



Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Kht.

Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Kht.
Központi laboratórium
Tűzvédelmi Szakági Laboratórium
Cím: 1113 Budapest, Diószegi út 37.
Telefon: 1/372-6164
Telefax: 1/372-6156
E-mail: tuzvedelem@emi.hu

A Nemzeti Akkreditáló Testület által NAT-1-1110/2006 számon akkreditált vizsgálólaboratórium.

Témaszám: M-110/2008

Dátum: 2008. március 28.

Vizsgálati jegyzőkönyv

a kétoldali agyagvakolattal ellátott szalmabála kitöltésű, nyílás nélküli teherhordó falszerkezet tűzállósági vizsgálatáról

A vizsgálati eredmények csak a megvizsgált egyedre vonatkoznak.
A vizsgálati jegyzőkönyvet a Tűzvédelmi Szakági Laboratórium írásbeli engedélye nélkül csak teljes terjedelmében lehet lemásolni.
A vizsgálati jegyzőkönyvben adott véleményadás és értelmezés nem akkreditált státusban végzett tevékenység.
Ez a jegyzőkönyv 7 db számozott oldalt és 3 db mellékletet tartalmaz.

Vizsgálati jegyzőkönyv
Témaszám: M-110/2008
Dátum: 2008. március 28.

1. ADATOK

- 1.1. Megbízó: Energia és Környezet Alapítvány
4400 Nyíregyháza, Malom u. 18/a.
- 1.2. A megbízó ügyintézője: Tarr Edit
- 1.3. A megbízás kelte: 2008. február 13.
- 1.4. A termék megnevezése: Kétoldali agyagvakolattal ellátott szalmabála kitöltésű falszerkezet
- 1.5. A termék alkalmazási területe: Könnyűszerkezetes faházak építése

2. MŰSZAKI JELLEMZŐK ÉS MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEK

2.1. Műszaki jellemzők

A megvizsgált, kétoldali agyagvakolattal ellátott, szalmabála kitöltésű teherhordó falszerkezet rajzdokumentációját az 1. melléklet tartalmazza.

2.2. Minőségi követelmények

A falszerkezetekre vonatkozó éghetőségi és tűzállósági határérték követelményeket – az épületek tűzállósági fokozatának és szintszámának függvényében – a 2/2002. (I. 23.) BM rendelet 5. számú mellékletének I/3. fejezete, valamint a 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelet* 5. rész I/4. fejezete tartalmazza.

* A rendelet 2008. május 22-én lép hatályba.

3. VIZSGÁLATOK

A tűzvédelmi értékeléshez elvégeztük a kétoldali agyagvakolattal ellátott szalmabála kitöltésű, nyílás nélküli teherhordó falszerkezet tűzállósági határérték vizsgálatát.

Az falszerkezet rajzdokumentációját az 1. melléklet tartalmazza.

3.1. A teherhordó falszerkezet tűzállósági határértékének vizsgálata

3.1.1. Vizsgálati módszer

A falszerkezet tűzállósági határértékének vizsgálatát az **MSZ 14800-1: 1989** számú szabvány előírásai alapján, az ott megjelölt kritériumok figyelembevételével, speciális, automatikus és programvezérelt, úgynevezett falvizsgáló kemencében végeztük el.

A berendezés főbb adatai:

- **vizsgáló kemence:**

típus: KIPSZER
méretek: 3100 × 3100 × 900 mm
fűtési rendszer: UNITHERM (automatikus)
fűtőanyag: fűtőolaj

- **adatgyűjtő rendszer:**

A hőmérsékleti adatok regisztrálása Ni-CrNi és Ni-CrAl hőelemekkel, SCX-I mérés-adat-gyűjtővel, Pentium 133 számítógéppel történik.

A vizsgálat során a kemence égésterében a következő függvénnyel jellemezhető hőhatást biztosítottuk:

$$T_t - T_0 = 345 \lg(8t + 1), [K]$$

ahol: t = a vizsgálat kezdetétől számított idő, [perc]

T_t = hőmérséklet a kemence égésterében a t időpontban, [K]

T_0 = hőmérséklet a kemencében a vizsgálat megkezdésekor. [K]

Vizsgálati jegyzőkönyv
Témaszám: M-110/2008
Dátum: 2008. március 28.

- 50 mm agyagvakolat

Az falszerkezet rajzdokumentációját az 1. melléklet tartalmazza.

3.1.3. Vizsgálati körülmények

A vizsgálat helyszíne: **ÉMI Kht. Tűzvédelmi Laboratórium**
2000 Szentendre, Dózsa György út 26.

A falszerkezet elkészítésének időpontja: **2007. december 14.**

A vizsgálat időpontja: **2008. március 27.**

A vizsgálócsarnok léghőmérséklete a vizsgálat kezdetekor: **+ 13 °C**

3.1.4. Vizsgálati eredmények, megfigyelések

A vizsgálat mérési eredményeit a 2. melléklet tartalmazza a következők szerint:

- A mérőpontok számozását tartalmazó ábra,
- Tűztéri hőmérséklet-emelkedési értékek,
- Tűztéri hőmérséklet-emelkedés – idő diagram,
- Tűztéri túlnyomás, környezeti hőmérsékleti értékek,
- Tűztéri túlnyomás, környezeti hőmérséklet diagram,
- Felületi hőmérséklet-emelkedési értékek,
- Felületi hőmérséklet-emelkedés – idő diagram.

A vizsgálat során tett megfigyeléseink a következők:

00. perc: Vizsgálat kezdete.

27. perc: A falszerkezet tűzmentett oldalán lévő agyagtapasztás a jobb felső sarkában megrepedt.

53. perc: A vizsgálat vége.

Megjegyzés: A vizsgálat befejezéséig a falszerkezet tűzmentett oldalán regisztrált hőmérsékletek nem emelkedtek a megengedett értékek fölé, a falszerkezeten lángáttörés nem volt tapasztalható, valamint a teherbírása nem csökkent. A kemence elől történő kiemelést követően falszerkezeten



láthatóvá vált, hogy a tűztér felőli oldalon lévő agyagtapasztás kis mértékben deformálódott, de a helyén maradt. A falszerkezet elfektetése után, folyamatos hűtés közben a tűztér felőli oldalon lévő agyagtapasztást a falszerkezet bal alsó sarkánál megbontottuk, így láthatóvá vált, hogy a szalmabála beégése azon a helyen, ahol egész bálák voltak ~80-90 mm volt, valamint azon a helyen, ahol kézzel tömködték bele ~140-150 mm volt. A faváz oszlop ~20-25 mm mélységben égett be, a szélessége ~ 10 mm-t csökkent.

A vizsgálatról készített fényképeket a 3. melléklet tartalmazza.

4. ÉRTÉKELES

- 4.1 A szabványos tűzállósági határérték vizsgálat eredménye alapján az 1. mellékletben szereplő rajz és a 3.1.2. pont szerinti rétegrendű kétoldali agyagvakolattal ellátott szalmabála kitöltésű, nyílás nélküli külső és belső teherhordó falszerkezetre a tűzállóság szempontjából figyelembe vett – a falszerkezetre jutó – maximálisan 20 kN/m terhelés esetén

$$T_H = 45 \text{ perc (REI 45)}^*$$

tűzállósági határérték igazolható.

A falszerkezet éghetőségi besorolása: „**nehezen éghető**”

A falszerkezet tűzvédelmi osztálya: „**B**”*

* Figyelembe véve a 2008. május 22-én hatályba lépő 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendeletet.



Vizsgálati jegyzőkönyv
Témaszám: M-110/2008
Dátum: 2008. március 28.

5. MELLÉKLETEK

1. melléklet: A falszerkezet rajzdokumentációja
2. melléklet: A falszerkezet mérési adatlapjai
3. melléklet: A falszerkezet vizsgálatáról készített fényképek

Budapest, 2008. március 28.

A vizsgálati jegyzőkönyvet készítette:

Ellenőrizte:

.....
Mezei Sándor
vizsgáló mérnök

.....
Szirmai Attila
szakági laboratórium vezető

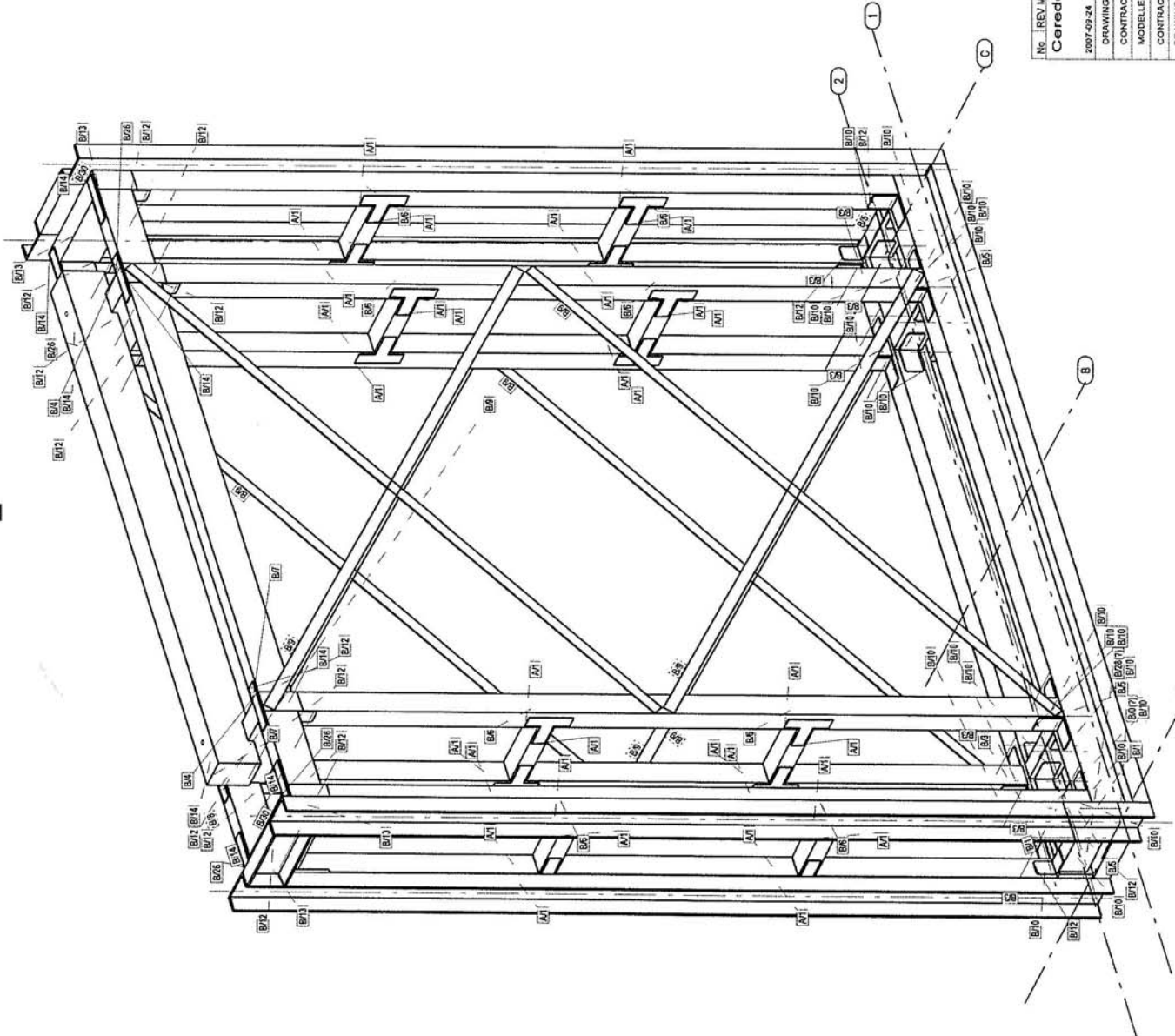
Jóváhagyta:

.....
Dr. Bánky Tamás
központi laboratórium vezető

ÉPÍTÉSÜGYI
MINŐSÉGELLENŐRZŐ
INNOVÁCIÓS KHT.
5.

