

Indexy hodnocení tepelného komfortu ve spojitosti s pracovními předpisy

Indices of thermal comfort evaluation in relation to working regulations

Kristýna Vavrečková¹, Lenka Šigutová¹, Lenka Schreiberová¹, Pavel Danihelka¹

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.¹

Abstrakt

Mikroklimatické parametry jako je teplota, relativní vlhkost a rychlost proudění vzduchu jsou důležitými faktory, které hrají v našem životě roli nejen z hlediska tepelného komfortu, ale i z hlediska pracovního výkonu a bezpečnosti práce. Tyto fyzikální veličiny jsou na sobě navzájem závislé, a změna jedné z nich může mít za následek i změnu dalších hodnot. Jejich účinky ovlivňují fyziologické stavy člověka včetně subjektivních pocitů pohody či nepohody. Hodnocení tepelné zátěže se pak opírá o změny fyziologických ukazatelů člověka, kde v případě extrémních hodnot lze pozorovat škodlivé účinky na lidské zdraví, častěji pak na výkon jedince. S klimatickou změnou pak tepelný komfort nabývá na významu i v BOZP. Příspěvek podává přehled metod hodnocení mikroklimatických parametrů v pracovním prostředí s ohledem na fyziologické dopady, včetně indexů sloužících jako indikátory.

Klíčová slova: *mikroklimatické parametry, tepelná zátěž, pracovní prostředí*

Abstract

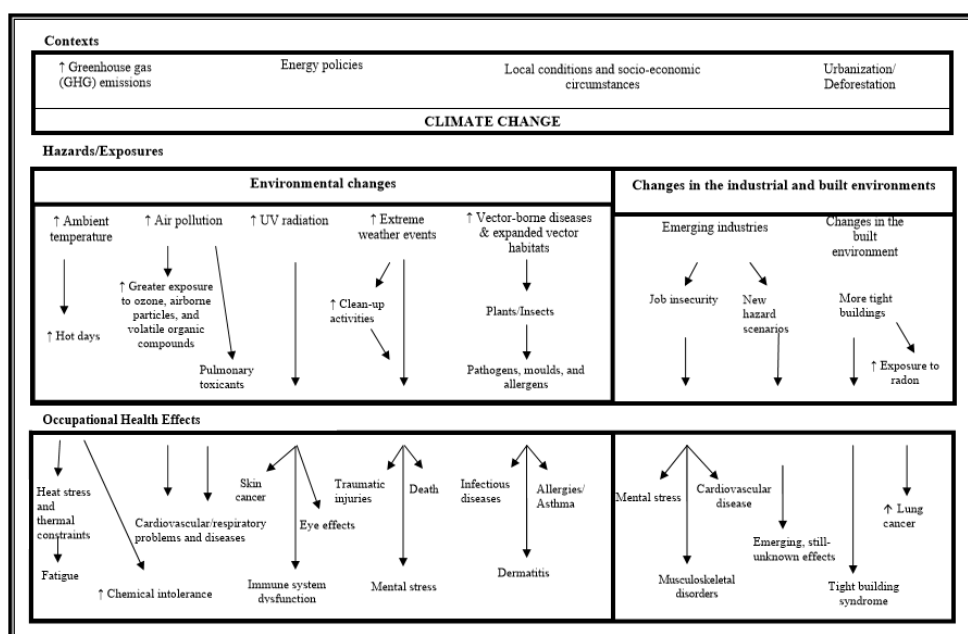
Microclimatic parameters such as temperature, humidity and air flow are important factors that play a role in our lives not only in terms of comfort but also in terms of work performance and occupational safety. These physical variables are interdependent, and changing one of them may result in a change in the other values, which may in turn affect the physiological values of a person, including subjective well-being or discomfort. Physiological evaluation of heat load is based on changes in human physiological indicators, where in the case of extreme values, harmful effects on human health can be observed. In the climate change conditions, thermal comfort importance grows in the OHS, too. The paper gives the overview of microclimatic and physiological parameters in the working environment and their indexes as indicator

