

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

TÓTH BENCE PÉTER

Soproni Egyetem
Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Sopron

2023

Doktori (PhD) értekezés
Soproni Egyetem
Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola
Vezető: Prof. Dr. Németh Róbert egyetemi tanár

Doktori program: Faszervezetek
Programvezető: Szabó Péter Phd
Tudományág: anyagtudomány és technológiák

**A MAGYAR NÉPI ÉPÍTÉSZET FASZERKEZETI MEGOLDÁSAINAK
VIZSGÁLATA**

Készítette: Tóth Bence Péter
Témavezető: Szabó Péter PhD

Sopron
2023

**A MAGYAR NÉPI ÉPÍTÉSZET FASZERKEZETI MEGOLDÁSAINAK
VIZSGÁLATA**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Soproni Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák
Doktori Iskolája

Faszerkezetek programja

Írta:
Tóth Bence Péter

Készült a Soproni Egyetem Cziráki József Doktori Iskola

Faszerkezetek programja keretében

Témavezető: Dr. Szabó Péter Phd
Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Sopron, 2023.

.....

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el

Sopron, 2023.

.....

a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....

Az EDHT elnöke

NYILATKOZAT

Alulírott Tóth Bence Péter, jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy *A magyar népi építészet faszerkezeti megoldásainak vizsgálata* című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola által előírt, a doktori értekezés készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.¹

Kijelentem továbbá, hogy az értekezés készítése során az önálló kutatómunka kitétel tekintetében témavezető(i)met, illetve a programvezetőt nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy az értekezést nem magam készítettem, vagy az értekezéssel kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

Az értekezés befogadásának megtagadása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2023.

.....
doktorandusz

¹1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára – a cél által indokolt terjedelemben – szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást – a szerző nevével együtt – fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés, célkitűzés	13
1.1. A kutatás módszere.....	14
1.2. A kutatás célja	16
2. Szakirodalmi áttekintés.....	18
2.1. Magyar organikus építészet.....	18
2.1.1. Csete György	19
2.1.2. Makovecz Imre	22
2.1.3. Kós Károly Egyesülés	23
2.1.4. Vándoriskola	23
2.1.5. Országépítő.....	24
2.1.6. Visegrádi táborok.....	24
2.1.7. Építészet és statika	24
2.2. Magyar organikus szerkezetek	27
2.2.1. Visegrádi szerkezetek	27
1981 Kas.....	28
1982-1983 Barlang.....	29
1982-1983 Híd	30
1985 Torony.....	31
1987 Csűr.....	32
1988 Gubó	33
1991 Re-kas	33
1965 Balatonszepezd, SZÖVOSZ-üdülő.....	34
1978 Visegrád, Mogyoró-hegyi Kemping	34
1979 Dobogókő, Sínház	35
1981 Zalaszentlászló, faluház	36
2.3. Magyar népi építészet	37
2.3.1. Alapvető művek.....	37
2.3.2. Magyar vidék.....	37
2.3.3. Dolgozatok, kiadványok	38
2.3.4. Népi építmények, szerkezetek	38
2.3.5. Műemlékvédelem	39
2.3.6. NTK (Népi Építészeti Tudományos Diákkör).....	39
2.3.7. Visegrádi Építésztaóbor	40
2.3.8. Épületszerkezetek	40

2.3.9.	Faszerkezetek	40
2.3.10.	Műszaki irányelvek (ÉMSZ, ÉMI)	41
3.	Épületszerkezetek elemzése és azok eredményeinek ismertetése.....	42
3.1.	Magyar népi építészeti falszerkezetek.....	43
3.1.1	Boronafal.....	43
3.1.2	Vert fal	51
3.1.3	Rakott fal.....	55
3.1.4	Sövényfal.....	59
3.1.5	Vályogfal.....	65
3.1.6	Nádfal.....	69
3.2.	Magyar népi építészeti födémszerkezetek	77
3.2.1.	Csapos gerendafödém	77
3.2.2.	Pórfödém.....	81
3.2.3.	Sárléc födém.....	85
3.2.4.	Borított gerendafödém	89
3.2.5.	Béléses borított gerendafödém	94
3.2.6.	Fél-pólyásfödém	99
3.2.7.	„Béléses” födém	104
3.2.8.	Többfás gerendájú béléses borított gerendafödém	108
3.3	Módosított, új födémszerkezetek.....	116
3.3.1.	Xa-típus	116
3.3.2.	Xb-típus.....	121
3.3.3.	Xc-típus	126
3.3.4.	Xd-típus.....	131
4.	Összefoglalás.....	137
5.	Köszönetnyilvánítás.....	138
6.	Tézisek	139
7.	Irodalomjegyzék.....	140

Kivonat

A magyar népi építészet faszerkezeti megoldásainak vizsgálata

A doktori értekezés célja a magyar népi építészet - elsősorban - faszerkezeti megoldásaink vizsgálata épületszerkezeti tovább fejlesztési és optimalizálási célból annak érdekében, hogy azok alapjául szolgálhassanak a napjainkban is alkalmazható építészeti megoldásokhoz. A dolgozat megírásának korszakában (2022) általános, világszintű probléma a globális felmelegedés, környezetszennyezés és alapvető (elsősorban építőipari) nyersanyagok (acél és fa) világméretű hiánya és fajlagos drágulása. A fenntartható, környezettudatos építés immáron már nem elvi, szemléletmódbeli kérdés, hanem annál is inkább sürgető feladat.

A magyar népi építészetre (mely a magyar organikus építészet egyik alapjául szolgál) leginkább jellemző falazatok és födémszerkezetek építőanyagközpontú thermografikus-, és páraszimulációs ábrázolásmóddal történő bemutatásával megismertetésre kerülnek ezen általános szerkezetek. Ezek ismeretében új, építési rendszerében azonos (mesterséges anyagot mellőző vagy minimalizáló) tovább fejleszthetőséget kutató vizsgálatok kerülnek elemzésre. Az egységes összehasonlíthatóság érdekében szoftverrel szimulált külső és belső hőmérsékletkülönbség hatására az egyes szerkezetekben létrejövő energiaáramlás és anyagtulajdonság szerinti hőmérsékletértékek grafikus (színtartománybeli) elemzésével tudjuk megvizsgálni. A vizsgálatok lehetővé tették a szerkezetek anyagsorrendiségének és anyagvastagságának megváltoztatását a legalkalmasabb helyen a leoptimálisabb (gazdaságosság, költséghatékonyság) kialakítás érdekében.

Ennek eredményeképpen az új, tovább fejlesztett (lásd Xa, Xb, Xc, Xd típusú) födémszerkezetek olyan megoldást kínálnak, mely jelenlegi épületenergetikai követelményeinket (7/2006. (V.24.) TNM) 2018-ban szigorodott (5/2018. (III. 12.) MvM) rendelete szerinti épületek hőtároló szerkezeteinek hőátbocsátási tényezőit megközelítik vagy azok határértékeinek (homlokzati fal, $U_{\max} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$; padlás és búvótér alatti födém, $U_{\max} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$) meg is felelnek. Az új rétegrendek egyes rétegeinek kiválasztásában a legfőbb cél a melléktermékként vagy hulladékként jelentkező (fa)anyagok alkalmazása volt a korábban említett napjainkban is jelentkező nyersanyaghiány miatt.

Abstract

Examination of wood construction solutions in Hungarian vernacular architecture

The aim of the doctoral thesis is to examine the Hungarian vernacular architecture, especially the timber/wooden structures solutions for the further development and optimization of building structures, in order to serve as a basis for architectural solutions that can be applied today. In the period of the writing of the thesis (2022), global warming, environmental pollution and the worldwide shortage and specific price increase of basic (mainly construction) raw materials (steel and wood) are a general, worldwide problem. Sustainable, environmentally aware construction is no longer a matter of principle or attitude, but an urgent task.

The most typical masonry and slab structures of Hungarian vernacular architecture (one of the foundations of Hungarian organic architecture) are presented by means of thermographic and vapour simulation representations of these general structures, using a building-material-centred approach. These will be used to analyse the feasibility of new studies that seek to further develop the same building system (avoiding or minimising the use of artificial materials). For a uniform comparability, the effect of external and internal temperature differences simulated by software on the energy flow and temperature values according to material properties in each structure will be investigated by graphical (colour range) analysis. The studies have allowed to change the material sequence and thickness of the structures at the most suitable location for the most optimal (economy, cost-effectiveness) design.

As a result, the new, improved (see types Xa, Xb, Xc, Xd) slab structures offer a solution that meets our current building energy requirements (7/2006 (V.24 (TNM), which was tightened in 2018 (Decree 5/2018 (12.III.) MvM), or even meet their limits (facade wall, $U_{\max}=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$; attic and under-slab slab, $U_{\max}=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$). The main objective in the selection of the individual layers for the new layering systems was to use (wood) materials that are by-products or waste, due to the shortage of raw materials, which is still a problem today, as mentioned above.

Abstrakt

Eine Untersuchung der Holzbaulösungen der ungarischen Volksarchitektur

Ziel der Dissertation ist es, die ungarische Volksarchitektur, insbesondere die Holzbaulösungen für die Weiterentwicklung und Optimierung von Gebäudestrukturen zu untersuchen, um als Grundlage für architektonische Lösungen zu dienen, die heute angewendet werden können. Im Zeitraum der Erstellung der Diplomarbeit (2022) sind die globale Erwärmung, die Umweltverschmutzung und die weltweite Verknappung und der spezifische Preisanstieg von grundlegenden (hauptsächlich Bau-) Rohstoffen (Stahl und Holz) ein allgemeines, weltweites Problem. Nachhaltiges, umweltbewusstes Bauen ist nicht mehr nur eine Frage des Prinzips oder der Einstellung, sondern eine dringende Aufgabe.

Die typischsten Mauerwerks- und Deckenkonstruktionen der ungarischen Volksarchitektur (eine der Grundlagen der ungarischen organischen Architektur) werden anhand von thermographischen und Dampfsimulationsdarstellungen dieser allgemeinen Strukturen unter Verwendung eines baustoffzentrierten Ansatzes vorgestellt. Vor diesem Hintergrund werden neue Studien analysiert, die die Möglichkeit einer Weiterentwicklung desselben Bausystems (ohne oder mit minimaler Verwendung von künstlichen Materialien) untersuchen. Um eine einheitliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wird die Auswirkung der von der Software simulierten Außen- und Innentemperaturunterschiede auf den Energiefluss und die Temperaturwerte in Abhängigkeit von den Materialeigenschaften in jeder Struktur durch eine grafische Analyse (Farbbereich) untersucht. Die Studien haben es ermöglicht, die Materialreihenfolge und die Dicke der Strukturen an der geeignetsten Stelle für die optimalste (Wirtschaftlichkeit, Kosteneffizienz) Auslegung zu ändern.

Im Ergebnis bieten die neuen, verbesserten (siehe Typen Xa, Xb, Xc, Xd) Deckenkonstruktionen eine Lösung, die unseren aktuellen Anforderungen an die Gebäudeenergie (7/2006 (V.24 (TNM)), die 2018 verschärft wurden (Verordnung 5/2018 (12.III.MvM)), erfüllen oder sogar deren Grenzwerte einhalten (Fassadenwand, $U_{\max} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$; Dachgeschoss- und Untergeschossplatte, $U_{\max} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$). Das Hauptziel bei der Auswahl der einzelnen Schichten für die neuen Schichtsysteme war die Verwendung von (Holz-) Materialien, bei denen es sich um Nebenprodukte oder Abfälle handelt, da es, wie oben erwähnt, auch heute noch einen Mangel an Rohstoffen gibt.

Abstractă

O examinare a soluțiilor constructive din lemn din arhitectura populară maghiară

Scopul tezei de doctorat este de a examina arhitectura populară maghiară, în special soluțiile de construcție din lemn pentru dezvoltarea și optimizarea ulterioară a structurilor de construcție, pentru a servi drept bază pentru soluții arhitecturale contemporane. În perioada de redactare a tezei (2022), încălzirea globală, poluarea mediului, precum și penuria mondială și creșterea specifică a prețului materiilor prime de bază (în principal în construcții) (oțel și lemn) reprezintă o problemă generală, la nivel mondial. Construcția durabilă și conștientă de mediu nu mai este o chestiune de principiu sau de atitudine, ci o sarcină urgentă.

Cele mai tipice structuri de zidărie și de planșeu ale arhitecturii vernaculare maghiare (unul dintre fundamentele arhitecturii organice maghiare) sunt prezentate în temă, prin intermediul unor reprezentări termografice și simulări de vapori ale acestor structuri generale, folosind o abordare centrată pe materialele de construcție. Prin cunoșterea acestor materiale, acestea vor fi utilizate pentru a analiza fezabilitatea unor noi studii care urmăresc dezvoltarea în continuare a aceluiași sistem de construcție (fără sau cu minimizarea utilizării materialelor artificiale). Pentru o comparabilitate uniformă, efectul diferențelor de temperatură exterioară și interioară, simulate de software asupra fluxului de energie și a valorilor de temperatură în funcție de proprietățile materialelor din fiecare structură este investigat prin analiză grafică (gamă de culori). Studiile au permis modificarea secvenței de materiale și a grosimii structurilor în locul cel mai potrivit pentru o proiectare optimă (economie, rentabilitate).

Ca urmare, noile structuri de plăci îmbunătățite (tipurile Xa, Xb, Xc, Xd) oferă o soluție care îndeplinește cerințele energetice actuale ale clădirilor noastre (7/2006 (V.24 (TNM)), care a fost înăspriată în 2018 (Decretul 5/2018 (12.III.) MvM), sau chiar respectă limitele acestora (perete de fațadă, $U_{max} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$; mansardă și planșeu sub planșeu, $U_{max} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$). Principalul obiectiv în selectarea straturilor individuale pentru noile sisteme de stratificare a fost acela de a utiliza materiale (din lemn) care sunt subproduse sau deșeuri, din cauza penuriei de materii prime, care este încă o problemă în prezent, după cum s-a menționat mai sus.

Abstraktné

Skúmanie drevených konštrukčných riešení maďarskej ľudovej architektúry

Cieľom dizertačnej práce je preskúmať maďarskú ľudovú architektúru, najmä drevené konštrukčné riešenia pre ďalší vývoj a optimalizáciu stavebných konštrukcií, aby slúžili ako podklad pre architektonické riešenia, ktoré sa môžu uplatniť v súčasnosti. V období písania dizertačnej práce (2022) je globálne otepľovanie, znečisťovanie životného prostredia a celosvetový nedostatok a špecifický nárast cien základných (najmä stavebných) surovín (oceľ a dreva) všeobecným, celosvetovým problémom. Udržateľná, environmentálne uvedomelá výstavba už nie je otázkou princípů alebo postoja, ale naliehavou úlohou.

Najtypickejšie murované a stropné konštrukcie maďarskej ľudovej architektúry (jeden zo základov maďarskej organickej architektúry) sú prezentované prostredníctvom termografických a parosimulačných zobrazení týchto všeobecných konštrukcií s využitím prístupu zameraného na stavebné materiály. Tie sa použijú na analýzu uskutočniteľnosti nových štúdií, ktoré sa snažia ďalej rozvíjať ten istý stavebný systém (vyhnúť sa použitiu umelých materiálov alebo ich minimalizovať). Pre jednotnú porovnateľnosť sa bude skúmať vplyv rozdielov vonkajších a vnútorných teplôt simulovaných softvérom na tok energie a hodnoty teplôt podľa materiálových vlastností v každej konštrukcii pomocou grafickej analýzy (farebný rozsah). Štúdie umožnili zmeniť poradie materiálov a hrúbku konštrukcií na najvhodnejšom mieste pre najoptimálnejší (ekonomický, nákladový) návrh.

Výsledkom je, že nové, vylepšené (pozri typy Xa, Xb, Xc, Xd) stropné konštrukcie ponúkajú riešenie, ktoré sa priblíži k našim súčasným energetickým požiadavkám na budovy (7/2006 (V.24 (TNM), ktoré boli v roku 2018 sprísnené (vyhláška 5/2018 (12.III.) MvM), alebo dokonca splňa ich limity (fasádna stena, $U_{max} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$; podkrovný a podstrešný strop, $U_{max} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$). Hlavným cieľom pri výbere jednotlivých vrstiev pre nové vrstvomé systémy bolo použitie (drevených) materiálov, ktoré sú vedľajšími produktmi alebo odpadom, a to z dôvodu nedostatku surovín, ktorý je v súčasnosti stále problémom, ako už bolo spomenuté.

1. Bevezetés, célkitűzés

A magyar organikus építészet tervezői olyan faszerkezeti megoldásokat hoztak létre, melyek nem csupán a Világ országai számára tudatta a természetközeli építés nagyszerűségét (gondoljunk az 1992-es Sevilla-i világkiállítás magyar pavilonja, vagy a 2020-as Dubai világkiállítás magyar faszerkezetű épülete), hanem azok megoldásai is olyan előremutató építészet felé irányulnak, mely a globális nyersanyaghiányra, gazdasági válságokra és természetromboló emberi jelenlétre is enyhítő szereppel hathat (Beke et al., 2021, p. 68; Eke, 2010; Gerle and Götz, 2015a, p. 190).

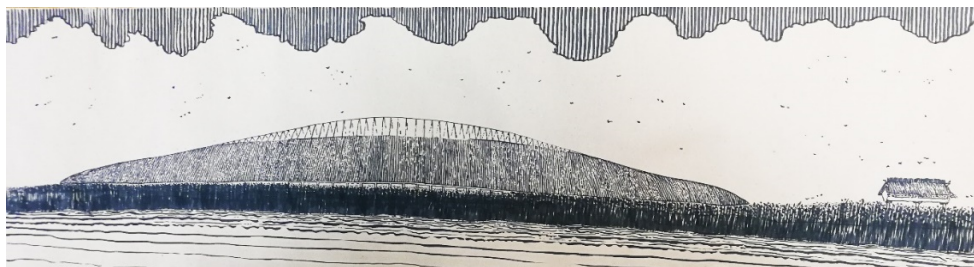
A dolgozatnak nem célja a magyar organikus építészet - mint irányzat/stílus pontos definiálása tekintve annak nem-, vagy csak igen pontatlanul behatárolhatósága (pontos kezdet és jelenleg is zajló szemléletmód) és a dolgozat szempontjából értelmezett szükségtelensége miatt. Ebből adódóan az elterjedt és elismert (közismert, elfogadott) magyar népi épületszerkezetek (fal és födém) bemutatásán keresztül történik az egyes szerkezetek ismertetése és elemzése azzal a céllal, hogy más és más megközelítésből olyan következtetéseket lehessen levonni, mely tovább fejlesztheti és mozgathatja a mai kor faszerkezeti tervezéseit – azokat optimalizálhatja és lehetőséget biztosíthat egyes megoldások továbbfejlesztésére.

A kutatás és annak eredményei a könnyebben, sikeresebben és egyszerűbben leképezhető/lehatárolható MAGYAR népi építészetrel és ebből fakadó magyar organikus építészetrel foglalkozik (1.1. ábra). Külföldi, világértelmezésben történő kutatás – annak kiterjedtsége miatt - túlságosan felületes és túlságosan általánosító eredményeket hozna, mely nem adna tényleges kutatási eredményt. *A disszertáció fő tézise: a magyar népi faépítészet tanulmányozásával (az organikus építészetre ható magyar népi építészet és a szerves építészet területének kiemelkedő alakjainak, terveinek tanulmányozásán át) olyan következtetések vonhatók le, mely alapján a faépítészeti tervezés optimalizálható, javítható, tökéletesíthető.*

Ennek eléréséhez a nagyobb spektrumú magyar népi kultúra népi építészetre történő szűkítése szükséges, ezen belül is a fal-, és födémszerkezetek vizsgálata a magyar organikus építészet egyes alkotásainak összevetésével (párhuzamok keresése).

Az egyértelmű megfogalmazások (építészeti, faépítészeti stb.), átlátható rendszer (organikusság, szemléletmód stb.) alapvető fogalmai a dolgozat elején megnevezésre kell, hogy kerüljenek. Ezek a szakszavak, anyagok, szerkezetek stb. értéke és ismerése elengedhetetlen a következetes eredmények ismertetéséhez.

A doktori értekezés célja, hogy megfelelő, egységes összehasonlíthatósági rendszert teremthessen a magyar népi építészet (ki)elemzéséhez annak érdekében, hogy a kapott tapasztalatok kielemezésével új, továbbfejlesztett, korszerű, elsősorban építészeti faszerkezeti megoldásokat javasolhasson. A kutatási eredmények végső eredménye és kívánalma olyan szerkezeti megoldások javaslata, amelyek a gyakorlati építészeti tervezésben is felhasználhatók és elősegítik a faszerkezetek szélesebb körben történő alkalmazását a fenntarthatóság érdekében.



1.1. ábra: Fecskeház a Szegedi Vadasparka (organikus szemléletmódú építész terv, saját munka)

1.1. A kutatás módszere

A magyar organikus építészet – mint meghatározás, „stílus”, építészeti irányzat kezdetének ideje nagyságrendileg meghatározható, azonban annak kialakulásához vezető befolyásoló/inspiráló tényezők (magyar népi építészet), személyek (Rudolf Steiner, Frank Lloyd Wright, Makovecz Imre, Csete György) összefonódása és egymásra gyakorolt hatása nem, vagy csak részlegesen határozható le (Kenneth, 2009). Napjaink magyar szerves építésze éppen úgy alapul Kós Károly építészetén (Pál, 1983), ahogyan Rudolf Steiner filozófiáján (Rudolf, 2016) vagy ahogyan tanulmányozza a magyar népművészetet (Malonyai, 1907). Ezek a jól megfogalmazható tényezők (személyek, alkotások) önmagukban értelmezhetőek – azonban az általuk kiváltott építészeti/művészeti hatások egyes személyekben történő érzékelése, felfogása, megfogalmazása már az ember jellem és személy munkájának eredménye (Csák, 2011).

Ahhoz, hogy az egyes magyar organikus építészeti (faszerkezeti) megoldásokat a lehető legobjektívebben kezelhessük, meg kell, hogy ismerjük a meghatározó és jól leválasztható (Szentkirályi, 2004) – a nevezett építészetre ható tényezőket (magyar népi építészet, magyar népművészet, Makovecz Imre stb.) (Rados, 2013). Ezek egymásra gyakorolt hatása (Gerle et al., 1990) és az ebből kialakult eredmények (építészeti) fizikai megnyilvánulásai – faszerkezeti értelemben szűkítve – azok a megoldások, melyet a disszertáció leszűkített körben igyekszik tanulmányozni. A tanulmányozás pedig – alapvető ismereteket követel meg. Az alapvető ismeretekkel (organikus építészet, magyar népi építészet) és megalkotott alkotások/szerkezetek célirányos bemutatásával léphetünk tovább. A továbblépés az összehasonlíthatóságot, összevethetőséget jelenti: az egyes kiválasztott magyar népi építészeti megoldások és azon alapuló magyar organikus alkotások tárgyilagos bemutatása a cél egy egységes összehasonlítási rendszer érdekében. Az elért fejlesztések mérhetőségének, összehasonlíthatóságának érdekében számítógépes program által generált szimulációt végeztem el (hőmérsékleti és páratechnikai) ábrák létrehozásával. A műszaki (rétegtrendi) rajzokat a magyar fejlesztésű Graphisoft cég által megalkotott CAD szoftverrel, az ArchiCAD 26 (build 4019, magyar nyelven, teljes verzió (oktatási licenz), Win64-es platformon), a dolgozat írásának idejében (2022. november-december) elérhető legkorszerűbb verziójú programmal végeztem el. A páraszimulációs vizsgálatok a WUFI (Wärme Und Feuchte Instationär) 2D 4.5.0.192.DB.27.5.0.86-os verziójával készült kizárólagosan 6 hónapos forgalmazó által megítélt licensszel, illetve a thermografikus szimulációk a THERM Finite Element Simulator szoftver 7.8.57.0-ás (University of California Regents. (U.S. Department of Energy)) verziójával (09/21/22) került elemzésre.

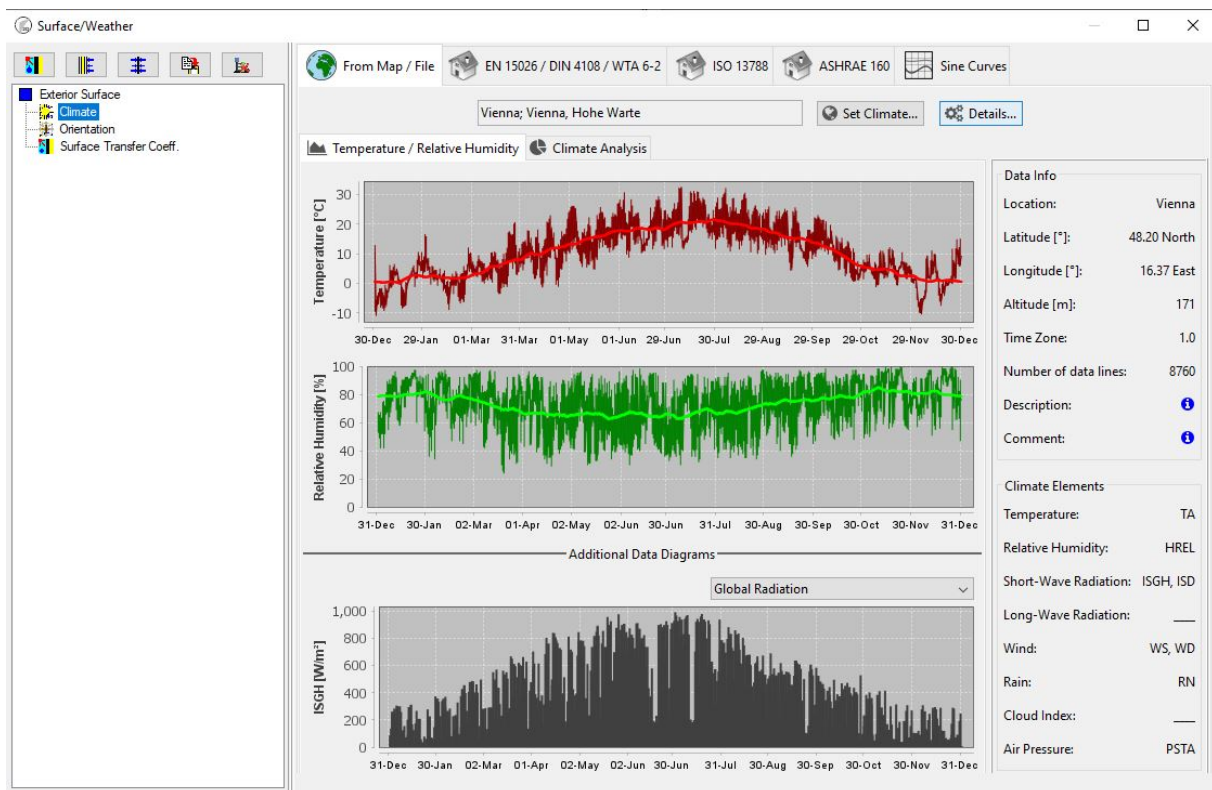
Szabványok tekintetében az épületszerkezetek és épületelemek hő- és nedvességtechnikai viselkedésének vizsgálata során az MSZ EN 15026:2007 honosított szabvány volt mérvadó. A nedvességvándorlás becslése numerikus szimuláció elviségét követi. Az épületszerkezetek és épületelemek hő- és nedvességtechnikai viselkedésének vizsgálata során az MSZ EN ISO 13788:2013 honosított szabvány szintén figyelembevételre került. A kritikus felületi nedvességet és szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérsékleti viszonyok szintén az előbb említett honosított szabvány figyelembevételével valósult meg. A számítási módszerek az ISO 13788:2001 szerint kerültek figyelembevételre.

Az összehasonlítás során konkrét előnyöket és hátrányokat (kivitelezhetőség, hőszigetelési tulajdonság) kell megfogalmaznunk ahhoz, hogy az adott megoldás(ok) súlyozhatóak legyenek (továbbfejlesztésre javasolt, megoldásában fejlesztendő avagy nem megfelelő).

A padlásfödém esetén a peremfeltételek kialakítása során a padlástér páratechnikailag egy kiszellőztetett légtérnek került megállapításra, a padlásfödém külső oldalát nem éri szélhatás, csapadék és napsugárzás. A belső hőmérséklet és páratartalom a padlástér hő- és nedvességmérlegéből számítható, azonban ehhez a padlástér modellezése is szükséges lenne.

A kezdeti feltételek megállapítása során a hőmérsékletnek nincs jelentősége, a kezdeti feltételek hatása néhány nap alatt gyakorlatilag megszűnik. A páradiffúzió és párovezetés – tekintve azok lassú folyamatait – túl magas kezdeti nedvességtartalom esetén túlságosan hosszú ideig befolyásolja a releváns eredményeket, illetve a víz nagy fajhője miatt a hőmérsékleti viszonyok változását is lassítja. Ezáltal fontos, hogy az építőanyagok nedvességtartalmát beépítéskor vagy felújításkor várható valós értékekkel legyenek figyelembe véve.

A páratechnikai szimulációs vizsgálatok során (WUFI 2D) a környezeti adatok figyelembevétele során Bécs került meghatározásra (Északi szélesség: 48,20°, Keleti hosszúság: 16,37°, „Hohe Warte”, 171 m-es magasságban, UTC+1,0 időzónában). A hely kiválasztása a korábban elismert és ajánlott program (WUFI 2D) adatbázisában Magyarországhoz legközelebb eső hely került kiválasztásra. A páratechnikai szimulációk során a rétegrendben szereplő egyes anyagok relatív víztartalma (beépítés ideje) 55%-os értékkel lettek figyelembevéve.



1.2. ábra: Klímaviszony helyszínét, elsősorban hőmérsékleti-, és relatív páratartalmát szemléltető ábra (WUFI 2D)

A kutatás objektív és körülhatárolható eredménye abból fakadhat, ha tárgyilagos megállapítások születnek az egyes építészeti/tartószerkezeti megoldások elemzéséből.

A disszertáció felépítése tehát az alapvető fogalmak tisztázásával kell, hogy kezdődjön. Az alapvető fogalmak és ezáltal tárgyalt keretrendszer (magyar népi építészet faorientált kutatása) felállítása szükséges. A kutatás célja új megoldásokra történő javaslat, mely javaslat a korábbi rendszerek előnyeinek és hátrányainak ismeretéből táplálkozik.

Az alapvető fogalmak (faszerkezet, tartószerkezet, igénybevétel, mechanikai/biológiai károsodás, vízelvezetés stb.) kimondása az építészképzésben is általánosan ismert és elfogadott – elsősorban nyomtatott - tananyagok felhasználásával történik. Olyan fogalmak esetén, melyek műszakilag kevésbé megfogalmazhatók (organikusság, organikus szemléletmód stb.) – szintén az építészképzésben alkalmazott - építészettörténeti oktatási anyagok és építészettörténeszek megfogalmazásaira támaszkodnak.

A fogalmak ismeretében a vizsgálatok alá vetett legalkalmasabb megoldások kiválasztásához meg kell ismernünk az egyes alkotók (építészek, statikusok) életpályájának és szemléletmódjának legfőbb momentumait ahhoz, hogy azokat egymáshoz hasonlítani, „súlyozni” tudjuk. Ez a megismerés saját bemutatkozásokból, életműkötetekből, kritikákból és visszaemlékezésekből, építészettörténeszek leírásából fakad elsősorban.

1.2. A kutatás célja

A kutatás célzott eredménye olyan új építészeti meglátások, javaslatok és konkrét (építészeti) épületszerkezeti megoldások bemutatása, mely a kiválasztott magyar népi építészethez (és magyar organikus szemléletmódhoz) köthető kialakult szerkezetek és építőanyagok elemzéséből adódnak. Első sorban tehát magát a magyar népi építészetet, másodsorban az organikus építészeti irányzatot szükséges megismerni; majd pedig mindezeket a faanyagú felhasználási szűkítésben kell tudni objektíven súlyozni, összehasonlítani. Népi szerkezeteink racionális, gazdaságos kialakításai hatással vannak a magyar organikus építészetre – mely napjainkban is érvényesül. Egykori szerkezeteink és a hozzájuk felhasznált anyagok tanulmányozásán keresztül olyan megoldások születhetnek, melyek felhasználható megoldásokat adnak napjaink építészetében – amikor globális nyersanyaghiány (fa, fém) és energiaválság tapasztalható. **Ezek tudatában a kutatás célja olyan fenntartható, nyersanyag-minimalizáló, újrahasznosított (melléktermékek) tartó-, és segédelemek, illetve rendszerek létrehozása, mely által csökkenthető az igény a főbb építőipari nyersanyagok iránt – invazív fafajok alkalmazásának előnyben részesítésével (Korda, 2019) - ezáltal optimalizálható, mérsékelhető a nyersanyaghiány és az energiahordozó hiány.** Fontos szempont volt, hogy korszerű, mesterségesen előállított anyagokat mellőző vagy azokat minimálisan alkalmazó megoldások születhessenek. Ennek fényében a föld-, vályog-, agyag- és természetesen a faépítészet fő fókuszpontjában zajlottak a vizsgálatok (Dr.Szűcs, 2008). A már kialakult, korszerűsített faszerkezeti megoldások (RRFA, LVL, gerinclemezes tartók, DSB stb.) szándékosan nem kerültek alkalmazásra azok már ismert és alkalmazott tulajdonságai miatt (Dr. Wittman et al., 2000, pp. 113–135). Ezen szerkezetek specifikációi alapján jól és sikeresen társíthatók (megfelelő tartószerkezeti-, tűzvédelmi, faanyagvédelmi méretezések alapján) a doktori dolgozatban vizsgált és bemutatott szerkezetekkel (lécbetétes szalmavályog béléstest és hőszigetelő feltöltés kifejezetten kedvező az RRFA profilmagasságát tekintve).

A magyar népi építészetből erősen táplálkozó magyar organikus építészet napjainkban olyan korszerű –ezáltal mesterségesen is előállított – építőanyagokat alkalmaz korunk energetikai követelményeinek megfelelően, melyek az előbb említett fő célkitűzést nem tudja maradéktalanul kiszolgálni annak elemzésével (Tóth, 2022). **Ebből fakadóan a magyar organikus építészet azon korai, csupán a primer építőanyagokat hasznosító – mondhatni – kezdetleges megoldásai relevánsak a kutatásban, melyek ebben a szemléletmódban, tervezői hozzáállásban létesültek (Álmosdi et al., 2002).**

A doktori kutatás eredménye rendszerelvű kutatás és korszerűsítés – *mely alapja magyar népi építészetünk (és az abból merítő magyar organikus építészet) – elsősorban - faszerkezeti megoldásainak vizsgálatán át - új fal-, és födémszerkezet megalkotásának érdekében.* Napjaink energiaválsága és nyersanyaghiánya célirányt biztosított az új rétegrendek tervezésének elviségében. Összességében tehát olyan új épületszerkezetek (rétegrendhelyes épületszerkezetek) megadása a doktori értekezés célja, mely magyar népi – és ezáltal magyar organikus - építészetünk megoldásain keresztül ad korszerű választ.

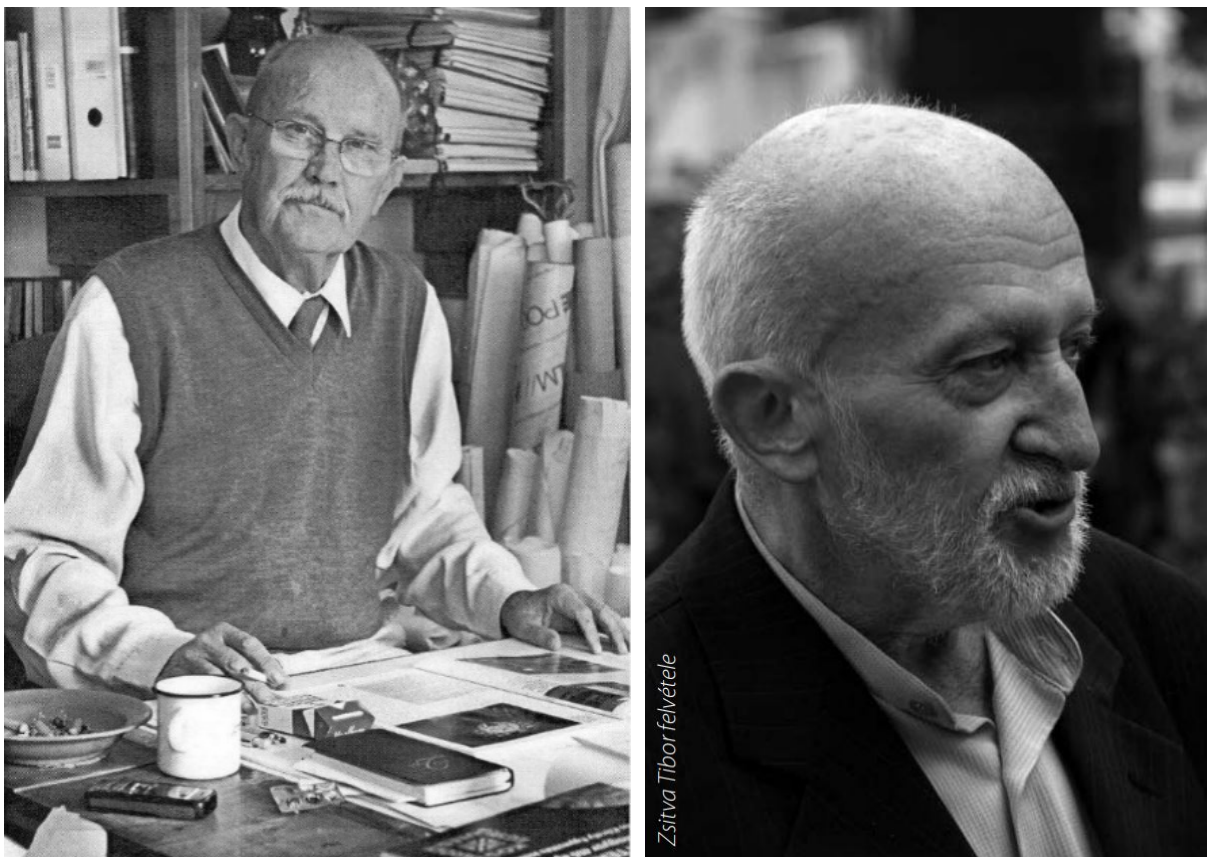
A kutatási cél eléréséhez a következő fő kérdések megválaszolása a cél a kutatási eredmények alátámasztása mellett:

- 1.) A magyar népi építészet és a magyar organikus építészet kapcsolata objektív módon alátámasztható? Bizonyítható, hogy a magyar organikus építészet a magyar népi építészetten alapul?
- 2.) Amennyiben a magyar organikus építészet a magyar népi építészetten alapul – úgy vannak olyan népi építészeti (elsősorban) faszerkezeti megoldások, melyek napjainkban is alkalmazhatók?
- 3.) Milyen magyar népi építészeti (fal-, és födémszerkezeti), faszerkezeti megoldások születtek?
- 4.) A faszerkezeti megoldásoknak milyen jellegzetességei (előnyei, hátrányai) vannak? Mely szerkezeti megoldások érdemesek a továbbfejlesztésre és hogyan?
- 5.) Faipari-, erdőgazdálkodási melléktermékként jelentkező faanyag-felesleg, hulladék hasznosítható építőipari felhasználásra? Amennyiben igen, hogyan?
- 6.) Az anyagfelesleg vagy hulladék felhasználása milyen egyéb lehetőséget adhat (anyagtulajdonságtól függően)?
- 7.) A megismert eredmények alapján milyen továbbfejlesztési lehetőségek léteznek?
- 8.) Napjaink organikus építészetének építőanyaghasználatára és szerkezetkialakítására (hagyományos faszerkezetek, földalapú szerkezetek stb.) csak kis mértékben jellemző a magyar népi építészet közvetlen alkalmazása – ellenben a magyar népi építészet formavilágával. Háttérbe szorult a földalapú szerkezetek (sövényfalak, vertfalak stb.) és egyszerű födémszerkezetek (pólyásfödém, sárlécfödém stb.) alkalmazása. Ebből fakadóan vizsgálni szükséges az alapvető magyar népi építészeti szerkezeteket (falszerkezetek, födémszerkezetek) annak érdekében, hogy azok alkalmazhatóak legyenek napjainkban is.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Magyar organikus építészet

A magyar organikus építészet két közismert személye, Csete György (1937-2016) és Makovecz Imre (1935-2011) nevezhető meg (2.1. ábra) a magyar organikus építészet általánosan ismert *alapító* építészeiként (Fekete, 1992, p. 11; Kőszeghy, 2011a, p. 68). „A mechanikus-technikai jellegű környezet ellenhatásaként is Makovecz Imre (1935-) és Csete György (1937-) kezdeményezésére egy magát organikusnak nevező irányzat terebélyesedett ki. Főbb jellemzői: a természetes anyagok, a fa használata, illeszkedés, szinte beleolvadás a természetes környezetbe, ősi, Cseténél kelta, de gyakrabban magyar paraszti-népi formák, kézműipari elemek átértzett megjelenítése, ami a nemzetközi technika világával szemben műveiket nemzeti karakterűvé teszi.” (Bonta, 2008, p. 345).



2.1. ábra Makovecz Imre - balra (forrás: Pongor László) és Csete György - jobbra (forrás: (Kőszeghy, 2011a, p. 68))

2.1.1. Csete György

Csete György terveinek, életművének dokumentálása jelenleg is zajlik alapítványi elhatározásból (Csete Alapítvány) (Csete, 2022), ahogyan Makovecz Imre életművének gondozásával a Makovecz Imre Alapítvány foglalkozik („Makovecz Imre Alapítvány,” 2012). Elérhető könyvek tekintetében kevésbé ismert és kevésbé elérhető kiadványokat lehet fellelni. Az építész szerint a magyar organikus építészet, maga a mozgalom az V. Nemzetközi Építészeti Kiállításon, Velencében mutatkozott be először (Csete, 2011; Pálinkás, 2001).

(Csete, 2011, p. 12). Fellelhető (többek között) egy erős motívum, a „hajlítás”, „hajlék” értelmezése mint alapvető emberi igény és ennek egyszerű kiszolgálása (Csete, 2011, p. 18). Ez a motívum (hajlított felületű/tetejű épületek, építmények) általánosan és jellegzetesen meghatározó kontúrt kölcsönöznek az egyes alkotásoknak. Az építész munkásságában meghatározóan részt vesz statikus barátja, Dulánszky Jenő is (lásd 2.2. ábra) (Csete, 2001).



2.2. ábra *Dulánszky Jenővel a Beremendi Megbékélés Kápolna előtt, fotó: Csete Ildikó, illetve Csete György „A fénytengely alatt, fotó: Zsitva Tibor (forrás: (csetealap, 2020))*

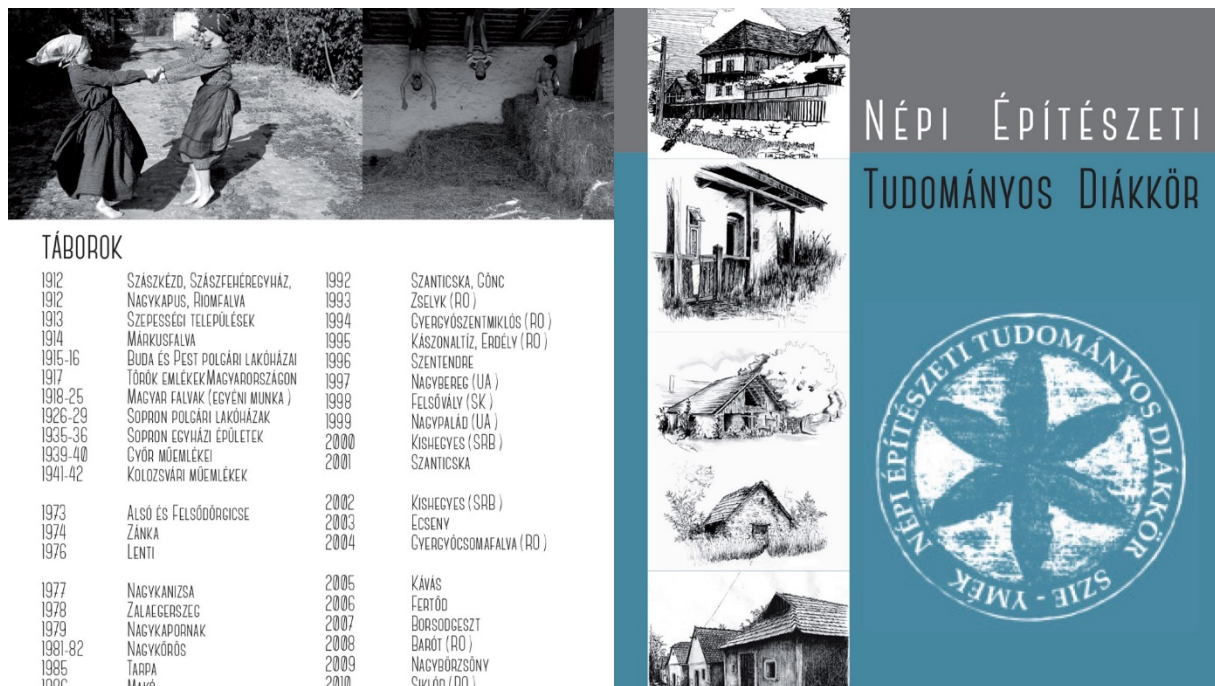
A magyar organikusok között közismert tény, hogy habár Csete György és Makovecz Imre azonos elveket vallottak, kifejezetten nagy korkülönbség sem volt közöttük – személyes ellentét mégis kialakult közöttük, mely évtizedekig tartó távolságtartássá is mélyült (László, 2021). A személyes ellentétek ellenére Makovecz Imre tanítványai és Csete György nem zárkoztak el egymástól (Kováts et al., 2015, p. 212).

1972-1973 környékére tehető a Pécsi Ifjúsági Iroda megalakulása (Magyar Művészeti Akadémia, 2017), mely Csete György és az építészcsoport vállalt és bátor építészeti fellépése volt a szocializmus ellen 1975-ben „A Tulipános házak” létrehozásával (2.3. ábra) (Csete, 2011, p. 21). Ennek következményében nagyobb hangvételű vita alakult ki, melynek eredményeképpen Csete szerint „*Elfogyott a levegő körülöttünk.*” (Csete, 2011, p. 20; Kampis, 1999, p. 7). A Paksi Atomerőmű lakótelepének Tulipános házainak „megmagyarítása” kapcsán más szakterületek is bevonódtak és igyekeztek azt értelmezni. (Simon, 2006, p. 13). Többek között, egy ilyen elemzésben kiemelésre kerül, miszerint „*A csoport tagjainak másik vezérgondolata volt, hogy a természettel, környezettel harmóniában kell élnie a jelenkor emberének is. A népi építészet régebben erre képes volt, a mai viszont nem. ...*” (Simon, 2006, p. 14). Itt tehát egyértelműen megfogalmazásra kerül a népi építészet, mint a természettel harmóniában élő emberi építészeti tevékenység/hozáállás fontos példamutatója a Csoport, ezáltal Csete György építészetének is. ***Kijelenthető tehát, hogy a magyar népi építészet alapvető köve, iránymutatója, követendő példája a magyar organikus építészetnek Csete nézete szerint.***



2.3. ábra *A magyar népi építészet formavilágából táplálkozó „tulipánok” (forrás: Deák és Jankovics, 2013, p. 7)*

A magyar népi építészet igen mélyen gyökerező, több irányból (korszak, szerkezet) vizsgált alkotásai, népi épületeink és építményeink fontossága a magyar oktatásban is szerepet kapott (Foerk, 2002). Az épületek, építmények tanulmányozásával az építész hallgatók ismereteiket bővíthették, gyakorlati tapasztalatot szerezhettek a felmérések során (2.4. ábra). Az elkészített tervdokumentációk értékőrző, érték-archiváló módon a felújításoknak, újjáépítéseknek szolgálhat alapjául. Ez a tanítási módszer, értékmentési hozzáállás (mai nevén) az Ybl Miklós Építéstudományi Karon napjainkban is fellelhető (Fülöp, 2021). A több évtizeden átható kutatások, felmérések időszakonként összegző kiadvány formájában bemutatásra került (Dr. Szabó, 2003). Az építész oktatás, műemlékek felmérése, a felmérés módszerének fontossága kapcsán fontos megemlíteni a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Építészettörténeti és Műemléki Tanszékét is (Fehér, 2017). A BME-n működő „Szerves építészet 1., 2. – A szerves építészet impulzusai” nevű tantárgy az építész hallgatókat kifejezetten a szerves-, organikus építészet vonatkozásait igyekszik bemutatni és népszerűsíteni (lásd „NTDK, Visegrádi Építész Tábor” alfejezet).



TÁBOROK

1912	SZÁSZKEZD, SZÁSZFEHÉREGYHÁZ,	1992	SZANTICSKA, GÖNC
1912	NAGYKAPUS, RIDMFALVA	1993	ZSELYK (RO)
1913	SZEPESSÉGI TELEPÜLÉSEK	1994	CYERGŐSZENTMIKLÓS (RO)
1914	MÁRKUSFALVA	1995	KÁSZONALTIZ, ERDÉLY (RO)
1915-16	BUDA ÉS PEST POLGÁRI LAKÓHÁZAI	1996	SZENTENDRE
1917	TÖRÖK EMLÉKEK MAGYARORSZÁGON	1997	NAGYBEREG (UA)
1918-25	MAGYAR FALVAK (EGYÉNI MUNKA)	1998	FELSŐVÁLY (SK)
1926-29	SOPRON POLGÁRI LAKÓHÁZAK	1999	NAGYPALÁD (UA)
1935-36	SOPRON EGYHÁZI ÉPÜLETEK	2000	KISHÉCVES (SRB)
1939-40	CYÖR MŰEMLEKEI	2001	SZANTICSKA
1941-42	KOLOZSVÁRI MŰEMLEKEK		
1973	ALSÓ ÉS FELSŐDÖRGICSE	2002	KISHÉCVES (SRB)
1974	ZÁNKA	2003	ÉCSÉNY
1976	LENTI	2004	CYERGŐCSOMAFALVA (RO)
1977	NAGYKANIZSA	2005	KÁVÁS
1978	ZALAEGERSZÉC	2006	FERTŐD
1979	NAGYKAPORNÁK	2007	BORSODGÉSZT
1981-82	NAGYKÖRÖS	2008	BARÓT (RO)
1985	TÁRPA	2009	NAGYBÖRZSÖNY
1986	MÁVÓ	2010	SKIŰN (RO)

2.4. ábra NTDK felmérőtáborok (forrás: Népi Építészeti Tudományos Diákkör [NTDK])

2.1.2. Makovecz Imre

Makovecz Imre (2.1. ábra) életműve és annak dokumentumai szélesebb körben elérhetőek (internetes felület, könyv, kiállítás (Magyar Művészeti Akadémia, 2014), építész pályázatok (Pál, 2019) stb.) –ezáltal könnyebben megismerhetők. A meglévő, megépült épület/építmény állomány megőrzésének érdekében a Magyar Kormány határozatot hozott létre (2022/2015. (XII.29.) számmal) (NetJogtár, 2015), ezáltal kiterjesztve az építész hagyatékának megismerését, megmentését. Az építész hagyatékának gondozásában napjainkban a MAKONA Kft. és a Makovecz Imre Közhasznú Alapítvány vesz részt – korábbi alkotótársakkal és tanítványokkal egyaránt (Rüll, 2022).

Számos publikáció rendelkezésre áll (Gerle and Götz, 2015a, 2015b), melyeknek célja kifejezetten Makovecz Imre munkásságának megismertetése. A jól dokumentáltságot kifejezi a következő idézet is: „*Makovecz Imre ma kétségkívül a legjobban dokumentált, külföldön és itthon is a legismertebb magyarországi építész, akinek életműve egyszerre termékenyítette meg és polarizálta a hazai építészársadalmat.*” (Beke et al., 2021, p. 4).

Egykori vándor, az olasz származású Martina Giustra (1985-) építészként 2007 óta igyekszik Makovecz Imre gondolkodását elemezni, ezáltal a magyar organikus építészeti továbbvitelét elősegíteni (Giustra, 2014). Doktori dolgozatában nem csupán kifejezetten figyelemre méltó faszerkezetei részleteket közöl Makovecz Imre munkásságából, annál is inkább esettanulmányaival igyekszik Makovecz munkásságát tudományos szempontból tovább elemezni (Martina, 2020).

Szintén idegen nyelven (angol) megjelent kiadvány Makovecz Imre életének azon munkáira hívja fel a figyelmet, amely a „magyar társadalom építéséhez is hozzájárult” a könyv megfogalmazása szerint (Dénes et al., 2016). A könyv megemlíti többek között Rudolf Steiner és Frank Lloyd Wright személyét is, a magyar (nép)művészet mellett, mint Makovecz Imrere nagy hatást gyakorló előképek/példák/személyek. Rudolf Steiner, antropozófia: az ember bölcsessége - Makovecz életére és építészetre gyökeresen ható filozófus („Makovecz, Rudolf Steiner (1861-1921) után, azt mondja: „A ház lény” (Bonta, 2008, p. 345) számos könyvet publikált, melyek megismerése egyértelműsíthet bizonyos építészeti megfogalmazásokat (épületforma, -alak, ideológia, elgondolás stb.).

A 2022.10-13-16. között lezajlott építész konferencia (‘Designing in Context’) az organikuság jegyében a kontextust vizsgálva Rudolf Steiner által tervezett Goetheanum közelében került megrendezésre (Gregory et al., 2022). Itt, az organikus építészeket személyesen arról kérdeztem, hogy a filozófus mely könyvét ajánlanák első megismeréshez?! A válasz: A szabadság filozófiája volt (Rudolf, 2016).

Makovecz Imre életművének fontossága, építész alkotói és közösség-szervező hatását egy idézettel kísérlem meg megadni: „...*Amennyiben megkíséreljük azt, hogy az elmúlt száz évre, vagyis a trianoni országvesztés óta eltelt időszakra kulturális paradigmaként tekintünk, akkor eme képzeteink összessége két életmű, Bartók Béla és Makovecz Imre munkássága körül szerveződik.*” (Beke et al., 2021, p. 4). Az említett közösségformáló képesség, mely során az építész a magyarországi szocializmus éve alatt az 1970-es években indított építészeti magánmesteriskola létrehozásában is megmutatkozott, illetve a későbbi (1981-től) Visegrádi Táborkok megteremtését is megvalósította. A „visegrádi táborok” célja az egyetemi hallgatók személyiségformálódásának elősegítését célozta meg a közös munka ürügyén. A japán építészeti gyakorlatnak megfelelő (Kenzo Tange iskola) szervezeti és munkaforma

megismerésével a táborozók organizáltan végezték munkáikat a Pilisi Erdőgazdaság akkori vezetője, Madaras László segítségével, aki átadta a kőbánya területét az alkotások létrehozásának érdekében (Kampis, 1999, p. 6).

”A Makovecz Imre, sőt a Kós Károly Egyesülés köré csoportosult építészek, művészek egyre több helyen hagyják ott – komoly szellemi hatást gyakorolva – „épület-névjegyüket”. Neveik említése hosszú sorokat töltene meg. Az egyesülés ORSZÁGÉPÍTŐ folyóiratából...” (Hegedűs, 1995, pp. 32–33).

2.1.3. Kós Károly Egyesülés

A Kós Károly Egyesülés (KKE) alapításának előzményei évtizedes időtartamban értelmezhetők (antropozófia, Kós Károly, Lechner Ödön, szecesszió stb.). Ezek a –nevezzük – források többek között a magyar népi kultúrát nevezik meg alapforrásnak, melyből inspirálódnak. 1956 magyar történelmi eseményei indító pillanatként jelentkeznek az egyesülés megalapításához, a levert forradalom azonban az 1960-as években valósult meg cselekvő szándékban (társadalmi, politikai, kulturális élet). Makovecz Imre, Kálmán István, Papp Lajos, Szabó Sipos Tamás, Kampis Miklós – az antropozófiával foglalkozva látásmódjukat bővítette – az Egyesülés megalapításában határozták el magukat. Csete György – Vargha László professzor vezetésével a magyar népi kultúrában találta meg építészetük forrását, ezáltal létrehozva a Pécs Csoportot. Kampis megemlíti „a Malonyay-könyvet” is mint szemléletváltó művet. Kós Károlyt az egyesülés alapítói személyesen is ismerték, illetve példaképüknek nevezték meg (Kampis, 1999, pp. 6–8).

2.1.4. Vándoriskola

Kampis 1988-at nevezi meg a Vándoriskola megalapításának – mely az 1980-as évek lazuló politikai szigorában önállósult építészek, építészirodák felvetése volt. Ugyanekkor fogalmazódott meg a közös folyóirat létrehozásának (Országépítő) ötlete is. A Kós Károly Egyesülés 1989-ben a létrejövő okirat értelmében megalakult (Kampis, 1999, p. 8). „... úgy határoztam (szerk.: Makovecz Imre), hogy a lakásomon egy maszek mesteriskolát fogok elindítani. Az 5x5 méteres szobámban 50 fős létszámmal egy szabadiskola típusú továbbképzést indítottam el, amennynek az alapjait egy Cordier nevű francia művészettörténész-építészettörténésznek a táblázata adta...” (Kováts et al., 2015, p. 7). A kézművességet, annak igényességét és fontosságát valló iskola jól dokumentált kiadványokban példázza (Kováts et al., 2015, p. 268). A Vándoriskola posztgraduális képzés, amelyben a végzett építészek felvételt nyerve úgynevezett „vándorokká” válnak, majd pedig hat félév alatt – félévenként kötelező „vándorlással” más és más irodavezetőket, „mestereket” ismernek meg és tanulhatnak tőlük. A vándorlás a középkori céhes legények és mesterek viszonyát hivatott követni – melynem keretében a vándor „mestermunkát” mutat be (megépült vagy épülőfélben lévő saját alkotás) a „mesterek tanácsának” ezzel befejezve vándoréveit. A sikerességet diploma örökíti meg (2.6. ábra).



2.5. ábra 2022, vándorok diplomázása (forrás: Czégány Sándor)

2.1.5. Országépítő

Az 1989-ben alapított folyóirat első száma 1990 nyarán jelent meg, kiadója a Kós Károly Egyesülés (Beke et al., 2021, p. 72). Évente négy szám jelenik meg 64 oldalas terjedelemben. Leírása szerint a folyóirat célja, hogy „*a magyar organikus építészet és a szerves, holisztikus, vertikális gondolkodás különféle területeiről származó eredményeket nyilvánosságra hozza. A közlemények tárgykörébe tartoznak többek között a magyar kultúrtörténet jelentős, de kevésbé ismert eredményei, a szerves építészet nemzetközi eseményei, korunk történelmének szellemtudományos értelmezése, a környezet problémáinak átfogó megközelítése*” (Országépítő ismertetője). Kutatási munkámhoz nélkülözhetetlen forrást biztosított a folyóirat.

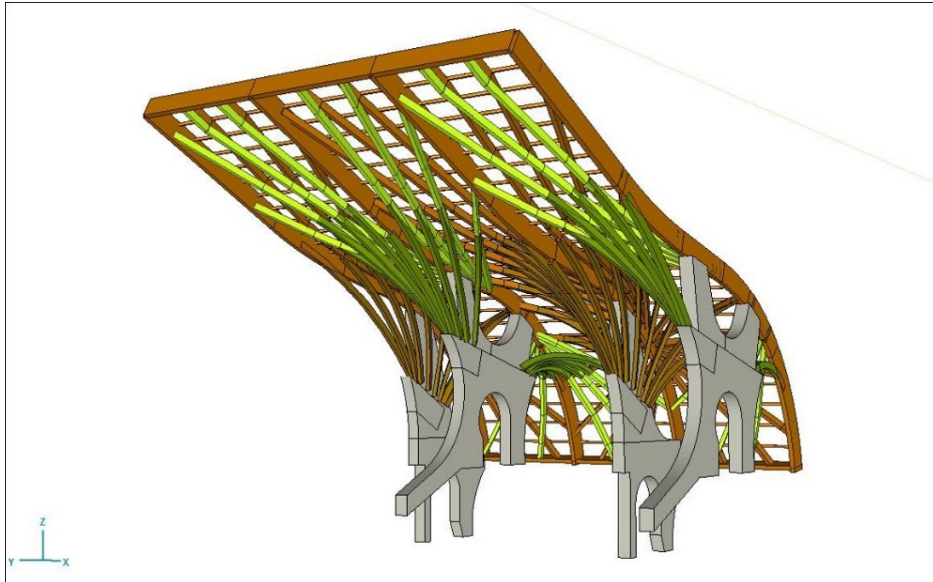
2.1.6. Visegrádi táborok

„... egyszer Visegrádon arra az elhatározásra jutottunk, hogy mivel az egyetem nem tetszik nekünk úgy, ahogy van, tehát a József Nádor Műegyetemnek sajnos már nyomait sem találta az ember, elsősorban nem a tanárok minőségéről beszélek, és nem a diákok minőségéről beszélek hanem hogy személyes ambíciók kifejlődéséhez nem kapnak elég impulzust az emberek ... és úgy gondoltuk, hogy nyári építésztáborokat kell szervezni egy elhagyatott bányában.” (Kováts et al., 2015, p. 7).

2.1.7. Építészet és statika

Ahogy Csete Györgynek (2.2. ábra) Dulánszky Jenő (Fekete, 1992, p. 17), úgy Makovecz Imrének Pongor László „a statikusa” (Turi, 2015). Természetesen, Pongor László „műhelye”, a POND Mérnöki Iroda (*Sub PONDere crescit palma*), Tervező és Szolgáltató Kft. - mely 1990 novemberében alakult - munkatársai (*Simó Tiborné, Andrásfalvy Bertalanné, Király Lászlóné,*

Kerényi Zoltán, Mantuano Tamás, Harsányi Csaba, Erdész Katalin, Varga Márta, Kerek István, Bakó Krisztina, Balogh Andrej, Tóth Szilveszter, Pető Dániel. Kerényiné Éva és társaik) és azok munkái éppen ilyen fontosak voltak a tartószerkezeti tervezések során, ahogyan Pongor László személye is Makovecz Imre alkotó éve során. Pongor László szerint a rendszerváltás környékén (1990) Donáczi Péterrel (akkor már a Makona-val is kapcsolatban állva) „... eldöntöttük, hogy közösen folytatjuk. Vettünk egy számítógépet, ittunk egy sört, és megalakult a cég.”



2.6. ábra Felcsút, Pancho Arena; „számítógépes tervezés” (forrás: Pongor László)

Pongor pályaválasztása során a következő idézettel lehet talán összefoglalva meghatározni: „... Inkább leszek jó statikus, mint közepes építész. ...”. Turi Attila szerint „Makovecz Imrénél a tartószerkezet, a statikai váz és az építészet nem vált külön egymástól, organikus gondolkodása ellentétben állt a statika szigorú, technológiaként való értelmezésével. Közös munkáink során megtapasztalhattuk organikus, művészi szemléletet: az őszinte, logikus szerkezetek felé irányított gondolkodásunkat.”. (Turi, 2015, pp. 43–47). Turi Attila és Pongor László publikált beszélgetése alapján alátámasztást nyer az a tény/gondolkodásmód, mely szerint az organikus építészet során alkalmazott tartószerkezeti tervezési megközelítés a logikusan (szükségszerűen), őszintén (letisztult szerkezetek, külön esztétikai kiegészítés nélkül) alakul (2.7. ábra). Ez a fajta megközelítés a magyar népi építészet tartószerkezeteinek kialakításában és megjelenésében is utolérhető (lásd magyar népiépítészet faszervezeteinek megoldása, pl.: pórfödém, boronafal, torokgerendás fedélszerkezet stb.).



