



EGW ablakrendszer vizsgálata

Témavezető:

Baumann Mihály
adjunktus
PTE MIK
Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tsz.

Közreműködők:

Budulski László
tanszéki mérnök
PTE MIK
Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tsz.

Loch Gábor
tanszéki mérnök
PTE MIK
Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tsz.

Reisz Viktor
hallgató
PTE MIK
Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tsz.

Pécs, 2022. november

Bevezetés

Az EGW ablakrendszer újdonság a nyílászárók piacán. A belső felületén elektromosan fűthető réteg van, amely 3 teljesítménnyel üzemeltethető.

A mérési feladatunk a működési paraméterek (teljesítmény, felületi hőmérsékletek) mérése. A célunk annak megállapítása, hogy a teljesítmény hogyan oszlik meg a belső tér és külső tér között, illetve az ablak közelében milyen hőérzet alakul ki.

A rendszerhez tartozó szabályozó lehetőséget biztosított arra, hogy a kívánt teljesítményt beállítsuk.

A méréseket a tanszék Hőtechnikai laboratóriumában felállított mérőkamrában végeztük. Ebben az üvegfelület a mérés során két részre osztotta a kamrát. Mindkét részben az üvegfelülettel szemben levő falfelületeket a mérés során hűtöttük, és különböző beállított felületi hőmérsékletek mellett mértük az üveg mindkét oldalán az egyensúly kialakulása után a léghőmérsékletet és felületi hőmérsékletet. Mértünk továbbá három teljesítményt, a fűtőüveg elektromos teljesítményét, valamint mindkét oldalon a falhűtéssel elszállított hőenergiát.



Hőkomfort

A huzamosabb emberi tartózkodásra szolgáló terekben fontos, hogy megfelelő termikus komfortot (hőérzetet) biztosítsunk. Ez több paramétertől függ, de meghatározó a tér léghőmérséklete és a teret határoló felületek felületi hőmérséklete. Ennek a 2 paraméternek a segítségével határozható meg az ún. operatív hőmérséklet, amelyet az alábbi módon számítunk:

$$t_o = \frac{\alpha_s \cdot t_{ks} + \alpha_c \cdot t_c}{\alpha_s + \alpha_c}$$

ahol:

t_o : operatív hőmérséklet [°C]

t_{ks} : közepes sugárzási hőmérséklet [°C]

t_a : levegő hőmérséklete [°C]

α_c : konvekciós hőátadási tényező [W/m²K]

α_s : sugárzási hőátadási tényező [W/m²K]

Ez azért fontos, mert amíg téli időszakban a helyiség belső szerkezeteinek felületi hőmérséklet megközelítőleg azonos a belső léghőmérséklettel, addig a külső térrel határos szerkezetek belső felületi hőmérséklete alacsonyabb annál. Különösen a hagyományos kialakítású üvegfelületekre jellemző ez a kijelentés.

A következő táblázat azt mutatja be, hogy különböző tulajdonságú üvegezések belső felületi hőmérséklet hogyan alakul többféle külső léghőmérséklet (0 ÷ -15 °C tartomány) és 20 °C belső léghőmérséklet esetén.

Üvegezés típusa	Rétegek	U _g W/m²K	Külső léghőmérséklet [°C]			
			0	-5	-10	-15
egyrétegű üvegezés	4	6	5,0	1,3	-2,5	-6,3
kétrétegű üvegezés\levegő töltésű	4-12-4	3,2	12,0	10,0	8,0	6,0
kétrétegű üvegezés\levegő töltésű	4-14-4	3	12,5	10,6	8,8	6,9
kétrétegű üvegezés\levegő töltésű	4-16-4	2,8	13,0	11,3	9,5	7,8
kétrétegű üvegezés\levegő töltésű LOW-E bevonat	4:-12:-4	1,6	16,0	15,0	14,0	13,0
kétrétegű üvegezés\levegő töltésű LOW-E bevonat	4:-14:-4	1,6	16,0	15,0	14,0	13,0
kétrétegű üvegezés\levegő töltésű LOW-E bevonat	4:-16:-4	1,4	16,5	15,6	14,8	13,9
kétrétegű üvegezés\argongáz töltésű LOW-E bevonat	4:-12:-4	1,3	16,8	15,9	15,1	14,3
kétrétegű üvegezés\argongáz töltésű LOW-E bevonat	4:-14:-4	1,2	17,0	16,3	15,5	14,8
kétrétegű üvegezés\argongáz töltésű LOW-E bevonat	4:-16:-4	1,1	17,3	16,6	15,9	15,2
háromrétegű üvegezés\argongáz töltésű LOW-E bevonat	4:-12-4-12:-4	0,7	18,3	17,8	17,4	16,9
háromrétegű üvegezés\argongáz töltésű LOW-E bevonat	4:-14-4-14:-4	0,7	18,3	17,8	17,4	16,9
háromrétegű üvegezés\argongáz töltésű LOW-E bevonat	4:-16-4-16:-4	0,6	18,5	18,1	17,8	17,4
háromrétegű üvegezés\kriptongáz töltésű LOW-E bev.	4:-10-4-10:-4	0,6	18,5	18,1	17,8	17,4
háromrétegű üvegezés\kriptongáz töltésű LOW-E bev.	4:-12-4-12:-4	0,5	18,8	18,4	18,1	17,8
háromrétegű üvegezés\kriptongáz töltésű LOW-E bev.	4:-8-4-8:-4	0,7	18,3	17,8	17,4	16,9

A táblázatban látható, hogy még a mai korszerű szerkezetek esetén is 2 ÷ 3 °C-al alacsonyabb a belső felületi hőmérséklet a helyiség hőmérsékleténél. A táblázat első soraiban szereplő rossz minőségű üvegezések esetén pedig rendkívül alacsony értékek szerepelnek.

