

A KÖRNYEZETI HŐTERHELÉS MÉRÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI A MAGYAR HONVÉDSÉGBEN**METHODS OF THE MEASUREMENT OF THE ENVIRONMENTAL HEAT LOAD
IN THE HUNGARIAN DEFENCE FORCES**

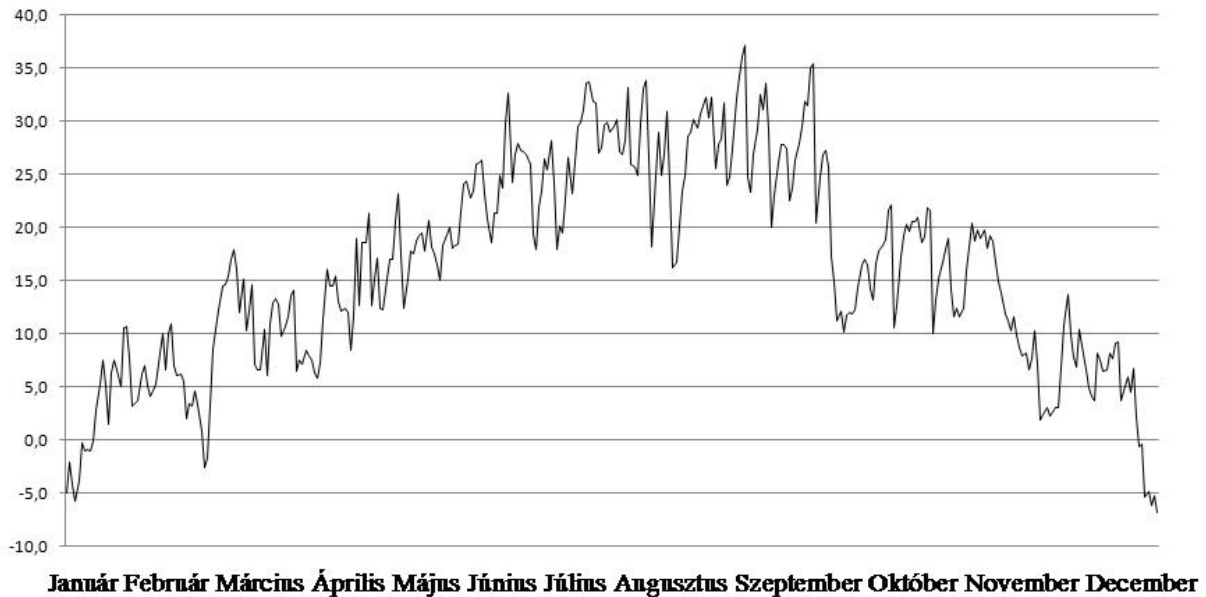
A mindennapokban számos alkalommal találkozunk a globális felmelegedés, klímaváltozás fogalmakkal. Katonáink a NATO válságreakgáló műveletei keretében számos alkalommal az itthon megszokottnál melegebb hőmérsékleti körülmények közepette teljesítették vagy teljesítik feladataikat. Így egyre többször kerül előtérbe a hő, a magas környezeti hőmérséklet, amely hatást gyakorolhat fizikai tevékenységünkre. Ennek ellenére (vagy éppen ezért) fel kell tennünk a kérdést, tisztában vagyunk-e a környezeti hőterhelést befolyásoló tényezőkkel, azok jelentőségével? Írásomban sorra veszem a környezeti hőterhelés megállapításának lehetőségeit, melyek közül a látszólagos hőmérséklet megállapításának módszerét javaslom alkalmazni. Erre támaszkodva három környezeti hőterhelési kategória bevezetésére teszek javaslatot, melyek a közvetlen gyakorlati tevékenységet irányító parancsnokok számára nyújtanak segítséget, a beosztott állomány fizikai teljesítőképességének megőrzéséhez.

Global warming, it is a fashionable expression nowadays. Hungarian soldiers take part in some multinational Crisis Response Operations under hot weather conditions. So phrases like hot weather, heat stress and heat exposure are emerging and they influence our everyday routines. Even so, do we have a clear idea about main components of heat exposure? I do not think so. In my paper I introduce some methods of measurement of heat exposure from which I recommend the measurement of apparent temperature. I also recommend using three categories of heat exposure. With these categories military leaders on the fields can decrease loss of physical performance of their manpower.

BEVEZETÉS

Napjaink válságreakgáló katonai műveletei, melyekben hazánk is érintett, jellemzően forró égövi körülmények között kerülnek végrehajtásra. Emellett a globális felmelegedés hatására az eddig mérsékelt éghajlatú országok időjárása is megbolydult, aminek hatására sorra dőlnek meg a hideg- és melegrekordok. Így van ez Magyarországon is, ahogyan az 1. ábra mutatja. Jól látható, hogy a nyári időszakban nem ritka a 30 °C-ot meghaladó átlagolt hőmérséklet sem.