Keywords: *microclimatic parameters, heat load, working environment*

Úvod

Obecně lze říci, že dopady změny klimatu na veřejné zdraví, životní prostředí a lidskou činnost obecně jsou relativně dobře zdokumentovány, což není případ dopadů na pracovní prostředí. Změna klimatu však bude mít pravděpodobně pozitivní i negativní důsledky, které bude modulovat sociopolitická a ekonomická sféra dané země v rámci adaptace. Klimatická změna však může mít i nepříznivé účinky na pracovní svět, zejména na zdraví a bezpečnost při práci. Pracovníci mohou být přímo či nepřímo zasaženi změnami v environmentálních podmínkách. Ačkoli jen málo studií konkrétně zkoumalo negativní dopady klimatické změny na bezpečnost a zdraví při práci, Schulte a Chun provedli v roce 2009 analýzu dosud publikované literatury, vztahující se k tomuto tématu (1; 2). Koncepční rámec vyvinutý těmito autory vizuálně zobrazuje vztahy mezi různými rizikovými faktory a bezpečností a zdravím při práci. Obrázek 1 ukazuje tento koncepční rámec. Na základě své analýzy Schulte a Chun dospěli k závěru, že zatímco klimatická změna může zvýšit prevalenci, distribuci a závažnost známých rizik z povolání, neexistuje důkaz, že povede k jedinečným nebo dříve neznámým rizikům. Zjistili také, že potenciální interakce mezi známými riziky a novými pracovními podmínkami by mohla vést k novým nebezpečím a rizikům. Autoři předložili dvě doporučení: (1) aby relativní velikost a četnost environmentálních rizik spojených s klimatickými změnami byla hodnocena na regionálním základě a (2), utvořit program výzkum a prevence vyvinutý na základě programu priorit pro řešení konkrétních problémů. (1; 2)

Obrázek 1 Koncepční rámec vztahu mezi změnou klimatu a bezpečností a ochranou zdraví při práci



(přizpůsobeno)

Jednou z důležitých vlastností lidského těla je teplotní homeostáza, což znamená udržování konstantní vnitřní tělesné teploty (přibližně 36,5 ° C). Jelikož člověk při různých činnostech produkuje teplo, musí být zajištěn odvod produkovaného tepla člověkem do prostoru tak, aby nedošlo k výraznému zvýšení tělesné teploty. Naopak odvod tepla nesmí být natolik intenzivní, aby nedošlo k jejímu výraznému snížení. Této vlastnosti je dosaženo pomocí termoregulačních mechanismů lidského těla jejichž hlavní sídlo je v hypothalamu. V případě nízkoteplotního prostředí dochází k aktivaci periferní vazokonstrikce, netřesové termogeneze (reakce organismu umožňující zvýšit produkci tepla), zimnice atd. naopak při vystavení teplému prostředí dochází např. k pocení, vazodilataci, zvýšení srdeční frekvence atd. s cílem dosažení stabilní tělesné teploty. Tato tělesná vlastnost úzce souvisí s tzv. tepelným komfortem, což je pocit, který člověk subjektivně vnímá při pobytu v daném prostředí. Člověk by tedy neměl cítit v daném prostředí pocit nepříjemného chladu, ani nepříjemného tepla. Jde tedy o příjemný pocit navozující celkovou pohodu i umožňující optimální pracovní výkon. (3)

Tepelný komfort závisí na různých parametrech. Primárně jde o fyzikální parametry: teplota vzduchu, vlhkost, rychlost proudění vzduchu, tlak, intenzita světla, ale taktéž jsou důležité osobní parametry daného jedince (věk, pohlaví, zdravotní stav, genetické predispozice) nutné je zahrnout i tzv. další parametry jako je úroveň lidské činnosti, hluk, typ oděvu, sociální podmínky (práce, bydlení, momentální psychický stav jedince). (4) Problematikou tepelného prostředí se v České republice řídíme především dle NV 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, , normou ČSN EN ISO 7730 - Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů Předpověď středního tepelného pocitu (PMV) a Předpověď procentuálního podílu nespokojených (PPD) či Kritéria místního tepelného komfortu. Dalšími normami jsou ČSN EN ISO 9886 (833559) - Ergonomie – Hodnocení tepelné zátěže podle fyziologických měření a ČSN EN ISO 7726 Ergonomie tepelného prostředí – Přístroje pro měření fyzikálních veličin. (5; 6; 7) Metodický návod na měření a hodnocení mikroklimatických podmínek na pracovišti a vnitřního prostředí staveb je uveden v části 8/2013 Věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR. (8)