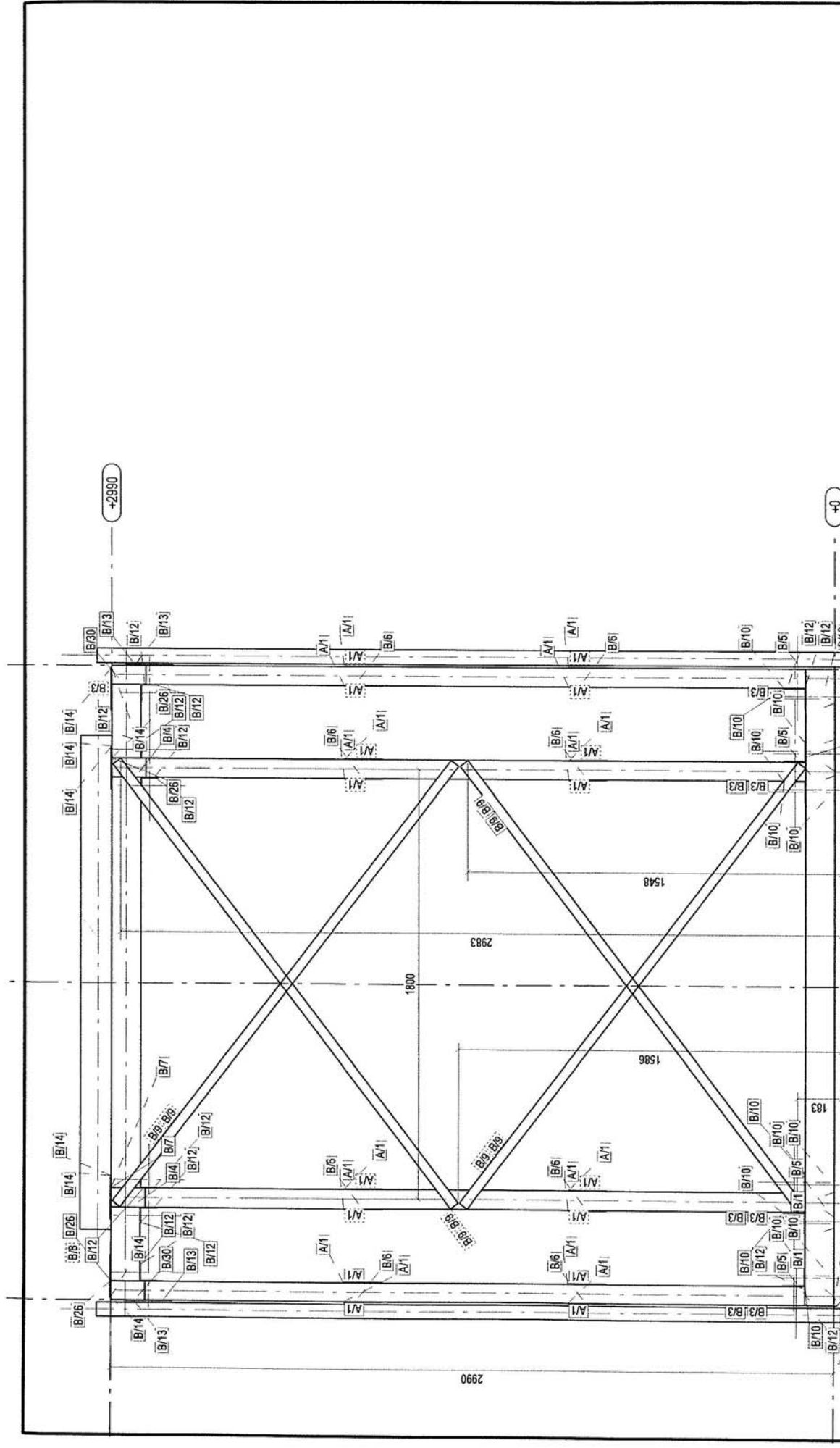
1. melléklet

az M-110/2008 számú Vizsgálati Jegyzőkönyvhöz



No.	REMARK	REVISION DESCRIPTION	REV. DATE
Caredom Kft			
2007-09-24			
TEKLA Structures			
DRAWING TITLE	Héscsere rajz		
CONTRACT	Szechenyi Művelődési Központ		
MODELLED BY	FET Mészáros		
CONTRACT NO	-351 2302121		
DRAWING No	1/1		
ISSUED	SCALE 1:10		
REVISION No	0		

ÉPÍTÉSÜGYI
MINŐSÉGELLENŐR
INNOVÁCIÓS KFT

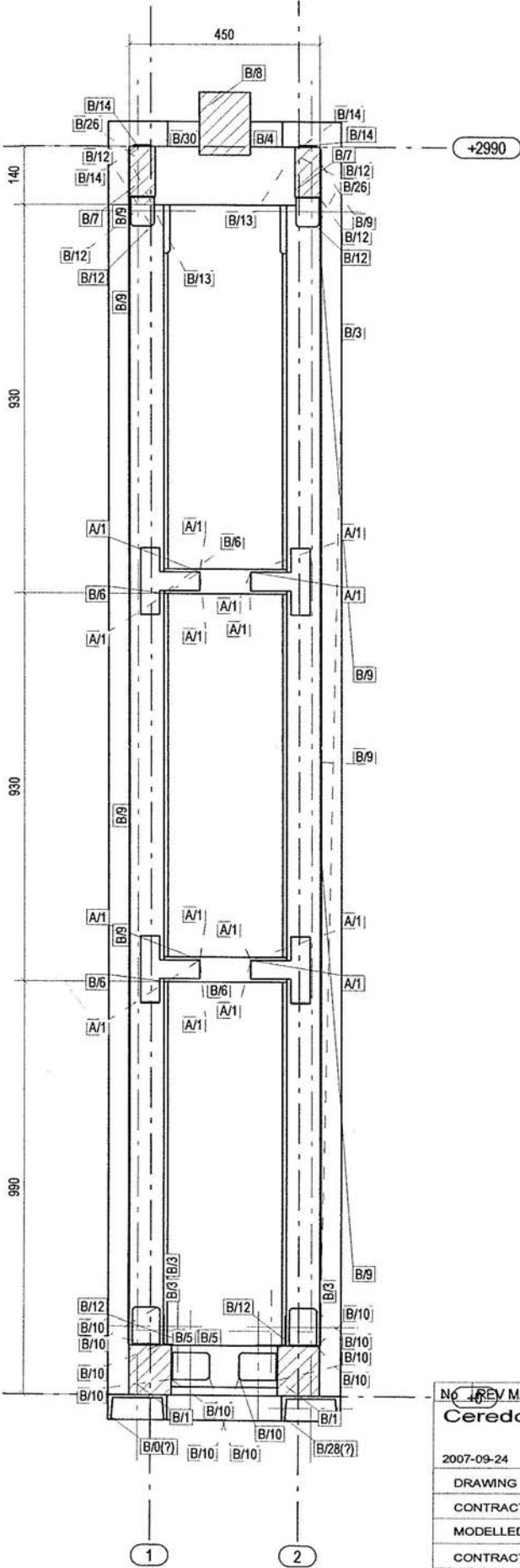


No	REV MARK	REVISION DESCRIPTION	REV. DATE
		Ceredom Kft	
		2007-09-24	
DRAWING TITLE			
GRID 1			
CONTRACT			
Szalmabála kitételező fa létravázas fal			
MODELLED BY			
F&T Mérnöki Bt			
ISSUED			
CONTRACT NO			
+361 2302121			
SCALE			
1:15			
DRAWING No			
[2]			
REVISION No.			
0			



ÉPÍTÉSÜGYVÉDELMI
MINŐSEGELLENŐRZŐ
INNOVÁCIÓS KFT

GRID A



No.	REV MARK	REVISION DESCRIPTION	REV. DATE
1			

Ceredom Kft

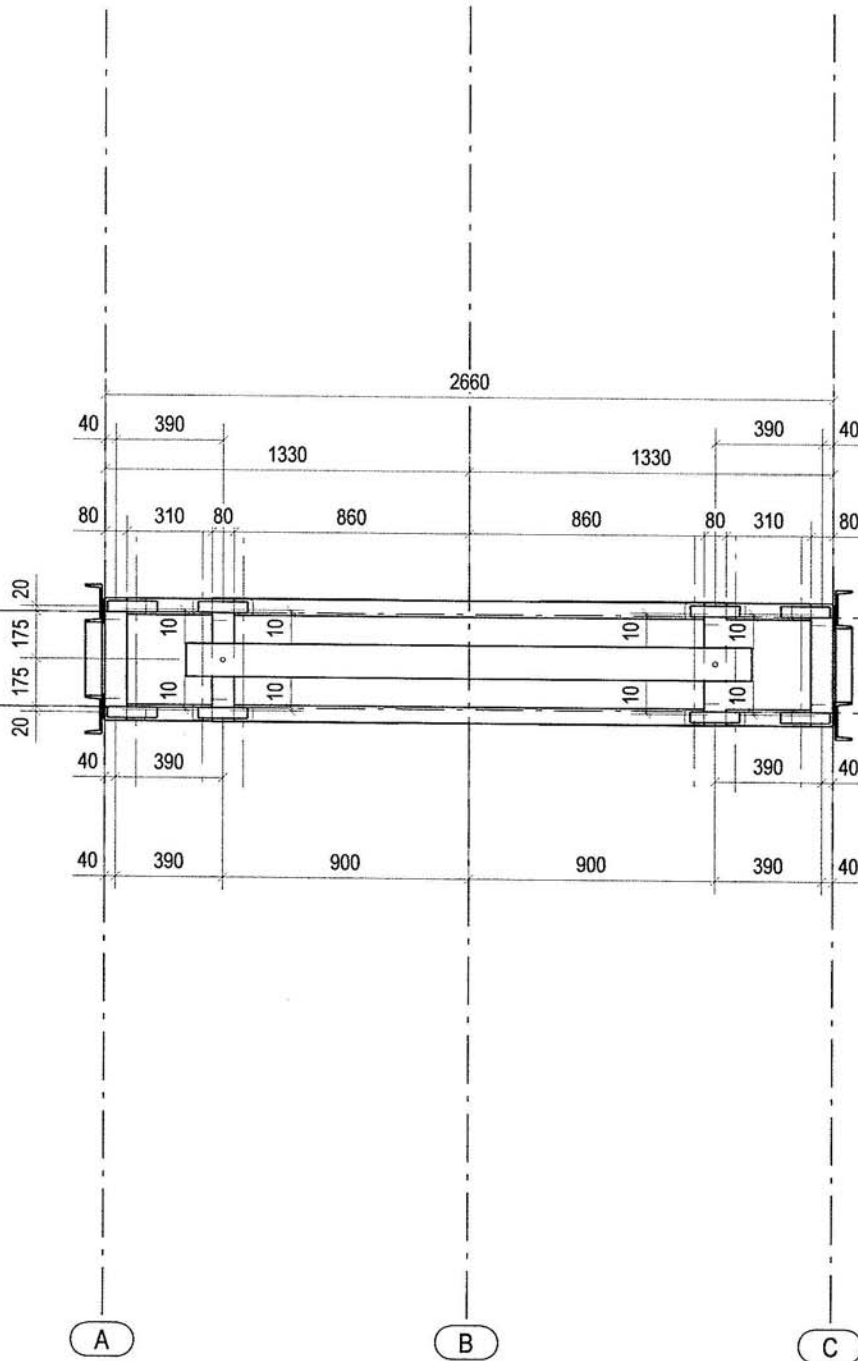
2007-09-24


TEKLA Structures ®

DRAWING TITLE	GRID A	
CONTRACT	Szalmabála kitöltésű fa létravázas fal	
MODELLED BY	F&T Mérnöki Bt.	ISSUED
CONTRACT NO	+361 2302121	SCALE 1:10
DRAWING No	[3]	REVISION No. 0

ÉPÍTÉSIGELLENŐRZŐ
MINOSÉGELLENŐRZŐ
MINDVÁCIÓS KFT.
5

1:25



No	REV MARK	REVISION DESCRIPTION	REV. DATE
Ceredom Kft			
2007-09-24		 TEKLA Structures ®	
DRAWING TITLE	GA-drawing		
CONTRACT	Szalmabála kitöltésű fa létravázás fal		
MODELLED BY	F&T Mérnöki Bt.	ISSUED	
CONTRACT NO	+361 2302121	SCALE	1:50
DRAWING No	[7]	REVISION No.	0

ÉPÍTÉSÜGYI
 MINŐSÉGELLENŐRZŐ
 INNOVÁCIÓS KFT.

8.2 melléklet

A tűzvédelmi megfelelőségi tesztre előállított „szalmabála kitöltésű, kétoldali agyagvakolatú, fa tartószerkezetű fal” vizsgálati modelljének műszaki leírása

Tartalomjegyzék

- 8.2.1. A modell építésének előzményei
- 8.2.2. A felhasznált anyagok ismertetése
- 8.2.3. Modellhiba, azaz eltérések a valóságos szerkezetektől
- 8.2.4. A modell építési naplója
- 8.2.5. Utólagos ellenőrzések és beavatkozások naplója
- 8.2.6. Vakolat mintahengerek a vakolat éghetőségvizsgálatához
- 8.2.7. A mérésekhez felhasznált műszerek
- 8.2.8. Rajz és fénykép mellékletek

8.2.1. A modell építésének előzményei

A modell jelenlegi formáját hosszadalmas egyeztetések után nyerte el. Az ÉMI munkatársaival és statikus szakemberrel együttműködve törekedtünk a valós építési szituáció minél pontosabb modellezésére. Az anyaghasználatban nem kellett kompromisszumot kötnünk, a faváz kialakításakor azonban egyszerre kellett figyelembe venni az elvárt terhelés pontos szimulációját, a modell mozgathatóságát és az agyagvakolat felhordásához szükséges segédszerkezetek stabil rögzíthetőségét, így külön fejezetben ismertetjük az ezen a téren tapasztalható eltéréseket.

Az előzetes konzultációkat 2007 júliusa és októbere között Geier Péterrel és Mezei Sándorral folytattuk le, a fa vázszerkezet statikus tervét Földesi Tibor készítette. A tervet 2007 októberében adtuk át, majd ez alapján végeztük el kivitelezési feladatokat.

8.2.2. A felhasznált anyagok ismertetése:

Fa tartóelemek: Építési célú fenyőfa a statikus tervben előírt mennyiségben, méretben, keresztmetszetben és minőségben.

Összes felhasznált fa mennyiség: 0,31 m³, 220 kg.

Fém elemek: A statikus tervben előírt mennyiségű és minőségű fém rögzítő és merevítő elemek, valamint csirkeháló.

Összes felhasznált fém mennyiség: 26 kg.

Szalmabála: A szalma építési szempontból lényeges tulajdonságai a változatos források ellenére meglepően állandóak. A kitöltéshez felhasznált 30 szalmabála közül 5 taláalomra kiválasztott mintán végeztünk méret, tömeg és közvetett nedvességtartalom méréseket, majd ezekből meghatároztuk a bálák száraz sűrűségét.