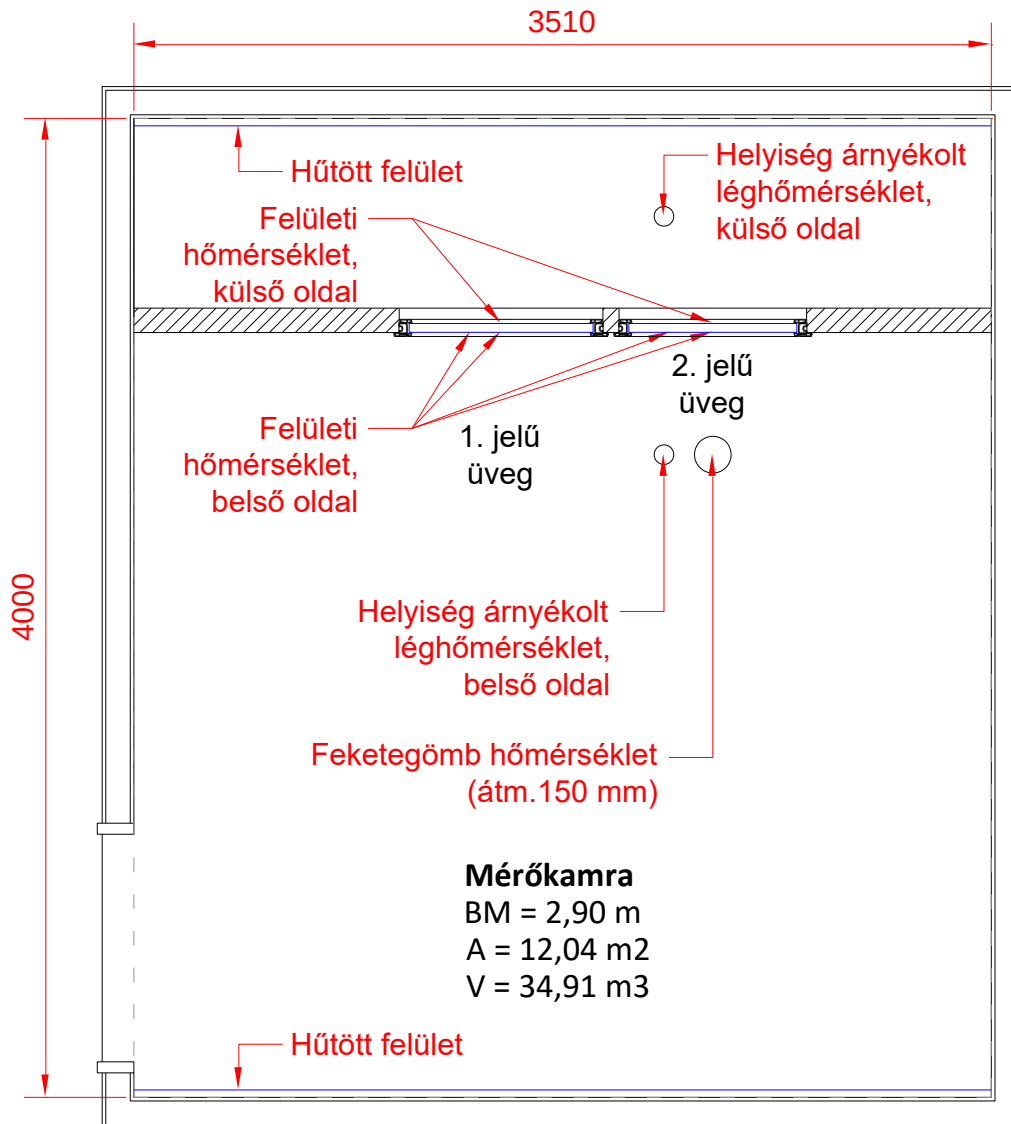
A táblázatot azért készítettük, hogy rávilágítsunk arra a problémára, hogy az ilyen üvegezésekkel rendelkező ablakok közelében téli időszakban sugárzási aszimmetria alakul ki és ennek következtében kellemetlen hőérzetről számolnak be a huzamosabban ott tartózkodók.

Az EGW technológiával készített speciális ablakrendszer esetén ez a probléma megszüntethető, mert a belső üvegfelület hőmérséklete megemelhető, így „eltűnnek” a kellemetlen hőérzetet okozó hideg felületek. Elegendő, ha a legalacsonyabb teljesítmény fokozattal üzemeltetjük, mert ennek a felületi hőmérséklete is meghaladja belső léghőmérsékletet.

A RENDSZER KIALAKÍTÁSA

Az EGW ablakrendszer ablakának beépítésére acél zártszelvény keretet készítettünk, amelyet a mérőkamrába beépítettünk. A zártszelvény melletti részeket 10 cm vastagságú polisztirol fallal zártuk le, hogy a két tér közti hőáramot minimalizáljuk.

A mérőfülke és a beépítés kialakítását az alábbi ábra mutatja be.



Mérőkör leírása

A kabin a már meglévő laborhelyiség belsejében lett kialakítva, a mérőhelyiség alapterületének mérete 4 × 3,45 m, belmagassága 3,15 m.

A mérőkamra valamennyi határoló felülete vízüzemű felületfűtéssel/hűtéssel van ellátva, a környezet felé 10 cm hőszigeteléssel rendelkeznek. A mérés során a fűtőüveggel bevitt energia elszállítására az üveg mindkét oldalán az üveggel szemközti felületet hűtés üzemmódban üzemeltettük.

Mindkét falfelület belépő víz hőmérsékletének szabályozása önállóan történik. A hűtéssel elszállított energiát hőmennyiségmérőkkel mértük. A belépő és kilépő víz hőmérsékletet 5 másodpercenként rögzítettük, hogy a tendenciák követhetők legyenek. A térfogatáramot az állandósult állapot

kialakulásakor 2 méréssel, kb. 30 perc eltéréssel rögzítettük, mert ennek értéke nem nagyon változott a mérés során.

A térfogatáram mérése SONTEX Superstatic 440 statikus (mozgó alkatrészt nem tartalmazó) áramlásmérővel és a hozzátartozó SONTEX Supercal 531 többfunkciós számítógésszel történt.



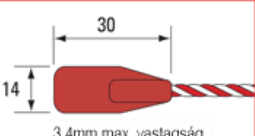
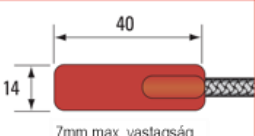
Sontex Supercal 531 50.20P/L Nr 10041629

Sontex Supercal 531 50.20P/L Nr 10041627

A vízhőmérsékletek méréséhez PT100 típusú ellenálláshőmérőket használunk fel, az adatok rögzítése mérésadatgyűjtővel történik.

Ugyancsak PT100 érzékelőkkel rögzítettük a két tér léghőmérsékletét és az üvegfelület felületi hőmérsékletét. A léghőmérséklet mérésére szolgáló érzékelők az üvegfelülettől 50 cm távolságra, 80 cm magasságban az üvegfelület tengelyében voltak elhelyezve. A felületi hőmérsékletet 3-3 db SR típusú, a felületre rögzített érzékelőkkel mértük, a kiértékelésnél ezek középhőmérsékletét használtuk.



Kial.	Leírás	Tapasz Képe
SP	Öntapadós Szilikongumi - Standard (-50°C...+150°C) Az az érzékelő egy szilikongumi anyagú tapaszban elhelyezett Pt100 vékonyfilm elemből áll, amelyet PFA csavart kábellel szállítunk. A tapasz öntapadós, így könnyen és gyorsan felhelyezhető. Beállási ideje igen rövid.	 3.4mm max. vastagság
SR	Öntapadós Szilikongumi – Jobban Terhelhető (-50°C...+150°C) Az az érzékelő egy terhelhetőbb szilikongumi anyagú tapaszban elhelyezett Pt100 vékonyfilm elemből áll, amelyet PFA szigetelésű és rozsdamentes acél csavart kábellel szállítunk. A tapasz öntapadós így könnyen és gyorsan felhelyezhető. Beállási ideje igen rövid.	 7mm max. vastagság

Az üveg felvett elektromos teljesítményét egy Voltcraft Enegy Logger 4000 típusú mérővel mértük. A mérőt a mérést megelőzően a PTE MIK Villamosmérnöki Tanszék laboratóriumában található HIOKI 3197 típusú hálózati analizátorral hitelesítettük.



