Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

SOUHRNNÁ VÝZKUMNÁ ZPRÁVA

Číslo výzkumného úkolu: V05-S4

Název výzkumného úkolu: Bezpečnost práce v kontextu klimatických změn

Hlavní řešitel: VÚBP, v. v. i.

Spoluřešitel: -

Odpovědný řešitel: Pavel Danihelka

Výzkumní řešitelé: Bartosz David, Kempná Kamila, Novotný Petr, Plachý Martin, Rožnovský Jaroslav, Schreiberová Lenka, Smolka Jan, Vavrečková Kristýna, Wojkowská Lenka, Zavila Ondřej

©2021

Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a je součástí výzkumného úkolu **V05-S4 Bezpečnost práce v kontextu klimatických změn**, řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i., v letech 2019–2021.

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

ÚVOD

Měnící se klima se stalo, po desetiletích diskusí o jeho existenci, nezpochybnitelným faktem a globální hrozbou, jednou z největších v 21. století. Na tuto skutečnost reagovaly nejen mezinárodní instituce jako WMO, WHO, OECD, ILO, OSN nebo EU, ale také Česká republika, a to nejen vytvořením institucí jako je CzechGlobe a stanovením priorit ČHMÚ, ale také začleněním změny klimatu do strategických dokumentů ČR jako je Koncepce environmentální bezpečnosti ČR do roku 2030 s výhledem do roku 2050 nebo připravovaná Adaptace ČR na změnu klimatu. Jak ukazuje zpráva ČHMÚ „Aktualizace Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR“, klimatická změna přinese dramatické změny i do podmínek ČR a tedy i do problematiky BOZP.

Problematice změny klimatu a BOZP se věnuje i řada dokumentů ILO, např. Climate change and labour: The need for a “just transition”[1] nebo s řadou dalších organizací vytvořený The Social Dimension and Climate Change[2]. Evropská komise ve svém strategickém dokumentu SWD(2021) 148 final a 149 final „Strategický rámec EU pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci na období 2021–2027: Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v měnícím se světě práce“ konstatuje, že změna klimatu může ovlivnit bezpečnost a zdraví pracovníků, mimo jiné v důsledku zvýšené okolní teploty, znečištění ovzduší a extrémního počasí.

Změna teploty, srážek, větru nebo jiného typu počasí může ovlivnit lidské zdraví několika přímými i nepřímými způsoby. Úkolem je prozkoumat a charakterizovat, jak tyto klimatické podmínky mohou ovlivnit zdraví a bezpečnost pracovníků, a vytvořit plány pro zmírnění současných a předpokládaných dopadů na zdraví, reakci na ně a přizpůsobení se jim. Různé mezinárodní studie upozorňují na několik kategorií nebezpečí, kde se očekává dopad na BOZP v průmyslových zemích mírného pásma, tedy i v ČR: Jedná se hlavně o

- vlny veder/zvýšené teploty,
- látky a částice znečišťující ovzduší,
- UV záření,
- extrémní povětrnostní jevy a jejich sekundární dopady, například průmyslové havárie
- nově nebo více se rozšiřující infekční nemoci

Tato nebezpečí ovlivní pracovní činnosti související s přírodními zdroji a podmínkami (tj. se zemědělstvím a lesnictvím, ale i stavebnictvím), ale i v dalších oblastech zahrnujících práci v budovách a mohou ovlivnit socioekonomický kontext (zastavěné životní prostředí a zelená průmyslová odvětví), čímž nepřímo změní podmínky BOZP.
V podmínkách ČR bylo ve vstupní analýze projektu vyhodnoceno, že potenciálně největší riziko vytváří tepelný stres způsobený vlnami veder, který může působit nejen přímo, ale také potencovat jež existující tepelné namáhání vyvolané pracovními podmínkami (práce v blízkosti zdrojů tepla, vysoký energetický výdej). Výzkumné práce se proto z důvodů omezeného rozsahu projektu soustředily přednostně na tuto problematiku tepelného stresu, byť s vědomím potřeby řešení i ostatních uvedených hrozeb.

[1] International Journal of Labour Research, 2010, Vol. 2, Issue 2
[2] social-dimensions-of-climate-change.pdf (who.int)

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

ZKRATKY

Zkratky významných mezinárodních institucí (z hlediska poskytování informací o tepelném stresu)**:**

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists *(Americká konference vládních průmyslových hygieniků)*
ACSM	American College of Sports Medicine *(Americká vysoká škola sportovního lékařství)*
AIHA	American Industrial Hygiene Association *(Americká asociace průmyslové hygieny)*
ILO	International Labour Organization *(Mezinárodní organizace práce)*
ISO	International Organization for Standardization *(Mezinárodní organizace pro standardizaci)*
MSHA	Mine Safety and Health Administration *(Správa bezpečnosti a ochrany zdraví v dolech)*
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health *(Státní institut pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci)*
NFPA	National Fire Protection Association *(Národní asociace požární ochrany)*
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration *(Národní správa oceánů a atmosféry)*
OSHA	Occupational Safety and Health Administration *(Správa bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)*
SACHS	Standards Advisory Committee on Heat Stress *(Poradní výbor pro standardizaci v oblasti tepelného stresu)*
WHO	World Health Organization *(Světová zdravotnická organizace)*

Zkratky lékařské (použité při vyhledávání informací o tepelném stresu)**:**

BMI	Body Mass Index *(Index tělesné hmotnosti)*
bpm	Beats Per Minute *(Údery za minutu – srdeční frekvence - ve vazbě na srdeční aktivitu člověka)*
CNS	Central Nervous System *(Centrální nervová soustava)*
EEG	Electroencephalogram *(Elektroencefalogram – záznam časové změny elektrického potenciálu způsobeného mozkovou aktivitou člověka; v českém jazyce: EEG)*
ECG	Electrocardiogram *(Elektrokardiogram – záznam časové změny elektrického potenciálu způsobeného srdeční aktivitou člověka; v českém jazyce: EKG)*

Zkratky vybraných indexů tepelné zátěže:

WBGT	Wet Bulb Globe Temperature *(Teplota mokrého kulového teploměru)*
HSI	Heat Stress Index *(Index tepelného stresu)*

Ostatní:

EHE	Extreme Heat Event *(Událost spojená s výskytem extrémní tepelné zátěže)*
HAP	Heat Alert Program *(Program výstrahy proti teplu)*
HTT	Heat Tolerance Test *(Test tolerance na teplo)*

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

Seznam tabulek

Tab. 1 - Průměrné teploty vzduchu ve třech referenčních obdobích 1981 – 2010, 2021 – 2040 dojde k oteplení o 0,6°C oproti průměru z let 1981 - 2010 22
Tab. 2 - Příklady možných účinků léčiv na termoregulaci [78] 50
Tab. 3 - Ztráta pracovní doby v důsledku tepelného stresu podle odvětví a zemí v období 1995 a 2030 [71] 54
Tab. 4 – Charakteristika míst měření 75
Tab. 5 - Technické parametry čidel 79
Tab. 6 – Kristýna Vavrečková, 2021 86
Tab. 7 – Kristýna Vavrečková, 2021 86
Tab. 8 – Riziková pásma 111
Tab. 9 - Přehled studií času potřebného k získání nebo ztrátě krátkodobé aklimatitace 133
Tab. 10 - Škála hodnot pro tepltotní index (TI); výsledné hodnoty jsou udávány jako pocitová teplota v °C (TI) a je obvykle rozdílná od teploty vzduchu. 144
Tab. 11 - Komparace limitních hodnot SIVS, Teplotního indexu a WBGT Indexu 146
Tab. 12 - Komparace třídy práce z NV 361/2007 Sb., s mezinárodními doporučeními 146
Tab. 13 - Doporučení pro nastavení či úpravu základních opatření. 148
Tab. 14 - Ukázka aktualizované tabulky se čtyřmi úrovněmi opatření pro vlny veder 157

Seznam obrázků

Obr. 1 – Rozdíl průměrné roční teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR 18
Obr. 2 – Rozdíl průměrné jarní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR 19
Obr. 3 – Rozdíl průměrné letní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR 19
Obr. 4 – Rozdíl průměrné podzimní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR 20
Obr. 5 – Rozdíl průměrné zimní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR 21
Obr. 6 - Vývoj průměrné teploty vzduchu v letech 1961-2060 pro oblast Brna. Průměrná hodnota (černá čára) je za období 1981-2010 (znázorněna na celé současné období), 2021-2040 a 2041-2060. Šedá svislá čára ukončuje současné pozorování, na ni navazuje predikce modelů. Projekce klimatu je na základě středního odhadu modelů EURO-CORDEX, RCP 8,5 22
Obr. 7 – Průměrné roční teploty vzduchu (°C) za období 1961 až 2000 na území ČR 24
Obr. 8 – Odhad průměrné roční teploty vzduchu (°C) pro období 2021 až 2050 na území ČR 24
Obr. 9 – Odhad průměrné roční teploty vzduchu (°C) pro období 2071 až 2100 na území ČR. 25
Obr. 10 - Průběh teploty vzduchu za tropického dne 20. června 2021na klimatologických stanicích Brno – Tuřany a Brno – Žabovřesky a na jižní (JIH2) a severní (S) straně administrativní budovy. 27
Obr. 11 - Průběh teploty vzduchu za tropického dne 11. srpna 2020 na klimatologických stanicích Brno – Tuřany a Brno – Žabovřesky a v pracovně na jižní administrativní budovy. 28
Obr. 12 - Příklad denního průběhu globálního záření na klimatologické stanici Brno – Tuřany ve dnech 7. a 11. srpna 2020 28
Obr. 13, [25] 32
Obr. 14 – Teplotní zóny těla [39] 39
Obr. 15 – Příklady rizikových faktorů souvisejících s teplem [78] 40
Obr. 16 - Tepelné zisky a tepelné ztráty v teplém prostředí [53] 41
Obr. 17 - hypertermie (přehřátí organismu) [39] 42

Obr. 18 - podchlazení (hypotermie) [39] 43
Obr. 19 - Jak změna klimatu ovlivňuje fyzické, duševní a komunitní zdraví [34] 47
Obr. 20 - Porovnání doporučených limitních hodnot WBGT podle institucí [1] 52
Obr. 21 - Odhadovaný výskyt tepelného stresu na celém světě v roce 1995 [68] 55
Obr. 22 - Odhadovaný výskyt tepelného stresu na celém světě v roce 2085 [68] 55
Obr. 23 - Výskyt tepelného stresu v Evropě a Střední Asii, 1995 a 2030 [71] 56
Obr. 24 - Diagram vyjadřující algoritmus postupu ochrany zaměstnanců drobných, malých a středních podniků zaměstnavatelem před účinky „Heat Stress“ (ikona člověka označuje části algoritmu, do které je žádoucí zapojení zaměstnanců podniku, tj. efektivní komunikace a naslouchání názorů zaměstnanců vedoucími pracovníky podniku) 67
Obr. 25 - Rozmístění čidel v průmyslovém objektu 76
Obr. 26 – čidlo „1“ venek 76
Obr. 27 – čidlo „2“ venek asfalt 77
Obr. 28 – čidlo „3“ balička vepředu 77
Obr. 29 – čidlo „5“ hala EU vykládka 78
Obr. 30 – čidlo „6“ hala EU Autoklávy 78
Obr. 31 – HOBO U23 Pro V2 79
Obr. 32 - Průměr HI Balička vepředu, vzadu 81
Obr. 33 - Maximum HI Balička vepředu, vzadu 81
Obr. 34 - Průměr HI Venkovní čidla, kancelář ředitele 82
Obr. 35 - Maximum HI venkovní čidla, kancelář ředitele 82
Obr. 36 - Průměr HI venkovní čidlo, EU 82
Obr. 37 - Maximum HI venkovní čidlo, EU 83
Obr. 38 - Průměr HI venkovní čidlo, 4, RMM 83
Obr. 39 - Maximum HI venkovní čidlo, 4, RMM 83
Obr. 40 - HI 29.06.2021 84
Obr. 41 - HI 13.07.2021 84
Obr. 42 - HI 15.08.2021 85
Obr. 43 - Průměr HI B1,B2,B3 88
Obr. 44 - Maximum HI B1,B2,B3 88
Obr. 45 - Maximum HI/T/RH B2 89
Obr. 46 - Průměr HI B1,B2,B3, Ruzyně, Klementinum 89
Obr. 47 - Maximum HI B1,B2,B3, Ruzyně, Klementinum 89
Obr. 48 - HI 21.06.2021 90
Obr. 49 - HI 15.08.2021 90
Obr. 50 - Hierarchie sestupné účinnosti opatření za účelem ošetření rizik (ETUI, 2020) – původně publikováno v (NIOSH, 2016). 93
Obr. 51 - Koncepční model hierarchie kontrol pro upřednostňování úsilí o zlepšení bezpečnosti, zdraví a pohody všech pracovníků 93
Obr. 52 - Obecné schéma managementu rizik 100
Obr. 53 - Schéma procesu managementu rizik s ohledem na dostupnost informací o nebezpečnosti a expozici 108
Obr. 54 - Princip určení třídy rizika (risk band, RB) pomocí matice rizik 108
Obr. 55 – Obecný process Control Banding 109
Obr. 56 – Oblast aplikace nastroje CB 111
Obr. 57 – ALARP “mrkvový“ diagram (vlastní tvorba na základě HSE [61]) 113
Obr. 58 – Neustálé zlepšování a ALARP [106] 114
Obr. 59 - Životní cyklus BCM (převzato a upraveno z BS 25999-1:2006). 114
Obr. 60 – PDCA metoda [66] 115
Obr. 61 – Použité mikrokontrolery a jednodeskový počítač 117
Obr. 62 – Aplikace jednoduchého systemu loT s pomocí ESP8266 NodeMCU 118

Obr. 63 – Schéma zapojení ESP8266 NodeMCU s DHT11 118
Obr. 64 – Reálné zapojení ESP8266 NodeMCU s DHT11 118
Obr. 65 – Znázornění korelace Wer-Bulb ve vztahu k relativní vlhkosti vzduchu 119
Obr. 66 – Ukázka čtení naměřených dat uložených na cloudu 120
Obr. 67 - Souhrn měřených dat na obrazovce 120
Obr. 68 - Vytvořena signalizace úrovně Heat Index 121
Obr. 69 - Schéma zapojení sensoru Sharp GP2Y1010AU0F a sensoru DHT11 pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu 122
Obr. 70 - Ukázka reálného zapojení Arduino UNO a Sharp GP2Y1010AU0F, čidlem pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu DHT11 a datalogovací jednotkou 123
Obr. 71 - Úkázka zobrazení naměřených dat 123
Obr. 72 - Aparatura na napojení pro IoT 124
Obr. 73 - zadní strana sestavy 125
Obr. 74 - přední strana sestavy 125
Obr. 75 - Grafický přehled výsledného vztahu pro riziko tepelné zátěže pracovníka. 141
Obr. 76 - Profesionální měřící stanice – QUESTEMPº 32-34-36 (1), poloprofesionální stanice – HT30-promo (2), open-source měřící stanice (3) pro měření WBGT indexu pro vnější i vnitřní prostředí 145
Obr. 77 - Úrovně nebezpečí pro WBGT Index 145
Obr. 78 - PDCA cyklus aplikovaný v řízení rizik na pracovišti: PLAN – naplánování zamýšleného zlepšení (záměr); DO – Realizace plánu; CHECK – ověření výsledku realizace oproti původnímu záměru; ACT - úprava záměru i vlastního provedení na základě kontroly a plošná implementace zlepšení do praxe. 150
Obr. 79 – Vývojový diagram postupu varování před horkem v Římě 153
Obr. 80 – schéme varovného postupu třístupňového systému varování před horkem ve Philadelphii 154
Obr. 81 - Základní schéma fungování systému pro upozornění na vlny veder 158
Obr. 82 - Ukázka záznamu skóre tepelného stresu dle Public Health England [70] 161
Obr. 83 - Stupnice sebehodnocení tepelného komfortu pracovníků 161

Seznam schémat

Schéma 1 – Metoda procesu přezkumu literatury 14

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

Obsah

Obsah

TEORETICKÁ ČÁST 11
1 VÝZKUMNÁ POTŘEBA A VÝZKUMNÝ CÍL 12
1.1 Vstupní informace 12
1.2 Metodologie projektu 12
1.3 Změna klimatu na území ČR 16
1.3.1 Odhad změny klimatu 21
1.3.2 Mikroklima pracovního prostředí 26
1.4 Vliv změny klimatu/heat stresu na zdraví a bezpečnost 29
1.4.1 Vztah mezi změnou klimatu a fyziologií člověka 30
1.4.2 Vliv změny klimatu na bezpečnost 31
1.4.3 Adaptace člověka na tepelné podmínky 32
1.4.4 Vliv klimatické změny na biologicky agens šířenými nemocemi 33
1.5 Naplnění cílů udržitelného rozvoje v rámci světa a ČR 35
2 TEPELNÝ STRES A JEHO DOPADY 36
2.1 Mechanismus vzniku tepelného stresu 36
2.2 Indexy určené k měření tepelného stresu 36
2.2.1 Přímé indexy 37
2.2.2 Racionální indexy 37
2.2.3 Empirické indexy 37
2.2.4 Heat index 37
2.2.5 WBGT index 37
2.3 Fyziologické indikátory signalizující tepelný stres 38
2.3.1 Teplota těla 38
2.3.2 Srdeční tep 38
2.3.3 Pocení a dehydratace 38
2.4 Zdravotní dopady způsobené tepelným stresem 38
2.4.1 Teplota vzduchu (t_a) 41
2.4.2 Vlhkost vzduchu 43
2.4.3 Proudění vzduchu 43
2.4.4 Radiační teplota (též teplota sálání) 44
2.4.5 Akutní účinky tepelné zátěže na organismus 44
2.4.6 Chronická onemocnění způsobená teplem 46
2.4.7 Duševní onemocnění a souvislost s teplem 46
2.4.8 Individuální predispoziční faktory pro nemoci související s tepelným stresem 47
2.5 Porovnání pohledů mezinárodních organizací na hodnocení tepelného stresu 51
2.5.1 ILO 51
2.5.2 WHO 51
2.5.3 OSHA 51
2.5.4 NIOSH, CDC 51
2.5.5 Srovnání organizací v přístupu hodnocení tepelného stresu 51
2.6 Ekonomické dopady tepelného stresu a vliv na produktivitu práce 53
2.6.1 Produktivita práce v souvislosti s tepelným stresem 56
3 LEGISLATIVA K TEPELNÉMU STRESU 60

3.1 Přístup české legislativy k tepelnému stresu ... 60
3.1.1 Konzultace s hygienickou stanicí ohledně přístupu k tepelnému stresu ... 61
3.2 Přístupy zahraniční legislativy a norem k tepelnému stresu ... 61
4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI ... 65
PRAKTICKÁ ČÁST ... 66
5 MOŽNOSTI ŘÍZENÍ TEPELNÉHO STRESU A JEHO PREVENCE ... 67
5.1 Základní koncept algoritmu na ochranu zaměstnanců před tepelným stresem ... 67
5.2 Metodologie při terénním šetření a postup při umístění měřících čidel v rámci podniků ... 70
5.2.1 Průzkum blízkého okolí zkoumaného objektu ... 71
5.2.2 Průzkum situačního umístění zkoumaného objektu a jeho částí ... 71
5.2.3 Průzkum stavebního řešení a vybavení zkoumaného objektu a jeho částí ... 72
5.2.4 Průzkum zájmových pracovišť ... 72
5.2.5 Definování přesného zadání pro fyzikální měření ... 72
5.2.6 Umístění měřící techniky ... 73
5.2.7 Analýza naměřených dat v kontextu známých logických pravidel fungování daného prostředí 73
5.3 Analýza mikroklimatických podmínek ve vybraných institucích v České republice s využitím parametru Heat Index ... 73
5.3.1 Abstrakt: ... 73
5.3.2 Úvod: ... 73
5.3.3 Materiály a metody: ... 75
5.3.4 Výsledky: ... 80
5.3.5 Kancelářské prostory („B“) ... 87
5.3.6 Diskuse a závěr: ... 90
5.4 Schéma managementu rizik ... 92
5.4.1 Strategie řízení rizik ... 92
5.4.2 Popis bodů ke schématu managementu rizik ... 98
5.4.3 Základní schéma obecné metodologie managementu rizik ... 99
5.4.4 Popis jednotlivých kroků schématu ... 101
5.5 Další využitelné manažerské přístupy pro řízení tepelného stresu ... 107
5.5.1 Control Banding ... 107
5.5.2 ALARP / ALARA ... 112
5.5.3 Business Continuity Management ... 114
5.5.4 PDCA (Plan – Do – Check – Act) ... 115
5.6 Kontinuální měření mikroklimatických podmínek s ohledem na tepelný stres ... 116
5.6.1 Tvorba systémů pro měření tepelného stresu ... 117
5.6.2 Prvek IoT jako měřící systém pro hodnocení bezpečnostních parametrů na pracovišti ... 117
5.6.3 Autonomní měřící prvek pro dlouhodobé měření na pracovišti ... 121
5.6.4 Mobilní / přenosná měřící stanice pro operační měření ... 124
5.7 Organizační možnosti řízení tepelného stresu – zaměstnavatel ... 125
5.7.1 Školení zaměstnanců ... 126
5.7.2 Hydratace ... 126
5.7.3 Odpočinek ... 127
5.7.4 Označování nebezpečných zón ... 127
5.7.5 Instrukce pro bezpečné jednání v nebezpečných zónách ... 127
5.7.6 Osobní ochranné pracovní pomůcky ... 127
5.7.7 Režim práce ... 128
5.7.8 Meteorologická předpověď ... 128
5.7.9 Shrnutí konkrétních organizačních doporučení pro pracovní praxi ... 128

5.7.10 Technický dohled 129
5.7.11 Aklimatizace 130
5.7.12 Lékařský dohled 134
5.7.13 Obsah „Předběžné lékařské prohlídky“ 134
5.7.14 Obsah „Periodické lékařské prohlídky“ 136
5.7.15 Obsah „Písemné zprávy o lékařských nálezech“ 137
5.7.16 Úvahy o vlivu na schopnosti reprodukce 137
5.8 Organizační možnosti řízení tepelného stresu – jednotlivec 137
5.8.1 Životospráva 137
5.8.2 Psychohygiena 138
5.8.3 Komunikace na pracovišti 138
5.8.4 Osobní ochranné pomůcky 138
5.8.5 Meteorologické předpovědi 138
5.8.6 Zdravotnické povědomí 139
5.9 Navrhované řešení řízení tepelného stresu 139
5.9.1 Cíl a určení navrhovaného řešení 139
5.9.2 Nezbytné informace o tepelném stresu a jeho následcích 140
5.9.3 Základní schéma postupu při řízení rizik spojených s tepelným stresem 142
5.9.4 Shrnutí navrhovaného řešení 151
6 PŘÍKLADY DOBRÝCH PRAKTIK ZE ZAHRANIČÍ 152
6.1 Systémy včasného varování jako ochrana zdraví před teplem 152
6.1.1 Varovný systém v Římě 153
6.1.2 Varovný systém Philadelphia 154
6.1.3 Varovný systém v Anglii 156
6.2 Návrhy systémového řešení pro eliminaci nebezpečí tepelného stresu 159
7 ZÁVĚR 162
PŘÍLOHY 163
7.1 Anonymní dotazník pro subjektivní hodnocení mikroklimatických podmínek 163
7.2 Infografika 165
7.2.1 Chraň se před riziky tepelného stresu, a co pro to můžeš udělat 165
8.2.2. Co říká barva močí o tvém zdraví? 168
8 Zdroje 169

TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝZKUMNÁ POTŘEBA A VÝZKUMNÝ CÍL

1.1 Vstupní informace

Cílem výzkumného úkolu bylo vytvořit odbornou základnu ohledně možností přístupů k prevenci rizik při výkonu pracovních činností v souvislosti s klimatickými změnami. To zahrnovalo provedení komplexního sběru poznatků ze zahraničí a z ČR, zmapování vývoje během posledního období s ohledem na pracovní úrazovost, nemoci z povolání a dopady na pracovní výkon s důrazem na pozice, u kterých lze předpokládat vliv klimatických změn, dále byla provedena terénní šetření u vybraných pracovních pozic ve dvou podnicích, následně byly vymezeny stěžejní aspekty pro nastavení a úpravy systému prevence rizik a celkově BOZP, což je zpracováno do finálního výstupu, který by měl sloužit koncovým uživatelům (provozovatelé, zaměstnanci, odbory, experti v oblasti BOZP, kontrolní orgány, např. hygienické stanice…) k zabránění nepřijatelnému zvyšování rizik v souvislosti s klimatickou změnou a jejími projevy.

Projekt se zabýval, jak z jeho názvu vyplývá, otázkami bezpečnosti práce a ochrany zdraví při práci v souvislosti s klimatickou změnou. Ta je v současnosti považována za jednu z nejvýznamnějších globálních výzev a očekává se, že její dopady budou významné ve většině oblastí společnosti, a to včetně BOZP. Adaptace na klimatickou změnu se tak stává jednou z priorit, jak ukazuje řada národních i mezinárodních dokumentů.

Projekt „Bezpečnost práce v kontextu klimatických změn“ řešil mnohostranně komplexní problematiku – sama klimatická změna je složitý, a ne zcela probádaný proces, ovlivňující nejen například vlny veder, ale vedoucí také k významným změnám v chodu počasí a v jeho dopadu na lidské aktivity i přírodu. Klimatická změna tak přináší změny v teplotních poměrech, na které někdy bývá nesprávně redukována, ale i celkový posun klimatických podmínek k častějším a intenzivnějším meteorologickým extrémům. Lze tedy očekávat nejen vlny veder, ale také vlny mrazů a další mrazové jevy, tepelné ostrovy ve městech, prudké přechody mezi jednotlivými typy počasí, sucho, extrémnější srážky a s nimi související možnosti ohrožení pracovišť přívalovými i běžnými povodněmi, zvýšené riziko požárů (hlavně vegetace), jiné geografické rozšíření infekčních nemocí atd. Dopady na BOZP pak mohu být přímé, fyzikálním působením klimatických (meteorologických) jevů, ale také nepřímé, prostřednictvím složek životního prostředí (např. změnou kontaminace ovzduší), dopadem na technologie a tak vyvolanými haváriemi, ale i změnami ve společnosti a tak vyvolanými změnami na trhu práce. Celkově tak projekt vyžadoval propojení a kooperaci různých vědních oborů, přinejmenším klimatologie a meteorologie zdravotnictví, bezpečnostního inženýrství, environmentalistiky a managementu rizik. To reflektovalo jak složení řešitelského týmu, tak zvolené metody práce. Důraz byl kladen na komplexitu řešení, tedy na interakci mezi jednotlivými disciplínami a na společná řešení.

1.2 Metodologie projektu

K řešení projektu byly využívány tyto aktivity:
- literární rešerše
- průběžná komunikace s praxí a řešení aktuálních problémů koncových uživatelů (zaměstnavatelé, zaměstnanci, odbory, OSVČ, kontrolní orgány – hygiena práce…)
- sledování současného vývoje
- internacionalizace v rámci řešené problematiky včetně publikování a diseminačních aktivit
- komunikace s dalšími zainteresovanými stranami
- vzájemná výměna vědomostí

Zcela prvotním krokem pro získání potřebných dat byla literární rešerše, jejíž algoritmus je popsán níže.

Publikované recenzované původní články v časopisech či knihy, vztahující se ke vlivu klimatické změny na zdraví, bezpečnost a produktivitu od roku 2000 do roku 2019, byly prohledávány pomocí databází Web of Science a PubMed. Rovněž byly cíleně vyhledávány relevantní publikace od světově významných organizací v oblasti bezpečnosti práce jako WHO, ILO, OSHA, EU, ETUI, OECD, NIOSH. Byla použita relevantní anglická klíčová slova a jejich ekvivalenty v jazyku českém „workplace“, „heat stress“, „health“, „safety“, „climate change“, „labour productivity“, „illness“. Rovněž byly přezkoumány některé odkazy uvedené v bibliografii příspěvků. Byly zahrnuty pouze výzkumné články publikované v anglickém a českém jazyce. Celkem bylo získáno 190 relevantních článků a knih pro celkový přehled o vývoji výzkumu v této oblasti. Všechny články byly poté rozděleny do kategorií, jako jsou vliv tepelného stresu na zdraví, bezpečnost, pracovní výkon, vliv klimatických podmínek na lidské zdraví v pracovním prostředí a vliv změny klimatu na biologické agens.
Mnoho prací bylo zaměřeno na zkoumání vztahu mezi tepelným prostředím a různými zdravotními účinky osob ve venkovním a vnitřním pracovním prostředí. Tento přehled literatury se proto zaměřil hlavně na vliv klimatické změny na zdraví, bezpečnost a produktivitu, potažmo i na analýzu nových hrozeb vyplývajících ze změny klimatu ve vztahu s pracovním prostředím, jako je například vliv změny teploty na biologicky agens šířenými nemocemi, které mohou ohrozit zaměstnance při výkonu jejich pracovní činnosti. Proto byly z analýzy vyloučeny ty studie, které se buď zaměřily pouze na klimatickou změnu, nebo studie, které se zaměřovaly na zdravotní dopady v komunálním prostředí. Na základě těchto kritérií bylo do analýzy nakonec zahrnuto pouze 30 článků. Metoda postupu rešerše literatury je shrnuta ve vývojovém diagramu **Schéma *1***.

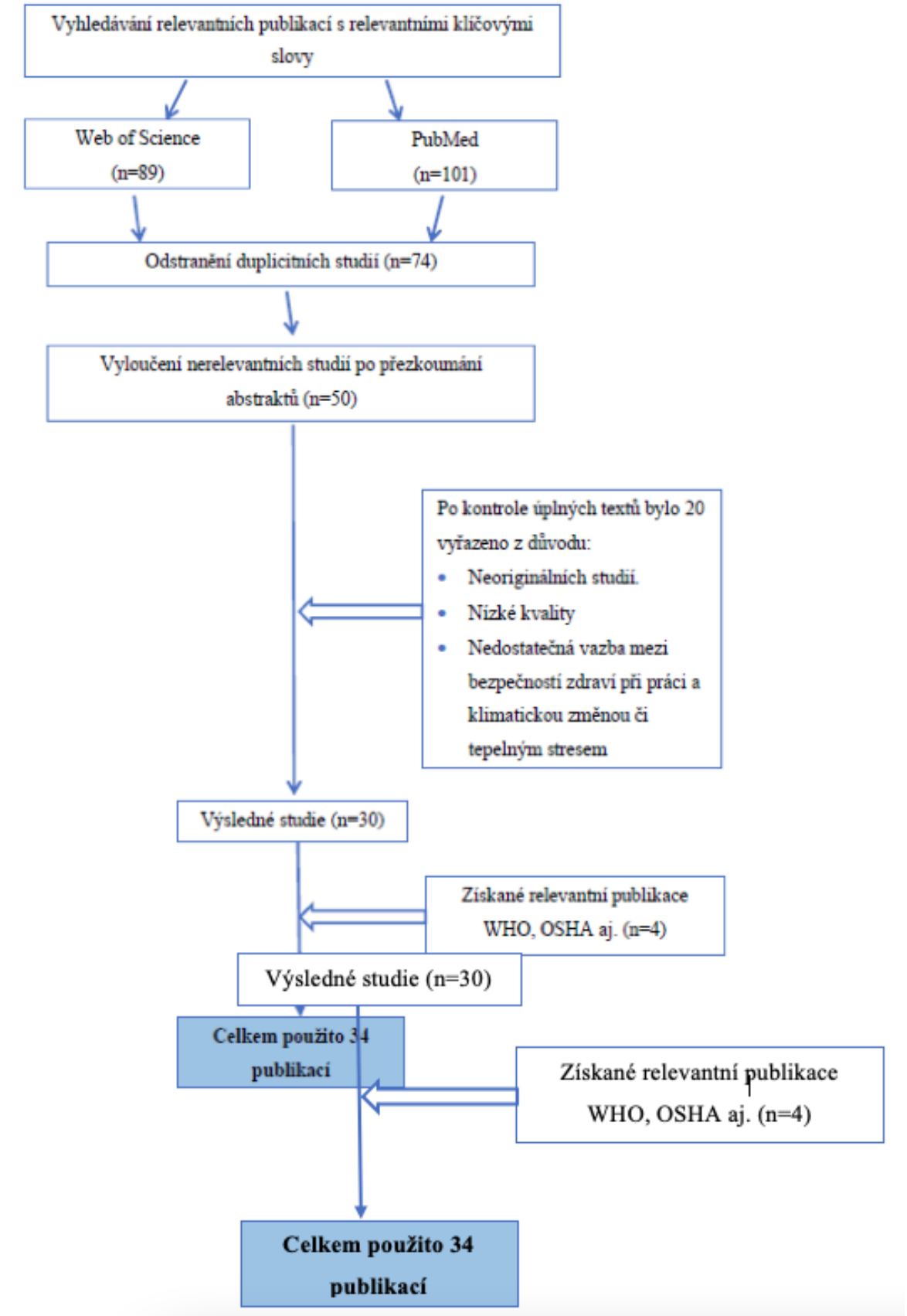


Schéma 1 – Metoda procesu přezkumu literatury

Literární zdroje byly zařazeny do následujících oblastí:

Změny klimatu

Byl získán přehled o stavu vývoje klimatu na území ČR a v aspektech, které mohou ovlivňovat podmínky v ČR i globálně, a to včetně zhodnocení důkazů, kterými jsou stanoviska podporována či naopak zpochybňována (nejistot), dále pak i předpoklady vývoje pro nejbližší dekády. Zhodnoceny byly minimálně celkové trendy (vzrůstající teplota, sucho), ale i změny v dynamice (prudké bouře, rychlé střídání počasí), a to s ohledem na jevy, které mohou mít dopady na BOZP jak přímé, tak nepřímé.

Významným faktorem bude očekávané prostorové rozložení změn a efektů, a to jak na úrovni územních celků, tak na menší úrovni, například lokální extrémy v rozložení teplot na některých místech měst (např. tzv. tepelné ostrovy měst), rizika bleskových povodní a extrémních větrů včetně tromb atd. Vzhledem k rostoucí frekvenci zahraničních služebních cest pracovníků zaměstnavatelů v ČR a možným zpětným vazbám bude potřeba zvážit i klimatické změny v zahraničí.

Působící faktory v BOZP

V souvislosti s klimatickou změnou, a to jak souvislosti přímé, tak i nepřímé, mohou působit různé typy faktorů, přinejmenším pak:

- fyzikální
- fyziologické
- chemické
- biologické
- sociální a psychosociální

Tyto faktory byly identifikovány včetně jejich relevance ke klimatické změně, zhodnocen jejich význam a u těch, které byly nalezeny jako významné, byla provedena alespoň semikvantitativní analýza. K ní byly využívány také databáze, které jsou k dispozici na VÚBP nebo jinak dostupné.

Obecné efekty – dopady na zdraví a kvalitu života

S ohledem na dva hlavní aspekty BOZP – na bezpečnost a na ochranu zdraví, byly z hlediska dynamiky potenciálních nežádoucích událostí hodnoceny také dva základní typy: „akutní“ události, tedy úrazy a havárie (dopad klimatické změny na technologie) schopné ohrozit zdraví a životy pracovníků, ale také populace v okolí podniku, a „chronické“ procesy, projevující se až po dlouhodobém působení nemocemi, zhoršením zdravotního stavu nebo snížením kvality života. Typickou možností je chronická dehydratace. Pro jednoduchost lze toto rozdělení přirovnat k BOZP, kde „akutní“ je bezpečnost a „chronické“ ochrana zdraví.

Součástí této části řešení byly také specifické aspekty ergonomie včetně pracovní pohody, a to až s přesahem na úroveň „decent work“ dle ILO.

Specifické segmenty (typové pracovní posty s dopady klimatické změny)

Jako modelové, tedy nikoliv výhradně, byly řešeny určité typy prací, kde lze očekávat dopady klimatické změny, mezi ně patří:

- Práce ve volné přírodě (zemědělci, lesníci, pracovníci dekontaminačních firem…)
- Práce vně budov uvnitř aglomerací nebo rozsáhlých technologií, kde je rozdílné mikroklima (policie, poštovní doručovatelé, městské služby…)
- Práce uvnitř budov; zde bude řešena otázka typu budovy a souvisejících mikroklimatických podmínek, a jejich dopady
- V záchranných službách a při mimořádných událostech (včetně požárů, povodní); zde budou cílovou skupinou nejen záchranářské jednotky, ale také zaměstnanci, kteří nejsou

v kategorii záchranářů, ale mohou být v rámci krizového vývoje na pracovišti mimořádnou událostí zasaženi.
- Alternativně i v dopravě (dle typu dopravy)
- NATECH – technologické havárie vyvolané přírodními jevy (dle terminologie OECD a její pracovní skupiny pro chemické havárie)
- V zahraničí na služebních cestách (včetně změn v geografickém rozložení chorob,…)
- Bude třeba zvážit, zda zahrnout i obyvatele "doma" a obecnou osvětu

Prevence
V průběhu řešení byla, na základě rešerše dobrých praktik na mezinárodní i národní úrovni, vytvořena datová základna dobrých praktik a ty, které budou využitelné i v prostředí ČR, budou zpracovány tak, aby jako výstup existovala metodika pro klíčové uživatele; ten se stane součástí znalostní báze VÚBP.

Mitigace následků:
Pro případy, kdy prevence buď selže, nebo ji nebude ekonomicky a společensky přijatelnými prostředky možno realizovat, je nezbytné mít připraveno řešení akutních událostí (např. extrémních bouří, povodní, požárů vegetace…), které mohou ohrozit zdraví a životy pracovníků, a to i v souvislosti s ochranou majetku, výrobních prostředků nebo životního prostředí. Jedná se o jistou formu Business Continuity Management (více v kapitole PŘÍKLADY DOBRÝCH PRAKTIK ZE ZAHRANIČÍ) a obsaženy budou dva klíčové principy: připravenost na mimořádné stavy a události a aplikace principu z BBB (Build Back Better) podle Sendai Framework Disaster Risk Reduction OSN.

1.3 Změna klimatu na území ČR

Změnou klimatu se vědci zabývají již několik desetiletí. V posledních několika letech jsou projevy změny klimatu naší společností vnímány daleko více, než tomu bylo dříve. Pojem změna klimatu, která je charakterizována jako jednosměrná změna působení klimatických faktorů. Stále diskutovaný je vliv člověka, tzv. *antropogenní ovlivnění klimatu* slyšíme stále častěji, je to dáno tím, že se velké části naší společnosti dotkly výskyty sucha. Je obecně známo, že nejen pro lidi a přírodu, ale i pro hospodářství jsou škodlivé výskyty extrémních hodnot meteorologických prvků. K nim patří jak extrémně vysoké, tak nízké teploty vzduchu. Problematika vývoje podnebí na Zemi je předmětem studia mnoha klimatologů a dalších odborníků. Jejich výsledky jsou však určitými skupinami jiných odborníků zpochybňovány. Jak vyplývá z různých studií, tyto změny jsou dány zvyšující se četností výskytů extrémních stavů počasí. Probíhající změna klimatu je nejčastěji dokládána zvyšováním teploty vzduchu, kdy hovoříme o tzv. globálním oteplování .

Pro posouzení změny klimatu je základem dlouhodobé hodnocení podnebí. Z analýz našeho podnebí vyplývá, že naše podnebí má vysokou proměnlivost. Na ní se podílí geografická poloha a reliéf našeho území. Jsme součástí mírného klimatického pásu, ovšem v oblasti přechodného klimatu středoevropského **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**. Významnou roli sehrávají cirkulační geografické poměry. Po převážnou část roku u nás převládá vzduch mírného pásma, ale na našem území se projevuje v krátkých obdobích i vzduch tropický, ale také vzduch arktický. Atlantický oceán způsobuje, že oceanita našeho podnebí je vyšší v Čechách, kde jsou častěji mírnější zimy a chladnější léto, srážky jsou rozděleny rovnoměrněji. Naopak kontinentalita je oproti Čechám vyšší na Moravě a ve Slezsku, kde jsou také větší teplotní amplitudy.

Z geografických podmínek mají vliv naše hory, které vytvářejí tzv. klimatické přehrady, kdy zčásti zabraňují vpádům studeného vzduchu od severu více v Čechách, ale vzhledem k západnímu

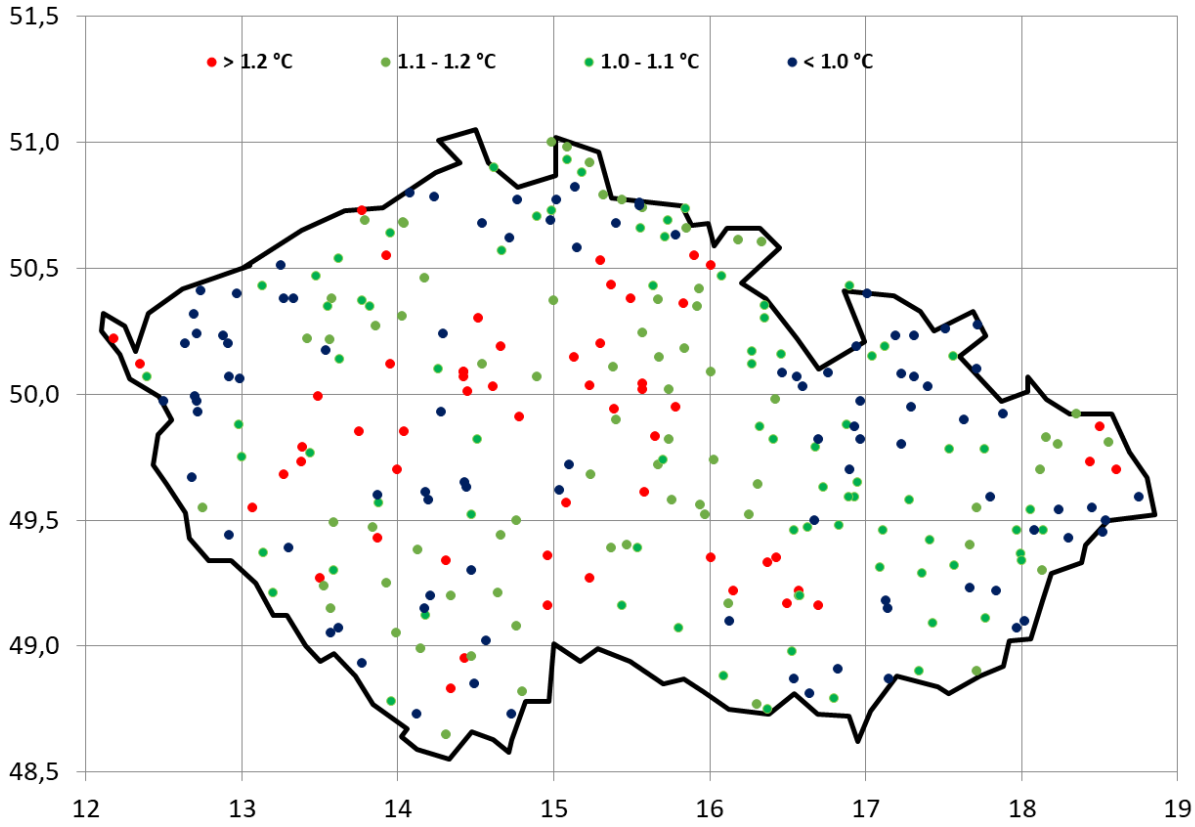
proudění vyvolávají dešťový stín. Významnou roli pro naše počasí má cyklonální činnost, která ovlivňuje přechody atmosférických front přes naše území, a tím výskyt srážek. V Atlasu podnebí Československa **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a Podnebí ČSSR - Tabulkách **Chyba! nalezen zdroj odkazů.** jsou uvedeny výstupy zpracování za období 1901 až 1950. Mapy klimatických prvků v Atlasu podnebí Česka **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, byly vypracovány z eteorologických údajů za období 1961 až 2000. Vidíme, že desetiletí 1951 až 1960 zpracováno není.

Od 80. let 20. století je pozorován významný nárůst teplot vzduchu, a to ve všech sezónách s výjimkou podzimu **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**. Převážný počet roků v posledním desetiletí ěl extrémně vysoké teploty vzduchu. Jde o roky 2012, 2015, 2017, 2018, ale také 2019. Je nutné zdůraznit, že vysoké teploty vzduchu nevylučují výskyty mrazů. Jejich škodlivost se naopak zvyšuje dřívějšími nástupy vegetačního období **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**. Možné dopady změn ašeho podnebí jsou studovány v širokých souvislostech již od devadesátých let minulého století.

Průměrná roční teplota vzduchu se za období 1961 až 2020 pohybovala od pod mínus 2 °C (vrcholové polohy) až k 10 °C na jižní Moravě. Ovšem je nutné uvést, že teplejší, než jižní Morava je centrální část Prahy, kde vlivem tepelného ostrova přesahuje roční průměr hodnotu 10 °C. Z analýzy průměrných ročních a měsíčních teplot vzduchu za období 1961 až 2020 vyplývá, že teploty vzduchu na našem území mají statisticky prokazatelný trend růstu. Nejvyšší maximum teploty vzduchu na území ČR bylo naměřeno 20. 8. 2012 v Dobřichovicích, a to 40,4 °C. Nejnižší minimum teploty vzduchu, - 42,2 °C se vyskytlo v Litvínovicích u Českých Budějovic 11. února 1929. V průměru je nejchladnějším měsícem roku leden, nejteplejším měsícem červenec. Z analýzy průměrných ročních a měsíčních teplot vzduchu za období 1961 až 2010 vyplývá, že teploty vzduchu na našem území rostou.

Za sledované období (1961 až 2020) se prokázal statisticky významný vzestup teploty vzduchu na celém území ČR, ovšem je odlišný v jednotlivých oblastech, v podstatě od zvýšení o 1,3 °C až přes 2,2 °C. Nárůst teploty vzduchu je prokazatelný u všech měsíců v roce, takže i v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší vzestup teploty vzduchu je v letním období, nejnižší potom na jaře a na podzim. Z hlediska dopadů změn klimatu je významný vzestup teploty v zimě. Je však nutné zdůraznit, že růst teploty vzduchu vykazuje velkou dynamiku mezi jednotlivými roky, ale také v průběhu jednotlivých let, kdy jsou mnohé měsíce velmi rozdílné. Není výjimkou, že v roce jako celku velmi teplém jsou extrémní teploty minimální a v létě naopak maximální, např. rok 2003.

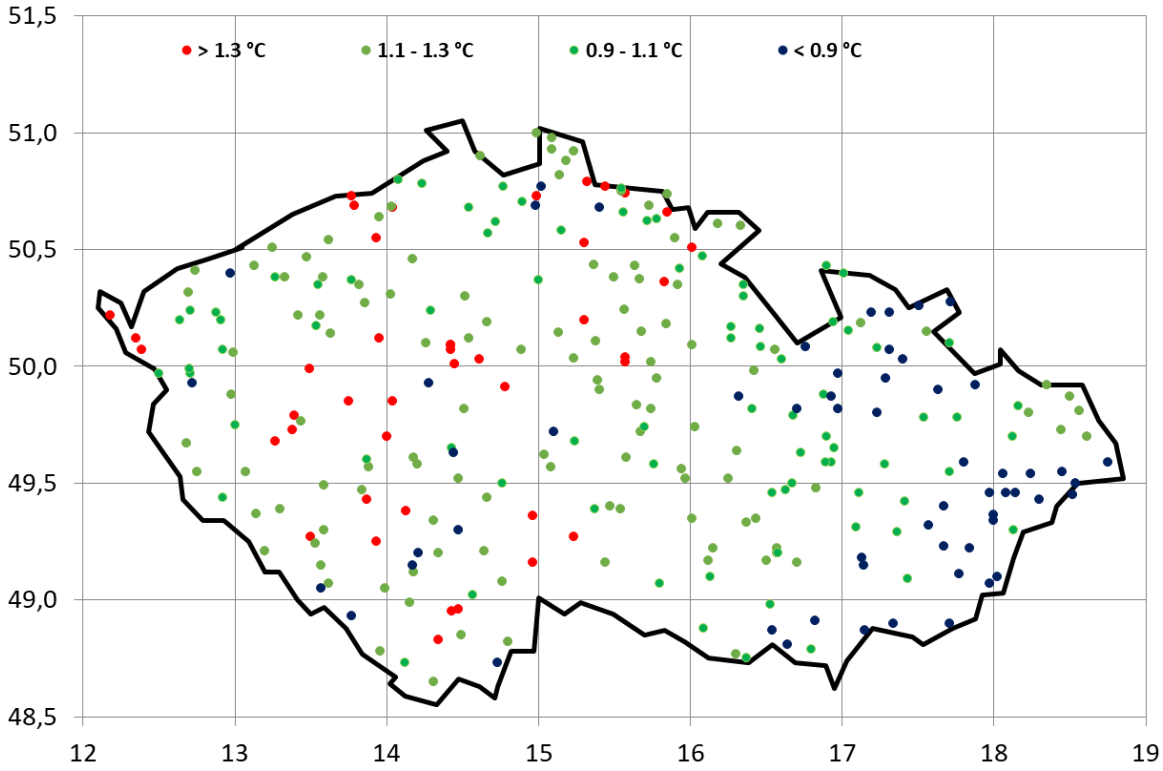
Pro posouzení změny klimatu jsme provedli analýzy teploty vzduchu z klimatologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu zpracované do tzv. technické řady zahrnující 268 stanic na území ČR za období 1961 až 2020, tedy dvě normálová období, 1961 až 1990 a 1991 až 2020. V rámci hodnocení průměrné roční teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR byla zpracována mapa změny teploty vzduchu **Obr. *1***. Tato jednoznačně dokumentuje zvýšení průměrných teplot vzduchu na našem území ve 4. normálovém období. Rozložení zvýšení však není na našem území rovnoměrné, což je v našem členitém terénu logické. Proto nárůst teploty do 1 °C nacházíme převážně ve vyšší nadmořské výšce, ovšem občas překvapivě i v oblastech z klimatologického hodnocení teplých. Nejvyšší zvýšení průměrné roční teploty vzduchu, a to o více jak 1,2 °C je četnější na území Čech a překvapivě ho nenacházíme na jižní Moravě, naopak v nejteplejší části Čech, tedy ve středních Čechách ano. Nejčetnější nárůst je v rozsahu 1,0 až 1,2 °C.



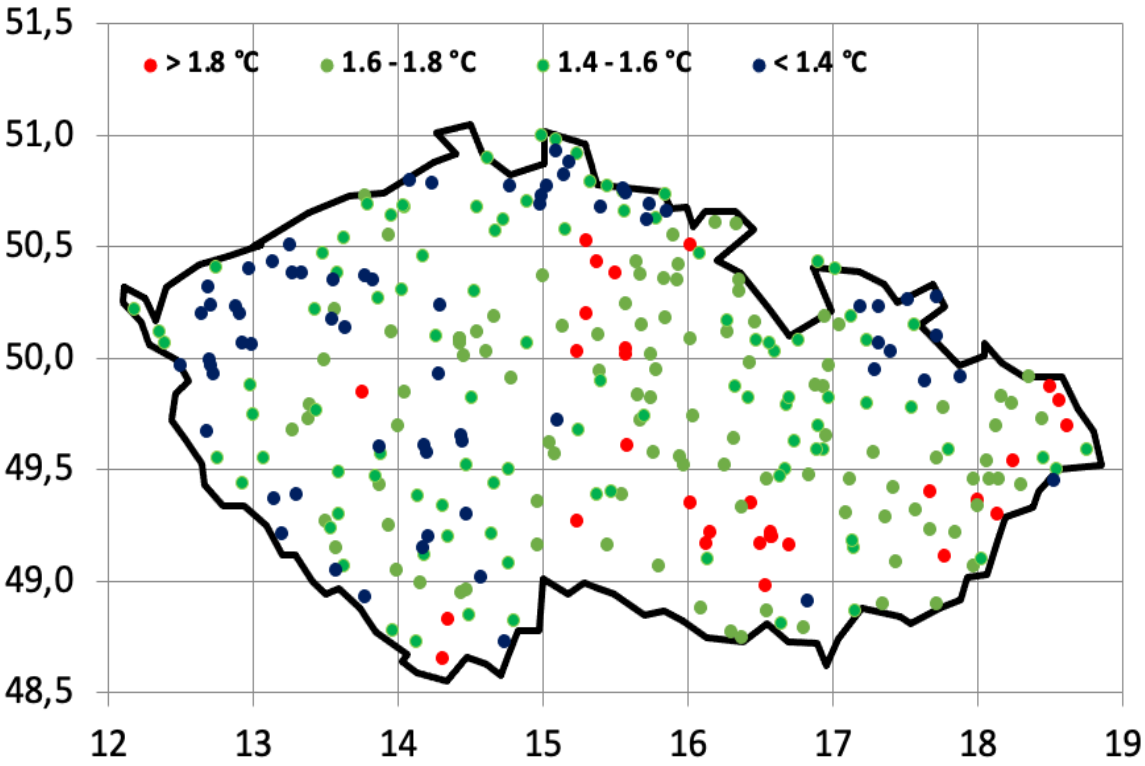
Obr. 1 – Rozdíl průměrné roční teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR

Ovšem v našich klimatických podmínkách je typický průběh teploty vzduchu od nejnižších hodnot v průběhu zimy po nejvyšší v létě. Pokud srovnáme vzestup teploty vzduchu v jarním období, můžeme v podstatě konstatovat, že se výrazně od ročního neliší **Obr. *2*** opět platí, že rozložení vzestupu teploty vzduchu je nerovnoměrné, ale můžeme uvést, že převážné množství stanic s nejvyšším nárůstem je na území Čech. Na Moravě se nárůsty nad 1,3 °C nevyskytují.

Z hlediska nárůstu teploty vzduchu nacházíme nejvyšší hodnoty v letním období **Obr. *3***. Převážně na horách je nejnižší zvýšení oproti 3. normálovému období, a to do 1, 4 °C. Ovšem tyto hodnoty vykazují i některé stanice např. ve středních Čechách. Naopak nejvyšší nárůst, a to nad 1,8 °C, se vyskytuje ve východních Čechách, v jižní části střední Moravy a severovýchodě Slezska. Převážně je nárůst mezi 1,6 až 1,8 °C, a to převážně na Moravě, v Čechách více ve východní části. Zvýšení teploty vzduchu v letním období, které je v našich podmínkách nejteplejší částí roku, je příčinou zvýšeného výskytu sucha, které se ve vysoké četnosti projevilo v posledním desetiletí.

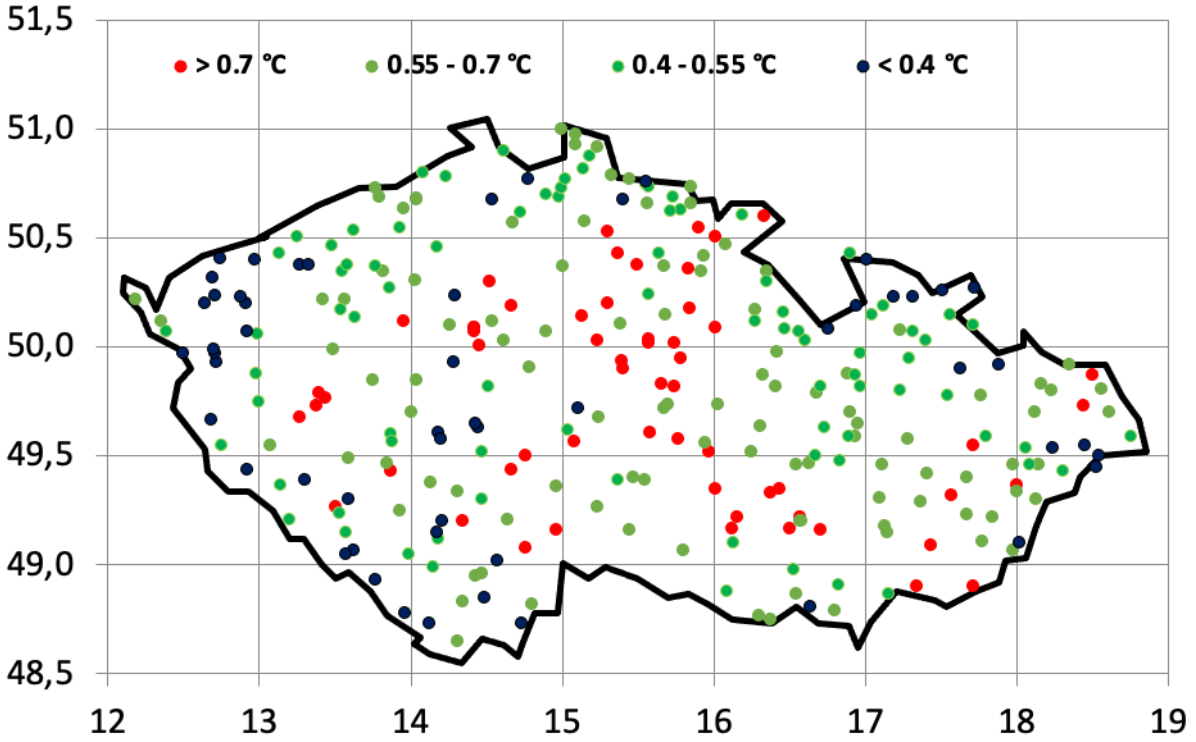


Obr. 2 – Rozdíl průměrné jarní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR



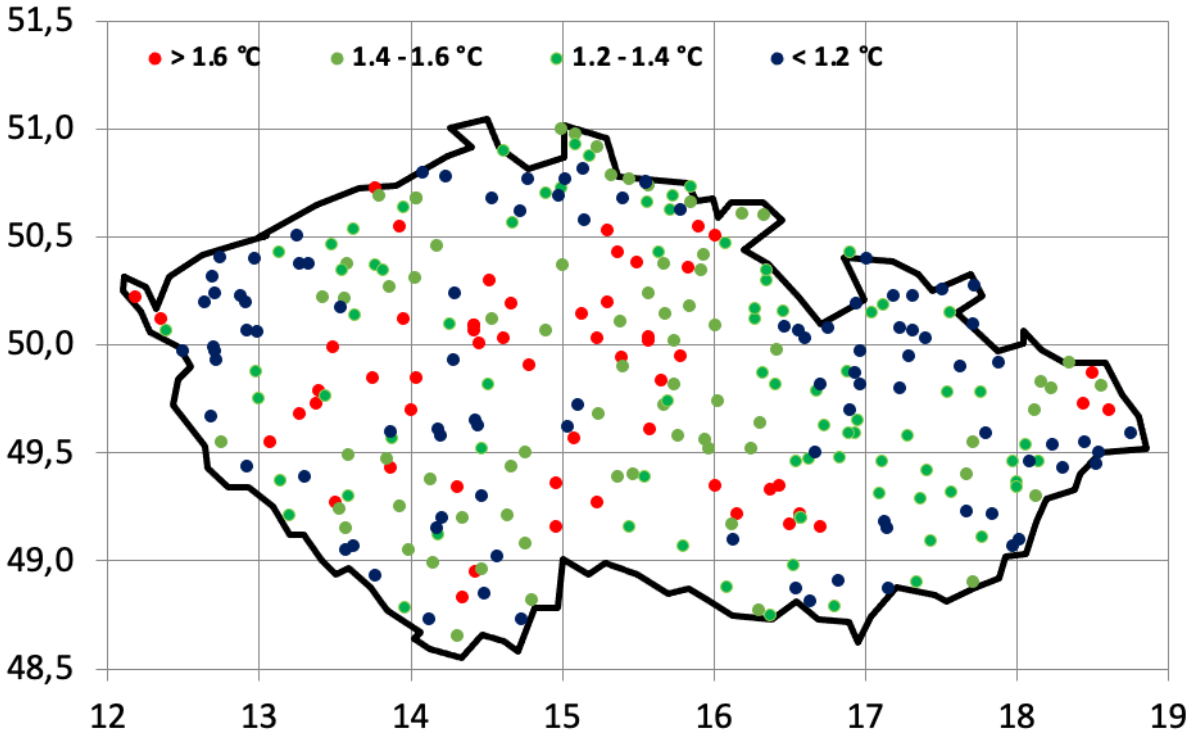
Obr. 3 – Rozdíl průměrné letní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR

Na letním vzestupu teploty vzduchu se podílí růst maximálních teplot vzduchu. Dochází ke zvýšení počtu tropických dnů, tedy denních maximálních teplot 30 °C a výše. Jejich počet v posledních letech překračuje dvojnásobek výskytů oproti průměrům za období 1961 až 2000. Zde je nutné zdůraznit, že je velký rozdíl mezi extrémy teploty vzduchu ve volné krajině a ve městech, kdy jsou díky tzv. tepelnému ostrovu města maximální teploty ještě o několik °C vyšší.



Obr. 4 – Rozdíl průměrné podzimní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR

Podzim představuje nejnižší zvýšení teploty vzduchu **Obr. *4***, a to většinou v nejvyšších polohách do 0,4 °C, po nejvyšší hodnoty přes 0,7 °C, rozptýleně na celém území, převážně ve východních Čechách. Z tohoto pohledu lze podzim označit za nejstabilnější teplotní období roku.



Obr. 5 – Rozdíl průměrné zimní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR

Zvýšení teploty vzduchu se projevuje také během zimy. Na několika stanicích středních Čech a jihu Moravy v průměru zimní teploty za období 1991 až 2020 neklesají pod nulu. Jak vidíme na **Obr. *5***, je zvýšení teploty v podstatě vyšší než na podzim. Opět je vidět rozdíl mezi hodnotami v Čechách a na Moravě, kde je daleko méně stanic s nejvyšším nárůstem, a to o více jak 1,6 °C. Nejnižší hodnoty zvýšení zimní teploty nacházíme nejvíce v horských oblastech. Je nutné zdůraznit, že přes nárůst průměrných teplot vzduchu jsou stále hrozbou výskyty nejen extrémně vysoké teploty vzduchu, ale také extrémně nízkých teplot v průběhu zimy.

Z uvedené analýzy teploty vzduchu na našem území v roce a jeho obdobích je prokazatelné, že se teplota vzduchu zvyšuje, tedy typický projev změny klimatu se prokazatelně projevuje i na našem území. Je nutné zdůraznit, že z hlediska vlivu změny klimatu, zvláště oteplení na oblast BOZP je v letním období, kdy dochází k výskytu vyššího počtu tropických dnů, které představují denní maximum teploty vzduchu 30 °C a více. Pokud neklesnou teploty vzduchu v průběhu noci pod 20 °C, hovoříme o tropické noci. Vzhledem k rostoucím teplotám vzduchu zaznamenáváme v některých letech (např. 2018) vysoký počet tropických dnů v létě, často po sobě následujících, kdy hovoříme o vlně tropických dnů, také vlně tropických veder.

Je nutné zdůraznit, že zvýšení teploty vzduchu má vliv i na hodnoty dalších meteorologických prvků, zvláště vlhkosti vzduchu a výparu.

1.3.1 Odhad změny klimatu

Nárůst teploty vzduchu za období 1961 až 2020 je dokladem změny klimatu. Nejde však jen o teplotu vzduchu, ale o stav celého klimatického systému na Zemi. Proto je věnována velká pozornost jednak analýze faktorů ovlivňujících tvorbu podnebí, ale také matematickému vyjádření klimatvorných procesů. Tyto jsou vytvářeny ve vazbě na scénáře emisí skleníkových plynů. Není potřebné popisovat tuto problematiku, ale musíme vycházet z dosavadních výstupů jednotlivých

modelů, které se liší a uvádějí rozdíly, např. u teploty vzduchu ve stupních, ale všechny shodně dokládají pokračování nárůstu teploty vzduchu.

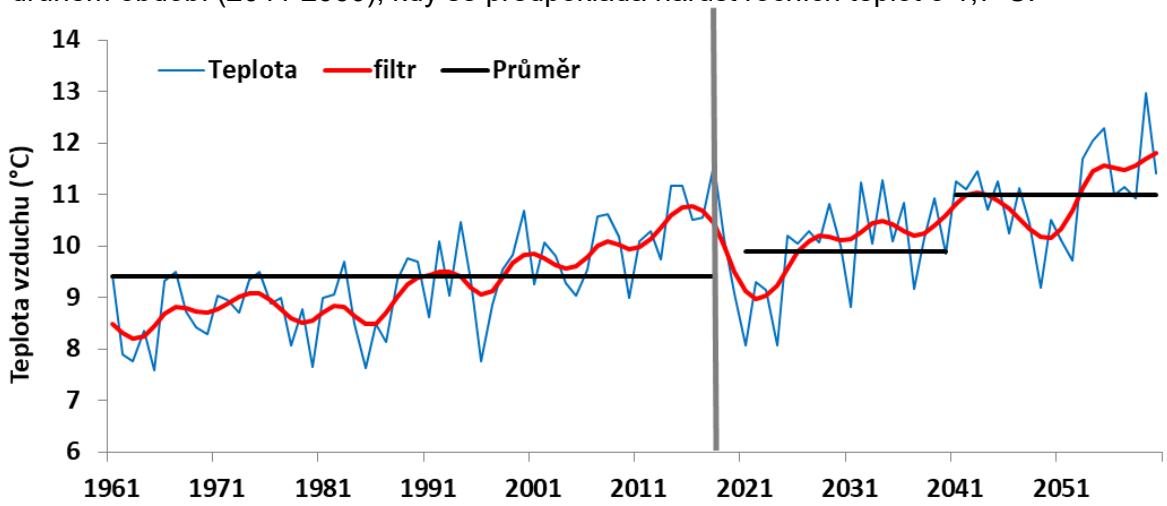
Můžeme tedy uvést, že scénář do roku 2100 vyjadřuje postupný nárůst průměrné teploty na území ČR, ale také maximálních teplot vzduchu. Z hlediska pracovního prostředí, tedy i BOZP je významný odhad, že se bude navyšovat počet letních a tropických dní, častěji se budou vyskytovat tropické noci. Očekávaný růst teploty povede k růstu potenciální evapotranspirace v ročním průměru řádově o 5–10 %. K tomuto konstatování je nutné doplnit, že vzhledem ke změně povrchů a tím modifikované radiační a energetické bilance, bude zvýšení teploty vzduchu vyšší ve městech, ale také ve velkých průmyslových areálech, o čemž se takřka nehovoří. Navíc je pokračující trend zvyšování počtu městského obyvatelstva.

Jak lze vidět v **Tab. *1***, například pro oblast Brna, tak v prvním sledovaném období 2021-2040 dojde k oteplení o 0,6°C oproti průměru z let 1981-2010.

Tab. 1 - Průměrné teploty vzduchu ve třech referenčních obdobích 1981 – 2010, 2021 – 2040 dojde k oteplení o 0,6°C oproti průměru z let 1981 - 2010

Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
1981-2010	-0.5	9.7	19.0	9.2	9.3
2021-2040	0.1	10.2	19.3	9.7	9.9
2041-2060	1.5	11.3	20.3	10.7	11.0

Rozdíl tedy není ani v ročním chodu příliš markantní **Obr. *6*** k většímu skoku bude docházet v druhém období (2041-2060), kdy se předpokládá nárůst ročních teplot o 1,7°C.



Obr. 6 - Vývoj průměrné teploty vzduchu v letech 1961-2060 pro oblast Brna. Průměrná hodnota (černá čára) je za období 1981-2010 (znázorněna na celé současné období), 2021-2040 a 2041-2060. Šedá svislá čára ukončuje současné pozorování, na ni navazuje predikce modelů. Projekce klimatu je na základě středního odhadu modelů EURO-CORDEX, RCP 8,5

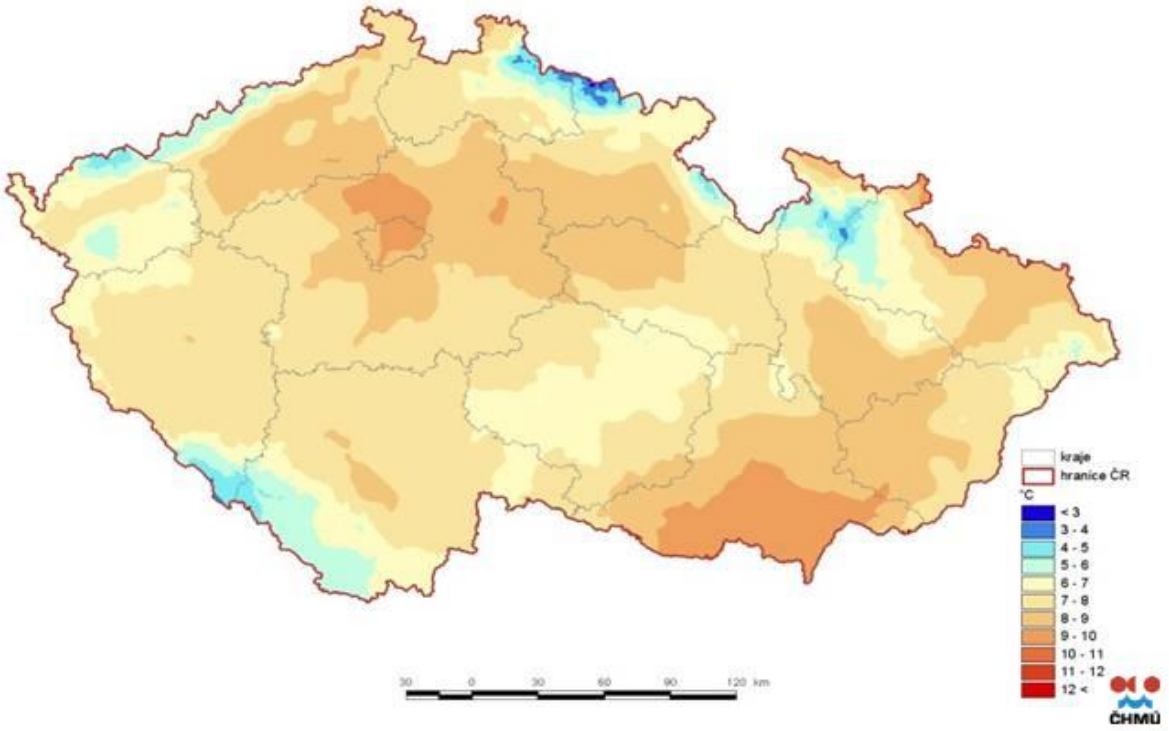
V období kolem roku 2030 se teplota vzduchu pravděpodobně zvýší cca o 1 °C, později kolem roku 2050 se předpokládá výraznější oteplení, na jaře a v létě se může pohybovat od 2,3 °C po 3,2 °C, na podzim od 1,7 °C po 2,1 °C a v zimě od 1,5 °C po 2,0°C. Na konci století by mohlo oteplení v létě být o 4 °C a v zimě 2,8°C. Nejvyšší nárůst průměrné i extrémní teploty vzduchu lze předpokládat v jarních a letních měsících, naopak na podzim a v zimě bude vzestup nižší.

Nejvyšší zátěž člověka vyvolávají extrémní teploty vzduchu, nejvíce potom teplota při výskytu tropických dnů, navíc když jsou ve více dnech za sebou (tzv. horké vlny). Tropických dnů se v průměru za celou republiku objevuje jen v počtu několik za rok (v průměru 7 dnů ročně během období 1961–2016), ale v posledních letech pozorujeme jejich výrazný nárůst. V extrémně teplých rocích, jako 2015 a 2018 se vyskytlo sice velmi rozdílně, ale v průměru na celém území republiky kolem 30 tropických dnů. Přitom podle modelů klimatu s nižším růstem teploty vzduchu jde o hodnoty odhadované až k závěru tohoto století.