A hossz mérés felbontásból adódó hibája a módszer miatt mindhárom irányban ± 1 cm, a mérés pontos módszere megegyezik az ÉME megrendelés 8.3-as mellékletében, azaz a helyszíni ellenőrzési protokollban ismertetett módszerrel. Ezek alapján a felhasznált bálák átlagosan $84 \times 46 \times 33$ cm méretűk. A minták méreteinek szórása a két rövidebb oldal mentén mérve nem haladja meg a hossz mérés felbontásának hibáját azaz a ± 1 cm-t, így a relatív hibák értéke csak $\pm 1/33 = \pm 3\%$ és $\pm 1/45 = \pm 2\%$, a leghosszabb oldal mentén azonban a tapasztalt szórás ± 6 cm, azaz $\pm 6/85 = \pm 7\%$. Ezek alapján a szorzatként előálló térfogat mérésének relatív hibája $\pm 8\%$, azaz 1 bála térfogata $0,13 \pm 0,01$ m³.

A nedves tömegek mérésének eredménye $0,1$ kg-os felbontás mellett $14,7 \pm 1,1$ kg. A tapasztalt nagy szórás oka egyértelműen az előző bekezdésben kimutatott méretbeli szórás. Ezt a minták egyedi nedves sűrűségének kiszámításával lehet ellenőrizni, 113 ± 5 kg/m³, ami méret és a tömeg $\pm 7-8\%$ -os szórása helyett mindössze $\pm 4\%$ -ot szór, ami mérések felbontásából adódó hibának megfelelő érték.

A három mérés közül a legbizonytalanabb a nedvességtartalom (MC) közvetett úton való becslése. Mélni valójában a bála belsejében levő levegő relatív páratartalmát (RH) lehet. Egyensúlyban ez természetesen megegyezik a külvilágban mérhetővel, a bála pufferező hatása miatt azonban azt elég nagy időbeli késéssel követi, és attól jelentősen eltérhet mindkét irányban. A mért RH érték és az anyag szorpciós izotermájának ismeretében adható egy becslés a nedvesség-tartalomra. Ez azonban csak abban esetben megbízható, ha az anyag közel egyensúlyi állapotban töltötte az mérést megelőző heteket, vagy pontosan, számszerűen ismerjük az anyag és környezete többhetes előtörténet, ellenkező esetben nem tudhatjuk, hogy a becslésünk melyik irányban és mennyivel téved. Jelen esetben ismertek az átlagos körülmények $+2$ °C körüli átlaghőmérséklet, és 70% relatív páratartalom huzamosabb időn keresztül egy nyitott pajtában, ahol a bálákat tárolták, így a becsült nedvességtartalom $16 \pm 2\%$.

Mivel a szalmabála centiméteres skálán összetett, szálás, nem homogén anyag, elektromos vezetőképességen alapuló nedvességtartalom mérést nem lehet rajta végezni, és nem ismert más direkt, in-situ módszer sem. Az egyetlen ismert direkt módszer a mintavétel utáni tömegmérésen, majd a kihevített mintán történő ismételt tömegmérésen alapul.

Az eddigiek alapján a számított száraz sűrűség: 94 ± 5 kg/m³, ami teljes egészében beleesik az építésre alkalmas irodalmi $80-130$ kg/m³-es tartományba.

Összes felhasznált szalma mennyiség: száraz tömeg: 380 ± 19 kg, nedves tömeg: 441 ± 22 kg.

Agyag: Amit a köznapi nyelven agyagnak neveznek, az sokféle kőzet fizikai, majd kémiai mállásából származó igen apró (mikrométer) szemcseméretű és kémiailag is változatos összetételű anyag. A gyakori agyagásványok (kaolinit, illit, montmorillonit).

A modell építéséhez fazekas minőségűre tisztított „Mohácsi agyag”-ot használtunk fel, amit a gyártó 15 kg-os csomagokban, úgynevezett „kenőmájas” konzisztenciájú állapotban szállított. A gyártó dokumentációja szerint ez főleg kaolinit és illit tartalmú, száraz sűrűsége méréseink szerint 1900 ± 40 kg/m³,

A tiszta anyag alkalmazásával elérhető az agyagvakolat receptúrák megismételhetősége, és ezáltal a kontrollált zsurorodási és páratechnikai tulajdonságok.

Összes felhasznált agyag: 44 csomag, ami nedvesen 660 kg, szárazon pedig 570 kg.

Homok: A felhasznált homok éles szemcséjű folyami-homok, jellemzően 0,1-0,3 mm szemcsemérettel, jelentéktelen arányú apró-szemcsés szekcióval. Száraz sűrűsége 1560 ± 40 kg/m³, porozitása vízzel való feltöltéssel mérve 24 ± 2 térfogat/térfogat %.

Összes felhasznált homok mennyiség: $0,81$ m³, azaz 1257 ± 32 kg.

8.2.3. Modellhiba, azaz eltérések a valóságos szerkezetektől:

A modell több ponton is eltér a valóságos alkalmazásoktól, ezeknek az eltéréseknek minden esetben megadjuk az okát és a mértéket, továbbá azt is, hogy az eltérés előreláthatóan milyen irányba befolyásolja a modell viselkedését a vizsgálat során.

Beépítő keret: Kerekkel ellátott fém beépítő keret és talp foglalja körbe a modellt. Ennek célja a közel 3000 kg tömegű modell telephelyen történő mozgatása daruval, vagy nélküle. Mivel a vizsgálat ideje alatt a keret teljes terjedelmében kívül esik a kemence hőterhelésén, nem is befolyásolja majd az eredményeket.

Lábazati csomópont: A valóságban a fal talpfái teljes felületükkel felfekszenek a lábazati falra, így gyakorlatilag közel légzáró síkról indul a szerkezet. Tehát a modell esetében is meg kellett oldani, hogy a vizsgálat során alulról ne kapjon a falszerkezet belseje levegő utánpótlást. Ezért az alsó talpfák belső oldalára léceket szegeltünk, ezek tartják a rájuk helyezett teljes deszkázatot, amit 5-8 cm vastagon agyagvakolattal láttunk el. Ha ez az alsó vakolt felület akár a száradás, akár a tesztelés során teljes keresztmetszetében megrepedezne és átjárhatóvá válna a levegő számára, akkor az jelentősen le tudná csökkenteni a modell várható tűzállóságát.

Falvég: Egy valódi épület esetében egyáltalán nincs olyan csomópont, ahol a főfal hosszirányú folytonossága nyílászáró beépítése nélkül megszakadna. A modell esetében viszont a falszakasz mindkét végén így ér véget, ezeken a felületeken is agyagvakolattal gátoljuk meg a levegőutánpótlás bejutását. Az ezeken a felületeken keletkező esetleges teljes mélységű repedések szintén friss levegőt juttathatnak be a felhevült vakolat mögé, így csökkenthetik a modell tűzállóságát.

Koszorú csomópont: A modell koszorú jellegű csomópontja szintén eltér a valótól, annyiban, hogy itt a felső záró agyagvakolat a koszorú síkjában van, míg a valóságban ez 35-40 cm-rel magasabban, a földem szigetelésének felső síkján található. Ez a különbség azonban véleményünk szerint sem pozitív, sem negatív irányban nem befolyásolja a modell tűzállóságát.

Összefoglalva: A valóságos beépítési módtól való négy eltérés közül kettő indifferens, kettő pedig vélhetően csökkenti a modell tűzállóságát, azaz a vizsgálati eredmény egy konzervatív alsó becslés lesz a valós szituációban várható viselkedésre.

8.2.4. A modell építési naplója:

2007.12.04. Felvonulás

Megkezdtük az építéshez szükséges anyagok helyszínre szállítását és deponálását. Ezen a napon érkeztek a nagyobb tömegű és térfogatú anyagok, a várható felhasználásnál kicsit nagyobb mennyiségen, azaz 1,1 m³ éles szemű folyami homok, a 47 csomag, azaz 705 kg mohácsi agyag, és 60 db szalmabála. A várható csapadékos időjárásra tekintettel a nedvességre érzékeny szalmabálákat a 15 cm magas fa trepnikre és takarófolia alá kellett betárolni.

2007.12.08. Vázkitöltés

A vizsgálati modell készítését december 8-án, szombaton kezdtük el. A megfelelő körülmények biztosítása érdekében fémváz, 10x5m alapterületű, 3,8 m belmagasságú, műanyag ponyvával ellátott sátor került a faváz fölé. A sátor légterében az építés idejére, és később a vakolat száradása alatt is biztosítottunk a 15 – 17 °C hőmérsékletet 2 db egyenként 9 kW-os teljesítményű elektromos üzemű hőlégfűvő működtetésével.

Az előzetesen egyeztetett és leadott statikus terv alapján, azzal egyezően készült a modell fa létra váza. Mivel a megvalósuló épületek, élő és holt terheik is egyediek lesznek, az itt használt keresztmetszetektől lehetséges az eltérés, minden esetben a tényleges terhelésnek megfelelően szükséges méretezni a tartó és merevítő elemek keresztmetszeteit és a kapcsoló elemeket.

A szalmabálák elhelyezése lapjában (45 cm fal vastagság, 35 cm-es sor emelkedés) történt. Gondosan ügyelni kellett, hogy vízszintesen a bálák feszültség alá kerüljenek. A második sortól függőlegesen a valóságossal egyező módon lefűző karókkal stabilizáltuk a sorokat. Az esetlegesen keletkező laza zúgokat kitöltöttük szalma csomagokkal. Ez azért szükséges, hogy a báláknál előírt sűrűség a szerkezet teljes mezejében megmaradjon és ne legyenek a filtrációra, vagy a hővezetésre érzékenyebb pontok.

2007.12.09. A felület előkészítése vakolásra

A vázszerkezet teljes kitöltése után a kiálló laza szálvégeket sövényvágóval lenyírtuk. A teherhordó szerkezet összeállításának utolsó lépéseként felhelyeztük a fém merevítő szalagokat, mindkét oldalon 4-et. A merevítő szalagok kontrollálatlan hőtágulásával a vakolatban okozható esetleges károsodás kivédésére a két oldal szalagjait a fal teljes vastagságán keresztül átkötöttük összesen 10 ponton, és behúztuk a szalma síkján 5 cm-rel belülré. Majd a tapadás biztosítása és a forró vakolattól való eltávolítás érdekében a fém merevítő szalagokat szalmacsomagokkal borítottuk, majd az egész modell felületét „csirke dróttal” fedtük le. A csirkeháló szerepe, hogy a különböző anyagminőségek (fém, fa, szalma) találkozásánál ne alakuljanak ki repedések az agyagvakolaton.

A felületképzés agyag-homok-szalmaapríték összetételű agyagvakolattal történik összesen 4 rétegben, az így kialakuló teljes vakolat vastagság 5 cm, ami más technológiáknál példátlanul vastag lenne, itt azonban követelmény. Ez a vastag vakolat zárja el a szalmát a friss levegő utánpótlástól, védi meg a rovarok beköltözésétől, adja a szerkezet hőtároló tömegét és felület mechanikai szilárdságát. Az agyagvakolat a modell két oldalán 16,1 m² felületet fed, a modellhibáról szóló fejezetben ismertettük, hogy a téglatest formájú modell másik 4 lapját is agyagvakolattal fedtük, így a teljes felület 19,6 m².

Az összetételeket részletező következő 4 táblázatban a helyszínen mért érték a térfogat, ami a legkevésbé érzékeny a terepi viszonyok között nehezen kontrollálható nedvességtartalomra. A sűrűség-adatokat az irodalmi értékekkel jó egyezésben, a modell építését megelőzően mi magunk is megmértük a konkrét tiszta agyag és homok mintákra, valamint tucatnyi különböző keverési arány mellett is. Majd a helyszíni és a korábbi mérési adatokat felhasználva meghatároztuk az összetevők száraz tömegét külön-külön, az adott réteg teljes térfogatát a modellen, ezeket az adatokat jelöltük szürke háttérrel a táblázatokban. Végül pedig minden esetben a meghatároztuk a réteg átlagos vastagságát a számított száraz térfogat és vakolt felület nagyságának ismeretében.

Az első réteg feladata a jól tapadó felület kialakítása a következő rétegek fogadására. Ehhez egy nagy agyagtartalmú (közel 1:1 agyag-homok arányú) híg, majonéz konzisztenciájú anyagot hordtunk fel kézi kőpor szóró segítségével. Az ehhez szükséges hozzáadott víz mennyisége meghaladta a 30 litert. A felhordott nagyon nedves anyag szárítását elősegítette a kis rétegvastagság, a hőlégfűvők alkalmazása és a sátor irányított megnyitása a párával telítődő levegő kivezetésére: így mindössze 12 óra száradási idő elegendő volt a munka folytatásához.

1. vakolatréteg (kellősítő) összetétel:			
Anyag megnevezés	Bemért térfogat	Száraz sűrűség	Száraz tömeg
Mohácsi agyag	15±0,5 dm ³	1,90±0,04 kg/dm ³	28,5±1,1 kg
folyami homok	12±0,5 dm ³	1,56±0,04 kg/dm ³	18,7±0,9 kg
szalma-apriték	-	0,09 kg/dm ³	-
Száraz összesítés:	24,6±1,1 dm ³	1,92±0,04 kg/dm ³	47,2±2,0 kg

A számított átlagos rétegvastagság mindössze 1,2 mm, azonban az összetett szalma felület miatt ez természetesen nem alkothat összefüggő réteget, hiszen a keverék a fröcskölés hatására akár 2-3 cm mélységbe is behatolt a szalmaszálak közé. A látszó szalmát és a csirkeháló drójtját mindenhol befedte, így az összetett felület miatt a lokális vastagsága csak néhány tized millimétert tesz ki.

