

## MŰSZAKI SZEMLE

35. szám, 2006.

### Szerkesztőbizottság elnöke / President of Editing Committee

Dr. Köllő Gábor

### Szerkesztőbizottság tagjai / Editing Committee

Dr. Balázs L. György – HU,  
Dr. Biró Károly Ágoston – RO,  
Dr. Csibi Vencel-József – RO,  
Dr. Fedák László – UA,  
Dr. Kása Zoltán – RO,  
Dr. Kászonyi Gábor – HU,  
Dr. Majdik Kornélia – RO,  
Dr. Maros Dezső – RO,  
Dr. Nagy László – RO,  
Dr. Péics Hajnalka – YU,  
Dr. Pungor Ernő – HU,  
Dr. Puskás Ferenc – RO,  
Dr. Ribár Béla – YU,  
Dr. Szalay György – SK,  
Dr. Turchany Guy – CH

### Kiadja / Editor

Erdélyi Magyar Műszaki  
Tudományos Társaság – EMT  
Societatea Maghiară Tehnico-Științifică  
din Transilvania  
Ungarische Technisch-Wissenschaftliche  
Gesellschaft in Siebenbürgen  
Hungarian Technical Scientific Society  
of Transylvania

### Felelős kiadó / Managing Editor

Dr. Köllő Gábor

### A szerkesztőség címe / Address

Romania  
400604 Cluj, Kolozsvar  
B-dul 21. Decembrie 1989., nr. 116.  
Tel/fax: 40-264-590825, 594042  
Levélcím: RO – 400750 Cluj, C.P. 1-140.

### Nyomda / Printing

Incitato Kft.

ISSN 1454-0746

[www.emt.ro](http://www.emt.ro)

[emt@emt.ro](mailto:emt@emt.ro)

## Tartalomjegyzék – Cuprins – Content

<b>Horváth Ferenc, Kubinszky Mihály</b>	<b>3</b>
Magyar vasúti építkezések Erdélyben Construcțiunile de căi ferate în Transilvania Railway Construction in Transilvania	
<b>Jancsó Árpád</b>	<b>7</b>
Temesvár felmérése és térképezése 1901–1904 között Ridicarea topografică și întocmirea hărții Timișoarei între anii 1901–1904 Topographical Survey and Drawing up the Map of Temesvár/Timișoara between 1901–1904	
<b>Moga Petru, Köllő Gábor, Guțiu Ștefan, Moga Cătălin</b>	<b>13</b>
Többtámaszú öszvértartók elemzése képlékeny tartományban az EUROCODE 4 szerint Analiza plastică a grinzilor continue cu secțiune mixtă oțel-beton în conformitate cu normativul EC 4 Plastic Analysis of the Composite Continuous Girders According to EUROCODE 4	
<b>Nemes Gábor</b>	<b>21</b>
A stílus kérdése az építészeti grafikában – Az építészeti grafika izmusai Importanța stilului în grafica arhitecturii The importance and meaning of the style in the architectural graphic	
<b>Sebestény Ferenc</b>	<b>29</b>
Szabad inspirációs térkísérletek Experimentări de inspirație spațială Free inspirational space experiments	
<b>Tauer Veronika</b>	<b>31</b>
A téglá, mint high-tech formaképzési eszköz a magasház-építészetben Cărămidă ca instrument high-tech de generare a formelor la construcții înalte Brick as Like High-tech Shaping Tool in the Architecture of High-rise Buildings	
<b>Toma Norbert, Țopa Marina, Szopos Erwin</b>	<b>37</b>
Épületek akusztikai modellezése reverberátorok felhasználásával Modelarea acusticii încăperilor folosind reverberatoare Modelling the acoustics of buildings using reverberators	

A kiadvány megjelenését támogatta



Illyés Közalapítvány – Budapest

Oktatási és Kutatási Minisztérium – Bukarest



COMMUNITAS  
ALAPÍTVÁNY

Communitas Alapítvány – Kolozsvar

## Magyar vasúti építkezések Erdélyben

### Railway Construction in Transilvania

Dr. HORVÁTH Ferenc<sup>1</sup>, Dr. KUBINSZKY Mihály<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ny. MÁV mérnök, főtanácsos, <sup>2</sup>ny. egyetemi tanár

#### Abstract

*Ferenc Horváth and Mihály Kubinszky's book presents the evolution of the Transilvanian railway network and the related developments. We publish fragments of this book on the pages of the Technical Review. This paper presents the railway companies constructions in the Banat region.*

#### 7.1.2. A Szamosvölgyi Vasút és az üzemkezelésben levő helyiérdekű vasutak

Az erdélyi helyiérdekű vasúttársaságok közül a legjelentősebbek közé tartozott a Szamosvölgyi Vasút, amely 240 km hosszú saját, valamint két másik társaság, a Zsibó-Nagybányai és a Naszódvidéki HÉV 143 km hosszú vonalát kezelte.

#### Szamosvölgyi Vasút

A vasúttársaság Apahida-Dés és Zilah-Dés-Borgóprund vonalát 1881. és 1898. évek között több részletben helyezte üzembe: 1881. szeptember 15-én Apahida-Dés (47 km), 1882. augusztus 9-én Dés-Désakna vontatóvágány (3 km), 1886. május 3-án Dés-Beszterce (63 km), 1890. október 1-jén Dés-Zilah (98 km), 1898. november 17. Beszterce-Borgóprund (29 km). Az Apahida-Kolozsvár vonalat (12 km) közösen használta a társaság a MÁV-val. A Szamos völgyében építendő vasút ügye hosszú ideig elhúzódott, mert a pályát először fővonalként akarták kiépíteni, amihez nem volt meg a kellő anyagi fedezet. Csak akkor kezdődhetett el a kivitelezés, amikor báró Bánffy Dezső, Szolnok-Doboka vármegye főispánjának javaslatára mellékvonali jellegű pálya építése mellett döntöttek, erre kértek előmunkálati engedélyt és az építési terveket is ennek megfelelően dolgozták át. A vasút létesítéséhez az engedélyt az országgyűlés az 1880. XXXII. törvénycikkben adta meg, még az ugyanabban az évben megjelenő általános érvényű, XXXI. HÉV törvény szentesítése előtt. Az engedély azonban már tartalmazta a HÉV vasutakra vonatkozó könnyítéseket. Felépítményét 20,0-23,6 kg-os sínekből építették. A vasúti részvénytársaság 1880. június 15-én alakult és ugyanezen hó 29-én Bonchidán már megkezdődött a Dés-Apahida vonal építése részben vállalkozókkal, részben saját kivitelezésben.

A társaság első vonala, az Apahida-Dés vasút végig a Kis-Szamos völgyében, dombok és hegyek között vezetett, követte a folyó irányát és azt háromszor lépte át. Mindhárom helyen 75 m nyílású vashíd épült, az egyik 3x25,0 m, a másik kettő 35,0 és 40,0 m-es támközzel.

Apahidán két állomás volt, az egyik a MÁV-é, a másik a Szamosvölgyi Vasúté. A kettőt egy km hosszú vágány kötötte össze. A vonal jelentősebb állomásai még Szamosújvár és Dés voltak.

1882-ben Désről kiágazólag készült egy 3 km-es vágány a désaknai sóbányákhoz. A Szamosvölgyi Vasúttársaság második vonala Dés-Beszterce-Borgóbeszterce között vezetett. A Besztercéig tartó szakaszt (63,4 km) 1886. május 3-án, a borgóbesztercei részt (29 km) 1898. november 17-én helyezték üzembe. A vasút Sajómagyaros-Beszterce közötti szakaszát a társaság közösen használta a Marosludas-Besztercei HÉV-vel. A vasútvonal Dés mellett a Szamos hídon túl ágazott ki a már üzemben lévő vonalból, és keleti irányba Bethlenig a Nagy-Szamos, onnan Szeretfalváig a Sajó, majd Borgóbesztercéig a Beszterce folyó völgyében, jó gabonatermő

vidéken és erdőségek között haladt. A Nagy-Szamoson 120 m-es (6x20 m), az Ilosván 60 m-es vashídon vezették át a pályát. A Sajót három, egyenként 72 m hosszú hídon át keresztelte.

A vasútvonal nagyobb forgalmú állomásai: Bethlen, Sajómagyaros, Borgóprund, Borgóbeszterce voltak. A vonalból Bethlennél és Sajómagyaroson ágaztak ki más helyi érdekű vasúttársaságok vonalai.

A Szamosvölgyi Vasúttársaság nyugati irányba vezető Dész-Zilah vonalát (98 km) 1890. október 1 -jén helyezte üzembe. A vasút Zsibóig a Szamos, azon túl a Zilah patak völgyében haladt Zilah városig. Zilah és Cigányi között katonai érdekből delta vágányt létesítettek, hogy közvetlen vasúti összeköttetést teremtsenek a Szilágysági HÉV vonalával. A vasútvonal legnagyobb emelkedője 10%, a legkisebb ívsugara 200 m volt. A pályát a Szamoson 150 m (2x15+4x30 m) és 120 m hosszú (4x30 m) vashidakon vezették át. A vonal nagyobb állomásai Galgó, Zsibó és Zilah. Zsibó és Zilah állomásokon más HÉV vonalak is csatlakoztak a Szamosvölgyi Vasúthoz.

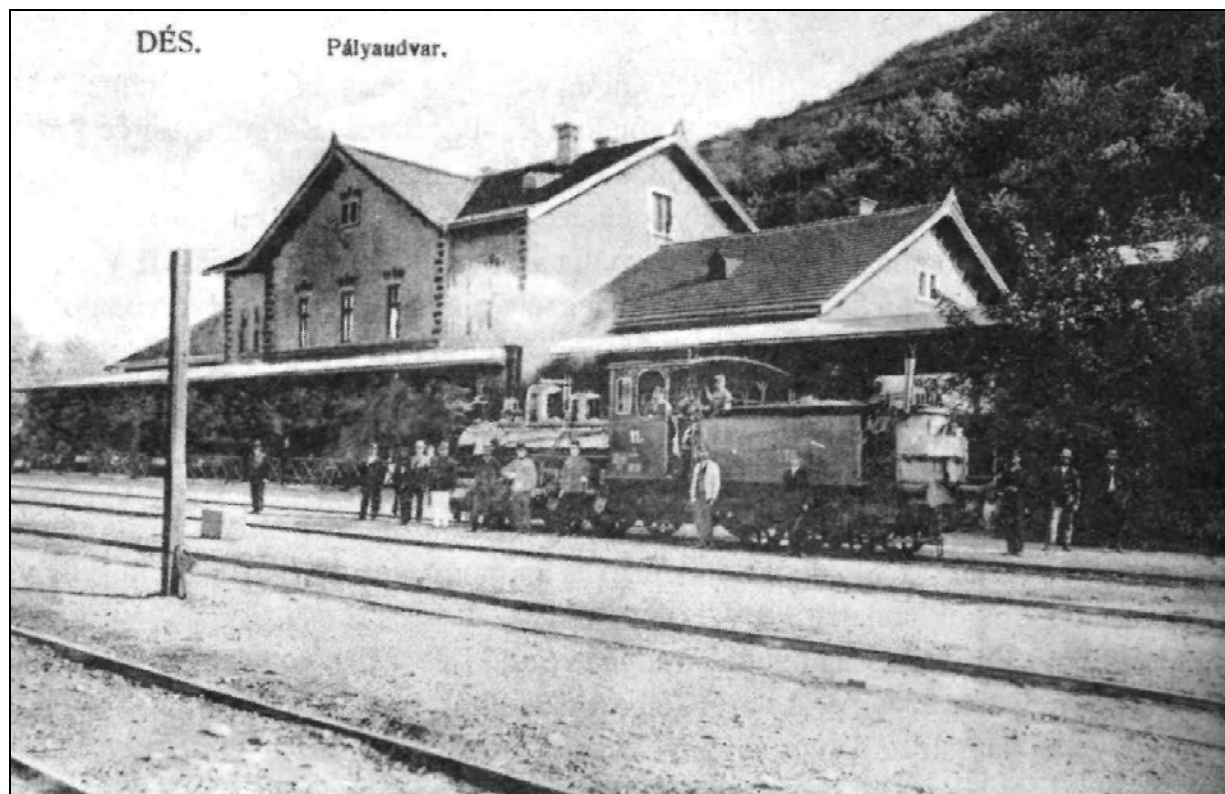
A Szamosvölgyi Vasút Apahida-Dész vonalán (47 km) 57,7 km távirdavezeték, 7 Morse készüléket helyezett üzembe, 9 távjelzőt, 76 lassúmenet jelzőt állított fel. Harangmű felszerelésére nem kötelezték a vasutat.

A Szamosvölgyi Vasút is követve az ACsEV példáját, részt vett a személyforgalom motorizálásában, 1907-ben az aradi Weitzer gyárban a MÁV részére is gyártott benzin-villamos motorkocsikból vásárolt.

A Szamosvölgyi Vasút vonala nemcsak a személyforgalom, a mezőgazdasági és az erdészeti szállítmányok miatt volt jelentős, hanem hadászati is fontosnak tartotta a kormányzat, emiatt építését pénzügyileg is támogatta. A Szamosvölgyi Vasút forgalmát növelte a hozzá csatlakozó és a társaság által kezelt két másik HÉV-vonal.

### Szamosvölgyi Vasút magasépítményei

A fontos Dész elágazó állomáson épített felvételi épület a középső részének tömegtagozódásával a MÁV építéseihez emlékeztet, de azoktól mégis eltérő, mert kétoldalt földszintes épületszárnyak csatlakoznak az emeletes, oromzatos középtömbhöz (113. ábra). Az SZVV többi jelentős állomása – Galgó, Zsibó, Zilah, Bethlen – is mind földszintes, egyszerű, a pályával párhuzamos nyeregtetővel épült, hosszúka, vakolt, dísztelen épület volt, mindössze a középső oromzat ékesítette minkét oldalukat.



113. ábra  
Dész állomásépület képe a századfordulón

## Zsibó-Nagybányai HÉV

A Szamosvölgyi Vasút vonalához csatlakozó Zsibó-Nagybányai HÉV Zsibó-Sülelmed-Nagybánya (58 km) és az ebből kiágazó Sülelmed-Szilágycseh (20 km) vonalát 1899. október 2-án helyezte üzembe. A fővonal nagyobb részt a Szamos és a Lápos folyók, a szárnyvonala a Szilágy patak völgyében 3-5 m magas töltésen haladt. Két nagyobb vashídja a Szamoson és a Láposon vezetett át, 8 kisebb, 10 és 30 m fesztávolságú hídja közül 7 vasszerkezetű, egy fahídként épült.

Nagyobb állomásai: Szamosudvarhely, Sülelmed, Pusztahidegkút és Szilágycseh. Állomási vágányait a vonal hadászati fontossága miatt a szabványosnál hosszabbra építették. Üzemét a Szamosvölgyi Vasút kezelte.

A vasút a történelmi Magyarország vasutakkal leggyengébben ellátott vidékén haladt, így az építkezés folytatása napirenden volt már az első világháború előtti időszakban is. A HÉV társaságnak engedélye volt a vonal meghosszabbítására az országhatárig, sőt azon túl, Dorna Vatráig szándékoztak vinni a vasutat. A vonal építését a társaság megkezdte, de a háborús viszonyok miatt abba kellett hagynia. Helyette katonai alakulatok ideiglenes jellegű vasutat építettek hadi célokra.

## Naszódvidéki HÉV

Beszterce-Naszód vármegye területén a Szamosvölgyi Vasút Dész-Beszterce vonalából kiágazó Kisilván át Óradnáig vezető vasút építésére 1906 januárjában a budapesti Baiersdorf és Biach cég kapott engedélyt. A később megalakult Naszódvidéki HÉV építette meg a vonalat és 1907. január 5-én a Bethlen-Kisilva (43,3 km), 1909. november 19-én pedig a Kisilva-Óradna vonalat (20,6 km) üzembe helyezte (114. ábra).



114. ábra

. A Naszódvidéki HÉV Kisilva-Óradna vonalszakasza

A vasútvonal végig a Nagy-Szamos völgyében, a Borgói és a Radnai havasok között vezetett. A vasútvonalon a Nagy-Szamos keresztezésénél épült egy nagyobb híd. A vasút nagyobb állomásai: Szálva, Naszód, Kisilva és Óradna voltak. A vasút üzemét a Szamosvölgyi Vasút kezelte. Az első világháború időszakában ennek a vonalnak a folytatásában is ideiglenes katonai vonalakat fektettek. A Dorna Vatráig vezető normál nyomtávolságú, végleges vasútvonalat a román kormány építette meg és helyezte üzembe Erdély és Moldva összekötése érdekében az első világháború után. Észak-Erdély Magyarországhoz csatlósakor, 1940-ben az átmenő vasúti forgalom megszűnt, de néhány német katonavonat áthaladt rajta a második világháború idején.

### 7.1.3. Szatmár és Szilágy megyei helyiérdekű vasutak

Erdély északnyugati részén három nagyobb város: Szatmárnémeti, Nagykároly és Nagybánya lett a helyiérdekű vasútvonalak csomópontja. Ehhez a három városhoz összesen 11 helyiérdekű vasúttársaság vonalai csatlakoztak, és összekötötték nemcsak a két megye helységeit, hanem vasúti kapcsolatot létesítettek a Tiszántúl északi és Erdély középső része között is.

#### Szatmár-Nagybányai HÉV

Az első Szatmár megyei, Szaunától (Szatmárnémetitől) Nagybányáig vezetendő vasút építésére és üzemeltetésére az 1881. XLVIII. te. alapján Nagybánya szabad királyi város, továbbá Várady Károly, Boross Bálint, Kiss Lajos és Ivánka Imre kaptak engedélyt. Az 56,3 km hosszú helyiérdekű vasútvonalat az akkor még a Magyar Északkeleti Vasút tulajdonában lévő Szatmár-Királyháza fővonal, Szatmárnémetitől négy km-re fekvő Batizvásár állomásából ágaztatták ki. A városba vezető Szatmárnémeti-Batizvásár állomásközt a HÉV társaság az Északkeleti Vasúttal közösen használta. A vonalat 1884. július 5-én nyitották meg. A vasút építéséhez a Bánya és Erdő Kincstár 120 ezer Ft értékű fa- és vasanyaggal járult hozzá.

Később, 1904-ben a közös vonalhasználat nehézségeinek megszüntetése érdekében a HÉV társaság 3,8 km hosszú új szakaszt épített, amely Szatmárnémeti MÁV állomásból kiindulva a városon vezetett át és Batizvásáron csatlakozott a már korábban üzembe helyezett HÉV vonalhoz.

A vasút végig a Szamos mentén, a folyó jobb partján haladt. Az alépítmény kialakításához nagyobb földmunkát nem kellett végezni, nagyobb műtárgyat is mindössze csak egyet kellett építeni. Ez a Zazar folyót hidalta át, 3 nyílású, 50,4 m hosszú tölgyfa cölöpökön nyugvó vasgerenda szerkezettel.

A vasútvonal nagyobb állomásai: Szatmárudvari, Aranyosmeggyes, Apa, Szinérváralja, Misztótfalu, Nagybánya.

Az 1904. évi nyomvonal-módosítás után a vasútnak a városon átvezető szakaszát városi közúti vasútként használták. A vasútvonalat 1890-ig az Északkeleti Vasút, annak államosítása után a MÁV kezelte, a tulajdonos vasút számlájára.

Dr. Horváth Ferenc – Dr. Kubinszky Mihály

MAGYAR VASÚTI ÉPÍTKEZÉSEK ERDÉLYBEN című könyv alapján

*(folytatása következik)*

# Temesvár felmérése és térképezése 1901–1904 között

## Topographical Survey and Drawing up the Map of Temesvár/Timișoara between 1901–1904

Dr. JANCSÓ Árpád

Temesvár

### Summary

*At the beginning of the XX-th century, the cosmopolitanism of Temesvár/Timișoara brought about an unknown advance until that time.*

*The development of our town required an accurate, rigorous, general mapping, and the drawing up of the topographical layout, and of the map of the city, according to the most modern requirements of the moment. This activity took place during the period 1901–1904.*

*In this article are presented the mapping works, drawing up of the town plans and the systematisation layout, a condition of the town-planning development.*

### Előzmények

A város felmérése és térképezése ügyében tett első lépések egyike az 1900. évi 41. közgy. 1426. tan. számú határozata volt, aminek alapján szakbizottságot hoztak létre. A bizottság a városi tanács nevében ajánlatokat kért a munka elvégzésére. Az 1900. évi 318. közgyűlésen (17.187 tan. sz.) újfent tárgyalták az ügyet. Ezután a városi mérnökség, figyelembe véve, hogy az országos felmérési hivatal által készített felmérések megbízhatóak és jók, e hivatalt javasolta megbízni a város felmérési munkálataival is. A hivatalnál tett puhatolozások szerint egy esetleges árcsökkenés is szóba jött. Ezért a városi tanács a pénzügyminisztérium jóváhagyását kérelmezte, hogy megkezdhesse a tárgyalásokat az állami közegekkel. Az előrebecsült számítások szerint 100.000 korona körüli összeg elegendő lett volna a felmérés teljesítéséhez. A pénzügyminisztérium azonban 101.687/1900. január 19-én keltezett leiratában visszautasította a városi tanács kérelmét. Ekkor a szakbizottság azt javasolta, hogy a pályázók közül vegyék fel a kapcsolatot Szesztay Lászlóval, Márkus Ágostonnal és Radnai Ferencsel és szólítsák fel őket újabb ajánlattételre. Erre azonban nem került sor, mert Szesztay László 1901. április 3-án felszólítás nélkül benyújtotta újabb ajánlatát. A szakbizottság határozottan csak ennek a tárgyalását tartotta szükségesnek.

