

Válasz Bánhidi László Professor Úr bírálatára

Nagyon szépen köszönöm Bánhidi Professor Úrnak a bírálatot, az észrevételeket és a kérdéseket.

Nagy örömmre szolgál, hogy Professor Úr a kutatásaim eredményeit újnak és figyelemreméltónak, a méréseket pedig alkalmasnak tartja a tézisekben rögzített megállapítások igazolására.

Külön köszönöm a harmadik, ötödik és hatodik tézis elfogadását.

Professor Úr kérdéseire, megjegyzéseire és észrevételeire igyekszem az alábbiakban részletesen válaszolni és bízom abban, hogy a válaszok ismeretében Professor Úr további téziseket is elfogadásra alkalmasnak tart.

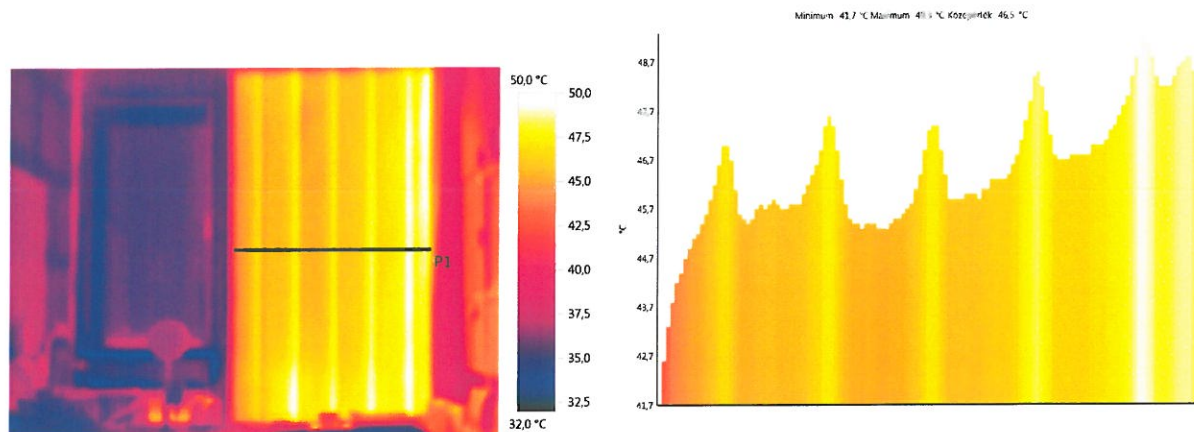
1. Mérések nagy üvegfelülettel rendelkező épületben

A méréseim célja az volt, hogy operatív hőmérsékletben és PMV értékben kimutassam a különbségeket azonos méretű, árnyékolatlan, különböző tájolású irodahelyiségekben, illetve azonos méretű és tájolású irodahelyiségekben, melyek különböző árnyékolószerkezetekkel vannak ellátva. Vizsgáltam továbbá egy adott helyiség három pontja között is a hőmérsékletek, valamint a PMV közötti különbségeket üzemelő és kikapcsolt klímaberendezés esetében. Mivel oktatási épület irodahelyiségeiről volt szó, a május és a szeptember hónapokat emeltem ki. Az épület K-i és Ny-i homlokzatai a 2.2 ábrában mutattam be. A képek alapján megállapítható, hogy a homlokzatok nagy üvegaránnyal rendelkeznek. Az épület vázas szerkezetű, így az irodák a tartópillérek között kerültek kialakításra és azonos méretekkkel rendelkeznek. A 2.2 alfejezetben bemutatott hőáramhálózatos modell alapján elvégzett számítások eredményeit a 2.6-2.7 ábrákban mutattam be. A méréseket nyugati tájolású helyiség esetében az 1. emeleten, a K-i tájolású helyiségek esetében a 3-ik emeleten végeztem. Így az utolsó szint (4-ik emelet) szerkezeteinek felületi hőmérsékletei nem játszanak szerepet a méréseknél, illetve a szimulációs számításoknál. A méréseket akkor végeztem el, amikor a helyiségekben nem tartózkodtak a dolgozók, ezzel igyekeztem kizárni a felhasználói beavatkozást, melyek nem kvantifikálható zavaró tényezőként jelentkeztek volna a mérések eredményét illetően. A méréseket zárt állapotban lévő nyílászárók mellett végeztem el, azonban a nyílászárók minőségét illetően a filtrációt nem zárhattam ki, ezért Blower Door műszerrel mértem a légtömörséget és számítottam az elméleti légcsereszám értékét.