2.7. ábra Makó, élményfürdő (Hagymatikum), forrás: Pongor László



2.8. ábra Piliscsaba, Katolikus Egyetem Stephaneum (Auditorium Maximumum) (forrás: Pongor László)

2.2. Magyar organikus szerkezetek

Népi építészetünk egyszerű, letisztult anyaghasználatát tanulmányozó, abból merítő magyar organikus építészet első, kezdetleges megoldásai alkalmazzák igazán évszázados hagyományainkra alapozó szerkezeteinket, építőanyaghasználatunkat (Tóth, 2022). A megfelelő összehasonlíthatóság érdekében (anyaghasználatban, összetettségben) tehát olyan alkotásokat elemeztem, melyek képesek létrehozni a valós összehasonlíthatóságot. Belátható, hogy a 200 évvel ezelőtt alkalmazott falazatunk napjaink megoldásaihoz és igényeihez mérten nem képes sem energetikailag, sem pedig tartószerkezetileg valóságos összehasonlítható példát adni. Annak érdekében, hogy az alapvető szerkezeti és anyaghasználati megoldásokat tehát összevethessük és megvizsgálhassuk, szükséges az egyenrangúság megközelítése mind szerkezeti összetettségben, mind pedig (építőanyag)használatban egyaránt.

A korábban bemutatott Visegrádi Táborok kezdeti időszakából (1981-től) származó megoldások az egyes táborok (elsődlegesen) faszerkezeteit mutatja be a teljesség igénye nélkül, továbbá Makovecz Imre néhány olyan munkája kerül elemzésre, melyek szintén a népi építészet letisztult, egyszerű szerkezeti megoldásait alkalmazza hasonló anyaghasználat mellett.

A Visegrádi Táborok elemzésében a „Visegrádi építész-táborok 1981-2001” könyv (Álmosdi et al., 2002) válik segítségemre, amíg Makovecz Imre fent említett kritériumoknak megfelelő épületeinek/építményeinek kutatását „Makovecz I-II” könyvei teszik lehetővé (Gerle and Götz, 2015a, 2015b).

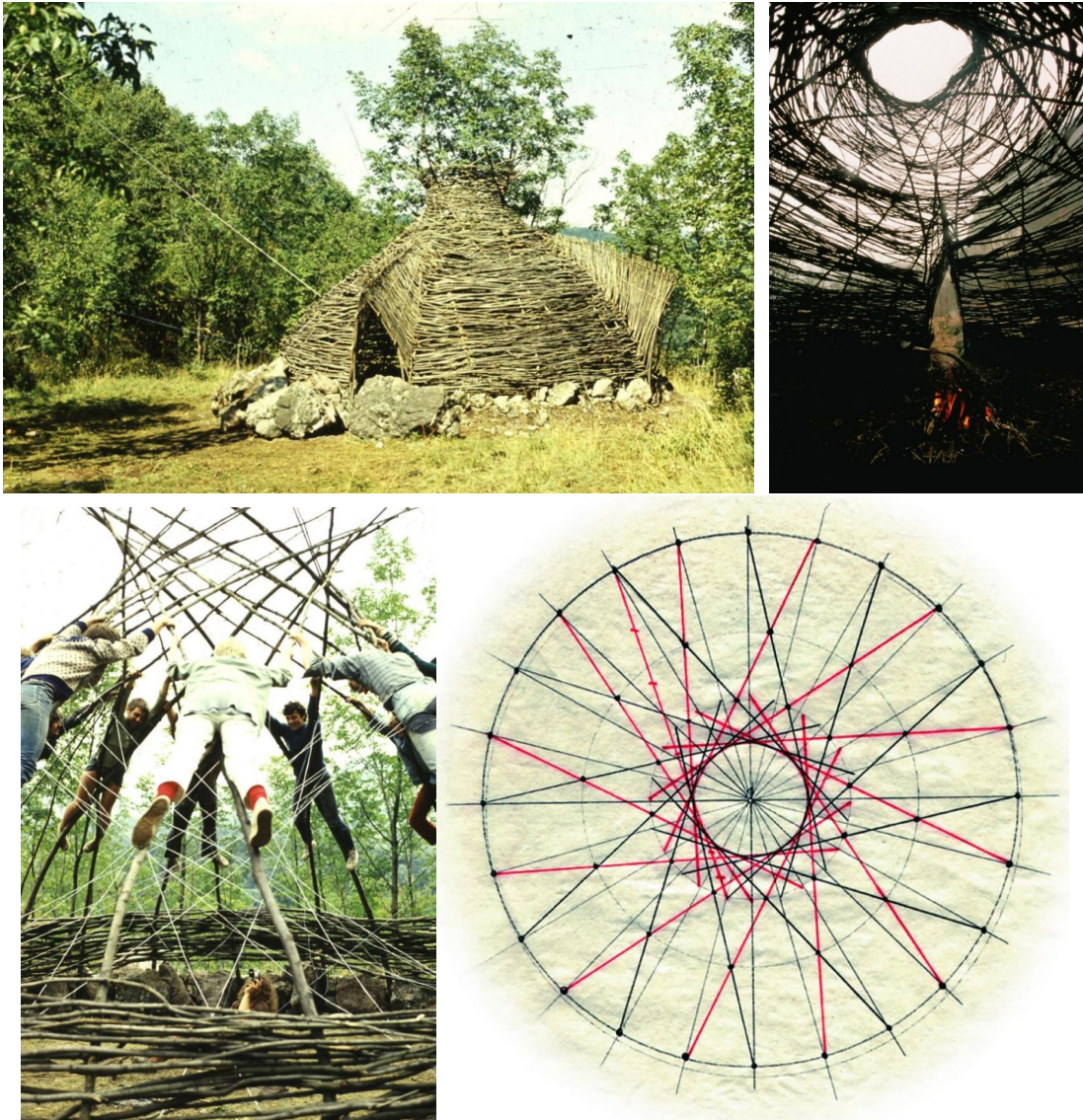
2.2.1. Visegrádi szerkezetek

1981-1998 között 18 db építmény került megalkotásra Makovecz Imre közösség-szervező személyiségének és a táborban résztvevőknek köszönhetően (lásd Makovecz Imre bemutatása és Visegrádi Építész-tábor részeket). A Táborok a résztvevők jellemfejlődését igyekeztek biztosítani Makovecz elgondolása alapján (Beke et al., 2021, p. 62)

Azok a szerkezeteket, építményeket kerülnek megemlíteni, amelyek a doktori disszertáció elkészítésének fontos részei: faszerkezetek, a magyar népi építészet hagyományaira alapozó szerkezeti megoldások (pl.: sövényfal). A fejezet célja nem a műszaki tartalom bemutatása és átadása – annál is inkább annak megerősítése, hogy primer népi építészeti szerkezeti és anyaghasználati megoldásaink egyértelműen felhasználásra kerülnek a magyar organikus építészet azon korszakában, amikor azok egyértelműen azonosíthatók (nincs építési követelmény, energetikai szabályozás stb.).

1981 | Kas

Az első tábor azt a feladatot vállalta magára, hogy a résztvevők – akár konfliktusok árán is – megtanulhassanak együtt dolgozni úgy, hogy a „természet anyagaiból” építenek (Gerle and Götz, 2015a, p. 103). Kijelentett cél volt tehát, hogy alapvetően elérhető, felhasználható építőanyagból építsék meg a táborozók választott építményüket. Felmerült a „földépítészeti tábor” kifejezés használata is. A Kas egy 6 m átmérőjű jurtaszerű kupolaépítmény, mely kupola 24 db nagyobb átmérőjű földbe ásott faelem centrikusan görbített tartószerkezetéből és azt körbefont gallyakból épült fel (2.9. ábra). A hajlítás a résztvevők egyeztetett mozgásával történt (lásd képen) ezzel is erősítve az összehangolt munka fontosságát. Két bejáratot alakítottak ki az építők az építményen, mely bejáratok közül az egyik funkcionálisan túlmutatóan a magyar ünnepség, augusztus 20-át is figyelembe veszi és megtiszteli (napfelkelte) (Álmosdi et al., 2002, p. 13). Az építmény alakjában, kialakításában párhuzamosítható Csete „hajlék” kifejezésével és elgondolásával (Csete, 2011, p. 18).



2.9. ábra 1981, Visegrád, Kas nevű gallyfonatból épített centrális alaprajzú faépítmény (forrás: (Álmosdi et al., 2002, pp. 12–27))

1982-1983 | *Barlant*

Az építmény funkciója lakóhelyépítésnek megfelelő elvárásokkal került kiválasztásra (fedett, zárható). A kialakítás során az építésre kijelölt területen egy korábbi kőépület maradványait találták az építők, mely középpontja megegyezett az új építmény középpontjával. A *Barlant* szerkezete „hulladék deszkák egymásra szegezett soraiból álló fa álkupola” (2.10. ábra). A táborozók ezt a kupolát földdel fedték le (Álmosdi et al., 2002, p. 29).

A hulladék faanyag (anyagában felhasználható, méretében és/vagy minőségében már nem vagy csak kevésbé) felhasználásának igénye megjelenik. Kisméretű (kb. <1,00 m) szélezett fűrészárú (faipari előállított termék) utólagos felhasználása bizonyított.

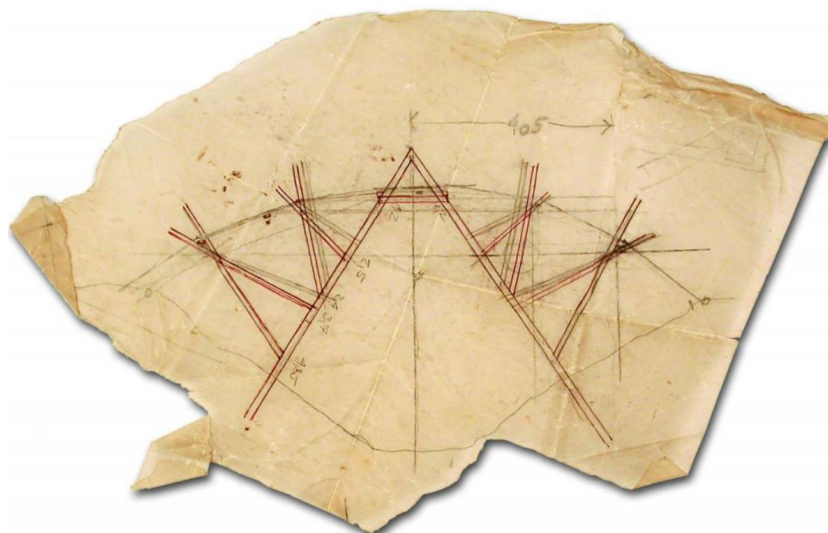


2.10. ábra *Hulladéknak minősített deszkázatból épített faszerkezet (forrás: (Álmosdi et al., 2002, pp. 28–36))*

1982-1983 | Híd

A Híd tartószerkezetét fűrészelt tölgyfából, 'A' alakban építették meg – mely tartószerkezetek között íves felületen történik a közlekedés (Álmosdi et al., 2002, p. 43).

A fűrészelt faanyag (mely akár megjelenő felesleg/hulladék is lehet) szintén hasznosítható.



2.11. ábra A Híd terve elkészítésének pillanatai és a végeredmény (forrás: (Álmosdi et al., 2002, pp. 42, 48)

1985 | Torony

1995 –ben lebontott építmény (Gerle and Götz, 2015a, p. 103). A kergétől megtisztított faanyag Makovecz Imre korábbi munkáiban is megmutatkozik (pl.: 1981-es Zalaszentlászló-i faluház) (2.12. ábra).



2.12. ábra A Torony főtengelyes nézete és vázrajza (forrás: (Czégány et al., 2022a))

1987 | Csűr

Kérgezett, ágaitól megfosztott favázas épület a főtartókra (oszlopokra) merőlegesen elhelyezett zsúfedést tartó lécezés görbített formában (2.13. ábra). Természetes anyagok, egyszerű tartószerkezet, népi héjazatképzés: újjászületett népi épület – organikus építészhallgatók által.



2.13. ábra A Csűr tartószerkezetének váza és héjazatának készítése (forrás: (Álmosdi et al., 2002, pp. 79–83))

1988 | Gubó

A vesszőfonatos, középpontjába spirálisan záródó – csigaházhoz hasonlító – faszerkezet alkalmazza a népi építészet sövényfalának megoldását (2.14. ábra). Kiasott kör alakú gödörbe feszített faelemek csúcsponti összekötésével elnyert favázon alkalmazott gally/vessző-fonat. Népi építészetük sövényfalazata egyben térlefedő szerepet is betölt.



2.14. ábra *A vesszőfonat teherátadása működőképes (táborozók súlyátadása a szerkezetnek), (forrás: (Álmosdi et al., 2002, pp. 89–102; Czégány et al., 2022b)*

1991 | Re-kas

10 évvel az eredeti Kas építése után, annak összedőlése miatt épülő ágfonatos építmény. Kő-, és faszerkezet használata (2.15. ábra).

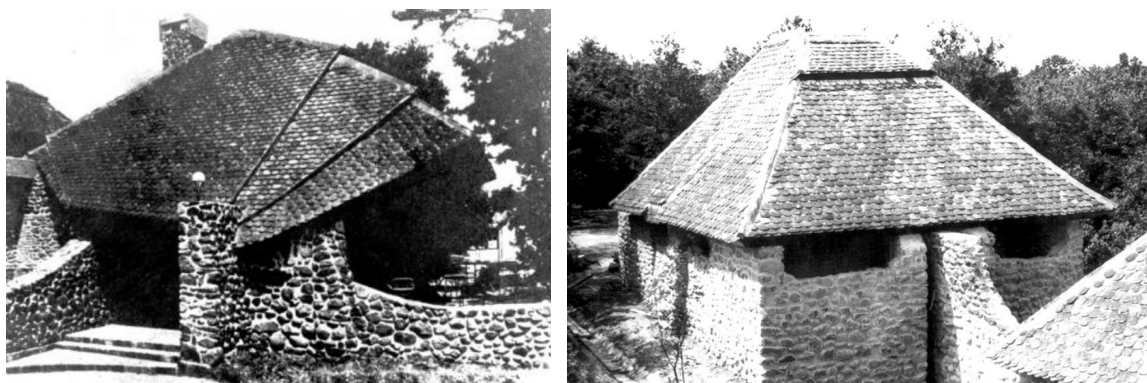


2.15. ábra *Csúcstalálkozásában szabadon hagyott ágfonatos építmény (forrás: (Álmosdi et al., 2002, pp. 118–123)*

1965 | Balatonszepezd, SZÖVOSZ-üdülõ

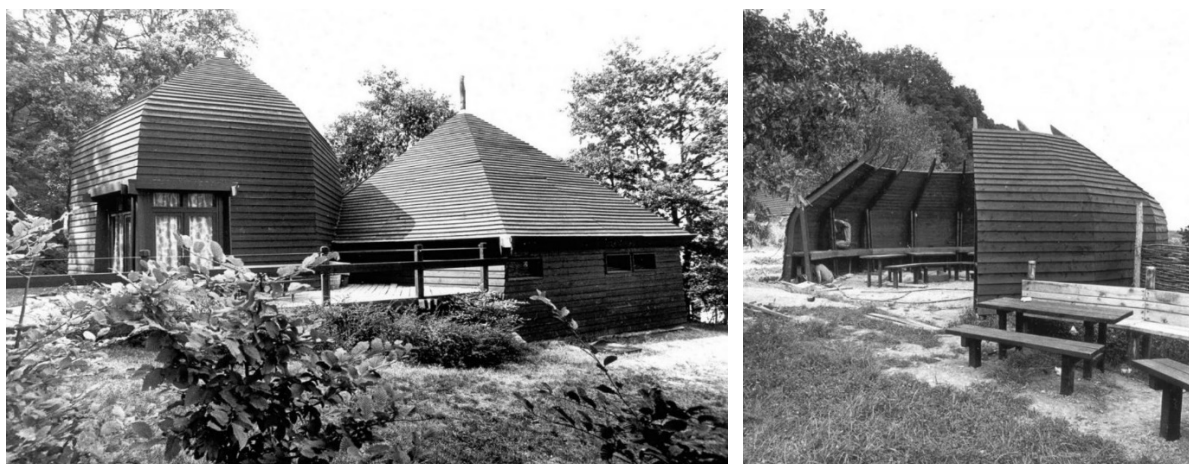
A területen korábban található borospince felhasználásra került a borozó épületéhez.

Kifejezésre kerül nem csupán az anyaghasználat révén, hanem a tervezési elvben az újrahasználhatóság (pince) szándéka. A több épületet tartalmazó egykori üdülõterületen a közös többek között a sátoztetõs kialakítás. „A használat egyszerű igényeit a természet elevenségének tágabb értelmû és értékû eszméivel igyekeztünk gazdagítani. Ezért törekedtünk természetes anyagok, kõ, fa és kavics használatára, a szimmetria alkalmazására, valamint arra, hogy a részletek és tömegek organikus összefüggésbe kerüljenek egymással.” (Gerle and Götz, 2015a, p. 15).



1978 | Visegrád, Mogoró-hegyi Kemping

A fogadóépület és hozzá tervezett lakás tartószerkezete hajlított-ragasztott faszerkezetből épült – az alaprajzi elrendezés és tömegformálás tekintetében az épületek fõtengelyében kérgezett, ágaitól megszabadított „lélekfával” (2.17. ábra). Deszkázattal ellátott homlokzata megerõsíti – az akár jóval rövidebb – deszkázat hasznosíthatóságát (Gerle and Götz, 2015a, pp. 73–77).



2.17. ábra Deszkázattal fedett épület, építmény (Gerle and Götz, 2015a, pp. 73–77)

1979 | Dobogókő, Siház

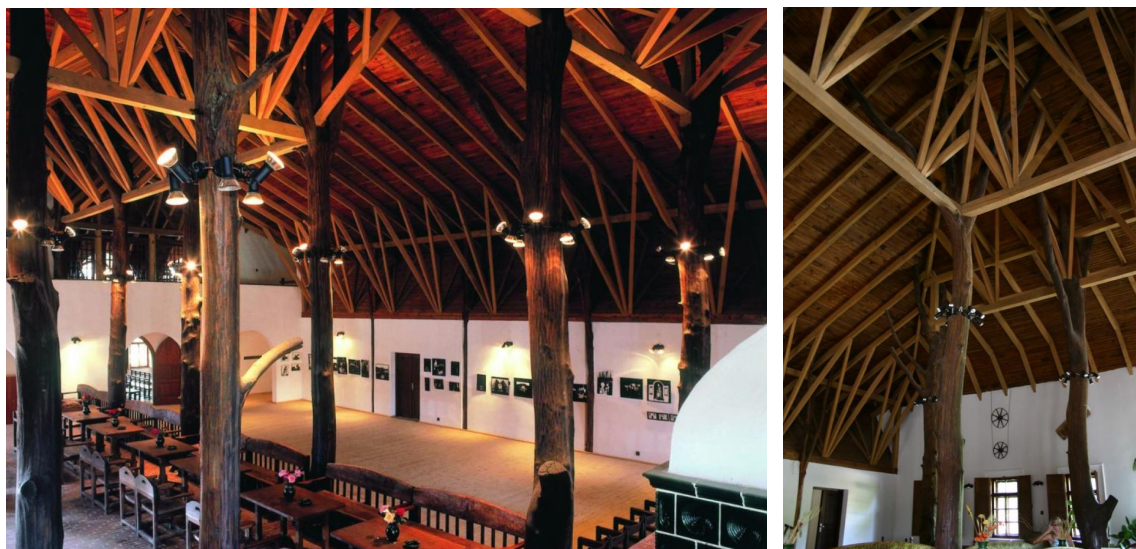
Makovecz Imre gondolkodásmódját megismerhetjük az emberi testrészek (haj/héj(azat), gerinc, szemöldök stb.) és az épület, mint „épületlény” kapcsolatán keresztül. Az épület körüli földet lábazati magasságban hozzáigazítják az épülethez („felhúzzák”) (2.18. ábra). A szolgáltatóház funkciót ellátó épület gerince ívesen kiképzett, homlokzatával az emberi arc kinézetét jeleníti meg. A tervezés során megemlézésre kerül Frank Lloyd Wright eszméje is: „*az épület belülről kifelé valósul meg, a belső, a lényeg részleteire bomlik*”. Makovecz szavait idézve: „*A népi építészet szavai elvesztették valódi tartalmukat, ... a szavak épületlénnyé csoportosulnak, hogy egy új valóságot hozzanak létre.*” (Gerle and Götz, 2015a, pp. 84–85). A népi építészet és hagyományok, tanulmányok (szavak, szerkezetek) átültetése megfogalmazásra kerül. A „granicafedés” „... *a felvidéki faszindelyes deszákfedés egy szabálytalanabb, játékosabb formája, amelyet például Herbert Greene is használt...*” (Beke et al., 2021, p. 18)



2.18. ábra „Granica” fedés alkalmazása (Beke et al., 2021, p. 60; Gerle and Götz, 2015a, pp. 84–85)

1981 | Zalaszentlászló, faluház

Az építési területen álló épületek hasznosításával és a közöttük lévő tér beépítésével megfogalmazódott az újrahasznosítás elvisége – nem csupán anyaghasználatban, hanem tervezési akaratban is (2.19. ábra). Az építési helyszínen meglévő élőfák, azaz „ágasfák” (kérgezett, szélezetlen faanyag melynek bizonyos ágrészei továbbra is a törzs része) tetőszerkezetet alátámasztó szereppel beépítésre kerültek (Gerle and Götz, 2015a, p. 104).



2.19. ábra „Ágasfás” tartószerkezetű térlefedés (Czégány et al., 2022c)

Összefoglalás

Ahogy a magyar organikus építészet alapköve a magyar népi építészet – úgy ennek egyértelmű (anyaghasználat, szerkezetkialakítás stb.) átemelése, alkalmazása Makovecz Imre számos munkájában fellelhető – igyekeztem életművének olyan korai szakaszából korlátozott számban építészeti példát vizsgálni, melyek hordozzák népi építészetünk azonosíthatóságának egyértelmű jeleit. Az effajta párhuzamkeresés oka a népi építészet alkalmazhatóságának és az organikus építészetre tett valós hatásának bizonyítása volt.

Az egyes alkotások megismerésében és bemutatásában nagy segítségemre szolgált a Kós Károly Egyesülés 20. évfordulójára megrendezett kiállításához készült tematikus honlap (Czégány et al., 2022d) és számos szakkönyv is ((Beke et al., 2021; Gerle and Götz, 2015a, 2015b).

Makovecz Imre több épületénél egyértelműen beazonosítható a magyar népi építészet tanulmányozásából fakadó építészeti tervezés koncepcionális átültetése. A szemléltetett megoldások célja a magyar népi építészet és magyar organikus építészet szoros kapcsolatának bemutatás oly módon, hogy az egyes tartószerkezeti (ágasfa) és héjazati (faszindelyes és deszkázott fedés) megoldásokon keresztül megfogalmazhatók legyenek.

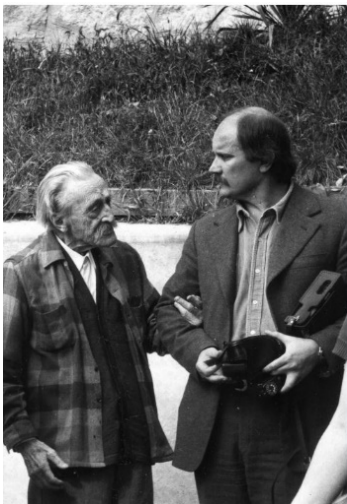
A magyar organikus építészet iránt érdeklődő, abban elmélyülő építész hallgatók Visegrádi Táborainak alkotásai a magyar népi építészet faszervezeti megoldásait több ízben is alkalmazzák (lásd 2.15. ábra).

2.3. Magyar népi építészet

2.3.1. Alapvető művek

Népi építészetünk kutatása, alapvető megismerése szükséges a magyar organikus építészet sajátosságainak felismeréséhez és értelmezéséhez. Számos könyv (Barabás and Gilyén, 2004), digitális könyvtártartalom (Bakó et al., 1997), népművészeti kutatás (Malonyai, 1907) foglalkozik a témával, melynek felsorolása is igen hosszadalmas lenne. Az átfogó művek (Barabás et al., 1987), melyek az általános épületek bemutatásán túlmenően (Károlyi et al., 1955) az alapvető szerkezeteket (Sabján, 2004) is bemutatják kifejezetten hasznosak az átfogó, egybefüggő megértés érdekében.

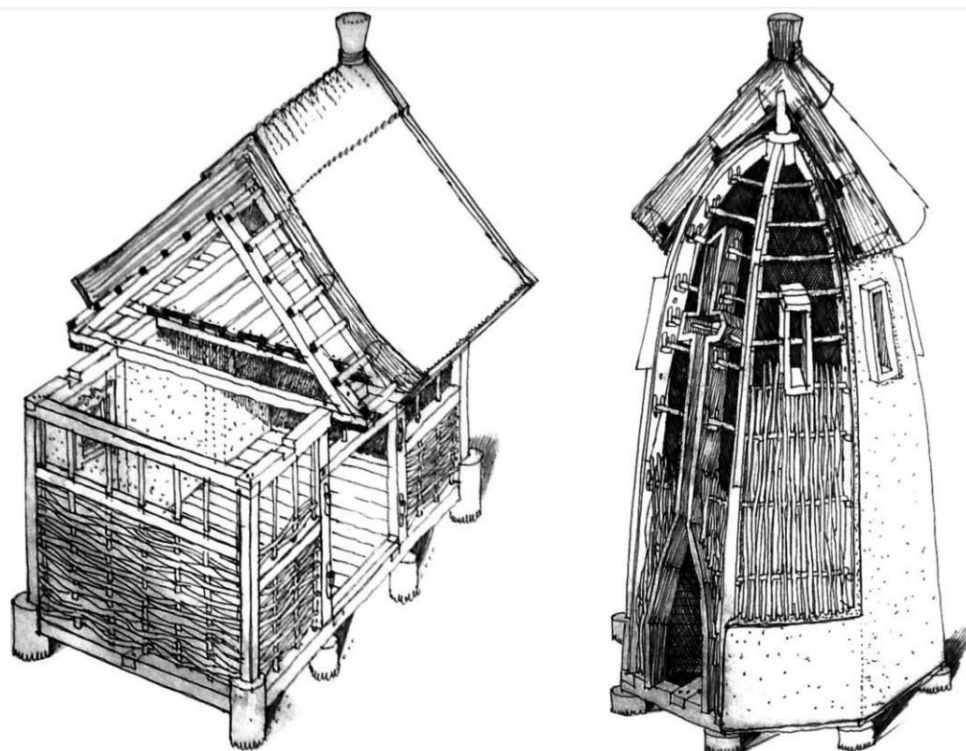
Fontos továbbá Kós Károly építész, grafikus, könyvtervező, szerkesztő, könyvkiadó, tanár, politikus személyét és munkásságát megemlíteni (2.20. ábra) – mint követendő építész személyiség a magyar organikus mozgalom/irányzat/iskola megteremtőinek (Csete György, Makovecz Imre) és mint alkotó ember, aki az építészet és a magyar néprajz fáradhatatlan kutatója és művelője volt (Pál, 1983). Tájegységenként, rövid, grafikában viszont gazdag kiadvány a magyar népi építészet vizsgálatában angol fordítással szintén fellelhető (Novák, 1996). Épp ilyen fontos Kós korai munkásságát bemutató kiadvány is (Fabó and Anthony, 2014).



2.20. ábra Kós Károly Makovecz Imrével (Országépítő, 2012/3. alapján) és Csete Györggyel ((Csete, 2011, p. 11)

2.3.2. Magyar vidék

A magyar vidék fontosságát és egyediségét (Koleszár et al., 2004) bemutató kiadványok (Gróh, 2019) betekintést nyújtanak a magyar organikus építészetre ható magyar népi építészet jellegzetes alkotásaira is (Kunkovács, 2000). A Balaton-felvidék fontosságát, értékét bemutató műveken át (Bojár Iván and Darabos, 2015; Krizsán and Somogyi, 2022) a Tokaj Hegyalját méltató (Bódisz et al., 2015) kiadványokon keresztül a magyar vidék sajátosságait ismerhetjük meg tájegységenként (Cseri, 1987). Jelenlegi határainkon túlmutató kiadvány a szegedi térség, tájegység egyediségét hangsúlyozza (Szilágyi and Kerner, 2019). Ez a helyi megértés és megismerés szintén létfontosságú a hagyományok és (nem csupán) építészeti értékek megismeréséhez és ápolásához (Csóka, 2018).



2.21. ábra Lukács Árpád (egykori vándor) mátramindszenti bioépitményeinek terve (forrás: (Kőszeghy, 2011b))

2.3.3. Dolgozatok, kiadványok

Ez az „ápolás” történhet újra értelmezéssel, korszerűsítéssel, új építészeti program megadásával is (Bakos and Füsi, 2014). Az építészeti karaktervizsgálattal (magyar népi építészet) mai, kortárs megközelítéssel is átemelhetők népünk építészeti értékei – azok tovább folytathatók (Somlai, 2012). Ez a megtartó, megőrző gondolkodásmód újraértelmezett használattal szintén lehetőséget kínál a meglévő épületek, építmények megtartására (Esztány et al., 2018). Az egyes szerkezetekkel mélyrehatóbban foglalkozó hallgatói tudományos dolgozat más témakörben igyekszik népi építészetünk örökségét tovább ápolni (Bihari, 2013).

2.3.4. Népi építmények, szerkezetek

A külön szerkezetekkel (Buzás and Sabján, 2021), építményekkel, díszítésekkel foglalkozó kiadványok sorozatai alapműnek számítanak a területen – napjaink építészeti tervezései (felújítás, műemlékvédelem stb.) során is (Mednyánszky, 2021). Tájegység szinten, lokális fókuszáltsággal (Balassa M. and Cseri, 1999) megjelenő könyvek Magyarország vidékének népi jellegzetességeit (Tóth, 1975) szűkebben, ezáltal mélyebben bemutató kiadványai nagyobb mélységgel elemzik az egyes alkotásokat (Gilyén et al., 1981). Az általános megismerést szolgáló kiadványok szintén a népi építészethez kapcsolódó publikációk széles palettáját hangsúlyozzák (Baráth and Khell, 1982). Hagyományos, magyar népi építészetünk szerves és alapvető építőanyaga a vályog, mely napjainkban is fontos és szükséges nem csupán kultúránk tovább ápolása miatt, annál is inkább a fenntartható építészet érdekében (O.Csicsely, 2014, p. 22). A vályogépítés aktualitását mutatja, hogy annak jövőbeni tendenciáival is igyekeznek foglalkozni (Bihari and Medgyasszay, 2020, pp. 40–43). Föld-, és vályogépítészetünk kapcsán összefoglaló kiadvány mutatja be az anyagokat és a belőlük létrehozható szerkezeteket (Dr.Szűcs, 2008). Kifejezetten vályogépítési módokat és szerkezeti megoldásokat bemutató folyóiratcikk, magát a vályogot minősítő vizsgálatokat bemutató publikációk is megjelentek a

Magyar Építőiparban (Molnár, 1998, pp. 348–350). A környezettudatos építészeti hangsúlyozni kívánó, a természettel harmonikusabb viszonyt teremteni kívánó közönségnek szánt kiadványok a szalmabála építészethez kötődően szintén megtalálhatóak (Novák, 2002). Közép-Európa-i lépékekben, Románia és Magyarország vizsgálatával bemutatásra kerülő földalapú népi építészeti alkotások publikációja angol nyelven nemzetközi értelmezést ad földalapú építészettünknek (Popescu and Zsuzsanna, 2015). Gyakorlati szemléletmóddal megalkotott könyv, mely a természetes anyagok használatát és a kivitelezés gyakorlatát ismerteti föld-, szalmabála-, és vályogépítészettünk kapcsán eddigi ismereteinket bővítheti (Medgyasszay and Novák, 2006).

Hagyományos (magyar népi építészeti) falszerkezeteinket bemutató kiadvány megismerésével meglévő szerkezeteinket ismerhetjük meg, illetve korszerűsíthetjük (Sabján and Buzás, 2003). Népi építészettünk tetőfedéseinek megismerése egyaránt elengedhetetlen (Sabján, 2007), ahogyan nádfedéseink értelmezése is „az ezredfordulón” (Dr. Pozsgai, 2006).

2.3.5. Műemlékvédelem

Meglévő (népi) építészeti értékeink dokumentálása (Németh, 1979), ápolása, kor-, és szakszerű gondozása (felújítás, helyreállítás stb.) műemlékvédelmi feladatokat hoznak létre az erre specializálódott, szakosodott (pl.: műemlékvédelmi szakmérnök) építész kollégák érzékeny és szakszerű munkáját megkívánva. Az építészettörténeti jártasság és tájegységenkénti beható ismeret révén több konferencia (“Román András Műemlékvédelmi Nyári Egyetem,” n.d.), folyóiratcikk (Biky, 2021), folyóirat (“Műemlékvédelem 1957-2020 | Arcanum Digitális Tudománytár,” n.d.) és kiadvány (Dobosyné et al., 2021) felellhető ezzel gondoskodva a hozzáértő beavatkozás és elvi/gyakorlati helyesség garantálásának publikálását. 1965-ben létrehozásra került az ICOMOS nevű szakmai civil szervezet, mely által kidolgozott irányelveket több ország átültette műemlékvédelmi gyakorlatába. Feladatának tekinti a szervezet, hogy műemlékvédelmi kérdésekben nemzetközi segítséget nyújthasson és egyaránt kérhessen. (“ICOMOS-ról,” n.d.). Gazdagon illusztrált kiadvány, mely sokat segíthet meglévő épületeink építéskorabeli helyreállításánál szintén megtalálható „műemlékes” szemszögből összeállítva, mely a kiadó szerint hiánypótló alkotás a szakmában (Román, 2004).

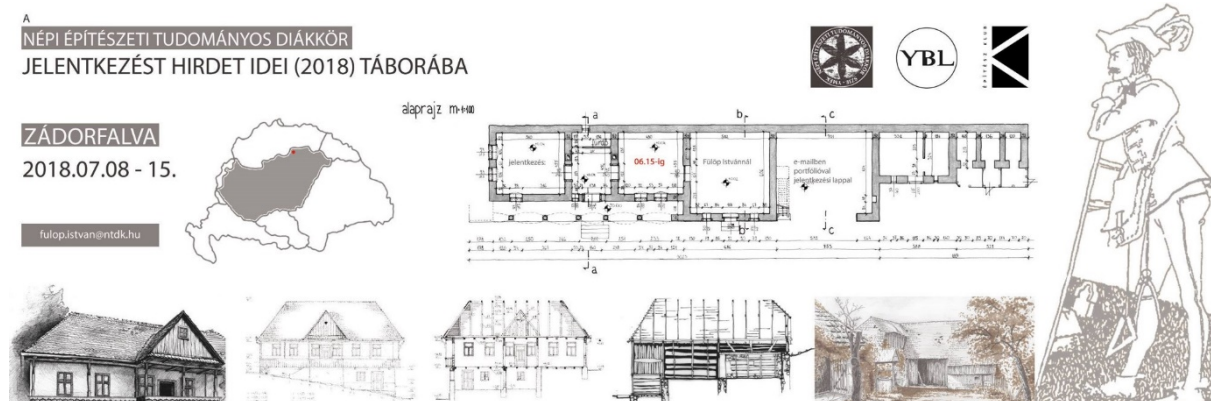
2022.május 24. napjától az Építési és Beruházási Minisztérium feladatkörébe tartozik a műemlékvédelmi szakterület (“MŰEMLÉKVÉDELEM,” n.d.).

A Teleki László Alapítványt a Magyar Köztársaság Kormánya hozta létre 1986-ban a Magyarságkutató Intézet jogutódjaként. Az Alapítvány a Teleki László Intézet működtetése mellett a határon túli magyar épített örökség felmérésével és megóvásával foglalkozik 1999-től a Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma megbízásából egészen 2006-ig. Tevékenységét több mint 100 önálló kötetben jelentette meg. 2006-os megszűnését követően 2007-ben magánalapítványként szerveződött újjá, melynek célkitűzése között szerepel a határon túli magyar vonatkozású épített örökségek kutatása, dokumentálása és felújítását célzó kormányzati programok lebonyolítása, megszervezés (Erika and Dalma, 2022).

2.3.6. NTK (Népi Építészeti Tudományos Diákkör)

Az Ybl Miklós Építéstudományi Karon alakult – 2012-ben 100. évfordulóját ünneplő – Népi Építészeti Tudományos Diákkör (NTDK) célkitűzése a hallgatók bevonása a terepmunkába (2.11. ábra) (építészeti felmérés, építőtáborok) magyar népi építészettünk tanulmányozásán keresztül történő felmérésével (Fülöp, 2021). A több, mint 100 éves „táboroztatás” Foerk Ernő felmérési munkálataival kezdődtek meg, mely napjainkban is zajlik (Foerk, 2002). Az építész szakmát összefogó médiafelületen megjelent toborzó és beszámoló a hallgatókat igyekszik bevonni a terepmunkába (NTDK Zádorfalva '18, 2018; Tóth, 2018, 2020a). Népi építészettünk,

ebből fakadó hagyományaink szerepéről a magyar organikus építészek között is található publikált megfogalmazás (Jakab and Márton, 2014, p. 12).



2.22. ábra NTDK „toborzó plakát, 2018” (saját illusztráció)

2.3.7. Visegrádi Építészta

Egy meghirdetett pályázat kapcsán, annak érdekében, hogy „az elemi képességeket megpróbálják kiépíteni” 2-3 hetes tábor hirdettek Visegrádon. Cél volt a természetes anyagból történő építkezés (Gerle and Götz, 2015a, p. 103). Ennek eredményeiről az egykori résztvevők könyvet készítettek (Álmosdi et al., 2002). A Visegrádi Építészta Napjainkban a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Szerves építészet kurzusának keretein belül kerül megrendezésre (Turi, 2014, p. 4). A Tábor 2021-ben ünnepelte fennállásának 40. évfordulóját. Szintén megemlítsre kell, hogy kerüljenek a Nagypám Háza program, a Környezettudatos Építők Szervezete (Körépítők), illetve a Fialat Műemlékvédők Egyesülete (FME) is (Bihari and Krizsán, 2014, pp. 14–15).

2.3.8. Épületszerkezetek

Régi szerkezeteinket bemutató, tematikusan összeállított könyvek (Dr. Palotás, 1965; Mednyánszky, 2017) – különösen a faszerkezetekre koncentrálv (Déry, 2010) kifejezetten nagy segítséget nyújtanak a már meglévő épületszerkezetek megértésében. Meglévő épületek szerkezeteinek megismeréséhez, korhú és helyes helyreállításához nagy segítséget nyújtó kiadványok (Pattantyús-Ábrahám, 2021) érhetőek el. Épületdiagnosztikai eljárások során fontos információkat tartalmazó kiadványok találhatóak meg, melyek közül elérhető olyan is, amely az építésképzés alapvető tananyagai közé tartoznak (Bajza, 2022). A már helységileg-tájegységileg kialakult jellegzetességek megismeréséhez a Településképi Arculati Kézikönyveken (TAK) túl nagy igényességű segédletek érhetőek el (Koleszár and Nagy, 2007). A magyarországi építésképzések épületszerkezettani ismereteket nyújtó (Sobó, 1898) alapvető művei elengedhetetlenek az általános ismeretek megszerzéséhez. Építész tervezők és kivitelezők különböző generációinak korszakonként (Dr. Széll, 1957) adta meg az épületszerkezettani alapismereteket (Dr. Gábor, 1988), napjainkban megjelenő kiadványokkal egyértelemben (Bársony, 2019, 2018a, 2018b, 2018c).

2.3.9. Faszerkezetek

Déry Attila „Öt könyv a régi építészetéről 3. – Faanyagú födéme, tetők, falak” könyve jellemzően az ipari forradalom környéki faszerkezeteket tárgyalja, így találkozhatunk acélkapcsolatos részletképzésekkel is (Déry, 2010). A „Faszerkezetek” címmel készült könyv előszava alapján megismerhetjük, hogy a faanyag ára és kereslet iránta – akárcsak napjainkban

– megnövekedett, akkoriban a II. világháború kapcsán. Ropant igényes ábrákkal illusztrálva megismerhetjük a faanyagot, tulajdonságait az egyes igénybevételeket is A könyv igen figyelemreméltó ács(segéd)szerkezeteket is bemutat, illetve kitér csomóponti szinten is egyes megoldásokra (Hilvert, 1956, p. 403). Ácsszerkezeteket bemutató, tetőszerkesztést oktató és ácskapcsolatokat tételesen bemutató oktatási anyagként is alkalmazható könyv a disszertáció roppant fontos alappilére (Bársony et al., 2019).

Tartószerkezeti méretezés és ellenőrzés során az egyetemi oktatásban is (BME, Ybl) használatos kiadvány fontos tételeket tartalmaz (Armuth and Bodnár, 2018). Az Ybl Miklós Építéstudományi Karhoz kötődően fellelhető kiadvány, mely az építészmérnök és építőmérnökök alapvető tartószerkezeti ismeretét biztosítja egyaránt fontos faszerkezetek kapcsán (Dr. Szabó et al., 2013).

Faszerkezeteket a régi épületek tartószerkezeteinek értelmezésében szintén forrásként elemezhetünk publikációkat (Gilyén, 1991), építészettörténeti megközelítésből értelmezett és rendszerezett tetőszerkezeti példákon át egyaránt (Fátrai, 2008). Az alapvető igénybevételekre (hajlítás, nyírás, húzás-nyomás) igénybevett faszerkezeteket vizsgáló, számításokkal alátámasztott – a kapcsolódó segédeszközöket is bemutató könyv mellett faanyagvédelmi, tartószerkezeti és csomóponti részletekre kitérő könyvek nagy segítséget nyújtanak a mérnöki faszerkezetek tanulmányozása során (Dr. Wittman et al., 2001, 2000).

Faanyagismeretek megszerzéséhez – építészek számára talán könnyebben áttekinthető, az épületszerkezetek értelmezéséhez elegendő – több kiadvány rendelkezésre áll rendelkezésre (Veres, 2019, 2018a, 2018b). Szükséges megemlíteni a szintén alapműnek számító Faanyagismeretek című könyvet is (Dr. Molnár, 2004). Faszerkezeteket, faszerkezeti típusokat, faanyagvédelmi eljárásokat, faanyagot károsító organizmusokat tárgyaló alapmű, mely fontos tudásanyagot tartalmaz a disszertáció elkészítéséhez szintén nagy segítségemre volt (Babos et al., 2003). Faanyagvédelmi szerek áthatóbb megismerését a Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskolájának tankönyve adta (Dr. Király and Dr. Csupor, 2013).

Faipari – anyagközpontú – szakiskolásoknak készült szakkönyv, mely többek között a faanyagok hibáit is ismerteti (Veres, 2018c). Enciklopédia, mely magát a faanyagot (150 példán keresztül) járja körül gazdagon illusztrál fa-specifikus leírással egyes szerkezetek faanyagkiválasztásánál segíthet a döntéshozatalban (Aidan, 2006). 1500 fafaj bemutatását felvállaló kiadvány az organikus építészet formaméretésében, az egyes fajok beazonosításában nagy segítséget nyújtó kiadvány (Owen, 2011).

Faanyagvédelmi ismeretek elsajátításához faanyagvédelmi szakértők és a kapcsolódó szakágak (pl.: faipari mérnök) számára alapműnek számító, roppant igényesen és nagy mélységben taglalt könyv tudásanyaga nélkülözhetetlen (Gyarmati et al., 1975).

2.3.10. Műszaki irányelvek (ÉMSZ, ÉMI)

Tetőszigetelések kérdéskörében rögzítőelemekig történő szűkítésben (Horváth, 2021); zöldtetők tervezésében és kivitelezésében (Horváthné, 2011); alátét héjazatok kérdéskörében (Horváth and Pataky, 2021); földdel érintkező épületszerkezetek vízszigetelése során (Horváth and Pataky, 2022); kifejezetten cserépfedések tervezése, kivitelezése során (Varga, 2022); szálerősítésű cement tetőfedések kérdéskörében (Csott, 2013); bitumenes csapadékvíz-szigetelések szabályaiban (Csobajiné, 2016); csapadékvíz-szigetelések műanyaglemezzel (Csobajiné, 2011); a bádogos munkák során (Dr. Birghoffer, 2013) és a faanyagvédelem esetében (*Faanyagvédelem - Faanyagvédelem a magasépítésben - általános irányelvek*, 2020) irányelveit igyekeztem figyelembe venni.

3. Épületszerkezetek elemzése és azok eredményeinek ismertetése

A magyar organikus építészet és a magyar népi építészet kölcsönhatása alapján érdemes alapvető (hagyományos) szerkezeteinket is megvizsgálni, ugyanis ezek alapjául szolgálnak napjaink korszerű megoldásainak. A magyar organikus építészet primer anyaghasználata a faanyagon alapul (Bonta, 2008, p. 345).

A kutatás az alapvető, elsődleges (fa)szerkezetek betekintésével kezd, mind magyar népi építészetünk, mind magyar organikus építészetünk kapcsán. Elsődleges szerkezeteink (födémszerkezet, falszerkezet) összefoglaló, lehatárolt és célirányos bemutatással kerülnek illusztrálásra annak érdekében, hogy alapvetésükkel kiindulópontként szolgálhassanak a korszerűsítésre/kiegészítésre/módosításra az új eredmények bemutatásának érdekében.

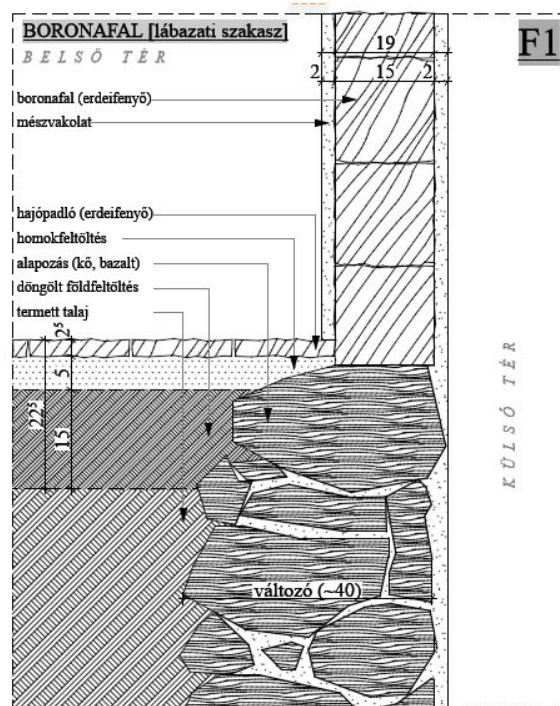
A kutatás célja a már meglévő, létező hagyományos szerkezetek kiegészítése, javítása (elsősorban a falszerkezeteknél), illetve analogikus újra értelmezésével korszerű építőanyagok alkalmazásával annak érdekében, hogy napjaink energetikai követelményeinek is megfelelhessenek (hőátbocsátási határértékek 2022-ben).

A magyar népi építészet (technológiai ismeretei, elérhetősége és gazdaságossága miatt) és magyar organikus építészet (környezettudatos és elvből fakadó nézetei miatt) elsősorban természetes anyaghasználatot alkalmazva igyekszik mellékelni a mesterségesen előállított építőanyagokat (többek között elsősorban műanyag és azok származékai). Ebből kifolyólag a páratechnikai méretezés minden egyes esetben fontos szempont az egyes szerkezetek kialakítása során. Annak érdekében, hogy korszerű páratechnikai réteg (műanyag párazáró-, páraáteresztő-, párafékező fólia) ne kerüljön beépítésre - az alkalmazott építőanyagok páranitottságát szükséges figyelembe venni és arra támaszkodni. Többek között ezért is kerül alkalmazásra páraáteresztő hőszigetelés és vakolat a hőtechnikai kísérletek során. A falazatok nagyobb belső oldali páratelheltsége csökkenthető belső oldali mázas kerámia, vízüveges felületképzés alkalmazásával mely így erős mértékben csökkenti a szerkezetbe jutó nedvesség lehetőségét és koncentrátságát (pl. vizes helyiségekben). Födémszerkezetek impregnált gipszkartonhasználatával nem csupán páratechnikai-, annál is inkább tűztechnikai elvárásokat is képesek kielégíteni. A természetes szellőzés biztosítása (filtrációs-, gravitációs szellőzés és nyílászárók rendszeres használatával (szellőztetés)) minden esetben kulcsfontosságú! Elvében fontos és tudatos épülethasználatot jelent, amennyiben a belső terekben megjelenő (használatból fakadó) pára koncentrációt csökkentjük (pl. fürdőszobák zárt helyiségeinek szellőztetése födémen keresztül hőszigetelés fölé nyúló zárható-nyitható szellőzőcsővel, nyílászárókon elhelyezett páraszellőzők alkalmazásával, konyhák légszivójának kiépítésével. A szerkezeti kialakítás során a hőmérsékletkülönbségből kialakuló harmatpont eltolása, az ebből fakadó vízkicsapódás és ezáltal létrejövő penészgomba-képződés kialakulása kritikus és fontos tényező a hőszigetelési (ezáltal energetikai) igények kielégítésén túlmenően is. Így tehát minden esetben figyelembe kell venni az adott hőmérsékleti értékek és páratartalmi értékek függvényében az alkalmazott (kiegészítő) hőszigetelések páraáteresztési tényezőjét és az azokban jelentkező pára könnyed (szerkezeten a legkisebb ellenállással átjutó) eltávozását a falazatból és hőszigetelésből egyaránt. Az építőanyagok páranitottsága, a természetes és esetlegesen gépi szellőztetéssel segített levegőutánpótlás/légcsere, illetve az alkalmazott hőszigetelő anyagok páraáteresztőképessége alapvető-, és elvi fontosságú az egyes fal-, és födémszerkezetek kialakítása során. *A falazatok csatlakozó padló szerkezettel kerültek feltüntetésre azok komplex kialakításának megadása miatt – az energetikai- és páratechnikai számítások során azonban kizárólagosan a falrétengrend került elemzésre.*

3.1. Magyar népi építészeti falszerkezetek

3.1.1 Boronafal

Erdőkben gazdag területek jellegzetes falépítési módja a bárdolt, esetleg szélezett fagerendák egymásra történő fektetésével kialakított falazatok kialakítása (lásd 3.1. ábra). Dr. Széll szerint a faanyag könnyen alakítható, egyszerű eszközökkel megmunkálható és kellően tartós építőanyag (Dr. Széll, 1957, p. 67). Sabján szerint a boronafalak építésekor a „szálfának” nevezett fagerendákat vízszintesen egymásra fektetik, mely során a legalsó, talpfának kiválasztott faanyag jellemzően tölgy annak kedvezőbb tulajdonságai miatt (ellenállóképesség fakárosítókkal szemben, mechanikai tulajdonságok (szilárdsági értékek)). A korábban említett fában gazdagabb területeken (pl.: Erdély) az egész falszerkezet készülhetett lombos fából, azonban ekkor azokat toldani kellett a falközbenes szakaszokon is. Az ilyen toldási részeken a falazatba függőleges irányú, azaz a vízszintes falgerendázatra merőleges helyzetű oszlopokat helyeztek. Ezen oszlopok vályataiba illesztették az oldalról csatlakozó vízszintes helyzetű fagerendázatok faragott végeit. Ezt az eljárást „zsilipelésnek” nevezzük. Zsilipeléssel készítették el a nyílászárókhoz szükséges falnyílásokat is. A falazatok sarokképzésének kialakítása alapján többféle megoldás született („fecskefarkas kötés”, „keresztfejes borona” stb.) (Sabján and Buzás, 2003, p. 14). A falazatok alapozásául nagyobb köveket alakítottak ki (lásd 3.1. ábra).



Anyagjelölés



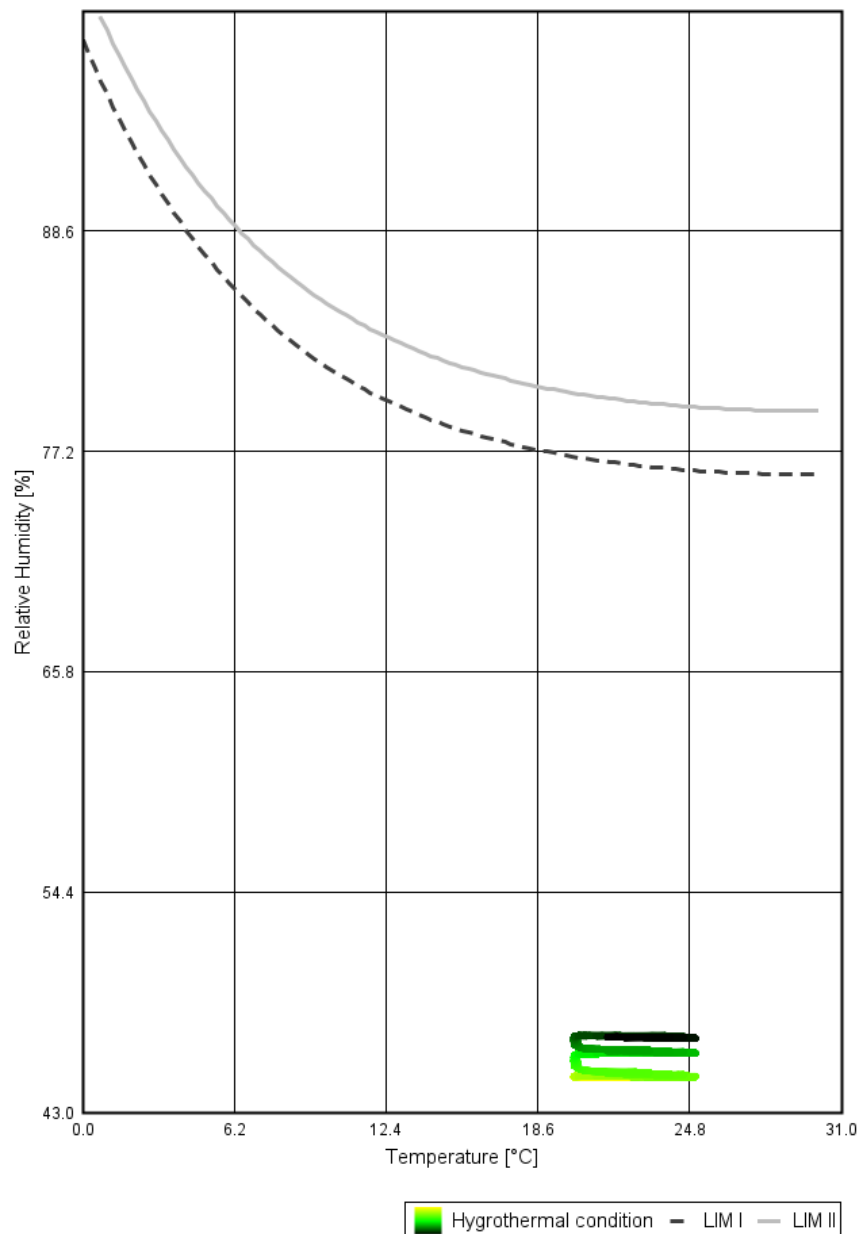
készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.1. ábra Boronafal (F1) metszete (saját ábra)

Páraszimuláció értelmezése („F1” nem módosított szerkezet)

A szimulációk 3 éves időtartamban kerültek lefuttatásra (2018.10.01-2021.09.30). Az építés ideje őszi időszak, 45%-os relatív páratartalommal az egyes építőanyagok esetében, 20 °C-os hőmérsékleten. A faanyag víztartalma 28,80 kg/m³, a mészvakolat víztartalma 18 kg/m³ a beépítés során. A vakolatok vizsgált területe a külső síktól (külső vakolat) a szerkezet felé 0,5 cm mélységben (vk), belső oldali vakolat esetén (vb) szintén 0,5 cm mélységben a belső síktól (helyiségtől a falazat felé). A falazat középpontjában mért értékek a teljes falszélesség felénél, azaz a falszerkezetben kerültek megvizsgálásra. A külső hőátadási együttható értéke 17,0 W/m²K, a rövid hullámhosszú sugárzási abszorpciós tényező 0,2, a hosszú hullámhosszú sugárzási emissziós tényező 0,9, a belső hőátadási együttható 8,0 W/m²K (lásd 3.2 ábra).

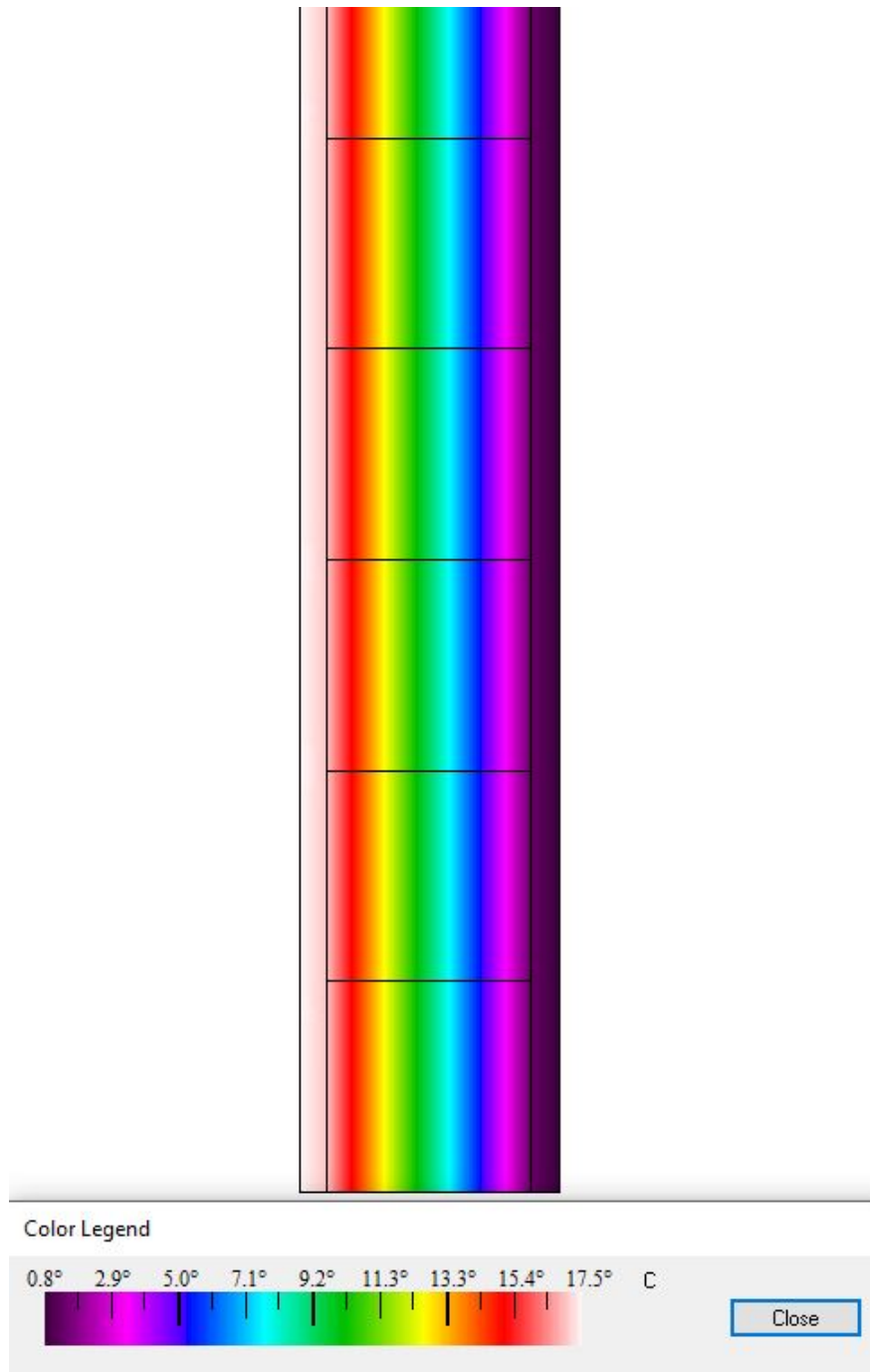
Isopleths



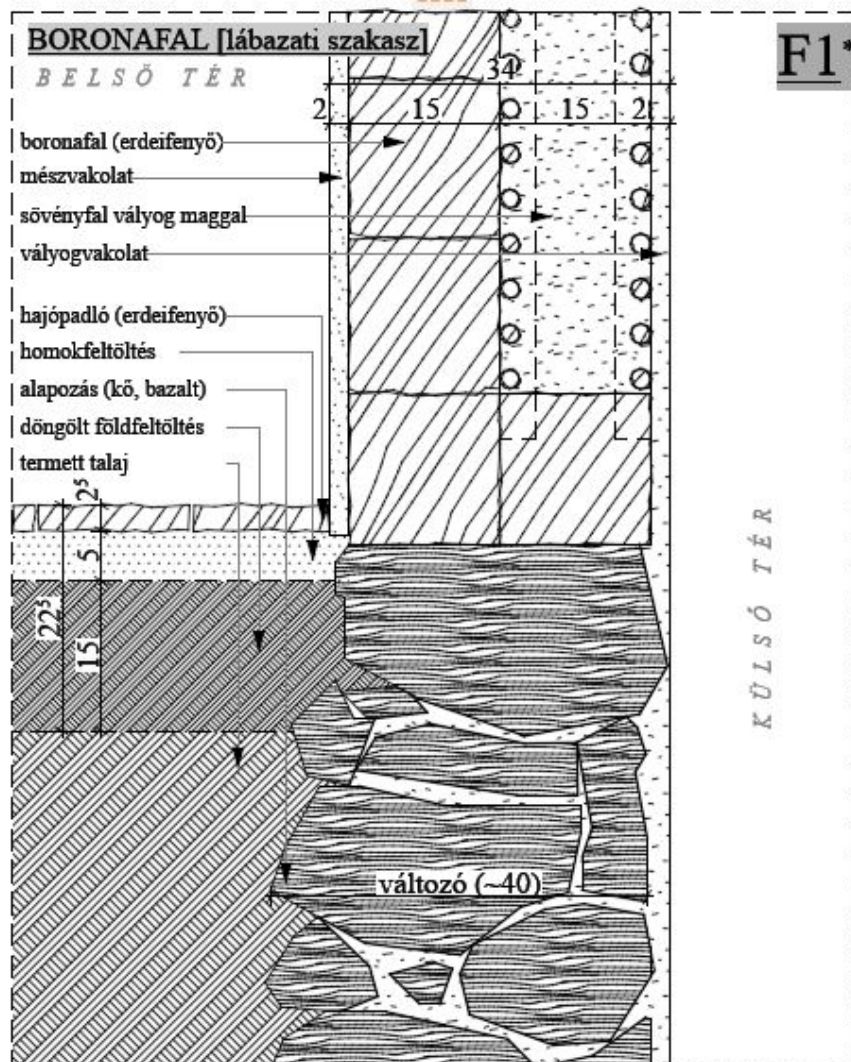
3.2. ábra Boronafal (F1) elemzése szintvonalas ábrán (hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében (saját ábra))

A szimuláció értelmezése („F1” nem módosított szerkezet | $U=0,9429 \text{ W/m}^2\text{K}$)

A termografikus ábra jól szemlélteti a faszervezet keresztmetszeti értelmezésében a hőeloszlás mértékét és helyét (lásd 3.2 ábra). A külső vakolat (sötét lilával jelölve) teljes keresztmetszetében konstans hőmérsékleti értéket mutat – ezen érték nagyságrendileg $+1^\circ\text{C}$ -ot jelent. Ebből fakadóan kifejezett figyelmet érdemes fordítani a vakolatképzés során bevitt vízmennyiség nagyságára és kivitelezésének idejére tekintettel annak könnyű kifagyására. A hőmérsékleti eloszlás alapján célszerű kiegészítő hőszigetelés alkalmazása a teljes tartószerkezeti fal faanyagának áthülése miatt.