A vizsgálati mérést a stacioner állapot beállta után kezdjük. Stacioner állapotról akkor beszélünk, ha a hőmérsékletek és az áramló fűtővíz mennyiség legalább 15 percen keresztül állandóak. A mérés akkor megfelelő, ha a legalább tízpercenként leolvasott vízmennyiségek eltérése a mérés alatt kisebb mint 2 %. A hőmérsékletek eltérése az adott középértéktől max. $\pm 0,5$ K lehet.

A hőmérsékletek mérése folyamatosan, 5 sec időközönként történt, hogy a trendeket követni lehessen, illetve az állandósult állapotot utólag ellenőrizni lehessen. A méréshez egy National Instruments által gyártott NI cDAQ-9171 USB-s csatlakozót és a hozzá tartozó NI 9217 RTD modult használtunk, amely egy 4 csatornás 24 bites modult képez PT100-as ellenállás hőérzékelők fogadására képes, melyet a méréshez használtunk. A mérésadatgyűjtő össze volt kapcsolva egy PC-vel, amelyen ugyancsak a National Instruments által forgalmazott LabVIEW szoftver és a benne megírt mérési programot futtattuk.

A program feladata többek közt a mérésadatgyűjtő vezérlése, a PC és a mérésadatgyűjtő közti kommunikáció, a mért elektromos jelek fizikai jellemzőkké való átszámítása, azok megjelenítése, illetve az adatok fájlban való eltárolása. A fájl formátuma olyan, hogy az Excelbe beolvasható. A mérési adatok feldolgozása és a diagramok elkészítése Excelben történt.



NI cDAQ-9171 csatlakozó és NI 9217 RTD modul

Mérési eredmények feldolgozása

Az 5 másodperces adatrögzítés következtében nagyszámú adatot mértünk. Terjedelmi okokból nem látjuk értelmét ezeknek az adatoknak a táblázatos megjelenítését, a mérési adatok elektronikus formában átadásra kerülnek, mert egy-egy mérés időtartama közel 24 óra volt, ez az idő kellett az egyes hőmérsékletek állandósulásához.

A mérési eredmények rögzítésénél a mérési időpontok rögzítése is megtörtént. Az eredmények csak akkor értékelhetőek precízen, ha az állandósult állapotok kialakulását megvárjuk. A pontosabb eredmények érdekében hosszabb állandósult állapotú időszak rögzített értékeinek átlagát használtuk fel a kiértékeléshez. Az időszak kiválasztásához grafikusán ábrázoltuk az egyes jellemzők időbeli változását.

Az eredményeket a feldolgozás után az alábbi táblázat összesíti. A méréseket mindhárom teljesítményszintben elvégeztük. A táblázatban az elektromos teljesítmény mellett az alábbi hőmérsékleteket rögzítettük:

T _k	külső oldali léghőmérséklet
T _{kf}	külső oldali üveg felületi hőmérséklet
T _{bf}	belső oldali üveg felületi hőmérséklet
T _b (fekete)	belső oldali léghőmérséklet fekete gömb hőmérővel mérve
T _b	belső oldali léghőmérséklet
T _b (árnyékolt)	belső oldali léghőmérséklet árnyékolt hőmérővel mérve

Az üveg fűtött oldalán (belső oldal) a léghőmérsékletet nem csupán a megszokott „sima” hőmérővel mértük meg, mert a mind a magas üveg felületi hőmérséklet, mind a hűtött falfelület befolyásolhatja a mért értéket. Alkalmaztunk egy fekete gömb hőmérőt (150 mm átmérőjű fekete fémgömb belsejébe elhelyezett hőérzékelővel), hogy a fűtött felület hősugárzásának hatását érzékeltessük. Ezt az érzékelőt a hűtött felület felől egy műanyag fóliával árnyékoltuk. Ugyancsak megmértük a hőmérsékletet egy olyan hőmérővel, amelyet körben árnyékoltuk, hogy azzal csak a léghőmérsékletet érzékeljük. A táblázatban jól láthatóak ezek hatásai.

01. jelű üveg (látható üvegméret 724×1022 mm, A = 0,74 m²)

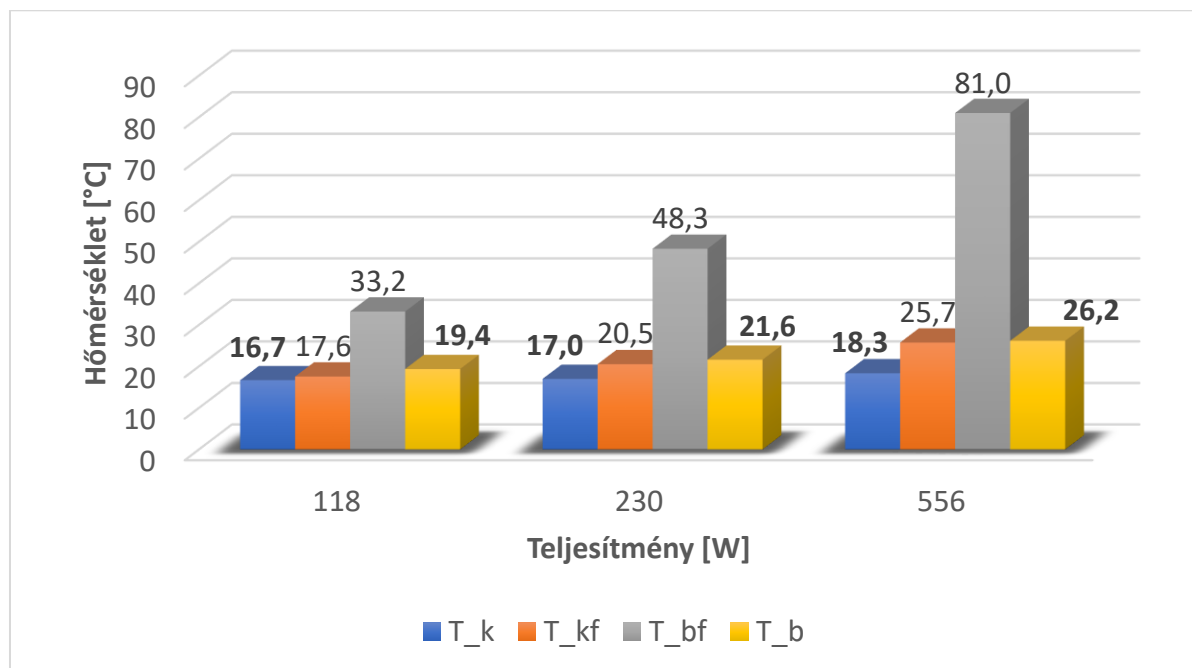
Fokozat	P [W]	T _k [°C]	T _k (árnyékolt) [°C]	T _{kf} [°C]	T _{bf} [°C]	T _b (fekete g.) [°C]	T _b [°C]	T _b (árnyékolt) [°C]
1	118	16.68	-	17.55	33.20	-	19.36	-
2	230	16.98	-	20.53	48.31	23.65	21.60	20.65
3	556	18.33	-	25.73	80.99	30.58	26.16	23.98

