

Ing. Lada HENSEN
CENTNEROVÁ, Ph.D.
Eindhoven University of
Technology

Vývoj oboru vnitřního prostředí se zaměřením na zdraví a pohodu uživatelů

Development in the Field of Indoor Environment Engineering with a Focus on Health and Well-Being of Occupants

Recenzenti:
prof. Ing. František Drkal, CSc.
doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

Článek je o událostech a lidech, kteří měli vliv na to, jak bylo a je vnímáno vnitřní prostředí budov. Důraz je kladen na kvalitu vnitřního vzduchu a tepelnou pohodu. V 19. století měli lidé strach z šíření nemocí ve špatně větraných budovách, a proto doporučená množství venkovního větracího vzduchu byla odvozována z požadavků lékařů. Později převládly požadavky inženýrů a ve 20. století byla doporučená množství venkovního větracího vzduchu stanovena s ohledem na zajištění kvality vnitřního prostředí. Po ropné krizi (v druhé polovině 20. století) se objevil fenomén tzv. syndromu nemocných budov, zatímco na konci 20. století se dostal do popředí problém trvalé udržitelnosti rozvoje (sustainability). Až začátkem 21. století se do popředí zájmu (a důležitosti) v oboru vnitřního prostředí opět dostává zdraví lidí a s tím často spojená produktivita práce.

Klíčová slova: tepelná pohoda, kvalita vnitřního vzduchu

The article deals with events and people who have influenced how the indoor environment has been perceived. The emphasis is on indoor air quality and thermal comfort. In the 19th century, people were concerned about spreading illnesses in poorly ventilated buildings. Therefore, the recommended amount of outdoor ventilation air was derived from requirements of physicians. Later, the requirements of engineers prevailed and in the 20th century the recommended amount of outdoor ventilation air was set with regard to ensuring the indoor environment quality. After the oil crisis (in the second half of the 20th century) a so-called sick building syndrome phenomenon emerged, while at the end of the 20th century, the issue of sustainability came into focus. By the beginning of the 21st century, the health of occupants and the often associated work productivity are once again in the forefront of the interest (and importance) in the indoor environment field.

Keywords: thermal comfort, indoor air quality

OD STAROVĚKU DO 18. STOLETÍ

Tepelná pohoda – vytápění

Sledujeme-li snahu člověka zajistit teplo a světlo, musíme jít hodně daleko do historie, kdy lidé začali nejdříve používat jednoduché venkovní ohniště a poté oheň přenesli dovnitř jeskyní a chatrčí. Nejstarším uspořádáním bylo centrální ohniště a centrální střešní otvor pro únik kouře. Později byl oheň přemístěn do různých částí obydlí a lidé se snažili zlepšit účinnost tohoto způsobu vytápění. Nicméně i ten nejlepší otevřený oheň má jen 20% účinnost, přičemž většina tepla uniká kouřem pryč. Otevřené vnitřní ohniště – krb byl používán již 800 let před naším leto-



Obr. 1 Systém podlahového vytápění ve starověkém Římě – hypocaustum (zdroj: [29])

Fig. 1 Underfloor heating system in ancient Rome – hypocaustum (source: [29])

počtem, ale v Evropě se rozšířil až ve 13. století. Starověcí Římané již uměli k zajištění pohody vnitřního prostředí v palácích a lázních využít své znalosti pro stavbu podlahového vytápění (obr. 1). Dalším důležitým pokrokem v oblasti vytápění, který měl vliv na vnitřní prostředí, byl vynález komína v 15. století. Trvalo však dalších 200 let, než byl komín jako součást stavby domů plně rozšířen. První uzavřená krbová kamna byla vyrobena v 17. století [1].

Kvalita vnitřního vzduchu – větrání

Již ve starověku lidé věděli, že znečištěný vzduch může být pro zdraví škodlivý. Řekové a Římané si byli vědomi nepříznivých účinků znečištěného vzduchu například v přeplněných městech a v dolech (Hippokrates, 460–377 př. n. l.). Ve středověku se všeobecně předpokládalo, že je špatný vzduch zodpovědný za šíření nemocí a za nepříjemné zápachy, které se vyskytují v nevhodně větraných místnostech. Až do začátku 18. století si však lidé mysleli, že hlavním účelem dýchání je ochlazování srdce [2].

Úlohu kyslíku v dýchání objevil Antoine Lavoisier (1743–1794). Jeho práce byla důležitá pro pochopení metabolismu člověka, včetně kvantitativního vztahu mezi spotřebou kyslíku a uvolněním oxidu uhličitého (CO₂). Během následujícího půlstoletí bylo obecně akceptováno, že koncentrace CO₂ je měřítkem toho, zda vzduch je vnímán jako čerstvý nebo zatuchlý [2].