Az első réteg száradása után az ÉMI munkatársai mindkét oldalon rögzítették az előre egyeztetett pozíciókban az 5-5 hőmérséklet szenzort.

2007.12.10. A 2. réteg vakolat felhordása

A második és a harmadik réteg feladata azonos: ezek adják a vakolat tömegét, azonban a nagy rétegvastagság miatt két részletben kell felhordani őket. Ezen belül a második réteg feladata még a nagyobb skálán 10-50cm átmérőjű és 2-4 cm mélységű egyenetlenségek kitöltése. Az agyag-homok-szalma térfogati arányok értéke 1:2,5:1.

A réteg felhordása a szalma-apriték miatt kézi munkával történik, a tapadás javítása érdekében az előző réteg felületét kézi permetezővel vissza kell nedvesíteni, a felvitt anyagot pedig kör-körös mozdulatokkal szétteríteni, benne a szálak irányát a fal-síkkal párhuzamosra rendezni.

2. vakolatréteg összetétel:			
Anyag megnevezés	Bemért térfogat	Száraz sűrűség	Száraz tömeg
Mohácsi agyag	150± 5 dm ³	1,90±0,04 kg/dm ³	285±11 kg
folyami homok	360±15 dm ³	1,56±0,04 kg/dm ³	561±22 kg
Szalma-apríték (2-5 cm)	160±10 dm ³	0,09 kg/dm ³	14± 1 kg
Száraz összesítés:	539±21 dm ³	1,62±0,04 kg/dm ³	874±34 kg

A számított átlagos rétegvastagság 2,8 cm, a felület egyenetlenségei miatt azonban a konkrét vastagság pontról-pontra 2 és 5 cm közötti érték lehet.

2007.12.11. A 3. réteg vakolat felhordása

A harmadik réteg felhordása előtt még a hőlégfűvók alkalmazása mellett is várni kellett volna a legalább 3-4 napot, szemben a külső körülmények miatt rendelkezésre álló 24 órával. Ezzel azt kockáztattuk, hogy a második és a harmadik réteg együttes száradása közben bekövetkező repedések mélyebbek lesznek a normálisnál, és átérnek mindkét rétegen. Az intenzív szárítás miatt a vízpermetes felület-nedvesítést itt is alkalmaztuk. Az agyag-homok-szalma térfogati arányok értéke 1:3:1. A felhordás és az eldolgozás is kesztyűben végzett kézi munka. Ugyanezen a napon vakoltuk a modellt keresztbe metsző oldalsó síkokat és a koszorút is.

3. vakolatréteg összetétel:			
Anyag megnevezés	Bemért térfogat	Száraz sűrűség	Száraz tömeg
Mohácsi agyag	120± 4 dm ³	1,90±0,04 kg/dm ³	228± 9 kg
folyami homok	360±15 dm ³	1,56±0,04 kg/dm ³	561±22 kg
szalma-apríték	120± 8 dm ³	0,09 kg/dm ³	11± 1 kg
Száraz összesítés:	485±19 dm ³	1,65±0,04 kg/dm ³	800±32 kg

A számított átlagos rétegvastagság 2,5 cm, mivel a felület jelentős egyenetlenségeit már a második rétegben kiegyenlítettük, itt a pontonkénti eltérés az átlagos értéktől már mindössze maximum 1 cm.

2007.12.13. Simító vakolatréteg felhordása

Az utolsó szalma-apríték nélküli vakolatréteg feladata sima, kilógó szálaktól mentes, festhető felület kialakítása. Felhordása szintén kézi erővel történik, de már nem kesztyűvel, hanem a szokásos kőműves kézi-szerszámokkal, deszkával és puha, polisztírol anyagú simítóval. Mivel ebben a rétegben nincs zsugorodást és repedést gátló rost anyag, az agyag-homok arányt kell jelentős mértékben, legalább 1:5 értékre eltolni.

4. vakolatréteg (simító) összetétel:			
Anyag megnevezés	Bemért térfogat	Száraz sűrűség	Száraz tömeg
Mohácsi agyag	15±0,5 dm ³	1,90±0,04 kg/dm ³	28,5±1,1 kg

folyami homok	$75 \pm 2,5 \text{ dm}^3$	$1,56 \pm 0,04 \text{ kg/dm}^3$	$117,0 \pm 4,7 \text{ kg}$
szalma-apríték	-	$0,09 \text{ kg/dm}^3$	-
Száraz összesítés:	$76 \pm 3 \text{ dm}^3$	$1,92 \pm 0,04 \text{ kg/dm}^3$	$145,5 \pm 5,8 \text{ kg}$

A simító réteg számított átlagos rétegvastagsága 5 mm.

A négy réteg összesített átlagos vastagsága tehát 5,9 cm, összes tömege $1866 \pm 74 \text{ kg}$, átlagos sűrűsége $1,66 \pm 0,04 \text{ kg/dm}^3$.

2007.12.14. Beszállítás és levonulás

Ezen a napon elbontásra került a sátor, elszállítottuk a maradék anyagokat, a modell pedig a kerekei, targonca illetve a futómacska segítségével bekerült a vizsgáló csarnokba. Szükséges, hogy a tűzvédelmi megfelelés vizsgálatához az agyagvakolat kiszáradjon a csarnok körülményei között a szorpciós izoterma alapján elérhető 2-3 %-os nedvességtartalomra. A várható száradási idő $10 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten és 50 % relatív páratartalom mellett kb 30-40 nap.

8.2.5. Utólagos ellenőrzések és beavatkozások naplója:

2007.12.22. Első ellenőrzés és repedésmentesítés

A simító réteg felvitele után 8 nappal ellenőriztük a modell száradását és a keletkezett repedéseket. A labor csarnokában $9 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ fok hőmérsékletet és $53 \pm 3 \text{ } \%$ relatív páratartalmat mértünk.

A modell tűzterhelés felőli (jelenleg külső) oldalának felső fele már kiszürkült, ami a jelentős száradásra utal. A mentett (jelenleg belső) oldalon kisebb mértékű az észlelt száradás, de már itt is meghaladja a „börnedves” állapotot és itt is a modell felső fele-harmada a szárazabb. Az egyenlőtlen függőleges irányú száradás oka a gravitáció, a két oldal között tapasztalható eltérés oka pedig minden bizonnyal az, hogy a csarnok fűtését ellátó hőlégfűvő a (szárazabb) külső oldal felől erősebb légáramlást kelt. Felhordáskor az agyagvakolat szárazanyagra vetített nedvességtartalma 24-26 tömegszázalék volt. Korábbi méréseink szerint a szemmel látható kiszürkülés 6-8 % nedvességtartalomnál következik be, a jelen körülmények között az egyensúlyi nedvességtartalom pedig 2-3 % lesz, tehát a szerkezet felsőbb rétegei a leadható víz közel 80 %-át már le is adták.

Az agyagvakolat várakozásaink szerint mindkét oldalon 3-4 mm-rel elvált a modell felemelésére szolgáló fém kerettől. A vakolat összefüggő mezőjében kialakult repedések hossza egyenként 10 és 20 cm közötti volt, szélességük minden esetben 1 mm-nél kisebb, mélységük pedig 1-3 cm. Az egy-irányban számolt repedésszám mindenhol 4 és 8 között maradt a 2,65 m-es vízszintes és a 2,99 m-es függőleges fesztávon is, így a mezőbeli repedések összegzett nyílásszélessége sehol nem haladta meg az 3-6 mm-t. Azaz a modell vakolatán észlelt teljes zsugorodás 11 és 14 mm közötti, azaz 4 ezrelék és 5 ezrelék közötti érték mindkét irányban, ami elég jól egybeesik az azonos összetételű 20 cm hosszúságú vakolatmintákon előzőleg mért 5 ± 1 ezrelék zsugorodással.

Az agyagvakolat alaptulajdonsága a zsugorodás, amit a pontosan betartott arányok számítható tartományba tudnak korlátozni, de megszüntetni azok sem képesek. Így az agyagvakolás technikájának része a száradás során keletkezett esetleges repedések megszüntetése is. Ennek módja a felület kismértékű visszanedvesítése vízpermet segítségével, kis mennyiségű, a legfelső réteggel azonos összetételű anyag felvitele a repedések közvetlen környezetében és bedolgozása a simítólap vagy simítószivacs segítségével. Ezen a napon el is végeztük ezeket a feladatokat a modell mindkét oldalán.

2008.01.12. Második ellenőrzés

4 hét száradás után ismét ellenőriztük a csarnok levegőjének aktuális hőmérsékletét, relatív páratartalmát és a modell száradásának fokát a mentett oldalon fűréssal vett vakolatmintán. Az eredmények: a hőmérséklet 9 ± 1 °C, a relatív páratartalom 55 ± 2 %, a vakolat nedvességtartalma 3 ponton vett minták alapján $3\pm 0,2$ %, ez az érték megfelelő, 1 %-on belül megközelítette az egyensúlyi értéket. A fűrészi pontokon keresztül a 8.2.8 fejezetben megadott Testo 605-H1-es szondával 10 cm mélységben mérve a falba zárt levegő relatív páratartalma viszont még több ponton is 94 ± 3 %, ami túlzottan magas, további száradás szükséges.

2008.02.2. Mészfestés (még nem történt meg.)

Az utolsó javítást követő száradás után megkezdhető a mészfesték rétegek felvitele. Az alkalmazott anyag a beltéri használatra kifejlesztett gyártmányú mészfesték, amit a festett felület porlása ellen 1/5 rész, sovány tehéntúró formájában hozzáadott kazeinnel erősítünk meg. A festék felvitele 3 egymást követő rétegben festőhengerrel történik, az egyes rétegek alkalmazása között 24 óra száradási időt kell hagyni. A festés anyagigénye a 3 rétegben kb. 1 kg/m².

8.2.6. Vakolat mintahengerek a vakolat éghetőségvizsgálatához

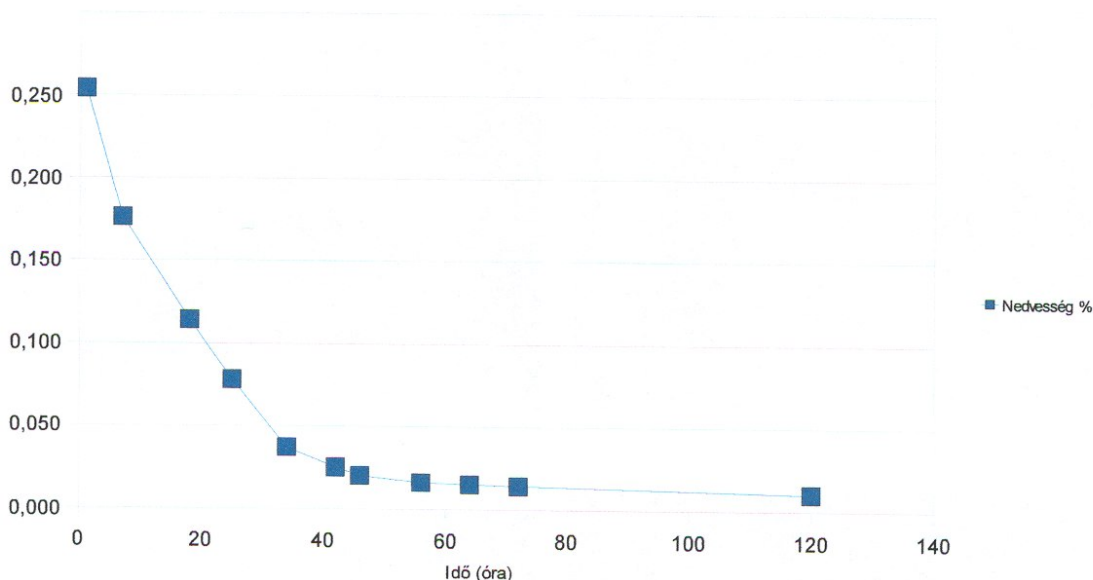
Mezei Sándor kérésére a vakolat éghetőségvizsgálatához egy 8 darabból álló mintahenger sorozatot készítettünk. A mintahengerek egyesével 45 mm keresztmetszetűek, 50 mm magasságúak.

Összetételben a modell 3-adik vakolatrétegének megfelelő 1:3:1 agyag-homok-szalma térfogat arányt választottuk. Számszerűen ez 330 cm³ agyagmassza, 1000 cm³ homok, és 330 cm³ szalma és még a keveréshez szükséges további 160 cm³ víz. Az összetevők tömege 1560 g homok, 33 g szalma apríték 1 – 3 cm hosszú szálakkal, 700 g agyagmassza. A kapott vakolat-anyag kezdeti nedves tömege 2453 g, térfogata pedig 1152 cm³, öntőforma segítségével ez pontosan 14 db, egész 50 mm magasságú és egy db 25 mm magasságú henger elkészítésére volt elegendő. Az anyag kezdeti nedves sűrűsége tehát $2,13\pm 0,04$ g/cm³ volt.