Napi átlaghőmérséklet (11–17 óra közötti időszakra)



1. ábra 11–17 óra közötti átlaghőmérsékleti grafikon 2008-ban, Szeged térségére

A klímaváltozás hatásait a téma aktualitása miatt már sokan vizsgálták az elmúlt években. Kevés azonban azoknak a tanulmányoknak a száma, amelyek a klímaváltozás befolyását taglalják a honvédség feladataira, működésére vonatkozóan. Padányi József az éghajlatváltozás és a biztonság összefüggéseit feltáró írásában² főleg a gazdasági és a haderő feladatrendszeréhez köthető kapcsolatokat mutatja be. Végső következtetései közül kettő munkám inspirálója volt. Egyrészt a magyar katonák az expedíciós műveletek előtérbe kerülésével olyan klimatikus viszonyok közé is kerülhetnek, ahol fokozottan érvényesülnek az éghajlatváltozás következményei, másrészt szükségessé vált azoknak a kutatásoknak a megkezdése, amelyek a honvédség lehetséges szerepvállalását vizsgálják az éghajlatváltozás okozta kihívások kezelésében. Úgy gondolom, a klímaváltozás lehetséges hatásainak vizsgálatához elengedhetetlen magának a kialakuló hőterhelés, ebből is a környezeti hőterhelés mértékének a megállapítása.

A katonai műveletek (és az arra való felkészülés) során elengedhetetlen, hogy a feladatokat végrehajtó katonák fizikai teljesítőképességük teljes birtokában legyenek. A környezeti hőterhelés, ami nem egyszerűen a hőmérő által mutatott értéket jelenti, hatást gyakorol a katonák teljesítőképességére. Kohut László doktori értekezésében³ szoros összefüggést állapít meg a szervezet folyadék- és hőháztartása között. Magas környezeti hőterhelés során tehát kulcsfontosságú a fizikai teljesítőképesség megőrzését biztosító vízellátás, valamint a hőterhelés hatásait figyelembe vevő munkaszervezés. Írásomban megpróbálok segítséget nyújtani a katonákat ért környezeti hőterhelés minél pontosabb megállapításához. Legelőször vegyük sorra, milyen tényezők játszanak szerepet a környezeti hőterhelés alakulásában.

A KÖRNYEZETI HŐTERHELÉS ÖSSZETEVŐI

A környezeti hőterhelést nem lehet egyszerűen a mért hőmérséklettel jellemezni, mivel az emberi szervezet hőháztartására jelentős hatást gyakorol többek között a páratartalom és a légmozgás is. A legpontosabban a munkaegészség-

¹ Az írásban szereplő, Szeged térségére, 2008. évre vonatkozó, a hőmérsékletet és a levegő relatív páratartalmát elemző grafikonokat és táblázatokat a szerző készítette a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatától biztosított adatbázis alapján.

² Padányi József: Éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései. *Hadtudomány*, 2009/1-2. 35. oldal.

³ Kohut László, *Extrém fizikai terhelésnek kitett állomány keringési és élettani vizsgálata*, Phd értekezés, ZMNE, 2008 Budapest.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.

3. évfolyam 1. szám

KÁLLAI Ernő

tanban alkalmazott WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) értékével jellemezhető a környezeti hőterhelés. A WBGT magában foglalja mindazokat a tényezőket, amelyek befolyásolják a környezeti hőterhelést. Értéke az alábbi módon számítható:⁴

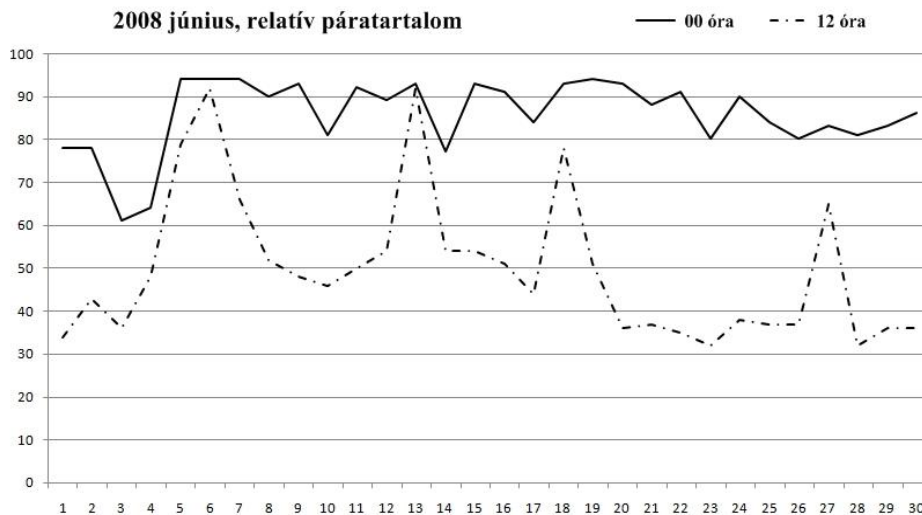
$$WBGT = 0,7 * T_{nwb} + 0,2 * T_g + 0,1 * T_a$$

Ahol: T_{nwb} a nedves hőmérő hőmérséklete, melyet a hőmérő tartályának nedves ruhadarabbal történő beburkolása után mérünk, és amely összefüggésben van a levegő *relatív páratartalmával* és a *légmozgással*. T_g egy matt fekete rézgömb belsejének a hőmérséklete, mely a *sugárzó hő* mennyiségét jellemzi. A T_a a száraz hőmérő *hőmérséklete*.