19. STOLETÍ

Kvalita vnitřního vzduchu – větrání

V roce 1853 zjistil Max J. Pettenkofer (1818–1901) jako první profesor hygieny v Mnichově, který se zabýval kvalitou vnitřního vzduchu, že nepříjemné pocity zatuchlého vzduchu nebyly způsobeny jen teplem a

vlhkostí (fyzikální ukazatele) nebo příliš velkým množstvím CO_2 či nedostatkem kyslíku (chemické ukazatele), ale také přítomností biologických látek (odérů), které produkují lidé. Pettenkofer uvedl, že špatná kvalita vnitřního vzduchu (jako taková) nezpůsobuje nemoci, ale že takový vzduch snižuje lidskou odolnost vůči látkám, které způsobují onemocnění. Pettenkofer doporučoval max. koncentraci CO_2 (s člověkem jako zdrojem znečištění) 1000 ppm. Optimální vzduch v místnostech, kde lidé dlouhodobě pobývají, by podle něho neměl přesahovat koncentraci 700 ppm CO_2 [2].

První minimum venkovního větracího vzduchu publikoval v roce 1836 důlní inženýr **Thomas Tredgold** (z Cornwallu, Velká Británie). Tredgold vypočítal, že na dýchání a spalování svíček je zapotřebí minimálně 2 l/s (7,2 m³/h) čerstvého venkovního vzduchu na osobu [3].

ASHRAE v roce 1895 doporučila pro větrání budov 15 l/s (54 m³/h) čerstvého venkovního vzduchu na osobu. Toto doporučení bylo založeno na práci **Johna Billingse** (1836–1913), lékaře a v té době významné autority v oblasti větrání v USA.

Od té doby existovaly dlouhou dobu dva myšlenkové proudy týkající se větrání budov. Na jedné straně se architekti a inženýři snažili o zajištění pohodlí, minimalizaci nežádoucích odérů a dodržení maximální koncentrace CO_2 a CO. Na druhé straně lékaři chtěli minimalizovat šíření nemocí, a proto požadovali značně větší množství venkovního vzduchu než inženýři a architekti.

Kvalita vnitřního vzduchu a tepelná pohoda

Snad nejkomplexnější přehled o vztahu mezi vnitřním prostředím a zdravím lidí měla **Florence Nightingalová** (1820–1910), britská zdravotní sestra, sociální reformátorka a průkopnice zdravotnické statistiky [4]. Nightingalová (obr. 2) napsala první moderní příručku pro ošetřování nemocných „Notes on Nursing, What It Is, and What It Is Not“ (Kniha o ošetřování nemocných) [5]. V předmluvě píše, že její kniha obsahuje zásady ošetřovatelství a je určena převážně pro ošetřovatelky, které jsou osobně zodpovědné za zdraví druhých.

První kapitola knihy se však nezabývá péčí o pacienty, ale na větrání. Nightingalová zde píše: „První úloha ošetřovatelství: udržujte vzduch, který pacient dýchá, čistý jako čerstvý venkovní vzduch, aniž byste ho ochlazovali.“ V druhé kapitole jmenuje pět klíčových bodů pro zajištění zdravého vnitřního prostředí v budovách:

- ☐ čistý vzduch,
- ☐ čistá voda,
- ☐ fungující kanalizace,
- ☐ hygiena,
- ☐ světlo.



Obr. 2 Florence Nightingalová (zdroj: [30])

Fig. 2 Florence Nightingale (source: [30])

Další z jejich doporučení, která jsou dnes znovu objevována:

- ☐ Přiveďte vzduch zvenku. Otevřete okna a zavřete dveře.
- ☐ Pro zdraví lidí je potřeba (přirozené) kolísání teploty vzduchu.
- ☐ Světlo je nezbytné jak pro zdraví, tak pro zotavení po nemoci.
- ☐ Bez slunečního světla degeneruje tělo i mysl.

Nightingalová přistupovala k problému vnitřního prostředí jako k celku. Obecně můžeme říct, že v 19. století obor vnitřního prostředí už nepatřil do oblasti filozofie, jak tomu bylo na začátku, ale stále více se rozděloval na dvě samostatné disciplíny: lékařství a techniku. Ve 20. století toto dělení na samostatné disciplíny dále pokračovalo.

20. STOLETÍ

Vědci byli stále více a více přesvědčeni o tom, že větrání v budovách je důležité především pro zajištění pohody lidí, a ne pro zabránění vzniku a přenosu nemocí vzduchem (kromě nemocnic a sanatorií). Obecně sílil odpor vůči dopravě a ohřevu velkého množství venkovního vzduchu předebraného pro větrání na základě lékařských výzkumů.

Klimatizace – tepelná pohoda

Začátek 20. století je také začátkem klimatizace – vynálezu, který měl velký vliv na vnitřní prostředí. Pravděpodobně první budova s chlazením (bez použití ledu) je budova Burzy cenných papírů v New Yorku, USA. **Alfred Wolff** (1859–1909) zde navrhl chladicí systém se třemi chladicími s chladicím výkonem 1 582 kW [6]. Přesto se nestal nejznámější osobností v oblasti klimatizace.

Za vynálezce (nebo otce) moderní klimatizace je považován **Willis H. Carrier** (1876–1950). V roce 1902 Carrier navrhl svůj první systém řízení teploty a vlhkosti v tiskárně v Brooklynu (New York, USA). Tento systém bohužel nefungoval dobře a navrhované podmínky nebyly klimatizací docíleny, nicméně je toto zařízení obecně označováno jako začátek klimatizace. Od té doby je klimatizace definována jako systém, který má čtyři základní funkce:

- ☐ úprava teploty,
- ☐ úprava vlhkosti,
- ☐ cirkulace vzduchu nebo větrání,
- ☐ čištění vzduchu (filtrace).

