8	10	17,9	19	16,2
nevím	6	9,8	4	7,1	10	8,5

Tab. 11: *Vnímáte specifické pachy obytných prostor?*

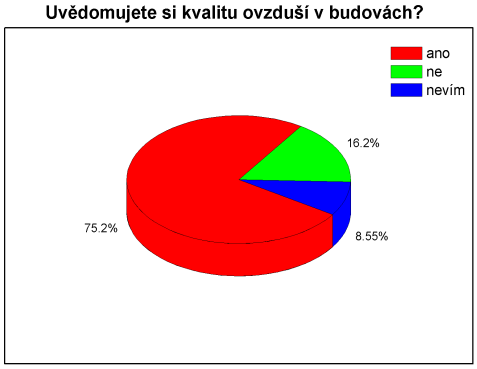
	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	56	91,8	47	83,9	103	88,0
ne	4	6,6	6	10,7	10	8,5
nevím	1	1,6	3	5,4	4	3,4

Tab. 12: *Jak vnímáte ovzduší v okolí Vašeho bydliště?*

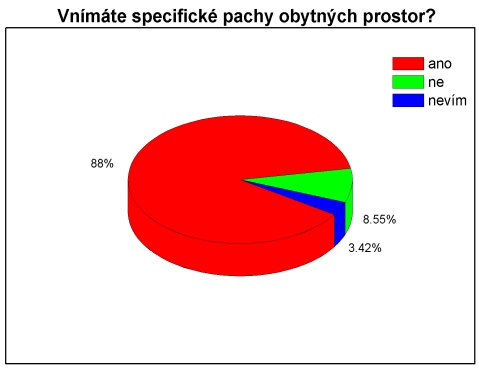
	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
zcela uspokojivé	8	13,1	13	23,2	21	17,9
spíše uspokojivé	22	36,1	16	28,6	38	32,5
spíše neuspokojivé	28	45,9	17	30,4	45	38,5
zcela neuspokojivé	3	4,9	10	17,9	13	11,1

Tab. 13: *Jak jste spokojeni s kvalitou Vašeho bydlení?*

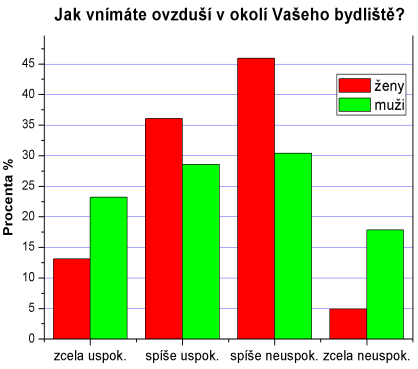
	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
zcela uspokojivé	15	24,6	14	25,0	29	24,8
spíše uspokojivé	28	45,9	23	41,1	51	43,6
spíše neuspokojivé	15	24,6	13	23,2	28	23,9
zcela neuspokojivé	3	4,9	6	10,7	9	7,7



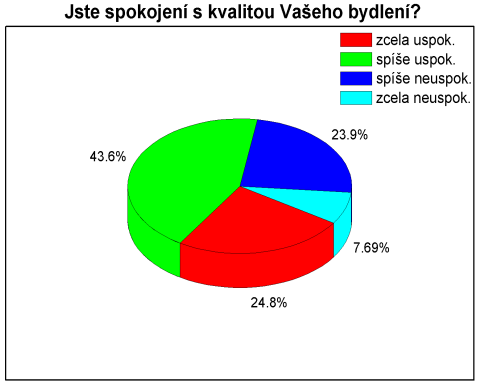
Obr. 2: *Kvalita ovzduší v budovách*



Obr. 3*: Specifické pachy obytných prostor*



Obr. 4: *Vnímání ovzduší v okolí bydliště*



Obr. 5: *Spokojenost s kvalitou bydlení*

5.2.3 Zdravotní faktory

Třetí část dotazníku byla zaměřena na zdravotní faktory. Z hodnocení problematiky kouření vyplývá, že z daného souboru 117 osob uvedlo, že kouří, jen 17 lidí, tedy 14,5%, z toho zastoupení kuřáků u mužů a u žen bylo téměř totožné (viz Tab. 14). Kategorizace kuřáků podle počtu vykouřených cigaret za den udává Tab. 15. Z jejích hodnot je zajímavá skutečnost, že 50% mužů vykouří do 10 cigaret za den, zatímco 66,7% žen vykouří 10 – 20 cigaret denně, tedy ženy by na základě níže uvedených údajů měly být většími kuřačkami než muži. Grafické znázornění ukazuje Obr. 6. 52,9% kuřáků kouří déle než 3 roky (viz Tab. 16). Z uvedených údajů však nelze činit závěr, protože daný vzorek je příliš malý a lze očekávat i zkreslení způsobené výběrem vzorku i uvedením nepravdivých informací. Objektivním kritériem pro průkaz kouření by bylo stanovení kotininu v krvi nebo moči,

event. ve vlasech. Tato zjištění jsou značně pod výsledky celostátního výzkumu pro danou věkovou skupinu (viz výše).