Ennek alapján a környezeti hőterhelésnek az alábbi összetevői vannak:

- a levegő relatív páratartalma;
- a levegő mozgékonyasága (szél);
- A sugárzó hő;
- a léghőmérséklet.

A levegő relatív páratartalma a szervezet hőleadását befolyásolja. Minél nagyobb az értéke, szervezetünk annál kisebb hatékonysággal képes leadni a fölösleges hőmennyiséget a bőrfelületi párolgás vagy az izzadás útján.



2. ábra A nappali és az éjszakai különbségek a relatív páratartalomban, mérsékelt éghajlati körülmények között (2008. június, Szeged)

A levegő mozgékonyasága szintén a hőleadásunkra gyakorol hatást, minél nagyobb az értéke, annál nagyobb mértékben segíti a szervezet hőleadását. Nyilvánvalóan ez csak intenzív meleg esetén segítség, hiszen hidegben nem a hőleadás a célunk.

A sugárzó hő és a léghőmérséklet melegítő hatást gyakorol a szervezetre.

Ezekre az összetevőkre nem tudunk hatást gyakorolni, csak alkalmazkodni tudunk hozzájuk. Ez körütekintő munkaszervezést és megfelelő öltözködést feltételez. Bár ez utóbbi a katonák számára műveleti környezetben nem megoldható, vagy korlátozottan alkalmazható. A sugárzó hő és a szél értékeit csak a konkrét munkaterületre lehet megállapítani. Gondoljunk csak arra, hogy egy fasor vagy egy épület befolyással van a szélereősségre, míg a sugárzó hő mennyisége a felhőzet alakulásától függően percről percre változhat.

⁴ A műben szereplő képletek az Australian Government Bureau of Meteorology [on line] About the WBGT and Apparent Temperature Indices [idézve 2009.11.15.] cikkéből származnak. Elérhető: http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/

A természeti körülményekre nincs hatásunk, azonban a szervezetet ért hőterhelésre két befolyásolható tényező is hatást gyakorol. Ezek az egyén által végzett fizikai tevékenység (annak nehézsége és intenzitása), és a környezeti tényezők-höz igazodó öltözködés.

A fizikai munkavégzés a külső körülményektől függetlenül is emeli a szervezet hőmérsékletét.

Az öltözködés, ha nem igazodik a külső körülményekhez, vagy elősegíti a szervezet kihűlését (téli nem elegendő vastagságú ruházat), vagy gátolja a hőleadást, esetleg fölöslegesen melegíti a szervezetet (nyáron túl vastag ruházat). A katonák számára ez utóbbi jelent valós kockázatot, mivel a katonai műveletek végrehajtásához szükséges ruházat, védő- és egyéb más felszerelés nem csökkenthető (hadiruházat, málhamellény, golyó- vagy repeszálló mellény, vegyvédelmi felszerelés stb.).

Röviden összefoglalva, a katonákat érő hőterhelésnek vannak általunk befolyásolhatatlan összetevői, ezek a levegő relatív páratartalma, a légmozgás, a sugárzott hő és a léghőmérséklet, ezek a környezeti hőterhelés elemei, melyek közül csak a léghőmérsékletet és a levegő relatív páratartalmát lehet nagyobb területre (hadműveleti terület, gyakorlótér stb.) érvényesen megállapítani. Valamint vannak akarátlagosan befolyásolható tényezői, mint a fizikai tevékenység és az öltözködés. Mivel a befolyásolható tényezők hatásai a külső körülményektől függenek, ezért fontos, hogy a parancsnokok tisztában legyenek e külső tényezők mértékével. A továbbiakban a környezeti hőterhelés meghatározásának módjait veszem sorra.

A KÖRNYEZETI HŐTERHELÉS MEGHATÁROZÁSÁNAK MÓDJAI

a) WBGT INDEX ALAPJÁN

Az 1950-es évek végén az Amerikai Egyesült Államok tengerészgyalogságának egyik kiképzőbázisán a nagy melegben, egyenruhában folytatott intenzív kiképzés során jelentős számú súlyos sérülés történt (hőguta). Ennek hatására a haditengerészet megvizsgáltatta a hő hatását a gyakorlati tevékenységre. A vizsgálat eredménye a hőmérsékleti index, WBGT bevezetése lett. Később ezt az indexet számos kutató kezdte el használni, mint egyszerűen mérhető hőmérsékleti stressz indexet. Az idő előrehaladtával használata egyre szélesebb körűvé vált a munkahelyi hő stressz meghatározásában, majd 1989-ben nemzetközi szabvánnyá vált (ISO 7243). Értéke az alábbi módon számítható (lásd korábban):

$$WBGT = 0,7 * T_{nw} + 0,2 * T_g + 0,1 * T_a$$

A WBGT index mérésére szolgáló berendezések jellemzően igen drágák (Magyarországon 1–1,5 millió Ft.), valamint folyamatos karbantartást igényelnek (nedves hőmérő) a pontos működéshez.