Faktory ovlivňující tepelný stav organismu

Mezi faktory, které určují tepelný stav organismu patří již zmíněná teplota, relativní vlhkost a proudění vzduchu, přičemž proudění vzduchu je velmi důležitý faktor, který zároveň ovlivňuje tok škodlivin v pracovním prostředí. Všechny tyto fyzikální veličiny jsou na sobě

závislé a změna jedné této veličiny vyvolá změnu zbývajících dvou veličin. Díky těmto fyzikálním veličinám je možné vymezit subjektivní pocit pohody či nepohody daného jedince v pracovním prostředí. Tyto veličiny při překročení hranice subjektivní nepohody je možné posuzovat jako škodliviny s negativním vlivem na zdraví člověka a jeho pracovní výkon. Pro měření těchto fyzikálních veličin se využívá norma ČSN EN ISO 7726 – Ergonomie tepelného prostředí – Přístroje pro měření fyzikálních veličin. (11)

Teplota vzduchu:

Adaptace lidského těla na teplo klesá se stářím rychleji než fyzická zdatnost. Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. ukládá zaměstnavatelům povinnost zkrátit, u nových zaměstnanců v horkých provozech po dobu prvních třech týdnů, pracovní expozici o 30 %. Je nutné mít na paměti, že tepelné podmínky mají mnohem větší vliv na subjektivní pocit pohody člověka a skutečnou produktivitu práce než např. obtěžující hluk nebo jiné nežádoucí škodliviny v pracovním prostředí. (12; 7)

Teplota je jedním z faktorů zajišťujících optimální prostředí pro pobyt člověka nejen v pracovním prostředí. V případě tepelné pohody je tak zachována rovnováha metabolického tepelného toku, označována jako tepelná produkce člověka, a zároveň je zachován i tok tepla odváděného z těla při optimálních hodnotách fyziologických parametrů. V případě potřeby mechanické úpravy toku tepla z povrchu těla je nutná změna tepelného odporu oděvu a změna činnosti člověka. (12)

V současné legislativě jsou doporučené hodnoty teplot vzduchu pro pracovní prostředí v závislosti na třídách práce vzhledem k druhu činnosti a oděvu, který by měl zajistit vhodné tepelné podmínky. Zároveň z pohledu legislativy je možné odlišit dlouhodobou a krátkodobou přípustnou pracovní tepelnou zátěž. Dlouhodobá zátěž je dána množstvím vody ztracené potem a dýcháním pro zvýšené teploty, energetickým výdajem organismu pro teploty nízké. Krátkodobá zátěž je limitována množstvím akumulovaného tepla v organismu. (12)

V důsledku vyšších teplot může docházet u pracovníku k nadměrné únavě a nesoustředěnosti vedoucí k chybám (např. u operátorů nebo řidičů) až k nebezpečným úrazům. V případě, že vysoké teploty trvají déle, mohou se projevit příznaky akutních poruch zdraví z horka jako je nevolnost až zvracení, bolest hlavy, krvácení z nosu a úst, náhle a vůlí nekontrolovatelné zrychlení a prohloubení dechu, snížení diastolického krevního tlaku, změny barvy obličeje, křeče a průjem, mravenčení a brnění. Naopak při práci v chladu, může dojít k omezení

průtoku krve kůži, vzestupu krevního tlaku, zrychlení srdeční frekvence, a celkovému poklesu tělesné teploty.

V pracovním prostředí je možné ještě rozlišit časovou či prostorově nerovnoměrnou tepelnou zátěž a jednostrannou kontaktní, neboli dotykovou tepelnou zátěž, což je vystavení pracovníků tepla či chladu při dotyku s danými předměty. (12)

Relativní vlhkost vzduchu:

Vlhkost vzduchu vnitřního prostředí závisí na venkovní vlhkosti, technologických zdrojích a množství pracovníků na jednotku objemu. Doporučené hodnoty jsou mezi 30–70% relativní vlhkosti. Pod 20% relativní vlhkosti může u pracovníků dojít k intenzivnějšímu vysoušení sliznice horních dýchacích cest, tedy následně ke snížení obranyschopnosti před nežádoucími látkami a organismy v ovzduší, proto se doporučuje v zimním období uměle zvyšovat vlhkost vzduchu za pomoci zvlhčovačů. (13; 7)

Rychlost proudění vzduchu:

Rychlost proudění vzduchu ve vnitřních pracovních podmínkách se má celoročně pohybovat v rozmezí $0,1 - 0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v závislosti na druhu pracovní činnosti a použitém pracovním oděvu. Velmi nepříjemně bývá pocíťován proud chladného vzduchu (průvan), při kterém může dojít až k prochlazení organismu, například při nadměrném ochlazení zpocené pokožky vlivem ventilátoru, klimatizace nebo vzduchové sprchy v provozech se zdroji tepla. Současně rychlost proudění vzduchu ovlivňuje i tok škodlivin nacházejících se v pracovním ovzduší, např. v metalurgických odvětvích. (14)

Parametry mikroklimatických podmínek v pracovním prostředí

U teploty vzduchu měříme suchou a mokrou teplotu vzduchu, výslednou, operativní, střední a radiační teplotu, korigovanou a povrchovou teplotu. Dále měříme relativní vlhkost a rychlost proudění vzduchu. (11)

Suchá teplota vzduchu (t_a) je základní fyzikální vlastností vzduchu. Jako teplotní kritérium ji lze použít v případě teplotně homogenního prostředí bez zdrojů sálavé teploty a při malých rychlostech proudění vzduchu. (12)

Mokrá teplota vzduchu (t_w) je měřena tak, že teplotní čidlo je obaleno trvale mokrou látkou. Zahrnuje tak ochlazování odparem, je tak blízká situaci zpoceného pracovníka. Mokrá teplota se používá také k výpočtu vlhkosti vzduchu. (12)

Výsledná teplota kulového teploměru (t_g) je teplota v okolí lidského těla, která je měřena kulovým teploměrem nebo stereoteploměrem. Zahrnuje vliv současného působení teploty vzduchu, rozdílné teploty okolních ploch (vztahuje se k emitovanému infračervenému záření) a rychlosti proudění vzduchu. Výsledná teplota je spolu s operativní teplotou základní teplotní veličinou pro hodnocení vlivu tepelného prostředí člověka. (12; 8)

Stereoteplota (t_{st}) vyjadřuje nerovnoměrnost tepelné zátěže v prostředí. Jedná se o radiační teplotu charakterizující tepelný stav prostředí v určitém prostorovém úhlu. (7)

Operativní teplota vzduchu (t_o) je rovnoměrná teplota uzavřené černé plochy, uvnitř které by člověk sdílel sáláním a prouděním stejně tepla jako v prostředí skutečném. Není veličinou měřenou, ale vypočítanou, dle vztahu (8):

$$t_o = \bar{t}_r + A (t_a -) [^{\circ}\text{C}]$$

kde t_a je teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

\bar{t}_r je střední radiační teplota [$^{\circ}\text{C}$]

A je koeficient, který je funkcí rychlosti proudění vzduchu podle Tab. 1.

Tab.1 závislost koeficientu A na rychlost proudění vzduchu

v_a ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
A (-)	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

Operativní teplotu t_o lze za podmínky rychlosti proudění vzduchu $v_a \leq 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ přímo nahradit výslednou teplotou kulového teploměru t_g . Je-li rozdíl mezi výslednou teplotou kulového teploměru (t_g) a suchou teplotou t_a menší než 1°C , lze jako výslednou teplotu používat hodnotu t_a [$^{\circ}\text{C}$] naměřenou suchým teploměrem. Operativní teplota se jako hodnotící tepelné kritérium používá pro hodnocení vlivu tepelného prostředí na člověka, resp. pro stanovení tepelné nebo chladové zátěže podle nařízení vlády č. 93/2012 Sb., Příloha č. 1, Část A, tabulky 2 a 3 a je podkladem pro výpočet náhrady tekutin. (7)

Střední radiační teplota (\bar{t}_r) je rovnoměrná teplota okolních ploch při níž se sdílí sáláním stejné množství tepla jako ve skutečném heterogenním prostředí. Vypočítá se z výsledné teploty kulového teploměru a teploty vzduchu. (8)

Radiační teplota (t_r) je rovnoměrná teplota okolních povrchů, kde sálání na jedné straně malého rovinného prvku je stejné jako ve skutečném prostředí. (12)

Korigovaná teplota vzduchu (t_{korig}) je teplota vzduchu snižena vlivem proudění vzduchu. Používá se při hodnocení účinku větru na člověka na venkovních pracovištích. (12)

Povrchová teplota (t_s) se měří kontaktními nebo bezkontaktními teploměry. Jedná se o teplotu naměřenou na povrchu těles, která se používá při hodnocení přípustných povrchových teplot pevných materiálů, s nimiž přichází kůže pracovníka do kontaktu. (8)