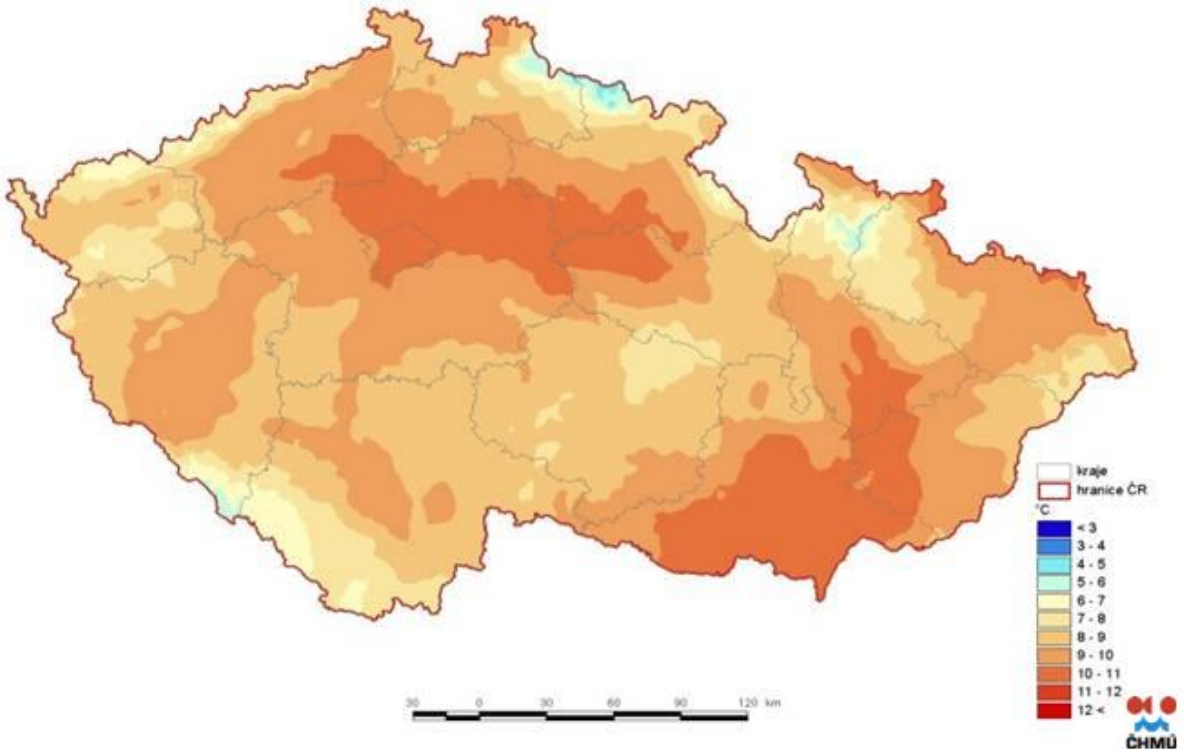
Z hlediska fyzikálního si musíme uvědomit, že teplota vzduchu nepředstavuje množství tepla v prostředí, ale její výše ho přibližně vyjadřuje. Proto je možné konstatovat, že rostoucí teplota vzduchu bude významně ovlivňovat celkový stav ovzduší. Zvýšení teploty vzduchu znamená zvýšení potenciálního výparu, tedy stavu, kdy by se vypařilo více vody, pokud by byla k dispozici. Za vyšší teploty vzduchu bude ale nižší vlhkost vzduchu, z hlediska pracovního prostředí budou takto ztížené pracovní podmínky, větší pozornost je třeba věnovat pitnému režimu.

Výskyt nejvyšších teplot vzduchu je dán cirkulací, výskytem tlakových útvarů. Nejvyšší maxima zaznamenáváme v létě při tlakových výších nad naším územím. V tomto případě je malá či žádná oblačnost, takže přímé sluneční záření není pohlcováno oblaky. Pokud však přechází tlakové níže s atmosférickými frontami, potom je vysoká oblačnost a povrch není tolik ohříván přímým slunečním zářením. Pokud vypadávají srážky, je naopak ještě ochlazován. Podle klimatických modelů se budou též měnit úhrny srážek. Je nutné zdůraznit, že jsou jediným zdrojem vody pro naše území, včetně vody pitné. Je známé, že úhrny srážek na našem území jsou velmi proměnlivé, a to jak v čase, tak v ploše.

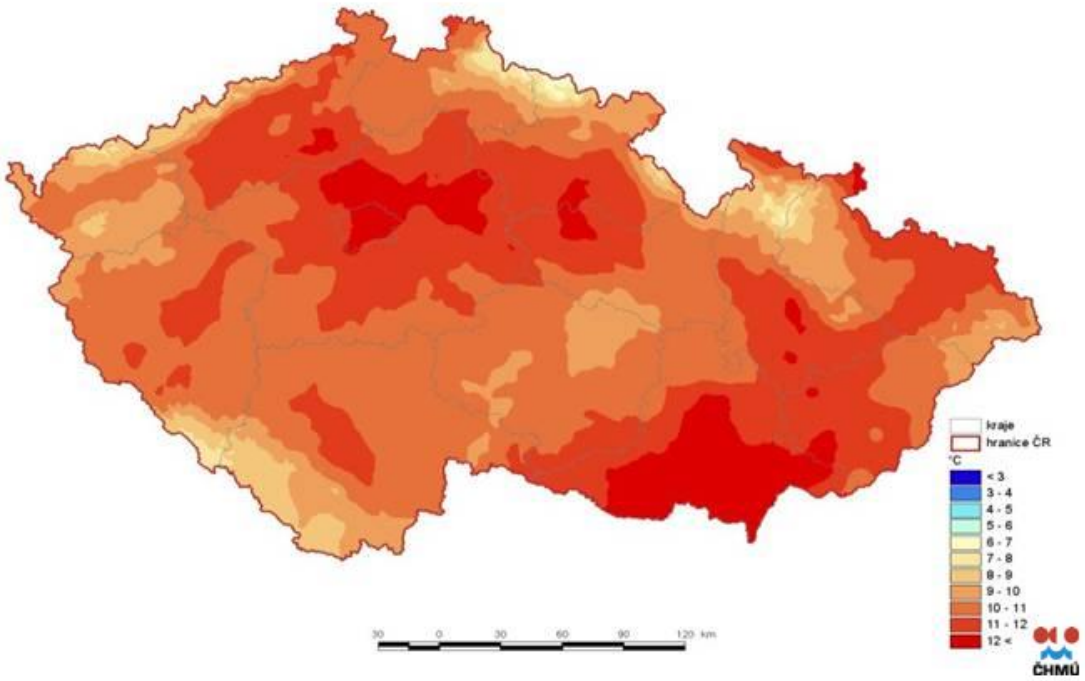
Rozpětí modelované změny teploty vzduchu podle podkladů IPCC (1997) při dvojnásobné koncentraci CO_2 dle emisního scénáře A1B 1,5 až 4,5 °C (střední změna teploty vzduchu 2,5 °C) vycházející z období 1961–2000 **Obr. *7*** a 2021–2050 **Obr. *8*** , 2071–2100 **Obr. *9***.



Obr. 7 – Průměrné roční teploty vzduchu (°C) za období 1961 až 2000 na území ČR



Obr. 8 – Odhad průměrné roční teploty vzduchu (°C) pro období 2021 až 2050 na území ČR



Obr. 9 – Odhad průměrné roční teploty vzduchu (°C) pro období 2071 až 2100 na území ČR.

Odhad vývoje srážek je složitější, protože srážky v České republice jsou v současném klimatu velmi variabilní. Suché a vlhké roky, jejich suchá období i suché měsíce se významně střídají. Srážkové úhrny jsou i prostorově velmi rozdílné. Proto analýza založená pouze na velmi malém území může být místy zavádějící a musí být porovnána i v kontextu celého území.

Predikce srážek založených na všech 11 RCM experimentech ukazují mírné zvýšení o 7–13 % pro RCP4.5 nebo 6–16 % pro RCP8.5. Podle Štěpánka et al. [130] by mohly být vyšší srážky pozorovány do konce 21. století.

Statisticky významný trend (8,3 mm/10 let) byl zjištěn pro RCP4.5 pro období 2061–2100. Emisní scénáře 8,5 udávají statisticky významný trend 16 mm/10 let v období 2021–2060 a 13 mm/10 let v období 2061–2100. Největší rozdíl se projevuje u zimních srážek, jejichž nárůst může být do konce 21. století až 35 % Naopak v letních srážkách lze očekávat nejmenší změnu.

Odhad vývoje srážek předpokládá jejich mírné zvýšení v rozpětí 6 až 16 %. Předpokládají se vyšší úhrny ke konci 21. století. Lze uvést statisticky významný trend 16 mm/10 let v období 2021–2060 a 13 mm/10 let v období 2061–2100. Největší rozdíl se projevuje u zimních srážek, jejichž nárůst může být do konce 21. století až 35 %. Naopak v letních srážkách lze očekávat nejmenší změnu.

S úhrnem srážek souvisí jejich množství při jednotlivých srážkových výskytech. Z hlediska počtu srážkových dnů nad 1 mm je jejich výskyt během roku prakticky vyrovnaný, mírný nárůst by mohl být v letních měsících. Co je důležité, že srážky s vyšším úhrnem jsou převážně v létě ve formě bouřek. Tyto přinášejí srážky s vysokou intenzitou během krátké doby. Naopak v zimě jsou tato maxima nejnižší a je to dáno závislostí prakticky na frontální oblačnosti či setrvalejší tlakové níži.

Tyto zimní srážky pak většinou vypadávají delší dobu. Jak v krajině, tak ještě více ve městech způsobují problémy bouřky s vysokými úhrny srážek. Možný rychlý odtok vody je dimenzován kapacitou kanalizačních sítí. Ovšem tento nejvíce praktikovaný způsob vede k tomu, že voda v prostředí města chybí. Proto je nutné hledat způsoby jejího co největšího zadržení, aby tak snižovala teplotu povrchů a následně vzduchu.

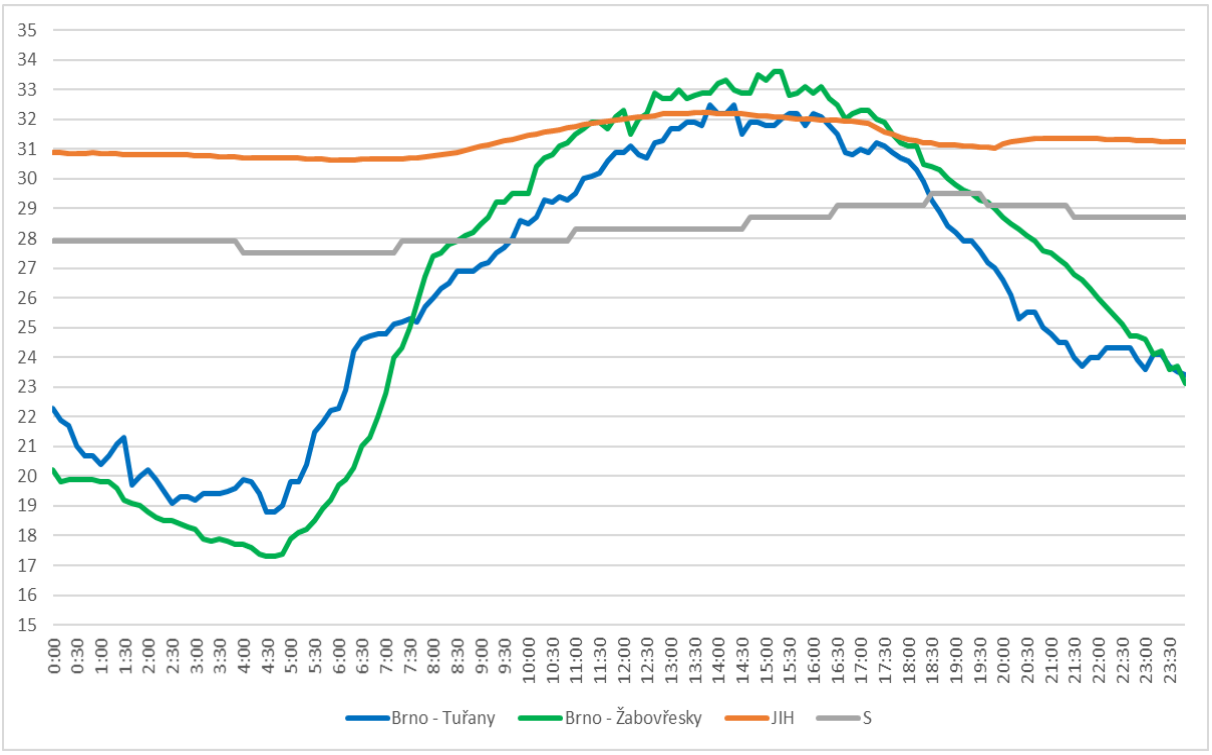
Při hodnocení srážkových poměrů vychází jednoznačně, že díky oteplování klesá počet dnů se sněžením, doba výskytu souvislé sněhové pokrývky, ale také její výška. Přes prokazatelné oteplování v zimě se stále vyskytují holomrazy, tedy dny s vysokými poklesy teploty vzduchu pod nulu, které způsobují škody na technice, rozvodech apod. Nižší množství sněhu a jeho kratší setrvání ovlivňuje množství vody v krajině, tedy i hladinu podzemní vody.

Změna klimatu však přináší změny i z hlediska výskytu a rychlosti větru. Nebezpečné rychlosti větru se vyskytují v zimní polovině roku při postupu hlubokých tlakových níží k východu, v letní polovině roku pak při intenzivní bouřkové činnosti. Následky silného větru spočívají především ve vlivu na dopravu, energetiku, komunikace a sídla, která může komplexně poškodit nebo zničit. Dochází k nebezpečným pádům větrem uvolněných předmětů. Přímo ohrožena je energetická infrastruktura s následným domino efektem. Scénář vývoje klimatu v dalších desetiletích popisuje možné změny rychlosti větru jen v průměrných charakteristikách, jejichž zvyšování však ukazuje i na pravděpodobný vzestup extrémních rychlostí větru. Pro odhad budoucích rizik je vhodné vycházet z aktuálního stavu, kdy naměřená maxima rychlosti větru na meteorologických stanicích ČHMÚ významně přesahují hranici 35 m. s^{-1}. Musíme pamatovat na to, že se na našem území nepravidelně vyskytují vichřice až o síle orkánu (např. Kyrill v roce 2007 nebo Emma v roce 2008). Jak dokládá výskyt tornáda 24. června 2021 na jihu Moravy, je vysoká pravděpodobnost výskytu extrémních rychlostí větru i v dalších desetiletích.

1.3.2 Mikroklima pracovního prostředí

Jak bylo již v části 1. 3. popsáno, teplota vzduchu na našem území statisticky prokazatelně stoupá. Roste počet dnů s výskytem maximálních teplot vzduchu, roste počet tropických dnů, kdy denní maxima teplota vzduchu dosahují nebo i překračují 30 °C a vyskytují se i v mnoha dnech po sobě, kdy hovoříme o tzv. vlně veder. Tyto mají významný vliv i na pracovní prostředí nejen ve volné krajině, ale i uvnitř budov. V posledních letech je jejich počet podstatně vyšší, než tomu bylo v minulém století. Proto je nutné sledovat vlivy změny klimatu nejen v krajině, ale také v městském prostředí, v průmyslových oblastech i samotných prostorách budov. Zde již nestačí údaje naměřené na klimatologických stanicích, ale jsou potřebná měření i uvnitř budov. Takto naměřená data jsou podkladem k hodnocení pracovního prostředí. Důvodem je, že vysoká teplota vzduchu zatěžuje celý lidský organismus. Tepelný stres může být nejen příčinou snížené produktivity, ale také zranění, nemocí a v mimořádných případech až smrti. Vysoké teploty vzduchu nezvládne lidské tělo tolerovat bez fyziologického poškození. Je nutné uvést, že vyšší teploty vzduchu, zvláště extrémní, jsou typickým specifikem nejen městského klimatu, ale také větších průmyslových celků. V rámci řešení projektu probíhala měření teploty vzduchu v administrativní budově na území města Brna, kdy byly hodnoty teploty zaznamenávány v desetiminutových intervalech, tedy v souladu s termíny záznamů na klimatologické stanici, aby bylo možné podrobné srovnání obou průběhů teploty vzduchu.

Pro názornost rozdílů v průběhu teploty vzduchu byl vybrán tropický den, a to 20. červen 2021, který byl součástí pětidenní vlny veder **Obr. *10***. Na průběh teploty vzduchu na klimatologické stanici Brno – Žabovřesky (BZAB) má vliv její umístění v městské zástavbě, takže vidíme, že v průběhu dne má vyšší teploty než stanice Brno Tuřany. Výjimku pozorujeme v nočních hodinách, kdy je ovlivňována stékajícím chladným vzduchem ze svahu nad stanicí.



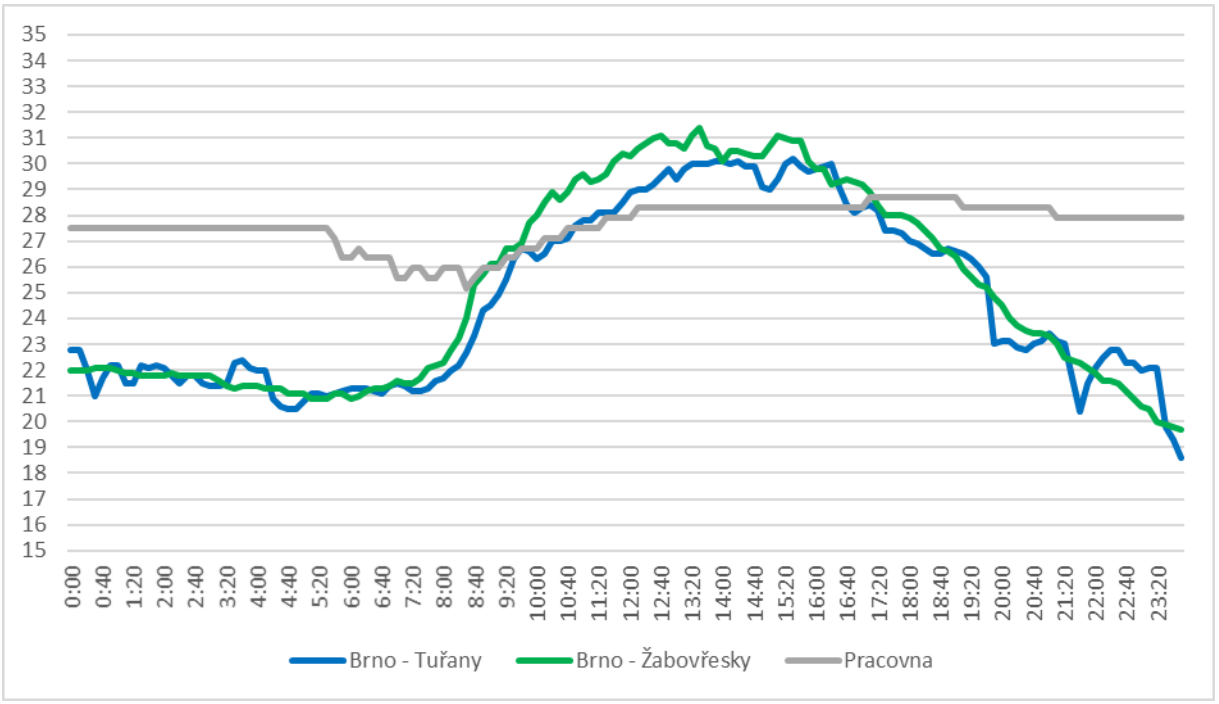
Obr. 10 - Průběh teploty vzduchu za tropického dne 20. června 2021na klimatologických stanicích Brno – Tuřany a Brno – Žabovřesky a na jižní (JIH2) a severní (S) straně administrativní budovy.

Jak je zřetelné z rozložené teploty vzduchu, vliv má městské prostředí, takže teplota vzduchu je v Brně – Žabovřeskách vyšší než na stanici v Tuřanech, která je mimo město. Tato skutečnost je uváděna proto, abychom si uvědomili, že městské prostředí je typické vyššími teplotami vzduchu, známý je stav tzv. tepelného ostrova města, který se projevuje i v chodu teploty vzduchu uvnitř budov.

Z našich měření vyplývá, že v prostředí budov, a tedy i pracoven, je odlišná teplotní dynamika. Ve venkovním prostředí je v tropických dnech dosahováno nejvyšší denní teploty vzduchu i přes 33 °C. V nočních hodinách teplota vzduchu vždy klesá, v průměru asi o 15 °C., což je průměrná denní amplituda. Pokud v noci neklesne teplota vzduchu pod 20 °C, jde o tzv. tropickou noc. Ovšem v pracovnách nedosahuje maximum teploty hodnot na stanicích, ale teplotní amplituda ve dnech pracovního klidu je jen kolem 2 °C. Ráno při příchodu do práce vstupují pracovníci do místností s teplotou vzduchu i přes 30 °C, tedy vyšší teplotou, než je stanovené maximum. Otevřením oken sice teplota rychle klesne i o 5 °C, ale hlavně na jižní straně během dne i přes otevřená okna stoupne i na více jak 30 °C.

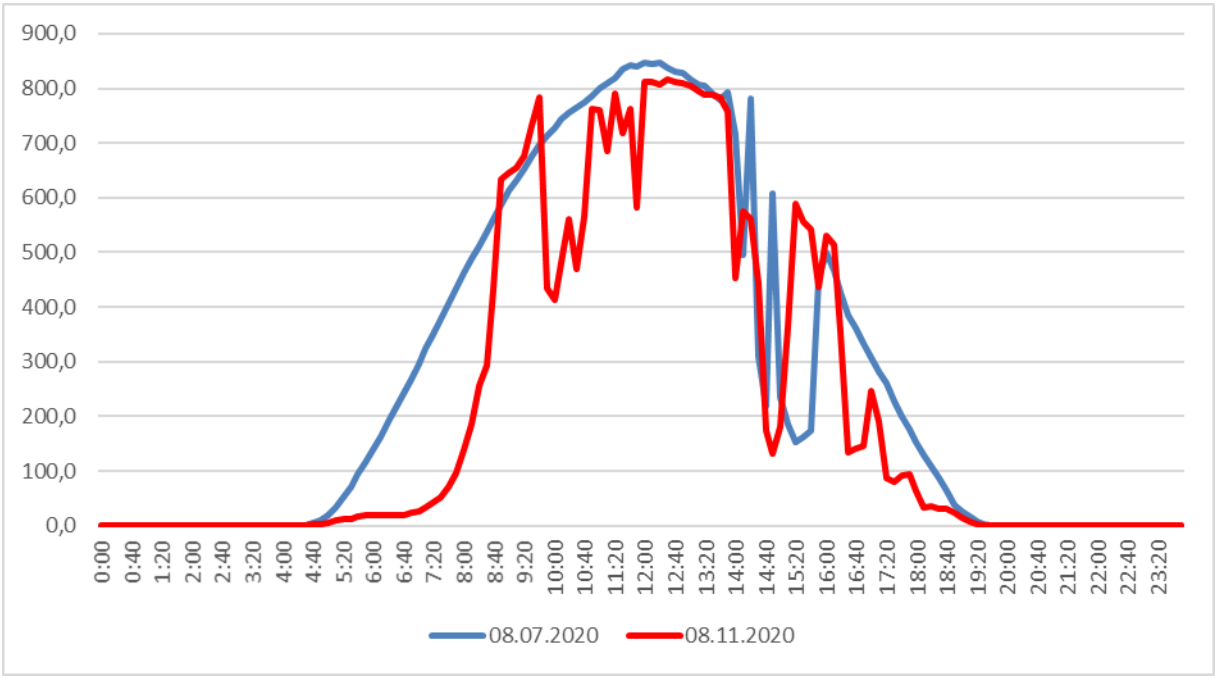
Dále z grafu vyplývá rozdíl teploty vzduchu na jižní a severní straně budovy, což souvisí s rozdílem v ozáření slunečním zářením. Přesto, že stěny budovy si předávají teplo dané slunečním zářením, procházející záření okny jižní části ohřívá vzduch v interiéru této části budovy na vyšší teplotu. Ale i na severní straně, kam nedopadá sluneční záření, jsou vysoké teploty vzduchu pro pobyt zaměstnanců nevhodné.

Vliv větrání je znázorněn na **Obr. *11***, kdy po příchodu bylo v 5:40 otevřeno okno. Ale i tak v poledních hodinách teplota opět stoupla na více jak 28 °C. To znamená, že teplota v pracovním prostředí je dána ohříváním budovy slunečním zářením. I během pracovní doby jsou amplitudy teploty vzduchu v místnostech podstatě nižší než ve volném prostředí.



Obr. 11 - Průběh teploty vzduchu za tropického dne 11. srpna 2020 na klimatologických stanicích Brno – Tuřany a Brno – Žabovřesky a v pracovně na jižní administrativní budovy.

Ohřátí budov se projevuje i vysokými teplotami vzduchu v interiéru. Proto je nutné hledat vhodná řešení k omezení vysokých teplot v pracovním prostředí. Pro tepelný stav budov je důležitý průběh dopadajícího slunečního záření, a to nejen jeho intenzita, ale také doba dopadajícího přímého slunečního záření, vyjádřená dobou slunečního svitu. Dny tropické jsou velmi často dány dny jasnými, kdy oblačnost je až nulová, a do dvou desetin pokrytí oblohy. V těchto dnech je potom teplota vzduchu v interiérech vysoká **Obr. *12***.



Obr. 12 - Příklad denního průběhu globálního záření na klimatologické stanici Brno – Tuřany ve dnech 7. a 11. srpna 2020

Prokazatelný vzestup teploty vzduchu je umocněn podmínkami ve městech či průmyslových oblastech a velkých obchodních střediscích. Je logické, že se promítá i do teplotních poměrů vnitřních částí budov. Problémem pro pracovníky jsou potom vysoké teploty vzduchu již od příchodu do zaměstnání, kdy jsou teploty vyšší než doporučené hodnoty v pracovních předpisech. Přestože výskyt tropických dnů je v jednotlivých letech rozdílný, v dlouhodobém pohledu stoupá. Proto je nutné hledat vhodná řešení k omezení vysokých teplot v pracovním prostředí. Z hlediska tepelné zátěže městského prostředí je využití klimatizace přinejmenším diskutabilní. Vhodnější je hledat mitigační opatření.

1.4 Vliv změny klimatu/heat stresu na zdraví a bezpečnost

Problematika změny klimatu je aktuální téma. V České republice je dle Českého statistického úřadu k roku 2019 více jak 5 milionů pracujících lidí. Tito lidé jsou méně či více během vykonávání své pracovní činnosti zatíženi mikroklimatem, které se, dle již známých faktů rapidně mění. Dopady změny klimatu na lidské zdraví vyvolávají nové výzkumné otázky a potřebu mnohem větší spolupráce mezi disciplínami. Studie o změně klimatu a zdraví jsou často zaměřovány na epidemiologii a veřejné zdraví [36], [41], [16], jakož na identifikaci zranitelných skupin, včetně malých dětí, starších osob a zdravotně znevýhodněných.

Studie, zaměřující se na dopady na zdraví způsobené globálním oteplováním a zvyšováním tepla při práci, byly v minulosti opomíjené a vzhledem k počtu lidí, kteří spadají do skupiny pracujících, by měla být této problematice věnována pozornost. Vzhledem k nedostatku výzkumu v oblasti vztahu klimatické změny a pracovního prostředí jsou metodické přístupy a použité metody rozmanité. Nicméně, od roku 2012 bylo publikováno více příspěvků v předmětové oblasti, dokumenty kromě jiného popisují závažné zdravotní dopady na pracovníky, ale také uznávají, že produktivita práce klesá kvůli rostoucímu tepelnému stresu, jednomu z nejnákladnějších dopadů změny klimatu na společnost. Naše práce se v tomto roce zaměřila, ve vztahu ke změně klimatu, tedy především na oblast zdraví, bezpečnosti a pracovního výkonu [83], [99]. V roce 2014 Mezivládní panel pro klima (IPCC) ve zprávě o změnách, dopadech, přizpůsobení a zranitelnosti přišel k následujícímu: zejména v období extrémního tepla existuje riziko úmrtnosti a nemocnosti pro zranitelné městské populace a osoby pracující venku v městských nebo venkovských oblastech.

Světová zdravotnická organizace předpokládá, že mezi lety 2030 a 2050 zemře v důsledku změn počasí 250 000 lidí ročně. Předpokládanými hlavními příčinami smrti jsou malnutrice, malárie, průjem a stres z horka. Připomíná také, že za posledních 130 let se teplota planety zvýšila o 0,85°C. Hladina moří stoupá, ledovce tají a vzorce srážek se mění. Extrémní události v počasí přicházejí stále intenzivněji a častěji. Přestože může globální oteplování přinést určitým lokalitám výhody, například snížení počtu úmrtí v důsledku zimy, převažovat budou negativní vlivy. Rostoucí teplo již mělo významné sociální a ekonomické dopady. Jiná studie uvádí, že kolem 30% světové populace je v současné době vystavena extrémnímu teplu po dobu nejméně 20 dní každý rok. Do roku 2100 se předpokládá, že se toto procento zvýší na ~ 48 % při scénáři nízkých emisí a ~ 74 % při scénáři vysokých emisí [36], [19], analyzoval riziko úmrtnosti evropské populace a dospěl k závěru, že katastrofy související s povětrnostními vlivy by mohly do roku 2100 ročně ovlivnit dvě třetiny populace a způsobit ve srovnání se současnosti 50krát více úmrtí [36].

V roce 2009 komise Lancet o zdraví a změně klimatu označila změnu klimatu za největší hrozbu pro veřejné zdraví 21. století [23]. Souvislost mezi vysokou tepelnou expozicí a negativními účinky na lidské zdraví a výkonem je dobře stanovena prostřednictvím fyziologického, lékařského a epidemiologického výzkumu, kde bylo jasně prokázáno, že vysoké vystavení teplu může značně ovlivnit lidské zdraví [88]. Příklady zdravotních dopadů zahrnují úpal, dehydrataci, respirační a

kardiovaskulární onemocnění, selhání ledvin, termoregulační selhání a smrt organismu [142]. Vysoká okolní teplota související s počasím je častou příčinou úmrtí v mnoha regionech světa a silné epidemiologické důkazy o negativních dopadech na zdraví byly reprodukovány v rámci studií: [36], [84], [83], [142]. Dále nepřetržitý nárůst absolutní vlhkosti vzduchu v nižší troposféře je nepřetržitě hlášen v mnoha regionech kvůli odpařování vody z oceánu, což má silné důsledky pro výměnu tepla u lidí. Zejména to přináší značné riziko v již vlhkých zemích, kde jen malé zvýšení teploty a vlhkosti může mít na člověka závažné důsledky zdraví [142], [20].

1.4.1 Vztah mezi změnou klimatu a fyziologií člověka

Vlny veder jsou z hlediska vlivu na zdraví jednou z nejzávažnějších projevů změny klimatu**.** Jde o několikadenní události spjaté s abnormálně horkým počasím v létě. Tyto události mají závažné dopady na přírodní prostředí i lidskou společnost, mezi které patří zvýšená nemocnost a úmrtnost, stres pro hospodářská i volně žijící zvířata, poškození zemědělských plodin, šíření škůdců a nadměrná spotřeba elektrické energie pro potřeby chlazení. Je prakticky jisté, že délka, frekvence a intenzita vln horka v budoucnu bude růst. Tato situace povede k podstatnému nárůstu morbidity a mortality v následujících desetiletích, zejména v ohrožených skupinách obyvatelstva, pokud nebudou přijata adaptační opatření [35].

Ve velké části Evropy se v posledních desetiletích podstatně zvýšily hodnoty letních teplot, které jsou spojeny s prodlouženými vlnami tepla. V létě 2003 došlo k výraznému překročení průměrných teplotních hodnot a velmi podobná situace nastala i v letech 2006, 2007, 2010, 2013, 2014 a 2015. Rekordní teplé léto roku 2003 bylo vynikajícím příkladem zvýšené úmrtnosti v obdobích extrémních teplot s odhadovanou předčasnou úmrtností 70 000 lidí v Evropě. Vlny horka léta 2015 způsobily ve Francii více než 3 000 úmrtí [59]. Studie PESETA odhaduje, že bez adaptace a fyziologické aklimatizace by úmrtnost související s teplem v Evropě vzrostla v roce **2080 o 60 000 až 165 000 úmrtí** ročně ve srovnání se současnou základní hodnotou, s nejvyššími dopady v jižní Evropě [57]. Další studie odhaduje, že změna klimatu povede ke zvýšení počtu hospitalizací v důsledku respiračních onemocnění souvisejících s teplem z 11 000 hospitalizací (0,18 %) v období 1981–2010 na 26 000 (0,4 %) v letech 2021–2050. Největší nárůst celkového počtu hospitalizací v důsledku klimatických změn je největší v jižní Evropě, přičemž se předpokládá, že ve výše uvedeném období příjem pacientů s respiračními problémy v důsledku klimatických změn vzroste na trojnásobek. Podobné výsledky uvádí i agentura pro výzkum a kvalitu zdravotní péče, která uvádí, že každoročně je více jak 6000 Američanů hospitalizováno z důvodu vysokých teplot a toto číslo se každoročně zvyšuje, [57], [11].

Největší účinek tepla byl pozorován u starších osob, ale v některých městech byli postiženi i mladší dospělí. Starší lidé jsou zranitelnější vůči účinkům vln horka, částečně kvůli horšímu fyzickému zdraví a účinkům kognitivních poruch na vnímání zdravotního rizika souvisejícího s teplem; jedná se o populaci, která je nejvíce ohrožena úmrtností způsobenou teplem. Kromě starších osob jsou ve vyšším riziku úmrtnosti osoby s chronickým onemocněním a osoby s nižším sociálně-ekonomickým statusem. Kromě toho jsou zdravotní rizika při extrémních teplotách vyšší u lidí, kteří jsou fyzicky aktivní. To má význam pro venkovní rekreační aktivity a je zvláště důležité pro dopady změny klimatu na zdraví při práci např. pro manuální pracovníky či aktivní sportovce, [59], [57].

Při hodnocení úmrtnosti způsobenou vlnou horka může být její část přičítána tzv. „Sklizňovému efektu“, termínu pro krátkodobý posun úmrtnosti kupředu. Bylo pozorováno, že u některých vln tepla dochází v následujících týdnech po vlně horka ke kompenzačnímu poklesu celkové úmrtnosti. Taková kompenzační snížení úmrtnosti naznačují, že teplo postihuje zejména ty, kteří jsou tak nemocní, že „stejně by zemřeli v krátkodobém horizontu“ [94].

Při hodnocení vlivu klimatických změn na lidské zdraví je důležité vzít v potaz místo, kde lidé žijí. Lidé žijící ve velkoměstech jsou změnami klimatu mnohem více zranitelní než lidé žijící v horských oblastech. Hlavním rozdílem je fakt, že po horkém dni se teplota ve městech snižuje velmi málo, protože stále sálají stavební materiály, prvky a povrchy, které během dne teplo absorbovaly. Dalším důležitým faktorem, který spolu s teplotou ovlivňují lidský organismus, je vzdušná vlhkost, která ovlivňuje schopnost lidského těla ochlazovat se při vypařování a zabraňuje tak pocení. Pokud je relativní vlhkost vysoká, je hodnota evaporativního ochlazování potem na kůži redukována a termoregulace je tak obtížnější, riziko tímto stoupá. Přirozeně se lidé adaptují postupně na vyšší a vyšší teplotu během léta. Horké vlny, které přijdou již na počátku léta, jsou tedy rizikovější než ty, které přijdou na konci léta. WHO Tepelné vlny lze obvykle detekovat pomocí přístrojů pro předpovědi, aby bylo možné vydat výstražné hlášení, [11], [145].

1.4.2 Vliv změny klimatu na bezpečnost

Ačkoli byl proveden významný výzkum, ukázalo se obtížné systematicky popisovat literární nálezy. Je to kvůli velkému počtu faktorů, které přicházejí do hry, jako je typ úkolu, doba expozice, úroveň dovedností a úroveň aklimatizace jedince a kvůli neexistenci stručné teorie, na níž lze experimentální práci založit. Byly však identifikovány dva trendy. Za prvé, tepelný stres ovlivňuje kognitivní výkon odlišně, v závislosti na typu kognitivního/pracovního úkolu. Za druhé se zdá, že je možné určit vztah mezi účinky tepelného stresu a vnitřní tělesnou teplotou, [108].

Následné úsilí definovat expoziční limity nebo nastínit výsledky tepelného stresu na kognitivním výkonu však jasně rozlišovalo na základě typu úkolu, přičemž úkoly vyžadující méně pozornosti jsou méně citlivé na účinky tepelného stresu než úkoly vyžadující větší pozornost. Zejména rychlost zvýšení vnitřní tělesné teploty o 0,05, 0,2, 0,9 a 1,4 ° C za hodinu expozice znamenají prahové hodnoty pro snížení mentálního výkonu, ostražitosti, práci na vícero úkolech a pozornosti. Takové dynamické vzestupy jsou způsobeny expozicí podmínkám tepelného stresu, kdy akumulace tepla v těle v průběhu času narušuje tepelnou rovnováhu, a ta odráží změny, které nelze kompenzovat. Kromě toho určité studie zabývající se regulací teploty v kondicionovaných oblecích naznačují, že nad kritickou teplotou jádra těla 37,58 ° C způsobuje zahřívání výrazně horší výkon než chlazení, [108], [125].

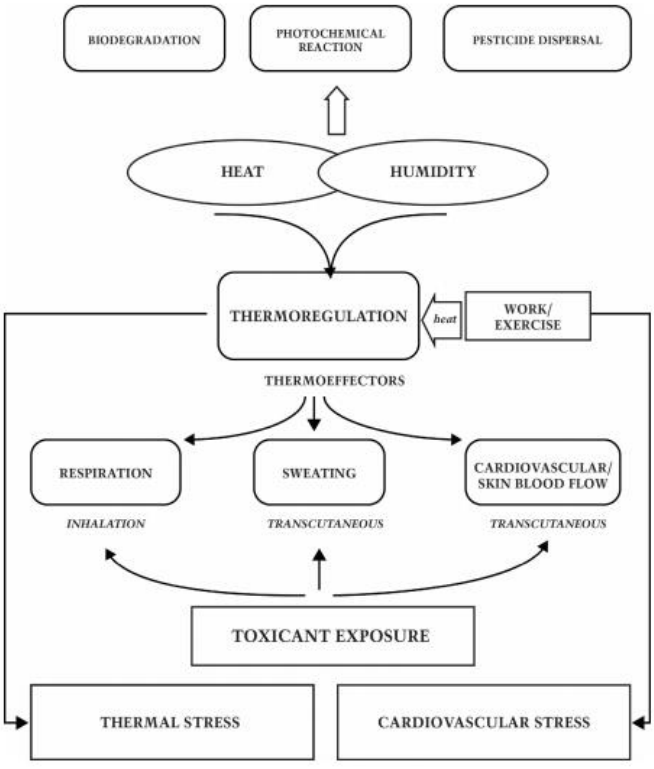
Vztah mezi tepelnou expozicí a kognitivním či psychomotorickým výkonem je obtížné posoudit. Pestrá expozice teploty a doby trvání, rozdíly ve stavu aklimatizace pracovníků a stavu výživy jsou jen některé faktory, které je mohou ovlivnit.

Bylo prokázáno, že míry nebezpečného chování a nehod v průmyslovém prostředí rostou souběžně se zvýšenou pracovní rychlostí a v prostředích nad 24 ° C WBGT a při teplotě jádra vyšší než 38 °C [125]. Extrémní teploty mají dopad nejen na fyzické zdraví, ale z velké části ovlivňují i psychiku člověka. Je dokázáno, že nadměrné teplo způsobuje psychický stres, který ovlivňuje výkon, a je také spojen s nárůstem násilné trestné činnosti. Vysoké teploty jsou spojeny se zvýšeným konfliktem jak na interpersonální úrovni, tak na úrovni společnosti. V každé společnosti stoupá míra kriminality se stoupající teplotou, zejména násilné trestné činy, jako je napadení, vražda a znásilnění [85]. Výzkumy přinesly i protichůdné výsledky při předpovídání vztahu fyzické aktivity a vystavení teplu ve vztahu se změnami kognitivních funkcí. Tato studie zkoumala změny ve výkonu tří různých jednoduchých testů mentálních úloh po simulovaném úkolu s velkou pracovní zátěží (w450 kcal / h) v horkém vlhkém prostředí (30 ° C WBGT). Následně byly testy s mírně prodlouženým pracovním časem opakovány. Ačkoli někteří jedinci vykazovali praktické významné změny, pozitivní i negativní, nebyly zjištěny žádné významné rozdíly (p> 0,05). Výsledky této studie jsou v souladu s jinými výzkumy, které naznačují, že změny v kognitivní funkci u osob vystavených fyzické aktivitě v horkém prostředí se mohou velmi zvýšit, snížit nebo změnit. Změny mentálního zpracování úkolu se mohou po vystavení tepla jednotlivcům značně lišit, [108].

1.4.3 Adaptace člověka na tepelné podmínky

Aklimatizace je adaptivní reakce na horké prostředí, ve kterém se jedinec „učí“ lépe snášet vystavení nadměrnému teplu, [47], [124]. Tato adaptace může trvat dva až šest týdnů a zahrnuje fyziologické úpravy kardiovaskulárních, endokrinních a renálních systémů. To má za následek zvýšení krevního tlaku, snížení maximální srdeční frekvence, expanze objemu plazmy a vyšší rychlost glomerulární filtrace a tím i menší práce pro srdeční svaly. Také pocení je zahájeno při nižší teplotě a ve větším objemu, ale s redukovaným obsahem chloridu sodného, což vede k účinnějšímu odvádění tepla a menšímu vyčerpání soli a dehydrataci, [47], [124]. Fyziologická adaptace se ztrácí po několika týdnech neexponování. Úplná (dlouhodobá) aklimatizace na neznámé tepelné prostředí může trvat několik let. Dlouhodobá adaptace má za následek nižší nárůst teploty jádra a nižší nárůst srdeční frekvence při daném tepelném zatížení Zranitelnost skupin obyvatelstva se může časem měnit (například prostřednictvím dobře zaměřených programů prevence). To bylo prokázáno ve studii zkoumající účinky vysokých teplot na úmrtnost starších osob v italských městech v souvislosti s realizací plánů prevence a ochrany veřejného zdraví, [48]. Pokud jde o obecné klimatické pozadí, americké studie ukázaly, že účinky tepelných vln na úmrtnost a zdraví obecně jsou méně výrazné v místech s obecně teplejším klimatem, [10]. Naproti tomu účinek teplých vln na úmrtnost v Evropě se zdá být ještě výraznější v teplejších, více jižních zemích, [92].

Vystavení teplu může ovlivnit také proces absorpce chemikálií do těla člověka. Od 90. let 20. století ukázaly studie na zvířatech, že vystavení teplu zvyšuje chemickou absorpci a toxicitu [44]. Citovaná studie uvádí, že změny teploty těla mohou změnit absorpci, distribuci, metabolismus a vylučování toxických látek. Zvýšení dýchání může vést k další expozici toxickým látkám vdechováním, zatímco zvýšení toku potu a krve v krvi může vést k účinnější transkutánní absorpci některých toxických látek [44], [25]. Vztahy mezi tím, jak teplo a další faktory mohou ovlivnit fyziologickou odezvu na toxické látky, ukazuje **Obr. *13***.



Obr. 13, [25]

Studie na zvířatech zkoumající tepelný stres a účinky na chemickou toxicitu ukazují, že teplo hraje roli při absorpci toxických látek, ale při pokusech o extrapolaci na člověka je obtížné je interpretovat. Testovaná zvířata mají sklon sedět bez možnosti pohybu, jsou aklimatizována na ideální podmínky prostředí a jako svou převládající termoregulační reakci na chemické toxiny používají hypotermii. Studie in vitro a in vivo naznačují, že tepelný stres s nebo bez cvičení, aktivuje term efektory (např. průtok krve pokožkou, pocení, dýchání), které zase urychlují vstřebávání pesticidů u lidí [44], [25]. Pesticidy jsou také **rizikem pro pracovníky** v horkém prostředí, protože vysoké teploty urychlují disperzi, zvyšují hustotu částic ve vzduchu a někteří pracovníci odstraňují OOP kvůli nepohodlí, [25].

Většina toho, co je o toxikantech známo, pochází ze studií na zvířatech, ve kterých byla zvířata držena v příjemných teplotách; je proto třeba lépe porozumět mechanismům zahrnutým mezi vystavením teplu a toxickými látkami u lidí [44].

1.4.4 Vliv klimatické změny na biologicky agens šířenými nemocemi

Několik klimatických parametrů ovlivňuje průjmové onemocnění z úrovně infekčních agens prostřednictvím praktik na úrovni populace. Přímé pozorování účinků rostoucích teplot na infekční agens ukazují zvýšení míry replikace nemoci a délky přežití. Teplotní změny také ovlivňují míru hospitalizace, přičemž znatelné procentuální zvýšení počtu přijatých pacientů stoupá nad normální úrovně. Průjmové onemocnění také ovlivňují další faktory, jako je vlhkost a srážky.

Závěr kapitoly „Vliv mezi změnou klimatu/heat stresu na zdraví a bezpečnost“
Příspěvky potvrdily současné předpoklady, že tepelný stres z povolání je problém, který již existuje, a že přidané teplo způsobené změnou klimatu velmi ztěžuje fyzickou práci. Většina autorů zkoumané literatury se shodla na potřebě dalšího výzkumu především v oblastech studií tepelného stresu z povolání v různých kontextech, zemích a způsobech prevence a / nebo zmírnění tepelného stresu či potřebu osobního monitoringu osob (tj. pomocí nositelných senzorů), které by poskytly ucelenější obraz o osobní expozici a platnější poznatky v hodnocení tepelných rizik. Z hlediska pracovního výkonu i finančních ztrát je produktivita pracovníka a potažmo i pracovní neschopnost ovlivněna tepelnými podmínkami. Schopnost vykonávat práci je jednak hnací silou hospodářského úspěchu firmy, státu a evropského společenství, ale jedná se i o důležitý socioekonomický faktor, který se podílí na celkové spokojenosti zaměstnance. Simulační studie uvádějí ztrátu pracovní kapacity, pracovní doby, a již zmíněnou produktivitu, u které se předpokládá při denní teplotě nad 32 °C (6 dní v týdnu) snížení o 8 % u neaklimatizované populace. Celkové ztráty produktivity pro Evropu by do roku 2080 mohly stát 300 až 700 milionů EUR ročně. Se sníženou produktivitou jde ruku v ruce i snížení potencionálního mentálního výkonu, ostražitosti a pozornosti, která může způsobit narušení bezpečného pracovního prostředí a ohrožení okolních pracovníků. Problém kvantifikování vztahu mezi tepelnou expozicí a kognitivním či psychomotorickým výkonem je způsoben vlivem mnoha dalších faktorů, jako je například rozdílná aklimatizace pracovníků nebo stav výživy.

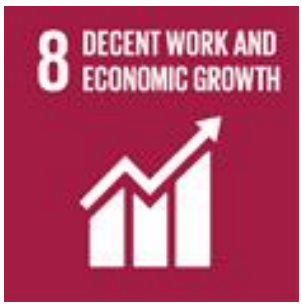
Vliv klimatické změny na infekční onemocnění zde byl uveden z důvodu ve vztahu k pracovnímu prostředí. Jedná se o další příčinu pracovní neschopnosti (a s ní souvisejícími finančními náklady a újmami) například u pracujících venku. Zaměstnavatel odpovídá za bezpečnost zaměstnance i při služebních cestách, při kterých může dojít k nákaze – a to vlivem změny klimatu i v původně neendemických částech světa.

Odhaduje se, že současný dopad změny klimatu na výskyt průjmových onemocnění způsobí v rozvojových zemích ročně více než 80 000 dalších úmrtí. Odhaduje se také, že každoročně je více než 100 milionů lidí postiženo průjmovými onemocněními v důsledku změny klimatu. Do roku 2030 se tyto dopady zvýší na více než 150 000 úmrtí úměrných budoucí světové populaci, s přihlédnutím

k očekávanému vývoji nemoci ve vztahu k sociálně-ekonomickému rozvoji, pokud nebudou přijata opatření k jejich potlačení. Do roku 2030 by mohlo být postiženo více než 200 milionů lidí. Neočekává se ovšem žádný významný dopad na rozvinuté země, a to především díky vyšší úrovni informovanosti veřejnosti, [54]. Když se například horské oblasti zahřívají, vektory, jako jsou komáři, mohou dosáhnout vyšších nadmořských výšek a zvýšit následnou expozici chorobám v zónách sousedících s postiženými oblastmi; to samé lze říci o zeměpisných šířkách a délkách. Podmínky přenosu a roční období se pravděpodobně rozšíří v teplých oblastech, kde byly srážky příliš nízké na podporu vektorů, ale nyní se zvýší. Změny teploty ovlivňují rychlost inkubace a spolu se změnami rozsahu zvyšují dobu, po kterou jsou lidé vystaveni kousnutí hmyzem. Změna klimatu ovlivňuje také lidské chování, například když lidé spí venku v bez ochrany sítě proti komárům, čímž se výrazně zvyšuje riziko výskytu nemocí přenášených vektory, [45], [54].

Globální dopad změny klimatu na choroby související s teplem a nachlazením se v roce 2010 odhaduje na 35 000 dalších úmrtí ročně, přičemž je postiženo o jeden milion více lidí, než by tomu bylo v případě bez změny klimatu, [64].

1.5 Naplnění cílů udržitelného rozvoje v rámci světa a ČR

	V rámci projektu byla provedena analýza, tvorba vzdělávacích a osvětových materiálů, metodologie pro hodnocení pracovního prostředí a zvyšování komfortu zaměstnanců v oblasti tepelného stresu. Součástí projektu byl také vývoj funkčního vzorku na bázi FOSS, které je významně levnější a dostupnější než komerční zařízení, což umožňuje jednodušší a efektivnější variantu hodnocení pracovního prostředí z hlediska tepelného stresu.
	Zvyšující se výskyt teplotních extrémů a zvyšující se tepelný stres na zaměstnance má přímý dopad na pracovní výkon zaměstnanců. Jako reakce na tyto změny byl projekt zaměřen na hodnocení tepelného stresu zaměstnanců v pracovním prostředí. Reakcí na tuto problematiku byla v projektu vytvořena metodika hodnocení tepelného stresu zaměstnanců, vzdělávací materiály i vývoj finančně dostupné aparatury pro orientační měření tohoto prostředí. Tím jsou pokryty základní pilíře tzv. „decent work“, kterými jsou Rights at Work, Social Protection a Social Dialogue.
	Volně šiřitelný a otevřený software – FOSS* pomáhá šíření nových technologií napříč světa díky pomocí dobrovolníků, které pomáhá v rozvoji rozvinutých i rozvíjejících se ekonomik[3]. Z tohoto důvodu byly vybrány platformy FOSS (Arduino, Raspberry Pi, aj.) pro vývoj funkčního vzorku pro měření WGBT. Cenová dostupnost, snadná konstrukce i programování umožňuje jednoduchou aplikaci i snadnou dostupnost po celém světě. Aplikace těchto prvků umožňuje využití i v místech, kde by aplikace komerční zařízení byla výrazně drahá nebo neekonomická, a naopak možnost aplikace více měřících jednotek umožňuje efektivnější měření.
	Dopad klimatické změny na pracovní prostředí je jedním z hlavních výzev zvyšování resilience. Jedním z intenzivních projevů klimatických změn pro ČR jsou teplotní extrémní a vlny veder, se kterými souvisí i tepelných stres zaměstnanců. Projekt cíleně reaguje na tuto problematiku z hlediska hodnocení pracovního prostředí, metodologie hodnocení i vývoje nových technologií pro zvyšování efektivity měření těchto pracovních podmínek.

[3] United Nations. (2012). *Free and open source software and technology for Sustainable Development*. *UN-iLibrary*. Retrieved 2021, from https://doi.org/10.18356/4b723edb-en.

2 TEPELNÝ STRES A JEHO DOPADY

Následující kapitola pojednává o vzniku tepelného stresu včetně jeho měření, tedy, jak se získávají a interpretují data, a také jeho ekonomických a zejména zdravotních dopadů. Součástí kapitoly je porozumění, jaké fyziologické indikátory charakterizují tepelný stres a také mezinárodní pohled světových organizací zabývající se tepelným stresem, jak jej hodnotí.

2.1 Mechanismus vzniku tepelného stresu

TEPELNÝ STRES v lidském těle vzniká ve chvíli, kdy součet metabolického tepla (tj. tepla vyprodukovaného vlastním lidským tělem metabolickými procesy při vykonávání práce) a tepla z okolního prostředí (sdíleného formou konvekce, kondukce, radiace) překročí individuální schopnost těla v danou chvíli toto teplo snášet a termoregulačními procesy udržovat optimální teplotu tělesného jádra.

Poté nastávají postupně tři stupně **HYPERTERMIE** doprovázené od určité chvíle **ÚPALEM** a **MDLOBOU Z TEPLA** a posléze následované **SMRTÍ** z přehřátí.

KOMPENZAČNÍ MECHANISMY pro nebezpečí tepelného stresu spočívají v:

a) předcházení kritickým podmínkám (vyvolávajícím nadměrnou produkci metabolického tepla nebo kontakt prostředím charakterizovaným extrémní tepelnou bilancí, zejména pokud se jedná o spojení vysoké teploty, vysoké vlhkosti a nutnosti delšího pobytu v daném prostředí);
b) podpoře termoregulačních procesů lidského těla, pokud se kritickým podmínkám nelze zcela vyhnout.

PŘITĚŽUJÍCÍ OKOLNOSTÍ může být počáteční zhoršený zdravotní stav (fyzický i psychický) nebo kondice jednice (fyzická i psychická), které ovlivňují individuální toleranci na teplo s rizikem rychlejšího nástupu a rozvoje závažnějších akutních nebo chronických onemocnění.

Některé průvodní jevy zhoršeného zdravotního stavu nebo kondice lze diagnostikovat svépomocně (například stupeň dehydratace organismu v daný moment podle barvy moči), avšak pro většinu z nich je nutné lékařské vyšetření za pomocí specializovaného technického, resp. laboratorního vybavení (například povahu a závažnost poruch kardiovaskulárního systému, nervové soustavy nebo trávicího traktu nelze u laické veřejnosti provést svépomocí). Rovněž nelze ve většině případů laicky svépomocně identifikovat genetické (dědičné) predispozice pro určitý druh zdravotních potíží, které pak mohou nastoupit i při mírnějších stimulacích.

2.2 Indexy určené k měření tepelného stresu

Během dlouholetých výzkumů bylo vyvinuto spoustu indexů pro měření hodnot heat stressu, které se dělí do tří nejvýznamnějších skupin – přímé, racionální a empirické indexy. Indexy se liší zejména vstupními hodnotami, některé indexy zkoumají například pouze teplotu vzduchu, jiné pracují si dalšími veličinami, jako jsou proudění vzduchu, vlhkostí ad.
Aby index mohl být aplikován v praxi, musí splňovat určité požadavky:

- Přesnost a proveditelnost
- Komplexnost
- Jednoduché měření a aplikace
- Adaptovatelný v různých podmínkách

2.2.1 Přímé indexy

Mezi přímé indexy řadíme teplotu suchého teploměru a teplotu vlhkého teploměru. Teplota suchého teploměru je používána zejména pro odhadnutí komfortních podmínek lidí nosících konvenční oblečení určené pro vnitřní prostory při sedavém zaměstnání. Teplotu vlhkého teploměru lze použít v případě, kdy radiační teplota a proudění vzduchu nejsou významnými faktory a vlhkost nabývá spíše vyšších hodnot. Tento index je opět snadno měřitelný, ale je pouze užitečný za předem definovaných podmínek, proto jeho komplexní využití není možné podobně jako u indexu suchého teploměru.

2.2.2 Racionální indexy

Racionální indexy jsou uspokojivé jako základ pro výpočet velikosti tepelného stresu a pro základní technická a pracovní doporučení, ovšem nejsou vhodná jako monitorování rutinních provozů, kvůli složitosti a časové náročnosti. Patří zde operativní teplota, Belding-Hatchův index tepelné zátěže (HSI) a vlhkost pokožky (%SWA).

2.2.3 Empirické indexy

Mezi nejpoužívanější indexy tepelného stresu patří ty, které jsou založeny na získaných objektivních a subjektivních datech odezvy lidského organismu jednotlivců i skupin při vystavení různým úrovním a kombinacím environmentálních a metabolických faktorů tepelného stresu. Řadíme zde indexy efektivní teploty, Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), Wet Globe Temperature (WGT), Universal Thermal Climate Index (UTCI), psychrometrický graf, heat index.

2.2.4 Heat index

Heat index neboli tepelný index vyjadřuje pocitovou teplotu za různých hodnot teploty a relativní vlhkosti. Jinými slovy, jak se cítíme za vlivu teploty a relativní vlhkosti. Heat Index je vyjadřován ve °C. Jelikož heat index byl navržen pro stinné podmínky za slabého větru, může vystavení přímému slunečnímu záření zvýšit hodnoty heat indexu velice významně. Tento index je široce rozšířen a používán různými institucemi. Na základě hodnoty heat indexu se stanovují varování před potížemi způsobenými teplem. Jsou odlišovány čtyři úrovně výstrahy – nízký rizikový level, mírný, vysoký a velmi vysoký až extrémní. Tento index doporučujeme použít díky dlouhé historii, relativně přesnému a snadnému měření a rozšíření v celém světě.

2.2.5 WBGT index

Index WBGT vznikl v roce 1957 na základě šetření zaměřeného na kontrolu tepelných nemocí ve výcvikových táborech americké armády a námořní pěchoty za účelem snížení obětí v důsledku tepelné zátěže. Yaglou a Minard (1957) byli první, kdo tento model představili. Tento index byl později přijat ACGIH a ISO jako předběžný nástroj určený k hodnocení tepelného prostředí. Použití WBGT pro potřeby vojenského výcviku významně snížilo počet obětí tepelného stresu hlavně v letním období. Toto radikální snížení obětí podpořilo využití WBGT. V roce 1973 Dukes-Dobos a Henschel, popsali racionální využití tohoto indexu a sepsali první doporučené směrnice. Následně v roce 1974 byl WBGT použit jako index pro vyjádření tepelného zatížení prostředí v ACGIH TLVs a od té doby se tento index stal nejpoužívanějším a nejdoporučovanějším indexem pro měření tepelného stresu po celém světě [17].

Hodnoty vstupující do vzorce pro WBGT lze zjistit různými přístroji, které můžeme získat nezávisle na sobě a dosadit do vzorce. Nicméně, oblíbenost WBGT spočívá i v jednoduchosti a rychlosti zjištění konečné hodnoty pomocí WBGT Monitoru

2.3 Fyziologické indikátory signalizující tepelný stres

Podle NIOSH by měl zaměstnavatel pro hodnocení a zlepšení prevence proti tepelnému stresu identifikovat vysoce rizikové osoby, shromažďovat údaje o výskytu nemocí z tepelného stresu u pracovníků, individualizovaně nastavit pracovní dobu s přestávkami na základě rizikovosti pracovníka, environmentální a fyziologické účinky měření týkající se tepelného stresu a zvážit vhodné úpravy pracoviště [17].

2.3.1 Teplota těla

Důležitým faktorem, který je třeba sledovat při ochraně zaměstnanců před tepelným stresem, je teplota jejich těla. ILO udává jako hraniční hodnotu teploty tělesného jádra 37,4°C - 37,9°C [69], a WHO taktéž nedoporučuje překročit teplotu těla [139]. Jádra 38 °C. Pokud je pracovník zdravý a hydratován, jeho organismus by měl být schopen udržet teplotu pod 38°C, ovšem pokud nemá přísun vody, tělo nemusí být schopné se ochlazovat. Proto je důležité, aby byl pracovníkům hlavně ve fyzicky náročných pracích pitný režim pravidelně připomínán. Tyto hraniční hodnoty jsou obecné a velice záleží na osobních faktorech, například je zdokumentováno, že maratonští běžci běželi s teplotou těla až 41,9°C bez zdravotních problémů, ale také, že na nemoc způsobenou tepelným stresem zemřel jedinec s teplotou těla pod 40°C [17].

2.3.2 Srdeční tep

K ochlazení organizmu tělo používá hlavně dva způsoby, a to srdeční tep a pocení. Pomocí tepu se snaží přemístit krev a s ní i teplo ze životně důležitých orgánů do kůže. Největší riziko je během fyzicky náročné práce, protože krev se pumpuje do svalů a tělo nemá dostatek kapacit pro cirkulaci do kůže a uvolňování tepla. První metoda pro určení překročení byla Brouhova metoda, kdy pracovník na konce pracovní doby nebo pracovního cyklu si sedne na židli a do úst se mu vloží ústní teploměr pod jazyk a měří se mu puls. Nejprve se měří od 30 vteřin do 1 minuty (P1), poté od 1,5 minuty do 2 minut (P2) a nakonec od 2,5 do 3 minut (P3). Pokud teplota překročí 37,5 °C, P1 překročí 110 Bpm a/nebo P1-P3 je méně než 10 Bpm, pracovní a tepelný stres je určen za neakceptovatelný. Toto pozorování je založeno na skupinových průměrech. Znovu je důležité se zaměřit na individuální vlohy pracovníka. V dnešní době už se používají modifikované verze tohoto měřítka [17].

2.3.3 Pocení a dehydratace

Pocení také pomáhá k uvolňování tepla, ale ovšem pouze za předpokladu nízké vlhkosti, která dovolí potu se odpařit a pracovník doplní tekutiny. Velice často se stává, že při náročné práci, kdy tělo odpaří 6-8 litrů v jednom dni, pracovník dobrovolně nepřijme dostatek tekutin, aby zabránil dehydrataci. Pokud dehydratace překročí 1,5 %-2% celkové váhy, tolerance k tepelnému stresu se výrazně snižuje a stres začne působit, zvýší se srdeční tep a teplota, a sníží se výkonnost. Pokud dehydratace překročí 5 %, může vést ke kolapsu [17].

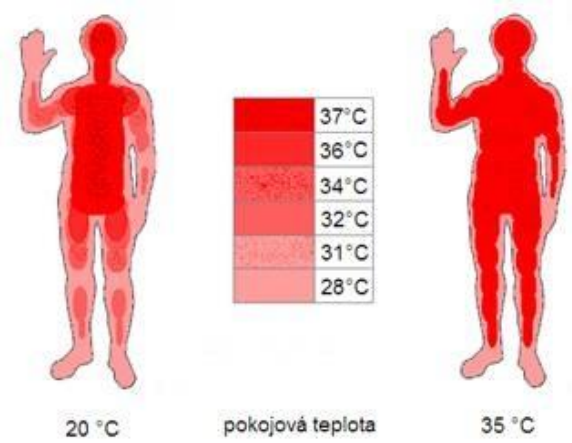
2.4 Zdravotní dopady způsobené tepelným stresem

Lidé mohou přežít snížení teploty jádra o 10 ° C, ale zvýšení pouze o 5 ° C.

Za správu termoregulace lidského organismu je zodpovědný centrální nervový systém, konkrétně hypothalamus, který přijímá informace z receptorů citlivých na změnu teploty. Přední část hypothalamu funguje jako „termostat“, zatímco jeho zadní část iniciuje příslušné fyziologické reakce k udržení stálé teploty.
Když prostředky těla k řízení vnitřní teploty začnou selhávat, mluvíme o ***vzniku tepelného stresu***, ke kterému kromě teploty vzduchu přispívají také další faktory, jako je například pracovní tempo,

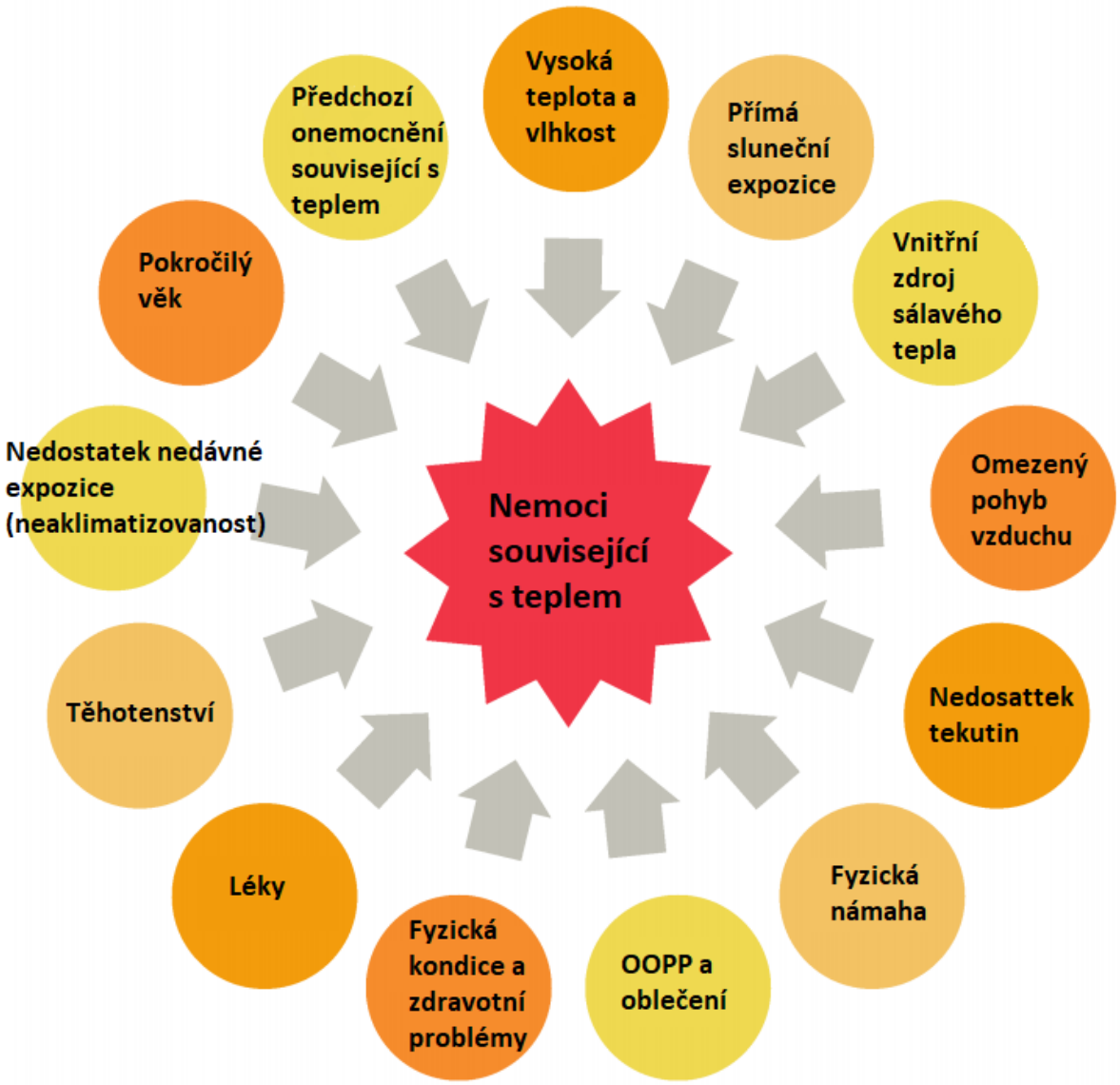
osobní předpoklady a mikroklimatické podmínky. Následující kapitola pojednává o účincích mikroklimatických podmínek a tepelné zátěži na lidský organismus včetně tzv. rizikových skupin populace.

Hodnota tělesné teploty je důležitým ukazatelem zdravotního stavu člověka, která ovšem nebývá v lidském těle homogenní. Lidské jádro je složeno z hrudních a břišních orgánů a mozku, mající teplotu 37 +- 1 C. Teplota končetin je o 2-4 C chladnější než tělesné jádro. Kůže, která je ochranou bariérou před vnějším prostředím, je pak chladnější než teplota končetin. Na rozdíl od teploty jádra, která je přísně regulována, se teplota pokožky výrazně mění v závislosti na expozici prostředí. Rozdělení těchto teplotních zón, vzhledem k rozdílné pokojové teplotě vzduchu, znázorňuje **Obr. *14***, [39].



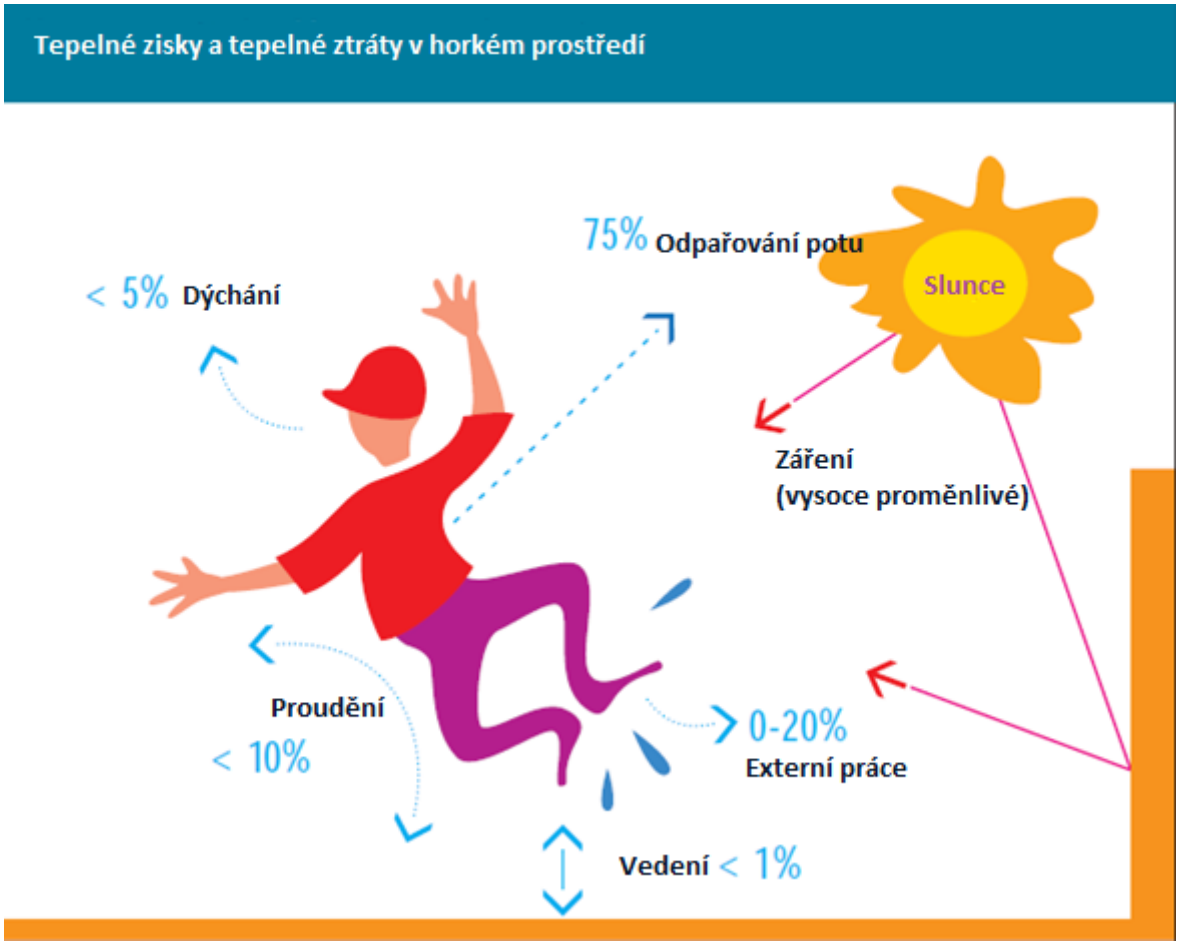
Obr. 14 – Teplotní zóny těla [39]

Aby bylo možné zachovat stabilitu tělesného jádra, dochází ke dvoustupňové regulaci. Jádro si vyměňuje teplo s krevními cévami (které se rozštěpí na kapiláry), které zase interagují s okolím. K termoregulaci dochází, když receptory citlivé na změnu teploty posílají zprávy centrálním nervovým systémem do hypotalamu, kde přímo k regulaci teploty jádra dochází. Mezi mechanismy tepelné výměny těla patří radiace, kondukce, konvekce a evaporace. Všechny tyto procesy jsou zprostředkovány krevním oběhovým systémem, který transportuje teplo z jádra do kůže, nebo naopak. Radiace (sálání) je poměrně konstantní mechanismus, který představuje, při našich současných tepelných podmínkách, až 60 % tepelných ztrát. Kondukce (vedení) a konvekce (proudění) úzce souvisí s teplotním gradientem prostředí. Odpařování (evaporace) pak může být oslabena vysokým procentem relativní vlhkosti vnějšího prostředí [39]**Chyba! Nenalezen zdroj dkazů.**, [147]. Kromě samotné regulace, která má vliv na zachování stability tělesného jádra, tak je nutné vést v patrnosti ještě i rizikové faktory související s tepelným stresem, uvedené na Obrázku **Obr. *14***.



Obr. 15 – Příklady rizikových faktorů souvisejících s teplem [78]

Mezi mikroklimatické podmínky (= na sobě závislé tepelně vlhkostní podmínky prostředí, které mají vliv na tepelnou pohodu člověka) ovlivňující kumulaci tělesného tepla v organismu, zvláště v pracovním prostředí, patří teplota vzduchu, vlhkost a rychlost proudění vzduchu a radiační teplota ploch v prostoru (sluneční, infračervené) [47]. **Obr. *16*** prezentuje tepelné zisky a ztráty v tepelném prostředí vlivem klimatických podmínek.



Obr. 16 - Tepelné zisky a tepelné ztráty v teplém prostředí [53]

2.4.1 Teplota vzduchu (t_a)

Teplota je fyzikální veličina, která je měřitelná proto, že téměř všechna tělesa mění při zahřívání své fyzikální vlastnosti. V praxi tzv. teplota suchého teploměru tvoří základní parametr klimatických faktorů a tepelné pohody člověka, kterou lze charakterizovat jako stav rovnováhy mezi subjektem a okolím bez zátěže termoregulačního systému. Při zjištění teploty vzduchu lze použít teploměry na bázi kapalin, termočlánky, odporové či bimetalové teploměry. Požadovaná přesnost měření by neměla být větší než +- 0,5 C. Konečná hodnota tepelného čidla musí být brána v potaz až po „ustálení“ čidla v daných podmínkách. Při měření je třeba také vzít v potaz okolní radiaci [46].