02. jelű üveg (látható üvegméret 658×1802 mm, A = 1.19 m²)

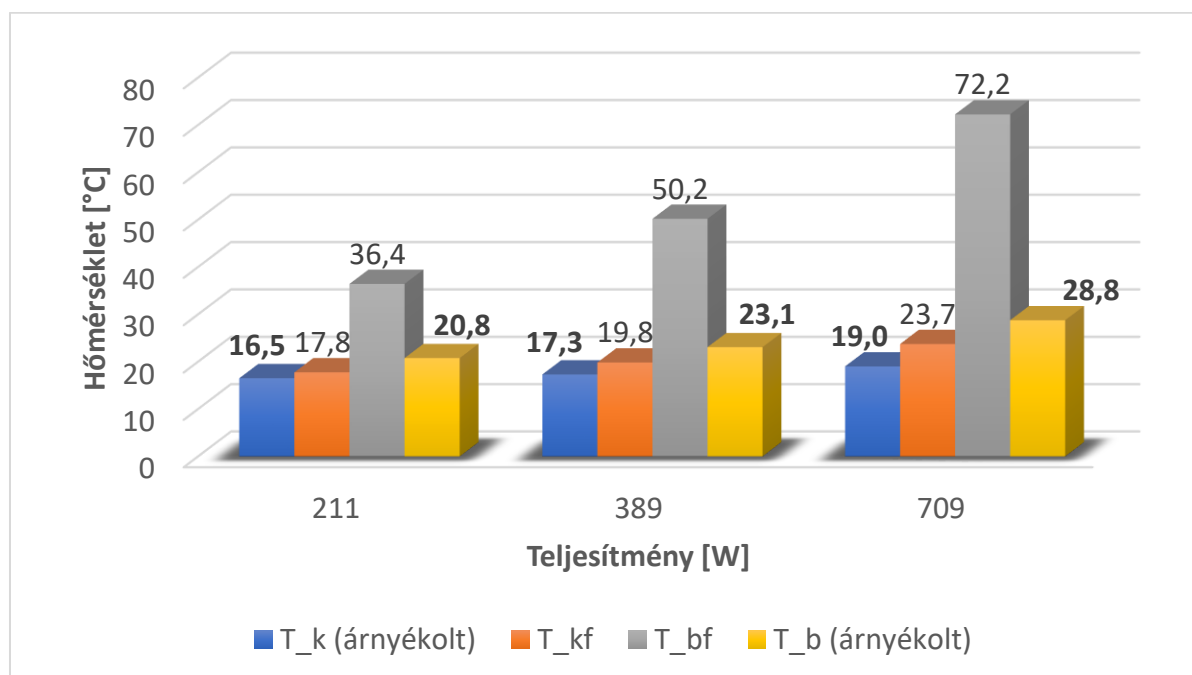
Fokozat	P [W]	T _k [°C]	T _k (árnyékolt) [°C]	T _{kf} [°C]	T _{bf} [°C]	T _b (fekete g.) [°C]	T _b [°C]	T _b (árnyékolt) [°C]
1	211	-	16.52	17.76	36.43	21.50	-	20.77
1	389	-	17.31	19.84	50.18	24.56	-	23.07
3	709	-	19.01	23.75	72.24	31.31	-	28.76

A táblázatban szereplő hőmérsékleteket diagramban is feldolgoztuk. A diagram a kialakuló felületi- és léghőmérsékleteket ábrázolja. Jól látható, hogy magas belső felületi hőmérséklet mellett sem emelkedik meg túlságosan a külső felületi hőmérséklet.

01. jelű üveg (látható üvegméret 724×1022 mm, A = 0,74 m²)



02. jelű üveg (látható üvegméret 658×1802 mm, A = 1.19 m²)



Teljesítmények

Az alábbi táblázatok a mérés során meghatározott teljesítményeket tartalmazzák. Minden esetben elmondható, hogy a vízdalon elvont teljesítmények meghaladják a mért elektromos teljesítményt, azonban az eltérések 100 W-nál kisebbek. Ez az a határ, aminél pontosabban nem tudunk mérni, mert a környezeti hatások is kb. ebben a nagyságrendben befolyásolják az eredményeket.

01. jelű üveg (látható üvegméret 724×1022 mm, A = 0,74 m²)

Hőmérsékletek, összteljesítmények								
állás	P	T _k	T _{fk}	T _{fb}	T _b (fekete)	T _b	b (árnyéko)	Q _k + Q _b
	[W]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[W]
1	118	16,68	17,55	33,20		19,36		207
2	230	16,98	20,53	48,31	23,65	21,60	20,65	289
3	556	18,33	25,73	80,99	30,58	26,16	23,98	468

Külső oldal									
állás	O3 _e	O3 _v	dT	T _{köz}	c	ro	V _b	m	Q _k
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[J/(kg*K)]	[kg/m ³]	[m ³ /h]	[kg/s]	[W]
1	14,84	15,19	0,35	15,02	4190,1	999,16	0,190	0,053	78
2	14,79	15,25	0,46	15,02	4190,1	999,16	0,193	0,053	103
3	14,91	15,64	0,72	15,27	4189,7	999,12	0,192	0,053	162

Belső oldal									
állás	O1 _e	O1 _v	dT	T _{köz}	c	ro	V _b	m	Q _b
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[J/(kg*K)]	[kg/m ³]	[m ³ /h]	[kg/s]	[W]
1	14,75	15,27	0,52	15,01	4190,1	999,2	0,21	0,06	129
2	14,74	15,49	0,75	15,11	4189,9	999,1	0,21	0,06	186
3	14,79	16,02	1,24	15,40	4189,5	999,1	0,21	0,06	306

02. jelű üveg (látható üvegméret 658×1802 mm, A = 1.19 m²)