### Szesztay László ajánlata és megbízatása

Szesztay vagylagos ajánlatott tett. Az első szerint hajlandó volt 100.000 korona átalány összegért mindazokat a személyi és dologi kiadásokat, melyek a teljesítendő munkálatok és a szállítandó anyagok címen felmerülnek, valamint azokat a költségeket is sajátjából viselni, melyek a kiírási feltételek szerint a várost terhelték volna. A második ajánlata szerint hajlandó lett volna a munkálatokat oly módon is elvégezni, hogy a város megbízottjaként működik majd évi honoráriumért és külön jutalomdíjért. Ezesetben teljes erkölcsi és anyagi biztosítást vállalt az iránt, hogy a munka költsége, beleértve a jutalomdíjat is, nem fogja túllépni a 100.000 korona átalányösszeget. A szakbizottság egyhangúlag az első ajánlat elfogadását javasolta. A munka sürgősségére való tekintettel a városi mérnökség segéderők felfogadását is javasolta a bizottságnak arra az esetre, ha Szesztay László nem tudná határidőre teljesíteni a munkát. A városatyák megfontolták a bizottsági javaslatokat és elhatározták a szerződés megkötését Szesztay László mérnökkel, műegyetemi magántanárral, mint vállalkozóval. Kikötötték, hogy a vállalkozó köteles a munkát 100.000 korona átalányösszegért elvégezni, valamint a műszaki feltételek 35. paragrafusában felsorolt anyagokat beszerezni és beépíteni, a hitelesítési költségeket fedezni. A vállalati szerződés elkészítését a városi ügyészségre bízták. A vállalkozó 4 000 korona biztosítékot kellett városi letétbe helyezzen. Miután a határozat kormányhatósági jóváhagyásban részesült, Szesztay László 1901. augusztus 1-én megkezdte a munkálatokat, helyben irodát nyitott és ebben állandóan hat mérnököt foglalkoztatott. A város határainak megjelölésére és az ellenőrzés gyakorlására külön bizottságot hoztak létre. Tagjai a városi mérnökök és a m. kir. pénzügyminisztérium engedélyével Beyer Bernát m. kir. kataszteri felmérési felügyelő és Ulrich Ödön főmérnök m. kir. térképtári főnök voltak. Utóbbi kettőt azon

célből kérték fel, hogy biztosítsák a felmérések hitelességét az adatoknak a kataszteri hivatalnak való átadása érdekében, hogy az külön felmérési hozzájárulás nélkül átvehesse és felhasználhassa. A hitelesítéssel megbízott szakemberek a munkát a követelményeknek teljesen megfelelőnek találták. Mindezek után a városfelmérési munkát 1904. májusában átvették. A városi Közlöny 1905. januári, 1. számában leírtak szerint a „*nagy arányú mű még teljes befejezése előtt is fontos szolgáltatásokat tett, mert a belső pontos térképezése folytán a napirenden lévő transzaktió tárgyát képező várterületek határozott alakot nyertek. Az összefüggő lejtés viszonyok teljes ismerete pedig nemcsak az általános csatornázás tervének biztos vonalozását tette lehetővé, hanem a temesvári vízmedencére vonatkozólag alapját fogja képezni a küszöbön álló vízvezetéki munkálatoknak is*”.

## **A városfelmérési és térképezési munka részletei**

A városfelmérést követően, miután a Magyar Királyi Államnyomda 1905. februárjában befejezte a térképek nyomdai kivitelezését, Szesztay László bemutatta tevékenységének eredményét. Előadását a törvényhatósági tagok és meghívott szakemberek előtt 1905. február 16-án a városháza nagytermében tartotta meg.

Beszámolóját oly módon fogalmazta meg, hogy mind a szakemberek, mind a teljesen más beállítottságú hallgatók is találjanak érdekes, figyelemreméltó dolgokat benne és megértsék e nagyszabású, többéves munka lényegét, szükségességét, fontosságát és hasznosságát.

Már a bevezetőben megjegyzi, hogy „*a gyárvárosi vízművek, a város általános csatornázásának s az új Begahidaknak terveit a városi mérnöki hivatal már e munkálat alapján készítette el.*”

Megfogalmazta mit is jelent egy város felmérése: „*a városmérés lényegében adatok gyűjtéséből s azoknak olyan csoportosításából és összefoglalásából áll, hogy azok alapján minden a város fejlődése folytán napirendre kerülő új létesítmény megtervezhető, a helyszínen kitűzhető s felépíthető legyen*”.

Megjegyezi, hogy a külföldi városok többsége már birtokában van a modern várostérképeknek és városfelmérési adatoknak. Megemlíti, hogy a felmérések elég nagy anyagi ráfordítással, néha évtizedekig is eltarthattak. Például Hamburg felmérésére harminc év kellett, Berlint 1876. és 1900. között mérték fel 1,6 millió márka költséggel, Drezda felmérése 1896-ban kezdődött és még befejezés alatt áll, Budapestet Halacsy Sándor mérte fel az 1860-as években, de a rohamosan fejlődő fővárosnak modern eszközökkel való újrafelmérése elodázhatatlan (az új felmérésre 1,2 millió koronát irányoztak elő).

Temesvár felmérésének fontos célja volt, hogy minden, „*a tervezést befolyásoló létesítményt úgy helyszínrajzi, mint magassági helyzetére nézve pontosan és hűségesen feltüntessen*”.

Szesztay felhívta hallgatósága figyelmét, hogy a bemutatott adatok a munkának csak egy részét képezik, ugyanis a tevékenység eredménye három terjedelmes szekrényt tölt meg. Fontos feltétele volt a munkának, hogy ne csak pillanatnyi igényt elégítsen ki, hanem a város fejlődése folytán fellépő változások bejegyzését is lehetővé tegye. Ezért volt annyira fontos a térképek elkészítése mellett a felmért pontok számszerű meghatározása is. A „*munkálat tovább fejleszthetőségét az a körülmény teszi szükségessé, hogy a városmérés anyaga rendkívül alá van vetve az időközi változásoknak*” – mondja. Magyarozatként hozzászól: „*a városok képe aránylag rövid idő alatt nagy változást mutat. Telkek feloszlanak vagy egyesíttetnek, régi házak helyébe újak épülnek, új utcák létesülnek, régi utcák szabályoztatnak, járdák, útburkolatok átépíttetnek, egyáltalában a helyszínrajzi és magassági viszonyok számtalan változásoknak vannak alávetve. E változásoknak időnkint való felvétele s a munkálatba való bevezetése elengedhetetlenül szükséges, mert ennek elmulasztása esetében az eredeti adatok rövid idő alatt értéküket veszítik.*” Szesztay módszere és berendezése, az adatok rendezése és összegezése lehetővé teszi az újabb adatokkal való kiegészítést. E feladatot a városi mérnöki hivatal kell teljesítse. A város vezetősége figyelembe is vette a mondottakat: erre a munkára egy mérnököt szerződtetett.

Temesvár felmérésének munkálata két irányban történt: helyszínrajzi felmérés és magassági felmérés (szintezés). Az alábbiakban összefoglaljuk a munkálatok fontosabb részleteit.

## **A helyszínrajz elkészítése**

A helyszínrajz elkészítésének érdekében hat alappontot határoztak meg. Ezekre a pontokra támaszkodnak a további mérési adatok. Az alappontokat úgy választották meg, hogy könnyűszerrel lehessen őket megközelíteni. Kiválóan alkalmasak a tornyok, melyek ablakaiból jó rálátás kell legyen a felmért területre, s maguk is jól láthatóak legyenek. Az alappontokat háromszögeléssel határozták meg. A háromszöghálózat öt pontját a belvárosi papnövelde tornya, a gyiroki, szabadfalui, mehalai és gironai tornyok alkották, a hatodik pont a várostól keletre, egy dombon helyezkedett el.

A háromszög alapvonalát a papnövelde tornyát a gyiroki toronnyal összekötő vonal képezte. Ennek hosszúságát úgy határozták meg, hogy a Temesvár-báziási vasútvonal vágányán nagy pontossággal megmértek

egy 992,587 méter hosszú alapvonalat, s ezt egy közvetítő háromszöghálózattal kapcsolatba hozták a Papnövelde–gyiroki templom vonallal, melynek hossza kiszámíthatóvá vált. Manapság már nem létezik sem a Papnövelde, melyet a XX. század elején bontottak le, sem pedig a bázisai vasút vonala, mely keresztülhaladt a városközponton, s 1932-ben szüntették meg.

A hat alappont mellé újabb 55 pontot határoztak meg a templomok tornyain, a gyárkémenyek villámhárítóin és a középületek kupoláin.

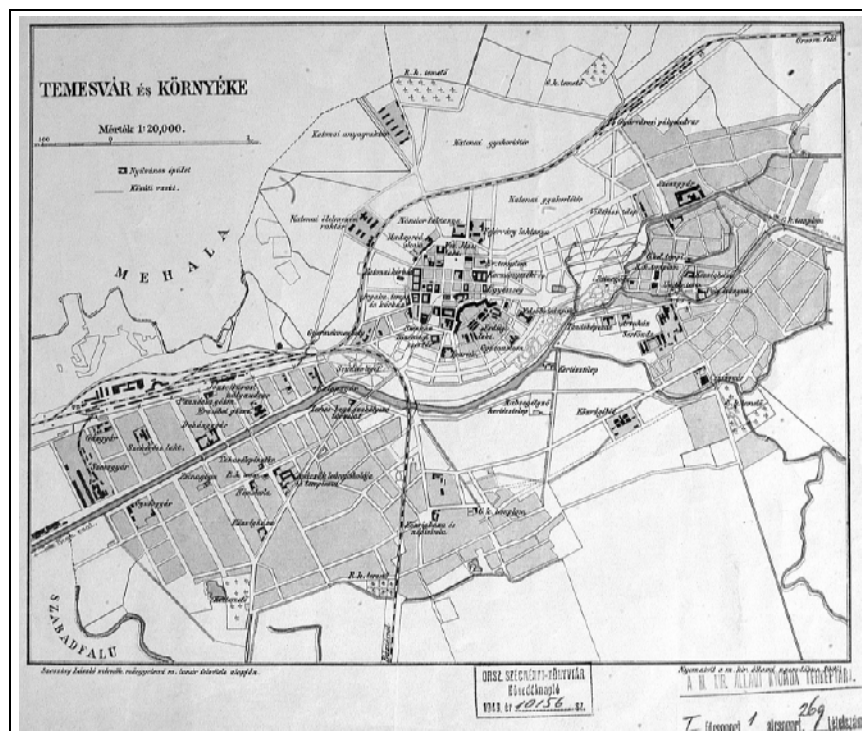
A háromszögelés befejezéseként, immár az utcaszinten, újabb 55 alappontot határoztak meg. Ezekből kiindulva már mérőszalaggal végezheték a pontok sűrítését. A következő cél az alappontok további sűrítése volt acélból, hogy minden utca- és útkereszteződésre egy-egy alappont jusson. Ezt sokszögeléssel érték el, újabb 759 alappontot határozva meg.

A megfelelő sűrűségű alapponthálózat után rátérhettek a részletpontok meghatározására. Felmérték az utcákon, tereken lévő fasorokat, útburkolatok széleit, a különböző létesítményeket, a házsorok homlokzatvonalát, a telkeket, udvarokat.

Mind az alappontok, mind a részletpontok felmérése numerikus volt, tehát nemcsak grafikusán jelenítették meg a rajzlapon, hanem a felvett pontok adatait, koordinátáit bejegyezték az alappontok főkönyvébe.

Ezen mérések után készítették el a vázlatokat, majd a térképeket.

A térképeket a céljuknak megfelelően, különböző méretarányban rajzolták meg. Az utcákat 1:200 léptékű szalagtérképeken ábrázolták, az egész város összefüggő térképe pedig 1:1 000 méretarányban készült. A város területének ábrázolása 35 térképszelvényre fért rá. A térképlapokat megrajzolásuk előtt üvegre ragasztották. Így küszöbölték ki a hő és nedvesség papírra kifejtett hatását, ennek méretváltozását. Az 1:1 000 léptékű szelvényeken kívül az értékesebb területekről, telkekről 1:200 méretarányú részlettérképek is készültek. Ezeket nem üvegre ragasztott papírlapokra, hanem 1 mm vastagságú kartonlapokra rajzolták. A pontosság és a későbbi felhasználás megkönnyítése céljából a részlettérképekre feljegyezték az ábrázolt idomok adatait is. A fent említett térképeken kívül 1:2 000 léptékű térképeket is készítettek. A várost 12 ilyen szelvény fedte le.



*Szesztay, Temesvár 1:20000 méretarányú térképe*

Az egész várost ábrázoló 1:5 000 méretarányú térkép két szelvényes.

Beszámolójában Szekszty László nem említi, de mérései alapján a magyar királyi állami nyomda elkészített egy 1:20 000 léptékű *Temesvár és környéke* című átnézeti térképet is.

A térképeket a magyar királyi államnyomdában sokszorosították, a nemrég bevezetett új eljárás, az úgynevezett algráfia (aluminográfia, alumíniumnyomat) technikával. Az eljárást J. Scholz alkalmazta először Mainzban, 1872-ben és akkortájt Magyarországon még csak az államnyomdába vezették be. Az algráfia a



siknyomás egyik fajtája. Eljárása hasonló a litográfia (könyomat) útján készült sokszorosításhoz, azzal a különbséggel, hogy a kőlapot alumínium lemez helyettesíti. Előnye, hogy a vékony és könnyű lemez könnyebben kezelhető. A könyomásnál (ezidáig így készültek a nyomtatott térképek) az eredeti rajzot egy sima kölemezre előbb lemásolták, majd a rajz vonalait bekarcolták a kőbe. Egy-két hónap keserves munkája után így jött létre a nyomásra alkalmas kölemez. A rajz átviteléhez szükséges volt az emberi munka. Ebből fakadóan, természetesen sokszorozottan állt fenn a hibázás lehetősége is. Az algráfia technikájával az eredeti rajzot egy másolókeretben ráhelyezték egy fényérzékeny telt alumíniumlemezre, melyet nap- vagy pedig műfény segítségével megvilágítottak. A lemezt vegyi kezelésnek vetették alá. Az „előhívás” után a vonalak reliefként jelentek meg a lemezen. A kömetszés aprólékos munkáját pár perc alatt elvégezte a fény és a vegyszer. Az így elkészült nyomólemezekről már tetszőleges számú másolatot lehetett készíteni.

Habár a korabeli jelentések szerint Temesvár térképeiről elegendő példány készült, a történelmi változásoknak, selejtezéseknek „hála” a közkönyvtárakban, levéltárakban csak nagyon kevés példány maradt ránk. A budapesti Hadtörténelmi Intézet térképtárában leltem fel az 1:5 000 méretarányú térkép két lapját, s ugyanitt, valamint az Országos Széchényi Könyvtár Térképtárában őriznek egy-egy példányt az 1:20 000 méretarányú térképből. Ezt az átnézeti térképet csatolták a temesvári Városi Közlöny 1905/3. számához is. Jómagam kiselejtezett, kidobandó papírok között találtam egy 1:5 000 léptékű példányt, melyet a Bega-hidak építéskor használtak fel.

## A színtezés

A városfelmérést kiegészítő munkálatokat a város színtezése egészítette ki. Ezzel a város birtokába jutott mindazon adatoknak, melyek a pontok magassági fekvésére vonatkoznak, s melyek alapján a város különböző részleteinek magassági viszonyait feltüntető tervek, hossz- és keresztzelvények elkészíthetők voltak. A színtezési munkálatokat Szesztay László Krausz Adolf temesvári magánmérnökre bízta, aki alvállalkozóként végezte el a munkát „*elismerésre méltó alapossággal és kifogástalan pontosságú eredménnyel.*”

A színtezés és a már ismertett vízzintes mérés rendszere hasonlatos. Az elsőrendű színtezés szerepére nézve megfelel a háromszögelésnek. Ennek is az a célja, hogy néhány olyan alappontot szolgáltatson, melyekre bizottsággal támaszkodhat a többi pont meghatározása. Temesvár városának elsőrendű színtezésekor meghatározott és bemért alappontjai azon a vonalon fekszenek, mely a józsefvárosi dohánygyár falában a Földművelésügyi Minisztérium vízrajzi osztálya által elhelyezett magassági alappontot a gyárvárosi Notre Dame zárda falában elhelyezett vízrajzi magassági alapponttal összeköti. Az ezen a vonalon többször ismételt színtezéssel meghatározott magassági alappontok szolgáltatották a másodrendű színtezés kiinduló pontjait. A másodrendű színtezés mindig ezekből az alappontokból indult ki és hurokkal ugyanoda tért vissza, hasonlóan a vízzintes mérések szokszögeléséhez. A részletek színtezéséhez most már megvolt a kellő pontosságú hálózat.

## A felmért pontok helyszíni megjelölése

A felmért pontok helyszíni megjelölésénél nagyon fontos feladat ezeket akként rögzíteni, hogy későbbi méréseknél is könnyen megközelíthetők legyenek és elmozdulásokat ne szenvedjenek. Legnagyobb gondot az utca forgalmának dinamikus hatása képezi. Ezt úgy küszöbölték ki, hogy a pontokat nem az utcák szintjében, hanem az útburkolatok alá süllyesztették. A pontot egy, a burkolat alá süllyesztett betontömbbe helyezett vascső középpontja képezi. Egy, az utca szintjében kinyitható fedéllel ellátott kis öntöttvas szekrény biztosítja a pont hozzáférhetőségét. Az öntöttvas szekrény és a betontömb közé tölgfagyűrűt helyeztek, melynek feladata, hogy enyhítse az utca forgalmának a pontra gyakorolt dinamikus hatását, valamint függetlenítse a pontot az útburkolat szintjének emelésétől, vagy kisebb mértékű süllyesztésétől. A burkolattal nem rendelkező utcákban és beépítetlen területeken lévő pontokat kőoszlop és az oszlop alá süllyesztett vascső, egyes helyeken pedig a földszin alá helyezett vascső jelöli meg.

## A színtezés pontjainak megjelölése, rögzítése

A magassági jegyeket az egyes épületek falába befalazott öntöttvas tárcsák képezték, s képezik a mai napig. Számos épület falában lehet felfedezni őket. A meghatározott magasságú pont a tárcsa felső vízszintes érintőjének érintő pontja. A tárcsa közepén látható az illető magassági jegynek az Adriai tenger szintje feletti magassága. A 101, vastárcsával megjelölt magassági pont arra is megfelelt, hogy tovább szaporítsa a trigonometrikusan meghatározott alappontok számát.



Magassági pont (tárcsa) fotója

Ezért a tárcsák felső részén 3 mm átmérőjű függőleges lyukat fűrtak, melybe a sokszögeléskor kis pálcát állítottak s beirányozhatták a mérőműszert. Természetesen, a megjelölt magassági pontok adatait is bevezették az alappontok főkönyvébe. A vastárcsákon kívül más fix pontokat (kőoszlopok, határkövek, stb.) is felhasználtak magassági alappontokként. A részletpontok magassági adatait az 1:1 000 méretarányú térképre és az 1:200 méretarányú utcahelyszínrajzokra is rávezették.

### A városfelmérés és térképezés statisztikai adatai

A munkálat technikai részének kivitelezésére fordított idő	2 ¼ év
A térképek nyomdai többszörösítése a Magyar kir. Államnyomdában	1 év
Műszaki személyzet	9 állandóan alkalmazott mérnök és rajzoló 3 ideiglenesen alkalmazott rajzoló
A felméréshez felhasznált munkaidő	2200 mérnöki munkanap 8500 segédmunkás napszám
Irodai munkához felhasznált munkaidő	2100 mérnöki munkanap
Felmért terület nagysága	11.679.000 négyzetméter
Felmért utak és utcák hossza	77.200 méter
Háromszögeléssel meghatározott s a helyszínen állandó jelleggel megjelölt pontok száma	116
Sokszögeléssel meghatározott s a helyszínen állandó jelleggel megjelölt pontok száma	759
Egy alappont átlag középhibája	± 19 mm
Az elsőrendű szintezés középhibája	1,2 mm/km
A másodrendű szintezés köralakú meneteinek záróhibája	1...3 mm
Magasságjegyek (öntöttvas-tárcsák)	101 darab

### A városbővítési terv

A Temesvár történetét többé-kevésbé ismerők tudják, hogy a mai, modern város születése különbözik számos európai város fejlődésétől. Ennek oka az 1723-1765 között, Vauban-rendszerben felépített hatalmas vár, mely a Habsburg-monarchia egyik legnagyobb erődje címet viselte. A hatalmas csillagvár körül egy ágyúlövésnyi távolságra stratégiai okokból építési tilalmat vezettek be. A várfalakon belül, s ezek szorításában épült ki a belváros, a várfalaktól 900 öl távolságra pedig a külvárosok, melyek saját külön életet éltek, külön gazdasági és társadalmi berendezkedést teremtettek. A találkozási pontokon, a törvényhatóság keretében ezért többször is erős érdekellentétek voltak, a városrészek saját érdekei nem egyszer feszültek egymásnak. A városfejlesztés egyik fontos célkitűzése tehát a városrészek összeépítése volt. Ennek útját állotta nemcsak az erődítményrendszer, hanem a vársíkra katonai megfontolásokból fennálló építési tilalom is. Ezt később 500, majd 300 ölre korlátozták. A városvezetés minden lehető alkalmat megragadott, hogy a katonai hatóságoktól minél nagyobb területet szerezzen meg a városnak, s ezeken modern, a kornak megfelelő középületeket terveztesen és építtessen. A vár erődjelleget csak 1892-ben szüntették meg, ekkor jött meg az engedély a várfalak lebontására is. A három várkaput már egy évvel azelőtt lebontották. Csaknem tízévi alkudozás kezdődött a város és a hadtestparancsnokság között a felszabadult területekért. Közben a katonai kezelésű területeken külön engedéllyel hatalmas közintézmények épültek: az Állami Fa- és Fémipari Iskola, az Állami Főgimnázium, az Állami Felsőbb Leányiskola, az Állami Gyermekmenhely és Gyermekpoliklinika, az Osztrák-magyar Bank Fiókja. Ezek már olyan épületek voltak, melyek meghatározták a meghúzendó új utcák és terek irányát. Az építési tilalom alól felszabaduló területek beépítésére, a terület szabályozására terveket dolgozott ki (időrendi sorrendben): Kovács Sebestyén Aladár temesvári vízügyi igazgató, Ybl Lajos műépítész a temesvári Milleniumi templom tervezője, Wéhler vezérkari százados és a Bega-szabályozással összefüggő részletekre nézve Szilárd Emil városi főmérnök. Az új városbővítési tervet Szesztay László már az új, pontos felmérési adatokra alapozva készítette el, figyelembe véve elődei terveit és az időközben felépült középületeket. Ez „*már a vá-*

rosmérési munkálat alapján összhangzásba hozhatta a Józsefváros, Belváros és Gyárvárosnak az ujonnan megnyitott területtel határos részeit egymással, a fentebb elsorolt új középületek elhelyezésével s a katonai kincstár tulajdonában maradó területek határvonaláival.” Az új térképekre már felkerültek a tervezett utak, utcák. Az alappontok hálózatát a városbővítés területére is kiterjesztették s az összes új útvonalat a természetben is kitűzték. Az új telektömbök sarokpontjait a föld színe alá süllyesztett vascsövekkel maradandó módon jelölték meg.

