EXPERT-MÁTRIX
Építőipari Mérnöki Tanácsadó és Szolgáltató Kft.
Székhely: 9022 Győr, Árpád út 93. 2. em. 6.
Telefon: 06-70/408-8759
E-mail: info@expert-m.hu

SZÁMÍTÁS TŰZTEHERRE

a
BAKONYTHERM H födémrendszer födémgerendájára

Megrendelő:	**Pápateszér Téglaipari Kft.**
Cím:	8556 Pápateszér, Téglagyári út
Munkaszám:	L_137_2025
Megbízás kelte:	2025.06.15.

2025.07.04.
Győr

A szakértői véleményt összeállította:

Csillag Máté
építőmérnök

EXPERT-MÁTRIX KFT. 9022 Győr, Árpád út 93. 2.em. 6. Adószám: 12481503-2-08 (2.)

Kántor László
okl. építőmérnök
igazságügyi szakértő IM 5720/1998
épületszerkezet, tartószerkezet
SZÉS-1,2 08-0106

1. A SZÁMÍTÁS SORÁN ALKALMAZOTT SZABVÁNYOK

A tűzteherre való számításokat az alábbi szabványok alapján végeztük el:

MSZ EN 1992-1-2 (EC 2)	Betonszerkezetek tervezése 1-2 rész: Általános szabályok. Tervezés tűzteherre
MSZ 15037-1:2008	Előregyártott betontermékek. Gerendákból és béléstestekből épített födémrendszerek

2. ADATOK

Betonminőség:	C 30/37 – XC3 –XF1 – 4 – F6 (MSZ 4798:2016)
Vasalás:	FERT E150; 08; 0-5; 0-12; 0-12; 0-CDMA
Vasalás helye:	a kéregelem felett 1 cm
Kéregelem:	égetett anyag kerámia
Vakolat:	1 cm javított mészhabarcs

3. ÁLTALÁNOS SZERKEZETLEÍRÁS

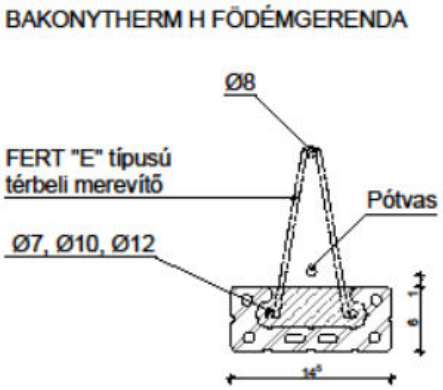
A BAKONYTHERM H födémrendszer valójában egy félmonolit födémszerkezet. A födémrendszer előregyártott részét a kerámiaköpenyes födémgerendák és a födémgerendák közé helyezett BAKONYTHERM üreges kerámia béléstestek alkotják. A födémrendszer monolit részét a béléstestek között kialakuló bordák és a felbeton képezik, amelyek minden esetben együtt betonozandók egymással és a monolit vasbeton koszorúval egyaránt.

Nyomatékosan felhívjuk a figyelmet arra, hogy felbeton nélkül a BAKONYTHERM H födémrendszer nem építhető meg! A statikailag nem együttdolgozó üreges kerámia BAKONYTHERM födém béléstestek tulajdonképpen bent maradó zsaluelemek; ezáltal a BAKONYTHERM H födémszerkezet önsúlya jelentősen kisebb, mint az ugyan ilyen szerkezeti vastagságú monolit vasbeton födémé.

Az előregyártott kerámiaköpenyes, vasbeton talpas födémgerenda tulajdonképpen egy térbeli betonacél gerendarács, amelynek az alsó övét a gyártás során a szorosan egymás mellé fektetett kerámia „papucsokba” helyezzük és a kerámia kéregelemeket teljesen kiöntjük betonnal. A kibetonozás minősége: C 30/37-XC3-XF1-4-F6 (MSZ 4798-1). Az előgyártott födémgerendák 7

napos kor után mozgathatók és szigorúan csak 28 napos kor után építhetők be. (A gyártás időpontja a gerenda oldalán van feltüntetve!) A 15 cm magasságú térbeli gerendarács B 500 minőségű betonacélból készül. Az alsó hosszvasak megfelelő betontakarása távtartókkal van biztosítva.