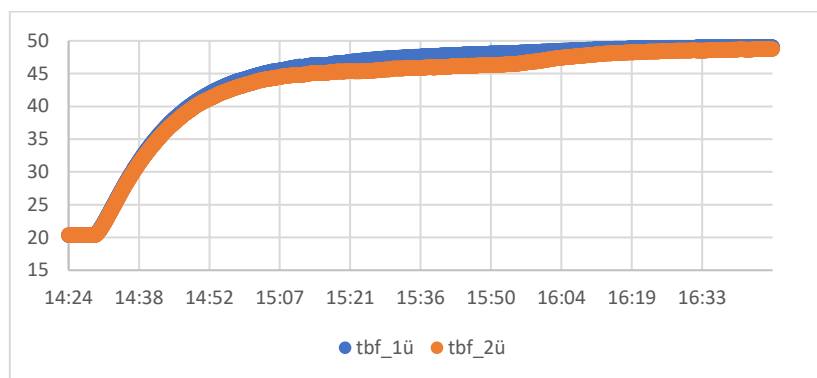
Hőmérsékletek, összteljesítmények							
állás	P	T _k (árnyékolt)	T _{fk}	T _{fb}	T _b (fekete)	T _b (árnyékolt)	Q _k + Q _b
	[W]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[W]
1	211	16.52	17.76	36.43	21.50	20.77	222
2	389	17.31	19.84	50.18	24.56	23.07	300
3	709	19.01	23.75	72.24	31.31	28.76	637

Külső oldal								
O3_e	O3_v	dT	T _{köz}	c	ro	V _b	m	Q _k
[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[J/(kg*K)]	[kg/m ³]	[m ³ /h]	[kg/s]	[W]
14.73	15.13	0.39	14.93	4190.198	999.1713	0.187345	0.051997	86
14.84	15.32	0.49	15.08	4189.968	999.1489	0.191821	0.053238	109
14.70	15.87	1.18	15.28	4189.652	999.1174	0.191873	0.053251	263

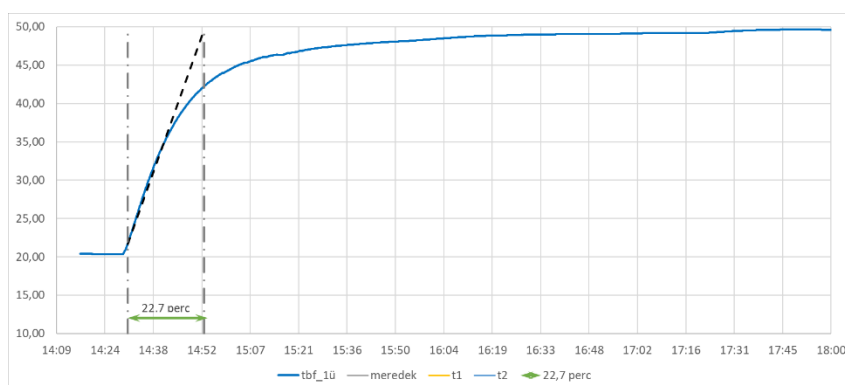
Belső oldal								
O1_e	O1_v	dT	T _{köz}	c	ro	V _b	m	Q _b
[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[J/(kg*K)]	[kg/m ³]	[m ³ /h]	[kg/s]	[W]
14.73	15.29	0.56	15.01	4190.071	999.1589	0.210829	0.058514	136
14.84	15.60	0.77	15.22	4189.752	999.1274	0.213732	0.059318	191
14.70	16.21	1.51	15.45	4189.398	999.0915	0.212284	0.058914	374

Felfűtési folyamatok vizsgálata

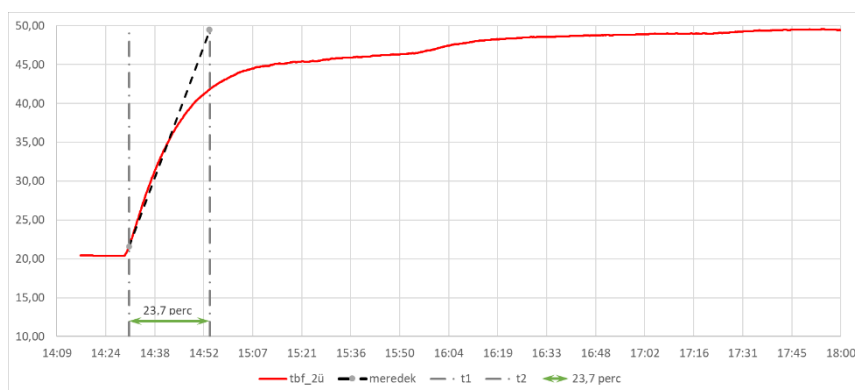
A mérés során kérdés volt, hogy az egyes üvegezések felfűtési ideje hogyan alakul. A mérésnél a belső oldal hőmérséklet változását mértük. Megvártuk a hőmérséklet állandósulását. A felfutásból látható, hogy a viselkedés jól megfelel az egytárolós, önbeálló szakaszok viselkedésének, ezért a jellemzésre az időállandót határoztuk meg. Ez az időállandó azt mutatja meg, hogy ha a kezdeti meredekséggel nőne a hőmérséklet mindvégig, akkor mennyi idő alatt érnénk el az állandósult értéket.



01 és 02 jelű üveg felfűtés, belső felületi hőmérséklet változása



01 jelű üveg felfűtés, belső felületi hőmérséklet változása, időállandó 22,7 perc



02 jelű üveg felfűtés, belső felületi hőmérséklet változása, időállandó 23,7 perc

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a bevonatok helyzetének változtatása, illetve a levegő töltet cseréje argonra, nem jelentett számottevő változást az időállandó szempontjából.

Közérzeti mérések termikus műemberrel

Termikus mérőbábuval vizsgáltuk az üvegezés hőszigetelésének hatását az üveg mindkét oldalán. A méréseket fűtött és fűtetlen állapotban is elvégeztük. Az első mérések során a mérőbábu testfelülete fűtetlen állapotban volt, csupán a rajta kialakuló hőmérsékletek kerültek rögzítésre. A bábu testfelületét két részre osztottuk, jobb és bal oldalra, melyek hőmérséklete külön-külön is megvizsgálásra került. A mérőbábu jobb oldalán mindig az üvegezés helyezkedett el, így a fűtőüveg hatását ezen az oldalon érdemes vizsgálni. Annak érdekében, hogy a mérőkamra hűtött felületei ne befolyásolják közvetlen a mérőbábu kialakuló hőmérsékleteket, a mérőbábút polisztirol táblákkal árnyékoltuk a hűtött felületek irányából. Az árnyékolás megfelelő hatásának igazolása érdekében érdemes fűtetlen üveg esetén összehasonlítani a bábu jobb és bal oldalán kialakuló hőmérsékleteket. Az így mért hőmérsékletek, illetve a teljes testfelület átlaghőmérséklete leolvasható a később bemutatott diagramokból. Látható, hogy fűtetlen üveg esetén a bábu két oldala között alig van hőmérsékletkülönbség, így az árnyékolás megfelelőnek tekinthető.

