

Moravánszky, Ákos: The price of accuracy  
Citation: Metszet, Vol 14, No 1 (2023), pp 20-25,  
<https://doi.org/10.33268/Met.2023.1.2>

Received: 09 January 2023

Accepted: 07 February 2023

Published: 24 February 2023

## PRECISION AND TOLERANCE IN ARCHITECTURE

When precision is mentioned in architectural circles the construction of Swiss buildings is often referred to, the same applies to the extent of accuracy or tolerances applied. Historically brickwork seemed to be examined as a measure of accuracy. Naturally this work was manual in its nature, brick placed upon brick within tolerance ranges as applied by the bricklayer. Now with digitalization brickwork can be prepared in advance as part of the BIM process and applied by robotic bricklaying machines. Although the new methods might be more precise the result might fall foul to the nature of the material used.



# A PONTOSSÁG ÁRA

## PRECÍZIÓ ÉS TOLERANCIA AZ ÉPÍTÉSZETBEN

SZERZŐ | AUTHOR  
Moravánszky Ákos

Ha magyar építészekkel beszélgetek a svájci építészetéről, sokan említik a precíziót, minden részlet gondos megtervezését és kivitelezését, mint annak fontos és irigylésre méltó tulajdonságát. Eszembe jutnak azok az évek, amelyeket a Köztiben, Nagy Elemér műtermében töltöttem pályám kezdetén. A BME Duna-parti tanszéki épületét terveztük, és Elemér számára nem volt kérdés, hogy abban a környezetben csak téglahomlokzat jöhet szóba. De hogyan lehet elérni, hogy a kivitelező vállalat hajlandó és képes legyen olyan minőségű téglafalat rakni, amely megállhat a századfordulós szomszéd épületek mellett? A megoldást végül Elemér a mezőtúri téglával gyártott homlokzati kéregpanelekben találta meg. [1] Ez a technológia akkor Magyarországon nem volt használatos, a kivitelező cég Dániában tanulmányozta a módszert - valószínűleg egy kiküldetés lehetősége is hozzájárult ahhoz, hogy végül elfogadta ezt az igényes megoldást.

01





- 01 A Budapesti Műszaki Egyetem Z épületének homlokatrészlete. Nagy Elemér (Közt), 1984. Moravánszky Ákos felvétele
- 02 A björkhageni Szent Márk-templom falszöveve. Sigurd Lewerentz, 1958–1963. Moravánszky Ákos felvétele
- 03 A Baker House homlokatrészlete, Boston. Alvar Aalto, 1956–1960. Moravánszky Ákos felvétele

—Közben az építőiparnak Magyarországon is megnövekedtek a lehetőségei. A digitalizáció, az építőelemek korszerű gyártási technológiái elérhető közelségbe hozták a rendkívül pontos, szinte tökéletes részleteket. Kérdés, hogy ez a precízió egyértelmű nyereség-e az építészet számára, vagy el is veszítünk valamit? Mi a pontosság ára?

—Gondoljunk például Sigurd Lewerentz björkhageni Szent Márk-templomára (1956–1960) vagy Alvar Aalto bostoni diákotthonára, a Baker House-ra (1946–1949) – ezek az épületek mellesleg Nagy Elemér műtermében a kötelező tanulók közé tartoztak. A vastag habarcsrétegben úszó – sőt a Baker House esetében a sérült, megégett, eltorzult – téglák a homlokzatfelületnek nyers jelleget adnak, mintha még egy befejező vakolatrétegre várnának. Valójában azonban a „non finito”, a befejezetlen hatás a gondos tervezés eredménye. [2]

—Nézzünk egy ellenpéldát. A Bearth & Deplazes svájci építésziroda Fläschben (Graubünden) épült Gantenbein borászatának (2006–2007) vázkitöltő téglafalelemeit a zürichi műszaki egyetem (ETH) digitális technológia tan-székének két professzora, Fabio Gramazio és Matthias Kohler által kifejlesztett technológiával kiviteleztek. A falazórobotot úgy programozták, hogy az a téglákat rétegenként egymáshoz képest minimális szögben elfordítva, milliméteres pontossággal helyezze el. A téglasorok között nincs habarcsréteg, a téglák egymáshoz vannak ragasztva. A fal hatása a plasztikus felületnek és a téglák közötti függőleges hézagoknak köszönhetően könnyed, textilszerű.