Az előregyártott födémgerenda keresztmetszeti kialakítását a következő ábra szemlélteti:



1.kép – A vizsgált födémgerenda keresztmetszete

4. SZÁMÍTÁSI MÓDSZER ISMERTETÉSE

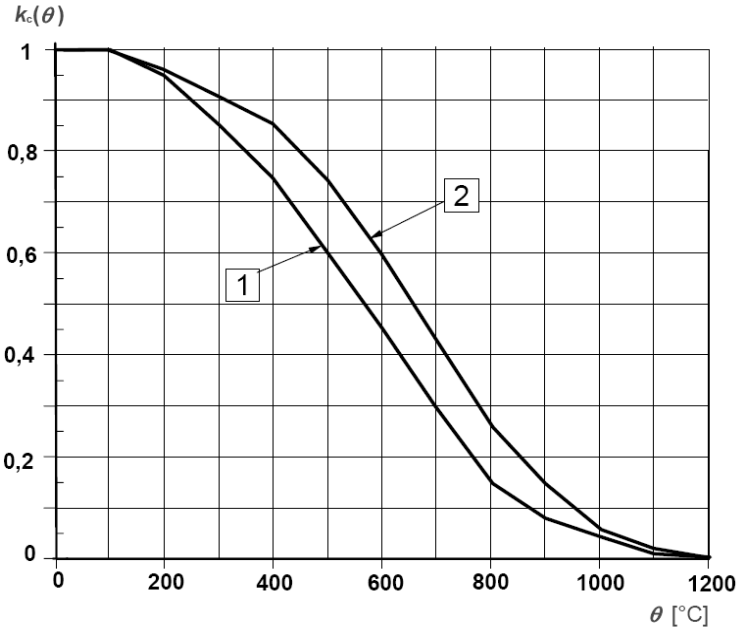
A táblázatos módszer (tabuled data) a kis vasbeton keresztmetszet miatt jelen esetben nem volt alkalmazható; ezért a számítás kétdimenziós hővezetési egyenlet megoldására szolgáló számítógépes programmal került elvégzésre (Heat2 Version 10.0).

A levegő-hőmérséklet emelkedésének következtében a vasbeton keresztmetszet egyes pontjai különböző mértékben melegszenek át. Az átmelegedés mértéke modellezhető, illetve a szabványban megadott izotermavonalak figyelembevételével meghatározható.

Az előregyártott födémgerenda esetében számítottuk az izotermák alakulását a szabványos hőterhelés hatására 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45 és 60 perc eltelte után majd megadtuk az acélbetétekben keletkező hőmérsékletet.

A keresztmetszet átmelegedésének mértékét a beton hővezetési tényezője, a kerámia kéregelem kialakítása (*vastagsága, üregelése, stb.*) és az alkalmazott vakolat jelentős mértékben befolyásolják. A hőmérséklet emelkedésének következtében a beton hővezetési tényezője megváltozik (*kezdetben mintegy 60-80 °C-ig nő, majd az a fölötti hőmérsékleten csökken*). A hőmérséklet emelkedésével a beton szilárdsági jellemzői romlanak.

A beton szilárdságcsökkenésének mértékét a vonatkozó MSZ EN 1992-1-2 számú szabvány úgynevezett csökkentő tényezővel veszi figyelembe a hőmérséklet függvényében.



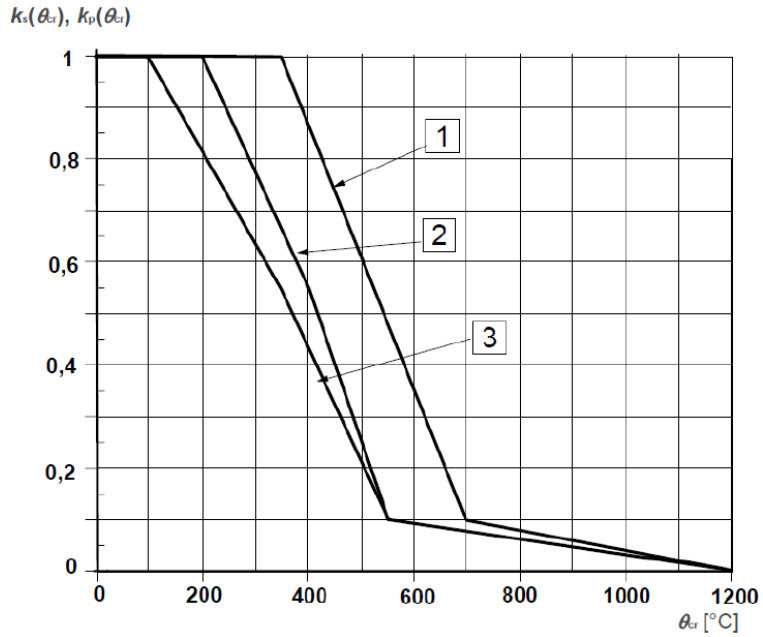
2. kép - A beton nyomószilárdságának csökkentő tényezői a hőmérséklet függvényében
(1) kvarckavics adalékanyagú beton, (2) mészkő adalékanyagú beton

A beton, vasbeton szerkezetek a szilárdságcsökkenés mellett még jelentős alakváltozást is szenvednek. Az alakváltozás mértéke függ attól, hogy a szerkezet a tűzterhet terhelt vagy terheletlen állapotban kapja meg.