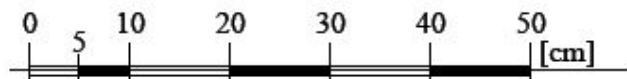


3.3. ábra Boronafal (F1) termografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagypot		mészvakolat		vertfal

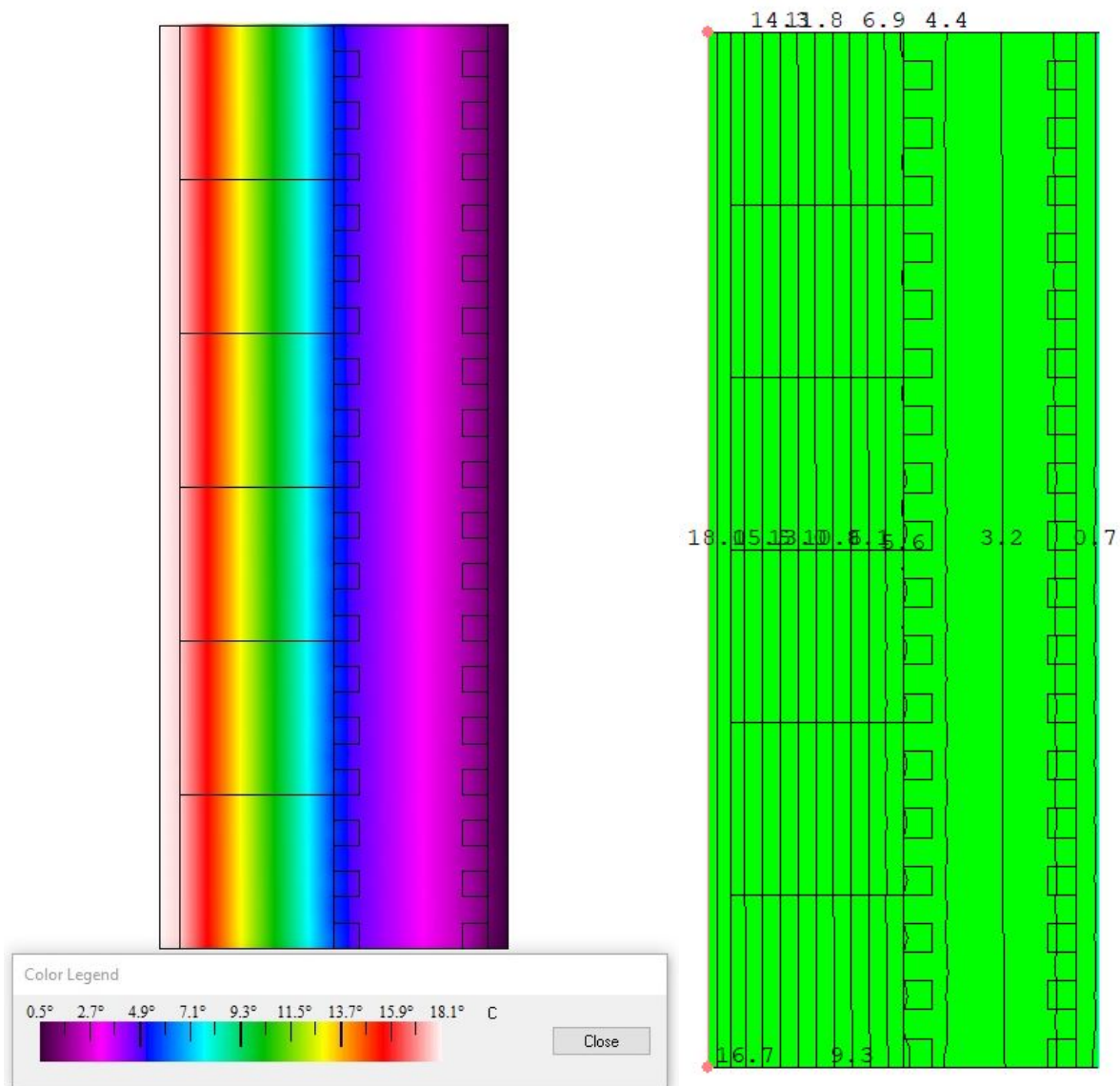


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.4. ábra Módosított boronafal (F1*) metszete (saját ábra)

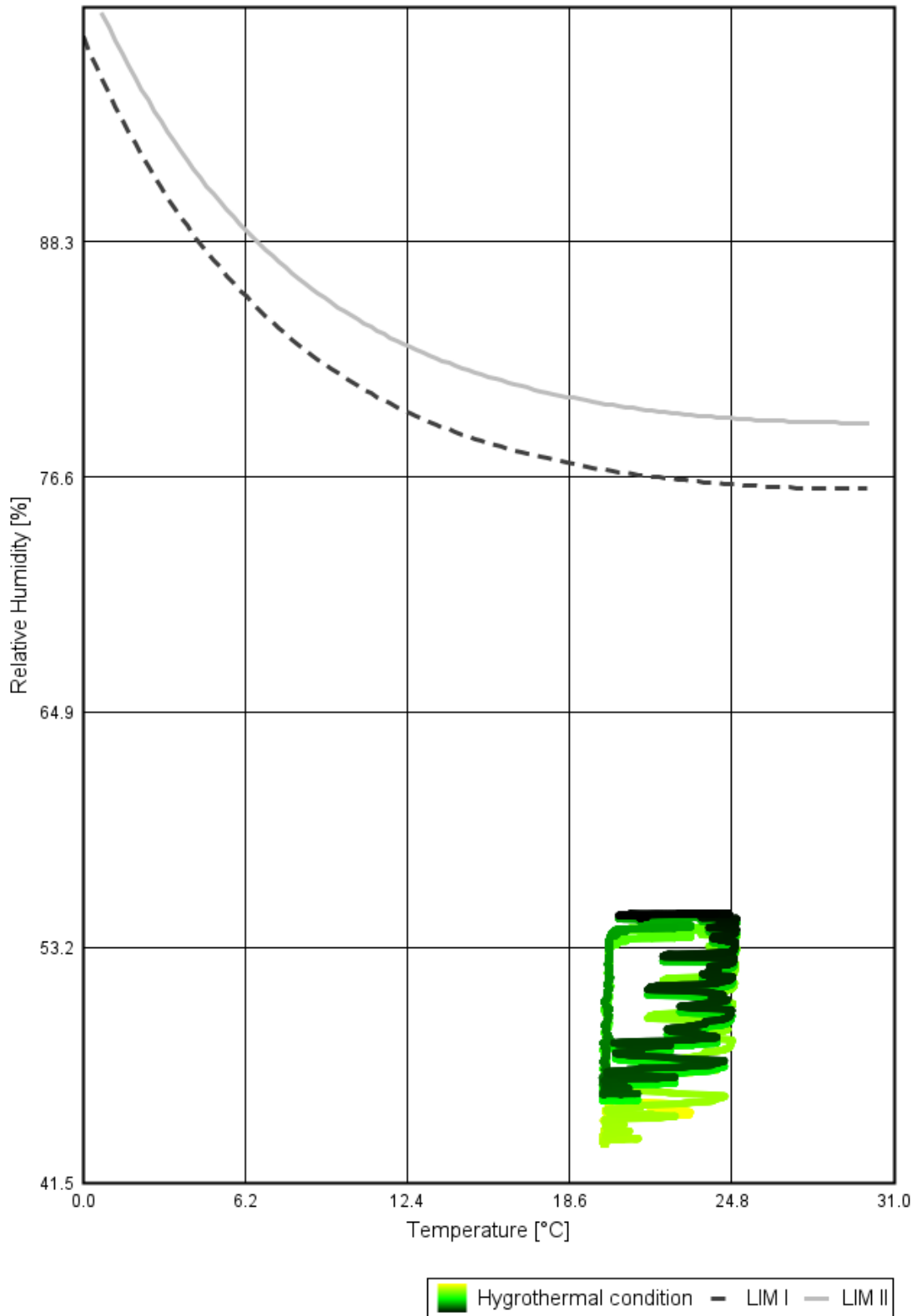
A szimuláció értelmezése („F1*” módosított szerkezet | $U=0,7241 \text{ W/m}^2\text{K}$)

A szimulációk 3 éves időtartamban kerültek lefuttatásra (2018.10.01-2021.09.30). Az építés ideje őszi időszak, 45%-os relatív páratartalommal az egyes építőanyagok esetében, $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérsékleten. A faanyag víztartalma $28,80 \text{ kg/m}^3$, a mészvakolat víztartalma 18 kg/m^3 a beépítés során. A vályogos falszakasz $85,90 \text{ kg/m}^3$ -es víztartalommal került szimulálásra. A vakolatok vizsgált területe a külső síktól (külső vakolat) a szerkezet felé $0,5 \text{ cm}$ mélységben (vk), belső oldali vakolat esetén (vb) szintén $0,5 \text{ cm}$ mélységben a belső síktól (helyiségtől a falazat felé). A falazat középpontjában mért értékek a teljes falszélesség felénél, azaz a falszerkezetben kerültek megvizsgálásra – különböző anyagok esetén azok saját középpontjában. A külső hőátadási együttható értéke $17,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, a rövid hullámhosszú sugárzási abszorpciós tényező $0,2$, a hosszú hullámhosszú sugárzási emissziós tényező $0,9$, a belső hőátadási együttható $8,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. A vályogfal magrészt 1361 kg/m^3 -es testsűrűségű, $0,476 \text{ m}^3/\text{m}^3$ porozitású $0,350 \text{ W/mK}$ hővezetési tényezőjű és 850 J/kgK hőtároló kapacitású anyagszimulációval lett figyelembevéve (lásd 3.5.ábra, 3.6. ábra).



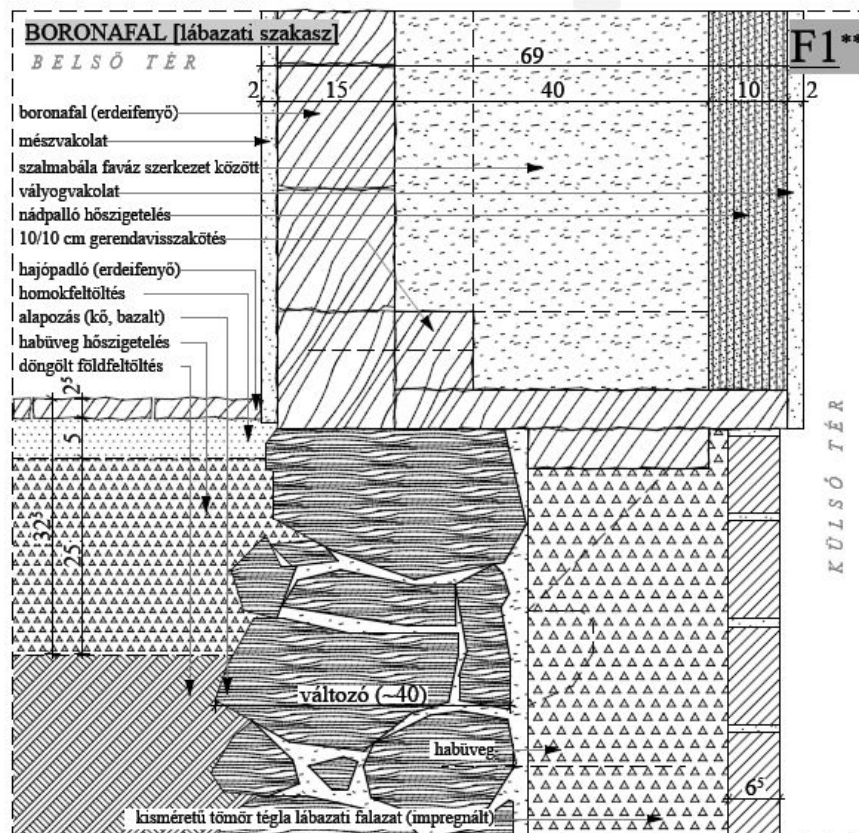
3.5. ábra Módosított boronafal (F1*) elemzése thermografikus ábrán (saját ábra)

Isopleths



3.6. ábra *Módosított boronafal (F1*) elemzése szintvonalas ábrán (hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében (saját ábra)*

A szalmabála hőszigetelés faváz-szerkezet között kerül elkészítésre (Baker-Laporte and Laporte, 2015, p. 179). A kialakítás egyik előnye, hogy a boronafalazat gerendáira merőleges irányban elhelyezett alsó palló sor képes hasznosítani a kisméretű (hulladékként jelentkező) pallóelemeket (lásd 3.7. ábra). A vizsgált megoldásban az alsó tartópallózat 5/15 cm keresztmetszetű, 40 cm hosszúságú egymás mellé sorolt elemekből áll. A lebillenés ellen a boronafalazat legalsó, indító gerendájához rögzített pallózat nem képes lefordulni a meglévő kő lábazati falról a külön alkalmazott 10/10 cm keresztmetszetű segédgerendának köszönhetően – mely fém rögzítőelemmel külön rögzítésre kerül (lásd ábrán). Az indító szalmabála hőszigetelést tartó pallósort tovább erősíti a meglévő kőfalazatban szakaszosan kiépített, a falazat külső síkjából konzolosan kinyúló kőelemek is (ezekre visszaterhelő 45°-ban teherátadó fakönyökök segítségével). Ebben az esetben (könyökkel történő alátámasztás) külön pallózat kialakítása szükséges.



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 fagypot	 mészvakolat	 vertfal

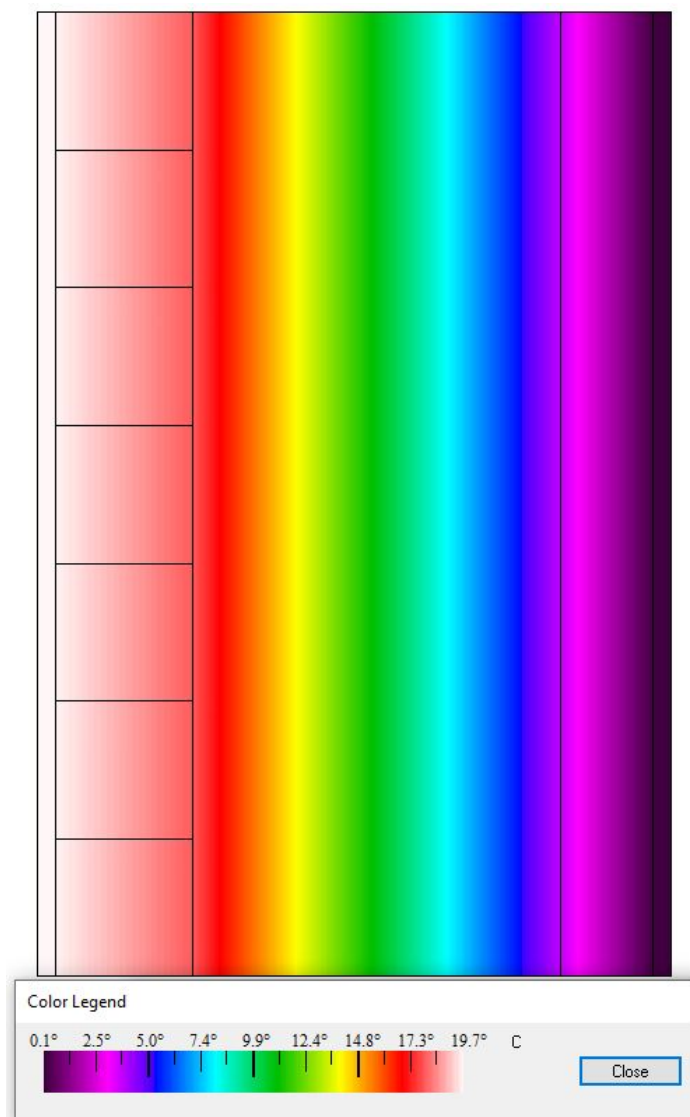


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.7. ábra Módosított boronafal (F1**) metszete (saját ábra)

A szimuláció értelmezése („F1**” módosított szerkezet | $U=0,1062 \text{ W/m}^2$)

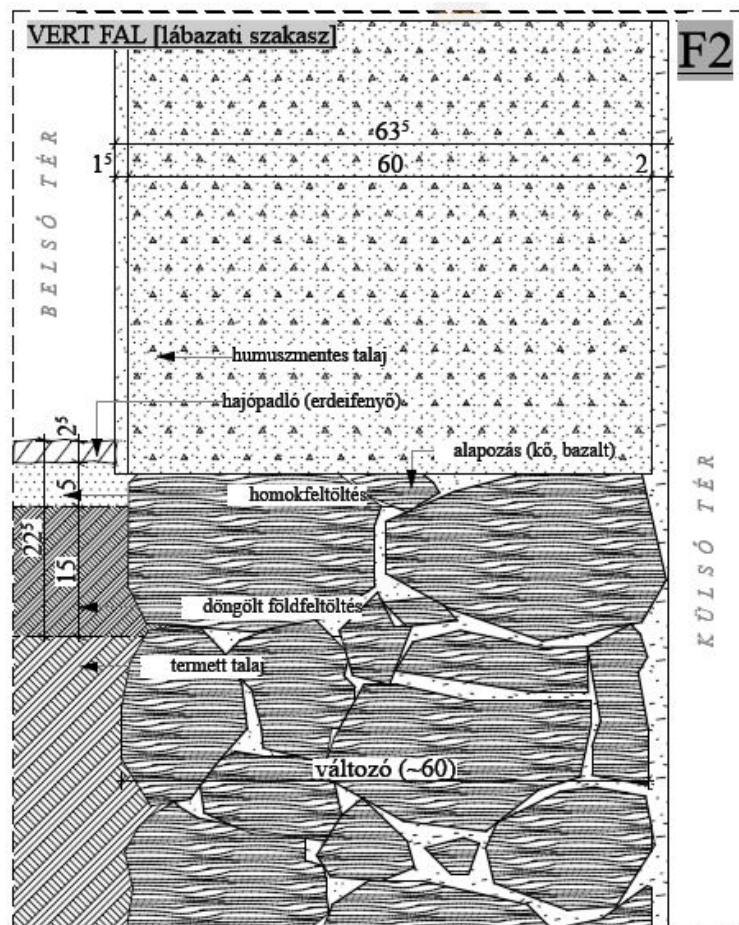
A vizsgálat során az alapvető tartószerkezet (boronafal) hőszigeteléssel történő kiegészítése volt elsődleges és alapvető cél. A hőszigetelés anyaga az építési anyaghasználatból fakadóan szerves építőanyag, szalmabála (40 cm vastagságban) és nádlemez tábla (10 cm vastagságban). A számított hőátbocsátási érték alapján elmondható, hogy több mint kétszer kedvezőbb értékű rétegrendi kialakításra került sor napjaink minimális megszabott értékéhez képest ($U_{\max}= 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$). A thermografikus ábráról leolvasható, hogy a külső hőmérséklet ($0 \text{ }^\circ\text{C}$) hatására a nádlemez hőszigetelésben kb. $4 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal nagyobb különbség tapasztalható annak külső és belső felülete között. A szalmabála külső-, és belső oldala között mérhető hőmérsékletkülönbség értéke kb. $13 \text{ }^\circ\text{C}$. Ezek alapján elmondható, hogy a kiegészítő hőszigetelések (szalmabála, nádlemez) kialakításából fakadóan az eredeti falszerkezet (boronafal) mindösszesen $3 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleti különbség tapasztalható annak külső-, és belső oldalának viszonylatában (lásd 3.8. ábra).



3.8. ábra *Módosított boronafal (F1**) thermografikus elemzése (saját ábra)*

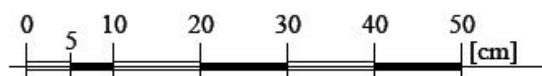
3.1.2 Vert fal

Dr. Szűcs (2008, pp. 99–100) szerint a vertfal előnye, hogy földnedves tulajdonságú anyag felhasználásával készítik, természetes nedvességtartalmából adódóan kevesebb nedvesség kerül a szerkezetbe építés során. A kevesebb nedvesség gyorsabb kiszáradási időt eredményez, ezáltal gyorsabban terhelhető a szerkezet (lásd 3.9. ábra). Építése során döngöléssel tömörítik – falazati szilárdsága tekintve a többi földfal típust jóval magasabb. Tömör szerkezete miatt hőszigetelési értéke jóval alacsonyabb tekintettel alacsony rosttartalmára. Növény rost adalékanyaggal növelhető a szerkezet hőszigetelési tulajdonsága, amíg ásványi adalékokkal a falszerkezet szilárdsága javítható). Sabján szerint a Dunántúlon 60-80 cm széles falak is készültek (2003, p. 79).



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 fagyapot	 mészvakolat	 vertfal

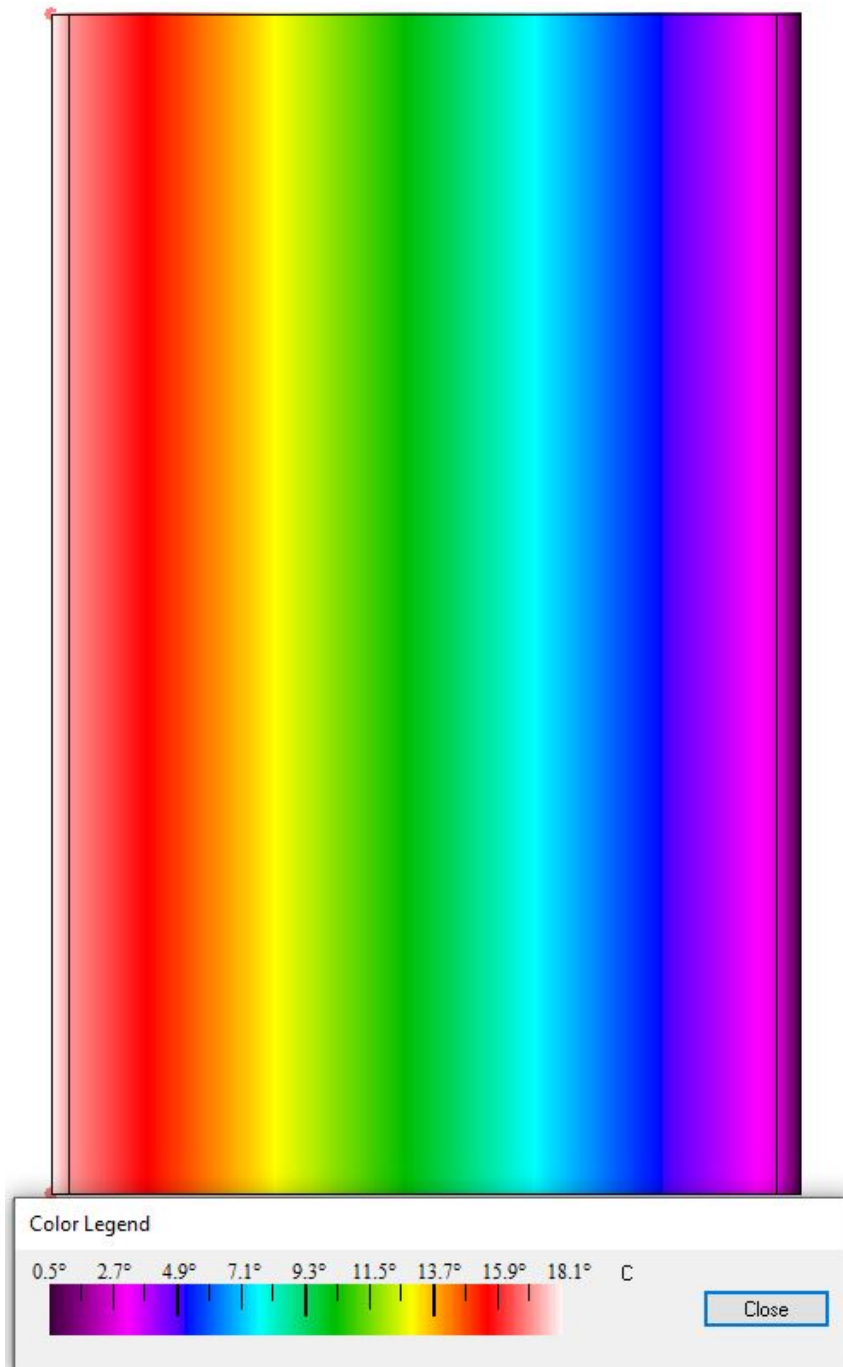


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

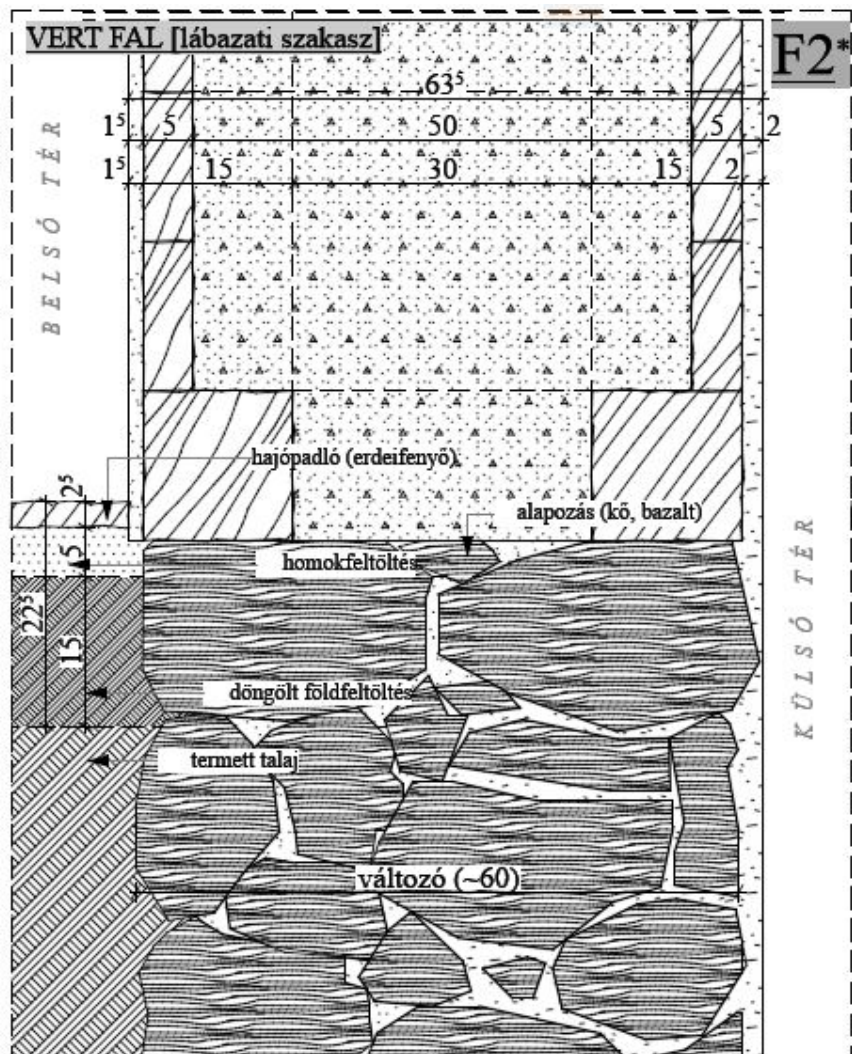
3.9. ábra Vertfal (F2) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F2” nem módosított szerkezet) értelmezése | $U=1,8551 \text{ W/m}^2\text{K}$

A vert fal külső oldalától számított kb. 10 cm-es vastagságában erősen fagyveszélyes zónával rendelkezik a thermografikus ábra alapján (lásd 3.10. ábra). Emiatt kifejezett figyelmet szükséges arra fordítani, hogy ez a zóna (lila színnel jelölve) a tartószerkezeti keresztmetszetből „eltolódjon”, azaz máshol alakulhasson ki. A falazat külső síkjában megjelenő nedvesség megfagyása esetén ugyanis falkárosodás jöhet létre ezáltal keresztmetszeti gyengülést – szélsőséges esetben állékonyságvesztést okozva. Kiegészítő hőszigetelés alkalmazása tehát nem csupán épületenergetikai igényt elégítenie ki.



3.10. ábra Vertfal (F2) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 fagyapot	 mészvakolat	 vertfal

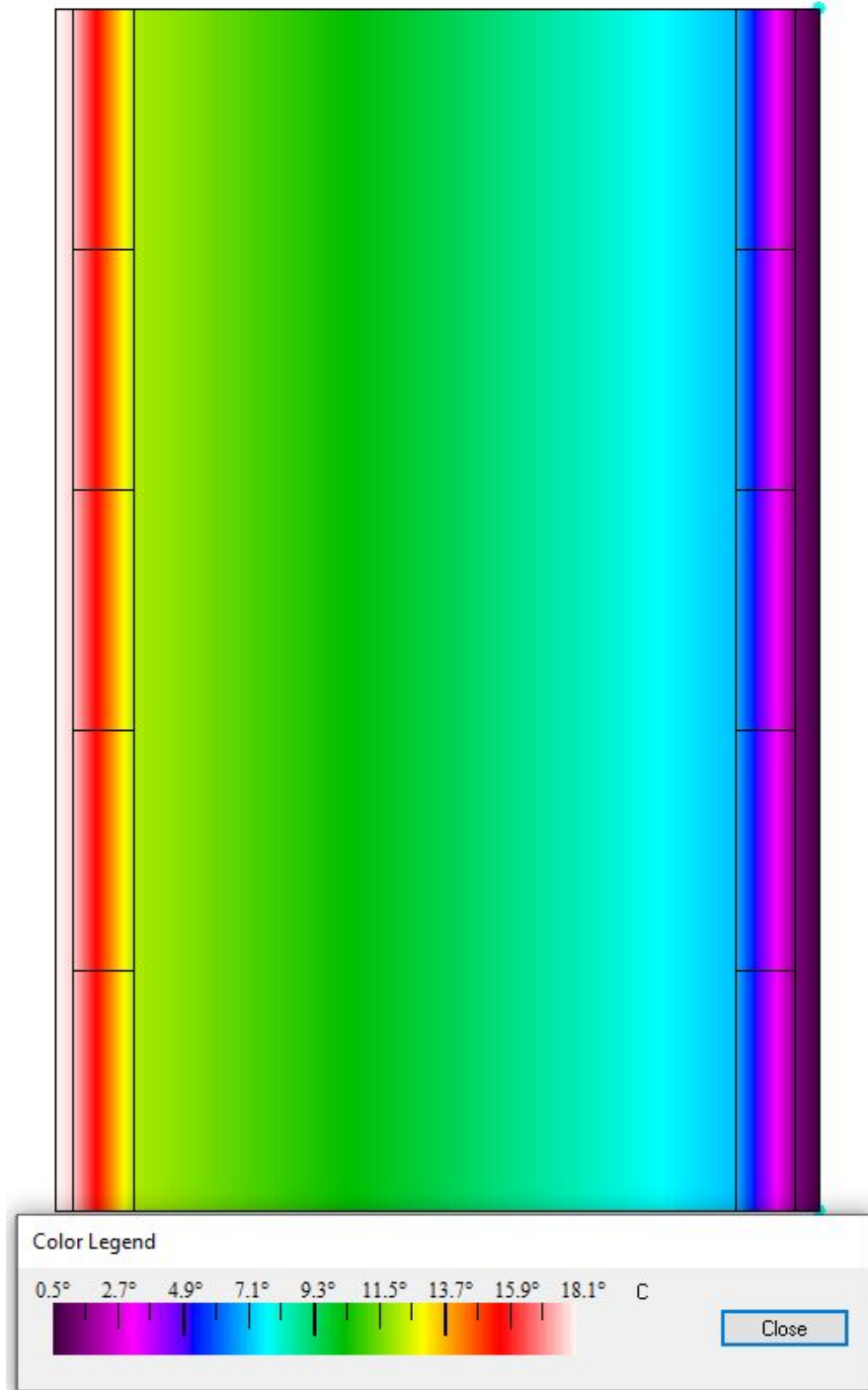


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.11. ábra Módosított vertfal (F2*) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F2*” módosított szerkezet) értelmezése | $U=0,9573 \text{ W/m}^2\text{K}$

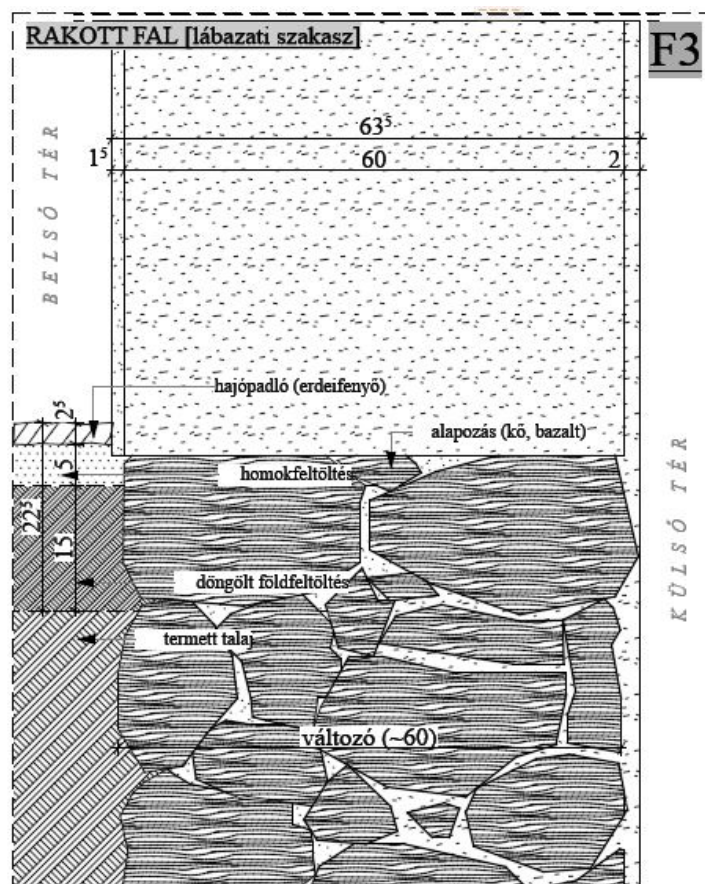
A termografikus ábra elemzése során vizuálisan jól érzékelhető, hogy a belső oldali fa pallózat jelentős mértékben csökkenti az általános (vertfali) falkeresztmetszetben kialakuló melegebb hőmérséklet kialakulását (kb. $8 \text{ }^\circ\text{C}$) ezáltal kedvezőbb épületenergetikai kialakítást kínálva. A kialakításnak köszönhetően megközelítőleg kétszer kedvezőbb kialakítás alakult ki hőátbocsátási értékek tekintetében – melyben természetesen a külső oldali pallózat is jelentős szerepet játszik (lásd 3.12. ábra). A kiegészítő pallózat további előnye annak kivitelezésbeli könnyítését is erősen szolgálja mint megmaradó zsaluzat.



3.12. ábra Módosított vertfal (F2*) termografikus elemzése (saját ábra)

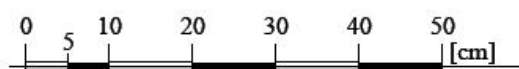
3.1.3 Rakott fal

A néprajzi szakirodalomban „favázás sárfalnak” nevezett falszerkezet sárgombócokból „csömpölyegekből” építették úgy, hogy a faváz a falszerkezet közepén helyezkedjen el (Sabján and Buzás, 2003, p. 64). Előnye, hogy az egyrétegű sárfal kifejezetten nagy szalma tartalommal rendelkezik, ezáltal hőszigetelő tulajdonsága kedvezőbb (lásd 3.13. ábra). Repedésképződése kicsi, zsaluzatot nem igényel. Építési ideje hosszabb, száradási zsugorodása nagyobb mértékű. Karókkal növelhető a falazat szilárdsága (Dr.Szűcs, 2008, p. 83). A fagyásos sérülésből adódó szerkezeti károsodás állékonyági problémákat is okozhat, ezáltal kifejezett figyelmet kell fordítani ezen részek nedvesség-, és hővédelmére (Dr.Szűcs, 2008, p. 75). A földből és sárból kialakított falak helyreállításához bármilyen kövér, agyagos földet fel lehet használni ezzel könnyítve annak felújíthatóságát (Sobó, 1898, p. 159).



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

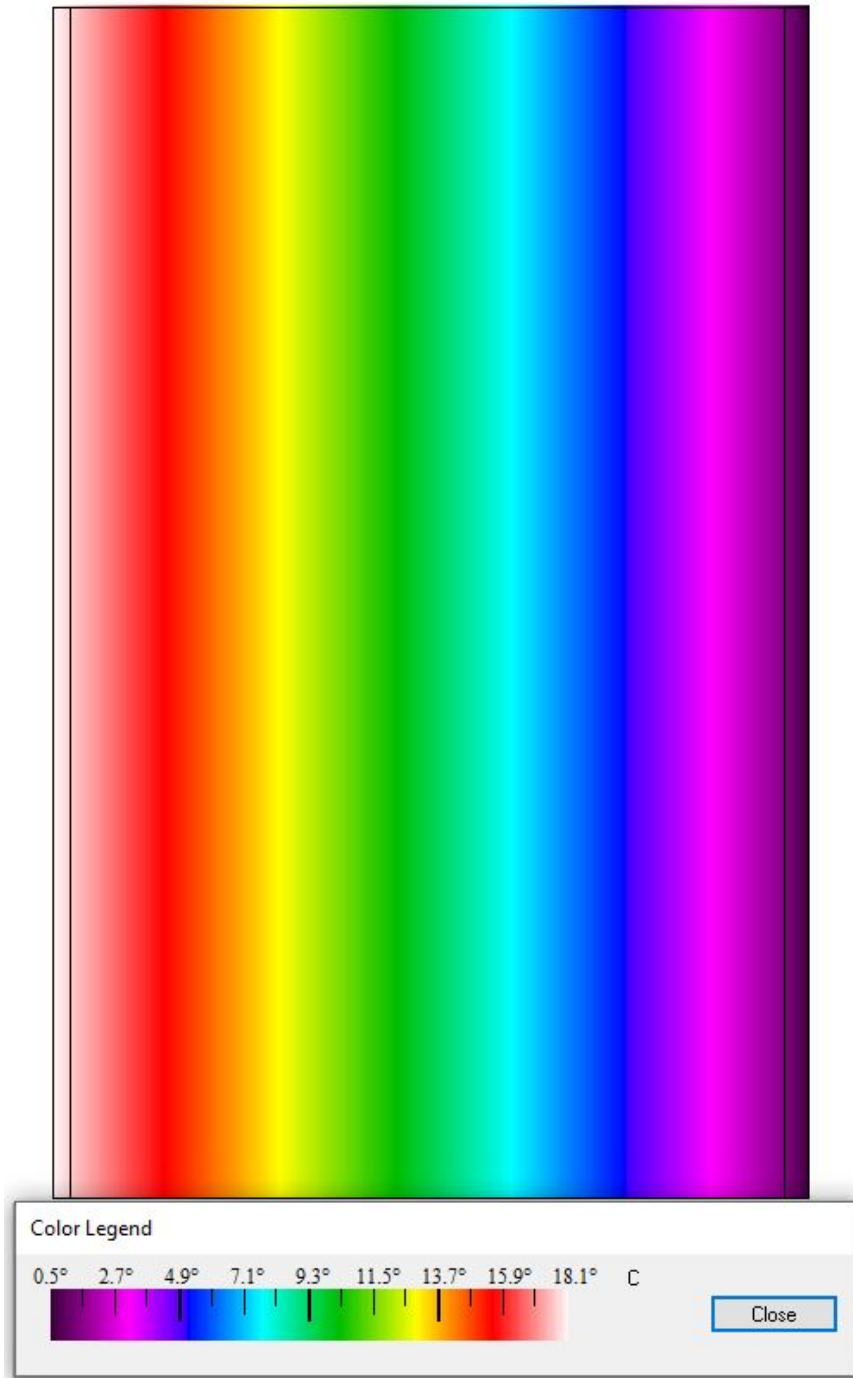


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

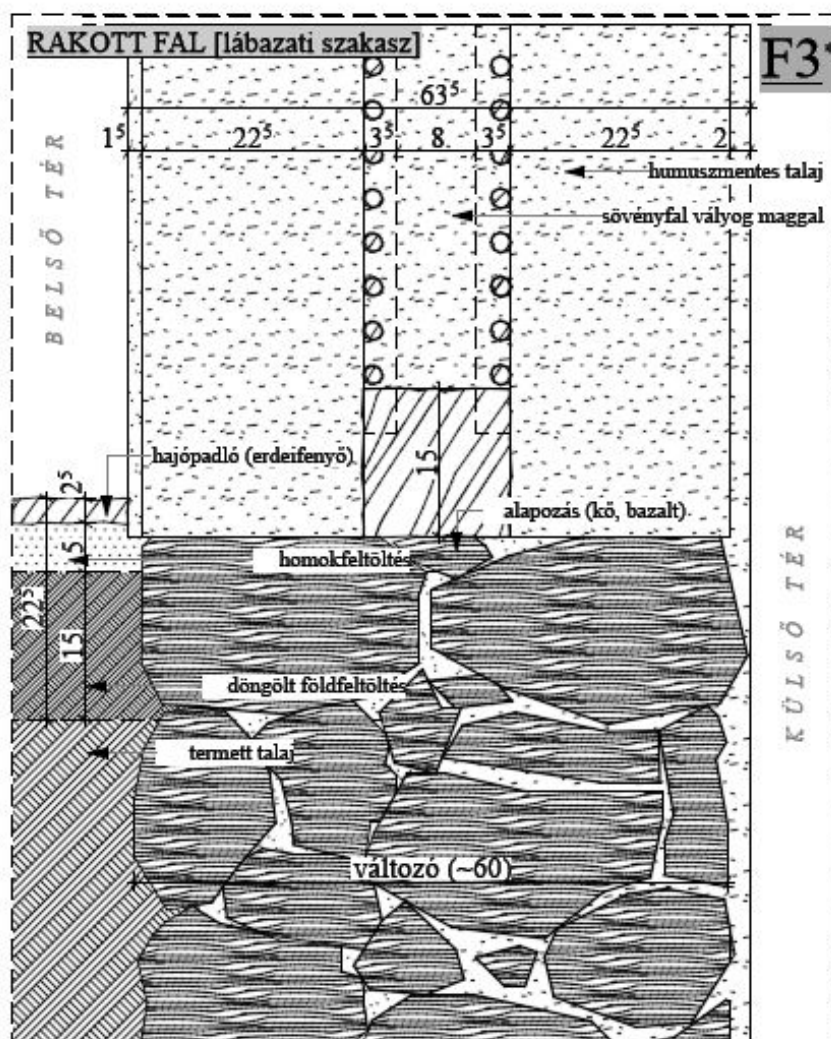
3.13. ábra Rakott fal (F3) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F3” nem módosított szerkezet) értelmezése | $U=1,0110 \text{ W/m}^2\text{K}$

A teljes falkeresztmetszeten lezajló hőátbocsátás különböző hőmérséklettartományai jól elkülöníthetők a szimulációs ábrán (lásd 3.14. ábra). A vertfalhoz hasonlóan (lásd 3.10. ábra) szintén könnyek átfagyó külső zónát lehet detektálni a falazat külső síkjától kb. 10 cm-es vastagságban. A rakott fal hőszigetelése tehát jelen esetben is tartószerkezeti állapotmegóvási igény is, nem csupán épületenergetikai.

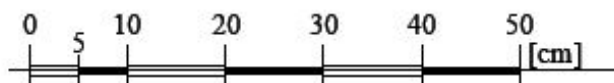


3.14. ábra Rakott fal (F3) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

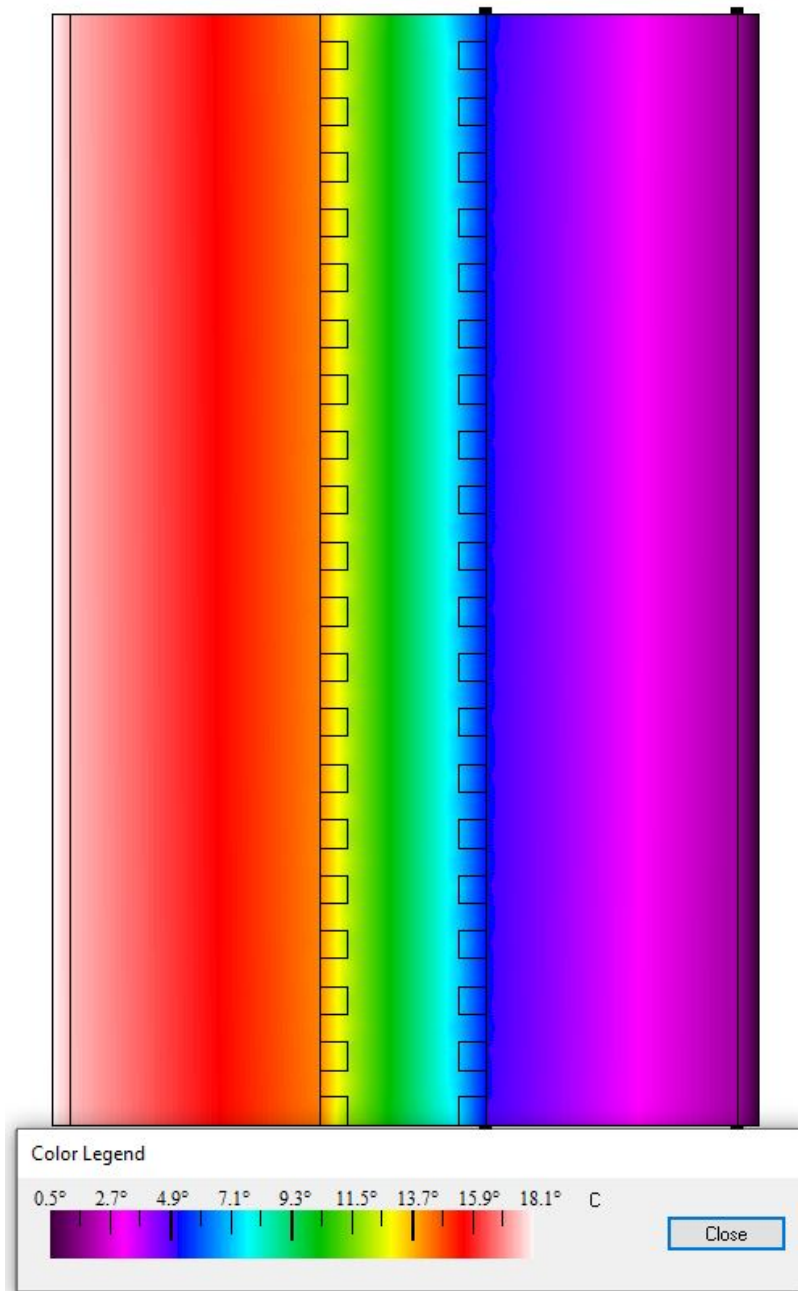


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.15. ábra Módosított rakott fal (F3*) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F3*” módosított szerkezet) értelmezése | $U=1,2963 \text{ W/m}^2\text{K}$

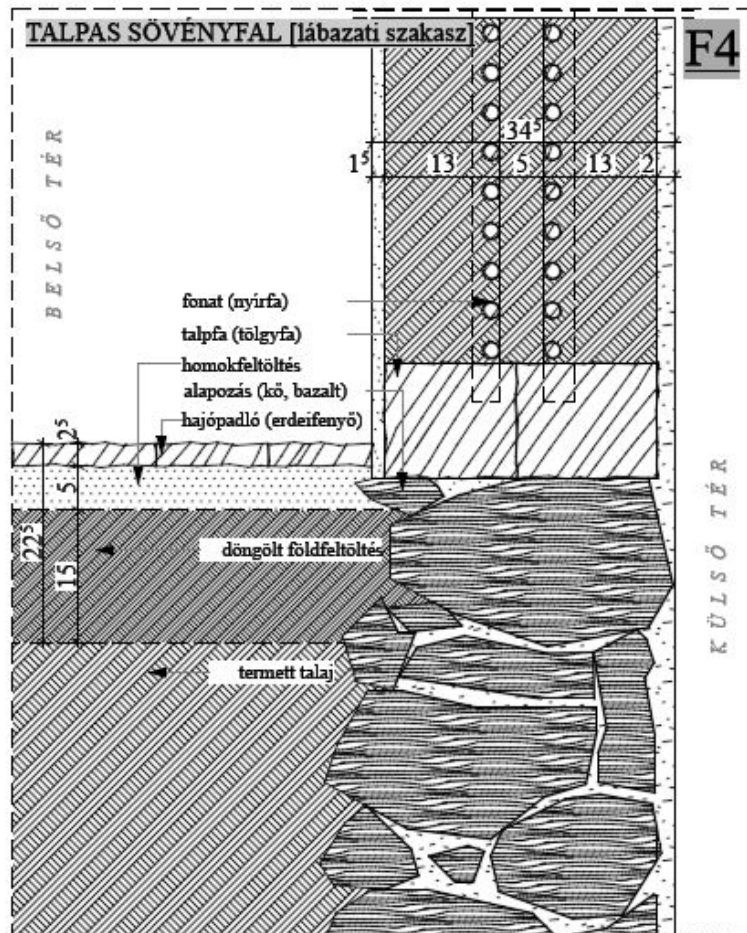
Az alapvető szerkezeti kialakításhoz képest (lásd 3.13. ábra) lényegi különbség, hogy kombinált módon lokális, mezőközépleben kialakított sövényfal került szimulálásra. Ennek célja az eredeti szerkezet (lásd 3.14. ábra) kiegészítése annak érdekében, hogy rakott fal (általános) hőátbocsátási értéke javítható legyen *építéskorabeli falszerkezeti kialakítással*. A kapott értékek alapján elmondható ($U=1,2963 \text{ W/m}^2\text{K}$), hogy a rétegrendi felépítés azon túl, hogy kivitelezés-technológiailag bonyolultabbá teszi a kialakítást – épületenergetikailag még kedvezőtlenebbé is teszi azt az eredeti megoldáshoz képest ($U=0,9573 \text{ W/m}^2\text{K}$).



3.16. ábra Módosított rakott fal (F3*) thermografikus elemzése (saját ábra)

3.1.4 Sövényfal

„Paticsfal”-ként is ismert falszerkezet megvalósulhat talpas-, karóvázás sövényfalként függőleges fonással, illetve vízszintes fonással is (lásd 3.17. ábra). Sabján szerint a legrégebbi és leggyakoribb vázkitöltő szerkezet a magyar népi építészetben (2003, p. 39). A vázerősítés nélküli kivitel állékonyságában nem kielégítő, ezáltal inkább alárendeltebb funkciót láttak csak el (kerítés, ól stb.). A karók közé favesszőket helyeztek, két oldalról sárral, majd pedig tapasztással látták el. Előnye, hogy favázás tartószerkezeti rendszerben alkalmazva kielégítheti a tartószerkezeti elvárásokat – hátránya éppen ebből fakad: méretezett fa tartószerkezetre van szükség.



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

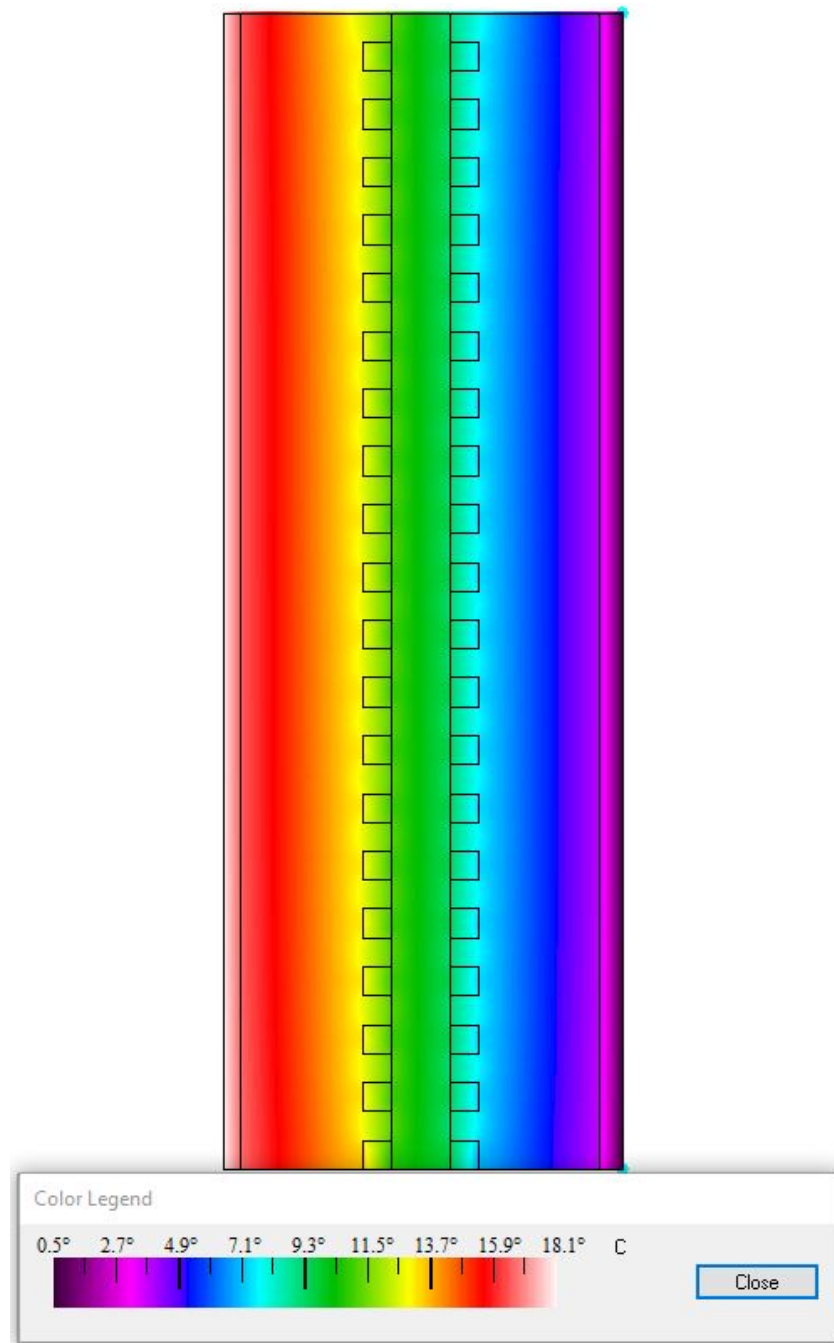


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

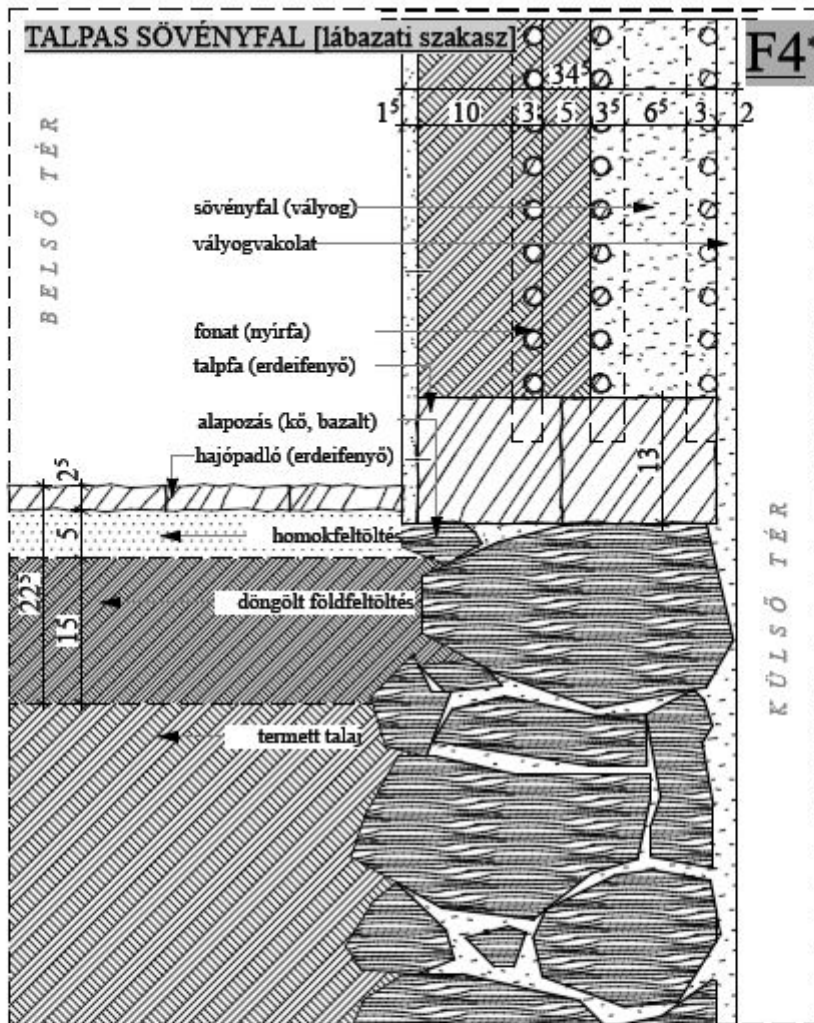
3.17. ábra Sövényfal (F4) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F4” nem módosított szerkezet) értelmezése | $U=2,3722 \text{ W/m}^2\text{K}$

Célszerű a minél sűrűbb szövésű faanyagú falon alkalmazása ellenben a nagyobb átmérőjű, ritkább kialakítású fonattal tekintettel a fa kedvezőbb hővezetési tulajdonságára (a talajjal szemben). Érdekes megoldásokat hozhat a fa-fonat között, illetve a falsík külsejéhez (teljes vastagság (34,5 cm) külső 1/3-a, kb.: 15 cm) közelebb található földanyagú tapasztás ($\lambda= 1,50 \text{ W/mK}$) javítása szalmatörökkel, esetleges leváltása jobb hőszigetelő anyag alkalmazásával (pl.: könnyűvályog ($\lambda= 0,17 \text{ W/mK}$) ezzel eltolva a fagyveszélyes területet a szerkezeti középpontból. A sövényfal kialakításánál igen kedvező és fontos lehetőség, amennyiben a faipari-, és erdőgazdálkodási termelésben jelentkező mellékterméket, hulladékot (gallyak, vesszők, ágak stb.) invazív fafajoknál is alkalmazzuk (Korda, 2019).

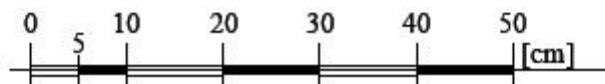


3.18. ábra Sövényfal (F4) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

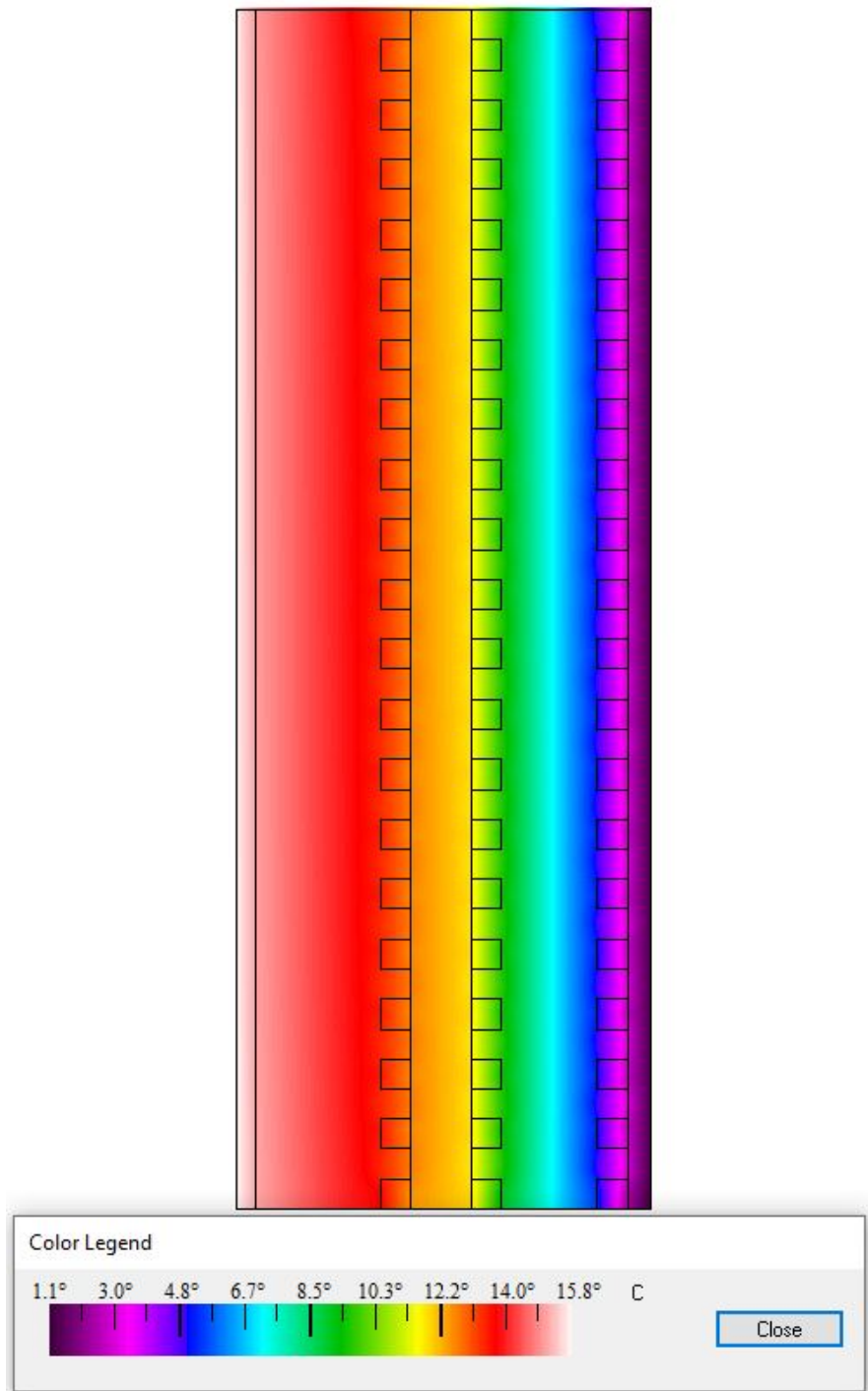


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

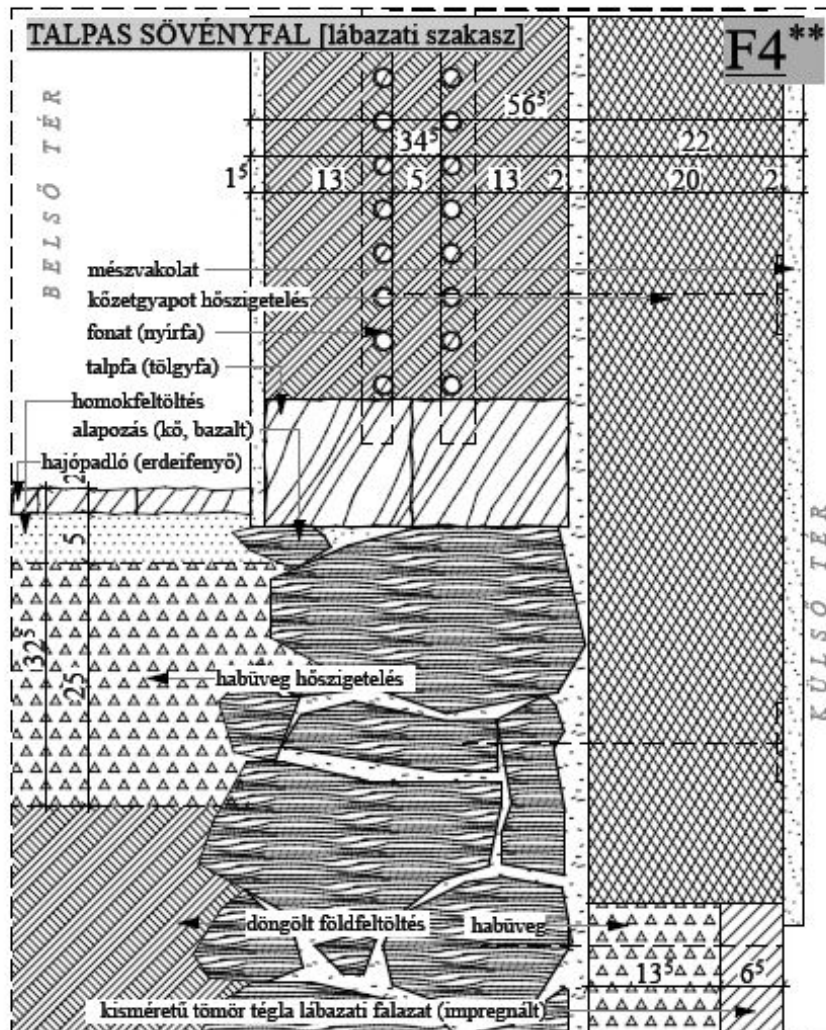
3.19. ábra Módosított sövényfal (F4*) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F4*” módosított szerkezet) értelmezése | $U=1,6222 \text{ W/m}^2\text{K}$

Az F4* módosított szerkezet lényege, hogy a sövényfal egyik szakasza (külső oldali része) jobb hőszigetelő tulajdonságokkal rendelkező, *építéskorabeli anyaggal* módosuljon – vályoggal. A vályog hővezetési tényezője $0,42 \text{ W/mK}$, amíg a talaj hővezetési tényezője $1,50 \text{ W/mK}$. A vályog sűrűsége 1500 kg/m^3 , a talaj sűrűsége 2300 kg/m^3 – az anyagrészecskék közötti hővándorlás tehát nehezebben zajlik le a vályog esetében. A korábbi falszerkezeteknél tapasztalható fagyveszélyes terület a külső homlokzati síkon a módosított szerkezet esetén is feltűnő (lásd 3.20. ábra).