A városbővítés egyes részletei még függőben maradtak, többek között elintézésre váró kérdés volt a Bega-csatorna szabályozása, a Bega-hidak magassági viszonyainak rendezése és a Temesvár-Báziás közötti vasútvonalnak a város belterületéről való eltávolítása. Szesztay megállapítja, hogy „a város bővítési terv csak annak főbb vonalaiban tekinthető véglegesnek azért is, mert a részletek végleges megállapítását sok olyan előmunkálatnak kell megelőznie, melyek még ez ideig rendelkezésre nem állanak.” Javasolja a részletek végleges megállapítása előtt az építésügyi szabályrendelet elkészítését, mely „hivatva lesz a város fejlődésének irányt szabni, mely megjelöli a különböző városrészek jellegét, kiosztja az utvonalak szerepét s ahhoz képest előírja az illető utcában alkalmazandó építési szabályokat; megjelöli azokat a telektömböket, a hol a zárt építési rendszer indokolt, viszont rámutat ama részletekre, a hol a nyílt, villaszerű építő rendszer alkalmazása mutatkozik megfelelőnek. Ezen és más ezzel összefüggő kérdések tisztázása után lesz a város bővítési terv minden részletében véglegesen megállapítható.” Természetesen, a meglévő felmérés hosszú időkre megfelelő támpontot nyújtott a részletek kidolgozásához.

Előadásának végén Szesztay köszönetet mondott a városvezetésnek, a műszaki bizottságnak munkája alatt tanúsított jóindulatú támogatásért s kijelentette: „mindig örömmel s bizonyos büszkeséggel gondolok vissza arra, hogy néhány évig helyet foglalhattam azok sorában, kiknek e szép város jövőjét és fejlődését előkészítő munkálatokban szerep jutott.”

### **A város „közönségének” köszönete**

„A város közönsége ezen alkalomból készséggel elismerte, hogy Szesztay László mérnök ur a városmérési munkálatokat, a város kiterjeszkedési tervének elkészítését és helyszíni kitűzését a tudomány mai színvonalán álló rendszerességgel és pontossággal teljesítvén, a személyébe helyezett bizalomnak a reá bízott nagy feladathoz méltóan és teljes mértékben megfelelt; minélfogva a város közönsége Szesztay László urnak a fáradhatatlan buzgalommal végzett sikeres munkálkodásáért, valamint a több évig tartó munkálat folyamán felmerült egyes kérdések megoldásánál tanúsított előzékenységeért hálás elismerését nyilvánította.

Köszönetét nyilvánította továbbá a város közönsége mindazon szakférfiaknak, kik a város felmérési munkálat vállalatba adása és később az ellenőrzés és felülvizsgálat körül szívesek voltak a várost tanácsaikkal támogatni, névszerint Polónyi Pál kataszteri főmérnök, Reiber Henrik háromszögelő mérnök, Haasz József műszaki tanácsos, Geller Béla, Cseresnyés Jenő és Nemes István kir. főmérnök, Varga György Máv. főmérnök, Domán Péter kir. mérnök, Beyer Bernát kir. kataszteri felmérési felügyelő és Ulrich Ödön kir. kataszteri főmérnök uraknak.”

A városháza annak rendje és módja szerint, a költségvetés VI. C. 14. rovata terhére a házipénztárból kifizette a még fennálló maradék összeget Szesztay Lászlónak, akinek ez alkalommal visszaszolgáltatták a városi letéti pénztárban kezelt 4 000 korona biztosítékát is.

Beyer Bernát kir. kataszteri felmérési felügyelőnek és Ulrich Ödön kir. kataszteri főmérnöknek az ellenőrzés céljából megalakított szűkebb bizottságban való buzgó közreműködéséért a város egyenkint ezer korona tiszteletdíjat szavazott meg (1905. évi 37. közgy. 3492. tan. szám.)

A Szesztay László által készített városrendezési és bővítési terv nagyrészt olyan tehetséges városépítők valósították meg mint Szilárd Emil, városi főmérnök és Székely László, Temesvár főépítésze, a modern város arculatának kialakítója, formázója, a Bega-parti metropolis mai napig legnagyobb és legtehetségesebb építésze. Mindez természetesen a város legendás, nagy polgármestere, Telbisz Károly szakavatott irányítása alatt vált valóra.

Temesvár térképe évtizedekig tett jó szolgálatot. Csak a harmincas években készült új városrendezési terv és komolyabb térkép. Ebben átvették a Szesztay-féle térkép- és városfejlesztési tervnek majdnem minden részletét.

Jelen írás a *Temesvár fejlődése a várostérképek tükrében* című kutatás fejezete. A dokumentációt a Domus Hungarica Scientiarum et Artium ösztöndíj keretében végeztem.

Forrás: Városi Közlöny, Temesvár, 1900–1905

# Többtámaszú öszvértartók elemzése képlékeny tartományban az EUROCODE 4 szerint

## Plastic Analysis of the Composite Continuous Girders According to EUROCODE 4

Dr. MOGA Petru, Dr. KÖLLŐ Gábor, GUȚIU Ștefan, MOGA Cătălin  
Kolozsvári Műszaki Egyetem

### Abstract

*In this paper the design methodology of the composite steel-concrete beams using plastic analysis, according to EC4 is presented. The presented methodology is exemplified to evaluate the load carrying capacity of a composite steel-concrete industrial platform.*

### 1. Bevezető

*Ebben a tanulmányban a többtámaszú öszvértartók számítását mutatjuk be az EC4 szabvány szerint.*

*Az EC4 által javasolt módszert egy gyakorlati tervezési feladaton keresztül mutatjuk be: egy hengerelt IPE240 acélból és monolit vasbetonlemezről kialakított főtartó (15×10m) számításán keresztül. A képlékeny tartományban történő tervezéskor a többtámaszú öszvértartók esetében is az acél-beton keresztmetszet igénybevételi tartalékait jobban kihasználjuk.*

*Figyelembe vesszük, hogy a támaszok fölött a beton repedezett, tehát a nyílás 15%-nak megfelelő hosszúságon a támaszok fölött csak az acéltartóra és az aktív betonszélességben elhelyezett betonvasra lehet számítani az igénybevételek átvételekor.*

### 2. Többtámaszú tartók képlékeny tartományban

#### 2.1. A hajlítónyomaték számítása

A többtámaszú öszvértartók teherbírása függ a keresztmetszet osztályától valamint a keresztmetszet elfordulási lehetőségétől.

A keresztmetszeti osztály, a hajlítónyomaték elosztása, a keresztmetszetet igénybevevő legnagyobb nyomaték közötti összefüggéseket az 1. táblázatban mutatjuk be.

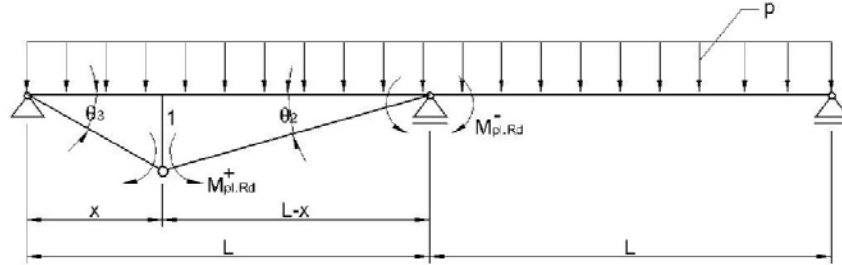
Keresztmetszeti osztály	Analízis	Keresztmetszet teherbírása
1	Merev test – képlékeny csuklók kialakulása Rugalmas tartomány – nyomatékok újraelosztása	$M_{plRd}$
2	Rugalmas tartomány – nyomatékok újraelosztása	$M_{plRd}$
3,4	Rugalmas tartomány – nyomatékok újraelosztása	$M_{pl,Rd,eff}$

A képlékeny tartományban történő számításakor a következő feltételezésekkel dolgozunk.

- a keresztmetszetnek a függőleges tengelye szimmetriatengely
- a keresztmetszet kialakítása nem teszi lehetővé a nyomott acélöv kihajlását
- képlékeny csuklók keresztmetszetében az aktív öszvérkeresztmetszet 1. osztályú kell legyen
- a képlékeny csukló melletti nyílások kielégítik:
  - szélsőnyílás esetén:  $L_1 \leq 1,15 L_2$
  - közbelső nyílás esetén:  $L_2 - L_1 \leq 0,50 L_1$

### A tönkremenetelt előidéző terhelés

Az 1. ábrán látható tartón, egyenletes terhelés hatására először a közbenső támasznál alakul ki a képlékeny csukló, majd ha a terhelést növeljük, kialakul a második csukló is az első nyílásban.



1. ábra

Energetikai módszert alkalmazva:

$$W_{\text{int}} + W_{\text{ext}} = 0 \quad (1)$$

ahol

$$W_{\text{int}} = - \left[ M_{pl.Rd}^- \cdot \theta_2 + M_{pl.Rd}^+ (\theta_2 + \theta_3) \right] \quad (2a)$$

$$W_{\text{ext}} = \frac{p \cdot L \cdot 1}{2} \quad (2b)$$

behelyettesítve

$$\theta_2 = \frac{1}{L-x}; \quad \theta_3 = \frac{1}{x} \quad \text{a (2a) és (2b) összefüggésekbe és jelölve } \beta = \frac{M_{pl.Rd}^+}{M_{pl.Rd}^-},$$

majd behelyettesítve az (1) összefüggésbe, kapjuk

$$p = \frac{2 M_{pl.Rd}^-}{L} \frac{x + \beta L}{x(L-x)} \quad (3)$$

A szélső értékeket megkapjuk, ha:  $\frac{dp}{dx} = 0$ ,

Az x-et behelyettesítve a (3) összefüggésbe, megkapjuk:  $p_{rd}$

$$x = L \left[ \sqrt{\beta^2 + \beta} - \beta \right] \quad (4)$$

## 2.2. Számítás nyíróerőre

A keresztmetszet igénybevételét nyíróerőre az EC3 szerint számítjuk:

$$V_{Sd} \leq V_{pl.Rd} \quad (5)$$

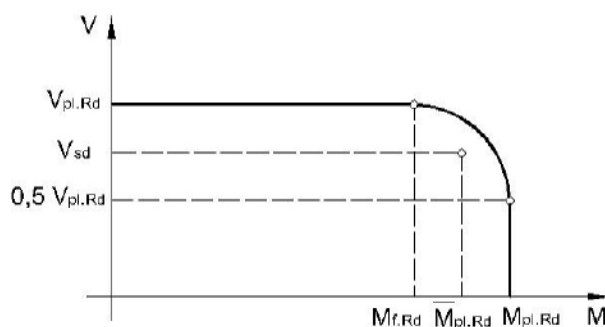
ahol  $V_{pl,Rd}$  a gerinclemez igénybevehető nyíróerő

$$V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y}{\sqrt{3}} \frac{1}{\gamma_a} \quad (6)$$

$$V_{Sd} \geq 0,5 V_{pl,Rd} \quad (7)$$

ha

A nyomaték (képlékeny nyomaték) és a nyíróerő összefüggését a 2. ábrán mutatjuk be



2. ábra

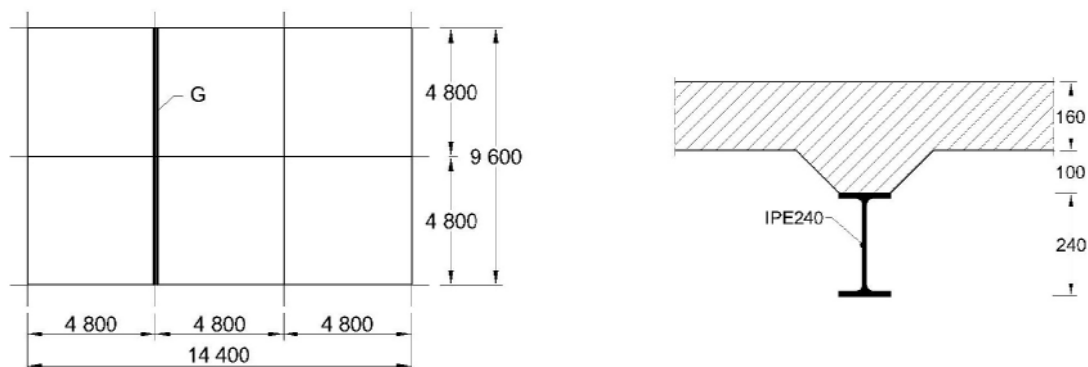
A csökkentet képlékeny nyomaték:

$$\bar{M}_{pl,Rd} = M_{f,Rd} + (M_{pl,Rd} - M_{f,Rd}) \left[ 1 - \left( \frac{2 V_{Sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right) \right] \quad (8)$$

Ahol  $M_{f,Rd}$  – az öszvérkeresztmetszet képlékeny nyomatéka, anélkül, hogy figyelembe vennénk a keresztmetszet gerinclemezét.

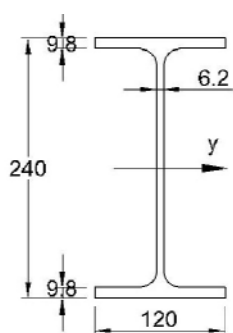
### 3. Alkalmazás

A 3. ábrán látható födém-elem számítása képlékeny tartományban



3. ábra

Felhasznált anyagok: IPE 240, S235 acél (4. ábra)



- $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$
- $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
- $E_a = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
- $I_y = 3\,892 \text{ cm}^4$
- $W_y = 324 \text{ cm}^3$
- $A = 39.1 \text{ cm}^2$

4. ábra

Beton C 20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$$

$$E_{cm} = 29 \text{ kN/mm}^2$$

Beton acél Fe 350

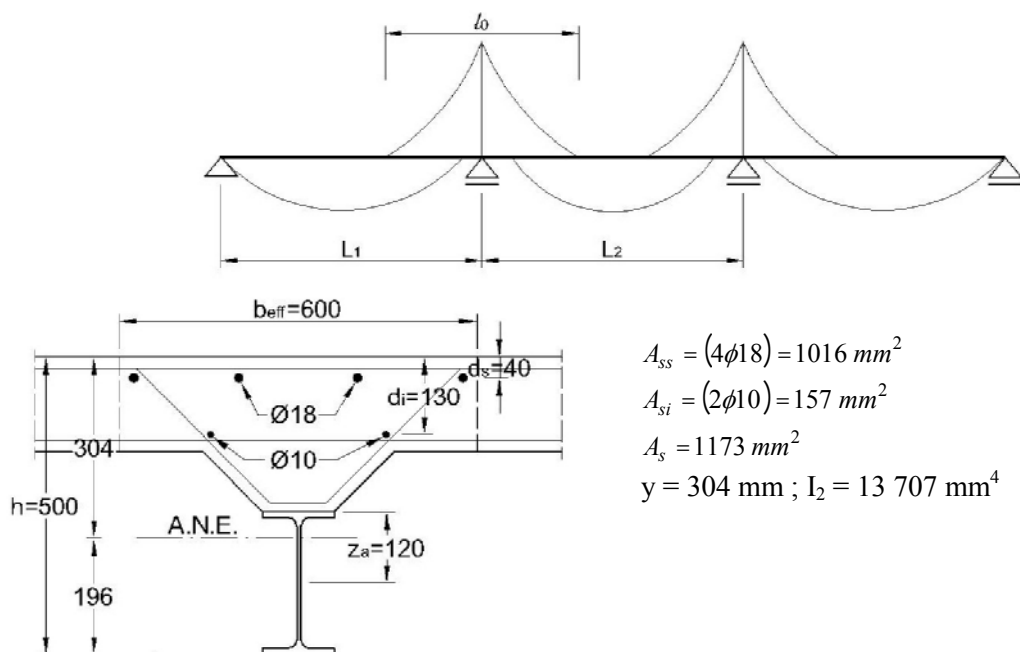
$$f_{sk} = 350 \text{ N/mm}^2$$

Terhelés

$$q_k = 10 \text{ kN/m}^2$$

### 3.1. Tervezési adatok

Az aktív lemezszélesség (5. ábra)



$$A_{ss} = (4\phi 18) = 1016 \text{ mm}^2$$

$$A_{si} = (2\phi 10) = 157 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1173 \text{ mm}^2$$

$$y = 304 \text{ mm} ; I_2 = 13\,707 \text{ mm}^4$$

5. ábra

Terhelési adatok:

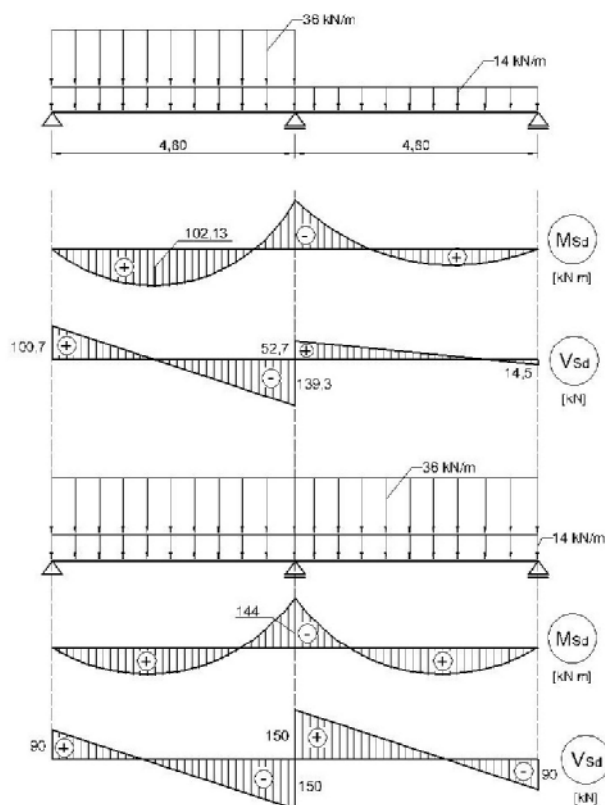
Állandó terhelés:

- acéltartó súlya  $G_{k1} = 30,7 \text{ daN/m}$
- betonlemez súlya  $G_{k2} = 1\,005 \text{ daN/m}$
- összterhelés  $G_k = G_{k1} + G_{k2} = 1\,036 \text{ daN/m}$

Változó intenzitású terhelés:  $Q_k = 0,5 \frac{1\,000 \cdot 4,8^2}{4,8} = 2\,400 \text{ daN/m}$

Mértékadó terhelés:  $G_d = \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k = 1,35 \cdot 1\,036 + 1,50 \cdot 2\,400 = 5\,000 \text{ daN/m}$

A tartó igénybevétele: (6. ábra)

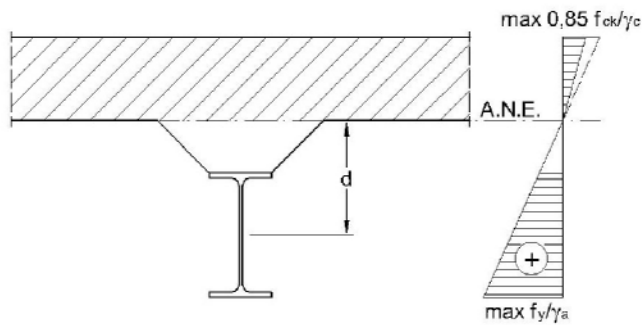


6. ábra

A tartó keresztmetszete:

- alsó övlemez  $c/t_f = 60/9,8 = 6,12 < 10\varepsilon = 10 \Rightarrow 1$  osztályú keresztmetszet
- gerinclemez  $d/t_f = 190,4/6,2 = 30,7 < 33\varepsilon = 33 \Rightarrow 1$  osztályú keresztmetszet
- keresztmetszetek a 7., 8., 9. és 10. ábrákon láthatók

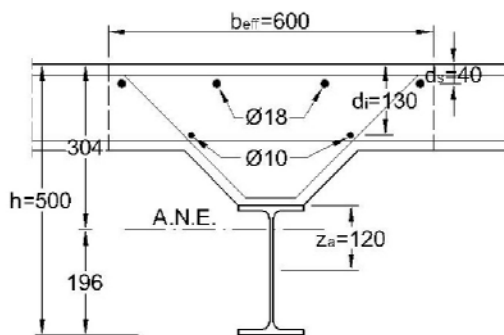




7. ábra

$$I_1 = 31\,688 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\Rightarrow M_{el.Rd}^+$$