A hő terhelésre való eltérő viselkedés miatt különbséget kell tenni a melegen hengerelt, illetve a hidegen húzott acélbetétek hőhatásra való méretezése között. A betonacélok viselkedése a hőmérséklet növekedésének hatására megváltozik és lassan az elasztikus tartományból átmegy a képlékeny tartományba (megnő a kontrakció és a szakadási nyúlás; csökken a szakítószilárdság és

a folyáshatár). Hidegen alakított betonacélok esetén pedig 138 °C tekinthető a kritikus hőmérsékletnek.

A betonacélok megfelelő védelme (takarása) nagy jelentőséggel bír. A hőterhelésre való eltérő viselkedés miatt különbséget kell tenni a betonacélok hőhatásra való méretezése között.



3. kép - A betonacélokra és feszítőpászmákra vonatkozó $k_s(\theta_{cr}) = \sigma_{s,fi}/f_{yk}(20\ °C)$ és $k_p(\theta_{cr}) = \sigma_{s,fi}/f_{pk}(20\ °C)$ csökkentőtényező alakulása a kritikus hőmérséklet függvényében

(1) – Betonacél
(2) – Feszítőacél (rúd: EN 10138-4)
(3) – Feszítőacél (huzalok és pászmák: EN 10138-2 és -3)

A tűz hatására (hőmérséklet emelkedése, majd az utána bekövetkező lehűlés során) a vasbetonszerkezetek számos változáson mennek keresztül, amelyek hatással vannak a szerkezet viselkedésére és teherbírására.

A hőtágulás, valamint a betonacél és a beton közötti tapadás hőmérséklet hatására bekövetkező változása miatt a szerkezeti részek kialakítását körültekintően kell elvégezni.

5. EREDMÉNYEK

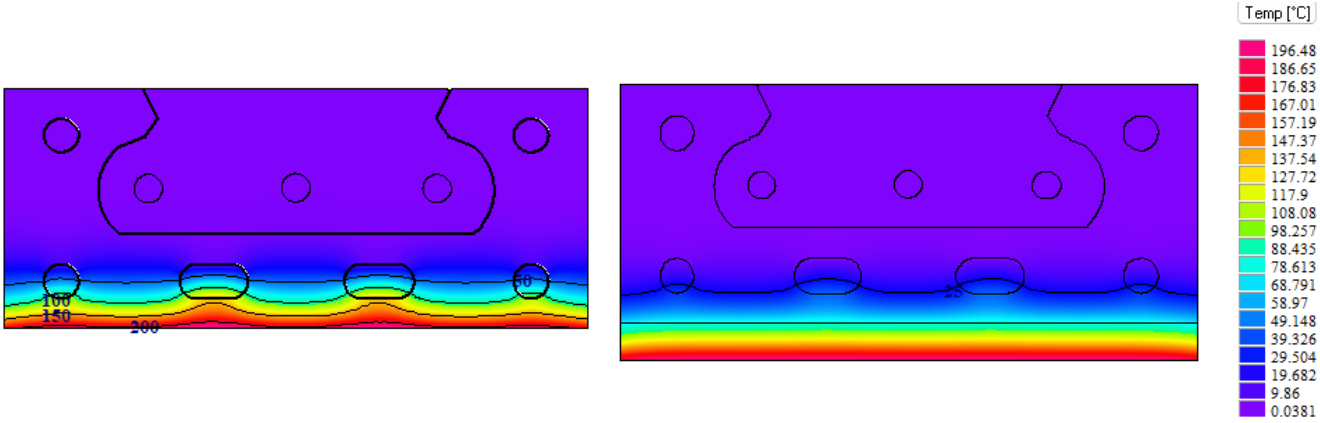
A számítógépes programmal végzett végeselem modellezés eredményeit a következő oldali ábrák mutatják. Mivel az előregyártott födémgerendák sorolva kerülnek beépítésre, a tűz terhelés mértékadó módon alulról éri őket. A hőmérsékletemelkedést, a szabvány szerinti képlettel vettük figyelembe.

$$T = 20 + 345 \cdot log_{10}^{(8t+1)}$$

A programban egy egyszerűsített geometriát vettük figyelembe a számítások során. A számítást elvégeztük vakolatlan és 1 cm javított mész vakolattal ellátott előregyártott födémgerenda esetére is.