3.20. ábra Módosított sövényfal (F4*) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	mészvakolat		kő (bazalt)		vertfal

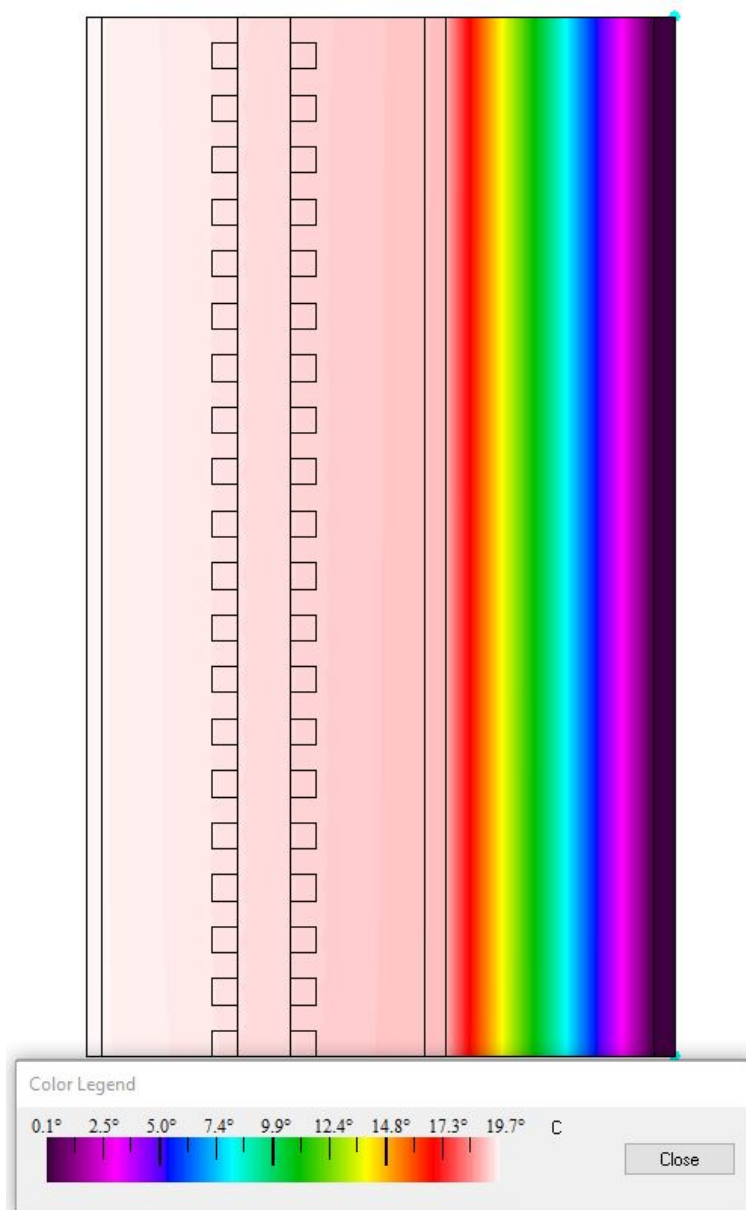


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.21. ábra Módosított sövényfal (F4**) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F4**” módosított szerkezet) értelmezése | $U=0,1541 \text{ W/m}^2\text{K}$

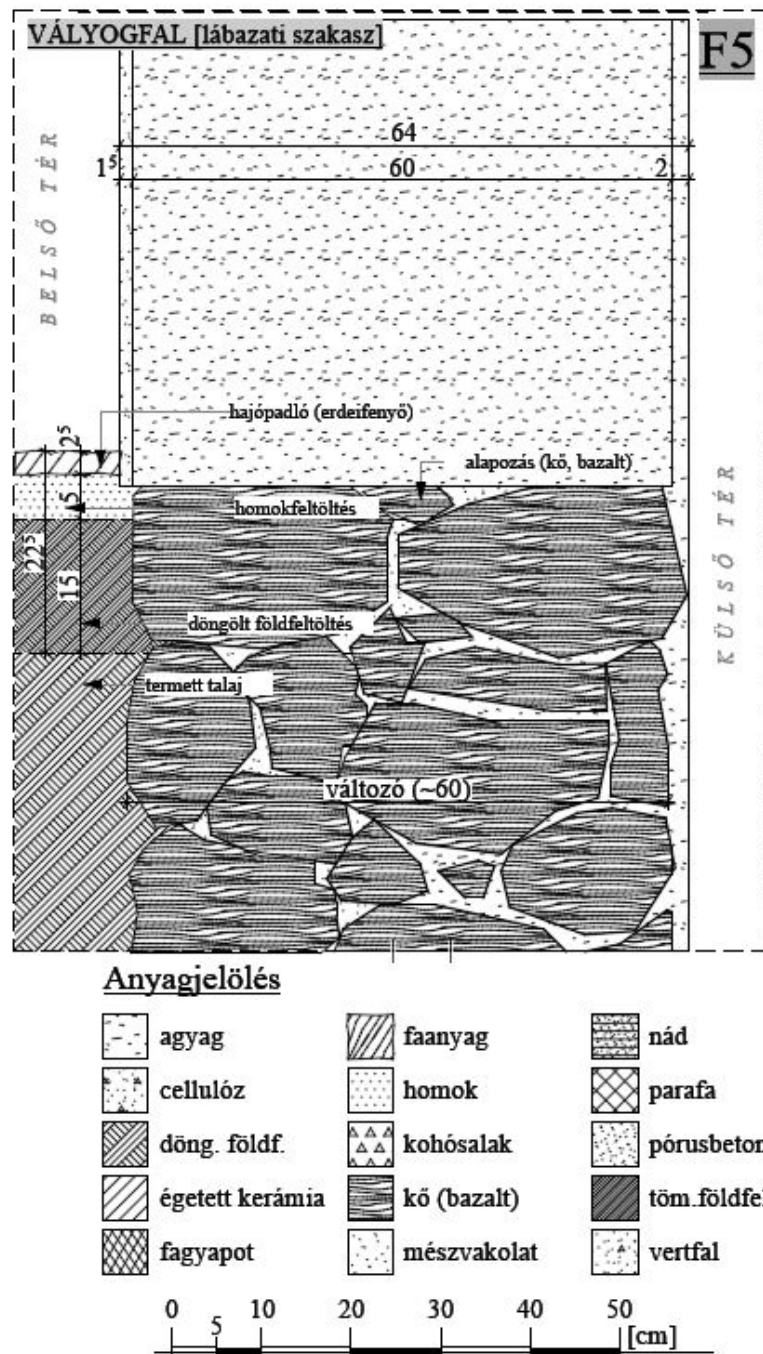
A javított falszerkezeten alkalmazott 20 cm vastagságú kőzetgyapot hőszigetelés az előzetes elvárásokhoz mérten jelentős mértékben javítja a falazat hőszigetelő képességét (lásd 3.22. ábra). Ilyen mértékű hőszigetelés napjaink vasbeton szerkezeteit is alkalmassá teheti korunk energetikai követelményeinek kielégítésre. A számított hőátbocsátási tényező értéke $U=0,1541 \text{ W/m}^2\text{K}$, mely által megfelel a homlokzati falak $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ -es határértékének. A szerkezet kialakításának előnye, hogy hőtároló tömege valószínűsíthetően jobb (pl. nádfalhoz képest) a földanyagú falazatnak köszönhetően. A nyári túlmelegedésnek jobban ellenálló épületszerkezet alakítható ki ezzel csökkentve az esetleges mesterséges hűtés igényét vagy annak ezzel kevesebb energiafogyasztást elérve a használat során. Anyagi megfontolásból érdemes lehet a kőzetgyapot hőszigetelés vastagságának csökkentése optimális szintig ($U_{F4^{**}\max}=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$), esetlegesen nádpalló hőszigetelés alkalmazása (lásd 3.22. ábra).



3.22. ábra Módosított sövényfal (F4**) thermografikus elemzése (saját ábra)

3.1.5 Vályogfal

Előnyei közé tartozik, hogy külön égetés (tehát külön hozzáadott energia nélkül) kialakítható építőelemben alkalmazott kialakítása. A vályogtégglák szárítása során távozó víz révén kevesebb nedvesség kerül beépítésre a falazatba, mely által csökken annak zsugorodási repedése – mérettartóbb szerkezet építhető lásd (3.23. ábra). Hátrányai közé tartozik, hogy nagy tömege miatt nehezebben építhető (emberi erőforrás, gépi energiaszükséglet), szilárdsága kisebb a vert falénál (3.11. ábra). Szárítása során fokozottan kitett az időjárási körülményeknek. A falszerkezet erősítése, „együttdolgoztatása” több soronként elhelyezett nádterítéssel biztosították (Sabján and Buzás, 2003, p. 90).

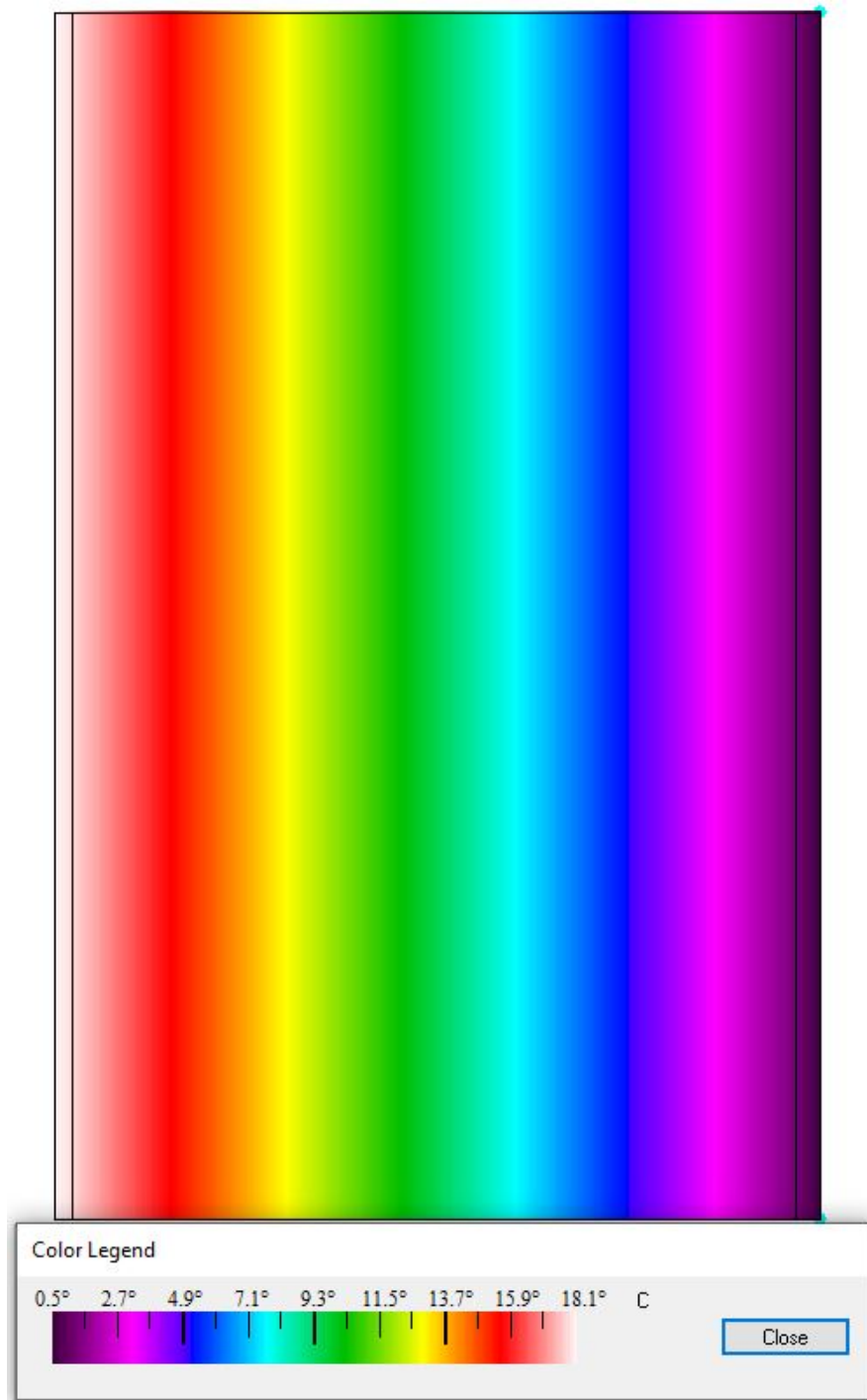


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

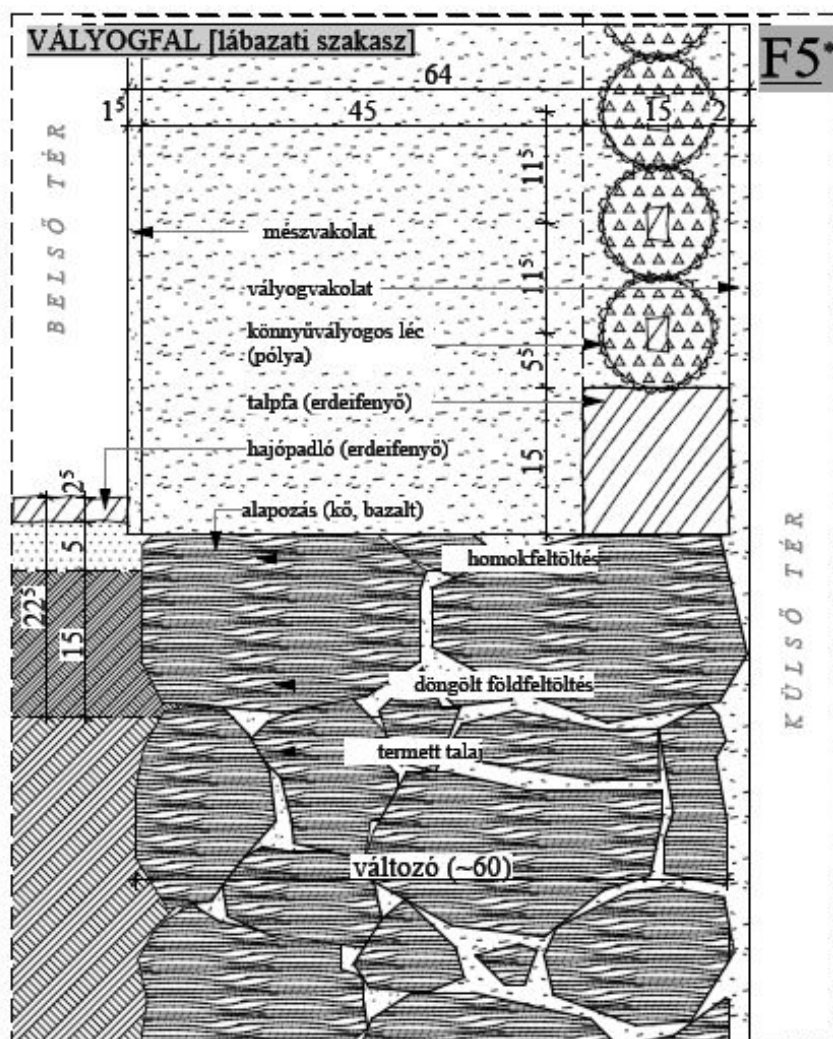
3.23. ábra Vályogfalazat (F5) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F5” nem módosított szerkezet) értelmezése | $U=0,8071 \text{ W/m}^2\text{K}$

A fenti ismertetés alapján kiderül, hogy a szerkezeti stabilitás fokozásának érdekében elhelyezett nádterítés alkalmazása (Buzás and Sabján, 2021, p. 90) kifejezetten javasolt a falszerkezet hőszigetelő értékének növelésének érdekében. Érdekes és kedvező eredményeket kaphatunk habüveg alkalmazásával a vályogfalazat építése során (üregekbe szórva). Az eddig bemutatott falszerkezetekhez hasonlóan a falazat fagyveszélynek kitett, ezáltal tartószerkezeti értéke is szerényebb ellenben a fagyzóna kitolásával megépített szerkezetekhez képest (utólagos hőszigetelés szükséges) (Matthew et al., 2012, pp. 42–43) (3.24. ábra).

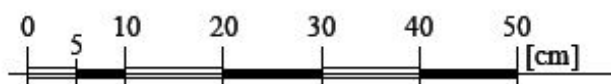


3.24. ábra Vályogfalazat (F5) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 fagyapot	 mészkakolat	 vertfal

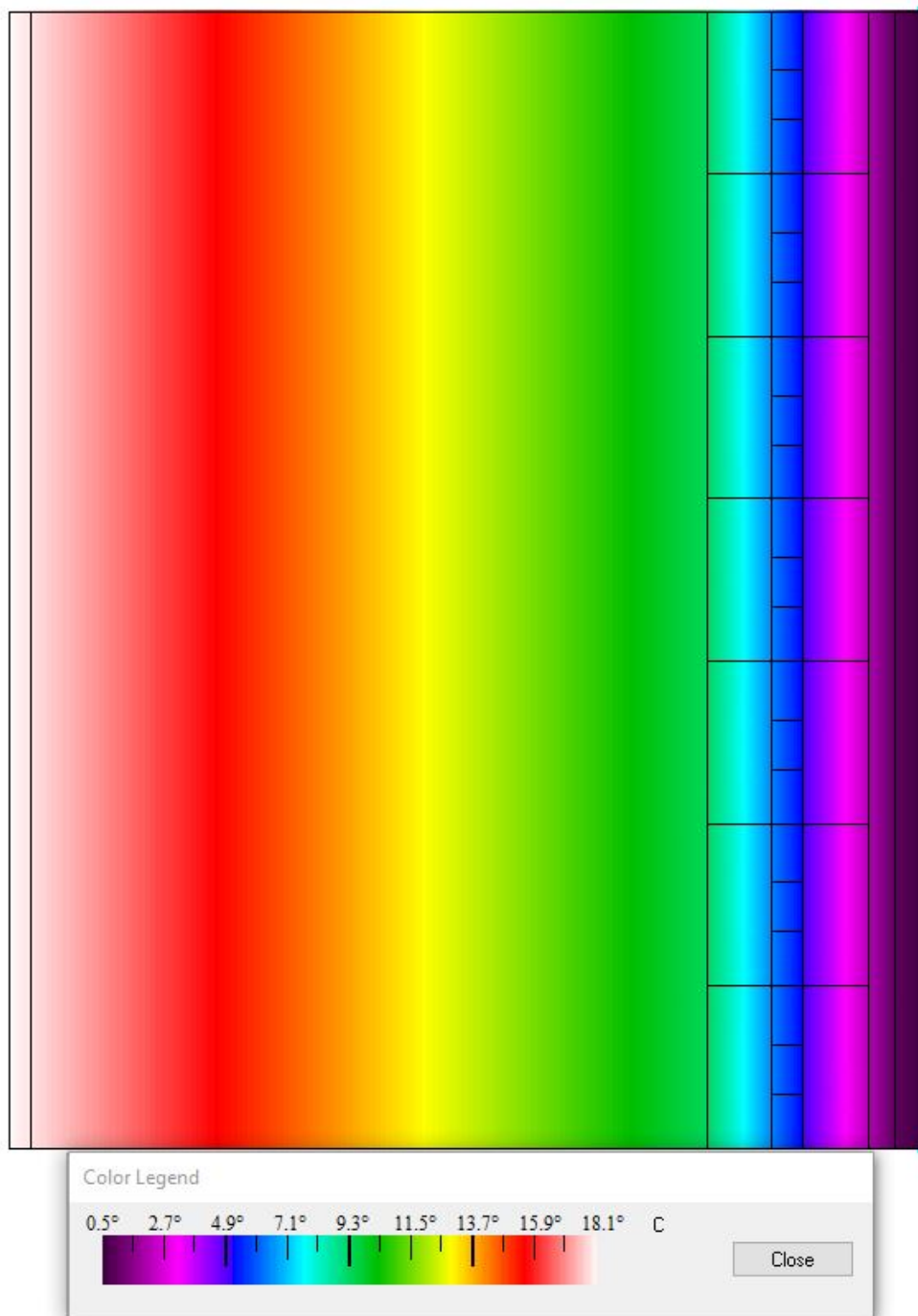


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.25. ábra Módosított vályogfal (F5*) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F5*” módosított szerkezet) értelmezése | $U=0,5599 \text{ W/m}^2\text{K}$

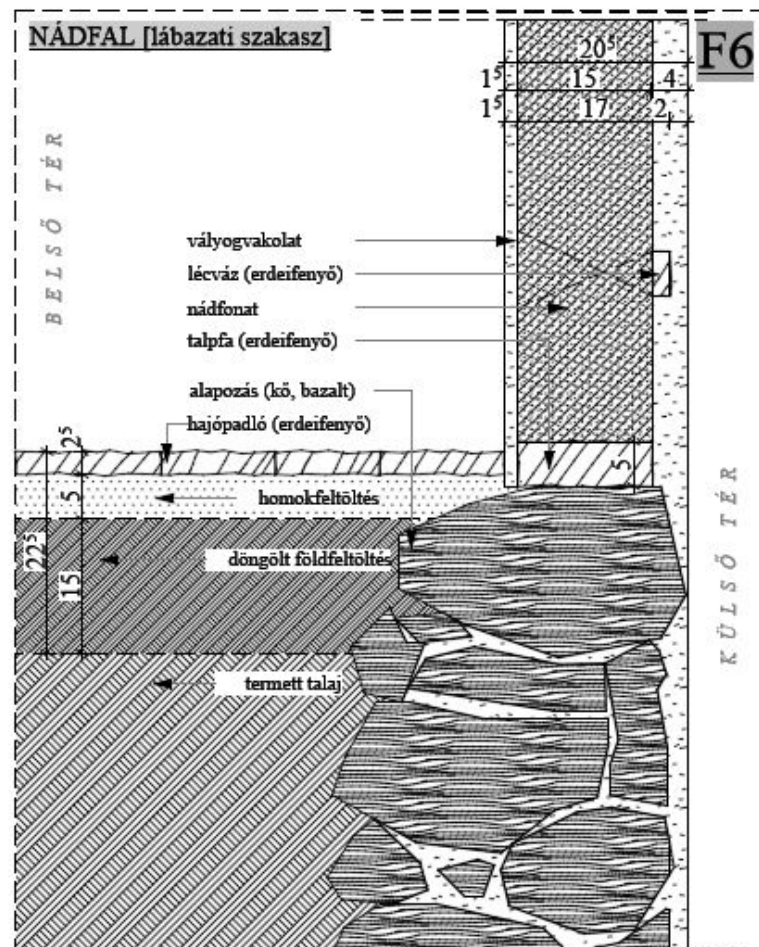
A módosított szerkezet lényege, hogy *építéskorabeli szerkezet kombinálásával* (könnyűvályogos pólya) kedvezőbb hőátbocsátási tényezővel rendelkező falazat legyen kialakítható. A módosított falszerkezet hőátbocsátási értéke ($U=0,5599 \text{ W/m}^2\text{K}$, mely az eredeti vályogfalazat értékéhez mérten ($0,8071 \text{ W/m}^2\text{K}$) lényegesen kedvezőbb, azonban napjaink minimális követelményénél ($U_{\text{max}}= 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$) több, mint kétszer rosszabb.



3.26. ábra *Módosított vályogfal (F5*) thermografikus elemzése (saját ábra)*

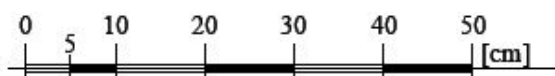
3.1.6 Nádfal

Elsősorban az Alföld-i népi építészet sajátos szerkezete, mely vízben gazdag területek adta nádasok hatására alakulhatott ki. A teherhordó szerkezet fa cölöpváz, melyekhez lécvázat (lécváz helyett nádköteget) erősítettek – ehhez kötötték hozzá a nádkötegeket (lásd 3.27. ábra). Fontos tehát, hogy a nádfal önmagában nem képes a teherhordásra, ezáltal faváz alkalmazása szükséges. Tűzvédelmi megfontolás miatt és a lecsökkent termőterületek miatt a nád mint építőanyag alkalmazása erősen lecsökkent (Sabján and Buzás, 2003, pp. 53–56). A nádfal alkalmazásánál célszerű a pallózat-os kialakítás, mely megkönnyíti az építést (összeköteget építőlemezként).



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

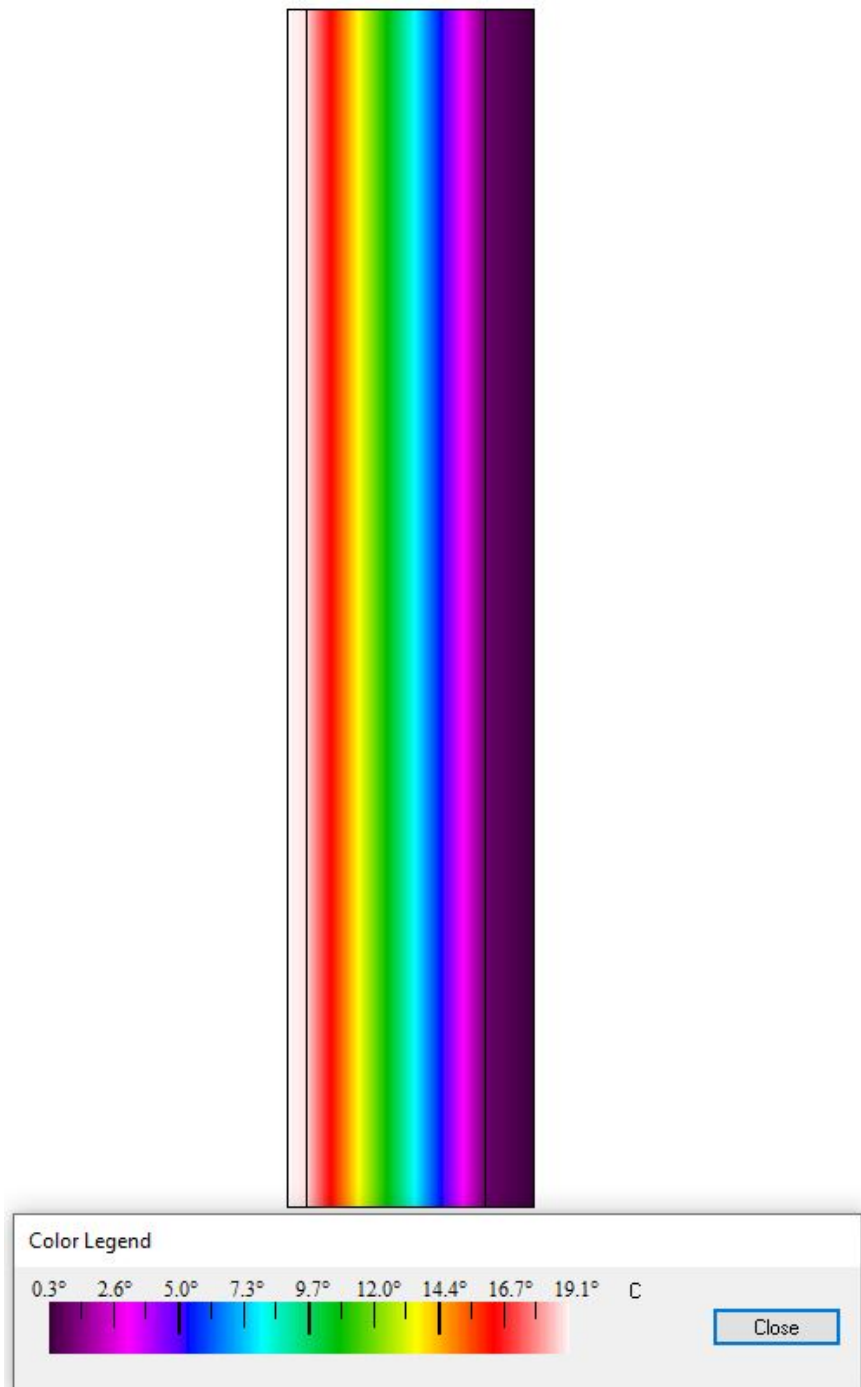


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

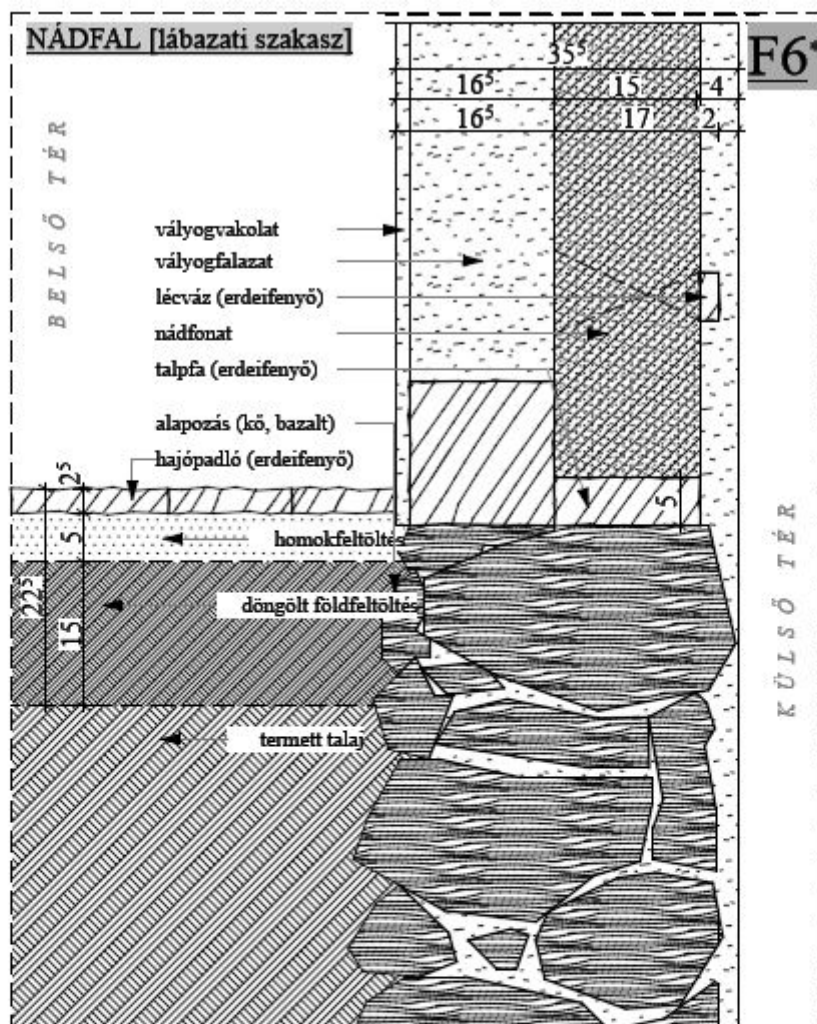
3.27. ábra Nádfal (F6) metszete (saját ábra)

A szimuláció („F6” nem módosított szerkezet) értelmezése | $U=0,3566 \text{ W/m}^2\text{K}$

A nádfalazat hőszigetelő képességét tekintve önmagában jobb falszerkezetet eredményez ($U=0,3566 \text{ W/m}^2\text{K}$) mint a vályogfalazat ($U=0,8071 \text{ W/m}^2\text{K}$), a sövényfal ($U=2,3722 \text{ W/m}^2\text{K}$), a rakott fal ($U=1,0110 \text{ W/m}^2\text{K}$) vagy a verfal ($U=1,8551 \text{ W/m}^2\text{K}$). Tartószerkezeti szerepe ebből fakadóan jóval kedvezőtlenebb, ahogyan a nyári túlmelegedéssel szemben történő ellenállása is. Érdekes előtétfal-szerű alkalmazása a nádfalazatnak kombinálva nagyobb sűrűségű tartófalazattal (lásd 3.28. ábra).

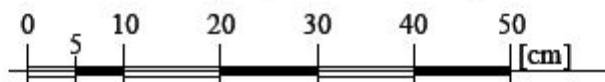


3.28. ábra Nádfal (F6) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

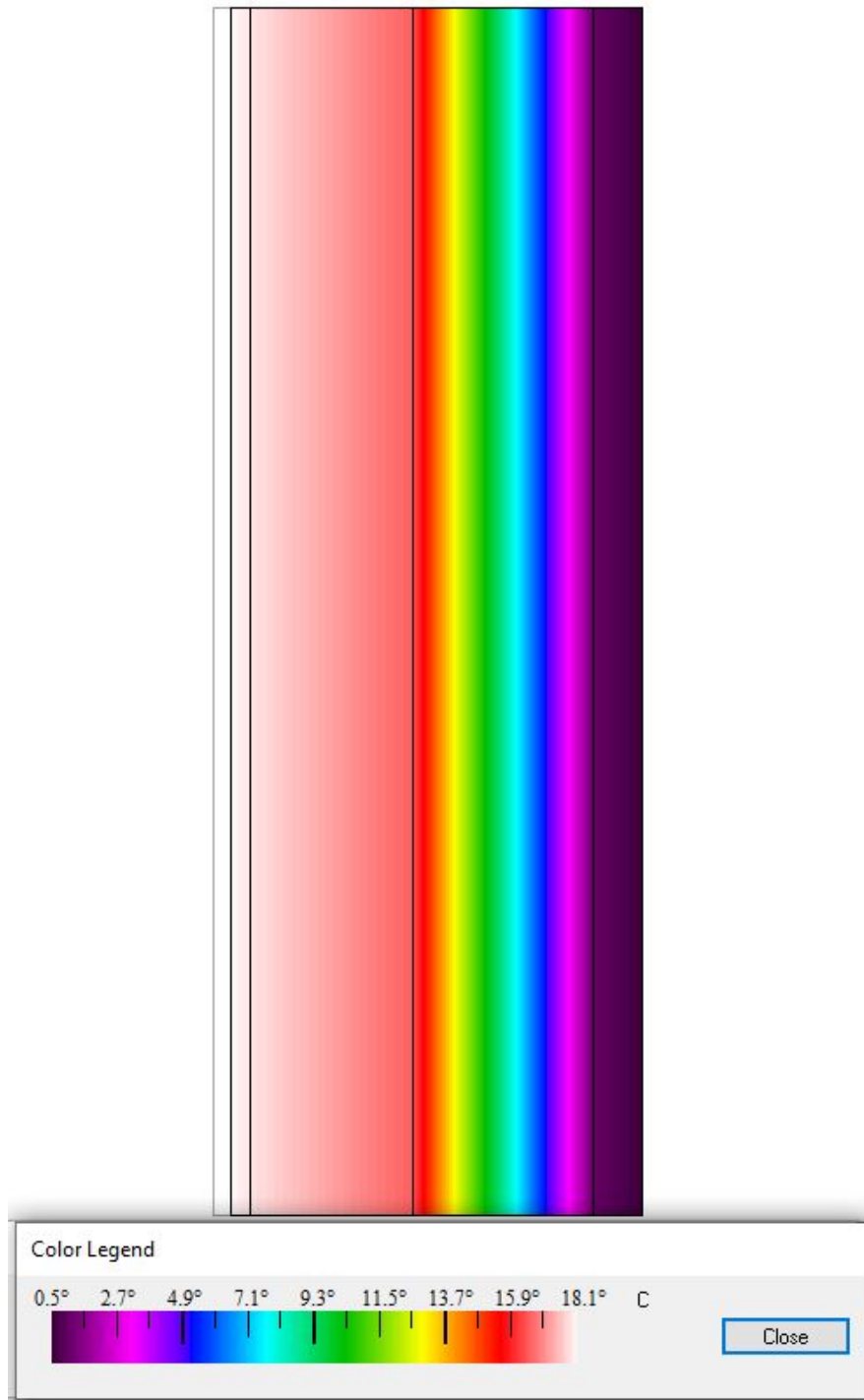
	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal



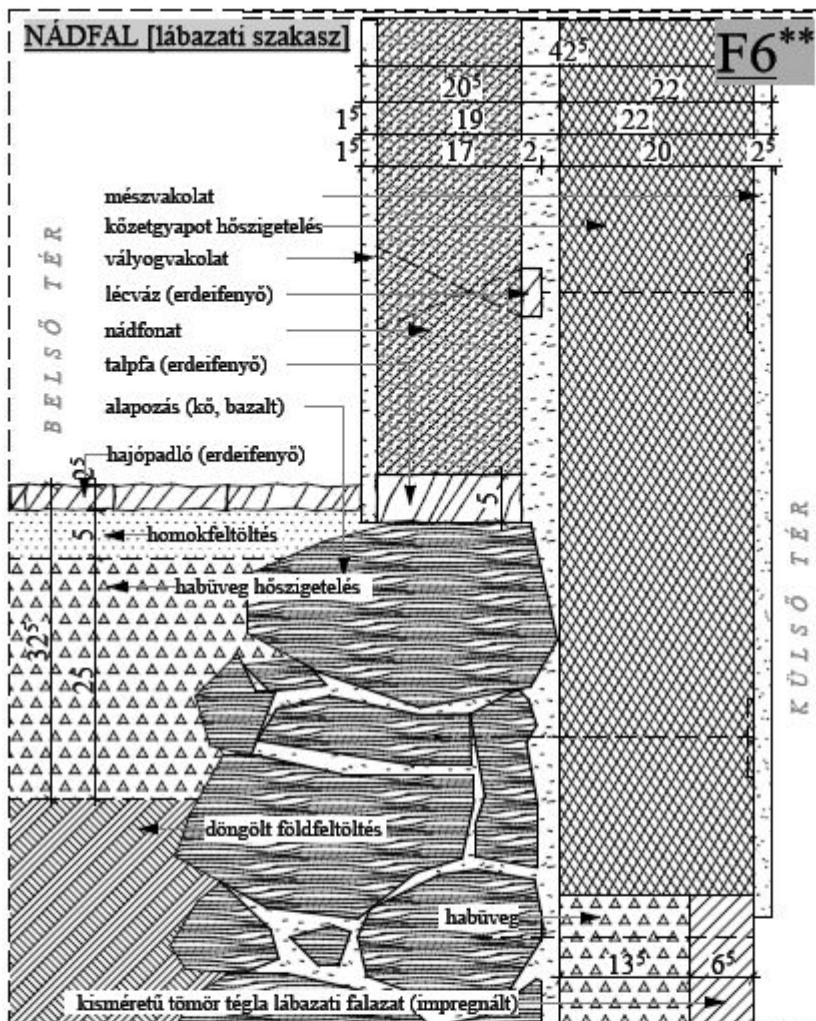
készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.29. ábra Módosított nádfal (F6*) metszete (saját ábra)
 A szimuláció („F6*” módosított szerkezet) értelmezése | $U=0,3301 \text{ W/m}^2\text{K}$

Az F6* kísérlet célja a hőtároló tömeg növelése ezzel csökkentve a nyári épülethasználat energiaigényét, melyet az épület hűtésére fordítanak a használók. A falszerkezet hőátbocsátási tényezője $U=0,3301 \text{ W/m}^2\text{K}$, mely kiegészítő hőszigeteléssel (pl. nádpalló alkalmazása külső síkon) alkalmassá tehető napjaink ($U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$) követelményeihez igazodva. Kiegészítő hőszigetelés alkalmazása tehát szükségeszerű (lásd 3.30. ábra).

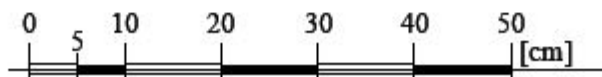


3.30. ábra *Módosított nádfal (F6*) thermografikus elemzése (saját ábra)*



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 mészvakolat	 mészvakolat	 vertfal

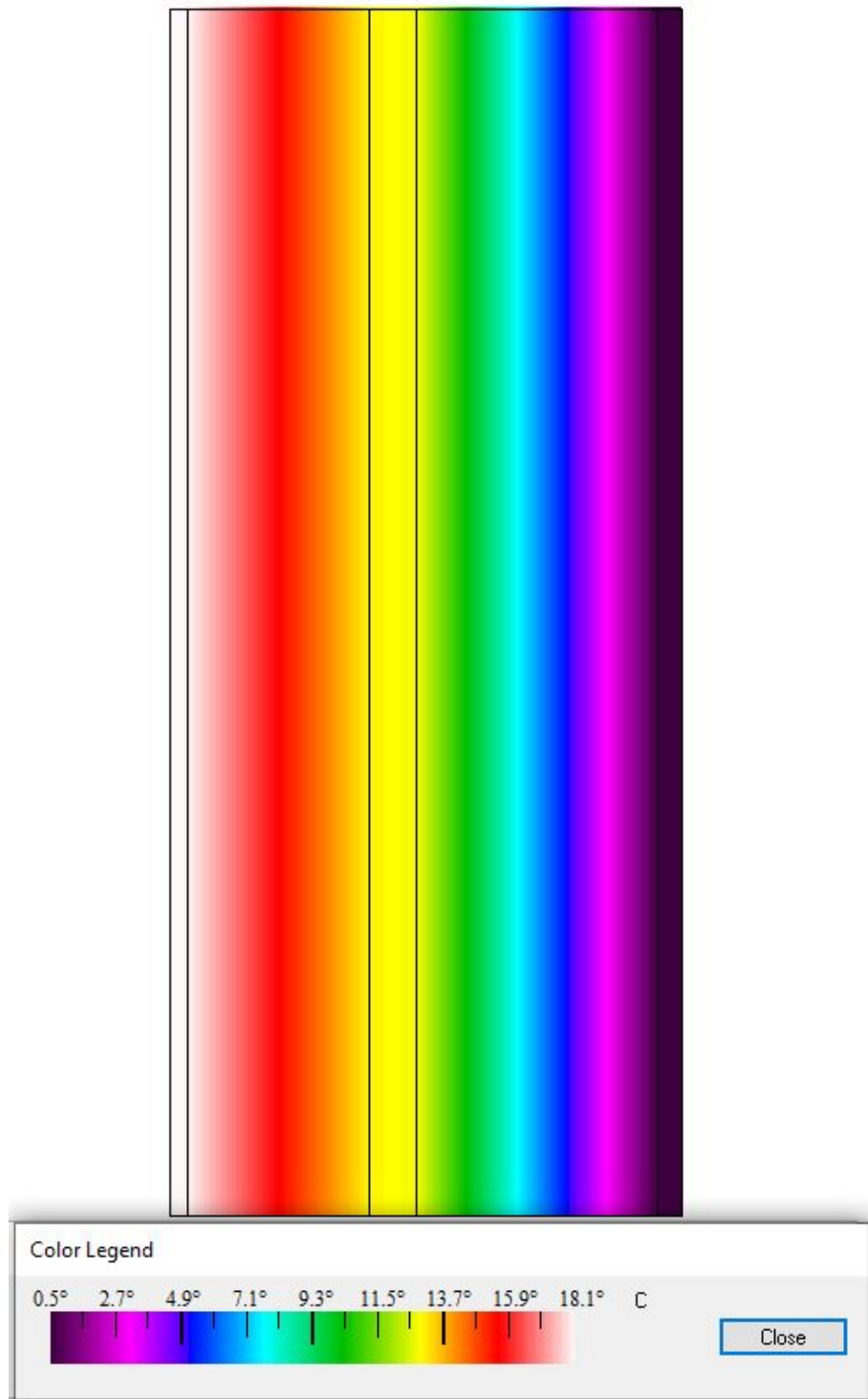


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.31. ábra Módosított nádfal (F6**) metszete (saját ábra)

A szimuláció (F6** módosított szerkezet) értelmezése | $U=0,1126 \text{ W/m}^2\text{K}$

A korábbiakhoz képest (F6*) közel háromszor jobb épületszerkezeti (rétegrendbeli) kialakítás lett elérve, mely feltétlenül szükséges. Ezáltal kijelenthető, hogy az alkalmazott 20 cm vastagságú kőzetgyapot hőszigetelés vastagságában túlzó, gazdaságossági szempontokat figyelembe véve elegendő lehet ettől kevesebb is. Gazdaságossági szempontokat figyelembe véve célszerű a falszerkezet hőátbocsátási értékének optimalizálása, mely a hőszigetelés vastagságának csökkentését, anyagi költségének mérséklését jelenti (lásd 3.32. ábra).



3.32. ábra Módosított nád fal (F6**) thermografikus elemzése (saját ábra)

HAGYOMÁNYOS FALSZERKEZETEK - összesítés

TÍPUS	VASTAGSÁG [cm]	ÉPÍTÉS [anyag, ember]	SEGÉDSZERKEZET [zsaluzat, egyéb adalék]	HŐSZIGETELÉS [hőszigetelés nélkül]
--- pontozás későbbi korszerűsítésre alkalmasság szempontjából ---				
1: rossz 2: számottevő módosítás szükséges 3: módosítandó 4: javítandó 5: megfelelő				
vert fal	60	5	4	2
boronafal	19	3	5	3
rakott fal	60	2	4	2
vályogfal	60	4	3	4
sövényfal	35	3	4	1
nádfal	20	2	5	3

3.33. ábra Hagyományos falszerkezetek szubjektív (1-5 pontozású) értékelő táblázata a későbbi javíthatóságra, fejleszthetőségre való tekintettel (saját ábra)

	vert f.	rakott f.	vályogf.	sövényf.	nádfal	boronafal
hőátbocsátási tényező [U; W/m ² K]	1,8551	1,0110	0,8071	2,3722	0,3566	0,9429
külső hőmérséklet [°C]	0					
KÜLSŐ hőátbocsátási tényező [h; W/m ² K]	25 (fal) 16,6667 (padlás)					
belső hőmérséklet [°C]	+20					
BELSŐ hőátbocsátási tényező [h; W/m ² K]	7,6923 (fal) 10 (padlás)					

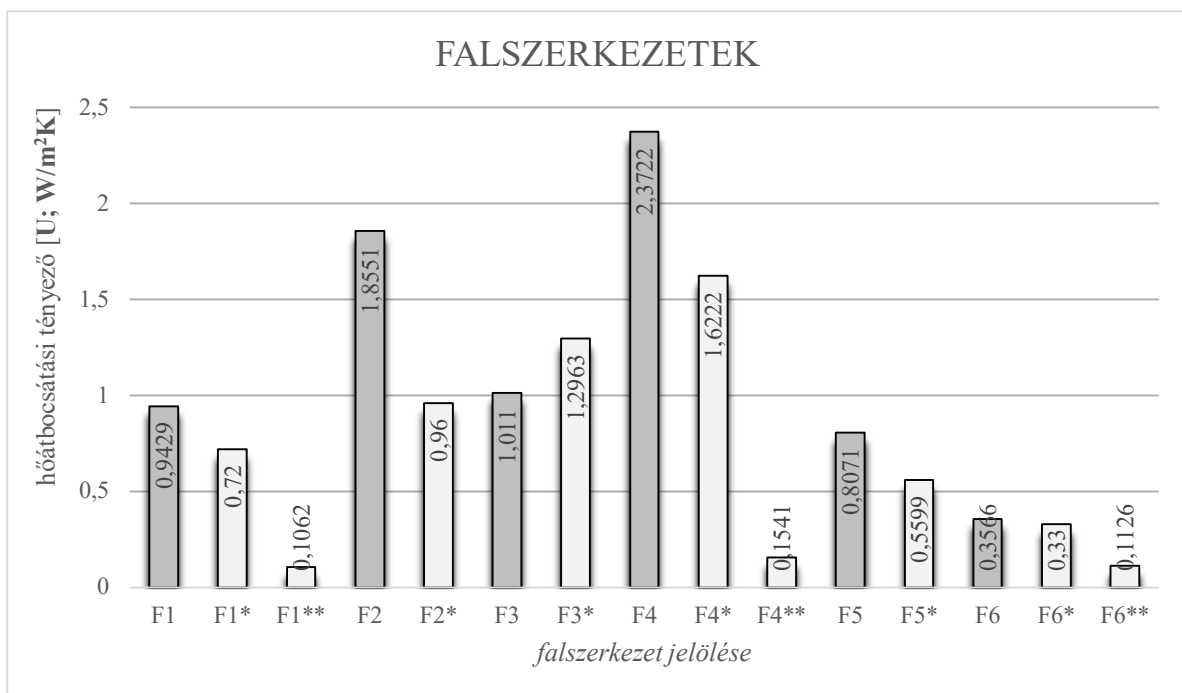
3.34. ábra Hagyományos falszerkezetek hőátbocsátási tényezői (saját ábra)

név [A-M]	hővezetési tényező [λ; W/mK]	sűrűség [kg/m ³]	név [N-X]	hővezetési tényező [λ; W/mK]	sűrűség [kg/m ³]
acél	58,10	7850	kohósalak	0,45	150
agyag	1,10	1650	kő (bazalt)	3,00	2900
akácfa	0,22	770	könnyűvályog	0,17	600
ásványgyapot	0,042	100	nádlemez	0,06	175
beton	1,28	2200	nyírfa	0,18	600
Betonyp	0,26	1500	OSB	0,18	650
bükkfa	0,23	720	parafa (exp.)	0,04	130
cellulóz hőszig.	0,038	50	pórusbeton	0,125	440
EPS	0,035	25	tömör vályog	0,91	2000
erdeifenyő	0,18	530	vázkerámia (30 cm)	0,09	740
faforgácslap	0,18	650	vázkerámia (38 cm)	0,18	750
fagyapot	0,045	500	vázkerámia (44 cm)	0,10	740
zárt légréteg (5 cm)	0	0	rakott fal	0,80	1700
gipsz	0,51	2300	sövényfal	0,58	1600
gipszkarton	0,22	900	szalma	0,06	150
gyapjúszigetelés	0,035	30	talaj	1,50	2300
habüveg	0,105	400	tölgyfa	0,22	690
HDF farostlem.	0,10	850	tömörített talaj	2,00	3000
homok	1,00	1650	vályog	0,60	1500
kavics	0,35	1800	vályogrostlap	0,47	1300
kőzetgyapot	0,033	100	vályogvakolat	0,42	1811
kism. töm. téglá	0,55	1540	vasbeton	2,50	2400
levegő [-5 °C]	0,025	1,317	levegő [+20 °C]	0,025	1,205
lucfenyő	0,15	470	vertfal (50 cm)	0,81	2000
mészvakolat	0,70	1600	XPS	0,028	25

3.35. ábra Alkalmazott építőanyagok tulajdonságai (hővezetési tényező és sűrűség)

név [hagyom.]	hőátbocsátási tényező [U; W/m ² K]	hőmérséklet [10 cm-en] [°C]	név [javított]	hőátbocsátási tényező [U; W/m ² K]	hőmérséklet [10 cm-en] [°C]
F1 (boronaf.)	0,9429	+11,50	F1* F1**	0,72 0,1062	+3,20 +1,70
F2 (vertfal)	1,8551	+4,50	F2* (vertfal)	0,96	+5,01
F3 (rakott f.)	1,0110	+4,30	F3* (rakott f.)	1,2963	+2,83
F4 (sövényf.)	2,3722	+5,10	F4* F4**	1,622 0,1541	+7,50 +4,80
F5 (vályogf.)	0,8071	+3,12	F5* (vályogf.)	0,5599	+6,80
F6 (nád fal)	0,3566	+5,20	F6* F6**	0,33 0,1126	+5,65 +8,43
ÁTLAG	1,2242	+5,62	ÁTLAG	0,6512	+5,1022

3.36. ábra Falszerkezetek szimuláció alapján számított hőátbocsátási értékei



3.37. ábra Falszerkezetek összehasonlítása hőátbocsátási tényezőinek alapján – sötét színnel a módosított szerkezetek (saját ábra)

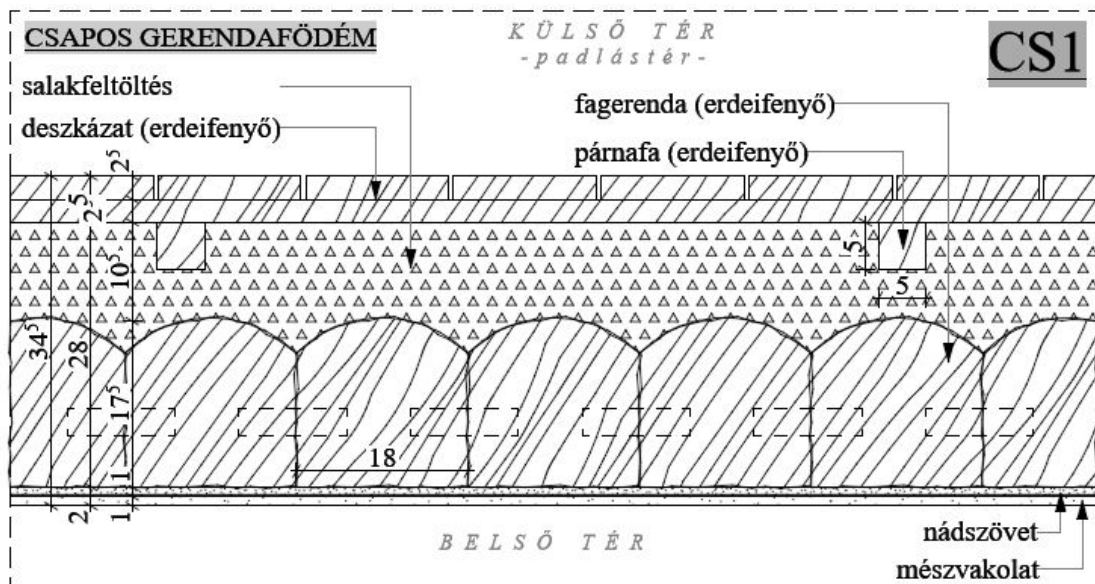
Összefoglalás

A hagyományos szerkezetek elemzését követően megkíséreltem azokat az egykoron alkalmazott építési rendszereknek megfelelően hasonló megoldással kialakított építőanyagokkal kombinálni, kiegészíteni annak érdekében, hogy épületfizikai tulajdonságait (hőátbocsátási tényező) módosíthassam, javíthassam. Ezeket a módosított szerkezeteket „*, **, ***” jelöléssel láttam el, illetve a kapott hőátbocsátási értékeket összehasonlítottam. Ezek alapján elmondható, hogy bizonyos szerkezetek esetében (F1 (boronafal), F4 (sövényfal), F6 (nád fal)) nagyfokú javulás volt tapasztalható (lásd 3.37. ábra). Az F4** szerkezetnél nagyfokú csökkenés tapasztalható a hőátbocsátási értékek vizsgálata során, mely az alkalmazott kiegészítő hőszigetelés miatt tapasztalható elsősorban. Javasolt a hőszigetelés vastagságának csökkentése gazdaságossági szempontokat szem előtt tartva. Három módosított kialakítás (F1**, F4**, F6**) elégti ki napjaink kívánalmait ($U_{\max \text{ fal}}=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$). Fontos megjegyezni, hogy a módosított szerkezetek minden esetben statikailag méretezendők a szerkezeti adottságoknak (feszítáv, tartószerkezet) és terheknek (funkció, meteorológiai, biztonsági) megfelelően!

3.2. Magyar népi építészeti födém szerkezetek

3.2.1. Csapos gerendafödém

A gerendafödémeket közvetlenül egymás mellett helyezik és keményfa csapokkal – vagy keményfa ékekkel – kapcsolják őket össze (lásd 3.38. ábra). A fagerendák fenyőből készültek, széleik levágásával és hossz tengelyük szerint közepén kettéfűrészelték azok előállításuk során. A fagerendák felső oldal megmunkálás nélküli módon, köríves keresztmetszetet eredményezett. A gerendákba kialakított furatokba az együttműködést segítő – 3-5 cm átmérőjű keményfa csapokat helyeztek el egymástól 1,50 – 2,00 m távolságban, vagy a keményfa ékeket alkalmazták (2018b, p. 223). A keményfa csapok alkalmazása lehetőséget biztosít az invazív fajták (pl.: akácfa) fokozott felhasználására (Korda, 2019).



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

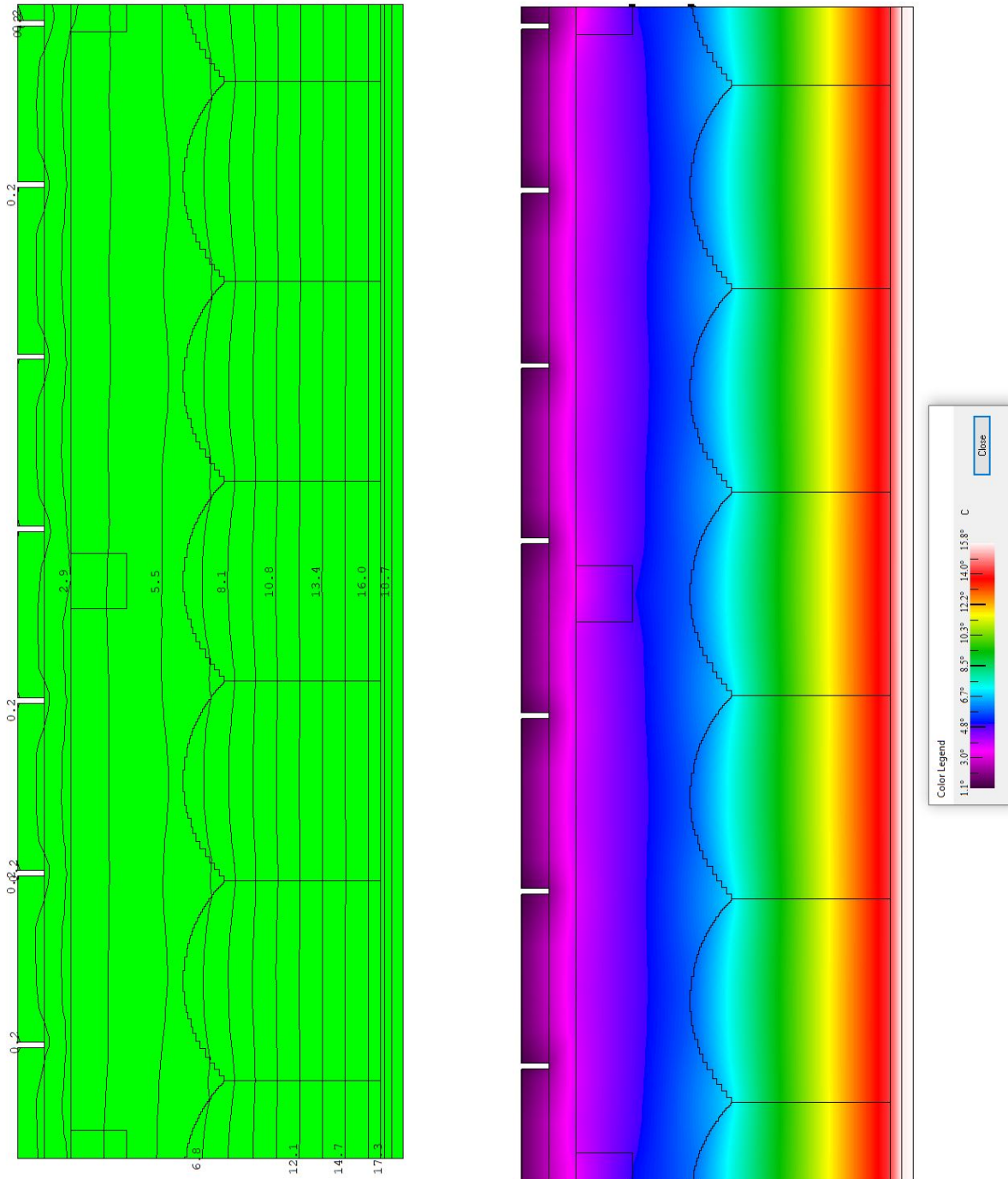


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

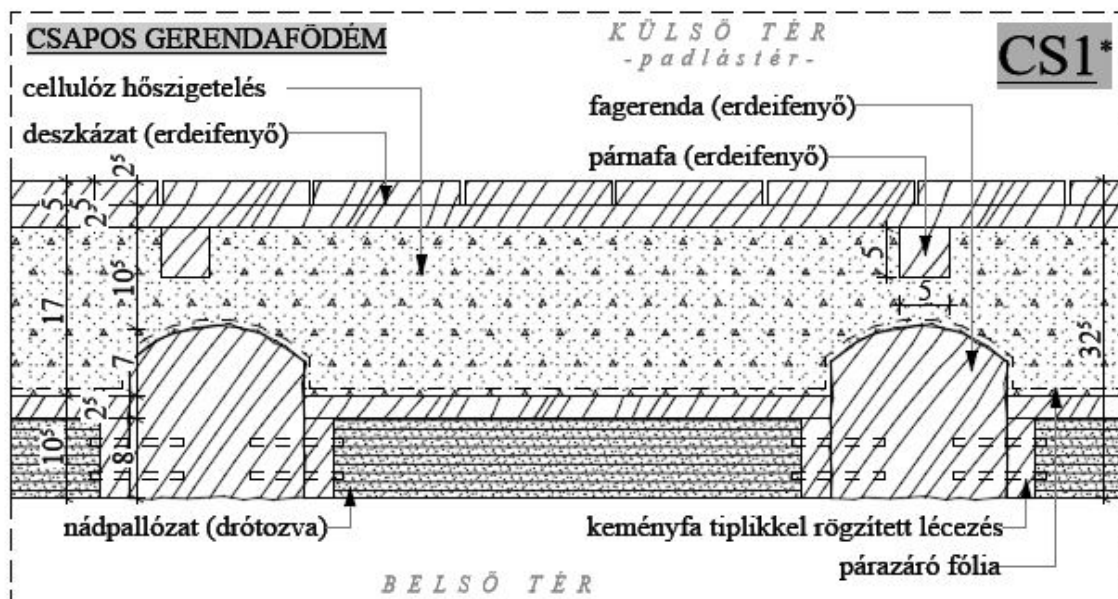
3.38. ábra Csapos gerendafödém (CS1) metszete (saját ábra)

A szimuláció (CS1) értelmezése | $U=0,5794 \text{ W/m}^2\text{K}$

A hajópadló párnafáját összevetve a salakfeltöltéssel kijelenthető, hogy a salakfeltöltés elősegíti az energiavándorlást a faanyaggal (erdeifenyő) szemben – javasolt a feltöltés módosítása, cseréje jobb, kedvezőbb hővezetési tényezővel rendelkező, kis fajsúlyú anyagra (tekintettel az önsúly mértékének lehető legkisebb szinten tartásához a keresztmetszeti (tartószerkezeti) gazdaságosság érdekében (lásd 3.39. ábra).