Mivel a sugárzott hő és a szél egymáshoz közel lévő területek esetén is jelentősen eltérhet egymástól, ezért a WBGT pontos mérése csak a konkrét munkahelyeken lehetséges, így általános alkalmazása nehézkes. Ezért, és a berendezések magas ára miatt kialakult a WBGT indexnek egy egyszerűsített számítási módja, amelyhez csak a léghőmérsékletet és a relatív páratartalmat kell ismerni. Számításakor mérsékelt napsütést (sugárzó hő) és könnyű szelet feltételezünk. Számításának a módja a következő.

$$WBGT = 0,567 * T_a + 0,393 * e + 3,94$$

Ahol e , a vízpára nyomása és az alábbi módon számítható:

$$e = \frac{rh}{100} * 6,105 * \exp \left(17,27 * \frac{T_{db}}{237,7 + T_{db}} \right)$$

Ahol rh , a levegő relatív páratartalma [%].

A mindennapi használatban zavart okozhat a kétfajta (mért vagy részben számított) érték jelenléte. Több mérőeszköz is (általában a teljes mérésre alkalmas berendezéseknél jelentősen olcsóbbak) csak a léghőmérsékletet és a páratartalmat méri valójában, és abból számítja a WBGT indexet.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.

3. évfolyam 1. szám

KÁLLAI Ernő

Az Amerikai Egyesült Államok hadseregében a katonák fizikai igénybevételét és a szükséges ivóvízbevételt a WBGT index alapján határozzák meg (3. ábra).

Munka/Pihenés/Vízfogyasztás táblázat

Alkalmazható átlagos méretű, akklimatizálódott, hadi gyakorló egyenruhát viselő alegységek számára, meleg időjárás esetén

Könnyű munkavégzés	Mérsékelt munkavégzés	Nehéz munkavégzés
<ul style="list-style-type: none"> Fegyverkarbantartás; Menet kemény talajon, 4 km/h sebességgel és kevesebb, mint 13,6 kg teherrel; Lőkiképzés; Alaki foglalkozás, díszelgés. 	<ul style="list-style-type: none"> Menet laza homokon 4 km/h sebességgel teher nélkül; Menet kemény talajon, 5,6 km/h sebességgel és kevesebb, mint 18 kg teherrel; Testnevelés foglalkozás; Járőrözés; Küszás, szokkálás... 	<ul style="list-style-type: none"> Menet kemény talajon, 5,6 km/h sebességgel és több, mint 18 kg teherrel; Menet laza homokon 4 km/h sebességgel teherrel; Roham.

- A munka/pihenés és a vízbevétel megadott értékei legalább 4 órán keresztül biztosítják a megfelelő fizikai teljesítményt és hidratációt. A vízbevételi szükséglet az egyéni adottságoktól függően változhat;
- NK – nincs korlátozás;
- A pihenés minimális fizikai aktivitást jelent (ülés, állás), lehetőleg árnyékban;
- FIGYELMEZTETÉS: az óránkénti vízbevétel ne haladhatja meg az 1,42 litert! A napi vízbevétel ne haladja meg a 11,36 litert!**
- Ha repeszálló mellényt visel az állomány a mért WBGT indexhez hozzá kell adni 5°F-t;
- Vegyvédelmi öltözet viselésakor a mért WBGT indexhez hozzá kell adni 10°F-t;

Hőmérsékleti kategória	WBGT index, °F	Könnyű munkavégzés		Mérsékelt munkavégzés		Nehéz munkavégzés	
		Munka/pihenés perc	Vízbevétel, liter/h	Munka/pihenés perc	Vízbevétel, liter/h	Munka/pihenés perc	Vízbevétel, liter/h
1	78°–81,9°	NK	0,47	NK	0,71	40/20	0,71
2 (zöld)	82°–84,9°	NK	0,47	50/10	0,71	30/30	0,95
3 (sárga)	85°–87,9°	NK	0,71	40/20	0,71	30/30	0,95
4 (piros)	88°–89,9°	NK	0,71	30/30	0,71	20/30	0,95
5 (fekete)	>90°	50/10	0,95	20/40	0,95	10/30	0,95

3. ábra Munka/Pihenés Vízfogyasztás táblázata az Amerikai Egyesült Államok hadseregében alkalmazott emlékeztető alapján⁵

2008-ban Szeged térségében a mért léghőmérséklet és légnedvességi adatokból számított WBGT értékek napi maximumából a 3. ábra besorolása alapján 344 nap a fehér, 13 nap a zöld, nyolc nap a sárga és kettő nap a piros besorolásba tartozott (1. sz. táblázat).