A minták száradását nyomon követtük közel szoba-hőmérsékletű környezetben: 23 ± 1 °C, és 30 ± 2 % relatív páratartalom mellett. Az adott körülmények között elérhető $1\pm 0,1$ % nedvességtartalmú egyensúlyi állapotot a minták 120 óra alatt érték el, ekkor össztömegük 1974 g-ot tett ki. Ennek megfelelően az egyensúlyi sűrűség $1,71\pm 0,03$ g/cm³. A száraz tömeg

becslését 1 mintahenger 90 percen át tartó 230 ± 2 °C-on történő kihevítésével tettük meg. Ennek alapján a száraz tömeg 1955 g.

A 14 db egész henger közül a 8 leg-szabályosabbat választjuk ki, és adjuk át vizsgálatra. Átlagos tömegük 136 g, a ettől legnagyobb eltérés 2 g, a szórás alig 1 g.



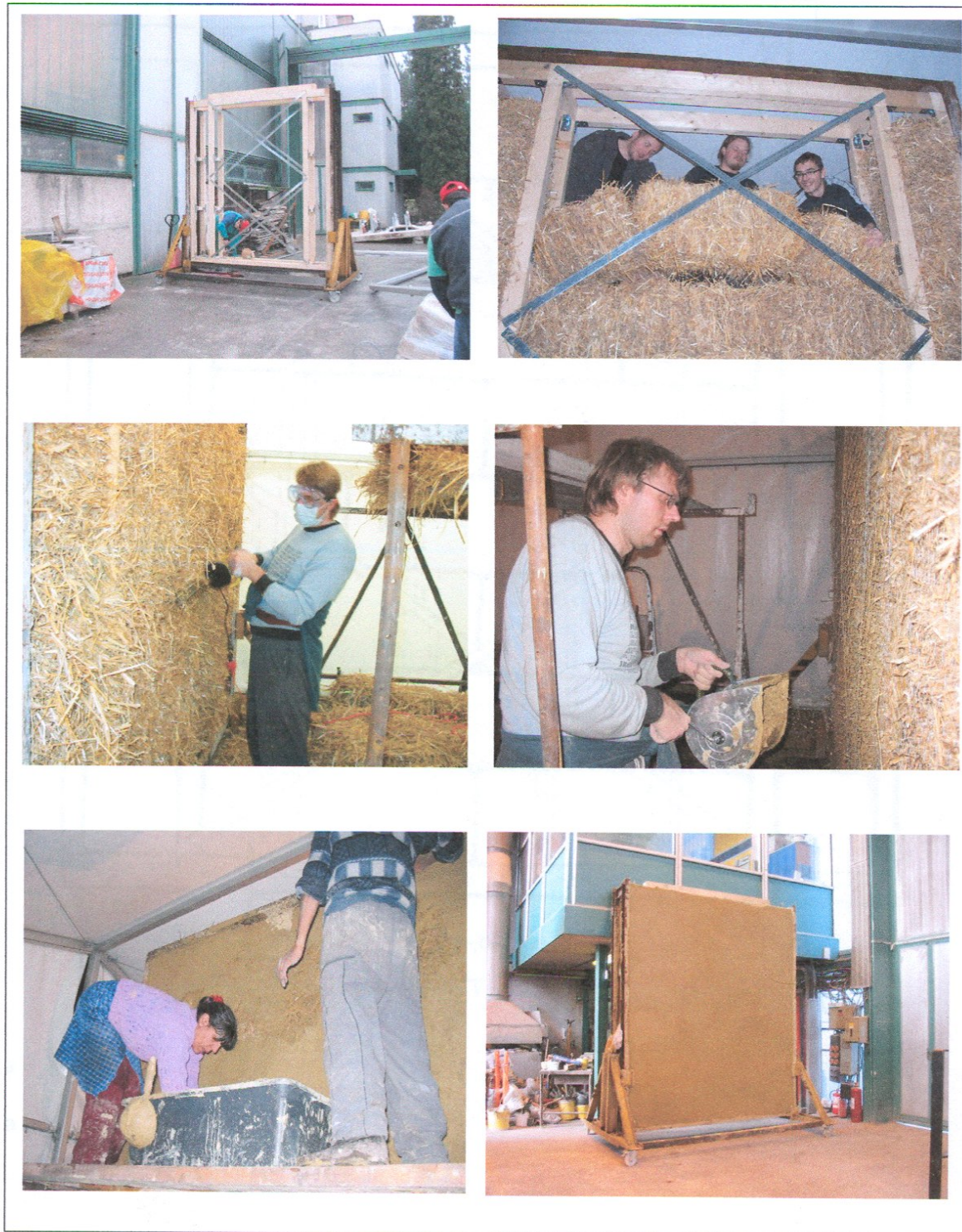
1. ábra: A vakolat minták nedvességtartalma

8.2.7. A mérésekhez felhasznált műszerek

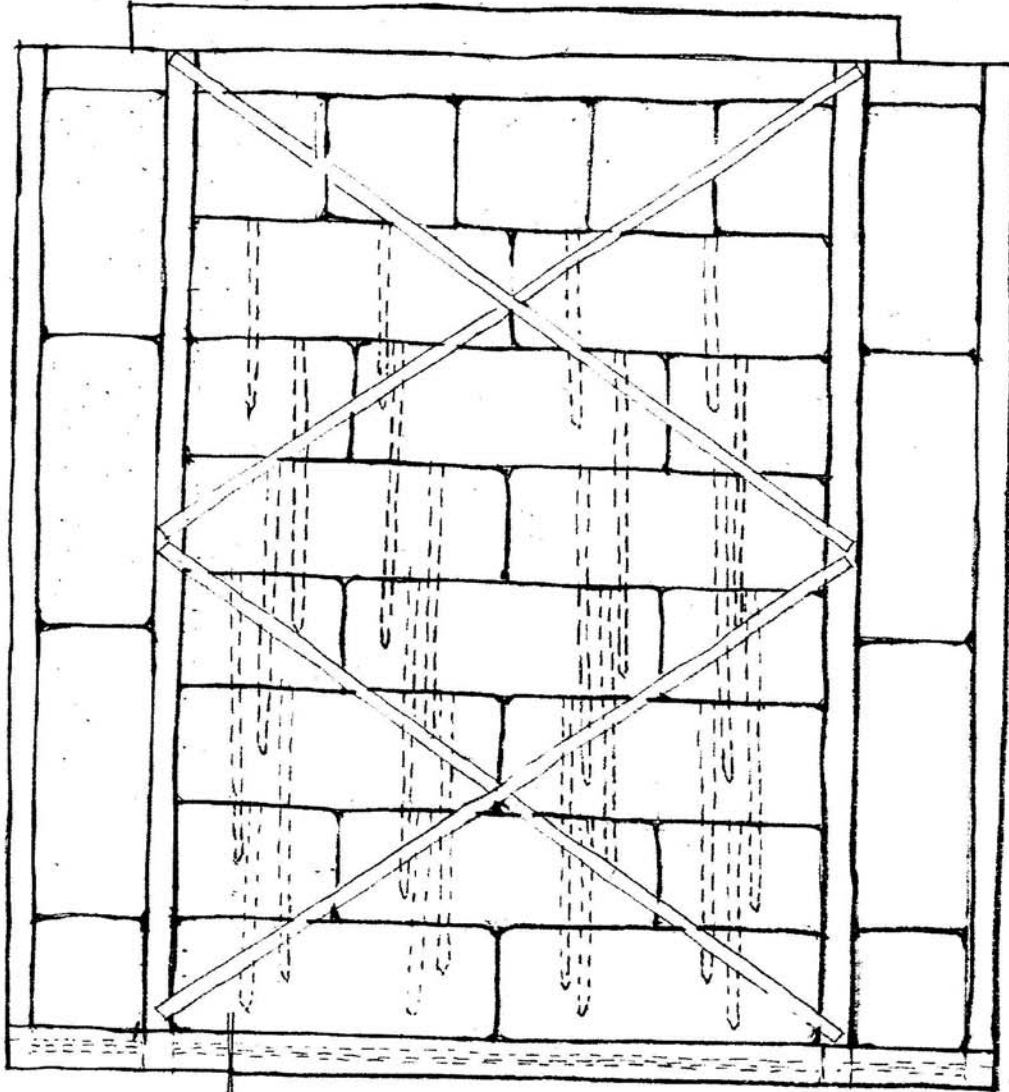
- Voltcraft, IR 280, kézi infra hőmérő
mérési tartomány: $-30 - +270$ °C, feloldás: 0,1 °C, pontosság: ± 2 °C
- Voltcraft, DL-120 TH, hőmérséklet és relatív páratartalom USB datalogger
hőmérséklet mérési tartomány: $-40 - +70$ °C, feloldás: 0,1 °C, pontosság: ± 1 °C
relatív páratartalom mérési tartomány: 0 - 100 %, feloldás: 0,1 %, pontosság: ± 3 %
- Testo, 605-H1, mérőszondás hőmérséklet és relatív páratartalom mérő
hőmérséklet mérési tartomány: $-20 - +70$ °C, feloldás: 0,1 °C, pontosság: $\pm 0,5$ °C
relatív páratartalom mérési tartomány: 5 - 95 %, feloldás: 0,1 %, pontosság: ± 3 %
- Tomopol, S050, precíziós mérleg
mérési tartomány: 0 - 50 g, feloldás: 0,005 g, pontosság: $\pm 0,01$ g
- Hauser, DKS-1054, konyhai mérleg
mérési tartomány: 0 - 3000 g, feloldás: 1 g, pontosság: ± 3 g
- mérőhenger
mérési tartomány: 0 - 250 cm³, feloldás: 1 cm³, pontosság: ± 1 cm³