Az üveg felfűtését követően a bábu felületén magasabb hőmérsékletek alakultak ki, mint a fűtetlen üveg esetén. Az is megfigyelhető, hogy a bábu két oldala között hőmérsékletkülönbség jött létre, mely az üveg hőszigetelésének következménye. Ez a hőmérsékletkülönbség az üvegezés belső oldalán sokkal hangsúlyosabb, mint a külső oldalon.

A második méréssorozatban a mérőbábu testfelületét állandó teljesítménnyel fűtöttük (Locked Power üzemmód). A bábu ezen üzemmódja az emberi szervezet hőleadását hivatott szimulálni. Ez a mérés jobban jellemzi az üveg hőszigetelésének emberre gyakorolt hatását. Ugyan a mérőbábu van alkalmasabb üzemmódja is az emberi szervezet szimulálására, a mérések összehasonlíthatósága érdekében az állandó teljesítménnyel való fűtés bizonyult jelen esetben a legalkalmasabbnak. Ezen mérés során a bábu két oldala közötti hőmérsékletkülönbség valamivel kisebb értéket vett fel, mely a magasabb bábu felületi hőmérsékletekkel indokolható.



Hőkamerás kép a mérésről az üveg fűtött oldalán

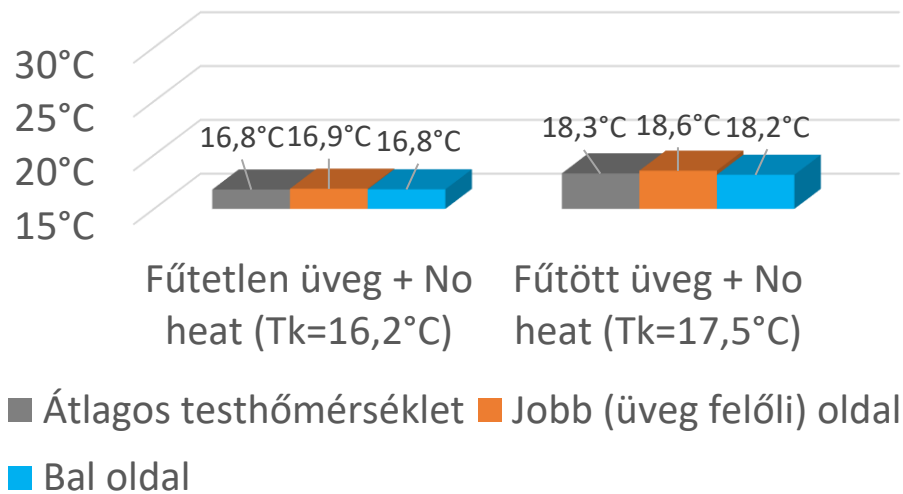
A méréseket a 02 jelű üvegezésnél, közepes elektromos fűtőteltjesítmény (kb. 390 W) mellett végeztük. Ahhoz, hogy a változások, hatások jól nyomon követhetők legyenek, többféle mérést végeztünk. Mind a műember, mind az üveg esetén be- és kikapcsolt állapotokat választottunk. Az alábbi táblázat mutatja be, hogy a 10 mérés során ezek hogyan alakultak.

02. jelű üveg (látható üvegméret 658×1802 mm, A = 1.19 m²)

SR	AZON.	Fűtött		Külső oldal					
				Termikus műember átlaghőmérsékletek			Lég hőmérsékletek		Felületi h.
				Átlagos	Bal oldal	Jobb oldal	T _k (árnyékolt)	T _k (gömb)	T _{kf}
		ME	Ü	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
1	01_G_nf			-	-	-	16.31	17.12	16.39
2	02_G_vf		x	-	-	-	17.28	18.89	19.34
3	03_MEnf_nf			16.80	16.82	16.87	16.24	-	16.21
4	04_MEnf_vf		x	18.30	18.17	18.55	17.53	-	19.63
5	05_MEvf_nf	x		24.40	24.23	24.36	17.77	-	18.10
6	06_MEvf_vf	x	x	25.40	25.13	25.48	18.61	-	20.69
7	07_MEnf_nf			-	-	-	16.71	-	16.74
8	08_MEnf_vf		x	-	-	-	18.09	-	19.82
9	09_MEvf_nf	x		-	-	-	16.76	-	16.76
10	10_MEvf_vf	x	x	-	-	-	18.00	-	19.74

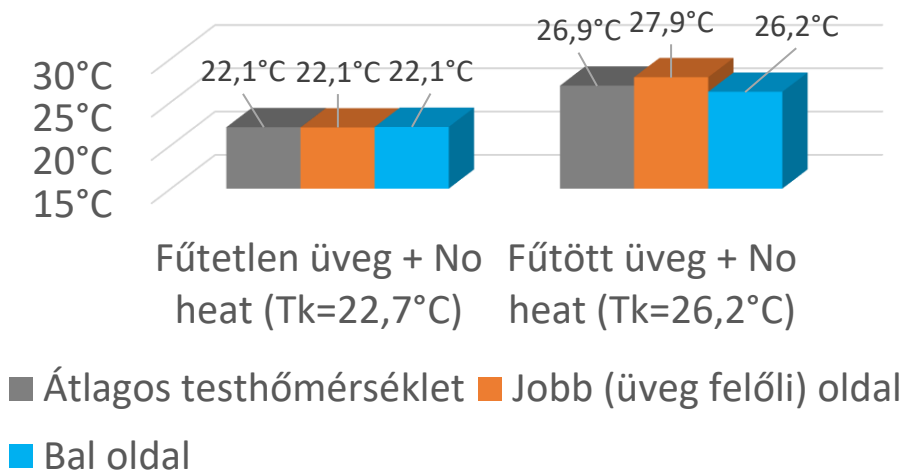
S R	AZON.	Fűtött		Belső oldal					
				Felületi h.	Lég hőmérsékletek		Termikus műember		
				T _{bf}	T _b (árnyékolt)	T _b (gömb)			
		ME	Ü	[°C]	[°C]	[°C]	Jobb oldal	Bal oldal	Átlagos
				[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
1	01_G_nf			19.32	21.21	20.67	-	-	-
2	02_G_vf		x	51.96	25.62	26.74	-	-	-
3	03_MEnf_nf			18.65	20.53	20.00	-	-	-
4	04_MEnf_vf		x	51.78	25.97	27.04	-	-	-
5	05_MEvf_nf	x		20.71	22.49	22.01	-	-	-
6	06_MEvf_vf	x	x	50.34	25.80	26.80	-	-	-
7	07_MEnf_nf			20.76	22.73	-	22.07	22.13	22.10
8	08_MEnf_vf		x	51.58	26.25	-	27.87	26.19	26.90
9	09_MEvf_nf	x		20.59	22.56	-	28.57	28.64	28.69
10	10_MEvf_vf	x	x	51.99	26.42	-	32.76	31.24	31.98