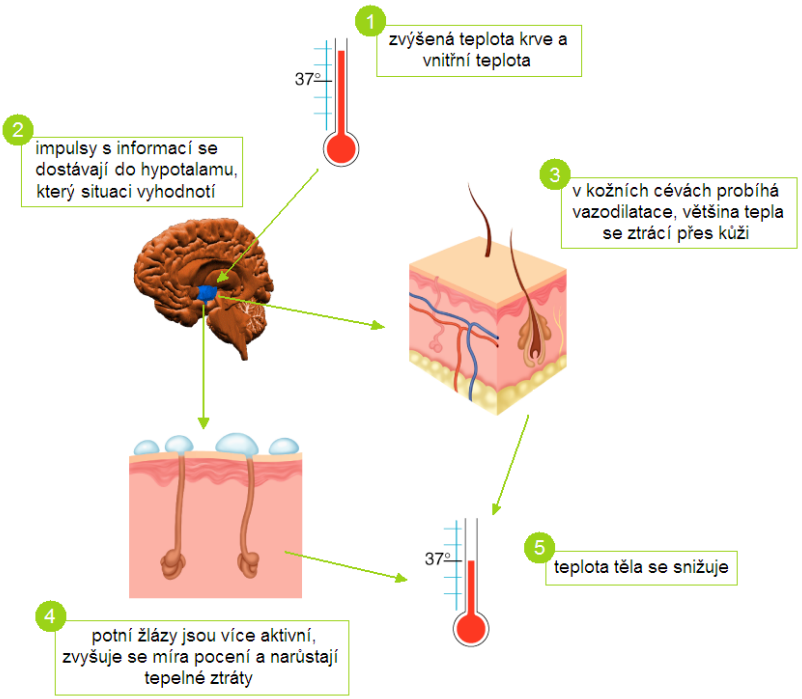
Krom výsledné teploty vzduchu (t_a) se v hodnocení mikroklimatických podmínek setkáme také s výslednou hodnotou kulového teploměru (t_g) a operativní teplotou (t_o) [46].

2.4.1.1 Přehřátí organismu (hypertermie)

Přehřátí organismu je znázorněno na **Obr. *17***. K tomuto stavu může dojít při vysoké fyzické zátěži a práci v horkém prostředí. O přehřátí hovoříme tehdy, když nejsou termoregulační mechanismy člověka, ovládané hypothalamem, schopny plnit svou funkci. Přehřátím jsou více ohroženy osoby trpící nadváhou (větší tuková izolace) a kardiovaskulárním onemocněním [147].
V důsledku vysokých teplot se můžou projevit následující akutní poruchy:

- nevolnost až zvracení

- průjmy
- krvácení z nosu (tzv. epistaxe) a úst
- vůlí nekontrolované prohloubení a zrychlení dechu
- prudké snížení pocení a/nebo diastolického tlaku
- změny barvy obličeje
- bolesti hlavy, svalů, na hrudi
- křeče
- dehydratace
- nekontrolovatelné chování, především zmatenost **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, REF _Ref96977356 \r \h **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.

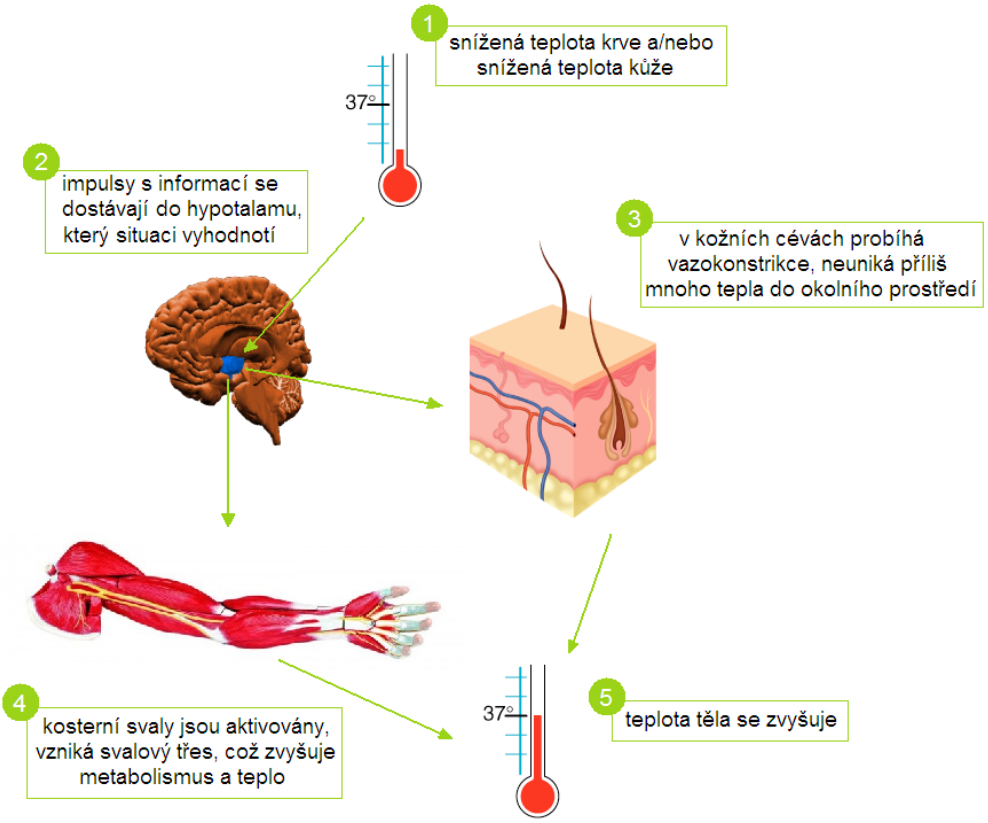


Obr. 17 - hypertermie (přehřátí organismu) [39]

2.4.1.2 Podchlazení (hypotermie)

K hypotermii dochází při klesnutí teploty jádra pod 35 C. Tento stav je popsán na **Obr. *18***. Při působení chladu dochází k omezení průtoků krve kůží a vzestupu krevního tlaku, která je doplněna zvýšenou spotřeby kyslíku. Dochází k těmto projevům:

- oslabení dýchání
- zpomalení srdeční frekvence
- ospalost
- bezvědomí (teplota jádra okolo 30 C) **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, **Chyba! nalezen zdroj odkazů.**



Obr. 18 - podchlazení (hypotermie) [39]

V České republice existují doporučené hodnoty teplot vzduchu pro pracovní prostředí, a to dle energetického výdeje posuzované osoby, druhu činnosti a oděvu (tzv. třídy práce). Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve změně pozdějších předpisů, navíc tyto doporučené hodnoty rozděluje na dlouhodobé a krátkodobé. Rozdíl je taktéž u aklimatizovaného a neaklimatizovaného jedince [38], [147].

2.4.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu se udává v % nebo jako bezrozměrná veličina. V českých podmínkách je více v popředí tzv. relativní vlhkost vzduchu, která udává poměr tlaku vodní páry ve vzduchu k tlaku vodní páry v nasyceném vzduchu. Je třeba si uvědomit, že vlhkost vnitřního prostředí ovlivňuje jak venkovní prostředí, tak použité technologie i množství lidí v místnosti. Optimální relativní vlhkost vnitřních prostor je mezi 30–70 % [38], [147].

Při termoregulaci pocením se pot rychleji odpařuje v suchém prostředí nežli ve vlhkém (při 90% relativní vlhkosti vzduchu se pot již neodpařuje). Navíc ve vlhkém prostředí dochází k rychlejšímu stékání potu po kůži a ochlazování tedy nebývá příliš účinné. Při poklesu relativní vlhkosti pod 20 % dochází k vysoušení sliznic dýchacích cest, což vede ke většímu průniku škodlivých látek do dolních cest dýchacích [38], [147], [46].

Vlhkost vzduchu se měří pomocí psychrometrů, kapacitních vlhkoměrů a hygrometrů.

2.4.3 Proudění vzduchu

Proudění vzduchu může být zdrojem pohody i nepohody člověka. Nejčastěji je uváděn v m/s nebo km/hod. Proudění vzduchu se měří pomocí anemometru.

Z termoregulačního hlediska je vítr nejvíce důležitý při konvenci a evaporaci. Při vysokém proudění vzduchu k nadměrnému ochlazování díky rychlejšímu odpařování potu, což může vést až k prochladnutí organismu [38], [46].

2.4.4 Radiační teplota (též teplota sálání)

Zdroje sálavého tepla lze klasifikovat jako umělé (např. Infračervené záření v železářském a ocelářském průmyslu, sklářském průmyslu a slévárnách) nebo přírodní (tj. sluneční záření). Přístroje, které se používají k měření radiace (výsledná teplota kulového teploměru nebo radiometry), mají odlišné vlastnosti od pyrheliometrů nebo pyranometrů, které se používají k měření slunečního záření. Důsledky radiační teploty na termoregulaci vč. následků jsou totožné s těmi, uvedenými v předchozí podkapitole „teplota vzduchu“ [38], [46].

Popis přístrojů, způsoby měření a výpočet střední teploty sálání ze změřených rovinných teplot sálání ploch jsou podrobně popsány v ČSN EN ISO 7726. Dle NIOSH je praktičtější a úplnější způsob měření tepelného stresu v pracovním prostředí použití indexu WBGT. WBGT zohledňuje, na rozdíl od jiné měřící techniky, nejen sálavé teplo, ale také vlhkost a teplotu suchého vzduchu, čímž poskytuje komplexnější měření všech složek tepelného stresu prostředí [78].

2.4.5 Akutní účinky tepelné zátěže na organismus

Zátěž teplem při práci je určena množstvím metabolického tepla vznikajícího svalovou prací a faktory prostředí, kterými se rozumí teplota vzduchu, teplota okolních ploch, rychlost proudění a relativní vlhkost vzduchu.
Přestože se onemocnění související s teplem zřídka vyskytují jako samostatné entity, každé z nich má jedinečné klinické vlastnosti. Tyto poruchy sahají od jednoduché posturální tepelné synkopy (mdloby) až po závažný úpal. Společným znakem u všech poruch souvisejících s teplem (kromě jednoduché posturální tepelné synkopy) je určitý stupeň zvýšené tělesné teploty, který může být komplikován nedostatkem vody v těle. Prognóza závisí na absolutní úrovni zvýšené tělesné teploty, rychlosti léčby (snížení tělesné teploty) a rozsahu nedostatku nebo nerovnováhy tekutin či elektrolytů [78].

2.4.5.1 Úpal

Úpal se může vyskytovat buď jako klasický nebo námahový. Klasický úpal zahrnuje (1) závažné narušení funkce centrálního nervového systému (bezvědomí nebo křeče); (2) nedostatečné pocení; a (3) rektální teplotu nad 41 ° C. Jde o nebezpečný stav, který může postiženého usmrtit rozvratem vnitřního prostředí a narušením funkce metabolismu. Při dosažení teploty typické pro hyperpyrexii je nezbytné začít tělesnou teplotu aktivně snižovat (fyzikální metody, farmakoterapie) odhadnutá hodnota, protože pozorování se provádí až po přijetí pacientů do nemocnic, což může nastat přibližně od 30 minut do několika hodin po události.

Námahový úpal se vyskytuje u fyzicky aktivních jedinců. Při zátěžovém úpalu se kosterní sval často rychle „rozpadá“. Tento stav se nazývá akutní rhabdomyolýza, a vede také k selhání ledvin. Riziko selhání ledvin je u osob trpících námahovým úpalem, asi 25%.

Metabolická a environmentální tepelná zátěž, která vede k úpalu, je velmi variabilní a často je obtížné nebo nemožné ji přesně rekonstruovat [78], [65].

První pomoc:
Těžká forma úpalu vyžaduje lékařskou péči a rychlé ochlazení postiženého zaměstnance. Pokud je to možné, postiženého zaměstnance rychle ochlaďte lázní s ledovou vodou. Umístěte jej na stinné místo, odstraňte svrchní oděv a ochlaďte také oblast hlavy, krku, podpaží a třísel. Důležitou

činností za účelem zlepšení odpařování je větrání (ovívání pracovníka). Tyto činnosti je potřebné provést také během čekání na záchrannou službu. Pracovník, u kterého došlo k vyčerpání vlivem horka nebo k úpalu, by neměl být poslán sám domů nebo být jinak bez dozoru [65].

2.4.5.2 Rhabdomylóza

Rhabdomyolýza je stav, při kterém dochází k poškození svalových buněk a nastane uvolnění obsahu myocytů do plazmy. Rhabdomyolýza může být zcela asymptomatická s elevací svalových enzymů v krvi. Při rozsáhlém poškození svalů však může dojít k závažnému zvýšení obsahu myoglobinu a draselného iontu – dochází k arytmiím a akutnímu renálnímu selhání.

Klasickými příznaky rhabdomyolýzy jsou bolesti svalů, křeče, otoky, slabost a snížený rozsah pohybu kloubů. Jedním ze znaků rhabdomyolýzy je také tmavá nebo čajově zbarvená moč. Příznaky se však mohou u jednotlivců lišit, přičemž u některých se vyskytují nespecifické příznaky, jako je únava, bolest avalů a kloubů, bolesti břicha, bolesti zad, nevolnost nebo zvracení a zmatenost, zatímco jiné osoby jsou zdánlivě bezpříznakové [78], [65].

Čím závažnější onemocnění je a čím delší je zpoždění při stanovení správné diagnózy a zahájení léčby, tím větší je riziko zvýšených komplikací, z nichž některé mohou být trvalé, jako je snížení nebo ztráta funkce ledvin v důsledku tzv. kompartment syndromu. Kromě řešení příčiny rhabdomyolýzy (tj. ochlazení těla při vysoké teplotě), je běžnou léčbou rhabdomyolýzy, podávání tekutin. Lehké případy rhabdomyolýzy lze léčit orálními rehydratačními tekutinami, které slouží k vyplavení škodlivých proteinů z krve dříve, než mohou poškodit ledviny. Léčba závažnějších případů rhabdomyolýzy vyžaduje nemocniční léčbu pomocí podávání intravenózních tekutin. V rámci první pomoci je tedy nutné ihned přerušit práci a vyhledat lékaře [78].

2.4.5.3 Vyčerpání z tepla

Vyčerpání z tepla je často považováno za prekursor vážnějšího úpalu. S tímto onemocněním se často setkáváme při experimentálním hodnocení tepelné tolerance. Obvykle je doprovázena mírně zvýšenou tělesnou teplotou (38 ° C). Jak pro vyčerpání z horka, tak pro ranou fázi úpalu jsou společné tyto příznaky: bolest hlavy, nevolnost, točení hlavy, slabost, žízeň, silné pocení, podrážděnost a snížený výdej moči. Schopnost snášet zvýšenou tělesnou teplotu se u lidí velmi liší. Mezi jednu z hlavních příčin patří nedostatečný příjem tekutin. Data naznačují, že k případům vyčerpání z tepla dojde přibližně 10krát častěji než k případům úpalu [78].

2.4.5.4 Tepelné křeče

Tepelné křeče jsou obvyklé u jedinců, kteří tvrdě pracují v horkém prostředí. Přesná příčina nebo příčiny nejsou známy, nicméně tepelné křeče lze připsat nebo spojovat s dlouhodobou ztrátou soli potem, doprovázenou velkým množstvím přísunu vody v rámci pitného režimu, bez vhodné a dostatečné náhrady soli. V rámci příčin mohou být také zahrnuty ztráty dalších elektrolytů, jako je hořčík, vápník a draslík.
Křeče se často vyskytují ve svalech používaných hlavně při práci a lze je snadno zmírnit odpočinkem, požitím vody a korekcí nerovnováhy elektrolytů v tělních tekutinách (např. sportovní ochranné nápoje obsahují sacharidy a elektrolyty [koncentrace sodíku v séru <136 $mEq \cdot L^{-1}$]). Nedoporučuje se používat tzv. solné tablety. Ztráty solí lze nejlépe nahradit požitím normálně solených potravin nebo iontových nápojů [78], [65].

2.4.5.5 Tepelná synkopa neboli mdloba

Tepelná synkopa (mdloba), která je charakterizována pro krátkou poruchu vědomí s rychlým zotavením, se obvykle vyskytuje při dlouhodobém stání nebo náhlém vstávání ze sedu nebo z lehu; v takových případech vede dočasné cirkulační selhání v důsledku shromažďování krve v periferních

žilách ke snížení diastolické náplně srdce. Příznaky tepelné synkopy zahrnují točení hlavy, závratě a mdloby. Faktory, které mohou přispívat k tepelné synkopě, zahrnují dehydrataci a nedostatečnou aklimatizaci. Pracovníci, kteří omdleli, se obvykle rychle uzdraví, pokud budou sedět nebo ležet; úplné zotavení stabilního krevního tlaku však může trvat hodinu nebo dvě [78], [65].

2.4.5.6 Vyrážky z tepla (potničky)

Nejběžnější vyrážkou je *miliaria rubra,* která se jeví jako soubor červených papulek, vyskytující se zejména při zvýšení pocení, obvykle v oblastech, kde je oblečení těsné a tím vyvolává podráždění kůže. Vyskytuje se na pokožce, která je trvale mokrá neodpařeným potem. Pokud se miliaria rubra neléčí, může dojít k infikování papulí a rozvoji sekundárních stafylokokových infekcí. Další kožní porucha, *miliaria crystalina*, se objevuje s nástupem pocení na dříve zraněné pokožce, obvykle v oblastech spálených sluncem [78].

Miliaria profunda nastává, když jsou pod povrchem kůže blokovány potní kanálky. K této vyrážce také dochází po nepřiměřené expozici sluncem, ovšem uvádí se, že k vyrážce dochází bez jasných důkazů o předchozím poranění kůže. *Miliaria profunda* se vyznačuje diskrétními, bledými vyvýšeninami na kůži, připomínající „husí kůži“. Ve většině případů tyto vyrážky zmizí s návratem do chladného prostředí.

Přestože vyrážky samy o sobě nejsou nebezpečné, každá z nich může poškodit oblasti pokožky a snížit tak schopnost pocení, což snižuje tepelné ztráty odpařováním a ovlivňuje termoregulaci. Mokrá a / nebo poškozená pokožka může také snadněji absorbovat toxické látky než suchá, neporušená kůže. U experimentálně vyvolané *Miliaria rubra* se správná fyziologická kapacita pocení obnovila až během 3 až 4 týdnů [78], [65].

2.4.6 Chronická onemocnění způsobená teplem

Dlouhodobé účinky tepelného stresu byly zjištěny pomocí historických, epidemiologických či experimentálních důkazů. Těžké onemocnění související s teplem, může způsobit trvalé chronické poškození orgánů člověka, jako je například srdce, ledviny a játra [78], [65].

Jedna studie porovnávala kohortu personálu americké armády hospitalizovanou pro nemoc související s teplem a s těmi, kteří měli apendicitidu. Pacienti s onemocněním souvisejícím s teplem měli o 40 % vyšší riziko úmrtí z jakékoli příčiny než pacienti s apendicitidou. Dále bylo zjištěno, že u mužů s onemocněním souvisejícím s teplem byla ve srovnání s případy apendicitidy zvýšena míra úmrtí na kardiovaskulární onemocnění a ischemickou chorobu srdeční [78].

V oblasti chronických onemocnění je pro porozumění zapotřebí více studií. Závažnost nemoci, doba expozice, etiologie a prevence např. tepelných křečí, jsou jen některé z mnoha faktorů, které mohou mít vliv na chronický stav zaměstnance [78].

2.4.7 Duševní onemocnění a souvislost s teplem

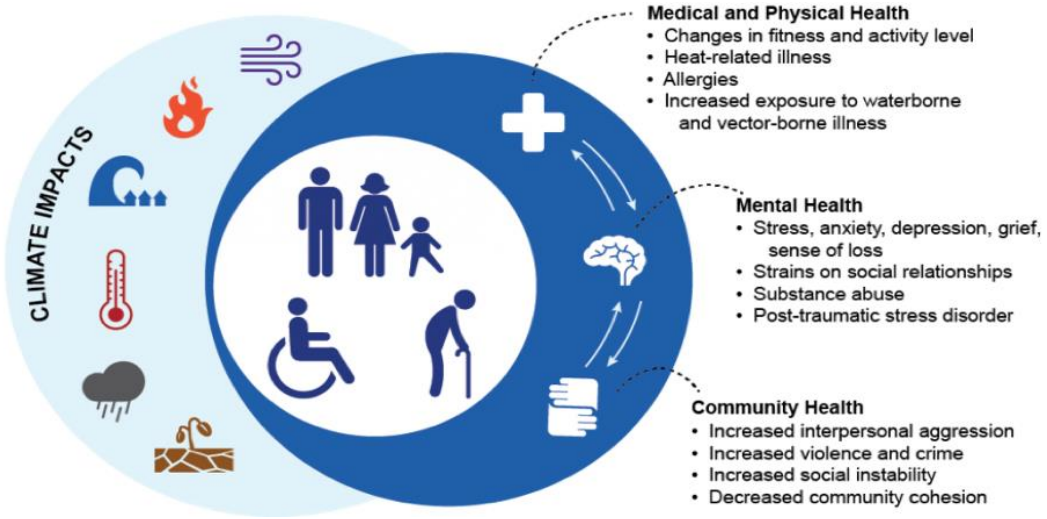
Extrémní horko bylo ve výzkumech po mnoho let spojováno s řadou dopadů na duševní zdraví, včetně zvýšené podrážděnosti, příznaků deprese a s nárůstem sebevražd. Může také ovlivnit chování, přispívat ke zvýšené agresivitě, výskytu domácího násilí a zvýšenému užívání alkoholu nebo jiných látek využívajících se ke zvládání stresu. Výzkumy také ukázaly návaznost vysokých teplot a problémů s pamětí, pozorností a reakční dobou. Potíže se spánkem spojené s extrémním horkem mohou přispívat k symptomům duševního zdraví a dále je zhoršovat [34].

K tomu, že lidé s duševním onemocněním jsou obzvláště zranitelní, přispívá několik faktorů. Lidé se schizofrenií mohou mít potíže s regulací tělesné teploty a změny teploty mohou změnit příznaky

poruch nálady. Některé psychiatrické léky, včetně některých antidepresiv a antipsychotik, mohou ovlivnit způsob, jakým tělo reguluje teplotu [34].

Lidé s duševním onemocněním také častěji žijí v chudobě nebo mají souběžné chronické onemocnění nebo poruchy spojené s užíváním návykových látek, které jim ztěžují vyrovnat se se změnami nebo se jim přizpůsobit. Ti, kteří jsou také bezdomovci, mají další břemeno hledání bezpečného úkrytu. Kromě toho jsou lidé s již existujícími psychiatrickými příznaky vystaveni zvýšenému riziku vzniku zdravotním problémům souvisejícím s horkem a konkrétně lidé s demencí jsou, během vln veder vystaveni zvýšenému riziku hospitalizace a, bohužel, úmrtí [34].

Ilustraci o tom, jak změna klimatu ovlivňuje fyzické, duševní a komunitní zdraví, naleznete na **Obr. *19***.



Obr. 19 - Jak změna klimatu ovlivňuje fyzické, duševní a komunitní zdraví [34]

„Nad hranicí 26,7 ° C jsme pozorovali souvislost mezi okolní teplotou a hospitalizací pro duševní poruchy a poruchy chování. Ve srovnání s obdobími mimo vlny veder se ***hospitalizace během veder zvýšila o 7,3%. Specifická onemocnění, u kterých se zvýšil počet hospitalizací, zahrnovala symptomatické duševní poruchy; demenci; neurotické, stresem související poruchy; poruchy psychologického vývoje; a senilita.***

Úmrtnost přičítaná duševním poruchám a poruchám chování se během vln veder zvýšila ve věkové skupině 65 až 74 let a u osob se schizofrenií a bludnými poruchami. Úmrtí na demenci se zvýšilo u osob do 65 let.“ [51].

2.4.8 Individuální predispoziční faktory pro nemoci související s tepelným stresem

Riziko vzniku nemoci spojené s teplem může zvýšit mnoho faktorů. Některé z těchto faktorů se týkají okolního prostředí (okolní teplota, vlhkost a proudění vzduchu a radiační teplota). Podmínky pracoviště mohou ovlivnit vnitřní zařízení, např. pece. Pokud není k dispozici klimatizace nebo je větrání nedostatečné, vnitřní pracovní prostředí se může stát rizikem. Další faktory mohou souviset s charakteristikami každého jednotlivého zaměstnance nebo s jeho aktuálním zdravotním stavem v době vystavení tepelné zátěži v horkém prostředí [78].

2.4.8.1 Věk

Proces stárnutí vede k pomalejší reakci potních žláz, což vede k méně účinné regulaci tělesné teploty také u sedavé pracovní pozice. Stárnutí také vede ke snížené úrovni průtoku krve kůží spojené s vystavením teplu. Přesná příčina zůstává neurčená, pravděpodobně souvisí se sníženou účinností sympatického nervového systému. U žen bylo zjištěno, že teplota kůže se zvyšuje s věkem při mírném a vysokém tepelném zatížení, ale ne při nízkém tepelném zatížení. Když dvě mužské skupiny horníků průměrného věku 47 (jedna skupina) a 27 let (druhá skupina) vykonávaly lehkou práci v několika chladných prostředích, vykazovaly malý rozdíl v jejich termoregulačních reakcích. V teplejších prostředích starší muži měli podstatně větší termoregulační problémy než jejich mladší protějšky; starší muži měli také nižší aerobní pracovní kapacitu.

Se zvyšujícím se věkem roste riziko vzniku úpalu. Výskyt případů na 100 000 pracovníků byl u mužů nad 40 let 10krát větší, než u mužů do 25 let. Termoregulační dynamika může být narušena dehydratací, jež opět souvisí s vyšším věkem. Důvodem je snížená žíznivost, tedy potřeba doplňovat tekutiny.

Starší lidé jsou náchylnější k účinkům tepla a významná část těch, kteří trpí nemocemi z tepla, je starších 60 let. Citlivost na teplo související s věkem je multifaktoriální a může souviset se snížením pocení (vlivem snížené produkce potu) a kožního průtoku krve, změnami kardiovaskulárních funkcí a snížením celkové kondice [78].

2.4.8.2 Pohlaví

Průměrná žena má nižší aerobní kapacitu než průměrný muž. Ovšem při práci v podobných poměrech dosahují ženy stejných nebo jen o málo horších výsledků než muži. Studie zkoumající ztrátu potního elektrolytu během cvičení v horku zjistila, že koncentrace potu Na + a Cl - u mužů byla vyšší než u žen. Roli může hrát míra pocení a účinky hormonálních variací. Ženy se během cvičení v horku potí méně než muži, což má za následek větší zvýšení tělesné teploty. Tolerance ke vzniku tepelného stresu se snižuje s těhotenstvím. Těhotenství přirozeně zvyšuje teplotu těla, což vystavuje ženy rychlejšímu vyčerpání během období extrémních teplot. Plod působí jako zdroj metabolického tepla a také zvyšuje váhu matky. Protože se těhotná žena stará o více než jedno tělo, je k ochlazení její základní teploty zapotřebí více tekutin i energie [78].

2.4.8.3 Tělesný tuk

Nemoci způsobené teplem se vyskytují 3,5krát častěji u obézních než u hubených jedinců. Poměr plochy povrchu těla k tělesné hmotnosti (m2 na kg) se u obézního jedince stává méně nápomocným při odvodu tepla. Tuková vrstva teoreticky snižuje přímý přenos tepla ze svalů na kůži. Několik studií v oblasti tepelného stresu a obezity ukázalo, že obézní jedinci mají během cvičení v horku nižší průtok krve. Existují určité důkazy, že obézní jedinci trpí asymptomatickými neuropatiemi, které snižují tepelnou citlivost [78].

Nakonec nadbytečná váha nesená obézním, versus štíhlým jedincem, vede ke zvýšení metabolické energie pro daný úkol. Zvýšení metabolické energie produkované ve formě svalové práce má za následek zvýšení tělesné teploty. Proto je zřejmé, že obezita vystavuje jednotlivce významně vyššímu riziku, že bude trpět onemocněním spojeným s teplem při jakékoli dané pracovní zátěži nebo teplotě prostředí, než je riziko pro štíhlého jedince [78].

2.4.8.4 Úroveň kondice

Úroveň kondice je silným prediktorem, neboť vysoce koreluje s rostoucími onemocněními, invaliditou a dalšími faktory úzce souvisejícími s přibývajícím věkem. Fyzická zdatnost má tendenci klesat s přibývajícím věkem. Čím vyšší je maximální absorpce kyslíku jedince, tím nižší je tepelné

namáhání pozorované v teplém vlhkém prostředí. Úroveň kondice se na populační úrovni s přibývajícím věkem snižuje, u starších lidí klesá, snižuje se svalová síla, pracovní kapacita, schopnost přenášet teplo z tělesného jádra do pokožky, hladina hydratace a mj. také kardiovaskulární stabilita – to vše vede ke zvyšování nemocnosti a úmrtnosti.

2.4.8.5 Aklimatizace

Fyziologická aklimatizace na teplejší prostředí obvykle trvá 3-12 dní, ale úplná aklimatizace na neznámé tepelné prostředí může trvat několik let. Pokud dochází k nepřetržité produkci potu, pak jsou lidé schopni odolávat mnohem vyšším teplotám za následujícího předpokladu: bezpodmínečně bude nahrazena voda a chlorid sodný, které byly při produkci potu spotřebovány (obě látky tvoří nejdůležitější složky lidského potu). Krátkodobá aklimatizace vede k potu, který se objevuje na povrchu pokožky již při nižších tělesných teplotách. Tento druh potu zvyšuje maximální objem potu a snižuje koncentraci soli. Krátkodobá aklimatizace postupně mizí po dobu několika týdnů po skončení tepelného stresu [78].

2.4.8.6 Dehydratace

Dehydratace se jeví jako rozhodující faktor přispívající k úmrtnosti na teplo, a to zejména u nejvíce zranitelných skupin (starší osoby, chronicky nemocní, slabší jedinci). Dehydratace starší populace byla prokázána u 33 % klientů domů s pečovatelskou službou (viz kap. 3.1.3.3). Mezi další prvky podporující dehydrataci patří alkohol, přičemž v kombinaci s dalšími faktory může být dosaženo dehydratace na nebezpečné úrovni – život ohrožující stav. Předchozí stav dehydratace může postupně přejít až do chronického stavu dehydratace a člověk je poté více náchylný i k menším environmentálním nebo fyziologickým stresům.

2.4.8.7 Léčiva a jiné látky

Mnoho skupin léčiv/drog, ať už na předpis, volně prodejných, rekreačních nebo nelegálních, může jejich uživatele predisponovat k nemocem souvisejícím s teplem, a to včetně úpalu (vyžadujícího, v některých případech, lékařskou pomoc). Mezi léky interagující s teplem patří například antidepresiva, antihistaminika, antipsychotika a diuretika (podrobnosti v tabulce níže). Bohužel mnozí, kteří tyto léky předepisují, stejně jako ti, kteří je vyhledávají a užívají, si nemusí být vědomi rizika, které představuje jejich užívání v podmínkách extrémního horka [26].
Léky mohou narušit normální termoregulační funkci mnoha způsoby, skrz:

- hypotalamus, který nastavuje normální tělesnou teplotu;
- vnímání tepla, vedoucí ke změně chování (vyhýbání se teplu);
- změny srdečního výdeje;
- změny v periferní vazodilataci;
- změny v rychlosti potu;
- změny v důsledku renálních funkcí a/nebo tělesné dehydratace [26].

Z hlediska přímých tepelných účinků je nejkritičtější farmakologický důsledek prostřednictvím dopadu (snížení) na rychlost pocení. Jelikož z 90 % schopnost těla se ochlazovat, zejména při extrémních teplotách, závisí na odpařování potu, může být narušená schopnost pocení velmi kritická. Léky s těmito vedlejšími účinky působí na muskarinová nervová zakončení cholinergních nervových vláken, která inervují potní žlázy (kterých je v těle několik milionů) [26].

Navíc řada léků může přímo vyvolat hypertermické stavy (např. neuroleptický maligní syndrom); přítomnost okolního tepla by tedy poskytla exacerbující účinek [26].

Téměř jakýkoli lék, který ovlivňuje činnost CNS, KVS (např. Beta-blokátory), může potenciálně ovlivnit tepelnou toleranci [78]. Příklady lze naleznout v **Tab. *2***.

Tab. 2 - Příklady možných účinků léčiv na termoregulaci [78]

Léčivo nebo jeho skupina	Používá se při	Možné (nežádoucí) účinky
Anticholinergika	urologický problém(např. hyperaktivní měchýř)	porucha pocení
Antihistaminika	alergie	porucha pocení
Fenothiazin	psychické problémy	porucha pocení, narušená regulace teploty (hypothalamus)
Tricyklická antidepresiva	psychické problémy (nejpoužívanější)	porucha pocení, zvýšená motorická aktivita, tvorba tepla
Amfetaminy, kokain, extáze	nelegální droga	zvýšená psychomotorika, poruchy cévního tonu (endotel)
Analgetika	bolest	poškození jater, ledvin
Stimulanty (např. efedril)	dopingová látka, hubnutí	zvýšená produkce tepla
Diuretika	interní onemocnnění (srdce, játra) a hypertenze	ztráta soli a iontů močí
Beta blokátory	hypertenze	snížený průtok krve
Barbituláty	tlumí CNS (antiepileptika, anestetika)	snížený průtok krve kůží, snížený krevní tlak
Antispasmodika	léčba křečí, nekontrolovatelných pohybů	porucha pocení
Laxantiva	zácpě (jedná se o projímadla)	dehydratace

2.5 Porovnání pohledů mezinárodních organizací na hodnocení tepelného stresu

2.5.1 ILO

ILO zkoumá WGBT index z jiného úhlu pohledu než CDC, ISO, OSHA a další agentury. Nahlíží na tento index spíše lokálně a nevytvořila žádné své obecné limity, i když odkazuje na limity zavedené ISO. V publikaci Working on a warmer planet se zaměřuje na vlivy WGBT a heat stressu obecně zejména z pohledu efektivity práce a při jakých hodnotách WGBT je pracovník nejvýkonnější, popřípadě o kolik procent se sníží jeho výkonnost a bere v úvahu místo [71].

V publikaci Climate change and Labour se ILO zaměřuje na WGBT podobně ovšem trochu obecněji s menším důrazem na lokalitu. Ovšem žádné limity nezmiňuje, pouze odkazuje na limitní hodnoty ISO [70].

V další studii už vytváří svá kritéria, ale stále bez obecných kritérií pro WBGT [69].
ILO se dále zaměřuje na WGBT z pohledu profese a publikuje studie například o práci ve zlatých dolech, zemědělství apod.

2.5.2 WHO

WHO také nestanovuje limity WBGT, pouze definuje vzorec a podobně jako ILO odkazuje na ISO. Ve své studii WHO Heat Health Guidance stanovuje podobné podmínky pro rozvržení práce jako ILO při různých hodnotách WBGT a náročnosti práce. Ovšem nebere v úvahu příjem tekutin.

2.5.3 OSHA

OHSA nevydalo podrobné tabulky jako například ILO, ovšem stanovuje komfortní teplotu při práce od 20 °C do 25,5 °C a relativní vlhkost od 30 % do 60 % ve vnitřních prostorech.

2.5.4 NIOSH, CDC

NIOSH a CDC ve společné studii adaptovaly výstražný systém od organizace NOAA, který stanovuji tepelné riziko při různých hodnotách teploty vzduchu a relativní vlhkosti [17]. Spíše než limitními hodnotami pro jednotlivé ukazatele jako teplota, popřípadě vlhkost se obě instituce zaměřují na stanovování limitních hodnot kombinací těchto faktorů a opět velice často tyto limitní hodnotu adaptují od jiných organizací [17].

2.5.5 Srovnání organizací v přístupu hodnocení tepelného stresu

Nelze srovnávat odděleně vlhkost, proudění a teplotu, protože tyto parametry spolu úzce souvisí a fyziologická odpověď organismu je závislá na všech třech uvedených faktorech. Proto vznikly zmiňované indexy, protože jak již bylo zmíněno, heat stress je ovlivněn všemi těmito faktory. Dle tohoto zjištění je pouze relevantní srovnání pohledů na heat index a WBGT jednotlivých organizací. Nejrelevantnějším zdrojem pro srovnání limitních hodnot WBGT u různých organizací je tabulka publikovaná ve studii NIOSH a CDC, kdy srovnávají pohledy na tento indexy organizacemi jako ACGIH, AIHA, OSHA, ISO a NIOSH. Následující tabulka popisuje doporučené limitní hodnoty pro aklimatizované pracovníky. Neaklimatizovaní pracovníci budou tepelnou zátěž snášet mnohem hůř a k případnému poškození zdraví dojde dříve, než u neaklimatizovaného pracovníka [17]. Dle dosavadních zjištění dochází k aklimatizaci zhruba po 3 týdnech, avšak při hodnocení tohoto faktoru musíme brát v potaz věk a pohlaví a zdravotní stav posuzovaného.

Table 5-1. Comparison of WBGT exposure limits for acclimatized workers

Workload	ACGIH	AIHA	OSHA	ISO	NIOSH
Resting		32.2°C (90°F) 100 kcal·h⁻¹ (117 W)		33°C (91.4°F) ≤100 kcal·h⁻¹ (117 W)	
Light	30°C (86°F) 100–200 kcal·h⁻¹ (117–233 W)	30°C (86°F) 200 kcal·h⁻¹ (233 W)	30.0°C* (86°F) 32.2°C† (90°F) <200 kcal·h⁻¹ (233 W)	30°C (86°F) 100–201 kcal·h⁻¹ (117–234 W)	30°C (86°F) <200 kcal·h⁻¹ (233 W)
Moderate	26.7°C (80°F) 201–350 kcal·h⁻¹ (234–407 W)	26.7°C (80°F) 300 kcal·h⁻¹ (349 W)	27.8°C* (82°F) 30.6°C† (87.1°F) 201–300 kcal·h⁻¹ (234–349 W)	28°C (82.4°F) 201–310 kcal·h⁻¹ (234–360 W)	28°C (82.4°F) 201–300 kcal·h⁻¹ (234–349 W)
Heavy			26.1°C* (79°F) 28.9°C† (84°F) >301 kcal·h⁻¹ (350 W)	25°C* (77°F) 26°C† (78.8°F) 310–403 kcal·h⁻¹ (360–468 W)	26°C (78.8°F) 301–400 kcal·h⁻¹ (350–465 W)
Very heavy	25°C (77°F) 350–500 kcal·h⁻¹ (407–581 W)			23°C* (73.4°F) 25°C† (77°F) >403 kcal·h⁻¹ (468 W)	25°C (77°F) 401–500 kcal·h⁻¹ (466–580 W)

*Low velocity; †high velocity; kcal·h⁻¹ = kilocalories per hour.
NOTE: Unacclimatized workers would have greater heat expenditures during the same amount of work and temperature.
Adapted from the American Industrial Hygiene Association (AIHA) [2003].

Obr. 20 - Porovnání doporučených limitních hodnot WBGT podle institucí [1]

Pokud se podíváme na doporučené limity všech organizací, nelze pozorovat významné odchylky. Organizace vytváří standardy pro různé úrovně náročnosti práce. Nejpodrobněji popisuje tyto limity ISO, které stanovuje limitní hodnoty pro pět typů náročnosti a NIOSH se čtyřmi typy náročnosti práce. Zbývající organizace se zaobírají pouze třemi typy a vždy se liší výběrem typu náročnosti práce. Všechny organizace se zaobírají limity lehké a střední náročnosti a tři organizace se zabývají náročnou a velmi náročnou zátěží. Významnější odchylky lze pozorovat pouze u střední náročnosti práce, kdy se ACGIH a AIHA liší od ostatních institucí o 1,1 – 1,3 stupně Celsia. Největší rozptyl limitních hodnot má ISO, kdy doporučuje 23-25 stupňů Celsia pro velice náročnou práci a 33 stupňů Celsia jako limitní hodnotu pro odpočinek. Pokud nebudeme brát v úvahu odpočinkovou fázi a škálu náročnosti práce stanovíme pouze od lehké po velmi náročnou, organizace se shodují na rozptylu od 23-25 stupňů Celsia až po 30 stupňů Celsia. Ovšem ISO má největší limitní rozptyl, protože jako jediná se zabývá odpočinkovou fází i velice náročnou prací [17].

Dále je důležité zmínit, že náročnost práce je stanovena na základě energetických výdajů, které se opět částečně liší napříč organizacemi. Ovšem pokud bereme v úvahu, že některé organizace stanovují rozpětí energetických výdajů pro určitou náročnost práce, odchylují se od sebe pouze v jednotkách maximálně nižších desítek W.

Pokud jde tedy o WBGT, srovnání mezi organizacemi nepřináší zajímavé výsledky a spíše potvrzuje vzájemnou shodu mezi organizacemi při stanovení limit WBGT indexu a následných doporučeních.
WHO a ILO nejsou ve srovnání zahrnuty z důvodu nedostatku dat. Bylo přečteno celkem pět rozsáhlých studií vydaných těmito organizacemi, mezi které patří Public Health Advice on

Protecting Health Effects of Heat, WHO Heat Health Guidance, Climate Change and Labour nebo Working on Warmer Planet, ovšem jejich limitní hodnoty nelze dohledat, ale jak lze vidět v předchozích odstavcích, obě organizace, pokud jde o limity, odkazují na limitní hodnoty WBGT vydávané ISO. WHO v jedné ze svých studií převzalo tabulku zaměřenou na rozvržení práce při různých úrovní WBGT a náročnosti práce od OHSA.

Na základě přečtených studií, tabulek a článků vydaných těmito organizacemi lze říct, že všechny významně preferují měření WBGT před jinými indexy a ukazateli, drtivá většina tabulek a vydaných limitních hodnot obsahuje právě WBGT index. Proto by tento index měl být středem naší pozornosti při přípravě diagramu, který bude hodnotit riziko vzniku tepelného stresu na pracovišti.

2.6 Ekonomické dopady tepelného stresu a vliv na produktivitu práce

Venkovní teploty přesahující 39 °C mohou způsobovat řadu úmrtí pracovníků, ale současně také způsobují neschopnost pracovat nebo nutí pracovat zaměstnance za sníženou sazbu, což má sociální dopad nejen pro ně, ale i pro jejich rodiny. Navíc někteří pracovníci jsou zranitelnější, jedná se především o starší pracovníky, kteří mají nižší fyziologickou odolnost vůči vysoké úrovni tepla, přesto představují rostoucí podíl pracovníků jako přirozený důsledek stárnutí populace. Důležitým faktem je také to, že tepelný stres může být jeden z faktorů, který vede k migraci lidí, zejména zemědělců [71].

Podle odhadů se předpokládá, že do roku 2030 se ztratí ekvivalent více než 2,2 % celkové pracovní doby na celém světě z důvodu, že je příliš horko na práci nebo proto, že pracovníci musí pracovat pomalejším tempem **Tab. *3***. Ztráta produktivity odpovídá 80 milionům pracovních míst na plný úvazek. Jen pro příklad v jižní Asii a západní Africe může výsledná ztráta produktivity dosáhnout až 5 %. Tohle je konzervativní odhad, protože se nepředpokládá, že dlouhodobý nárůst globální průměrné teploty nepřesáhne 1,5 °C a současně vychází z předpokladu, že zemědělské a stavební práce se provádí ve stínu. Tento předpoklad je založen částečně na skutečnosti, že v tropických zemích je asi 40 % dnů zataženo a částečně na skutečnosti, že některé úkoly, zejména v oblasti samozásobitelského zemědělství, lze často přesunout do denní doby, kdy je méně horko. Pokud bude předpoklad, že se zemědělské a stavební práce provádějí na slunci, odhadovaná ztráta pracovní doby na celém světě v roce 2030 stoupne až na 3,8 % – což odpovídá 136 milionům pracovních míst na plný úvazek. Vzhledem k tomu, že globální oteplování pokračuje i po roce 2030, očekává se, že zvýšení teploty ještě více sníží produktivitu práce [71].

Tab. 3 - Ztráta pracovní doby v důsledku tepelného stresu podle odvětví a zemí v období 1995 a 2030 [71]

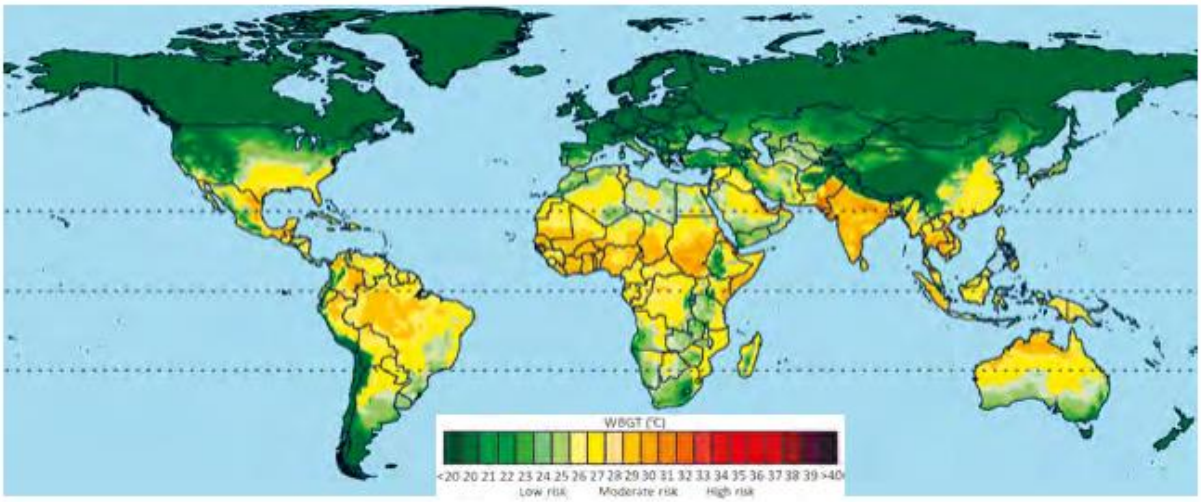
Country	1995						2030					
	Agriculture (in shade) (%)	Industry (%)	Construction (in shade) (%)	Services (%)	Total (%)	Total (thousand full-time jobs)	Agriculture (in shade) (%)	Industry (%)	Construction (in shade) (%)	Services (%)	Total (%)	Total (thousand full-time jobs)
Belarus	0	0	0	0	**0**	**0.0**	0	0	0	0	**0**	**0.0**
Bulgaria	0.03	0.01	0.03	0	**0.01**	**0.3**	0.09	0.03	0.09	0	**0.02**	**0.4**
Czech Republic	0	0	0	0	**0**	**0.0**	0.01	0	0.01	0	**0**	**0.1**
Hungary	0.02	0.01	0.02	0	**0**	**0.2**	0.05	0.01	0.05	0	**0.01**	**0.3**
Moldova, Republic of	0.01	0	0.01	0	**0.01**	**0.1**	0.05	0.01	0.05	0	**0.02**	**0.2**
Poland	0	0	0	0	**0**	**0.0**	0.01	0	0.01	0	**0**	**0.2**
Romania	0.03	0.01	0.03	0	**0.01**	**1.6**	0.07	0.02	0.07	0	**0.03**	**2.1**
Russian Federation	0.01	0	0.01	0	**0**	**1.6**	0.03	0.01	0.03	0	**0.01**	**4.3**
Slovakia	0.01	0	0.01	0	**0**	**0.0**	0.01	0	0.01	0	**0**	**0.1**
Ukraine	0.01	0	0.01	0	**0**	**0.5**	0.02	0	0.02	0	**0.01**	**1.0**
Eastern Europe	**0.01**	**0**	**0.01**	**0**	**0**	**4.3**	**0.03**	**0.01**	**0.03**	**0**	**0.01**	**8.7**

Pozn.: Tabulka ukazuje procento pracovní doby ztracené tepelným stresem (a souvisejícími účinky na zdraví, pohodu a produktivitu) v každém odvětví a v ekonomice jako celku. Rovněž ukazuje ekvivalentní ztrátu z hlediska pracovních míst na plný úvazek pro hospodářství jako celek. Předpokládá se, že práce v zemědělství a stavebnictví jsou prováděny ve stínu. Index tepelného stresu pro práci na odpoledním slunci přidává přibližně 2–3 ° C k WBGT ve stínu. Data jsou založena na historických pozorováních a na odhadech získaných pomocí cesty změny klimatu, která předpokládá globální průměrný nárůst teploty o 1,5 ° C do konce století.

Tepelný stres se stále více stává překážkou hospodářské činnosti. Snižuje schopnost podniků pracovat v nejteplejších hodinách. Přizpůsobení se těmto novým a hrozivým podmínkám je nákladné. I když se ukáže, že je možné omezit globální oteplování do konce století na 1,5 ° C na předindustriální úroveň, předpokládá se do roku 2030, že kumulovaná finanční ztráta způsobená tepelným stresem dosáhne 2 400 miliard USD. Pokud se nyní se zmírňováním klimatu nic neudělá, tyto náklady budou mnohem vyšší, protože ke konci století se globální teploty ještě zvýší, přičemž dopad tepelného stresu bude nejvýraznější v zemích se středně nízkými a nízkými příjmy. Obecným vzorem pro většinu zemí je, že čím větší je počet pracovních hodin očekávané ztráty v důsledku tepelného stresu, tím nižší je pokrytí jejich systémů sociální podpory [71].

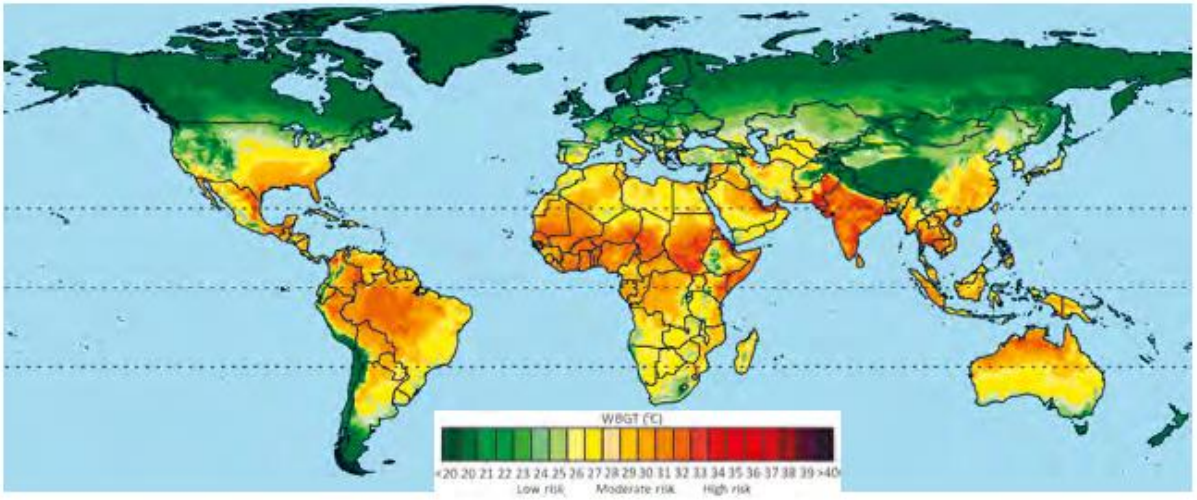
Očekává se, že evropské subregiony budou mít menší dopad, přičemž jejich ztráty produktivity budou podle odhadů ve všech případech nižší než 0,1 %. V Evropě a Severní Americe však mohou být při neobvyklých intenzivních vlnách veder značné zdravotní, sociální a ekonomické ztráty [71].

Tepelný stres je bohužel často doprovázen dalšími výzvami, protože je častější v zemích s deficitem slušné práce, ke kterým patří nedostatečná sociální ochrana, vysoká míra neformálnosti a chudoba pracujících. Navíc nadměrné úrovně tepla prohlubují nerovnost mezi bohatými a chudými zeměmi, současně mezi skupinami obyvatel ve stejné zemi a mezi pohlavími, přičemž **dopad tepelného stresu je geograficky nerovnoměrně rozloženy v Obr. *21***, **Obr. *22***, **Obr. *23***, [71].



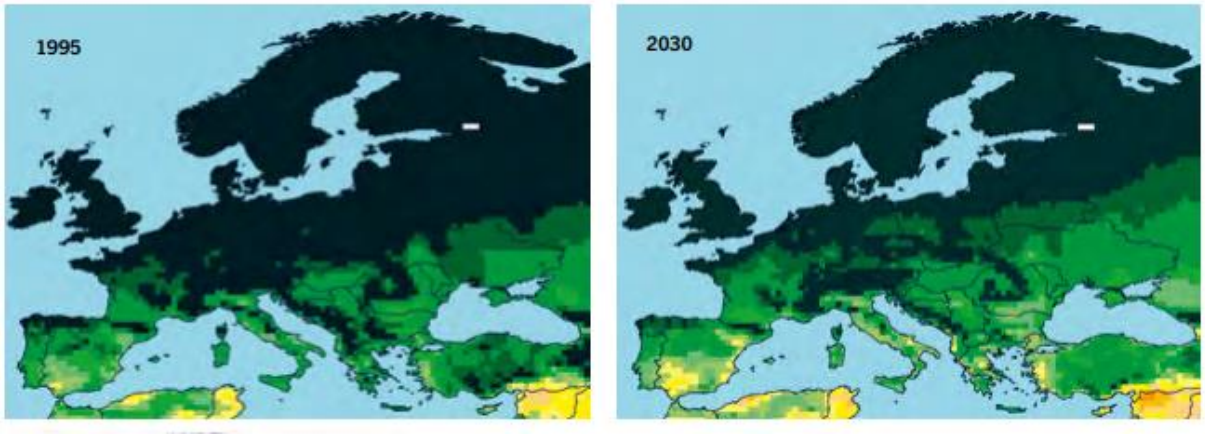
Obr. 21 - Odhadovaný výskyt tepelného stresu na celém světě v roce 1995 [68]

Pozn.: Mapa ukazuje průměr odhadovaného denního maxima WBGT (odpolední hodnoty ve stínu) za 30 let (1981–2010) během místně nejteplejšího měsíce v 67 420 malých zeměpisných oblastech (buňky mřížky) pokrývajících 50 km × 50 km na rovníku.



Obr. 22 - Odhadovaný výskyt tepelného stresu na celém světě v roce 2085 [68]

Pozn.: Mapa ukazuje průměr projektovaného denního maxima WBGT (odpolední hodnoty ve stínu) za 29 let (2071–2099) během místně nejteplejšího měsíce v 67 420 malých zeměpisných oblastech (buňky sítě) pokrývajících 50 km × 50 km na rovníku. Projekce jsou založeny na cestě změny klimatu RCP6.0; průměr hodnot WBGT z klimatických modelů HadGEM2 a GFDL-ESM2M byl vypočítán pro každou buňku mřížky.



Obr. 23 - Výskyt tepelného stresu v Evropě a Střední Asii, 1995 a 2030 [71]

Pozn.: Mapy ukazují průměry denního maxima WBGT během nejteplejšího měsíce pro roky 1995 a 2030. Odhady pro rok 1995 vycházejí z 30letého průměru pro období 1981 2010 a projekce pro rok 2030 na 30letého průměru období 2011–40 s úpravou hodnoty ve středu (2025), aby se pro každou zemi poskytla předpokládaná úroveň v roce 2030.

2.6.1 Produktivita práce v souvislosti s tepelným stresem

Produktivita je silně závislá na tepelných podmínkách, zejména při fyzicky náročné práci. Předchozí studie zkoumaly psychologické proměnné, jako je reakční doba, sledování a bdělost, jakož i paměťové a matematické výpočty. Studie tepelné pohody zkoumaly dopady odklonu od neutrální teploty na produktivitu [24]. Výzkum spojující produktivitu práce s klimatickými změnami analyzoval především souvislosti mezi výkyvy počasí a ekonomickým růstem na celém světě [21], [49].

Produktivita práce je důležitou hnací silou hospodářského úspěchu. Ekonomové věnují velkou pozornost porozumění, měření a zvyšování produktivity. Potenciální dopad změny klimatu na produktivitu práce je proto důležitým ekonomickým problémem. Jakékoli změny v produktivitě práce budou mít přímý dopad na národní produkci a individuální příjmy. Mezní hodnota vystavení teplu, nad kterou klesá produktivita na základě pracovního úkolu, bude záviset na úrovni aklimatizace jedince na vysoké teploty [45].

Příklady publikačních výstupů vzhledem k individuální produktivitě:

Autor studie	Název studie	Výstup
Adhvaryu, Kala, and Nyshadham (2016)	Effect of indoor temperature on manufacturing productivity, India	Efektivita výrobních pracovníků v nejteplejších dnech klesá kvůli snížení produktivity úkolů namísto zvýšení absence
Cachon, Gallino, and Olivares (2012)	Impact of heat stress on automobile manufacturing plant output, USA	Horké dny jsou spojeny s nižším výkonem: v průměru týden se šesti nebo více dny tepla nad 32 ° C snižuje produkci v tomto týdnu o 8%
Niemelä, Hannula, Rautio, Reijula, and Railio (2002)	Effect of heat stress on daily productivity of Indian call centre worker	Při teplotě vyšší než 22 ° C je každý další nárust o 1° C spojen se snížením produktivity práce o 1,8%
Houser et al. (2014)	Review of previous literature on labour productivity effects of heat stress	Vyšší teploty vedou u jednotlivců k trávení více času v interiéru, častějším přestávkám, snížení kognitivní kapacity a vytrvalosti

Simulační studie ekonomického dopadu ztráty produktivity práce spojené s teplem:

Autor studie	Název studie	Výstup
Kjellstrom, Lemke, Otto, Hyatt, and Dear (2014)	Models impact of heat on labour productivity by regionin 1975, 2030 and 2050 for sectors with different work intensity: agriculture(high) ,industry (moderate), services(light)	Změna klimatu sníží dostupnou pracovní dobu ve všech regionech, přičemž **v postižených oblastech dojde ke ztrátě kapacity až do 5% do roku 2050**. Největší dopady jsou v subsaharské Africe, jižní Asii, jihovýchodní Asii a Oceánii.
Kopp et al. (2014)	Models the reduction in the proportion of time working during the hottest months in the United States of America to 2099	Podle predikce změny klimatu by zvýšená teplota vedla k **významným ztrátám produktivity až o 3% v téměř všech částech USA**
Costa, Floater ,Hooyberghs, Verbeke, and De Ridder (2016)	Models the impact of heat stress on labour productivity in Antwerp, Bilbao, and London to2100, including sectoral analysis of expected costs	V budoucích letech (2081–2100) se **celkové ztráty v městské ekonomice budou pohybovat mezi 0,4% HPH (Hrubá přidaná hodnota) v Londýně a 9,5% v Bilbau.** Některá odvětví jsou více vystavena ekonomickým ztrátám – například v Londýně

		jsou nejvíce ohroženy finanční služby, veřejná správa a maloobchod
Kovats,Lloyd,Hunt,and Watkiss (2011)	Assesses the potential impacts and economic costs of selected health impacts in Europe due to climate change in 2080, including labour productivity effects	Podle scénáře se odhaduje, že jižní Evropa do roku 2080 zaznamená průměrné ztráty produktivity mezi 0,4% a 0,9%. **Celkové ztráty produktivity pro Evropu by do roku 2080 mohly stát 300 až 700 milionů EUR ročně.**
Roson and Sartori (2016)	Estimates the damages linked to reduced labour productivity for 140 'regions' in the Global Trade Analysis Project database, for a 3°C temperature increase	Předpokládá se, že **zvýšení teploty o 3° C povede v některých zemích k nákladům až 8% HDP v důsledku dopadů na produktivitu práce**, přičemž nejvíce bude ovlivněna západní Afrika.
Dunne, Stouffer, and John (2013)	Assesses loss of labour productivity during the hottest months in each part of the world over the period 1975–2200	Snížení pracovní produktivity během nejteplejších měsíců (již na globální úrovni) je řádově o 6% až 10%. **Do roku 2100 může snížení pracovní produktivity v nejteplejším měsíci dosáhnout 20% až 37%**, v závislosti na scénáři změny klimatu. V chladných měsících může být snížena produktivita o 1% až 5%. Do roku 2200 by snížení produktivity práce vlivem nejteplejšího měsíce mohlo dosáhnout až 61%.
Kjellstrom, Lemke, and Otto (2013)	Estimates losses due to heat stress for the hottest month of the year in South East Asia for different work in ten sities, comparing 1975 with 2050	**Nejvíce jsou ovlivněny fyzicky náročné venkovní práce, které jsou v expozici slunečního záření - roční ztráta pracovní doby se bude pohybovat okolo 29%.** Předpokládá se, že středně intenzivní práce na slunci čelí ztrátám asi 15%, zatímco ve stínu nebo v interiéru se očekává ztráta nižší.
DARA & Climate Vulnerable Forum (2012)	Applies estimates of labour productivity loss with temperature to model costs of heat stress in 2010 and 2030, by country	Předpokládá se, že roční globální náklady v důsledku tepla a tím spojenou sníženou produktivitou práce **vzrostou z 300 miliard USD v roce 2010**

		na 2,5 bilionu USD v roce 2030.
Zander, Botzen, Oppermann, Kjellstrom, and Garnett (2015)	Self-reported estimates of absent-eeism and reduced performance caused by heatin Australia during 2013/2014 to estimate economic costs of labour productivity	**Roční náklady na tepelný stres u pracovníků činí cca 650 USD na osobu na reprezentativním vzorku 1726 zaměstnaných Australanů**, což naznačuje roční ekonomické náklady na celou pracovní sílu ve výši přibližně 6 miliard USD, což odpovídá 0,33% až 0,47% australského HDP
Kjellstrom et al.(2016)	Models global losses (by region) due to climate change – induced temperature increases comparing 1995 with 2085	**Očekává se, že dojde ke snížení celkové pracovní doby osob mezi 1% a 10 %**. Nejvíce ovlivněné regiony budou Jižní Amerika, Afrika, jižní Asie, jihovýchodní Asie a Oceánie.

Odhaduje se, že v roce 1995 bylo na celém světě ztraceno 1,4 procenta celkové pracovní doby v důsledku vysokých úrovní tepla – což odpovídá přibližně 35 milionům pracovních míst na plný úvazek. Výsledná ztráta HDP se odhaduje na paritu kupní síly ve výši 280 miliard USD. Odhady získané kombinací globálního zvýšení teploty o 1,5 ° C do konce 21. století a trendů pracovních sil naznačují, že do roku 2030, kdy se očekává, že se globální teplota zvýší o 1,3 ° C, bude nárůst podílu ztráty způsobený pracovní dobou 2,2 % – ztráta produktivity odpovídá 80 milionům pracovních míst na plný úvazek. Očekává se tedy, že ztráta v peněžním vyjádření bude činit 2 400 miliard USD. Země s nižším středním a nízkým příjmem by byly nejvíce postiženy a v roce 2030 by ztratily 4 a 1,5% svého HDP. Tyto výsledky jsou v souladu se studií, která poukazuje na ztráty ve výši 311 miliard USD v roce 2010 a 2 400 miliard USD v roce 2030. Ztráta HDP vzroste v roce 2100 v reprezentativní zemi s nízkými příjmy až o 9 procent [49].

3 LEGISLATIVA K TEPELNÉMU STRESU

Vystavení tepelnému stresu je velice významným problémem, který může vést ke zraněním, nemocem, snížené produktivitě a v krajních případech až ke smrti. Zejména v dnešní době, kdy se prokazatelně mění klimatické podmínky vlivem člověka a průměrná teplota zeměkoule se postupně zvyšuje, je třeba se více zaměřit na působení tepla na lidský organismus. Je nutné nastavit limitní hodnoty a doporučení zabývajícími se teplotními vlivy v různých podmínkách, aby byla zajištěna bezpečnost a zdraví pracovníků.

I přesto, že pojem globální oteplování není pouze pojmem, ale jde o fakt, tak se česká legislativa v rámci tepelného stresu významně nezměnila. Měření tepelného stresu a dodržování podmínek české legislativy je velice náročné. Člověk, který je laikem či pouze lehce znalým uživatelem této problematiky, se bude v současných vládních nařízeních jen velmi těžce orientovat.
Měřitelnost je složitá a nejvýznamnější světové organizace zabývající se tepelným stresem a jeho vlivy používají rozdílnou metodiku. Proto je důležité porovnat aktuální českou legislativu s poznatky těchto institucí a určit, zda momentálně aplikovaná metodika je efektivní popřípadě, zda je potřeba ji změnit.

Je důležité, aby legislativní požadavky byly pro zaměstnavatele srozumitelné, snadno dostupné, lehce měřitelné a finančně nenáročné, aby se zajistila bezpečnost pracovníků a nastavily se adekvátní pracovní podmínky.

3.1 Přístup české legislativy k tepelnému stresu

V rámci projektu proběhlo detailní nastudování stěžejní české legislativy, která svým obsahem se přibližuje k řešení tepelného namáhání na pracovišti, nikoli tepelného stresu. Jedná se o předmětný dokument Nařízení vlády č. 361 ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: Sbírka zákonů České republiky. 2007, částka 111, který byl v průběhu let několikrát aktualizován, naposledy květen 2021 - Nařízení vlády č. 195 ze dne 10. května 2021, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. In: Sbírka zákonů České republiky. 2021, částka 82, s. 1618-1672.

Toto Nařízení vlády je rozsáhlý dokument, který je zpracován jako normativní legislativní dílo, tj. se složitější logickou strukturou a jasnou identifikací všech svých stěžejních částí a příloh se vzájemnými křížovými odkazy, což dokument činí velmi složitý na porozumění a orientaci. Svým obsahem je určen zejména pro odbornou veřejnost. Laická veřejnost bez adekvátního vzdělání, založeného zejména na lékařských oborech, má jen malou pravděpodobnost plně porozumět obsaženým informacím ve správném a uceleném kontextu. Samotný princip dokumentu je primárně založen na předpokladu provedení správné tzv. „kategorizace práce“, od níž se pak odvíjí další požadavky a doporučení pro dodržení bezpečnostního standardu na pracovišti.

Slabé stránky obsahu tohoto dokumentu (v kontextu klimatických změn zasahujících ČR)

1. Orientace zejména na podmínky práce v interiéru.
2. Z toho vyplývající absence vlivu radiačního tepla na člověka působením přímého slunečního záření ve všech výpočtech a klasifikačních škálách (dnes vysoce aktuální problematika nejen u prací v exteriéru, ale rovněž často i v interiéru – díky konstrukčnímu, materiálovému a dispozičnímu řešení řady pracovních objektů, které s vlivem slunečního záření o aktuální síle nepočítají);
3. Absence klasifikací dopadu krátkodobých výrazných klimatických změn na pracovní podmínky zaměstnanců v exteriéru i interiéru (současné celosvětové klimatické změny

neprobíhají spojitě a kontinuálně, nýbrž v nárazech klimatických extrémů – např. vlny veder);
4. Složitost obsahové kompozice dokumentu.

Na základě detailního prostudování tohoto dokumentu proběhla následně konzultace s hygienickou stanicí, jejímž cílem bylo zjistit, zda hygienické stanice zohledňují tepelný stres nebo je pouze zachována orientace na tepelné namáhání dle platné české legislativy

3.1.1 Konzultace s hygienickou stanicí ohledně přístupu k tepelnému stresu

Konzultace proběhla s pracovníkem hygienické stanice (HS) v Přerově s následujícím dotazem: Jak HS řeší/přistupuje k tepelnému stresu?“. Po položení tohoto dotazu bylo nutné nejprve sjednotit terminologii a obeznámit pracovníka HS, jak je chápán tepelný stres. Po vysvětlení a následném terminologickém sjednocení bylo zjištěno, že HS v praxi používá termín tepelná zátěž, který ovšem není totožný s tepelným stresem a zcela jej nevystihuje.

Pracovníkem HS bylo sděleno, že tepelná zátěž z pohledu HS je řešena v rámci kategorizace práce, s kterou musí být pracovník obeznámen při nástupu do zaměstnání. V případě, že pracovník nesouhlasí se svým zařazením do příslušné kategorie práce, může si podat návrh na HS na prošetření, popř. je možné tuto záležitost řešit přímo se zaměstnavatelem. Při prvotním nastavování kategorizace práce provede HS potřebná měření (zejména mikroklima vnitřního pracoviště) na počátku a tyto naměřené hodnoty zůstávají stejné, dokud zaměstnavatel nepodá návrh na nové měření nebo dokud zaměstnanec nepodá návrh na prošetření z důvodu nesouhlasu s danou kategorií práce, do níž byl zařazen. V rámci kategorizace práce a hodnot naměřených na pracovišti se odvíjí pauzy, bezpečnostní přestávky, ochranné nápoje a ochranné osobní pracovní prostředky, jakožto prostředky prevence a ochrany.

Závěrem je zjištění, že HS měří mikroklima pouze vnitřního pracoviště na počátku, při určování kategorie práce, ale nikoliv v průběhu. Nereaguje tedy na aktuální meteorologickou situaci. Nové (opakované) měření je prováděno pouze na podnět zaměstnavatele, zaměstnance nebo nařízení HS. Navíc, současná legislativa (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.), se nezabývá tepelnou zátěží ve venkovním prostředí, ale pouze ve vnitřním prostředí, což má za důsledek, že tepelná zátěž v této legislativě je chápaná v jiném kontextu pracovních podmínek, než je právě samotný tepelný stres, navíc tepelný stres klade důraz na individuální citlivost jedince a zdravotní predispozice. Také v současné legislativě není zahrnut komplexní tepelný stres v souvislosti se změnou klimatu, ale pouze tepelné namáhání vyvolané pracovním prostředím samotným.
Významným závěrem pro BOZP tak je, že zásadní aspekt tepelného stresu, oslunění, které navíc nabývá se změnou klimatu větší význam, je stávajícími předpisy prakticky ignorováno.

Ve světle výše uvedených skutečností by bylo vhodné provést revizi aktuálnosti uvedeného Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., a to za účelem jeho obsahového doplnění v souladu s aktuálními potřebami společnosti v návaznosti na aktuální úroveň poznání v oblasti klimatických změn. Rovněž by bylo praktické dokument obsahově a strukturálně zjednodušit tak, aby i laická veřejnost z něj mohla čerpat praktickou inspiraci, resp. k výše zmíněnému dokumenty vyhotovit zjednodušený výkladový manuál pro rychlou orientaci v problému (např. formou sylabu).

3.2 Přístupy zahraniční legislativy a norem k tepelnému stresu

Pro zjištění přístupů zahraniční legislativy k řešení tepelnému stresu byla provedena literární rešerše k přístupu tepelného stresu v níže uvedených institucí a organizací.

Americká konference vládních průmyslových hygieniků **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, [2]

V roce 2014 byl vytvořen tzv. index TLVs, která předpokládá, že téměř všichni pracovníci mohou být opakovaně vystaveni teplu bez dopadu nepříznivých účinků na jejich zdraví. Cílem tohoto indexu je udržovat tělesnou teplotu těla v rozmezí + 1 °C od normálu. Normál se v tomto případě považuje za 37 °C tělesné teploty pracovníka. Cílem doporučení od ACGIH je chránit neaklimatizované pracovníky.
Tato organizace k vyhodnocení rizika tepelného stresu a namáhaní pracovníků vychází z následujících předpokladů:

- Pracovníci jsou aklimatizováni, přiměřené hydratováni a bez léku na lékařský předpis
- Zdraví pracovníci mohou být opakovaně vystaveni tepelnému stresu bez nepříznivých účinků na zdraví

Platforma doporučuje, že ti pracovníci, kteří jsou tolerantnější k práci v horku a jsou zároveň pod lékařským dohledem, mohou pracovat v podmínkách tepelného stresu překračující hodnotu 37 °C., ale rozhodně by neměla teplota hlubokého těla přesáhnout 38 °C po delší dobu. Naopak aklimatizováni pracovníci mohou být schopni bezpečně pracovat pod dohledem s tělesnou teplotou nepřesahující 38,5 °C.

Je nutné poznamenat, že přípustné hodnoty vystavení teplu zahrnují jak tepelné faktory prostředí, tak i produkci samotného metabolického tepla pracovníka. Faktory prostředí jsou vyjádřeny jako WBGT. Současně ACGIH poskytuje pokyny pro případnou úpravu těchto WBGT hodnot na základě typu oblečení. V případě metabolického tepla doporučuje ACGIH vzít v úvahu jak samotné teplo, tak i pracovně – fyzické nároky pracovníka na konkrétním pracovišti.

Správa bezpečnosti a ochrany zdraví při práci **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, [110]
Tato organizace v již v roce 1973 vytvořila poradní výbor “Standardy pro tepelné namáhání” (SACHS), jehož cílem bylo a stále je přezkum doporučení a studií týkajících se tepelného stresu. V rámci tohoto poradního výboru byly navrženy standardy tepelného stresu, konkrétně prahové hodnoty WGBT pro nepřetržitou expozici na třech úrovních fyzické práce:

- lehká, <200 kcal · h-1 (<800 Btu · h-1), 30 °C
- střední, 200–300 kcal · h-1 (804–1200 Btu · h-1), 27,8 °C
- těžká,> 300 kcal · h-1 (> 1 200 Btu · h-1), 26,1 °C

Je možné konstatovat, že tyto hodnoty OSHA jsou podobné jako hodnoty ACGIH TLVs, a to, když rychlost vzduchu překročí 1,52 m/s, zvýší se i prahové hodnoty WBGT, a to v kategorii pro lehkou práci o hodnotu 2,2 °C a v kategorii pro střední a těžkou práci o hodnotu 2,8 °C.