3.39. ábra Csapos gerendafödém (CS1) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 fagyapot	 mészvakolat	 vertfal

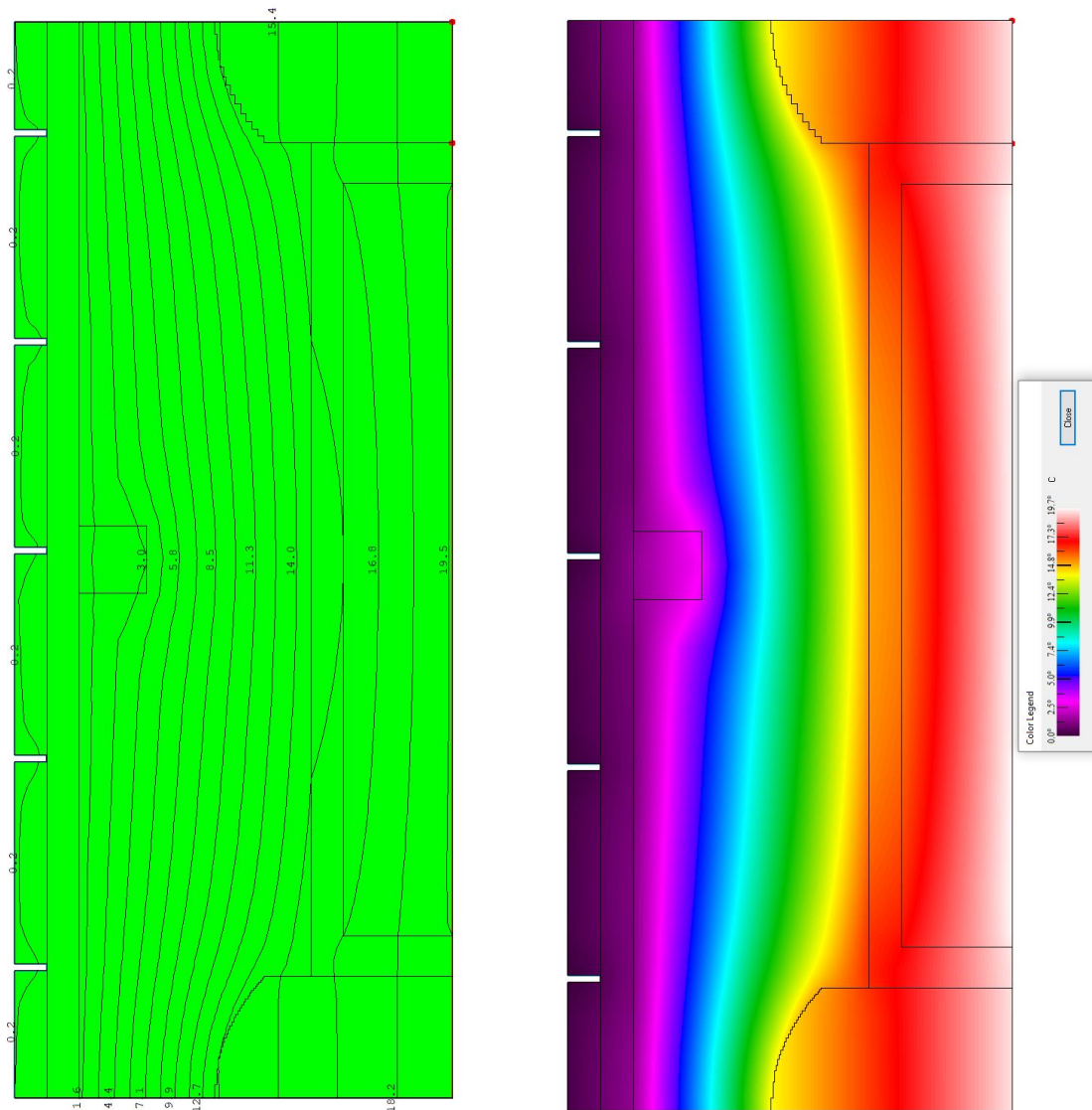


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.40. ábra Csapos gerendafödém (CS1*) metszete (saját ábra)

A szimuláció (CS1*) értelmezése | $U=0,1839 \text{ W/m}^2\text{K}$

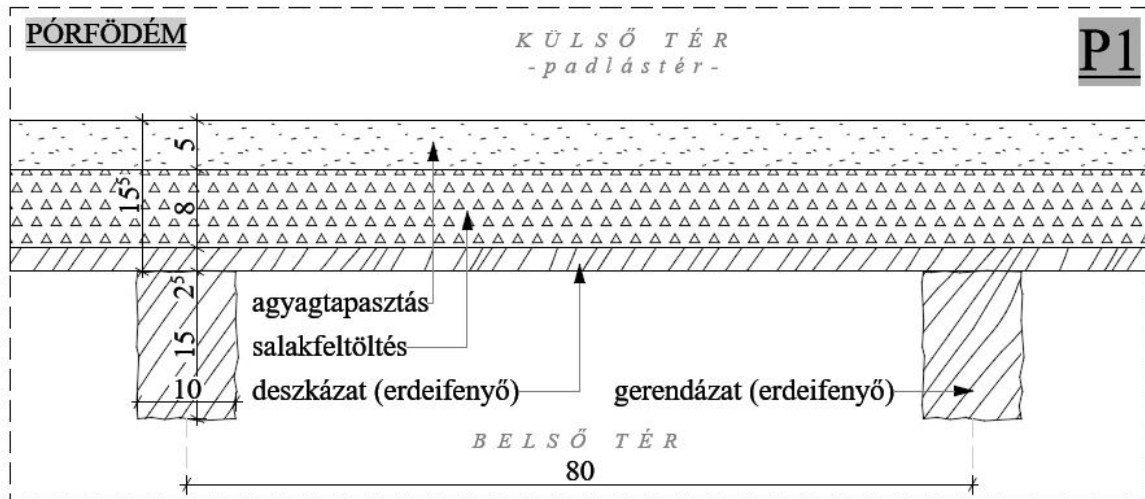
A módosított födémszerkezet (CS1*) a faanyagban igen gazdag csapos gerendafödém alapvető elviségén változtat: a gerendázat „kiritkításával” (tiszta gerendaköz: 54 cm) a fagerendázat felhasználásának gazdaságosabb módját célozza meg (lásd 3.40. ábra). Annak érdekében, hogy a födémszerkezet továbbra is felületfolytonos maradjon és a rétegrendi építőanyagokat, esetleges terheket kezelni tudja keményfa „tiplikkel”/csapokkal segédléccel rögzített faanyagú deszkázott mezőközépi szakaszok alakulnak ki. Ez a deszkázat cellulóz hőszigetelést tart meg ($\lambda=0,038 \text{ W/mK}$, sűrűség: 50 kg/m^3) növelve a hőszigetelési tulajdonságot, csökkentve az önsúly terhét 2/3-ad értékkel (kohósalak sűrűsége 150 kg/m^3). A deszkázat alsó síkjára kiegészítő nádpalló hőszigetelés kerül felhelyezésre drótfonatos megfogatással (felhasználva a keményfa csapokat). A segédlécek rögzítése a födémgerendázathoz keményfa csapokkal („tiplikkel”) történik ezzel is bővítve a kisméretű, invazív keményfák felhasználásának területét, alkalmazhatóságát. A födémgerendázat és párnafa között is tapasztalható „hőhíd”, melyből az a következtetés vonható le, miszerint kifejezetten fontos a párnafák pozícionálása a födémszerkezet tartógerendáihoz képest (célszerű mezőközépen elhelyezni a párnafákat).









3.41. ábra Módosított csapos gerendafödém (CS1*) thermografikus elemzése (saját ábra)

3.2.2. Pórfödém

Érdekes módon, a jellemzően 70 cm-es tengelytávval kiosztott ritkagerendás födém szerkezet gerendakiosztására (Dr. Gábor, 1988, p. 126), Bársony szerint a pórfödémek födémgerendáinak általános 90 cm-es tengelytávolsága jellemző (lásd 3.42. ábra). A ritkagerendás fafödémek legegyszerűbb típusa, régebben szélesebb körben alkalmazták (falusi házak, egyszerűbb épületek). A fagerendázat felső síkjára deszkázatot helyeztek, ezen feltöltést alkalmaztak. A feltöltés deszkák közötti lehullásának elkerülése érdekében keskeny léceket alkalmaztak ezen hézagoknál, vagy egymásra fektetve átlapolással alakították ki a deszkázat elhelyezését előző okok kapcsán. A feltöltés a födém hőszigetelő tulajdonságának növelésének érdekében került kialakításra. A feltöltésen különböző burkolatok kerülhettek kialakításra (agyagtapasztás, (padlás)burkoló téglák stb.) (Bársony, 2018b, p. 224).



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 faggyapott	 mészvakolat	 vertfal

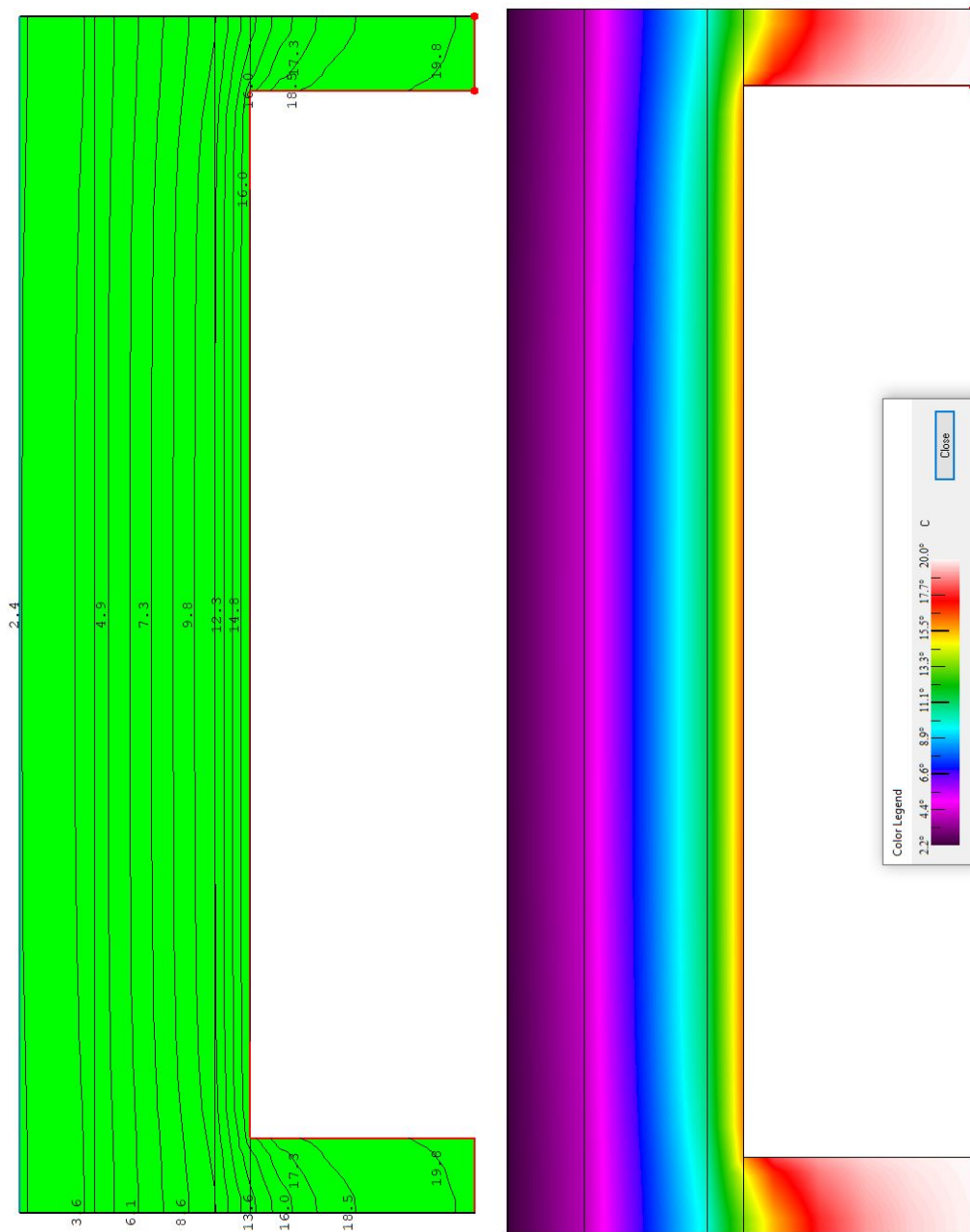


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

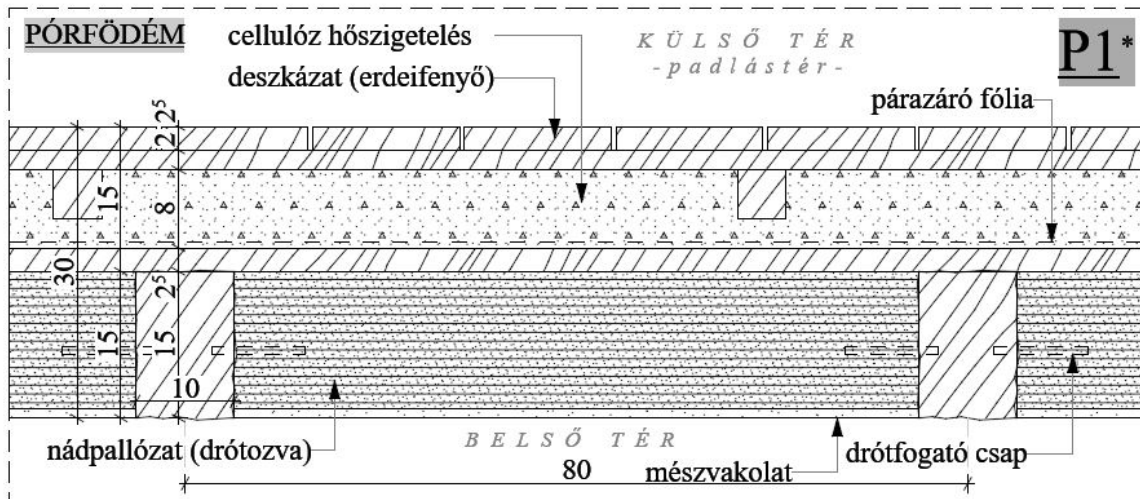
3.42. ábra Pórfödém (P1) metszete (saját ábra)

A szimuláció (P1) értelmezése | $U=1,3800 \text{ W/m}^2\text{K}$


Leginkább a faanyag, azon belül is a földemgerendázat a leginkább hőszigetelő tulajdonságú anyag. A fa deszkázat feletti feltöltés hőmérséklete változik – az agyagfeltöltés szinte teljes keresztmetszetében konstans hőmérsékleti értékű. Az energiaáramlás a csatlakozó szerkezetek felületi „kontakt”, azaz közvetlen kölcsönhatásánál (gerendatengelyek felső síkjánál) átlagértékűek ellenben a mezőközépen található, nagy felülettel rendelkező deszkázattal. Ennek értelmezése szerint a közvetlenül csatlakozó fa-fa építőanyagok közötti energiaáramlás kisebb, mint a fa-feltöltés között. Ezen kialakítás figyelembevételével célszerű a feltöltés optimalizálása, cseréje (lásd 3.43. ábra).

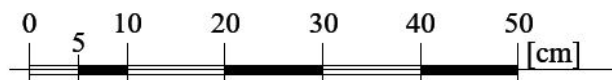


3.43. ábra Pórfödém (P1) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 fagypot	 mészvakolat	 vertfal

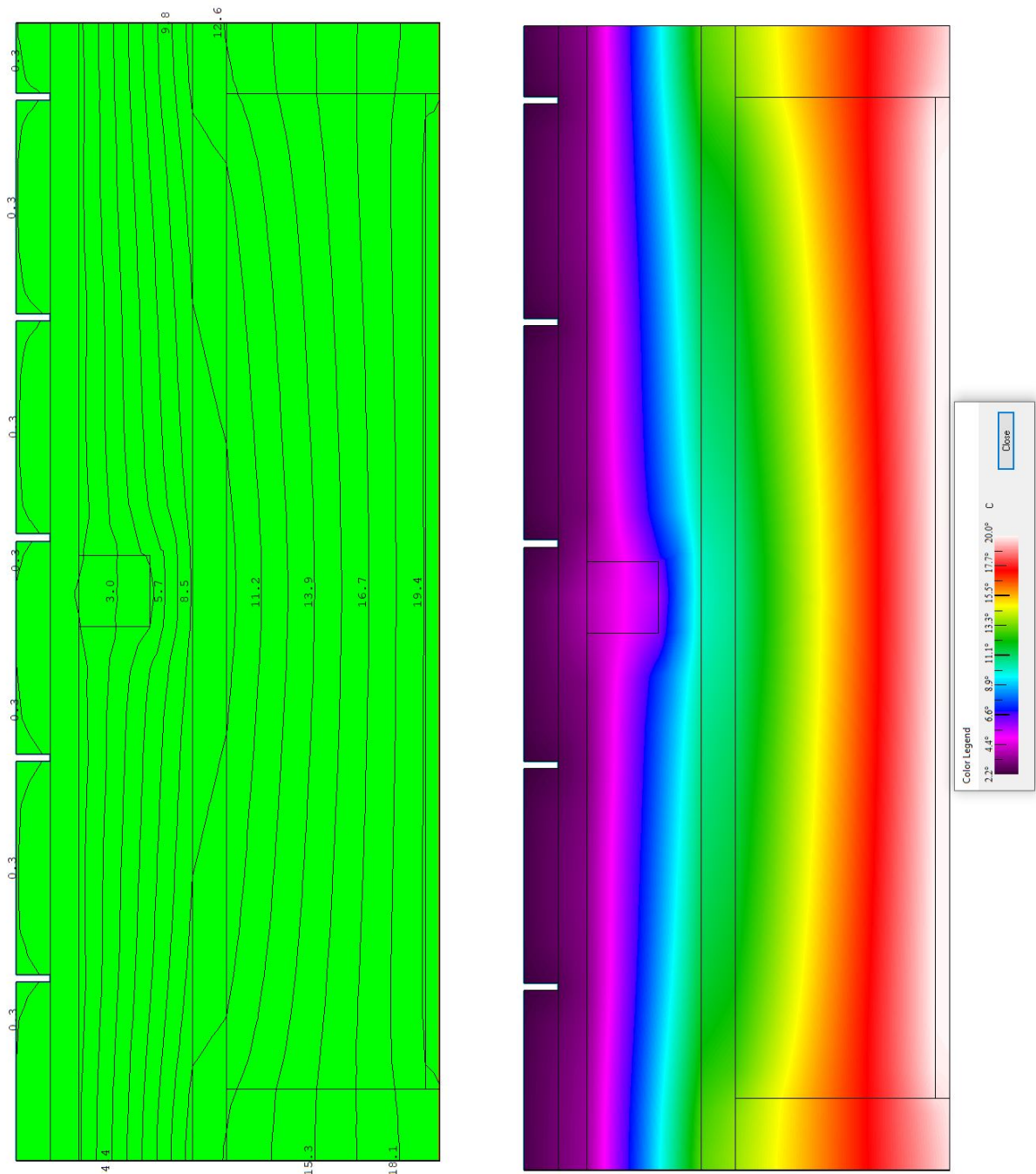


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.44. ábra Módosított pórfödém (P1*) metszete (saját ábra)

A szimuláció (P1*) értelmezése | $U=0,2241 \text{ W/m}^2\text{K}$

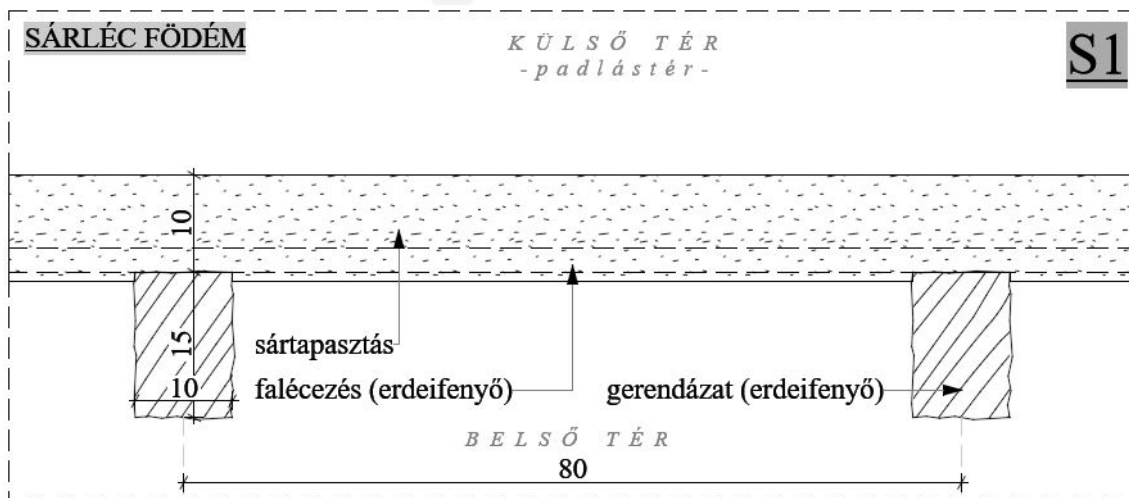
A módosított szerkezet elemzésén kifejezetten szembetűnő az a jelenség, miszerint a faanyagokon keresztül fokozott mértékben történik az hővándorlás jelensége, illetve itt is megjelenik az „áthúzás” jelensége is, mely során az energiavándorlás „kisebb ellenállású” anyagok között történik ellenben a kisebb hővezetési tényezőjű cellulóz hőszigetelés-faanyag között. A kiegészítő nádpalló hőszigetelés és cellulóz hőszigetelés alkalmazása a salakfeltöltéssel szemben igen kedvező értéket ($U=0,2241 \text{ W/m}^2\text{K}$) mutat a hagyományos szerkezethez képest ($U=1,3800 \text{ W/m}^2\text{K}$) (lásd 3.45. ábra).



3.45. ábra Módosított pórfödém (P1*) thermografikus elemzése (saját ábra)

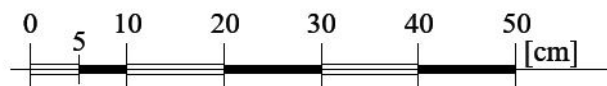
3.2.3. Sárléc földém

A sárléces földémszerkezet a ritkagerendás földémek közé tartozik, mely során a pórfödémhez hasonlóan a fagerendázat tetején alakították ki a felületfolytonossághoz szükséges segédszerkezetet, a mezőközoeket – azonban itt nem deszkázatot, hanem faléceket használtak kétoldali tapasztással (Dr.Szűcs, 2008, p. 139). Előnye, hogy jóval költséghatékonyabb, mint a teljes deszkázatot kívánó pórfödém (hőátbocsátási tényezője: $1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$) (3.44. ábra). Hőszigetelő tulajdonsága ellenben éppen ebből fakadóan jóval szerényebb (hőátbocsátási tényezője: $3,05 \text{ W/m}^2\text{K}$) tekintettel a tapasztás hővezetési anyagtulajdonságára (lásd 3.47. ábra). Dr. Széll szerint a sárléces földémszerkezet egyszerű léchulladékokból és tapasztással elkészíthető – mely megoldás kifejezetten elgondolkodtató napjainkban a „lehulló”, asztalosipari és ácsipari hulladékfa újrahasonosítása során. További előnye, hogy anyagtakarékosabb, mivel párnafára nincs szükség (padlóburkolat a gerendákra fekszik fel). (1963, pp. 306–308)



Anyagjelölés

	agyg		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

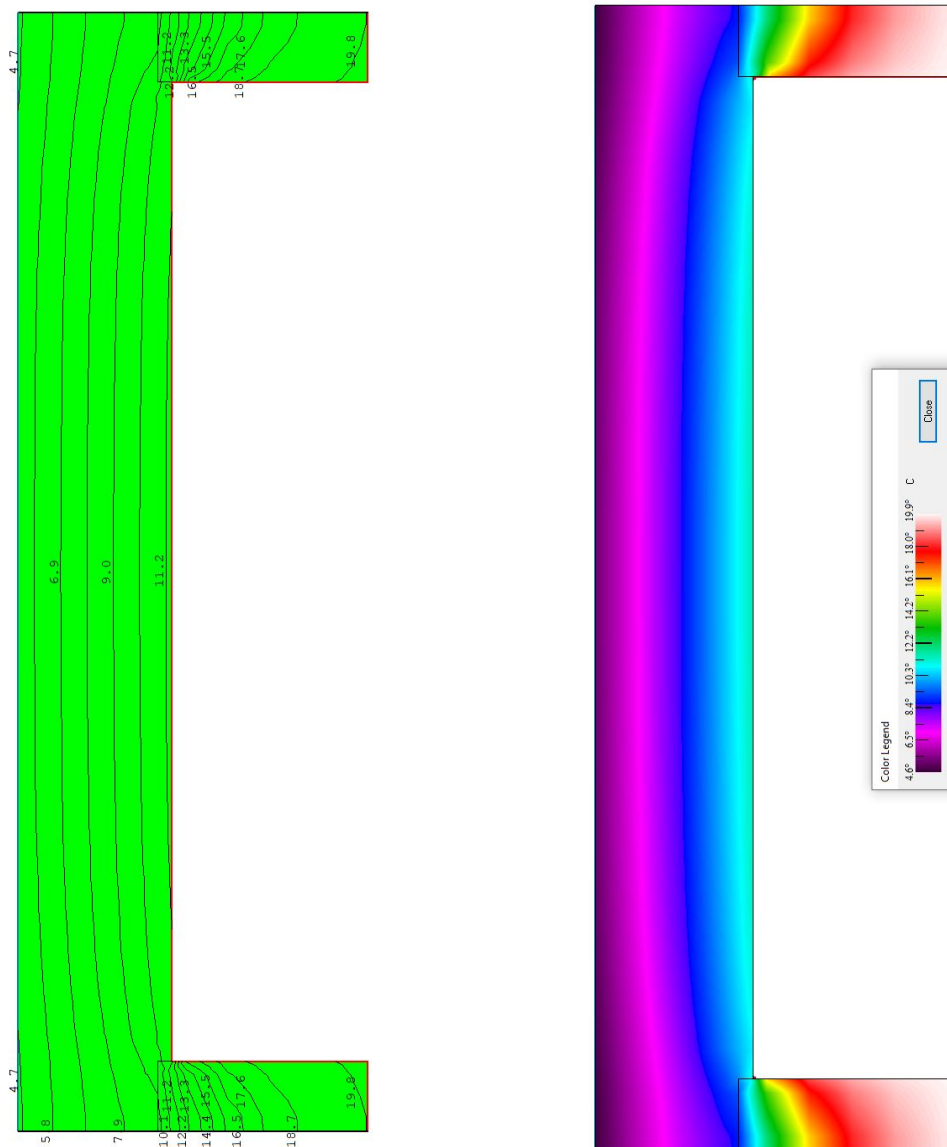


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

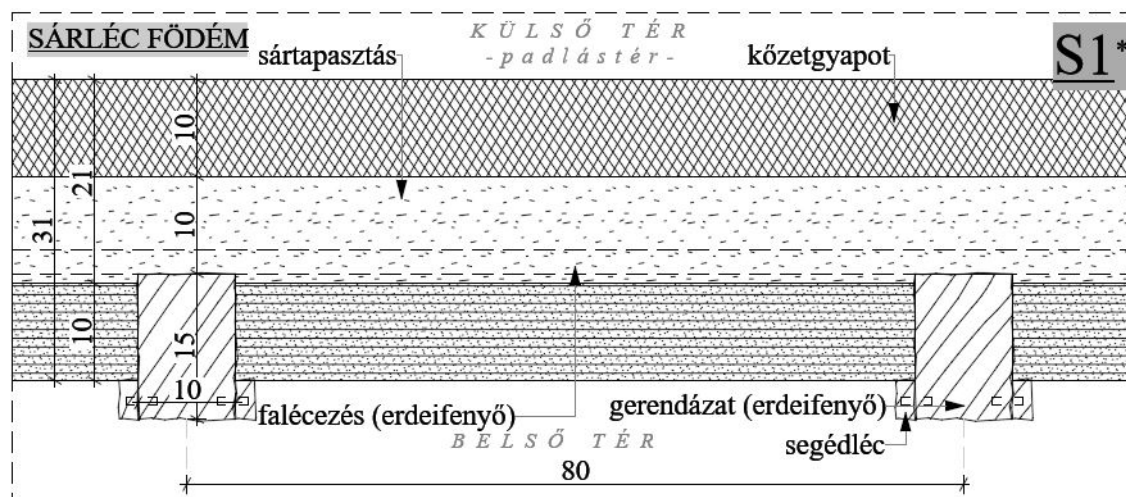
3.46. ábra Sárléc földém (S1) metszete (saját ábra)

A thermografikus (S1) ábra értelmezése | $U=3,0528 \text{ W/m}^2\text{K}$

A hagyományos szerkezet hőmérsékletesési ábrájából leolvasható (3.47. ábra), hogy a sárléces födém mezőközepén alkalmazott tapasztásának alsó síkján a hőmérséklet kb. $+12 \text{ }^\circ\text{C}$ -os értéket mutat. Annak tudatában, hogy a szimuláció során alkalmazott külső hőmérséklet $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -os értékkel rendelkezik kijelenthető, hogy $12 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleti különbség tapasztalható „csupán” a sárléces födémszakasz hőszigetelő képességével. A fa gerendázatban jelentős hőmérsékletkülönbség tapasztalható annak alsó-, és felső síkja között (15 cm magasságában): $12 \text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletkülönbség tapasztalható. Ennek tudatában tehát maga a faanyag hőszigetelő tulajdonságával részt vesz a meleg távozásának késleltetésében – jobban, mint maga sárléces általános szakasz. Ez az információ azért is figyelemreméltó, mert a mezőközpek sárléces szakaszai jóval nagyobb felületet képviselnek a fagerendázattal szemben. Az hőáramlást szemléltető ábra érdekessége, hogy a közvetlen csatlakozásánál (födémgerendázat-sárléces mezőszakasz) közvetlen energiaáramlás tapasztalható. Célszerű ezen jelenség mérséklése pl. parafalemez közbeiktatásával.



3.47. ábra Sárléc födém (S1) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

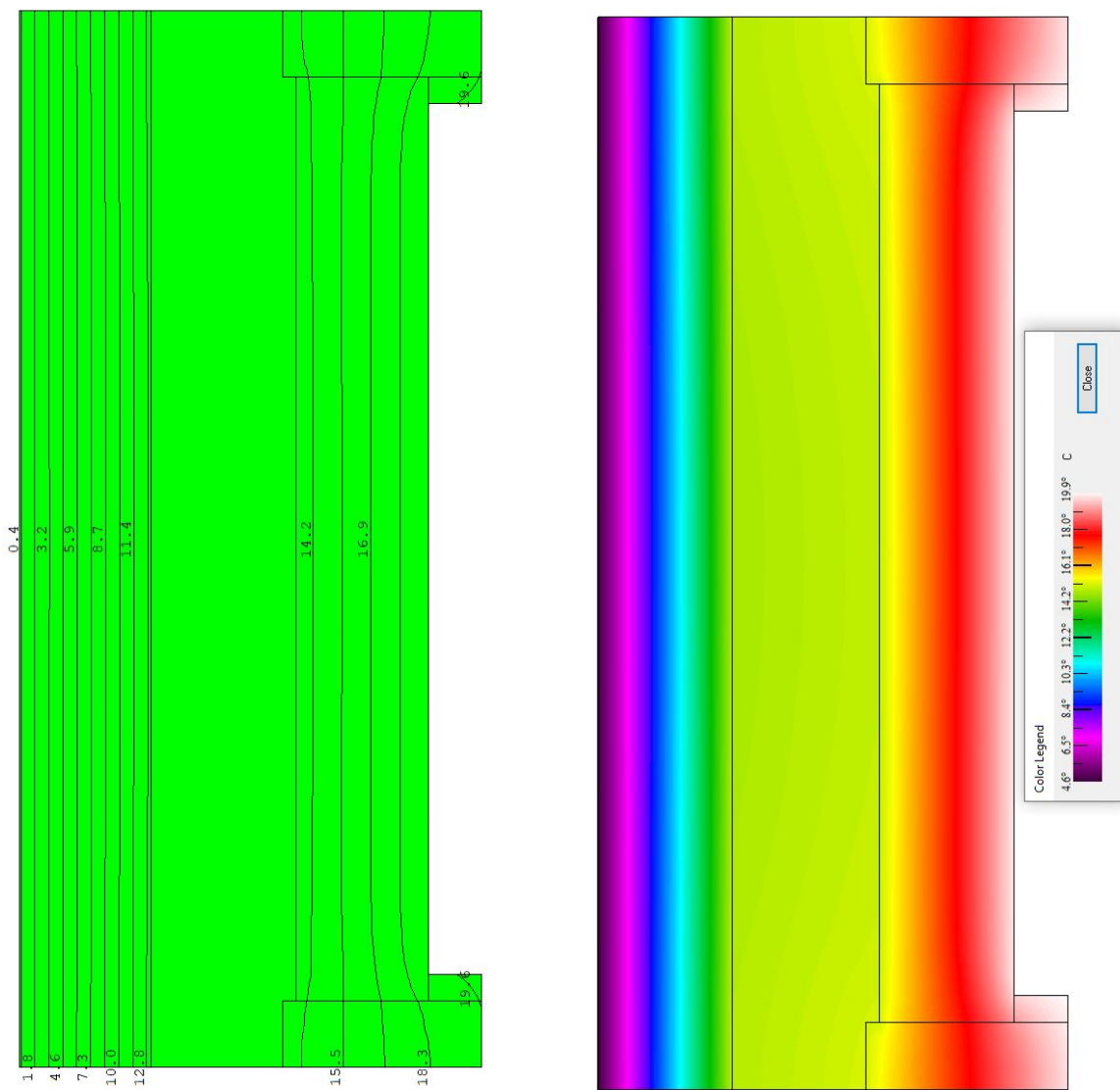


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.48. ábra Módosított sárléc födém (S1*) metszete (saját ábra)

A thermografikus (S1*) ábra értelmezése | $U=0,1930 \text{ W/m}^2\text{K}$

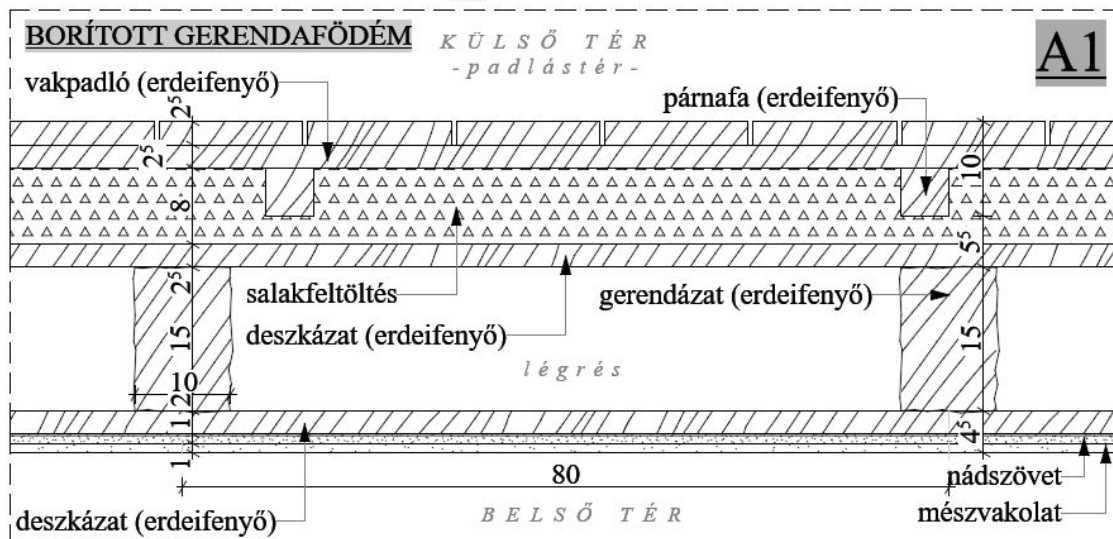
A módosított szerkezet lényegi megoldása (3.48. ábra), hogy gerendaközötti nádállal hőszigeteléssel lett ellátva, melyet segédleccel szorítunk a sárléces szakasz alsó síkjához. A segédlecek rögzítése keményfa csapokkal történik bővítve ezzel a kisméretű (hulladékként jelentkező) keményfa elemek felhasználhatóságának körét, csökkentve a fémanyagíránti szükségletet. A hőáramlási szimuláción „C”-alakban megjelenő, legmagasabb értéket képviselő szakasz a födémgerendázatban található. A jelenség magyarázata, hogy a nagyobb értékű hővezetési tényezőjű faelemen ($0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$) könnyebben történik meg az energiavándorlás ellenben a jobb hőszigetelő képességű, alacsonyabb hővezetési tényezőjű ($0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$) nádállal (lásd 3.76. ábra). További, méréseken alapuló vizsgálatok elvégzése szükséges a gallyzat – mint alacsonyabb önsúlyú hőszigetelő réteg alkalmazása az egyes szerkezetekben. Az erdőgazdálkodási termelés során jelentkező gallyak, ágak, vesszők építőiparban felhasználhatóságát célzó kutatási elképzelés szerint ezen faanyagok további hasznosítási lehetőségeket kínálnak (hőszigetelés, födém szerkezet) (Tóth, 2020b, p. 290).















3.49. ábra Módosított sárléc födém (SI*) thermografikus elemzése (saját ábra)

3.2.4. Borított gerendafödém

Déry szerint a fagerendák tengelytávolsága 0,80 – 1,00 m között változik, a pórfödémhez igen hasonló megoldás azzal a különbséggel, hogy a fagerendák aljára deszkázatot rögzítettek, mely lehetővé tette a síkfelületű mennyezet létrehozását (3.50. ábra). Léteztek kevert megoldású típusok is, mely során pl. a pólyás födémeket alkalmazták a felső deszkázat helyett. Jellemzően (18.-19. században) uradalmi magtárak, istállók födém szerkezete volt, melyen terményt tároltak. Abból a megfontolásból építettek borított gerendafödémeket ezen funkciójú épületekbe, hogy az alsó-, és felső deszkázat közötti légtérben kialakuló légrés képes kiszellőztetni a szerkezetet (Déry, 2010, pp. 29–30). Az alsó deszkázat alkalmazása mind a hőtechnikai, mind az akusztikai értékek javítását is szolgálta (Dr. Gábor, 1988, p. 126). Napjainkban alkalmazott fafödémek is borított gerendafödémeknek tekinthetők ((Bársony, 2018b, p. 225).



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm.földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal

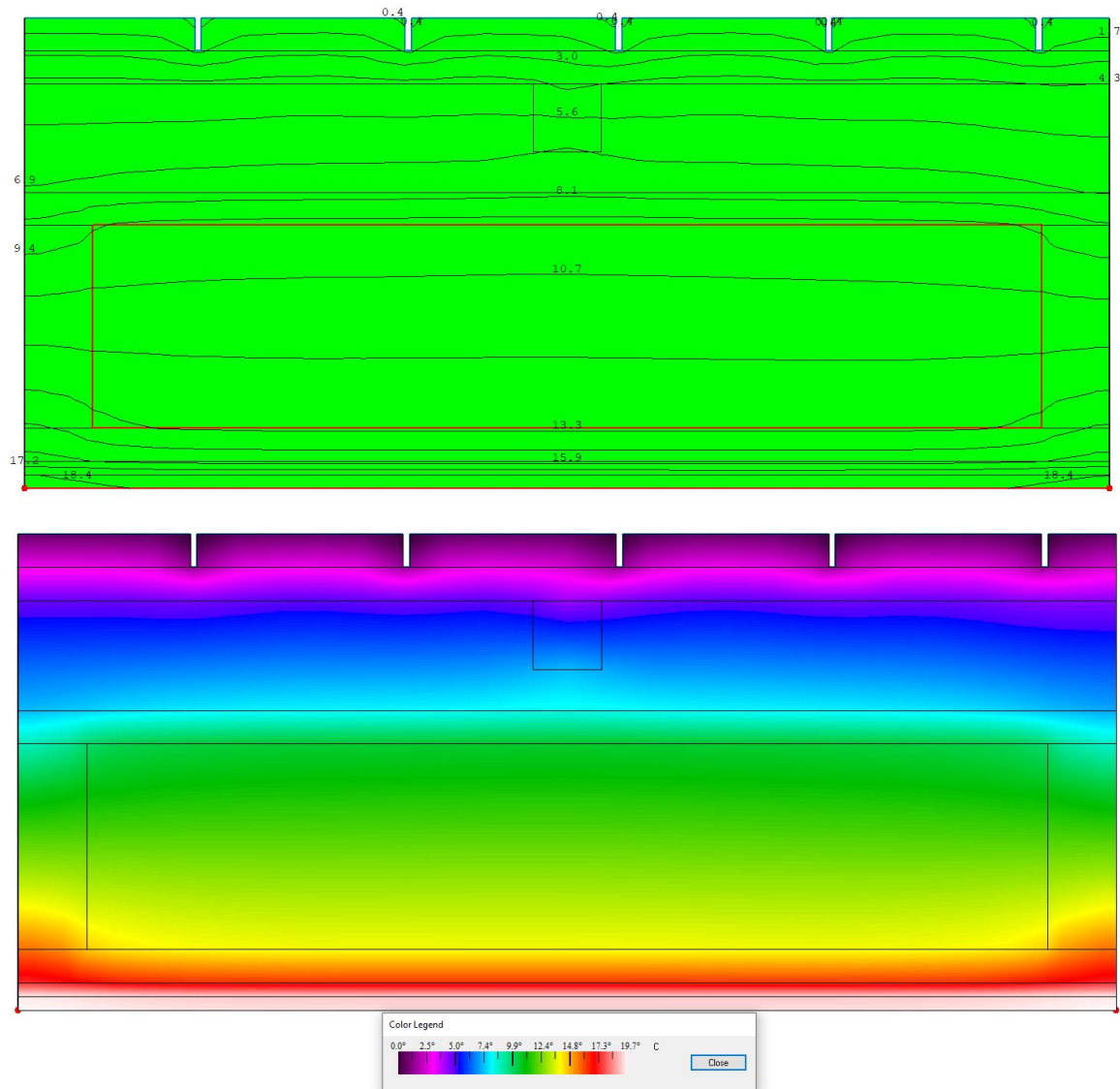


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

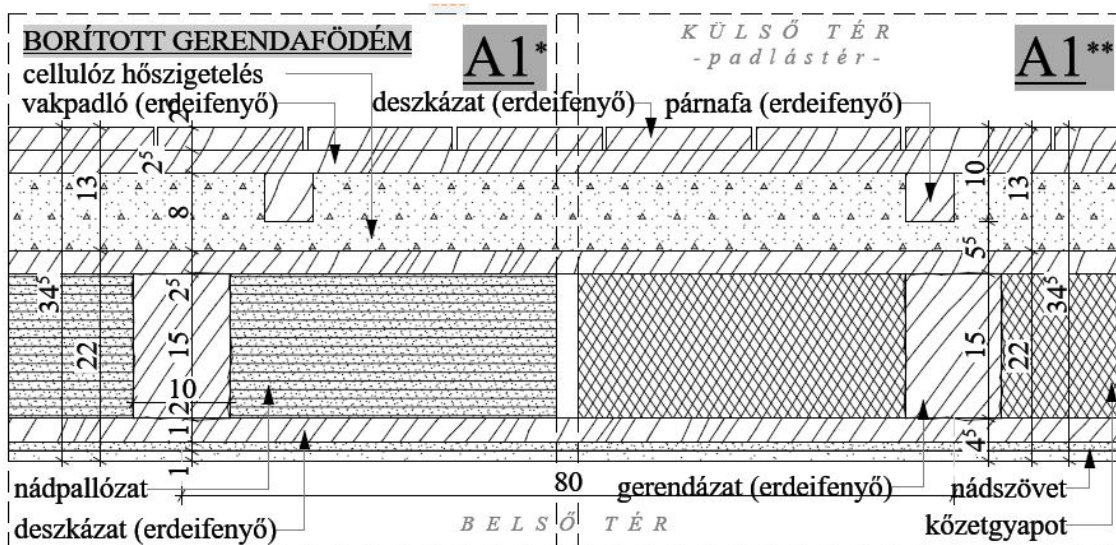
3.50. ábra Borított gerendafödém (A1) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (A1) értelmezése | $U=0,8057 \text{ W/m}^2\text{K}$

Az ábra vizsgálata során egyértelműen kirajzolódik a fa födémgerendázaton keresztül zajló hőáramlásjelensége (lásd 3.51. ábra). Fontos megjegyezni, hogy a szimuláció az építési hibából, építőanyag-egyenetlenségből származó réseken keresztül létrejövő légmozgás következtében kialakuló energiaáramlás nem került vizsgálatra – a valóságban ettől valószínűsíthetően kedvezőtlenebb értékek alakulnak ki. A padlószerkezet párnafáinak osztása szintén mérvadó a fűdém szerkezet kialakítása során annak hőhidat képző szerepe miatt. A szimulációs ábra alapján a párnafák sötétkék színűek, ellenben az azt körülvevő salakfeltöltés világosabb kék színű. Ennek értelmében a jelenlegi rétegrend felépítés alapján a salakfeltöltés kedvezőtlenebb hőszigetelő tulajdonságú a faanyaggal szemben, melyet alátámaszt azok hővezetési tényező által megfogalmazott különböző értékeik. A hőmérsékleti eloszlás viszonylagosan egyenértékű, a szimulációs ábrán a vízszintes hőmérsékleti rétegződés figyelhető meg. Fontos jelenség a fagypont ($0 \text{ }^\circ\text{C}$) kialakulása a belső térben, a deszkázat felső síkjában jelenik meg. Ezek alapján elmondható, hogy a salakfeltöltés hőszigetelő tulajdonsága elégtelen, bizonyosan rétegrendi változtatás szükséges.



3.51. ábra Borított gerendafödém (A1) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal



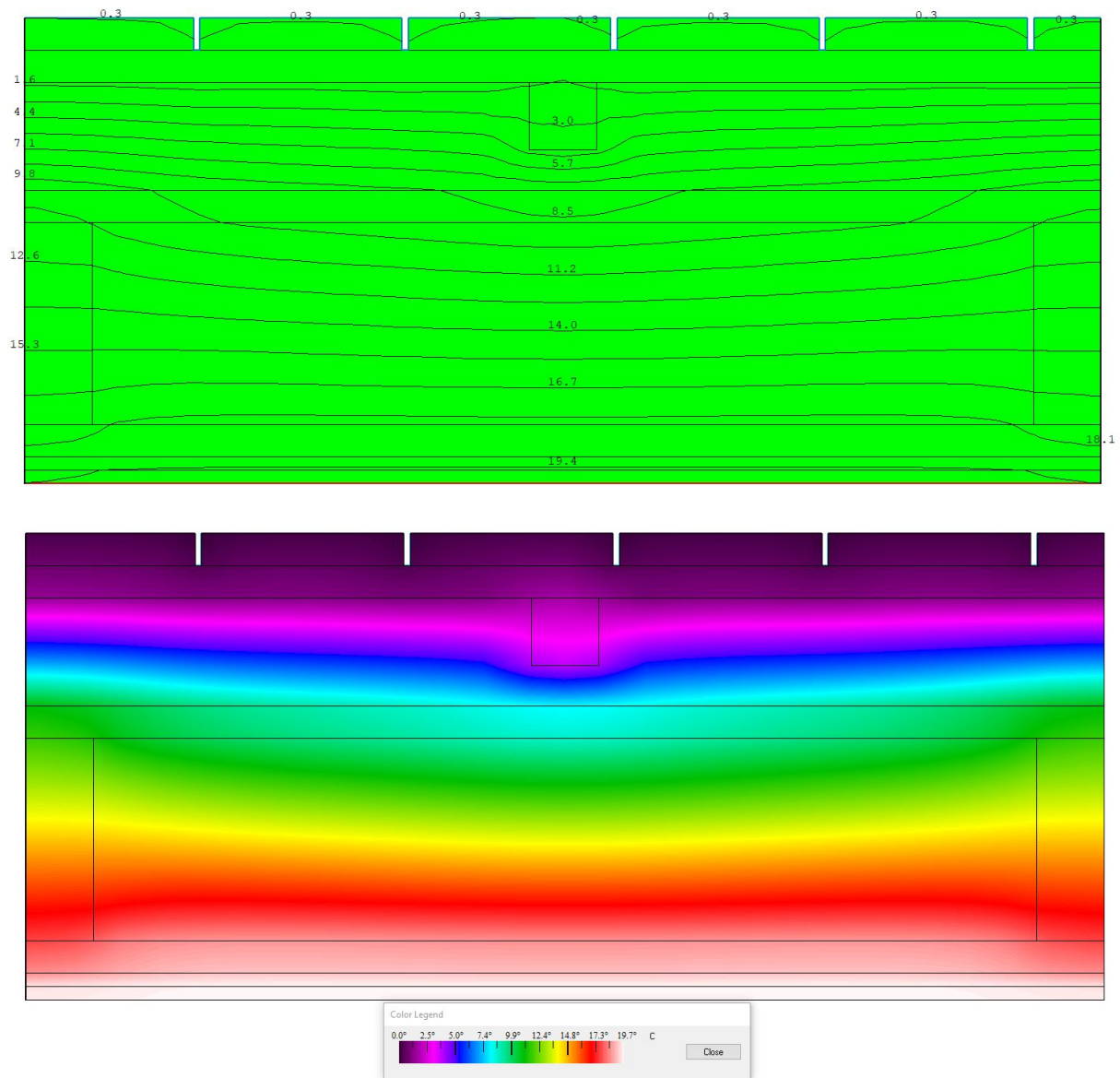
készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.52. ábra Módosított borított gerendafödém (A1* és A1**) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (A1*és A1**) értelmezése | $U_{A1^*}=0,2032 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U_{A1^{**}}=0,1624 \text{ W/m}^2\text{K}$

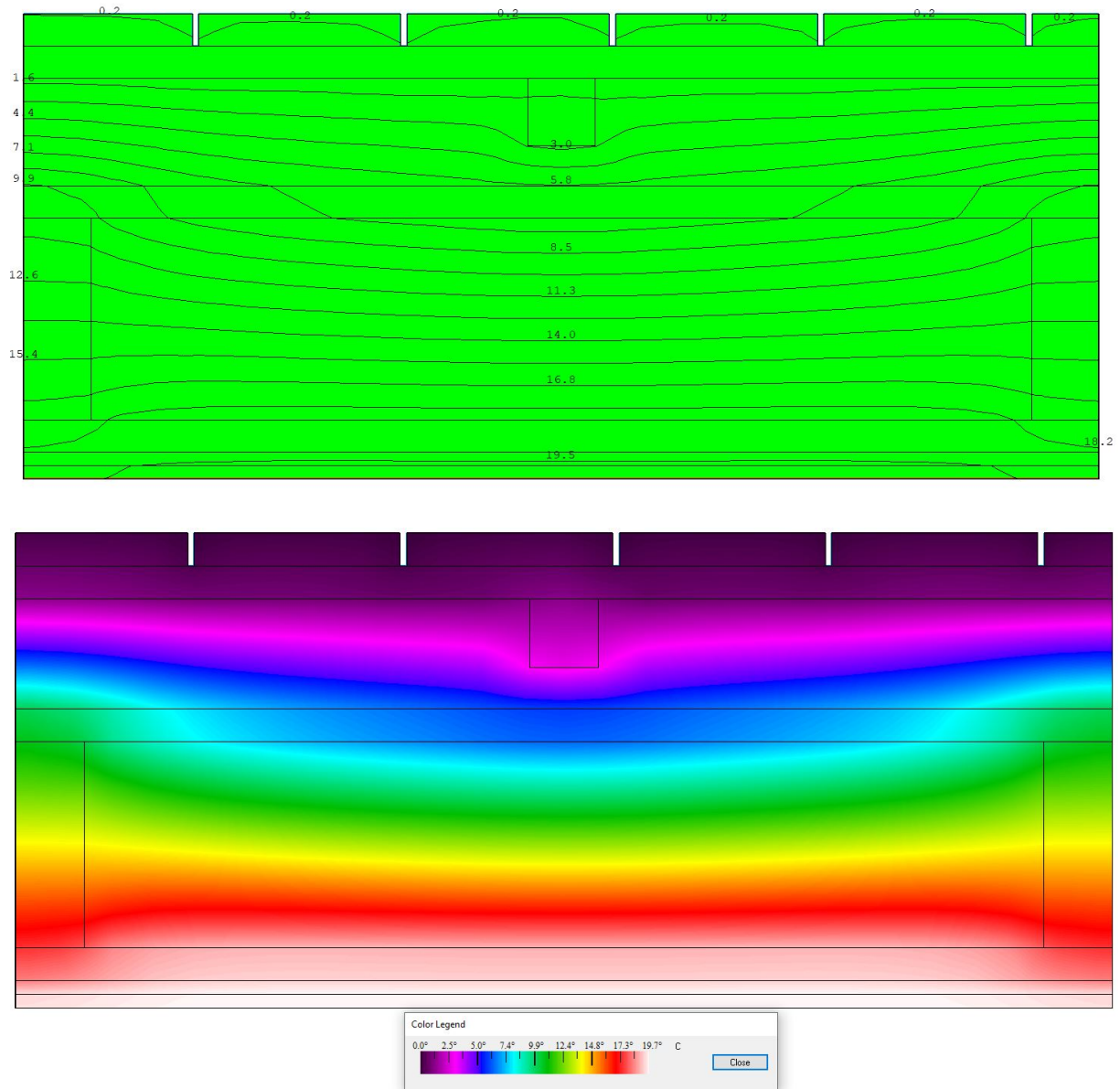
A módosított szerkezetek (A1*, A1**) kétféle megoldást vizsgálnak (lásd 3.53. ábra, 3.54. ábra). Az előbbi megállapítás (A1) következményeként a kohósalak feltöltés helyett (150 kg/m³) cellulóz hőszigetelés kerül alkalmazásra figyelve a kis önsúlyra (50 kg/m³) és jobb hőszigetelő tulajdonságra. A két megoldás fő különbsége, hogy amíg az A1* rétegrendi felépítés gerendák között alkalmazott nádpallózatot tartalmaz, addig az A1** szerkezet kőzetgyapotot. A fagerendázatok és a rajtuk elhelyezett felső deszkaborítás között felületi közvetlen érintkezésből fakadó kifejezett hővándorlás figyelhető meg ellenben az általános mezőközepi szakasszal (felső deszkázat a fagerendák között). Ezek alapján javasolt hőhíd megszakító jelleggel parafalemez alkalmazása az egyes faelemek érintkező felületei között (gerendázat és deszkázat). A padló szerkezet párnafáinak kiosztásának pozíciója szintén megfontolást kíván annak nagymértékű energiatovábbító szerepe miatt (lásd A1*, A1** ábra).

A1* ábra | $U_{A1*}=0,2032 \text{ W/m}^2\text{K}$



3.53. ábra Módosított borított gerendafödém (A1*) thermografikus elemzése (saját ábra)

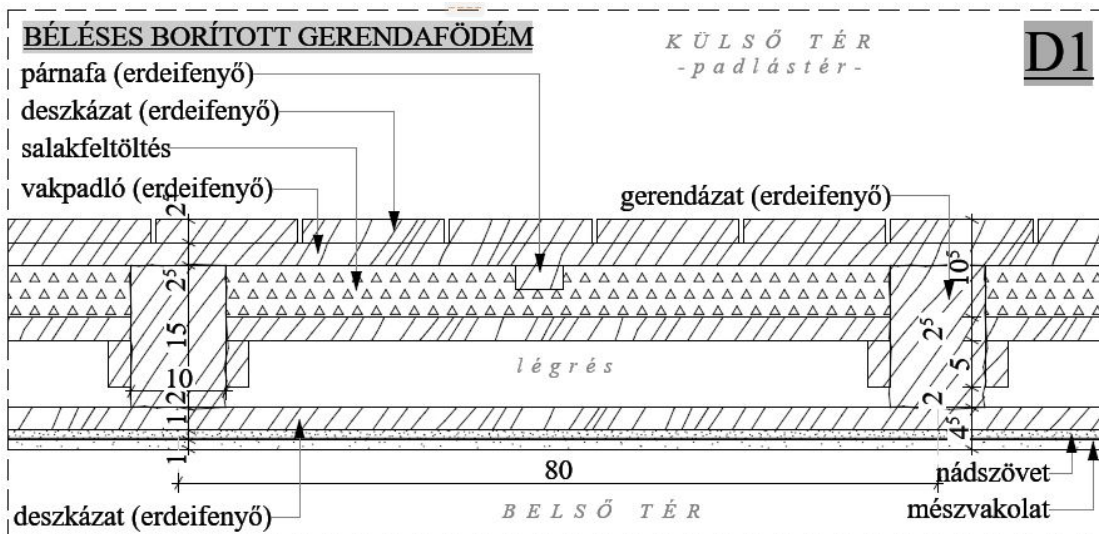
A1** ábra | $U_{A1**}=0,1624 \text{ W/m}^2\text{K}$









3.54. ábra Módosított borított gerendafödém (A1**) thermografikus elemzése (saját ábra) Béléses borított gerendafödém

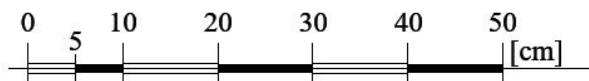
3.2.5. Béléses borított gerendafödém

A borított gerendafödém továbbfejlesztésének következménye a látott szerkezeti kialakítás (3.55. ábra). Az eredetileg pórfödémként készülő szerkezet felső deszkázatának pozíciója a gerendák közé kerül, ezzel biztosítva a feltöltés megtartását – a deszkázatot ezáltal segédlecezéssel szükséges rögzíteni. A megoldás lényeg, hogy kisebb szerkezeti vastagság érhető el (ezzel kedvezve pl. szintközi födémkialakításnak) (Dr. Gábor, 1988, pp. 126–127). Déry szerint ez a megoldás a közbenső deszkázat (vakdeszkázat) és alsó deszkázat együttes jelenléte miatt kedvezőbb hangszigetelő tulajdonságokat biztosít (Déry, 2010, pp. 31–32).



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 fagyapot	 mészvakolat	 vertfal

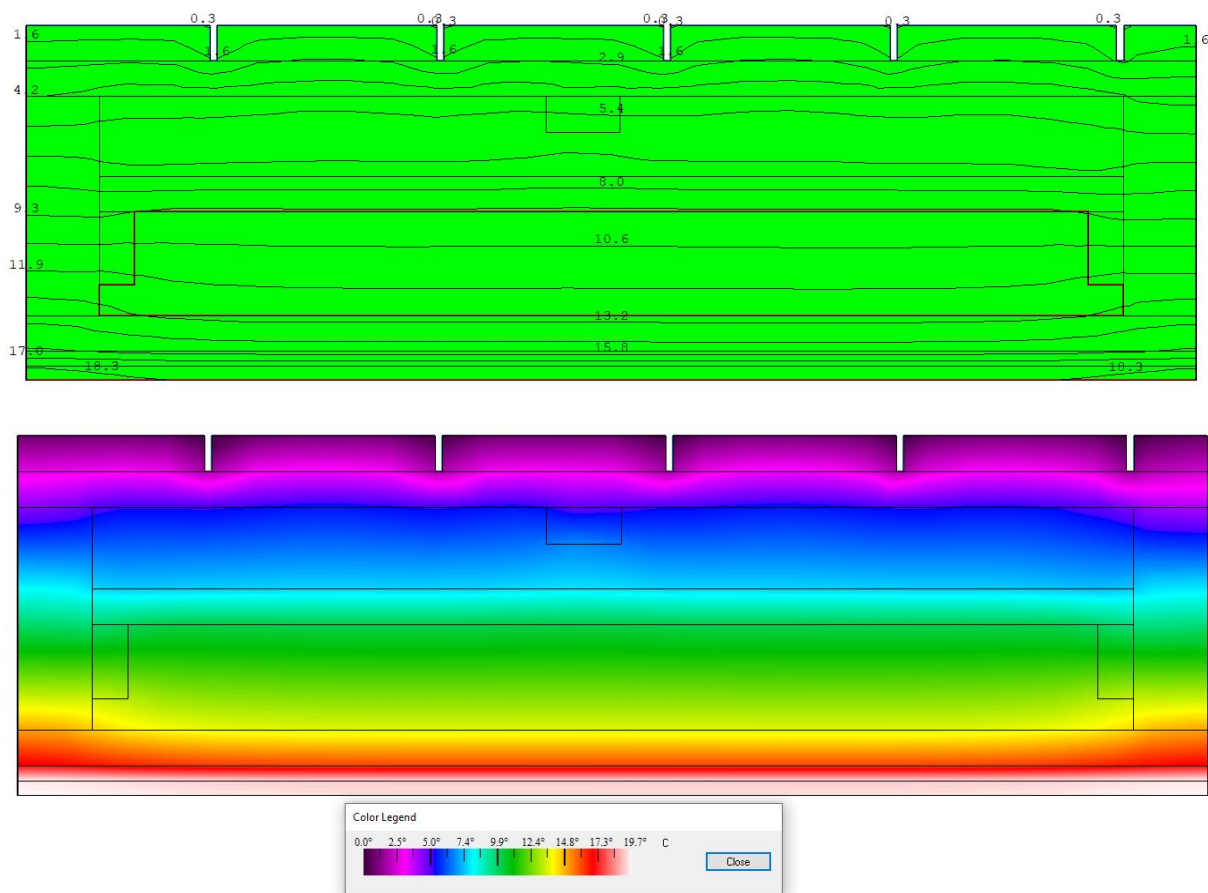


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

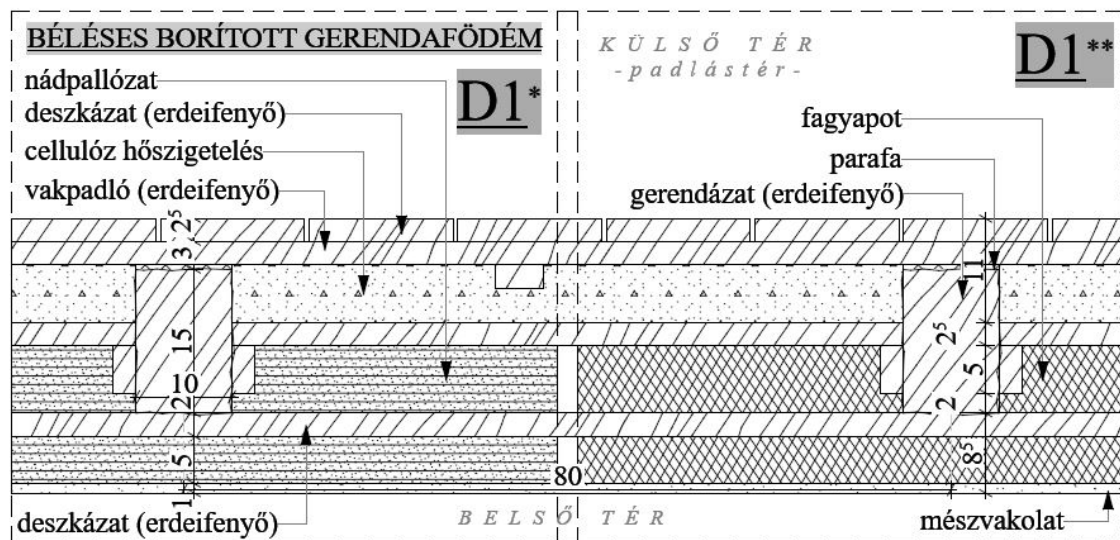
3.55. ábra Béléses borított gerendafödém (D1) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (D1) értelmezése | $U=0,8492 \text{ W/m}^2\text{K}$

Hőmérsékleti értékeket vizsgálva (lásd 3.56. ábra) gradiens, átmenetet képző viszonylagosan egyenletes (vízszintesen megoszló) hőmérsékletkülönbségeket jelző szintartományokat láthatunk. A belső, alsó deszkázat hőmegtartó képessége tapasztalható annak piros színjelölése alapján, mely hőmérsékleti érték a fa födémgerendázat alján már kevésbé tapasztalható (itt kb. $13 \text{ }^\circ\text{C}$ olvasható le). A korábban megnevezésre kerülő vakpadló hőszigetelési tulajdonsága ismételen kedvező kialakítást biztosít az alkalmazott szerkezetnek tekintettel arra, hogy alsó síkján kb. $14 \text{ }^\circ\text{C}$ -os érték látható, ellenben felső síkján már csak kb. $12 \text{ }^\circ\text{C}$. A salakfeltöltés viszonylagosan egyenletes hőmérsékleti értéket mutat (kb. $6 \text{ }^\circ\text{C}$) teljes keresztmetszetében, mely értelmében hőmegtartó képessége igen csekély. A hőáramlás vizsgálata során a fa födémgerendázat kevésbé képez hidat a hővándorlás lezajlásához (kivéve a felületi érintkezések (deszkázatok) lokális részein). Célszerű a feltöltés cseréje kedvezőbb hőszigetelő tulajdonságú anyagra, illetve a közvetlenül érintkező fafelületek hőhíd-megszakítása (pl. parafa lemezek közbeiktatásával).