8. ábra

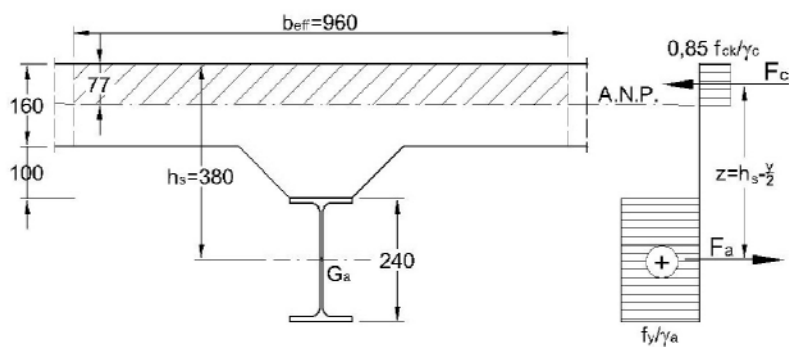
$$A_{ss} = (4\phi 18) = 1016 \text{ mm}^2$$

$$A_{si} = (2\phi 10) = 157 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1173 \text{ mm}^2$$

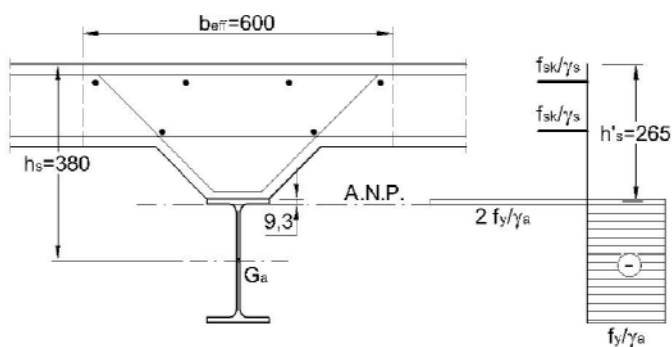
$$I_2 = 13\,707 \text{ mm}^4$$

$$\Rightarrow M_{el.Rd}^-$$



9. ábra

$$\Rightarrow M_{pl.Rd}^+$$



10. ábra

$$\Rightarrow M_{pl.Rd}^-$$

A nyomatékok a 2. táblázatban találhatóak:

Nyomaték (kN-ban)	Jelölés	Hely	
		Támaszköz	Támasz
Rugalmas	$M_{el.Rd}$	200.2	149.4
Képlékeny	$M_{pl.Rd}$	285.6	162

### 3.2. Képlékeny számítás

A tönkremenetelt előidéző terhelés

$$P_{rd} = \frac{2 \cdot 162}{4,80} \frac{2,13 + 1,76 \cdot 4,80}{2,13 (4,80 - 2,13)} = 125,5 \text{ kN/m}$$

A nyíróerő hatása:

$$V_{pl.Rd} = 1548 \frac{235}{\sqrt{3}} \frac{1}{1,1} 10^{-3} = 191 \text{ kN}$$

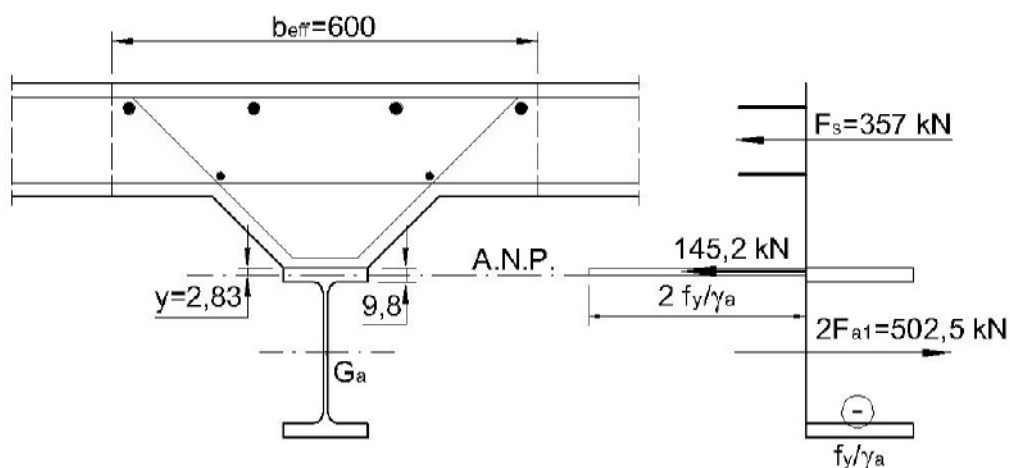
A gerinclemez kihajlása:  $A_v = 1.04 \cdot h \cdot t_w = 1\,548 \text{ mm}^2$

$$\frac{d}{t_w} = 30,7 < 30 \varepsilon \sqrt{k_\tau} = 30 \cdot 1 \cdot \sqrt{5,34} = 69,3,$$

A nyíróerő hatása a képlékeny nyomatéokra:

$$V_{Sd} = 150 \text{ kN} > 0,5 V_{pl.Rd} = 0,5 \cdot 191 = 95,5 \text{ kN}$$

Meghatározzuk  $M_{Rd} - t$ , csak az övlemezeket véve figyelembe (IPE240)



11. ábra

Meghatározzuk:

$$F_s = A_s \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = 1173 \frac{350}{1,15} 10^{-3} = 357 \text{ kN}$$

$$2 F_{a1} = 2 \cdot 120 \cdot 9,8 \frac{235}{1,1} 10^{-3} = 502,5 \text{ kN}$$

$$y = \frac{(502,5 - 357) 10^3}{120 \cdot 2 \cdot 235 / 1,1} = 2,83 \text{ mm}$$

$$M_{f.Rd} = (357 \cdot 300 + 142,2 \cdot 118) 10^{-3} = 124,2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\bar{M}_{pl.Rd} = 124,2 + (162 - 124,2) \left[ 1 - \left( \frac{2 \cdot 150}{191} - 1 \right)^2 \right] = 149,5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\bar{\beta} = 1,91; \quad x = 4,8 \left[ \sqrt{1,91^2 + 1,91} - 1,91 \right] = 2,15 \text{ m}$$

A tönkrementelt előidézõ terhelés:

$$p_{rd}^{red} = \frac{2 \cdot 149,5}{4,80} \frac{2,15 + 1,91 \cdot 4,80}{2,15(4,80 - 2,15)} = 124 \text{ kN} / \text{m}$$

### Következtetés

Az itt bemutatott számítás esetén jobban kihasználható a keresztmetszet teherbírása. Szükséges a nyíróerõ figyelembevétele a keresztmetszetet igénybevevõ nyomaték számításánál.

### Felhasznált irodalom

\*\*\* EUROCODE 4. Design of composite concrete – steel constructions. EN 1994.

\*\*\* Calculul structurilor mixte din oțel – beton . Eurocode 4. Exemple de calcul. Tempus Project 01198. 1997.

---

---

#### Megjelent Prof. Dr. Kopenetz Lajos *Gondolatok statikusoknak* című könyve.

„A tartószerkezet, vagy röviden szerkezet, az építmények teherviselő része, amely a mérnöki mérlegelés alapján jön létre...”

Olvasmányos műszaki könyvet vesz a kezébe az, aki a *Gondolatok statikusoknak* című könyvet emeli le a könyvespolcra. Érdekes megközelítések, egyszerű magyarázatok, sok példával, így jellemezhető Kopenetz Lajos professzor könyve, amely bepillantást nyújt a statika, stabilitás és dinamika kérdéskörébe. Mindazoknak, akiket érdekelnek a fent említett témakörök, diákoknak és mérnököknek ajánlom elolvasásra ezt a 2006-ban, az *OPUS könyvek* sorozatban megjelent kiadványt.

Dr. Köllő Gábor

# A stílus kérdése az építészeti grafikában

## Az építészeti grafika izmusai

NEMES Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Rajzi és Formaismereti Tanszék

### Abstract

*The basic fields of the research of the architectural graphic. The importance and meaning of the style in the architectural graphic.*

*The major figurative currents in the art of the twentieth century and their appearance, characteristics in the architectural representation: realism, surrealism, expresionism, constructivism, dada, Art-Deco, pop-art.*

Az építészeti rajz, a prezentáció lehetőségével foglalkozó kutatás három alapvető irányban indulhat el. Fontos részterület egyrészt az ábrázolás lehetőségeinek bemutatása, újabb módszerek keresése és a már meglévők tökéletesítése, csiszolása. E területen fontos új eredményeket hozott Méhes Balázs, aki a perspektivikus ábrázolás újszerű lehetőségét dolgozta ki doktori disszertációjában<sup>1</sup>. Moravánszky Ákos pedig a közelmúltban nagyívű esszében mutatta be az axonometrikus ábrázolás kultúrtörténeti összefüggéseit<sup>2</sup>. Másik lényeges részterület a technikai lehetőségek kutatása, a hagyományos rajzi technikákkal (ceruza, toll, akvarell, rajzkréták) és a modern kor új rajzeszközének, a számítógépes grafikai programok segítségével elérhető hatások számbavétele. E területen felülmúlhatatlan érdemű, összegző erejű mű Dobó Márton – Molnár Csaba – Peity Attila – Répás Ferenc: Valóság – Gondolat – Rajz című könyve<sup>3</sup>. E tanulmány szerzője is publikált az építészeti rajz technikai lehetőségeiről: a tollrajz kifejezés és a kollázs – montázs technika építészeti rajzi változatairól<sup>4</sup>. A harmadik területről – jelesül az építészeti grafika stílárius kérdéseiről – azonban meglehetősen kevés szó esett eddig a szakirodalomban, jóllehet központi kérdéstről van szó, mely az építészeti rajz vizuális képét alapvetően meghatározza. E gondolatébresztőnek szánt, tömör tanulmányomban csak a felvillantás erejéig vállalkozom a stílárius lehetőségek bemutatására, figyelmet irányítva az építészeti grafika e nem elhanyagolható kérdéskörére.

Az építészeti grafika vizuális kommunikáció. Egy elképzelt épület képi megjelenítése. Alapvető műfajai: tervrajz, látványtervi grafika. (A tanulmányban továbbiakban elsősorban a látványtervi grafikával foglalkozom, és ezt értem építészeti grafika alatt.) Célja, hogy a közönség megértse, elfogadja az alkotó építészeti elképzelését, gondolatait. E cél eléréséhez a képzőművészet eszközeit, technikáit és kifejezési formáit használja. E kifejezési formákat akár stílusnak is nevezhetjük. Ez az a pont, ahol az építészeti grafika és a képzőművészeti stílus találkozik egymással. Az építészeti grafikának nem célja, hogy önálló vizuális stílust alakítson ki (jóllehet a komputergrafika területén ez olykor megfigyelhető), hanem a képzőművészet különböző „stílusait” kölcsönzi mondanivalója kifejezéséhez.

Lényege továbbá az építészeti grafikának – és újra hangsúlyozom, elsősorban a látványtervi grafikára gondolok –, hogy mindig „ábrázoló” művészet, hiszen az ábrázolás igénye hozta létre. Ezáltal természetes, hogy az építészeti grafika stílusát, kifejezési formáit a mimetikus, ábrázoló művészet irányzatai közül válogathatja, hiszen a nonfiguratív művészet (és elsősorban ennek mai irányzatai: a performance, installáció) közvetlen valóságábrázolásról lemondó gesztusa ellentétben áll az építészeti grafika alapkiindulásával. (Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a tervgrafika, mely szoros stílárius kapcsolatban van az absztrakt művészet geometrikus irányzataival – lévén vizuális eszköztárak nagyban azonos: vonal, alakzatok, szín, geometrikus rendbe szerkesztett együttese – sokat tanulhat és hasznosíthat azok elért képzőművészeti eredményeiből.)

A XX. században (és főképpen a század első felében, harmadában) a képzőművészetben - de zenében, irodalomban is – egymástól lényegesen különböző irányzatok alakultak ki, melyek azóta is párhuzamosan léteznek és meghatározóak a művészetben. Ezen irányzatokat nevezzük egyszerűsítve izmusoknak. (E kifejezést használja El Liszickij és Arp is a modern művészeti stílusokról szóló könyvük címében, és használja Kasák Lajos összefoglaló könyve címeként: Az izmusok története.) Az építészeti grafikában ugyanez a folyamat végbement: a historikus-akadémikus rajzstílust ugyan még a nagyjából egységes szecesszió grafikai stílu-

sa váltja fel a századfordulón, ezen túl azonban megszűnik az egyeduralkodó grafikai stílus szuverenitása és mindmáig a különböző grafikai megközelítések egyidejű jelenlétének korszakát éljük. (Hasonlatosan a XX. században kialakult építészeti stílussokféleség jelenségéhez.)

Érdeemes tehát a képzőművészeti stílusok fogalmát az építészeti grafikában is alkalmazni, mely eligazodást jelenthet a rajzi előadásmódok látszatra kaotikus világában. Továbbá iránytű lehet az építészhallgatók törekvéseiben, hogy az építészeti gondolathoz, egyéni habitusukhoz a legmegfelelőbb kifejezési módot válasszák.

Azonban az építészeti grafika stílusa és a képzőművészeti stílus közötti lényeges különbségre fel kell hívni a figyelmet. Míg a képzőművészet esetében a stílus művészi alkotófolyamat eredménye, világképi determináltságú, az én kifejezés vágyának eszköze, addig az építészeti grafika nem feltétlenül mélyül el ennyire a művészi alkotófolyamatban, az építész inkább csak a stílárius elemeket emeli be rajzaiba, így helyesebb az építészeti grafika esetén a stílus helyett inkább az **előadásmód** fogalmát használni.

E rövid bevezető után ismerkedjünk meg részletesebben az építészeti grafika „izmusaival” – a képzőművészettől kölcsönvett előadásmódbeli lehetőségekkel.

### Akadémizmus – „építészeti” realizmus

Bár a képzőművészetben az akadémizmus rosszul csengő, pejoratívan hangzó jelző, mely elsősorban a csak mesterségbeli tudásra épülő, konzervatív, az újat, a haladót elutasító művészettel kapcsolatban használatos (1. kép), az építészeti grafikában ezzel szemben megítélése sokkal pozitívabb kell, hogy legyen! Hiszen lényege a pontos, egzakt ábrázolás az épület korrekst bemutatása.

Objektíven, a lényegre – épületre – koncentrálva, azt tökéletes profizmussal, részletgazdagon és vonzó környezetben láttatja, hitelesen és őszintén elvégezve a feladatot: a terv prezentálását. Az építészeti grafika történetének és jelenének is sok szép, e felfogásban készített műve található, hogy csak néhányat idézek. (2., 3., 4. kép )



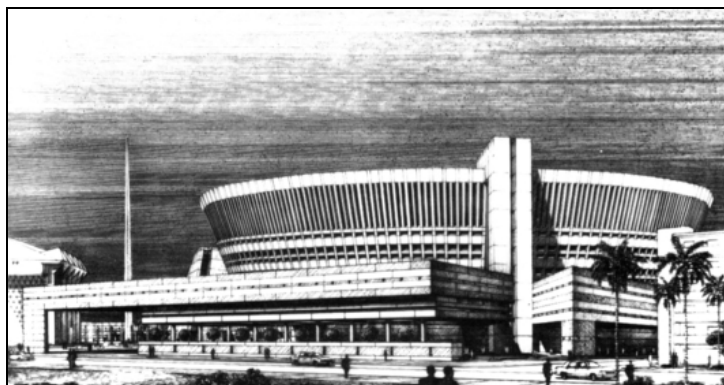
1. kép  
*J. L. Gerome: Akt*



2. kép  
*Györgyi G. PAVILON*



3. kép  
*Ch. Moore: Art Center*



4. kép  
*M. Nicoletti: Könyvtár*

## A szürrealizmus

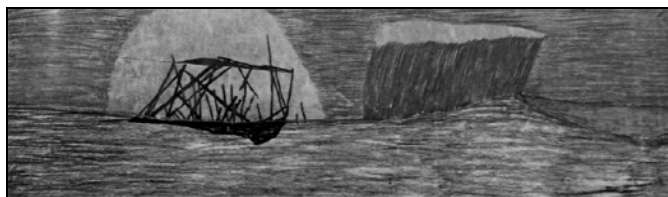
Az építészeti grafika számára nagyon vonzó és termékeny művészeti irányzat, hiszen lényege a „valóságon túli valóság” – érzelmek, álmok, gondolatok, víziók – a valóság képi elemeivel, azok furcsa asszociációival való ábrázolása, láttatása.

Maga a szürrealizmus kifejezés Guillaume Apollinaire-tól származik, aki „Teiressias emléi” című drámájának műfaji besorolásakor használta először 1925-ben. A XX. század képzőművészetének egyik legnépszerűbb, legsikeresebb stílusirányzata – éppen a gazdag, szubjektív valóság festői ábrázolása okán – gondoljunk Chirico (5. kép), Ernst, Dali, vagy a nemrég elhunyt magyar Szász Endre életművére. De ide sorolható az intim líra, a személyes valóság Vajda Lajos életműve is (6. kép).

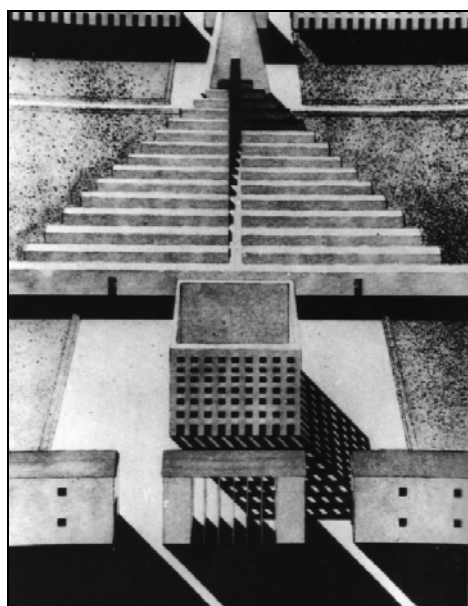
Az építész is beleszőheti gondolatait, vízióit a látványrajzba, azt egy misztikus, álombeli vagy éppen bensőséges érzelmi világba emelve. A vizuális fantázia, a képi képzettársítások gazdag lehetőségeinek felhasználására ösztönöz e stílus, változatos mondanivalójú és képi világú rajzok megalkotására, melyek a nézővel könnyen megszerethetők az ábrázolt építészeti koncepciót.



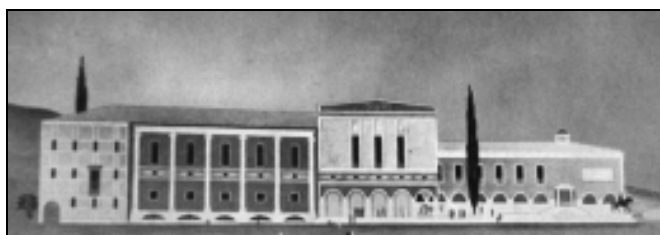
5. kép  
*G. Chirico: Place d'Italie*



6. kép  
*Vajda L.: Északi táj*



7. kép  
*A. Rossi: Modenai temető*



8. kép  
*Ivánka A.: Művelődési Ház*



9. kép  
*Finta J.: Nemzeti Színház*

A szürrealista építészeti rajz jellegzetes példája Aldo Rossi Modenai temetőterve, a chircói képi világ modern örököse (7. kép). A magyar szürrealis grafika szép alkotása Lauber László Városháza perspektívája, és Ivánka András gyönyörű salgótarjáni művelődési ház homlokzat rajza, vízionisztikus klasszicizáló világával (8. kép).

Finta József Nemzeti Színház grafikájának alakjai finoman álomszerű, örvénylő világ sejtelmes lakói (9. kép). Janáky István megfoghatatlan atmoszférájú budai víziói a szubjektív realitás érzékeny metaforái (10. kép)

A keszthelyi kastélykert városrervi pályázatának összefoglaló perspektívája, a magyar építészet vezető mestereinek közös alkotása, különös világával, Szász Endrét idéző vízióival a magyar szürrealis építészeti grafika egyik legérdekesebb műve.

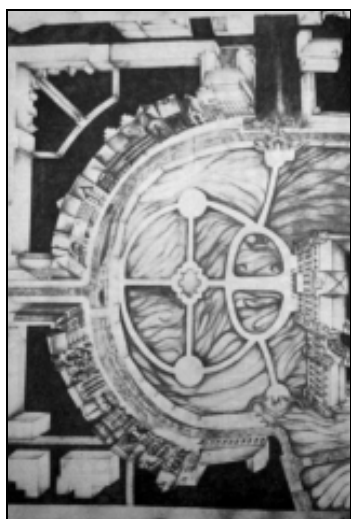


10. kép  
*Janáky I.: Városháza*

### Az expresszionizmus

A művészetben a XX. század elején létrejött művészi mozgalom, melynek első jellegzetes központjai Németországban voltak és főként német és orosz képzőművészek voltak úttörői (Kirekner, P.Klee, V. Kandinszkij). Lényege az erőteljes érzelmek, gondolati tartalmak szuggesztív képi megjelenítése – mely természetesen végigkísérte a művészet történetét (gondoljunk Rembrandt, Bosch, vagy Van Gogh, Munch művészetére), öntudatra mégis Berlin, Drezda, München művészcsoportjaiban ébredt (Falánx, A híd csoport, A kék lovas) ekkor vált önálló művészeti irányzattá. Hermann Bahr szerint az „expresszionizmus ...ellentámadás az intellektuális, tudományos jellegű matematikai és geometriai művészettel szemben, visszatérés az ember ősi, érzéki világának forrásához... Nem az ész, hanem az ösztön művészete.”