V zakouřeném prostředí pobývá 51,3% zkoumané populace, z toho 50% méně než 1 hodinu denně (67,9% mužů a 34,4% žen). Nad 2 hodiny pobytu v zakouřeném prostředí denně uvedlo celkem 16,7% zkoumané populace (7,1% mužů a 25,0% žen). Uvedené výsledky udávají Tab. 17 a Tab. 18, grafické znázornění času stráveného v zakouřeném prostředí je na Obr. 7.

Cigaretový kouř obtěžuje celkem 75,2% zkoumané populace, v podobném procentuálním zastoupením mužů i žen (viz Tab. 19).

Dalším hodnoceným zdravotním faktorem byla alergie. V daném vzorku 117 osob bylo 29,1% alergických (34 osob), téměř shodné bylo procentuální zastoupení u mužů i žen (viz Tab. 20). Tyto výsledky odpovídají posledním výzkumům v České republice.

Trvalý výskyt plísní v obývaných prostorech hlásilo 18,8% zkoumané populace, občasný výskyt hlásilo 46,2% zkoumané populace. U 35% zkoumané populace se plísně nevyskytují. Procentuální rozložení víceméně odpovídá u mužů i u žen (viz Tab. 21, grafické znázornění na Obr. 8).

V kontaktu s alergeny je 73,5% zkoumané populace (Tab. 22). Na otázku, s jakými alergeny přicházíte do kontaktu, studenti odpovídali: pyl, prach, roztoči, plíseň a zvířata.

Z údajů uvedených v Tab. 23 plyne, že 84,6% zkoumané populace pobývá v prašném prostředí, a to 78,7% žen a 91,1% mužů. 68,4% zkoumané populace utírá prach méně než jedenkrát týdně, 25,6% pak 1 – 2 krát týdně (viz Tab. 24).

Problematika větrání v zimě je uvedena v Tab. 25 a Tab. 26, graficky na Obr. 9 a Obr. 10. V létě větrá 96,6% zkoumané populace stále (viz Tab. 27 a Tab. 28). Uvedené údaje mají však jen orientační charakter, neboť nebyly objektivizovány. Nejčastějším důvodem větrání je v 51,5% případů nedostatek kyslíku, ve 32,4% akumulace různých pachů a v 16,2% důvody jiné (nejčastěji zvýšená teplota v místnosti). Tyto výsledky jsou paralelní u mužů i u žen (Tabulka 29).

Možný průnik škodlivých látek zvenčí vnímá 70,1% zkoumané populace, s téměř

shodným procentuálním zastoupením u mužů i u žen (viz Tab. 30).

77,8% zkoumané populace obtěžuje více ovzduší uvnitř budov, s téměř shodným procentuálním zastoupením u mužů i u žen (viz Tab. 31). Grafické znázornění je na Obr. 11.

23,9% zkoumané populace pobývá v klimatizovaných místnostech (Tab. 32).

Suchý vzduch při dálkovém vytápění vadí 72,6% zkoumané populace (Tab. 33), avšak pouze 38,5% zkoumané populace se pokouší zvlhčit vzduch (z toho 23,2% mužů a 52,5% žen), jak je uvedeno v Tab. 34. Nejčastější způsob zvlhčování vzduchu ve vytápěných místnostech je mokrá látka, dále pak odpařovací miska a zvlhčovač vzduchu (viz Tab. 35).

Tab. 36 hodnotí vnímání teploty v místnostech. Jako příjemnou označuje teplotu v místnostech 53,8% zkoumané populace. Vyšší teplotu v místnostech (horko) udává 27,4% zkoumané populace, ale z toho jen 18% žen a 37,5% mužů. Naopak chladno v místnostech udává 29,5% žen, ale jen 7,1% mužů (celkem 18,8%). Grafické znázornění je na Obr. 12.

Posledním hodnoceným zdravotním faktorem bylo vaření. 65,8% zkoumané populace vaří jedenkrát denně (z toho 72,1% žen a 58,9% mužů), vůbec nevaří 19,7% zkoumané populace (z toho 13,1% žen a 26,8% mužů). (Podrobněji v Tab. 37). 71,0% z těch, co vaří, vaří méně než 1 hodinu denně (viz Tab. 38). 63,2% zkoumané populace nevnímá vaření jako potenciální zdroj znečištění ovzduší v budovách (z toho 55,7% žen a 71,4% mužů) – viz Tab. 39 a Obr. 13 a Obr. 14.

Na otázky: jakými mechanismy si zlepšujete kvalitu ovzduší v budovách a jaké mechanismy mohou zlepšit kvalitu ovzduší v budovách, studenti odpovídali nejčastěji: důkladný úklid, dostatečné větrání, zvlhčování vzduchu, pokojové rostliny, vonné svíčky či aromalampy, digestoře v kuchyni a zákaz kouření.