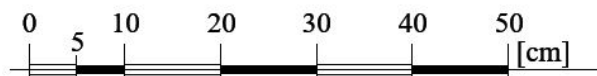


3.56. ábra Béléses borított gerendafödém (D1) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal



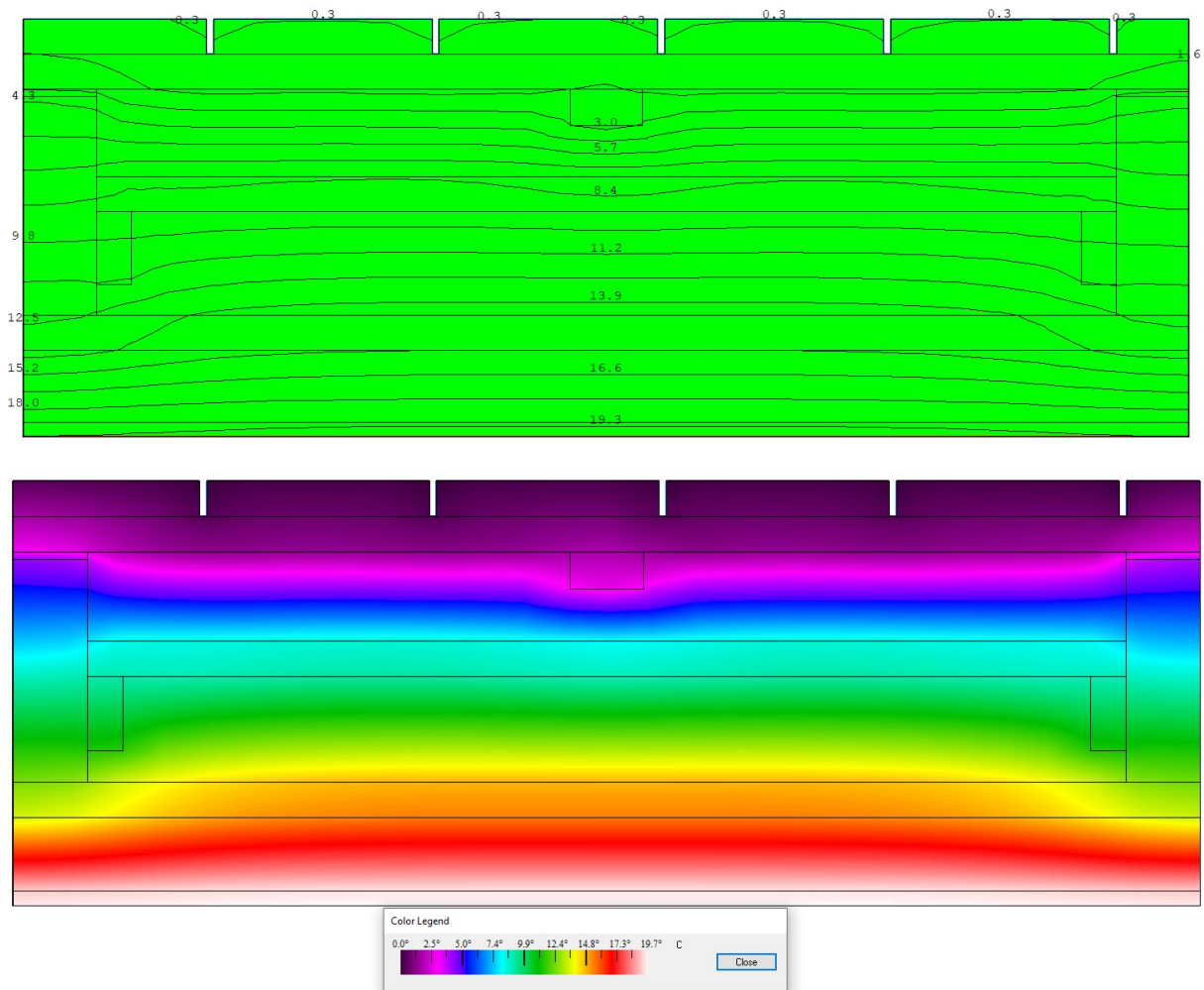
készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.57. ábra Módosított béléses borított gerendafödém (D1*, D1**) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (D1*, D1**) értelmezése | $U_{D1^*}=0,2694 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U_{D1^{**}}=0,2016 \text{ W/m}^2\text{K}$

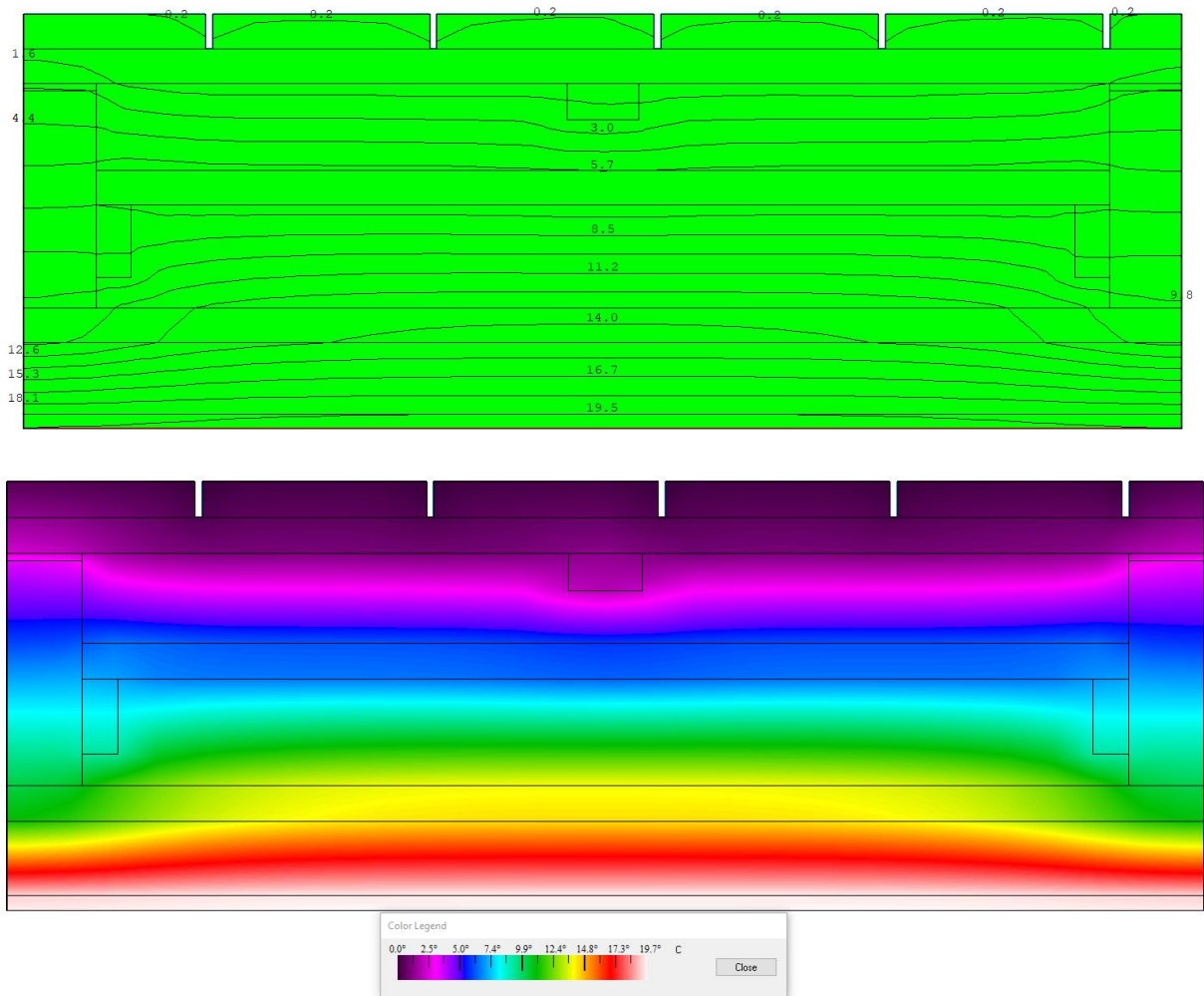
A módosított szerkezetek (D1*, D1**) az eredeti szerkezet (D1) légrését hasznosítja hőszigetelő tulajdonságú építőanyag alkalmazásával, illetve a födém szerkezet alsó síkján kiegészítő, belső hőszigetelés kerül kialakításra a felső födém sík járhatóságának megőrzése érdekében (lásd 3.57. ábra). Hőáramlási vizsgálatok során megállapítható, hogy a fa födémgerendázat képez hőhidat a szerkezetben. A közbeiktatott parafalemezek hőhídmegszakító tulajdonsága láthatóan érvényesül. Javasolt az alkalmazott parafalemez vastagságának növelése a statikai lehetőségek figyelembevételével, illetve beépítése a fa födémgerendázat és az alsó deszkázat közé. A födémgerendázat alsó síkja és az alsó deszkázat között igen magas hőáramlás tapasztalható, mely alapján érdemes itt is alkalmazni a parafa lemezek hőhídmegszakító tulajdonságát. A padló szerkezet párnafáinak kiosztása az előzőkhez képest módosításra került: a fa födémgerendázattól távolabb, mező közepbe pozicionálva annak érdekében, hogy kevésbé érvényesülhessen annak energiatovábbító tulajdonsága. A D1** elnevezésű szerkezetben alkalmazott fagyapot belső oldali (alsó síkon) hőszigetelése jobban csökkenti a fagerendázat hőhidat képező tulajdonságát összevetve a D1* szerkezet nádpallózatával (lásd 3.58., 3.59. ábra).

D1* szerkezet | $U_{D1*}=0,2694 \text{ W/m}^2\text{K}$



3.58. ábra *Módosított béléses borított gerendafödém (D1*) thermografikus elemzése (saját ábra)*

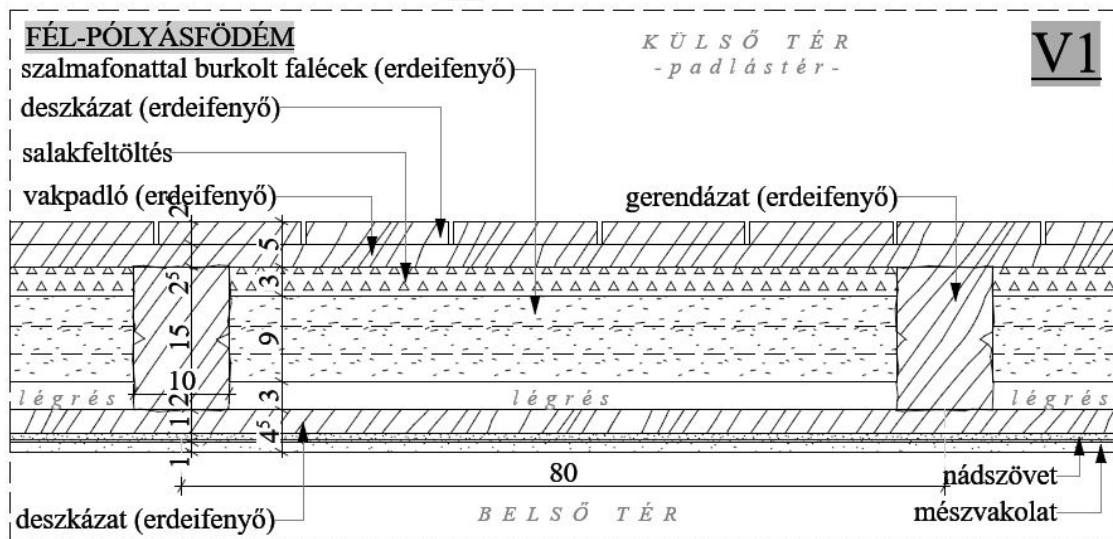
D1** szerkezet | $U_{D1**}=0,2016 \text{ W/m}^2\text{K}$

















3.59. ábra *Módosított béléses borított gerendafödém (D1**) thermografikus elemzése (saját ábra)*

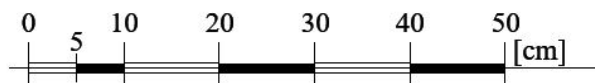
3.2.6. Fél-pólyásfödém

Déry szerint a **fél-pólyásfödém** olyan födém szerkezeti megoldás, mely során a „gerendaközökbe szalmafonattal burkolt karókat építettek be” (pólyásfödém). Ezen födém szerkezeti megoldásnak két típusa volt ismert: a gerendák fele magasságában elhelyezett pólyafás (fél-pólyás) födém, illetve a gerendasor alsó síkjához igazodó egész-pólyásfödém. A fél-pólyásfödém tartószerkezeti legkedvezőbb, mivel kevesebb salakfeltöltést tartalmaz – ezáltal kisebb súlyterhelésnek kell megfelelniük az egyes alkotóknak (gerendázat, karók stb.) (3.31. ábra). Különböző építőanyagokból előállított, szegmensívvel épített fagerenda-közöket kitöltő építőelemes födém szerkezetek is készültek – üreges téglá és homokfeltöltéssel. Ettől egyszerűbben kivitelezhető megoldás volt a kötésben kialakított mezőkitöltéses tartók – azonban, erőtanilag szerencsétlenebb a lokális terhelések okozta tönkremenetel miatt. A „betétes” födém – ellenben, hogy népi építészetünkre nem vagy csak kissé jellemző igen ígéretes továbbfejlesztési lehetőségeket fogalmazhat meg (2010, pp. 34–37). A feltöltés Gernot szerint készülhet könnyűvályogból is (Birkhauser, n.d., p. 88).



Anyagjelölés

 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm.földfelt.
 fagyapot	 mészvakolat	 vertfal

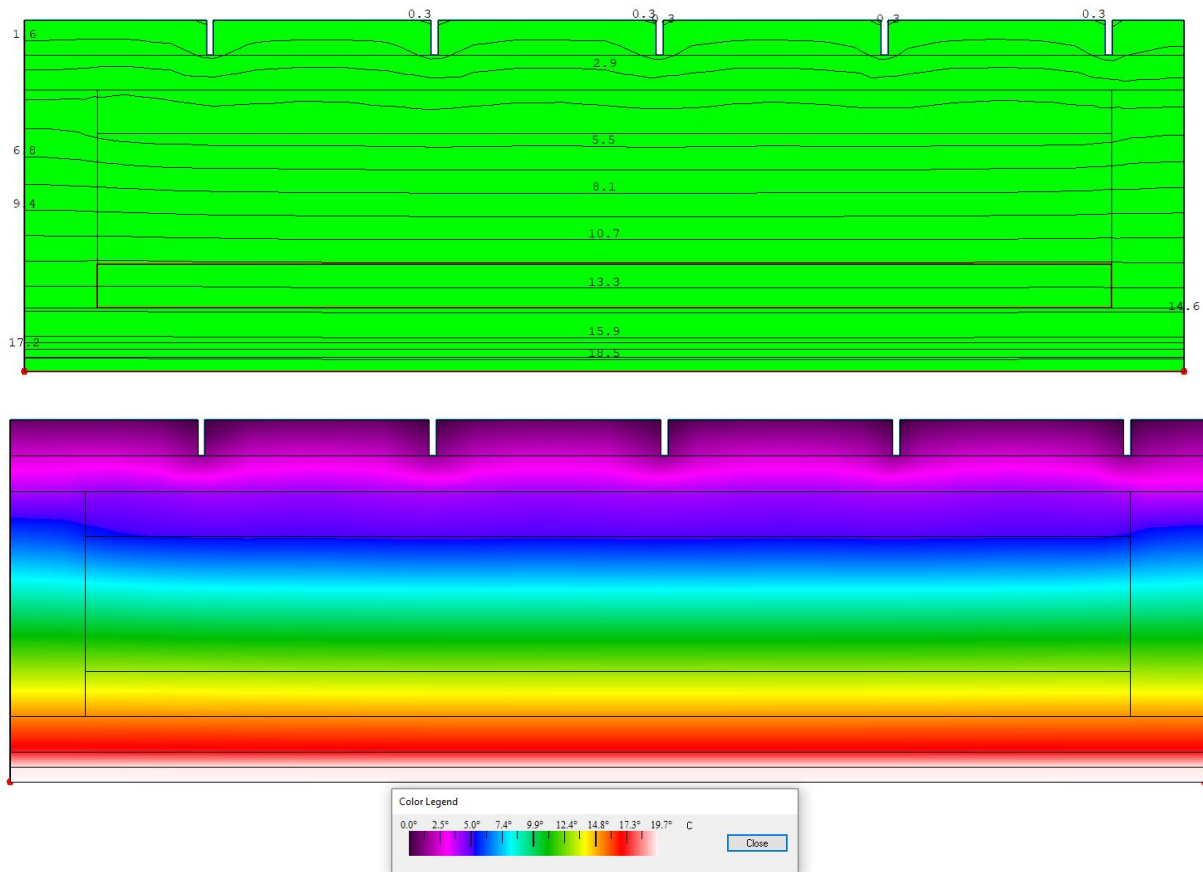


készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

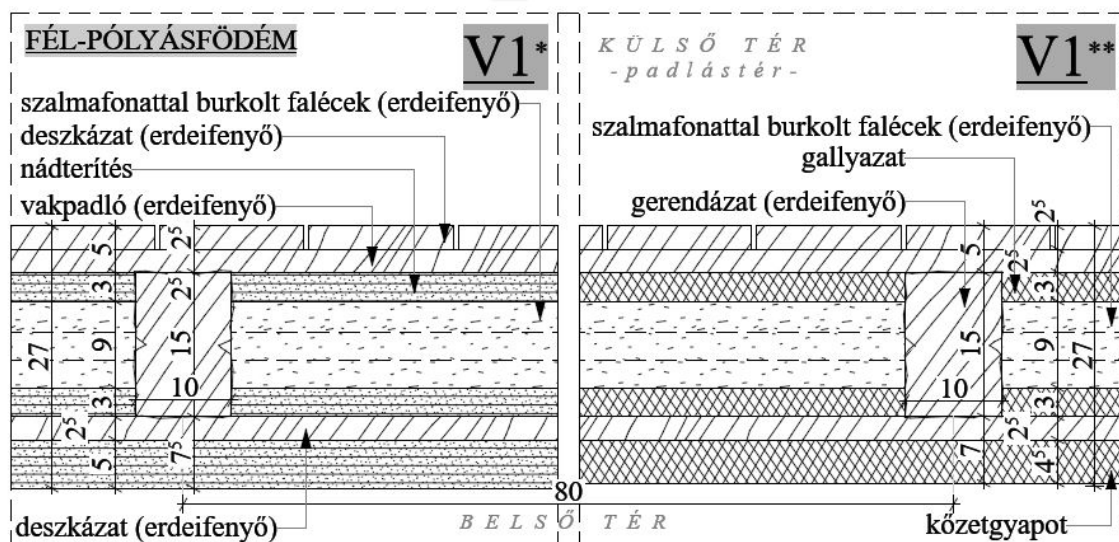
3.60. ábra Fél-pólyásfödém (V1) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (V1) értelmezése | $U=0,6836 \text{ W/m}^2\text{K}$

A hőmérsékleti elemzés során szemrevételezhető (lásd 3.61. ábra), hogy a teljes födémszerkezet keresztmetszetében vízszintes irányú, egyenletes és jól tagolt hőmérsékleti zónák alakultak ki. A fa födémgerendázat alsó síkján mért hőmérsékleti érték kb. $+15 \text{ }^\circ\text{C}$, felső síkjánál pedig kb. $+3 \text{ }^\circ\text{C}$. A faszerkezet hőközvetítő tulajdonsága tehát egyértelműen igazolást nyer, mely a további fejlesztési kívánalmakat fogalmazza meg (az előzőekben is tapasztalt közvetlenül érintkező fafelületek hőhíd-megszakítása szükséges). A salakfeltöltés lényegi hőszigetelő tulajdonsággal nem rendelkezik az egész födémszerkezet egészét tekintve. A födémszerkezet egészét vizsgálva látható, hogy az alkalmazott szalmafonattal burkolt lécek hőszigetelő tulajdonsága nem kielégítő (alsó síkján mért hőmérséklet kb. $+10,5 \text{ }^\circ\text{C}$, felső síkján $+5 \text{ }^\circ\text{C}$. Az alkalmazott szalmafonat (és vályogos rögzítése) korszerűsítendő.



3.61. ábra Fél-pólyásfödém (V1) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm.földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal



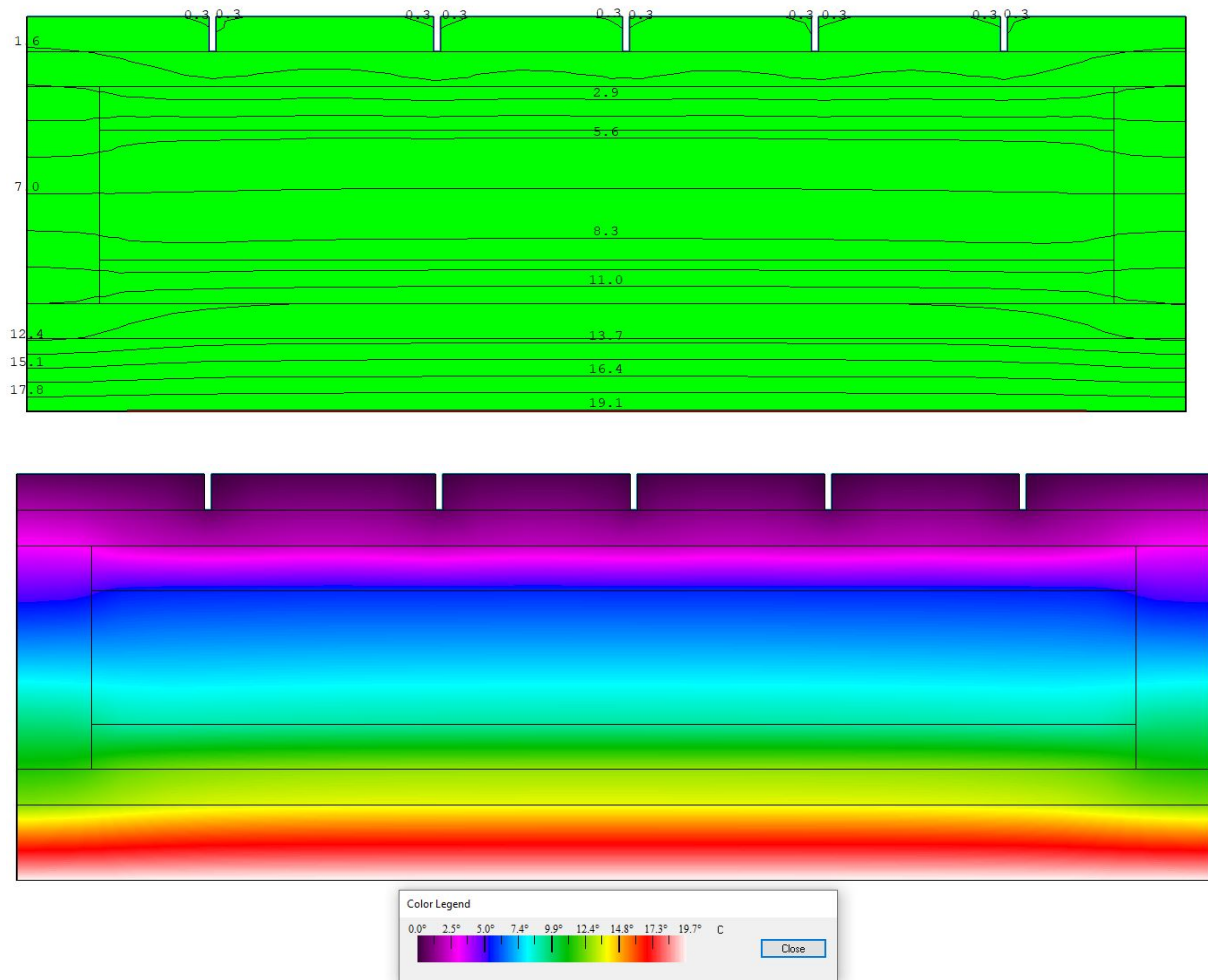
készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.62. ábra Módosított fél-pólyásfödém (V1*, V1**) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (V1*, V1**) értelmezése | $U_{V1^*}=0,3656 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U_{V1^{**}}=0,2493 \text{ W/m}^2\text{K}$

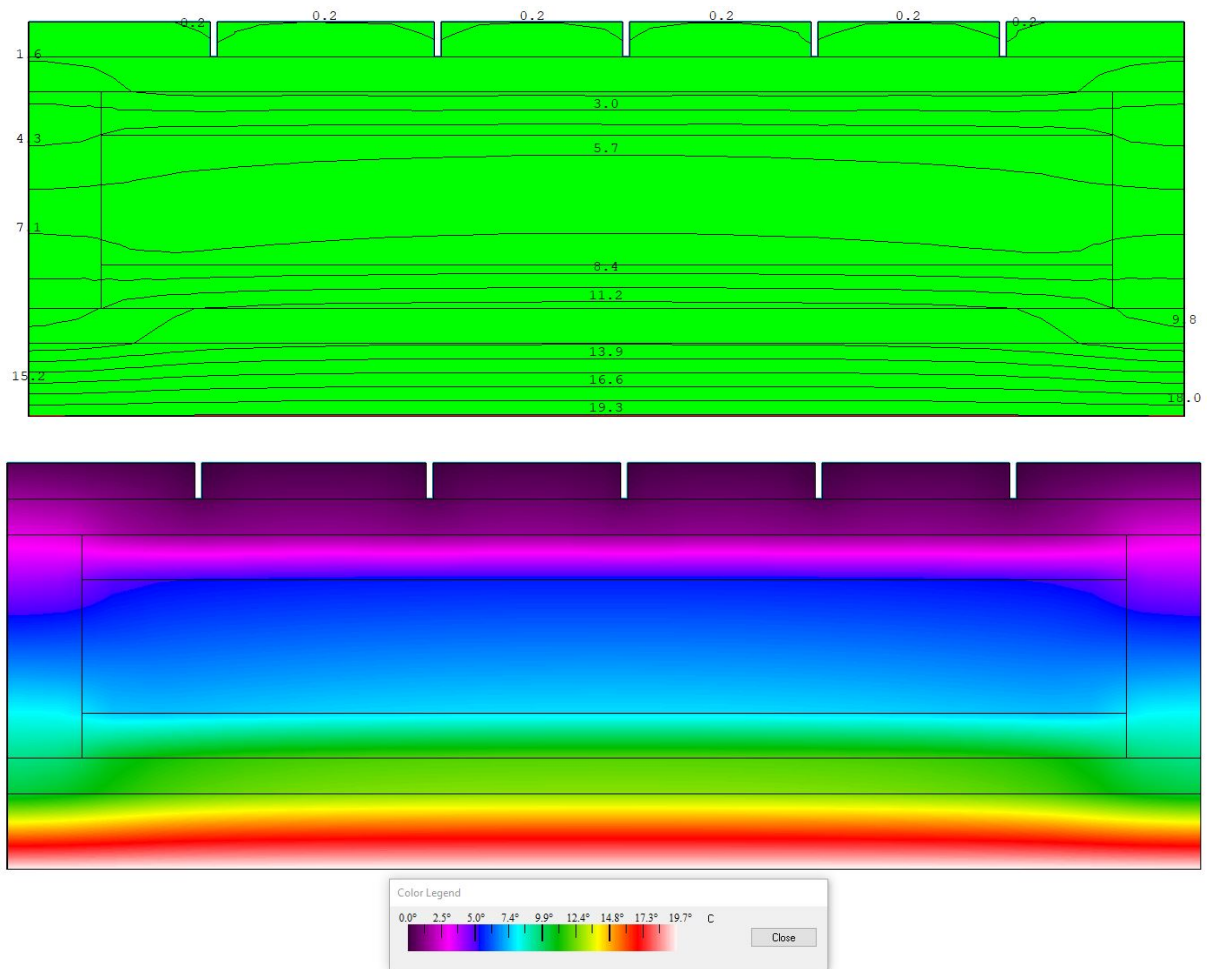
A módosított szerkezet (V1*, V1**) a meglévő födémvastagságot csak kisebb mértékben növeli, többek között az alsó síkon alkalmazott belső oldali hőszigeteléssel kísérel meg korszerűsíteni azt. A légrés és salakfeltöltés leváltásra került, helyükre hőszigetelő anyag (kőzetgyapot (V1**), nádpalló (V1*)) került kialakításra. A feltöltés korábban tapasztalt, hőszigetelés szempontjából szerény eredményei miatt kiváltásra került szintén kőzetgyapot vagy nádpallózat közbeiktatásával (lásd 3.62. ábra). A gallyazat alkalmazásának pontosabb vizsgálatához szükséges annak mélyreható vizsgálata. A hőáramlást szemléltető szimulációs ábrán jól megfogalmazható a fa födémgerendázat hőhídképző szerepe és a közvetlenül csatlakozó (alsó-, és felső síkján) fadeszkázat hőhíd-megszakításának szükségessége.

V1* szerkezet | $U_{V1*}=0,3656 \text{ W/m}^2\text{K}$



3.63. ábra *Módosított fél-pólyásfödém (V1*) thermografikus elemzése (saját ábra)*

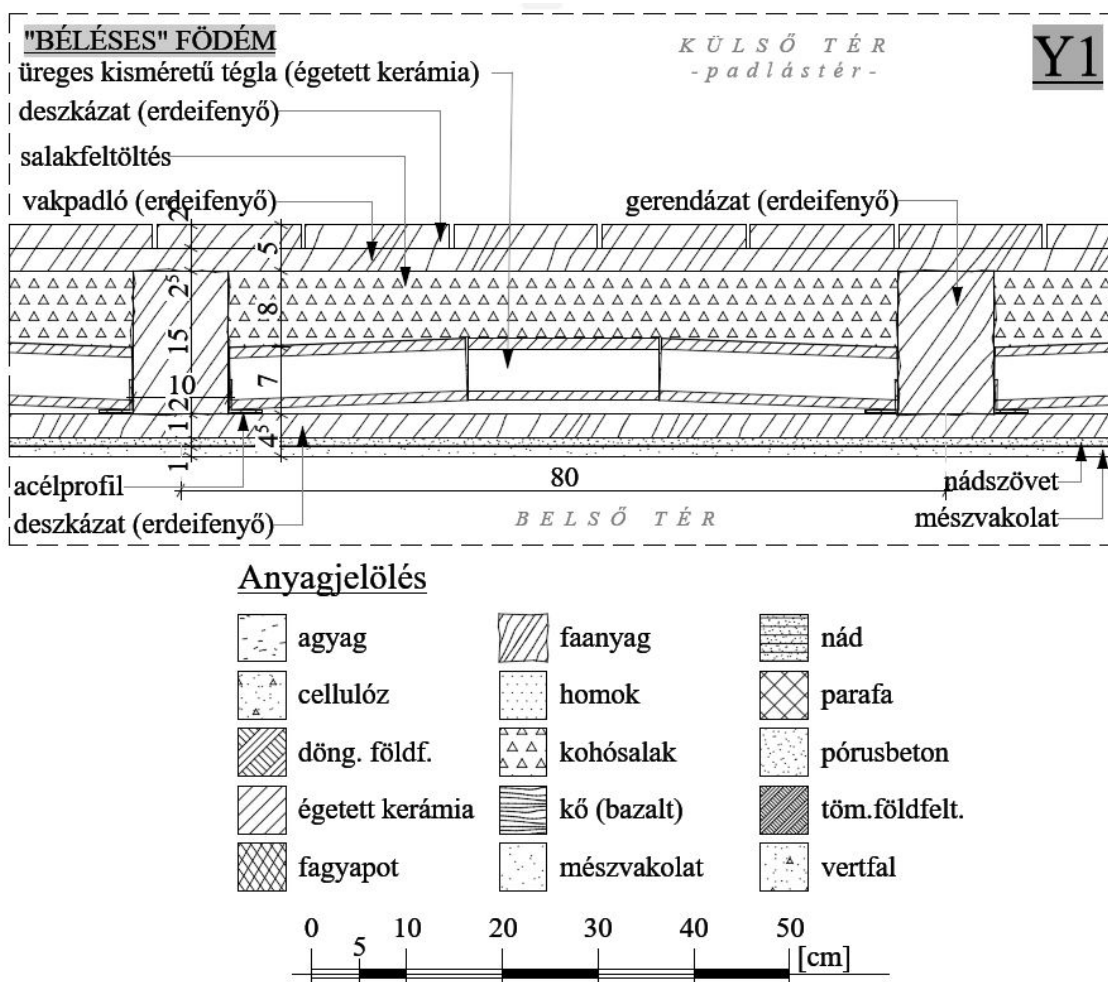
V1** szerkezet | $U_{V1**}=0,2493 \text{ W/m}^2\text{K}$



3.64. ábra Módosított fél-pólyásfödém (V1**) thermografikus elemzése (saját ábra)

3.2.7. „Béléses” födém

Déry szerint a 19. században alkalmazott építőgyakorlat kísérletezéséből fakadóan jött létre a födém szerkezet (lásd 3.65. ábra). A kísérletezés a fagerendák beton, vas illetve téglá építőanyagok alkalmazását jelentette a gerendák közeit kitöltendő megoldást biztosítva. A cél a gombásodásnak és nedvességnek jobban ellenálló szerkezetek létrehozása volt. A gerendák közé ívesen kialakított boltozatok voltak leginkább jellemzőek a poroszszüveg födémhez hasonlóan. A boltozat készítéséhez üreges téglát, üreges betonelemek is alkalmaztak, melyeket a gerendaperemekbe, vagy azokba csapolt segéd tartókba, esetleg azokhoz rögzített szögacélokra ültettek. Könnyű (gipsz, tufa, habkő) betételemekekkel is kísérleteztek a kor építőmesterei. „A második világháború után a gyors újjáépítés és a romok között megmaradt és felhasználható faanyagok – elsősorban a tetőszerkezetek „feleslegesnek” tartott kötőgerendái – ehhez hasonló szerkezeteket is ihlettek.” (Déry, 2010, p. 36).



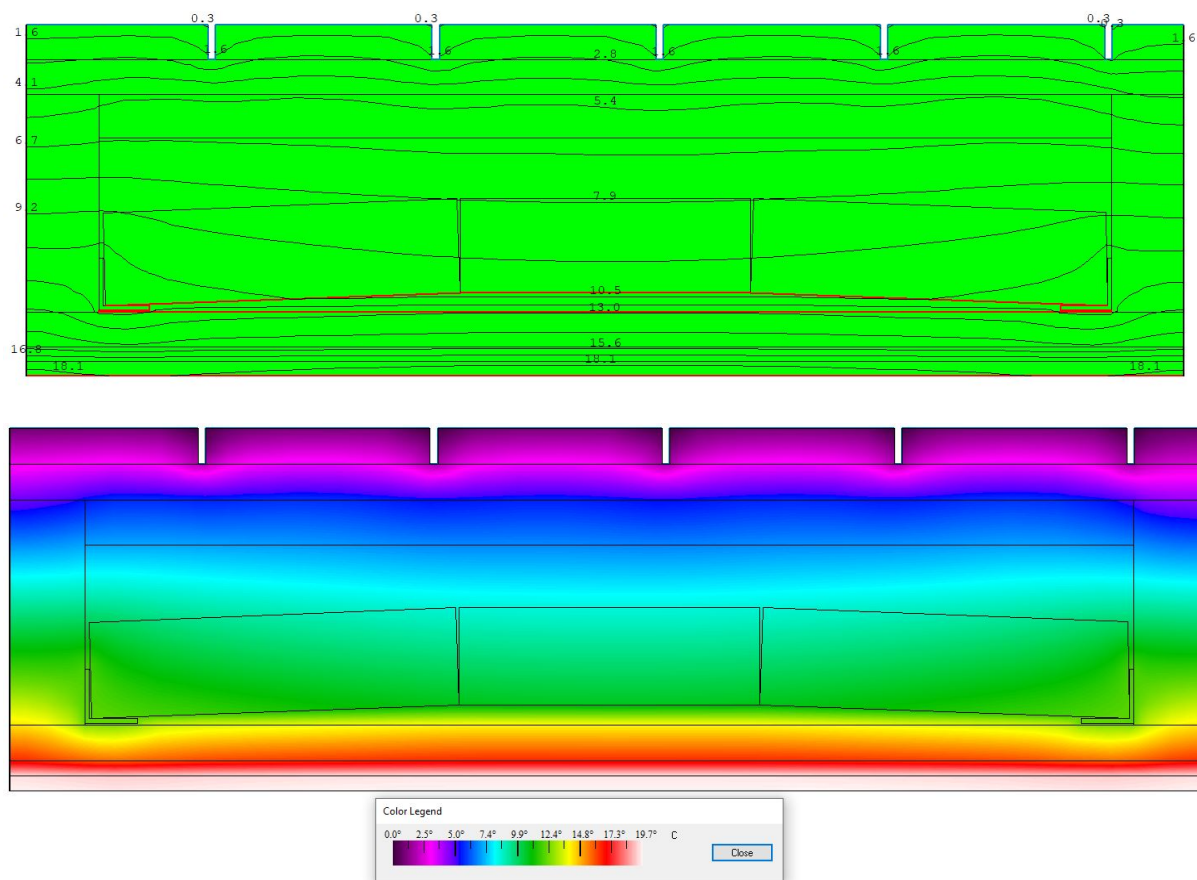
készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.65. ábra „Béléses” födém (Y1) metszete (saját ábra)

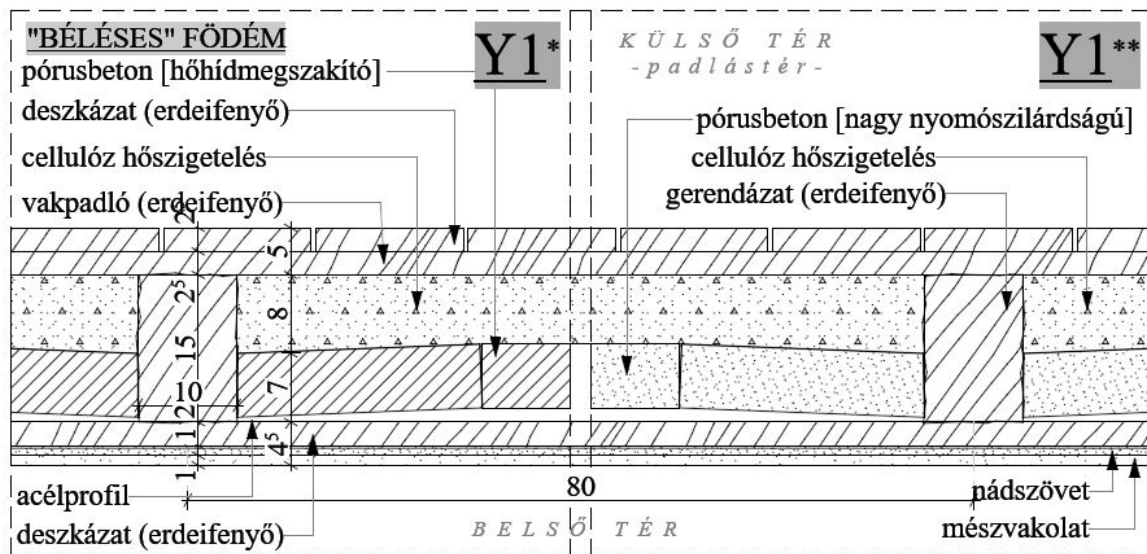
Ezen fűdészerkezeti megoldás vizsgálata többek között azért is fontos a kutatás szempontjából, mert boltozott kialakításából adódóan beépíthetők olyan nyomásra igénybe vehető elemek is, melyek a húzó igénybe vételeknek kevésbé tudnak ellenállni, illetve alkalmazhatók olyan kiselemes (akár hulladékként megjelenő) építőanyagok is, melyek alkalmazásával csökkenthetjük a nyersanyagok iránti szükségletünket.

A thermografikus ábra (Y1) értelmezése | $U=0,8879 \text{ W/m}^2\text{K}$

A korábban tapasztalt salakfeltöltés csekély hőszigetelő tulajdonsága tapasztalható a hőmérsékleti viszonyokat elemző ábrán (3.66. ábra). A megközelítőleg egyenletes hőmérsékleti értéket mutató (kb. $0 \text{ }^\circ\text{C}$ és $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ között) feltöltés hőmérsékleti értéke a fa fűdémgerendázat közelében változik meg az attól nagyobb hőmérséklettel rendelkező (kb. $+6 \text{ }^\circ\text{C}$) fagerenda közvetlen kapcsolata miatt. A feltöltés javítása, cseréje célszerű. A boltozott szakasz téglaelemének közvetlen érintkezése a fagerendázattal hőhidat képez (erős közvetítő közeg az acél segéd tartó szerkezet („L”-profil). Hőhid-megszakító szerkezeti elemek közbeiktatása indokolt. A téglaelemek a szimuláció során a kedvezőtlenebb kialakítással lettek figyelembe véve, nevezetesen amikor kisméretű tömör téglát alkalmazásra (ellenben az üreges téglák üregeinek légtartalmából fakadó kedvezőbb hőtulajdonságával). Fontos tartószerkezeti szempontból megjegyezni, hogy az üregekben található levegő jelenléte miatt az üreges elemek kisebb terhet képeznek a fűdémgerendázatnak (nyomószilárdsági értékeik éppen ebből adódóan szerényebbek) (lásd 3.66. ábra).



3.66. ábra „Béléses” fűdém (Y1) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal



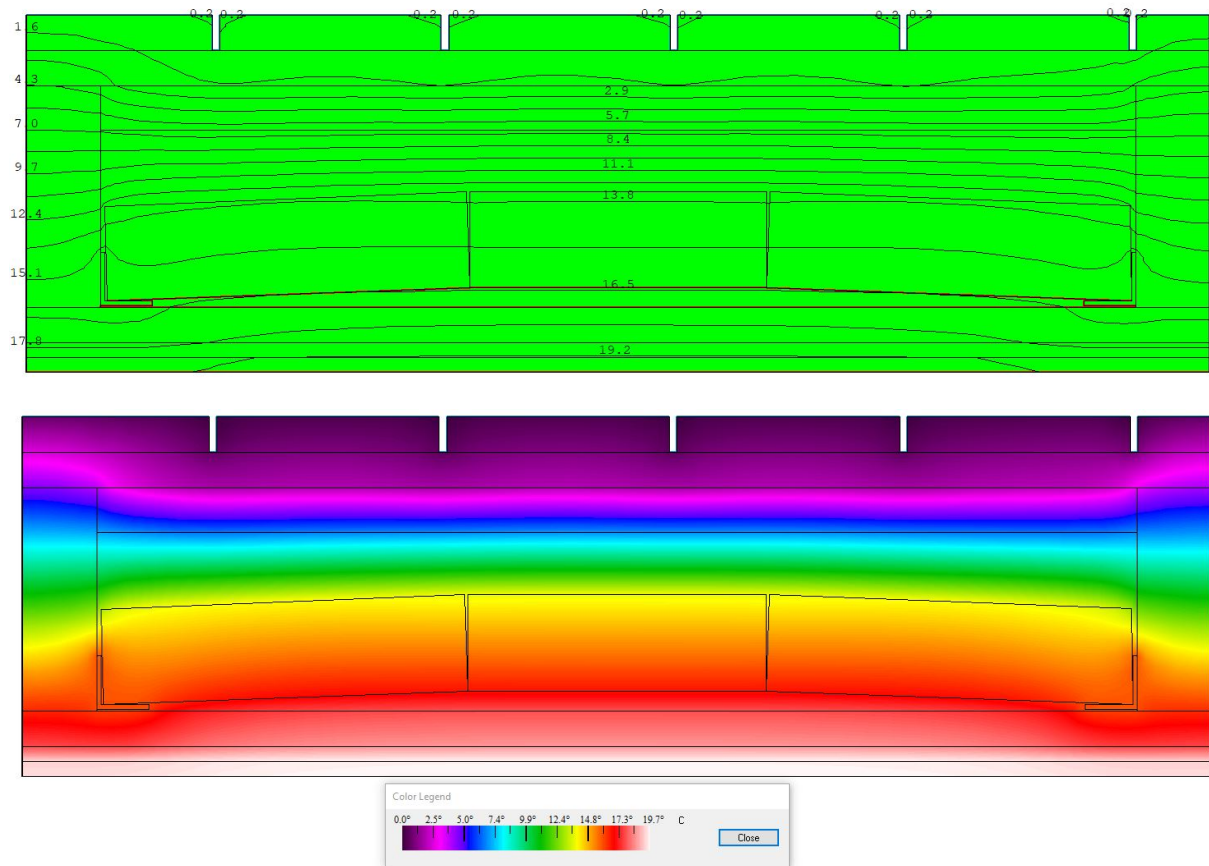
készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.67. ábra Módosított „béléses” födém (Y1*, Y1**) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (Y1*, Y1**) értelmezése | $U=0,3675 \text{ W/m}^2\text{K}$

A módosított szerkezetek (Y1*, Y1**) lényegi módosítása (lásd 3.67. ábra) a feltöltés cseréjén és a nyomó igénybevételre kialakított boltozott elemek (tégla) kiváltásán alapul (kedvezőbb hővezetési tulajdonságú (hőhíd megszakító: $0,142 \text{ W/(mK)}$, nagy nyomószilárdságú: $0,142 \text{ W/(mK)}$ elemre) (3.76. ábra). A hőmérsékleti értékek vizsgálata során jól látható, hogy az alsó deszkázat és az azon alkalmazott nádterítés vakolattal a belső hőmérséklet ($+20 \text{ °C}$) jelentős részét felveszik (ábrán folyamatos piros színjelöléssel). Ezen hőhatás a fagerendázat alsó síkján csökkentett értékkel de tapasztalható (kb. $+15 \text{ °C}$). Ezen jelenség vizsgálata a hőáramlási értékek alapján alátámasztja a hőhidasság jelenségét. Ebből adódóan javasolt parafalemezek alkalmazása a közvetlen hő-, és energiaátadás jelenségének mérséklésének érdekében. A szimuláció azt az egyértelmű jelenséget bizonyítja, hogy egyforma hővezetési tényezőjű

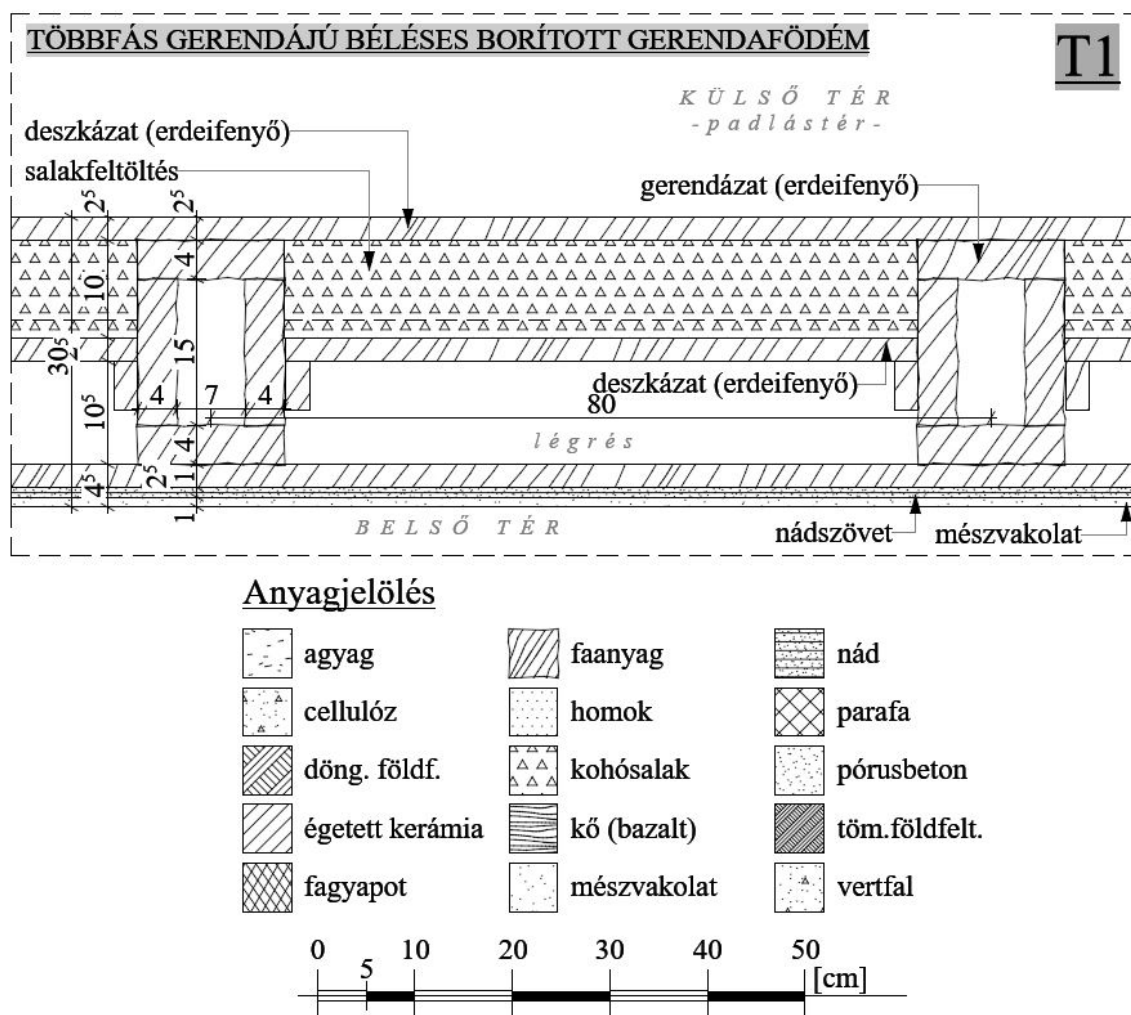
építőanyag alkalmazása mellett hasonló hőátbocsátási tényezőjű szerkezet alakítható ki – azonban érdemes a nagyobb nyomószilárdsági értékkel rendelkező építőanyag alkalmazása tekintve annak kedvezőbb tartószerkezeti tulajdonságaira (lásd 3.68. ábra).



3.68. ábra Módosított „béléses” födém (YI*, YI**) thermografikus elemzése (saját ábra)

3.2.8. Többfás gerendájú béléses borított gerendafödém

A kialakított szerkezeti megoldás erőtanilag (tartókeresztmetszetben) és (faanyagban) gazdaságosabb lehetőségeket kínál – ámbár Gábor szerint hazánkban ez nem igen terjedt el (Dr. Gábor, 1988, p. 127) (3.69. ábra). Dr. Széll szerint többek között összetett keresztmetszetű tartót akkor alkalmazunk, amikor nem áll rendelkezésünkre megfelelő keresztmetszetű gerendázat, illetve fagazdaságossági szándékból. (1957, pp. 276, 308), melyet Dr. Palotás is megerősít (1965, pp. 113–114).



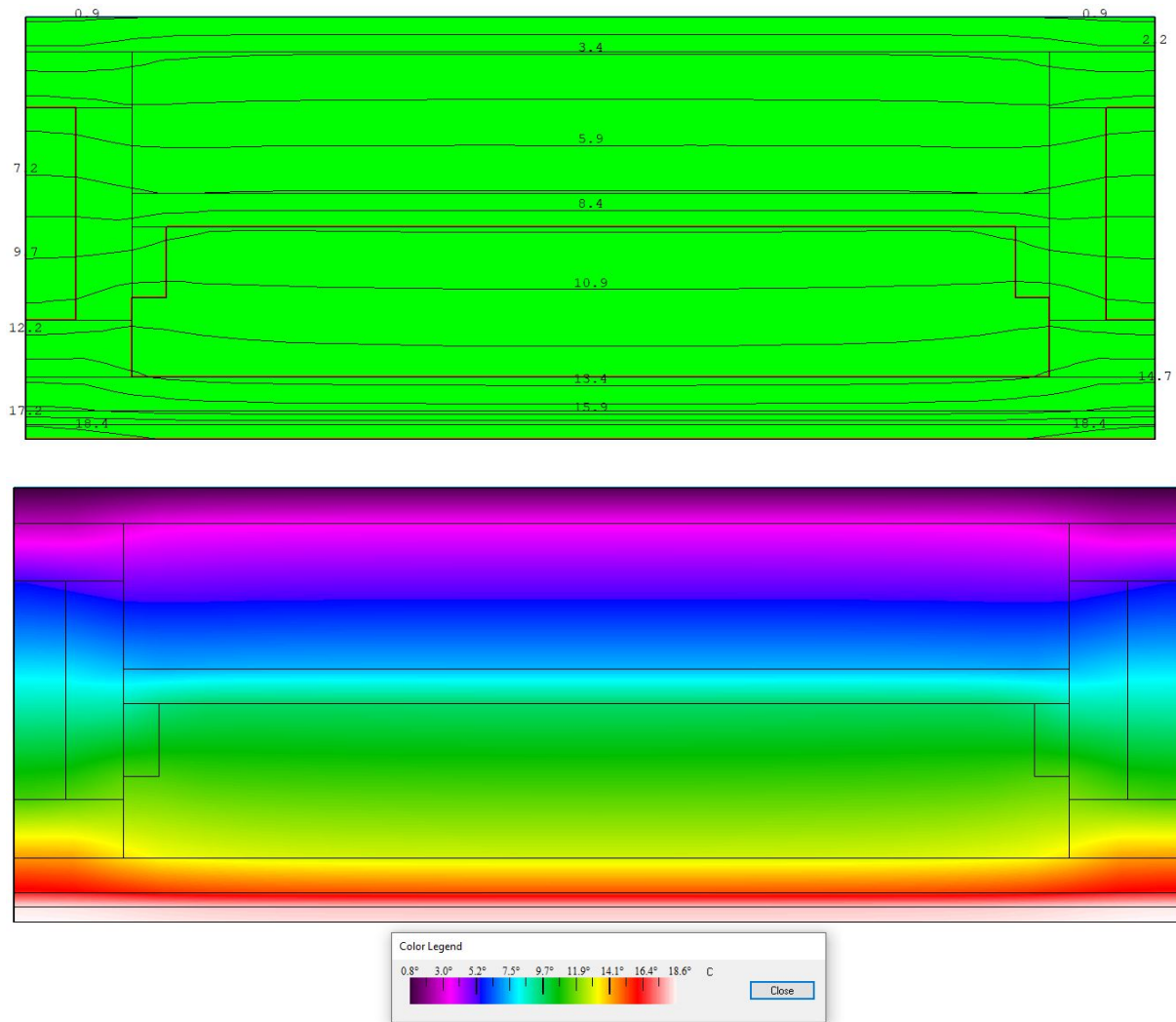
készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

3.69. ábra Többfás gerendájú béléses borított gerendafödém (T1) metszete (saját ábra)

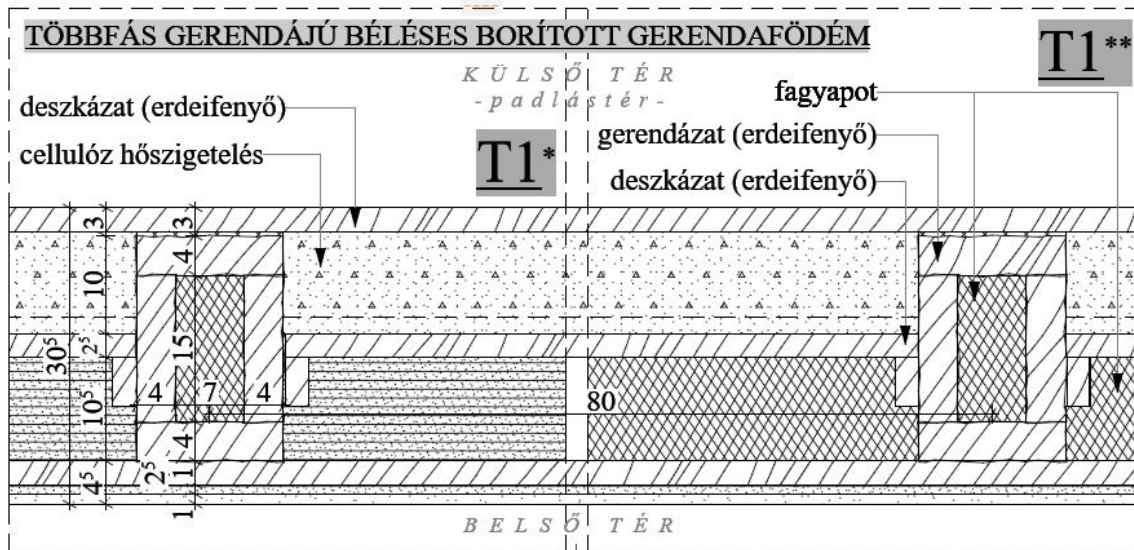
A szerkezeti kialakítás elvisége – miszerint több kisebb keresztmetszetű faelemmel megoldható a terhek felvétele és kielégíti azok követelményeit (teherbírás) – kifejezetten kedvező annak tudatában, hogy több, kisebb méretű faelemet hasznosíthatunk ezzel növelve a faanyagfelhasználás takarékoságának mértékét (lásd 3.69. ábra).

A thermografikus ábra (T1) értelmezése | $U=0,8220 \text{ W/m}^2\text{K}$

A hőáramlást szimuláló elemzés kiértékelése során vizuálisan jól elkülöníthető a fagerendázaton és salakfeltöltésen át zajló hőáramlás mértéke (lásd 3.70. ábra). A hőhidasság jelensége az alsó övgerendázat és vízszintes helyzetű alsó deszkázat között egyértelműen tapasztalható. A két gerincelem között található légrés hőmérsékleti értékei nagyságrendileg a fagerendázat értékeivel egyezik meg – célszerű kedvezőbb hőszigetelési tulajdonsággal rendelkező építőanyag alkalmazása. Az egyes faelemek közvetlen felületi érintkezése által átadódó hőenergia jellemzően a fagerendázat és az ahhoz kapcsolódó elemek (segédléc, vakdeszka) között zajlik le hőhidas jelenség formájában. Szükséges a tárgyalt terület jelenségének csökkentése. A fagerendázat közelében található salakfeltöltésen keresztül nagyobb mértékben zajlik az energiaáramlás ellenben a fagerendázat faanyagán keresztül, ezáltal javasolt a felöltés cseréje jobb hőszigetelő tulajdonságú építőanyagra. Ez az ismert jelenség Dr. Witmann által is megállapításra került hasonló anyagtalálkozások energetikai vizsgálata során (2000, p. 162).