Erőteljes, dinamikus, az érzelmekre nagy hatást gyakorló művészi kifejezőmód, így az építészeti grafika is előszeretettel használja stílárisközveit: az erős tónus, illetve szíkontrasztot, az erőteljes és kifejező vonalrajzot (12. kép)



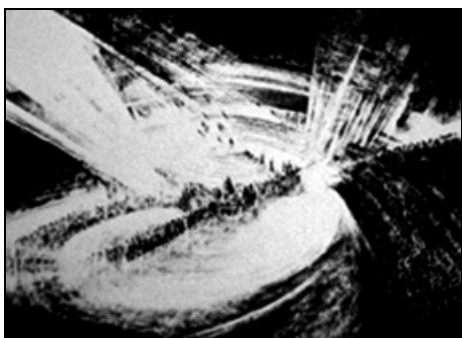
11. kép  
*Keszthely, kastélypark*



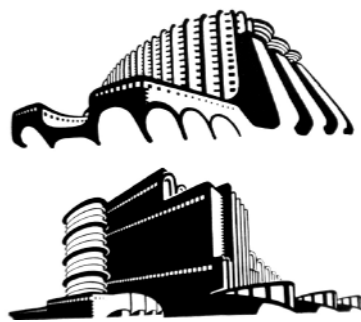
12. kép  
*C.Felixmüller: Kokain*

Néhány szép grafikát idézek, korabeli építészek friss, új szellemű rajzait, az expresszív építészet és adekvát kifejezésének mai napig aktuális, tanulságos példáit. (13.,14. kép)

A magyar építészeti grafikában is gazdag hagyománya van az expresszív előadásmódnak, Kós Károly tusdrámái, Pogány Móric erőteljes szénrajzai (15. kép) és a kortárs alkotók, Vincze László, Finta József, Turányi Gábor, Bán Ferenc bemutatott rajzai bizonyítják az expresszionizmus termékeny vizuális hatását az építészeti grafikában (16.,17.,18. kép).



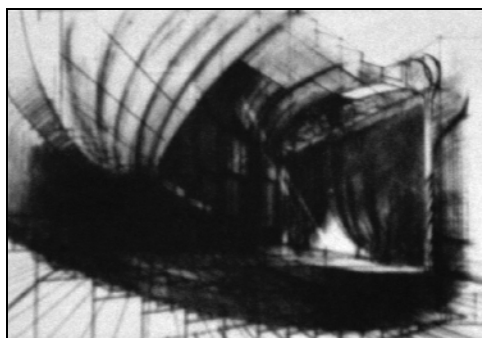
13. kép  
*H. T. Wijdeveld: Színház*



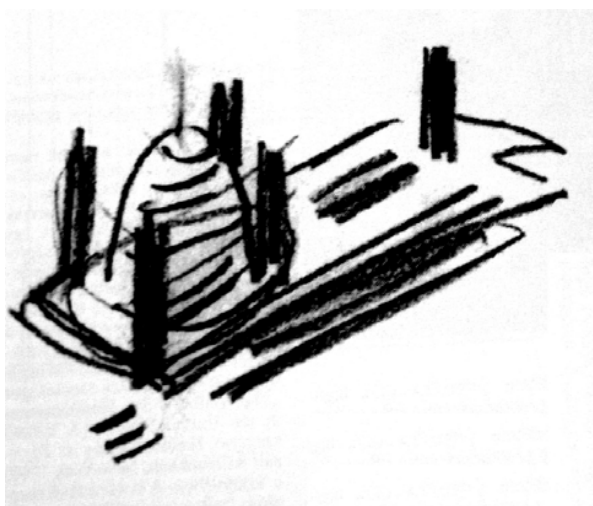
14. kép  
*E. Mendelsohn: Stúdió*



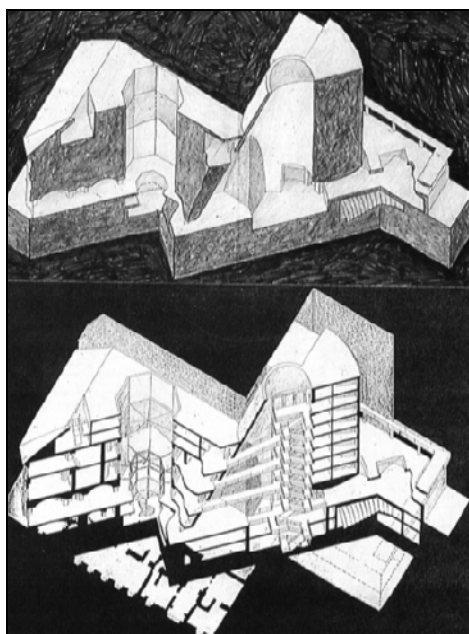
15. kép  
*Pogány M.: Temető*



16. kép  
*Finta J.: Nemzeti Színház*



17. kép  
*Turányi G.: Vázlat*



18. kép  
*Bán. F.: Metszetráajz*



## A konstruktivizmus

Arp és Liszickij így írnak „Az izmusok” című könyvükben: „Ezek a művészek (a konstruktivisták) a technika prizmáján át nézik a világot. Nem kívánnak illúziót kelteni a festékekkel a vásznon, közvetlenül vassal, fával, üveggel stb. dolgoznak. A rövidlátók munkáikat egyszerűen gépnek tekintik. A konstruktivizmus bebizonyítja, hogy nem lehet szigorú határt vonni a matematika és a művészet, a műtárgy és a technikai találmány között.”

Mint a fenti szövegből kiderül, a konstruktivizmus művészete az ész, a logika, a szerkezet fontosságát hangsúlyozza az alkotófolyamatban, nem véletlen tehát, hogy a konstruktivista alkotások közel állnak az építészethez, a jeles alkotók sokszor maguk is építészek voltak (Tatlin, Liszickij, Le Corbusier, Rietveld), így építészet és képzőművészet egységes felfogásban jelenik meg műveiken.

A konstruktivista művészet nagy iskolái: az orosz konstruktivisták mozgalma (Tatlin, Rodcsenko, Malevics), a holland DeStijl csoport (Mondrian, Doesburg), a német Bauhaus művészeti iskola (Gropius, Moholy-Nagy), és a francia LeCorbusier és tanítványai.

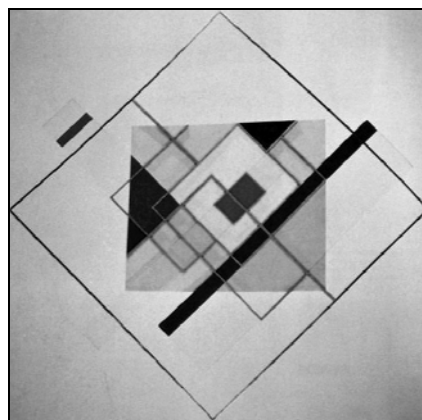
A konstruktivista – szerkezetet hangsúlyozó – ábrázolásmód az építészeti grafika számára nagyon logikus eljárás, hiszen általa az épület felszínén túl a lényegi szerkezet, a konstrukció is meg(be)mutatható. A konstruktivizmus absztrakció iránt elkötelezett vonulata hamar felfedezte az „építészeti kollázs” – a kép architektúrájának – műfaját, ami a tervgrafika érdekes és szép megközelítési lehetőségét teremtette meg.

Néhány történeti példán kívánom bemutatni a konstrukció láttatására összpontosító, a látható és mögöttes szerkezetet egyszerre ábrázoló grafikai stílust (19., 20., 21., 22. kép)

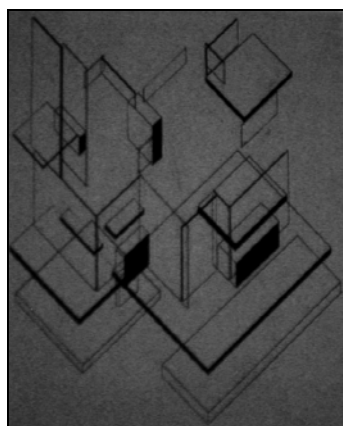
A ma modern rajzeszközei – egyes számítógépes rajzprogramok – a konstruktivista grafikai szemlélet adekvát kifejezői: a szerkezet bármilyen mélységű láttatása, láthatóság, áttűnések rajzi kifejezhetőségének széles lehetőségeit adják a grafikus építész kezébe (23. kép).



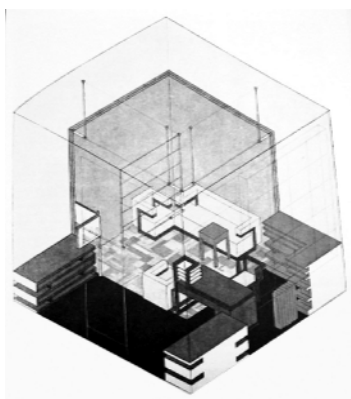
19. kép  
*Tatlin: Figura*



20. kép  
*C. Domela: Kompozíció*



21. kép  
*T. van Doesburg: Maison*



22. kép  
*Bayer-Gropius: Szoba*

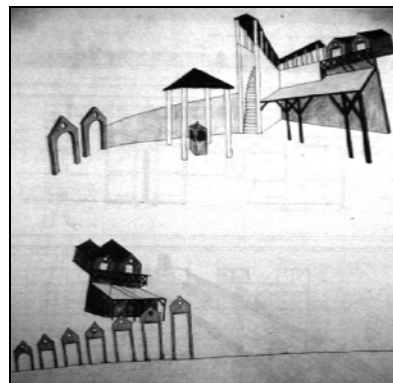


23. kép  
*Düne stúdió: Épületbelső*

## A dadaizmus

A dada a nonkonformizmus heves lázadása, romboló tiltakozás a megszokás, a tradíció ellen. Maga a mozgalom nyolc évig (1916-1922) létezett elsősorban Zürichben. Főalakja Tristan Tzara volt, de a mozgalomban többé kevésbé részt vett a XX. századi avantgarde törekvések szinte összes jeles alkotója. Jelszavuk: „Minden rendszer tagadása, minden elismert érték lerombolása.” A feltétlen újszerűség, a meghökkentés, a tagadás fiatalos esztétikája.

A dada lényege tehát elsősorban a tiltakozás és tagadás, így építészeti grafikai alkalmazása csak nagyon speciális olvasatában lehetséges: Birkás Ákos „Piac” című építészeti grafikája éppen újszerű, a tradicionális ábrázolást tagadó látásmódja okán szellemi rokona a dada gondolati világának (24. kép).



24. kép  
Birkás Á.: Piac

## Az Art Deco

Bár szoros értelemben nem sorolható a XX. század avantgarde mozgalmaihoz, az „izmusokhoz”, mégis a század jellemző kifejezésformája: a szecesszió, az expresszionizmus, a modernizmus stíluskeveredésének az urbanus polgári esztétika számára élvezhetővé szelidített művészete (25.kép).

A szecesszió dekorativitása, az expresszionizmus kifejezőereje, a modernista világkép egyszerre jelen van az art-deco irányzatban, miáltal az építészeti grafika szép és értékes lapjai fogantak indíttatásából mind a múltban mind a jelen építészetében (26., 27. kép).

## A pop-art



25. kép  
G. O. Keffe: Radiator



26. kép  
Benkhard Á.: Pavilon



27. kép  
H. Jan: Banképület

A XX. század második felének, a fogyasztói társadalom „popular” kultúrájának – elsősorban Amerikában – ahol e társadalmi modell először és mindmáig legelterjedtebb formájában alakult ki – a képzőművészekben (Warhol, Rauschenberg) kiváltott válasza, akik e művészeti stílussal reagáltak a fogyasztói kultúra jelenségeire (28. kép).

Jellemzője az erőteljes vizuális hatások – bombasztikus színhatások, formai megoldások – alkalmazása, a tömegcikk, a képregény, televízió és mozi harsogó világának – akár kritikai, akár dekoratív indíttatásból – beemelése a „magas” művészet szférájába.

Nem véletlen, hogy a pop-art művészei közül sokan a reklámgrafika, az alkalmazott grafika világából érkeztek. Itt kapcsolódhatunk vissza e tanulmány bevezetőjéhez, amiben utaltam az építészeti grafika alkal-

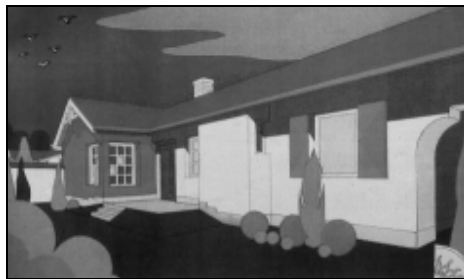
mazott grafikai – már-már reklámgrafikai – kötődéseire, jellegzetességére. A ma megrendelőjének ízlését immár meghatározza a tömegkultúra diktálta esztétikum, így a pop-art stílusban megfogalmazott építészeti grafika sikeresen veheti fel a versenyt a személytelen, de kétségtelenül könnyen emészthető számítógépgenerálta látványtervvel szemben (29., 30. kép).



28. kép  
*R. Lichtenstein: M*



29. kép  
*M. Graves: Wageman H.*



30. kép  
*Callmeyer F.: Kollázs*

### Jegyzetek

- [1.] Méhes Balázs: Az építészeti szabadkézi rajz szerkezeti felépítésének oktatása új módszertani megközelítésben, Phd értekezés, 1998
- [2.] Moravánszky Ákos: Az axonometria mint szimbolikus forma, in Perspektíva, Műcsarnok 2000, 193-205. old.
- [3.] Dobó-Molnár-Peity-Répás: Valóság, Gondolat, Rajz, Terc Kiadó, Budapest, 1999
- [4.] Nemes Gábor: Alternative forms of ink and pen drawing in contemporary Hungarian Architectural Graphics, in Periodica Politechnica, Ser. Civ. Eng. vol. 50, No.1 pp 1-14
- [5.] Nemes Gábor: A kollázs és montázs mint képalkotási eljárás lehetőségei az építészeti, grafikában, kézirat

# Szabad inspirációs térkísérletek

## Free inspirational space experiments

SEBESTÉNY Ferenc

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Rajzi és Formaismereti Tanszék

„Az építészet a tér szervezésének művészete,  
s kifejezésének eszköze a konstrukció.”

Auguste Perret

### Abstract

*The essence of creative activity is maintaining and enhancing our sensibility that enables us to react to phenomena of the world; furthermore to enable us to give instant responses to these stimulus; at last but not least these inspirations, though of various nature, must affect us spontaneously, not at all working as inhibitions, hindering us. As music is born, on spur of a moment, from a lot of factors i.e. in both freedom and tension created by the public's and the musicians reactions in a rigorously set system of harmonics. The relation of architecture or that of fine arts to present time is naturally different. Artistic expression, creation, free phraseology of spiritual vibrations, by our own means, are totally consubstantial. In my course „Space and Motion” I'd like to draw the architectural students' attention to recognize those inspirations using consciously their artistic means to draft their spiritual vibrations, reacting to these stimulus like true architectural engineers and artists do, focusing on a special task with their whole personality. It's a free play with space where motion is created with space of motion which is actuated by the sequence of movements in a certain moment of time – with intervals.*

Napjaink építési tevékenységeit túlnyomó részt a gazdaságosság irányítja. A tömegformálást, a térkapcsolatokat és az alkalmazott szerkezeteket a funkció, a jó megtérülési mutatók, és a technológia határozza meg. Tervezéskor egyre kevesebb szerep jut a belső emóciók kifejtésének, a táj, az épített környezet, a kulturális beágyazottság hatásaira való reagálásnak, az építész művészi megnyilatkozásának.

E gondolat mentén Dr. Szentkirályi Zoltán „A térművészet történeti kategóriái” c. tanulmányában Corbusier „Vers une architecture” c. munkáját idézve így fogalmaz: „Az építészet lealacsonyítása az, ha csak hasznossági tényezőit vesszük figyelembe. Magától értetődik – idézi Corbusiert –, hogy az építészet élvezetét erősen gátolná, ha befolyna a tető, nem működne a fűtés, vagy szétrepedeznének a falak; ugyanúgy, mintha valaki gombostűs párnára ülve hallgatna végig egy szimfóniát. ... Az építészet azonban nem azonos a használat technikai feltételeinek biztosításával, vagy a konstrukcióval. Ennél lényegesen több: művészi tett. Feladata az, hogy megindítson, emóciót keltsen. S hogy Corbusier mit ért építészeti emóció alatt, azt könyvének első fejezetében bővebben kifejti. Azt mondja, az épület akkor vált ki valódi emóciót, akkor kelt művészi élményt, ha formáinak rendje az egész univerzumét elénk idézi, ha ez a rend bennünk a világegyetem rendjével egybehangzik.”

Az alkotómunka lényege, hogy mindvégig megtartsuk, és érvényre juttassuk azt az érzékenységünket, mellyel erre az egyetemes rendre reagálni vagyunk képesek, hogy ezek az ingerekre ébredő belső válaszok akadálytalanul, szabadon szólaljanak meg bennünk, hogy a világból felénk érkező hatások, legyenek azok, bár nagyon eltérő természetűek, ne gátként és korlátként, hanem inspirációként hathassanak ránk. Mint egy szabad zenei improvizációban, ahol a jelen pillanat szabadságában és feszültségében születik meg az összhangzattan logikájának kötött rendszeréből, a zenésztársak és a közönség reakcióiból és a belső emóciók szabad felszínre töréséből a zene. Az építészet, vagy a képzőművészet időhöz, vagy jelenidejűséghez való viszonya – természetéből következően – más. A művészi kifejezés, az alkotás, a belső lelki rezdülések saját eszközzel történő szabad megfogalmazása szempontjából azonban teljesen egylényegű.

Tér és Mozgás kurzusomban épp arra szeretném rávezetni a hallgatókat, hogy ismerjék fel ezeket az inspirációkat, és tudatosan használják építészeti (képzőművészeti) eszköztárukat belső emócióik megfogalmazására. Építészként – Perret szavaival élve – térszervező művészként reagáljanak az ingerekre, teljes lényükkel és érzékenységükkel az adott feladatra koncentrálnak. Így lehet a válasz, az alkotás igazán személyes és újszerű. Nyitottak legyenek a kísérletezés felé, új feladatmegközelítési utakat és módszereket fedezzenek fel maguk

\* A Rajzi Tanszéken meghirdetett „Tér és Mozgás” című kurzus metodikája

számára, ahol nincs más kapaszkodó, mint a belső megítélés, az ízlés, az arányérzék. Ahol az egyedül helyes magatartás a nyitottság, a megérzéseink felé mutatott őszinte figyelem, a megtalált eredmények elfogadása és azok precíz, fegyelmezett kidolgozása. A nagy szabadsági fok persze óriási teher is, és sokszor bénítólag hat. Egy-egy jelenség vizsgálata, élmény, hangulat befogadása egyénenként más és más. A megszülető reakciók, gondolatok nagyon eltérőek, és a válaszok is ennek megfelelően különbözőek mind felfogásukban, mind technikai megoldásukban. Lényeges az adott szituációban a vizsgálati, értékelési szempontok kiemelése, eltérő munkamódszerek irányított kipróbálása, hogy segítse a kísérletező elszakadását berögzült és megszokott sémáitól. Érdekes tapasztalat, hogy ez néha milyen nehezen valósítható meg. Ismeretlen élethelyzetekben az ember hajlamos, sőt kényszeresen és görcsösen hajlamos biztonságosnak ítélt sablonjait alkalmazni, ahelyett, hogy nyíltan és érzékenyen forduljon a kihívások felé, bízva saját értékítéletében, ízlésében, kreativitásában. Máskor azonban váratlan és hirtelen áttörések tapasztalhatók, a felfedezés és alkotás igaz öröme mutatkozik meg a résztvevőkön.

Taisen Deshimaru zen mester így elmélkedik erről: „A hétköznapi életben természetesen fontos a tudatos gondolkodás, és semmiképpen nem szabad erőszakkal elúzni magunktól. De időnként ráébredünk, hogy spontán módon, a tudatosság, vagy az ego nélkül is képesek vagyunk cselekedni, amely tettekben, mint a képzőművészetben, vagy más cselekedetekben, a test és a tudat egyaránt teljesen elmerül. A tett magától, a tudatos gondolkodás előtt megy végbe; ez a tiszta cselekvés a zazen lényege.”

A mozgás megfigyelése, ábrázolásának vágya végigkíséri a művészet történetét. Rég felismert igazság, hogy a dinamika megjelenítése nem érhető el a mozgássor egy pillanatának kimerevítésével, viszont az alkotó tudatosan alkalmazott kompozíciós eszközökkel (formák, tömegek egymásra feszítésével, színtelepek, ritmusok, kibillentett egyensúlyok alkalmazásával, stb.), még egyszerű geometriai alakzatokkal is a mozgás valóságos élményét tudja kelteni a szemlélőben. Statikus és dinamikus kompozíciók, építészeti és képzőművészeti alkotások (Vantongerloo, Archipenko, Brancusi, Joost Schmidt, Giacometti, Calder) vizsgálata, valamint Moholy-Nagy László 1920-30-as években tanítványaival végzett mozgás- és térkísérletei kínálják a kiindulópontot a kurzus témájához. Az 1922-ben Kemény Alfréddal együttműködve kiadott „Dinamikus-konstruktív erőrendszer” című manifesztumban Moholy így fogalmaz: „...Ézért kell nekünk a klasszikus művészet statikus elveinek helyébe az univerzális élet dinamikáját állítanunk. Gyakorlatilag: a statikus anyagkonstrukciók (anyag- és formaviszonyok) helyett dinamikus konstrukciókat (vitális konstruktivitást, erőviszonyokat) kell szervezni, ahol az anyag, csak mint erőhordozó szerepel. A dinamikus-konstruktív erőrendszer első vázlatai csak az anyag, az erő és a tér közötti összefüggések vizsgálatára szolgáló kísérleti, demonstrációs eszközök lehetnek, eredmények a szabadabb (gépi-technikai mozgástól szabadabb) műalkotások megalkotásához.”