Tab. 14: *Kouříte?*

	počet žen	**%**	**počet mužů**	**%**	**počet celkem**	**%**
ano	9	14,8	8	14,3	17	14,5
ne	52	85,2	48	85,7	100	85,5

Tab. 15: Pokud ano, tak kolik:

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
< 10	2	22,2	4	50,0	6	35,3
10 – 20	6	66,7	3	37,5	9	52,9
> 20	1	11,1	1	12,5	2	11,8

Tab. 16: *Jak dlouho kouříte (v rocích)?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
< 1	1	11,1	1	12,5	2	11,8
1 – 3	3	33,3	3	37,5	6	35,3
> 3	5	55,6	4	50,0	9	52,9

Tab. 17: *Pobýváte v zakouřeném prostředí?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	32	52,5	28	50,0	60	51,3
ne	29	47,5	28	50,0	57	48,7

Tab. 18: *Pokud ano, tak jak dlouho denně pobýváte v zakouřeném prostředí (v hodinách)?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
≤ 0,5	8	25,0	4	14,3	12	20,0
≤ 1	11	34,4	19	67,9	30	50,0
≤ 2	5	15,6	3	10,7	8	13,3
> 2	8	25,0	2	7,1	10	16,7

Tab. 19: *Obtěžuje vás cigaretový kouř?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	48	78,7	40	71,4	88	75,2
ne	13	21,3	16	28,6	29	24,8

Tab. 20: *Jste alergický/á?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	18	29,5	16	28,6	34	29,1
ne	43	70,5	40	71,4	83	70,9

Tab. 21: *Vyskytují se v prostorech, které obýváte, plísně?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano trvale	9	14,8	13	23,2	22	18,8
ano, občas	30	49,2	24	42,9	54	46,2
ne, nikdy	22	36,1	19	33,9	41	35,0

Tab. 22: *Jste v kontaktu s alergeny?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	46	75,4	40	71,4	86	73,5
ne	15	24,6	16	28,6	31	26,5

Tab. 23: *Pobýváte v prašném prostředí?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	48	78,7	51	91,1	99	84,6
ne	13	21,3	5	8,9	18	15,4

Tab. 24: *Jak často utíráte prach v místnostech, které obýváte?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
< 1x týdně	40	65,6	40	71,4	80	68,4
1 – 2x týdně	15	24,6	15	26,8	30	25,6
> 2x týdně	5	8,2	1	1,8	6	5,1
denně	1	1,6	0	0,0	1	0,9

Tab. 25: *Jak často (kolikrát) denně větráte v zimě?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
1x	9	14,8	29	51,8	29	24,8
2x	16	26,2	15	26,8	34	29,1
3x	23	37,7	6	10,7	31	26,5
4x	7	11,5	1	1,8	17	14,5
≥ 5x	6	9,8	5	8,9	11	9,4

Tab. 26: *Po jakou dobu?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
< 10 min.	33	54,1	20	35,7	53	45,3
10 – 20 min.	21	34,4	18	32,1	39	33,3
> 20 min.	5	8,2	8	14,3	13	11,1
stále	2	3,3	10	17,9	12	10,3

Tab. 27: *Jak často (kolikrát) denně větráte v létě?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
1x	58	95,1	55	98,2	113	96,6
2x	0	0,0	1	1,8	1	0,9
3x	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4x	0	0,0	0	0,0	0	0,0
≥ 5x	3	4,9	0	0,0	3	2,6

Tab. 28: *Po jakou dobu?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
< 10 min.	0	0,0	0	0,0	0	0,0
10 – 20 min.	0	0,0	0	0,0	0	0,0
> 20 min.	3	4,9	1	1,8	4	3,4
stále	58	95,1	55	98,2	113	96,6

Tabulka 29: *Jaký je obvykle důvod vašeho větrání?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
nedostatek O_2	36	50,0	34	53,1	70	51,5
akumulace pachů	22	30,6	22	34,4	44	32,4
jiný (teplo)	14	19,4	8	12,5	22	16,2

Tab. 30: *Vnímáte možný průnik škodlivých látek zvenčí?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	42	68,9	40	71,4	82	70,1
ne	19	31,1	16	28,6	35	29,9

Tab. 31: *Obtěžuje vás více ovzduší:*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
venku	13	21,3	13	23,2	26	22,2
uvnitř budovy	48	78,7	43	76,8	91	77,8

Tab. 32: *Pobýváte v klimatizovaných místnostech?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	10	16,4	18	32,1	28	23,9
ne	51	83,6	38	67,9	89	76,1

Tab. 33: *Vadí vám suchý vzduch při dálkovém vytápění?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	46	75,4	39	69,6	85	72,6
ne	15	24,6	17	30,4	32	27,4