Relativní vlhkost vzduchu (rh) je poměr aktuálního tlaku vodní páry ve vzduchu k tlaku vodní páry v nasyceném vzduchu. Udává se v %. (8)

Rychlost proudění vzduchu (v_a) uváděná v $m.s^{-1}$ je veličina ovlivňující stav tepelného komfortu nebo diskomfortu v prostředí a měří se anemometrem. Časově je pohyb vzduchu v prostoru značně turbulentní a proměnný, a proto nelze k vyhodnocení použít přímo naměřené okamžité hodnoty, ale pouze střední hodnoty za delší časový interval – optimálně 3 minuty. Místa měření je třeba volit s ohledem na činnost a pohyb osob, kdy čidla jsou umístěna na úroveň hlavy, břicha a kotníků člověka pro sedící či stojící osobu. Jedná-li se o homogenní prostředí s přibližně stejnou teplotou v celém prostoru, stačí jedno opakovatelné měření ve výšce břicha stojící či sedící osoby. (8)

Metabolickou produkci organismu (M) můžeme stanovit několika metodami. Buď nepřímou kalorimetrií, nebo některou z tabulkových metod. Tabulkové metody patří mezi ty méně přesné, ale v hygienické praxi mezi nejpoužívanější metody hodnocení energetického výdeje organismu. Postupy pro stanovení energetického výdeje jsou uvedeny v ČSN EN ISO 8996. Řadí se zde například Odhad energetického výdeje podle druhu činnosti, Odhad energetického výdeje podle polohy těla a druhu vykonávané práce či Výpočet energetického výdeje z hodnot srdeční frekvence. (9)

Tepelné parametry oděvu výrazně ovlivňují tepelnou bilanci organismu. Pro posouzení pracovně tepelných podmínek se stanoví tepelný odpor oděvu podle ČSN EN ISO 9920. (10)

Tepelný komfort

Hodnotíme dle ČSN EN ISO 7730. Dle této normy tepelný pocit člověka závisí převážně na tepelné rovnováze jeho těla jako celku. Vliv na tuto rovnováhu má zejména vykonávaná tělesná činnost a oděv, dále pak parametry prostředí – teplota okolního vzduchu, střední

radiační teplota, rychlost proudění vzduchu a jeho vlhkost. Dle těchto parametrů lze stanovit ukazatele pro hodnocení tepelného komfortu: operativní teplota = t_o , předpověď středního tepelného pocitu = **PMV**, předpověď procentuálního podílu nespokojených, % = **PPD**, obtěžování průvanem **DR**. (5; 15)

Předpověď středního tepelného pocitu – PMV

Jde o ukazatel, který předpovídá střední tepelný pocit. Hodnocení probíhá na základě hlasování osob velké skupiny jedinců, které hodnotí svůj subjektivní pocit na sedmibodové stupnici ASHRAE.

Tab. 2 sedmibodová stupnice tepelných pocitů (PMV)

Body	Pocit
+ 3	Horko
+ 2	Teplo
+ 1	Mírně teplo
0	Neutrálně
- 1	Mírně chladno
- 2	Chladno
- 3	Zima

Předpověď procentuálního podílu nespokojených – PPD

Ukazatel PPD je kvantitativní předpověď poměrného počtu lidí, kteří budou s daným prostředím nespokojeni. Z velké skupiny lidí předpovídá procentuální podíl osob, které budou pravděpodobně pociťovat přílišné teplo nebo chladno. Ukazatel PPD lze zjistit v případě, že známe hodnotu PMV.

Hodnota indexu $PMV = 0$ charakterizuje ideální podmínky mikroklimatu, kterému odpovídá index $PPD = 5\%$ nespokojených. Podmínky vnitřního klimatu se považují za přijatelné, pokud se index PMV pohybuje v rozmezí hodnot od $-0,5$ do $0,5$, což odpovídá maximálně $PPD = 10\%$ nespokojených. Při použití modelu je třeba dodržet rozsah doporučeného použití modelu. V souladu s normou ČSN ISO 7730 je model platný pro: $PMV = -2$ až $+2$, $T_a = 10$ až 30 °C, $T_r = 10$ až 40 °C, $v = 0$ až 1 m/s, $p_a = 0$ až 2700 Pa, $M = 0,8$ až 4 met (46 až 232 W/m²), $ICl = 0$ až 2 clo (tj. 0 až $0,31$ m² K/W). (6; 15)