Carrier vytvořil v roce 1904 první chladicí zařízení, které umožnilo ovládat vlhkost a teplotu vzduchu v místnosti. V lednu 1906 získal patent nazvaný „Apparatus for Treating Air“ (Anglický výraz Air Conditioning vymyslel až později americký textilní inženýr Stuart Cramer) [7].

V roce 1911 Carrier představil svůj „Racionální psychrometrický diagram“ na setkání ASHRAE, který se stal základem pro výpočty v klimati-



Obr. 3 Příklad uplatnění klimatizace (zdroj: [31])

Fig. 3 Example of air-conditioning application (source: [31])

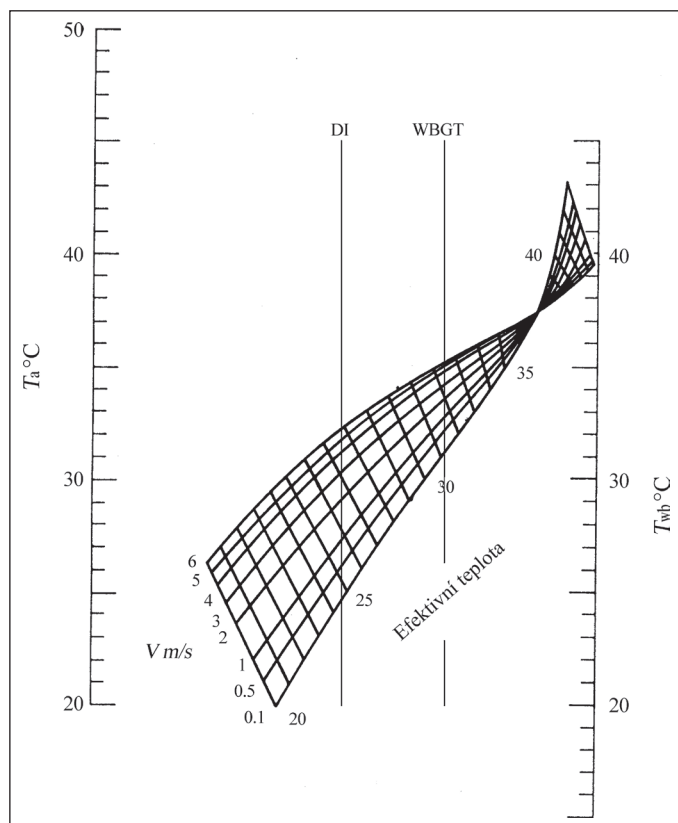
začnícím průmyslu. Jeho práce pomáhá určit přesný vztah mezi teplotou a vlhkostí pro celoroční regulaci vnitřního prostředí. Carrier značně ovlivnil obor vnitřního prostředí, a to nejen svou vědeckou prací, ale i vizí nového průmyslu – klimatizace, spojenou s jeho podnikatelskými aktivitami (obr. 3), přestože se nikdy nezabýval problémy souvisejícími s pohodou prostředí jako takovou.

Kvalita vnitřního vzduchu

Leonard Hill (1866–1952) věnoval svůj život a práci výzkumu a zlepšování vnitřního prostředí lidí doma i na pracovišti. Ve svých výzkumech nenašel důkaz, že by vysoké koncentrace CO_2 mohly způsobovat nepohodlí, a proto dospěl k závěru, že teplo, vlhkost a oděry (produkované člověkem a jeho činností) jsou hlavními zdroji nespokojenosti lidí v budovách s nedostatečným větráním. Hill sestavil přístroj známý jako „katateploměr“, jímž zjišťoval chladicí schopnost proudícího vzduchu na lidském těle. Katateploměr byl používán ke kontrole pracovních podmínek ve Velké Británii [8].

V roce 1923 časopis ASHRAE publikoval článek „Determination of The Comfort Zone“ (Stanovení komfortní zóny) (Houghten & Yaglou 1923) [9], který obsahoval oblast pohodlí vyznačenou v psychrometrickém diagramu. Autoři zavedli index „Efektivní teplota“ (ET), který byl široce používán v následujících 50 letech. ET je definována jako teplota suchého teploměru (DBT) v rovnoměrném prostředí s relativní vlhkostí 50 %, za které by docházelo ke stejné výměně tepla sáláním, konvekcí a odpařováním jako v dotyčném prostředí (obr. 4) [10].