02  
03

04





04

- 04 Gantenbein borozó, Fläsch. Bearth & Deplazes, homlokzatelemek: Gramazio & Kohler, 2006. Ralph Feiner felvétele, Gramazio & Kohler engedélyével
- 05 A Gantenbein borozó falelemeinek készítése robottal, Gramazio & Kohler, 2006. Gramazio & Kohler engedélyével
- 06 A churi Nagytanács új bejárata (Grosser Rat). Valerio Olgiati, 2007. Miguel Javier Verme felvétele



05

—A björkhageni és a fläshi téglafal a pontosság két, merőben ellentétes értelmezését példázza. Lewerentz templomának falazata egy magasfokú kézműveskultúra eredménye. Maga a téglá – súlya, méretei – ebbe a kultúrába vannak beágyazva: az egész építkezés tempóját, minőségét az a folyamat diktálja, ahogy a kőműves felvesz egy téglát, a helyére fordítja és egy habarcsrétegre helyezi a falszövetben, majd rákopogtat. A habarcs szerepe hagyományosan másodlagos, Lewerentz temploma esetében azonban legalább annyira meghatározza a fal megjelenését, mint a téglá, hiszen a vízszintes és függőleges habarcsfugák jóval szélesebbek a szokásosnál. A habarcsfugákat durva zsákvászonnal simították le, s a habarcs helyenként rákenődik a téglafelületre. [3] A téglafal nem egy pontos tervrajz hű kivitelezése, nem is egy szabványnak megfelelő szerkezet, hanem az építész és az építésvezető helyszíni jelenlétének, irányításának, a felmerülő problémák megbeszélésének és megoldásának eredménye. A Baker House téglahomlokzatának megépítéséhez Alvar Aalto, illetve építésvezetője hosszas keresés után tudott egy olyan, akkor már nem működő téglagyárat találni, amely képes volt „félresikerült” téglákat szállítani. De a falazatok „pontatlansága” ellenére mindkét épület a huszadik század csodálatos teljesítményei közé tartozik. Ennek az egyik oka a fokozott anyaghatás. A durva felület akkor is tapintási élményt ad, ha nem érintjük meg. A másik ok talán még fontosabb: a falszövetbe mintegy beíródik az emberi munka. Éppen a felület tökéletlensége, pontatlansága az, ami felidéz a falazó kőműves ritmikus, begyakorlott mozdulatait, az összehangolt, ismétlődő gesztusokat, megengedve azonban kis eltéréseket, javításokat is.

—A huszadik század első felében először az Egyesült Államokban, majd a Szovjetunióban megpróbálták a kőműves munkáját tudományos módszerekkel analizálni, hogy azt még hatékonyabbá tegyék. A tudományos munkaszervezés úttörője, Frank Bunker Gilbreth filmen rögzítette a falazás folyamatát, majd a felvételeket elemezve meghatározta azokat a mozzanatokat, ahol időt lehet megtakarítani, s ezáltal a teljesítményt növelni. [4] Az ideális kőműves a korai fordizmus szemszögéből nézve egy precízen működő gép. De – visszatérve a fläshi Gantenbein borászat példájához – Gramazio és Kohler célja nem az volt, hogy a falazás technikáját a korszerű digitális technológia felhasználásával hatékonyabbá tegye, hanem az, hogy a robot olyan téglafalat építsen, amelyre a kőműves nem is



06

képes. [5] A robotkar először egy ragasztócsíkot hord fel a téglafelületére, majd megfordítja a téglát, és milliméteres pontossággal helyezi el. Így jön létre a kívánt plasztikus-ornamentális hatás a 2x3 méteres téglafalelemen, és a téglák közötti réseken átszűrődik a fény. Az eredmény tökéletesen pontos, de mint a gépi munka „terméke”, korszerű „gyártmány” – hiányzik belőle a kézműves ambivalens, még a „hibát” is megengedő gondossága, ahol nem a tökéletes pontosság a cél. A tolerancia nem pusztán műszaki mutató, hanem erkölcsi érték is. [6]

—A kézimunka digitalizált gépi munkává alakulásának következményeit ismerjük: az épület látványos, a számítógép képernyőjén megszületett termék lesz, a formáját generáló algoritmusok az épületrészeket legyártó gépeket is vezérelni tudják, a tervet nem szükséges papíron kinyomtatni. Társadalmi szinten ez az építőipar és az azt szolgáló munka teljes átalakulását jelenti.

—Gramazio és Kohler R-O-B elnevezésű robotkőművese a 2008-as Velencei Biennálé talán leginkább megcsodált kiállítási tárgya volt, majd utána nemzetközi körútra indult, hogy hirdesse a digitalizált építés új lehetőségeit. A pontosság Svájc legjobban értékesíthető „terméke”, az élet minden területére alkalmazható, a villamosmenetrendtől az építészetig. A karórák pontosságának azonban nagyobb a szimbolikus, mint a gyakorlati jelentősége, hiszen pontos karórákat a híres márkák árának a töredékéért is lehet vásárolni – egy svájci óra mégis jó befektetés.