A Tér és Mozdulás kurzus állandó segítő résztvevői a táncosok, mozgásművészek. Az emberi testtel kialakítható térbeli alakzatokat, egyéni és páros mozdulatokat, rövid koreográfiákat mutatnak be, melyeket a hallgatók síkkompozíciók és térkonstrukciók tervezéséhez inspirációs „alapanyagként” használnak. A mozdulatsorok rögzítéséhez, elemzéséhez grafikai és fotó-technikákat alkalmazunk. A mozdulat dinamikájának és karakterének megragadásában nagy segítséget nyújtanak a stroboszkópikus és nyújtott idejű felvételek, melyek mindegy leírják a mozgás térbeli ívét, láthatóvá teszik a mozdulat által a térből kihasított volument. A hallgatók a képek és helyszíni vázlatok alapján egyénileg választott megközelítéssel és technikával hozzák létre a mozgást leképező síkkompozíciót és térbeli modellt. A hangsúly a munka folyamatán van. A cél az emberi mozgás, a tánc inspiráló hatásának átélése és átlényegítése, a mozdulathoz kapcsolódó emóciók befogadása, értelmezése és belső világunkkal való harmóniába állítása, végül képpé, térré, konstrukcióvá formálása. A döntő momentum maga az átlényegítés. Nem a mozdulatot képezzük, kottázzuk le, hanem a mozdulatot működtető dinamikát, erőt, lendületet próbáljuk megragadni, az idő folyamatában létrejövő mozgást saját eszközeinkkel egyetlen időtlen pillanatba sűrítve megjeleníteni. A mozgás lendülete vonalak és felületek folyamává, geometriai elemek ritmikus sorozatává lényegül, a mozduló emberi test jellé egyszerűsödik, sűrűsödik, „nemesül”. A vonalak és ívek kavalkádjából eltűnik az anyag, de megőrződik a dinamika. Szabad játék a térrel, ahol a mozgás létrejön, a mozdulat terével, melyet a mozgássor egy adott időintervallumban leír, vallummal és intervallummal.

A végső feladat elkészítéséhez a hagyományos grafikai eljárásokat és a számítógépes technika nyújtotta legújabb lehetőségeit is használják a hallgatók. A digitális képrögzítés és animáció, a virtuális térmodellezés olyan újszerű megközelítéseket és feldolgozási módokat kínál e témában, melyek korábban elképzelhetetlenek voltak. Látványos és meglepő térkonstrukciók, pozitív és negatív térformák, időbeli és térbeli eltolások, egymásba metszések, egymásra rétegzések válnak lehetségessé, folyamatosan tágítva ezáltal az értelmezések és asszociációk körét. A technika kínálta eszközök persze nem pótolják a kreativitást, az újszerű gondolati megközelítés szükségességét. Ennek tudatosítása mindenkor az oktató feladata és felelőssége. A hagyományos grafikai feldolgozásokkal készült feladatok között igazán kreatív hallgatói munkákat is találunk. Az absztrakt gondolkodás és igényes technikai megoldás szép példái ezek. Lényege éppen az egyszerűsítés, sűrítés, a lényegre törekvés.

Ezek a térkísérleti tapasztalatok nem közvetlen módon alkalmazhatók az építészeti tervezésben, de ez a metodika – meggyőződésem szerint – segíti a térlátás, a kreatív térformálás fejlődését, elemel a pusztán alaprajzi rendszerből kiindulni képes térszemlélettől, átélhetővé és megtapasztalhatóvá teszi a teret. Az újszerű feladat új kifejezési formák felé ösztönzi a hallgatókat, hogy nyitottak és reakcióképesek maradjanak teljesen váratlan feladatok esetén is, hogy ötletet és inspirációt tudjanak meríteni munkájukhoz, a tér megformálásához, még az első pillanatra oly különbözőnek tűnő hatások esetén is, mint amilyen az épített környezet, a természet, a zene, vagy éppen a mozgás.

# **A téгла, mint high-tech formaképzési eszköz a magasház-építészetben**

## **Brick as Like High-tech Shaping Tool in the Architecture of High-rise Buildings**

TAUER Veronika

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Rajzi és Formaismereti Tanszék



## Abstract

*The big question of high-rise building regulation is in spotlight again in Budapest. After the resign of István Schneller chief architect of Budapest so many people fight for a new more submissive regulation.*

*An elevation of a high-rise building not necessarily has to be built from glass, steel or aluminum and does not has to be look like as an abstract cube. It is true that the modern elevation-claddings are weather-proof and almost long lasting but they ageing on the surface are not as nice as on a brick facade. Brick elevation does not losing they beauty. It is Ecological important to create long lasting buildings with permanent values keeping architectural-continuity like the brick which is holding all this in the European culture.*

*Some of the good but rare example is a high-rise office building in Berlin on Potsdamer square. Here the performance of the facade is not using the continuously repeated boring glass and steel curtain-wall but using brick to follow the historical traditions and to keep the Ecological aspect in front.*

*If a new high-rise building regulation will born in Budapest allow us to build even a 100 meter high building in reasonable areas then it will be a refreshing spectacle to see well detailed and matured brick facades between a lot of glass and steel high-rise building architecture.*

## Összefoglalás

*Budapesten a magasház-kérdés újra aktuálissá vált. Schneller István főépítész lemondása után sokan küzdenek egy új, a mostaninál engedékenyebb rendelet megszületéséért.*

*A toronyháznak nem kell feltétlenül üvegből, acélból, alumíniumból készült absztrakt dobozoknak kinéznie. A korszerűnek számító homlokzatburkoló elemek időtállóak ugyan, ám korántsem öregszenek olyan szépen, mint egy téglahomlokzat, ami az évek múlásával sem veszít szépségéből. Ökológiai szempontból is fontos kérdés az időtállóság, a tartós értékek létrehozása, és az építészeti folytonosság, amit a téglá az európai kultúra részeként képvisel.*

*Berlinben, a Potsdamer Platz-i irodaház a magasházak ritka példája, ahol a homlokzat kialakításánál nem az unalomig ismételt acél és üveg függönyfalat húzták az épületre, hanem a történelmi hagyományok folytatásaként, és ökológiai szempontokat is figyelembe véve alkalmazták a téglát.*

*Ha Budapesten is megszületik egy olyan magasház-rendelet, ami a város indokolt pontjain megengedi az akár 100 méteres házak építését, a sok üveghomlokzat között üdítő példa lehet egy-egy finoman kidolgozott, részleteiben átgondolt tégláépület látványa.*

Budapesten a magasház-kérdés újra aktuálissá vált. Schneller István főépítész lemondása után sokan küzdenek egy új, a magasházak létesítéséről, és magassági korlátjairól szóló, a mostaninál engedékenyebb rendelet születéséért.

2004-ben felépülhetett volna hazánk első felhőkarcolója. A 110 méter magas épületet egy izraeli befektetőcsoport álmodta meg, Finta József tervei alapján, a 93 méter magas rendőrszékház, illetve a 75 méteres tb-székház közé. Az akkor hatályos szabályozás ugyan nem tiltotta a magasházak építését a Hungária körgyűrűn kívül, mindössze egyedi elbíráláshoz kötötte engedélyezésüket, ezért a XIII. kerületi KSZT (Kerületi Szabályozási Terv) megengedte volna a toronyház építését. A főváros ebbe nem egyezett bele, és a közigazgatási hivatal elutasította a XIII. kerület beadványát, ami a toronyházrendeletet (29/2002.(V.28.)) támadta. Az Alkotmánybíróság megsemmisítette a KSZT-t, így a beruházó lemondott a toronyház megépítéséről. Az engedélyezési eljárás hónapokig tartó vitává alakult, ahol végül az amerikai típusú felhőkarcolók híveivel szemben a közép-európai városépítészeti mintát követők kerültek ki győztesként, és a Fővárosi Közgyűlés a főépítész javaslatára 2002 szeptemberében megszavazta az 55 méternél magasabb épületek építését megtiltó rendeletet.

Schneller István fővárosi főépítész szerint a magasházak semmivel nem korszerűbbek a többi épületnél. A magasházak szimbólumok, építészeti jelek, ám minél több van belőlük, szerepüket annál kevésbé tudják betölteni. 120 méter fölött építésük, üzemeltetésük költséges, és a bennük dolgozó kisvárosnyi ember számára nem nyújtanak megfelelő, ingergazdag környezetet.

Az Árpád híd pesti hídfőjénél álló irodaházak még e rendelet megszületése előtt kaptak építési engedélyt. A hídfő déli részén álló ikertornyok tervezésénél menet közben változott az építész, így az építészeti koncepció is, ezért módosítani kellett az építési engedélyt. Ezt Schneller István főépítész megfellebbezte, ám a főváros közigazgatási hivatala első fokon helyben hagyta a kiadott építési engedélyt, arra hivatkozva, hogy az a hatályos rendezési tervek alapján készült.

Sok a hasonlóság a két irodaház között, hisz mindkettőt ugyanaz a tervező, Fazakas György jegyzi. A hatvan méteres magasházak megjelenése, kialakítása hasonló, üveggel és fémmel borított high-tech homlok-

zat. Gyakran érik kritikák a két épületet. Finta József is találóan, és elég kritikusan fogalmaz a tornyokkal kapcsolatban: *“Kövér törpék csúfítják Budapestet ahelyett, hogy karcsú óriások ékesítenék”*.

Az ikertornyok tömegformálása minimalista, de talán már túlságosan is leegyszerűsített, ami elmondható a homlokzatképzésről is. Az irodaházat bemutató brosúrában olvasható *„lenyűgöző építészeti megoldások”* nehezen található az épületen. A másik irodaház, az Európa-torony homlokzata már részletgazdagabb, kihasználva a függönyfal adta lehetőségeket.

De vajon a high-tech építészet csupán az üveget és a fémeket használhatja, mint korszerűnek, modernnek mondott homlokzatburkoló elemeket?

## A téglá ideális építőanyag

Igen változatos, sokrétűen alakítható. Időtálló és környezetbarát. Az emberi tapintás, észlelés számára az égetett kerámia az ősi föld hatását kelti, egyszerre érezhető benne a természet közelsége, és az emberi formálás, alakítás.

Sajnos ma a tartósság sokszor nem elsődleges szempont, a beruházónak nem áll érdekében hosszú távra tervezni. Nem szempont az építészeti tradíciókat hordozó, tartós építészeti alkotás létrehozása. Ám a mai fogyasztói társadalom nem engedheti meg magának a 20. század elején hangoztatott „építészet egy generáció számára” elvét.

A korszerűnek számító homlokzatburkoló elemek időtállóak ugyan, ám korántsem öregsznek olyan szépen, mint egy téglahomlokzat, ami az évek múlásával sem veszít szépségéből.

Ökológiai szempontból is fontos kérdés az időtállóság, a tartós értékek létrehozása. Szintén fontos szempont az építészeti folytonosság, amit a téglá az európai kultúra részeként képvisel.

Sokféle lehetőséget rejt, melyek kifejtése síkfelületen hatásos felületképző rendszernek bizonyul. Mint strukturális alapelem, törvényszerűségei vannak. Ma már elsősorban burkolóelemként használják, ennek ellenére világosan kifejezi azt az alapmodulból való szerkesztettséget, ami a tégláépítészet sajátossága.

A téglá a téri lehatárolás karakteres eszköze. Felmerül azonban a szerkezeti öszinteség kérdése, mivel főként réteges szerkezetekben, előfalazóként használják. Minden egyes rétegnek megvan a saját szerepe: terhet hord, hőszigetel, stb. A külső héj egy vízálló bőr, ami védi az épületet az időjárás hatásaitól. A modern építészetben a tömör, homogén falszerkezetek elvesztették jelentőségüket, felváltotta ezeket a Mies van der Rohe által megfogalmazott „csont és bőr” építészet.

Ez a nem homogén szerkezet hatásában mégis homogénnek bizonyul, és hatni csak a külső téglafelület hat. Habár tudjuk, hogy egy vakolatlan téglafal nem teherhordó, mégis megjelenésében az építetség jeleinek megidézésével, tartósságával, állandóságával, szilárd felületével a téglafelület bizalmat kelt.

Összetett szerkezete koherens egységet kell alkosson, nem különféle elemek kapcsolat nélküli halmazát.

A tény, hogy a tömör épületek hagyománya több száz évre nyúlik vissza, nem könnyíti meg a modern módszerek alkalmazását. De a réteges szerkezet nem mai találmány, már az egyiptomiak is téglából építették piramisikat, és köréteggel védték. Tulajdonképpen az építészet célja mindig is az volt, hogy az épületeket ne csak tartóssá építsék, de azok annak is nézzenek ki. Az épület megjelenésében a szilárdság, tartósság látszatát keltse.

Az ipari fejlődés eredményeként megjelent az acél és az üveg az építészetben, a fal elvesztette masszív-ságát, és ezzel együtt a képességét nemcsak arra, hogy egyértelműen elválassza a magán és publikus tereket, de hogy monolitikus megjelenést kölcsönözzön a háznak. Legszebb példája Paxton Kristálypalotája. Gottfried Semper egész addig elment, hogy kijelentse: a vas és acél a masszív-ság hatásának hiányában nem képesek építészetet létrehozni.

Ma már többretegű homlokzatokat használunk. Ez az „öltöztetés művészete”, mondja Hans Kollhoff. *„Ami az építészeti vita tárgya volt Semper óta, most egyszerű tény.”*

A divatos, elanyagtalánított építőanyagokkal szemben a téglánál újra gyakorlattá kell váljon a kézművesség. Ez nem azt jelenti, hogy nincs szükség ipari termelésre, hiszen a tömegszerű építésnél ez elkerülhetetlen, csak nem szabad az építőipari termékeknél eltüntetni az anyagszerűséget.

Az égetett téglá formai gazdagsága abban is rejlik, hogy minden darab más színű, izgalmas felületet alkotva. Az ipari termelés odáig fejlődött, hogy minden téglá tökéletesen egyforma, pontos, teljesen sima felületű, a gyártás során anyagszerűsége mégis megmarad. A beépítés változtatható jellege, variálhatósága az anyag pontosságából adódik. Ilyen értelemben a téglá a high-tech építészet új eleme.

A Finta József által tervezett 110 méteres felhőkarcoló terve most ismét előtérbe kerül, hiszen az izraeli Metropolitan Kft-től a Raiffeisen megszerezte a területet. Az időzítés jó, hiszen Budapest főépítésze, Schneller István – aki a város hagyományos, karakteres szövetét a megalomán befektetők ellen tudatosan védte, – lemondott, és a főváros a BVKSZ (Budapesti Városrendezési és Építési Keretszabályzat) módosítására készül, így a befektetők, és az építészszakma jelentős része ismét küzdhet a magasságkorlátozás ellen. Bár a városházán várhatóan csak az önkormányzati választások után tárgyal a közgyűlés a BVKSZ módosításáról.



A főváros belátta, hogy nem tudna befolyással lenni a beinduló magasház-építési áradatnak, ezért inkább alapjaiban fojtott el minden ilyen kezdeményezést, abban a tévhitben, hogy így védelmezi a városképet. Ám közben nem vesz tudomást a világ fejlődéséről. Az ingatlan-befektetők lobbizása előbb-utóbb kikényszeríti a magasházak építését. A szigorú tiltással a főváros kizárja magát abból, hogy valamennyire is befolyással legyen a fejlődés menetére.

Egy, a magasházakról szervezett vitadélutánon Z. Halmágyi Judit – akiben sokak Schneller utódját látják, – rámutatott, hogy egy ház jó, vagy nem, azt nem a magassága dönti el, és valójában nem az építésszek döntenek arról, épüljön-e Budapesten magasház.

Az ingatlan-befektetők számára persze ez nem kérdés, a város látképét előnyösen befolyásolná egy-egy magasház. Az építésszakma megosztott ebben a kérdésben. Az ellenzők között van Eltér István, a Magyar Építész Kamara elnöke, aki szerint egyedül a befektetők érdeke, hogy toronyházak épüljenek Budapesten. „*A város karakteréhez a négy-öt szintes házak illenek*” - szögezte le.

A XIII. kerületi önkormányzat Arató György főépítész vezetésével a magasházak létjogosultsága mellett harcol. Ötletpályázatot hirdettek a Váci út – Róbert Károly körút csomópontjában a „városrészközpont térfalainak építészeti kialakítására”. A már meglévő két magasház mellé még magasabb épületek illenének leginkább köztük Finta József 110 méteres toronyháza. A pályázatra köztudottan toronyházpárti építésszeket hívtak meg, és a bíráló bizottság tagjai között van Finta József, és Albrecht Ute, a BFVT Kft. ügyvezető igazgatója, aki a mostani BVKSZ-módosítást is készíti, és aki szerint „*a történelmi városmagtól elég távol, városrészközpontokban, például Csepelen vagy a város északi részén elfogadhatónak tűnik a 100 méternél valamivel magasabb építési korlát*”.

Ezt az álláspontot képviseli Virág Csaba DLA is. Budapest geomorfológiai adottságait, és sugarasgyűrűs szerkezetét kihasználva, a külső körút mentén a nagyobb csomópontokban magasházak, felhőkarcolók épüljenek, hangsúlyokat képezve, és „*e magasház-csoportok messziről kijelölnék a város kapuit*”.

Chicagóban, a felhőkarcolók szülővárosában is kirobbant a magasház-vita, bár kicsit más léptékben, mint a budapesti. Az ottani 2-300 méteres szint felett most megjelentek a befektetők rekordmagasságokat döntögető tútornyai, köztük Santiago de Calatrava által tervezett 600 méteres Fordham Spire. Hasonlóság, hogy a chicagói városvezetés is eddig a történelmi városképet igyekezett megvédeni, akárcsak nálunk, leszámítva persze ezt a párszáz méteres különbséget. A chicagói építészkritikusok érvelése hasonlít az európai gondolkodásmódra, miszerint nem szabad hagyni, hogy a tőke dirigáljon a magasház-építéskor, legalább a helyek kijelölésével korlátozhatnák a tornyok telepítését. A chicagói városvezetés azonban nem akarja elriasztani a befektetőket.

A toronyház-építési láz az iparosodó ázsiai országokat érte el leginkább. Tajvan, Kína és Hong Kong a világ legmagasabb tíz épülete közül 7-tel büszkélkedhet.

Ha magassági rekordról van szó, az arabok sem tétlenek, már elkezdődött a várhatóan a világ legmagasabb épületének, a 800 méter magas Burj Dubainak a kivitelezése. Az arabok rekordmagasságú épületét Adrian Smith álmodta meg, aki a chicagóban vitákat kiváltott 600 méteres felhőkarcoló rajzait készítette, illetve az 5. legmagasabb épületként számon tartott shanghai Jin Mao Tornyt tervezte.

Berlin megjelenése is hihetetlen gyorsasággal változik. Legjelentősebb építészeti projektje emelkedett ki a Potsdamer Platz területéből. Egy új építészeti sziget. Berlin európai fővárossá válásának útján fontos átlomás volt a tér kialakítása.

Az egyesítést követő heves napokban Edzard Reuter kijelentette, hogy a város elhelyezkedése, az Európai Unió keleti szélén teszi majd Berlint Kelet-Európa Hong Kongjává. A Daimler Benz úgy döntött, hogy központját a Potsdamer Platzon építi meg, épp a fal helyén, és a Sony is áthelyezte európai központját Berlinbe, hatalmas területet szerezve a közelben. Ezek hatására rengeteg vállalatot várták a folytatást.

A kilencvenes évek elején közzgazdászok erőteljes népességnövekedést jósoltak. A német kormány megszavazta, hogy hivatalait Bonnól Berlinbe költöztesse át, ami kormányzati alkalmazottak tízezreinek közvetlen áthelyezését is jelentette, plusz a hozzá kapcsolódó vállalatok, politikai szervezetek, stb. A befektetők érdeklődésének felkeltésére a kormány ellenállhatatlan adókedvezményeket biztosított.

A Potsdamer Platz Berlin egyik leghíresebb tere, mely megkezdte felemelkedését fél évszázados feledésbe merültség után. A fal leomlását követően visszaszerezte tekintélyét, mint a város szíve. Területére 1991-ben városépítészeti pályázatot írtak ki. A díjnyertes terv (Hilmer&Sattler) képezte alapját a további fejlesztéseknek. 1992-93-ban további pályázatokat írtak ki a befektetői csoportok számára.

A munkálatokat olyan vállalatok finanszírozták, mint a Sony és a Daimler Benz.

Ehhez fogható városépítési terv még nem volt látható Európában a múlt században. A kilencvenes évek közepére az építés költségei Berlinben elérték a 30 milliárd német márkát évente. Csak a Potsdamer Platzon a Daimler Benz, a Sony és további befektetők megegyeztek, hogy felépítenek 29 épületet, melyekben 111.000 m<sup>2</sup> lakóterület, 310.000 m<sup>2</sup> iroda, 57.000 m<sup>2</sup>-en kereskedelem és vendéglátás, valamint két Imax színház, 27 mozi, egy koncertterem, földalatti vonatállomás található.

A leglátványosabb épületek között található a két ikonszerű toronyház: a Sony torony, ami Helmuth Jahn munkája, és a Daimler-Benz irodaház, melynek tervezője Hans Kollhoff. A két toronyház kapumotívumként szolgál a Potsdamer Strasse számára.