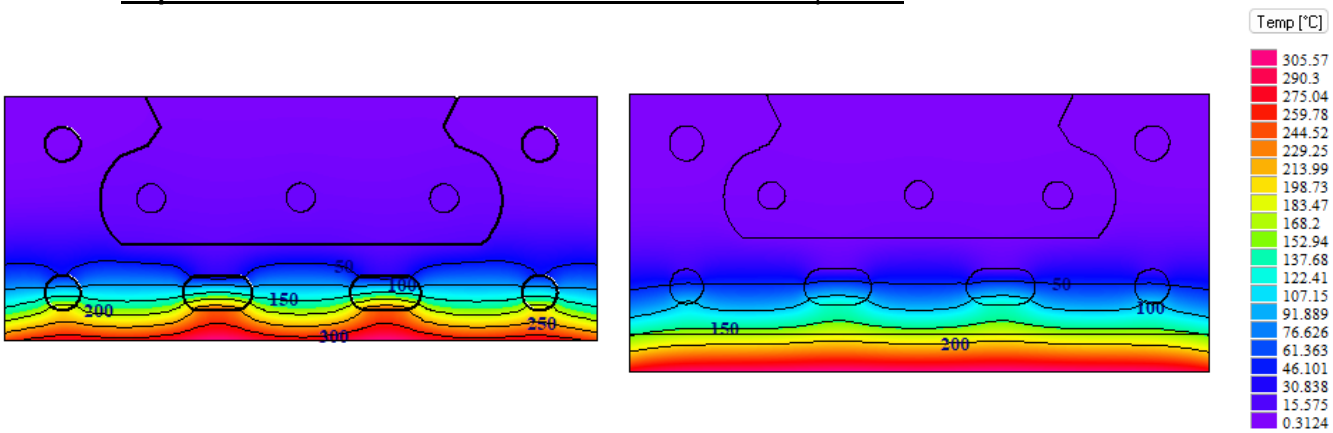
Az eredményeket a következő oldali ábrák mutatják. Az eredményeket az ábrák után táblázatos, illetve grafikon formában is összefoglaltuk.

5 perc után kialakuló hőmérséklet vakolatlan és vakolt állapotban:

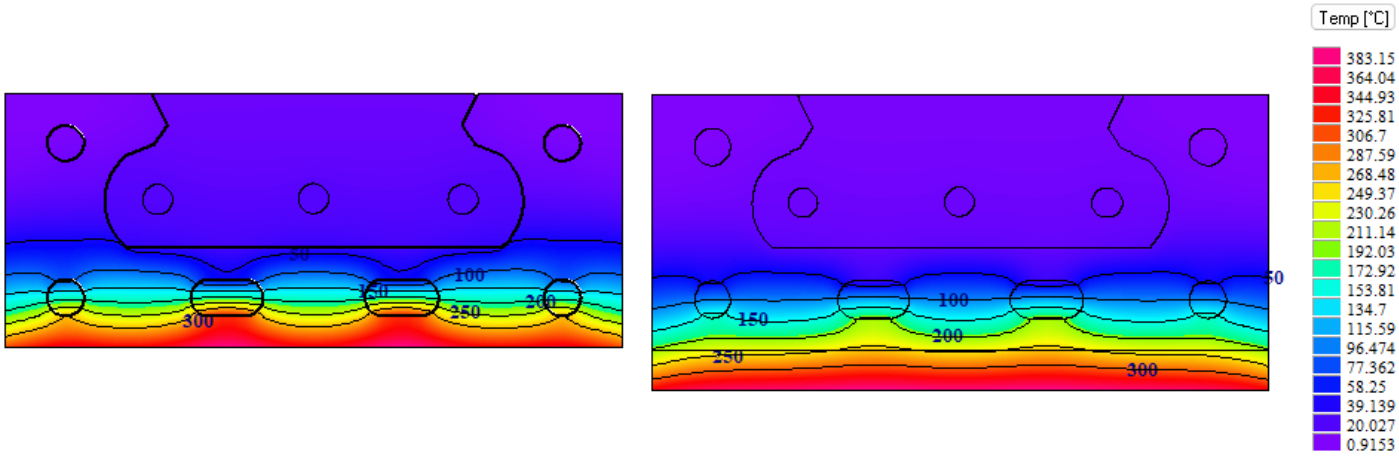


EXPERT-MÁTRIX
Építőipari Mérnöki Tanácsadó és Szolgáltató Kft.
Székhely: 9022 Győr, Árpád út 93. 2. em. 6.
Telefon: 06-70/408-8759
E-mail: info@expert-m.hu