Závěrem nutno říci, že prahové hodnoty WBGT doporučené OSHA SACHS (z roku 1975) byly v zásadě ve shodě s hodnotami ACGIH TLVs a současně se standardy ISO.

Na základě údajů a měření v minulosti vytvořily OSHA a NIOSH v roce 2011 informační list o ochraně pracovníků před nemocemi souvisejícím s teplem, který zahrnoval rizikové faktory, zdravotní problémy, první pomoc a prevenci. Tímto krokem odstartovaly o rok později (2012) celosvětovou vzdělávací a osvětovou kampaň, jejímž cílem bylo informovat pracovníky a zaměstnavatele o nebezpečí tepla a zároveň i o prevenci nemoci souviseních s teplem.

Dalším zásadním strategickým krokem bylo uzavření partnerství s Národním úřadem pro oceán a atmosféru (NOAA) ohledně výstrah počasí. Cílem tohoto kroku bylo, aby při vydání výstrah extrémního počasí byla zahrnuta bezpečnostní opatření pracovníků. V roce 2014 začala OSHA do této kampaně začleňovat a zdůrazňovat význam aklimatizace jako program prevence tepelných nemocí.

Americká asociace průmyslové hygieny (AIHA)
Dle této asociace je nejlepším způsobem, jak chránit pracovníky před tepelným stressem, je pomoci pracovníkům a vedoucím porozumět základům termoregulace a řízení expozice. Při bližším přezkumu (rok 2003) dostupných limitů vystavení teplu, včetně doporučení WBGT, časově vážených průměrů, doporučení NIOSH, ACGIH TLVs a doporučení ISO, AIHA konstatuje, že metabolické návrhy a návrhy mezních hodnot WBGT jsou velmi podobné, přičemž prahové hodnoty WBGT jsou ekvivalentní [78].

Tepelný stres je v USA řešen i na úrovní ozbrojených složek, kdy v roce 2003 je vydána publikace "Řízení tepelného stresu a tepelných úrazů", která v sobě zahrnuje postupy pro hodnocení, měření, kontrolu tepelného stresu a rozpoznávání příznaků včetně prevence a léčby. Dle NIOSH (2016) je možné tento dokument použít pro průmyslové procesy ve venkovním prostředí, protože využívá pro měření a hodnocení tepelné zátěže WBGT index. Další technickou příručkou zabývajícím se tepelným stresem ze skupiny ozbrojených složek je "Prevence a léčba úrazů způsobených teplem a chladem" z roku 2007. Tato příručka navíc obsahuje oproti původnímu dokumentu informace o rizikových faktorech, stavu hydratace, úrazech teplem, léčbě a prevenci. I tato příručka využívá indexy WBGT [78].

Další organizací, která upozorňuje na rizika spojená s tepelným stresem, je Americká vysoká škola sportovní medicíny (ACSM), která tepelný stres řeší z pohledu sportu, zejména při běhu na dlouhé vzdálenosti (např. maratony). První dokument zabývající se tepelným stresem vydala v roce 2003, další jeho aktualizovanou verzi vydala v roce 2007. V obou případech využívá index WGBT, který používá pro měření a hodnocení tepelné zátěže prostředí [78].

Další organizací řešící a upozorňující na rizika spojená s tepelným stresem je Správa bezpečnosti a zdraví v dolech (MSHA), která již v roce 1976 zveřejnila Informační zprávu "Tepelný stress v horkých amerických dolech a kritéria pro standardy těžby v horkých prostředích", kterou následně v roce 2001 revidovala. Již v těchto doporučeních MSHA uvažuje a zároveň i začleňuje do programu prevence aklimatizaci pracovníků a stanovuje aklimatizační plán, kde bere v úvahu zcela nového pracovníka nebo pracovníka vracející se např. z dovolené. Současně doporučení dbá na to, aby vedoucí pracovníci byli vyškolení a znali příznaky nemoci související s teplem, jak podávat první pomoc a jak snížit tepelný stres. Jako zásadní bod považují upozornění u nových pracovníků, tedy neaklimatizovaných, že by neměli držet krok se svými aklimatizovanými kolegy. Dále doporučují, aby všichni pracovníci při první lékařské prohlídce měli vyšetřeny srdce, krevní cévy, ledviny, játra, žlázy vnitřní sekrece, dýchací systém a kůži [78].

Řešení tepelného stresu lze nalézt i v Mezinárodní organizaci pro standardizaci (ISO). Nejzákladnější dokument řešící tepelný stres je z roku 1989 (ISO 7243), který využívá k hodnocení teplého prostředí metodu založenou na přístupu WBGT. Dle ISO je možné tento přístup snadno použít v pracovním prostředí pro hodnocení namáhání jednotlivce. Další dokumenty z řad ISO (ISO 8996, ISO 9886, ISO 9920) se zabývají tepelnou zátěží z pohledu ergonomie [78].

Závěrem lze říci, že první organizací, která začala řešit tepelný stres a jeho rizika, byla OSHA, která v roce 1973 jmenovala poradní výbor "Standardy pro tepelné namáhání", jehož hlavním úkolem bylo provedení přezkumu kritérií a doporučení. Jako druhou organizací byla Správa bezpečnosti a zdraví v dolech (MSHA), která v roce 1976 vydala pro své horníky doporučení. V tomto doporučení byl uveden i aklimatizační plán pro nově příchozí pracovník, program prevence a důkladného prvotního lékařského monitoringu pro všechny pracovníky. Následovaly další organizace, které postupně začaly termín tepelného stresu a s ním spojená rizika začleňovat do svých materiálů a

příruček, např. Ozbrojené síly, Americká asociace průmyslové hygieny, Americká vysoká škola sportovní medicíny a další.

Navíc Indexy WBGT pro měření a hodnocení tepelné zátěže jsou velmi využívány již v minulosti uvedenými zahraničními organizacemi, které na daných indexech postavily svá doporučení a příručky do pracovní praxe.

Z hlediska norem jsou pro tepelný stres relevantní následující ISO normy:

ISO 7243:2017 ERGONOMICS OF THE THERMAL ENVIRONMENT — ASSESSMENT OF HEAT STRESS USING THE WBGT (WET BULB GLOBE TEMPERATURE) INDEX

ISO 7933:2004 ERGONOMICS OF THE THERMAL ENVIRONMENT — ANALYTICAL DETERMINATION AND INTERPRETATION OF HEAT STRESS USING CALCULATION OF THE PREDICTED HEAT STRAIN

ISO 18640-1:2018 PROTECTIVE CLOTHING FOR FIREFIGHTERS — PHYSIOLOGICAL IMPACT — PART 1: MEASUREMENT OF COUPLED HEAT AND MOISTURE TRANSFER WITH THE SWEATING TORSO

4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Tepelný stres, potenciálně umocňovaný vlnami veder v rámci klimatické změny, ale také obecně s možností být přítomný v horkých provozech za víceméně jakýchkoliv meteorologických podmínek, je vážnou hrozbou pro zdraví pracovníků i pro jejich pracovní výkon, přičemž existuje hned několik nemocí způsobených teplem, mnohdy s dramatickými až fatálními následky.

V minulých několika desetiletích došlo na celosvětové úrovni ke značnému posunu v poznání problematiky tepelného stresu, ale hlavně k rozvoji technik a nástrojů pro jeho zvládání. Mezi ně patří především využití komplexnějšího pohledu na tepelný stres, kdy je v jednodušším případě dynamicky zohledňováno spojení teploty vzduchu a vlhkosti (různé formy tepelných indexů), v rozvinuté podobě pak technika zohledňující teplotu vzduchu, jeho relativní vlhkost, proudění vzduchu a také sálavé teplo, a to včetně slunečního záření – jedná se v principu o tzv. WBGT index. Na mezinárodní úrovni se postupně ustálilo používání zmíněných dvou parametrů k řízení bezpečnosti s ohledem na tepelný stres, avšak v podmínkách České republiky tento posun v poznání a technikách nebyl dosud implementován. Platné předpisy, normy a zvyklosti tak mají dvě významné slabiny:

- Dopady vln veder a tepelného stresu nejsou dostatečně monitorovány; například zdravotní statistiky ČR neposkytují možnost přiřadit přehřátí jako příčinu úmrtí, což kontrastuje s tím, že na evropské úrovni je tepelný stres (vlny veder) považovaný dle Evropské agentury pro životní prostředí za jednu z nejčastějších příčin úmrtí z důvodu přírodních katastrof (po epidemii COVID-19 druhá nejčastější).

- Tepelný stres a jeho dopady nejsou dostatečně řízeny; stávající právní úprava (n.v. 361/2007 Sb.) nepokrývá dynamiku tepelného stresu způsobovanou změnou klimatu a zůstává statická, složitá, málo přehledná a zaměřená primárně na kategorizaci prací více než na ochranu v konkrétních, měnících se podmínkách.

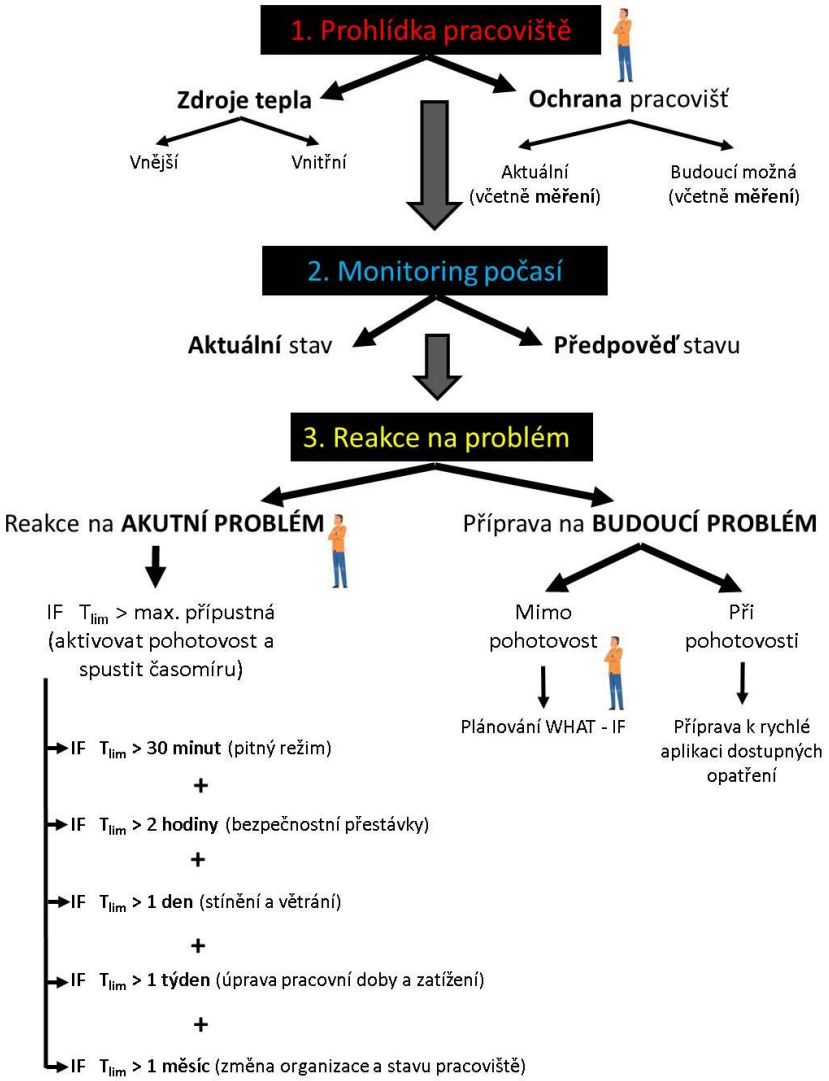
Ukazuje se tak potřeba aplikovaného výzkumu zaměřeného na vytvoření nástrojů pro zvládání tepelného stresu na pracovištích v ČR, a to se zohledněním klimatické změny. Tomuto cíli je tak věnovaná praktická část projektu.

PRAKTICKÁ ČÁST

5 MOŽNOSTI ŘÍZENÍ TEPELNÉHO STRESU A JEHO PREVENCE

5.1 Základní koncept algoritmu na ochranu zaměstnanců před tepelným stresem

Návrh algoritmu pro ochranu zaměstnanců drobných, malých a středních podniků před účinky „Heat Stress“ je vyjádřen následujícím diagramem **Obr. *24***.



Obr. 24 - Diagram vyjadřující algoritmus postupu ochrany zaměstnanců drobných, malých a středních podniků zaměstnavatelem před účinky „Heat Stress“ (ikona člověka označuje části algoritmu, do které je žádoucí zapojení zaměstnanců podniku, tj. efektivní komunikace a naslouchání názorů zaměstnanců vedoucími pracovníky podniku)

Komentář:

Před prezentací samotného algoritmu je potřeba rozdělit potenciálně dotčené zaměstnance (pracovníky) podniků primárně do 4 skupin, a to podle povahy pracovní činnosti, jež vykonávají:
A) Pracovníci vykonávající DUŠEVNÍ NEBO LEHKOU FYZICKOU PRÁCI v INTERIÉRU
B) Pracovníci vykonávající TĚŽKOU FYZICKOU PRÁCI v INTERIÉRU
C) Pracovníci vykonávající LEHKOU FYZICKOU PRÁCI v EXTERIÉRU
D) Pracovníci vykonávající TĚŽKOU FYZICKOU PRÁCI v EXTERIÉRU

Z této povahy pracovní činnosti a prostředí, ve kterém je činnost vykonávána, lze usuzovat možné zdroje zvýšené tepelné zátěže zaměstnance, i jejich potenciální možné dopady na výkon nebo na zdraví. Existují samozřejmě i skupiny pracovníků, jejichž pracovní činnost prostupuje všemi skupinami, avšak pro základní pochopení důležitých principů by mělo toto zjednodušené rozdělení postačovat.

Algoritmus je zatím koncipován jako tříúrovňový, a je určen jak pro rychlou reakci na podmínky pro vznik Heat stress u zaměstnanců v akutním případě, tak pro dlouhodobější přípravu na rozsáhlejší problémy tohoto typu. Jednotlivé úrovně aktivit jsou logicky řazeny za sebou a při realizaci by mělo být jejich pořadí dodržováno, aby nedošlo zbytečně k pochybením v logice řešení problému.

Úroveň 1: PROHLÍDKA PRACOVIŠTĚ
Prohlídkou pracoviště je zamýšlena fyzická prohlídka všech částí pracoviště vybranou skupinou pracovníků (v ideálním případě bezpečnostním technikem, hlavním technologem a provozním ředitelem daného podniku). Úkolem této prohlídky je identifikovat stávající nebo potenciální zdroje nadměrného množství tepla na pracovišti a stávající či budoucí možnou ochranu proti němu. Nadměrné množství tepla je takové množství, které zvyšuje pocitovou teplotu pracovníka na daném pracovišti nad přípustný přesně definovaný limit po dobu větší, než je přípustná vzhledem k povaze pracovní činnosti, jejímu časovému trvání a funkci ochranných pomůcek či pracovního oděvu zaměstnanců.

Zdroje tepla mohou být vnitřní nebo vnější. Za vnitřní zdroje tepla se pokládají například technologie produkující teplo či kombinaci tepla a vlhkosti v nedostatečně větraných prostorách. Za vnější zdroje tepla se pokládá například sluneční záření ohřívající konstrukce objektů nebo prostupující konstrukcemi přímo. Zvláště ohroženy nadměrným teplem mohou být všechny prostory pod střechou objektů nebo prostory bezprostředně přiléhající k jižním či jihovýchodním/jihozápadním stěnám. To vše může být ještě umocněno přítomností blízkého zdroje vlhkosti (například řeka, rybník nebo požární nádrž). Je potřeba takovéto prostory v podnicích vytipovat a přednostně se zaměřit na ochranu jejich uživatelů (zaměstnanců).

Ochranu pracoviště lze rozdělit na stávající (tj. již existující a funkční mechanismy) a budoucí možnou. Stávající ochranu představují například konstrukční ochranné prvky proti slunečnímu záření (žaluzie, markýzy, odrazné – reflexní fólie v oknech, tepelná izolace stěn objektů apod.), režimová opatření (délka, druh a intenzita pracovního zatížení zaměstnanců) nebo pracovní a ochranné pomůcky zaměstnanců (především pracovní oděvy a jejich doplňky). Budoucí možná ochrana pracoviště představuje možnosti, které dosud nebyly využity, i jejich aplikace by v budoucnu přinesla zlepšení pracovních podmínek v daných prostorách.

Při naplňování cílů této úrovně algoritmu je nezbytná též efektivní komunikace a naslouchání komentářů zaměstnanců, kteří v daném prostoru pracují a jsou mnohdy schopni přesně identifikovat příčinu svých problémů i navrhnout jejich funkční řešení. Zvyšuje se tak efektivita celé prohlídky a zkracuje se čas potřebný k jejímu vyhodnocení.

Naplnění obou cílů prohlídky pracoviště lze realizovat též s dopomocí adekvátně přesné a spolehlivé měřící techniky, která může pomoci přesně identifikovat rozsah a závažnost problému. Čím přesněji je problém prostředí pracoviště identifikován, tím lépe a přesněji lze definovat a dimenzovat nápravná opatření. S rostoucí efektivitou nápravných opatření narůstají pochopitelně finanční úspory investora (rychlá návratnost investice) projevující se v rostoucí dlouhodobé efektivitě práce zaměstnanců.

Úroveň 2: MONITORING POČASÍ

Má-li být podnik připraven reagovat na krátkodobý či déletrvající problém „Heat Stress“, musí být sledován průběžný stav i předpověď počasí v kontextu specifik lokality daného podniku. Pro vyhodnocení aktuálního stavu počasí a především předpovědi je však žádoucí oslovit pracovníka, který má vzdělání v oboru meteorologie, resp. klimatologie. Vyžadována je schopnost pracovat se zdroji dostupných meteorologických informací, provést jejich správný výklad pro prostředí daného podniku. Ačkoliv to na první pohled nemusí být zřejmé, jedná se o službu dalece přesahující rámec běžné předpovědi počasí v masmédiích.

Velmi efektivní by bylo zřízení centralizované služby s dálkovým přenosem dat, která by tento proces monitoringu počasí s adekvátním výkladem šitým „na míru“ danému podniku zajišťovala. Buď by se jednalo o zřízení veřejné služby (ve státním rezortu) nebo soukromé služby (v nestatním soukromém sektoru). Princip funkce takového služby by byl podobný, jako je tomu v případě stávajících soukromých bezpečnostních agentur nebo pultu centrální ochrany ve vazbě na požární zabezpečení objektu. Mohlo by se jednat o velmi zajímavý a veřejně prospěšný podnikatelský záměr s dlouhodobou perspektivou pro své investory.

Úroveň 3: REAKCE NA PROBLÉM

Obě předcházející úrovně činností by měly vyústit v reakci na zjištěný problém „Heat Stress“ zaměstnanců podniku, který aktuálně probíhá nebo je v dohledné budoucnosti očekáván.

Reakce na akutní problém by měla být založena na monitoringu aktuálního stavu počasí a návazné změny mikroklimatu ve vytipovaných „rizikových“ částech pracoviště (viz výše Úroveň 1 a 2). V zásadě se jedná o sledování průběhu faktorů zvyšujících pravděpodobnost vzniku „Heat Stress“ pracovníků na pracovištích a jejich časového trvání. Podle intenzity působení jednotlivých faktorů (teplota, vlhkost, proudění, sluneční záření) nebo jejich kombinací a s ohledem na dobu jejich trvání (časový faktor) je potřeba postupně aplikovat jednotlivé kompenzační mechanismy, které pomohou snížit intenzitu jejich negativního působení na zaměstnance.

Jako efektivní se jeví přístup založený na několikastupňové pohotovosti (tj. velmi volně pojatý princip „Control Banding“), který je využíván v řadě jiných oborů (například bezpečnosti, lékařství nebo meteorologii). Jednotlivé stupně reakční pohotovosti jsou aktivovány na základě intenzity a doby působení jednotlivých nežádoucích faktorů, a jsou s nimi spjaty příslušené reakční algoritmy. V případě „Heat Stress“ se může jednat například o aktivaci zvláštního (posíleného) pitného režimu, mimořádných bezpečnostních přestávek, aktivaci nadstandardního stínění a větrání pracoviště (chlazení prostor). Při dlouhodobějším trvání problému pak je možno provést úpravy pracovní doby (jiné časové rozložení pracovního výkonu v průběhu dne) nebo pracovního zatížení (adekvátního podmínkám, možnostem a zdravotnímu stavu pracovníků). V extrémním případě je možno uvažovat o celkové změně organizace pracoviště a jeho fyzického stavu (stavební úpravy).

Tato část rozhodovacího algoritmu však ještě není dokončena a bude jí věnována ještě další výrazná pozornost. Do rozhodovacího procesu bude pravděpodobně vstupovat širší spektrum faktorů, které je potřeba logicky propojit adekvátním matematicko-fyzikálním nástrojem s přijatelným a prakticky využitelným vizualizačním uživatelským rozhraním.

I zde je nezbytná zpětná vazba a názory dotčených zaměstnanců, neboť reakce na tepelnou zátěž může být vysoce individuální a časově silně proměnlivá u každého zaměstnance.

Přípravu na budoucí problém je nutné rozdělit do dvou variant. První je příprava na očekávaný problém v době, kdy ještě není vyhlášen jakýkoliv pohotovostní stav. Druhou je pak příprava na problém, který již nastupuje při aktuálně vyhlášeném pohotovostním stavu.

Příprava na problém mimo pohotovostní stav spočívá v plánování algoritmů reakce na různé varianty problému. V zásadě se jedná o logiku „what – if“ (co se stane, když…) a zahrnuje v sobě opatření jak materiálního, tak organizačního charakteru. Dialog s dotčenými zaměstnanci je při realizaci tohoto zadání zcela nezbytný (nelze vytvářet funkční programy pro zaměstnance bez aktivního zapojení zaměstnanců…!).

Příprava na problém při aktuálním vyhlášeném stavu pohotovosti spočívá v hledání a nalézání rychlých funkčních organizačních a logistických postupů, které povedou k dodání dostatečného množství potřebných materiálních prostředků (například chlazených nápojů nebo ochranných pracovních pomůcek) zaměstnancům v reálném čase a k dostatečně rychlé aktivaci funkčních režimových opatření vedoucích ke snížení dopadu negativních účinků „Heat Stress“.
Předložený algoritmus bude dále propracováván do jednoduché srozumitelné podoby, která může sloužit i laické veřejnosti k inspiraci při hledání systematického přístupu k řešení problému aktivní ochrany proti účinkům „Heat Stress“ na zaměstnance podniků i OSVČ.

5.2 Metodologie při terénním šetření a postup při umístění měřících čidel v rámci podniků

V rámci projektu je často používána technika kolektivního řešení problémů a různé navazující techniky, například brainstorming. V rámci těchto diskusí vyvstala potřeba formulovat postupovou logiku měření mikroklimatu v interiéru.

Pracovní výkon každého člověka je ovlivňován nejen jeho osobní motivací a přístupem k zadanému úkolu, ale také prostředím, v němž práci vykonává. Pracovní prostředí lze charakterizovat mimo jiné také fyzikálními podmínkami, které na lidské tělo působí a nutí jej na dané podmínky fyziologicky a posléze i psychicky reagovat. Mezi tyto podmínky patří v prvé řadě teplota v prostoru, vlhkost vzduchu, tlak vzduchu nebo proudění vzduchu (vítr, průvan, ventilační režimy atd.). Na tyto podmínky lidské tělo reaguje a uzpůsobuje svou aktuální schopnost vykonávat různé fyzické či psychické aktivity. Jinak řečeno, mění se schopnost lidského těla generovat specializovaný pracovní výkon. Z dosavadních výzkumů je zřejmé, že individuální maximální a dlouhodobé pracovní výkonnosti lze dosáhnout pouze v určitém intervalu fyzikálních podmínek pracovního prostředí. Pokud fyzikální podmínky vystupují z tohoto intervalu (například v důsledku klimatických změn souvisejících s fenoménem tzv. „Globálního oteplování“), nastává pokles výkonnosti člověka, který se v daných podmínkách nachází, a u některých typů zaměstnání může v důsledku toho docházet i ke vzniku rizik úrazů nebo závažných pracovních pochybení přinášejících též ve svém důsledku pro zaměstnavatele ekonomické ztráty.

Z těchto důvodů je velmi žádoucí dané fyzikální podmínky pracovních prostředí průběžně sledovat a reagovat na jejich změny technickými, organizačními nebo režimovými opatřeními. Jak laicky analyzovat pracovní prostředí nejen v uzavřených objektech popisuje následující postup.

Cíl, ke kterému postup směřoval:

Identifikovat a změřit klimatické podmínky na pracovištích v uzavřeném stavebním objektu v kontextu klimatických změn vyplývajících z fenoménu globálního oteplování (tj. se zaměřením přinejmenším na teplotu, vlhkost, tlak a proudění vzduchu).

Základní logika práce:
Postupuje se vždy od obecného k jednotlivému – od makroměřítka k mikroměřítku.
Hledají se logické principy fungující v daném prostředí i anomálie.

Postup provedení:
Postup provedené práce lze rozdělit do základních 4 fází:
1. Průzkum blízkého okolí zkoumaného objektu;
2. Průzkum situačního umístění zkoumaného objektu a jeho částí;
3. Průzkum stavebního řešení a vybavení zkoumaného objektu a jeho částí;
4. Průzkum zájmových pracovišť.

Postupujeme tedy od vnějšího okolí objektu, přes objekt samotný až k člověku na jeho pracovišti. Lze takto identifikovat a vysvětlit logické vazby působení různých fyzikálních podmínek v daném prostředí, neboť lze vidět jejich širší kontext (viz dále).
Teprve pak může následovat:
5. Definování přesného zadání pro fyzikální měření;
6. Umístění měřící techniky;
7. Analýza naměřených dat.

Postup provedení – s komentářem:

5.2.1 Průzkum blízkého okolí zkoumaného objektu

Každé místo nebo například stavební objekt na zemi je ovlivňován svým blízkým i vzdálenějším okolím, do jehož kontextu zapadá. Tento kontext je vhodné pochopit dříve, než se řešitel zaměří na detaily zkoumaného místa či objektu. Podle druhu fyzikálních podmínek prostředí (klimatu), které chce řešitel zkoumat, je potřeba zaměřit se v blízkém okolí na faktory, které by mohly předmětné fyzikální podmínky lokálně ovlivňovat. Například blízká vodní plocha, vodní tok nebo lesní porosty mohou ovlivňovat vlhkost prostředí, přítomnost blízké urbanistické zástavby nebo přírodního prostředí (například lesy, louky, pole) mohou ovlivňovat teplotu svého okolí, rozmanité terénní útvary mohou za různých podmínek počasí ovlivňovat tlaková pole a pole proudění vzduchu atd. Proto se průzkumu okolí zájmového objektu nebo zóny věnuje vždy pozornost. Tento se děje ideálně s využitím map velikých měřítek nebo leteckých snímků. Podle rozlohy objektu je monitorováno jeho okolí v rozsahu cca 100 - 1 000 metrů. Hledají se zdroje fyzikálního nebo chemického působení, které by mohly mít vliv na měření fyzikální veličiny. Ideální je pak navázat osobní návštěvou lokality pro potvrzení či doplnění získaných poznatků.

5.2.2 Průzkum situačního umístění zkoumaného objektu a jeho částí

Každý objekt nebo areál se skládá zpravidla z jedné nebo více částí (bloků, budov apod.). Vhodné je se podívat na vzájemné rozmístění těchto částí vůči sobě, a identifikovat jejich orientaci vůči světovým stranám. Toto řešiteli poskytne základní představu o osvícení (nahřívání) objektu Sluncem, tj. představu o částech objektu, které mohou být vystaveny většímu tepelnému působení (namáhání) než části jiné. U pracovišť umístěných na „slunných stranách“ objektu (především východ a jih) lze předpokládat vyšší teploty než jinde. Důležité je také uvědomit si, co je v jednotlivých částech objektu umístěno (technologie, zařízení) a jaký je způsob jejich využívání. Některé objekty mohou být dle charakteru svého užívání například zdroji tepla, vlhkosti nebo potenciálně nebezpečných látek (skladové prostory). Rozmístění objektu rovněž může naznačit režimy proudění vzduchu v jejich bezprostředním okolí. Například zúžená místa mezi objekty

mohou být předpokladem pro rychlejší proudění vzduchu, který pak přirozeně ochlazuje konstrukce ve svém okolí apod. Proto i zde není vhodné tuto část situačního průzkumu podceňovat.

5.2.3 Průzkum stavebního řešení a vybavení zkoumaného objektu a jeho částí

V dalším kroku je potřeba vytvořit si představu o stavební konstrukci daného objektu, především pokud jde o její schopnost akumulovat teplo ze slunečního záření a přenášet jej do interiéru. S tím souvisí nejen druh a tloušťka použitých stavebních materiálů, ale také například jejich viditelná povrchová barva (střechy, vnější plášť budov atd.). Je známo, že například tmavší odstíny barev působí větší akumulaci tepla v materiálu než světlejší odstíny (například černé střechy se nahřívají více a rychleji než bílé střechy).

Dále je potřeba vytvořit si představu o způsobu větrání (výměny vzduchu, případně odvodu tepla) objektu a také způsobu jeho vytápění. Za tímto účelem je výhodné oslovit prostředí znalou osobu, která je schopna umístění, principy funkce a režimy provozování systému vzduchotechniky i vytápění vysvětlit a v ideálním případě i na místě ukázat. Nelze zapomínat také na rozmístění pracovních míst a pracovních strojů v prostoru (dispoziční uspořádání celého prostoru). Především pracovní stroje (pokud jsou v prostoru umístěny) nemohou být vždy brány pouze jako pasivní předměty. Je potřeba uvážit jejich funkci a z ní vyplývající vedlejší efekty – například stroj může produkovat značné množství odpadního tepla nebo vlhkosti. Při uvážení všech výše uvedených vlivů zpravidla následuje identifikace anomálních zón v daném prostoru, tj. zón se zvýšenou produkcí nebo výskytem nadlimitních hodnot sledovaných veličin (zóny teplejší / chladnější, zóny s vyšší / nižší vlhkostí atd.). Může se jednat o identifikaci míst a zařízení působících například lokální změny teploty, vlhkosti, tlaku nebo proudění vzduchu.

Tyto všechny informace by měly být dány do kontextu s celkovými rozměry prostoru (délka, šířka, výška – plochy, objemy), polohou, počty a plochami otvorů (oken, dveří, spojovacích průchodů atd.) i režimy jejich aktivního užívání (především u oken a dveří).

Vzniká takto relativně ucelená představa o logice fungování a provozování zkoumaného prostoru nebo prostředí, což je nezbytnou prerekvizitou další systematické aktivity řešitele.

5.2.4 Průzkum zájmových pracovišť

Reálné podmínky na konkrétním pracovišti je žádoucí vždy posuzovat z osobní zkušenosti (osobní návštěvou zkoumaného místa). Málokdy je možné odhadnout je pouze podle dostupné projektové dokumentace. V rámci zkoumání podmínek vyplývajících z kontextu fungování celého prostředí a prostoru (viz výše bod 3) je potřeba brát v potaz také charakteristiky zaměstnanců (výška, váha, pohlaví, věk, vzdělání – co mají všichni společného a v čem se liší), jejich fluktuaci (střídání směn a jejich režimové návyky), pohyb a činnost na pracovišti. Z tohoto lze odhadnout jejich pracovní zatížení, případně s ním spojená rizika, ze kterých se pak může vycházet při stanovování cílů měření (viz dále bod 5).

5.2.5 Definování přesného zadání pro fyzikální měření

Vždy je potřeba co nejpřesněji formulovat cíl jakéhokoliv měření, protože právě od něj se pak odvíjí taktika a strategie vedoucí k jeho dosažení. V tomto případě se jedná především o výběr vhodného umístění měřící techniky, a z toho vyplývající volby jejího typu i jejího funkčního nastavení. Měřící technika může sloužit buď ke změření vybraných parametrů ve zcela neznámém prostředí, nebo k potvrzení již známých parametrů známého prostředí nebo k doplnění parametrů částečně známého prostředí, a to za účelem potvrzení, vyvrácení či doplnění řešitelových hypotéz. Měření nelze nikdy realizovat náhodně. Vždy musí být postaveno na logické úvaze, aby nebylo plýtváno

časem, energií i prostředky na něj vynaloženými, a především aby přineslo interpretovatelný a logicky odůvodnitelný výsledek.

5.2.6 Umístění měřící techniky

Měřící technika se vždy umísťuje tak, aby získaná data měla co největší vypovídací hodnotu a zároveň, aby samotná měřící technika v daném prostředí nemohla být funkčně poškozena. Je tedy třeba dbát na logiku umístění (viz výše body 3 a 4) měřící techniky a její ochranu před nežádoucími vlivy zkoumaného prostředí.

5.2.7 Analýza naměřených dat v kontextu známých logických pravidel fungování daného prostředí

Analýza a interpretace naměřených dat je mnohdy nejtěžší fází celého procesu měření. Aby data měla vypovídací hodnotu a bylo možné z nich vyvodit směrodatné informace vedoucí k technickému nebo například organizačnímu řešení problému, je potřeba je pochopit a interpretovat v kontextu situace a prostředí, kde byly získány. Znalost kontextu je nezbytnou podmínkou celého tohoto přístupu (viz výše body 1-5), protože řešení problému navržené a realizované na základě naměřených dat musí opět do toho samého kontextu dokonale zapadnout, jinak toto řešení nebude nikdy plně funkční. Ideální pomůckou pro interpretaci výsledků je jejich grafická vizualizace doplněná stručnými logickými zásadami vyjádřenými krátkým textem (nejlépe krátkou podmínkovou větou typu „Co se stane…, když…“).

5.3 Analýza mikroklimatických podmínek ve vybraných institucích v České republice s využitím parametru Heat Index

5.3.1 Abstrakt:

Kvalita pracovního prostředí, změny teplot a vlhkosti musí být kontrolovány v každém výrobním procesu a v místech, kde se zaměstnanci nacházejí. Cílem tohoto šetření je objektivně zhodnotit expozici zaměstnanců mikroklimatickým faktorům pracovního prostředí: výroba, balení, ale také kancelářských prostor. Data byla získána v reálných pracovních podmínkách ve dvou lokalitách („A“ a „B“). Tepelný odhad pohody člověka v jednotlivých lokalitách byl hodnocen pomocí indikátoru tepelného stresu (Heat Index, HI). Parametry mikroklimatu byly měřeny čidly HOBO. Měření byla prováděna v chladných i horkých obdobích roku. Měření potvrdila standardní teploty pro jednotlivé typy interiérů v zimním období, v letním období však docházelo k variabilitě výsledků vedoucí k tepelné nepohodě zaměstnanců. Hodnocení tepelného indexu odhalilo, že zaměstnanci v okolí měřící techniky jsou vlivem hodnot tepelného indexu nad 30 °C v riziku vzniku fyzického/psychického onemocnění z důsledku nevyhovujících mikroklimatických podmínek. Opodstatněnost nutnosti řešení situace vyplynulo také z doprovodného subjektivního dotazníkového šetření vybraných zaměstnanců.

5.3.2 Úvod:

Výzkum, který se zabývá zdravotními účinky vystavení teplu souvisejícímu s počasím, je zásadní jak pro omezení současných nebezpečí plynoucích z horka, tak pro přípravu na budoucí změny počasí. Příkladem mohou být vlny veder, které mohou způsobit katastrofální počty úmrtí, včetně > 14 000 nadměrných úmrtí během francouzské vlny veder v roce 2003 [37], stejně jako zvýšené riziko hospitalizací a nepříznivých porodních výsledků [4]. Mezi lety 1979 a 2018 se úmrtnost v USA v přímém důsledku vystavení teplu (tedy základní příčina smrti) obecně pohybovala mezi 0,5 a 2 úmrtími na milion lidí, přičemž od roku 1979 zemřelo na onemocnění související s teplem více než 11 000? Američanů [31], Při změně klimatu se očekává, že vlny veder budou častější a silnější [98]. Dle agentury OSHA dochází k většině úmrtí venku, 50 až 70 %, v prvních dnech práce v teplém

nebo horkém prostředí, díky nevybudované toleranci zaměstnance vzniklé postupně v průběhu času. Proces tolerance se nazývá tepelná aklimatizace. Nedostatek aklimatizace představuje hlavní rizikový faktor pro smrtelné následky v pracovním prostředí [109], [27].
Výzkumy také ukázaly návaznost vysokých teplot a problémů s pamětí, pozorností a reakční dobou. Potíže se spánkem spojené s extrémním horkem mohou přispívat k symptomům duševního zdraví a dále je zhoršovat [31], [123].

Pracoviště, ať už venkovní či vnitřní, představuje životní prostor každého zaměstnance. V popředí kvality pracovních podmínek se dostalo především zvýšení teploty vzduchu **Chyba! Nenalezen droj odkazů.**, **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**. Základní parametry pro mikroklimatické podmínky pracoviště, které upravuje také příslušné **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, ve změně ozdějších předpisů, jsou právě teplota, vlhkost, a rychlost proudění vzduchu. Objektivní posouzení je obtížné z důvodu vzájemných interakcí mezi jednotlivými parametry, rozdílné fyzické aktivity v pracovním prostředí, přítomnost individuálních faktorů zaměstnanců vč. schopnosti adaptace na změnu teplot. Za posledních 70 let bylo vytvořeno více než 160 indikátorů faktorů, indexů, pro určení výsledného tepelného stresu u člověka [97], jako je Universal Thermal Climate Index a Humidex, který používá Kanadský meteorologický úřad [30]. Jedním z nejoblíbenějších ukazatelů pro výzkum environmentálního zdraví je Steadmanova zdánlivá teplota, nebo Heat index – též zvaný tepelný index [126], jejíž verze poskytuje základ v mnoha amerických autoritách (National Oceanic and Atmospheric Administration [105]). Steadmanova zdánlivá teplota převádí aktuální povětrnostní podmínky (teplota vzduchu a vlhkost vzduchu v nejzákladnějších formulacích) na teplotu vzduchu, kterou by lidé „cítili“ stejně, kdyby teplota rosného bodu byla 14,0 °C/57,2 °F [127][4]

Tepelný index určený pro odhad tepelné pohody člověka, tedy zjednodušená verze Steadmanovy zdánlivé teploty, je daný kombinací teploty (suchého teploměru) a vlhkosti a konkrétně je definován jako teplota suchého teploměru, která by byla stejná, kdyby tlak vodní páry byl 1,6 kPa. Daná hodnota relativní vlhkosti způsobuje větší nárůsty tepelného indexu při vyšších teplotách. Například při teplotě přibližně 27 °C (81 °F) bude tepelný index souhlasit se skutečnou teplotou, pokud je relativní vlhkost 45 %, ale při 43 °C (109 °F) bude jakákoli hodnota relativní vlhkosti vyšší než 18 %. znázorňovat největší možnou míru zatížení [126].
Cílem tohoto příspěvku bylo objektivizovat a zhodnotit mikroklima ovlivňující práci v kontrolovaném prostředí výroby potravin (podnik „A“) především v letních měsících, kdy jsou zaměstnanci vystaveni teplu a kancelářského objektu (instituce „B“). Jako hodnotící kritérium vlivu tepelného prostředí na lidský organismus byl určen tepelný index (též zkratka HI). Výsledkem je posouzení, zda mikroklimatické faktory v nestandardním prostředí výroby potravin a kanceláří splňují limity pro přijatelné a optimální podmínky pro daný typ práce z pohledu použití tepelného indexu, jakožto indikačního parametru. V praxi však nestačí pouze definovat dodržování/nedodržování pracovních podmínek, ale také definovat požadavky na plnění požadovaných limitních hodnot, což bylo i aplikačním výstupem v podniku zpracování potravin. Pro bližší přiblížení subjektivního komfortu zaměstnanců podniku „A“ v oblasti mikroklimatických podmínek, byl také vyplněn dotazník, který je zahrnut ve výsledcích toto článku.

Limitací tepelného indexu a jeho protějšku humidexu je to, že berou v úvahu pouze dvě proměnné (viz výše), poskytují tedy pouze omezený odhad tepelné pohody. Vnímanou teplotu ovlivňují i další faktory, jako je vítr, sluneční svit a individuální výběr oblečení; tyto faktory jsou parametrizovány jako konstanty ve vzorci tepelného indexu. Vítr se například předpokládá o rychlosti 5 uzlů (9,3 km/h). Vítr procházející přes mokrou nebo zpocenou pokožku způsobuje odpařování a chladivý účinek, který tepelný index neměří. Dalším hlavním faktorem limitace je sluneční svit; stání na přímém slunci může přidat až 15 °F (8,3 °C) ke zdánlivému teplu ve srovnání se stínem.

5.3.3 Materiály a metody:

Měření probíhalo ve dvou institucích. V prvním případě se jednalo o průmyslový objekt (A), který se zaobírá zpracováním potravin na jihu Moravy a v případě druhém pak kanceláře v hl. městě Praze (B). Všechny kanceláře (B) sídlí v jedné budově. Kancelář B1 a B2 jsou okny orientovány na jižní stranu. Grafické znázornění rozmístění měřící techniky v průmyslovém objektu je znázorněno na **Obr. 25**. V **Tab. *4*** je zobrazena charakteristika všech míst měření. Průmyslový podnik nemůže být blíže specifikován vzhledem ke smlouvě o mlčenlivosti. Předmětem rozmístění čidel v průmyslovém objektu cílilo na objektivizaci mikroklimatických podmínek, které zahrnují jak skladovací, tak výrobní a balící prostory. Pro účely srovnání byla dvě čidla umístěna ve venkovním prostoru (venek x venek asfalt).

Tab. 4 – Charakteristika míst měření

Objekt	Označení čidla	Místo měření (velikost místnosti)	Stěny	Podlaha	Jiné zdroje tepla/vlhkosti	Osvětlení
A (průmyslové objekty)	1	**Venek - COV**	-	Travnaté plocha	Vlhkost z nádrží COV	Přírodní
	2	**Venek - zástavba**	-	Beton venkovní	Ne	Přírodní
	3	Balička - vepředu	Sandwichové panely	Beton	Ano, teplo ze strojních zařízení	Umělé
	4	Balička - vzadu	Sandwichové panely	Beton	Ano, teplo ze strojních zařízení	Sdružené
	5	Výroba - vykládka	Sandwichové panely	Umyvatelná podlaha	Ano, teplo ze strojních zařízení	Sdružené
	6	Výroba - autoklávy	Sandwichové panely	Umyvatelná podlaha	Ano, teplo i vlhko (pára) ze strojních zařízení	Umělé
	7	Výroba - RMM	Sandwichové panely, cihlové	Umyvatelná podlaha	Ano, teplo i vlhko (umývání) ze strojních zařízení	Umělé
	8	Výroba - varna	Sandwichové panely, cihlové	Umyvatelná podlaha	Ano, teplo i vlhko (umývání) ze strojních zařízení	Umělé
	9	Ředitelna - kancelář	Cihlové	Lino	Klimatizace	Sdružené
B (kanceláře)	10	Kancelář B1	Cihlové		Ne	Sdružené
	11	Kancelář B2	Cihlové		Ne	Sdružené
	12	Kancelář B3	Cihlové		Ne	Sdružené

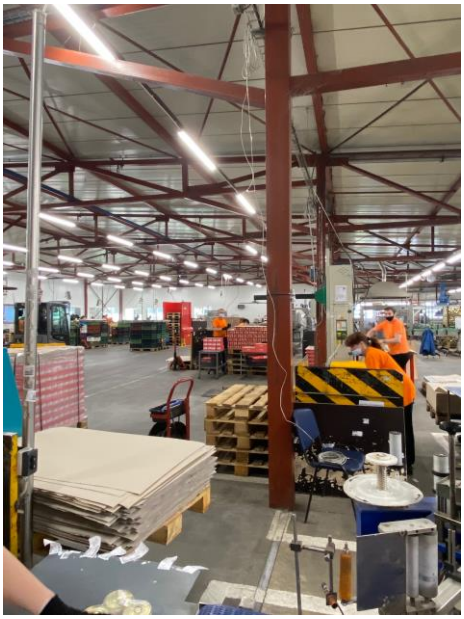
Obr. 25 - Rozmístění čidel v průmyslovém objektu

Výměna vzduchu ve výrobním prostoru je kombinovaná – přirozená výměna je zajištěna otevřenými rolovacími vraty, přestože je dle platných interních standardů společnosti toto větrání zakázáno z důvodů možného vniknutí škůdců, a nucená zajištěná ventilátory, umístěnými na stropech výrobních hal. V případě balící haly je větrání zajištěno pouze přirozenou výměnou vzduchu pomocí oken. V přední části balící haly je také ventilátor. V průběhu měření došlo na baličce k instalaci klimatizační techniky (od 09/2021) .

Na následujících obrázcích jsou vybrané fotografie rozmístění měřících čidel HOBO.

Obr. 26 – čidlo „1“ venek

Obr. 27 – čidlo „2“ venek asfalt



Obr. 28 – čidlo „3“ balička vepředu

Obr. 29 – čidlo „5“ hala EU vykládka

Obr. 30 – čidlo „6“ hala EU Autoklávy

Zaměstnanci („A“) pracují ve třísměnném provozu. Pracovní směna je sedmi a půl hodinová, nicméně se zde vyskytují časté přesčasy. Zaměstnanci mají 30 min přestávku po čtyřech hodinách nepřetržité práce. Dle kategorie práce je 80 % zaměstnanců na pozici – dělník/konzervář potravinářské výroby, pohybujících se v místech měření v kategorii č. 3 z důvodu fyzické zátěže a zátěže hlukem. Jedná se aklimatizované zaměstnance (dle charakteristiky v NV č. 361/2007 Sb., ve změně pozdějších předpisů), převážně ženy, vykonávající dlouhodobou práci. Jejich průměrný věk, je dle statistik personálního oddělení 45 let. Mezi ostatní zaměstnance pohybujících se v místech měření patří vedoucí pracovníci, údržbáři a obsluha VZV. V místech měření se pohybují také agenturní zaměstnanci pracující v turnusech. U nich tedy dle příslušného nařízení vlády nejsme schopni určit aklimatizaci. Do pracovní pozice dělník/konzervář, patří také obsluha sterilizátorů (měřící místo „autoklávy“).

Zaměstnanci („B“) jsou ženy, pracují v jednosměrném provozu. Pracovní směna je osmihodinová s přesčasy. Zaměstnanci jsou v kategorii práce č. 1. Jedná se aklimatizované zaměstnance (dle charakteristiky v NV č. 361/2007 Sb., ve změně pozdějších předpisů).

Obr. 31 – HOBO U23 Pro V2

Čidla HOBO U23 Pro V2 v prostorách hal a kancelářích jsou umístěna v pracovní výšce zaměstnanců. Jsou zavěšená v pracovní poloze vodorovné/svislé, v případě venkovních měření umístěna v držáku s vrchním krytem, který zabraňuje jejich ohřívání např. od slunce. Čidlo v kancelářských prostorech je umístěno v blízkosti pracovního místa. Čidla pracují v automatickém režimu a každých deset minut zaznamenávají pracovní podmínky, které zapisují na svojí vnitřní paměť. Funkci čidel lze kontrolovat pomocí blikající diody, která bliká v intervalu dvou vteřin. Odečet se provádí přes čtečku a USB kabel. Na základě dat program vykreslí grafy výkyvu naměřených veličin a statisticky zpracuje data. Technické parametry jsou uvedeny v **Tab. *5***.

Tab. 5 - Technické parametry čidel

Teplota	Rozsah: -40 až +70 °C
	Přesnost: +- 0.2 °C při teplotách 0–50 °C
	Rozlišení: +- 0.02 °C
	Časová odezva: pod 40 min.
	Drift: <0,1 °C/rok
Vlhkost	Rozsah: 0-100 % RV, vodotěsný sensor
	Přesnost: +- 2,5 % při vlhkostech 10–90 %, maximálně +- 3,5 %
	Drift: <1 %/rok
	Časová odezva: pod 40 min v klidném vzduchu,
	Rozsah pracovních teplot: -40–70 °C

Ostatní parametry	Kapacita: 21000 měření teploty a vlhkosti
	Velikost: 38 x 121 mm
	Váha: 57 g
	Životnost baterie: 3 roky
	Typ baterie: 1/2AA 3,6 V

Měření probíhala u podniku „A“ v podzimních/zimních měsících 2020, konkrétně od září 2020 do února 2021 (pouze dvě čidla v „balička“) a v letních měsících roku 2021, konkrétně červen – září 2021. Tato měření byla provedena na základě podmětů zaměstnanců, vyplývajících také z výsledků anonymního subjektivního dotazníku mikroklimatických podmínek, který je uveden v příloze 7.1
Měření u instituce „B“ probíhala od června do října roku 2021.
Naměřené hodnoty byly pomocí vzorce zobrazeného níže, v programu Excel, převedeny na výsledný tepelný index (v stupních Fahrenheita i Celsia).

$$HI = c_1 + c_2T + c_3R + c_4TR + c_5T^2 + c_6R^2 + c_7T^2R + c_8TR^2 + c_9T^2R^2$$

Kde pro stupně Celsia:
HI = heat index neboli tepelný index
T = okolní tepota suchého teploměru
R = relativní vlhkost (hodnoty v % mezi 0 a 100)

$$c_1 = -8.78469475556$$
$$c_2 = 1.61139411$$
$$c_3 = 2.33854883889$$
$$c_4 = -0.14611605$$
$$c_5 = -0.012308094$$
$$c_6 = -0.0164248277778$$
$$c_7 = 0.002211732$$
$$c_8 = 0.00072546$$
$$c_9 = -0.000003582$$

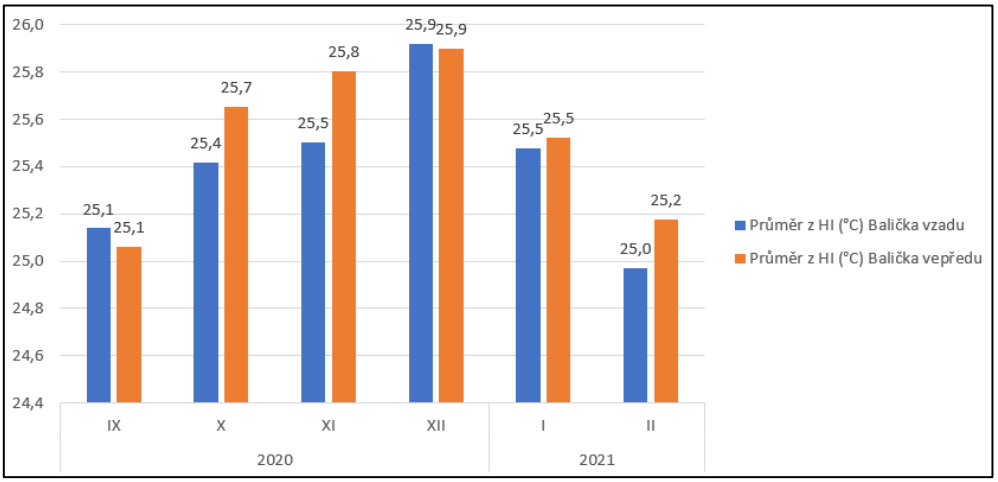
Výsledky tepelného indexu byly také vyhodnoceny z hlediska přijatelnosti mikroklimatických podmínek dle platného nařízení vlády č. 361/2007 Sb., pro třídu práce IIIa.v případě podniku A, a pro třídu práce I. v případě instituce B.

5.3.4 Výsledky:

Výsledný tepelný index byl vypočítán na základě měření čidel HOBO dle připraveného harmonogramu.

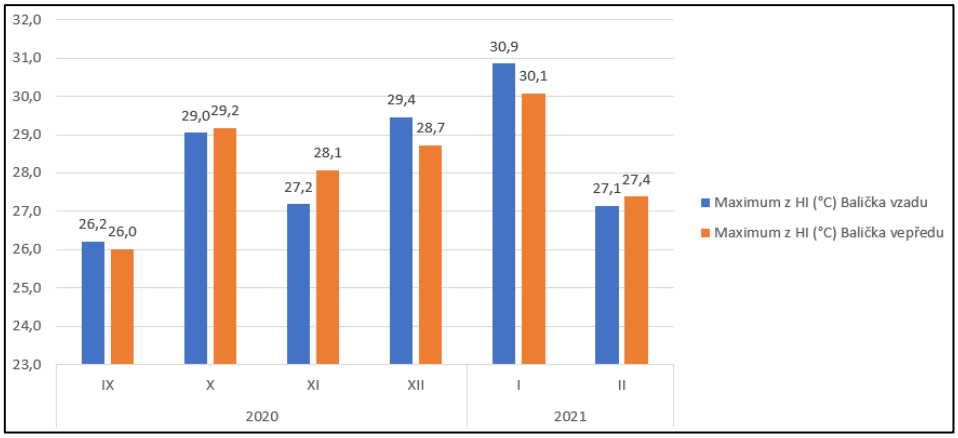
5.3.4.1 Průmyslový objekt („A“)

První měření byla provedena v podzimních a zimních měsících roku 2020. Měření v září 2020 - únoru 2021 zahrnovala pouze dvě čidla umístěná v lokacích Balička vepředu, Balička vzadu. Průměrný tepelný index byl, jak je znázorněno na **Obr. *32***., od 25,0 °C do 25,9 °C.



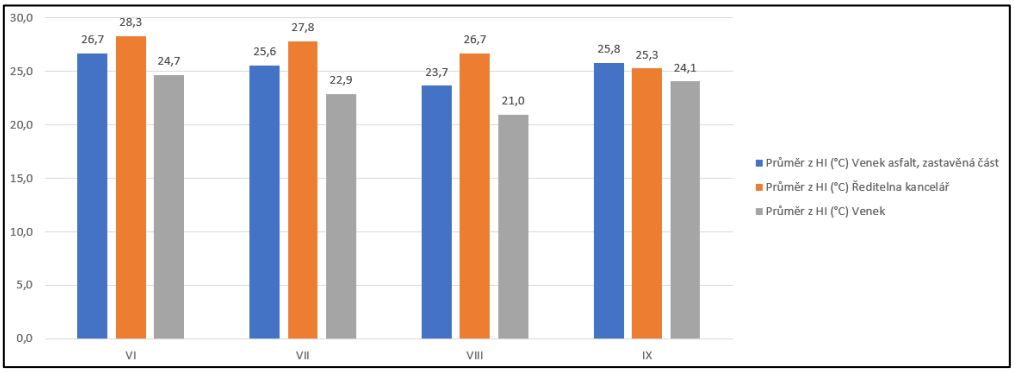
Obr. 32 - Průměr HI Balička vepředu, vzadu

Přestože byla průměrná teplota vzduchu v lednu 2021, dle dat CHMU, -1,1 °C (což je o 0,9 °C vyšší než normál 1981–2010.), *http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1612860145.* dosáhla hodnota tepelného indexu u obou čidel nad 30 °C. Maxima tepleného indexu baliček za období září 2020 až únor 2021 jsou **Obr. *33***.



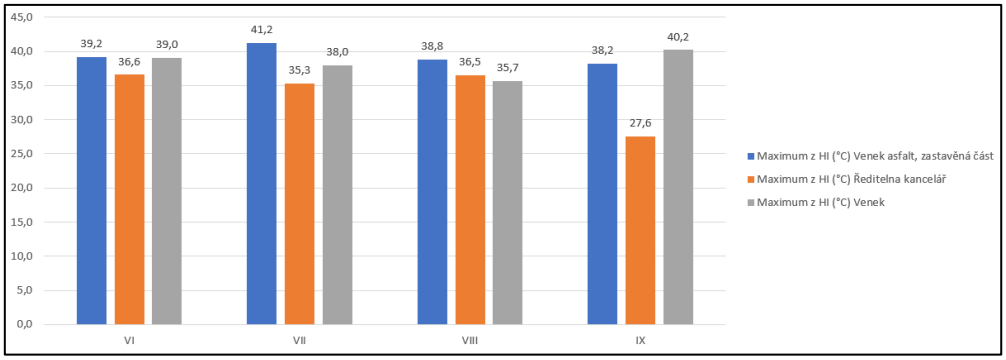
Obr. 33 - Maximum HI Balička vepředu, vzadu

Další měření probíhala v měsících červen – září 2021. Kancelář ředitele společnosti, která je v okolí zastavěné plochy a asfaltu, udržuje teplotu mikroklimatu pomocí klimatizace a přirozeného větrání, fungující dle potřeby ředitele společnosti. V zimním období je využíváno centrální vytápění. Výsledky tepelného indexu kanceláře ředitele vůči tepelnému indexu obou venkovních čidel 06-09 2021, je vyšší (kromě tepelného indexu ze září). **Obr. *34*** V průměru za všechny měsíce je tepelný index v kanceláři ředitele 27 °C . Průměrný tepelný index zastavěné části je vždy o přibližně 2 °C než průměrný tepelný index venku na travnaté ploše, přestože je stále v areálu společnosti.



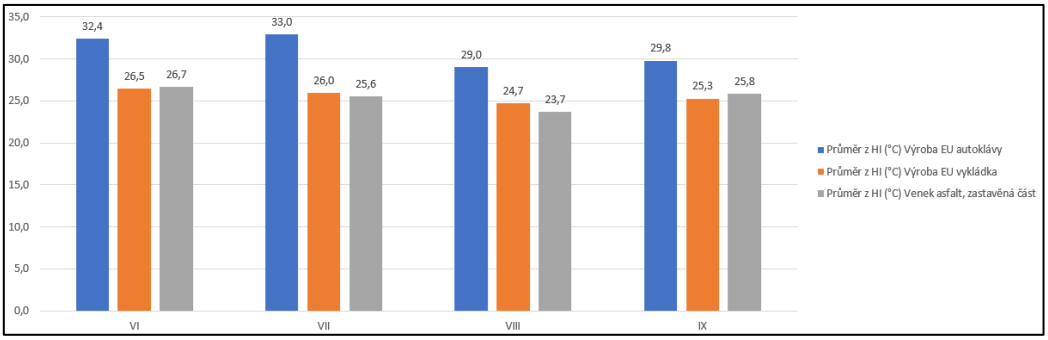
Obr. 34 - Průměr HI Venkovní čidla, kancelář ředitele

Maxima teplotního indexu u venkovních čidel dosahovala ve všech měsících nad 35 °C. Mimo září 2021 dosahovala tohoto maxima také kancelář ředitele **Obr. *34***.

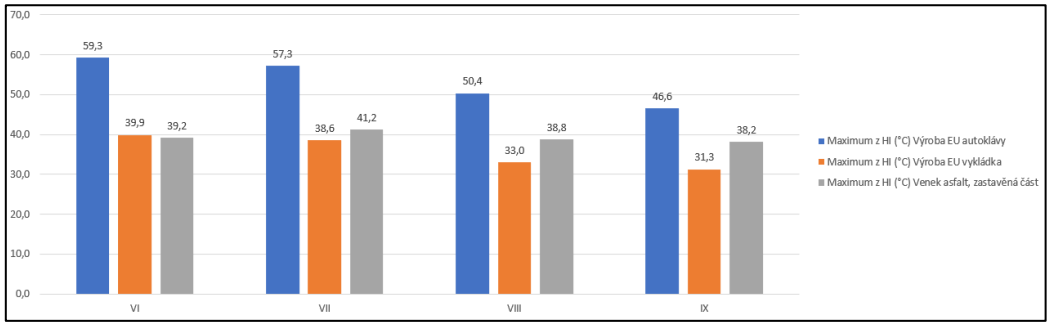


Obr. 35 - Maximum HI venkovní čidla, kancelář ředitele

V případě haly pojmenované „EU“ byla čidla umístěna na dvou místech. Jedno z nich na vykládce, která se nachází vedle technologie autoklávů (druhé čidlo v „EU“ hale) a průmyslových rolovacích vrat, vedoucích na asfaltovou plochu. Vrata jsou v rámci denní i odpolední směny nepřetržitě otevřená. **Obr. *35*** ukazuje průměrné hodnoty tepelného indexu červen - září 2021 těchto dvou čidel ve vztahu k venkovnímu čidlu „Venek asfalt“, který reflektuje venkovní podmínky kolem „vykládky“. Z grafu průměrných hodnot můžeme vidět, že teplotní index vnitřních prostor „vykládka“ bývá více ovlivněn venkovním prostředím než teplotním indexem autoklávů, které jsou samy o sobě obrovským zdrojem sálavého tepla a vlhkosti. Relativní vlhkost nejenže působí na pocity pohodlí, ale má také přímý dopad na lidské zdraví. Maxima těchto tří čidel jsou zobrazena na **Obr. *36***. Všechna maxima teplotního indexu jsou nad 31 °C. V případě autoklávů můžeme naleznout enormních 46,6 až 59,3°C stupňů.

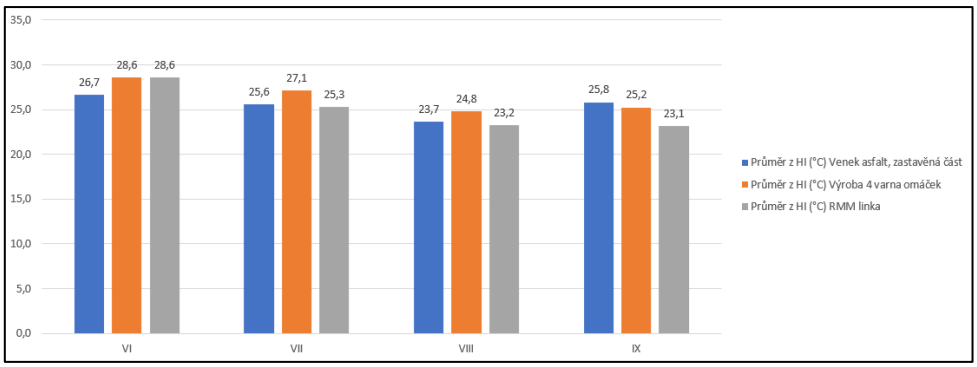


Obr. 36 - Průměr HI venkovní čidlo, EU

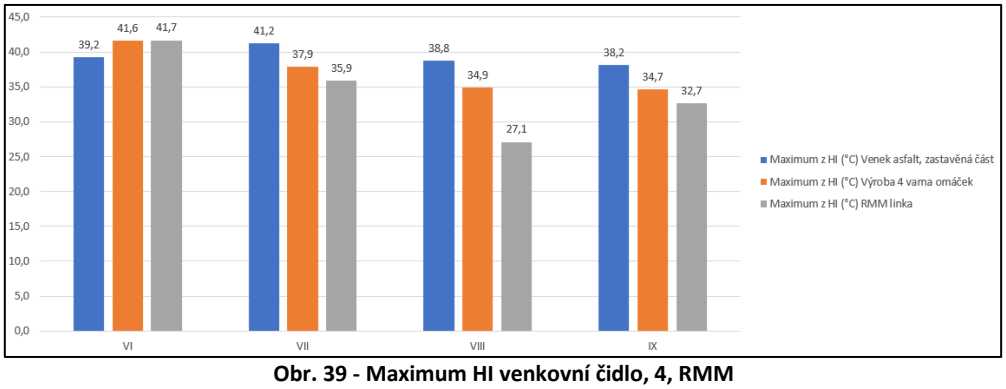


Obr. 37 - Maximum HI venkovní čidlo, EU

Další měřící technika byla umístěná v roce 2021 v prostorách haly pojmenované „4“ u varny omáček a linky s názvem RMM. Pro srovnání ukazuje **Obr. *37***. také průměrný tepelný index venku, **Obr. *38*** pak maximální tepelný index těchto tří čidel. Měřící technika RMM linky byla umístěná ve výšce 3m, kde se nachází příležitostné pracoviště. Průměrné hodnoty tepelného indexu se všechny drží pod 30 °C. Maxima, která jsou na pracovišti varny omáček, jsou nad 34 °C. V tomto případě se jedná o stálé pracoviště se zdrojem sálavého tepla strojních zařízení. V okolí se nachází průmyslová vrata, která bývají rovněž často otevřena. Maximální tepelný index obou pracovišť se pohyboval v červnu - září 2021 mezi 27,1 – 41,7 °C.



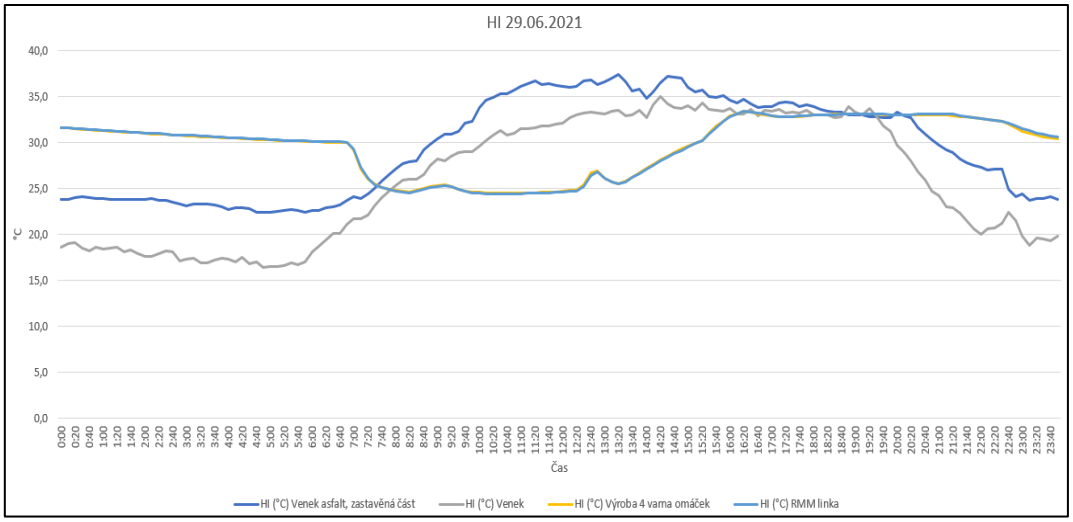
Obr. 38 - Průměr HI venkovní čidlo, 4, RMM



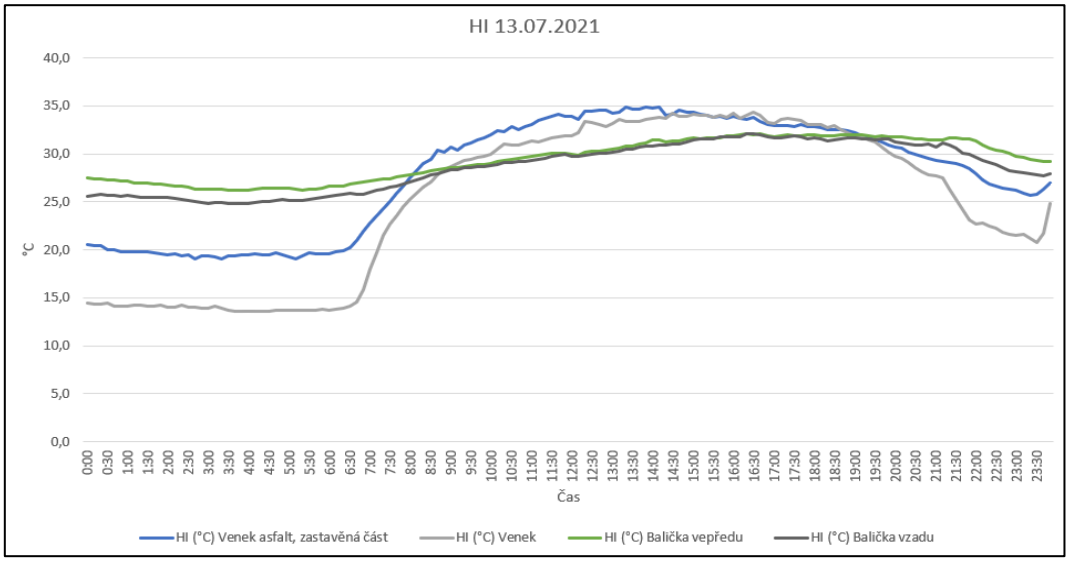
Obr. 39 - Maximum HI venkovní čidlo, 4, RMM

Mezi nejteplejší dny v roce 2021, patřily dle ČHMU (Brno, Židenice) 29.6.2021, 13.7.2021 a 15.8.2021. Průběh HI těchto dnů u vybraných čidel je zobrazen na následujících obrázcích. Den 29.06.2021 zobrazuje **Obr. *39***. Přestože byla čidla umístěná na různých místech i v různé výšce (RMM x Výroba 4 varna omáček), popisují stejný trend vývoje teplot během tohoto dne.

Venkovní tepelný index dosahoval k 35 °C, v odpoledních hodinách byl na úrovni 30 °C také na obou místech uvnitř.

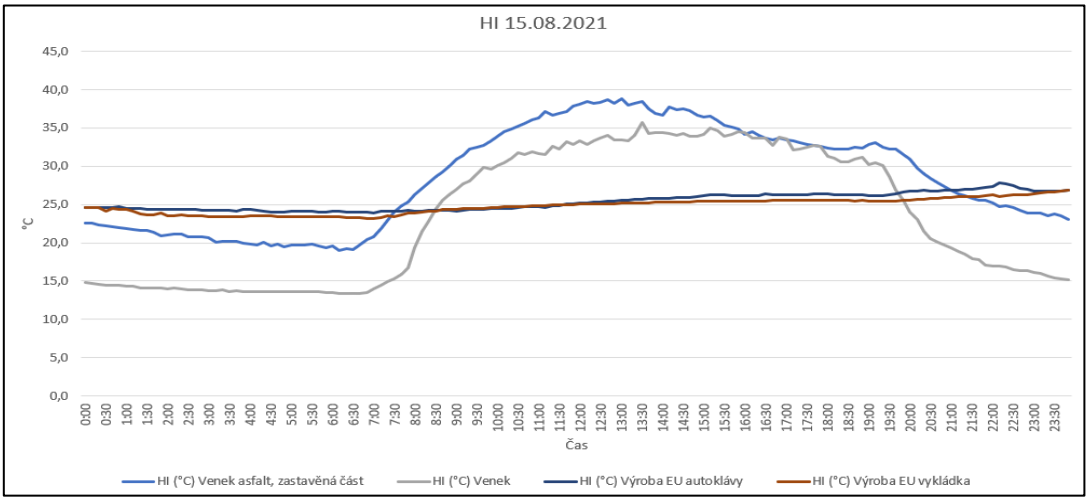


Obr. 40 - HI 29.06.2021



Obr. 41 - HI 13.07.2021

Na **Obr. *41*** je zobrazen tropický den 13. 07. 2021 a jeho výsledky z hlediska tepelného indexu budovy baličky (vepředu x vzadu). V brzkých ranních hodinách byl tepelný index uvnitř budovy vyšší než venkovní. Může tak být z důvodu absence větrání či sálavé teploty strojních zařízení. Od 9:00 byla venkovní teplota nad 30 °C, vnitřní teplota dosáhla této míry indexu v cca 12:00. Přestože v nočních hodinách tepelný index klesl pod 30 °C, vnitřní teplota zůstávala stabilní.



Obr. 42 - HI 15.08.2021

Neděle 15. 08. 2021 z hlediska vývoje tepelného indexu, je zobrazena na **Obr. *42***. Na něm lze vidět konstantní tepelný index vnitřních prostor haly „EU“, kde v tento den probíhala odstávka, a tedy nedocházelo k provozu strojních zařízení, větrání, otevírání průmyslových vrat, klimatizaci apod. Přestože sahala míra venkovních čidel k 40 °C, v budově bylo v rozmezí 24 – 27 °C.

5.3.4.2 Dotazníkové šetření subjektivního hodnocení mikroklimatických podmínek vybraných zaměstnanců potravinářského průmyslového podniku („A“)

Cílem tohoto dílčího úkolu v rámci projektu byl výzkum subjektivního hodnocení mikroklimatických podmínek vybraných zaměstnanců podniku, kteří pracují v blízkém okolí umístěné měřící techniky HOBO v průmyslovém podniku „A“. Náhled dotazníku lze nalézt v kapitole 8.1 tohoto dokumentu. Organizace, ve které probíhalo toto šetření, nemá ve svých standardech, ani cílech zahrnutou problematiku mikroklimatických podmínek. Rovněž její zaměstnanci neabsolvují žádné speciální školení zaměřené na tuto problematiku. Problematika je pouze okrajově zmíněna v zákonném vstupním školení BOZP z hlediska kategorizace práce a tepelné zátěži. V organizaci neprobíhají kontroly mikroklimatických podmínek z hlediska komfortu zaměstnanců, ať kancelářských nebo výrobních prostor. Řešeny jsou pouze podmínky skladování a zpracování potravin. Organizace je ovšem změně nakloněna a vítá spolupráci s Výzkumným ústavem bezpečnosti práce v.v.i.