	Augusztus														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Átlaghőmérséklet 11 ⁰⁰ – 17 ⁰⁰	31,4	32,3	30,2	32,3	25,5	27,7	28,3	31,7	24,0	24,7	27,4	32,1	34,2	36,0	37,1
Átlagolt relatív páratartalom 11 ⁰⁰ – 17 ⁰⁰	34,4	30,6	42,4	34,3	49	27,9	32,9	34,3	48	34,3	31,6	26	27,4	26,6	21,9
Számított WBGT	28	28	28,2	28,8	24,7	23,7	25	28,2	23,1	22,2	24	27	29,1	30,5	30,4

1. táblázat: Szeged, 2008. augusztus. 1–15. átlagolt hőmérsékleti illetve légnedvességi adatok és a belőlük származtatott WBGT értékek

b) LÁTSZÓLAGOS HŐMÉRSÉKLET SZÁMÍTÁSÁVAL

Az 1970-es évek végén fejlesztették ki a látszólagos hőmérséklet megállapításának módszerét (AT-apparent temperature) a zárt térben dolgozók hőérzetének jellemzésére. Az 1980-as évek elején kiterjesztették alkalmazását a szabadban dolgozók számára is, ezt követően kiszámításakor figyelembe veszik a sugárzó hő és a légmozgás értékét is.

⁵ A táblázatot egy eredetileg az amerikai hadseregben alkalmazott emlékeztető alapján adaptáltam, a hőmérsékleti értékek kivételével a mértékegységeket átváltottam (mérőföld, font, gallon).

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.

3. évfolyam 1. szám

KÁLLAI Ernő

A látszólagos hőmérséklet értéke azt mutatja meg, hogy 14 °C harmatpontú légnedvesség esetén mekkora hőmérséklet okoz ugyanakkora diszkomfort érzetet, mint a fennálló körülmények. Számításának módjai a következők.

A mért hőmérséklet, páratartalom és légmozgás alapján:

$$AT = Ta + 0,33 * e - 0,7 * ws - 4$$

Amennyiben a sugárzott hőt is figyelembe vesszük:

$$AT = Ta + 0,348 * e + 0,7 * \frac{Q}{ws + 10} - 4,25$$

Ahol ws a légmozgás sebessége m/s-ban 10 m magasságban mérve, Q pedig az elnyelt energia mennyisége a testfelületen W/m^2 -ben megadva.

A 2. táblázatban a mért adatokat hasonlítottam össze a különböző módon számított WBGT és AT értékeivel. A teljes AT kiszámításakor 1 m/s szélereősséget és 150 W/m^2 testfelületen elnyelt energiamennyiséget vettem figyelembe.

	Augusztus														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Átlaghőmérséklet 11 ⁰⁰ – 17 ⁰⁰	31,4	32,3	30,2	32,3	25,5	27,7	28,3	31,7	24,0	24,7	27,4	32,1	34,2	36,0	37,1
Átlagolt relatív páratartalom 11 ⁰⁰ – 17 ⁰⁰	34,4	30,6	42,4	34,3	49	27,9	32,9	34,3	48	34,3	31,6	26	27,4	26,6	21,9
Számított WBGT	28	28	28,2	28,8	24,7	23,7	25	28,2	23,1	22,2	24	27	29,1	30,5	30,4
AT csak hő és páratartalom	31,2	31,7	30,8	32,4	25,4	25,7	27,1	31,6	23,3	22,9	25,8	30,8	33,7	35,8	36,3
AT Hő, páratarta- lom, 1 m/s szél	31,9	32,4	31,5	33,1	26,1	26,4	27,8	32,3	24	23,6	26,5	31,5	34,4	36,5	37
AT teljes 1 m/s szél 150 W/m^2 elnyelt energia ⁶	41,5	42	41,2	42,7	35,7	35,9	37,3	41,9	33,5	33	36	41,1	44	46,1	46,5

2. táblázat: Szeged, 2008. augusztus 1–15. átlagolt hőmérsékleti illetve légnedvességi adatok és a belőlük származtatott WBGT és AT értékek összehasonlító táblázata

A kapott értékek jól szemléltetik a levegő relatív páratartalmának meghatározó szerepét az egyént ért hőterhelés alakulásában.

2008-ban Szeged térségében a mért léghőmérséklet és légnedvességi adatokból 1 m/s szélereősség feltételezésével számított AT értékek napi maximumaiból 49 napon haladta meg az AT értéke a 29,4-es értéket. Amennyiben a sugárzott hőt is figyelembe vesszük, még ha csak 50 W/m^2 értékben is, ez 80 napra emelkedik.

Ennek az írásnak ugyan nem témája a hideg környezeti körülmények vizsgálata, azonban meg kell említeni, hogy az AT értékei hideg időjárás esetén nagyon jól jellemzik a szél hűtő, fagyasztó hatását is.

c) HŐMÉRSÉKLET MÉRÉS ALAPJÁN

Az eddigiekből egyértelműen kiderül, hogy csak a hőmérséklet alapján nem lehet meghatározni a környezeti hőterhelést. A hadszíntereken azonban folyamatos a meteorológiai adatok gyűjtése, valamint a várható időjárás előrejelzése, így az

⁶ SpringerLink, International Journal of Biometeorology [on line]. Natasha A. Kenny, Jon S. Warland, Robert D. Brown and Terry G. Gillespie, Estimating the radiation absorbed by a human [idézve 2009-11-21]. ISSN 1432-1254 alapján a ruházat csökkentő hatását figyelembevéve. Elérhető: <http://www.springerlink.com/content/479t2qp2u2042345/fulltext.html>

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.