Konstantin Yaglou (1897–1960) také zkoumal vztah mezi oděry produkovanými člověkem a intenzitou větrání. Dospěl k závěru, že tyto



Obr. 4 Nomogram efektivní teploty: T_a – teplota vzduchu [°C]; T_{wb} – tzv. teplota mokrého teploměru [°C]; v – rychlost vzduchu [m/s]; DI – index nepohodlí; WBGT (wet bulb globe temperature) – teplota mokrého a kulového teploměru (G. M. Budd dle Yaglou; zdroj: [32])

Fig. 4 Effective Temperature nomogram: T_a – air temperature [°C]; T_{wb} – so-called wet bulb temperature [°C]; v – air velocity [m/s]; DI – discomfort index; WBGT – wet bulb globe temperature (G. M. Budd according to Yaglou; source: [32])

oděry nejsou pro uživatele budov prokazatelně škodlivé. Yaglou uváděl, že oděry produkované člověkem závisí na teplotě a vlhkosti v interiéru. Požadavky na větrání byly určovány pouze čichem – s použitím lidského nosu jako senzoru [11].

V roce 1936 ASHRAE doporučila 7,5 l/s (27 m³/h) na osobu čerstvého vzduchu na základě jeho práce.

Tepelná pohoda

Adolf P. Gagge (1908–1993) představil v roce 1936 svůj model „Two Node Model“, tedy vzorec tepelné bilance lidského těla. Jeho model (někdy nazývaný Pierce model, protože Gagge model sestavil spolu se svými kolegy z J. B. Pierce laboratoře na univerzitě v Yale, USA) udává, že výměna tepla mezi člověkem a jeho prostředím (metabolismem, aktivitou, odpařováním, sáláním, konvekcí a vedením) je rovnovážná [12]. Tímto modelem Gagge aplikoval první zákon termodynamiky (zákon zachování energie) na člověka a jeho okolí. Jeho model byl dále rozvinut po 2. světové válce. Gaggeho výzkum dal základ studiím o výměně energie mezi lidským tělem a jeho okolím. Gagge ve své práci definoval operativní teplotu. Aplikace jeho výzkumu měla vliv na bezpečnost a ochranu zdraví při práci, v armádě, při průzkumu vesmíru a při navrhování i provozu budov [13].

Od počátku šedesátých let pracovalo mnoho vědců a výzkumných ústavů v oblasti tepelné pohody. Nejznámější a nejvýznamnější byl **Povl Ole Fanger** (1934–2006). Fanger (obr. 5) se zaměřil na vztah mezi fyzikálními parametry prostředí, fyziologickými parametry lidí a vnímáním pohodlí vyjádřeného samotnými uživateli interiéru. V roce 1970 vydal svou dizertační práci „Thermal Comfort“ [14], kde definuje



Obr. 5 P. Ole Fanger

Fig. 5 P. Ole Fanger

novou disciplínu: studium podmínek vnímané tepelné pohody ve vnitřním prostředí. Konceptuálním skokem ve srovnání s předchozími studiemi je Fangerem zavedená stupnice hodnocení tepelné pohody samotnými uživateli budov [13].

Použitím Fangerovy teorie vnímání tepelného komfortu je možné předpovědět, do jaké míry dané vnitřní prostředí (jeho fyzikální parametry) budou uživatelé hodnotit jako „chladné“, „neutrální“ nebo „teplé“. Předpověď průměrného tepelného vnímání, která je

Tab. 1 Stupnice tepelné pohody – PMV index (ČSN EN ISO 7730)

Tab. 1 Thermal comfort scale – PMV index (ČSN EN ISO 7730)

Subjektivní pocit	PMV index
horko	+3
tepo	+2
tepleji	+1
neutrálně	0
chladněji	-1
chladno	-2
zima	-3

spojena s kombinací šesti fyzikálních a osobních parametrů (teplota vzduchu, střední radiační teplota, relativní vlhkost, rychlost vzduchu, úroveň aktivity a tepelný odpor oděvu), se uvádí jako *PMV* index (Predicted Mean Vote = předpověď středního tepelného pocitu). *PMV* index udává předpokládaný názor skupiny lidí s identickým metabolismem a oděvem, pokud jde o jejich pociťování tepelné pohody. Index *PMV* však nehodnotí přijatelnost tohoto prostředí (tab. 1).

V návaznosti na *PMV* index zavedl Fanger také *PPD* index (Predicted Percentage Dissatisfied = předpokládané procento nespokojených), který – jak název říká – předpovídá spokojenost či nespokojenost uživatelů interiéru (obr. 6). Fangerův model, který je i v současné době základem většiny norem pro hodnocení tepelně-vlhkostního vnitřního prostředí budov, byl vyvinut pro použití v klimatizovaných budovách. Přesto byl od osmdesátých let používán i pro jiné (neklimatizované) budovy. Jinými slovy, interpretace Fangerova modelu v praxi není vždy zcela správná [15].