1. **Průběh řešení dílčího úkolu**

Výsledkem šetření mělo být zjištění aktuální situace na základě subjektivního vnímání mikroklimatických podmínek pracovišť ve vztahu se změnou klimatu. V potaz byla brána teplota, proudění a relativní vlhkost vzduchu ve venkovním i vnitřním pracovním prostředí. O výsledcích šetření byl informován „Senior management“ organizace. Dotazníky byly aplikovány po dohodě s vedením podniku a jednotlivými zaměstnanci v červnu 2021. Zaměstnanci (15) byli vybráni na základě druhu pracovního místa a pohovoru. Jejich charakter práce představoval střední/ vysokou fyzickou zátěž. Pracovní úkoly zahrnovaly manuální práci včetně přenášení výrobního materiálu, obsluhu strojních zařízení, venkovní údržbářské práce apod. Ve všech případech se jednalo o zaměstnance, kteří dlouhodobě stojí, tj. více než 75 % své pracovní doby, a občas pociťují počínající zdravotní potíže – např. bolesti páteře. Jednalo se z části také o agenturní pracovníky.

Vyplnění dotazníků v tištěné podobě předcházela prezentace s informacemi o projektu a úvodem do problematiky bezpečnosti práce ve vztahu k mikroklimatickým podmínkám.

2. Časový rámec

Tab. 6 – Kristýna Vavrečková, 2021

08.06.2021	Vytipování zaměstnanců
09.06.2021	Prezentace s informacemi
10.06.2021	Vyplnění dotazníku

Respondenti

Tab. 7 – Kristýna Vavrečková, 2021

Respondent č.	Pohlaví	Věk	Aktuální pracovní pozice	
			Pozice	Počet let na pozici
1	Muž	50–60	Údržba	15
2	Muž	50–60	Údržba	13
3	Muž	41–49	Údržba	10
4	Muž	31–40	Údržba	5
5	Muž	31–40	Výroba	7
6	Muž	41–49	Výroba	9
7	Muž	50 - 60	Balení	5
8	Žena	41–49	Výroba	21
9	Žena	41–49	Výroba	4
10	Žena	41–49	Balení	8
11	Žena	31–40	Výroba	7
12	Žena	31–40	Výroba	9
13	Žena	31–40	Balení	7
14	Žena	20 - 30	Výroba	2
15	Žena	20 - 30	Výroba	3

3. Subjektivní hodnocení a komentáře respondentů

Celkově se dá konstatovat:

1. Všechny ženy jsou subjektivně nespokojené s mikroklimatickými pracovními podmínkami a pociťují „horko – velké horko“ a všechny „odmítají“ toto mikroklima. Toto prostředí vnímají všechny ženy jako „obtížně snesitelné – nesnesitelné“.
2. Pět mužů (ze sedmi) je subjektivně nespokojeno s mikroklimatickými pracovními podmínkami a pociťují „horko – velké horko“ a tito respondenti „odmítají toto mikroklima“. Těchto pět mužů vnímá prostředí jako „obtížně snesitelné“
3. Třináct respondentů se vyjádřilo, že by ocenilo lepší pracovní vybavení související s horkem na pracovišti – vhodnější pracovní oděv, klimatizaci, různé druhy ochranných nápojů
4. Všichni respondenti by uvítali školení/edukační materiály ze strany zaměstnavatele o ochraně před vznikem nemocí souvisejících s teplem
5. Polovinu respondentů (8) trápí onemocnění/ symptomy související s teplem – bolest hlavy, malátnost, křeče, únava.
6. Pět respondentů nemá možnost odpočinku po každých odpracovaných dvou hodinách
7. Dvanáct respondentů má k dispozici dostatek vody k pití během pracovní činnosti
8. Největší „problém“ vidí všichni (15) respondenti v teplotě

4. Celkové vyhodnocení šetření u zaměstnanců podniku

Výstupní dotazníky projektu byly vyplněny úplně, což potvrdilo ochotu a vysokou angažovanost v tomto šetření. Všichni respondenti by uvítali zlepšení mikroklimatických podmínek na svém pracovišti. V případě pracovníků údržby se jednalo o pracoviště venkovní x vnitřní, mezi kterými přechází, v případě pracovníků baličky a výroby o pracoviště vnitřní. Respondenti se vyjádřili pro pokračování a zapojení se do dalších šetření Výzkumného ústavu bezpečnosti práce v.v.i.

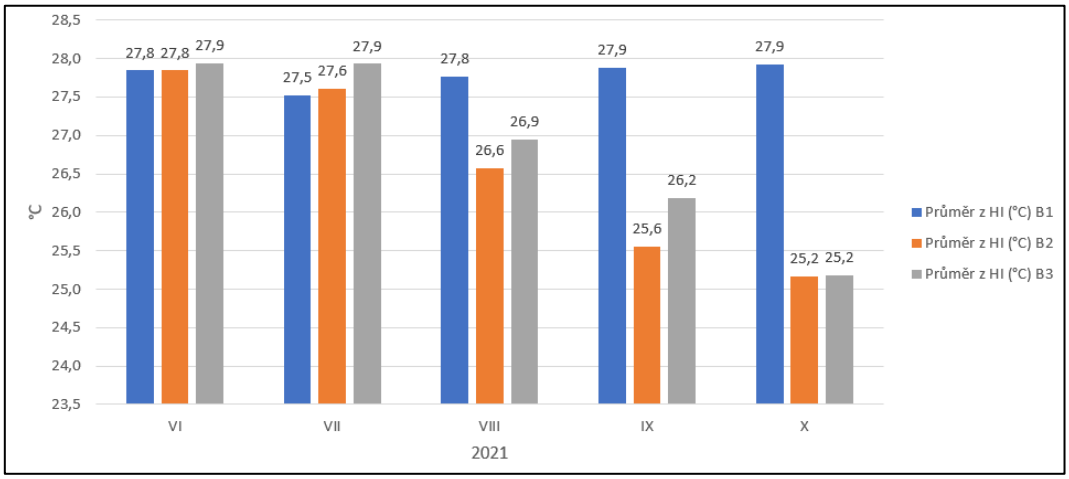
Žádný z respondentů nehodnotil subjektivní mikroklimatické podmínky jako „příjemné“. Vedení organizace se rozhodlo pro zlepšení mikroklimatických podmínek na základě doporučení výzkumného týmu od roku 2022. K tomuto rozhodnutí přispěla interpretace výsledků tohoto šetření pro vedení organizace.

Použitý dotazník, je uveden v příloze 7.1

5.3.5 Kancelářské prostory („B“)

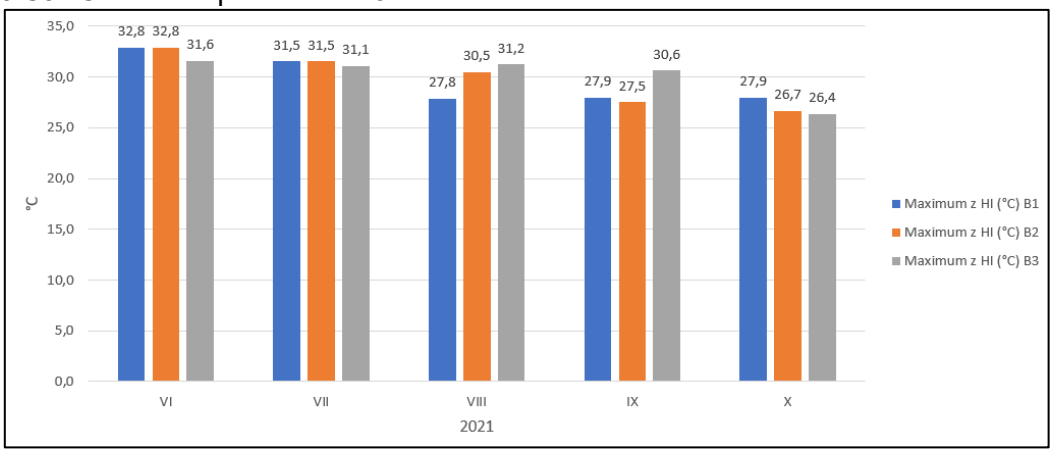
Měření tří kancelářských pracovišť B1, B2 a B3 probíhalo od června do října 2021. Nejvyšší míry výsledného tepelného indexu (HI) dosahovala v průměru kancelář B1. Průměrný tepelný index byl u této kanceláře 27,5 – 27,9 °C, což může být způsobeno nevyužitím klimatizace či orientací kanceláře na jižní stranu. Průměrný tepelný index 27,9 °C si kancelář B1 držela také v měsíci říjnu,

přičemž kanceláře B2 a B3 měly průměrný teplotní index o dva stupně nižší. Průměrné hodnoty tepelného indexu pro kanceláře B1- B2 jsou zobrazeny na **Obr. *43***.



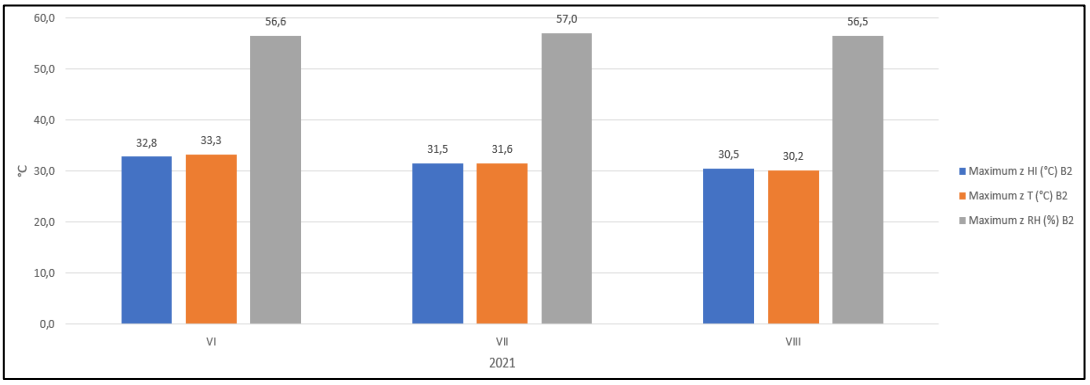
Obr. 43 - Průměr HI B1,B2,B3

Maximální tepelné indexy (obrázek X), které nejsou pro kancelářské prostory vůbec lichotivé, dosahovaly v červnu a červenci nad 31 °C u všech kanceláří. Kancelář B3 měla maximální tepelný index nad 30 °C také v srpnu a září 2021.



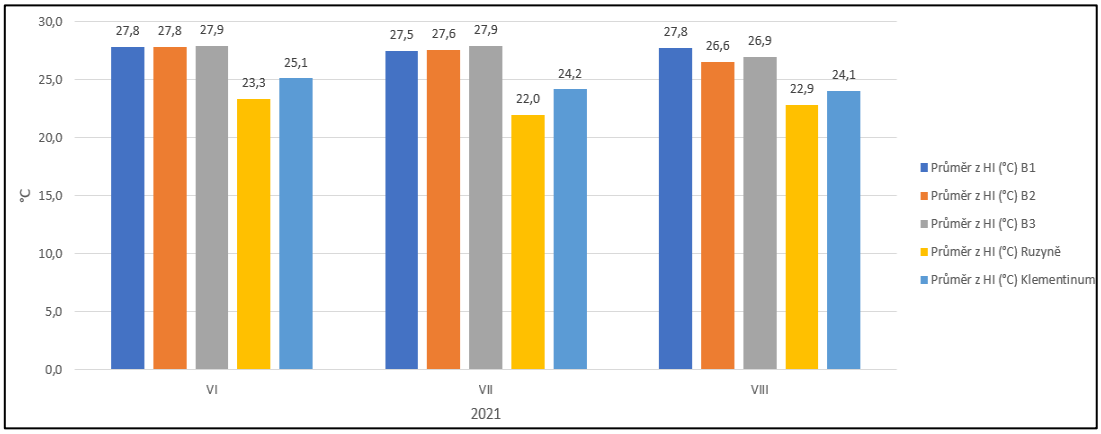
Obr. 44 - Maximum HI B1,B2,B3

Na **Obr. *45*** můžeme vidět maximální tepelný index kanceláře B2, spolu s maximální teplotou a relativní vlhkostí. Doporučené hodnoty pro relativní vlhkost v kanceláři se udává na 30 – 70 %, čehož maxima nepřesahují. Na obrázku můžeme vidět blízký vztah teploty vzduchu a vypočítaného tepelného indexu. Maximální teplota v červnu u kanceláře B2 byla 33, 3 °C.

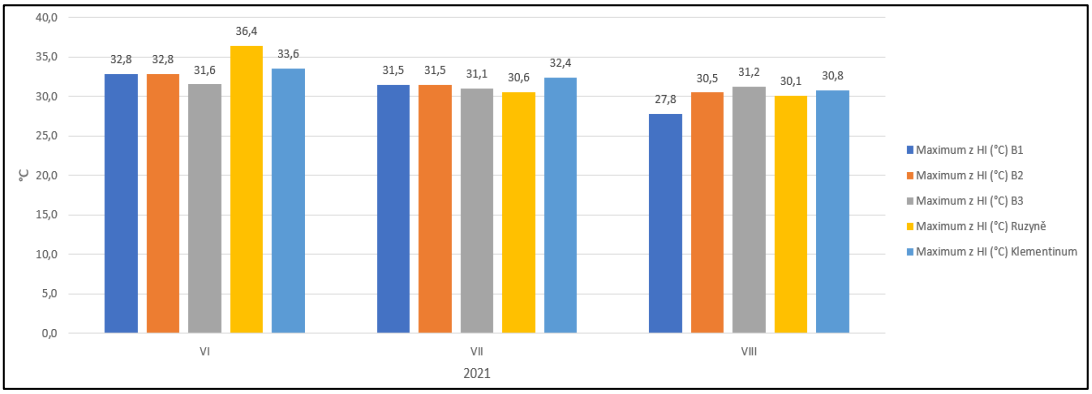


Obr. 45 - Maximum HI/T/RH B2

Obr. *46* a **Obr. *47***popisují průměry a maxima tepelných indexů všech tří kanceláří v rámci srovnání s tepelnými indexy Ruzyně a Klementina za červen – srpen 2021. Na průměrných tepelných indexech lze pozorovat o 2 – 5 °C nižší venkovní teplotu (Klementinum, Ruzyně) než u kancelářských pracovišť. Maximální teplotní indexy bývají téměř vyrovnané.



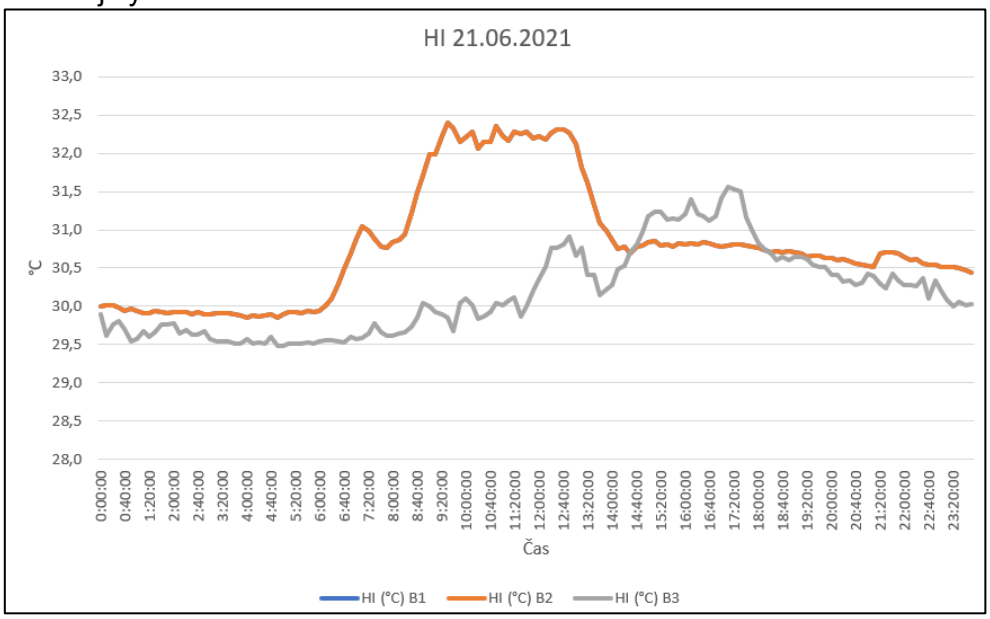
Obr. 46 - Průměr HI B1,B2,B3, Ruzyně, Klementinum



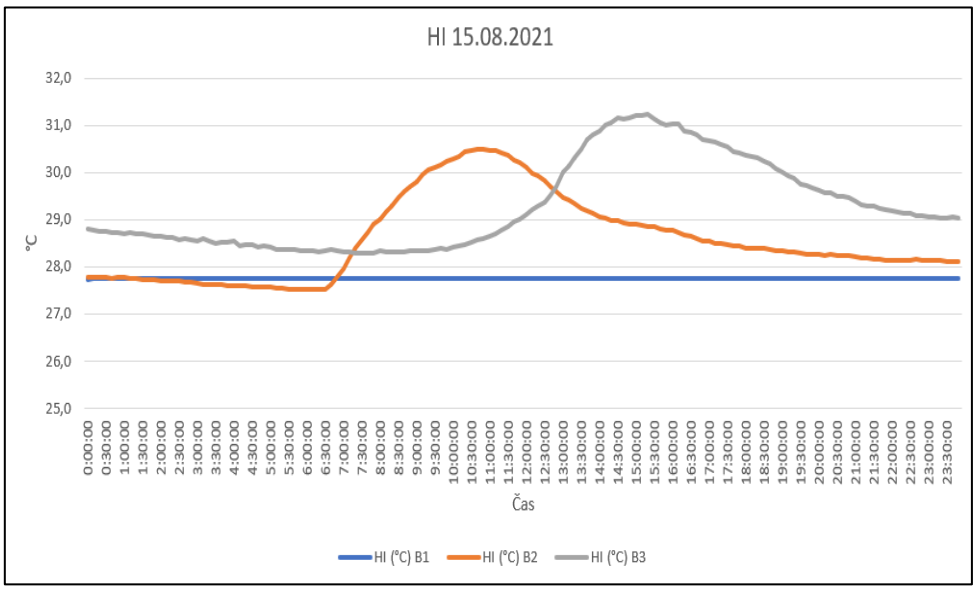
Obr. 47 - Maximum HI B1,B2,B3, Ruzyně, Klementinum

Průběhy vybraných tropických dnů, jsou zobrazeny na následujících obrázcích. První z nich **Obr. *48*** ukazuje 21. 06. 2021, kdy se tepelný index pohyboval od 6:30 nad 30 °C v případě kanceláří B1 a B2. Kanceláře B1 a B2 kopírují stejnou křivku tepelného indexu v rámci tohoto dne. Od 9:20 do 13:20 dosahoval tepelný index nad 32 °C. U kanceláře B3 můžeme pozorovat nárůst tepelného

indexu nad 30 °C od 12:00. Druhý obrázek (Obrázek X) ukazuje sobotu 15. 08. 2021, kdy nebyly pracovnice přítomny ve svých kancelářích. U kanceláře B1 můžeme vidět téměř konstantní tepelný index pod 28 °C, u kanceláří B2 a B3 dochází ke zvýšení nad 30 °C. Ta může být způsobena otevřením oken či jiným zásahem člověka.



Obr. 48 - HI 21.06.2021



Obr. 49 - HI 15.08.2021

5.3.6 Diskuse a závěr:

Konstantní hodnoty mikroklimatických parametrů odrážejí kvalitu a komfort pracovního prostředí, ať už venkovního nebo vnitřního. Přestože se zdá, že je vnitřní pracovní prostředí lépe regulovatelné díky např. větrání, klimatizaci, větrákům, interním zdrojům tepla, opak je pravdou.

Problémem může být nedostatečná informovanost zaměstnanců, zaměstnavatelů, ale také nezúčastněnost kontrolních orgánů státní správy. Složitosti problematiky mikroklimatických podmínek rovněž upravuje nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve změně pozdějších předpisů, které nejblíže specifikuje parametry mikroklimatických podmínek v pracovním prostředí, pro muže/ ženy a neaklimatizované/aklimatizované jedince. Avšak málokdo tomuto nařízení z řad zaměstnavatelů/BOZP profesionálů rozumí. Zatímco tepelný index (HI) odhaduje tepelný komfort člověka, příslušné nařízení pracuje pouze s naměřenými hodnotami, které dále upravuje např. dle délky pracovní směny. V příloze č. 1 k nařízení vlády č. 361/2007 Sb jsou na základě průměrného energetického výdeje stanoveny tzv. Třídy práce. Pro podnik „A“ jsou zaměstnanci převážně v Třídě práce IIIa. V případě podniku „B“ pak v Třídě práce I.

Z hlediska výsledků tepelného indexu pro podnik „A“ (při rychlosti proudění vzduchu 0,1 m.s -1, kterou tepelný index nezohledňuje) a Třídu práce IIIa pro aklimatizovaného muže, by neměla při teplotě 34 °C, které teplotní index často dosahoval, maximální krátkodobá přípustná doba práce za směnu přesáhnout 151 minut, v případě dlouhodobé doby práce pak 308 minut. V případě autoklávů, kde pracují aklimatizované ženy a kde se teplotní maxima indexů pohybují nad 50 °C, by maximální krátkodobě přípustná doba práce za směnu byla 13 minut, v případě dlouhodobé 186 minut. Po těchto dobách musí následovat přestávka v tomu uzpůsobené místnosti. Výsledky subjektivního dotazníkového šetření jen potvrdily důležitost a akutní stav nálezu řešení příčin problémů souvisejících s nevyhovujícími mikroklimatickými podmínkami.

V případě kanceláří B1-B3 instituce „B“ pro Třídu práce I, dochází ke změně maximální přípustné doby práce (z 480 minut) až při teplotě nad 36 °C včetně. Maximální tepelný index byl přes „pouhých“ 32 °C. Extrémní horko však nejen že zhoršuje fyzické zdraví lidí, ale může také zhoršit jejich stávající duševní zdraví. Například studie v Torontu zjistila, že teploty nad 28 °C byly spojeny se zvýšeným počtem návštěv pohotovosti kvůli stavům souvisejícím s duševním zdravím, jako je schizofrenie a poruchy nálad. Stejné výsledky potvrzují výzkumy v Quebecu a Kalifornii, například, že vyšší teploty přispívají k existujícímu stresu každodenního života. To může zvýšit pravděpodobnost rizikového chování v pracovním prostředí z hlediska chybovosti lidského činitele. Extrémní horko může ve skutečnosti způsobit, že se kdokoli bude cítit hůř – nejen lidé s již existujícími duševními poruchami. Očekává se, že vlny veder – které již představují zdravotní hrozbu – budou s oteplováním klimatu stále častější a intenzivnější. Přesto aktuální nařízení vlády č. 361/2007 Sb. teplotu tepelného indexu nad 32 °C (u Třídy práce I) víceméně z hlediska maximální doby práce, neřeší.

Zaměstnavatel musí zajistit náhradu tekutin dle platného předpisu. Přestože teplotní index pracuje s daty relativní vlhkosti a teploty vzduchu, zmíněné nařízení nabízí tabulky na základě teploty vzduchu (tg), RH pod 70 %, a rychlosti proudění vzduchu vzhledem k odporu pracovního oděvu (clo). Příslušné nařízení vlády rovněž upravuje přípustnou dobu práce v hlubinných dolech, které jsou jistě stále aktuální, ale nejsou jediné. Vzhledem ke změně klimatu je nutné pracovní podmínky přizpůsobit tak, aby nedocházelo k ohrožení bezpečnosti zaměstnanců. Ať už z důvodu vzniku nemoci nebo úrazu způsobených teplem/ tepelnou zátěží.

Je třeba na závěr zdůraznit, že nadcházející desetiletí přinesou nárůst počtu nebezpečně horkých letních dnů, zejména pokud nepřijmeme adekvátní opatření k řešení hrozby změny klimatu. Vezmeme-li v úvahu rizika, která extrémní horko představuje pro naši fyzickou i emocionální pohodu, je potřeba přijmout opatření v oblasti klimatu ještě důležitější pro naše zdraví a naše štěstí.

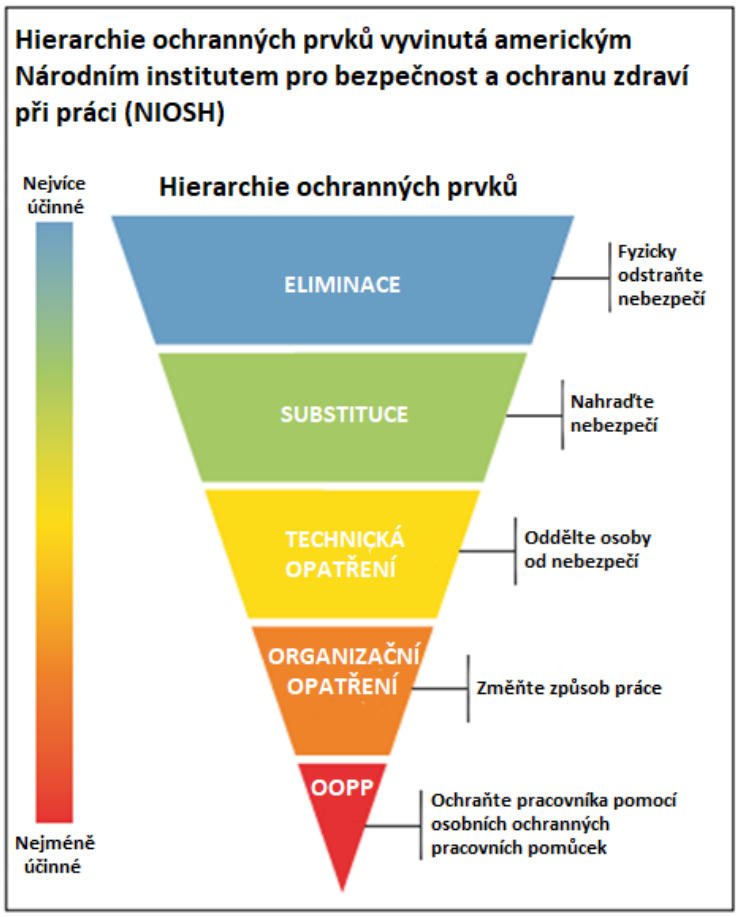
5.4 Schéma managementu rizik

Tato kapitola popisuje klasický přístup k managementu rizik, a to způsobem, jakým je na tuto problematiku nahlíženo v odborné veřejnosti. Základem pro tvorbu postupu jsou přístupy a základní rámec obsažený v normě ISO 31000 [76], která se zabývá právě managementem rizik. Schéma je ve vysokém rozlišení uloženo v příloze, avšak pro účely snadnějšího pochopení je v tomto dokumentu uvedeno jako zmenšený náhled.

5.4.1 Strategie řízení rizik

Za účelem eliminace rizik je nezbytné přijmout vhodnou strategii. Existuje několik využitelných principů, avšak průřezově napříč dokumenty zkoumanými v tomto shrnutí je možné nalézt následující trend.

Z hlediska ošetření rizik ETUI prezentuje nejvhodnější strategie pro ošetření rizik souvisejících (mimo jiného také) s tepelnou zátěží. EUTI dokonce prezentuje jako nejvhodnější přístup prezentovaný NIOSH, který se skládá z **hierarchie sestupné účinnosti opatření činěných za účelem ošetření rizik** souvisejících s výkonem práce. Následující dva obrázky prezentují tento přístup, včetně nového zavedení doplňku koncepčního modelu **Obr. *50*** na podporu a rozvoje na ochranu před tepelným stresem.



Obr. 50 - Hierarchie sestupné účinnosti opatření za účelem ošetření rizik (ETUI, 2020) – původně publikováno v (NIOSH, 2016).

Obr. 51 - Koncepční model hierarchie kontrol pro upřednostňování úsilí o zlepšení bezpečnosti, zdraví a pohody všech pracovníků

Obdobným způsobem jsou prezentována opatření zaváděná v Austrálii [120], za účelem eliminace tepelné zátěže. Minimalizace rizika je na praktické úrovni doporučována s využitím následujících možností:

a) *Substituce*: nahrazení nebezpečného pracovního postupu bezpečnějším, např. provádění prací v časných ranních a pozdních odpoledních hodinách.
b) *Izolace*: minimalizace rizika izolací nebo oddělením nebezpečí nebo nebezpečných pracovních postupů od lidí.
c) *Technická opatření*: Jedná se zpravidla o tvorbu technických opatření za účelem minimalizace rizika, např. instalace slunečních clon. Přetrvává-li riziko i nadále, pak je nezbytné využít společně s aplikací c) také d).
d) *Administrativní opatření*: s těmito opatřeními je třeba uvažovat, pouze pokud nejsou přiměřeně proveditelná jiná opatření popsána výše, nebo administrativní opatření využít ke zvýšení ochrany před nebezpečím. Jedná se o pracovní metody nebo postupy určené k minimalizaci vystavení riziku, například rotující úlohy a různé úkoly. Jakékoliv zbývající riziko je nezbytné minimalizovat využitím e).
e) *Osobní ochranné prostředky*: Jedná se o snadnou možnost minimalizace rizika, avšak měla by být aplikována až tehdy, pokud výše uvedená opatření již byla aplikována nebo nebyla přiměřeně proveditelná.

Kroky využité pro řízení rizik [119], by vždy měly obsahovat vše, co je rozumně proveditelné, aby byla vyloučena rizika spojená s prací v teple. To může zahrnovat zrušení určitých pracovních úkolů, přeplánování úkolů na chladnější části dne nebo čekání na horké podmínky. Pokud nemůžete riziko eliminovat, musíte jej minimalizovat, jak je to prakticky možné. Pamatujte, že teplo, které představuje nebezpečí pro pracovníky, může být generováno nejen povětrnostními podmínkami. Kombinace ovládacích prvků může být nejefektivnější. Níže uvádíme několik příkladů, jak můžete řídit rizika spojená s prací v teple:

a) Typ práce;
b) Záležitosti pracovníků;
c) Pracovní prostředí.

Metody používané v praxi dle [100], jsou ve Florencii uváděny jako následující:

- změna pracovního času, aby se práce vykonávala v chladnější části dne;
- rozřazení rizik na základě lokace a typu práce;
- dodržování platných nařízení vydaných lokálními vládními složkami;
- ve stavebnictví poskytnout venkovním pracovníkům místo, kde si mohou odpočinout a napít se;
- instalace klimatizace;
- dodatečný přísun elektrolytů (solí) pro zaměstnance, kteří se hodně potí;
- úprava oblečení;
- kontrola tepelných výstrah vydaných příslušnými místy;
- safety meetings na začátku léta pro pracovníky pro připomenutí zásad ochrany zdraví při vysokých teplotách a povinných přestávkách, či pracovních cyklech v případě, že teplota a vlhkost okolí překročí určitý práh.

Jedním z opatření může být například aklimatizační plán pro nové a vracející se pracovníky **Chyba! enalezen zdroj odkazů.**, protože se ukázalo, že nedostatek aklimatizace je hlavním faktorem spojeným s nemocemi nebo smrtí pracovníků v souvislosti s teplem. Snášení teplot je přijatelné na úrovni:

- 28 °C pro aklimatizovaného pracovníka;
- 25 °C pro neaklimatizovaného pracovníka.

Z dalších opatření je možné využít analýzu možností pro zlepšení ochrany, která se sestává například z [101] :

a) Modifikace pracoviště;
b) Identifikace vysoce vnímavých pracovníků;
c) Údaje o výskytu problémů u stejného pracovníka;
d) Distribuce nepříznivých účinků souvisejících s teplem v čase, místě a napříč osobami;
e) Environmentální nebo fyziologická měření související s teplem.

Mezi důležitá opatření by mělo být dále zahrnuto viditelné označení míst s překračováním limitních teplot [71] – navázáno na ochranná opatření (nápoje, oblečení atd.).

Jedním z nejvíce komentovaných doporučení jsou takzvané ochlazovací oázy [101]. Dalším příkladem opatření [40], je zastínění světlíků na střechách výrobních hal a objektů, v nichž pracují zaměstnanci. Mezi další zmiňované možnosti redukce tepelného stresu mohou být zahrnuta následující opatření [61]:

- *Ovládejte teplotu pomocí technických řešení*;
- *Poskytněte mechanické pomůcky ke snížení pracovní rychlosti*;
- *Regulujte délku expozice;*
- *Zabraňte dehydrataci;*
- *Poskytněte osobní ochranné prostředky;*
- *Poskytněte školení;*
- *Umožněte pracovníkům aklimatizovat se;*
- *Určete zaměstnance, kteří jsou náchylnější k tepelnému stresu;*
- *Monitorujte zdraví ohrožených pracovníků.*

V situacích, kdy OOP způsobují tepelné nepohodlí, ale nevytvářejí riziko nemoci nebo úrazu souvisejícího s teplem, je možné dle HSWA [62], přistoupit také k následujícím opatření:

- umožnit pracovníkům pracovat pomaleji;
- častěji střídat pracovníky z horkého prostředí;
- povolit delší dobu zotavení před opětovným spuštěním úkolů s vysokou aktivitou;
- poskytnout prostředky pro OOP, které se mají během přestávek sušit a chladit, aby jej bylo možné znovu nosit bez zadrženého tepla nebo vlhkosti;
- zvažte plánování práce do chladnějších časů dne nebo roku;
- pravidelně navštěvujte své pracovní procesy, abyste zjistili, zda je lze automatizovat;
- nebo zavedeny alternativní systémy práce / kontroly;
- pravidelně přehodnocujte své možnosti OOP. Modernější OOP mohou být lehčí a poskytují lepší úroveň ochrany a pohodlí.

Přezkoumání kontrolních opatření (opatření na ošetření rizik)
Je nezbytné provést revizi opatření, aby došlo k potvrzení, že navržená opatření fungují podle plánu a že nejsou zaváděna nová nekontrolovaná rizika. Například odstranění OOP za účelem ochlazení pracovníka může představovat nová nebezpečí, jako je vystavení pracovníka chemikáliím nebo slunečnímu ultrafialovému záření.

Součástí aklimatizačního plánu pro nové a vracející se pracovníky [137], by mělo být prověření nedostatku aklimatizace, který je hlavním faktorem spojeným s nemocemi a smrtí pracovníků souvisejících s teplem. Lékařské monitorování by mělo být založené na následujícím:

- spolupráce pracovníků;

- Medical monitoring program;
- periodické ověřování dat;
- zdali nedochází k porušení reprodukčních schopností.

Informace, trénink, instrukce

Zásadní je zvyšování povědomí o problematice a poskytování školení, pokyny pro zaměstnance nebo pro exponovaná pracovní místa. V této oblasti existuje mnoho doporučení. Např. NIOSH [101], doporučuje tvorbu informačního programu, který by měl být zaměřen mimo jiného také na následující:

- Nebezpečí tepelné zátěže;
- Predisponující faktory (náchylnost, sklony);
- Relevantní ukazatele a příznaky onemocnění z tepelné zátěže;
- Potenciální následky na zdraví;
- Základy první pomoci specificky poskytované při onemocnění z tepla;
- Vhodná opatření pro práci v oblastech s předpokládaným výskytem tepelné zátěže (heat stresu);
- Odpovědnosti pracovníků (dodržování opatření, kontrolní postupy, pokyny k okamžitému hlášení, vývoj příznaků onemocnění související s teplem);
- Účinky terapeutických léků, volně prodejných léků drog, alkoholu a kofeinu, které mohou snižovat toleranci k tepelnému stresu (zátěži);
- Popis programů (lékařských monitorovacích, environmentálních) dozoru pracovníků;
- Správné používání ochranných oděvů;
- Pedagogické snahy o osvětu skrze kulturní přístup ke skolení (vysvětlení správného denního režimu – např. je nevhodná dehydratace před prací v místech exponovaných tepelné zátěži).

Dle Weatwave plan England 2013 [115], je zvyšování povědomí o tepelné zátěži velmi důležitým počinem, a to nejen na úrovni podniků, ale na úrovni široké populace (veřejnosti. Proto je doporučováno:

- *zvyšování povědomí o plánu a informačních průvodcích* - zveřejnění plánu budeme aktivně šířit pomocí celé řady publikačních kanálů, které máme k dispozici, například: web PHE; Volby NHS; trasy pro nouzové plánování; a celou škálu publikací PHE, NHS England a Department of Health, které jsou zasílány různým skupinám zaměstnanců, včetně kolegů ze sociální péče a veřejného zdraví. Poradíme jim s plánem veder a poskytneme webové odkazy na materiály, abychom se ujistili, že vědí, jak si stáhnout veřejné informační letáky, pokud je pro své klienty vyžadují. K plánu bude přiložen dopis podepsaný společně vedoucími pracovníky PHE, NHS England a Ministerstva zdravotnictví, aby se zdůraznila společná povaha doporučení;
- *komunikace s širokou veřejností po celé léto*: Během léta budeme úzce spolupracovat s Met Office, abychom dále zvýšili povědomí mnoha způsoby;
- *spuštění plánu*: uspořádat společnou tiskovou činnost kolem zahájení tisku s cílem zvýšit povědomí o tom, že plán je zaveden, se zaměřením na to, co mohou lidé po celou dobu dělat, aby se chránili;
- *PR aktivita v horkém počasí*: Met Office bude často tisknout tiskové zprávy, když se očekává období těžkého horkého počasí. Obvykle jsou založeny pouze na počasí, ale čas

od času by mohly zahrnovat nějaké zprávy o rizicích horkého počasí, nebo by mohla být vydána doplňková tisková zpráva z Public Health England;
- *během dlouhých období silného horkého počasí*: Podobná aktivita PR by mohla být zahájena během dlouhých období horkého počasí, kdy není pravděpodobné, že budou splněny prahové hodnoty výstrahy Heatwave. Pokud má Anglie v oblasti veřejného zdraví obavy, že by toto počasí mohlo mít dopady na zdraví, například v reakci na sledování úmrtnosti, mohla by být vydána příslušná tisková zpráva;
- budeme spolupracovat s významnými dobrovolnickými agenturami, jako je AgeUK a další skupiny pracující se zranitelnými skupinami a osobami s chráněnými vlastnostmi, abychom zajistili, že budou znát materiál, který je k dispozici na webu. Plán bude k dispozici na vyžádání v různých dalších formátech a dalších jazycích v souladu se zásadami Public Health England.

Osvěta byla dále prohlubována a pro podniky je možné čerpat mnoho zajímavých informací také z Weatwave plan England 2020 [117]. Cílem tohoto plánu je zvýšit povědomí veřejnosti o nebezpečích nadměrného tepla pro zdraví a zajistit, aby zdravotnictví, sociální péče a další dobrovolné a komunitní organizace a širší občanská společnost byly připraveny a schopné se s vlnou veder vypořádat, pokud jde o ochranu nejzranitelnějších skupin obyvatel.

Na rozdíl od úmrtí spojených s chladnými zimami v zimě následuje nárůst úmrtnosti v důsledku velmi teplého počasí velmi ostře - do jednoho nebo dvou dnů od zvýšení teploty.
Tohle znamená jediné:
- v době, kdy začne vlna veder, je příležitost k efektivní akci skutečně velmi krátká; a proto
- Pokročilé plánování a připravenost jsou nezbytné.

Krátký prostor na přípravu a nutnost včasného plánování je zcela zásadním poznatkem.
Ve Spojeném Království je navíc využívána stupnice [116], pro osvětu, plánování opatření a rozdělování úkolů, a to v průběhu celého roku. Tato stupnice je již od základu využitelná také pro podniky:

Úroveň 0 *– celoroční plánování pro horké počasí*; Místní orgány a služby, pečovatelské domy a nemocnice – příprava a plánování, kdo všechno může být ohrožen; místní lidé a komunity – plánování jak udržet domy v chladu (zateplení, zatahování závěsů atd.), příprava léků.

Úroveň 1 *– připravte se na horké počasí mezi 1. červnem a 15. zářím*; ujistěte se, že každý ví o nejvíce ohrožených lidech, zdali existují plány pro horké počasí; kdo další by mohl potřebovat pomoc, lidé vědí jak udržet sebe v bezpečí před vlnami vedra (co a jak dělat).

Úroveň 2 *– když bude počasí dostatečně horké, aby ovlivnilo zdraví lidí v příštích dvou až třech dnech*; zaměstnanci a další lidé vědí co a jak dělat, mají k dispozici potřebné informace; kontrola teploty v místnostech, zajištění chladných míst a dostatečné množství studené vody, nezapomínat na lidi se sklonem k dehydrataci (starší osoby, děti); místní komunity mají věnovat pozornost předpovědi, mají k dispozici léky pro potřebné, kontrolují dostatečný chlad v domácnostech osob, jimž pomáhají, kontrolují další lidi, kteří mohou potřebovat pomoc.

Úroveň 3 *– jestliže je zjištěna vlna veder alespoň pro jednu část Anglie*; zaměstnanci, pečovatelské domy, nemocnice, školy – aktivují plány a řídí se jimi, udržují provoz a služby, zaměstnanci aktivně poskytují rady na pomáhání potřebným skupinám osob, udržování v bezpečí a chladu, doporučení na omezení cestování, kontrola návštěv a schůzek – zdali jsou bezpečné; doporučení k navštěvování nebo telefonování ohroženým skupinám osob, akceptování a užívání plánů, rad a doporučení k zajištění bezpečnosti v horkém počasí, kontrola lidí, kteří potřebují pomoc.

Úroveň 4 – jestliže je počasí velmi horké nebo horké po dlouhou dobu a začínají se objevovat následky na více lidí a na služby. Vláda (odpovědný orgán) rozhodne o dosažení stupně 4. Vláda rozhoduje o tom, co musí lidé a organizace dělat = tzv. „národní pohotovost“.

Zde uvedená doporučení pro tvorbu systémového řešení managementu rizik jsou v základních parametrech v souladu s vytvořeným schématem managementu rizik (viz „Schéma managementu rizik“). Vytvořené schéma managementu rizik je v jeho levé části rozděleno na dvě části, které mohou být v některých případech oddělené a v jiných (horších) případech naopak navazující. Jedná se o zelenou část označující tzv. „standartní provoz podniku“ a o červenou část označující tzv. „mimořádné situace“ v podniku. Z malé části dochází k překryvu, neboť dle výše uvedeného na sebe obě části navazují a děje se tak plynule, přičemž plynulostí není myšlena rychlost událostí v čase, ale logická návaznost obou zmíněných částí schéma managementu rizik.

Využitím navrhovaného průniku obecného schématu managementu rizik a doporučení pro tvorbu systémového řešení managementu rizik je možné při návrhu řešení využitelného v České republice pro podniky zcela respektovat světový trend. U podniků, které budou schopny navrhované řešení využít, by mělo dojít k zásadnímu zlepšení negativního vlivu tepelného stresu na jejich zaměstnance.

5.4.2 Popis bodů ke schématu managementu rizik

Schéma managementu rizik vyjadřuje v kontextu projektu „BOZP a klimatická změna“ obecnou metodologii. Na jejím základě dojde k vytvoření prakticky využitelných výstupů projektu, které budou využitelné u uživatelů výstupů projektu, tzn. zejména zaměstnavatelů. Praktické výstupy projektu by měly být využitelné napříč spektrem zaměstnavatelů – vždy však s určitým omezením. Omezení bude nutno specifikovat ve fázi návrhu samotných praktických výstupů, resp. při fázi validování těchto výstupů.
Schéma managementu rizik respektuje rámec ISO 31000 a zohledňuje aktuální přístupy obsažené v nové modifikaci této normy z roku 2018. Navrhované schéma managementu rizik zohledňuje také aktuální trendy v oblasti managementu rizik a inkluzi managementu rizik do dalších oblastí standartního provozu podniku nebo do oblasti mimořádných událostí. Samotné schéma je popsáno v následující části nejprve obecně a teprve poté jsou detailně popsány jednotlivé elementární části.

Obecný popis schématu
Vytvořené schéma managementu rizik (viz excel) se skládá z logicky navazujících kroků tvořících hlavní páteř celého znázorněného diagramu. Právě k jednotlivým krokům jsou navázány další části schématu. Schéma je pro snadnější orientaci rozděleno dle barev na následující části:
- **Tmavě modrá barva** označuje vstupní informace k příslušnému kroku;
- **Světle modrá barva** označuje výstupní informace z příslušného kroku;
- **Šedá barva** označuje nástroje a metody využitelné při realizaci příslušného kroku.

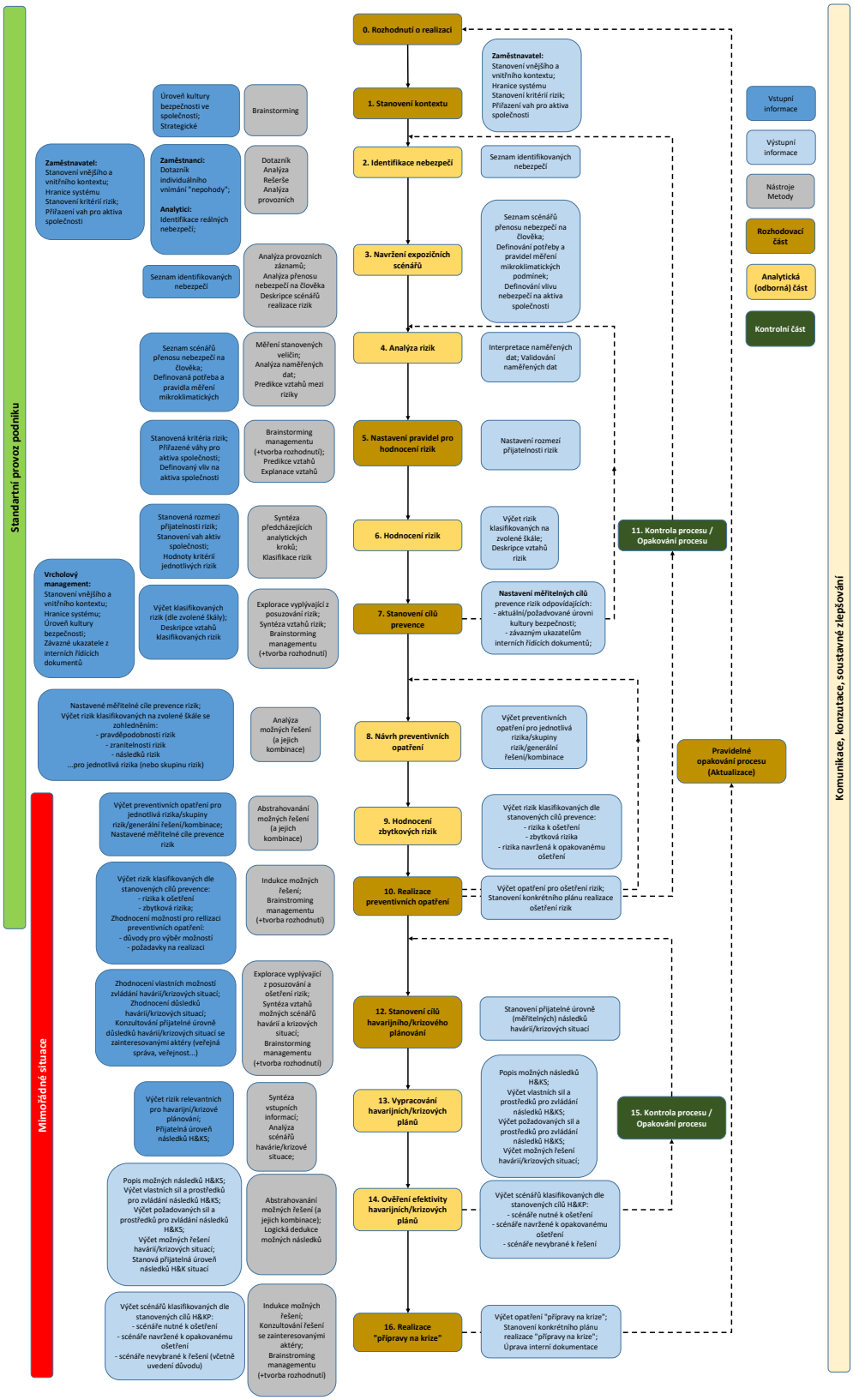
Jednotlivé kroky schéma managementu rizik jsou taktéž pro snadnější pochopení realizace celého procesu barevně rozděleny dle následujícího klíče:
- **Hnědá barva** označuje rozhodovací kroky prováděné odpovědnými osobami, tzn. managementem příslušného podniku;
- **Oranžová barva** označuje analytickou část procesu, která by měla být prováděna odborníky, přičemž se může jednat o interní analytiky či o externí analytiky (v některých případech jsou z důvodu nezaujatosti preferování právě externí analytici);
- **Tmavě zelená** barva označuje kontrolní část, která by měla být realizována tzv. „kontrolním panelem“ složeným částečně ze zástupců managementu příslušného podniku a částečně z analytiků obeznámených s detaily realizace jednotlivých kroků.

Vytvořené schéma managementu rizik je v jeho levé části rozděleno na dvě části, které mohou být v některých případech oddělené a v jiných (horších) případech naopak navazující. Jedná se o zelenou část označující tzv. „**standartní provoz podniku**“ a o červenou část označující tzv. „**mimořádné situace**“ v podniku. Z malé části dochází k překryvu, neboť dle výše uvedeného na

sebe obě části navazují a děje se tak plynule, přičemž plynulostí není myšlena rychlost událostí v čase, ale logická návaznost obou zmíněných částí schéma managementu rizik.
V neposlední řadě je nezbytné zmínit také průběžnou aktivitu, která by měla prováděna všemi aktéry zainteresovanými v rámci celého procesu. Jedná se o **průběžnou komunikaci a konzultaci** mezi jednotlivými aktéry, která umožňuje zlepšit výsledný efekt celého procesu. Dále je možné při realizaci průběžné komunikace a konzultace integrovat **přístup soustavného zlepšování**, a to jak kvality nebo důslednosti provádění jednotlivých kroků, tak všech výsledků také celého navrhovaného procesu.

5.4.3 Základní schéma obecné metodologie managementu rizik

Následující obrázek obsahuje základní schéma obecné metodologie managementu rizik. Za účelem detailního prozkoumání obrázku je možné využít jeho originální formát uvedený v příloze tohoto dokumentu. Z důvodu jeho obsáhlosti není možné v tomto dokumentu promítnout plné rozlišení obrázku.



Obr. 52 - Obecné schéma managementu rizik

5.4.4 Popis jednotlivých kroků schématu

Popis je vázán k číslovaným krokům procesu a jsou vysvětleny jen základní informace týkající se vždy realizace příslušného kroku. Detailní informace je možno nalézt zejména v ČSN ISO 31000:2018 Management rizik – Směrnice (010351, verze z prosince 2018).

0. Rozhodnutí k realizaci

Navrhovaný postup je v principu dobrovolný, proto je rozhodnutí o realizaci taktéž dobrovolné. Jedná se však ze strany zaměstnavatele na poukázání snahy o dobrovolné zlepšení pracovního pohodlí svých zaměstnanců. Rozhodnutí o realizaci je důležitým krokem, neboť může být motivací ke zlepšení nejen v oblasti, kterou navrhovaný postup řeší, ale může být i impulsem ke zlepšení stávajícího stavu i v souvisejících oblastech (požární ochrana a další), neboť management rizik je (resp. měl by být) integrální součástí všech procesů organizace.

Vhodně nastavený management rizik by totiž měl zohledňovat lidské a kulturní faktory, je transparentní, kompletní a napomáhá neustálému zlepšování organizace. Jedná se tedy o strategické rozhodnutí s dlouhodobými důsledky, a proto je nezbytné, aby jej provedl vrcholový management. Při tvorbě rozhodnutí by měly být zohledněny informace obsažené zejména ve strategických dokumentech společnosti.

1. Stanovení kontextu

Cílem stanovení kontextu je správné pochopení cílů organizace nebo jejich zpřesnění a pochopení vnějších a vnitřních parametrů, které mají schopnost ovlivňovat řešenou problematiku. V rámci stanovení kontextu je nezbytné správné vyjádření rozsahu řešeného problému, určení hranic systému (co bude řešeno a co již nikoliv, včetně zdůvodnění) a stanovení kritérií rizik. V rámci stanovení kritérií rizik je nutno vhodně rozmyslet možnosti společnosti, a zdali je schopna analytickou část realizovat vlastními silami nebo za pomoci externího subjektu.

Zároveň je při stanovení kontextu managementu rizik třeba kritéria rizik správně definovat, neboť by měla být v ideálním případě měřitelná (tzn. kvantitativní vyjádření) nebo s určitou mírou přesnosti také vyjádřitelná (tzn. kvalitativní vyjádření). V určitých případech může být vhodné zvolit semi-kvantitativní škálu, a to zejména za účelem zjednodušení realizace analýzy rizik. Důležité je také správné určení aktiv společnosti, avšak pro účely řešení tohoto projektu se zdá být vhodné přijmout omezení na jediné aktivum společnosti, kterým jsou zaměstnanci – ochrana zdraví a jejich životů.

2. Identifikace nebezpečí

Cílem identifikace nebezpečí je nalézt možné nežádoucí situace, včetně identifikace jejich zdrojů. Účelem identifikace je nalezení všech nebezpečí, tzn. se zdrojem uvnitř i vně podniku. Nalezení nebezpečí je možno provést různými způsoby, a to za pomoci logické analytické práce (např. analýzy provozních záznamů), za pomoci rešerše nebo na základě diskuse se zaměstnanci. Jako vhodný zdroj informací je možné zapojit také osoby s příslušnými znalostmi o oblasti bezpečnosti vztažené vždy k místním a provozním podmínkám.

Identifikace nebezpečí by měla být zaměřena na tvorbu seznamu identifikovaných nebezpečí, který je založen na událostech znemožňujících nebo zásadně omezujících dosažení stanoveného cíle, tzn. chránit zaměstnance před negativními následky na zdraví (a život) v oblasti zlepšení podmínek pro výkon práce. Mezi nebezpečí je nutno zahrnout nejen aktuální události, ale také střednědobé či dlouhodobé faktory, jež mohou mít negativní vliv na dosažení uvedeného cíle.

3. Navržení expozičních scénářů

Na základě provedené identifikace nebezpečí je nutno stanovit scénáře přenosu rizika na cílový subjekt, tzn. člověka (zaměstnance). Za tímto účelem je nezbytné pochopit základní fyzikální nebo

chemické děje, kterými dochází k nežádoucímu působení na cílový subjekt. Zároveň může být nezbytné správně porozumět dějům nastávajícím v řešené lokalitě, tzn. procesům v rámci řešeného provozu.

Pro každé nebezpečí identifikované v předcházejícím kroku musí být stanoven alespoň jeden expoziční scénář přenosu rizika na cílový subjekt. Každý takto stanovený expoziční scénář musí působit na cílový subjekt skrze jeho zranitelnost (tedy zranitelnost člověka). Expoziční scénář může být stanoven pro několik identifikovaných nebezpečí najednou, avšak vždy bude splněna podmínka vazby expozičního scénáře na identifikované nebezpečí. Není-li tato podmínka splněna, pak neexistuje expoziční scénář pro identifikované nebezpečí nebo nedošlo k důkladnému pochopení řešeného provozu či základních fyzikálních a chemických dějů.

4. Analýza rizik

Cílem analýzy rizik je správné a úplné porozumění rizikům. V rámci tohoto kroku dochází ke stanovení následků příslušného expozičního scénáře na cílový subjekt. Zároveň dochází ke stanovení pravděpodobnosti expozičních scénářů. Při stanovování obou těchto kritérií rizik je nezbytné analyzovat faktory, jež mohou ovlivňovat následky a možnost jejich výskytu, přičemž je nutné zvážit také již existující opatření a jejich efektivitu.

V rámci prováděné analýzy rizik je třeba zvážit také vzájemnou závislost jednotlivých rizik a jejich zdrojů. Při realizaci analýzy rizik je možné zohlednit také úroveň znalosti o jednotlivých rizicích, tzn. důvěryhodnost stanovené úrovně rizika, a je možné zohledňovat také citlivost rizik na vstupní podmínky. Provedení analýzy rizik může být jak kvalitativní (slovní vyjádření), kvantitativní (číselné vyjádření) nebo semi-kvantitativní (částečně kvantitativní na dohodnuté škále), či určitá kombinace. Důležité však je využít pro všechna kritéria rizik takové škály, s nimiž je možno vzájemně pracovat tak, aby zde nedocházelo ke značným zkreslením při provádění analýzy rizik.

Součástí analýzy rizik je také analyzování vlivu rizik na definovaná aktiva příslušného podniku. Vzhledem k omezení tohoto projektu by měl být analyzován vliv na jediné aktivum (viz výše).

5. Nastavení pravidel pro hodnocení rizik

Výsledky provedené analýzy rizik je nezbytné interpretovat a provést hodnocení. Za tímto účelem je však zapotřebí vytvořit pravidla (sadu pravidel), na základě, kterých bude realizováno hodnocení rizik. Nastavení pravidel pro hodnocení rizik je krokem s vysokou odpovědností a velkým dosahem nejen napříč navrhovaným procesem, a proto by jej měl provádět management příslušného podniku. Pro účelné nastavení pravidel hodnocení rizik může být zapotřebí správně porozumět analyzovaným rizikům. Proto může být přínosné, aby osoba (osoby/externí analytici) provádějící analýzu prezentovala základní skutečnosti zjištěné při analýze a zástupci managementu podniku prezentované informace správně pochopili.

Následně by měl management podniku zvážit skutečnosti, které budou zejména zohledňovat podklady a informace, na základě, nichž došlo k rozhodnutí o realizaci procesu, a dále podklady a informace, na základě, nichž došlo ke stanovení kontextu. Teprve na základě zvážení všech doporučených podkladů a informací by mělo dojít ke stanovení pravidel pro vyhodnocení rizik. Jedná se zejména o nastavení rozmezí přijatelnosti rizik, na základě, nichž budou rizika rozdělena na rizika nepřijatelná, podmínečně přijatelná a přijatelná. Zároveň může dojít k upřesnění způsobu hodnocení rizik nebo nastavení dalších pravidel, jež bude třeba v dalších krcích reflektovat.

6. Hodnocení rizik

Účelem hodnocení rizik je napomoci při rozhodování založeném na výstupech z analýzy rizik a na stanovených pravidlech pro hodnocení rizik. Cílem tohoto kroku je stanovení rizik, která

potřebují být ošetřena, a dále stanovení priorit pro jejich ošetření. Hodnocení rizik zahrnuje porovnání úrovně rizik se stanovenými kritérii rizik, a to vše při zohlednění stanovených pravidel a stanovenému kontextu. Výstupem hodnocení rizik by měl být nejen seznam rizik, která byla klasifikována jako nepřijatelná, podmínečně přijatelná a přijatelná, ale také popis možných vzájemných vztahů rizik, který může napomoci při návrhu preventivních opatření pro ošetření rizik. V určitých případech může být výstupem hodnocení rizik také doporučení (závěr), že některá rizika (nebo všechna) vyžadují provedení jiné nebo detailnější analýzy. V takovém případě bude nezbytné provést novou nebo detailnější analýzu rizik a následně provést rozhodnutí o úpravě nebo ponechání původních pravidel pro hodnocení rizik. Rozhodnutí o opakovaném provedení analýzy rizik by mělo být provedeno managementem příslušného podniku v následujícím kroku.

7. Stanovení cílů prevence

Výsledky provedeného hodnocení rizik je nezbytné zohlednit při návrhu ošetření rizik. Ošetření rizik by však mělo být provedeno na základě jasně stanovených cílů, které by měly být splněny. Nastavení cílů prevence je tak dalším krokem s vysokou odpovědností a velkým dosahem, neboť je nezbytné zohlednit (obdobně jako u kroku „Nastavení pravidel pro hodnocení rizik“) strategické zájmy příslušného podniku, úroveň kultury bezpečnosti a dále závazné ukazatele vyplývající z interních řídících dokumentů. Proto je tento krok prováděn managementem příslušného podniku, a to při zohlednění výše uvedeného.

Pro účelné nastavení cílů prevence může být zapotřebí správně porozumět hodnocenými rizikům. Proto může být přínosné, aby osoba (osoby/externí analytici) provádějící analýzu a hodnocení rizik prezentovala základní skutečnosti a zástupci managementu podniku prezentované informace správně pochopili. Výstupem z tohoto jednání může být také doporučení k provedení opakované nebo detailní analýzy rizik.

Výstupem tohoto kroku by mělo být zejména nastavení měřitelných cílů prevence rizik, které odpovídají aktuální a požadované úrovni kultury bezpečnosti a BOZP a nejsou v rozporu se závaznými ukazateli řídících interních dokumentů, nebo je v lepším případě dále zpřesňují či zpřísňují tak, aby bylo dosahováno vyšší kvality pracovního prostředí.

8. Návrh preventivních opatření

V rámci návrhu preventivních opatření je nutné plně respektovat stanovené měřitelné cíle prevence. Pouze v takovém případě je možné zhodnotit, zdali navrhovaná opatření splňují nastavené cíle či nikoliv. Návrh preventivních opatření zahrnuje výběr jedné nebo více variant pro změnu/modifikaci příslušného rizika a zároveň obsahuje definování potřeb (finance, materiál, lidé) pro realizaci vybraných opatření.

Návrh preventivních opatření může být vztažen na jediné riziko nebo příslušný návrh může být vázán na více rizik či se může v krajním případě jednat o generální řešení pro všechna rizika. Volba řešení vždy záleží na stanovených cílech prevence a na možnostech příslušného podniku. Návrh preventivních opatření může být realizován následujícími možnostmi:

a) *Vyvarování se riziku*, např. nepokračování v příslušné činnosti, při níž vzniká riziko;
b) *Přijetí rizika* za účelem dosažení stanovených cílů organizace;
c) *Odstranění zdroje rizika*;
d) *Změna možnosti výskytu rizika*;
e) *Změna následků rizik*a, tzn. snížení následků příslušného scénáře;
f) *Sdílení rizika*, např. s dalším aktérem, a to včetně smluv a financování rizika;
g) *Zachování rizika* na základě informovaného rozhodnutí.

Výše uvedené možnosti pro tzv. ošetření rizik nemusí být vybrány vždy pouze jednotlivě, ale může se jednat o kombinaci uvedených možností. V každém případě by mělo dojít k výběru alespoň jedné varianty řešení ošetření příslušného rizika.

9. Hodnocení zbytkových rizik

Na základě provedeného návrhu preventivních opatření je třeba provést hodnocení rizik, která jsou uvažována jako zbytková při zohlednění návrhu aplikace řešení pro ošetření rizik. V tomto kroku je nezbytné hodnotit úroveň pravděpodobnosti a možných následků v případě realizace rizika již ošetřeného.

Provedené hodnocení zbytkových rizik by mělo jednoznačně prezentovat splnění či nesplnění stanovených cílů prevence. Rozhodnutí pro oba případy bude provedeno v následujícím kroku. Hodnocení zbytkových rizik je však nezbytné provést důkladně a v případě pochybností doporučit pro navazující rozhodnutí opětovné provedení analýzy rizik.

10. Realizace preventivních opatření

Výstupy z provedeného hodnocení zbytkových rizik jsou základními podklady pro provedení rozhodnutí o realizaci preventivních opatření. Rozhodnutí je důležitým a odpovědným krokem v rámci celého procesu, proto by měla být jeho realizace přenechána managementu příslušného podniku. Rozhodnutí o splnění či nesplnění stanovených cílů prevence pro příslušný scénář realizace ošetřeného rizika je základem pro další posun nebo opakování procesu.

Nedílnou součástí rozhodnutí o realizaci preventivních opatření je vyhodnocení efektivnosti navrhovaných řešení, které jednoznačně prokáže splnění nebo nesplnění stanovených cílů prevence. V případě, že stanovené cíle prevence byly pro příslušný scénář ošetřeného rizika splněny, mělo by být doporučeno realizovat návrh ošetření rizika. Rozhodnutí o realizaci však často musí reflektovat aktuální možnosti a potřeby příslušného podniku.

V případě, že stanovené cíle prevence pro příslušný scénář rizika nebyly splněny, nejedná se o riziko ošetřené a není možné postupovat v procesu dále. Existují dvě možnosti dalšího postupu, které spočívají v doporučení o přepracování návrhu na ošetření rizika nebo v doporučení o opakování procesu (viz následující krok). Doporučení o přepracování návrhu na ošetření rizika by mělo být provedeno v případě, že neexistují důvodné pochyby o správnosti/důkladnosti/úplnosti provedené analýzy rizik. V takovém případě je možné opakovat kroky týkající se návrhu preventivních opatření a hodnocení zbytkových rizik. Cílem takto zopakovaného postupu pro ošetření rizik je navrhnout nová preventivní opatření, která budou na základě provedeného hodnocení zbytkových rizik již splňovat stanovené cíle prevence. Dále může být doporučeno opakování postupu pro ošetření rizik v případě, že management příslušného podniku na základě oprávněných důvodů neschválí navrhované řešení (např. příliš nákladné řešení, řešení se neshoduje s nastavenými zásadami – kontext, strategické dokumenty apod.).

V případě, kdy nelze vyloučit pochyby o správnosti/důkladnosti/úplnosti (např. mohou existovat nové skutečnosti, jež nebyly původně známy) provedené analýzy rizik, je doporučováno provést opakování procesu (viz následující krok).

11. Kontrola procesu / Opakování procesu

Kontrola dosavadní části procesu by měla být prováděna tzv. „kontrolním panelem“ složeným částečně ze zástupců managementu příslušného podniku a částečně z analytiků obeznámených s detaily realizace jednotlivých kroků. Hlavním účelem je kontrola správnosti/důkladnosti/úplnosti realizace jednotlivých kroků a zhodnocení, zdali doposud prováděná realizace není v rozporu

s pravidly, jež byla přijata při kroku „Rozhodnutí o realizaci“ a při kroku „Stanovení kontextu“. V případě nalezení rozporu by mělo v rámci kontrolního panelu dojít k rozhodnutí, zdali je nalezení rozpor zásadní a vyžaduje opakování procesu.

V případě opakování procesu, ať již z jakéhokoliv důvodu, je nezbytné zopakovat pravidla přijatá při kroku „Rozhodnutí o realizaci“ a při kroku „Stanovení kontextu“. Toto opakované seznámení se s uvedenými pravidly napomůže vyvarování se odchylek od pravidel při opětovné realizaci procesu.

12. Stanovení cílů havarijního/krizového plánování

Účelem havarijního a krizového plánování je úspěšně naplánovat zvládnutí situací, které překračují běžný provoz příslušného podniku. Zpravidla by se mělo jednat o mimořádné situace, s nimiž je uvažováno napříč veřejnou správou jako s událostmi vyžadujících tzv. havarijní plánování nebo zpracování krizové plánovací dokumentace (v případě vyhlášení krizové situace). Z hlediska běžného provozu podniku se může jednat také o události vyžadující provedení záchranných a likvidačních prací.

Na základě realizace preventivních opatření by mělo být zřejmé, jaká rizika byla ošetřena. Zároveň by mělo být zřejmé, pro jaká rizika je nezbytné vyžadovat provedení havarijního a krizového plánování. Stanovení cílů havarijního a/nebo krizového plánování je tak dalším krokem s vysokou odpovědností a velkým dosahem, neboť je nezbytné zohlednit (obdobně jako u kroku „Nastavení pravidel pro hodnocení rizik“ nebo „Stanovení cílů prevence“) strategické zájmy příslušného podniku, úroveň kultury bezpečnosti a dále závazné ukazatele vyplývající z interních řídících dokumentů.

Základem pro účelné havarijní a krizové plánování je provádění konzultace se zainteresovanými aktéry a veřejnou správou. Součástí je také zhodnocení vlastních možností řešení/zvládání havarijních a krizových situací současně se zhodnocením důsledků takových událostí. Správně nastavené cíle havarijního a krizového plánování by měly zohledňovat potřeby, možnosti a důsledky havarijních a krizových situací v jejich širokém kontextu a tyto cíle by měly být částečně nebo (v ideálním případě) zcela ve shodě s ostatním zainteresovanými aktéry oblasti havarijního a krizového plánování. Správně nastavené cíle havarijního a krizového plánování by měly definovat přijatelnou úroveň (měřitelných) následků havárií a/nebo krizových situací.

13. Vypracování havarijních/krizových plánů

Vypracování havarijních a krizových plánů je odborným úkolem, v rámci něhož je nezbytné na základě zohlednění mnoha vstupních údajů vypracovat návrh havarijní a krizové plánovací dokumentace. Tato musí být na straně jedné v souladu se stanovenými cíli havarijního a krizového plánování a na straně druhé by měla reflektovat podněty, připomínky nebo náměty ostatních zainteresovaných aktérů. Důvodem je fakt, že havarijní nebo krizová situace již nemusí mít vliv pouze na samostatný podnik, a naopak bude mít dopad mnohem větší a na větší oblast (velikost dopadu a postižené území závisí na mnoha faktorech, avšak dosah události mimo samotný podnik je velmi pravděpodobný).

Zároveň je nutno mít na paměti, že důvody zpracování havarijní a krizové plánovací dokumentace mohou být důsledkem události nebo činnost mimo samotný podnik (tzn. důsledek vnějších faktorů). V takových případech je nezbytné při zpracování dokumentace spolupracovat se zainteresovanými aktéry (včetně veřejné správy) a konzultovat s nimi potřeby (např. síly a prostředky) a návrhy možných řešení. V některých případech může být také povinností veřejné správy předmětnou havarijní nebo krizovou plánovací dokumentaci zpracovat či být nápomocna při zpracování. Vždy

by však mělo být usilováno o vícestrannou spolupráci při zpracování havarijní a krizové plánovací dokumentace.

14. Ověření efektivity havarijních/krizových plánů

Na základě vypracování havarijních a krizových plánů je třeba provést ověření efektivity navržené (vypracované) plánovací dokumentace. Ověření efektivity spočívá v porovnání obsahu navrhnutých havarijních a krizových plánů se stanovenými cíli havarijního a krizového plánování. Tento krok by měl být základem pro „kontrolu procesu / opakování procesu“, tzn. sumarizaci doporučení pro navazující krok.

Provedení ověření efektivity navržených havarijních a krizových plánů by mělo jednoznačně prezentovat splnění či nesplnění stanovených cílů havarijního a krizového plánování. Rozhodnutí pro oba případy bude provedeno v následujícím kroku. Ověření efektivity havarijních a krizových plánů je však nezbytné provést důkladně a v případě jakýchkoliv pochybností doporučit pro navazující rozhodnutí opakování procesu pro stanovení cílů a tvorbu havarijních a krizových plánů.

15. Kontrola procesu / Opakování procesu

Kontrola dosavadní části procesu by měla být prováděna tzv. „kontrolním panelem“ složeným částečně ze zástupců managementu příslušného podniku a částečně z analytiků obeznámených s detaily realizace jednotlivých kroků, přičemž by bylo vhodné přizvat také zástupce zainteresovaných aktérů, včetně zástupců veřejné správy. Hlavním účelem je kontrola správnosti/důkladnosti/úplnosti realizace jednotlivých kroků v rámci části věnující se „*mimořádným situacím*“ a zhodnocení, zdali doposud prováděná realizace není v rozporu s pravidly, jež byla přijata při kroku „Rozhodnutí o realizaci“ a při kroku „Stanovení kontextu“.

Existují dvě možnosti dalšího postupu. První z nich spočívá v doporučení o přepracování návrhu havarijních a krizových plánů nebo v doporučení o opakování procesu. Cílem takto zopakovaného postupu pro návrh havarijních a krizových plánů je naplánovat nová opatření pro „přípravu na krize“, která budou již řádně splňovat stanovené cíle havarijního a krizového plánování. Dále může být doporučeno opakování postupu pro ošetření rizik v případě, že management příslušného podniku na základě oprávněných důvodů neschválí navrhované řešení (např. příliš nákladné řešení, řešení se neshoduje s nastavenými zásadami – kontext, strategické dokumenty, požadavky dalších zainteresovaných aktérů přidružených ke kontrolnímu panelu apod.).

V rámci tohoto kroku se jedná o zhodnocení, zdali navrhovaná řešení jsou dostatečně efektivní v porovnání s navrženými cíli havarijního a krizového plánování. V případě nalezení rozporu by mělo v rámci kontrolního panelu dojít k rozhodnutí, zdali je nalezení rozporu zásadní a vyžaduje opakování procesu nebo zdali nalezený rozpor není zásadní a vyhověl provedené kontrole.
V případě opakování procesu, ať již z jakéhokoliv důvodu, je nezbytné zopakovat pravidla přijatá při kroku „Rozhodnutí o realizaci“ a při kroku „Stanovení kontextu“. Toto opakované seznámení se s uvedenými pravidly napomůže vyvarování se odchylek od pravidel při opětovné realizaci procesu. Počátečním krokem při opakování procesu by mělo být opětovné a důkladněji provedené „*Stanovení cílů havarijního a krizového plánování*“

16. Realizace „přípravy na krize“

Výstupy z provedeného ověření efektivity havarijních a krizových plánů jsou základními podklady pro provedení rozhodnutí o realizaci *„přípravy na krize*“. Rozhodnutí je důležitým a odpovědným krokem v rámci celého procesu, proto by měla být jeho realizace přenechána managementu příslušného podniku. Rozhodnutí o realizaci však často musí reflektovat aktuální možnosti a potřeby příslušného podniku, aktuální potřeby a možnosti dalších zainteresovaných aktérů, včetně veřejné správy.