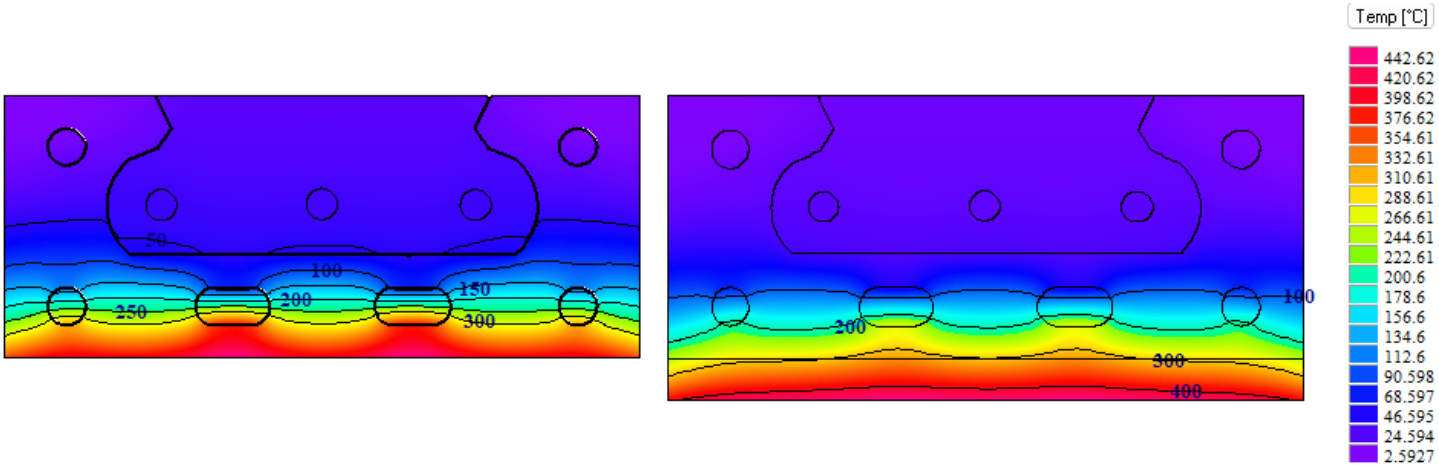
10 perc után kialakuló hőmérséklet vakolatlan és vakolt állapotban:



15 perc után kialakuló hőmérséklet vakolatlan és vakolt állapotban:

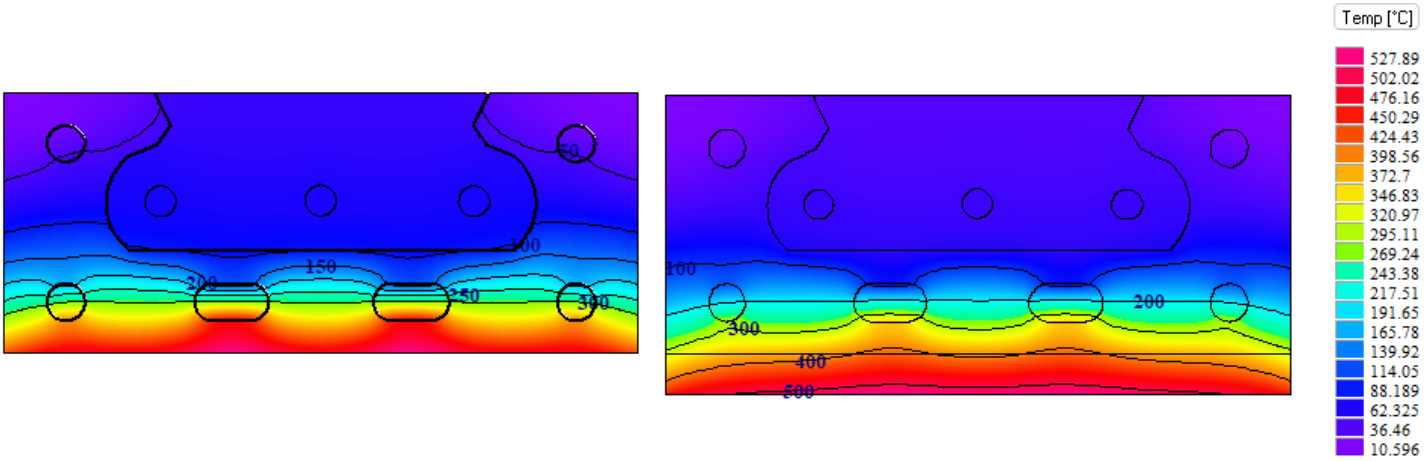


20 perc után kialakuló hőmérséklet vakolatlan és vakolt állapotban:

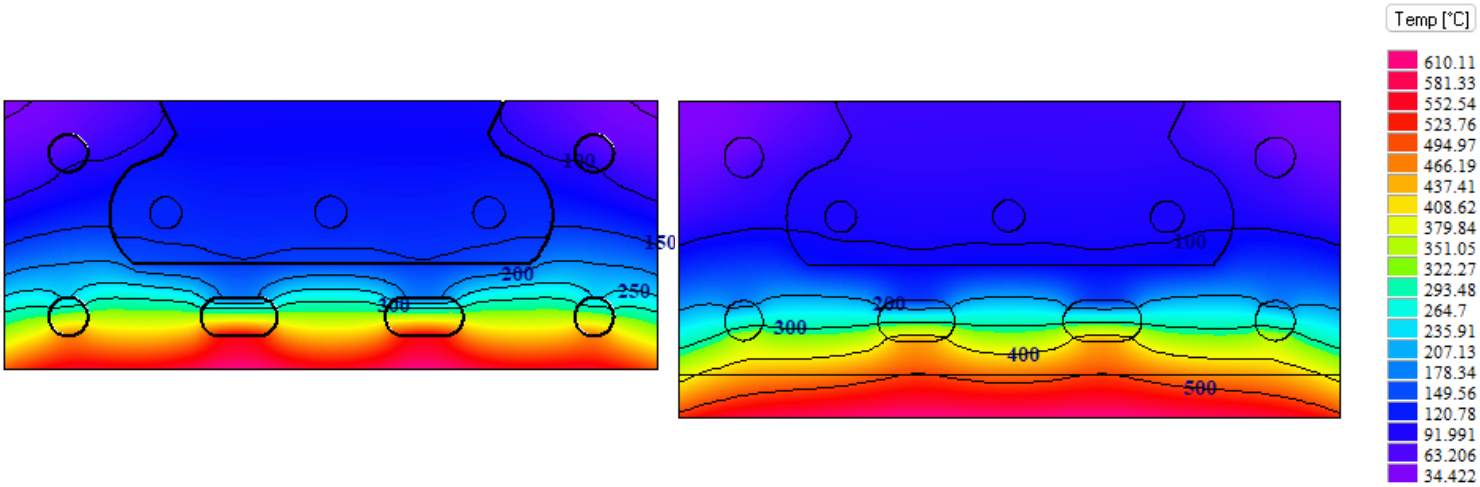


EXPERT-MÁTRIX
Építőipari Mérnöki Tanácsadó és Szolgáltató Kft.
Székhely: 9022 Győr, Árpád út 93. 2. em. 6.
Telefon: 06-70/408-8759
E-mail: info@expert-m.hu

