

ÉPÜLETENERGETIKAI ÉS KOMFORT MÉRÉSEK A DE MFK ÉPÜLETFIZIKA LABORATÓRIUMÁBAN

1. BEVEZETÉS

Napjainkban az építőanyagok és épületszerkezetek hőtechnikai paramétereinek a vizsgálata alapvető feladat figyelembe véve azt a tényt, hogy Magyarországon és az Európai Unió más országaiban az összes energiafelhasználásnak csaknem harmadát az épületek üzemeltetése teszi ki. Az energia megtakarítással összefüggő kutatási pályázatok, amelyeket az Európai Unió energetikai szakbizottsága írt ki (pl. FP6 keretprogramon belül) kizárólag demonstrációs jellegűek voltak, vagyis a meghatározott pontosságú mérések ezeknél nélkülözhetetlenek. Mindezek alapján szükségesnek tartottuk egy olyan laboratórium kialakítását, amelyben nem csak az egyes építőanyagok fizikai jellemzői legyenek mérhetőek, hanem épületszerkezetek hőtechnikai és energetikai vizsgálata is lehetséges legyen.

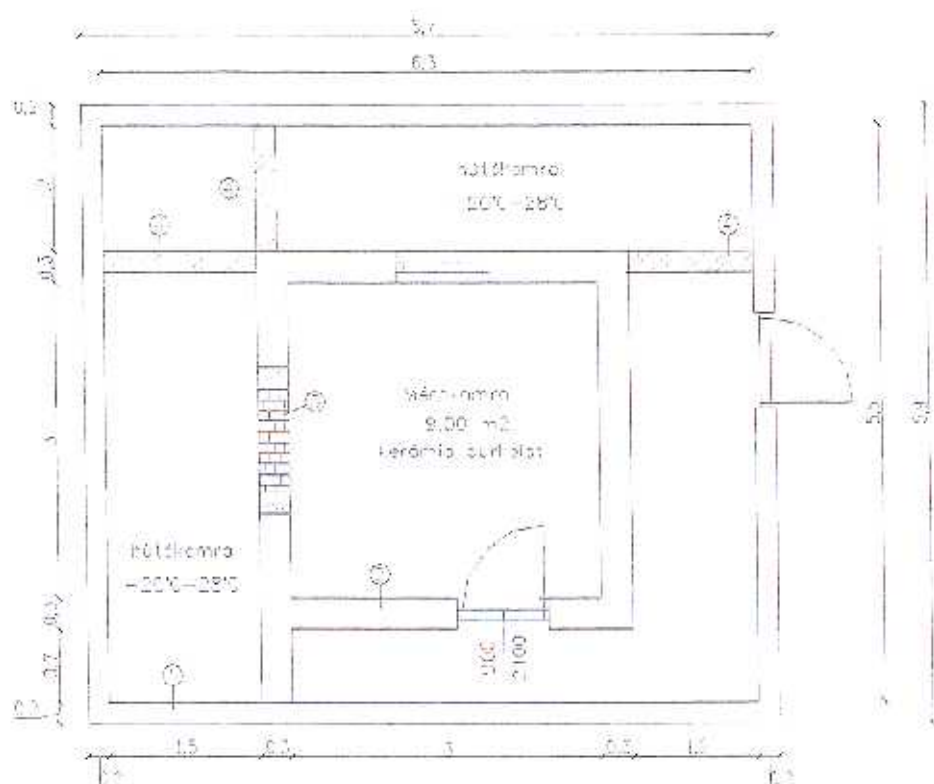
2. A MÉRŐSZOBA

Az előzőekben felsorolt céloknak legjobban egy „helyiség a helyiségben” mérőkamra felel meg. A kialakított helyiségek méreteit az 1. ábra tartalmazza.

A kamratest 200 mm-es vastagságú, önhordó szendvics szerkezetű, porfestett sima lemez fegyverzetű, a fegyverzetek között sima poliuretán hab kitöltésű panelekből épült. Az egyes elemek egymásba tolható csap-hornyos kialakítással kapcsolódnak. A sarkoknál és a tetőnél a 90° -ban kapcsoló elemek külső és belső takaró lemezekkel kerültek rögzítésre. A panelek közötti rések a szereléskor PUR habbal kerültek kitöltésre. A beépített panelek OÉTI és ÉME engedéllyel rendelkeznek. A panel hőátbocsátási tényezője $U=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$, a hab sűrűsége $38...43 \text{ kg/m}^3$, a habosítás FCKW mentes anyaggal történt.