3. évfolyam 1. szám

KÁLLAI Ernő

aktuálisan mért hőmérséklet mellett általában rendelkezésünkre áll egy előre jelzett légnedvességi adat is. Ezek alapján pedig az előzőekben ismertetett számítási módok bármelyikével becsülhető a valós környezeti hőterhelés.

d) ÖSSZEGZÉS

A környezeti hőterhelés legpontosabban a WBGT értékével jellemezhető, azonban a méréséhez szükséges berendezések igen drágák, és nagy a karbantartási igényük. Ezen felül a kapott értékek csak egy igen kis területre érvényesek, ezért hadi alkalmazhatósága ennek a módszernek még annak ellenére is megkérdőjelezhető, hogy az USA hadseregében ezt alkalmazzák (ott, ha szükséges, raj szinten is rendelkezésre állnak a szükséges berendezések). A WBGT értékének számítása a léghőmérsékletből és a relatív páratartalomból zavart okozhat, mivel a számított és mért értékeket nem lehet elkülöníteni egymástól.

Ezzel szemben, egymással összevethető eredményeket kapunk, ha a látszólagos hőmérséklet, AT értékét számítjuk ki a rendelkezésre álló adatok alapján, mivel az AT értéke egy referenciaponthoz képest jellemzi a hőterhelést. Azt mutatja meg, hogy 14°C harmatpontú légnedvesség esetén mekkora hőmérséklet okoz ugyanakkora diszkomfort érzetet, mint a fennálló körülmények.

A mindennapi gyakorlatban az AT értékét a mért hőmérséklet és az előre jelzett vagy az előző napok adataiból kikövetkeztetett relatív páratartalom alapján javaslom meghatározni, 1 m/s szélereősség és 50 W/m² elnyelt sugárzó energiát feltételezve (4. sz. ábra). Ebben az esetben ugyan erősebb szél és borús idő esetén kis mértékben túlbecsüljük a környezeti hőterhelést, ezzel azonban kisebb hibát követünk el, mintha alábecsülnénk azt, vagy egyáltalán nem foglalkoznánk annak megállapításával. A módszer pontossága még így is leginkább a légnedvességi érték pontosságán múlik.

H ő m é r s é k l e t [°C]	40	43,3	44,6	45,9	47,2	48,5	49,7	51,0	52,3	53,6	54,8	56,1	57,4	58,7	60,0	61,2	62,5	63,5
	39	42,1	43,3	44,5	45,7	46,9	48,1	49,3	50,6	51,8	53,0	54,2	55,4	56,6	57,8	59,0	60,3	61,2
	38	40,8	42,0	43,1	44,3	45,4	46,6	47,7	48,9	50,0	51,2	52,3	53,5	54,6	55,8	56,9	58,0	59,0
	37	39,6	40,7	41,8	42,8	43,9	45,0	46,1	47,2	48,3	49,4	50,5	51,5	52,6	53,7	54,8	55,9	56,8
	36	38,4	39,4	40,4	41,4	42,5	43,5	44,5	45,6	46,6	47,6	48,6	49,7	50,7	51,7	52,8	53,8	54,6
	35	37,1	38,1	39,1	40,1	41,0	42,0	43,0	44,0	44,9	45,9	46,9	47,9	48,8	49,8	50,8	51,8	52,5
	34	35,9	36,8	37,8	38,7	39,6	40,5	41,5	42,4	43,3	44,2	45,1	46,1	47,0	47,9	48,8	49,8	50,5
	33	34,7	35,6	36,5	37,3	38,2	39,1	40,0	40,8	41,7	42,6	43,4	44,3	45,2	46,1	46,9	47,8	48,5
	32	33,5	34,4	35,2	36,0	36,8	37,7	38,5	39,3	40,1	40,9	41,8	42,6	43,4	44,2	45,1	45,9	46,6
	31	32,3	33,1	33,9	34,7	35,5	36,2	37,0	37,8	38,6	39,4	40,1	40,9	41,7	42,5	43,3	44,0	44,7
	30	31,2	31,9	32,6	33,4	34,1	34,9	35,6	36,3	37,1	37,8	38,5	39,3	40,0	40,7	41,5	42,2	42,8
	29	30,0	30,7	31,4	32,1	32,8	33,5	34,2	34,9	35,6	36,3	37,0	37,7	38,3	39,0	39,7	40,4	41,0
	28	28,9	29,5	30,2	30,8	31,5	32,1	32,8	33,4	34,1	34,8	35,4	36,1	36,7	37,4	38,0	38,7	39,2
	27	27,7	28,3	28,9	29,6	30,2	30,8	31,4	32,0	32,7	33,3	33,9	34,5	35,1	35,7	36,4	37,0	37,5
	26	26,6	27,1	27,7	28,3	28,9	29,5	30,1	30,6	31,2	31,8	32,4	33,0	33,6	34,1	34,7	35,3	35,8
	25	25,4	26,0	26,5	27,1	27,6	28,2	28,7	29,3	29,8	30,4	30,9	31,5	32,0	32,6	33,1	33,7	34,1
	24	24,3	24,8	25,3	25,9	26,4	26,9	27,4	27,9	28,4	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	31,6	32,1	32,5
23	23,2	23,7	24,2	24,6	25,1	25,6	26,1	26,6	27,1	27,6	28,1	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	30,9	
22	22,1	22,5	23,0	23,4	23,9	24,4	24,8	25,3	25,7	26,2	26,7	27,1	27,6	28,0	28,5	28,9	29,3	
21	21,0	21,4	21,8	22,3	22,7	23,1	23,5	24,0	24,4	24,8	25,3	25,7	26,1	26,6	27,0	27,4	27,8	
20	19,9	20,3	20,7	21,1	21,5	21,9	22,3	22,7	23,1	23,5	23,9	24,3	24,7	25,1	25,5	25,9	26,3	
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	99
		A levegő relatív páratartalma [%]																