Üvegezés **külső** oldala Mérőbábu No Heat üzemmódban



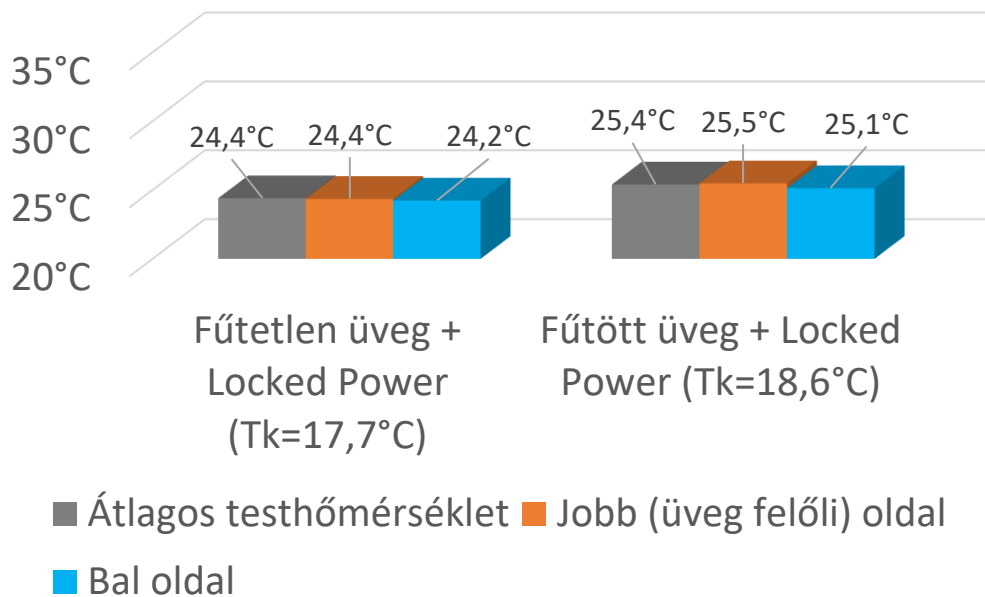
Mérőbábu két oldalának felületén kialakuló hőmérsékletek az üvegezés fűtetlen oldalán

Üvegezés **belső** oldala Mérőbábu No Heat üzemmódban



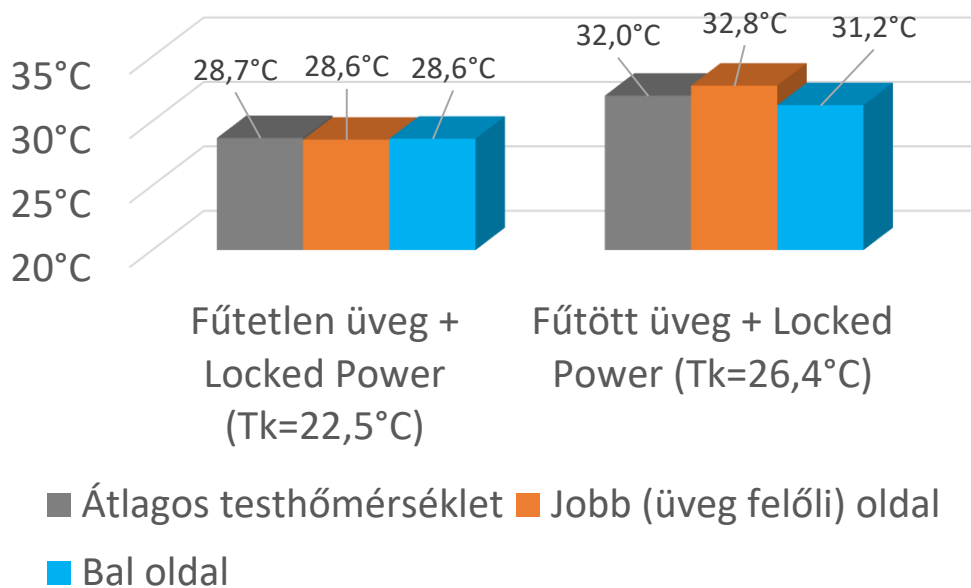
Mérőbábu két oldalának felületén kialakuló hőmérsékletek az üvegezés fűtött oldalán

Üvegezés **külső** oldala Mérőbábu Locked Power üzemmódban



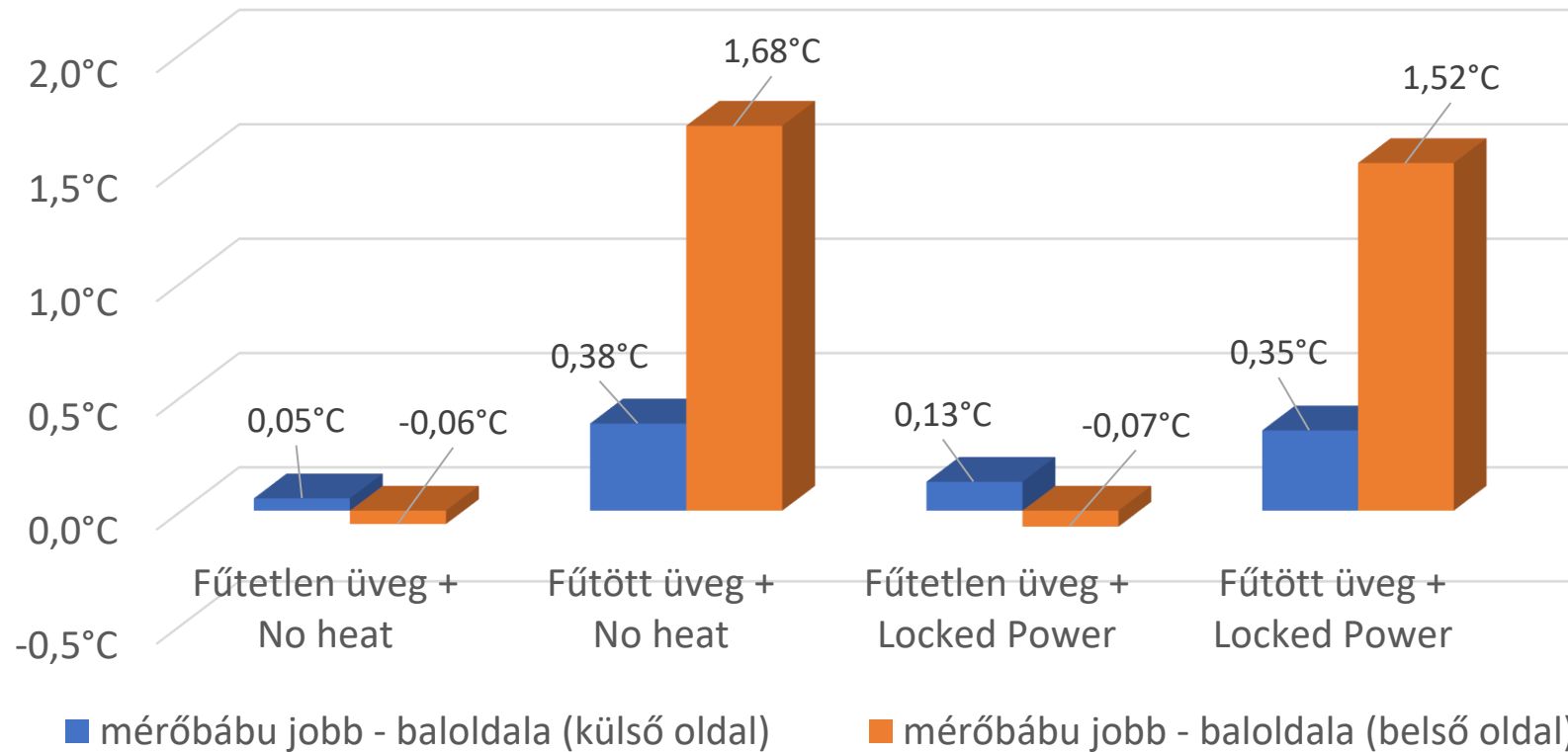
Mérőbábu két oldalának felületén kialakuló hőmérsékletek az üvegezés fűtetlen oldalán