A mérőkamra és a hűtőkamra közötti térben különböző hőmérséklettel rendelkező terek alakíthatók ki. Mint ahogy az ábra alapján megfigyelhető a mérőkamra egyik falszerkezete csak külső falként, egy

másik falszerkezet külső vagy belső falként funkcionálhat. A másik két falszerkezet mindig belső falként működik.



1. Hűtőkamra falazatának (1) rész
2. Tömítő téglafalazat (2) rész
3. Tűzálló és hőszigetelő falazat
4. A hőszigetelő falazat hővezető falazat

1. ábra A mérészoza

A „külső” tereket kézzel könnyen mozdítható falakkal választjuk el egymástól, amelyeket csak a mérésck idejére illesztünk megfelelően a helyükre attól függően, hogy egy vagy két külső fallal rendelkező helyiségben szeretnénk mérni. A válaszfalak alatt a külső tér felső burkolata megszakad, hogy elkerüljük a folyamatos födém alatt kialakuló hőáramokat. A válaszfalakat közvetlenül az úsztatott födém alatt elhelyezett polisztirol rétegre helyezük el. A mérőkamra mennyezete és padló szerkezete úgy van kialakítva, hogy a nemkívánatos hőhidakon

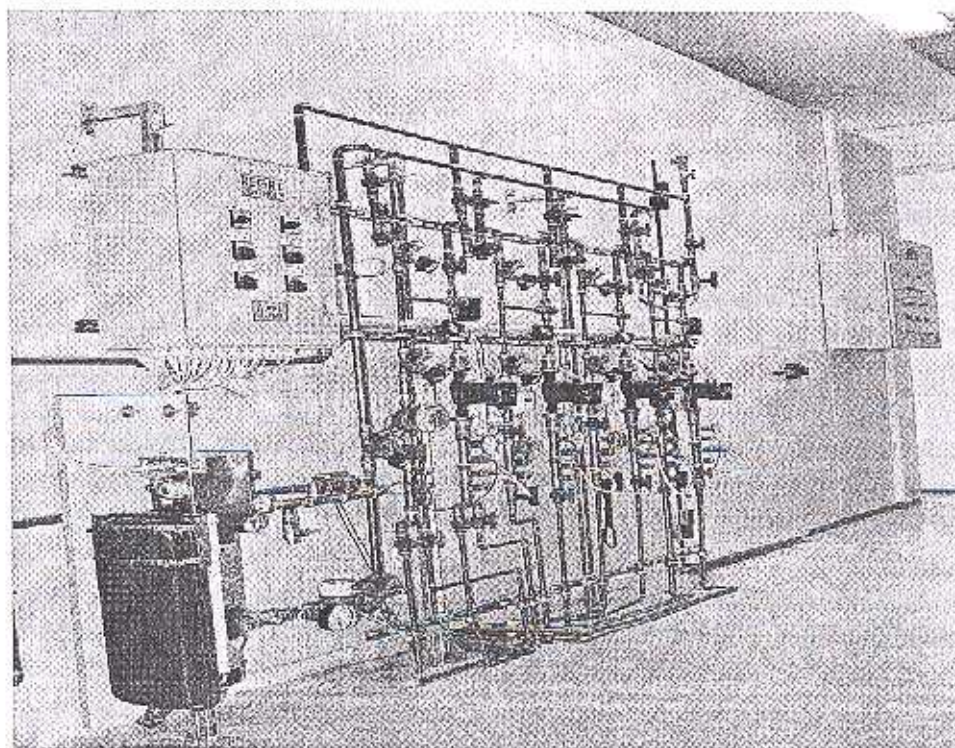
kialakuló hőáramok minimálisak legyenek. A mérőkamra és a hűtőkamra mennyezete ugyanazon hűtőpanelekből készült, de a folytonosság meg van szakítva megfelelő vastagságú, PUR habbal kitöltött, rés által. A padlószerkezetnek csak a -0,6 m-en elhelyezett alapja közös. Az erre elhelyezett felső rétegek több réteg polisztirol közbeiktatásával kerültek elhelyezésre. A külső tér felső beton rétege olyan adalékanyaggal lett kialakítva, amely biztosítja a réteg számára a dilatáció felvételét. A mérőkamra falszerkezete egy 4 cm vastag parafa réteg közbeiktatásával került elhelyezésre a 10 cm magas alapra, amely úgy a belső, mint a külső oldalon 3-3 cm vastag hőszigetelő réteggel van ellátva (polisztirol a belső, poliuretán a külső oldalon. Ezáltal, várhatóan a falak pereme mentén minimális lesz a hőhídhatás. A falszerkezet 30 cm tömör téglából készült és a belső oldalon 2 cm mészvakolattal, külső oldalon pedig 2 cm cementvakolattal van ellátva. Ennek a szerkezetnek a hőátbocsátási tényezője $U_{bf}=1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A „külső tér” hőmérséklete $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ és $+28 \text{ }^\circ\text{C}$ között, egy központi csoportaggregátos hűtőberendezés segítségével, előállítható. Ezáltal a mérsékelt kontinentális éghajlatra vonatkozó téli klimatikus jellemzők szimulálhatók.