4. ábra: Látszólagos hőmérséklet (AT) táblázat, 1 m/s szélereősséget és 50 W/m² elnyelt sugárzó energiát feltételezve⁷

⁷ A táblázatot a szerző készítette.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.

3. évfolyam 1. szám

KÁLLAI Ernő

A KÖRNYEZETI HŐTERHELÉS KATEGÓRIÁI

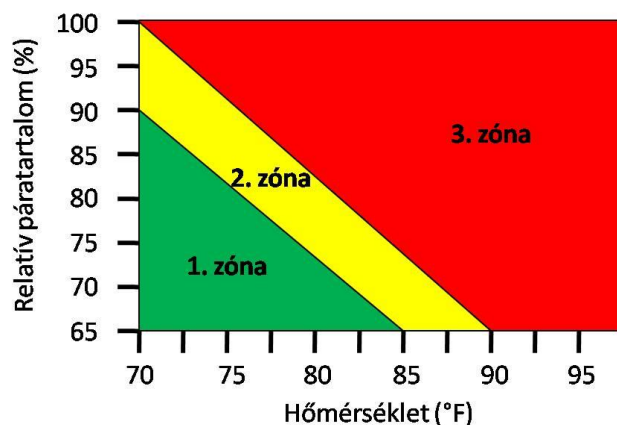
Miután megvizsgáltuk a környezeti hőterhelés mértékét befolyásoló tényezőket, sorra vettük annak mérési és számítási módjait, valamint kiválasztottuk azok közül a számunkra megfelelő módszert, a következő logikus lépés a kapott adatok kiértékelése, kategorizálása. Máshogy megfogalmazva, a környezeti hőterhelés megállapítása nem öncélú, azzal (jelen esetben) a parancsnokok munkáját próbáljuk segíteni. Ehhez azonban azt is meg kell határozni, hogy melyek azok az értékek, amelyek még nem, illetve amik már jelentősen befolyásolják a katonák gyakorlati tevékenységét.

A 3. ábrán bemutatott amerikai táblázat öt hőmérsékleti kategóriát állapít meg (3. táblázat).

Fehér	Zöld	Sárga	Piros	Fekete
<27,7 °C	27,7–29,3 °C	29,4–31 °C	31,1–32,2 °C	32,2 °C <

3. táblázat: Környezeti hőterhelési kategóriák az Amerikai Egyesült Államok hadseregében

Kohut László, az extrém fizikai teljesítménynek kitett állomány keringési és élettani válaszait kutató doktori értekezésének 44. oldalán, a hőmérsékleti stressz és az általa kiváltott élettani válaszok alapján, az alábbi grafikonon mutatja be a hőmérsékleti stressz veszélyzónákat (5. ábra).



5. ábra: Hőmérsékleti stressz veszélyzónák⁸

1. zóna: *alacsony környezeti kockázat*, csak rutin elővigyázatosság;
2. zóna: *közepes környezeti kockázat*, fokozott folyadékpótlás, rövidebb kisebb fizikai igénybevétel, hosszabb szünetek;
3. zóna: *magas környezeti kockázat*, gyakorlatozás csak a nap hűvösebb óráiban, csökkentett intenzitással, könnyű ruházat felszerelés.

Mindkét esetben a 29,4 °C és 32,2 °C (85 °F és 90 °F) hőmérsékleti értékek fontos választóvonalat képeznek. Úgy gondolom, hogy számunkra az ötös felosztás túl részletes, hiszen jelenleg a Magyar Honvédségen belül semmilyen szabályozás nem foglalkozik a katonákat ért környezeti hőterhelés meghatározásával, vagy az ahhoz való alkalmazkodással. Ehhez képest egy „nagy részletességű” szabályozó bevezetését túl nagy ugrásnak, és honi területen feleslegesnek is tartom. Jó kompromisszumként a fent említett hőmérsékleti értékekre épülő hármas felosztás bevezetését javaslom.