3.70. ábra Többfás gerendájú béléses borított gerendafödém (T1) thermografikus elemzése (saját ábra)



Anyagjelölés

	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm. földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal



készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

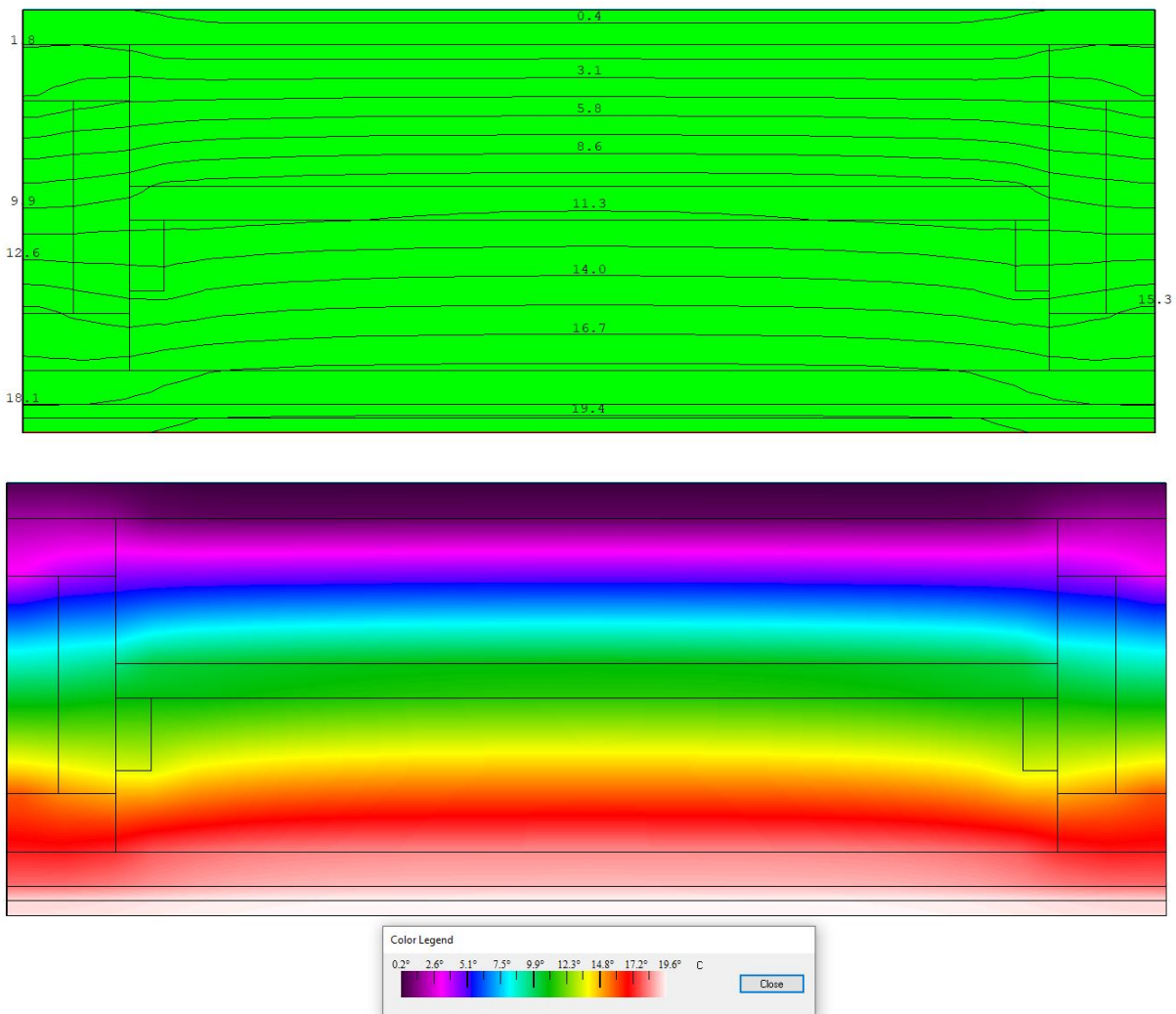
3.71. ábra Módosított többfás gerendájú belézés borított gerendafödém (T1*, T1**) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (T1*, T1**) értelmezése | $U_{T1^*}=0,2443 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U_{T1^{**}}=0,2282 \text{ W/m}^2\text{K}$

A módosított szerkezetek (T1*, T1**) elemzése során az energiaáramlás ábráját szemlélve elmondható a fagerendázat erős „energiacsatorná” képző szerepe („hőhid”). A két szerkezeti kialakítás (T1*, T1**) lényegi megoldása, hogy a salakfeltöltés (150 kg/m^3) helyett kisebb fajsúlyú (50 kg/m^3) és jobb hőszigetelő tulajdonságú cellulóz hőszigetelés került alkalmazásra (lásd 3.72, 3.73. ábra), illetve nádlemez és fagyapot alkalmazásával kiegészítő hőszigetelés került kialakításra. Mindkét kialakításnál továbbra is erősen tapasztalható a fagerendák „hőhidas” jelensége. Érdekes akusztikai vizsgálatok lefolytatása is az adott szerkezet további elemzése során (kopogóhang, lépéshang). Tartószerkezeti megközelítés alapján kifejezetten szerencsés megoldás, hogy a teljes födémvastagság túlnyomó részét kis önsúlyú hőszigetelés alkotja. A hőáramlást szimuláló ábrák színezete alapján megállapítható, hogy a felső deszkázat és a fagerendázat felső öve hidegnek, fagynak kifejezetten kitett helyzetben található. A későbbi tartószerkezeti károsodások és nagy hőingadozások elkerülésének érdekében javasolt a cellulóz hőszigetelés növelése a fa tartószerkezettől történő hideg zónák eltolásának érdekében. Ezen

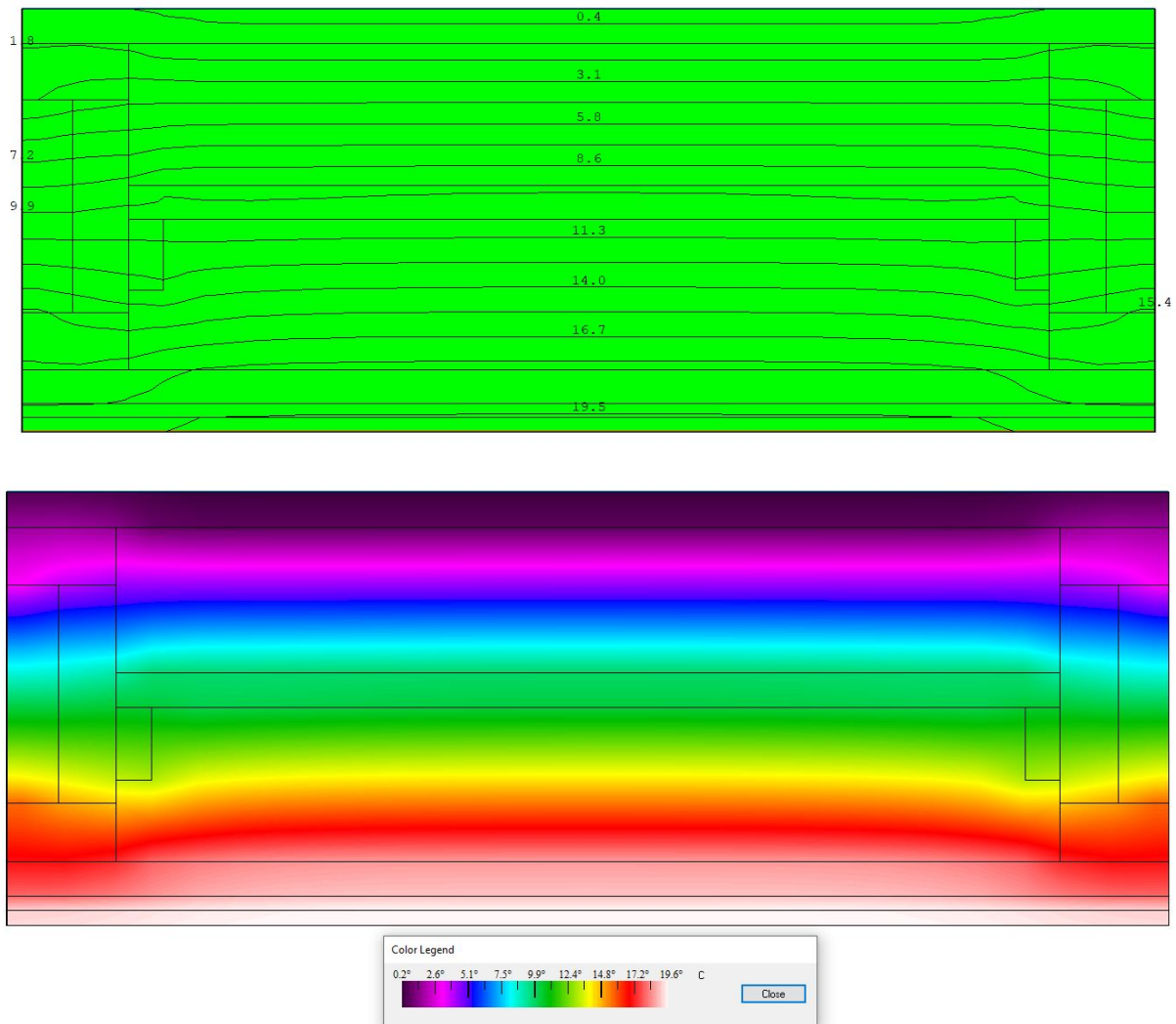
megoldás kifejezetten kedvező hatással lehet a födém szerkezet akusztikai értékeire (közvetlen hangcsillapítás növelése gerendázat és padló szerkezet között). A megnövelt cellulóz hőszigetelés alkalmassá teheti a többfás gerendájú béléses borított gerendafödém napjaink hőszigetelési értékeihez igazítva azt ($U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$).

$U_{T1^*}=0,2443 \text{ W/m}^2\text{K}$



3.72. ábra *Módosított többfás gerendájú béléses borított gerendafödém (T1*) thermografikus elemzése (saját ábra)*

$$U_{T1^{**}}=0,2282 \text{ W/m}^2\text{K}$$



3.73. ábra *Módosított többfás gerendájú béléses borított gerendafödém ($T1^{**}$)
thermografikus elemzése (saját ábra)*

HAGYOMÁNYOS FÖDÉMSZERKEZETEK - összesítés

TÍPUS	VASTAGSÁG [cm]	ÉPÍTÉS [anyag, ember]	SEGÉDSZERKEZET [zsaluzat, egyéb adalék]	HŐSZIGETELÉS [hőszigetelés nélkül]
--- pontozás későbbi korszerűsítésre alkalmasság szempontjából ---				
1: rossz 2: számottevő módosítás szükséges 3: módosítandó 4: javítandó 5: megfelelő				
csapos ger.	35	1	5	4
pórfödém	31	5	5	1
sárléces fő.	25	2	3	1
borított ger.	35	3	4	5
fél-pólyás	27	3	4	4
többfás ger.	31	4	4	4
bél.borított	25	4	4	3

3.74. ábra Hagyományos födém szerkezetek értékelő táblázata

	csap.ger.	pórf.	sárléc.	bor.ger.	fél-pólyás	többf.	bél.bo.
hőátbocsátási tényező [U; W/m ² K]	0,5794	1,380	3,0528	0,8057	0,6836	0,8220	0,8492
külső hőmérséklet [°C]	0						
KÜLSŐ hőátbocsátási tényező [h; W/m ² K]	25 (fal) 16,6667 (padlás)						
belső hőmérséklet [°C]	+20						
BELSO hőátbocsátási tényező [h; W/m ² K]	7,6923 (fal) 10 (padlás)						

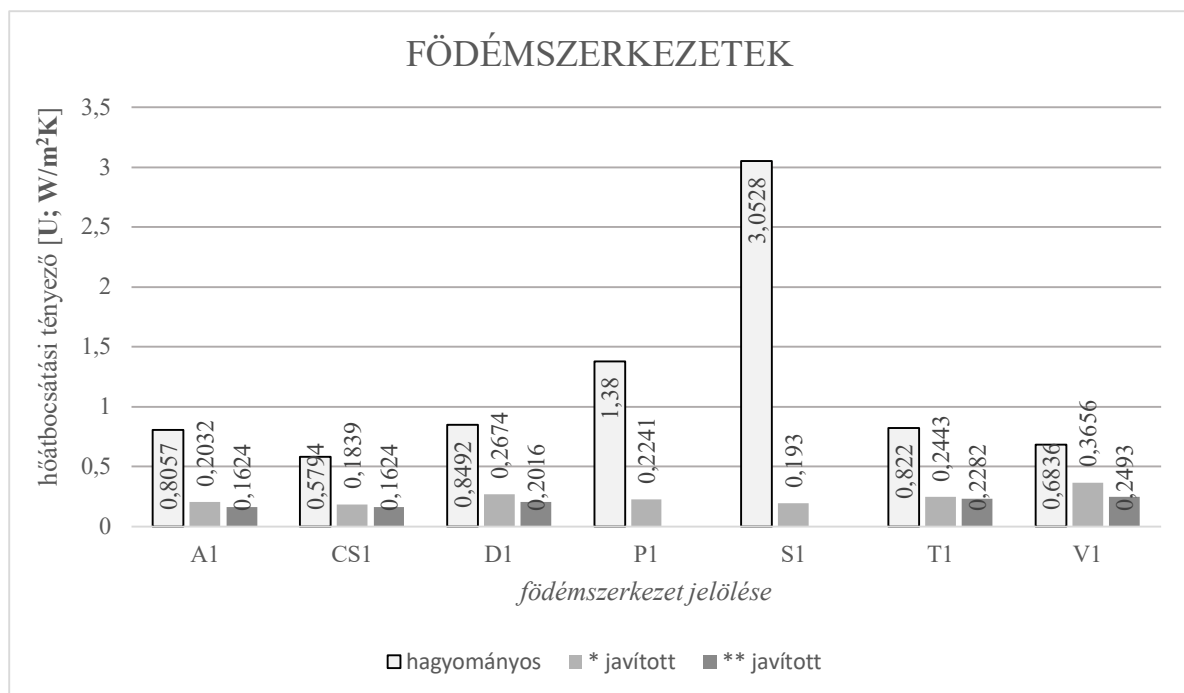
3.75. ábra Hagyományos födém szerkezetek hőátbocsátási tényezőinek összegző táblázata

név [A-M]	hővezetési tényező [λ; W/mK]	sűrűség [kg/m ³]	név [N-X]	hővezetési tényező [λ; W/mK]	sűrűség [kg/m ³]
acél	58,10	7850	kohósalak	0,45	150
agyag	1,10	1650	kő (bazalt)	3,00	2900
akácfa	0,22	770	könnyűvályog	0,17	600
ásványgyapot	0,042	100	nádlemez	0,06	175
beton	1,28	2200	nyírfa	0,18	600
Betonyp	0,26	1500	OSB	0,18	650
bükkfa	0,23	720	parafa (exp.)	0,04	130
cellulóz hőszig.	0,038	50	pórusbeton	0,125	440
EPS	0,035	25	tömör vályog	0,91	2000
erdeifenyő	0,18	530	vázkerámia (30 cm)	0,09	740
faforgácslap	0,18	650	vázkerámia (38 cm)	0,18	750
fagyapot	0,045	500	vázkerámia (44 cm)	0,10	740
zárt légr. (5 cm)	0	0	rakott fal	0,80	1700
gipsz	0,51	2300	sövényfal	0,58	1600
gipszkarton	0,22	900	szalma	0,080	350
gyapjúszigetelés	0,035	30	talaj	1,50	2300
habüveg	0,105	400	tölgyfa	0,22	690
HDF farostlem.	0,10	850	tömörített talaj	2,00	3000
homok	1,00	1650	vályog	0,60	1500
kavics	0,35	1800	vályogrostlap	0,47	1300
kőzetgyapot	0,033	100	vályogvakolat	0,42	1811
kism. töm. tégl	0,55	1540	vasbeton	2,50	2400
levegő [-5 °C]	0,025	1,317	levegő [+20 °C]	0,025	1,205
lucfenyő	0,15	470	vertfal (50 cm)	0,81	2000
mészvakolat	0,70	1600	XPS	0,028	25

3.76. ábra Alkalmazott építőanyagok tulajdonságai (hővezetési tényező és sűrűség)

név [hagyom.]	hőátbocsátási tényező [U; W/m ² K]	hőmérséklet [10 cm-en] [°C]	név [javított]	hőátbocsátási tényező [U; W/m ² K]	hőmérséklet [10 cm-en] [°C]
A1 (borított)	0,8057	+8,10	A1* (borít.)	0,2032	+9,80
CS1 (csapos)	0,5794	+5,50	A1** (borít.)	0,1624	+5,80
D1 (bél. bo.)	0,8492	+8,00	CS1* (csap.)	0,1839	+7,10
P1 (pórföd.)	1,3800	+6,10	CS1** (csa.)	0,1624	+8,10
S1 (sárléc)	3,0528	+11,20	D1* (bél.)	0,2674	+5,80
T1 (többfás)	0,8220	+8,00	D1** (bél.)	0,2016	+5,70
V1 (fél-p.)	0,6836	+5,50	P1* (pór.)	0,2241	+5,70
			S1* (sár.)	0,1930	+12,80
			T1* (több.)	0,2443	+8,60
			T1** (több.)	0,2282	+8,60
			V1* (fél-p.)	0,3656	+5,60
			V1** (fél-p.)	0,2493	+5,70
ÁTLAG (hagyományos szerkezetek)	1,1675	+7,4857	ÁTLAG (javított szerkezetek)	0,2237	+7,4416
			Xa (föd.)	0,1644	+7,10
			Xb (föd.)	0,1585	+5,90
			Xc (föd.)	0,1697	+5,00
			Xd (föd.)	0,1653	+5,80
			Y1 (föd.)	0,8879	+6,70
			Y1* (föd.)	0,3675	+11,10
			Y1** (föd.)	0,3675	+11,10
			ÁTLAG (Xa,Xb,Xc,Xd,Y viszonylatában)	0,3258	+7,5286

3.77. ábra Födémszerkezetek (hagyományos és javított (* jellel jelölve))



3.78. ábra Födémszerkezetek összehasonlítása hőátbocsátási tényezőjük alapján

Összefoglalás

A hagyományos fűdészerkezetek (A1, CS1, D1, P1, S1, T1, V1) elemzését követően megkíséreltem azokat az egykoron alkalmazott építési rendszereknek megfelelően hasonló megoldással kialakított építőanyagokkal kombinálni, kiegészíteni annak érdekében, hogy épületfizikai tulajdonságait (hőátbocsátási tényező) módosíthassam, javíthassam. Ezeket a módosított szerkezeteket „*, **” jelöléssel láttam el, illetve a kapott hőátbocsátási értékeket összehasonlítottam (lásd 3.78. ábra). Ezek alapján elmondható, hogy a fűdészerkezetek módosítása két esetben (A1**, CS1**) eredményezett napjainkban is alkalmazható megoldásokat. A borított gerendafűdém (A1) esetében a módosított szerkezetek közül a legkedvezőbb (A1**) kialakítás közel ötször kedvezőbb hőátbocsátási tényező tekintetében az eredeti szerkezethez képest. Az A1** ($U_{A1**} = 0,1624 \text{ W/m}^2\text{K}$) és CS1** ($U_{CS1**} = 0,1624 \text{ W/m}^2\text{K}$) javított szerkezetek kielégítik napjaink padlásfűdemeivel szemben támasztott energetikai követelményeket ($U_{\text{padlásfűdém max}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$). A D1** elnevezésű szerkezet négyeszer kedvezőbb megoldást hozott az eredeti béléses borított gerendafűdészerkezet hőátbocsátási tényezőjéhez viszonyítva. A legnagyobb mértékű változás a P1-es, illetve S1-es szerkezeteknél tapasztalható. A nagyfokú változás a nagyfokú kiegészítő hőszigetelésnek köszönhető.

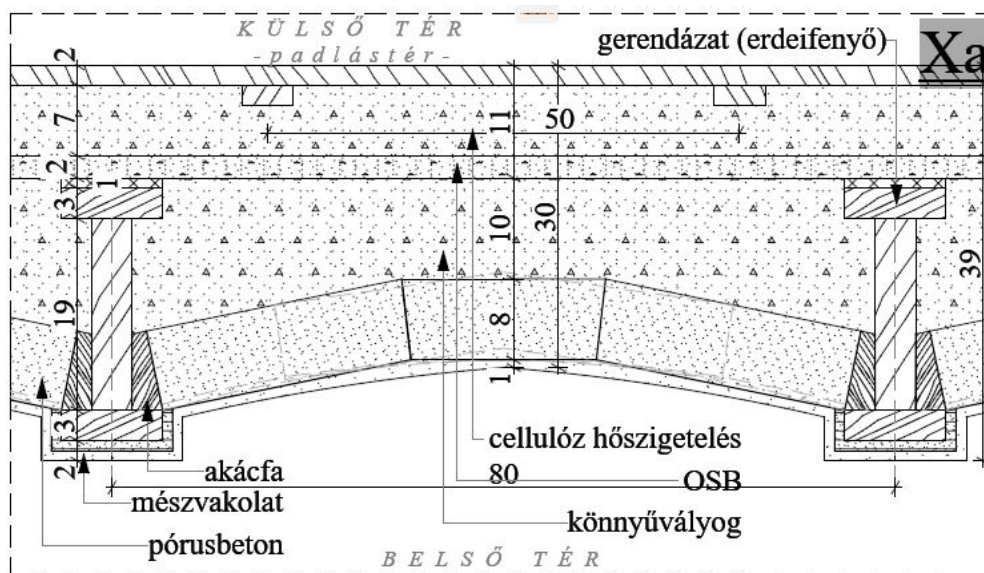
Az egyes szimulációs értékelések során általánosan tapasztalt jelenség, a fagerendázat hőhidassága, illetve a közvetlenül érintkező (fa)felületek fokozott hő-, és energiaátadó tulajdonsága volt. Fontos és lényegi javulást hozott az egyes rétegek teljes cseréje (pl. salakfeltöltés).

Fontos megjegyezni, hogy a módosított szerkezetek minden esetben statikailag méretezendők a szerkezeti adottságoknak (feszítáv, tartószerkezet) és terheknek (funkció, meteorológiai, biztonsági stb.) megfelelően!












3.3 Módosított, új fűdémszerkezetek

3.3.1. Xa-típus

Abban az esetben, amikor növelt nyomószilárdságú pórusbeton elemeket alkalmazunk (célszerűen hulladékként megjelenő, de ép (nem repedt, csorbult stb.)) boltozott mezők kialakításához (lásd poroszsüveg födém elve (Bársony, 2018b, p. 229; Dr. Gábor, 1988, p. 131)) javasolt az elemek oldalainak szögben vágása a pontos illeszkedés és megnövelt felület (teherátadás) érdekében (lásd 3.79. ábra). A pórusbeton, mint építőanyag kedvező hővezetési tényezője ($0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$), megnövelt nyomószilárdsági értéke (fk, hőszigetelő habarccsal: $2,15 \text{ N/mm}^2$) és jól megmunkálhatósága alkalmassá teszi ezen feladat ellátására. Alsó síkja (tekintettel porózus tulajdonságára) jó aljzatot biztosít mészvakolat felhordására – esztétikai, súlycsökkentési igényből ez el is hagyható. Tűzvédelmi szempontból a fafödém alsó öve védtelen, tűzhatás során közvetlenül kitett szerkezet – melyet védeni lehet és szükségessé válhat adott esetben. Erre megoldás lehet a cementkötésű faforgácslapok alkalmazása is, illetve pallóméretű keresztmetszeti felvastagítása és telítése éghetőséget csökkentő védőszerral (pl.: habréteget képző alapgyanta és foszforsav-származékú habosító). (Dr. Király and Dr. Csupor, 2013, pp. 156, 184). Természetesen tűzgátló álmennyezet alkalmazása tovább javítja a szerkezet tűzállósági mutatóit (pl. tűzgátló gipszkartonok alkalmazása). Nagyobb igénybevétel során, illetőleg „csupán” tűzvédelmi megfontolásból (szem előtt tartva az invazív fajok kifejezett hasznosíthatóságát) érdemes lehet tűznek jól ellenálló fafaj választása alsó övnek a fagerendázat kivitelezése során (pl.: akácfa) (Dr. Király and Dr. Csupor, 2013, p. 165). A pórusbeton elemeket érő mezőközépi terhelések (hasznos-, állandó- stb.) szétoszlatathatók építőlemez közbeiktatásával – amennyiben az tartószerkezetileg indokolt. Akusztikai és épületenergetikai megfontolásból javasolt parafatábla közbeiktatása (lásd ábrán). Az ábrán úsztatott padlórétegrend figyelhető meg a hőhidas kialakítás mérséklésére, illetőlegesen tekintettel az akusztikai hangvezetési „direkt” kapcsolatok elkerülésére. Ahogyan a poroszsüveg födémeknél az úgynevezett „orrtégla”, úgy a pallógerendás poroszsüveges fafödém esetén a födémgerendázat felé történő teherátadást biztosító elem készülhet keményfából is (pl.: akácfa, amerikai kőris). Ezen keményfák alkalmazása azért is szerencsés ebben az esetben, mert mint inváziós fafajta építőanyagként alkalmazva csökkentheti az igényt más lombos vagy fenyőfélék iránt (Korda, 2019). Páraszimulációs vizsgálatok során 55%-os kezdeti páratartalommal kalkulálva az egyes építőanyagok esetében 3 éves ciklusban elemzésre került a szerkezet, mely során a hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében kialakuló relatív páratartalom-változás követhető nyomon a hőmérsékleti értékekhez mérten. A kapott vizuális eredmények alapján kijelenthető, hogy nem alakul ki a szerkezetben párakicsapódás, ezáltal nem jön létre a peremfeltétele penészgomba képződésének (lásd 3.81. ábra). A 3 éves ciklusban végzett szimuláció (26280 óra) során a teljes víztartalom a fűdémszerkezet egészét tekintve csökkenő tendenciát mutat, tehát a beépítésnél szerkezetbe bekerült („bevitt”) nedvességtartalom (ki)száradó szerkezetet mutat (lásd 3.82. ábra). A szerkezeti, rétegrendi kialakítás kielégíti napjaink energetikai követelményét ($U_{\text{padlásfödém max}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Anyagjelölés

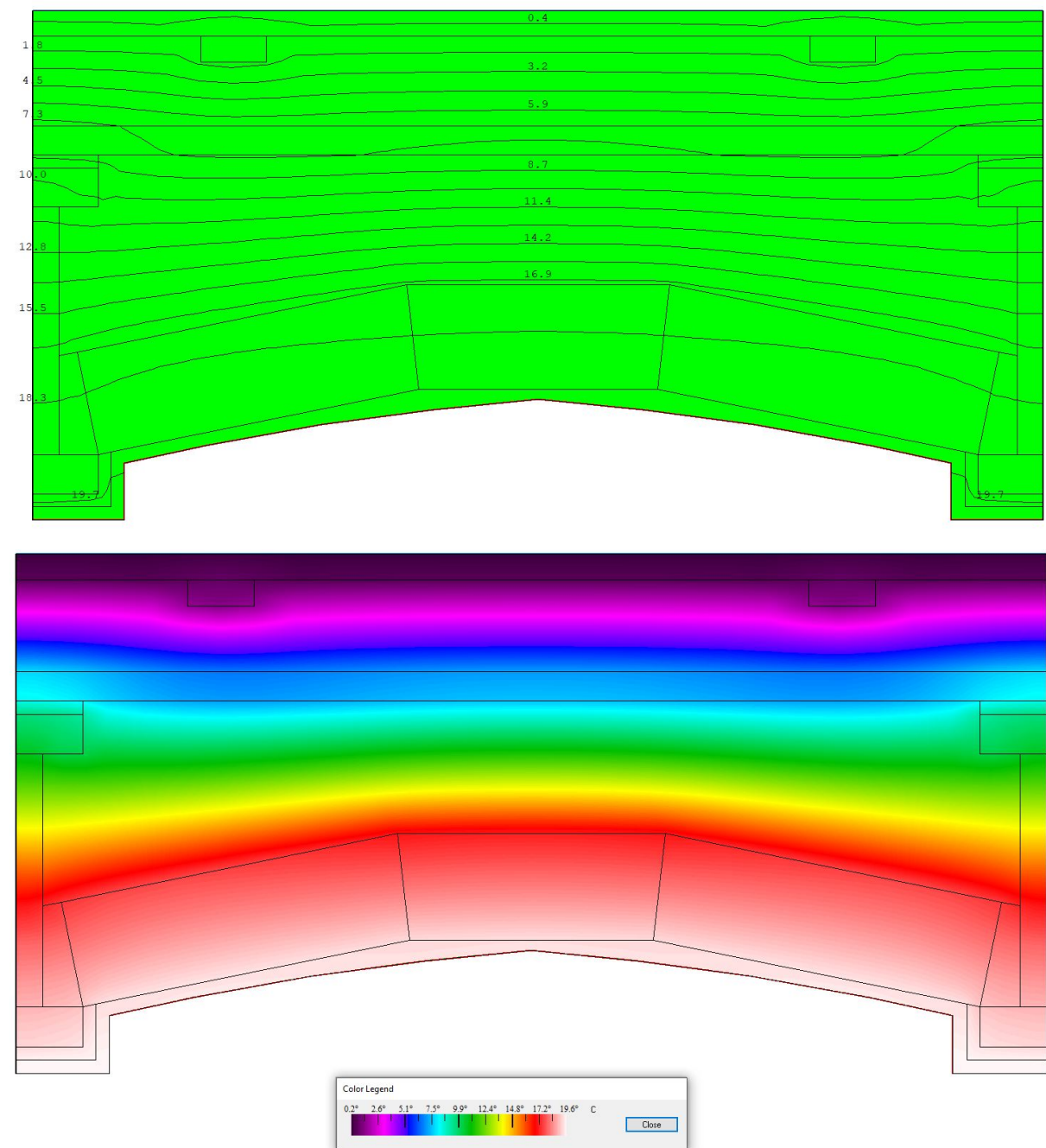
 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 fagyapot	 mészvakolat	 vertfal



készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

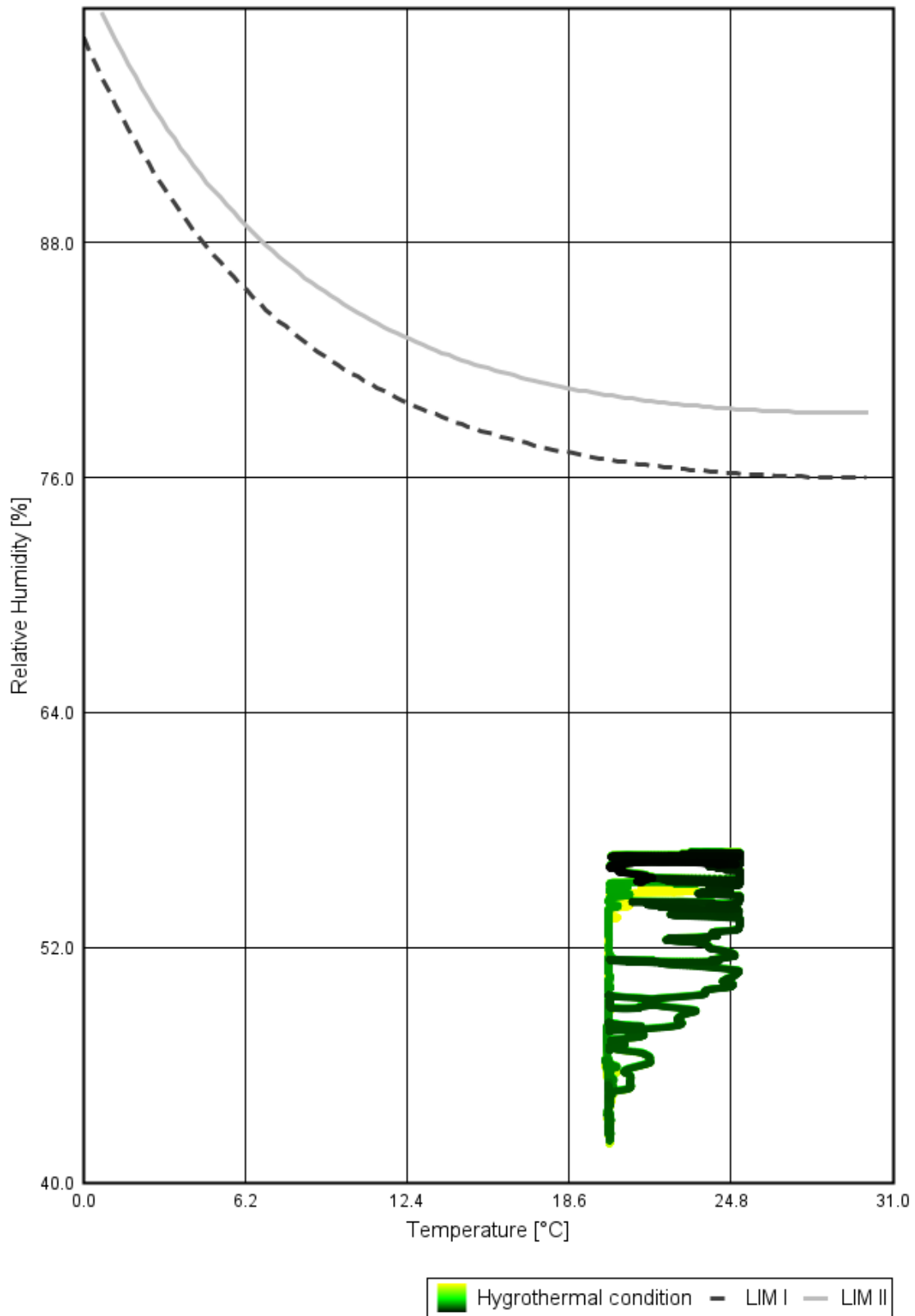
3.79. ábra Pallógerendás poroszüveges fafödém (Xa) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (Xa) értelmezése | $U=0,1644 \text{ W/m}^2\text{K}$



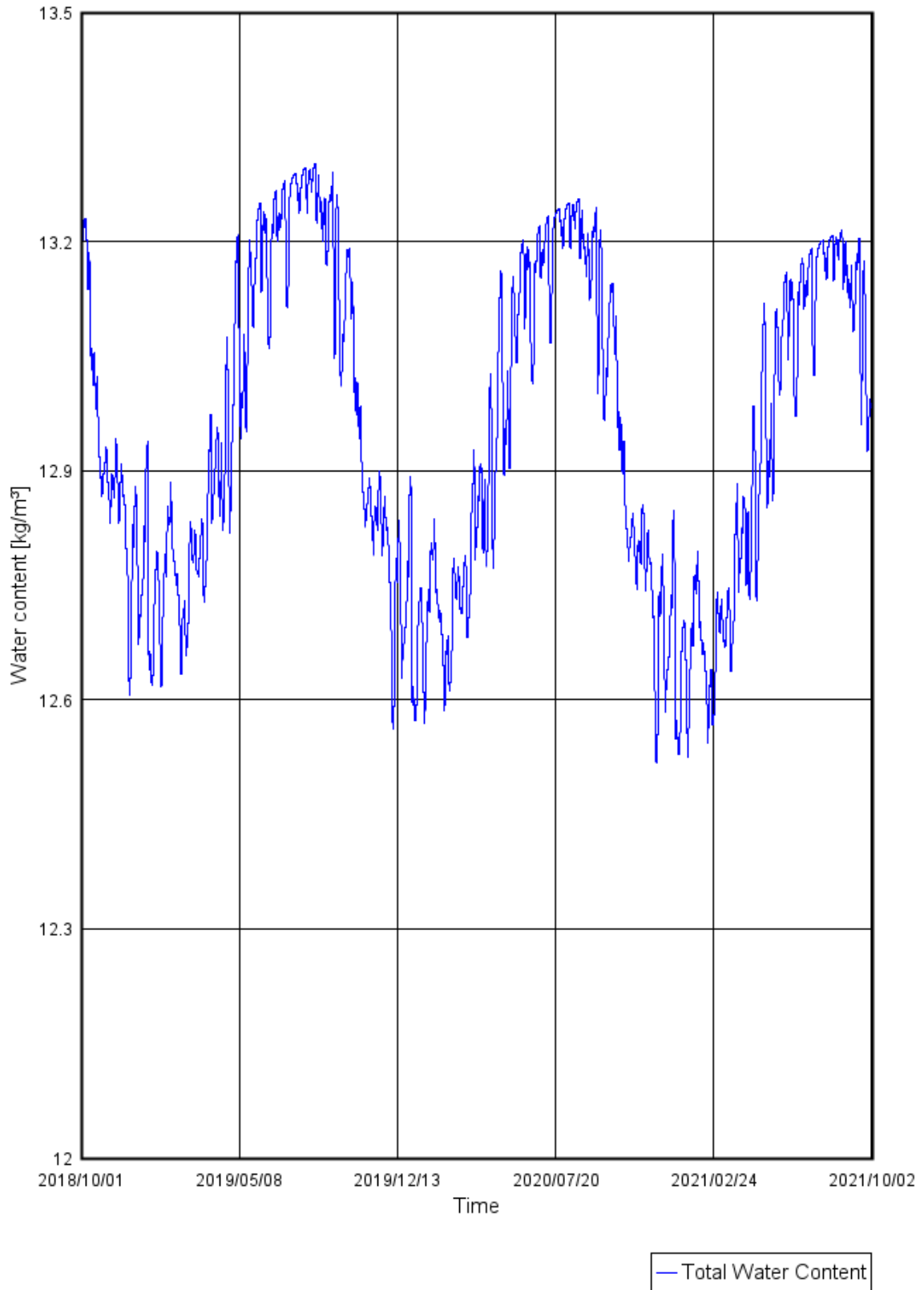
3.80. ábra Pallógerendás poroszüveges fafödém (Xa) thermografikus elemzése (saját ábra)

Isopleths



3.81. ábra Pallógerendás poroszűveges fafödém (Xa) szintvonalas elemzése 3 éves ciklusban (hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében, saját ábra)

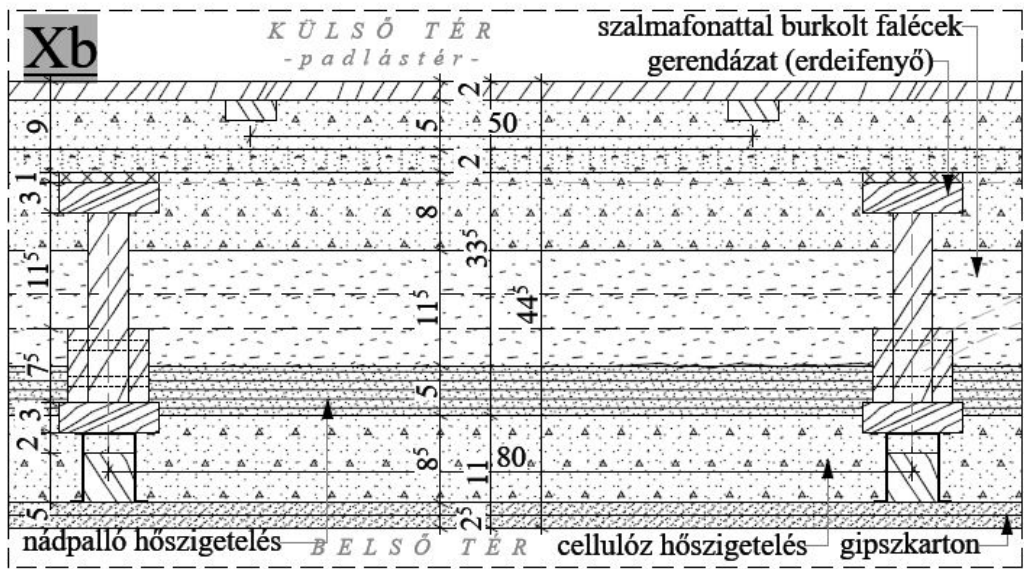
Total Water Content







3.82. ábra *Pallógerendás poroszüveges fafödém (Xa) teljes víztartalma 3 éves ciklusban (saját ábra)*

3.3.2. Xb-típus

A szalmafonatos béléstest képes alkalmazni a faipari-, és erdőgazdálkodási melléktermékként megjelenő gallyakat, melyekre szalmafonatos vályogtapasztás kerül (lásd pólyásfödém (Déry, 2010, pp. 33–34)). Tekintettel az elvi 80 cm-es földemgerendázat tengelytáv-kiosztására rövidebb méretű (78 cm-es) faelemek is elégségesek. Javasolt több vékonyabb faelem rögzítése egymáshoz a keresztmetszet növelésének érdekében (lásd 3.83. ábra). Amennyiben a gallyak mezőközepi terhelés okozta alakváltozása (lehajlása) számottevő lenne, abban az esetben javasolt a földemgerendázat tengelytávolságának csökkentése (<80 cm), a gallyak/ágak/fűrészárú átmérőjének növelése, illetve több faelem alkalmazása egy-egy pólyás elem elkészítése során. Az utólagosan kialakuló alakváltozások, szerkezeti mozgások (dilatációk) kapcsán létrejövő szerkezeti mozgásokat, illetve az épület hőszigetelését növelendően közetgyapot, esetlegesen nádpallózat kialakítható a földémszerkezet alsó síkján. A szalmafonatos falécek (pólyák) rögzítése történhet segédlecezéssel – azokra „ültetve”. Ennél a kialakításnál csökkenthetjük az alsó övlemezre történő közvetlen terhelést (csökkentve ezzel az alsó övlemez és gerinclemez közötti kapcsolat gyengítését) ha keményfa csapokkal a gerinclemezhez rögzítjük a keményfa segéd tartókat. Ebben az esetben egyaránt alkalmazhatóak olyan fafajták, amelyek anyagszerkezeti tulajdonságaikból adódóan rövidebbek, ezáltal kisebb darabokban egyaránt gazdaságosan felhasználhatók (pl.: akácfa). Az így megjelenő, esztétikailag egyedi megjelenést biztosító felület utólagos tűzvédelméről gondoskondi kell. Többek között megoldási lehetőség, amennyiben tűzgátló építőlemez, gipszkartont rögzítünk a földemgerendázathoz. A nádlemez alkalmas felületet kínál égéskésleltető anyag alkalmazására (pl.: ammónium- és bórvegyületet tartalmazó vizes oldat). A kialakult légrésben elektromos szerelvényezés, lámpatestkialakítás és egyéb épületgépészeti illetve épületvillamosági igényeket ki lehet elégíteni. Amennyiben akusztikai, épületfizikai (hőszigetelés) fejlesztési igény alakul ki, úgy ez a légrés a továbbiakban egyéb megoldásokat biztosíthat. Páraszimulációs vizsgálatok során 55%-os kezdeti páratartalommal kalkulálva az egyes építőanyagok esetében 3 éves ciklusban elemzésre került a szerkezet, mely során a hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében kialakuló relatív páratartalom-változás követhető nyomon a hőmérsékleti értékekhez mérten. A kapott vizuális eredmények alapján kijelenthető, hogy nem alakul ki a szerkezetben pára kicsapódás, ezáltal nem jön létre a peremfeltétele penészgomba képződésének (lásd 3.85. ábra). A 3 éves ciklusban végzett szimuláció (26280 óra) során a teljes víztartalom a földémszerkezet egészét tekintve csökkenő tendenciát mutat, tehát a beépítésnél szerkezetbe bekerült („bevitt”) nedvességtartalom (ki)száradó szerkezetet mutat (lásd 3.86. ábra). A szerkezeti, rétegrendi kialakítás kielégíti napjaink energetikai követelményét ($U_{\text{padlásfödém max}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Anyagjelölés

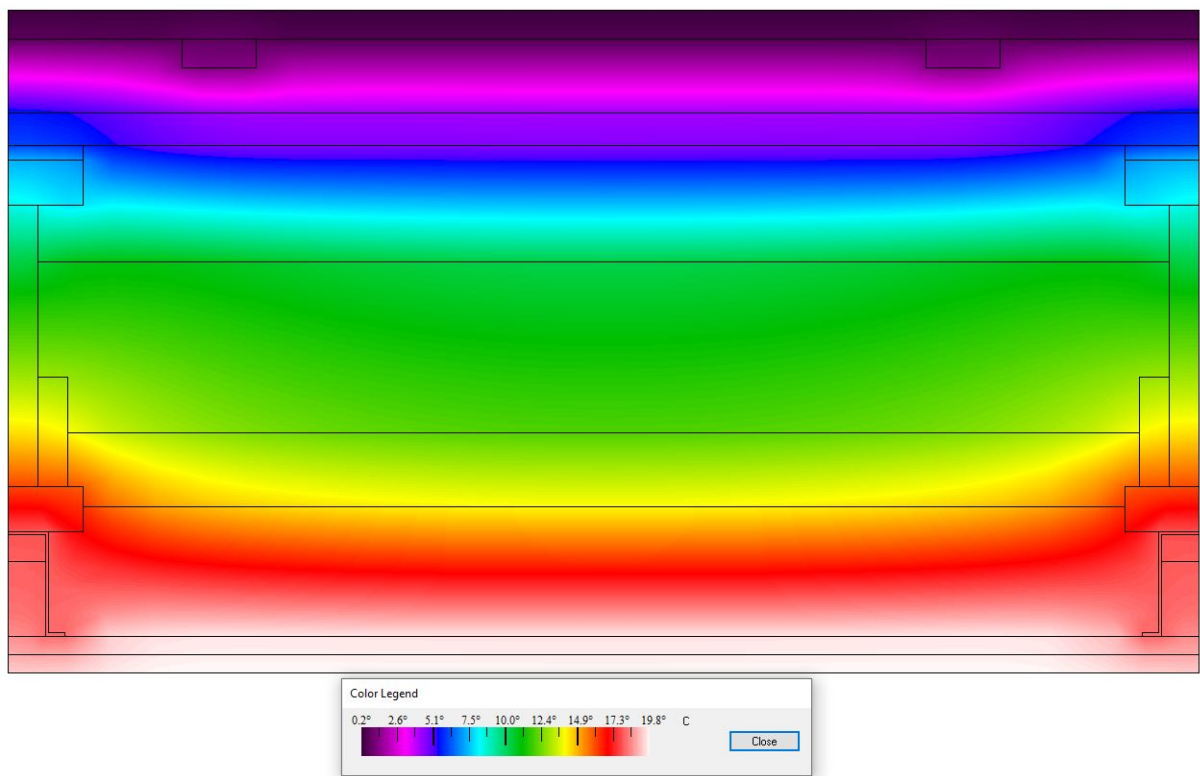
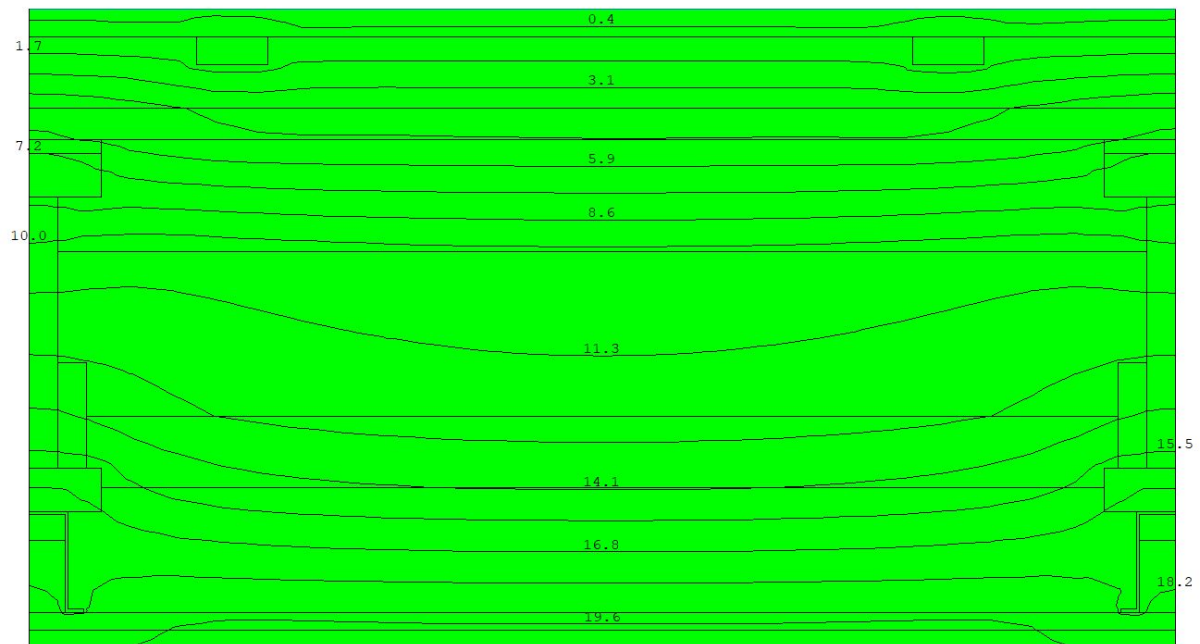
	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm.földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal



készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

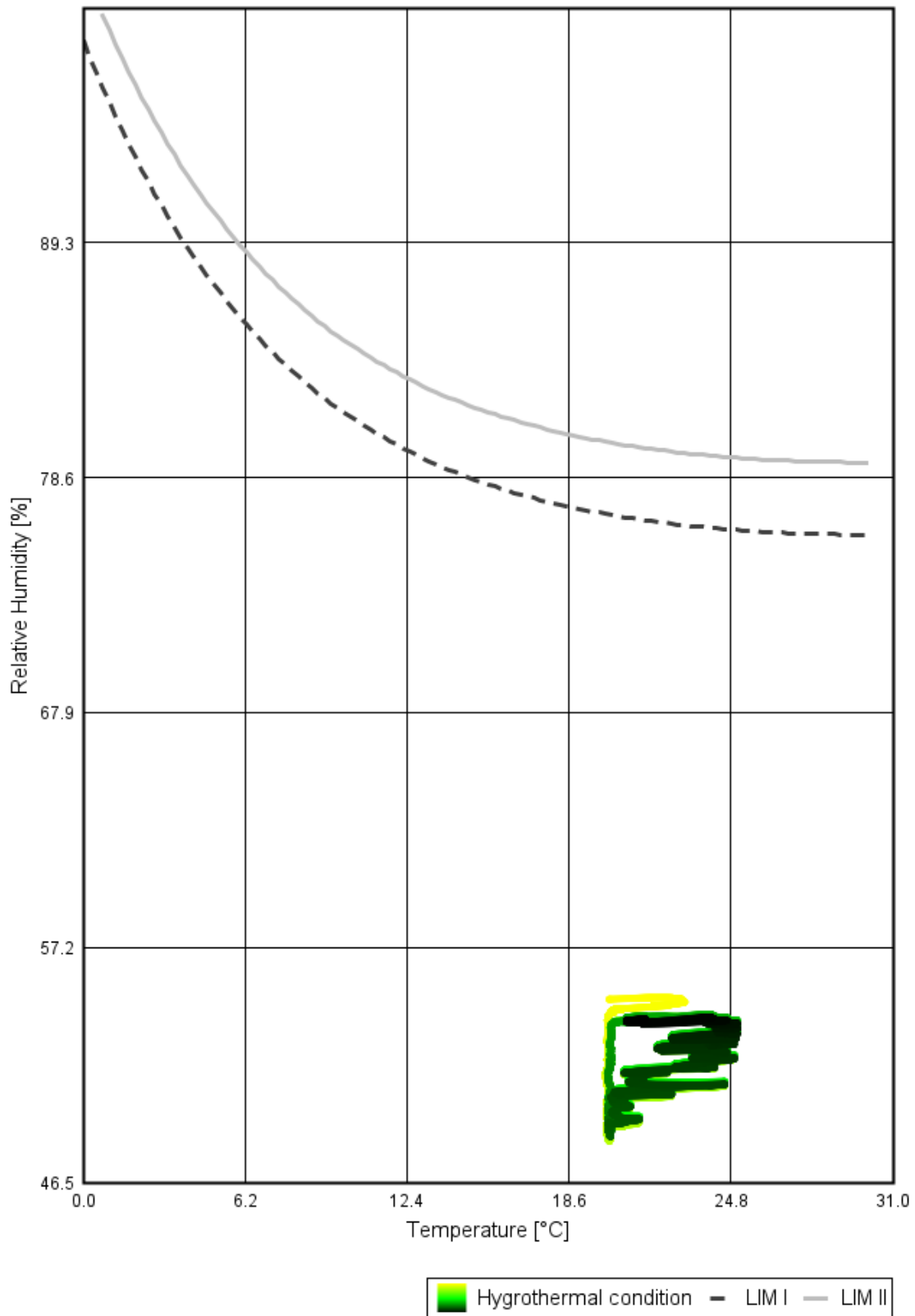
3.83. ábra Pallógerendás pólyabetétes fafödém (Xb) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (Xb) értelmezése | $U=0,1585 \text{ W/m}^2\text{K}$



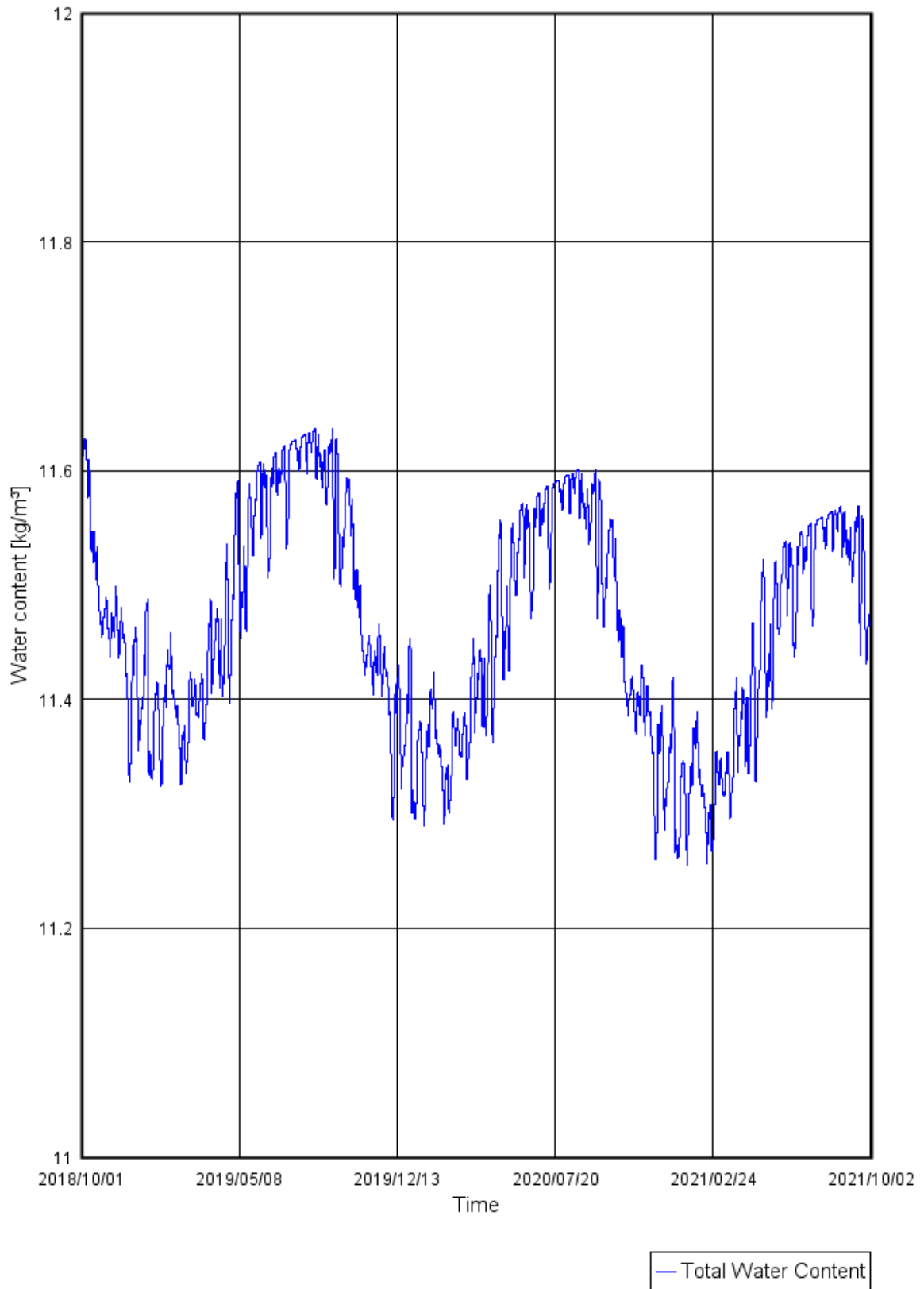
3.84. ábra Pallógerendás pólyabetétes fafödém (Xb) thermografikus elemzése (saját ábra)

Isopleths



3.85. ábra Pallógerendás pólyabetétes fafödém (Xb) szintvonalas elemzése 3 éves ciklusban belső oldali gipszkartonban vizsgálva (hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében, saját ábra)

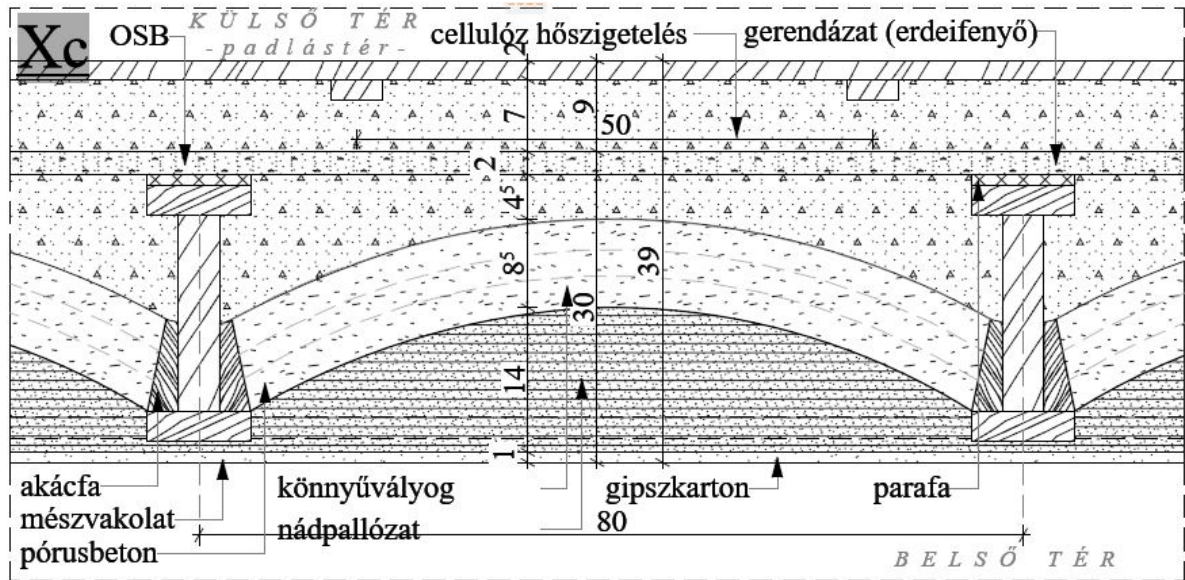
Total Water Content













3.86. ábra *Pallógerendás pólyabetétes fafödém (Xb) teljes víztartalma 3 éves ciklusban (idő-víztartalom függvényében, saját ábra)*

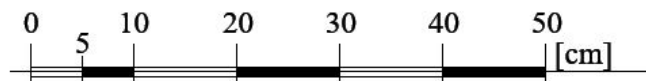
3.3.3. Xc-típus

A pólyásfödém és a boltíves kialakítás kereszttezése által kialakult íves béléstestek kerülnek kialakításra. A teherelosztás érdekében OSB építőlemezzel csökkenthető a boltívekre jutó terhek mértéke. A boltívek alsó részén légüres térként meghagyható a födémszerkezet ezen része (előnyben részesítve az épületvillamossági és épületgépészeti szerelhetőséget – az ábrán a hőszigetelési tulajdonság növelését célzó javaslat került bemutatásra (lásd 3.87. ábra). A megoldásnak előnye, hogy azon a szakaszon, ahol a geometriából adódóan csökken a cellulóz hőszigetelés mértéke (felső ív) ott az alsó íven ez pótolható, a hőveszteség mérsékelhető nagyobb mennyiségű (boltcsúcs alatt 14 cm) nádazat közbeiktatásával. A nádpallók réteges felhelyezésével ajánlott a mennyezet alsó síkjának kialakítása – adott esetben segéd szerkezet (pl.: falécezés, szaggatottan jelölve) közbeiktatásával csökkenthető az esetleges vakolat önsúlyából fakadó igénybevételek mértéke. Az íves béléstestek (pólyák) geometriája miatt csökkenthető a két födémgerenda közötti feltöltés mértéke, mely kisebb önsúlyt jelent a fatartókra nézve, ezáltal gazdaságosabb keresztmetszet érhető el (Dr. Gábor, 1988, pp. 125–126). Belső térben, az ívek alsó síkján kisebb önsúlyú, kedvezőbb hőszigetelésű építőanyag helyezhető el (ásványgyapot, nádpalló stb.). Fontos továbbá, hogy a keményfa akácbetét – hasonlóan a porosz süveg födéme „ortégláihoz” igyekszik növelt felületen nem csupán a fagerendázat alsó övlemezének, hanem a gerinclemeznek is átadni a födémterheket (ezzel csökkentve az alsó övlemez kizárólagos terhelését (Bársony, 2018b, p. 229). A megoldás előnye, hogy kihasználásra kerül a keményfa kedvezőbb (ellenben az erdeifenyővel) mechanikai tulajdonsága rostirányra (közel) merőleges nyomás esetén. Páraszimulációs vizsgálatok során 55%-os kezdeti páratartalommal kalkulálva az egyes építőanyagok esetében 3 éves ciklusban elemzésre került a szerkezet, mely során a hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében kialakuló relatív páratartalom-változás követhető nyomon a hőmérsékleti értékekhez mérten. A kapott vizuális eredmények alapján kijelenthető, hogy nem alakul ki a szerkezetben pára kicsapódás, ezáltal nem jön létre a peremfeltétele penészgomba képződésének (lásd 3.89. ábra). A 3 éves ciklusban végzett szimuláció (26280 óra) során a teljes víztartalom a födémszerkezet egészét tekintve csökkenő tendenciát mutat, tehát a beépítésnél szerkezetbe bekerült („bevitt”) nedvességtartalom (ki)száradó szerkezetet mutat (lásd 3.90. ábra). A szerkezeti, rétegrendi kialakítás kielégíti napjaink energetikai követelményét ($U_{\text{padlásfödém max}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Anyagjelölés

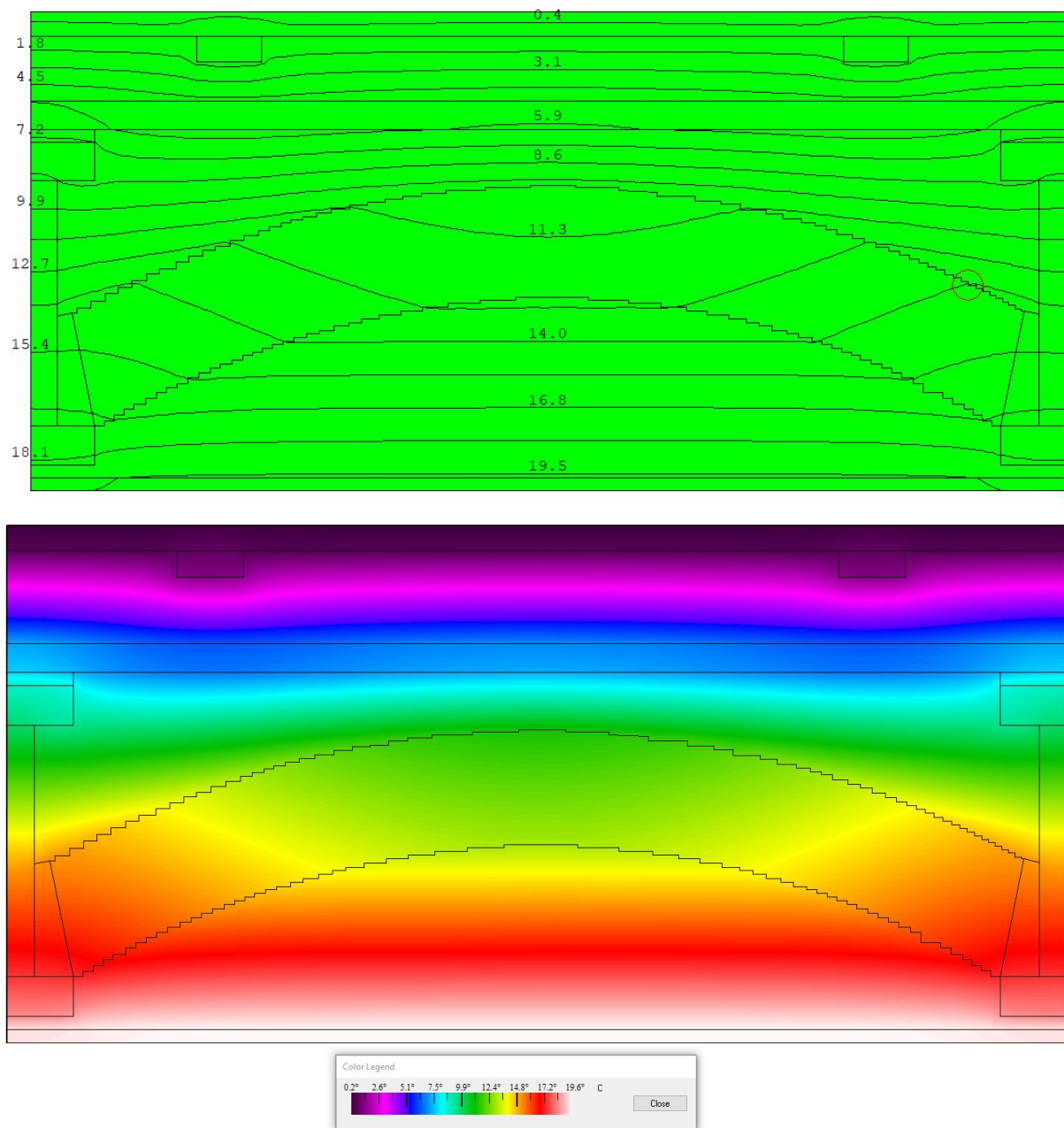
 agyag	 faanyag	 nád
 cellulóz	 homok	 parafa
 döng. földf.	 kohósalak	 pórusbeton
 égetett kerámia	 kő (bazalt)	 töm. földfelt.
 faggapot	 mészvakolat	 vertfal



készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

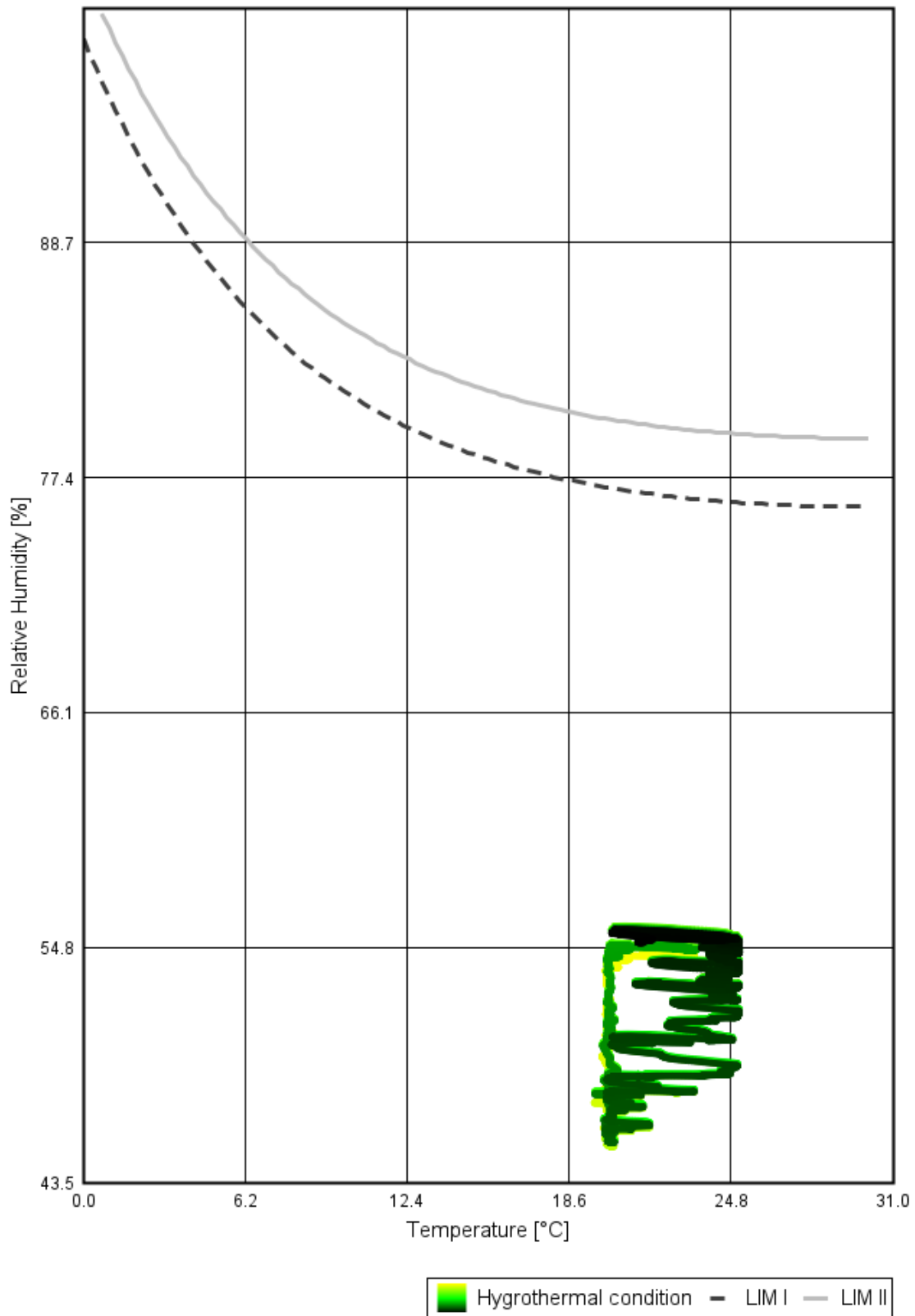
3.87. ábra Pallógerendás poroszüveges fafödém (Xc) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (Xc) értelmezése | $U=0,1697 \text{ W/m}^2\text{K}$