A hűtőberendezés központi egysége az aggregát (kompresszorok, folyadékgyűjtő, kondenzátor) közvetlenül az Épületfizikai laboratórium feletti tetőn került elhelyezésre. Szintén a tetőrészen lettek elhelyezve a hőszigetelt csövezetékek, a hűtőkört vezérlő mágnes-szelepek valamint a folyadékszűrők. A működést biztosító elektromos vezérlőszekrény a laborban lett felállítva, a szendvicspanel kamra falszerkezetére rögzítve a külső oldalon. A mérőkamra és a hűtőkamra közötti térben három darab statikus elpárolgató lett elhelyezve. A köztér mennyezetének síkjától 15 cm távolságra függesztett elpárolgatók lamellái között a nagyobb sűrűségű levegő lefele áramlik, míg a határoló szerkezetek mentén a levegő felfele áramlik. Így kialakul egy természetes cirkuláció a hűtött térben.

A „külső teret” szimuláló terekben az elpárolgatók akár $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletet is előidézhetnek, míg a „belső térben” elhelyezett elpárolgató $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ -ig tudja lehűteni a levegőt, ha a mérés ezt szükségessé teszi. Ugyanezekben a terekben villamos fűtés is van elhelyezve, melynek célja az, hogy akár $+28 \text{ }^\circ\text{C}$ levegőhőmérséklet is előidézhető legyen. A hűtőberendezés működését, vagyis a kért hőmérséklet értékeket, a vezérlőszekrényben elhelyezett PLC segítségével

szabályozzuk. Az elpárolgotatók elektromos fűtőbetétekkel vannak ellátva, amelyek a jég leolvasztását biztosítják, amely a levegőből a lamellákon kicsapódó nedvességből keletkezik.



2. ábra Fűtési körök kialakítása

Az így kialakított mérőszoba maximális hőszükséglete 1011 W (20 °C belső hőmérséklet és -15 °C külső hőmérséklet mellett). Ezt a hőigényt a helyiségben elhelyezett különböző típusú fűtési berendezéssel fedezzük: mennyezetfűtés, padlófűtés, falifűtés, radiátoros fűtés. Ezek külön-külön is és együttesen is üzemeltethetők.

A hőforrás egy több lépcsőben állítható, maximum 6 kW teljesítménnyel rendelkező, LAING elektromos fűtőkazán. A rendszer térfogatát egy 200 l-es Viessmann tároló tartály beépítésével növeltük. A kazán keringető szivattyúja akkor kapcsol be, amikor a tartályban a hőmérséklet a kívánt érték alá csökken. A fűtési rendszer működési paramétereit egy DDC segítségével szabályozzuk. Lehetőség van értéktartó és időjárás követő szabályozásra.

A mérőkamra egyik falszerkezetében egy 120×120 cm nyílás található, amelybe beilleszthető egy 1m×1m méretekkel rendelkező próbafalazat, 10 cm vastagságú hőszigeteléssel ellátva a kerülete mentén. Erre a próbafalazatra egy 1m×1m×1m méretekkel rendelkező, 20 cm vastagságú panelekből készült, mérődoboz illeszthető és ez által, az MSZ EN ISO 8990 szerint, különböző épületszerkezetek hőátbocsátási tényezője mérhető. A próbafalazatot a hőszigetelés elhelyezése előtt egy fa keret rögzíti. A próbafalazat helyén 30 cm tömör téglából készült szerkezetet helyezünk el, ha nem hőátbocsátási tényezőt szeretnénk mérni, így egyszerűen hőmérséklet-eloszlást kapunk a falszerkezet felületén.

A mérőkamra másik falszerkezetében egy műanyag kerettel és hőszigetelt üveggel rendelkező 100×120 cm méretekkel rendelkező ablakot helyeztünk el. Az ablak tokszerkezetébe alul-felül egy 50×1 cm rés van vágva így vizsgálható és kontrolálható a természetes szellőzés és mérhető az általa okozott energiavesztés.