- vonalzó
mérési tartomány: 0 – 300 mm, feloldás: 1 mm, pontosság: ± 1 mm

8.2.8. Rajz és fénykép melléletek



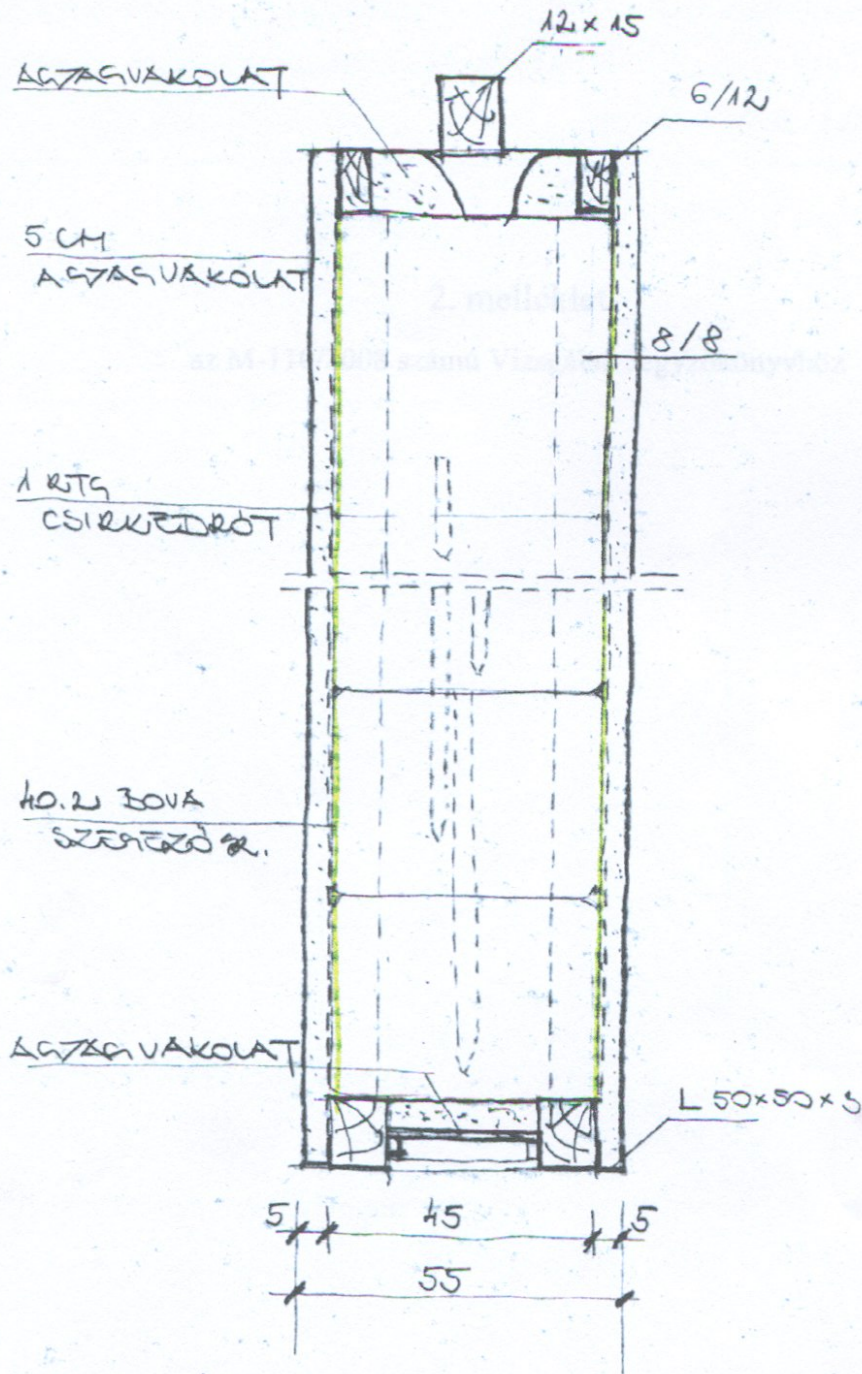
3ÁLA ELHELYEZÉSI, KARÓZÁSI
VÁZRATZ



5CM	ACÉL TAPA, RTA'S
2CM	DESZKAZAT

a

a



TŰZVIZSGÁLATI MODELLEK METSZETE

2. melléklet

az M-110/2008 számú Vizsgálati Jegyzőkönyvhöz



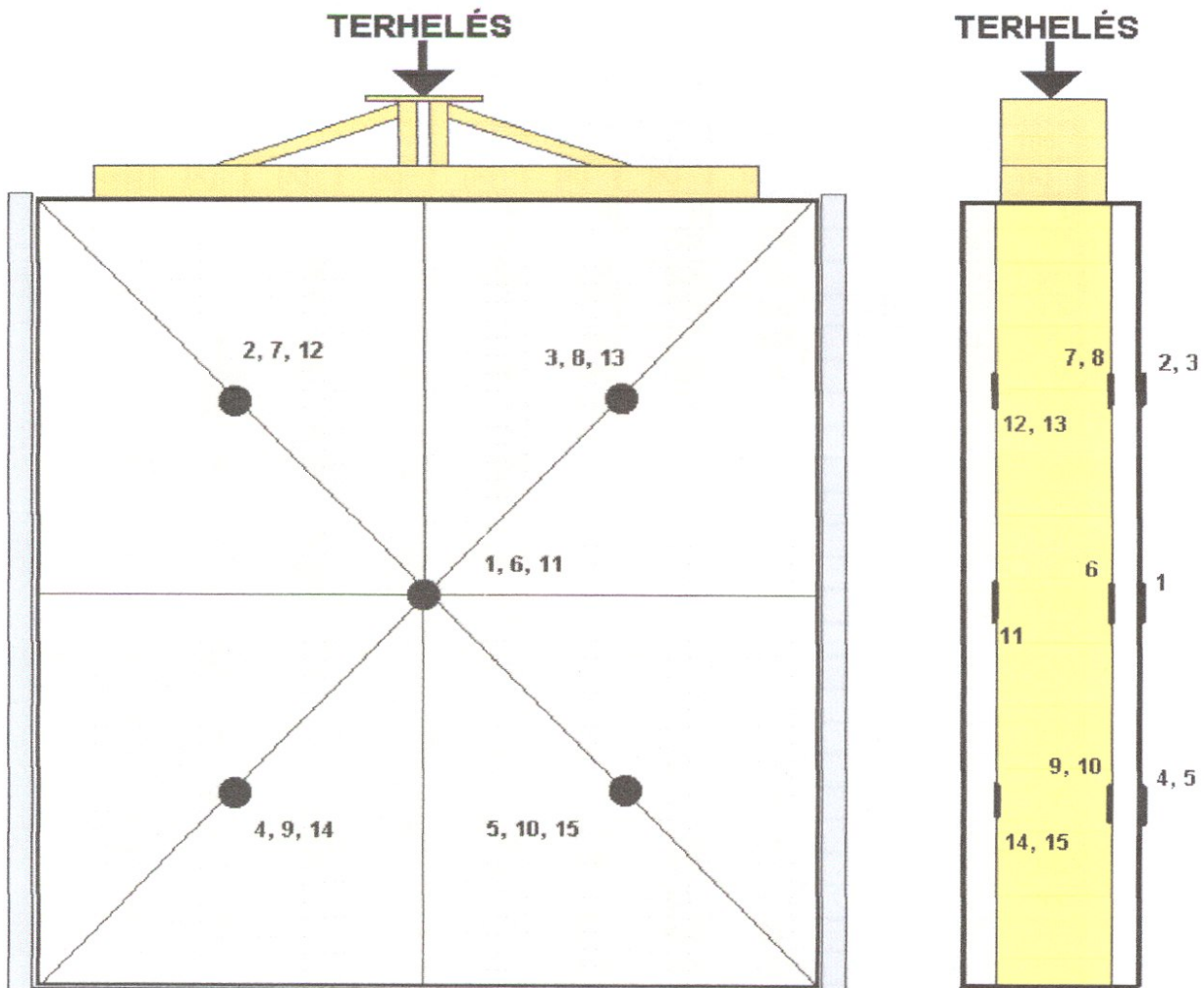
VIZSGÁLAT TÁRGYA : FALSZERKEZET

MSZ 14800-1:1989 szerint.

MEGBÍZÓ : ENERGIA ÉS KÖRNYEZET ALAPÍTVÁNY

HŐELEMELHELYEZÉS

VIZSGÁLAT IDEJE : 2008. 03. 27.





VIZSGÁLAT TÁRGYA : SZÁLMABÁLA KITÖLTÉSŰ FALPANEL MSZ 14800-1:1989 szerint.

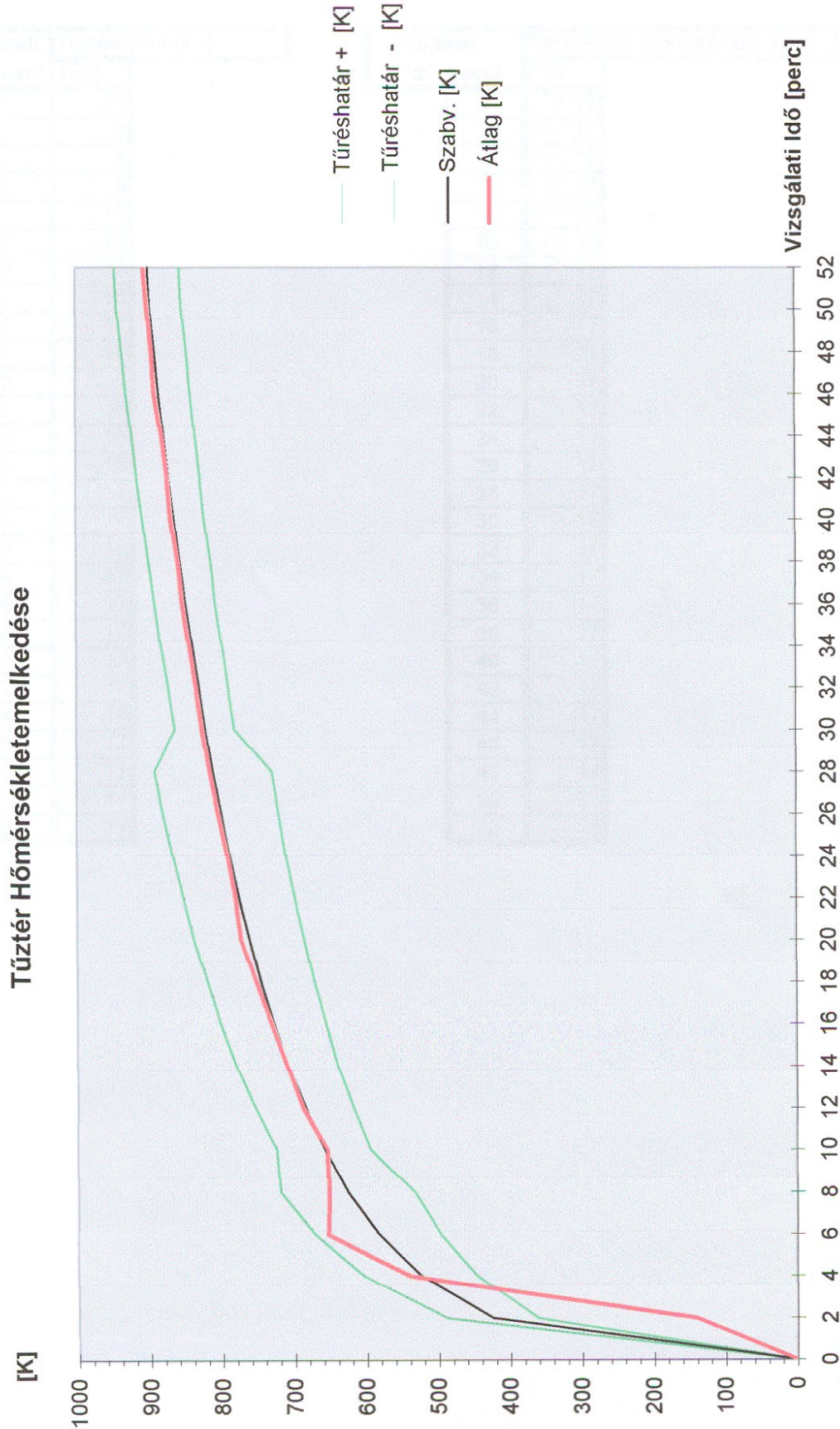
MEGBÍZÓ : ENERGIA ÉS KÖRNYEZET ALAPÍTVÁNY

MÉRÉSI ADATOK :

VIZSGÁLAT IDEJE : 2008. 03. 27.

Tűztér hőmérséklet-emelkedés + - Tűréshatárok [K]

Vizsgálati Idő [perc]	+ HATÁR -		Szabv. [K]	Átlag [K]	101 [K]	102 [K]	103 [K]	104 [K]	105 [K]	106 [K]
	[K]	[K]								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	488	361	425	142	112	203	139	140	166	89
4	603	445	524	539	430	529	436	588	690	561
6	671	496	583	653	577	621	546	721	768	686
8	719	532	626	652	589	617	565	718	763	657
10	724	593	658	654	595	626	583	720	770	630
12	754	617	685	688	618	655	620	747	802	684
14	779	638	708	709	635	679	653	763	831	691
16	801	655	728	730	657	700	679	787	853	706
18	820	671	746	752	679	722	702	812	871	727
20	838	685	761	773	699	733	712	841	880	770
22	853	698	776	781	710	742	723	849	879	783
24	867	710	789	791	722	755	736	858	891	786
26	881	720	800	804	735	763	746	874	896	811
28	893	730	812	816	748	774	756	888	899	830
30	863	781	822	826	757	782	763	899	906	846
32	873	790	831	835	769	795	773	906	914	852
34	883	798	840	844	777	805	783	913	922	863
36	891	807	849	853	788	814	791	922	927	874
38	900	814	857	860	794	822	797	929	935	882
40	908	822	865	869	805	832	807	937	942	890
42	916	828	872	874	812	838	814	942	945	894
44	923	835	879	881	819	846	823	949	952	899
46	930	841	886	891	828	856	831	957	963	910
48	937	847	892	896	834	863	837	960	966	914
50	943	853	898	901	840	869	844	965	967	919
52	946	856	901	907	847	874	850	971	974	923