A tervezésben olyan világhírű építészek vettek részt, mint Hans Kollhoff (Berlin), Renzo Piano (Milánó), José Rafael Moneo (Madrid), Atara Isozaki (Tokyo), Steffen Lehmann (Berlin), Giorgio Grassi (Milánó), Helmut Jahn (Chicago) és Richard Rogers (London).

A Potsdamer Platzon a két toronyépület kapumotívumot formál, ékként hasítva a térre.

A toronyházak építése nem önkényes építészeti döntés eredménye volt, hanem Kollhoff választása, aki az egész város kontextusában vizsgálta a kérdést. A nagyarányú építkezések, a jó tömegközlekedés indokolták a nagy szintterületi sűrűség kialakítását. Ugyanakkor szükség volt a történelmi városközpont megőrzésére, fejlesztésére. A történelmi városszövet volt a kiindulópont az új fejlesztések számára. Érdekes az átmenet a zárt terek, horizontális hangsúlyt hordozó házak, és a nyitott terek, függőleges hangsúlyú épületek között. A magas tornyok és blokkok kapcsolatából születő épülettípus alapelemei Kollhoff városépítészeti stratégiájának. Az első sémák a Potsdamer Platzra a toronyházakat szimbólumként, szűrőként használták a történelmi várostest és a Tiergarten Park zöldfelületei között. Az utcákat és tereket az épületek alacsonyabb tömbjei határolják, és ezek határozzák meg a városi textúrát is. Így olyan új városi negyed jön létre, ami történelmi városszerkezeten alapul, abból fejlődik. A toronyházak alapját alkotó alacsonyabb tömbök magassága a régi városi szövet épületeinek magasságához alkalmazkodik.

A toronyháznak azonban nem kell feltétlenül üvegből, acélból, alumíniumból készült absztrakt dobozoknak lennie, ha olyan városi épületet akarunk, ami a jövő generációi számára is mutatni tudja saját korát, és nem akar mindig újnak látszani.

Németországban az utóbbi időben széles körben alkalmazzák a legújabb, modern technológiákat, különösen az ökológiai szempontoknak megfelelő fejlesztéseket. Az épületek nemhogy nem fogyasztanak energiát, de a napenergiából táplálják a helyi hálózatot, elektromosság formájában. Az új technológiák segítséget nyújtanak azoknak az építési folyamatoknak az elkerülésében, melyek károsítják a klímát, és a környezetet. Világszerte elismerést vált ki a német építési minőség, sehol nem épülnek ilyen megbízható és tartós épületek, egyre több modern, kifinomult technológiát alkalmazva.

A felszínen úgy tűnhet, Berlin felmenti magát a történelmi hagyományok alól. A náci emlékműveket a bombázások eltörölték, és a fal leomlása is kitöltetlen tereket hagyott maga után. Hatalmas területeket radióztak le az új építkezések számára. De ha a múlt nem is látható, mégis elkerülhetetlen. Vajon az újjáépítési tervek megkísérlik újraírni a város történelmét, vagy attól teljesen elszakadnak, és bizarr, mesterkéltné minőségükkel elkerülik a múlttal való összeütközést?

Hans Kollhoff számára egyértelmű a város történelmi folytonosságának biztosítása.

*„Rendkívül nyugtalanító látni, ahogyan Ázsiában és Dél-Amerikában néhány év alatt gigantikus méretű metropoliszokat építenek, ahol nincs idő arra, hogy a tradíciókat is hordozni képes, tartós építészeti objektumokat hozzanak létre. Hasonló folyamatoktól Európában is lehet tartani, hiszen egyes irányzatok az anyagatlan, provizórikus építészet jelszavát vállalják és hirdetik, létjogosultságát pedig a gyors piaci kényszerben látják.”*

A város történelmének folytatása, az európai kultúra továbbvitele iránti elkötelezettség köti Kollhoffot a téglához. Az európaivá válás egyik fontos tényezője a tartósság, illetve a város történelmének lenyomata, tradícióinak folytatása. Ez az épület anyaghasználatában kifejezi ezt az időtállóságot, mely fontos ökológiai szempont is egyben. Kollhoff nagy hangsúlyt fektet a burkolóanyag kiválasztására. A tartósság mellett a megjelenés is igen fontos volt, kihasználva az anyagban rejlő lehetőségeket. A téгла több szempontból is jó választásnak bizonyult: mindenekelőtt tartós és esztétikus, és az alapelemekből való építkezés rendszeréből adódóan alkalmas a struktúra kifejezésére. Kollhoff számára fontos a Mies van der Rohe-i felfogás, miszerint „az épület sajátos struktúra”, és a téгла világosan kifejezi, hogyan készült az épület. Annak ellenére, hogy csak egy előfalazó réteggént készül, mégis jól megmutathatja az épület struktúráját. Kollhoff megpróbálja a téglának ezt az alapelemből való szerkesztettségét, lehetőségeit a végsőkéig kihasználni. Gyakran a nagy téglafelületek önmagukban is olyan felületet adnak, melynek nincs szüksége semmilyen ornamentális eszközre. Kollhoffot mégis foglalkoztatja a díszítés és a modern építészet kapcsolata.

Meg kell találni az egyensúlyt a túldíszítettség, amely ellen Loos is hevesen tiltakozott, és a modern absztrakció, a strukturális minimalizmus között.

Nem kérdés, hogy a régivel szemben az újat kell választani, de a lényeg a folytonosság. Mikor a kortárs építészet eszközei használhatatlanok, vissza kell nyúlnunk a tradíciókhoz. Az európai város lényege, hogy rétegek egész sorából épül, karaktere úgy fejlődik, hogy egy generáció újraformálja és hozzáad ahhoz, amit az előző hátrahagyott.

Nem szabad félni az építészettörténet szolgáltatott anyagok újraértelmezésétől, és felfedezni az építészet adta lehetőségeket. Ezek az elemek gazdagíthatják az építészetet.

A Potsdamer Platz-i irodaháznál Kollhoff a századforduló chicagói felhőkarcolóiból merített ihletet, melyek legerősebb képviselője Sullivan volt. De a chicagói építészeket is Schinkel inspirálta, aki nem félt a

gótikus elemeket is használni. Schinkel építészete azért is példaértékű lehet a modern építészet számára, mert nem idegenkedik a korábbi minták felhasználásától. Számára nem jelentett ellentmondást a múlt és a jelen eszközeinek összehangolása, ezek tették építészetét részletgazdagabbá.

A chicagói felhőkarcolókra jellemző volt a magas alapzat, a jellegzetes téglaburkolat, és felül a boltozatos tető, ami az éggel mutat inkább kapcsolatot.

A Daimler-Benz irodaházon is megjelennek a chicagói felhőkarcolókra, és ezen át a gótikus elemekre utaló jelek. A homlokzatalakításban igen nagy hangsúlyt kap a felsőbb szinteken a vertikálitás, ami a gótikus katedrálisokhoz hasonlóan könnyedebbé teszi az épületet.

A homlokzat, amit a dupla ablakok lukarchitektúrája formál, meghatározó és változatosan alakítható eleme a tégl. Nagyon szép az épület homlokzatán végigvitt struktúra, ahol a felület feszességét az egyirányú vonalak hangsúlyozásával érte el.

Az alsó harmad vízszintes tagolását hangsúlyozzák a horizontális sávok, ami a középső részen függőleges hangsúlyá alakul, megtartva az alsó rész modulját. Felfelé haladva erősödik a vertikális jelleg, sűrűsödnek az osztások, ezáltal a fal egyre filigránabbá válik, legfelül rácsozatként koronázva meg az épületet, mintha összefonódna az éggel.

A tervezési folyamatban a cél eljutni a lényegig, és aztán azt olvashatóvá, érthetővé kell tenni a szerkezeti elvek tolmácsolásában. Fontos, hogy ne csupán az építészeti végeredményt lássuk Kollhoff tervezési folyamatánál, hanem szükséges megértenünk a belső fejlődés folyamatát. „*Nem ismerhetsz egy műalkotást, ha csak a befejezett formát nézed, ismerned kell alakulását, a kezdetektől fogva.*” Egy építészeti alkotás megismerése is időt igényel, egy alkotás nem tárulkozik fel első pillantásra.

A szoborszerű forma a tervezési folyamat eredménye. Épületei egész sorára jellemző a plasztikus, mármár szoborszerű megjelenés. Nagy részük a városszerkezetbe helyezett megaforma, mely nem a monumentalitás iránti szeretetből alakult ki.

Nem volt könnyű feladat az építetőt is meggyőzni a téglá használatáról, hiszen nem is az anyagár, hanem a 22 emeletes irodaház burkolásának munkadíja volt sok, az építető csak hosszas meggyőzés után döntött a klinker mellett, hiszen az ár döntő szempont, de végül a tartósság és persze az esztétikum is a téglá mellett szólt.

A Potsdamer Platz-i irodaház a magasházak ritka példája, ahol a homlokzat kialakításánál nem az unalomig ismételt acél és üveg függönyfalat húzták az épületre, hanem a történelmi hagyományok folytatásaként, és ökológiai szempontokat is figyelembe véve alkalmazták a téglát.

Ha Budapesten is megszületik egy olyan magasház-rendelet, ami a város indokolt pontjain megengedi az akár 100 méteres házak építését, a sok üveghomlokzat között üdítő példa lehet egy-egy finoman kidolgozott, részleteiben átgondolt tégláépület látványa.

## Irodalomjegyzék

Budapest Főváros Közgyűlésének 29/2002.(V.28.) számú önkormányzati rendelete egyes fővárosi önkormányzati rendeletek módosításáról

HVG 2006/22. Magasfeszültség – Toronyházépítés Budapesten

HVG 2006/23. Schneller István Budapest leköszönő főépítésze – „Olykor trükközni kellet”

Octogon 2005/4. Szereted Budapestet? – Budapesti magasházak, Virág Csaba DLA, Göcsei Sándor

[www.epiteszforum.hu](http://www.epiteszforum.hu) – Toronyházépítés Budapesten, 2006.06.06.

[www.hg.hu](http://www.hg.hu) – Magasház-vita Chicagóban

[www.hg.hu](http://www.hg.hu) – Magasabbra a tetőt ácsok!

[www.budapest.hu](http://www.budapest.hu) – Hatvanemeletesek lesznek a fővárosi toronyházrendelet túlélői, 2004.12.12

[www.ma.hu](http://www.ma.hu) – Az építészet legújabb csodája készül Dubaiban, 2005.04.04.

[www.kollhoff.de](http://www.kollhoff.de)

[www.baunetz.de/architekten/kollhoff](http://www.baunetz.de/architekten/kollhoff)

[www.germany-info.org/relaunch/culture/arts/architecture/architecture.html](http://www.germany-info.org/relaunch/culture/arts/architecture/architecture.html)

[www.potsdamer-platz.net](http://www.potsdamer-platz.net)

<http://erewhon.ticonuno.it/arch/rivi/berl/potsdam-e.htm>

[www.wired.com/wired/archive/6.06/berlin-pr.html](http://www.wired.com/wired/archive/6.06/berlin-pr.html)

Alaprajz 1998/5 – A klinker, mint a stukturálás alapelve, interjú Hans Kollhoff német építészprofesszorral,

Gudrun G. Aliczki, Konstanze Ziemke, Jens Kallfelz, DBZ, 1998/6, ford. Vámos Dominika

Hans Kollhoff – int. Fritz Neumeyes (editorial Gustavo Gili, S.A.), Barcelona, 1991

Hans Kollhoff monográfia, Basel, Boston, Berlin, Birkhauser, 1998

Berlin Mitte – Downtown Berlin – edited by Hans Stimmann, Birkhaus Verlag, Berlin-Basel-Boston, 1995

# Épületek akusztikai modellezése reverberátorok felhasználásával

## Modelling the acoustics of buildings using reverberators

TOMA Norbert, Dr. TOPA Marina, SZOPOS Erwin  
Kolozsvári Műszaki Egyetem

### Abstract

*Artificial reverberation is used in different domains from cinematography to psychology. Important applications are the production of special effects, the enhancement of room's acoustical properties. The goal of the paper is to present the reverberation phenomenon, the description of some early and late reverberation algorithms using their classical and improved types, as well as their design and simulation using a real room. The behavior of the reverberators is simulated using MATLAB/SIMULINK.*

### Összefoglaló

*A mesterséges reverberációt különböző területeken használják, a filmipartól egészen a pszichológiáig. Ennek mindennapi alkalmazása a különleges effektusok elérése, egyes termek akusztikájának javítása.*

*A dolgozat célja a reverberációval kapcsolatos jelenségek bemutatása, a korai és késői reverberációs algoritmusok, ezek klasszikus és javított változatának tervezése és szimulációja egy konkrét zárt helyiség esetében. A reverberátorok működését a MATLAB/SIMULINK környezetben lehet igen eredményesen szimulálni.*

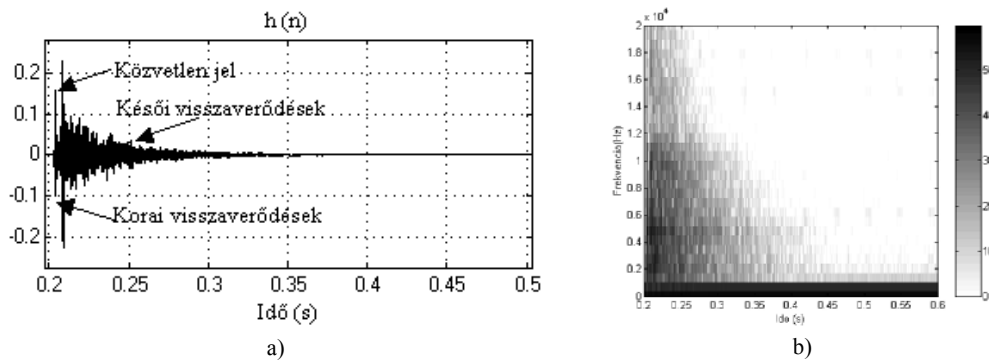
**Kulcsszavak:** reverberátor, korai reverberáció, késői reverberáció, spektrogram, impulzusválasz, aluláteresztő szűrő

### 1. Bevezető

A reverberáció egy nagyon általános jelenség, és része a mindennapi életünknek. Például, egy koncertterem vagy egy iroda falai, az utcán lévő épületek falai, minden körülöttünk lévő tárgy visszaveri a hangot, amely a térben terjed.

A reverberáció egy hang keletkezésével kezdődik egy zárt helyiségben. Az akusztikai hullámok a falakkal, a plafonnal és más felületekkel ütköznek, ahol az energia elnyelődik és visszaverődik. A visszaverődött energiát nevezzük reverberációnak. Amennyiben közvetlen összeköttetés van a forrás és a hallgató között, akkor a hallgató először a *közvetlen hangot* hallja és csak ez után a közelében lévő felületek hang visszaverődését, ezeket nevezzük *korai visszaverődéseknek* (1.a ábra). Ezt követően a visszaverődött hullámok száma fokozatosan növekszik, miközben ezek amplitúdója csökken, ezt jellemzi egy sűrű visszhang kollekció, melyek intenzitása független attól, hogy a hallgató a helyiség mely pontján helyezkedik el. Ezeket a hullámokat nevezzük *késői visszaverődéseknek*. A mesterséges reverberáció egy jó minőségű akusztikával rendelkező helyiség (katedrális, koncertterem) teljesítményét (akusztikáját) próbálja utánozni (modellálni). Ez egy korai és késői reverberátor összekapcsolásából áll.

Azt az időt, amely ahhoz szükséges, hogy a hangnyomás szintje csökkenjen 60 dB-t az eredeti értékéből, *reverberációs időnek* nevezzük. Az elnyelésnek köszönhetően a reverberációs idő változik a frekvencia függvényében; például a falak sokkal inkább a nagy frekvenciákat nyelik el, mint a kicsiket. Egy helyiség reverberációja általában a megfelelő *impulzusválasszal* jellemezhető. Az 1.a ábra bemutatja egy konkrét helyiség megmért impulzusválasztát.



1. ábra

Egy tömbházlakás:

a) impulzusválasza; b) spektrogramja.

Látható, hogy a korai reverberáció tartalmazza az exponenciálisan csökkenő szétszóródó (diffúz) komponenseket [3]. Ezt a jelleget a klasszikus mesterséges korai reverberációs algoritmus teljesen figyelmen kívül hagyja. A késői reverberáció egy csökkenő, nagy sűrűséggel rendelkező impulzus-csoportból áll, amelyet nagymértékben befolyásolnak a falak felépítéséhez használt anyagok, akár csak a helyiségben lévő tárgyak.

Az impulzusválasznak csupán az a hátránya, hogy a helyiség frekvencia összetételére vonatkozó információt nem tartalmaz. Egy tökéletesebb ábrázolási módszert, amely figyelembe veszi nem csak az amplitúdóra vonatkozó információkat, de a frekvenciára vonatkozókat is, spektrogramnak (színképfelvételnek) nevezzük. A spektrogram kirajzolására a STFT-t (Short Time Fourier Transform) használják. A STFT, más néven idő dependens FT (Fourier Transform), egy  $x[n]$  bemeneti szekvenciára (jelre) a következőképp határozható meg:

$$X_{STFT}(e^{j\omega}, n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[n-m] \cdot w[m] \cdot e^{-j\omega n}, \quad (1)$$

Ahol  $w[n]$  egy megfelelően választott ablak szekvencia. Fontos kihangsúlyozni, hogy az ablak funkciói közé tartozik, hogy az  $x[n]$  szekvenciának egy jól meghatározott részét kiemeli (kivonja), oly módon, hogy a kiemelt résznek a spektrális jellemvonásai (karakterisztikái) megközelítőleg változatlanok az ablak időtartama alatt gyakorlati célok végett.

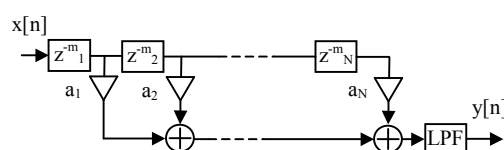
A konvencionális DTFT-től eltérően, az STFT két változóval rendelkező függvény: az  $n$  egész változó idő index és a folyamatos frekvencia-változó  $\omega$ .

A legtöbb alkalmazásban (mint ahogy a mi esetünkben is), a STFT amplitúdója is a figyelem középpontjában áll. Általában az STFT amplitúdójának a kirajzolására a spektrogrammot használják. Ennek ellenére, mivel az STFT egy, két változóval rendelkező funkció, az amplitúdó kirajzolása 3 dimenziót igényel. Gyakran két dimenzióban rajzolják ki és a kirajzolás színskálája jelenti az amplitúdót. Ez esetben a fehér terület jelenti a nulla értékű amplitúdót, míg a szürke rész a nem nulla értékűt. A legmagasabb fokú amplitúdót a fekete szín jelzi. Az STFT amplitúdó ábráján a függőleges tengely jelzi a változó frekvenciát ( $\omega$ ), míg a vízszintes az idő indexet ( $n$ ). Az 1.b ábra a fent említett tömbház spektrogramját mutatja be.

A dolgozat második része egy korai reverberációs algoritmust mutat be. A harmadik rész pedig klasszikus és feljavított késői reverberátorokat ismertet. Ezeknél az algoritmusoknál az akusztikára vonatkozó előnyöket és hátrányokat emeltük ki.

## 2. Schroeder típusú korai reverberátor

A korai impulzusválasz kevés atenuált impulzust tartalmaz, tehát egy FIR szűrővel lehet kivitelezni. A 2-es ábra mutatja be a Schroeder típusú struktúrát.



2. ábra

A Schroeder típusú korai reverberátor blokkvázlata

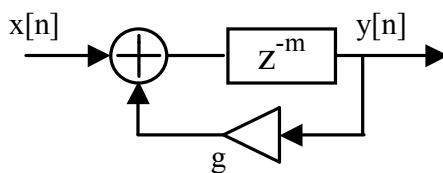
A szűrő egy sorozat-késleltető cellát ( $m_i$ ), kivezetett erősítéseket ( $a_i$ ) és egy alul áteresztő szűrőt (LPF) tartalmaz, ez utóbbi a hang minőségének javítására szolgál. A késleltető idő 10 és 80 milliszekundum között van, viszont nincsen semmilyen törvény, amely szerint megválaszthatnánk a kivezetések erősítéseit ( $a_i$ ) és az alul áteresztő szűrő vágófrekvenciáját.

### 3. Késői reverberátorok

#### 3.1. Schroeder típusú késői reverberátor

Schroeder az első digitális reverberátort több mint 30 évvel ezelőtt dolgozta ki. A reverberátort egy rekurzív struktúrára alapozta, amely párhuzamos fésűsszűrőket (comb filters) és két, mindent áteresztő szűrőt tartalmaz, amelyek soros kötésben helyezkednek el.

A fésűsszűrőt a 3-as ábra mutatja be. Ez egy olyan késleltető cellából áll, amelynek a kimenetele a bemenetelhez van visszacsatolva.