Tab. 34: *Pokoušíte se v prostoru, který obýváte, nějak zvlhčit vzduch?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	32	52,5	13	23,2	45	38,5
ne	29	47,5	43	76,8	72	61,5

Tab. 35: *Pokud ano, jak?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
zvlhčovač	7	14,6	2	12,5	9	14,1
odpařovací miska	14	29,2	4	25,0	18	28,1
mokrá látka	24	50,0	9	56,3	33	51,6
jinak	3	6,3	1	6,3	4	6,3

Tab. 36: *Jak obvykle vnímáte teplotu v prostoru, který obýváte?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
příjemná teplota	32	52,5	31	55,4	63	53,8
horko	11	18,0	21	37,5	32	27,4
chladno	18	29,5	4	7,1	22	18,8

Tab. 37: *Jak často (kolikrát) denně vaříte?*

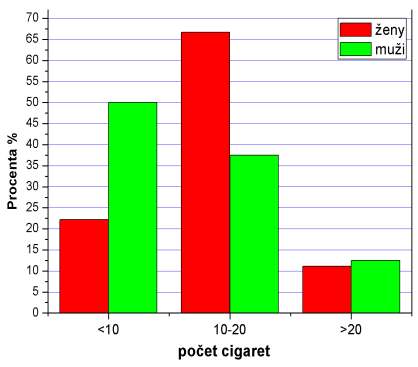
	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
0x	8	1 3,1	15	26,8	23	19,7
1x	44	7 2,1	33	58,9	77	65,8
2x	6	9,8	6	10,7	12	10,3
3x	2	3,3	2	3,6	4	3,4

Tab. 38: *Jak dlouho denně vaříte (v hodinách)?*

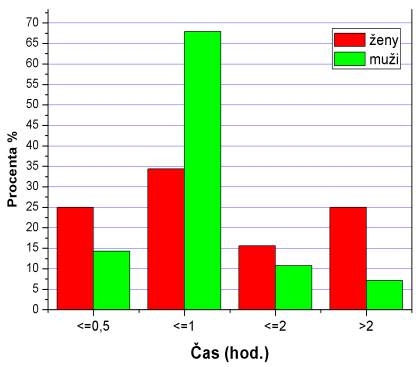
	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
≤1	35	67,3	31	75,6	66	71,0
≤ 2	12	23,1	4	9,8	16	17,2
≤ 3	4	7,7	5	12,2	9	9,7
> 3	1	1,9	1	2,4	2	2,2

Tab. 39: *Vnímáte vaření jako potenciální zdroj znečištění ovzduší v budovách?*

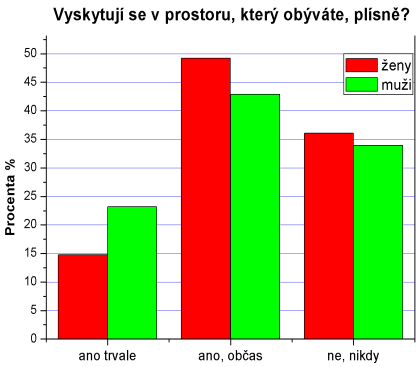
	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	27	44,3	16	28,6	43	36,8
ne	34	55,7	40	71,4	74	63,2



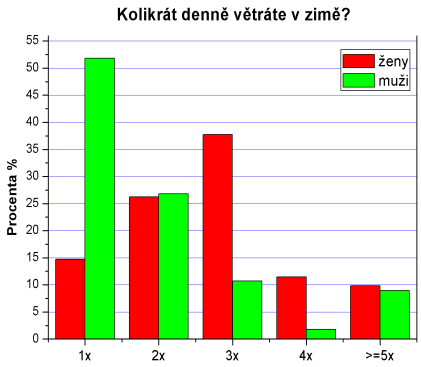
Obr. 6: *Počet vykouřených cigaret za den*



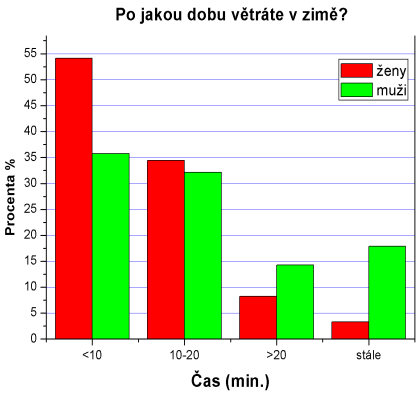
Obr. 7: Čas strávený v zakouřeném prostředí