Výstupem tohoto kroku by měl být (na základě uvědomělého rozhodnutí) výčet opatření zaměřených na „*přípravu na krize*“. Příprava na krize by na straně jedné měla obsahovat např. smluvní závazky, které budou uplatňovány v případě realizace havárie nebo krizové situace, a dále také eventuální výdaje/úpravy/náklady/investice vynaložené v rámci přípravy na krize (např. stavební úpravy, nákup ochranných prostředků či jiného materiálu, úprava dokumentace, náklady na zajištění bezpečnosti atp.). Součástí „přípravy na krize“ je také stanovení konkrétního plánu realizace „přípravy na krize“.

Pravidelné opakování procesu (Aktualizace)
Nedílnou součástí navrhovaného postupu je také nastavení pravidel pro aktualizaci celého postupu. Aktualizace může být zpravidla realizována dvěma způsoby. Prvním z nich je nastavení pravidelné aktualizace jako definovaná součást celého procesu managementu rizik. Pravidelná aktualizace by měla být nastavena v rozumných cyklech, které budou reflektovat důležité ukazatele, jako např. stav stálosti nebo naopak fluktuace zaměstnanců, stav stálosti nebo dynamičnosti vývoje příslušného podniku z hlediska použitých technologií nebo jiných důležitých změn. Druhým způsobem je nastavení povinné aktualizace při plánování/po provedení zásadních změn – např. změny technologie, stavební úpravy ovlivňující funkčnost již zavedených postupů, výměna zaměstnanců na vymezených pozicích atp.

Správně nastavenou a prováděnou aktualizací je možné zároveň navrhovaný postup neustále zlepšovat, neboť by mělo být možné dosáhnout zvýšení přesnosti jednotlivých činností prováděných v rámci navrhovaného postupu – např. opakovaně prováděná činnost umožňuje důkladnější pochopení problematiky a tím pádem i umožňuje důkladnější provedení analýzy atd.

Komunikace, konzultování, soustavné zlepšování
Průběžná komunikace a konzultace se zainteresovanými aktéry by měla být uskutečňována napříč celým navrhovaným postupem a ideálně ve všech navrhovaných stádiích (krocích). Účelem široce vytvořené komunikační a konzultační „platformy“ (uskupení zainteresovaných aktérů) by měla být pomoc se snazší a přesnější realizací jednotlivých kroků, snadnější pochopení a obeznámení s důvody zainteresovaných stran (pochopení odlišných úhlů pohledu na podobnou problematiku), zajištění budoucího souhlasu s navrhovanými opatřeními různého charakteru a další. Jedná se v podstatě o diskusi nad podstatou a vnímáním rizik v obecné rovině. Nedílnou součástí je také získání dalších informací pro zlepšování nastaveného procesu.

Princip zlepšování není možné omezit pouze na jednorázové zlepšení, neboť tento způsob neumožňuje adekvátně reagovat na soustavné zlepšování. Z toho důvodu by měl i proces managementu rizik být navržen/implementován/realizován taktéž způsobem umožňujícím soustavné zlepšování. Z toho důvodu by měl být kladen vysoký důraz na oblast komunikace a konzultace, jež napomáhá tento princip udržovat (viz výše). Základem pro uplatňování principu neustálého zlepšování je vedení záznamů procesu managementu rizik, které mají být dohledatelné. Cílem je mít možnost (na základě zhodnocení záznamů) navržený postup cíleně upravit tak, aby mohl být využíván neustále, vždy aktuální a postihující co nejširší možnou škálu rizik.

5.5 Další využitelné manažerské přístupy pro řízení tepelného stresu

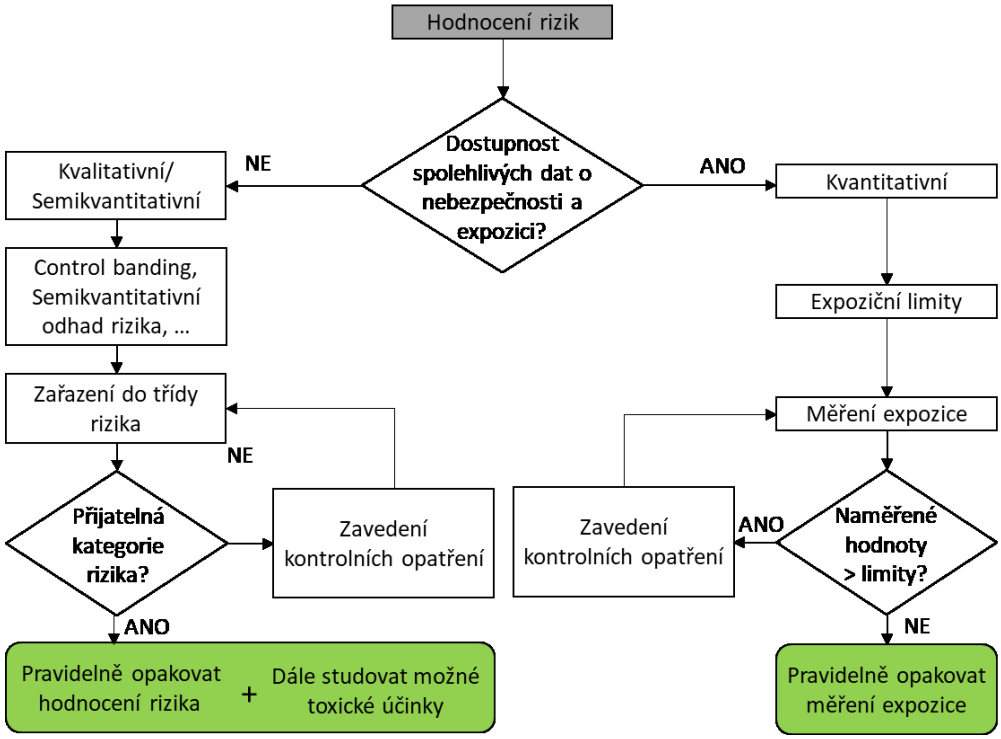
Využití zde uvedených přístupů má potenciál nadále zlepšit navrhované systémové řešení pro management rizik souvisejících s tepelnou zátěží u podniků v České republice.

5.5.1 Control Banding

Nástroj Control Banding (dále CB) byl původně vyvinut pro farmaceutický průmysl a sloužil pro řízení rizik při nakládání s nebezpečnými látkami, u kterých bylo známo pouze velmi omezené

množství informací o jejich toxicitě a expozici. Současný záměr doporučuje použít CB nástroje pro rozšíření kvantitativních a semi-kvantitativních nástrojů managementu rizik, tedy monitorování a analýzy pracovního ovzduší, jak je tomu především v hygieně práce.
Control Banding (CB) je jedním z „měkkých" nástrojů managementu rizik využívající kvalitativní přístupy při nedostatku spolehlivých dat o toxicitě a expozici. Schéma procesu managementu rizik s ohledem na dostupnost informací o nebezpečnosti a expozici je znázorněno **Obr. *53***.

Základním princip CB vychází z klasického schématu hodnocení rizik, tj. kombinace nebezpečnosti a expozice udávající výsledné riziko. Nebezpečnost i expozice jsou podle závažnosti a míry rozčleněny do tříd označovaných jako bandy. Výsledkem kombinace tříd nebezpečnosti a expozice je třída rizika (viz schéma na **Obr. *54***. Podle závažnosti rizika jsou výsledným třídám přiřazena opatření k zajištění bezpečnosti (ISO 2012).



Obr. 53 - Schéma procesu managementu rizik s ohledem na dostupnost informací o nebezpečnosti a expozici

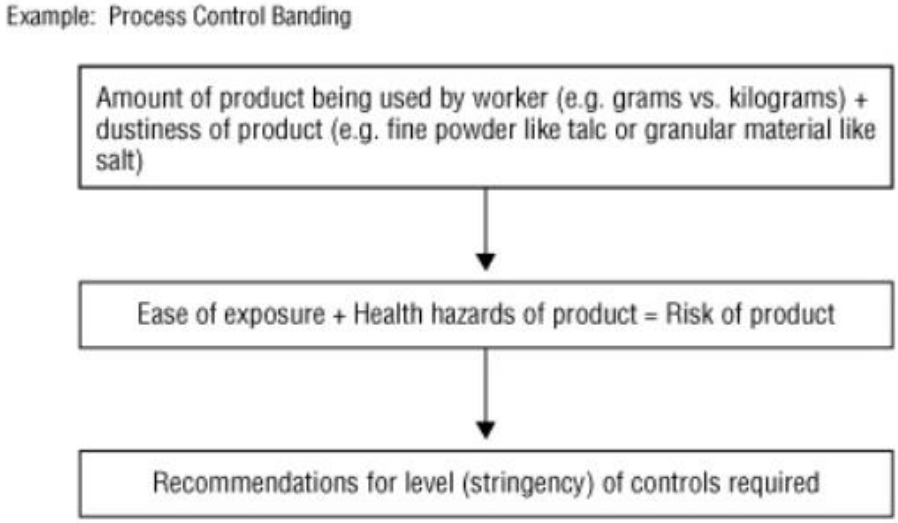
		Třída expozie (exposure band, EB)			
		EB1	EB2	EB3	EB4
Třída n ebezpečnosti (hazard band, HB)	HB4	RB3	RB3	RB4	RB4
	HB3	RB2	RB2	RB3	RB4
	HB2	RB1	RB1	RB2	RB3
	HB1	RB1	RB1	RB1	RB2

Obr. 54 - Princip určení třídy rizika (risk band, RB) pomocí matice rizik

Faktory používané k rozhodnutí, do které skupiny „produkt“ patří, zahrnují:

- Toxicita produktu (jak "jedovatý" je produkt) – pokud to víme
- Expozice (např. Jak snadno se produkt dostane do těla pracovníka, například jak jemný (prašný) nebo těkavý je produkt
- Typ pracovní operace (např. broušení vs. přenos)
- Doba expozice (doba vykonávání úkolu)
- Množství produktu použitého v úkolu (malé vs. velké množství)

Jakmile je stanovena třída rizika, je navržena strategie kontrolního opatření. Produkt s vyššími riziky pro zdraví a vyšším potenciálem expozice bude mít přísnější kontroly než produkt s nízkými riziky pro zdraví, u kterého je nepravděpodobné, že přijde do styku nebo vstoupí do těla pracovníka.



Obr. 55 – Obecný process Control Banding

Existuje více než jedna CB metoda?
Ano. Jsou zaměřeny na chemické látky.
V současné době se vyvíjejí snahy vyvinout přístupy pro kontrolu ergonomie, bezpečnostních rizik, psychosociálních faktorů a environmentálních aplikací.

Jaké jsou výhody CB nástrojů?
Nabízí způsob, jak vyhodnotit rizika a zvolit příslušná kontrolní opatření ke snížení expozice na pracovištích. Umožňuje také vydat kontrolní doporučení pro výrobky, které nemají limity expozice na pracovišti.

Dají se využít v rámci principu předběžné opatrnosti, když toho víme relativně málo. Jsou dostupné na síti, většina volně ke stažení. V anglickém jazyce. Většina pravidelně aktualizovaná.

Jaké jsou limitace CB?
Jako metoda ještě není plně validována – je třeba pokračovat v testování kontrolních doporučení a reálné expozice. Neexistuje žádná univerzálně přijatá (tj. Žádná jednotlivá „správná“) metoda CB a navíc – jako každá metoda má svá omezení. Zaměstnavatelé by proto měli i nadále sledovat a hodnotit veškerá kontrolní opatření používaná na pracovišti.

V některých případech musí vstupní data vkládat odborník na BOZP.

Ne všechny typy nebezpečí jsou „pokryty“ jakoukoli metodou CB. Je nezbytné zajistit, aby metoda, která se využívá, byla vytvořena k pokrytí rizik, která chceme ovládat. Nemusí řešit např. fyzikální rizika nanočástic (hořlavost, reaktivita apod.).

Jak by měl vypadat preventivná postup podle metodiky Control Banding? - Nanomateriály

Postup pro aplikaci CB v pracovním prostředí je následující:

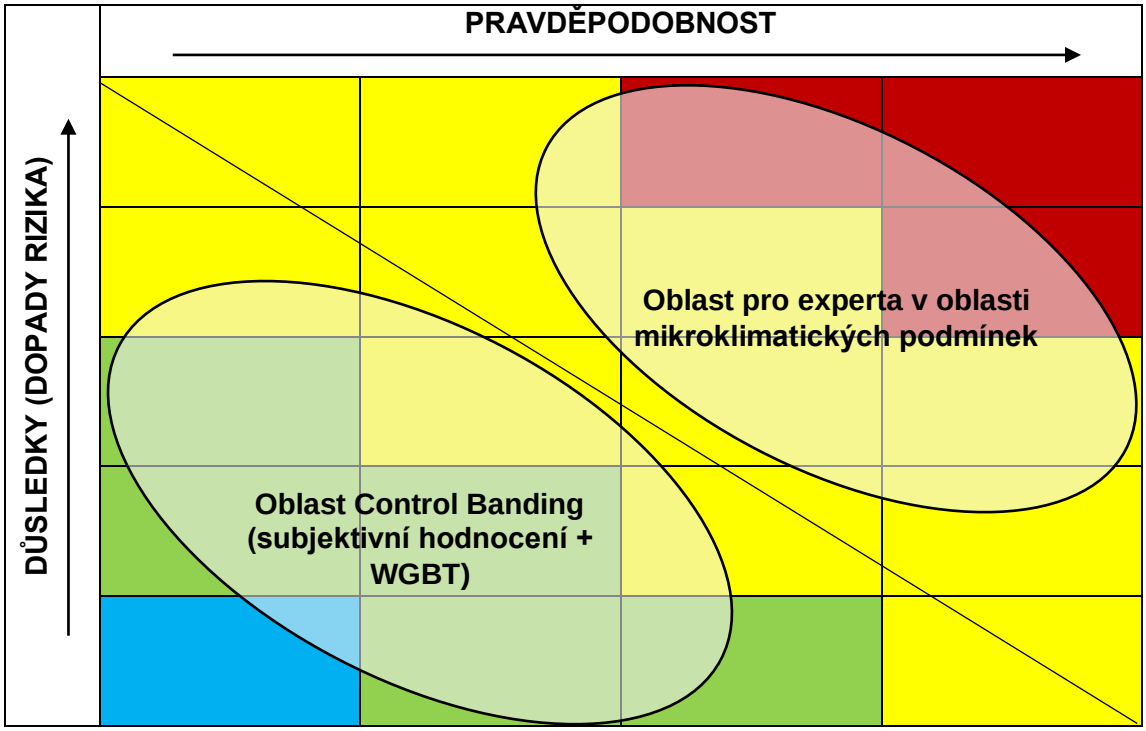
1. Získat základní dostupné informace týkající se hodnoceného nanomateriálu (NMs), forem jeho výskytu a pracovních podmínek.
2. Určit vhodný CB nástroj pro konkrétní podmínky dle vývojového schématu.
3. Získat dostupné informace o nebezpečnosti dle zvoleného CB nástroje (fyzikálně-chemické vlastnosti NMs, dostupná toxikologická data).
4. Získat dostupné informace o expozici dle zvoleného CB nástroje (informace o pracovních podmínkách a prostředí, způsobu nakládání s NMs, kontrolních opatřeních, emisním potenciálu NMs).
5. Provést hodnocení rizik pomocí vybraného CB nástroje.
6. Vyhodnocení výsledků a zavedení navrhovaných opatření v případech, kdy je doporučení snížení rizika.
7. Posouzení efektivnosti zavedených opatření.

Příklad:
Stoffenmanager Nano module 1.0

- Dostupné z: https://nano.stoffenmanager.com/
- Online nástroj pro **hodnocení a řízení rizik v pracovním prostředí**. Po zadání povinných informací určí výsledné pásmo rizika a **navrhne případná opatření**. Pouze pro **inhalační expozici a nerozpustné NMs**.
- Při nedostatku informací vede **k zařazení do nejvyšší kategorie**. Při zařazení do třídy nejvyšší nebezpečnosti, je **riziko vyhodnoceno jako vysoké** bez ohledu na třídu expozice.

Aplikace CB pro projekt Klimatická změna a BOZP

Jak bylo zmíněno výše, existují „snahy“ o aplikaci CB nástrojů i na jiné oblasti než chemické látky. Dle názoru autora, vytvoření nového CB nástroje, který bude zohledňovat aktuální klimatické podmínky, hodnotit rizika, počítat s ostatními vstupními hodnotami (jako je oblečení, venkovní x vnitřní prostor, fyzická aktivita) a navrhovat možná opatření je. Použití vytvořeného nástroje CB, stejně jako jeho výsledné doporučení pro optimalizaci mikroklimatických podmínek, musí být pro daný podnik schůdné. Dobrým příkladem může být vytvoření jednoduchého, uživatelsky příjemného a volně dostupného nástroje CB, který bude možné používat díky formě souboru Excel. Oblast aplikace nástroje CB pro účely hodnocení mikroklimatických podmínek, je zobrazena na následujícím **Obr. *56***. Vychází z obecné matice rizik. Zahrnuje subjektivní hodnocení mikroklimatických podmínek, například pomocí dotazníkového šetření či využití indexu WGBT. Obě tyto metody v oblasti CB jsou lehce použitelné pro široké spektrum zaměstnavatelů. Není k nim potřeba odborník v oblasti hygieny práce či technického zaměření (technolog).



Obr. 56 – Oblast aplikace nastroje CB

Riziková pásma vyjádřená na **Obr. 56** popisuje **Tab. 8**

Tab. 8 – Riziková pásma

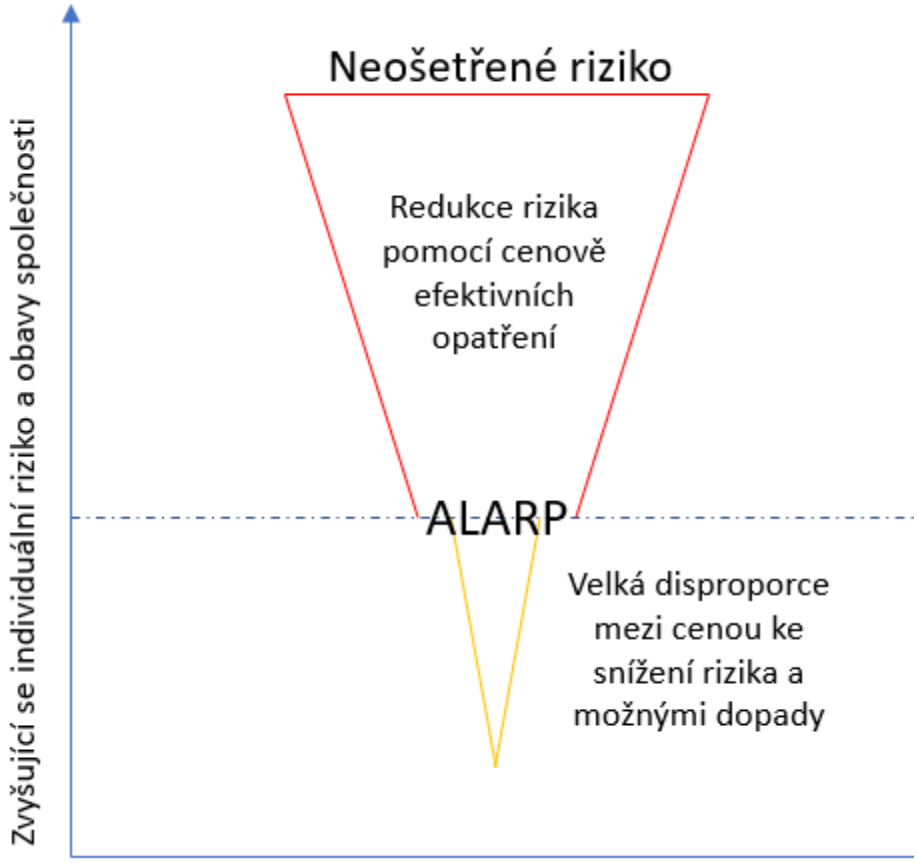
Rizikové pásmo	Identifikovaná rizika
Červené pásmo/ kritická rizika	Pásmo identifikuje skutečně neakceptovatelná (kritická) rizika. Riziko zařazené do tohoto pásma je daleko od ochoty riskovat. Identifikace jakéhokoliv rizika v tomto pásmu vyžaduje okamžitou reakci včetně pomoci odborníka v oblasti ochrany veřejného zdraví (Krajské hygienické stanice či jejich územní pracoviště) a/nebo odborníka v oblasti možného technického řešení, které přispěje k eliminaci/zmírnění rizika. V případě mikroklimatických podmínek se tato oblast opírá o českou legislativu, například nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů.
Žluté pásmo/ vysoká rizika	Pásmo indikuje relevantní riziko nad úrovní akceptovatelné chuti riskovat poškození zdraví zaměstnanců. Rizika v této oblasti vyžadují zpravidla bezprostřední reakci ve stanoveném čase buď pomocí nástroje Control Banding nebo odborníka.

Zelené pásmo/ akceptovatelná rizika	Toto pásmo představuje normální akceptovatelnou úroveň rizika a většinou nevyžaduje bezprostřední odpověď na riziko. Rizika v této oblasti jsou řešena v rámci běžného managementu včetně jejich pravidelné kontroly a řízení. Vhodným nástrojem pro řízení rizik v této oblasti je nástroj stojící na principu Control Banding nebo pomocí indexu WGBT či subjektivního šetření mezi zaměstnanci.
Modré pásmo/ příležitosti	Pásmo obsahuje velmi nízká rizika. Jedná se o pásmo příležitostí – tedy vylepšení pracovních podmínek v rámci neustálého pokroku. Příkladem můžou být dobrovolné nástroje, například index PMV.

5.5.2 ALARP / ALARA

Z anglického „*As low as reasonably possible/achievable*“. Snížení rizika na úroveň tak nízkou, jak je to rozumně možné/dosažitelné [106]. V praxi to znamená, že majitel rizika tvrdí skrze podložené a odůvodněné podklady, že neexistují žádné další rozumné možnosti, jak dále snížit dané riziko. Musí tedy existovat **velká disproporce** (gross disproportion) mezi cenou ke snížení rizika a jeho možnými dopady.

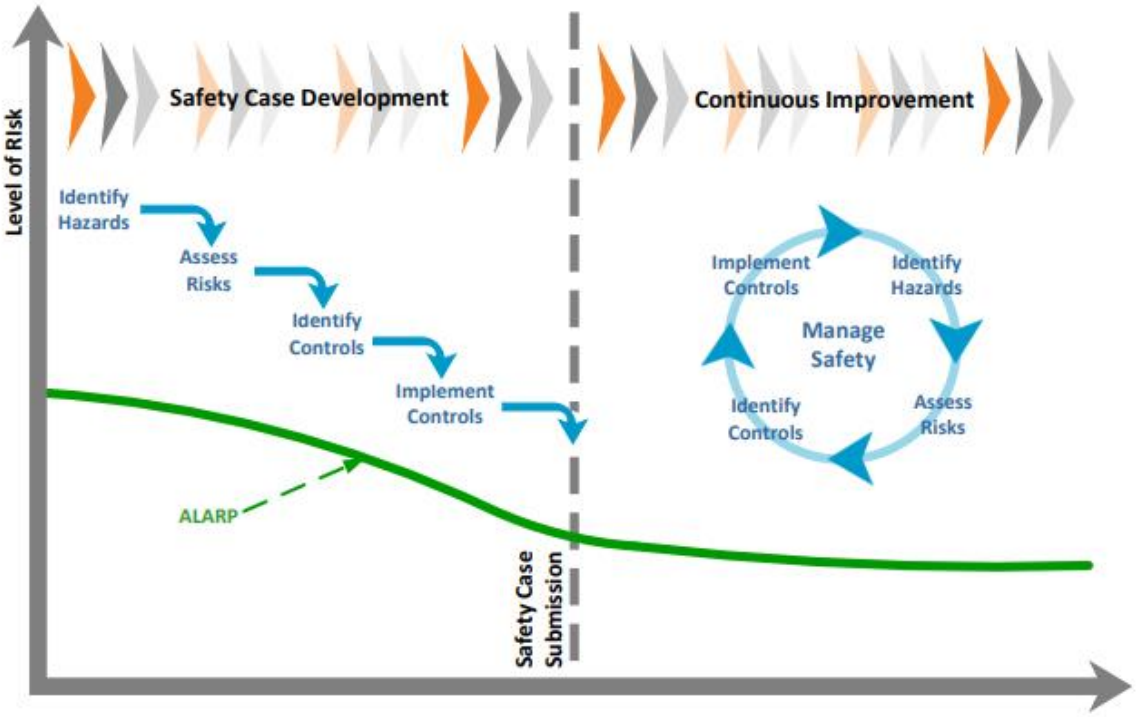
Pojem **rozumně možné/dosažitelné** (reasonably practicable) je zakotven v anglosaském právním systému, kdy v roce 1949 v případu Edwards vs. Národní uhelná rada (National coal board) soudce Asquith řekl „„Rozumně dosažitelné“ je významově užší termín než „fyzicky možné“ a zdá se mi, že kalkulaci musí provést vlastník rizika, kdy na jedné straně je množství rizika a na druhé je oběť spojená s opatřeními nezbytnými k odvrácení rizika (ať už se jedná o peníze, čas, nebo starosti).“



Obr. 57 – ALARP "mrkvový" diagram (vlastní tvorba na základě HSE [61])

Aby bylo riziko sníženo s využitím metody ALARP, musí se zvážit závažnost rizika proti ceně potřebné k jeho dalšímu snížení [79]. Přiklání se ovšem na stranu bezpečnosti a zdraví při práci, protože je předpokládáno, že vlastník rizika by měl opatření vždy implementovat. Vlastník rizika může odmítnout implementovat opatření v případě, že je schopen prokázat velkou disproporci mezi riziky a cenou. Nejde tedy o cost-benefit analýzu snižování rizik [61], ale o přijetí veškerých opatření, pokud se nedokáže, že tato opatření jsou již za hranou velké disproporce.

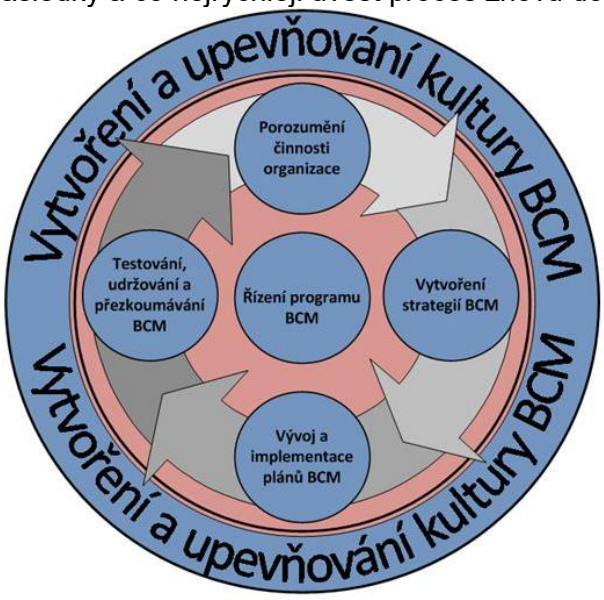
ALARP se začal využívat v radiační ochraně v USA v 50 letech 20. století, ale dá se použít víceméně v jakémkoliv odvětví [52]. Jako příklad lze uvést prach vznikající při řezání betonu. Křemičitý prach má neblahé účinky (silikóza) na osoby, které jej vdechují. Je tedy ALARP opatření vybavit osoby, které budou beton řezat, ochranou dýchacího traktu? Co osoby v okolí? Nebylo by ALARP použití vodní mlhy a snížení prašnosti?
ALARP a PDCA (Systém cyklického zlepšování)
Hodnota ALARP [61], se v čase může měnit, ať už díky vývoji nových technologií, změně procesu, či snižování ceny zavádění opatření, které v minulosti byly příliš drahé. Proto je i u systému ALARP nutné kontrolovat aktuální stav poznání, aplikovat nejlepší dostupné technologie a zajímat se o lessons learned [3].



Obr. 58 – Neustálé zlepšování a ALARP [106]

5.5.3 Business Continuity Management

Zabývá se trvalou dostupností všech kritických funkcí organizace vůči dodavatelům, zákazníkům, či třetím stranám [122]. Pokud dojde k přerušení těchto funkcí, stará se BCM, aby byla zajištěna jejich bezprostřední obnova, či náhrada. Cílem BCM je předejít identifikovaným negativním událostem, které by mohly ochromit procesy organizace. Pokud negativní událost nastane, je úkolem BCM zmírnit její následky a co nejrychleji uvést proces znovu do běžného provozu.



Životní cyklus BCM [BS 25999-1:2006]

Obr. 59 - Životní cyklus BCM (převzato a upraveno z BS 25999-1:2006).

5.5.4 PDCA (Plan – Do – Check – Act)

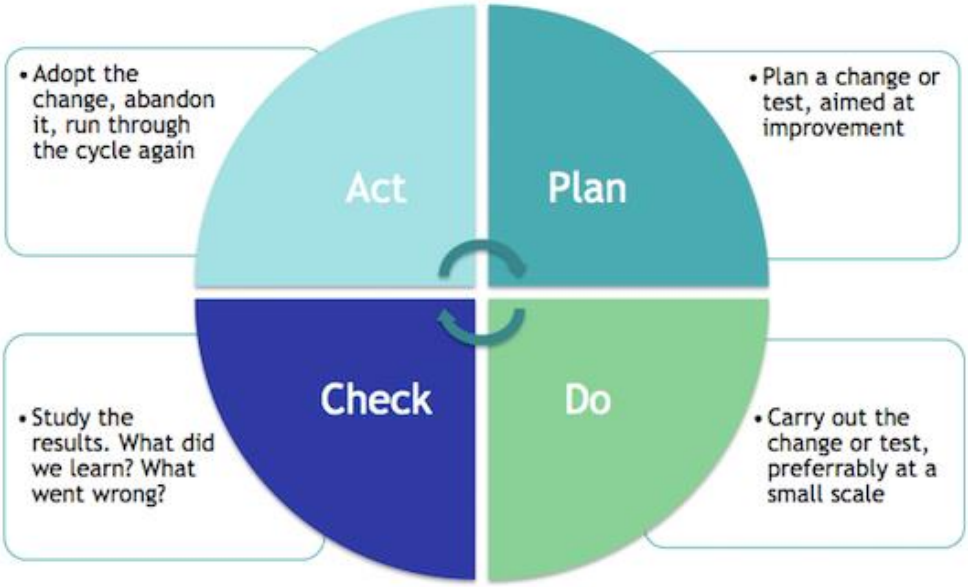
Cyklická metoda vedení založená na čtyřech základních krocích využívaná k neustálému zlepšování zavedených procesů **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.

Plan – Prověření stávajících podmínek a odhalení nedostatků. Plánování navrhovaného řešení identifikovaných problémů.

Do – Implementace navržených opatření. Sběr a měření dat.

Check – Kontrola a analýza dat, realizovaná opatření se porovnají s plánovaným opatřením a zjišťují se odchylky v realizaci.

Act – Pokud realizovaná opatření přinesla pozitivní výsledky zdokonalující původní standard, pak se nový postup stává novým standardem.



Obr. 60 – PDCA metoda [66]

5.6 Kontinuální měření mikroklimatických podmínek s ohledem na tepelný stres

Zkratka / pojem	Význam
IoT	Internet of Things (internet věcí)
AI	Artifical Ingeligence (umělá inteligence)
LoRa	Long Range (bezdrátový přenos dat)
Wi-Fi	Wireless Ethernet Compatibility Aliance (bezdrátová komunikace)
Arduino	Mikrokontroler
Raspberry PI	Jednodeskový počítač

Jedno z témat projektu je hodnocení pracovního prostředí ve vztahu ke klimatické změně. Činnost v této oblasti v roce 2020 zahrnovala nové a alternativní metody měření a hodnocení vybraných parametrů v pracovním prostředí (venkovní / vnitřní), které by byly „cost-effective“ a inovativní.

V kontextu monitorování pracovního prostředí existuje široká škála senzorů, jež je možné připojit na open-source platformu mikrokontrolerů (např. Arduino) a jednodeskových počítačů (Raspberry PI), které umožňují vzájemnou konektivitu pomocí drátového propojení a komunikaci skrze protokol i2c, nebo bezdrátově pomocí Bluetooth, Wi-Fi nebo dokonce LoRaWan. **Chyba! Nenalezen zdroj dkazů.** znázorňuje dosah různých forem přenosu dat v rámci IoT.

tabulka. – Dosah různých forem přenosů informací v IoT

Přenos dat	Dosah
Bluetooth	2 m – 5 m
Wi-Fi	5 m – 10 m
LoRa	200 m – 30 km

V rámci kontinuálního zjišťování parametrů pro hodnocení pracovního prostředí lze senzoricky měřit např.:

- Prašnost prostředí (PM2.5, PM5, PM10)
- NDIR (koncentrace CO2)
- UV záření
- Intenzita osvětlení
- Proudění vzduchu
- Relativní vlhkost
- Teplota vzduchu
- Kontaktní teplota
- Barometricky tlak

Aplikace různých sensorů v kombinaci s 3D tiskem nabízí finančně dostupné a jednoduché řešení pro dlouhodobé měření a sledování různých parametrů v pracovním prostředí.

Další formu hodnocení pracovního prostředí umožňuje pokročilé zpracování obrazu pomocí umělé inteligence (dále AI). Vybrané desky umožňují využití AI (např. TenserFlow) v kombinaci s měřením vybraných parametrů a pokročilé hodnocení stavu. V kontextu BOZP to může znamenat např. monitorování počtu osob a jejich pohyb, pohyb v chráněných / zakázaných zónách, použití

ochranných prostředků (např. přilba / vesta) a sledování pohybu osob dle barevného označení, detekce požárů, úniku nebezpečných látek, nebo jiných nebezpečných stavů.

5.6.1 Tvorba systémů pro měření tepelného stresu

Byla provedena rešerše vybraných parametrů, a to zejména s ohledem na tepelný stres a následně byly zkoumány korelace vybraných indexů formou odvození z vybraných měřených parametrů. V tomto směru byly prvotně zvoleny dva indexy - **Heat Index** a **Wet-Bulb**.

Vývoj aparatury vychází z **disertační práce Jana Smolky**, který využil dále zmíněných principů a technických prostředků k vývoji laboratorních měřících aparatur pro monitorování požární dynamiky požáru. Právě pro měření vybraných parametrů bylo využito počítačů Raspberry a mikrokontrolerů Arduino, které bývají využívány k prototypování a vývoji nových technologií a měřících systémů. Za zmínku stojí výborná konektivita mezi Arduino a Raspberry, což umožňuje tvorbu komplexnějších systémů.

Díky možností protokolu i2c je také možnost propojení s levnými mikropočítači Raspberry PI a zpracování dat na linuxové platformě.
Velkou výhodou těchto mikrokontrolerů a mikropočítačů je nízká spotřeba elektrické energie. To umožňuje autonomní měření s napájením z akumulátorů po dobu až více než 100 dní u mikrokontrolerů a desítek hodin kontinuálního provozu u mini počítačů. Je možná také aplikace fotovoltaických panelů a napájení z „power-bank“ po mnohem delší dobu.
Pro prvotní experimentální vývoj byly zvoleny mikrokontrolery **Arduino UNO** a **ESP8266 NodeMCU** a malé počítače **Raspberry PI 4B**, popř. 3B.

Arduino UNO ESP8266 NodeMCU Raspberry PI 4B

Obr. 61 – Použité mikrokontrolery a jednodeskový počítač

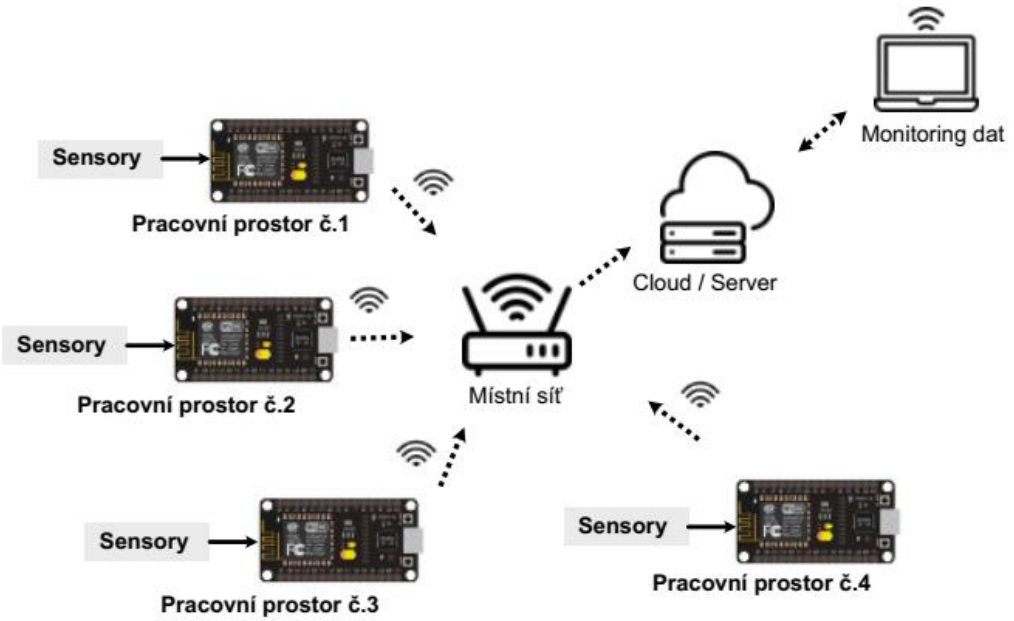
V rámci výzkumného projektu byly vytvořeny tři základní aparatury s různou formou aplikací:

- **Prvek IoT jako měřící systém pro hodnocení bezpečnostních parametrů na pracovišti (online sběr dat)**
- **Autonomní měřící prvek pro dlouhodobé měření na pracovišti (offline sběr dat)**
- **Mobilní / přenosná měřící stanice pro operační měření**

5.6.2 Prvek IoT jako měřící systém pro hodnocení bezpečnostních parametrů na pracovišti

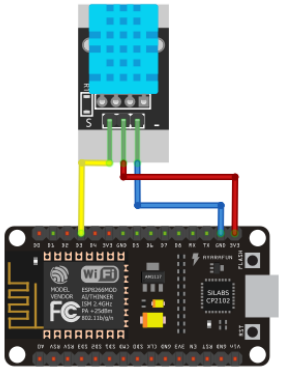
První formou pro měření v pracovním prostředí byl vybrán systém internetu věcí (IoT), který umožňuje zapojení jednotlivých měřících jednotek se zapojenými sensory a rozmístění do prostoru, které je pokryto Wi-Fi sítí nebo LoRa sítí (odlehlé oblasti). Tento systém umožňuje také dodatečnou adaptaci s přenosem dat skrze GSM v odlehlých oblastech, které nejsou pokryté Wi-Fi nebo LoRa.

Pro prototypování byl vybrán mikrokontroler ESP8266 NodeMCU, který umožňuje komunikaci skrze Wi-Fi, Bluetooth i USB port. Tento mikrokontroler je schopen měřit až po dobu 100 dní při zapojení k bateriím. Takto zapojený mikrokontroler je možné propojit skrze Wi-Fi ke cloudové službě nebo na vlastní web, kde je možné měřená data kontinuálně ukládat a dále zpracovávat. K těmto informacím je pak následně možné se připojit z jakéhokoliv mobilního zařízení nebo počítače pro sledování a hodnocení získaných dat.

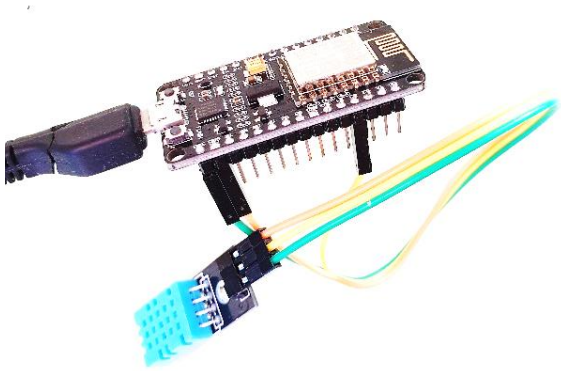


Obr. 62 – Aplikace jednoduchého systemu IoT s pomocí ESP8266 NodeMCU

Pro orientační měření bylo využito sensoru DHT11 s možností měření relativní vlhkosti a teploty s digitálním výstupem získaných dat.



Obr. 63 – Schéma zapojení ESP8266 NodeMCU s DHT11



Obr. 64 – Reálné zapojení ESP8266 NodeMCU s DHT11

Podle popsané možnosti korelace vlhkého teploměru a stanovení teplotního indexu pomocí měření relativní vlhkosti a teploty vzduchu byl vytvořen kód pro konverzi těchto parametrů.

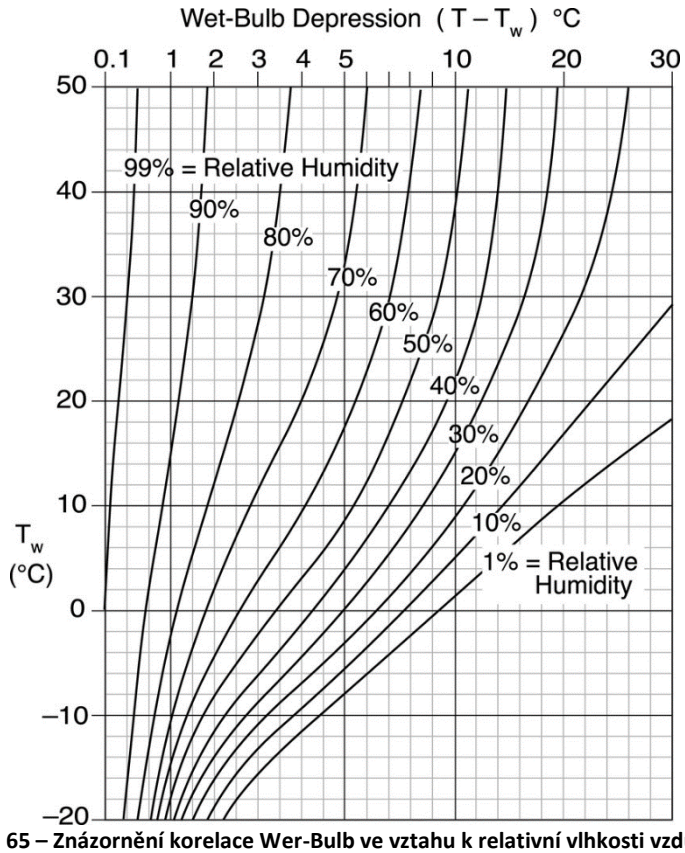
Teplotní index

$$HI = -42.379 + (2.04901523\,T) + (10.01433127\,RH\%) - (0.22475541\,T\,RH\%) - (6.83783 \cdot 10^{-3}\,T^2) - (5.481717 \cdot 10^{-2}\,RH\%^2) + (1.22874 \cdot 10^{-3}\,T^2\,RH\%) + (8.5282 \cdot 10^{-4}\,T\,RH\%^2) - (1.99 \cdot 10^{-6}\,T^2\,RH\%^2)$$

Převedení do zdrojového kódu:
hi = -42.379 + 2.04901523 * t + 10.14333127 * h - 0.22475541 * t * h - .00683783 t * t - 0.05481717 * h * h + .00122874 * t * t * h + 0.00085282 * t * h * h - 0.00000199 * t * t * h * h

Výsledné hodnoty byly dále kategorizovány do jednotlivých úrovní nebezpečí Heat Indexu, které jsou následně graficky signalizovány na obrazovce.

Velkhý teploměr (Wet Bulb)
Korelace vychází z článku a[4], který odvozuje hodnotu vlhkého teploměru z teploty vzduchu (Dry Bulb) a relativní vlhkosti.



Obr. 65 – Znázornění korelace Wer-Bulb ve vztahu k relativní vlhkosti vzduchu

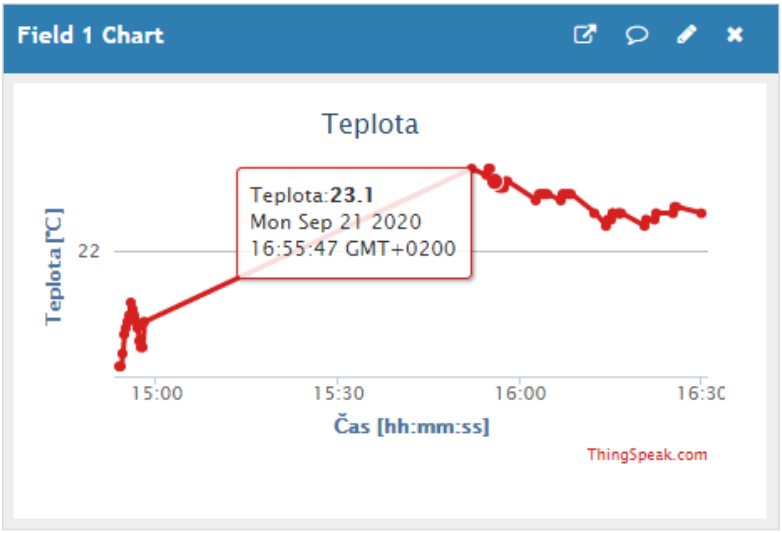
Odvození grafu znázorněného na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** vychází z rovnice:

$$T_w = T\,\tan^{-1}[0.151977\,(RH\% + 8.313659)^2] + \tan^{-1}(T + RH\%) - \tan^{-1}(RH\% - 1.676331) + 0.00391838\,(RH\%)^{3/2}\,\tan^{-1}(0.023101\,RH\%) - 4.686035$$

Ta byla následně odvozena do zdrojového kódu
wet = t * atan(0.151977*sqrt(h + 8.313659)) + atan(t + h) - atan(h - 1.676331) + 0.00391838 * exp(1.5) * atan(0.023101 * h) - 4.686035;

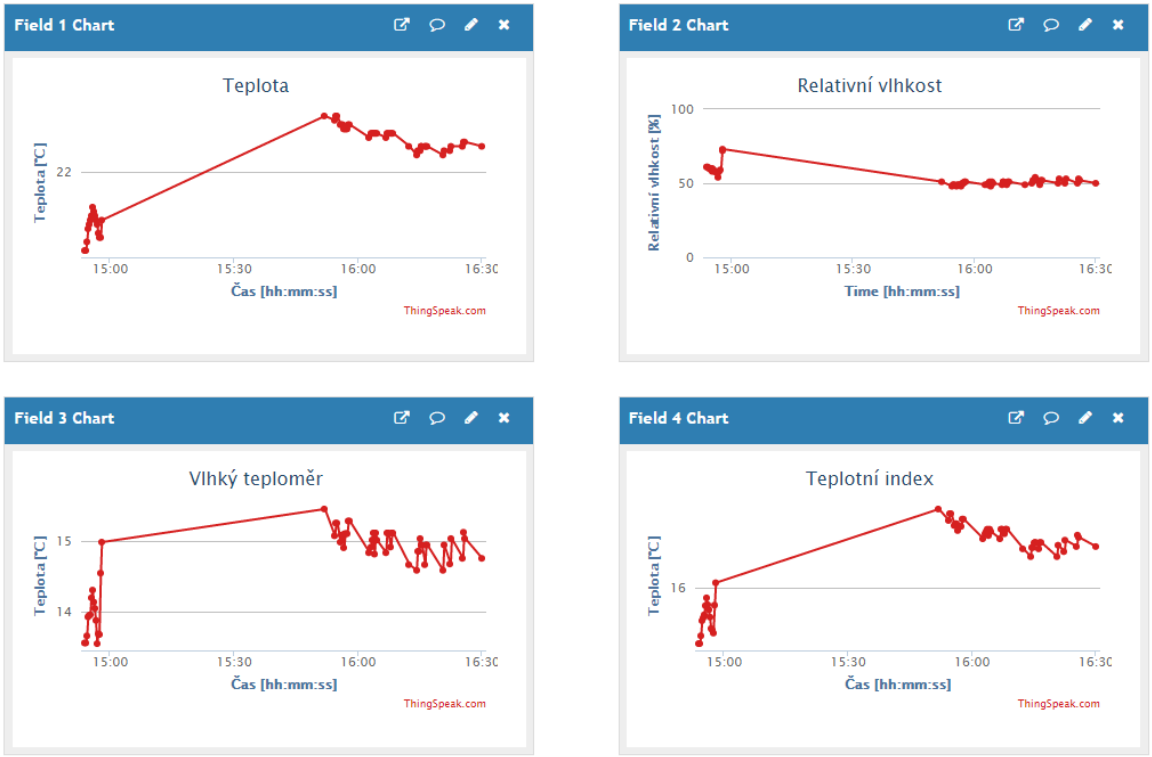
4

Dle schématu na **Obr. *62***, byl sensor zapojen do Wi-Fi sítě a propojen s cloudovou službou ThingSpeak od MathWorks, kde jsou naměřená data ukládána. Náhled na zpracovaná data do grafu v časovém úseku je zobrazeno na **Obr. *66***.



Obr. 66 – Ukázka čtení naměřených dat uložených na cloudu

Naměřená a korelovaná data jsou dále zobrazena na **Obr. *67***.



Obr. 67 - Souhrn měřených dat na obrazovce

Na **Obr. *68*** je znázorněno využití hodnocených dat pro určování bezpečnosti pracovního prostředí z hlediska tepelné zátěže. Byl vytvořen varovný systém vyhodnocující úroveň teplotního indexu,

kdy dle aktuálního stavu je indikován varovný signál – zelená, žlutá, oranžová a červená, a to podle výsledného teplotního indexu (Heat Index).

Obr. 68 - Vytvořena signalizace úrovně Heat Index

Tento systém umožňuje dlouhodobé monitorování tepelného zatížení na pracovišti s možností měření na různých místech, v kombinaci s dalšími sensory, obrazovou dokumentací nebo AI a další, což umožňuje automatizovaný monitoring pracovního prostředí a následné stanovení opatření.

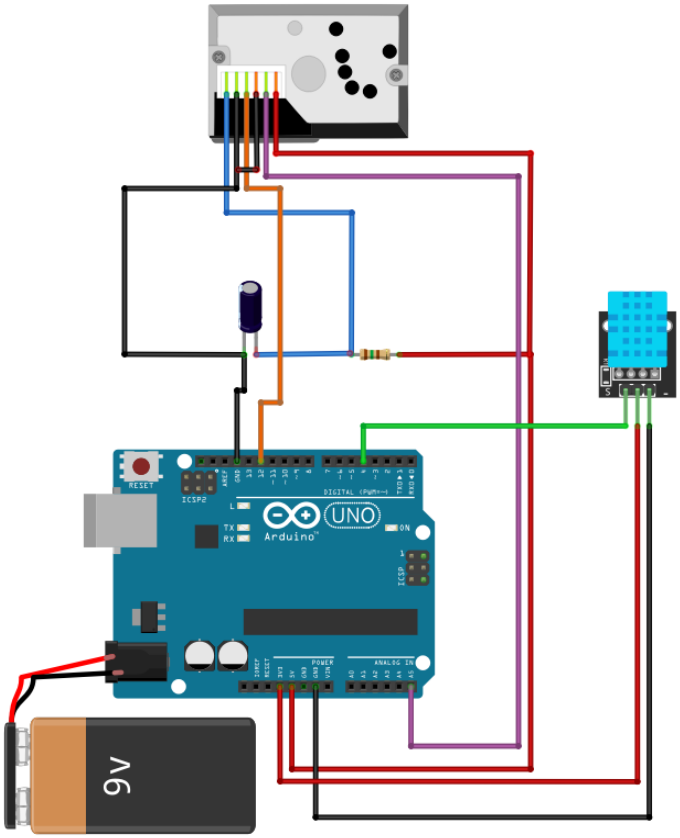
5.6.3 Autonomní měřící prvek pro dlouhodobé měření na pracovišti

Tento prvek je tvořen sensorem Sharp GP2Y1010AU0F pro měření prašnosti PM2.5, sensor DHT11 pro měření relativní vlhkosti a teploty vzduchu, platforma pro ukládání dat na SD kartu a časovačem a napájení prvku.
Stanice měří tyto parametry:

- Hustota prachu [ug / m^3]
- Vlhkost vzduchu [%]
- Teplota vzduchu [°C]

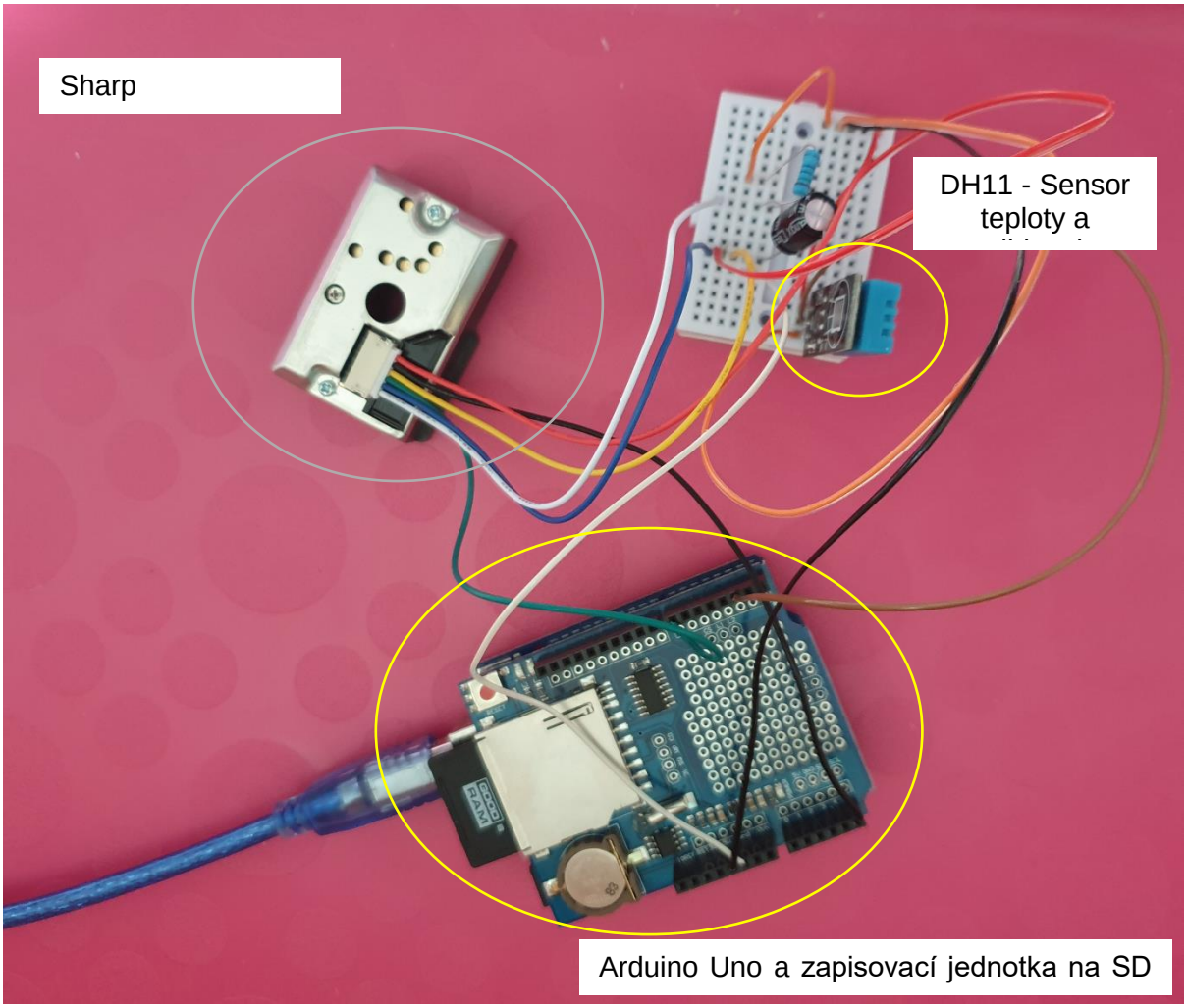
- Pocitová teplota [°C]

Tato měřící stanice umožňuje měření v rámci desítek až stovek hodin.



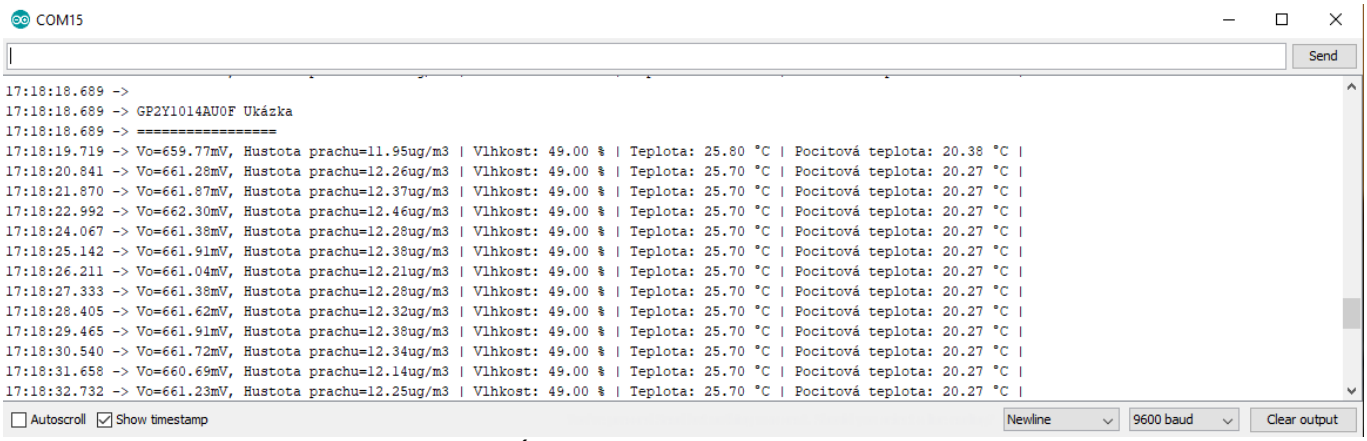
Obr. 69 - Schéma zapojení sensoru Sharp GP2Y1010AU0F a sensoru DHT11 pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu

Jednotka umožňuje vlastní nastavení čtecí rychlosti ze sensorů a ukládání dat skrze USB na PC, na SD kartu, případně obojí. Maximální rychlost čtení je 1 s^{-1} při kontinuálním zapisování. Další variantou je režim spánku, který umožňuje dlouhodobá měření, kdy Arduino načte data jednou, nebo vícekrát za den a ve zbylém čase je Arduino v režimu spánku.



Obr. 70 - Ukázka reálného zapojení Arduino UNO a Sharp GP2Y1010AU0F, čidlem pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu DHT11 a datalogovací jednotkou

Obr. *70* znázorňuje výstup dat – měřené napětí sensoru prachu (surová hodnota), hustota prachu, relativní vlhkost a teplota vzduchu a pocitová teplota. Tato data jsou současně zálohována na SD kartu pro další použití.



Obr. 71 - Úkázka zobrazení naměřených dat

5.6.4 Mobilní / přenosná měřící stanice pro operační měření

Byl vytvořen první návrh přenosné monitorovací stanice, která spolupracuje s předchozími aparaturami.

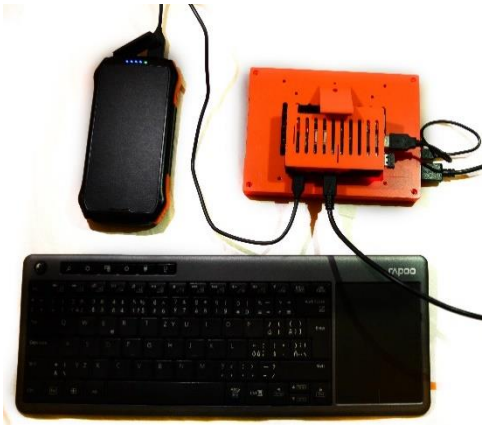
První návrh aparatury se skládá z následujících komponentů:

- Napájecí zdroj v podobě akumulátoru s kapacitou 20 000mAh se solárním dobíjením
- 5“ dotykový displej
- Raspberry Pi 4B, 4GB RAM
- Bezdrátová klávesnice s touchpadem
- Vytištěné krytí počítače a displeje 3D tiskárnou

Obr. 72 - Aparatura na napojení pro IoT

Tato aparatura **Obr. *72*** umožňuje napojení na IoT a monitorování aktuálních měřených parametrů v prostředí, kde se uživatel nachází. Dále je možné napojení dalších měřících jednotek / sensorů, aj. pomocí rozhraní USB nebo i2c.

Systém je mobilní, přenosný a s fotovoltaickým dobíjením je možné systém průběžně dobíjet. Raspberry Pi 4 umožňuje provoz nejnovějších OS Linux Ubuntu 20.04.



Obr. 73 - zadní strana sestavy

Obr. 74 - přední strana sestavy

Tato platforma umožňuje použití ve venkovním i vnitřním prostředí, a to jak ve statickém, tak i mobilním stavu. Sensory a monitorování prostředí je možno rozmístit v průběhu provádění pracovních úkonů a po jejich dokončení je sbalit a přemístit na další místo.

5.7 Organizační možnosti řízení tepelného stresu – zaměstnavatel

Řízení tepelného stresu z organizačního pohledu je možné rozdělit na dvě úrovně, a to jednak z pohledu zaměstnavatele, tedy celé společnosti, a jednak z pohledu samotného zaměstnance, ve smyslu, co může zaměstnanec sám udělat pro své zdraví (zpracováno níže).

Dle doporučení mezinárodních institucí (ILO, NIOSH, WHO) a pracovních agentur (např. Environmental Health and Safety), zabývajících se tepelným stresem, by měl zaměstnavatel snížit tepelnou zátěž na pracovišti zavedením kontrol technických, administrativních a pracovních postupů, přičemž by neměl zapomínat na zavedení programu aklimatizace pracovníků, která tvoří významný faktor pro snížení tepelné námahy.
Administrativní kontroly se skládají převážně z pěti strategií:

1. omezení nebo úprava doby expozice
2. snížení metabolické složky celkového tepelného zatížení
3. zvyšování tepelné odolnosti pracovníků například tepelnou aklimatizací a fyzickou kondicí
4. školení pracovníků v bezpečnostních a zdravotních postupech pro práci v horkém prostředí
5. lékařský screening pracovníků, aby si byli vědomi, kteří jedinci mají nízkou toleranci vůči teplu a / nebo nízkou fyzickou zdatnost

Pokud dojde k nepřijatelné úrovni tepelného stresu, existují obecně pouze čtyři přístupy k řešení:

1. upravit pracovní postupy a čas strávený u zdroje tepla
2. upravit pracovní prostředí
3. upravit pracovníka tepelnou aklimatizací
4. upravit oblečení nebo vybavení

Pro zajímavost, už v roce 2014 OSHA začala kampaň zaměřenou na problematiku tepelného stresu se zdůrazněním na aklimatizaci do programů prevence onemocnění související s tepelným stresem.

5.7.1 Školení zaměstnanců

Zaměstnanci by měli být proškoleni tak, aby v rámci svého pracoviště dokázali včas identifikovat potenciální nebezpečí a adekvátně na něj reagovat, a to jak ve vztahu k sobě samotným, tak ve vztahu ke kolegům (tj. umět pomoci nejen sobě, ale i kolegovi). Školení by mělo obsahovat zejména informace o: nebezpečí tepelného stresu, predispozičních faktorech, příznacích nemocí či poranění z tepla, zásadách první pomoci, správných pracovních a kontrolních postupech, nouzových postupech, účincích farmakologických prostředků a legálních narkotik na lidský organismus v prostředí zvýšené tepelné zátěže, dosažitelnosti lékařských programů, o principech použití osobních ochranných pomůcek atd.

Měl by být zpracován tzv. „**bezpečností list tepelného stresu**“, kde by veškeré důležité informace pro zaměstnance (obsažen ve školení) měly být uvedeny.
Školení musí být prováděna v časech a intervalech, které umožní zaměstnancům udržet si důležité informace v živé paměti a povědomí.

Doporučuje se vyškolit pracovníky před zahájením horkých venkovních prací – školení šité na míru konkrétním podmínkám pracoviště.

Zaměstnavatelé by měli poskytnout všem zaměstnancům a vedoucím školicí program tepelného stresu o následujících tématech:

- rozpoznávání známek a příznaků onemocnění souvisejících s teplem (křeče, vyčerpání z tepla, vyrážka, úpal) a poskytování první pomoci
- příčiny onemocnění souvisejících s teplem a postupy, které minimalizují riziko, jako je pití dostatečného množství vody a možnosti sledování barvy a množství vylučované moči (viz Infografika – Co říká barva moči o Tvém zdraví?)
- správná péče a používání tepelně ochranných oděvů a zařízení a dodatečné tepelné zatížení způsobené námahou, oděvy a osobní ochranné prostředky
- účinky jiných než pracovních faktorů (drogy, alkohol, obezita atd.) na toleranci k pracovnímu tepelnému stresu
- důležitost okamžitého hlášení nadřízenému o všech příznacích nebo známkách nemocí souvisejících s teplem u nich samotných nebo u spolupracovníků
- postupy pro reakci na příznaky možného onemocnění souvisejícího s teplem a pro kontaktování záchranné lékařské služby
- důležitost aklimatizace (viz kapitola níže)

Vedoucí pracovníci by navíc měli být vyškoleni v následujících oblastech:

- jak provést vhodnou aklimatizaci a zároveň vyvinout program aklimatizace tepla ke snížení rizika onemocnění souvisejících s teplem
- jaké postupy je třeba dodržet, pokud má pracovník příznaky konzistentní s onemocněním spojeným s teplem, včetně postupů při mimořádných událostech
- jak sledovat zprávy o počasí
- jak reagovat na upozornění na horké počasí (viz kapitola Meteorologická předpověď)
- jak sledovat a podporovat adekvátní příjem tekutin a přestávky na odpočinek

5.7.2 Hydratace

Zaměstnavatelé by měli zajistit prostředky pro odpovídající hydrataci pracovníků:

- voda by měla být pitná (<15 °C) a měla by být přístupná v blízkosti pracovního prostoru
- odhadnout, kolik vody bude potřeba, a rozhodnout se, kdo ji získá, a zkontrolujte zásoby vody
- měly by být k dispozici individuální, nikoli komunální poháry na pití

- povzbudit pracovníky k hydrataci

Pracovníci by měli vypít přiměřené množství, aby zůstali hydratovaní:

- pokud jsou v horku <2 hodiny a jsou zapojeni do mírných pracovních činností, vypít každých 15–20 minut 1 šálek vody
- při dlouhodobém pocení trvajícím několik hodin pít sportovní nápoje obsahující vyvážené elektrolyty
- vyvarovat se alkoholu a nápojům s vysokým obsahem kofeinu nebo cukru
- obecně by příjem tekutin neměl přesáhnout 6 šálků za hodinu

5.7.3 Odpočinek

- zaměstnavatelé by měli zajistit a povzbudit pracovníky, aby si udělali vhodné přestávky na odpočinek, aby se ochladili a hydratovali
- pokud pracovník pociťuje tepelný diskomfort, povolit odpočinek a přestávky s vodou
- upravit období práce / odpočinku, aby se tělo mohlo zbavit přebytečného tepla
- přiřadit novým a neaklimatizovaným pracovníkům lehčí práci a delší, častější doby odpočinku
    - Zkrácení pracovní doby a prodloužení doby odpočinku:
        - jak se zvyšuje teplota, vlhkost a sluneční svit
        - pokud nedochází k pohybu vzduchu
        - pokud je nasazen ochranný oděv nebo vybavení
        - pro těžší práci

5.7.4 Označování nebezpečných zón

Označení nebezpečných zón musí být umístěno na viditelných místech v dostatečném počtu opakování. Musí být dostatečně veliké (čitelné i z větší vzdálenosti) a symbolika v nich použitá musí být v dané komunitě pracovníků (resp. v dané společnosti) dostatečně známá a významově nezaměnitelná. Značky by měly obsahovat minimálně informace o: druhu nebezpečí, požadovaném stupni ochrany (například o oděvech nebo jiných osobních ochranných pomůckách) a nouzových ochranných opatřeních.

5.7.5 Instrukce pro bezpečné jednání v nebezpečných zónách

Instrukce obsahují pokyny k bezpečnému pohybu v daném prostoru (tj. kde a jak se bezpečně pohybovat) a pokyny k bezpečné činnosti v daném prostoru (tj. co a jak bezpečně provádět, resp. na co si dát pozor).
Každé porušení těchto doporučení může mít za následek zvýšenou pravděpodobnost chyby nebo úrazu.

5.7.6 Osobní ochranné pracovní pomůcky

Zaměstnavatel by měl zajistit dostatečné množství adekvátních osobních ochranných pomůcek před tepelnou zátěží, které budou fungovat na principu izolace nebo naopak odvodu tepla z povrchu těla, a to podle potřeb vyplývajících z druhu a způsobu práce zaměstnanců.

Zaměstnavatel by měl mít na paměti, že je nutné kontrolovat, popř. připomínat nošení OOPP a zároveň že dostupné osobní ochranné pomůcky je potřeba aplikovat včas (v době, kdy je jich nevyhnutelně potřeba) a správně (způsobem, pro který byly designovány, tj. důsledně v souladu s návodem na použití). Jedinou výjimku představuje případ, kdy osobní ochranná pomůcka brání výkonu práce nebo zhoršuje podmínky bezpečnosti na pracovišti (například svému uživateli spíše přitěžuje, než pomáhá). V takové případě je potřeba zahájit efektivní komunikace s příslušným odpovědným pracovníkem nebo nadřízeným neprodleně po zjištění tohoto problému.

5.7.7 Režim práce

Efektivní režim práce se při zvýšené tepelné zátěži může velmi výrazně měnit. Na toto je vázán také reálně dosažitelný pracovní výkon. Obecně lze říci: „Čím vyšší je tepelné zatížení pracovníka, tím nižší výkon v čase je schopen podávat.“ Jednoduše řečeno, s přibývající tepelnou zátěží je nutné počítat se snížením pracovního výkonu, a to ještě ve vazbě na aktuální kondici a zdravotní stav zaměstnanců.

Pokud chce zaměstnavatel dosáhnout pracovního výkonu reálně dosažitelného v daném prostředí (bez rizika poškození zdraví svých zaměstnanců), musí zpravidla přikročit k některému z následujících systémovým opatření, nebo jejich kombinaci:

a) úprava (snížení) pracovního zatížení;
b) úprava (reorganizace) pracovní doby:
   - častější přestávky
   - práce v denních dobách, kdy jsou teplotní podmínky nejpříznivější
c) postupná aklimatizace zaměstnanců;
d) nábor zaměstnanců s genetickými předpoklady pro práci v daném prostředí

(tj. lidí, kteří se již po několik generací s daným zátěžovým prostředím konfrontují a jsou na něj již i geneticky adaptovaní)

e) zajištění prostoru pro odpočinek (ideálně klimatizovaný, nebo alespoň ve stínu)

Každá výchylka z tohoto optimalizovaného režimu práce má za následek snížení pracovního výkonu nebo v extrémním případě posléze zdravotní problémy.

5.7.8 Meteorologická předpověď

Sledování meteorologických předpovědí se zaměřením na očekávané teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, tlaky vzduchu, rychlosti větru a množství oblačnosti.
Tyto parametry předpovědi počasí mohou výrazně ovlivnit podmínky pro vznik a průběh reakcí na tepelný stres jak samostatně, tak především v kombinaci. Obecně platí následující logická pravidla:

- Čím je teplota vzduchu vyšší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu.
- Čím je vlhkost vzduchu vyšší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu z důvodu ztíženého průběhu odvodu tepla pocením (vlhkostí nasycený vzduch již další objemy vlhkosti nepřijímá tak efektivně, což způsobuje, že pocení se stává neefektivním a lidské tělo se neochlazuje).
- Čím je tlak vzduchu nižší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu z důvodu vlivu na oběhový systém člověka (závratě, malátnost, mdloby).
- Čím je rychlost větru nižší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu z důvodu nižšího ochlazování povrchu těla sfoukáváním teplotní mezní vrstvy nad pokožkou.
- Čím je oblačnost menší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu z důvodu intenzivnějšího slunečního svitu.

Nejhorší možnou kombinací faktorů je vysoká teplota vzduchu, vysoká vlhkost vzduchu, nízký tlak, bezvětří a bezoblačnost.

Zaměstnavatel by měl zavést **SYSTÉM VČASNÉ VÝSTRAHY** před nastupujícími extrémními podmínkami pro své zaměstnance. Konkrétní doporučení a návody, jak zavést systémy včasného varování do pracovní praxe, lze najít v kapitole s názvem Přenos dobrých praktik ze zahraničí.