3. MÉRŐMŰSZEREK

A mérőkamra külső falszerkezete ellátható különböző vastagságú utólagos hőszigetelő anyaggal és mérni lehet ennek hőfizikai hatásait. Így energetikai szempontból összehasonlíthatóak különböző hőszigetelő anyagok, hőszigetelési rendszerek és technológiák. A hőszigetelő anyagok hővezetési tényezőjét egy automatikus működésű Hologometrix Lambda 2000 típusú készülékkel mérjük. A mérőműszer számítógépes vezérlésű. A műszer megfelelő működését, beállításait és az adatok feldolgozását a számítógépre telepített Q-Lab™ program biztosítja. A méréseket 300×300 mm keresztmetszetű és 5...100 mm magasságú mintákon kell elvégezni. A műszer a hővezetési ellenállást a 0,8...1,8 (m²K)/W tartományban méri.

A mérőkamra épületszerkezeteinek felületi hőmérsékletét megfelelő időszakonként regisztrálja egy előzetes program alapján működő Keithley 2700 Multiméter számítógépes adatgyűjtő. A műszerbe bővítőkártya csatlakoztatható, amely segítségével lehetőség van 20, 32, 40, vagy még több analóg, illetve digitális bemenet kialakítására. Általában relé kapcsolja a kiválasztott inputot a műszer mérőbemenetére, ami egyszerre, egy időben, csak egy input mérését tudja elvégezni. A mérési idő

változtatható, megközelítőleg 0,1s-től 0,5s-ig. A mérőműszert az RS-232/IEEE-488/Ethernet interfész alkalmassá teszi számítógéppel történő vezérlésre, illetve biztosítja a mért adatok számítógépen történő gyűjtését, feldolgozását. A mérőműszerhez tartozik a PC-be illeszthető IEEE-488 kártya, a Windows alapú mérésvezérlő, adatgyűjtő szoftver (TestPoint), valamint az Excel.INX bővítmény a Microsoft Excel-hez, amely lehetővé teszi a programozás nélküli közvetlen adatgyűjtést Excel táblázatkezelőbe.

A levegő hőmérsékletének, nedvességtartalmának és áramlási sebességének változását egy-egy, a helyiségben és a külső térben, különböző mérési szinteken elhelyezett Testo 175 H2 programozható adatgyűjtő segítségével mérjük és rögzítjük. Jelenleg ebből a műszerből négy darab áll rendelkezésünkre. Az adatgyűjtő előprogramozható, a rögzített adatok pedig számítógépbe olvashatóak és feldolgozhatóak a Comsoft 3 Professional software segítségével. Az adatgyűjtőben beállítható a mérési időintervallum és a mérések közötti időszak. A Testo 175 H2 16000 adatot tud tárolni, mérési tartományok: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +70\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $0 \dots 100\% \text{ RH}$, a műszer pontossága pedig $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $\pm 3\% \text{ RH}$. A levegő áramlási sebességét Testo 445 univerzális mérőműszer segítségével mérjük és rögzítjük. A műszer a Comsoft 3 Professional software segítségével szintén előprogramozható, az adatok számítógépbe olvashatóak, illetve feldolgozhatóak. A műszerre egy teleszkópos, hőgömbös áramlásmérő szondát csatlakoztatunk, ennek mérési tartománya: $0 \dots 10 \text{ m/s}$, pontossága pedig $\pm 0,03 \text{ m/s}$.

4. TERVEZETT ELVÉGEZHEŐ MÉRÉSEK, ELEMZÉSEK, KUTATÁSOK

1. Hőszigetelő anyagok hővezetési tényezője (ASTM 518; ISO 8301).
2. Falazóelemek hővezetési ellenállása (MSZ EN 1745).
3. Falszerkezetek hőátbocsátási tényezője (MSZ EN ISO 8990).
4. Hőszigetelő anyagok beépítési korrekciós tényezőjének meghatározása.
5. Hőszigetelés hatása a T és L hőhidak esetében.
6. Felületi lecsapódás és kapilláris kondenzáció vizsgálata.
7. Penészképződés feltételei.
8. Hőérzeti mérések (MSZ CR 1752):
 - operatív hőmérséklet alakulása különböző fűtési rendszerek esetében;