2. Az 1. tézissel kapcsolatos kérdések, észrevételek

Professor Úr a „nagy mennyiség” rögzítését kéri.

A mérések alapján a vizsgált helyiségekben 38-40 °C operatív hőmérsékletek is kialakulhatnak. Ilyen magas operatív hőmérsékletek hasonlóan magas közepes sugárzási, illetve léghőmérsékleteket feltételeznek. A mérések során hőkamerás felvételeket is készítettem. Az 1. ábrában látható, hogy a K-i homlokzaton a kopilit üvegezés belső felületi hőmérséklete már a délelőtti órákban meghaladja a 45 °C-t. Az üvegházhatás következtében a léghőmérséklet meghaladja a 30 °C-t.



1. ábra Kopilit üvegezés belső felületi hőmérséklete

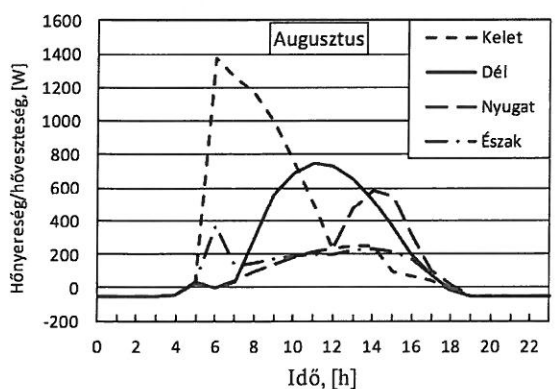
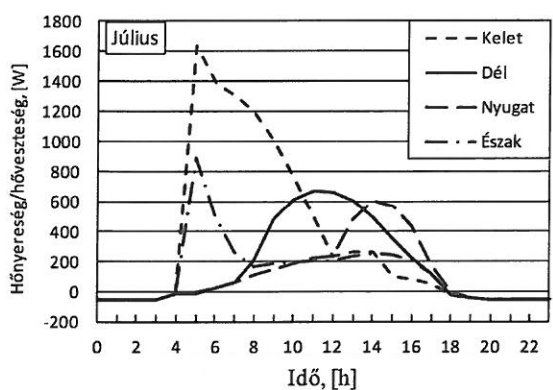
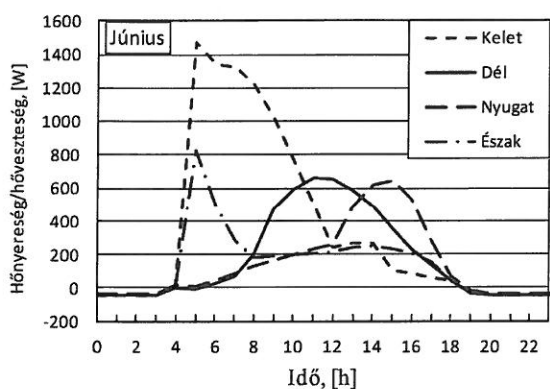
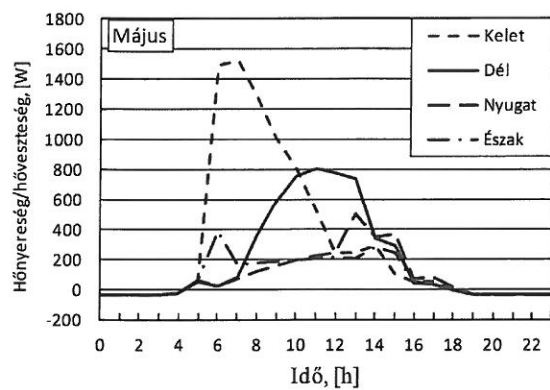
Ha figyelembe vesszük ezeket a hőmérséklet értékeket, megállapíthatjuk, hogy a 26 °C operatív hőmérséklet csak klímaberendezés telepítésével érhető el. A vizsgált helyiségbe egy 3,6 kW teljesítményű berendezés került elhelyezésre és a mérések kimutatták, hogy a 7:00-16:00 óra közötti folyamatos üzemmel sem volt teljesíthető a 26 °C operatív hőmérséklet a mérési pontokban (értéke 28 °C körül volt). Továbbá, a disszertáció 17-ik oldalán (2.3 ábra) szemléltetett három mérési pontban mért értékek között jelentős különbségek léptek fel. A berendezés kikapcsolásával az operatív hőmérséklet (a helyiség kis hőtároló kapacitása miatt) 1 óra elteltével ismét 32 °C-ra emelkedett mindhárom mérési pontban. Ezekre a mérésekre és eredményekre alapoztam azt a kijelentést, hogy a vizsgált épületben a 26 °C operatív hőmérséklet csak nagy mennyiségű energiafelhasználással biztosítható és akkor sem lehet azonos hőmérsékletet biztosítani a tartózkodási zóna minden pontjában.