Üvegezés **belső** oldala Mérőbábu Locked Power üzemmódban



Mérőbábu két oldalának felületén kialakuló hőmérsékletek az üvegezés fűtött oldalán

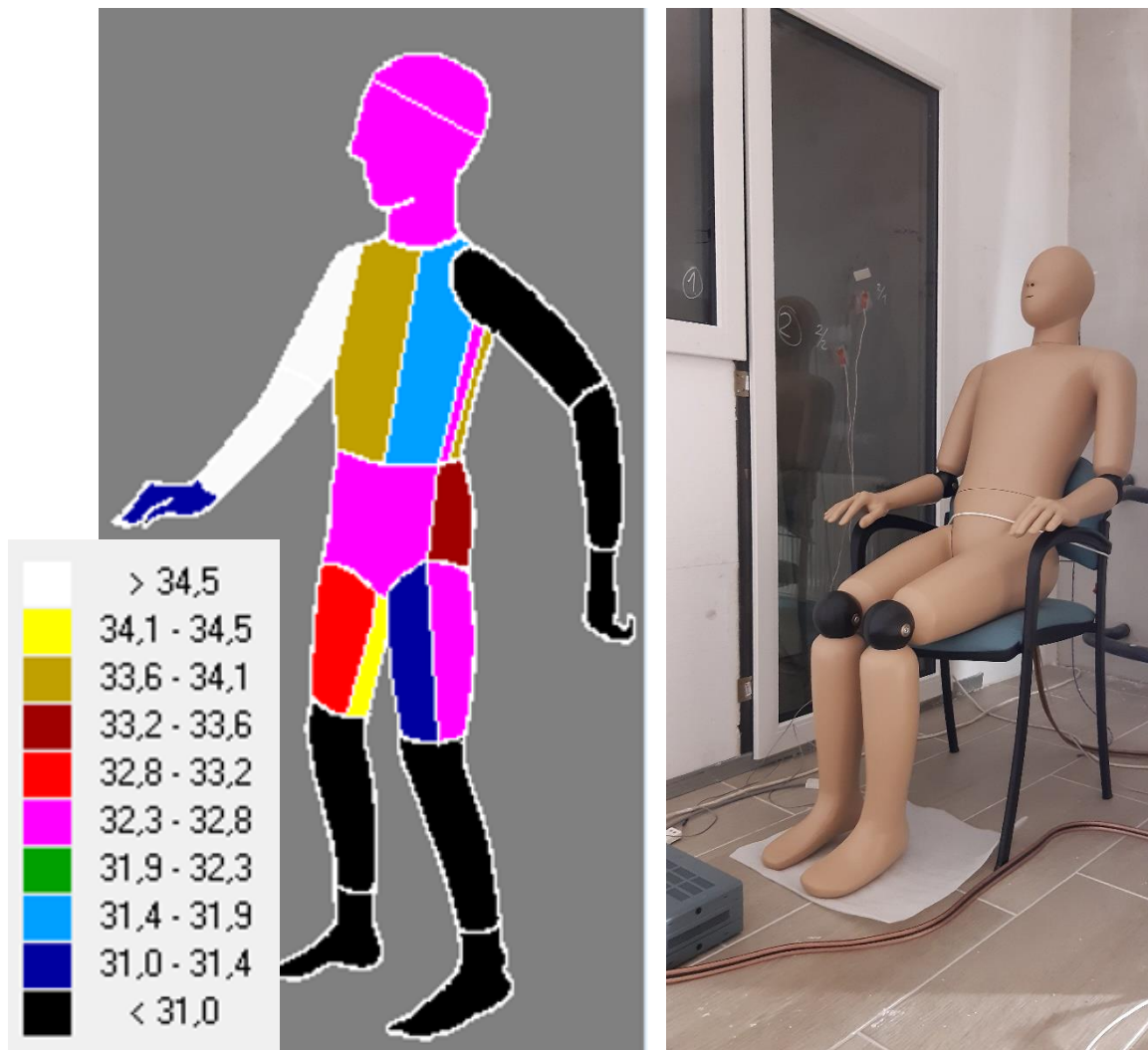
A bábu jobb és bal oldala közötti hőmérséklet különbség



A mérőbábu két oldala között kialakuló hőmérsékletkülönbség nagysága a különböző mérések során

A mérés során a kamrában kialakuló léghőmérsékletet a mérés befolyásolta, ezt a hőmérsékletet a diagramokról T_k – jelöléssel lehet leolvasni. Ahogy látható, a különböző mérések során kialakuló léghőmérsékletek akár több fokot is változtak, ezért a jobb összehasonlíthatóság érdekében elsősorban a mérőbábu két oldala között kialakuló hőmérsékletkülönbségeket érdemes megvizsgálni, kizárva ezáltal a léghőmérséklet változásának zavarását. Az előző diagramban ezek a hőmérsékletkülönbségek kerültek összehasonlításra.

A diagramon narancssárga színnel jelölt belső oldalon sokkal nagyobb hőmérsékletkülönbségek olvashatók le, mint a kézzel jelölt külső oldalon, mely igazolja, hogy az üvegezésnek fűtött állapotban a belső tér felé jelentősen nagyobb a sugárzásos hőleadása, mint a külső tér felé.



Fotó a termikus mérőbáburól, és a szoftverben rögzített hőmérsékletek vizuális megjelenítése