- operatív hőmérséklet alakulása különböző utólagos hőszigetelés vastagság mellett;
 - asszimmetrikus sugárzás;
 - vertikális hőmérséklet eloszlás;
 - huzathatás;
 - állandó és véletlenszerű zavaró tényezők hatása az operatív hőmérsékletre;
9. Radiátorok teljesítményének a meghatározása.
 10. Fűtőtestek elhelyezésének hatása a teljesítményre.
 11. Központi fűtési rendszerek tehetetlensége és ennek energetikai hatásai.
 12. Falszerkezetek tehetetlensége és ennek energetikai hatásai.
 13. Tárolt hő alakulása különböző falszerkezetekben.
 14. Ablakszerkezetek hőátbocsátási tényezője.
 15. Ablakszerkezetek légáteresztési tényezője.
 16. Szakaszos fűtés hőérzeti és energetikai vizsgálata.
 17. Épületszerkezetek temperálásának hőérzeti és energetikai hatása.
 18. Természetes szellőzés hőérzeti és energetikai vizsgálata.
 19. Az utólagos hőszigetelés hatása a falszerkezetek hőtechnikai tulajdonságaira.
 20. Az utólagos hőszigetelés energetikai hatásai.
 21. Különböző típusú központi fűtési rendszerek energetikai összehasonlítása.

5. MÉRT ADATOK

- ◆ Az energiaszükséglet és a komfortfeltételek megállapítására szükséges adatok:
 - léghőmérséklet;
 - légnedvesség;
 - légsebesség;
 - közepes sugárzási hőmérséklet;
 - hőmennyiség.

- ◆ A fűtési rendszer tehetetlenségének megállapítására szükséges adatok:

- fűtési felület hőmérséklete (radiátor vagy fal vagy padló vagy mennyezet);

- belső felületi hőmérsékletek;
- léghőmérsékletek;
- közepes sugárzási hőmérséklet;
- hőmennyiség;

- ◆ Az épületszerkezetek tehetetlenségének megállapítására szükséges adatok:

- felületi hőmérsékletek (falak és fűtési);
- hőmérsékletek az épületszerkezetekben;
- léghőmérsékletek;
- közepes sugárzási hőmérséklet.

- ◆ Falszerkezetek vizsgálata:

- hőmérséklet a próbafalazaton és próbafalazatban;
- léghőmérsékletek;
- közepes sugárzási hőmérséklet;
- hőmennyiség.

- ◆ Ablakok vizsgálata:

- léghőmérsékletek;
- légsebesség;
- légnyomás;
- légnedvesség;
- hőmérséklet az ablakfelületen;
- hőmennyiség.

- ◆ Az utólagos hőszigetelés hatása az energiafelhasználásra:

- léghőmérsékletek;
- légsebesség;
- légnedvesség;
- közepes sugárzási hőmérséklet;
- hőmennyiség.

- ◆ Az utólagos hőszigetelés hatása az épületszerkezetek épületfizikai tulajdonságaira:

- felületi hőmérsékletek a hőszigetelő rétegen;

- felületi hőmérsékletek (falak és fűtési);
 - hőmérsékletek az épületszerkezetekben;
 - léghőmérsékletek;
 - közepes sugárzási hőmérséklet.
- ◆ Épületszerkezetek temperálása:
 - léghőmérsékletek;
 - hűtött fal felületi hőmérséklete;
 - közepes sugárzási hőmérséklet;
 - légnedvesség;
 - légsebesség;
 - energiafelhasználás.
- ◆ Hőhidak hatása:
 - sarok hőmérsékletek;
 - falszerkezetek felületi hőmérsékletei;
 - közepes sugárzási hőmérséklet;
 - léghőmérsékletek.
- ◆ Felületi és/vagy kapilláris kondenzáció vizsgálata:
 - sarok hőmérsékletek;
 - hőmérsékletek a falszerkezetekben;
 - falszerkezetek belső felületi hőmérsékletei;
 - közepes sugárzási hőmérséklet;
 - légnedvesség;
 - léghőmérsékletek.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Mint az ÉPÜLETFIZIKA tárgy oktatója szeretném kifejezni köszönetemet minden kedves kollégának, aki közvetlenül vagy közvetetten részt vett vagy segített a labor létrehozásában. Elsősorban Halász Györgyné Dr. tanszékvezetőnek, aki nagyon sok munkát, időt és energiát fordított a labor létrehozására és Sándor Zoltán kollégának, aki felügyelte a munkákat az alapozástól az átadásig. Köszönjük valamennyi cégnek, akik munkával vagy anyagi segítséggel hozzájárultak egy Európai színvonalú Épületfizikai laboratórium létrehozásához.