A felhasznált energia mennyiségét természetesen számos tényező befolyásolja: a helyiség mérete, hőtároló tömege, az üvegezési arány, az üvegezés hőtechnikai minősége, tájolása, árnyékolása. A hűtési energiamennyiség alakulását az alábbi esettanulmány illusztrálja.

A vizsgált 4,0×4,0×2,8 m méretekkkel rendelkező sarokhelyiség egy háromszintes épület utolsó emeletén található. Egyik külső falán egy 150×150 cm méretekkkel és 85% üvegezési aránnyal rendelkező ablak található. Az árnyékolás nélküli ablak g tényezője 0,7. A számításokat elvégeztem a transzparens szerkezet négy fő égtáj szerinti tájolására különböző légcsereszámok és épületszerkezetek (tömör téglá, pórusbeton és könnyűszerkezet) esetében. Mindegyik esetben a határoló szerkezetek azonos hőátbocsátási tényezővel rendelkeznek: $U_{\text{fal}}=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{tető}}=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{ablak}}=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A 2. ábra bemutatja a vizsgált helyiség hőnyereségeinek alakulását a vizsgált napokon a transzparens szerkezet különböző tájolásai mellett.

A számításoknál azt a hűtési energiaszükségletet határoztuk meg, amely biztosítja a helyiségben a maximum 26 °C operatív hőmérséklet kialakulását. Ez a hőmérsékletérték az MSZ CR 1752 szerint egy B komfortkategóriás irodahelyiség esetén a maximális megengedhető hőmérséklet (az operatív hőmérsékletre vonatkozó a követelmény: $24,5 \pm 1,5$ °C).



2. ábra A vizsgált helyiség hőnyereségei (hővesztései) az elemzett napokon

A napi hűtési energiaigény számított értékeit különböző hőtároló képességű szerkezetek, különböző tájolású üvegezések valamint különböző mértékű légcsereszámok mellett (1. táblázat).

1. táblázat Hűtési energiaigény, [Wh]

$n, [h^{-1}]$	Tájolás	Szerkezet	Május	Június	Július	Augusztus
0,5	Dél	Könnnyű	9595	12993	14406	15839
		t. téglá	324	1920	2456	3245
		Pórusbeton	2256	4405	5179	6157
	Észak	Könnnyű	4248	11999	13544	10454
		t. téglá	0	1196	1647	989
		Pórusbeton	0	3418	4118	2969
	Kelet	Könnnyű	17805	26721	28918	23549
		t. téglá	3155	7468	8448	6306
		Pórusbeton	6609	12148	13381	10399
	Nyugat	Könnnyű	4401	10673	11056	11180
		t. téglá	0	1094	1295	1482
		Pórusbeton	4	3028	3375	3578
3,0	Dél	Könnnyű	10869	21202	24312	27997
		t. téglá	1003	6075	7383	9691
		Pórusbeton	3070	9842	11510	14190
	Észak	Könnnyű	4984	19096	22369	21475
		t. téglá	0	5248	6551	6671
		Pórusbeton	479	8761	10362	10269
	Kelet	Könnnyű	17731	34574	38589	35381
		t. téglá	3984	13233	14976	13922
		Pórusbeton	7353	18708	20806	19187
	Nyugat	Könnnyű	5405	18667	20582	22678
		t. téglá	0	4513	5431	6991
		Pórusbeton	561	7897	9131	10848

3. A 2. tézissel kapcsolatos kérdések, észrevételek

Professzor Úr a mérésekben résztvevők kor, nem és etnikai adottságok szerinti megoszlásának bemutatását kéri, illetve az adaptációval elérhető energiamegtakarítás értékének rögzítését.