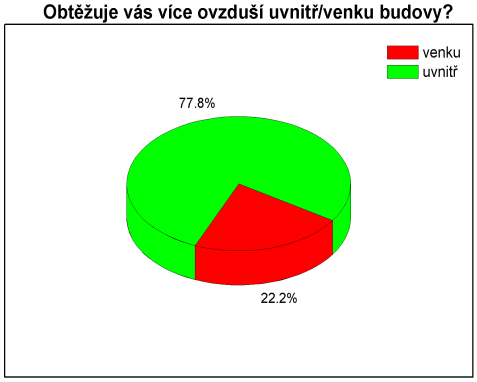
Obr. 8: *Výskyt plísní*



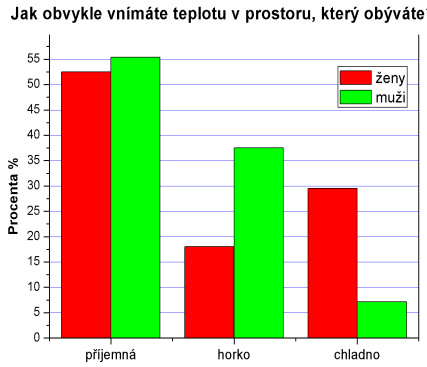
Obr. 9: *Četnost větrání v zimě*



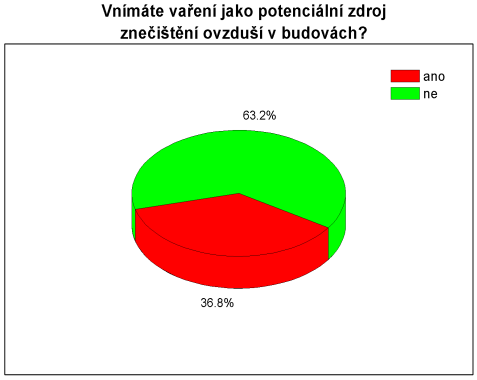
Obr. 10: *Doba větrání v zimě*



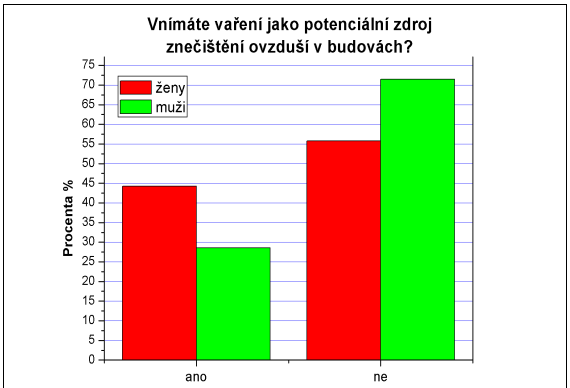
Obr. 11: *Vnímání ovzduší venku/uvnitř budovy*



Obr. 12: *Vnímání teploty v místnostech*



Obr. 13: *Vaření jako potenciální zdroj znečištění ovzduší v budovách*



Obr. 14: Vaření jako zdroj znečištění vnímaný muži a ženami

5.2.4 Radon

Závěrečná část dotazníku byla zaměřena na radon. Z výsledků dotazníkového šetření se ukázalo, že účinky radonu na organismus nezná 56,4% zkoumané populace, s téměř shodným procentuálním zastoupením u mužů i u žen (viz Tab. 40). 50,4% zkoumané populace nezná riziko působení radonu na lidský organismus (viz Tab. 41). 90,6% zkoumané populace neví, zda pobývá v místech s vyšší expozicí radonu (viz Tab. 42), a dokonce 75,2% zkoumané populace neví, kde zjistit informace o expozici radonu (viz Tab. 43).

Tab. 40: *Znáte účinky radonu na lidský organismus?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	26	42,6	25	44,6	51	43,6
ne	35	57,4	31	55,4	66	56,4

Tab. 41: *Znáte riziko působení radonu na lidský organismus?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	32	52,5	26	46,4	58	49,6
ne	29	47,5	30	53,6	59	50,4

Tab. 42: *Víte, zda pobýváte v místech s vyšší expozicí radonu?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	5	8,2	6	10,7	11	9,4
ne	56	91,8	50	89,3	106	90,6

Tab. 43: *Víte, kde zjistit informace o expozici radonu?*

	počet žen	%	počet mužů	%	počet celkem	%
ano	16	26,2	13	23,2	29	24,8
ne	45	73,8	43	76,8	88	75,2

6 Závěr

Důraz tohoto výzkumu byl kladen na hodnocení kvality ovzduší v budovách s určením celkové doby pobytu v uzavřených prostorech. Na základě níže uvedených výsledků je možné shrnout tuto problematiku do tří bodů.

1. Celková doba pobytu v uzavřených prostorech u studentů účastnících se výzkumu činila 18,8 hodin denně, z toho 17,6 hodin denně v budovách. Zde je však nutné zohlednit studijní způsob života. (Pro srovnání: německá studie Dampness and mould in homes z r. 2001/2002 uvádí průměrnou dobu pobytu doma 15,7 hodin denně, pro věkovou kategorii 17 – 34 let dokonce 11,9– 12,9 hodin denně).
2. Až 75,2% šetřené populace si uvědomuje kvalitu ovzduší v budovách.
3. Ovzduší uvnitř budov obtěžuje oproti ovzduší venku 77,8% respondentů dotazníkového šetření.