PMV a PPD vyjadřují vnímání tepelného prostředí pro tělo celkově, ale jedinec může vnímat tepelný diskomfort jednotlivými částmi těla při nežádoucím oteplování či ochlazování. Jde o

tzv. místní diskomfort jehož nejběžnější příčinou je průvan, ale také může být způsobený vysokým rozdílem teploty mezi kotníky a hlavou, případně příliš chladnou podlahou nebo asymetrickou radiací např. teplého vzduchu z topení umístěného po straně jedince. Diskomfort způsobený průvanem lze vyjádřit stupněm obtěžování průvanem (DR), který lze vypočítat dle matematické rovnice, do které vstupuje teplota vzduchu ve stupních celsia, místní střední rychlost proudění vzduchu a místní intenzivní turbulence. (15)

Fyziologické hodnocení pracovní tepelné zátěže

Fyziologické hodnocení tepelné zátěže se opírá o změny fyziologických ukazatelů, a to o teplotu tělesného jádra, ztrátu tekutin potem a dýcháním, srdeční frekvenci a teplotou kůže.

Ztráta vody potem a dýcháním (SR) ovlivňuje několik hlavních faktorů jako je věk, procento tělesného tuku, únava potního systému, nadměrný přívod tekutin nebo naopak dehydratace a charakter pocení (centrální, periferní). Za jednu hodinu může člověk vyprodukovat až 4 litry potu. Množství vody ztracené potem a dýcháním je všeobecně požadováno za nejlepší ukazatel dlouhodobé pracovní tepelné zátěže. Horní hranice rovnovážného stavu se u dobře zdatných adaptovaných jedinců na práci v horku pohybuje kolem $320 \text{ g.h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Pro běžnou populaci byla hodnota stanovena na $270 \text{ g.h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Pro průměrného jedince o ploše $1,8 \text{ m}^2$ tomu odpovídá celková ztráta vody potem a dýcháním 3,9 litrů za osmihodinovou směnu. V přepočtu na 1 m^2 tomu odpovídá $\text{SR} = 2160 \text{ g.m}^{-2}$ za osmihodinovou směnu. (16)

Teplota tělesného jádra (t_b) roste v závislosti na velikosti metabolické produkce a tepelných podmínkách okolí. Jedná se o optimální ukazatel krátkodobě únosné pracovní tepelné zátěže, viz. Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. To připouští v pracovních podmínkách vzestup teploty tělesného jádra o $0,8 \text{ }^\circ\text{C}$. (16)

Srdeční frekvence (SF) reaguje rozdílně na pracovní a tepelnou zátěž. Obecně platí, že SF při práci v horku nesmí překračovat limitní hodnoty platné pro fyzickou práci za optimálních tepelně vlhkostních podmínek, tj. 102 tepů/min jako celosměnový průměr a 150 tepů/min jako krátkodobě přípustná hodnota. (16)

Kožní teplota (t_{sk}) se měří na vybraných místech povrchu těla. Průměrná kožní teplota se vypočítává dle ČSN EN ISO 9886 jako plošně vážený průměr z jednotlivých bodů. Jedná se o vhodný ukazatel tepelného komfortu. V oblasti tepelného optima se teplota kůže pohybuje mezi $31 - 34 \text{ }^\circ\text{C}$. Hodnoty průměrné teploty kůže nad $37 \text{ }^\circ\text{C}$ jsou vždy varovné a znamenají vysoký stupeň zátěže. Naopak průměrná teplota kůže pod $31 \text{ }^\circ\text{C}$ je ukazatelem chladového

diskomfortu. Krátkodobě únosné tepelné zátěži dle Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., odpovídá vzestup průměrné teploty kůže o 3,5 °C (12)