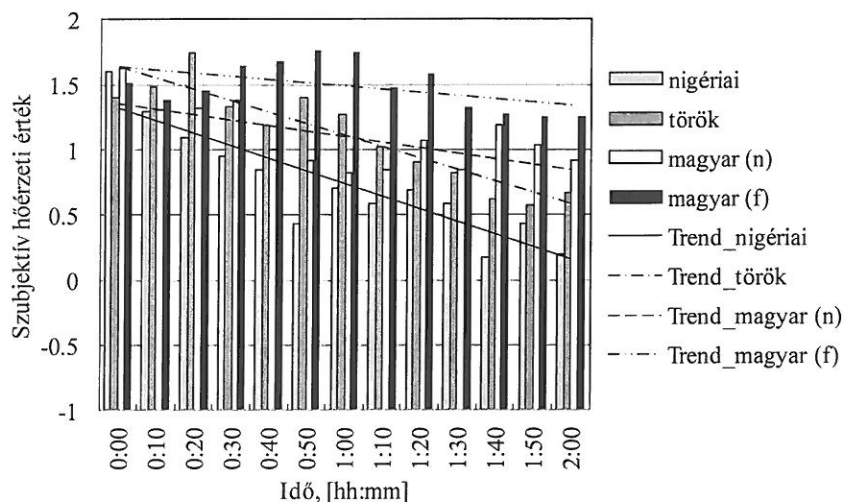
A Disszertáció 39-ik oldalán kerülnek bemutatásra az alanyok. Az antropometriai adataik a 40 oldalon (3.2 táblázat) kerülnek rögzítésre az alábbiak szerint:

a méréseket tíz nigériai származású férfi, tíz török származású férfi, 10 magyar férfi és 10 magyar nő bevonásával végeztem el.

3.2 Táblázat Az alanyok antropometriai adatai

Alanyok	Adat	Életkor, [év]	Súly, [kg]	Magasság, [cm]	F_{Du} , [m ²]
nigériai csoport	Átlag	20.5	78.0	178.0	1.960
	Szórás	2.22	12.86	6.51	0.154
török csoport	Átlag	20.6	74.6	175.8	1.905
	Szórás	1.43	14.43	10.09	0.205
magyar csoport (nők)	Átlag	25.5	61.9	166.1	1.687
	Szórás	5.40	13.10	7.33	0.177
magyar csoport (férfiak)	Átlag	22.2	85.4	181.9	2.068
	Szórás	2.66	12.69	5.49	0.121

A mérések célja az adaptáció vizsgálata volt azonos 30 °C léghőmérsékletű és közepes sugárzási hőmérsékletű térben, 2 órás tartózkodás esetében. A PMV számított értéke a vizsgált környezetben 1,44 volt és a mérések kezdetén az alanyok a szubjektív hőérzettel kapcsolatos kérdésre közel azonos értéket adták meg. Az alanyok nem rendelkeztek információkkal a tér környezeti paramétereinek értékeiről, azoknak változásáról vagy esetek konstans voltáról. Ezzel együtt a térben való két órás tartózkodás után az alanyok szubjektív hőérzete nagymértékben közelített a 0 érték felé, ahogyan a Disszertáció 43 oldalán bemutatott ábrából is kitűnik. Az utolsó fél órában a nigériai és török származású alanyok PMV: 0,5-0,75 között értékelték a környezetet. A szubjektív hőérzettel kapcsolatos válaszokra trendvonalak illeszthetők az alábbi ábra szerint:



Ha nem lenne adaptáció, akkor a 2 óra alatt az alanyok mindig ugyanazt a hőérzeti értéket adták meg, mint a mérések kezdetén: nigériai alanyok – 1,6; török alanyok – 1,4; magyar nők – 1,63, magyar férfiak – 1,51. Az adaptáció miatt a mérés végén ezek az értékek: nigériai alanyok – 0,2; török alanyok – 0,67; magyar nők – 0,92, magyar férfiak – 1,25. Ha a cél a PMV=0 elérése, akkor az adaptáció nélküli esethez viszonyítva az adaptáció kihasználásával megtakarítható energiamennyiség (100%-nak tekintve az adaptáció nélküli esetre vonatkozó energiafelhasználást): nigériai alanyok – 43,75%; török alanyok – 22,8%; magyar nők – 22,2%, magyar férfiak – 8,1%.

4. ALTAIR berendezéssel kapcsolatos észrevételek

A kifejlesztett ALTAIR berendezésre vonatkozóan a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala szabadalmi okiratot állított ki 229951 lajstromszámon. A szabadalmi eljárás 2012-ben kezdődött. Az okiratot 3 évig tartó vizsgálódás alapján állították ki. Bizonyítást nyert, hogy ilyen berendezést korábban még nem építettek. Számos személyi szellőzésre kidolgozott légvezetési rendszer létezik, de olyan, amely a levegőt három irányból váltakozó frekvenciával juttatja el a felhasználó arcához még nem volt. Az eljárásról több cikk is megjelent. Ezek közül kiemelnék kettőt:

Kalmár F., Kalmár T., (2013), Alternative personalized ventilation, *Energy and Buildings*, 65:(4), 37-44. (2013)

Kalmár F. (2015), Innovative method and equipment for personalized ventilation, Indoor Air, 25:(3), 297-306. (2015)

Mindkét esetben a kéziratok bírálói kiemelték az eljárás innovatív voltát, vagyis azt a tényt, hogy váltakozó irányú légárammal megakadályozzuk az adaptációt és ezzel folyamatosan fenntartjuk az egyének hidegérzetét, melyet a megnövelt konvekciós hőleadással érünk el. A néhány másodpercig tartó légáram az arc hőmérsékletét 0,5 °C-al csökkenti. Másik irányból is megtörténik ez a folyamat, majd mielőtt az arc hőmérséklete elérni a kezdeti értékét, ismét elkezdődik a hűtés. Ezért érhető el a szubjektív hőérzet nagymértékű csökkenése. A 84 oldalon kifejtésre került az energetikai összehasonlítása az ALTAIR berendezésnek a hagyományos kompresszoros hűtési berendezéssel. A számításaim és a mérések szerint a felhasznált energia mennyisége 7,66-szor kevesebb az ALTAIR alkalmazása esetében.

Az ALTAIR személyi szellőző berendezés egy irodai munkaasztalba van beépítve. A bútor elemei szolgáltatják a légcsatornákat. A ventilátor, a légelosztó egység és az érintőképernyős vezérlőegység költsége jelenti a többlet befektetést egy hagyományos íróasztalhoz viszonyítva. Az ALTAIR berendezés lehetőséget biztosít egy kisebb teljesítményű hűtőgép beépítésére, vagy, adott esetben, a hűtőgép mellőzésére. Továbbá az üzemeltetés során felhasznált energiamennyiség is jelentősen kisebb a hagyományos kompresszoros légkondicionáló rendszerekhez viszonyítva. Az ALTAIR berendezés költségei tehát, adott esetben, akár kisebb összeget jelentenek, mint a kisebb beépített teljesítményű hűtőgéppel elért költségmegtakarítás. Az alacsonyabb üzemeltetési költségek csak tovább mérséklik az épület üzemeltetési költségeit.

Prof. Dr. Farkas István és Prof. Dr. Kistelegdi István a bírálatban kitértek arra, hogy számos gépelési hibát fedeztek fel az értekezésben, sőt Kistelegdi Professzor Úr ezek javítását javasolja a cselekmény lezárása előtt. Mivel a szabályzat szerint a benyújtott dolgozat utólagos javítására nincs lehetőség, ezért Hibajegyzéket készítettem, melyet csatoltam a Bírálatra adott válaszomhoz.