—Valerio Olgiati 2007-ben egy korongszerű pillérrel alátámasztott előtetőt és rámpát tervezett a churi Nagytanács (Grosser Rat) épületéhez. Amikor kizsalczták a szerkezetet, kitört a botrány. Kavicsfészkek és elszíneződések jelentkezték a fehér látszóbeton felületeken, ráadásul az élek pontatlanok és sérültek voltak. Fusimunka, panaszkodott az építész, és követelte a betonszerkezet azonnali lebontását, hiába ígérte a kivitelező a hibák kijavítását. Hosszas tárgyalások következtek, majd Olgiati panaszt nyújtott be Graubünden kanton bíróságához, arra hivatkozva, hogy a nyers betonszerkezetnek is tökéletesnek kell lennie, utólagos javítások nem fogadhatók el. Végül kölcsönös engedményekkel folytatódhatott az építkezés, a rámpát részben lebontották és újrabetonozták, az elszíneződéseket és a sérült éleket kijavították.

05

06



—A precízió olyan minőség, amelyet nemcsak nehezen lehet más országokba exportálni, de az ára is exponenciálisan növekszik, az utolsó milliméterekért már többszörös árat kell fizetni. Nem csoda, hogy Peter Zumthor nyertes pályázati tervét a berlini Topographie des Terrors múzeumra végül is nem építették meg, mert az építész nem volt hajlandó kompromisszumokra. Az ambivalens pontosság jó példája Zumthor brengenzi művészeti galériája (Kunsthau, 1997), ahol a homlokzat áttetsző üvegtáblái nincsenek összeillesztve, hanem pikkelyszerűen támaszkodnak az alszerkezethez. Az üvegtáblák nincsenek vágva vagy perforálva, mint ahogy Lewerentz is csak teljes méretű téglákat használt, és kizárta vágott téglák alkalmazását a Szent Márk-templom építésénél.

—Nem minden svájci építész értelmezi a precízió kérdését azonos módon. Peter Märkli számára a pontosság elsősorban az épület precíz beillesztését jelenti környezetébe, nem pedig a pontos részleteket. Peter Märkli és Gody Kühnis Zürich Oerlikon városrészében épült Im Birch iskolaépületének (2004) részletei kifejezetten nyersnek, sőt pontatlannak tűnnek. Az épület előregyártott elemekből összeállított szerkezetként hat, de a tervezők számára nem a rendszerelvűség volt fontos, hanem a kollázsszerű hatás, a különböző elemek sokszor rögtönzöttnek tűnő, valójában azonban gondosan hangszerelt találkozása.

—„Faire un plan, c'est préciser, fixer les idées” – állítja Le Corbusier Vers une architecture című könyvében: „Az alaprajz készítése az elképzelések pontosítását, rögzítését jelenti.” [7] Vagyis a terv alapjául szolgáló gondolatnak bizonyos nyitottsága van, s ez teret enged különféle értelmezéseknek. Az alaprajz aztán rögzíti az összes elem pontos helyzetét, formátumát, kialakítását és egymáshoz való viszonyát. Ezért a grafikai absztrakció geometriai egyértelműsége nemcsak a pontos érthetőség miatt tűnik megfelelőbbnek a nyelvi absztrakciónál, de inkább megfelel a tudományosság kritériumának is, hiszen egyértelmű, nincs alávétve az értelmezés önkényének.

—Minél kisebb a lépték, minél finomabb a tervrajz felbontása, annál pontosabban „rögzülnek” az építész elképzelései. Le Corbusier-t gyakran társítják a közmondásos svájci precizitással; a Swissinfo weboldala az építésznek La-Chaux-de-Fonds órákészítő városban szerzett ismereteire hivatkozik: „Le Corbusier védjegyszerű precíziós rajzai korai óralapvésnöki képzéséről tanúskodnak.” [8] Märkli esetében a „pontatlanság” talán a svájci pontosságkultusz elleni szimbolikus lázadásként is értelmezhető. Maga Le Corbusier is feladta a precíz műszaki

esztétikát, s a „béton brut” nyers anyaghatása felé fordult. Märkli említett iskolájának az angol Smithson házaspár brutalizmusa lehetett az egyik fontos előzménye.