Závěr

V příštích několika desetiletích bude globální kontext změn klimatu pravděpodobně vyžadovat významné změny v řadě průmyslových odvětví a povolání. Bude třeba čelit výzvám, protože vznikající dopady budou s největší pravděpodobností ovlivňovat pracovní prostředí. Každý problém bude muset být prozkoumán s přihlédnutím k často protichůdným environmentálním, sociálním a ekonomickým omezením. S ohledem na to, se výzkumná skupina domnívá, že je nutné rozšíření vědomostí s ohledem na tři hlavní orientace priorit: získání znalostí o nebezpečí a cílových skupinách populace, epidemiologický dohled ve spolupráci s orgánem ochrany veřejného zdraví a případná aktualizace hodnocení subjektivního a objektivního tepelného komfortu v pracovních podmínkách. Například nevýhodou modelu PMV-PPD je jeho použití pouze pro stejnorodé a stacionární podmínky prostředí. Model PMV-PPD také nezohledňuje rozdílné vnímání chladu a tepla, kdy lidské tělo je prokazatelně více citlivé na chlad. Nedávná literatura podporovala aktualizace v případě zvýšení validity a specifity subjektivních monitorovacích metod v pracovním prostředí. Extrémní povětrnostní události mohou nutit pracovníky, aby zůstali na pracovišti a prodlužovali pracovní dobu, dokud nedojde ke změně počasí, což způsobuje duševní únavu, která zvyšuje riziko nehod. Existuje značné množství norem a legislativních pokynů souvisejících s tepelným stresem a horkým prostředím. Poslední aktualizace nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, proběhla v roce 2012.

Modelování budoucích zdravotních rizik souvisejících s počasím vyžaduje pochopení rizik vyplývajících z aktuálního počasí, posledních změn a trendů či vztahu mezi klimatem a zdravím.

Poděkování

Tento článek vznikl za finanční podpory projektu Výzkumného ústavu bezpečnosti práce, v.v.i. s označením V05_S4 Bezpečnost práce v kontextu klimatických změn.

Literatura

- (1) SCHULTE, Paul A. a HeeKyoung CHUN. Climate Change and Occupational Safety and Health: Establishing a Preliminary Framework. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2009, **6**(9), 542-554. DOI: 10.1080/15459620903066008. ISSN 1545-9624. Dostupné také z:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15459620903066008>
- (2) *Impacts of Climate Change on Occupational Health and Safety*. 1. Québec: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2013. ISBN 978-2-89631-668-7.
- (3) MCGREGOR, G.R., P. BESSEMOULIN, K. EBI a B. MENNE. *Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development* [online]. World Meteorological Organization (WMO), 2015 [cit. 2019-09-20]. ISBN 978-92-63-11142-5.
- (4) EPSTEIN, Yoram a Daniel S. MORAN. Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. *Industrial Health* [online]. 2006, **44**(3), 388-398 [cit. 2019-09-20]. DOI: 10.2486/indhealth.44.388. ISSN 0019-8366. Dostupné z:
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/indhealth/44.388?from=CrossRef>
- (5) BERNATÍKOVÁ, Šárka. *Hodnocení spolehlivosti lidského činitele v závislosti na vlivu tepelné pohody* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2019-09-20]. Disertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba Fakulta bezpečnostního inženýrství Laboratoř výzkumu a managementu rizik.
- (6) POKORNÝ, Jan. *Svázání fyziologického modelu s modelem tepelného komfortu* [online]. Brno, 2012 [cit. 2019-09-20]. DOKTORSKÁ PRÁCE. Vysoké učení technické v brně.
- (7) *Nářízení vlády 93/2012 Sb.: , kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.* In: . Praha, 2012.
- (8) *Metodický návod na měření a hodnocení mikroklimatických podmínek na pracovišti a vnitřního prostředí staveb: Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR.* In: . Praha, 2013, ročník 2013, číslo 8.

- (9) ČSN EN ISO 8996. *Určování metabolismu*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- (10) ČSN EN ISO 9920. *Ergonomie tepelného prostředí – Hodnocení tepelné izolace oděvu a odporu oděvu proti odpařování*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- (11) ČSN EN ISO 7726. *Ergonomie tepelného prostředí – Přístroje pro měření fyzikálních veličin*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- (12) JIRÁK, Zdeněk, Marek BUŽGA a Radim PEKTOR. *Fyziologie práce: studijní opora*. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2014. ISBN 978-80-7464-580-8.
- (13) JOKL, Miroslav a Stanislav MALÝ. Relativní vlhkost a člověk : nové přípustné limity. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti*. 2009, **2**(2), 3. ISSN 1803-3687.
- (14) Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť. SZU [online]. Praha, 2007 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>
- (15) ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí - analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. 833563. 2006.
- (16) ČSN EN ISO 9886 (833559). *Ergonomie – Hodnocení tepelné zátěže podle fyziologických měření*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2004.

Kontakt:

Bc. Kristýna Vavrečková
Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.
Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1
vavreckova@vubp-praha.cz