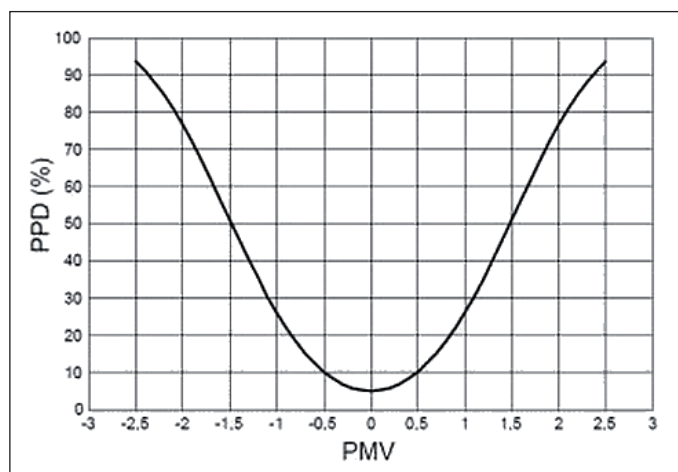
Environmentální hnutí

Problémy spojené s životním prostředím byly až do šedesátých let do značné míry svázány s kvalitou ovzduší ve vnitřních prostorách. V roce 1962 napsala **Rachel L. Carsonová** (1907–1964) knihu *Silent Spring* (Tiché jaro). V této knize popisuje škodlivé účinky pesticidů na životní prostředí. Její kniha zvýšila zájem veřejnosti o problémy způsobené chemickým průmyslem a o ochranu životního prostředí a pomohla vzniku ekologického hnutí. Životní prostředí bylo náhle synonymem pro vnější prostředí a bylo spojováno s průmyslovým znečištěním. Ochrana životního prostředí získala celosvětovou pozornost, ale *IAQ* (Indoor Air Quality = kvalita vnitřního vzduchu) na seznamu problémů životního prostředí nebyla.

V roce 1973 vydala ASHRAE svůj první Standard 62 s doporučeným množstvím přiváděného čerstvého venkovního vzduchu 7,5 l/s (27 m³/h) na osobu.

V roce 1981 ASHRAE rozdělila doporučené množství čerstvého přiváděného vzduchu do dvou kategorií. Pro nekuřácké prostory 2 l/s (7,2 m³/h) na osobu a pro interiéry, kde bylo povoleno kouření 10 l/s (36 m³/h) na osobu.

Mnoho různých studií z té doby (druhá polovina 20. století) ukázalo, že kvalita vnitřního vzduchu v obytných budovách je ovlivňována množstvím a kvalitou přiváděného čerstvého venkovního vzduchu, znečištěním vzduchu samotnými osobami a také emisemi z materiálů používaných v interiérech budov. Vědci se ve svých výzkumech zaměřovali na jednotlivé činitele, jako je radon, tabákový kouř, těkavé organické sloučeniny, formaldehyd, (jemný) prach, azbest, roztoče a jiné látky, které ovlivňují kvalitu vnitřního vzduchu.



Obr. 6 Závislost *PMV* a *PPD* (ČSN EN ISO 7730)

Fig. 6 Relationship between *PMV* and *PPD* (ČSN EN ISO 7730)

Sick Building Syndrome

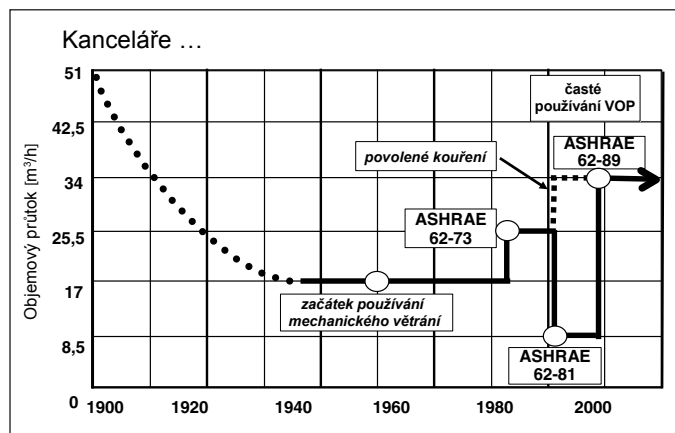
(syndrom nemocných/nezdravých budov)

S množstvím přiváděného čerstvého venkovního vzduchu, které bylo minimalizováno na 2 l/s (7,2 m³/h) na osobu (v důsledku energetické krize v sedmdesátých letech), se začalo objevovat stále více problémů spojených s vnitřním prostředím, zejména v kancelářských budovách (obr. 7). Zpočátku bylo používáno mnoho různých výrazů k označení tohoto fenoménu – vysokého výskytu zdravotních problémů a onemocnění v kancelářských budovách. Od roku 1982 začala Světová zdravotnická organizace (WHO) používat termín Sick Building Syndrome, SBS (syndrom nemocných budov) který se stal nejčastěji používaným termínem. SBS jsou příznaky (symptomy), které se projevují u některých obyvatelů budovy, když jsou v této budově přítomni, a které se zmírňují nebo úplně zmizí, když danou budovu opustí. Od roku 1989 jsou organizovány kongresy Healthy Buildings (zdravých budov), aby vědeckí pracovníci z oborů medicíny i techniky, společně s inženýry a lékaři z praxe, hledali a našli společnou odpověď na problémy, které způsobují SBS.