Z uvedených bodů vyplývá, že celková doba pobytu v uzavřených prostorech má kromě vlivu na zdraví jistě i vliv na subjektivní vnímání kvality ovzduší v budovách a je jedním z mnoha faktorů, které se podílejí na jejím ovlivnění.

Těžiště zdravotních faktorů spočívalo v problematice kouření. Ze 117 studentů se přihlásilo k nikotinismu jen 14,5%, avšak tento údaj není objektivně prokázán a tento výsledek je značně pod výsledky celostátního výzkumu pro danou věkovou skupinu. V zakouřeném prostředí pobývá 51,3% zkoumané populace. Cigaretový kouř obtěžuje celkem 75,2% zkoumané populace.

Alergiemi trpí asi 29,1%, téměř shodné bylo procentuální zastoupení u mužů a žen. Tyto údaje odpovídají posledním výzkumům v České republice.

Za zmínku stojí i trvalý výskyt plísní v místnostech, který uvedlo až 18,8% studentů. Jen u 35% obyvatelů dané vysokoškolské koleje se plísně v místnosti nevyskytují. 84,6% zkoumané populace pobývá v prašném prostředí. 65,8% studentů vaří na koleji jedenkrát denně. 63,2% studentů nevnímá vaření jako potenciální zdroj znečištění ovzduší v budovách.

Souhrn

Tato práce se zabývá kvalitou ovzduší v budovách, faktory, které ji ovlivňují, především časem, a působením ovzduší v uzavřených prostorech na lidské zdraví. Okrajově se dotýká problematiky informovanosti o radonu a jeho rizicích. Metodika byla založena na dotazníkovém šetření. Dotazník byl členěn do několika podskupin týkajících se časových, subjektivních a zdravotních faktorů, faktorů ovlivňujících kvalitu ovzduší v budovách, faktorů zlepšujících kvalitu ovzduší v budovách a radonu. Vyšetřovaná populace měla 117 členů – studentů jedné vysokoškolské koleje. Z výsledků bylo zjištěno, že průměrný čas trávený v uzavřených prostorech představoval 18,8 hodin denně, z toho pobyt v budovách činil 17,6 hodin denně a v dopravních prostředcích 1,2 hodiny denně. Kvalitu ovzduší v budovách si uvědomuje celkem 75,2% šetřené populace. 77,8% zkoumané populace obtěžuje ovzduší uvnitř budov více než venku. Z ostatních hodnocených faktorů byl dále kladen důraz na kouření, alergie, prach a vaření. Více jak 50% zkoumané populace nezná účinky ani riziko působení radonu na lidský organismus.

Summary

This study deals with a quality of indoor air and factors affecting it, especially time factors. Furthermore, action of the indoor air on human health is examined. Marginally, the public awareness about radon and its risks is mentioned. The method was based on a questionnaire survey. The questionnaire was divided into several groups including time, subjective, and health factors, moreover, factors influencing the indoor air quality in buildings, factors improving the indoor air quality, and radon issue. Investigated sample had 117 people; students of one dormitory. It was found the average time spent indoor was 18.8 hours per day, therefrom 17.6 and 1.2 hours per day were spent in buildings and in traffics, respectively. The indoor air quality was perceived by 75.2% of the examined population. 77.8% of the examined population is annoyed by indoor air more than outdoor air. Other evaluated factors placed value on smoking, allergies, dust and cooking. More than 50% of the examined population do not know the effects and risks of the radon action on human organism.

Seznam použité literatury

[1] *Akční plán zdraví a životního prostředí České republiky (Usnesení vlády ČR č. 810/1998)* [online]. Ministerstvo zdravotnictví ČR, 1998 [cit. 2006-08-11]. Dostupné z: http://www.szu.cz/chzp/nehap/nehapcz3.htm

[2] PROVAZNÍK, K. et. al. *Manuál prevence v lékařské praxi č. III: Prevence nepříznivého působení vlivů obytného prostředí na zdraví.* 1. vyd. Praha : Státní zdravotní ústav, 1996. ISBN 80-7168-302-7.

[3] LAJČÍKOVÁ, A. *Elektronové mikroklima a co o něm víme* [online]. 26.8.2001 [cit. 2006-08-11]. Dostupné z: http://www.sendme.cz/vitalonga/Lai%E81.html

[4] *Sick building syndrome* [online]. EPA 402-F-94-004. April 1991 [cit. 2006-03-14]. Dostupné z: http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html

[5] THEAKSTON, F. *Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Publications, European Series, No. 91*. 2. ed. Copenhagen : Regional Office for Europe, 2000. ISBN 92 890 1358 3.