5.7.9 Shrnutí konkrétních organizačních doporučení pro pracovní praxi

- omezit čas v horku a / nebo zvýšit dobu zotavení strávenou v chladném prostředí
- snížit metabolickou náročnost práce

- používat speciální nástroje (tj. nástroje určené k minimalizaci ručního namáhání)
- používat OOPP určené k prací v tepelném stresu (např. vodou chlazené oděvy, vzduchem chlazené oděvy, chladicí vesty a mokré oděvy)
- zvýšit počet pracovníků na úkol, aby bylo zajištěné střídání a tím snížení tepelné expozice
- vypracovat programy dalšího vzdělávání, které zajistí, aby všichni pracovníci, kteří jsou potenciálně vystaveni horkému prostředí a fyzicky náročným pracovním činnostem, měli aktuální informace o tepelném stresu a prevenci tepelného stresu
    - vyškolit nadřízené a pracovníky o tepelném stresu
- implementovat kamarádský systém, ve kterém se pracovníci navzájem sledují ohledně příznaků nesnášenlivosti tepla
- monitorovat vystavení teplu prostředí během nejteplejších měsíců pomocí monitoru WBGT v oblasti (nebo co nejblíže), kde jsou pracovníci vystaveni
- vyžadovat, aby pracovníci prováděli vlastní monitorování a vytvořili pracovní skupinu (tj. pracovníky, kvalifikovaného poskytovatele zdravotní péče a manažera bezpečnosti), kteří budou rozhodovat o možnostech vlastního sledování a standardních operačních postupech
- zajistit dostatečné množství chladné pitné vody (<15 °C) v blízkosti pracovního prostoru a povzbudit pracovníky k častému pití
- zajistit, aby pracovníci zůstali hydratovaní a během směny neztráceli více než 1,5% tělesné hmotnosti
- stanovit kritéria pro vyhlášení tepelné výstrahy
    - implementovat program výstrahy před teplem, kdykoli meteorologická služba předpovídá pravděpodobnost výskytu vlny veder
- umožnit pracovníkům neplánované přestávky, pokud během práce při vysokých teplotách ohlásí pocit slabosti, nevolnosti, nadměrné únavy, zmatenosti nebo podráždění
- vytvořit plán/program aklimatizace tepla a zvýšit fyzickou zdatnost a tím snížit riziko onemocnění související s teplem

5.7.10 Technický dohled

Technický dohled spočívá v nepřetržité kontrole pracovních podmínek z hlediska ovlivnitelných technických systémů. Provádí se zejména cestou měření vybraných fyzikálních parametrů prostředí a vyhodnocováním, zda tyto parametry odpovídají požadavkům, pro které je v daném prostředí navržen celý systém práce a bezpečnosti.

Mezi měřené veličiny patří například teplota vzduchu, rychlost proudění vzduchu a mnoho dalších parametrů. Jelikož je sledovaných parametrů několik a často se vzájemně ovlivňují nebo negativně spolupůsobí, byly zavedeny tzv. „indexy pro hodnocení tepelného stresu a napětí“, které množství těchto parametrů fyzikálně kloubí do jedné hodnoty. Její velikost se pak využívá k vyhodnocení přípustných tepelných zátěží v daném prostředí s ohledem na konkrétní pracovní činnost.

Příkladem může být v současnosti nejpoužívanější WBGT index, který v sobě kloubí hodnoty teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, rychlosti proudění vzduchu a intenzity slunečního záření.
Mezi technická doporučení lze například zavést:

- zvýšit rychlost proudění vzduchu např. umístěním ventilátorů
    - nezapomenout navýšit počet ventilátorů, aby v letních měsících byl zabezpečen souvislý provoz při údržbě těchto zařízení
- použít reflexní nebo tepelně absorbující stínění či bariéry na pracovišti
- snížit úniky páry vlhké podlahy nebo vlhkost – vlhkost a vysoká teplota = velmi nebezpečný faktor pro vznik onemocnění způsobená tepelným stresem, viz kapitola Zdravotní dopady tepelného stresu

- průběžné monitorování pracovního prostoru pomoci čidel v provozu nebo využití IoT (kapitola Kontinuální měření mikroklimatických podmínek s ohledem na tepelný stres)

5.7.11 Aklimatizace

Vhodným a velmi přínosným nástrojem pro řízení tepelného stresu je fyziologická tepelná aklimatizace pracovníků, kterou doporučují významné mezinárodní autority jako je ILO, NISOH a OSHA. Fyziologická tepelná aklimatizace může nabídnout určitou ochranu, ale pouze do určité míry, navíc jej lze vyvinout až po určitém přechodném období (obvykle jeden až dva týdny vystavení teplu). Během špičkových období tepla v některých horkých zemích je aklimatizační práh pracovníků příliš často překračován a rizika práce za vysokých teplot přetrvávají.

I když mezi pracovníky existuje široká škála tolerance tepla, každý pracovník má horní hranici tepelného stresu, po jejímž překročení může výsledné tepelné namáhání způsobit nehodu nebo pracovní úraz. U většiny pracovníků způsobí vhodné opakované vystavení zvýšenému tepelnému stresu řadu fyziologických adaptací zvaných aklimatizace, čímž se tělo stává účinnějším při zvládání tepelného stresu. Takový aklimatizovaný pracovník může tolerovat větší tepelný stres, než dojde ke škodlivé úrovni tepelného namáhání, nicméně aklimatizace nutně neznamená, že jednotlivec může pracovat nad nebo pod jeho efektivní zónu [101], [112].

Definice aklimatizace použité v doporučeních pro ILO: Aklimatizace (heat acclimatization) nebo aklimatizace (acclimation) na teplo probíhá opakovaným vystavením přirozenému (natural acclimatization) nebo umělému (artifical acclimation) teplu, které jsou dostatečně stresující, aby zvýšily teplotu jádra těla i pokožky. Taková biologická adaptace snižuje fyziologickou zátěž (např. srdeční frekvenci a tělesné teploty), zlepšuje pohodlí, zvyšuje kapacitu fyzické aktivity a snižuje riziko vážného onemocnění spojeného s teplem během vystavení tepelnému stresu [121], [71].

Definice aklimatizace použité v doporučeních pro NIOSH: Fyziologické změny, ke kterým dochází v reakci na řadu dnů vystavení tepelnému stresu prostředí a snižují zátěž způsobenou tepelným stresem prostředí [101].

K úrovni tepelného stresu, který pracovník zažívá na pracovišti s horkými podmínkami, přispívají čtyři faktory prostředí: teplota, vlhkost, sálavé teplo (např. ze slunce nebo z pece) a rychlost větru [29]. Nad určitou prahovou hodnotu tepelného stresu již vnitřní regulační mechanismy těla nejsou schopny udržovat tělesnou teplotu na požadovanou úroveň pro normální fungování. Výsledkem je zvýšené riziko nepohodlí, omezení fyzických funkcí a schopností, úrazů a nemocí souvisejících s teplem [70]. Z tohoto důvodu je doporučena pro pracovníky jako vhodný proces aklimatizace. Dle NIOSH by zaměstnavatelé měli mít aklimatizační plán pro nové a vracející se pracovníky, protože se ukázalo, že nedostatek aklimatizace je hlavním faktorem spojeným s nemocemi a smrtí pracovníků souvisejících s teplem [71], [112].

Druhy nemoci, které by mohly být způsobeny nedostatečnou, nevhodnou nebo žádnou aklimatizací na tepelný stres, se pohybují od mírných forem, jako je vyrážka (potničky), křeče a vyčerpání z tepla, až po potenciálně smrtelné úpaly. Pokud tělesná teplota stoupne nad 38 °C, dochází k vyčerpání z tepla (heat exhaustion) a jsou narušeny fyzické a kognitivní funkce. Pokud stoupne teplota nad 40,6 °C, dochází k úpalu (heatstroke) a zvyšuje se riziko poškození orgánů, ztráty vědomí, a nakonec i smrti [74], [112]. Ukazuje se, že na pracovištích, kde dochází současně k teplotám nad 21,11 °C (70 °F) a vysoké pracovní aktivitě nad míru pracovní zátěži, může hrozit tepelné riziko s případy smrtelných úrazů [112]. Rozdíl mezi vyčerpáním z tepla a úpalem lze nalézt na Obrázku 5 (USA) a Obrazku 6 (Nový Zéland). Úpaly spojené s teplotním stresem se označují jako úpal namáhaný/zátěžový a je pravděpodobnější pro zranitelné skupiny (> 60 let) [101]. Ovšem organizace ILO, definuje zranitelné skupiny až od > 65 let [71].

K úplné aklimatizaci tepla dochází při relativně krátké denní expozici práce v teplém pracovním prostředí. Nevyžaduje vystavení teplu při práci a odpočinku po celých 24 hodin, ve skutečnosti

může být taková nadměrná expozice škodlivá, protože pro jednotlivce bez zkušeností s aklimatizací na teplo je těžké nahradit veškerou ztracenou vodu formou potu. Minimální doba expozice pro dosažení aklimatizace tepla je nejméně 2 hodiny denně, kterou lze rozdělit na 1hodinové expozice. Úroveň aklimatizace závisí na počáteční úrovni fyzické zdatnosti jednotlivce a na celkovém tepelném stresu, který jedinec prožívá [101].

Pracovník, který pracuje pouze v interiéru v horkém prostředí, nedosáhne takové úrovně aklimatizace, která je nutná pro práci venku s dodatečným slunečním zatížením nebo pro vnitřní těžší fyzickou práci ve stejném horkém prostředí. Zvýšená aerobní kondice propůjčuje teplu alespoň částečnou aklimatizaci, z důvodu zvýšené produkce metabolického tepla, ke kterému dochází během cvičení. Fyzicky zdatní jedinci mají snížený výskyt tepelných poranění nebo nemocí během vystavení horkému prostředí [101].

Celková produkce potu se zvyšuje s aklimatizací, a pocení začíná při nižší teplotě tělesného jádra. Kožní oběh se s aklimatizací snižuje, což odráží snížení podílu CO, který musí být přidělen pro termoregulaci z důvodu účinnějšího mechanismu pocení. Také během aklimatizace se zlepšuje kardiovaskulární stabilita, snižuje se srdeční frekvence, zvyšuje se objem průtoku krve, což vede k preventivním opatřením proti infarktu myokardu. Je však jasné, že během nácviku v teple se zvyšuje produkce aldosteronu, z důvodu zachování soli z ledvin i potních žláz, zatímco zvýšení antidiuretického hormonu zachovává množství ztracené vody v ledvinách. Zvýšení hladiny aldosteronu vede k nižší koncentraci sodíku v potu a slouží tak k omezení ztrát sodíku a tekutin z plazmy během nácviku v horku [101] .

Aklimatizace pro práci v horkém a vlhkém prostředí poskytuje adaptivní výhody, které platí např. i v pouštním prostředí. Aklimatizační plán by měl být zaveden na všech pracovištích, kde jsou pracovníci vystaveni teplu. Nedávná studie představila 20 případů onemocnění nebo úmrtí pracovníků způsobených teplem [6], [101]. Ve většině těchto případů zaměstnavatelé neměli žádný program na prevenci tepelných nemocí nebo byl program nedostatečný. Aklimatizace byla programovým prvkem, který nejčastěji chyběl a zároveň byl nejjasněji spojen se smrtí dělníka.

Správně navržený a aplikovaný program aklimatizace tepla zvýší schopnost pracovníků pracovat v horkém zaměstnání a sníží riziko onemocnění souvisejících s teplem a nebezpečných úrazů.

<u>Výhody aklimatizace:</u>

Podle NIOSH [78], [144], je aklimatizace prospěšná, ke které dochází při opakovaném a postupném zvyšování expozici horkému prostředí. Mezi fyziologické adaptace a výhody aklimatizace patří:

- zvýšená účinnost pocení (dřívější nástup pocení, vyšší produkce potu a snížená ztráta elektrolytu v potu)
- stabilizace oběhu
- schopnost vykonávat práci s nižší teplotou tělesného jádra a srdeční frekvencí
- zvýšený průtok krve při dané teplotě
- pot se stává méně slaným, protože tělo se naučí konzervovat soli [144]
- hubnutí pomáhá při tepelných ztrátách, protože se ztrácí vrstva izolačního tělesného tuku [144]

<u>Nevýhody aklimatizace:</u>

- při vystavení horkému prostředí tělo snadno vykazuje známky tepelného stresu
- obtížnost nahradit ztracenou vodu potem
- nedostatečná nebo žádná výměna vody zpomalí nebo zabrání aklimatizaci

- aklimatizací dochází ke snižování solí v těle – nutno doplnit vhodnými potravinovými doplňky a dostatkem vody či jídla s obsahem soli, přičemž doplňky soli a draslíku jsou potřebné pouze během aklimatizačního období
- poté, co se člověk aklimatizuje, jeho tělo pociťuje potřebu více tekutin [144].

Doporučený plán aklimatizace a reaklimatizace

NIOSH ve své doporučujícím reportu s názvem Criteria for a Recommanded Standard – Occupational Exposure to Heat and Hot Environments dává zaměstnavatelům doporučení, aby během aklimatizace postupně zvyšovali expoziční dobu v horkém prostředí po dobu 7 až 14 dnů (Nový Zéland uvádí 7-15 dnů) a současně upozorňuje, že noví pracovníci potřebují více času na aklimatizaci než pracovníci, kteří již nějakou expozici teplem podstoupili [78], [144].

Některé země, jako např. Austrálie [120], nebo Nový Zéland [144], ve svých doporučeních pro řízení tepelného stresu, konkr. procesu aklimatizace, doporučují se obracet pro detailnější informace na vyškolené pracovníky v oblasti pracovní hygieny a BOZP. Tento krok naznačuje zajištění dostatečného množství edukačního materiálů, zajištění procesu školení těchto pracovníků a dostatečná komunikace o rizicích spojených s expozicí tepelného stresu.

Následující plán aklimatizace je čerpán ze zdrojů *NIOSH, 2016*; *NIOSH, 2018*; *OSHA Technical Manual, 2017* a *New Zeland, 2019*:

- každodenním vystavení teplu po dobu 7 až 14 dnů
- fyzicky nezpůsobilí pracovníci vyžadují více času na úplnou aklimatizaci, přibližně o 50 % delší než u fyzicky zdatných jedinců
- Pro nové pracovníky:
  - časový plán by neměl být vyšší než 20% obvyklé doby práce v horku 1. den a nejvýše 20% zvýšení každého dalšího dne
  - důkladné dohlížení na nové zaměstnance po dobu prvních 14 dnů, nebo dokud nebudou plně aklimatizovaní
- Pro pracovníky s předchozími zkušenostmi:
  - rozvrh by neměl být delší než 50% obvyklé doby práce v teple 1. den 60% 2. den 80% 3. a 4. den 100%
  - první den směny nutná opatrnost a ujištění se, že pracovníci nejsou nadměrně vystaveni teplu, protože o víkendu a ve dnech volna mohou ztratit ČÁST své aklimatizace

Na konci třetího dne aklimatizačního plánu dojde k značné adaptaci těla na teplo a dojde ke snížení ztráty solí v potu a v moči. Navíc detailně indukovaná tepelná aklimatizace snižuje nebo eliminuje potřebu doplňování solí normální stravou. V některých zemích, kde běžná strava obsahuje málo nebo nedostatku vitaminu C, mohou doplňky na této bázi zlepšit aklimatizaci a termoregulační funkci pracovníka [78], [144].

Ovšem je nutné mít na paměti, že úroveň aklimatizace, které každý pracovník dosáhne, je navíc relativní k počáteční úrovni fyzické zdatnosti a celkovému tepelnému stresu, který jedinec prožívá. Aklimatizace není stálá, vydrží v průměru cca jeden týden. Pokud pracovník chybí více jak týden a déle, může dojít k **VÝZNAMNÉ ZTRÁTĚ** prospěšných adaptací, což vede ke zvýšení pravděpodobnosti onemocnění souvisejícím s teplem a je nutná reaklimatizace na horké prostředí [78], [144], [112]. Za aklimatizované pracovníky lze považovat takové pracovníky, kteří jsou pravidelně exponováni horku [144]. **Tab. *9*** uvádí přehled studií času potřebného k získání nebo ztrátě krátkodobé aklimatizace.

Tab. 9 - Přehled studií času potřebného k získání nebo ztrátě krátkodobé aklimatitace

Studie krátkodobé tepelné aklimatizace		
Indikátor aklimatizace	**Dny**	**Odkaz**
Aklimatizační zisk		
Rychlost pocení	3–4	Hori (1995)
Rektální teplota, srdeční frekvence	8	Williams & Heyns (1969)
Rychlost pocení	< 8	
Snížení srdeční frekvence, expanze objemu plazmy a vnímané námahy	4–5	Armstrong & Dziados (1986)
Pokles NaCl v ledvinách	5–6	
Snížení rektální teploty	6–7	
Pokles NaCl v potu	7–8	
Nárust rychlosti pocení	10–12	
Ztráta aklimatizace		
Rektální teplota		Williams et al. (1967)
25% ztráta aklimatizace	7	
40% ztráta aklimatizace	14	
50% ztráta aklimatizace	21	
Srdeční tep		
40% ztráta aklimatizace	7	
75% ztráta aklimatizace	14	
90% ztráta aklimatizace	21	
Rychlost pocení		
65% ztráta aklimatizace	7	
80% ztráta aklimatizace	14	
100% ztráta aklimatizace	21	

Reaklimatizaci lze znovu získat za 2 – 3 dny po návratu do horkého pracovního prostředí [112]. Dle NIOSH se zdá, že reaklimatizace je lépe udržována těmi jedinci, kteří jsou fyzicky zdatní. Současně NIOSH doporučuje, že sezonní posuny teplot mohou mít za následek zdravotní potíže a současně upozorňuje, že klimatizace (= air conditioning; jako forma chladícího media) nebude mít vliv na proces aklimatizace pracovníků [78].

Nedostatečná, nevhodná nebo dokonce žádná aklimatizace/reaklimatizace na tepelný stres může mít za následek řadu nemoci z povolání nebo úrazů, což má nejen pro zaměstnavatele zásadní

ekonomické dopady, ale i pro samotné pracovníky. Obrázek 7 popisuje příklady rizikových faktorů, které mohou mít souvislost s teplem a nedostatečnou aklimatizací [78] .

Faktory ovlivňující aklimatizaci

Odpovědný poskytovatel zdravotní péče by měl od pracovníků získat lékařskou a chirurgickou anamnézu zahrnující srdeční, cévní, dýchací, neurologické, ledvinové, hematologické, reprodukční systémy a informace o dermatologických, endokrinních, muskuloskeletálních a metabolických podmínkách, které mohou ovlivnit aklimatizaci tepla nebo schopnost eliminovat teplo [78] .

Dále by odpovědný poskytovatel zdravotní péče měl získat přehled o užívání předepsaných léků, které by mohly narušit tepelnou toleranci nebo aklimatizaci. Zaměstnavatel díky tomu může nastavit alternativní terapeutický režim [78] .

Užívání antihypertenziv (léků vedoucí ke snížení zvýšeného krevního tlaku), které by mohly ovlivnit tepelnou toleranci. Doporučuje se sledovat hodnoty elektrolytů v krvi u pracovníků, kteří dodržují dietu s omezeným příjmem solí nebo kteří užívají diuretika (léky ovlivňující činnost ledvin), která ovlivňují hladinu elektrolytů v séru, zejména během počáteční fáze aklimatizace na tepelný stres. Použití β-blokátorů (např. Atenolol) k léčbě hypertenze (vysoký krevní tlak) může také omezit výkon v práci. Obezita může interferovat s tolerancí tepla. Obézní jedinec může během aklimatizačního období vyžadovat zvláštní dohled [78] .

5.7.12 Lékařský dohled

Lékařský dohled na pracovištích se zvýšenou tepelnou zátěží pracovníků by měl být realizován pomocí tzv. „Lékařského monitorovacího programu“.

Účastníci tohoto programu by měli být všichni pracovníci, kteří se pohybují v prostředí klasifikovaném na úrovní hodnoty RAL a pracovníci s osobními rizikovými faktory, které zvyšují rizika onemocnění z tepla.

Program by měli zajišťovat odpovědní poskytovatelé zdravotní péče (lékaři) z pověření zaměstnavatele. Tito pověření lékaři by měli mít znalosti o:

- potenciální expozici teplu a horkému prostředí na daném pracovišti;
- správě a řízení lékařského monitorovacího programu ve vztahu k rizikům z povolání;
- identifikaci a léčby nemocí souvisejících s teplem;
- pokud se na pracovišti používá ochrana dýchacích cest, tak vytvoření programu ochrany dýchacích cest.

Lékařský monitorovací program zahrnuje:

A) vzdělávání pracovníků (týkající se možných příznaků a první pomoci onemocnění z tepla);

B) předběžné lékařské hodnocení (vyšetření před nástupem do rizikového zaměstnání);

C) pravidelné lékařské hodnocení (vyšetření minimálně jednou ročně nebo i častěji).

D) zprávy o nemocích a úrazech (souvisejících s tepelnou zátěží).

5.7.13 Obsah „Předběžné lékařské prohlídky“

Pro účely předběžné lékařské prohlídky by měl odpovědný poskytovatel zdravotní péče získat o vyšetřované osobě následující informace:

(a) Lékařskou a chirurgickou historii zahrnující srdeční, cévní, dýchací, neurologické, ledvinové, hematologické, gastrointestinální i reprodukční systémy a informace o

dermatologických, endokrinních, muskuloskeletálních a metabolických podmínkách, které by mohly ovlivnit aklimatizaci jedince na teplo nebo jeho schopnost teplo eliminovat.

(b) Kompletní časově strukturovanou historii zaměstnání včetně fyzikálních a chemických rizik, s nimiž se dotyčný setkával; fyzické požadavky na tyto práce; schopnosti používat osobní ochranné prostředky; intenzity a doby trvání expozice teplu i mimopracovní vystavování teplu a namáhavým činnostem.

(c) Seznam všech předepsaných a volně prodejných léků užívaných pracovníkem. Odpovědný poskytovatel zdravotní péče by měl zvážit možný dopad léků, které mohou ovlivnit srdeční výdej, rovnováhu elektrolytů, funkci ledvin, kapacitu pocení nebo funkci autonomního nervového systému. Patří mezi ně diuretika, antihypertenziva, sedativa (např. Barbituráty), antispazmodika, psychotropní látky, anticholinergika a léky, které mohou ovlivňovat pocity žízně nebo mechanismus pocení.

(d) Informace o příslušných osobních návycích, včetně užívání látek jako je alkohol a kofein, které by mohly ovlivnit toleranci člověka vůči teplu.

Přímé lékařské hodnocení pracovníka by mělo zahrnovat následující:

(a) Lékařskou prohlídku podle uvážení odpovědného poskytovatele zdravotní péče budou muset absolvovat kandidáti, kteří očekávají zvýšený stres z fyzické aktivity v horkém prostředí, osoby starší 50 let nebo osoby mladší 50 let se základními rizikovými faktory spojenými se srdcem, aby podstoupili další testování (např. EKG s interpretací kardiologa).

(b) Hodnoty klinické chemie stanovené z analýzy moči a jakýchkoli dalších testů klinické chemie, které odpovědný poskytovatel zdravotní péče považuje za vhodné.

(c) Hodnocení krevního tlaku.

(d) Posouzení schopnosti pracovníka porozumět zdravotním a bezpečnostním rizikům při práci, porozumět požadovaným preventivním opatřením, komunikovat se spolupracovníky a mít schopnost se pohybovat, správně orientovat a reagovat na mimořádné situace.

(e) Pracovníkům, kteří musí nosit ochranu dýchacích cest nebo jiné OOP, by měl být poskytnut program ochrany dýchacích cest. Odpovědný poskytovatel zdravotní péče by měl posoudit schopnost pracovníka snášet celkový tepelný stres při práci, která zahrnuje metabolickou zátěž při nošení a používání ochranných pomůcek.

Odpovědný zdravotnický pracovník může případ od případu považovat za správné podrobnější lékařské vyšetření. Rovněž může být velmi vhodná komunikace mezi odpovědným poskytovatelem

zdravotní péče v rámci zaměstnaneckého programu (např. podnikovým lékařem) a soukromým poskytovatelem zdravotní péče pracovníka (např. obvodním lékařem). Následují příklady nálezů v rámci předběžného lékařského vyšetření, které mohou naznačovat potřebu dalšího lékařského hodnocení:

(a) Historie ischemické choroby srdeční, chlopenní choroby srdeční, srdeční arytmie, kardiomyopatie, městnavé srdeční selhání, vrozené srdeční choroby nebo současné užívání některých antihypertenziv, což naznačuje možnost sníženého maximálního srdečního výdeje, obstrukční nebo omezující plicní onemocnění, diabetes insipidus, diabetes mellitus, onemocnění ledvin nebo rhabdomyolýza.

(b) Užívání předepsaných léků, které by mohly narušit tepelnou toleranci nebo aklimatizaci. Může zde být k dispozici alternativní terapeutický režim, který by s menší pravděpodobností ohrozil schopnost pracovníka pracovat v horkém prostředí.

(c) Užívání antihypertenziv, které mohou ovlivnit toleranci vůči teplu. Může být užitečné sledovat hodnoty elektrolytů v krvi u pracovníků, kteří dodržují dietu s omezeným příjmem solí nebo kteří užívají diuretika, jež ovlivňují hladinu elektrolytů v séru, a to zejména během počáteční fáze aklimatizace na tepelný stres. Použití β-blokátorů k léčbě hypertenze může také omezit výkon v práci.

(d) V anamnéze se může vyskytnout kožní onemocnění, poranění velké oblasti kůže nebo poškození mechanismu pocení, které by mohlo zhoršit odvádění tepla odpařováním potu z kůže, následkem čehož může být doporučeno další zvláštní lékařské hodnocení. Někteří lidé mají narušené mechanismy pocení (anhidróza), a proto netolerují teplo.

(e) Obezita může rovněž ovlivnit toleranci vůči teplu. Obézní jedinec si může během aklimatizačního období vyžadovat zvláštní dohled. Obezitu lze definovat ve spojitosti s indexem tělesné hmotnosti (BMI) ≥ 30.

5.7.14 Obsah „Periodické lékařské prohlídky“

Periodické lékařské prohlídky by měly být realizovány minimálně jednou ročně nebo i častěji dle posouzení lékaře nebo zaměstnavatele. Hodnocení by měla být založena na údajích shromážděných v rámci předběžného lékařského vyšetření, průběžné pracovní historie, nových nebo měnících se příznaků zdravotních potíží a při změně expozice teplu na pracovišti. Každý pracovník se známkami nebo příznaky nemoci související s teplem by měl být okamžitě vyšetřen a může vyžadovat častější interval kontrol. Hodnocení by měla zahrnovat:

(1) Aktualizace pracovní i lékařské anamnézy a též fyzikální vyšetření zaměřené na kardiovaskulární, respirační, nervové a muskuloskeletální systémy a též na pokožku.

(2) Zohlednění konkrétních lékařských testů, pokud to odpovědný poskytovatel zdravotní péče považuje za vhodné.

5.7.15 Obsah „Písemné zprávy o lékařských nálezech“

Po každém lékařském hodnocení by měl odpovědný poskytovatel zdravotní péče dát každému pracovníkovi písemnou zprávu obsahující:

- Výsledky veškerých provedených lékařských testů.
- Jasný lékařský posudek o jakémkoli zdravotním stavu, který by zvýšil riziko nemoci související s teplem.
- Doporučení pro omezení expozice pracovníka teplu nebo horkému prostředí.
- Doporučení pro další hodnocení a léčbu zjištěných zdravotních stavů.

Po každém lékařském hodnocení by měl odpovědný poskytovatel zdravotní péče vydat zaměstnavateli písemnou zprávu s uvedením následujících údajů:

- Profesně relevantní výsledky lékařského hodnocení.
- Lékařský posudek, zda má pracovník nějaké zdravotní stavy, které by zvyšovaly zdravotní riziko při expozici teplu v pracovním prostředí.
- Odhad tolerance jednotlivce vůči horkým pracovním podmínkám.
- Názor, zda pracovník může vykonávat v zaměstnání daný druh práce.
- Doporučení pro pracovníka ke snížení rizik vzniku nemocí souvisejících s teplem, která mohou zahrnovat opatření k ochlazování, přizpůsobení nebo omezení týkající se harmonogramu práce / odpočinku a / nebo pracovní zátěže, lékařská doporučení pro lékařské nebo fyziologické monitorování na pracovišti nebo přeřazení na jinou práci.
- Prohlášení, že pracovník byl odpovědným poskytovatelem zdravotní péče informován o výsledcích lékařského hodnocení a o všech zdravotních stavech, které vyžadují další konzultaci nebo léčbu. Pracovník má povolení pracovat v horkém prostředí, pokud nedojde k nepříznivým účinkům na zdraví.

Specifická zjištění, výsledky testů nebo diagnózy, které nemají žádný vliv na schopnost pracovníka pracovat v teple nebo v horkém prostředí, by do zprávy pro zaměstnavatele neměly být zahrnuty. Bezpečnostní opatření na ochranu důvěrnosti lékařských záznamů pracovníka by měla být prosazována v souladu se všemi příslušnými předpisy a zákony.

5.7.16 Úvahy o vlivu na schopnosti reprodukce

Zvýšená opakující se tepelná zátěž (nad 38 °C nebo 100,4 °F) může vliv na plodnost u obou pohlaví, u žen pak na průběh těhotenství a vývoj plodu (nebezpečí poškození centrální nervové soustavy plodu a dalších vývojových poruch).

5.8 Organizační možnosti řízení tepelného stresu – jednotlivec

Možností preventivních opatření i přímé obrany proti nastupujícímu tepelnému stresu je v současné době i pro nezávislého jednotlivce (dílčího zaměstnance) poměrně mnoho.

5.8.1 Životospráva

Dodržování správné životosprávy je tím prvním a zdaleka nejdůležitějším klíčem ke zdraví, dlouhověkosti i odolnosti proti širokému spektru zátěží, včetně té tepelné. Zjednodušeně ji lze rozdělit do čtyř základních oblastí:

I) strava (by měla být pravidelná a vyvážená; s přibývající očekávanou

tepelnou zátěží by měla být skladba stravy lehce stravitelná; pravidlo „stravovat se méně, ale zato častěji“ zůstává stále platné a v podmínkách zvýšené tepelné zátěže mimořádně efektivní)

II) tekutiny (by měly být přijímány pravidelně a v dostatečném množství, které by pouze nemělo překročit 1 litr vody za hodinu a 12 litrů vody za den; při zvýšené tepelné zátěži by mělo být omezeno konzumování sycených nápojů, alkoholických nápojů, kofeinových nápojů a dalších tekutin, které zvyšují přirozenou metabolickou produkci tepla)

III) spánek (by měl být dostatečně dlouhý a hluboký, tj. načasovaný tak, aby trval cca 7-8 hodin a byl zahájen v časech, kdy lze dosáhnout jeho nejhlubších fází; v případě zjištění spánkových poruch, řešit tuto skutečnost s odbornými lékaři – viz například tzv. „spánkové laboratoře“)

IV) pohyb (by měl být častý, komplexní a správně prováděný tak, aby člověku poskytoval regeneraci, ale zároveň aby nevedl ke zraněním z vyčerpání nebo z přetížení některé části těla nesprávným provedením cvičení; je vhodné se orientovat na odborné trenéry)

5.8.2 Psychohygiena

Vhodné je dlouhodobé zaměření na kompenzaci stresu a dlouhodobě působících duševních traumat, která ovlivňují vnímání, prožívání i chování jedince, a ubírají mu sil pro zvládání zátěžových situací. Vhodným způsobem je sport, svépomocný osobní rozvoj v psychologických a psychosociálních oblastech nebo osobní rozvoj a kompenzace s využitím odborných terapeutických služeb. Psychosomatické projevy stresu výrazně snižují odolnost jedince vůči jakékoliv zátěži, včetně zátěže tepelné.

5.8.3 Komunikace na pracovišti

Je vhodné naučit se tzv. **efektivní komunikaci**, což je komunikace výstižná (věcná) a ve vazbě na aktuální problém také včasná. Komunikovat věcně a včas s kolegy i nadřízenými je důležitým a nenahraditelným nástrojem bezpečnosti.

5.8.4 Osobní ochranné pomůcky

Dostupné osobní ochranné pomůcky je potřeba aplikovat včas (v době, kdy je jich nevyhnutelně potřeba) **a správně** (způsobem, pro který byly designovány, tj. důsledně v souladu s návodem na použití). Jedinou výjimku představuje případ, kdy osobní ochranná pomůcka brání výkonu práce nebo zhoršuje podmínky bezpečnosti na pracovišti (například svému uživateli spíše přitěžuje, než pomáhá). V takové případě je potřeba zahájit efektivní komunikace s příslušným odpovědným pracovníkem nebo nadřízeným neprodleně po zjištění tohoto problému.

5.8.5 Meteorologické předpovědi

Sledování meteorologických předpovědí se zaměřením na očekávané **teploty vzduchu**, **vlhkosti vzduchu**, **tlaky vzduchu**, **rychlosti větru** a **množství oblačnosti**.
Tyto parametry předpovědi počasí mohou výrazně ovlivnit podmínky pro vznik a průběh reakcí na tepelný stres jak samostatně, tak především v kombinaci. Obecně platí následující logická pravidla:

- Čím je teplota vzduchu vyšší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu.
- Čím je vlhkost vzduchu vyšší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu z důvodu ztíženého průběhu odvodu tepla pocením (vlhkostí nasycený vzduch již další objemy vlhkosti nepřijímá tak efektivně, což způsobuje, že pocení se stává neefektivním a lidské tělo se neochlazuje).

- Čím je tlak vzduchu nižší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu z důvodu vlivu na oběhový systém člověka (závratě, malátnost, mdloby).
- Čím je rychlost větru nižší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu z důvodu nižšího ochlazování povrchu těla sfoukáváním teplotní mezní vrstvy nad pokožkou.
- Čím je oblačnost menší, tím horší bude pravděpodobně zvládání tepelného stresu z důvodu intenzivnějšího slunečního svitu.

Nejhorší možnou kombinací faktorů je vysoká teplota vzduchu, vysoká vlhkost vzduchu, nízký tlak, bezvětří a bezoblačnost.
Kromě řádného sledování meteorologických předpovědí se také doporučuje včasně a adekvátně reagovat na pokyny vedoucího pracovníka, který pro systémy včasného varování a dalších postupů byl dostatečně proškolen.

5.8.6 Zdravotnické povědomí

Jako zaměstnanec je potřeba být seznámen se základními příznaky možných onemocnění z tepla, jejich nebezpečností a možnostmi první pomocí. Onemocnění z tepla lze rozdělit do dvou skupin: akutní a chronická, přičemž daná onemocnění jsou již popsána v kapitole Zdravotní dopady tepelného stresu.

5.9 Navrhované řešení řízení tepelného stresu

Řešení ochrany pracovníků před horkem a vlnami veder prošlo v rámci průběhu řešení projektu nemálo změnami. Na základě výše uvedeného obsahu kapitoly zaměřené na „Možnosti řízení tepelného stresu a jeho prevence“ bylo možné sumarizovat navrhované řešení. Přes prvotní (základní) koncept bylo možné využít informace a poznatky získané při řešení projektu, které byly postupně zaměřovány na dílčí problematiky (např. metodologii terénních šetření, problematiku mikroklimatických podmínek, managementu rizik, dalších využitelných nástrojů, jednotlivá opatření zaměřená na prevenci a připravenost atd.). Navazující část je také samostatně obsažena ve výstupu projektu s názvem „Metodika „Klima a BOZP: ochrana pracovníků před horkem a vlnami veder“.

5.9.1 Cíl a určení navrhovaného řešení

Nadměrné teplo během práce vytváří rizika pro BOZP, omezuje fyzické funkce a schopnosti pracovníka, jeho pracovní kapacitu a produktivitu. K tepelnému stresu obvykle dochází při teplotách vyšších než 30 °C a v podmínkách vysoké vlhkosti. „Vyčerpání z horka“ nastává, když tělesná teplota překročí 38 °C a je spojeno se sníženou produktivitou práce, větším výskytem chyb při práci a zvýšeným rizikem úrazu na pracovišti. Vystavení nadměrným teplotám může vést k přímému ohrožení zdraví, někdy dokonce s fatálními následky. Pracovníci ve všech odvětvích jsou potenciálně postiženi, ale určitá povolání jsou zvláště ohrožena, zvláště když vyžadují větší fyzickou námahu a/nebo se odehrávají venku. Taková pracovní místa se obvykle nacházejí v zemědělství, environmentálně orientovaných službách, stavebnictví, odpadovém hospodářství, nouzových službách, dopravě, cestovním ruchu a v ekonomice sportu. Pracovníci v průmyslu ve vnitřních prostorách jsou rovněž ohroženi, pokud není úroveň teploty uvnitř továren a dílen řádně regulována. Při vysokých teplotách je vykonávání i základních kancelářských úkonů obtížné a je doprovázeno nástupem duševní únavy[5].

[5] Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work

Klimatické studie ukazují na zvýšení četnosti a intenzity extrémních meteorologických jevů. Vzestup globálních teplot způsobený změnou klimatu také učiní jev tepelného stresu běžnějším. Tepelným stresem se rozumí reakce na teplo přijaté nad rámec toho, které tělo snese, aniž by utrpělo fyziologické poškození. Takový přebytek tepla zvyšuje pracovní rizika a zranitelnost zaměstnanců; může vést k úpalu a v konečném důsledku dokonce ke smrti. Změna klimatu a rozšiřování takzvaných „městských tepelných ostrovů“, tedy oblastí koncentrovaného tepla uvnitř měst v důsledku rostoucího počtu obyvatel a urbanizace, dále zesílí dopad vln veder a zhorší rizika, jimž čelí zaměstnanci. Ocitáme se tak v nových podmínkách, na které je třeba adekvátně reagovat. Dosavadní právní úprava, obsažená hlavně v Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., však tento problém řeší jen částečně, je zaměřena hlavně na práci v dolech a vnitřních horkých provozech s víceméně stabilními teplotními poměry a nereflektuje tak dynamicky se měnící podmínky ovlivněné klimatickými faktory. Jejím nedostatkem je i komplikovanost, experimentální náročnost a fakt, že řeší primárně kategorizaci práce a mnohem méně aktuální stav proměnný v čase. Zákoník práce však vyžaduje, aby zaměstnavatel identifikoval a ošetřoval všechna rizika, a proto vznikla tato metodika jako dobrovolný nástroj ochrany zdraví a bezpečnosti pracovníků s ohledem na tepelný stres, využívající co nejjednodušších nástrojů a adaptovaný na využití v kontextu klimatické změny. Metodika je pro zájemce o hlubší porozumění tématu doplněna odkazy na doplňující zdroje. Metodika obsahuje doporučení, která je vždy (kupř. související se zdravotními skupinami) potřeba individuálně prodiskutovat s odborníkem, tedy nejlépe pracovním lékařem.

5.9.2 Nezbytné informace o tepelném stresu a jeho následcích

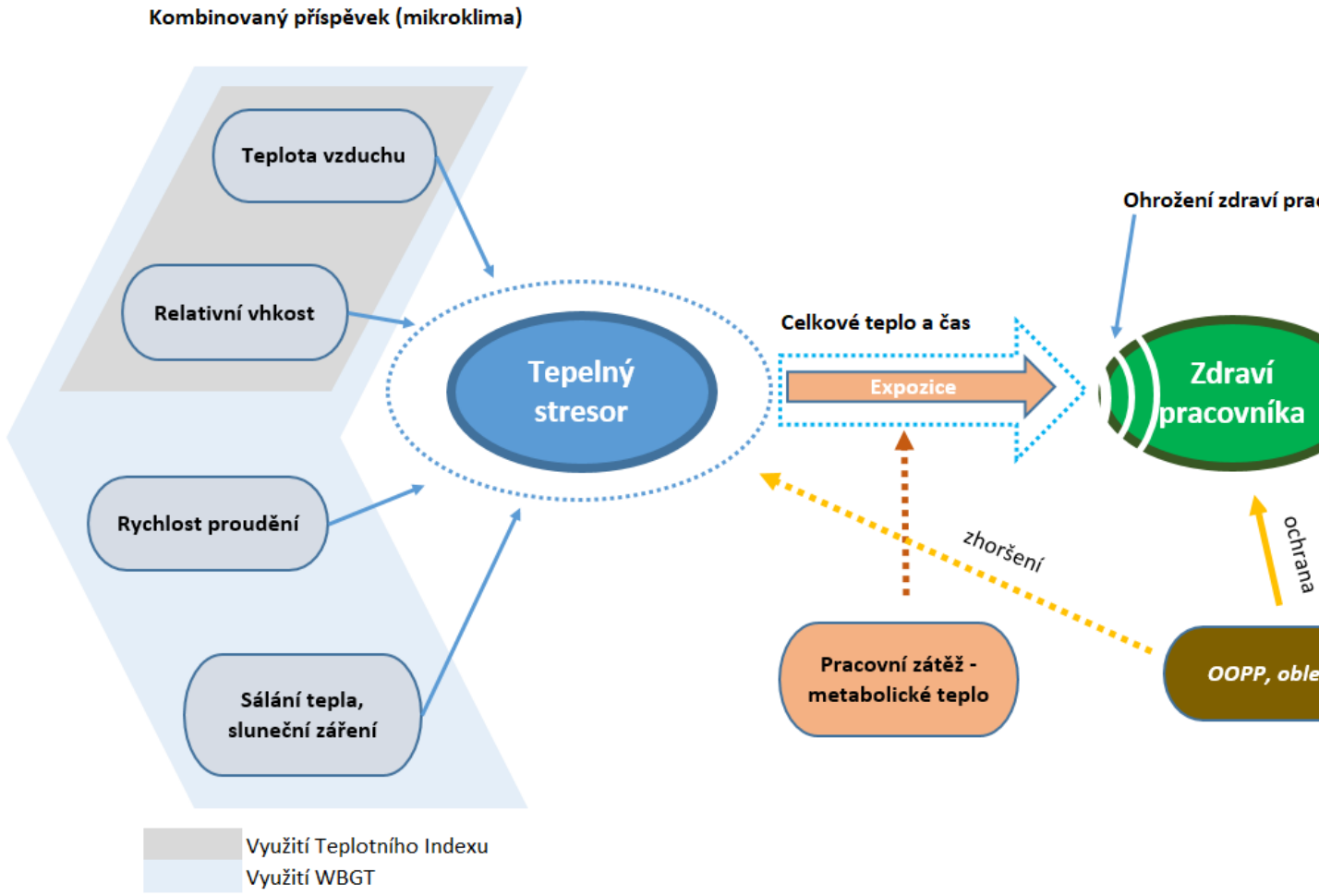
Je prokázáno, že počty nehod a nebezpečného chování v průmyslovém prostředí rostou souběžně se zvýšeným pracovním tempem a v prostředích nad 24 °C tzv. WBGT stupnice (viz dále) a při teplotě tělesného jádra (uvnitř organismu) vyšší než 38 °C. Extrémní teploty mají dopad nejen na fyzické zdraví, ale z velké části ovlivňují i psychiku člověka. Nadměrné teplo způsobuje také psychický stres, který ovlivňuje výkon.

Vznik tepelného stresu

TEPELNÝ STRES v lidském těle vzniká ve chvíli, kdy součet metabolického tepla (tj. tepla vyprodukovaného vlastním lidským tělem metabolickými procesy při vykonávání práce) a tepla z okolního prostředí (sdíleného formou proudění vzduchu, vedení tepla i tepelného záření) překročí individuální schopnost těla v danou chvíli toto teplo snášet a termoregulačními procesy udržovat optimální teplotu tělesného jádra. Poté nastávají postupně tři stupně HYPERTERMIE (přehřátí). Evropská environmentální agentura upozorňuje na to, že počet nemocí a úmrtí z přehřátí v Evropě dosahuje vysokých čísel, v České republice však tento parametr není statisticky sledován.

Tepelný stres z prostředí může představovat větší či menší nebezpečí, a je kombinovaným příspěvkem mikroklimatu, přičemž je nezbytné uvažovat s teplotou vzduchu, relativní vlhkostí, rychlostí proudění a tepelným zářením. Míru ohrožení zdraví pak ovlivňují i další podmínky, jako jsou predispozice pracovníka, úroveň jeho aklimatizace, ochranné osobní pracovní pomůcky a oblečení, ale i to, zda a jakou činnost právě vykonává. Následující obrázek pak uvádí přehled a vztahy mezi jednotlivými faktory.

International Labour Office – Geneva, ILO, 2019, ISBN 978-92-2-132967-1 (print), ISBN 978-92-2-132968-8 (web pdf)



Obr. 75 - Grafický přehled výsledného vztahu pro riziko tepelné zátěže pracovníka.

Jak se tepelný stres projevuje?

Základní informace: Lidé mohou přežít snížení teploty tělesného jádra o 10 ° C, ale zvýšení pouze o 5 ° C

Při expozici tepelnému stresu vznikají postupně tři stupně HYPERTERMIE (přehřátí) doprovázené od určité chvíle ÚPALEM (1 stupeň) a MDLOBOU Z TEPLA (2 stupeň) a posléze potenciálně následované SMRTÍ z přehřátí (3 stupeň). PŘITĚŽUJÍCÍ OKOLNOSTÍ může být počáteční zhoršený fyzický i psychický zdravotní stav nebo fyzická i psychická kondice jednice, které ovlivňují individuální toleranci na teplo. Rizikem je i rychlejší nástup a rozvoj závažnějších akutních nebo chronických onemocnění.

Mezi individuální predispoziční faktory pro nemoci souvisejících s tepelným stresem lze zahrnout věk, pohlaví, tělesný tuk, úroveň kondice, dehydratace, užitá léčiva a další látky, které mohou narušit termoregulační funkce těla.
Indikátory signalizující negativní vliv tepelného stresu na pracovníka jsou zejména zvýšená teplota těla, zrychlený srdeční tep nebo vyšší intenzita pocení a dehydratace pracovníka.

Podrobné informace o akutní, onemocnění z tepla jsou samostatně zpracovány u výstupu Metodika, konkrétně se jedná o přílohu A.

5.9.3 Základní schéma postupu při řízení rizik spojených s tepelným stresem

Rizika tepelného stresu je potřeba umět rozpoznávat, hodnotit míru nebezpečí a vědět, jakými způsoby a opatřeními dosáhnout snížení. Výhodou procesu řízení rizik spojených s tepelnou zátěží je omezení škodlivého působení tepla na zdraví zaměstnanců a zvýšení komfortu při práci, s čímž souvisí jak zvýšení pracovního výkonu, tak i zajištění důstojné práce.

1. Všeobecná příprava

Cílem předběžného hodnocení je nalezení pracovních pozic, kde již došlo nebo by mohlo dojít k působení tepelného stresu z prostředí, aby bylo možné provést nezbytné kroky k eliminaci nežádoucích účinků.

1.1 Předběžné hodnocení pracovních pozic – subjektivní a objektivní

Zaměstnavatel objektivně zohledňuje tzv. Zátěž teplem/chladem při povinné kategorizaci práce[6], která se pohybuje v úrovních od 1-4. Mimo tuto povinnost se musí zohlednit při práci v horkém/chladném prostředí tzv. třídy práce[7].

Interním předpisem může zaměstnavatel stanovit např. “obchůzky”, tedy kontroly bezpečnosti na pracovišti, které budou zahrnovat rovněž kontrolu mikroklimatických podmínek (teplota, vlhkost a proudění vzduchu). Potřeba této kontroly může vzniknout i při změně technologie. Obchůzka může zahrnovat kontrolu dostupných prostředků při vzniku mimořádných situací, souvisejících s teplem např. dostupnost pítek.

Zvýšenou pozornost by měl zaměstnavatel věnovat subjektivním informacím od zaměstnanců. Ty se mohou vztahovat kupř. k volbě pracovního oděvu/problémům s tepelným odporem pracovního oděvu a jiných pracovních pomůcek. Tyto informace zaměstnavatel nebo jím pověřená osoba (vedoucí zaměstnanec, bezpečnostní technik) může získat rovněž v rámci “obchůzek” bezpečnosti pomocí řízeného dialogu se zaměstnanci či náhodnou, tzv. výtahovou konverzací. Další možností je dotazníkové šetření, které je součástí výstupu projektu Metodika, konkrétně jeho přílohy E.

1.2 Informovanost a školení

Pro všechny nové i současné zaměstnance, kteří pracují v horkém prostředí, a pro jejich nadřízené by měl být zaveden program školení o tepelném stresu. Pracovníci a vedoucí pracovníci by měli být proškoleni v oblasti rozpoznávání rizika, prevence a první pomoci při onemocněních způsobených teplem dříve, než začnou pracovat v horkém prostředí, a to včetně situací ovlivněných horkým počasím. V horkých dnech nebo před jejich nástupem by mělo být školení v oblasti prevence ještě posíleno. Prevence nemocí souvisejících s teplem závisí na včasném rozpoznání příznaků, prevenci, zahájení první pomoci a nápravných postupů v nejbližší možné době.

Doporučené oblasti školení jsou sumarizovány u výstupu projektu Metodika, konkrétně se jedná o přílohu B.

1.3 Individuální vnímavost

[6] dle Vyhlášky č. 432/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů
[7] dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ve znění pozdějších předpisů

Vzhledem k lékařskému tajemství, které je mezi zaměstnancem a pracovním lékařem, nemůže zaměstnavatel znát kompletní zdravotní stav zaměstnance. Pracovní lékař podává zaměstnavateli pouze informaci o zdravotní způsobilosti zaměstnance (tedy: zdravotně způsobilý, zdravotně nezpůsobilý, zdravotně způsobilý s podmínkou). Pro zaměstnavatele tedy musí být jednou z priorit vybudování vzájemného vztahu a důvěry (na bázi kultury bezpečnosti), která pomůže při řešení nejen těžké životní situace, ale také zdravotních problémů, které mohou souviset s tepelnou zátěží zaměstnance. Pokud je tato cesta obtížná, doporučuje se také využití prostředníky, tedy zaměstnance i externího zaměstnance, který bude rovněž krom své práce, zastávat funkci ombudsmana BOZP ve společnosti.

V ideálním případě a v rámci osobní odpovědnosti vůči svému zdraví i zdraví ostatních zaměstnanců podniku, dochází ke sledování určitých parametrů přímo zaměstnancem. Příkladem může být informování se o možných nežádoucích účincích podaných léčiv ve vztahu s poruchou termoregulace, která zvýší pravděpodobnost vzniku onemocnění z tepla. Mezi tuto skupinu léčiv se např. řadí diuretika (močopudné přípravky) a psychosomatika. Nejen léčiva, ale také kofein má diuretické účinky. Více o konkrétních skupinách obsahuje výstup projektu Metodika, konkrétně příloha F.

Proces stárnutí vede k pomalejší reakci potních žláz, což vede k méně účinné regulaci tělesné teploty u osob starších 60 let. Nemoci způsobené teplem se vyskytují 3,5krát častěji u obézních než u štíhlých zaměstnanců. Rovněž se snižuje tolerance ke vzniku tepelného stresu u těhotných žen, protože těhotenství přirozeně zvyšuje teplotu těla.

Všechny výše uvedené individuální parametry mohou mít zároveň i vliv na proces aklimatizace. Další individuální faktor, který ovlivňuje aklimatizací je i fyzická kondice jedince fyzicky nezpůsobilí zaměstnanci potřebují více času na úplnou aklimatizaci, dále onemocnění diabetes nebo dieta s omezeným příjmem soli. Také je nutné vzít v potaz i předchozí onemocnění související s teplem.

Tato metodika obsahuje doporučení, která je vždy potřeba individuálně prodiskutovat s odborníkem, tedy pracovním lékařem dané společnosti.

2. Rozeznání úrovně rizika

Pro stanovení úrovně rizika lze použít různé techniky a obecně platí, že čím je technika sofistikovanější, tím lepší výsledky přináší, ale tím je také náročnější na techniku provedení. K dispozici je řada technik, pro potřeby BOZP v ČR jsou se stoupající sofistikovaností k dispozici hlavně tři, výstrahy ČHMÚ a přímé měření teploty vzduchu, tzv. teplotní index a WBGT index.

2.1. Výstrahy ČHMÚ před vlnami veder

Český hydrometeorologický ústav v souvislosti s nebezpečím s tepelným stresem vydává v rámci Systému integrované výstražné služby výstražné informace pro vysoké teploty (očekává-li se vzestup teploty vzduchu nad 31 °C), velmi vysoké teploty (nad 34 °C) a extrémně vysoké teploty (nad 37 °C). Tyto informace jsou vydávány zpravidla 48 až 24 hodin předem, což dává časový prostor pro lepší přípravu. Obsahem sdělené informace je upozornění na vysoké teploty vzduchu na daném území, což se může projevit i na pracovišti. Varování před vysokými teplotami má pro prevenci přímou využitelnost ve venkovních prostorech, přičemž v budovách je nutno zohlednit další faktory a prevenci založit na měření. Tři úrovně výstražné informace SIVS pro vysoké teploty přibližně odpovídají úrovním varování „zvýšená pozornost“ (žlutá), „výstraha“ (oranžová) a „nebezpečí“ (světle červená) u tepelného indexu a WBGT. V roce 2022 také ČHMÚ plánuje revizi výstražných informací.

Z hlediska hodnocení tepelného stresu je však vhodné zahrnout ještě další parametry, a to především vlhkost (teplotní index), případně sofistikovanější index WGBT, zahrnující i další údaje, viz níže.

2.2 Teplotní index

V tepelném režimu organismu hraje významnou roli kromě teploty vzduchu také jeho vlhkost, protože ta omezuje odpařování potu a tím i ochlazování, což vyjadřuje i termín „dusno jako v prádelně“. Teplotní index odpovídá tzv. pocitové teplotě a zjišťujeme ho v blízkosti pracovního místa a měření je relativně nenáročné na techniku. I když přesnější přístroje poskytují větší jistotu, pro ochranu pracovníků může být odečtena aktuální teplota vzduchu i z běžného teploměru, údaj o aktuální relativní vlhkosti vzduchu na úrovni běžných meteorologických měření pak z jakéhokoliv zařízení, které je schopné zobrazovat údaj o relativní vlhkosti vzduchu. Lze využít i běžné domácí meteostanice. Nejvyšších hodnot dosahuje tepelný index obvykle v brzkém odpoledni, kdy je mu třeba věnovat zvýšenou pozornost stejně jako preventivním opatřením.

Teplotní index je stále ještě zjednodušující, neboť nezohledňuje proudění vzduchu a infračervené záření (přímé slunce, sálavé teplo). Jestliže pracovník, zvláště pak při namáhavější fyzické práci, pracuje na plném slunci, může v letních měsících teplotní index být zvýšen až o 7 °C, při polostínu o 3 °C, v každém případě však musí být oslunění zohledněno.

Teplotní index odečítáme z následující tabulky ve formě pocitové teploty. Hodnoty pod 27 °C odpovídají úrovni „pozornost“, označované bíle.

Tab. 10 - Škála hodnot pro tepltotní index (TI); výsledné hodnoty jsou udávány jako pocitová teplota v °C (TI) a je obvykle rozdílná od teploty vzduchu.

Relativní vlhkost [%] \ Teplota vzduchu [°C]	27	28	29	30	31	32	34	34	36	37	38	39	40	41	43	47
40	27	27	28	29	31	33	34	36	38	41	43	46	48	51	54	58
45	27	28	29	31	32	34	36	38	40	43	46	48	51	50	58	
50	27	28	29	31	33	35	37	39	42	45	48	51	55	58		
55	27	29	30	32	34	36	38	41	44	47	51	54	58			
60	28	29	31	33	35	38	41	43	47	51	54	58				
65	28	29	32	34	37	39	43	46	49	53	58					
70	28	30	32	35	38	41	46	48	52	57						
75	29	31	33	36	39	43	47	51	56							
80	29	32	34	38	41	45	49	54								
85	29	32	36	39	43	47	52	57								
90	30	33	37	41	45	50	55									
95	30	34	38	42	47	53										
100	31	35	39	44	49	56										

Zvýšená pozornost | Výstraha | Nebezpečí | Extrémní nebezpečí

2.3 WBGT Index

Nejpřesnější měření spočívá ve využití WGBT indexu. Obrázek výše (Grafický přehled výsledného vztahu pro riziko tepelné zátěže pracovníka) tuto možnost vyobrazuje světle modrou barvou. Index WBGT zohledňuje aktuální teplotu vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu a sálání tepla či intenzitu slunečního záření. WBGT index opět udává pocitovou teplotu, respektive předpoklad tepelné bilance organismu.

WBGT pro **venkovní prostředí** lze vypočítat dle vztahu:

$$WBGT_{out} = 0.7 \times T_{wet\ bulb} + 0.2 \times T_{globe} + 0.1 \times T_{air}$$

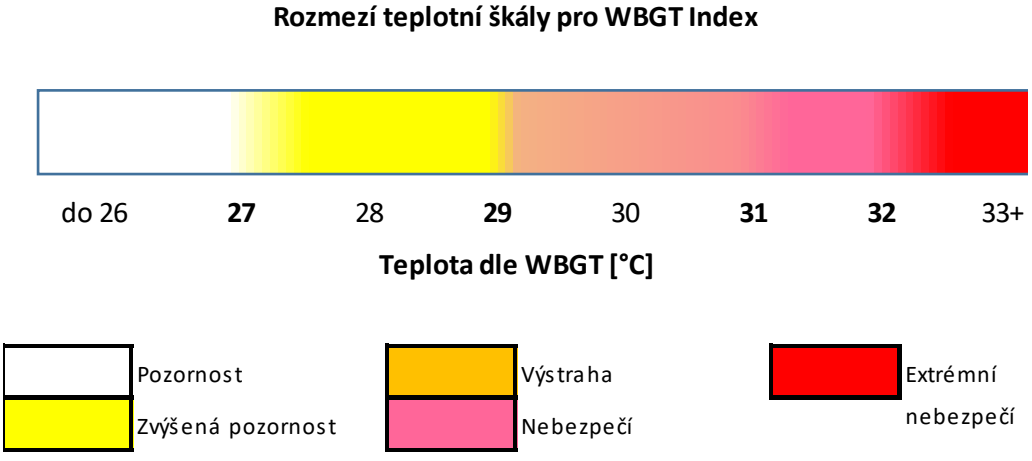
A WBGT pro **vnitřní prostředí** dle vztahu:

$$WBGT_{in} = 0.7 \times T_{wet}\,bulb + 0.3 \times T_{globe}\ ,$$

kde $T_{wet\ bulb}$ je teplota mokrého teploměru, T_{globe} je teplota černého tělesa a T_{air} je teplota vzduchu.

Obr. 76 - Profesionální měřící stanice – QUESTEMPº 32-34-36 (1), poloprofesionální stanice – HT30-promo (2), open-source měřící stanice (3) pro měření WBGT indexu pro vnější i vnitřní prostředí

Detailní popis postupu práce s WBGT včetně vysvětlení měřících aparatur uvádí norma ČSN EN ISO 7243 Ergonomie tepelného prostředí – Stanovení tepelné zátěže pracovníka podle ukazatele WBGT (teploty mokrého a kulového teploměru) a úrovně nebezpečí znázorňuje následující obrázek.



Obr. 77 - Úrovně nebezpečí pro WBGT Index

Realizací jedné ze tří výše uvedených možností stanovení teplotních podmínek je možné zatřídit výslednou zjištěnou hodnotu do příslušné úrovně nebezpečí vyplývající z mikroklimatických podmínek. Úrovně jsou srovnatelné s ohledem na míru nebezpečí s tím, že jejich vypovídací hodnota roste v řadě teplota – teplotní index – WBGT. Pro přehlednost jsou úrovně sumarizovány v následující tabulce, ze které také vyplývá, že různé metody používají různé škály a je proto nezbytné uvádět, která z nich byla pro rozhodovací proces použita (např. TI nebo WBGT).

Tab. 11 - Komparace limitních hodnot SIVS, Teplotního indexu a WBGT Indexu

Komparace rozsahu úrovně nebezpečí při různých formách měření				
SIVS (ČHMÚ)	***Teplotní Index***	***WBGT Index***	***Úroveň nebezpečí***	***Barva***
do 31 °C	do 27 °C TI	do 27 °C WBGT	Pozornost	Bílá
32 – 34 °C ***VT****	27 – 32 °C TI	27 – 29 °C WBGT	Zvýšená pozornost	Žlutá
35 – 37 °C ***VVT** *	33 – 39 °C TI	29 – 31 °C WBGT	Výstraha	Oranžová
38 °C a více ***EVT****	40 – 51 °C TI	31 – 32 °C WBGT	Nebezpečí	Růžová
shodné s **EVT***	51 °C a více TI	32 °C a více WBGT	Extrémní nebezpečí	Červená

Poznámka: VT = vysoké teploty, VVT = velmi vysoké teploty, EVT = extrémně vysoké teploty.
Výsledkem této části navrhovaného řešení řízení tepelného stresu pracovníků je tedy zatřídění zjištěné hodnoty míry tepla v prostředí jako stresoru.

2.4 Zohlednění pracovní zátěže

K celkové tepelné bilanci, a tedy i k potřebám prevence zásadním způsobem přispívá pracovní zátěž příslušného pracovníka. Pracovní zátěž je možno zařadit dle průměrného energetického výdeje do příslušné třídy práce dle NV 361/2007 Sb., kde jsou v Příloze č. 1, části A, tabulce č. 2 provázány třídy práce s energetickým výdejem, a to včetně příkladů typických činností odpovídajících těmto třídám. Mezinárodní doporučení pro řešení tepelného stresu používají jednodušší, třístupňovou škálu, viz následující tabulka.

Tab. 12 - Komparace třídy práce z NV 361/2007 Sb., s mezinárodními doporučeními

NV 361/2007 Sb.		Mezinárodní doporučení	
Třída práce	**Celkový průměrný energetický výdej**	**Doporučená kategorie**	**Hranice pro energetický výdej osoby***
Označení	***M [W.m^{-2}]***	***Označení***	***M [W]***
I	*max. 80*	Lehká práce	250
II a	*81 – 105*		
II b	*106 – 130*		
III a	*131 – 160*	Středně těžká práce	450

III b	*161 – 200*		
IV a	*201 – 250*	Těžká práce	600
IV b	*251 – 300*		
V	*301 a více*		

Poznámka: Energetický výdej je uvažován pro povrch těla 2 m^2.

Vzhledem k variabilitě individuální reakce na teplo a nejistoty při stanovení skutečného energetického výdeje je vhodné třídu práce zatřídit do jedné z doporučených mezinárodních kategorií (lehká, středně těžká a těžká práce).

3. Prevence pro různé úrovně rizika

Preventivní opatření je nutné stanovit na základě úrovně tepelného stresu (Tabulka: Komparace limitních hodnot SIVS, Teplotního indexu a WBGT Indexu) a energetického výdeje spojeného s kategorií práce (Tabulka: Komparace třídy práce s mezinárodními doporučeními) a nastavit tak, aby nemohlo docházet k negativnímu ovlivňování zdraví pracovníků při zachování výkonnosti.

Tepelné zatížení prostředí lze upravit technickými opatřeními (např. klimatizací, ochranným oděvem nebo vybavením). Pokud použití technických opatření není praktické nebo dostatečné, je třeba hledat jiná řešení (např. organizační), aby se udržovala celková úroveň tepelného stresu zaměstnance v mezích, které nebudou spojeny se zvýšeným rizikem onemocnění z tepla[8].

Organizační opatření zahrnuje 5 strategií: [36], omezení nebo úprava doby expozice; [16], dostatečnou hydratací; [84], posílení tepelné tolerance pracovníků například tepelnou aklimatizací a fyzickou kondicí; [83], školení pracovníků v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v horkém prostředí; a [99], dbát na provedení všech zákoně povinných pracovních lékařských prohlídek zaměstnanců (tj. vstupní, periodické, mimořádné, výstupní) a následně s lékařským doporučením dále pracovat (tj. když zaměstnanec je "způsobilý s podmínkou"). Zdravotní vyšetření zaměstnanců, lze provést rovněž pomocí benefitních akcí, např. v rámci školení BOZP si můžou zaměstnanci vyzkoušet měření tepové frekvence, krevního tlaku, BMI apod.

S ohledem na úroveň nebezpečí by zaměstnavatel měl zaměstnancům poskytnout ochranný oděv a vybavení (např. vodou nebo vzduchem chlazené oděvy, vesty s ledovými balíčky, mokré oděvy a zástěry nebo obleky odrážející teplo).
Př nepřijatelné úrovni nebezpečí existují obecně čtyři přístupy k řešení:

1. Úprava pracovní postupy a čas strávený u zdroje tepla
2. Úprava pracovní prostředí
3. Úprava pracovníka tepelnou aklimatizací
4. Úprava oblečení nebo vybavení ve smyslu OOPP

Zohledněním úrovně tepelného stresu a kategorie práce je možné vhodně nastavit nebo upravit nejen režim práce a odpočinku, ale také zjistit potřebné množství tekutin, které by měl pracovník přijímat. Tato základní doporučení jsou uvedena v následující tabulce.

[8] Criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. By Jacklitsch B, Williams WJ, Musolin K, Coca A, Kim J-H, Turner N. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016-106

Tab. 13 - Doporučení pro nastavení či úpravu základních opatření.

Doporučení pro úpravu nebo nastavení základních opatření						
Doporučená kategorie	Lehká práce		Střední práce		Těžká práce	
Opatření upravuje	***Režim práce***	***Příjem tekutin***	***Režim práce***	***Příjem tekutin***	***Režim práce***	***Příjem tekutin***
Škála pro úroveň rizika	*Práce / Odpočinek [min]*	*[l/hod]*	*Práce / Odpočinek [min]*	*[l/hod]*	*Práce / Odpočinek [min]*	*[l/hod]*
Pozornost	*bez limitu*	*0,5*	*bez limitu*	*0,75*	*40 / 20*	*0,75*
Zvýšená pozornost	*bez limitu*	*0,5*	*50 / 10*	*0,75*	*30 / 30*	*1,0*
Výstraha	*bez limitu*	*0,75*	*40 / 20*	*0,75*	*30 / 30*	*1,0*
Nebezpečí	*bez limitu*	*0,75*	*30 / 30*	*0,75*	*20 / 40*	*1,0*
Extrémní nebezpečí	*50 / 10*	*1,0*	*40 / 20*	*1,0*	*10 / 50*	*1,0*

Individuální citlivost, aktuální stav, oblečení a další parametry mohou způsobit zvýšenou odezvu na tepelný stres, a navíc je někdy obtížné stanovit energetický výdej. V takovém případě je možné orientačně stanovit tzv. Brouhovou metodou, zda je při pracovních cyklech dosaženo dostatečné regenerace organismu pracovníka. Po dokončení pracovního cyklu si pracovník sedne a změří se mu tep (např. chytrými hodinkami, oxymetrem, ručně atp.) jako tepová frekvence za prvních 30 vteřin a pak v rozmezí 2,5 až 3 minuty. Překročení tolerance organismu na teplo a fyzickou zátěž v daných podmínkách je indikováno překročením kterékoliv ze tří podmínek:

- Tepová frekvence prvního měření je větší než 110 úderů za minutu
- Tepová frekvence druhého měření je větší než 90 úderů za minutu
- Rozdíl mezi oběma frekvencemi je menší než 10 úderů za minutu

Dojde-li k takovéto situaci, je třeba změnit pracovní režim a je vhodné pracovníka vyšetřit lékařem.

Další a podrobnější opatření na úrovni prevence či připravenosti jsou více rozpracovány ve výstupu Metodika, konkrétně v jeho příloze C.

4. Připravenost na mimořádné situace

Jako mimořádné situace chápeme ty, při kterých dochází k tepelnému působení na pracovníka v takové míře, že vyvolává nebo může vyvolat zdravotní rizika. Mohou nastat velmi rychle a nečekaně, a mohou končit až smrtí.

4.1 Zdravotní rizika

Mezi nejrizikovější mimořádné situace lze zařadit namáhaný úpal, úžeh, vyčerpání z tepla, synkopa neboli tepelná mdloba. Mezi méně rizikové mimořádné situace lze zařadit křeče způsobené teplem nebo potničky. Pokud se u pracovníka objeví známky nebo příznaky úpalu nebo vyčerpání z horka, měl by zaměstnavatel poskytnout okamžité lékařské ošetření. Příznaky onemocnění

způsobené teplem a poskytnutí první pomoci popisuje Příloha D, úpal a úžeh pak podrobněji Příloha A.

4.2 Příprava na mimořádné situace

I přes veškerou snahu předejít podobným situacím se doporučuje mít připravený plán na zvládání takovýchto situací. V každé oblasti, kde je pravděpodobnost výskytu mimořádné situace, je doporučeno, aby oblast byla označena s doplněním informací o požadovaném ochranném oděvu, v režimu nebo vybavení, o nebezpečných účincích tepelného stresu na lidské zdraví a informacemi o nouzových opatřeních při poranění z tepelného zatížení s nouzovými pokyny a pokyny pro první pomoc, jakož i nouzové kontaktní informace. Tyto informace by měly být uspořádány např. následovně:
NEBEZPEČNÁ OBLAST TEPELNÉHO STRESU
VYŽADOVANÉ OCHRANNÉ ODĚVY NEBO VYBAVENÍ PROTI TEPELNÉMU STRESU
MOŽNÝ VÝSKYT TEPELNÉHO ŠOKU NEBO JINÉHO ONEMOCNĚNÍ SOUVISEJÍCÍHO S TEPLEM

Dále se může jednat o předurčené místo se stínem nebo klimatizací, kam se postižený pracovník vyšle, udržování zásoby chlazených tekutin, mít plán na výměnu zaměstnanců, předurčenou osobu, která bude zvládat první pomoc. Součástí připravenosti je také systém školení zaměstnanců o první pomoci či identifikaci nebezpečných stavů.

5. Monitoring, vedení záznamů, trvalé zlepšování

Tepelný stres by měl být měřen přímo na místě provádění pracovního výkonu. Nejvhodnějším způsobem měření je využitím WBGT stanice, která při hodnocení zahrnuje čtyři základní faktory podílející se na tepelném stresu – teplota vzduchu, relativní vlhkost, tepelné záření a proudění vzduchu. Jako alternativu je možné využít také tepelný index, který je však méně přesný.
Měřící stanice by měla být umístěna přímo na místě pracovního výkonu, např. je-li pracovní činnost vykonávána ve venkovním prostředí pod přímým slunečním zářením, stanice musí být umístěna ve stejném prostředí.
Metody pro monitorování mohou být proaktivní, či reaktivní.

Proaktivní metody pro sledování návrhu, vývoje, implementace a řízení rizik za účelem preventivních opatření v ochraně zdraví zaměstnanců zahrnují:

- Pravidelné kontroly pracovního prostředí, technologie a vybavení personálu;
- Sledování zdravotního stavu zaměstnanců jako prevence zranění;
- Plánované kontroly.

Reaktivní metody pro identifikaci nedostatečných opatření a nalezení efektivnějších metod, které by mohly být převedeny z jiných pracovních oddělení / postupů:

- Prošetřování nehod a zranění zaměstnanců
- Sledování výskytů zdravotních onemocnění, nevolnosti a absence zaměstnanců[9].

V říjnu 2018 byla schválena norma ČSN ISO 45001 Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem na použití, která více upravuje rovněž vedení záznamů **Obr. 60**. Další možností je využití pravidelných auditů a zapojení širší škály pracovníků, nejenom z řad vedoucích zaměstnanců, kteří PDCA cyklus povětšinou používají. Příkladem dobré praxe jsou

[9] Measuring performance. Managing Health and Safety Performance. (n.d.). Retrieved February 9, 2022, from https://www.hse.gov.uk/managing/delivering/check/measuring-performance.htm

tedy tzv. “vlastníci bezpečnosti”. Jedná se o vybrané a proškolené zaměstnance z řad “modrých límečků”, kteří provádí v daném intervalu (nejčastěji 2x týdně) kontrolu dle zaměstnavatelem vytvořeného seznamu. V tomto seznamu může být zahrnuta také fyzická zátěž, mikroklimatické podmínky pracoviště, a především návrhy na zlepšení současných pracovních podmínek. O těchto pozorováních se vedou záznamy (co, kdy a kde, termín plnění, odpovědná osoba), které jsou pravidelně revidovány.

Pro implementaci opatření a trvalé zlepšování lze tedy doporučit Demingův zlepšovací cyklus, neboli PDCA cyklus, který znázorňuje následující obrázek. V pracovním prostředí se nejčastěji zapomíná na část “Check” tedy zkontroluj. Tato část je nejen důležitá pro správné fungování cyklu PDCA, ale také v rámci důvěry a vztahu podřízený – nadřízený.

Obr. 78 - PDCA cyklus[10] aplikovaný v řízení rizik na pracovišti: PLAN – naplánování zamýšleného zlepšení (záměr); DO – Realizace plánu; CHECK – ověření výsledku realizace oproti původnímu záměru; ACT - úprava záměru i vlastního provedení na základě kontroly a plošná implementace zlepšení do praxe.

Monitoring, vedení záznamů a jejich vyhodnocování představují cosi jako „kolektivní paměť“ instituce, protože se nelze spoléhat na paměť jedinců. Tento systém také umožňuje zavést poučení z proběhlých událostí a zajistit trvalé zlepšování, které je součástí vyspělé kultury bezpečnosti podniku.