Jedním z hlavních problémů je, že výzkum i praxe se většinou zaměřují jen na jednotlivé komponenty vnitřního prostředí. Teprve na konci dvacátého století vznikaly první pokusy o holistický přístup k problémům spojeným s kvalitou vnitřního prostředí [16]. Holistický přístup (princip) zde znamená, že se při návrhu a hodnocení vnitřního prostředí berou v úvahu také „soft“ („měkké“) faktory, například faktory psychologické, které není možné měřit jako fyzikální faktory (teplota, vlhkost atd.) Po desetiletích, kdy lékaři a inženýři zkoumali tento problém samostatně, se tyto disciplíny začaly od sebe navzájem učit. Při výzkumu syndromu nemocných budov byly provedeny mnohé psychologické studie zaměřené na vnímání lidí. Tyto studie ukázaly, že mnoho budov je navrženo a provozováno způsobem, který nepodporuje pradávný „software“ našeho mozku.

Mezi základní zákony, které řídí naše chování a zároveň ovlivňují naši spokojenost s vnitřním prostředím v budovách, patří následující [17].

- Lidé a zvířata potřebují různorodost. To se týká zejména tepelné pohody. Homogenní prostředí (konstantní teplota) znamená, že se lidé cítí méně spokojeni.
- Člověk chce neustále zasahovat do svého prostředí. I tento zákon platí pro tepelnou pohodu (individuální regulace), ale i pro ergonomii (uspořádání pracoviště, rozmístění nábytku aj.)
- Každý podnět musí mít vysvětlitelný význam. Například vůně (nebo zápachy), které jsou v budově přítomny a lidé je neumí zařadit (rozpoznat), vedou ke stavu chronického neklidu (nespokojenosti).
- Člověk se vždy snaží mít své vlastní teritorium. Tento zákon se stává problémem v otevřených velkoplošných kancelářích.



Obr. 7 Přehled doporučeného množství přiváděného vzduchu v normách ASHRAE; VOP = variabilní objemový průtok (zdroj: [24])

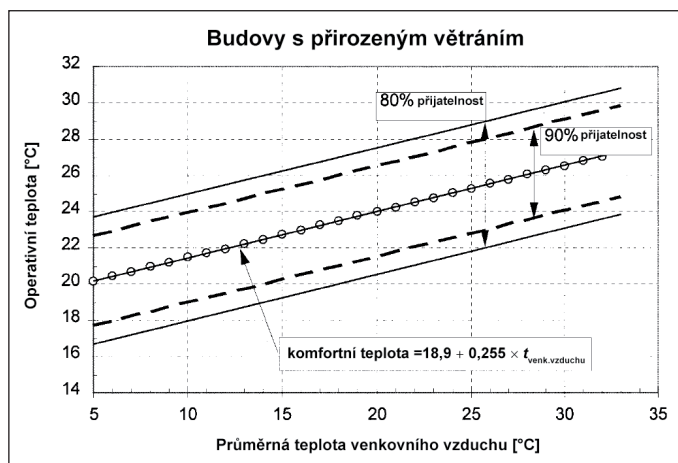
Fig. 7 Overview of the recommended supply air quantity in ASHRAE standards; VOP = variable volume flow (source: [24])

- ❑ Člověk žije v budovách jen několik století, což přerušilo jeho kontakt s přírodním prostředím (kde žil mnohem déle). Proto je velmi důležitý výhled do přírody.

Tepelná adaptace

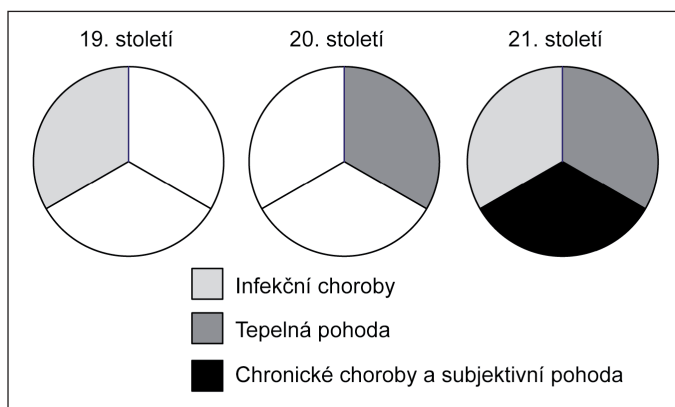
V osmdesátých letech začala diskuze o adaptivních principech souvisejících s tepelnou pohodou [18]. Iniciátorem byl **Michael A. Humphreys**, britský fyzik, který kromě jiného zkoumá tepelnou adaptaci uživatelů budov (a to nejen ve Velké Británii). V roce 1998 napsal spolu s **J. Fergussem Nicolem** článek „Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort“ (Porozumění adaptivnímu přístupu k tepelné pohodě) [19]. Výchozím bodem jejich diskuze bylo: „pokud dojde ke změně, která způsobuje nepohodlí, lidé reagují způsobem, který má tendenci obnovit jejich pohodlí“. Adaptaci vysvětlují jako „všechny fyziologické, psychologické, sociální, technologické a kulturní strategie (včetně chování), které lidé používají, aby si zajistili/obnovili tepelnou pohodu“. Někteří jiní vědci omezují termín adaptace na druh fyziologické nebo psychologické aklimatizace, prostřednictvím které by člověk mohl upřednostňovat nebo akceptovat jinou teplotu pokožky nebo množství potu pro docílení tepelné rovnováhy [19].