[6] SOVINOVÁ, H. et. al. Vývoj kuřáctví u dětí a dospívajících v České republice v období 1994-2002. *Česká a slovenská hygiena*, 2004, roč. 1, č. 2, s. 11-14. ISSN: 1214-6722.

[7] *Suspendované částice (aerosol)* [online]. 19.6.2006 [cit. 2006-08-11]. Dostupné z: http://www.szu.cz/chzp/ovzdusi/dokumenty/documents/susp_castice.pdf

[8] TRAVERS, M. et. al. *Indoor Air Quality in Hospitality Venues Before and After Implementation of a Clean Indoor Air Law – Western New York, 2003* [online]. 11.10.2004 [cit. 2006-07-17]. Dostupné z: http://www.cdc.gov/mmwr/rss/rss.html

[9] BRASCHE, S. and BISCHOF, W. Daily time spent indoors in German homes – Baseline data for the assessment of indoor exposure of German occupants. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2005, vol. 208, no. 4, p. 247-253.

[10] WILEY, J. A. et. al. California's Children: How and Where They Can Be Exposed to Air Pollution. *Research Notes* [online]. 1994, no. 94-6 [cit. 2006-07-17]. Dostupné z: http://www.arb.ca.gov/research/resnotes/notes/94-6.htm

[11] PRASAD, R. K., SHANKAR, V. R. and SAKSENA, S. Daily Exposure to Air Pollution in Indoor, Outdoor, and In-vehicle Micro-Environments: A Pilot Study in Delhi. *East-West Center Working Papers, Environmental Change, Vulnerability and Governance Series* [online]. 2003, no. 57 [cit. 2006-07-17]. Dostupné z: http://www.eastwestcenter.org/res-rp-publicationdetails.asp?pub_ID=1372

[12] SABIN, L. D. et. al. Characterizing the Range of Children's Pollutant Exposure During School Bus Commutes. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* [online]. 2005, vol. 15, no. 5 [cit. 2006-07-17]. Dostupné z: http://www.nature.com/jea/journal/v15/n5/full/7500414a.html. ISSN: 1053-4245.

[13] WARGOCKI, P. et. al. Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplionary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). *Indoor Air*, 2002, vol. 12, no. 2, p. 113.

[14] MILTON, D. K., MARKGLENCROSS, P. and WALTERS, M. D. Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints. *Indoor Air*, 2000, vol. 10, no. 4, p. 212.

[15] FISK, W. J. et. al. The California Healthy Building Study, Phase 1: A Summary. *Proceedings of Indoor Air '93: The 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 1993, vol. 1, p. 279-284.

[16] MALKUSOVÁ, I. Alergeny interiérů a jejich význam pro rozvoj onemocnění. *Zdravotnické noviny ČR, příloha Lékařské listy*, 2002, roč. 51, č. 16, s. 15-19. ISSN 0044-1996.

[17] PIECKOVÁ, E. Mikroskopické huby vo vnútornom prostredí budov a zdravie ich obyvateľov. *Klinická mikrobiologie (Remedia)*, 2000, roč. 4, č. 2, s. 40-41. ISSN 1211-7684.

[18] PIECKOVÁ, E. a JESENSKÁ, Z. Štúdium hubovej kontaminácie omietok in vitro. *Hygiena*, 2000, roč. 45, č. 1, s. 27-31. ISSN 1210-7840.

[19] KLÁNOVÁ, K. Vliv čističe vzduchu na mikroorganizmy v ovzduší mateřské školy. *Alergie*, 2001, roč. 3, č. 2, s. 112-116. ISSN 1212-3536.

[20] LAJČÍKOVÁ, A. Elektroiontové mikroklima na klimatizovaných pracovištích. *České pracovní lékařství*, 2004, roč. 5, č. 1, s. 18-21. ISSN 1212-6721.

[21] FISK, W. J. Health and Productivity Gains from Better Indoor Environments and their Relationship with Building Energy Efficiency. *Annual Review, Energy Environment*, 2000, vol. 25, p. 537-566.

[22] KVASNIČKOVÁ, S. et. al. Monitoring bytového prostředí. *Alergie Suppl.*, 2002, roč. 4, č. 2, s. 31-35. ISSN 1212-3536.

[23] *Monitoring vnitřního ovzduší v bytech* [online]. 21.7.2006 [cit. 2006-08-11]. Dostupné z: http://www.szu.cz/chzp/ovzdusi/mzso/documents/i_7h.htm.

[24] *The Right to Healthy Indoor Air* [online]. 17.5.2000 [cit. 2006-08-18]. Dostupné z: http://www.euro.who.int/document/e69828

[25] KUBÍNOVÁ, R. *Projekt měření vnitřního ovzduší bytů 2003 – 2004 (dotazník)*. Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. Praha : Státní zdravotní ústav.