[10] Park, Moon. (2018). Quality improvement in pediatric care. Korean Journal of Pediatrics. 61. 1-5. 10.3345/kjp.2018.61.1.1.

5.9.4 Shrnutí navrhovaného řešení

Změna klimatu dynamicky ovlivňuje mnoho oblastí lidské činnosti, bezpečnost a ochranu zdraví při práci logicky nevyjímaje. Nadměrné teplo během práce vytváří rizika pro bezpečnost a ochranu zdraví osob, dále omezuje fyzické funkce a schopnosti pracovníka, jeho pracovní kapacitu a produktivitu. Toto navrhované řešení poskytuje dobrovolný nástroj, který zaměstnavatelům umožňuje ochránit své pracovníky a zároveň plnit požadavky vyplývající ze zákoníku práce, tedy identifikovat a ošetřit rizika spojená s tepelným stresem z prostředí. Toto navrhované řešení se snaží využívat co nejjednodušších nástrojů adaptovaných na využití v kontextu klimatické změny.
Toto navrhované řešení pomáhá s řízením rizik spojených s tepelným stresem, jakým způsobem rozpoznat míru rizika a jaká opatření je nezbytné přijmout z pohledu prevence i připravenosti. Toto navrhované řešení má ambici pomoci zaměstnavatelům plnit požadavky ze zákoníku práce a rizika spojená s tepelným stresem účinně řídit s cílem minimalizovat vliv tepelného stresu na komfort a zdraví zaměstnance.

6 PŘÍKLADY DOBRÝCH PRAKTIK ZE ZAHRANIČÍ

6.1 Systémy včasného varování jako ochrana zdraví před teplem

HHWS = Heat Health Warning System (varovný systém ochrany zdraví před teplem)
Základem je vždy **identifikace meteorologické situace**, která má potenciál nepříznivě ovlivňovat lidské zdraví. Následně je třeba připravit orgány veřejné ochrany zdraví na akci s cílem předcházet negativním následkům a úmrtím souvisejících s tepelným stresem.

Cílem je, aby informace obsahující varování včas a před příchodem vlny veder doputovala k ohroženým skupinám obyvatel. Základní požadavky jsou následující:

- Dostatečně spolehlivé předpovědi vln veder;
- Důkladné pochopení vztahů příčin a následků u tepelných stresů na zdraví osob;
- Účinná opatření a reakce;
- Spolehlivost systémového řešení (falešná pozitivita může vést k plýtvání zdroji; falešná negativita naopak k promarněné příležitosti; v obou případech je důsledkem ztráta důvěry v systémové řešení).
- Včasná reakce.

Vhodný ukazatel budoucího tepelného stresu by měl být zveřejněn v rozmezí 12 až 48 hodin předem. Optimální variantou jsou 2 dny, ta kombinuje dostatečnou úroveň spolehlivosti předpovědi a dostatečný časový prostor využitelný na přípravu opatření pro zmírnění tepelného stresu.

Varovný systém by měl zahrnovat také dosah na zástupce veřejné správy, pracovníků ochrany veřejného zdraví, poskytovatelé zdravotní a sociální péče, záchranáři atd.

Odezva v rámci systému veřejného zdraví
Napříč zkoumanými zeměmi existuje několik funkčních systémů, které mají od jedné do tří úrovní. První úrovní je vydání výstražné informace na příchod vlny veder. Třístupňový systém pak může obsahovat např. *stav bdělosti, výstrahu, varování* (seřazeno vzestupně dle závažnosti = dle výše očekávané teploty). Obdobně mohou být odstupňovány plány na přípravu reakce na příchod vln veder.

Jednou z důležitých součástí je rozšíření varovné informace skrze hromadné sdělovací prostředky. Veřejná varování putují skrze celou komunitu a součástí varování by měly být také **konkrétní rady** pro snížení dopadu tepelného stresu na pracovníky.

Mezi aktivnější přístupy patří zahrnutí reakce systému na ochranu veřejného zdraví, poskytovatelů zdravotní péče, sociálních služeb a plánovaných intervenčních aktivit, který zahrnuje (viz Philadelphia):

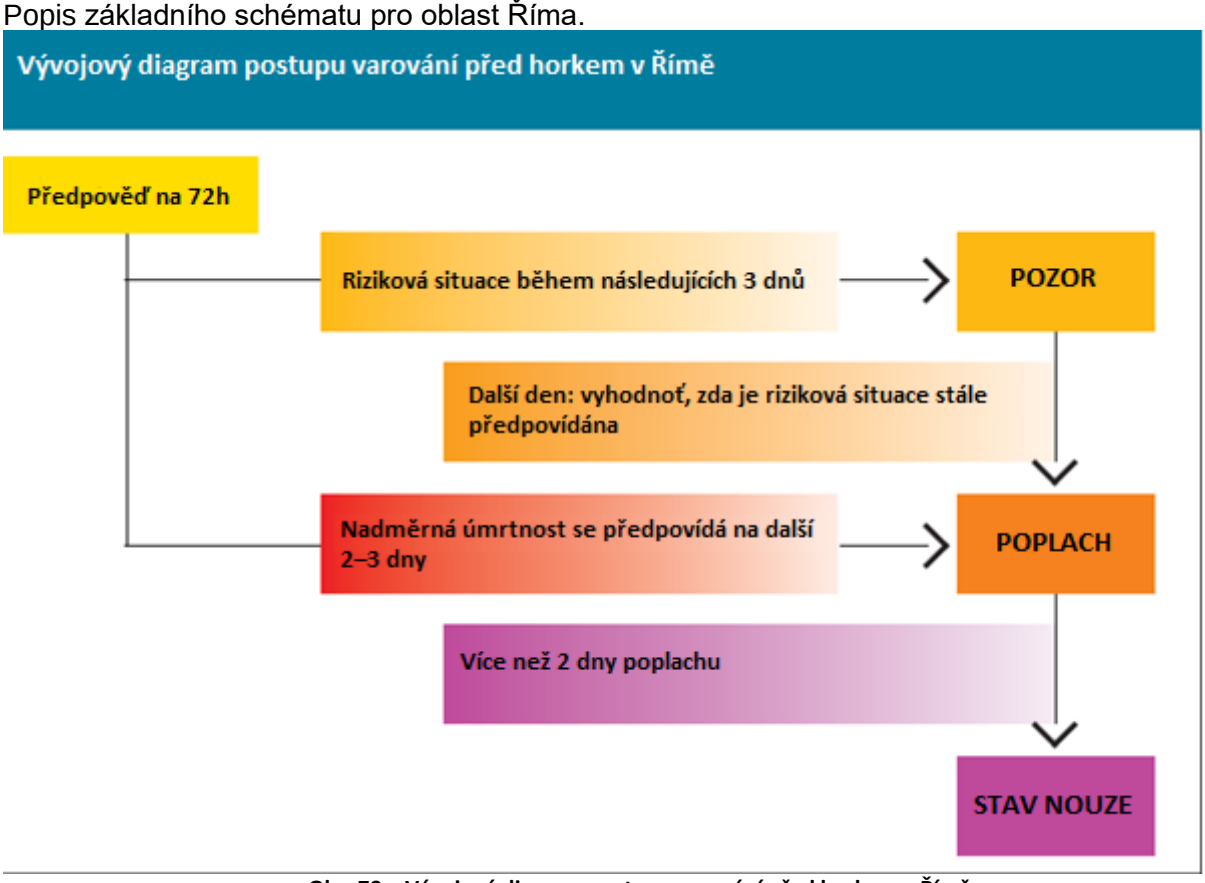
- Podpora systému „spřízněných duší“ (buddy system) skrze známé, přátele, příbuzné a sousedy nejvíce zranitelných osob, aby v průběhu horkého počasí denně prováděli jejich návštěvy;
- Aktivace horké linky, která může telefonicky poskytovat informace a poradenství široké veřejnosti o předcházení negativních důsledků tepelného stresu;
- Terénní týmy (např. poskytovatelů zdravotní nebo sociální péče) provádějí domácí návštěvy lidí vyžadujících více pozornosti, než kolik jim může být poskytnuto prostřednictvím horké linky;

- Intervenční zásahy do ošetřovatelství a osobní péče v domech pro seniory: když je vydáno varování, jsou tato zařízení informována o vysoce rizikové tepelné situaci;
- Personální zabezpečení nemocnic se zvyšuje;
- Dochází k zajištění denního kontaktu s lidmi bez domova.

Kritéria k iniciaci varovných systémů jsou různá napříč analyzovanými zeměmi. Cílovou skupinou pro varovnou zprávu je široká veřejnost, přičemž napříč Evropou existuje několik výjimek: Bělorusko a Rumunsko se zaměřuje na varování zaměstnanců a zaměstnavatelů, v Německu je varovná zpráva předávána asi dvaceti lázním, v nichž se zotavují klienti s kardiovaskulárním onemocněním; v dalších zemích se varování zaměřují na záchranné sbory (zejména z důvodu předcházení lesním požárům) nebo na oblast zemědělství.

6.1.1 Varovný systém v Římě

Popis základního schématu pro oblast Říma.



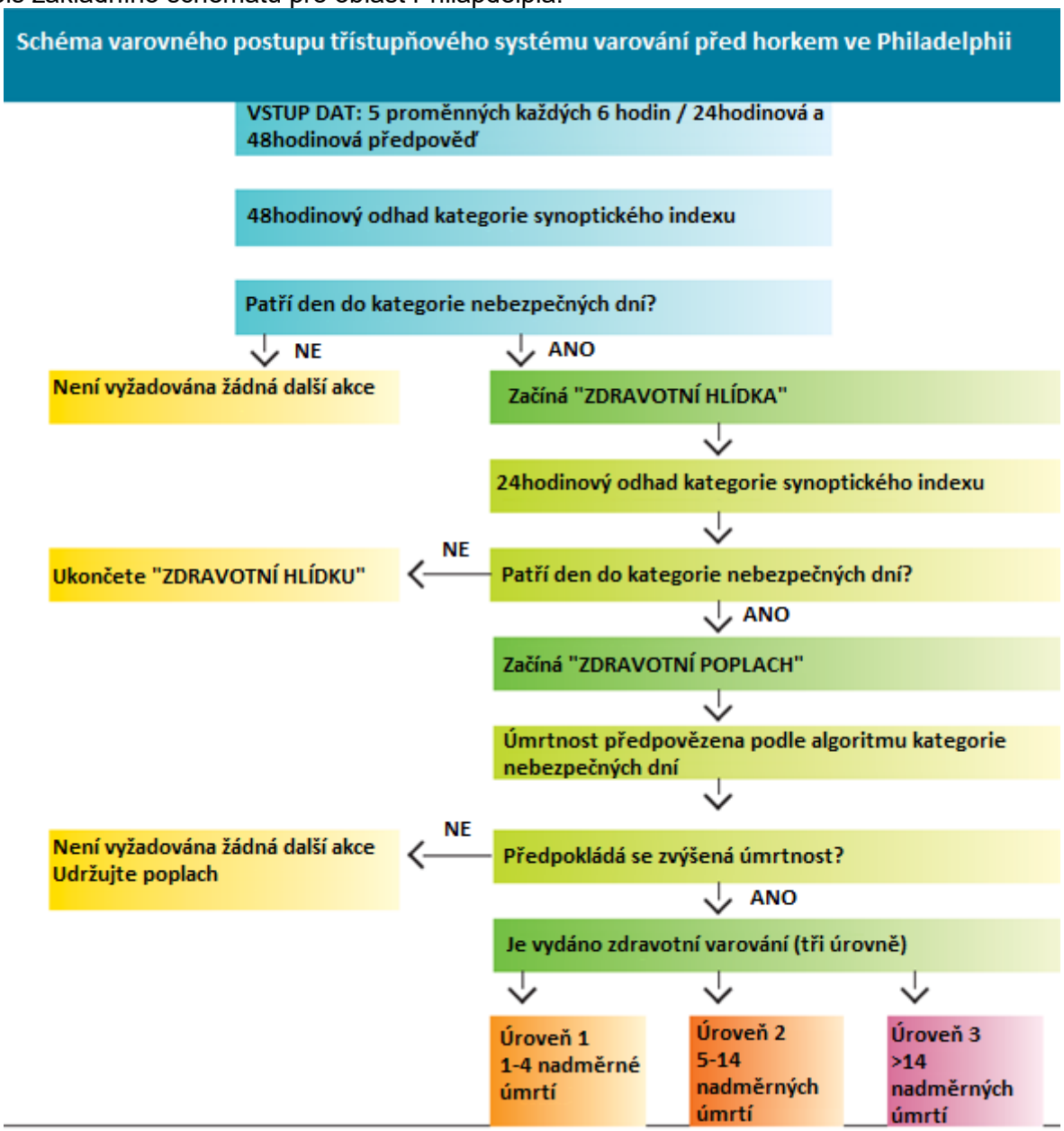
Obr. 79 – Vývojový diagram postupu varování před horkem v Římě

Součástí systému je vydávání bulletinu v případě, že je aktivní jakýkoliv z uvedených stupňů (bdělost, upozornění, nebezpečí). Cílovými skupinami tohoto bulletinu jsou praktičtí lékaři, místní agentury zdravotní péče, nemocnice a zdravotní střediska, domovy pro seniory, sociální instituce pečující o seniory, hromadné sdělovací prostředky a registrovaní jednotlivci.

Poznámka: Systém byl při tvorbě publikace WHO v počátku své existence a nebyl plně rozvinut.

6.1.2 Varovný systém Philadelphia

Popis základního schématu pro oblast Philapdelpia.



Obr. 80 – schéme varovného postupu třístupňového systému varování před horkem ve Philadelphii

Mimo opatření uvedená výše u odkazu na Philadelphia:

- Energetická společnost a vodohospodářské služby pozastavily služby venku během výstražných období;
- Hasičská záchranná služba zvyšuje počet zaměstnanců;
- Lidé bez domova mají denní dosah (denní kontrola);
- Ministerstvo veřejného zdraví má schopnost přemisťovat vysoce rizikové osoby z nebezpečných životních situací do klimatizovaného (přes noc) chráněného zařízení;

- Senior centra prodlužují své pracovní hodiny.

Doporučení z varovných systémů
Napříč Evropou existují rozdíly: populace v jihoevropských zemích a na Balkáně se již do určité míry přizpůsobily horkému počasí. **Obyvatelé zemí severní a střední Evropy** mohou být méně přizpůsobení, tzn. mohou být více zranitelní.

Vždy je na místě přizpůsobit plánovaný varovný systém místním podmínkám, potřebám, dostupné infrastruktuře a nastavených odpovědností.

Kdy vydat varování? Existuje mnoho možností a zkušeností, avšak varovný indikátor musí vycházet z údajů, které jsou snadno dostupné. Je zapotřebí více než jedna úroveň indikátoru. Prahové hodnoty by měly být založeny na přístupu pravděpodobnosti (rizika), nikoliv předvídání skutečných čísel (např. úmrtí).

Koho varovat? Uzpůsobit zprávu jejímu příjemci obsahem, zvoleným informačním kanálem, detailem. Ohrožené skupiny: rodiny s malými dětmi, starší lidé, nemocní lidé, turisté, lidé pracující venku.

Jak je na tom příprava na krizi? Teplo není na vládních úrovních vnímáno jako problém. Současné důkazy naznačují, že vlády a zdravotnické agentury jsou špatně připraveny na silné vlny veder. Protože opatření potřebná ke zmírnění tepelných účinků jsou většinou jednoduchá, vlády někdy podceňují zdravotní rizika. Vlny veder jsou často doprovázeny výpadky proudu a poruchami v zásobování vodou. Do havarijního plánování na místní a národní úrovni by proto měly být zahrnuty silné vlny veder.

Doporučení (checklist varovných systémů)
1. Popište význam „tepla“ pro oblast veřejné zdraví.
2. Popište systém, který má být hodnocen:
   - cíle systému
   - správní struktura systému a agentur
   - vědecký základ systému
   - komponenty a provoz systému
   - vývojový diagram systému.
3. Užitečnost systému pro veřejné zdraví:
   - jaké akce jsou zahájeny v reakci na varování a kdo je za ně odpovědný
   - pokud akce nejsou implementovány, uveďte důvod (důvody)
   - seznam dalších očekávaných odpovědí, které mají být spojeny s varováním.
4. Popište zdroje použité k provozu systému:
   - náklady na nastavení systému (počáteční náklady)
   - roční náklady na údržbu systému, včetně nepřímých nákladů
   - odhadované přímé náklady na varování nebo úroveň varování.
5. Vyhodnoťte systém pro každý z následujících atributů:
   - transparentnost
   - integrita
   - přijatelnost
   - komunikace
   - účinnost
   - citlivost a specifičnost
   - včasnost

- dostatečnost systému.

6. Vyhodnoťte konkrétní opatření pro každý z následujících atributů:
   - přijatelnost nebo důvěryhodnost
   - včasnost
   - účinnost.

6.1.3 Varovný systém v Anglii

První plán veder pro Anglii byl zveřejněn v roce 2004 v reakci na tuto událost. Od té doby jsme v roce 2006 zaznamenali významnou vlnu veder (kdy se odhadovalo, že došlo k přibližně 680 úmrtím ve srovnání s obdobím minulých let). V roce 2009 došlo během vlny veder k přibližně 300 nadměrným úmrtím v létě ve srovnání s obdobím minulých let.

Nadměrná úmrtí nejsou jen úmrtí těch, kteří by stejně zemřeli v příštích několika týdnech nebo měsících kvůli nemoci nebo stáří. Existují přesvědčivé důkazy, že tato úmrtí v létě jsou skutečně „extra“ a jsou výsledkem podmínek souvisejících s teplem.
Na rozdíl od úmrtí spojených s chladnými zimami v zimě následuje nárůst úmrtnosti v důsledku velmi teplého počasí velmi ostře - do jednoho nebo dvou dnů od zvýšení teploty.

Tohle znamená jediné:

- v době, kdy začne vlna veder, **je příležitost k efektivní akci skutečně velmi krátká**; a proto
- pokročilé plánování a připravenost jsou nezbytné.

Víme, že účinná opatření přijatá včas mohou snížit zdravotní dopady expozice nadměrnému teplu. Většinou se jedná o jednoduchá preventivní opatření, která jsou účinná a je třeba je naplánovat před vlnou veder.

Cílem tohoto plánu je zvýšit povědomí veřejnosti o nebezpečích nadměrného tepla pro zdraví a zajistit, aby zdravotnictví, sociální péče a další dobrovolné a komunitní organizace a širší občanská společnost byly připraveny a schopné se s vlnou veder vypořádat, pokud jde o ochranu nejzranitelnějších skupin obyvatel.

Rady pro zdraví a pohodu fungují jako fóra pro komisaře napříč systémy NHS, systémy sociální péče a veřejného zdraví a jsou odpovědné za společné hodnocení strategických potřeb a strategie zdraví a pohody za účelem informování o zadávání zakázek. Zapojení těchto rad do dlouhodobé strategické přípravy na vlny veder a dalších aspektů souvisejících s přizpůsobením se změně klimatu je zásadní, aby se snížila rizika a využily příležitosti ke zlepšení zdraví. Členové rady, zejména ti, kteří mají portfoliovou odpovědnost za zdraví, mají důležitý strategický přehled a kontrolní funkce, jakož i role v zapojení komunity a rozhodování.

Klima se mění a současná analýza vnitrostátního hodnocení rizik změny klimatu ve Spojeném království naznačuje, že v létě se v budoucnu oteplí (viz „Uvedení případu“). ***Dlouhodobé strategické plánování*** je nyní nezbytné pro podporu:

- koordinovaného dlouhodobého plánování mezi agenturami na ochranu lidí a infrastruktury před dopady silného horkého počasí, a tím snížení nadměrných letních nemocí a úmrtí;
- dlouhodobého multiagenturního plánování přizpůsobení se změně klimatu a jejího dopadu, včetně „ekologizace zastavěného prostředí“, návrhu budovy (např. Zvýšení zastínění a izolace budov), zvýšení energetické účinnosti (např. Snížení emisí uhlíku);

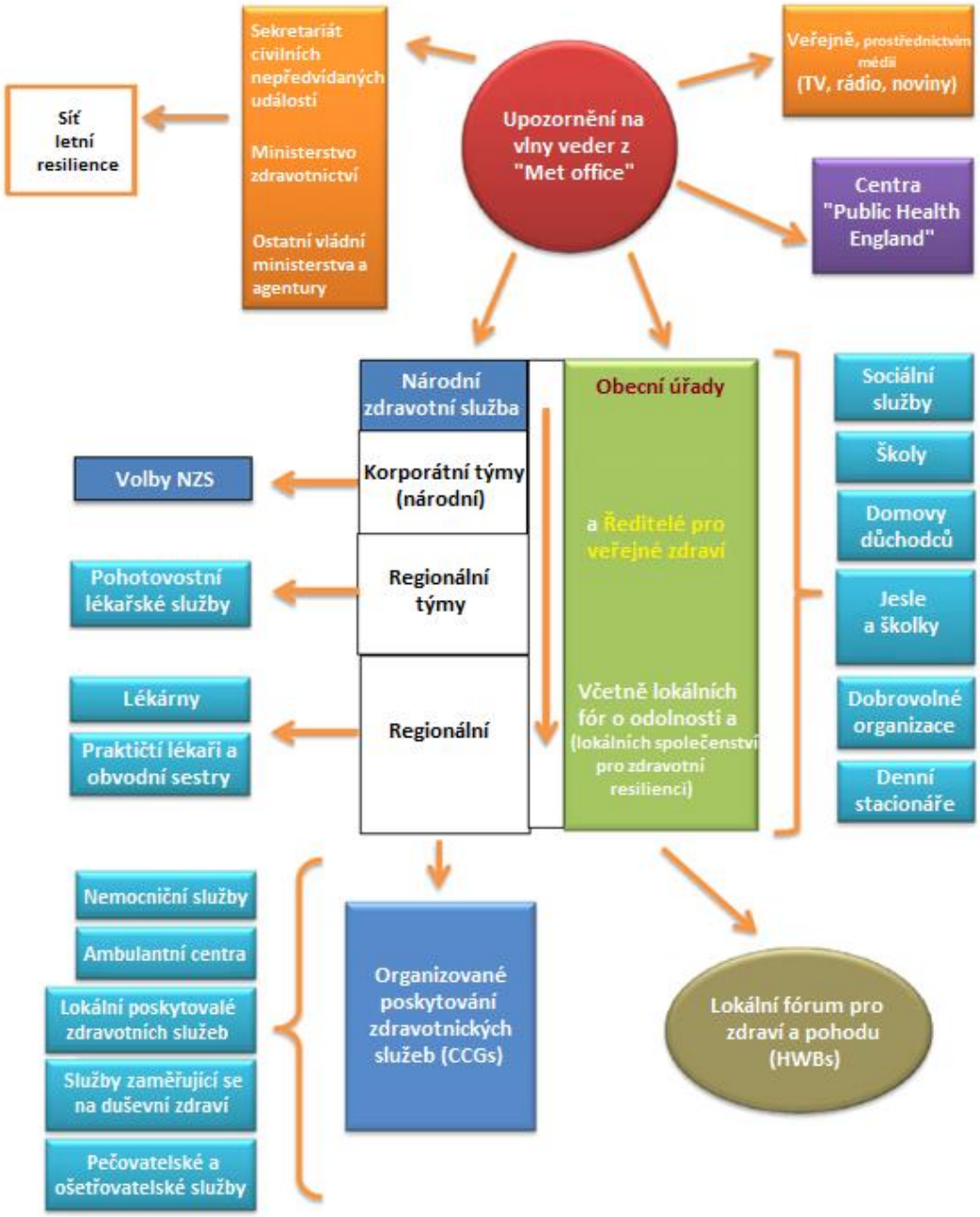
Alert Service je varovný systém pro vlny veder v průběhu teplých měsíců, tedy měsíců s předpokladem výskytu vln veder. Sloučí za účelem přípravy na příchod vln veder. Viz následující **Tab. *14***

Tab. 14 - Ukázka aktualizované tabulky se čtyřmi úrovněmi opatření pro vlny veder

Úrovně výstrahy před vlnami veder

Úroveň 0	Dlouhodobé plánování - celý rok
Úroveň 1	Program připravenosti na vlny veder a léto - 1. června - 15. září
Úroveň 2	Předpovídá se vlna veder – Pohotovost a připravenost – 60% riziko vlny veder v příštích 2 až 3 dnech
Úroveň 3	Opatření při vlnách veder - teplota dosáhla limitu v jednom nebo více regionech Met Office National Severe Weather Warning Service
Úroveň 4	Mimořádná událost - řešení stavu nouze - Centrální vláda vyhlásí stupeň 4 výstrahy v případě silných nebo dlouhotrvajících veder ovlivňujících i jiná odvětví než zdravotnictví

Připravenost na letní měsíce a vlny veder je součástí plánu na vlny veder, přičemž obsahuje systém doporučení na přípravu a překonávání vln veder s orientací na minimalizaci následků horkého počasí. Zahrnuje také oblasti komunikace s veřejností, spolupráci se službami (sociální služby, zdravotnictví, školy atd.) a spolupráci s komunitami. Fungování systému a jeho základní schéma je vyobrazeno na **Obr. *81***.



Obr. 81 - Základní schéma fungování systému pro upozornění na vlny veder

.

Úrovně opatření respektují již využívanou škálu 0-4, která byla převzata z materiálu Public Health England [116] a využívá jej i nadále.

6.2 Návrhy systémového řešení pro eliminaci nebezpečí tepelného stresu

Vzhledem k tomu, že zvýšená frekvence a intenzita vln veder v Evropě [74][75], může mít vážné dopady na zdraví a produktivitu, je nezbytné, aby byla přijata určitá opatření. Zejména v zemích jižní Evropy jsou starší lidé, pracovníci v přírodě a pracovníci v budovách, kteří vykonávají fyzickou práci bez klimatizace, náchylní k nemocem a úrazům souvisejícím s teplem [71]. Dále se může jednat o pracovní místa obvykle se nacházející v zemědělství, službách, v oblasti životního prostředí (hospodaření s přírodními zdroji), stavebnictví, sběru odpadu, pohotovostních opravách, dopravě, cestovním ruchu a sportu [71]. Pokud nejsou teploty v továrnách a dílnách správně regulovány, jsou ohroženi i průmysloví pracovníci v interiérech [53]. Při vysoké úrovni tepla je obtížné provádět i základní kancelářské a kancelářské úkoly, jak nastupuje psychická únava [71].

Oproti tomu bonusové platby zvyšují motivaci i přes tepelné nepohodlí. Iwashita and Tanabe [77], ve své práci ukazují, že motivovaní testovaní jedinci dosahují stejného výkonu při přidávání a korektuře při zvýšených teplotách jako při pohodlných teplotách. U nemotivovaných testovaných osob byl výkon při zvýšené teplotě nižší. Nicméně, stejně jako například v Lan et al. [90], na rozdíl od studií z. Nishihara et al. [103], nebo Lan et al. [90], upustil od výplaty bonusu v závislosti na výkonu. Dle závěrů studie v interiérech [58], je zřejmé, že i zde se za určitých podmínek může projevovat pokles produktivity práce.

Většina domů má vnitřní teplotu mezi 17 ° C a 31 ° C. Lidé nemohou žít pohodlně při teplotách mimo toto rozmezí. Studie v různých městech zjistila lineární vztah mezi komfortem uvnitř a průměrnou měsíční teplotou venkovního vzduchu, a to zejména v budovách, které jsou volně nebo přirozeně větrané [22]. Tento vztah platí pro rozsah venkovní teploty mezi 5 ° C a 32 ° C.

V praxi lidé nereagují pasivně na podmínky, které budovy poskytují, ale aktivně interagují s budovami, které obývají. Dva typické typy interakce jsou [137]:

- přizpůsobit se (prostředky, jako je oblečení, aktivita, držení těla, třes nebo pocení) podmínkám, které zažívají; a
- přizpůsobení poskytovaných podmínek (například pomocí oken, rolet, vytápění nebo klimatizace) tak, aby vyhovovaly návštěvníkům místnosti.

Avšak aby mohla práce probíhat způsobem, který bude mít vymezeny jasné parametry, hranice a správný kontext, pak je nezbytné sestavit celý systém opatření pro oblast redukce tepelné zátěže, který bude v souladu s kulturou bezpečnosti [128], celého podniku (nebo ji bude posouvat na vyšší stupeň).

Systémové řešení by mělo v základu obsahovat definování, financování a provádění následujících opatření [32]:

- **Nástroje k hodnocení** předvídatelného kvantitativního a kvalitativního vývoje v oblasti zaměstnanosti a dovedností s cílem předvídat potenciální eliminaci pracovních míst (vytváření sociálních ukazatelů a řídicích panelů na podnikové a průmyslové úrovni);
- **Identifikace skupin**, které potřebují vhodná a konkrétní opatření;
- **Definice a provádění** doprovodných **opatření** pro sociální změny;
- **Sladění poskytování školení s rozvojem dovedností** požadovaných na trhu práce: vzdělávací programy, nábor, úprava podmínek a pracovní doby, osobní koučování pracovníků při plánování kariéry: hodnocení dovedností, ověřování zkušeností, profesní a geografická mobilita, finanční a sociální opatření doprovázející snižování počtu pracovních míst.

Z hlediska managementu rizik je možné využít přístup uváděný v Safe Work Australia [119], [120], který je v souladu se základními principy uvedenými v ISO 31000 [76]. Zde uváděný postup se skládá z níže uvedených kroků systematického postupu:

- ***Identifikace nebezpečí*** – zjistěte, co by mohlo způsobit negativní následky;
- ***Posouzení rizik***, je-li to nutné – pochopte povahu újmy, která by mohla být způsobena nebezpečím, jak závažná by mohla být újma a pravděpodobnost jejího vzniku/úroveň pravděpodobných následků;
- ***Strategie řízení rizik*** – zavést nejúčinnější opatření, která jsou za daných okolností přiměřeně proveditelná;
- ***Přezkoumání kontrolních opatření***, aby bylo zajištěno, že fungují podle plánu;
- ***Informace, trénink, instrukce***, aby byl zajištěn přenos informací a příjemce je chápal a prakticky je mohl využívat.

Identifikace rizik. Za účelem zjištění aktuálního stavu tepelné pohody nebo nepohody by mělo být přistoupeno k zohlednění problematiky měření tepelné zátěže [101]. Její měření by mělo obsahovat měření klimatických nebo fyziologických faktorů prostředí, následně by měl být vyhodnocen jejich dopad na lidské tělo. Měření by se tedy mělo vždy skládat z následujících částí:

- měření faktorů prostředí;
- předpověď meteorologických faktorů;
- měření metabolického tepla.

Za účelem identifikace rizik v oblasti ***měření faktorů prostředí*** je třeba vzít např. dle Safe Work Australia **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, v úvahu zejména následující:

- Teplota vzduchu;
- Pohyb vzduchu (rychlost);
- Vlhkost vzduchu;
- Zdroje tepelného záření;
- Pracovní podmínky;
- Pracoviště jako takové.

Tento přístup se zaměřuje ryze na pracoviště. Jako vhodný způsob identifikace rizik se poté jeví obecný přístup dle NIOSH [101], se zohledněním měření konkrétních faktorů prostředí a detailů dle Safe Work Australia [120].

Za účelem předpovědi meteorologických faktorů NOAA používá čtyři barevné pruhy spojené se čtyřmi úrovněmi rizika [104]. Dále je možné přijmout již existující limity, jako např. limit pro upozornění a expoziční limit [101] :

- The NIOSH Recommended Alert Limits (RALs) „*Doporučený limit upozornění*“;
- Recommended Exposure Limits (RELs) „*Doporučený limit expozice*“.

Cílem je však přijmutí rozhodnutí o tom, zdali je příslušná teplota problém či nikoliv, a to bez ohledu, zdali dojde k využití škály poskytovatele meteorologických dat či využití určitého přednastaveného limitu.

Posouzení rizik, přičemž tento proces vám pomůže zjistit [120]:

- jak závažné je riziko;
- zda jsou stávající kontrolní opatření účinná;
- jaká opatření byste měli podniknout k omezení rizika;
- jak naléhavě musíte jednat.

Při posuzování rizik byste měli zvážit:

- jaký je dopad pro konkrétní riziko;
- jak je pravděpodobné, že konkrétní riziko způsobí újmu.

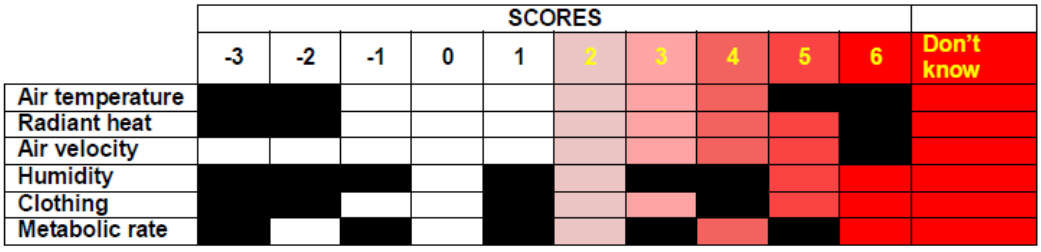
A zároveň je nezbytné zohledňovat:

a) *Typ práce:*
b) *Vlastnosti a predispozice pracovníka:*
c) *Pracovní prostředí:*

Za účelem snadnějšího posouzení rizik (rozhodnutí, zdali je riziko problém) již existují využitelné nástroje. Jedním z možných nástrojů může být zohlednění mnoha vlastností nebo faktorů, které je nezbytné zohlednit při **hodnocení rizik** vyplývajících z tepelného stresu [61]:

- ***pracovní frekvence*** - čím více člověk pracuje, tím více tělesného tepla vyprodukuje;
- ***pracovní klima*** - to zahrnuje teplotu vzduchu, vlhkost, pohyb vzduchu a účinky práce v blízkosti zdroje tepla;
- ***pracovní oděv*** a ochranné prostředky dýchacích orgánů - může znamenat, že pocení a jiné prostředky těla regulující jeho teplotu jsou méně účinné;
- ***věk, stavba a zdravotní faktory pracovníka*** - mohou ovlivnit toleranci jednotlivce.

Dalším z možných nástrojů může být Heat Stress Checklist [118]. Jedná se o záznam sebehodnocení skóre pro tepelný stres pracovníka.



Obr. 82 - Ukázka záznamu skóre tepelného stresu dle Public Health England Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.

Čím více se nacházíme v červené oblasti, tím více pracovník pociťuje tepelnou zátěž jako problém. Nebo se může jednat např. o jiný způsob sebehodnocení tepelného komfortu [62] – viz obrázek.

Obr. 83 - Stupnice sebehodnocení tepelného komfortu pracovníků

Jednoduché posouzení poté může být shledáváno jako jedna z následujících možností:

- **Pokud pouze několik pracovníků** hlásí tepelné nepohodlí a vaše pozorování nevykazují žádné zjevné zdroje nepohodlí, mohou problém vyřešit osobní možnosti (například změny oblečení).
- **Pokud si značný počet vašich zaměstnanců** stěžuje, že je příliš teplo nebo zima (-3 až -2 nebo 2 až 3 na stupnici na obrázku 2), nebo vidíte potenciální zdroje tepelného nepohodlí v jejich práci, měli byste přistoupit ke změnám nebo zlepšení pracovního prostředí.
- **Pokud zjistíte, že existuje riziko tepelného stresu** (spíše než problém s tepelným nepohodlím), měli byste okamžitě přijmout opatření ke zlepšení tepelného prostředí, aby byli vaši zaměstnanci v bezpečí před jakýmikoli nemocemi nebo úrazy souvisejícími s teplotou.
- **Zastavte práci, dokud nebude možné riziko zvládnout.**

7 ZÁVĚR

Projekt „BOZP v kontextu klimatické změny“ řeší, v souladu se svým názvem, problematiku vlivu změn klimatu na bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Ve své analytické části rozebírá existenci a velikost změny klimatu v podmínkách České republiky, konstatuje vlny veder a obecně tepelný stres jako prioritní riziko v souvislosti se změnou klimatu a BOZP a věnuje se rozboru dopadů tepelného stresu na zdraví pracovníků a na jejich výkon a kvalitu práce. Provedená analýza ukazuje na celou řadu možných zdravotních dopadů. Ukazuje se také, že problematika tepelného stresu je pro BOZP významná a v podmínkách ČR do jisté míry podceňovaná, stejně tak i existující právní úprava. Zatím dostupné nástroje v podmínkách ČR ne zcela vyhovují měnícím se podmínkám a současnému stavu znalostí v oblasti tepelného stresu. Jedním z významných výsledků je i skutečnost, že tepelný stres způsobený klimatickými (meteorologickými) podmínkami se netýká jen tzv. „horkých“ provozů, ale také práce v otevřeném prostoru, hlavně na přímém slunci, a dokonce i práce v běžných, například kancelářských provozech, jak ukázala experimentální data v projektu získaná.

Z analytické části projektu vyvstala potřeba doplnit existující nástroje BOZP o metody a nástroje ochrany pracovníků před tepelným stresem na úrovni současného poznání ve světě, a doplnění nařízení vlády č. 361/2007 Sb. o dobrovolné nástroje umožňující s použitím relativně jednoduchých a srozumitelných technik ochranu pracovníků před tepelným stresem v dynamické podobě a s možností v čase a podmínkách aktuálního zvládání rizik tepelného stresu. Tyto nástroje využívají v jednodušší podobě tzv. tepelný index (zohledňuje teplotu vzduchu a jeho vlhkost), v komplexní, preferované podobě pak WGBT index, využívaný předními světovými pracovišti. Pro možnost měření byl vyvinut i funkční vzorek.

Výsledky projektu ukázaly, že problematika klimatické změny a jejího dopadu na BOZP je rozsáhlá a vzhledem k neodvratnosti klimatické změny a nutnosti adaptace na ni vyvstávají další výzkumné potřeby, a to nejen v souvislosti s rostoucí teplotou a vlnami veder, ale i s dalšími dopady změny klimatu jako jsou hydrometeorologické extrémy a mimořádné události s nimi spojené, kontaminace ovzduší, změna rozšíření chorob a další, navíc vzájemně propojené jevy.

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

PŘÍLOHY

7.1 Anonymní dotazník pro subjektivní hodnocení mikroklimatických podmínek

Vážený respondente, Vážená respondentko,

dostal se Vám do rukou dotazník, jehož cílem je na základě Vašich pravdivých odpovědí a Vašeho písemného vyjádření, charakterizovat podmínky a z nich následně analyzovat výsledky pro **výzkum v problematice mikroklimatických podmínek, tedy pocitům spojených s teplotou, vlhkostí a prouděním vzduchu.**

Výzkum provádí **Výzkumný ústav bezpečnosti práce** prostřednictvím a ve spolupráci se **společností XXX**

Vyplněno dne: …….

Věk		Kdy jste přijeli do ČR?	
Pohlaví		Kdy jste začali pracovat (1. den v práci) v našem závodu?	
Pracujete přes agenturu?	ano ne	Pracujete přesčas?	často občas nikdy
U jakého stroje nejčastěji pracujete?			
Pokud nepracujete u stroje, co přesně děláte?			

Křížkem zaškrtněte odpovědi – (dole pod možnostmi) u každé otázky, popřípadě zaškrtněte čtvereček u Vaší odpovědi.

Otázka č. 1:	Jaký máte při vykonávání práce na pracovišti pocit? Je Vám:								
	Velká zima	Zima	Chladno	Mírné chladno	Ani horko, ani zima	Mírně teplo	Teplo	Horko	Velké horko

Otázka č. 2:	Tento pocit je pro Vás:				
	Příjemný	Mírně příjemný	Nepříjemný	Velmi nepříjemný	Extrémně nepříjemný

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

Otázka č. 3:	Když byste se měli rozhodnout, zda toto mikroklima přijmete nebo odmítnete, bude Vaše volba:	
	□ Přijímám (Ano)	□ Odmítám (Ne)

Otázka č. 4 a:	Podle Vašeho názoru je toto prostředí:				
	Velmi dobře snesitelné	Dobře snesitelné	Vcelku snesitelné	Obtížně snesitelné	Nesnesitelné

Otázka č. 4 b:	Největší problém vidíte v:	□ Teplotě	□ Vlhkosti	□ Proudění	□ Tlaku

Zdravotní dopady

Otázka č. 6:	Pociťujete při práci některé z těchto symptomů?		
	□ Bolesti hlavy/ svalů	□ Nevolnost a zvracení	□ jiné, uveďte:
	□ Bolest u srdce	□ Dýchací obtíže	
	□ Pálení očí	□ Psychické obtíže	
	□ Únava	□ Sucho v ústech	

	ANO	NE	OBČAS
Omezují vás bolesti a výše zmíněné obtíže v pracovní činnosti?			
Užíváte léky proti bolesti?			
Byl/a jste pro uvedené obtíže v pracovní neschopnosti?			
Máte možnost krátkého odpočinku po každých 2 odpracovaných hodinách?			
Máte k dispozici dostatek vody k pití?			

Děkujeme za Váš čas a odpovědi, které pomůžou při optimalizaci pracovních podmínek.

7.2 Infografika

7.2.1 Chraň se před riziky tepelného stresu, a co pro to můžeš udělat

Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a je součástí výzkumného úkolu V06-S4 Bezpečnost práce v kontextu klimatických změn, řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i., v letech 2019–2021.

©2021

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

CO MŮŽEŠ DĚLAT?

Hlavní zásady, jak se chránit před tepelným stresem:

Udělej si pracovní PŘESTÁVKU NA OCHLAZENÍ organizmu
Pokud je to možné, udělej si krátkou přestávku na ochlazení organizmu v chladnějším či stinném prostoru nebo klimatizované místnosti.

Dodržuj PITNÝ REŽIM
Pij často, dřív, než pocítíš žízeň. Nejlépe čistou vodu. Vyhýbej se kofeinu, přeslazeným a perlivým nápojům.

Zajímej se o svůj ZDRAVOTNÍ STAV i stav svých kolegů
Zeptej se kolegy, jak se dnes cítí, a sledujte jeho i svůj zdravotní stav, zda nemáte příznaky horka.

Po návratu z delší nepřítomnosti dodržuj PROGRAM AKLIMATIZACE stanovený svým zaměstnavatelem
Zbytečně se nepřepínej. Nesnaž se výkonnostně dohnat kolegy, kteří mají program aklimatizace již dokončen.

Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a je součástí výzkumného úkolu V06-S4 Bezpečnost práce v kontextu klimatických změn, řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i., v letech 2019–2021.

©2021

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
JERUZALÉMSKÁ 1283/9
110 00 PRAHA 1 – NOVÉ MĚSTO
ČESKÁ REPUBLIKA

CO MŮŽEŠ DĚLAT?

Hlavní zásady, jak se chránit před tepelným stresem:

PŘI PRÁCI VENKU v letních měsících nezapomínej na:
- Pokrývku hlavy
- Sluneční brýle
- Opalovací krém

PLÁNUJ si práci na vhodný čas
Pokud je to možné, naplánuj si práci v chladnějších částech dne, např. brzy ráno nebo později odpoledne.

Zajímej se o POČASÍ A VÝSTRAHY v čase, kdy máš vykonávat svoji práci
Věnuj pozornost předpovědi počasí a systému včasné výstrahy stanovenému tvým zaměstnavatelem ohledně vln veder.

Dovolí-li to pravidla BOZP, nos VOLNÉ A PRODYŠNÉ OBLEČENÍ ve světlých barvách
Světlé oblečení lépe odráží sluneční teplo. Bavlněné oblečení můžeš navlhčit, aby ses ochladil/a.

Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a je součástí výzkumného úkolu **V06-S4 Bezpečnost práce v kontextu klimatických změn**, řešeného **Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i.**, v letech 2019–2021.

©2021

8.2.2. Co říká barva močí o tvém zdraví?

Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a je součástí výzkumného úkolu V05-S4 Bezpečnost práce v kontextu klimatických změn, řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i., v letech 2019–2021.

©2021

8 Zdroje

[1] Acclimatization. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [online]. 2018 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: https://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/acclima.html

[2] ACGIH. (2020). 2020 TLVs and BEIs. ACGIH.

[3] Ale, B. J. M., D. N. D. Hartford, and D. Slater (2015). “ALARP and CBA All in the Same Game.” Safety Science 76 (July 1, 2015): 90–100. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.012.

[4] Anderson GB, Dominici F, Wang Y, McCormack MC, Bell ML, Peng RD. Heat-related emergency hospitalizations for respiratory diseases in the Medicare population. Am J Respir Crit Care Med. 2013;187(10):1098-1103. doi:10.1164/rccm.201211-1969OC

[5] Anderson, G. Brooke; Bell, Michelle L.; Peng, Roger D. (2013). "Methods to Calculate the Heat Index as an Exposure Metric in Environmental Health Research". Environmental Health Perspectives. 121 (10): 1111–1119. doi:10.1289/ehp.1206273. PMC 3801457. PMID 23934704.

[6] Arbury S., Jacklitsch B., Farquah O., Hodgson M., Lamson G., Martin H., Profitt A., 2014. Heat illness and death among workers: United States, 2012–2013Office of Occupational Health Nursing OSHA.. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 63(31):661–665. .

[7] Auliciems, A. (1981).Towards a psycho-physiological model of thermal perception. International Journal of Biometeorology, 25:109–122.

[8] Auliciems, A. (1983). Psycho-physiological criteria for global thermal zones of building design. International Journal of Biometeorology, 26(Suppl. 2):69–86.

[9] Auliciems, A. (1992). Greenhouse warmed Europe: thermoregulatory criteria for future indoor climate management. International Journal of Biometeorology, 36:201–209.

[10] Baccini M., T. Kosatsky, A. Analitis, H.R. Anderson, M. D'Ovidio, B. Menne, P. Michelozzi and A. Biggeri (PHEWE Collaborative Group), 2011. Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. J. Epidemiology and Comm. Health, 65(1): 64–70. b.r.

[11] BASU, R. Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence. Epidemiologic Reviews [online]. 2002, 24(2),

190-202 [cit. 2019-05-31]. DOI: 10.1093/epirev/mxf007. ISSN 0193-936X. Dostupné z: https://academic.oup.com/epirev/article-lookup/doi/10.1093/epirev/mxf007

[12] Beniston, M.; Stephenson, D.B.; Christensen, O.B.; Ferro, C.A.T.; Frei, C.; Goyette, S.; Halsnaes, K.; et al. 2007. "Future extreme events in European climate: An exploration of regional climate model projections", in Climatic Change, Vol. 81, Suppl. 1, pp. 71–95.

[13] Bernaciková M., Fyziologie ASEBS: Fyziologie a patofyziologie člověka v extrémních podmínkách. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity [online]. © 2011, 2013 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-SEBS/elearning/fyziologie/fyziologie-a-patofyziologie

[14] Bitan, A. (1988). The methodology of applied climatology in planning and building. Energy and Buildings, 11:1–10.

[15] Bitan, A., Potcher, O. (1995).Theory and methodology of climatic planning and its application to the new city of Bet-Shemesh. Town Planning Review, 66:61–81.

[16] BURKE, Marshall, Solomon M. HSIANG a Edward MIGUEL. Climate and Conflict. Annual Review of Economics [online]. 2015, 7(1), 577-617 [cit. 2019-05-31]. DOI: 10.1146/annurev-economics-080614-115430. ISSN 1941-1383. Dostupné z: http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-economics-080614-115430

[17] CDC. (2016). Criteria for a Recommended Standard: Occupational Health Exposure to Heat and Hot Environments. DHHS (NIOSH).

[18] Climate Change, 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (New York, NY, Cambridge University Press)

[19] COSTELLO, Anthony, Mustafa ABBAS, Adriana ALLEN et al. The Lancet [online]. 2009, 373(9676) [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)60935-1. ISSN 01406736

[20] COUMOU, Dim, Alexander ROBINSON a Stefan RAHMSTORF. Global increase in record-breaking monthly-mean temperatures. Climatic Change [online]. 2013, 118(3-4), 771-782 [cit. 2019-05-31]. DOI: 10.1007/s10584-012-0668-1. ISSN 0165-0009. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s10584-012-0668-1

[21] DARA and Climate vulnerability forum [online]. International, 2012 [cit. 2020]. Dostupné z: https://daraint.org/climate-vulnerability-monitor/climate-vulnerability-monitor-2012/climate/

[22] De Dear, R., Brager, G.S. (2001).The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment. International Journal of Biometeorology, 45:100–108.

[23] DELL, Melissa, Benjamin F JONES a Benjamin A OLKEN. Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. American Economic Journal: Macroeconomics [online]. 2012, 4(3), 66-95 [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1257/mac.4.3.66. ISSN 1945-7707. Dostupné z: http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/mac.4.3.66

[24] DELL, Melissa, Benjamin F JONES a Benjamin A OLKEN. Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. American Economic Journal: Macroeconomics. 2012, 4(3), 66-95. DOI: 10.1257/mac.4.3.66. ISSN 1945-7707. Dostupné také z: http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/mac.4.3.66

[25] Diarrheal infections: Global climate impact [online]. 2010 [cit. 2020]. Dostupné z: https://daraint.org/wp-content/uploads/2012/09/CVM2ndEd-Climate-Diarrheal-Infections.pdf

[26] Drugs. 2010. NCCEH. National Collaborating Centre for Environmental Health [online]. Canada: NCCEH, [cit. 20210]. Dostupné z: https://ncceh.ca/content/drugs

[27] Dunne, John P.; Stouffer, Ronald J.; John, Jasmin G. (2013). "Heat stress reduces labor capacity under climate warming". Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. 3 (6): 563. Bibcode:2013NatCC...3..563D. doi:10.1038/nclimate1827

[28] EEA (European Environment Agency). 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012: An indicator-based report (Copenhagen).

[29] EHS (Princeton University Office of Environmental Health and Safety). 2018. Heat stress facts (Princeton University).

[30] Environmental Canada https://www.ec.gc.ca/Content/B/3/F/B3F88B37-1223-4B6E-9673-68C356740E90/131101_English_DOE_DPR.pdf

[31] EPA, 2021 https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heat-related-deaths

[32] ETUI (2009). Climate Change the Environmentg and Jobs in UNI Europa`s Sectors. Brussels, European Trade Union Institute, Report 109, 30 p. ISBN 978-2-87452-154-6. eISBN 978-2-87452-155-3.

[33] ETUI (2020). ETUI Policy Brief: Our Failure to Prevent Known Risks. Brussels, European Trade Union Institute, No 11, May 2020, 9 p. ISSN 2031-8782.

[34] Extreme Heat Contributes to Worsening Mental Health, Especially Among Vulnerable Populations., 2021. American Psychiatric Association [online]. USA: USA [cit. 20210]. Dostupné z: https://www.psychiatry.org/newsroom/news-releases/extreme-heat-contributes-to-worsening-mental-health-especially-among-vulnerable-populations

[35] Extreme temperatures and health. European Environment Agency [online]. b.r. [cit. 2019-05-31]. Dostupné z: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/heat-and-health-2/assessment

[36] FORZIERI, Giovanni, Alessandro CESCATTI, Filipe Batista E SILVA a Luc FEYEN. Increasing risk over time of weather-related hazards to the European population: a data-driven prognostic study. The Lancet Planetary Health [online]. 2017, 1(5), 200-208 [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1016/S2542-5196(17)30082-7. ISSN 25425196. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2542519617300827

[37] Fouillet A, Rey G, Laurent F, Pavillon G, Bellec S, Guihenneuc-Jouyaux C, Clavel J, Jougla E, Hémon D. Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. Int Arch Occup Environ Health. 2006 Oct;80(1):16-24. doi: 10.1007/s00420-006-0089-4. Epub 2006 Mar 8. PMID: 16523319; PMCID: PMC1950160.

[38] Franěk M, 2011.Termoregulace [přednáška k předmětu fyziologie, obor všeobecné lékařství, 3. LF UK]. Praha. 10.1. Dostupné také z <https://docplayer.cz/26965954-Termoregulace-doc-mudr-miloslav-franek-ph-d.html.

[39] Fyziologie a patofyziologie člověka v extrémních podmínkách, 2015. Inovace SEBS a ASEBS: Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity [online]. Brno: MUNI, [cit. 2021]. Dostupné z: https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/fyziologie/fyziologie-a-patofyziologie

[40] Ganem, Y., Meyer, J.P., Luzeaux, N., Brasseur, G., Laborde, L., Pomian, J.L. (2004). Ambiances thermiques: travail en période de fortes chaleurs. Document pour le Médicin du Travail, No 97, 1er trimestre 2004. 18 p.

[41] GASPARRINI, Antonio, Yuming GUO, Francesco SERA et al. The Lancet Planetary Health [online]. 2017, 1(9) [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1016/S2542-5196(17)30156-0. ISSN 25425196.

[42] Givoni, B. (1986). Design for climate in hot, dry cities. In: Oke TR, ed. Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas.Proceedings of the Technical Conference, Mexico D.F., 26–30 November 1984. Geneva,World Meteorological Organization:487–513 (WMO No. 652).

[43] Givoni, B. et al. (2003).Outdoor comfort research issues. Energy and Buildings, 35:77–86.

[44] GORDON, Christopher J. Role of environmental stress in the physiological response to chemical toxicants. Environmental Research [online]. 2003, 92(1), 1-7 [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1016/S0013-9351(02)00008-7. ISSN 00139351. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935102000087

[45] GRIMSHAW, a ET AL. Working on a WARMER planet The impact of heat stress on labour productivity and decent work [online]. 1. International Labour Office, Geneva: ILO, 2019 [cit. 2020]. ISBN ISBN 978-92-2-132968-8.

[46] Guyton A., John H., 2006. Textbook of Medical Physiology. 11. vydání. Elsevier. 11; s. 782–784. ISBN 978-0-7216-0240-0.

[47] Guyton, A.C. and J.E. Hall, 2000: Textbook of Medical Physiology (10th ed.). W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA. [online]. b.r. [cit. 2019-05-31].

[48] Hajat S. and T. Kosatky, 2010: Heat-related mortality: a review and exploration of heterogeneity. J. Epidemiology and Community Health, 64(9): 753–760. b.r

[49] HANCOCK, P. A. a I. VASMATZIDIS. Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. International Journal of Hyperthermia [online]. 2009, 19(3), 355-372 [cit. 2020]. DOI: 10.1080/0265673021000054630. ISSN 0265-6736. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0265673021000054630

[50] Haneda, M.; Tanabe, S.; Nishihara, N.; Nakamura, S. (2008): The combined effects of thermal environment and ventilation rate on productivity. Proceedings Indoor Air 2008, 17-22 August 2008, Copenhagen, Denmark - Paper 108.

[51] Hansen, Alana, Peng B.,Nitschke M., Ryan P., Pisaniello D., Tucker G., 2008, The Effect of Heat Waves on Mental Health in a Temperate Australian City. Environmental Health Perspectives., 116(10), 1369-1375. ISSN 0091-6765. Dostupné z: doi:10.1289/ehp.11339

[52] HASpod (2019). The ALARP Principle with 5 Real World Examples. HASpod [online]. Dostupné z: https://www.haspod.com/blog/management/alarp-principle-and-examples

[53] Havenith, G. (2003). The physiology of heat related illness/mortality. cCASHh Workshop on Vulnerability to Thermal Stresses, 5–7 May, Freiburg, Germany.

[54] Heat and Cold Illness: Global climate impact [online]. 2010 [cit. 2020]. Dostupné z: https://daraint.org/wp-content/uploads/2012/09/CVM2ndEd-Climate-Heat-and-Cold-Illness.pdf

[55] Heat Stress. Occupational Safety and Health Administration: United States Department of Labour [online]. 2017 [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html

[56] Heat Stress: recommendations. 2018, The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [online]. [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: https://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/recommendations.html

[57] Heat-waves: risks and responses. World Health Organization [online]. 2004 [cit. 2019-05-31]. Dostupné z: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/96965/E82629.pdf?ua=1

[58] Hellwig, R.T., Nöske, I., Brasche, S., Gebhardt, Hj., Levchuk, I., Bischof, W. (2012). Hitzebeanspruchung und Leistungsfähigkeit in Büroräumen bei erhöhten Außentemperaturen. Dortmund, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 66 p. ISBN 978-3-88261-142-7.

[59] HORROCKS, Lisa, Lisa PYE, Alison SEARL, Alistair HUNT a Paul WATKISS. Impacts of climate change in human health in Europe. PESETA-Human health study. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities [online]. b.r. [cit. 2019-05-31]. DOI: 10.2791/36116.

[60] HSE (2013). Heat Stress in the Workplace: A Brief Guide. Bootle: Health and Safety Executive. 4 p. Leaflet INDG451(rev1), published 06, 2013.

[61] HSE (2020). Risk Management: Expert guidance - ALARP at a glance. Health and Safety Executive [online]. Dostupné z: https://www.hse.gov.uk/managing/theory/alarpglance.htm

[62] HSWA (2019). Managing Thermal Comfort at Work. Wellington: Worksafe (Mahi Haumaru Aotearoa). 28 p. eISBN 978-1-98-856735-8.

[63] Humphreys, M. (1978). Outdoor temperatures and comfort indoors. Building Research and Practice, 6(2).

[64] Hyponatremie. Interní medicína [online]. Česká republika: Interní Med, 2015 [cit. 2019-05-31]. Dostupné z: https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2015/03/09.pdf

[65] Cheshire Wp Jr., 2016 Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress. Auton Neurosci. ;196:91-104. doi: 10.1016/j.autneu.2016.01.001. Epub 2016 Jan 6. PMID: 26794588.

[66] ICT Institute (2020). ICT Institute: Information security and PDCA [online]. Dostupné z: https://ictinstitute.nl/pdca-plan-do-check-act/

[67] IHSA. (2019). Construction Health and Safety Manual. IHSA.

[68] ILO (2019). Working on a Warmer Planet: The Impact of Heat Stress on Labour Productivity and Decent Work. Geneva: international Labour Organization. 98 p. ISBN 978-98-2-132967-1. eISBN 978-98-2-132968-8.

[69] ILO. (2010). Effect to be given to the recommendations of the sectoral and technical meetings - Report: Meeting of Experts to adopt a Code of Practice on Safety and Health in Agriculture (Geneva 25–29 October 2010). ILO.

[70] ILO. (2016). Climate Change and Labour: Impacts of Heat in the Workplace. ILO.

[71] ILO. (2019). Working on a warmer planet: The effect of heat stress on productivity and decent work. ILO.

[72] INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. 2019, Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work [online]. Geneva, ©, 98 s. [cit. 2021-01-21]. ISBN 978-92-2-132968-8. Dostupné z: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_711919.pdf

[73] Iowa State Univesity: Environmental Health and Safety [online]. [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: https://www.ehs.iastate.edu/services/occupational/heat-stress

[74] IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) 2014a. Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (New York, NY, Cambridge University Press).

[75] IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) 2014b. Climate Change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (New York, NY, Cambridge University Press).

[76] ISO (2018). Risk Management – Guidelines. Geneva: International Organization for Standardization

[77] Iwashita, T., 2007: Effect of work motivation on the task performance under the different thermal conditions. Proceedings of Clima Helsinki 2007, Vol.1, S. 105-112.

[78] Jacklitsch B., Williams WJ., Musolin K., Coca A., Kim J-H., Turner N.. Cincinnati, OH, 2016, NIOSH criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for

Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016-106.

[79] Jones-Lee, M., and T. Aven. (2011). "ALARP—What Does It Really Mean?" Reliability Engineering & System Safety 96, no. 8 (August 1, 2011): 877–82. https://doi.org/10.1016/j.ress.2011.02.006.

[80] Jongsik Ha (2013). Human Health Adaptation from Heat Wave in South Korea. Sejong: Korea Environment. Presentation Mar 19, 2013. 17p

[81] Kjellström, E.; Nikulin, G.; Hansson, U.; Strandberg, G.; Ullerstig, A. 2011. "21st century changes in the European climate: Uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations", in Tellus A, Vol. 63, No. 1, pp. 24–40.

[82] Kjellström, T., Briggs, D.; Freyberg, C.; Lemke, B.; Otto, M.; Hyatt, O. 2016. "Heat, human performance, and occupational health: A key issue for the assessment of global climate change impacts", in Annual Review of Public Health, Vol. 37, pp. 97–112.

[83] KJELLSTROM, Tord, Bruno LEMKE a Matthias OTTO. Mapping Occupational Heat Exposure and Effects in South-East Asia: Ongoing Time Trends 1980^|^ndash;2011 and Future Estimates to 2050. Industrial Health [online]. 2013, 51(1), 56-67 [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.2486/indhealth.2012-0174. ISSN 0019-8366.

[84] KJELLSTROM, Tord, R. Sari KOVATS, Simon J. LLOYD, Tom HOLT a Richard S. J. TOL. The Direct Impact of Climate Change on Regional Labor Productivity [online]. 2009, 64(4), 217-227 [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1080/19338240903352776. ISSN 1933-8244. Dostupné z: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19338240903352776

[85] Knochel, J.P. and G. Reed, 1993: Disorders of heat regulation. In: Maxwell and Kleeman's clinical disorders of fluid and electrolyte metabolism. R.G. Narins (ed.), fifth edition, McGraw-HiII Education, New York, 1549–1590 [online]. b.r. [cit. 2019-05-31].

[86] KOLEKTIV AUTORŮ, 1958. Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha.

[87] KOLEKTIV AUTORŮ, 1975. Podnebí ČSSR - Tabulky. HMÚ Praha 1961, 379 s.

[88] KURAS, Evan R., Molly B. RICHARDSON, Miriam M. CALKINS et al. Opportunities and Challenges for Personal Heat Exposure Research. Environmental Health Perspectives [online]. 2017, 125(8) [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1289/EHP556. ISSN 0091-6765. Dostupné z: https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/EHP556

[89] KURPELOVÁ M., COUFAL L., ČULÍK, J. Agroklimatické podmienky ČSSR. Bratislava, Príroda, 270 s.

[90] Lan, L.; Lian, Z.; Pan, L.; Ye, Q. (2009): Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature. Building and Environment 44, 8, pp 1578–1588.

[91] Lan, L.; Wargocki, P.; Wyon, D.P.; Lian, Z. (2011): Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses and human performance. Indoor Air, Article first published online: 18 APR 2011.

[92] LEON, Lisa R. Thermoregulatory responses to environmental toxicants: The interaction of thermal stress and toxicant exposure. Toxicology and Applied Pharmacology [online]. 2008, 233(1), 146-161 [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1016/j.taap.2008.01.012. ISSN 0041008X. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0041008X08000288

[93] Limiting Heat Burden While Wearing Personal Protective Equipment (PPE). 2020, The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [online]. [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: https://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/heat_burden.html

[94] LUBER, George a Michael MCGEEHIN. Climate Change and Extreme Heat Events. American Journal of Preventive Medicine [online]. 2008, 35(5), 429-435 [cit. 2019-05-31]. DOI: 10.1016/j.amepre.2008.08.021. ISSN 07493797. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749379708006867

[95] Lucas R.A, Epstein Y., Kjellström T. (2014). Excessive occupational heat exposure: a significant ergonomic challenge and health risk for current and future workers. Extrem Physiol Med 3:14.

[96] Managing the risks of working in heat: Guidance material [online]. 2017: Safe Work for Australia [cit. 2021-01-22]. ISBN 978-1-76051-339-9.

[97] Marková, I.; Tureková, I.; Jaďuďová, J.; Hroncová, E. Analysis of Hygrothermal Microclimatic (HTM) Parameters in Specific Food Storage Environments in Slovakia. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 2092. https://doi.org/10.3390/ijerph17062092

[98] Meehl GA, Tebaldi C. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. Science. 2004 Aug 13;305(5686):994-7. doi: 10.1126/science.1098704. PMID: 15310900.

[99] MORA, Camilo, Bénédicte DOUSSET, Iain R. CALDWELL et al. Global risk of deadly heat. Nature Climate Change [online]. 2017, 7(7), 501-506 [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1038/nclimate3322. ISSN 1758-678X. Dostupné z: http://www.nature.com/articles/nclimate3322

[100] Morris, B.N., Levi, M., Baldasseroni, A., Morabito, M., Messeri, A., Flouris, A.D., Ioannou, G.L., Pogacar, T., Bogataj, K.L., Nybo, L. (2019). Technical Report: Report on accumulated evidence and final guidelines to mitigate heat stress of rokers from the addressed key industries (agriculture, construction, manufacturing, transport and tourism). Heat Shield Project, D4.1. 67 p.

[101] NIOSH (2016). NIOSH criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. By Jacklitsch B, Williams WJ, Musolin K, Coca A, Kim J-H, Turner N. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016-106.

[102] NIOSH [1986a]. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to hot environments: revised criteria 1986. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 86-113.

[103] Nishihara, N.; Yamamoto, Y.; Tanabe, S. (2002): Effect of thermal environment on productivity evaluated by task performances, fatigue feelings and cerebral blood oxygenation changes. Proceedings of Indoor Air 2002., pp. 828-833.

[104] NOAA (2012). Heat: a major killer. Silver Spring, MD: National Weather Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, http://www.nws.noaa.gov/os/heat/index.shtml.

[105] NOAA, 2009 http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/

[106] NOPSEMA ALARP (2020). NOPSEMA ALARP guidance note [online]. 24/06/2020. Dostupné z: https://www.nopsema.gov.au/assets/Guidance-notes/A138249.pdf

[107] NV. 361/2007 Sb

[108] O'NEAL, E.K. a P. BISHOP. Effects of work in a hot environment on repeated performances of multiple types of simple mental tasks. International Journal of Industrial Ergonomics. 2010, 40(1), 77-81. DOI: 10.1016/j.ergon.2009.07.002. ISSN 01698141. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169814109001000

[109] OSHA, 2021 https://www.osha.gov/heat-exposure

[110] OSHA. (17. Listopad 2020). Heat-Index. Načteno z OSHA: https://www.osha.gov/heat/heat-index

[111] OSHA. (17. Listopad 2020). Heat-Index. Načteno z OSHA: https://www.osha.gov/heat/heat-index

[112] OSHA. (2017). Technical Manual. OSHA.

[113] Parsons, K. 2014. Human thermal environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance, 3rd ed. (New York, NY, CRC Press).

[114] Princeton University Office of Environmental Health and Safety. 2018. Heat stress facts (Princeton University).

[115] Public Health England (2013). Heatwave Plan for England: Equality Analysis. London, Public Health England. 24 p.

[116] Public Health England (2014). Heatwave Plan for England: Keeping Healthly when i tis Really Hot. London, Public Health England. 24 p. Publication gateway number: 2014074.

[117] Public Health England (2019a). Heatwave Plan for England: Protecting Health and Reducinfg Harm from Severe Heat and Heatwaves. London, Public Health England. 43 p.

[118] Public Health England (2019b). Heatwave Plan for England: Protecting Health and Reducinfg Harm from Severe Heat and Heatwaves – Appendix: Heat Stress Checklist. London, Public Health England. 8 p.

[119] Safe Work Australia (2009). Guide on Exposure to Solar Ultraviolet Radiation (UVR). Canberra, Safe Work Australia. 26 p. ISBN 978-1-74361-134-0. eISBN 978-1-74361-135-7.

[120] Safe Work Australia (2017). Managing the Risks of Working in Heat: Guidance Material. Canberra, Safe Work Australia. 13 p. ISBN 978-1-76051-339-9. eISBN 978-1-76051-340-5.

[121] Sawka M.N., Périard J.D., Racinais, S. 2016. “Heat acclimatization to improve athletic performance in warm-hot environments”, Jan. Available at: www.gssiweb.org [20 Nov. 2018]

[122] SHARP, J. (2009) Jak postupovat při řízení kontinuity činností. Praha: překlad a interpretace pro české prostředí Risk Analysis Consultants, 2009. ISBN 978-80-254-3992-0.

[123] Sherwood, S.C.; Huber, M. (25 May 2010). "An adaptability limit to climate change due to heat stress". Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 107 (21): 9552–5. Bibcode:2010PNAS..107.9552S. doi:10.1073/pnas.0913352107. PMC 2906879. PM ID 20439769.

[124] Schifano, P., M. Leone, M. De Sario, F. de'Donato, A.M. Bargagli, D. D'Ippoliti, C. Marino and P. Michelozzi, 2012: Changes in the effects of heat on mortality among the elderly from 1998–2010: results from a multicenter time series study in Italy. Environ. Health, 11: 58. b.r.

[125] SIMISTER, John a Cary COOPER. Thermal stress in the U.S.A: effects on violence and on employee behaviour. Stress and Health. 2005, 21(1), 3-15. DOI: 10.1002/smi.1029. ISSN 1532-3005. Dostupné také z: http://doi.wiley.com/10.1002/smi.1029

[126] Steadman, R. G. (1979). The Assessment of Sultriness. Colorado State University.

[127] Steadman, R. G. (July 1979). "The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science". Journal of Applied Meteorology. 18 (7): 861–873. Bibcode:1979JApMe..18..861S. doi:10.1175/1520-0450(1979)018<0861:TAOSPI>2.0.CO;2.)

[128] Stemn, E., Bofinger, C., Cliff, D., Hassall, M.E. (2019). Examining the relationship between safety culture maturity and safety performance of the mining industry. Safety Science, Vol. 113, pp. 345-355. DIO: 10.1016/j.ssci.2018.12.008

[129] STŘEŠTÍK, J., ROŽNOVSKÝ J., ŠTĚPÁNEK P., ZAHRADNÍČEK P., 2014. Increase of annual and seasonal air temperatures in the Czech Republic during 1961-2010. In: ROŽNOVSKÝ, J. a T. LITSCHMANN eds. Mendel and Bioclimatology. Conference proceedings, Brno, 3rd-5rd Sep. 2014 [CD]. Brno: 2014. ISBN 978-80-210-6983-1.

[130] ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., 2008: Experiences with quality control and homogenization of daily series of various meteorological elements in the Czech Republic, 1961-2007. Genova: In: Proceedings of the Sixth seminar for homogenization and quality control in climatological databases (Budapest, 25. - 30. May 2008), WCDMP,WMO, 2008. p

[131] TOLASZ, R., et al. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP).

[132] UNDP (United Nations Development Programme). 2016. Climate change and labour: Impacts of heat in the workplace (Geneva).

[133] Urlaub, S.; Hellwig, R. T.; Treeck, C. van; Sedlbauer, K. (2010): Möglichkeiten und Grenzen bei der Modellierung von Einflussfaktoren auf die menschliche Leistungsfähigkeit. Bauphysik 32, Nr. 6, S. 373-379.

[134] Vector borne: Global climate impact [online]. 2010 [cit. 2020]. Dostupné z: https://daraint.org/wp-content/uploads/2012/09/CVM2ndEd-Climate-Malaria-and-Vector-Borne.pdf

[135] Wargocki, P.; Dalewski, M.; Haneda, M. (2009): Physiological effects of thermal environment on office work. Proceedings of Healthy Buildings Syracuse 2009, paper 104.

[136] WHO (1990). Indoor environment: health aspects of air quality, thermal environment and noise. Geneva,World Health Organization (http://whqlibdoc.who.int/hq/1990/WHO_EHE_RUD_90.2.pdf, accessed 29 October 2003).

[137] WHO (2004). Health and Global Environmental Change, series No. 2. Denmark, World Health Organization: Regional Office for Europe. 124 p. ISBN 92-890-1094-0.

[138] WHO [1969]. Health factors involved in working under conditions of heat stress. Geneva: World Health Organization

[139] WHO. (2011). Public Health Advice on Preventing Health Effects of Heat. WHO.

[140] WHO. (2015). WHO Heat Health Guidance 2015. WHO.

[141] Willem, H. C.; Tham, K. W. (2005): Some effects of air temperature on skin temperature, thermal sensation and mental performance of tropically acclimatized subjects. Proceedings Indoor Air Beijing 2005, 1, S. 383-388.

[142] WILLETT, Katharine M. a Steven SHERWOOD. Exceedance of heat index thresholds for 15 regions under a warming climate using the wet-bulb globe temperature. International Journal of Climatology [online]. 2012, 32(2), 161-177 [cit. 2020-01-23]. DOI: 10.1002/joc.2257. ISSN 08998418. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1002/joc.2257

[143] WMO (World Meteorological Organization). 2018. Frequently asked questions on climate. Available at: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faq/faq_doc_en.html [20 Nov. 2018].

[144] Working safely in extreme temperatures: Good Practise Guidelines [online], 2019. New Zeland Goverment [cit. 2021-01-22]. ISBN 978-1-98-856756-3.

[145] WYON, D. P. The effects of indoor air quality on performance and productivity. Indoor Air. 2004, 14, 92-101. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2004.00278.x. ISSN 09056947. Dostupné také z: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0668.2004.00278.x

[146] ZAHRADNÍČEK, P., ROŽNOVSKÝ J., ŠTĚPÁNEK P., CHUCHMA F., 2017. Výskyt silných mrazů koncem měsíce dubna 2016 s ohledem na škody způsobené v ovocnářství. In: Mrazy a jejich dopady – sborník abstraktů z mezinárodní konference, Hrubá Voda 26.–27. 4. 2017. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2017. ISBN 978-80-87577-69-1.

[147] ZHAO, Zheng-Dong, Wen Z. YANG, Cuicui GAO, et al. 2017. A hypothalamic circuit that controls body temperature. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(8), 2042-2047. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.1616255114