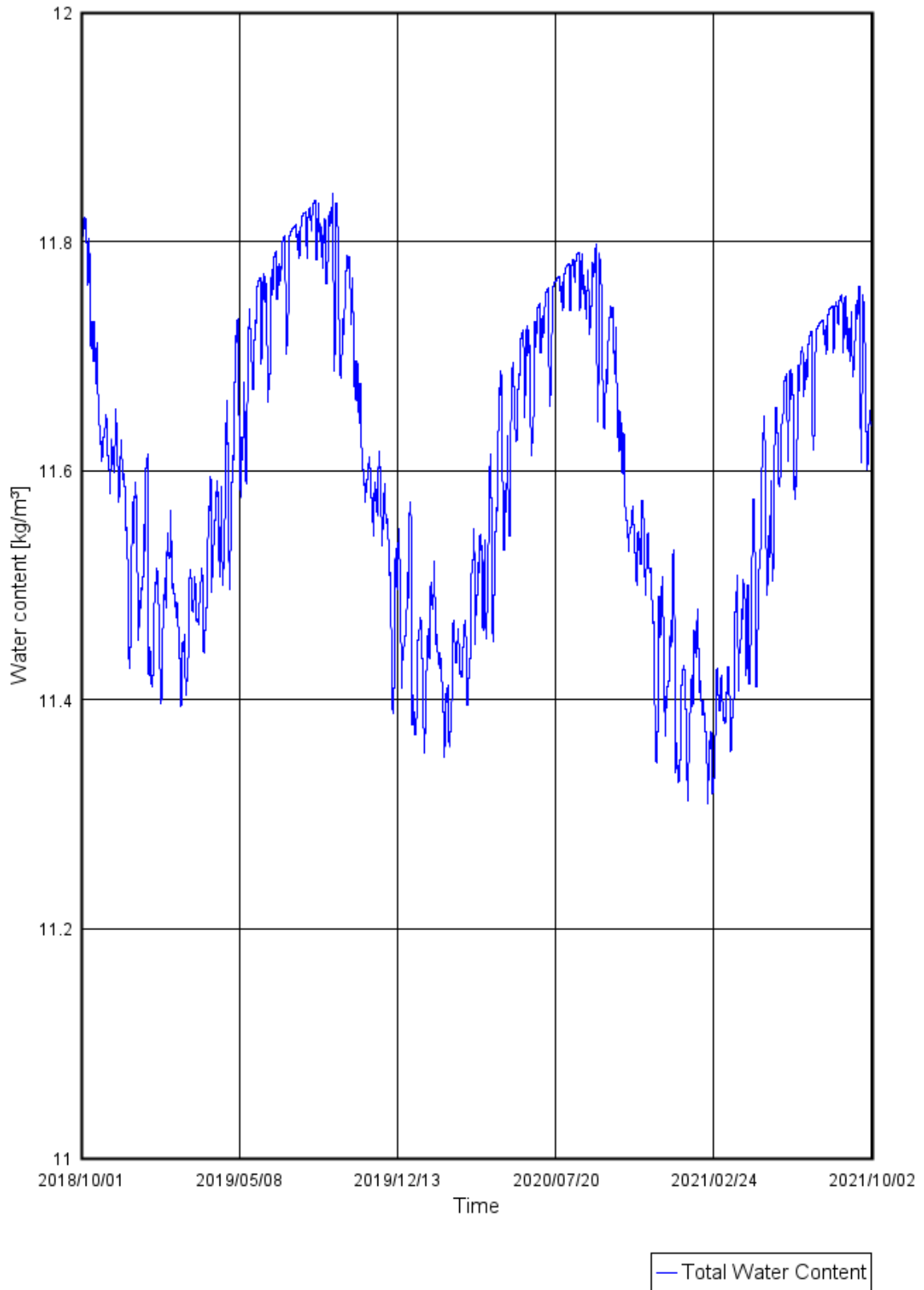
3.88. ábra *Pallógerendás poroszűveges fafödém (Xc) thermografikus elemzése (saját ábra)*

Isopleths



3.89. ábra Pallógerendás poroszűveges fafödém (Xc) szintvonalas elemzése 3 éves ciklusban belső oldali mészvakolatban vizsgálva (hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében, saját ábra)

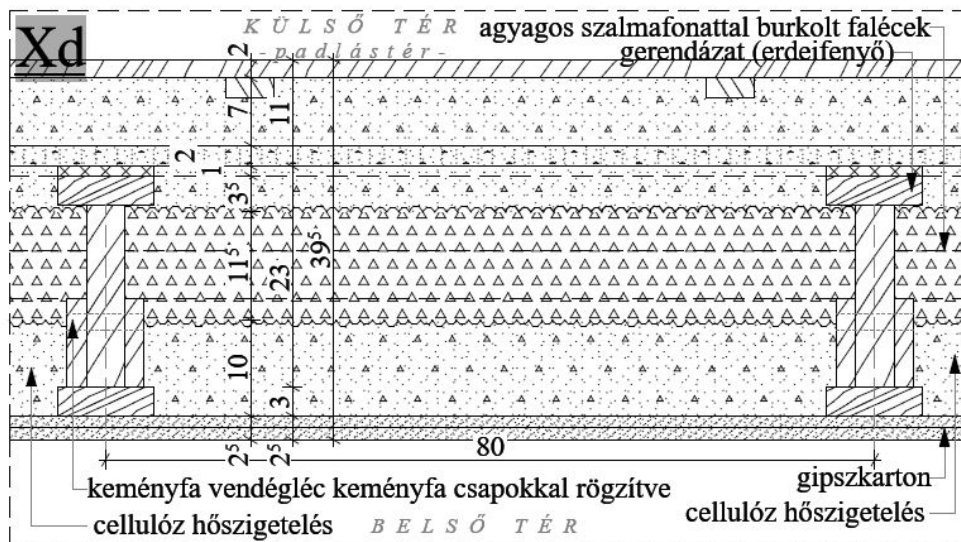
Total Water Content













3.90. ábra *Pallógerendás poroszsvéges fafödém (Xc) teljes víztartalma 3 éves ciklusban (idő-víztartalom függvényében, saját ábra)*

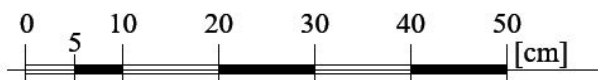
3.3.4. Xd-típus

A födémszerkezet elsődleges terheit a gerendarácsos födém (Dr. Széll, 1957, p. 308) elvén működő kereszttartókon keresztül kapja meg. A kereszttartókra a szalmafonattal burkolt lécek továbbítják terheiket (lásd 3.91. ábra). A lécbetétek pozicionálásánál fontos szempont volt, hogy azok a födémgerenda gerincének minél magasabb (felső övéhez) közelebbi területen csatlakozhassanak annak érdekében, hogy a födémgerenda alsó öve kevésbé koncentráltan kerüljön közvetlen erőfelvételre. Déry szerint a hasonló megoldású szerkezetek hátrányos tulajdonsága volt a gerendára felerősített segédszerkezetek gyengesége (2010, p. 36). Ennek érdekében másodlagos tartószerkezet került kialakításra, mely így megnövelt felületen és kedvezőbb módon képes terheit átadni az elsődleges tartószerkezetnek. Az hőáramlási ábra alapján elmondható (3.92. ábra), hogy a fagerendázat hőhidat képez, ezáltal javasolt annak javítása (pl. parafalemez közbeiktatásával az alsó öv és gipszkarton felületi találkozásánál), illetve a hőszigetelést képző nádpallózat (Xc) és cellulóz hőszigetelés alkalmazása ezen a szakaszon (mennyezeti profil alkalmazásával). A keményfás vendéglécek alkalmazásával növelhető a keményfák kiselemes alkalmazásának köre. Páraszimulációs vizsgálatok során 55%-os kezdeti páratartalommal kalkulálva az egyes építőanyagok esetében 3 éves ciklusban elemzésre került a szerkezet, mely során a hőmérséklet-relatív páratartalom függvényében kialakuló relatív páratartalom-változás követhető nyomon a hőmérsékleti értékekhez mérten. A kapott vizuális eredmények alapján kijelenthető, hogy nem alakul ki a szerkezetben páraakcsapódás, ezáltal nem jön létre a peremfeltétele penészgomba képződésének (lásd 3.93. ábra). A 3 éves ciklusban végzett szimuláció (26280 óra) során a teljes víztartalom a födémszerkezet egészét tekintve csökkenő tendenciát mutat, tehát a beépítésnél szerkezetbe bekerült („bevitt”) nedvességtartalom (ki)száradó szerkezetet mutat (lásd 3.94. ábra). A szerkezeti, rétegrendi kialakítás kielégíti napjaink energetikai követelményét ($U_{\text{padlásfödém max}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Anyagjelölés

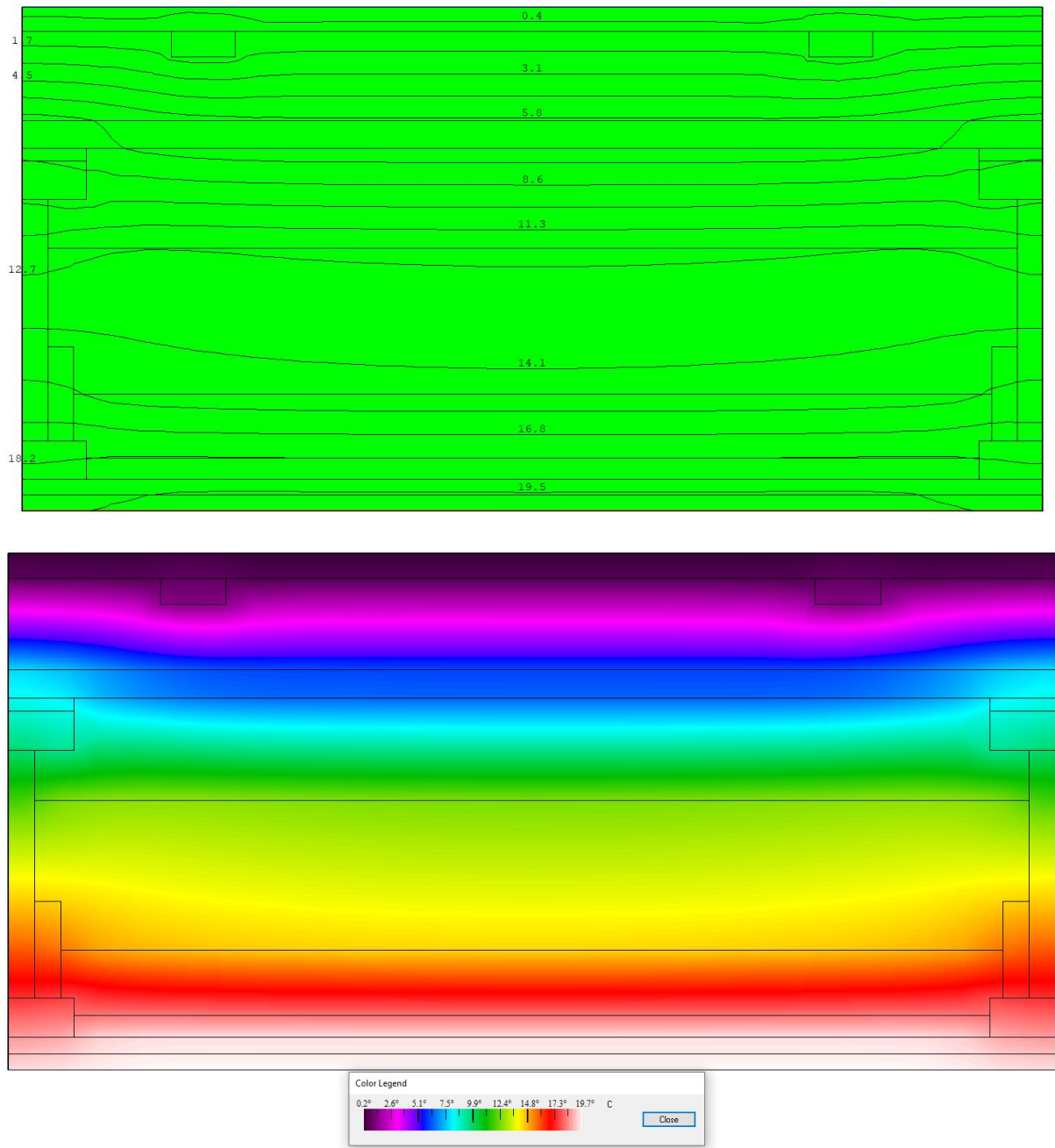
	agyag		faanyag		nád
	cellulóz		homok		parafa
	döng. földf.		kohósalak		pórusbeton
	égetett kerámia		kő (bazalt)		töm.földfelt.
	fagyapot		mészvakolat		vertfal



készült: GRAPHISOFT | ArchiCAD 26 | build 4019 | HUN | Win64 | teljes verzió (oktatási licenz)

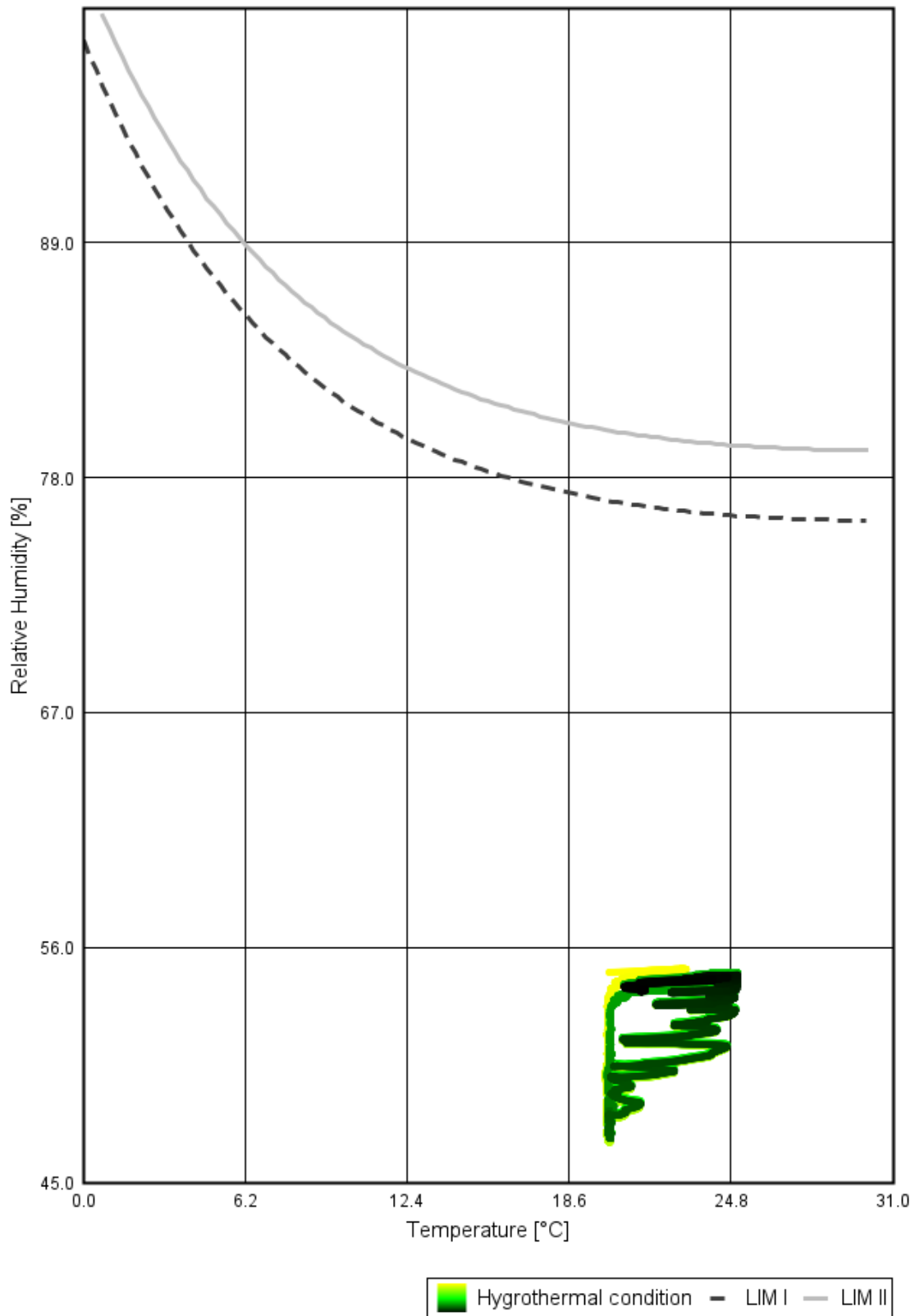
3.91. ábra Pallógerendás pólyabetétes fafödém (Xd) metszete (saját ábra)

A thermografikus ábra (Xd) értelmezése | $U=0,1653 \text{ W/m}^2\text{K}$



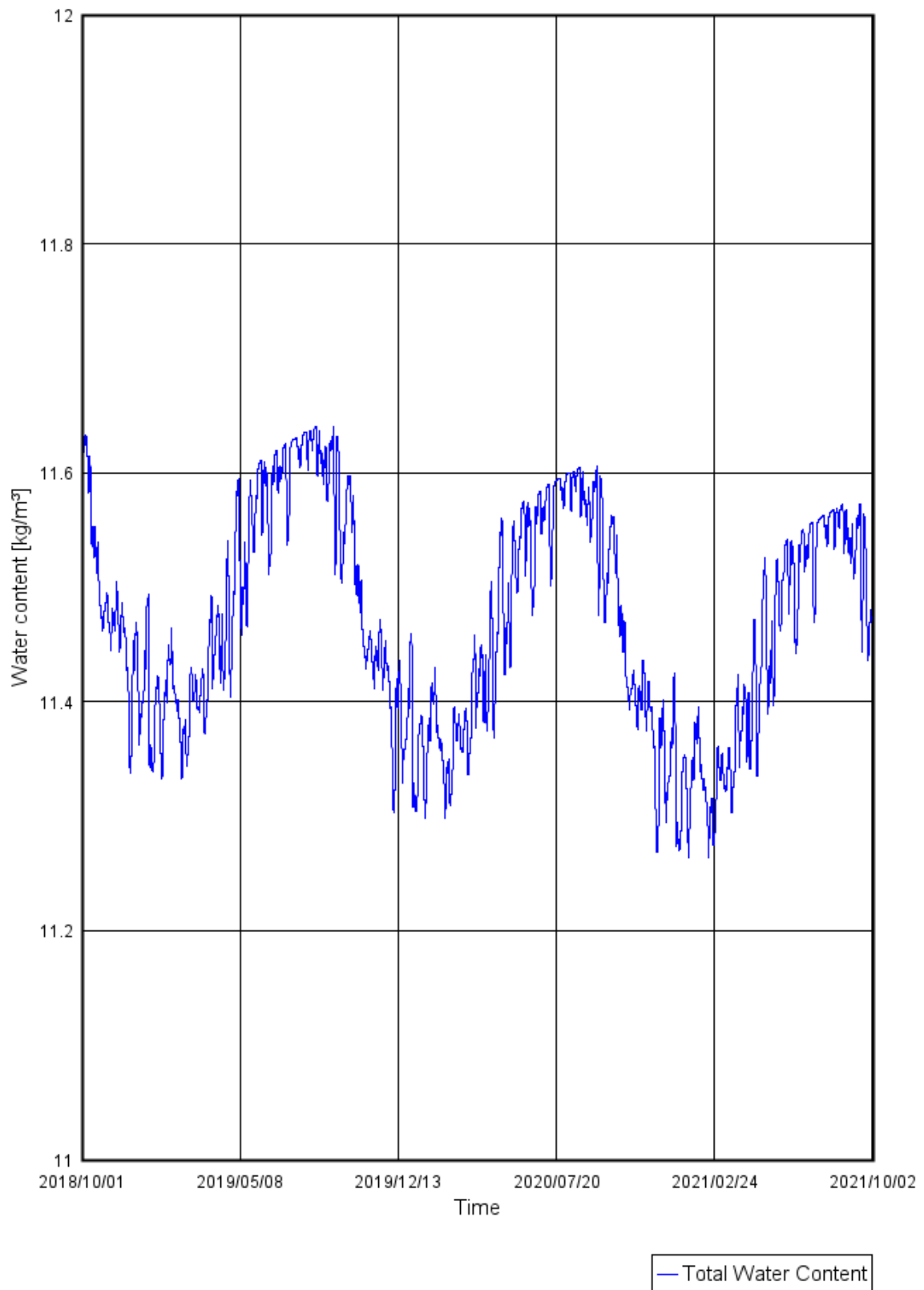
3.92. ábra Pallógerendás pólyabetétes fafödém (Xd) thermografikus elemzése (saját ábra)

Isopleths

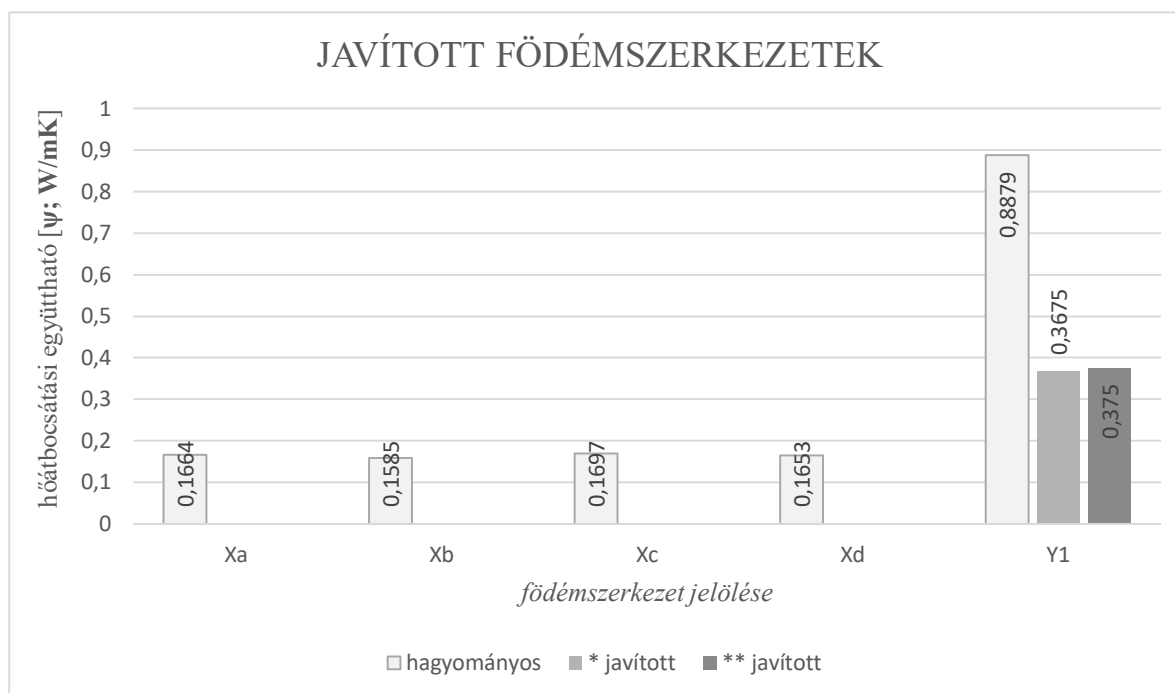


3.93. ábra Xd-típusú födémszerkezet elemzése szintvonalas ábrán 3 éves ciklusban (hőmérséklet-relatív páratartalom) függvényében belső oldali gipszkartonban vizsgálva (saját ábra)

Total Water Content



3.94. ábra *Xd-típusú födémszerkezet teljes víztartalmának elemzése 3 éves ciklusban (idő-víztartalom függvényében, saját ábra)*



3.95. ábra Javított födémszerkezetek hőátbocsátási tényezőinek összehasonlítása

Összefoglalás

A módosított födémszerkezetek elvi alapjai a népi építészetünk alapvető födémszerkezetein alapulnak. Ezeket elsősorban rétegtrendi alkotóik cseréjével, módosításával történő hőtechnikai tulajdonságaik javításának érdekében több lehetséges megoldás thermografikus és páraszimulációs vizsgálatát végeztem el. Fontos szempont volt a faipari-, és erdőgazdálkodási melléktermékek, illetve építőipari termékek hulladékként jelentkező anyagok felhasználása mind hőszigetelő tulajdonságot növelő építőanyagként, mind tartószerkezetként (pórusbeton, ágak stb.)

A módosított födémszerkezetek közül 4 esetben (Xa ($U_{Xa} = 0,1664 \text{ W/m}^2\text{K}$), Xb ($U_{Xb} = 0,1585 \text{ W/m}^2\text{K}$), Xc ($U_{Xc} = 0,1697 \text{ W/m}^2\text{K}$), Xd ($U_{Xd} = 0,1653 \text{ W/m}^2\text{K}$)) sikerült kielégíteni napjaink (padlás) födémszerkezetekre vonatkozó energetikai követelményeit ($U_{\text{padlásfödém max}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Számos további lehetőség adott a további vizsgálatokhoz, melyek elvégzése szükséges a megvalósításhoz (tartószerkezeti ellenőrzések, tűzvédelmi minősítések, faanyagvédelmi eljárások). Ezen vizsgálatok megléte alapvető feltétele annak, hogy a javasolt szerkezeti megoldások napjaink épületszerkezeteivé válhassanak – illetve ezek további gazdaságossági-, (nyersanyag) erőforrási elemzése szükséges a racionális felhasználhatóság és építhetőség érdekében.

4. Összefoglalás

A magyar organikus építészet „alappilére” a magyar népi építészet, mely megállapítás a kutatás elején kifejtésre és bizonyításra kerül. Ennek tudatában népi építészetünk elsődleges, faszervezetet tartalmazó vagy azt részben (másodlagos segédszerkezetként) felhasználó falszerkezeteink és födémszerkezeteink thermografikus vizsgálatával; páraszimulációs vizsgálatával illetve kivitelezéstechnikai sajátosságainak (segédszerkezet, embererő stb.) megállapításával elemzésre kerültek az egyes megoldások. A tradicionálisan kialakult szerkezeteket rétegrendbeli módosításokkal, rendszerhez illeszkedően (építéskorabeli anyagokkal) módosításra kerültek javítva azok épületfizikai tulajdonságait. A javított, módosított szerkezetek további alapjául szolgálnak napjaink korszerű építőanyagaival történő keresztezésére energetikai és fenntarthatósági érdekek szem előtt tartása mellett (természetben külön behatás nélkül lebomló, mesterséges anyagot nélkülöző vagy minimalizáló anyaghasználatú, illetve hulladékot (cellulóz hőszigetelés, faipari melléktermék (gally, gyártásból „leeső”, felhasználásra már nem alkalmas elemek, invazív fafajták alkalmazása stb.)). Az elsősorban természetes (fa-, és földalapú) építőanyagokon alapuló szerkezeti kialakítások nem-, vagy csak igen kis mértékben alkalmazott megoldások napjaink általános építőgyakorlatában. A kutatás célja ennek a területnek (természetes építőanyagok és faanyag központi alkalmazása) vizsgálata volt azzal a céllal, hogy bizonyítást nyerhessen annak használhatósága és hasznossága korunkban is. A vizsgálatokat a magyar népi építészet keretein belül végeztem el. A szimulációk során 8 db különböző alapvető födémszerkezetet, 13 db módosított födémszerkezetet, 6 db alapvető falszerkezetet, 9 db módosított falszerkezetet és 4 db új födémszerkezetet vizsgáltam meg. Összesen 40 db rétegrendi műszaki ábra és ehhez tartozó szimuláció került elvégzésre. Érdemes a faipari-, és erdőgazdálkodási melléktermékek újboli vizsgálata is – fák gallyainak alkalmazása kis önsúlyának, geometriájából fakadóan léghézagosságának köszönhetően relatív jó hőszigetelőképességével alkalmassá válhat az építőiparban szerkezetkialakításra (födémbe, homlokzatburkolatként stb.). További vizsgálatok (tartószerkezeti, épületfizikai, tűzvédelmi) végzésére érdemes a fák gallyainak alkalmazása. Fontos következtetések levonásához segíthet hozzá a gallyzat sűrűségének, a gallyak átmérőjének és anyag típusának ismeretében annak hasznosíthatóságában (rendezett vagy rendezetlen eloszlás a halmazban, önmagában tömörített vagy segéd tartóval gyámolt stb.) és alkalmazásában. Éppen ilyen figyelemreméltó és további lehetőségeket biztosító kutatás származhat a pólyásfödém elvén működő hulladékanyagok (építőanyagok) hasznosítása során új rétegrendek kialakítása is (faipari hulladékból származó kiselemes fűrészárúra tekert textilipari pamutanyag köztes cellulózkitöltéssel, agyagos víz stabilizálása mellett stb.).

Fontos megjegyezni, hogy a módosított szerkezetek minden esetben statikailag méretezendők a szerkezeti adottságoknak (feszítáv, tartószerkezet) és terheknek (funkció, meteorológiai, biztonsági stb.) megfelelően! A valós helyzetben megépített szerkezetek az építési egyenetlenségekből, változó anyagjellemzőkből és egyéb körülményektől függően (időjárás, páratelhelés, terhelés stb.) az ideális állapotot feltételező szimulációs értékektől nagy valószínűséggel eltér. A javasolt rétegrendi felépítések egyéb körülményeit is javasolt vizsgálni (gazdaságosság, kivitelezhetőség, energiahatékonyság) annak érdekében, hogy valóban alkalmazható szerkezetekként megoldást kínálhassanak napjaink építőgyakorlatában.

A mérések és azok összehasonlítása a kapott értékek csupán nagyságrendbeli értékei alapján elmondható, hogy érdemes egykori népi építészeti szerkezeteinket megvizsgálni és napjaink elvárásainak megfelelően módosítanunk azokat.

5. Köszönetnyilvánítás

Hálával tartozom édesanyámnak, amiért életem során teljes erejéből megalkuvást nem tűrve önzetlenül támogatott céljaim eléréseinek érdekében és amiért bármikor számíthattam rá. Ági testvérem örök életvidámsága és szeretete folyamatos támaszt nyújtott, ahogyan Gyuri szeretetteljes és megbízható hozzáállása is.

Köszönöm Berky Lillának, hogy bármikor számíthattam a támogatására.

Szakmai-, életszemléleti tanítóm nélkül nem írnám most ezeket a sorokat – aki a tanítás irányába segített és bátorított: Fülöp István. Csontos Györgyi – Csonti – támogatása és barátsága sokszor nyújtott támaszt számomra.

Tolvaj Vera támogatása, megértése és humánuma példaértékű számomra. A doktori iskolám éve alatt szüntelenül segített, irányba igazított – köszönöm!

Berek László, az Óbudai Egyetem könyvtárának igazgatójának baráti segítőkészsége és rugalmassága erős mankó volt a hónap alatt a publikációk elkészítésének ideje alatt.

A baráti segítség, mely során kérésre azonnali igen választ kaptam a fordításokban történő segítségkérésre roppant jól esett. Köszönettel tartozom a felvidéki Szvorák Bratyinka Zsuzsannának a szlovák nyelvű fordításért, ahogyan az erdélyi Klósz Endrének a román nyelvű átírásért. Mindnyájatokkal a népi építészet ürügyén ismerkedhettem meg – ezen sorokat írva úgy tűnik, nem véletlenül! Köszönöm Dr. habil. Talamon Attila PhD segítségét. Nagyfokú baráti támogatást kaptam Dr. Kerekes Attila gépészmérnök személyében – sokat tanulhattam tőled, köszönöm szépen!

A kutatásom alapjait szolgáló építészek, tartószerkezeti mérnökök személye és munkája nélkülözhetetlen az új eredmények megismeréséhez – baráti segítőkészségüket, barátságukat örök hálával zárom magamba. Hálával tartozom Martina Giustra-nak, amiért önzetlen és nagyfokú segítséget nyújtott számomra. „Makovecz Imre statikusa”, Pongor László segítése nem csupán doktori fokozatom elérésében – számomra a magyar (organikus) építészeti történeti fontosság szempontjából is rendhagyó és fontos. Márton Péter statikai baráti segítségnyújtása és Horkai András baráti segítőkészsége és önzetlen segítségnyújtása sokat jelentett számomra. Rüll Tamás *embersége*, baráti tisztelete és alázatossága legyen örök vezérvonal életem munkássága során. Tóth Péter (Mérmű, Hetedhét) elismerése és kritikussága - baráti szavai mérvadók számomra a szakma medencéjének mélységében.

Ismerve szentimentalizmusomat, hálával gondolok arra, amikor 8 éve álltam az általam ismeretlen Soproni Egyetem B-épületének zárt kapui előtt és sajnáltam, hogy nem lehettem itt diák. Nos, úgy tűnik, ezt már nem kell sajnálnom – diákból oktatóvá válhatok.

„Ha valakit az élet Magyarországra, a Kárpát-medencébe vetett ki, meg kell értenie, hogy önbecsülését, erejét, jogait ne mástól várja. Se szomszédaitól, se a nagyhatalmaktól, se a történelem ítélőszékétől, csakis önmagától.” ... Ami a magyar típusú kérdésekre pedig nem a megvallás, a hit és egyéb lelki területen találok választ, hanem valahol az idők előző periódusában, a nyelvek megszületésének idejében, a kezdetekkor.” (Makovecz, 2000, p. 152).

6. Tézisek

1. A magyar organikus építészet alapjai a magyar népi építészetben találhatók, ezáltal a magyar népi építészet vizsgálatával a magyar organikus építészetre kiható építészeti megoldások érhetőek el.

A magyar organikus építészet két közismert személye, Csete György (1937-2016) és Makovecz Imre (1935-2011) nevezhető meg a magyar organikus építészet általánosan ismert alapító építészeiként (Fekete, 1992, p. 11; Kőszeghy, 2011a, p. 68). Csete György és társainak ismertetése során kifejezésre kerül „A csoport tagjainak másik vezérgondolata volt, hogy a természettel, környezettel harmóniában kell élnie a jelenkor emberének is. A népi építészet régebben erre képes volt, a mai viszont nem. ...” (Simon, 2006, p. 14). Népi építészetünk vizsgálata ezáltal napjainkban is alkalmazható megoldásokat kínálhat tekintettel a magyar organikus építészet korunkban is alkalmazott szerkezeti megoldásaira (melyek népi építészetünkből táplálkozik).

2. Napjaink organikus építészetének építőanyaghasználatára és szerkezetkialakítására (hagyományos faszerkezetek, földalapú szerkezetek stb.) csak kis mértékben jellemző a magyar népi építészet közvetlen alkalmazása – ellenben a magyar népi építészet formavilágával. Háttérbe szorult a földalapú szerkezetek (sövényfalak, vertfalak stb.) és egyszerű födém szerkezetek (pólyásfödém, sárlécfödém stb.) alkalmazása. Ebből fakadóan vizsgálni szükséges az alapvető magyar népi építészeti szerkezeteket (falszerkezetek, födém szerkezetek) annak érdekében, hogy azok alkalmazhatóak legyenek napjainkban is.

Hagyományos falszerkezeteink és födém szerkezeteink alapvető hőtechnikai tulajdonságait megismerve lehetséges azok alkalmazása napjainkban is, amennyiben korszerű építőanyagokkal társítjuk és szerkezeti megoldással alakítjuk ki azokat (pl.: szalmabála hőszigetelés alkalmazása vertfal esetén, cellulóz hőszigetelés kialakítása borított gerendafödém esetén).

3. A magyar népi építészet egyes épületszerkezeteinek vizsgálatával napjainkban is alkalmazható megoldások hozhatók létre

Alapvető, hagyományos falszerkezeteink és födém szerkezeteink vizsgálatával azok hőtechnikai tulajdonságai megismerhetők, mely által továbbfejlesztési lehetőségeket kínálnak napjaink alkalmazhatóságához. Ezen ismeretek elemzésével létrejövő módosított szerkezetek esetében általánosan több, mint 25%-os javulás volt tapasztalható. A módosított szerkezetek értékei megközelítik napjainkban alkalmazott korszerű födém szerkezetek hőátbocsátási tényezőinek követelményét.

4. A magyar népi építészet, ezáltal a magyar organikus építészet napjaink (elsősorban fa) építőanyag válságát enyhítheti, a fenntartható építészetet elősegítheti

A módosított szerkezetek elsősorban olyan építőanyagok bevonását célozta meg, mint a kisméretű, faipari melléktermékként megjelenő fűrészárú alkalmazása – kifejezett javaslattal az invazív fafajok alkalmazására a kis méretből fakadó könnyeb telíthetőségre, csökkentett vetemedési értékekre, puhafákhoz viszonyított kedvezőbb mechanikai tulajdonságokra (fokozottan terhelt zónáknál) így csökkentve az őshonos fafajok iránti építőanyagigényt.

5. Faipari-, és erdőgazdálkodási melléktermékként, hulladékként keletkező építőanyagok/nyersanyagok felhasználhatók, tovább alakíthatók napjainkban alkalmazható építőipari faszerkezeti megoldásokká

A faipari-, és erdőgazdálkodási termelésben megjelenő gallyak, ágak, vesszők alkalmazhatósága is felvetésre került mint önálló tartószerkezet („gally-födém”) és fal-, és födém szerkezeti vizsgálatra mint segédszerkezet (vesszőfonat fal), illetve mint hőszigetelő anyag (gally-pallózat). A keményfa elemek (különös tekintettel az akácfa) kisméretű elemeinek felhasználhatóságára és hasznosíthatóságára (boltozott födém).

7. Irodalomjegyzék

- Aidan, W., 2006. A faanyagok enciklopédiája - Amit a világ fáirol tudni kell. Cser Könyvkiadó és Ker. Kft., Budapest.
- Álmosdi, Á., Cseh, K., Horváth, B., Király, Z., Márton, T., Takáts, M., Tusnády, Z., Márton, L.A., Frank, O., 2002. Visegrádi Építésztaórok 1981-2001. Kós Károly Alapítvány, Budapest.
- Armuth, M., Bodnár, M., 2018. Fa tartószerkezetek, 3. ed. Artifex Kiadó, Budapest.
- Babos, R., Báltki, K., Dr. Bejó, L., Dr. Christof, R., Dr. Csupor, K., Dr. Divós, F., Dr. Király, B., Dr. Nagy, A., Dr. Németh, L., 2003. Faanyagok és faanyagvédelem az építóiparban. AGROINFORM Kiadó, Budapest.
- Bajza, J., 2022. Szemrevételezéses épületdiagnosztika. TERC Kft., Budapest.
- Baker-Laporte, P., Laporte, R., 2015. The EcoNest home: designing & building a light straw clay house. New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada.
- Bakó, F., Balassa M., I., Barabás, J., Bárh, J., Cseri, M., K. Csilléry, K., H. Csukás, G., Dám, L., Flórián, M., Füzes, E., Juhász, A., Kecskés, P., Kisbán, E., Varga, G., Zentai, T., 1997. A Magyar népi építészet történetének korszakai, I. ed. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Bakos, J.P., Füsi, Z., 2014. Kultúra és identitás - Népi építészeti emlékek újrértelmezése - funkcióváltás Sóvárád csürjeiben. Presented at the Tudományos Diákköri Konferencia, Magyarország, p. 12.
- Balassa M., I., Cseri, M., 1999. Népi építészet Erdélyben. Szentendrei Szabadtéri Néprajzi Múzeum, Szentendre.
- Barabás, J., Gilyén, N., 2004. Magyar népi építészet. Mezőgazda Kiadó.
- Barabás, J., Molnár V., J., Gilyén, N., 1987. Magyar népi építészet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Baráth, J., Khell, C., 1982. Magyar népi építészet. Móra Ferenc Ifjúsági Könyvkiadó, Budapest.
- Bársony, I., 2019. Magasépítés IV. SZEGA Books Kft., Pécs.
- Bársony, I., 2018a. Magasépítés III. SZEGA Books Kft., Pécs.
- Bársony, I., 2018b. Magasépítés I. SZEGA Books Kft., Pécs.
- Bársony, I., 2018c. Magasépítés II. SZEGA Books Kft., Pécs.
- Bársony, I., Szerényi, A., Szerényi, I., 2019. Ácsszerkezetek. SZEGA Books Kft., Pécs.
- Beke, M., Fekete, N., Haba, P., Masznyik, C., Smiló, D., Wesselényi-Garay, A., 2021. Szubjektív Makovecz Jegyzetek. HELLO WOOD, Makovecz Imre Alapítvány, Magyarország.
- Bihari, Á., 2013. Magyar népi építészet, mint fenntartható építési eljárás. p. 60.
- Bihari, Á., Krizsán, A.D., 2014. Nagypám háza program - Alkotótábor Oszkón. Országépítő.
- Bihari, Á., Medgyasszay, P., 2020. A vályogépítés jelene és várható jövőbeni tendenciái = Present Adobe Construction and Expected Future Tendencies. Metszet.
- Biky, Z., 2021. A múlt erős gyökér, in: Fiatal Műemlékvédők Fóruma. ICOMOS Magyar Nemzeti Bizottság Egyesület, Magyarország, p. 141.
- Birkhauser, G.M., n.d. Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture.
- Bódisz, A., Bojár Iván, A., Kielmayer, K., Kovács András, I., Osváth, S., Tarnóczy, L., Tóth, A., 2015. Tokaj Hegyalja. Széchenyi Nyomda.
- Bojár Iván, A., Darabos, G., 2015. Nagy Káli könyv, II. ed. Dürer Nyomda Kft., Óbarak.
- Bonta, J., 2008. A magyar építészet egy kortárs szemével 1945-1960. TERC Kft., Budapest.
- Buzás, M., Sabján, T., 2021. Hagyományos falak. TERC Kft., Budapest.
- Csák, M., 2011. Az építészet lényege, I. ed. Körmendi Kiadó, Budapest.
- Cseri, M., 1987. Népi építészet és lakáskultúra a Szuha-völgyében. Kossuth Lajos Tudományegyetem Néprajzi Tanszék, Debrecen.
- Csete, G., 2011. Csete György és Dulánszky Jenő, szerzői. ed. O.A. Invest nyomda.
- Csete, G., 2001. Új Magyar Építőművészet. Új Magyar Építőművészet 31.
- Csete, Ö., 2022. Csete Alapítvány [WWW Document]. Csete Alapítvány. URL <http://csetealap.hu/#/> (accessed 11.21.22).
- csetealap, 2020. FORRÁSHÁZ - avagy a magyar organikus építészet kezdetéről. URL <https://csetealap.blog.hu/2020/06/20/forrashaz>
- Csobajiné, T.J., 2016. Bitumenes lemezekből készülő csapadékvíz-szigetelések tervezési és kivitelezési szabályai. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádógosok Magyarországi Szövetsége, Budapest.

- Csobajiné, T.J., 2011. Műanyag és gumialapú lemezekből készülő csapadékvíz-szigetelések tervezési és kivitelezési szabályai. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége, Szalai Levente ügyvezető igazgató, Budapest.
- Csóka, B., 2018. Hagyomány és identitás - az építész felelőssége. Pécs, p. 45.
- Csott, R. (Ed.), 2013. Szálerősítésű cement tetőfedések tervezési és kivitelezési szabályai. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége, Merle István ügyvezető, Budapest.
- Czégány, S., Dobrosi, T., Fábíán Rigó, T., Ferenc, A., Fülöp, T., Kiss, K., Kis-Simon, O., Szegedi, A., 2022a. Visegrádi Tábó - 1985 Torony [WWW Document]. <http://eloepiteszet.hu/hu>. URL <http://eloepiteszet.hu/hu/idorend/1985/visegrad-tabor-1985-torony>
- Czégány, S., Dobrosi, T., Fábíán Rigó, T., Ferenc, A., Fülöp, T., Kiss, K., Kis-Simon, O., Szegedi, A., 2022b. Visegrádi Tábó - 1988 Gubó [WWW Document]. <http://eloepiteszet.hu/hu>. URL <http://eloepiteszet.hu/hu/idorend/1988/visegrad-tabor-1988-gubo>
- Czégány, S., Dobrosi, T., Fábíán Rigó, T., Ferenc, A., Fülöp, T., Kiss, K., Kis-Simon, O., Szegedi, A., 2022c. Makovecz Imre - Zalaszentlászló, faluház [WWW Document]. <http://eloepiteszet.hu/hu>. URL <http://eloepiteszet.hu/hu/epuletek/epiteszek/kos-karoly-egyesules-tagok/makona-epitesz-tervezo-es-vallalkozo-kft/makovecz-imre/zalaszentlaszlo-faluhaz>
- Czégány, S., Dobrosi, T., Fábíán Rigó, T., Ferenc, A., Fülöp, T., Kiss, K., Kis-Simon, O., Szegedi, A., 2022d. Makovecz Imre [WWW Document]. <http://eloepiteszet.hu/hu>. URL <http://eloepiteszet.hu/hu/epuletek/epiteszek/kos-karoly-egyesules-tagok/makona-epitesz-tervezo-es-vallalkozo-kft/makovecz-imre/zalaszentlaszlo-faluhaz>
- Deák, L., Jankovics, T., 2013. Csete György 75 éves. Országépítő 64.
- Dénes, E., Dénes, G., Makovecz, I., 2016. Guide to Hungarian Organic Architecture. EPL Kiadó, Budapest.
- Déry, A., 2010. Öt könyv a régi építészeztől 3. - Faszervezetek - Gyakorlati műemlékvédelem. TERC Kft., Budapest.
- Dobosyné, A.A., Fejérdy, T., Klaniczay, P., Kovács, E., Nagy, G., 2021. 50 Román András (Egri) Műemlékvédelmi Nyári Egyetem 1971-2021. ICOMOS Magyar Nemzeti Bizottság, Magyarország.
- Dr. Birghoffer, P., 2013. Bádigos munkák tervezési és kivitelezési szabályai. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége, Merle István ügyvezető, Budapest.
- Dr. Gábor, L., 1988. Épületszerkezettan I. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Dr. Király, B., Dr. Csupor, K., 2013. A kémiai faanyag- és tűzvédelem anyagai és keverékei. Nyugat-magyarországi Egyetem, Faipari Mérnöki Kar, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4., Sopron.
- Dr. Molnár, S., 2004. Faanyagismeret. Szaktudás Kiadó Ház Rt., Budapest.
- Dr. Palotás, L., 1965. Mérnöki kézikönyv - 5.kötet, épületszerkezetek, épülettervezés, épületgépészet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Dr. Pozsgai, L., 2006. Nádfedés. Cser Kiadó, Budapest.
- Dr. Szabó, G., 2003. Népi építészezi gyökerek felmérése, kutatása diákjaimmal 1976-2001. Építésügyi Tájékoztató Központ, Budapest.
- Dr. Szabó, L., Balogh, T., Farkas, D., Freund, P., 2013. Fa- és acélszerkezetek I. Példatár. TERC Kft., Buda.
- Dr. Széll, L., 1963. Magasépítésttan II. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Dr. Széll, L., 1957. Magasépítésttan I. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Dr. Wittman, G., Bátki, K., Dr. Kosztka, M., Dr. Szalai, J., 2001. Mérnöki faszerkezetek II. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Dr. Wittman, G., Bátki, K., Dr. Varga, F., Dr. Kovács, Z., 2000. Mérnöki faszerkezetek I. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Dr. Szűcs, M., 2008. Föld- és vályogfalú házak építése és felújítása. Építésügyi Tájékoztató Központ Kft., Budapest.
- Eke, Z., 2010. A fa építészezi szerepe a világkiállítások pavilon építészeztében az ezredforduló EXPO-i kapcsán, in: Doktori (Ph.D.) értekezés. p. 178.

- Erika, K., Dalma, D., 2022. Élhető örökség - Válogatás a Népi Építészeti Program helyreállításaiából. Teleki László Alapítvány, Budapest.
- Esztány, G., Radev, G., András, S., Furu, Á., Rodics, G., 2018. Csűrjeink újrahasznosítása. Faanyagvédelem - Faanyagvédelem a magasépítésben - általános irányelvek, 2020. . Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.
- Fabó, B., Anthony, G., 2014. Kós Károly Világa (1907-1914) - Napkeletről jöttem nagy palotás rakott városba kerültem. Budapest Főváros Levéltára, Budapest.
- Fátrai, G., 2008. Történeti tetőszerkezetek. TERC Kft., Budapest.
- Fehér, K., 2017. FELMÉRÉS AZ ÉPÍTÉSZKÉPZÉSBEN - 1945 előtti műemlékfelmérési rajzok az építészoktatás első nyolc évtizedéből. Archit. Hung. 16, 33–53.
- Fekete, G., 1992. Architettura Organica Ungherese - Hungarian Organic Architecture - Magyar Organikus Építészet, II. ed. Kós Károly Alapítvány, Budapest.
- Foerk, E., 2002. A Magyar Királyi Állami Felső Építő Ipariskola szünidei felvételei 1912-1942. TERC Kft., Budapest.
- Fülöp, I.Z., 2021. Terepmunka az építészképzésben. Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar Breuer Marcell Doktori Iskola, Pécs, p. 73.
- Gerle, J., Götz, E. (Eds.), 2015a. Makovecz Imre - tervek, épületek, írások I. (1959-2001). EPL Kiadó, Budapest.
- Gerle, J., Götz, E., 2015b. Makovecz Imre - tervek, épületek, írások II. (2002-2011). EPL Kiadó, Budapest.
- Gerle, J., Kovács, A., Makovecz, I., 1990. A századforduló magyar építésze. Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest.
- Gilyén, J., 1991. Régi épületek tartószerkezete. Budapesti Műszaki Egyetem.
- Gilyén, N., Mendele, F., Tóth, J., 1981. A Felső-Tiszavidék népi építésze. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Giustra, M., 2014. Imre Makovecz and the Hungarian Organic Architecture.
- Gregory, B., Hansjörg, P., Imme, D., Luigi, F., Marianne, S., Markus, F., Martin, R., Nicolas, P., Pieter, van der R., Richard, C., Rudolf, K., Yaike, D., 2022. Designing in Context - Taking inspiration from a cultural, social and natural setting.
- Gróh, I., 2019. A sajtómenti népies építés díszítő formáiról. Hermit Könyvkiadó Bt., Magyarország.
- Gyarmati, B., Igmándy, Z., Pagony, H., 1975. Faanyagvédelem, 2. ed. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Hegedűs, Z., 1995. A biorganikus építészet felé. A BIOECO Alapítvány kuratóriumának elnöke.
- Hilvert, E., 1956. Faszerkezetek. Egyetemi Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Horváth, S. (Ed.), 2021. Tetőszigetelések tervezési és kivitelezési irányelvei, 2. ed. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége, Szalai Levente ügyvezető, Budapest.
- Horváth, S., Pataky, R. (Eds.), 2022. Talajnedvesség és talajvíz elleni szigetelések tervezési és kivitelezési irányelvei, 1st ed. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége, Szalai Levente ügyvezető, Budapest.
- Horváth, S., Pataky, R. (Eds.), 2021. Alátétthéjazatok tervezési és kivitelezési irányelvei, 3. ed. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége, Szalai Levente ügyvezető, Budapest.
- Horváthné, P.J. (Ed.), 2011. Zöldtetők tervezési és kivitelezési irányelvei, 4. ed. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége, Kassay Jenő ügyvezető titkár, Budaörs.
- ICOMOS-ról [WWW Document], n.d. URL <http://www.icomos.hu/index.php/hu/rolunk/icomos-rol> (accessed 11.23.22).
- Jakab, C., Márton, L.A., 2014. Épít(kez)és a Biennálén - A Kárpát-medencei modell. Országépítő 64.
- Kampis, M., 1999. Tíz éves a Kós Károly Egyesülé. Kós Károly Alapítvány, Budapest.
- Károlyi, A., Perényi, I., Tóth, K., Vargha, L., 1955. A magyar falu építésze. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Kenneth, F., 2009. A modern építészet kritikai története - 2., bővített kiadás, 2. ed. TERC Kft., Budapest.
- Koleszár, K., É. Kovács, J., Laki-Lukács, L., 2004. Népi díszítőművészet Dél-Gömörben és Dél-Tornában (Mintagyűjtemény).

- Koleszár, K., Nagy, D., 2007. Tanácsok hagyományos porták értékőrző megújításához Gömör és Torna vidékén. Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány, Miskolc.
- Korda, M., 2019. A magyarországon inváziós fafajok elterjedésének és elterjesztésének története. Sopron, p. 488. <https://doi.org/10.13147/SOE.2020.001>
- Kőszeghy, A. (Ed.), 2011a. A mákgubó, az űrhajó és a népművészet találkozása az erdőben. Országépítő 69.
- Kőszeghy, A. (Ed.), 2011b. Vándordiploma. Országépítő.
- Kováts, Á., Márton László, A., Török, Á., 2015. Vándorok könyve 1989-2014. Kós Károly Alapítvány, Budapest.
- Krizsán, A., Somogyi, G., 2022. A Balaton-felvidék tájba simuló népi építészet. Cser Kiadó, Budapest.
- Kunkovác, L., 2000. Ősépítmények. Kós Károly Alapítvány-Örökség Könyvműhely, Budapest.
- László B.T., 2021. Betonbimbók Beremenden [WWW Document]. URL <https://magyarnemzet.hu/lugas-rovat/2021/10/betonbimbok-beremenden> (accessed 11.21.22).
- Magyar Művészeti Akadémia, 2014. Megnyílt a Makovecz-kiállítás | Magyar Művészeti Akadémia [WWW Document]. URL https://www.mma.hu/pt_PT/77/-/event/10180/megnyilt-a-makovecz-kiallitas;jsessionid=48CB4FB41F01ACE398F24872E6274222 (accessed 11.21.22).
- Magyar Művészeti Akadémia, 2017. Csete György | építész [WWW Document]. URL <https://mmakademia.hu/alkoto/-/record/MMA13213> (accessed 11.22.22).
- Makovecz, I., 2000. Írások (2000-1990). Shark Print Kiadó, Kaposvár.
- Makovecz Imre Alapítvány [WWW Document], 2012. . Makovecz Imre Alapítvány. URL <https://makovecz.hu/alapitvany/> (accessed 11.21.22).
- Malonyai, D., 1907. Malonyai Dezső: A magyar nép művészete | Kézikönyvtár [WWW Document]. URL <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Malonyai-malonyai-dezso-a-magyar-nep-muveszete-1174D5/> (accessed 11.23.22).
- Martina, G., 2020. Disclosing the Value of Makovecz's Work. - The Value of the Contribution of Architecture to Cohesion and Social Engagement. Pécs, p. 122.
- Matthew, R.H., Rick, L., Meror, K. (Eds.), 2012. Modern earth buildings - Materials, engineering, constructions and applications. Woodhead Publishing Limited.
- Medgyasszay, P., Novák, Á., 2006. Föld- és szalmaépítészet - Függelékben: Lehbau Regeln (A vályogépítés szabályai). TERC Kft., Budapest.
- Mednyánszky, M., 2021. Vályogházak - Építés, korszerűsítés, átalakítás. TERC Kft., Budapest.
- Mednyánszky, M., 2017. Kőházak. TERC Kft., Budapest.
- Molnár, V., 1998. Vályogépítési módok és szerkezeti megoldások. Magyar Építőipar.
- Műemlékvédelem 1957-2020 | Arcanum Digitális Tudománytár [WWW Document], n.d. URL <https://adt.arcanum.com/hu/collection/Muemlekvedelem/> (accessed 11.23.22).
- MŰEMLÉKVÉDELEM [WWW Document], n.d. URL <https://oroksegvedelem.kormany.hu/muemlekvedelem> (accessed 11.23.22).
- Németh, J., 1979. Zala megye műemlékei. Zalaegerszeg.
- NetJogtár, 2015. 2022/2015. (XII. 29.) Korm. határozat Makovecz Imre életművének gondozásáról - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye [WWW Document]. NetJogtár. URL <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A15H2022.KOR&txreferer=00000001.TXT> (accessed 11.21.22).
- Novák, Á., 2002. Szalmabála építészet. Zöld Energia Hálózat, E-misszió Természet és környezetvédelmi Egyesület, Nyíregyháza.
- Novák, Á., 1996. Vernacular architecture in Hungary - Magyar népi építészet. TEMPUS IB, Ljubljana.
- NTDK Zádorfalva '18, 2018.
- O.Csicsely, Á., 2014. Fenntartható építészet - A vályogfalak életciklusai. Országépítő 64.
- Organikus építészet, 2020. . Wikipédia.
- Owen, J., 2011. Európa fái - 1500 faj gazdagon illusztrált, szakszerű leírása - 1500 faj gazdagon illusztrált, szakszerű leírása. Kossuth Kiadó, Hongkong.
- Pál, B., 1983. Kós Károly. Akaémiai Kiadó, Magyarország.

- Pál, M., 2019. Pályázat Makovecz Imre életművét bemutató kiállítás megvalósítására [WWW Document]. Makovecz Imre Alapítvány. URL <https://makovecz.hu/alapitvany/hirek/palyazat-makovecz-imre-eletmuvet-bemutato-kiallitas-megvalositasara/> (accessed 11.21.22).
- Pálincás, G., 2001. Csete György és Dulánszky Jenő - vallomások. Kijárat Kiadó, Magyarország.
- Pattantyús-Ábrahám, Á., 2021. Épületrehabilitáció - Tartószerkezetek helyreállítása, átépítése és megerősítése. TERC Kft., Budapest.
- Popescu, M., Zsuzsanna, T., 2015. Vernacular Architecture - Earthen Buildings in Central and Eastern Europe. YBL JOURNAL OF BUILT ENVIRONMENT 3, 8. <https://doi.org/10.1515/jbe-2015-0004>
- Rados, J., 2013. Magyar építészettörténet. TERC Kft., Budapest.
- Román, A., 2004. 487 bekezdés és 617 kép a műemlékvédelemről. TERC Kft., Budapest.
- Román András Műemlékvédelmi Nyári Egyetem, n.d.
- Rudolf, S., 2016. A szabadság filozófiája. Lazi Kiadó, Budapest.
- Rüll, T., 2022. A mai magyar organikus építészet – Kérdések és válaszok Rüll Tamással, Makovecz Imre irodájának vezetőjével.
- Sabján, T., 2007. Tetőfedések - Népi kultúra 8. TERC Kft., Budapest.
- Sabján, T., 2004. A búbos kemence - Népi kultúra 1. TERC Kft., Budapest.
- Sabján, T., Buzás, M., 2003. Hagyományos falak - Népi kultúra 4. TERC Kft., Budapest.
- Simon, K., 2006. A tulipán-vita (Lakótelep-humán-organikus építészet). Iskolakultúra 13.
- Sobó, J., 1898. Középtéstan I-II., reprint. ed. Ponte Press Kiadó Kft., Selmeczbánya.
- Somlai, A., 2012. Illeszkedés és hagyomány - A Balaton-felvidék népi értékeinek megjelenése a kortárs építészetben. Budapest.
- Szentkirályi, Z., 2004. Az építészet világtörténete. TERC Kft., Budapest.
- Szilágyi, M., Kerner, G., 2019. NEWTRAD - A szegedi nagytáj építészeti útmutatója / Arhitektonski vodič Segedinskog regiona. Vajdasági Magyar Művelődési Intézet, Móra Ferenc Múzeum, Zenta.
- Tóth, B.P., 2022. A magyar népi építészet és a magyar organikus építészet kapcsolata.
- Tóth, B.P., 2020a. Idén is felmérőtáborot tart a Népi Építészeti Tudományos Diákkör [WWW Document]. <https://www.epiteszforum.hu>. URL <https://epiteszforum.hu/iden-is-felmerotabort-tart-a-nepi-epiteszeti-tudomanyos-diakkor-> (accessed 11.23.22).
- Tóth, B.P., 2020b. Properties of joists build by branches and twigs. 9TH HARDWOOD PROCEEDINGS – PART I. I., 306.
- Tóth, B.P., 2018. Jön az NTDK építésztaóbor! [WWW Document]. <https://www.epiteszforum.hu>. URL <https://epiteszforum.hu/jon-az-ntdk-epitesztabor> (accessed 11.24.22).
- Tóth, J., 1975. Az Őrségek népi építésze. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Turi, A., 2015. Statika és szenvedély - Interjú Pongor Lászlóval. Országépítő.
- Turi, A., 2014. Visegrád 33 év. 2014.
- Varga, Á., 2022. Cserépfedések tervezési és kivitelezési szabályai, 2. ed. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádógosok Magyarországi Szövetsége, Szalai Levente ügyvezető, Budapest.
- Veres, R., 2019. Faanyagismeret III. SZEGA Books Kft., Pécs.
- Veres, R., 2018a. Faanyagismeret I. SZEGA Books Kft., Pécs.
- Veres, R., 2018b. Faanyagismeret II. SZEGA Books Kft., Pécs.
- Veres, R., 2018c. Faipari anyagismeret. SZEGA Books Kft., Pécs.