KUBÍNOVÁ, R. *Sledování ukazatelů zdravotního stavu v souvislosti s kvalitou vnitřního prostředí bytů (dotazník)*. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. Praha : Státní zdravotní ústav, 1999.

Přílohy

DOTAZNÍK

Úvodem několik slov…
Dostává se vám do rukou dotazník, jenž bude podkladem a nedílnou součástí diplomové práce na téma „Ovzduší v budovách a možná zdravotní rizika.“ Vzhledem k tomu, že valnou většinu dne člověk stráví právě v uzavřených prostorech, je tento dotazník zaměřen na některé faktory, které mají vliv na kvalitu ovzduší v budovách, a o nichž se dočtete níže.
Prosím přistupujte **zodpovědně** k jeho vyplňování.
Dotazník je anonymní.
Vyplněný dotazník odevzdejte na pokoj č. 416.

Děkuji za spolupráci

Petr Fibrich

Pohlaví: muž – žena
Věk:

ČASOVÝ FAKTOR

- Kolik času (v hodinách) strávíte denně v uzavřených prostorech (včetně spánku): …....
- Z toho kolik času (v hodinách) strávíte - v budovách: …….....
  - v dopravních prostředcích: …….....
  - z toho - ve veřejné dopravě: …...
  - v autě: …….....

SUBJEKTIVNÍ FAKTORY

- Uvědomujete si kvalitu ovzduší v budovách? ano – ne – nevím
- Vnímáte specifické pachy obytných prostor? ano – ne – nevím
- Pokud ano, tak jaké nejvíce: …….. ……
  ……
- Jak vnímáte ovzduší v okolí Vašeho bydliště? zcela uspokojivé
  spíše uspokojivé
  spíše neuspokojivé
  zcela neuspokojivé
- Jak jste spokojeni s kvalitou Vašeho bydlení? zcela uspokojivé
  spíše uspokojivé
  spíše neuspokojivé
  zcela neuspokojivé

ZDRAVOTNÍ FAKTORY

- Kouříte? ano – ne
- Pokud ano, tak kolik: méně než 10 cigaret denně
  10 – 20 cigaret denně
  více než 20 cigaret denně
- Jak dlouho kouříte (v rocích)? ……
- Pobýváte v zakouřeném prostředí? ano – ne
- Pokud ano, tak jak dlouho denně pobýváte v zakouřeném prostředí (v hodinách): ……
- Obtěžuje vás cigaretový kouř? ano – ne

- Jste alergický/á? ano – ne
- Pokud ano, tak na jaké alergeny: ……... …… ……
- Vyskytují se v prostorech, které obýváte, plísně? ano, trvale / ano, občas / ne, nikdy
- Jste v kontaktu s alergeny? ano – ne
- Pokud ano, tak jakými: ……... …… ……
- Pobýváte v prašném prostředí? ano – ne
- Jak často utíráte prach v místnostech, které obýváte? méně než 1 x týdně / 1 – 2 x týdně / více než 2 x týdně / denně

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU OVZDUŠÍ V BUDOVÁCH

- Jak často (kolikrát) denně větráte v zimě: ……
- Po jakou dobu? méně než 10 minut / 10 – 20 minut / více než 20 minut / stále
- Jak často (kolikrát) denně větráte v létě: ……
- Po jakou dobu? méně než 10 minut / 10 – 20 minut / více než 20 minut / stále
- Jaký je obvykle důvod vašeho větrání? pocit nedostatku kyslíku / akumulace různých pachů / jiný (jaký?): ……
- Vnímáte možný průnik škodlivých látek zvenčí? ano – ne
- Obtěžuje vás více: ovzduší venku / ovzduší uvnitř budovy
- Pobýváte v klimatizovaných místnostech? ano – ne
- Vadí vám suchý vzduch při dálkovém vytápění? ano – ne
- Pokoušíte se v prostoru, který obýváte, nějak zvlhčit vzduch? ano – ne
- Pokud ano, jak? zvlhčovač / odpařovací miska / mokrá látka / jinak
- Jak obvykle vnímáte teplotu v prostoru, který obýváte? příjemná teplota / horko / chladno
- Jak často (kolikrát) denně vaříte: ……
- Jak dlouho denně vaříte (v hodinách): ……
- Vnímáte vaření jako potenciální zdroj znečištění ovzduší v budovách? ano – ne

RADON

- Znáte účinky radonu na lidský organismus? ano – ne
- Znáte riziko působení radonu na lidský organismus? ano – ne
- Víte, zda pobýváte v místech s vyšší expozicí radonu? ano – ne
- Víte, kde zjistit informace o expozici radonu? ano – ne

FAKTORY ZLEPŠUJÍCÍ KVALITU OVZDUŠÍ V BUDOVÁCH

- Jakými mechanismy si zlepšujete kvalitu ovzduší v budovách: …… …… ……
- Jaké mechanismy mohou zlepšit kvalitu ovzduší v budovách: …….. …… ……