E szerint a környezeti hőterhelés kategóriái a látszólagos hőmérséklet meghatározására alapozva a következők:

- **Zöld**: 29,4 °C megállapított látszólagos hőmérsékletig;
- **Sárga**: 29,4–32,2 °C megállapított látszólagos hőmérséklet értékek között;
- **Piros**: 32,2 °C megállapított látszólagos hőmérséklet fölött.

⁸ A táblázat eredetiben fekete-fehér.

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.

3. évfolyam 1. szám

KÁLLAI Ernő

ÖSSZEFOGLALÁS

A környezeti hőterhelésnek négy összetevője van, úgymint a léghőmérséklet, a levegő relatív páratartalma, a levegő mozgása (szél) és a sugárzott hő.

A környezeti hőterhelés értékét a legpontosabban a WBGT mérésével lehet meghatározni. Sajnos azonban az ehhez szükséges berendezés nagyon drága, és az általa szolgáltatott információ is csak egy szűk területre érvényes.

A számított értékek közül az egymással összevethető eredményeket szolgáltatató látszólagos hőmérséklet (AT apparent temperature) meghatározása tűnik a legcélszerűbbnek. Az AT meghatározásához egyrészt mért adatokat – léghőmérséklet, relatív páratartalom –, másrészt megbecsült vagy feltett adatokat, – páratartalom, szélereősség, sugárzott hő – lehet felhasználni. Pontos mérési adatok hiányában a számításokat javasolom 1 m/s szélereősség és 50 W/m² sugárzott energia figyelembevételével elvégezni.

Az így meghatározott AT értékek alapján a környezeti hőterhelés három kategóriáját javasolom kialakítani.

- **Zöld**, 29,4 °C AT értékig, alacsony környezeti hőterhelési kockázat, nem igényel különösebb intézkedéseket;
- **Sárga**, 29,4–32,2 °C AT értékig, közepes környezeti hőterhelési kockázat, fokozott törődést igényel, fokozott folyadékpótlás, a fizikai tevékenység körültekintő tervezése szükséges;
- **Piros**, 32,2 °C AT érték fölött, magas környezeti hőterhelési kockázat, a folyadék- utánpótlásra kiemelt figyelmet kell fordítani, lehetőség szerint kerülni kell az intenzív fizikai aktivitást.

Írásomban a környezeti hőterhelés megállapításának módszereit mutattam be, mivel úgy gondolom, hogy a változó klimatikus viszonyok között a jövőben nemcsak a missziók során, hanem hazai területen is egyre több esetben fog a magas hőmérséklet hatást gyakorolni a katonai tevékenységekre. Véleményem szerint nem tartható tovább az a gyakorlat, hogy a Magyar Honvédségen belül központilag szabályozzák, mikor van „hőségriadó”, hiszen ahogy bemutattam, a környezeti hőterhelés egymáshoz közeli területek esetén is eltérő lehet. Ennek megfelelően a gyakorlati tevékenységet közvetlenül irányító parancsnoki állomány részére kell olyan eszközöket, szabályzókat biztosítani, amelyek alapján meg tudják becsülni a beosztottaikat érő hőterhelést, és ezek alapján lehet a szükséges rendszabályokat bevezetni. Mivel a szervezet víz- és hőháztartása egymással szoros összefüggésben van, különösen fontos a katonák fizikai teljesítőképességének megőrzéséhez, a külső körülményekhez igazodó vízellátás. Ez szintén csak a környezeti hőterhelés mértékének ismeretében valósítható meg.

A jövő katonai műveleteire várhatóan egyre nagyobb hatást fog gyakorolni a környezeti hőterhelés alakulása, melyre a Magyar Honvédségnek is valamilyen választ kell adnia. Jelen írásomra támaszkodva elkezdődhet az együtt gondolkodás, melynek eredménye egy általános érvényű szabályzó megszületése kellene, hogy legyen.

Kulcsszavak: hő, hőterhelés, környezeti hőterhelés, hőmérsékleti stressz, látszólagos hőmérséklet, klímaváltozás

Keywords: heat, heat exposure, environmental heat exposure, heat stress, apparent temperature, change of climate

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] PADÁNYI JÓZSEF: *Éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései*. Hadtudomány, 2009/1-2;
- [2] KOHUT LÁSZL: *Extrém fizikai terhelésnek kitett állomány keringési és élettani vizsgálata* [Phd értekezés]. ZMNE, Budapest 2008;
- [3] SpringerLink, International Journal of Biometeorology [on line]. NATASHA A. KENNY, JON S. WARLAND, ROBERT D. BROWN AND TERRY G. GILLESPIE, *Estimating the radiation absorbed by a human* [idézte 2009-11-21]. ISSN 1432-1254. Letöltve: <http://www.springerlink.com/content/479t2qp2u2042345/fulltext.html>;

HADTUDOMÁNYI SZEMLE

KÁLLAI Ernő

Budapest, 2010.

3. évfolyam 1. szám

- [4] Australian Government Bureau of Meteorology [on line] About the WBGT and Apparent Temperature Indices [idézve 2009-11-15]. Elérhető:http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/
- [5] BARROW, M.W. and K.A. CLARK. *Heat-related illnesses. Am. Fam. Physician.* 1998, 58: 110-125.;