ÉPÍTÉSÜGYI
MINŐSÉGELLENŐRZŐ
INNOVÁCIÓS KHT.
5

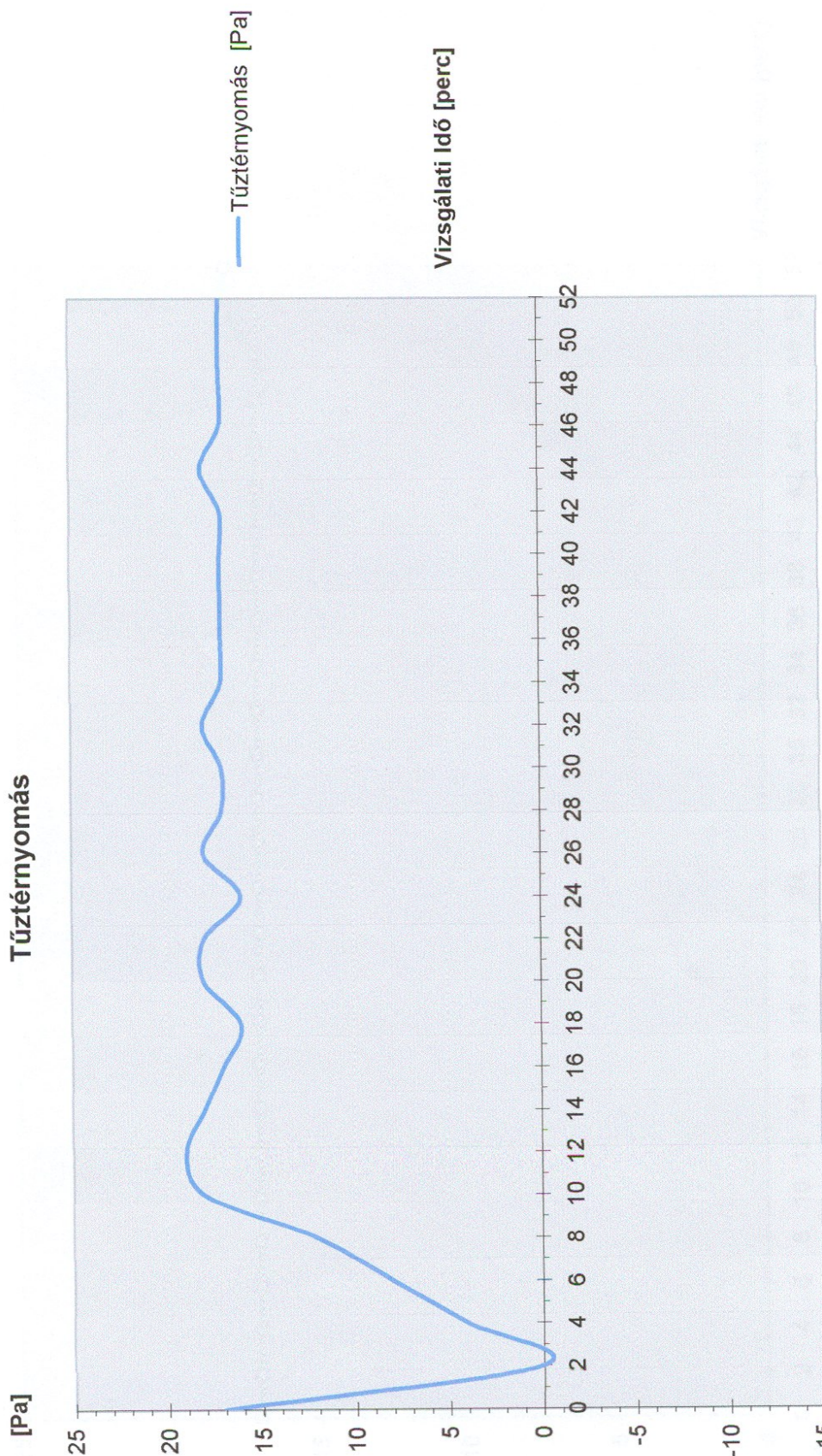


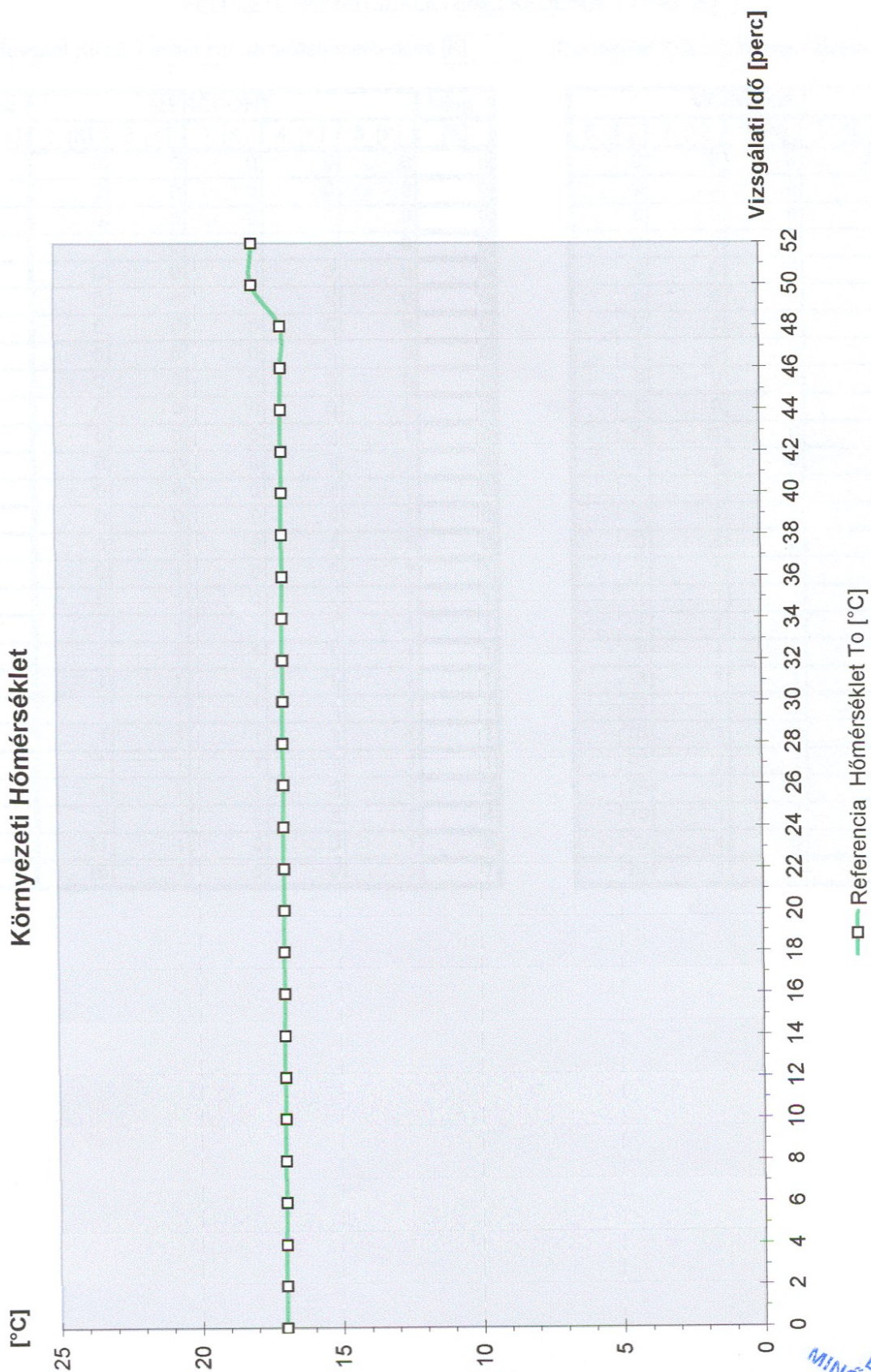
Tűztéri nyomás [Pa]

Környezeti Hőmérséklet To [°C]

Vizsgálati Idő [perc]	Tűztérnyomás [Pa]
0	17
2	0
4	4
6	8
8	12
10	18
12	19
14	18
16	17
18	16
20	18
22	18
24	16
26	18
28	17
30	17
32	18
34	17
36	17
38	17
40	17
42	17
44	18
46	17
48	17
50	17
52	17

Vizsgálati Idő [perc]	Referencia Hőmérséklet To [°C]
0	17
2	17
4	17
6	17
8	17
10	17
12	17
14	17
16	17
18	17
20	17
22	17
24	17
26	17
28	17
30	17
32	17
34	17
36	17
38	17
40	17
42	17
44	17
46	17
48	17
50	18
52	18





ÉPÍTÉSÜGYI
MINŐSÉGELLENŐRZŐ
INNOVÁCIÓS KHT.
5



FELÜLETI HŐMÉRSEKLETEMELKEDÉSEK (T-To) [K]

Külső Bevonat Külső Felület Hőmérsékletemelkedése [K]

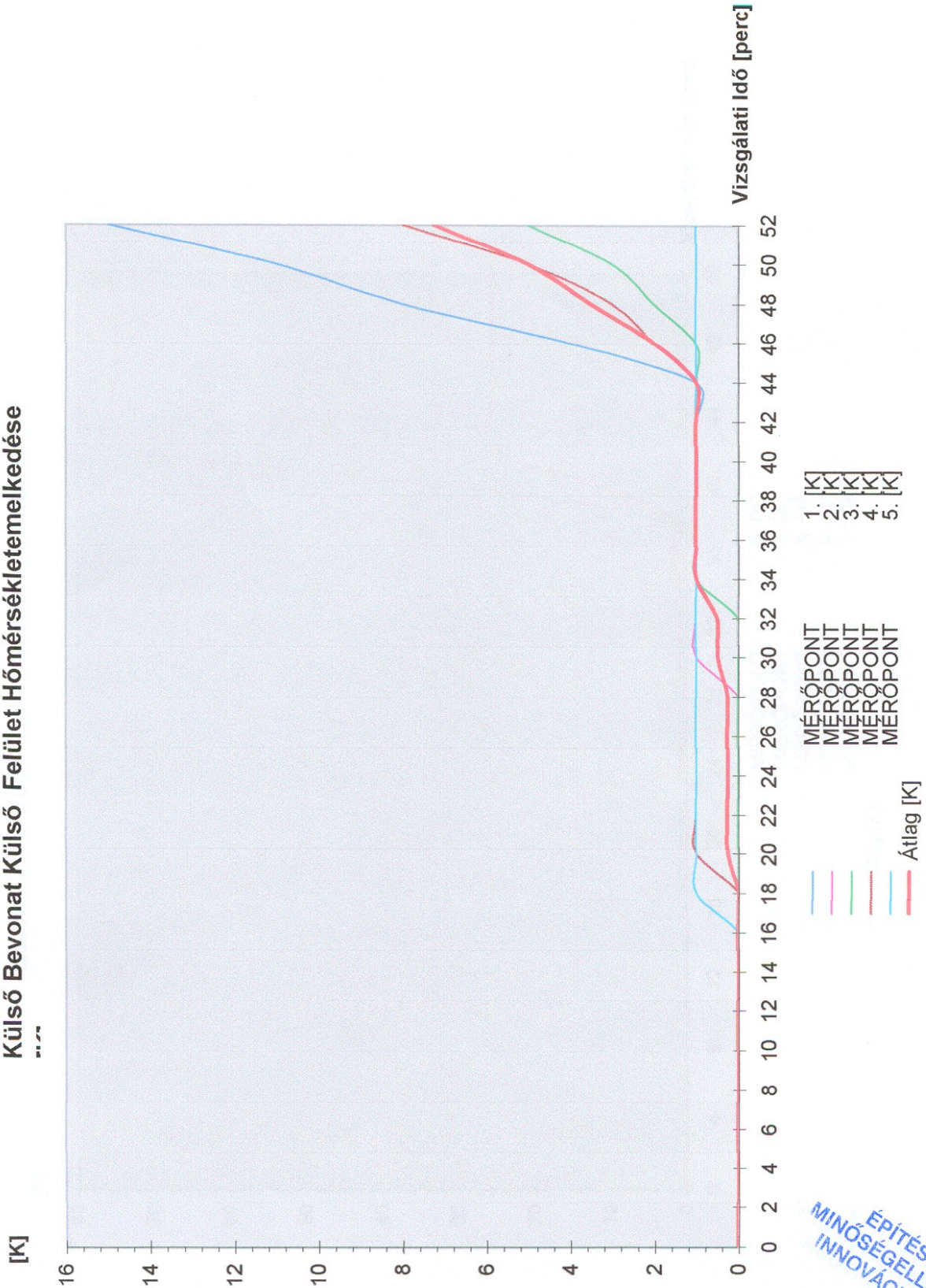
Vizsgálati Idő [perc]	MÉRŐPONT					Átlag [K]
	1. [K]	2. [K]	3. [K]	4. [K]	5. [K]	
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	1	0
20	0	0	0	1	1	0
22	0	0	0	1	1	0
24	0	0	0	1	1	0
26	0	0	0	1	1	0
28	0	0	0	1	1	0
30	0	1	0	1	1	1
32	0	1	0	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1
46	4	1	1	2	1	2
48	8	1	2	3	1	4
50	11	1	3	5	1	5
52	15	1	5	8	1	7

Bálafelület KÜLSŐ Hőmérsékletemelkedése [K]

MÉRŐPONT					Átlag [K]
6. [K]	7. [K]	8. [K]	9. [K]	10. [K]	
0	0	0	0	0	0
0	0	0		0	0
0	0	0		0	0
0	0	0		0	0
0	0	0		0	0
0	0	0		0	0
0	0	0		0	0
0	0	0		0	0
0	0	0		1	0
0	1	0		1	0
0	0	0		1	0
0	1	1		1	1
0	1	0		1	0
0	1	0		1	0
1	1	0		1	1
1	1	1		1	1
1	1	1		1	1
2	1	1		1	1
3	1	1		1	2
32	1	1		1	11
76	1	1		1	26
76	1	1		1	26
75	1	1		1	26
75	1	1		1	26
75	1	1		1	26
76	1	1		2	26



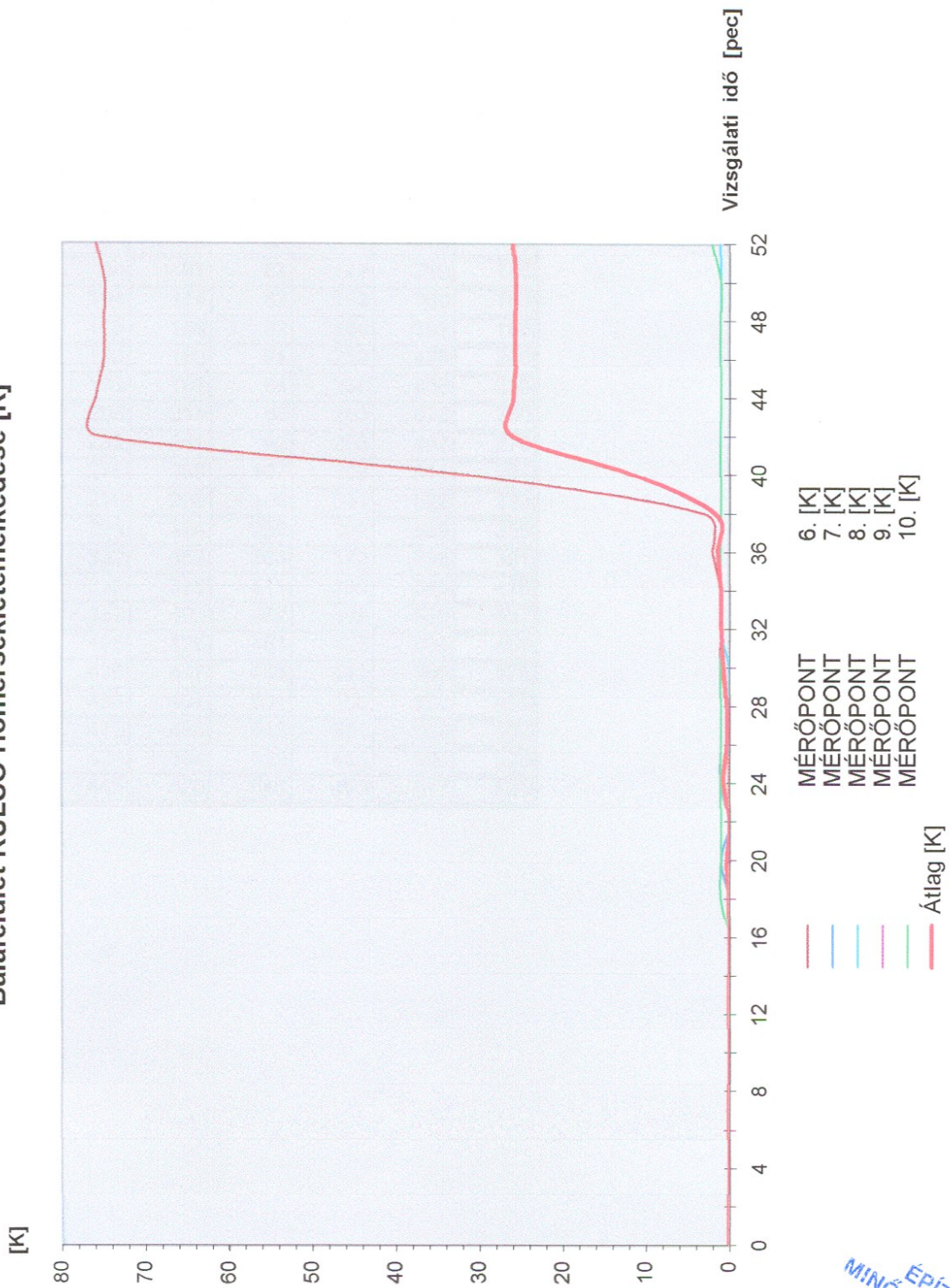
Külső Bevonat Külső Felület Hőmérsékletemelkedése



ÉPÍTÉSÜGYI
MINŐSÉGELLENŐRZŐ
INNOVÁCIÓS KHT.