Gail S. Brager a **Richard J. de Dear** publikovali v roce 1997 přehled literatury o tepelné adaptaci v budovách [20] a vyvinuli adaptivní model tepelné pohody (obr. 8) [21]. Tento výzkum byl následně zařazen do



Obr. 8 Adaptivní model tepelné pohody – závislost operativní teploty na venkovní teplotě (zdroj: [21])

Fig. 8 Adaptive thermal comfort model – operational temperature dependence on outside temperature (source: [21])



Obr. 9 Změna zaměření pozornosti na tři různé požadavky k docílení zdraví lidí při navrhování technických zařízení, které souvisí s vnitřním prostředím (zdroj: [22])

Fig. 9 Change in focus to three different requirements for achieving human health when designing technical devices that are related to the internal environment (source: [22])

ASHRAE normy – Standard 55. Praktické výzkumy ukázaly, že Fangerem zavedený *PMV* index je nadměrně přísný pro neklimatizované budovy, jejichž uživatelé mohou sami ovládat/regulovat vnitřní prostředí (například otevřením oken).

PŘED ZAČÁTKEM 21. STOLETÍ

Z vývoje vnitřního prostředí v posledních třech stoletích lze konstatovat, že zpočátku byla nejdůležitější otázka zdraví. V 18. století chtěli lidé v budovách zdravé prostředí, aby zabránili šíření nemocí. Později byly problémy spojené s vnitřním prostředím zaměřeny na zajištění komfortu (obr. 9) [22]. Lidé chtěli být schopni realizovat pohodlné vnitřní prostředí po celý rok. Po ropné krizi v sedmdesátých letech minulého století bylo hlavním cílem ušetřit co nejvíce energie na úpravě čerstvého venkovního vzduchu. Ke konci 20. století vystoupila do popředí trvalá udržitelnost rozvoje (sustainability). Ve většině evropských zemí byla v té době udržitelnost vnímána hlavně v podobě úspor (fosilní) energie, například úspor energie zateplením (izolací) budov, či výrobou a použitím alternativní (udržitelné) energie, jako jsou solární (termické) kolektory a později fotovoltaické panely.

Pouze před několika lety (začátek 21. století) lidé znovu získali zájem o zdraví v prostředí budov. Předmětem diskuze jsou nová témata týkající se vnitřního prostředí, jako je vliv kvality vnitřního prostředí na produktivitu práce nebo konkrétní podpora zdraví uživatelů budov [23].

Kontakt na autorku: l.hensen@tue.nl

Poznámka recenzenta – situace v českých zemích:

V českých zemích se problematice úpravy vnitřního prostředí věnoval významný odborník v oboru větrání a vytápění Jan Ev. rytíř Purkyně, který v r. 1900 vydal publikaci Ústřední topení a větrání [27]. Purkyně a později i další odborníci vycházeli převážně z prací zahraničních autorů.

Problematice větrání a vytápění se věnoval i lékař Gustav Kabrhel (1857–1939) [26], zakladatel české hygienické školy a profesor hygieny na c. k. české univerzitě (Lékařské fakultě Univerzity Karlovy), kde se zasloužil o vznik Hygienického ústavu [25]. Lékař Gustav Kabrhel krátce pobýval i u prof. Maxe von Pettenkofera označovaného za zakladatele oboru, který zavedl objektivní vyšetřování faktorů prostředí a hodnocení jejich vztahu ke zdraví (viz výše).

Asi první ucelenou domácí práci, ve které byla problematika vnitřního prostředí (tepelné pohody, čistoty vzduchu) zpracována, je publikace Jana Pulkrábka Větrání (3. vydání 1961) [28]. V dalších letech se vnitřnímu prostředí věnovali i spolupracovníci Jana Pulkrábka Jaromír Cihelka a Ladislav Oppl. Podrobně se problematikou vnitřního prostředí zabýval Karel Luštinec, který vydal v r. 1981 publikaci Fyziologicky zdůvodněné optimální a přípustné hodnoty klimatických faktorů. Hygienickým požadavkům na pracovní prostředí a stanovení optimálních teplot na pracovištích se věnoval Miloslav Jokl (v letech 1978 až 2001). V roce 1989 v USA vydal publikaci Microenvironment: The Theory and Practice of Indoor Climate.

Použité zdroje:

- [1] NAGENGAST, B. An Early History Of Comfort Heating. *ACHRNEWS.com*. 2001.
- [2] SUNDELL, J. On the history of indoor air quality and health. *Indoor Air*. 2004, vol. 14, no. 7, pp. 51–58.
- [3] JANSSEN, J. E. The History of ventilation and Temperature Control. *ASHRAE J.* 1999, vol. October, pp. 48–70.
- [4] IDDON, C. Florence Nightingale: nurse and building engineer [online]. 2015. Available from: <http://www.cibsejournal.com/general/florence-nightingale-nurse-and-building-engineer/>
- [5] NIGHTINGALE, F. *Notes on Nursing, What It Is, and What It Is Not*. 1859.