Abban a reményben, hogy válaszaim elfogadhatóak Professzor Úr számára, szeretném ismételtlen megköszönni a disszertáció bírálatára fordított munkáját.

Debrecen, 2018. november 8.



Kalmár Ferenc

HIBAJEGYZÉK

A Bírálók jelezték, hogy az értekezésben több gépelési hibát is találtak és, bár ezek nem zavarják a szöveg érthetőségét, kérik, hogy ezek lehetőleg javításra kerüljenek. Észrevételeik alapján készült a hibajegyzék.

1. Az Értekezés két 3. számú fejezetet tartalmaz. A 32-ik oldalon a „Hőérzékelés” fejezet, míg a 37. oldalon az „Adaptáció vizsgálata épületek magas ambiens hőmérsékletű tereiben, különböző éghajlattal rendelkező országokból érkező személyek esetében” c. fejezet található.

Helyesen a Hőérzékelés fejezet a 3. Fejezet 3.2 alfejezete.

A 3. „Adaptáció vizsgálata épületek magas ambiens hőmérsékletű tereiben, különböző éghajlattal rendelkező országokból érkező személyek esetében” c. fejezet alfejezeteinek helyes számozása:

3.1 Bevezetés

3.2 Hőérzékelés

3.2.1 Receptorok

3.2.2 Érzékelés

3.2.3 Turbulencia, huzattal elégedetlenek aránya

3.3 Hipotézis

3.4. Mérések a szubjektív hőérzet megállapításához

3.4.1 Helyszín

3.4.2 Alanyok

3.4.2.1 Hőmérséklet és éghajlat az alanyok származási helyén

3.4.2.2 Az alanyok antropometriai adatai

3.4.3 A mérési eljárás

3.5. Mérési eredmények értékelése

3.5.1 Szubjektív hőérzet

3.5.2 Zavaró/kellemetlen illat – környezet elfogadhatósága

3.5.3 A levegő széndioxid tartalma

3.5.4 Levegő áramlási sebessége

3.5.5 Huzat és környező felületek hőmérséklete

3.6 Összefoglalás

3.1 ábra Szubjektív hőérzet csoportonként

helyesen: 3.6 ábra Szubjektív hőérzet csoportonként

3.2 ábra Zavaró/kellemetlen illat értékelése a 6 pontos skálán

helyesen: 3.7 ábra Zavaró/kellemetlen illat értékelése a 6 pontos skálán

3.3 ábra A környezet általános értékelése

helyesen: 3.8 ábra A környezet általános értékelése

3.4 ábra Széndioxid változása a teszthelyiségben

helyesen: 3.9 ábra Széndioxid változása a teszthelyiségben

3.5 ábra A levegő frissességével elégedettek százalékos aránya

helyesen: 3.10 ábra A levegő frissességével elégedettek százalékos aránya

3.6 ábra A levegő áramlási sebességével elégedettek százalékos aránya

helyesen: 3.11 ábra A levegő áramlási sebességével elégedettek százalékos aránya

3.7 ábra A környező felületek hőmérsékletével elégedettek százalékos aránya

helyesen: 3.12 ábra A környező felületek hőmérsékletével elégedettek százalékos aránya

2. A 78. oldalon:

„A mérések első szakaszában (első 30 perc), amikor az ALTAIR berendezés működött az előzetesen mért és számított PMV értéket (1,44) úgy az idős, mint a fiatal férfiak csoportja is validálta a szubjektív válaszai által.”

helyesen

„A mérések első szakaszában (első 30 perc), amikor az ALTAIR berendezés **nem** működött az előzetesen mért és számított PMV értéket (1,44) úgy az idős, mint a fiatal férfiak csoportja is validálta a szubjektív válaszai által.”