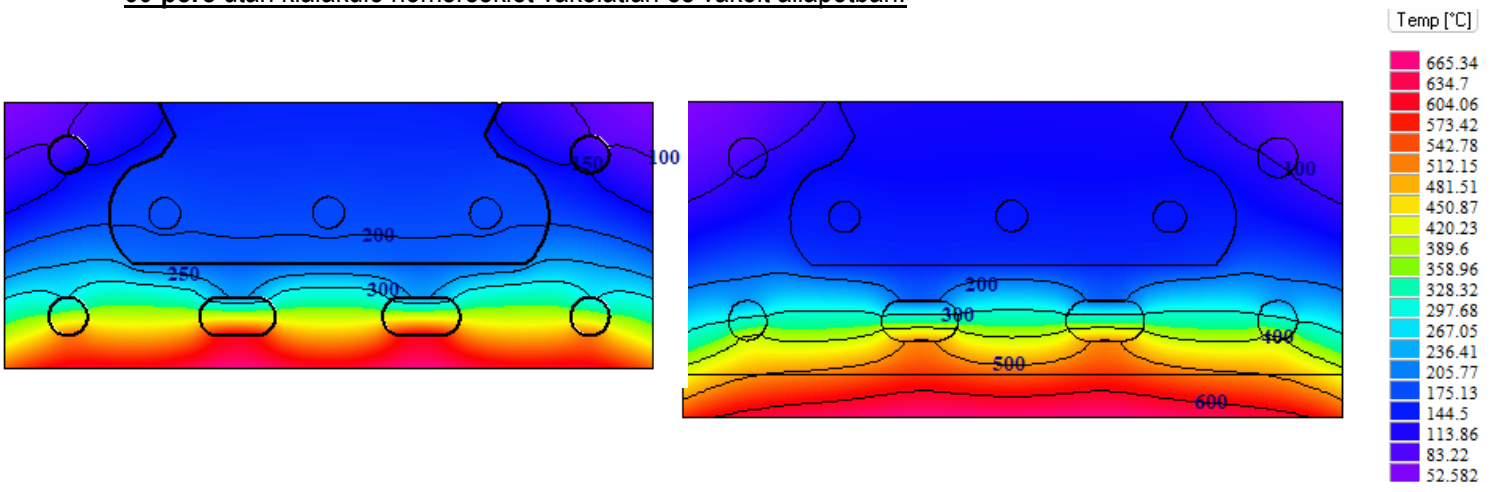
30 perc után kialakuló hőmérséklet vakolatlan és vakolt állapotban:



45 perc után kialakuló hőmérséklet vakolatlan és vakolt állapotban:



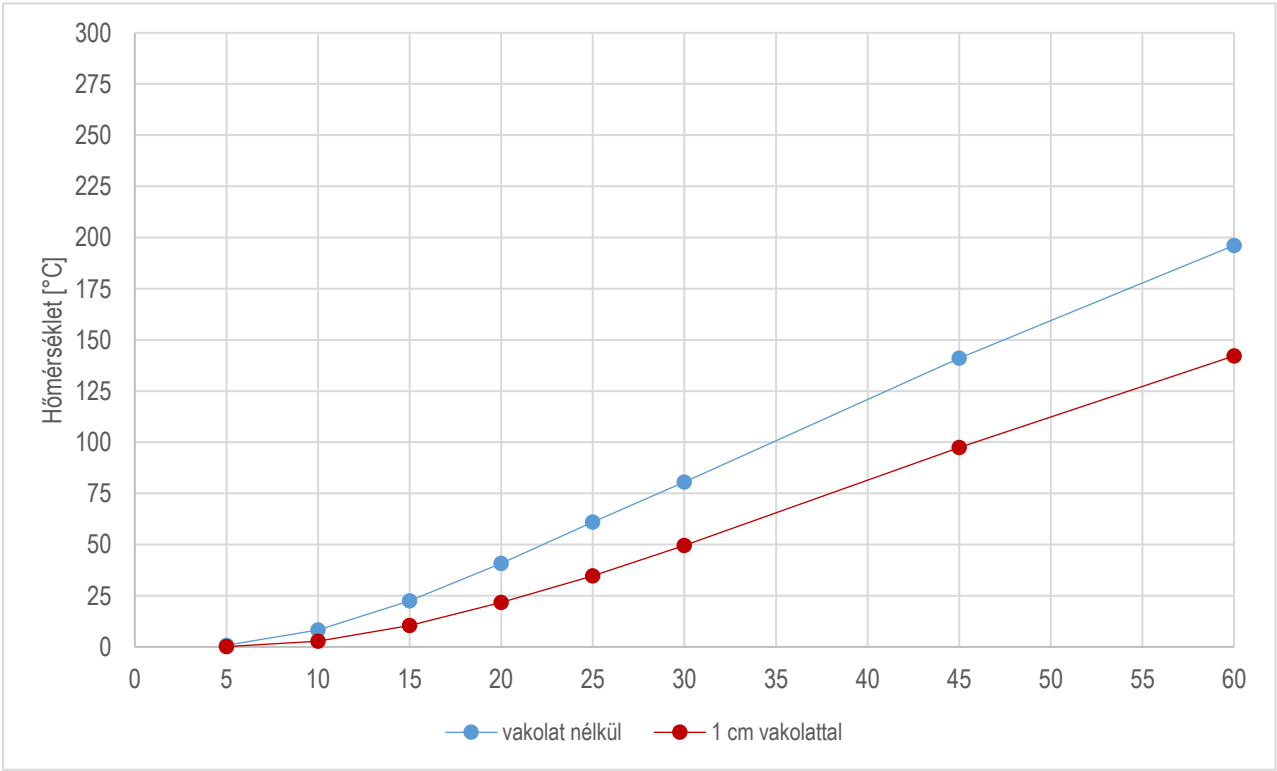
60 perc után kialakuló hőmérséklet vakolatlan és vakolt állapotban:



Az eredmények táblázatos összefoglalása:

Tűzterhelés eltelt idő	Tűz hőmérséklet ($T_{tűz}$)	Vakolat nélkül	1 cm javított mész vakolattal
		T	T
perc	°C	°C	°C
5	576,41	0,81	0,15
10	678,43	8,22	2,83
15	738,56	22,48	10,41
20	781,35	40,74	21,74
25	814,60	60,93	34,77
30	841,80	**80,58**	49,54
45	902,34	141,06	**97,36**
60	945,34	196,14	142,18

Az eredmények grafikonos összefoglalása:



6. ÖSSZEFOGLALÁS

A számítási eredmények, valamint a 4. fejezetben leírtak alapján a BAKONYTHERM födémgerendák tűzállósági határértéke, illetve tűzvédelmi osztálya az alábbi táblázat szerint vehető figyelembe.

Nyílásáthidaló	Tűzállósági határérték	Tűzvédelmi osztály
BAKONYTHERM födémgerenda	R30	A1
BAKONYTHERM födémgerenda vakolattal	R45	

A táblázatban szereplő tűzállósági határértékek megállapításánál azt is figyelembe vettük, hogy a megadott − számítási eljárás során meghatározott − értékekben kellő biztonsági tartalék legyen. Ez azt jelenti, hogy ha az alábbi táblázatban megadott tűzállósági határértékhez tartozó acél-hőmérsékleteket megszorozzuk 1,35 nagyságú biztonsági növelő tényezővel; az acél hőmérséklete még akkor is alatta marad a kritikus 138 °C-nak.
Az is megállapítható, hogy az utólagos vakolat jelentősen növeli az előregyártott födémgerendák tűzállósági határértékét. A födémgerenda esetében – 1 cm vakolat esetén – 45 perc után az acélbetét hőmérséklete **97,36 C°**-os, ami közel azonos a vakolat nélküli esetben a 30 perc után kialakuló **80,58** C° acél hőmérséklettel.

A teherbírás csökkenést elsősorban az acél kilágyulása okozza, azonban az elvégzett vizsgálatok során a nyomott betonzóna hőmérséklete is elérte azt a határt, amikor a hőmérséklet okozta teherbírás csökkenést a beton esetében is figyelembe kell venni (azonban 60 perces tűzeset és vakolatlan áthidaló esetén is az eredeti teherbírás 90%-a figyelembevehető).

Függetlenül attól, hogy a szerkezetek tűzállósági határértéke vakolatlan állapotban is teljesíti az R30, illetve R45 értéket a biztonság fokozása érdekében – minden olyan esetben, amikor tűzállósági követelmény is felmerül a szerkezetekkel szemben – a BAKONYTHERM födémgerendákat vakolattal kell ellátni a beépítés során (legalább 1 cm vastagságú javított mészhabarcs vakolattal).

Megjegyzés:

R – teherhordó képesség (teherbírási határállapot): a szerkezeti elemek azon képessége, hogy egy bizonyos ideig egy vagy több oldalukon fennálló meghatározott mechanikai igénybevétel mellett ellenállnak a tűz hatásának szerkezeti stabilitásuk bármilyen vesztesége nélkül.

30, 45, 60 – tűzállósági határérték (perc): a szerkezet ennyi ideig (percig) megőrzi a teherbírását a tűzhatás során.

A1 – nem éghető anyagok alkotják (beton, égetett kerámia), a betonacél megfelelő védelemmel (takarással) rendelkezik.

A BAKONYTHERM födémgerendák alkalmazhatósági területére, beépíthetőségére a tűzállósági határérték alapján − a tűzállósági fokozat és az épület szintszámának függvényében − a hatályos OTSZ (Országos Tűzvédelmi Szabályzat) ad meghatározást.

Győr, 2025.07.04.

EXPERT-MÁTRIX KFT. 9022 Győr, Árpád út 93. 2.em. 6. Adószám: 12481503-2-08 (2.)

Csillag Máté
építőmérnök

Kántor László
okl. építőmérnök
igazságügyi szakértő IM 5720/1998
épületszerkezet, tartószerkezet
SZÉS-1,2 08-0106