KONVEKTORY

DESIGNOVÉ A EFEKTIVNÍ
VYTÁPĚNÍ

- [6] ROBERTS, B. Alfred Wolff Air-conditioning Pioneer. [online]. 2014. Available from: http://www.hevac-heritage.org/built_environment/pioneers_revisited/wolff.pdf
- [7] NAGENGAST, B. Early Twentieth Century Air-Conditioning Engineering. *ASHRAE J.*, no. March, pp. 55–62, 1999.
- [8] HILL, L., FLACK, M. W., McINTOSH, J., ROWLAMDS, R. A., Walker, H. B. The Influence of the atmosphere on our health and comfort in confined and crowded places. *Smithson. Misc. Collect.* 1913, vol. 60(23).
- [9] HOUGHTEN, F. YAGLOU, C. Determination of the comfort zone. *ASHVE Trans* 29. 1923, vol. 29, pp. 165–176.
- [10] AUCLICIEMS, A., SZOKOLAY, S. V. Thermal comfort. *PLEA Notes.* 2007, p. 66.
- [11] YAGLOU, C. P. Ventilation Requirements. *ASHVE Trans.* 1936, vol. 42.
- [12] GAGGE, A. The linearity criterion as applied to partitional calorimetry. *Am. Physiol. Soc.* 1936, vol. 116, no. 3, pp. 656–668.
- [13] FABBRI, K. A Brief History of Thermal Comfort: From Effective Temperature to Adaptive Thermal Comfort. In: *Indoor Thermal Comfort Perception: A Questionnaire Approach Focusing on Children.* 2015, pp. 1–302.
- [14] FANGER, P. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. *Therm. Comf. Anal. Appl.* 1970.
- [15] VAN HOOFF, J. Forty years of Fanger's model of thermal comfort: Comfort for all? *Indoor Air.* 2008, vol. 18, no. 3, pp. 182–201.
- [16] BLUYSSSEN, P. M. *The Indoor Environment Handbook.* 2012, vol. 165, no. 3.
- [17] VROOM, P. A. *Psychologische aspecten van ziekmakende gebouwen.* ISOR, 1990.
- [18] CENTNEROVÁ L. Tradiční & adaptivní model tepelné pohody. České vysoké učení technické v Praze, 2001.
- [19] HUMPREYS M. A., NICOL, J. F. Understanding the adaptive approach to thermal comfort. In: *ASHRAE Transactions.* 1998, vol. 104, no. Pt 1B, pp. 991–1004.
- [20] BRAGER, G. S., DE DEAR, R. J. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy Build.* 1998, vol. 27, pp. 83–96.
- [21] DE DEAR, R., BRAGER, G., DONNA, C. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Trans.* 1998, vol. 104, no. Part 1, pp. 1–18.
- [22] FRANCHIMON, F. Healthy building services for the 21st century. Technische Universiteit Eindhoven, 2009.
- [23] HENSEN CENTNEROVÁ, L. Pohoda vnitřního prostředí anno 2016. *Topenářství Instalace.* 2016, vol. 50, no. 6, pp. 22–26.
- [24] OLESEN, B. How much ventilation and how to ventilate in the future. Power Point, 2011.
- [25] ČAPKA, F. Gustav Kabrhel zakladatel české hygienické školy a jeho přínos k problematice škola a zdraví. *Škola a zdraví 21.* Brno: 2011.
- [26] KABRHEL, G. *Větrání a vytápění škol.* Vídeň: Nákladem Josefa Šafáře, 1903.
- [27] PURKYNĚ, J. E. *Ústřední topení a větrání. Díl I. Ústřední topení.* Praha: Česká matice technická, 1900, 174 s.
- [28] PULKRÁBEK, J. *Větrání.* Praha: SNTL, 1957.
- [29] [online]. Available from: <https://www.ancient.eu/image/860/roman-baths-floor-butrint/>
- [30] [online]. Available from: <https://www.historyonthenet.com/florence-nigh-tingle>
- [31] [online]. Available from: <http://silenttoronto.com/?p=729>
- [32] BUDD, Grahame M. Wet-bulb globe temperature (WBGT) – its history and its limitations [online]. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2008, Volume 11, Issue 1, Pages 20–32. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1440244007001478>

Až 850 milionů € ročně vydá Austrálie za klimatizaci zbytečně

Podle jedné studie běží v australských domácnostech klimatizace zbytečně i při delší nepřítomnosti lidí v bytě, v průměru 4,1 h/den. To může dělat ročně až 25 % účtu za elektrickou energii. Doba, po kterou je klimatizace spuštěna zbytečně, je silně závislá na věku členů domácnosti. U generace narozené po roce 2000 je to 5,6 h/den, u generace narozené mezi roky 1980 a 2000 je to 4 h/den a u generace z let 1965 až 1980 jen 3,6 h/den. Jistě je, že při teplotě venkovního vzduchu nad 40 °C Australané nad náklady za energii příliš nepřemýšlejí, v době své nepřítomnosti málokdy zastíňují okna a pro řízení teploty obvykle nepoužívají časovač.

Pramen: CCI 02/2018, s. 4

(AB)



- optimální okamžitý topný výkon těles
- významné úspory energie za vytápění
- pro všechny zdroje tepla včetně tepelných čerpadel
- mnoho variant rozměrů i barev
- podlahové, nástěnné, lavicové provedení



KORADO®