—A pontosságot a szakrális tárgyak kultuszának piacképes helyettesítőjeként is fel lehet fogni: a befektetett többletmunka itt mérhető, ellentétben egy ikon mágikus erejével vagy egy festmény soha nem számszerűsíthető szépségével. A precízió csábításához hozzájárul az az illúzió, hogy a pontosság növeli a tárgy használati értékét, vagy akár meg is határozza azt. Az áru objektív precizitásában annak elkészítője a pontosságot saját identitása részének, erkölcsi minőségnek látja. A pontosság aurájának semmi köze nincs a konkrét mérhetőséghez; a mérhetőség legfeljebb érveket szolgáltat, és megteremt az összehasonlíthatóság és az ár alapját. A pontosságot, sőt minden, az építéssel kapcsolatos terület koordinálását ígéri ma a BIM (Building Information Modeling) elnevezésű digitális tervezési platform. Amíg Lewerentz „gondos pontatlansága” azon múlt, hogy az építésvezető pontosan megértse és megvalósítsa a tervező szándékát, a BIM esetében digitális információk áramlanak egy hálózatban. Ugyanaz az algoritmus irányítja a tervet felrajzoló plottert és a szerkezetet vagy a homlokzati elemeket előállító robotot. A tervezésben és kivitelezésben részt vevő valamennyi partner gyors és zavartalan kommunikációs hálózata hatékonyabb, és – legalábbis komplex feladatok esetében – gazdaságosabb megoldásokat ígér a hagyományos, ambivalenciát, ellentmondásokat is megengedő tervezésnél és építésnél.

—Nyilvánvaló az ellentmondás a teljesen digitális, automatizált építés koncepciója és az építkezés valósága között, ahol a szerkezet és a burkolóelemek kapcsolatát rendkívül munkaigényes, sokszor a helyszínen rögtönzött kézműves-részletekkel kell megoldani. Ez a kézimunka azonban láthatatlan marad a csillogó fém karosszéria-elemek mögött. [9] Pedig, mint legutóbb a katarai labdarúgó-bajnokság példája mutatta, a pontosság árát a vendégmunkások tömege fizeti meg. Jacques Herzogot a svájci sajtó amiatt kritizálta, mert kijelentette, hogy az építész nem tehet semmit a vendégmunkások munka- és életkörülményeinek javításáért, ez nem az ő feladata. [10] Az erre adott negatív kommentárok ugyanakkor mutatják, hogy a százelő sztarépítésze ma már a múlté. Kérdéses, hogy az új ideológiák, mint a fenntarthatóság vagy a körforgásos gazdaság, tudnak-e majd a pontosság fogalmának új értelmet adni.



07



08

- 07 A Kunsthaus  
homlokzatrészlete,  
Bregenz. Peter  
Zumthor, 1997.  
Moravánszky Ákos  
felvétele
- 08 Im Birch iskolaépület,  
Oerlikon, Zürich.  
Lépcsőházi részlet.  
Peter Märkli és  
Gody Kühnis, 2004.  
Moravánszky Ákos  
felvétele

#### IRODALOM / REFERENCES

- [1] Nagy, Elemér: „A Budapesti Műszaki Egyetem Z épülete”, *Magyar Építőművészet* Vol 34, No 2 (1985), pp 32-35.
- [2] Moravánszky, Ákos: „Baker House and Brick, Aalto's Construction of a Building Material”, in Stanford Anderson - Gail Fenske - David Fixler (eds): *Aalto and America*, Yale University Press, New Haven, London 2012, pp 206-217.
- [3] Björkquist, Karin - Corbari, Sébastien: *Sigurd Lewerentz, Pure Aesthetics. St. Mark's Church*, Park Books, Zürich 2021.
- [4] Bunker Gilbreth, Frank: *Bricklaying System*, MCClark Publishing Company, New York 1909.
- [5] Gramazio & Kohler Research ETH Zurich: *The Robotic Touch, How Robots Change Architecture*, Park Books, Zürich 2014.
- [6] Moravánszky, Ákos: „The Utopia of Zero Tolerance, The Question of Precision in Architecture”, in Ákos Moravánszky - Ole W Fischer (eds): *Precisions, Architektur zwischen Wissenschaft und Kunst / Architecture Between Sciences and the Arts*, Jovis Verlag, Berlin 2008, pp 112-137.
- [7] Le Corbusier: *Vers une architecture*, Crès, Paris 1923, p 145.
- [8] swissinfo, hozzáférhető: <<https://www.swissinfo.ch/eng/reconstructing-le-corbusier-s-swiss-legacy/3046364>> [utolsó belépés: 2023-01-06].
- [9] Arantes, Pedro Fiori: *The Rent of Form, Architecture and Labor in the Digital Age*, The University of Minnesota Press, Minneapolis, London 2019.
- [10] Argenton, Ester: „Schweizer Stararchitekten sind wegen Luxusbau in Beirut unter Kritik”, hozzáférhető: <<https://www.bluewin.ch/de/news/vermishtes/so-sollte-niemand-leben-muessen-1316651.html>> [utolsó belépés: 2023-01-06].