3. A 87. oldalon

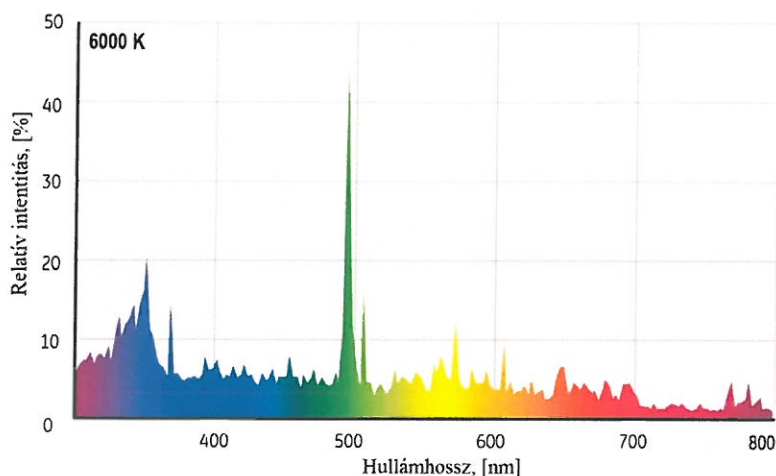
„A korábbi vizsgálatok bizonyították, hogy meleg környezetben (30 °C ambiens hőmérséklet) a váltakozó légárammal a vártnál nagyobb hűtőhatást érünk el.”

helyesen

„A korábbi vizsgálatok bizonyították, hogy meleg környezetben (30 °C ambiens hőmérséklet) a váltakozó **irányú** légárammal a vártnál nagyobb hűtőhatást érünk el.”

4. A 88. oldalon

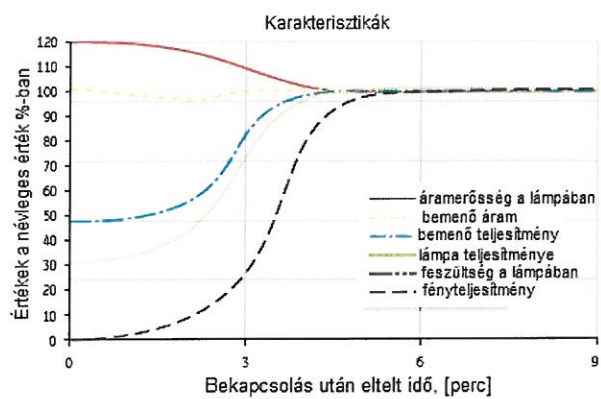
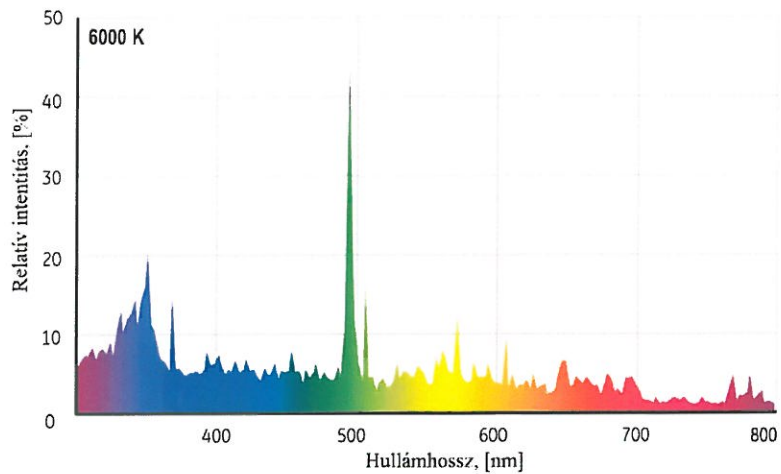
„Az alkalmazott fémhalogén lámpa által kibocsátott sugárzási energia spektrális eloszlása a 6.1 ábrában látható.



6.1 ábra Az alkalmazott GE Sportlight Tubular Clear 1000 W lámpa relatív spektrális teljesítmény eloszlása (bal oldali ábra) illetve felfutási ideje (jobb oldali ábra)”

helyesen

Az alkalmazott fémhalogén lámpa által kibocsátott sugárzási energia spektrális eloszlása a 6.1 ábrában látható.



6.1 ábra Az alkalmazott GE Sportlight Tubular Clear 1000 W lámpa relatív spektrális teljesítmény eloszlása (**felső** ábra) illetve felfutási ideje (**alsó** ábra)

Debrecen, 2018. november 23.

Handwritten signature