Bálafelület KÜLSŐ Hőmérsékletemelkedése [K]

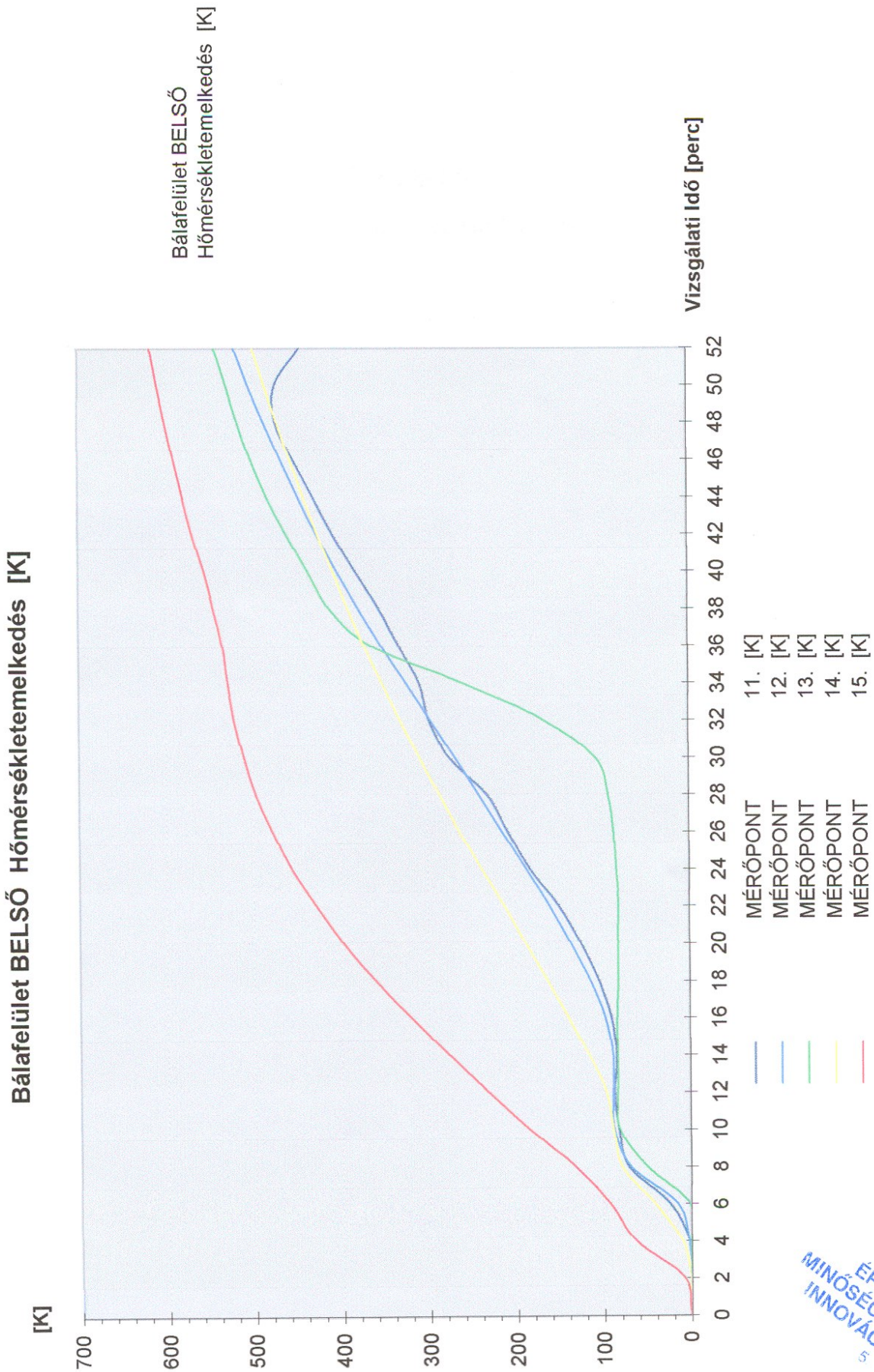




FELÜLETI HŐMÉRSÉKLETEMELKEDÉSEK (T-To) [K]

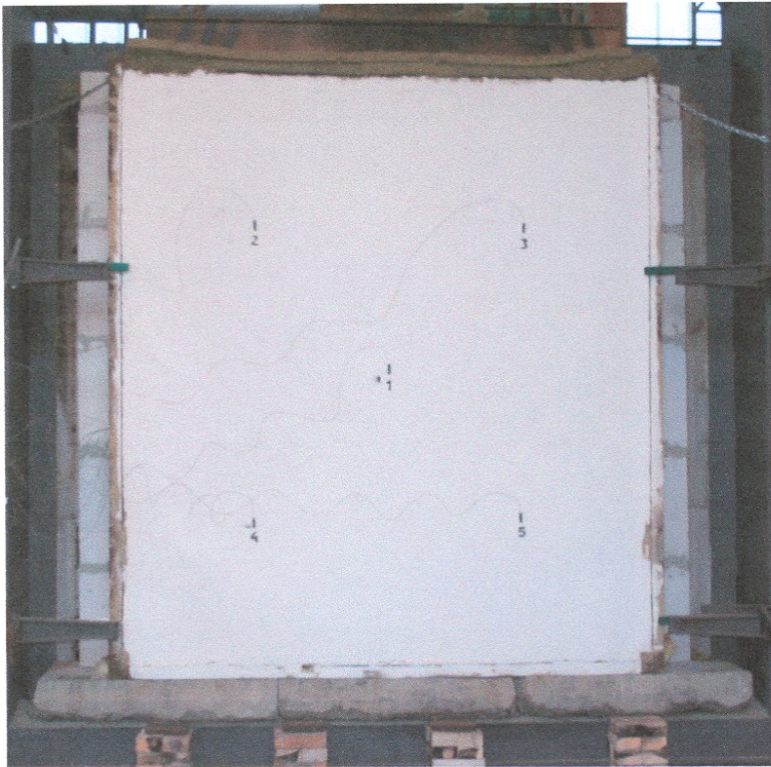
Bálafelület BELSŐ Hőmérsékletemelkedés [K]

Vizsgálati Idő [perc]	MÉRŐPONT					Átlag. [K]
	11. [K]	12. [K]	13. [K]	14. [K]	15. [K]	
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	8	2
4	2	3	0	10	63	16
6	24	15	1	41	92	35
8	72	69	50	79	132	80
10	82	87	81	88	184	104
12	87	88	83	96	231	117
14	85	89	83	116	276	130
16	90	97	83	139	319	146
18	104	114	82	163	360	165
20	125	136	82	188	397	186
22	150	160	81	212	428	206
24	183	187	84	238	456	230
26	208	214	86	263	478	250
28	232	241	92	286	497	270
30	275	268	107	309	511	294
32	298	296	166	331	522	323
34	309	324	259	352	529	355
36	332	352	363	372	535	391
38	355	378	411	390	545	416
40	382	403	437	408	556	437
42	408	426	461	425	569	458
44	430	447	483	441	580	476
46	453	467	501	456	590	493
48	473	486	516	471	600	509
50	474	504	529	485	609	520
52	445	520	543	499	617	525



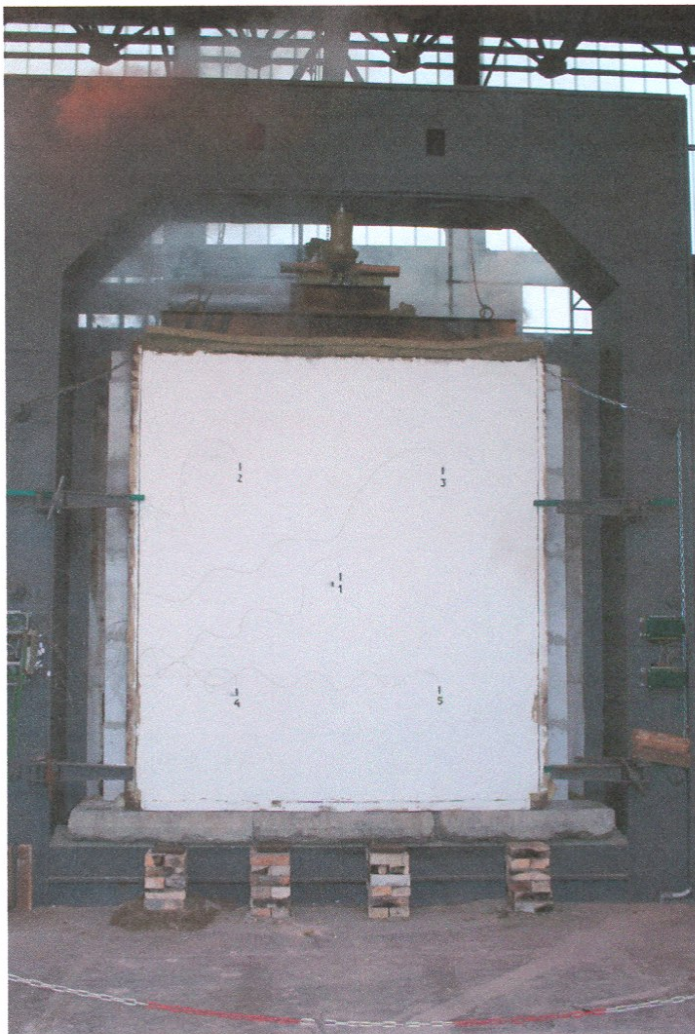
3. melléklet

az M-110/2008 számú Vizsgálati Jegyzőkönyvhöz



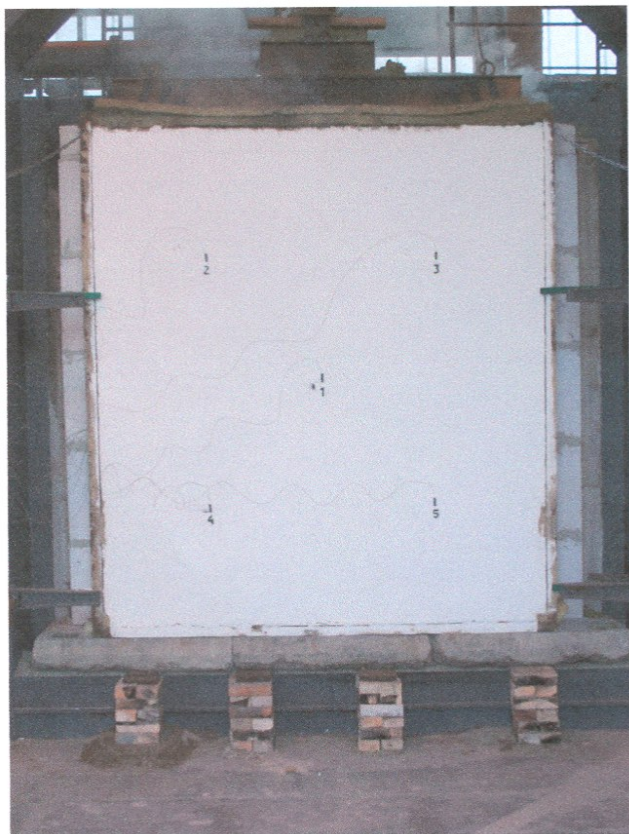
1. fotó

A modell a vizsgálat
kezdetén



2. fotó

A modell a vizsgálat
4. percében



3. fotó

A modell a vizsgálat

40. percében



4. fotó

A modell tűztér

felőli oldala a

vizsgálat után



5. fotó

A modell tűztér
felőli oldala a
vizsgálat után



6. fotó

A modell tűztér
felőli oldala a
vizsgálat után



7. fotó

A modell tűztér
felőli oldala a
vizsgálat után



8. fotó

A modell tűztér
felőli oldala a
vizsgálat után



9. fotó

A modell tűztér
felőli oldala a
vizsgálat után



10. fotó

A modell tűztér
felőli oldala a
vizsgálat után