3. ábra  
A fésűsszűrő blokkvázlata

A fésűsszűrőt az átviteli függvény a következőképpen határozza meg:

$$H(z) = \frac{z^{-m}}{1 - g \cdot z^{-m}} \quad (2)$$

és ennek az impulzusválasza a következő:

$$h[n] = \begin{cases} g^{k-1}, & n = km, k > 0 \\ 0, & \text{másként} \end{cases} \quad (3)$$

A (3) rendszerből a reverberációs időt a következőképpen lehet meghatározni:

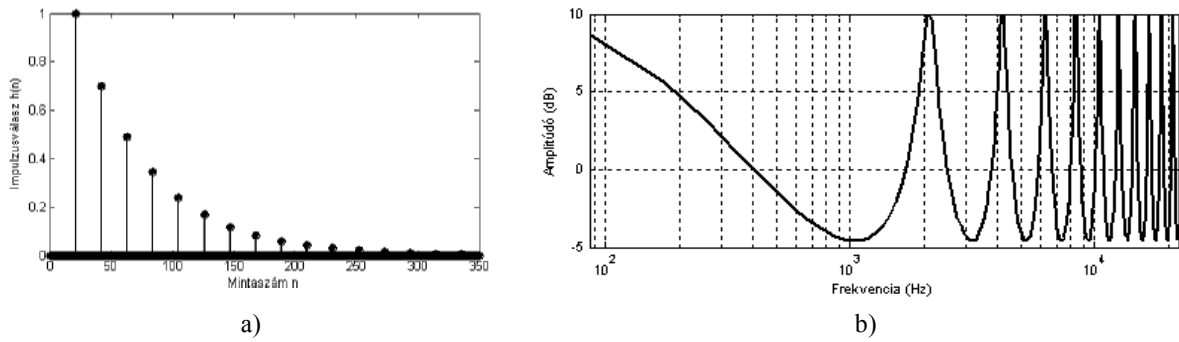
$$g = 10^{-3m \frac{T}{T_r}}, \quad (4)$$

ahol a  $T$  a mintavételi periódus.

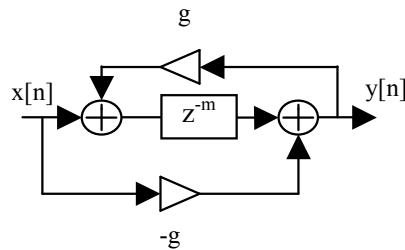
E szűrőnek az impulzusválasza egy exponenciálisan csökkenő impulzus-sorozat, melyek közötti távolság  $m$  mintának megfelelő (4.a ábra). A frekvenciaválasz hasonló egy fésűhöz, melynek csúcsai  $m$ -el periodikusak. Az előbb említett ábrák esetében  $m = 21$  és  $g = 0.7$ .

Mivel a magas frekvenciák esetében az amplitúdó nem csökken (4.b ábra), zavaró fémhatású hang keletkezik [8], [9].

A fésűsszűrőt könnyen meg lehet változtatni, hogy egy sima frekvenciaválaszt kapjunk, így az eredmény egy mindent áteresztő szűrő (5. ábra).



4. ábra  
A fésűszűrő: a) impulzusválasza; b) frekvencia-jelleggörbéje.



5. ábra  
A mindent áteresztő szűrő blokkvázlata

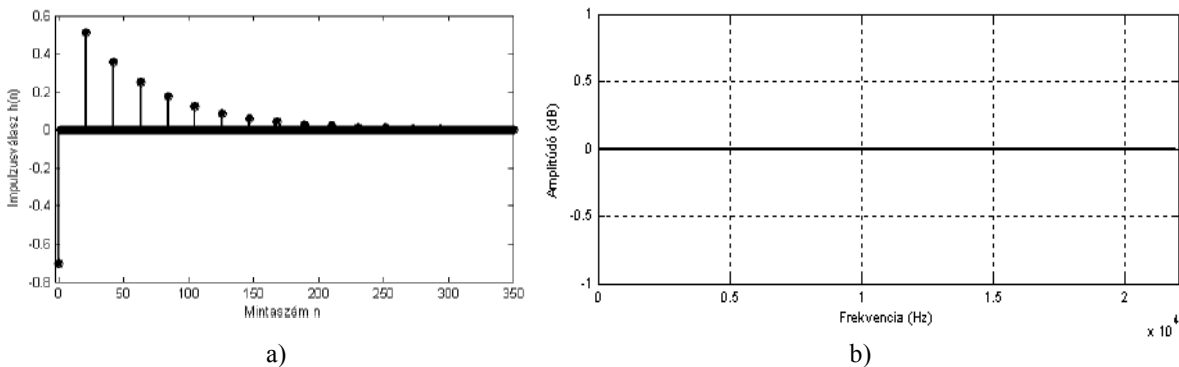
Az 5-ös ábrán bemutatott mindent áteresztő szűrőnek az átviteli függvénye a következő:

$$H(z) = \frac{z^{-m} - g}{1 - g \cdot z^{-m}} \quad (5)$$

és az impulzusválasza így határozható meg:

$$h[n] = \begin{cases} -g, & n = 0 \\ g^{k-1}(1 - g^2), & n = km, k > 0. \\ 0, & \text{másként} \end{cases} \quad (6)$$

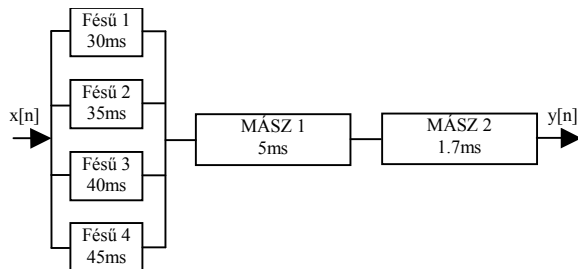
E szűrőnek az impulzusválasza egy exponenciálisan csökkenő impulzus-sorozat (kivévelt képez az első impulzus, amely negatív), melyek közötti távolság  $m$  mintának megfelelő (6.a ábra). A frekvenciaválasz teljesen sík (lapos), tehát minden egyes frekvenciát egyformán „átereszt” (6.b ábra). Az előbb említett ábrák esetében  $m = 21$  és  $g = 0.7$ .



6. ábra  
A mindent áteresztő szűrő: a) impulzusválasza; b) frekvencia-jelleggörbéje

A fésűszűrők hosszan tartó csillapodást idéznek elő, míg a mindent áteresztő szűrők megsokszorozzák a párhuzamos fésűszűrők kimeneteléről származó visszhangok (impulzusok) számát [1], [5], [8], [9].

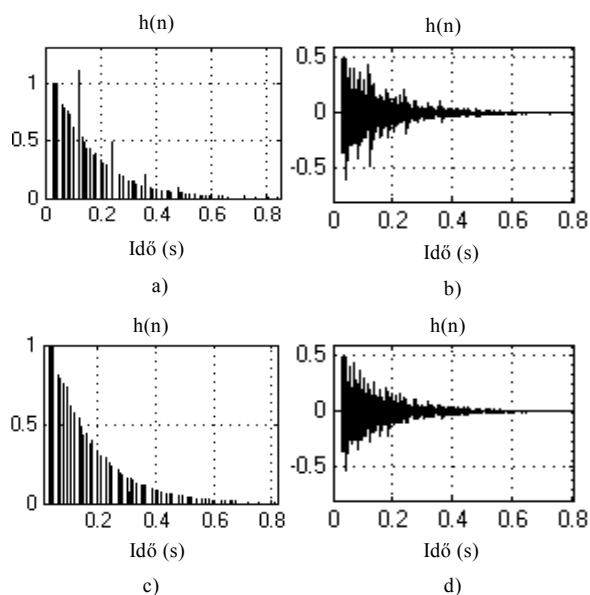
A Schroeder típusú reverberátort a 7-es ábra mutatja be. A rezgésmód sűrűsége kicsi és hallható impulzus üttetést tartalmaz (8.a ábra). Egy keskenysávú jel két szomszédos rezonáns frekvenciát (módbeli frekvenciát) gerjeszt, ezek a két frekvenciaérték különbségének megfelelő értékkel fognak üttetni. Ahhoz, hogy ezt a problémát enyhíteni tudjuk, a fésűszűrő késleltető celláit enyhén módosítani kell. Az egyik leghatásosabb eljárás a prím késleltető cellák választása. Így a zavaró csúcsok eltűnnek (8.c ábra).



7. ábra  
A Schroeder típusú késői reverberátor blokkvázlata

A Schroeder típusú reverberátor hátrányai a következők:

- A visszhangok sűrűsége nem elégséges és ennek nem tapasztalható időbeni növekedése;
- Hosszantartó reverberációs idő esetében fémhatású hangok keletkeznek;
- A reverberációs idő és a frekvencia között nem lehet semmiféle kapcsolatot teremteni.



8. ábra  
A párhuzamos struktúra impulzusválasza (a, c) és a reverberátor kimenetele (b, d) tervezett (a, b) és módosított (c, d) értékekkel.

### 3.2 A Gardner reverberátor

Gardner egymásba illesztett, mindent áteresztő szűrőkre alapozva állította össze a reverberátorokat. Ezeknek a szűrőknek az esetében a késleltető cellát egy sorozatba kötött késleltető cellával és egy mindent áteresztő szűrővel helyettesítette (9.a ábra).

Egy mindent áteresztő struktúrának az előnye a szűrt jel időtartományban való ábrázolásakor figyelhető meg. Az ilyen típusú szűrők egy visszacsatolást tartalmaznak, amellyel a kimenőjel ponderáltan (súlyozottan) visszakerül a bemenetre. A visszhangok sűrűsége az idővel arányosan növekszik, amint az a 9.b ábrán látható. A mindent áteresztő szűrők másik előnye az, hogy a kaszkádkapcsolású szűrők számától függetlenül a frekvenciaválasz változatlanul ugyanaz: mindent áteresztő.

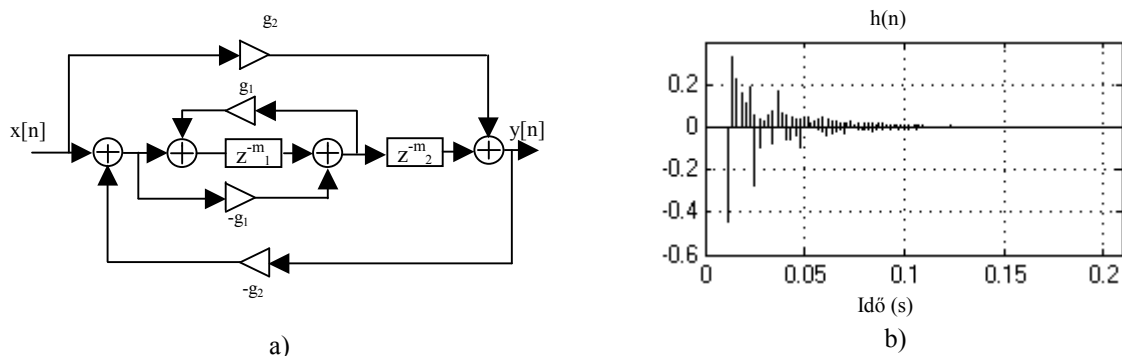


A 9.a ábra szerint a rendszer átviteli függvénye a következő:

$$H(z) = \frac{-g_2 + g_1 g_2 z^{-m_1} - g_1 z^{-m_2} + z^{-(m_1+m_2)}}{1 - g_1 z^{-m_1} + g_1 g_2 z^{-m_2} - g_2 z^{-(m_1+m_2)}} \quad (7)$$

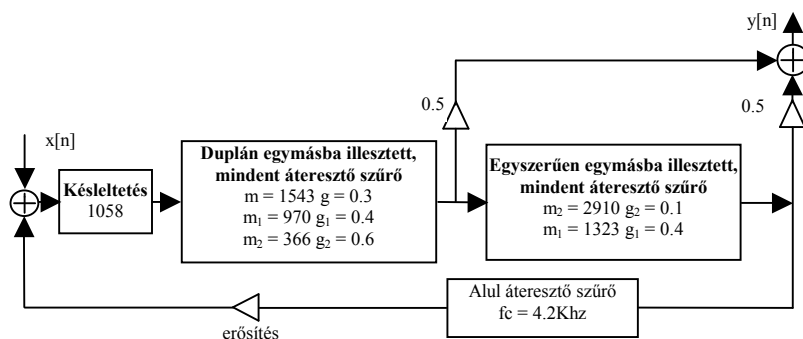
Gardner három struktúrát dolgozott ki különböző méretű helyiségekre [6], [7]. A 10-es ábra a kisebb helyiségekre tervezett reverberátorok struktúráját mutatja be.

A bemeneti jel áthalad a kaszkádkapcsolású, mindent áteresztő szűrőkön, amely után ponderáltan visszacsatolódik egy alul áteresztő szűrőn keresztül a bemenethez. Amikor a szűrő kimeneteleit megfelelő késleltetéssel visszacsatolják a bemenetelhez, a fémhatású hang nagymértékben lecsökken. A kimenetel a mindent áteresztő kimenetek lineáris kombinációjából áll.



9. ábra

a) Az egymásba illesztett, mindent áteresztő szűrő blokkvázlata; b) Az impulzusválasz.



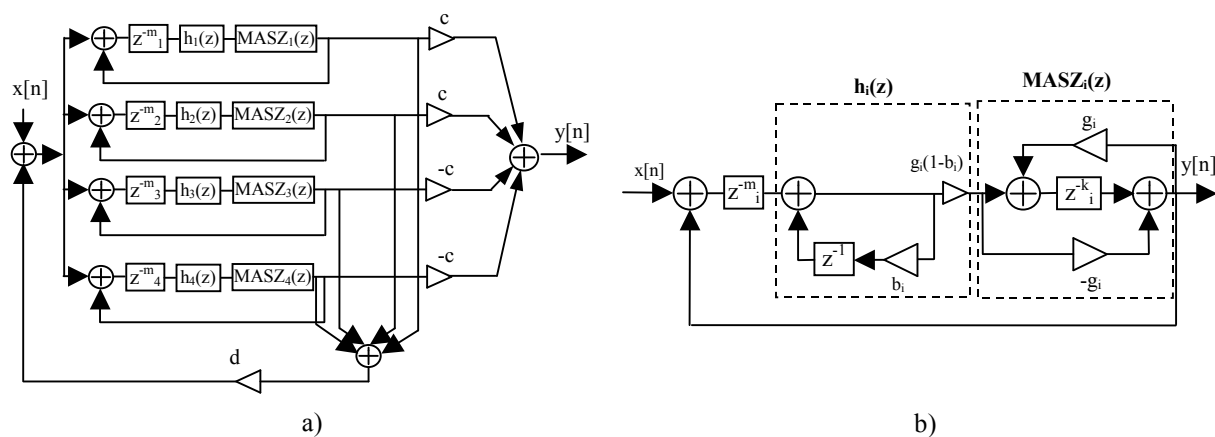
10. ábra

A Gardner típusú késői reverberátor blokkvázlata kisebb helyiségekre

### 3.3. Módosított Schroeder típusú késői reverberátor

E reverberációs algoritmusnak a blokkvázlatát a 11.a ábra mutatja be [4], [11], [13], [14].

Az algoritmus minden csatornája tartalmaz egy késleltető cellát ( $z^{-m_1}, \dots, z^{-m_4}$ ), egy elnyelő szűrőt ( $h_1(z) \dots h_4(z)$ ) és egy mindent áteresztő szűrőt ( $MASZ_1(z), \dots, MASZ_4(z)$ ). A csatorna kimenetele visszacsatolódik a saját és a többi csatorna bemeneteléhez [4]. Minden egyes elnyelő szűrő, amely a késleltető cella után helyezkedik el, a frekvenciafüggő reverberációs időt szabályozza. Egy csatorna részletes blokkvázlatát a 11.b ábra mutatja be.



11. ábra

A módosított Schroeder típusú késői reverberátor: a) blokkvázlata; b) egyetlen csatornájának blokkvázlata

A szűrő amplitúdója egyenesen arányos a késleltető cella hosszával és fordítva arányos a reverberációs idővel:

$$20 \log |h_i(e^{j\omega})|_{dB} = \frac{-60 \cdot m_i \cdot T}{T_r(\omega)} \quad (8)$$

Az elnyelő szűrőket a reverberációs idő és frekvencia függvényében tervezik meg, spektrogramok segítségével. Alacsonyabb rendű szűrőket használnak:

$$h_i(z) = g_i \frac{1 - b_i}{1 - b_i \cdot z^{-1}} \quad (9)$$

ahol a  $g_i$  a reverberációs időt kis frekvenciákon, és a  $b_i$  nagy frekvenciákon határozza meg.

$$g_i = 10^{-3m_i \cdot \frac{T}{T_r(0)}}; \quad (10)$$

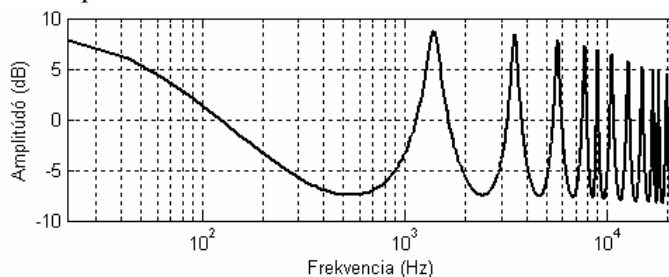
$$b_i = \frac{\ln(10)}{4} \cdot \log(g_i) \left(1 - \frac{1}{\alpha^2}\right); \quad (11)$$

$$\alpha = \frac{T_r(\pi)}{T_r(0)}, \quad (12)$$

ahol a  $Tr(0)$  a reverberáció időtartamát kis illetve a  $Tr(\pi)$  nagy frekvenciák esetén határozza meg.

Egyetlen csatorna frekvencia-jelleggörbéje a 12-es ábrán látható.

Szemmel láthatóan a rezonáns frekvencia-csúcsok csökkennek az elnyelő (alul átteresztő) szűrőnek köszönhetően, akárcsak egy valós épület esetében. Ezért a fémhatás csökken.

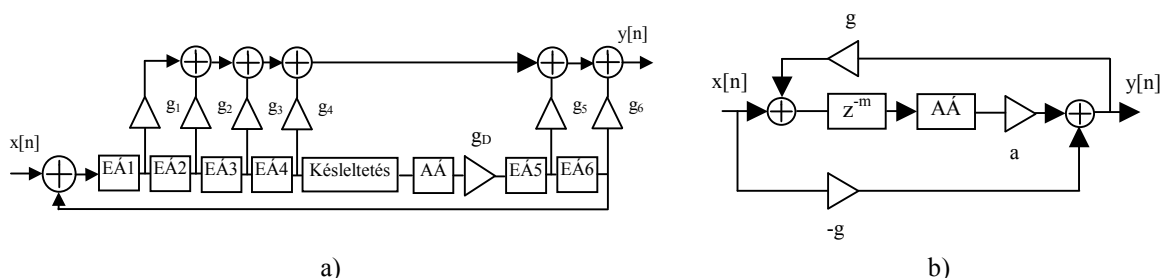


12. ábra

A módosított Schroeder típusú késői reverberátor egyetlen csatornájának frekvencia-jelleggörbéje

### 3.4. Az elnyelő mindent áteresztő reverberátor

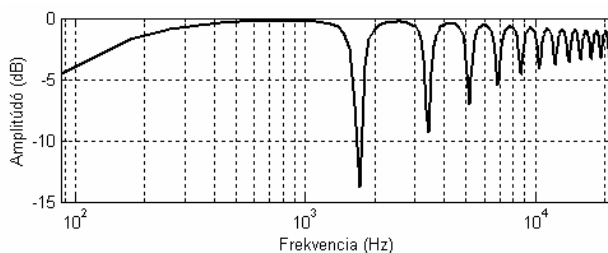
Az újabb reverberátor-tervezési módszer alapja a mindent áteresztő szűrők kaszkádkapcsolása (13.a ábra). A mindent áteresztő cellák egy elnyelő szűrőt (általában alul áteresztő) valamint egy késleltető egységet tartalmaznak [2]. Ezt a struktúrát nevezzük „elnyelő mindent áteresztő szűrőnek” és ezt mutatja be a 13.b ábra [2], [10], [11], [12], [13].



13. ábra

- a) Az elnyelő mindent áteresztő késői reverberátor blokkvázlata;  
b) Az elnyelő mindent áteresztő szűrő blokkvázlata

Egy elnyelő mindent áteresztő szűrő frekvencia-jelleggörbéje a 14-es ábrán látható.



14. ábra

*Az elnyelő mindent áteresztő szűrő frekvencia-jelleggörbéje*

Az elnyelő mindent áteresztő reverberátor, hat elnyelő mindent áteresztő szűrő láncolatából (EÁ1, ..., EÁ6) áll. Az elnyelő mindent áteresztő késleltető cella hosszúságát úgy választják meg, hogy prím legyen. A késleltetési cellákat növekedési sorrendbe helyezik el.

A reverberáció csökkenésének idejét az  $a$  atenuátor és az alul áteresztő szűrő határozza meg. A késleltetési cella az elnyelő mindent áteresztő szűrőben változtatja a módbeli sűrűséget (a rezonáns frekvenciákat). A visszhang sűrűségét a  $g$  erősítés határozza meg [2].

Az elnyelő mindent áteresztő szűrő struktúrája hasonló a Gardner típusú reverberátorhoz, de a nagy előnye az, hogy lehetővé tesz egy bizonyos kapcsolatot a reverberációs idő és a frekvencia között.

### 4. Tervezési és szimulációs eredmények

A tervezés során egy adott helyiség akusztikáját próbáljuk mesterséges módszerekkel megépíteni (utánozni). A bevezetőben említett helyiségről van szó, melynek jellemzőit az 1.a és az 1.b ábra mutatja be.

Amint az a 1.b ábráról leolvasható, a reverberációs idő kis frekvenciák esetében kb. 300 milliszekundum ( $Tr(0)=300ms$ ) és a nagy frekvenciák esetében kb. 170 milliszekundum ( $Tr(\pi)=170ms$ ). Nagy frekvenciának tekintettük a 10 KHz fölötti értékeket.

Egy teljes reverberátor egy korai és egy késői reverberációs algoritmus összetétele.

A reverberátorok működése a MATLAB/SIMULINK környezetben valós időben szimulálható.

Az utóbbi időben a Matlab féle Simulink a legelismertebb software csomag, amelyet az oktatásban és az iparban egyaránt használnak a rendszerek modellezésére és szimulációjára.

#### 4.1. A helyiség akusztikájának modellezése és szimulációja a klasszikus Schroeder típusú reverberátor segítségével

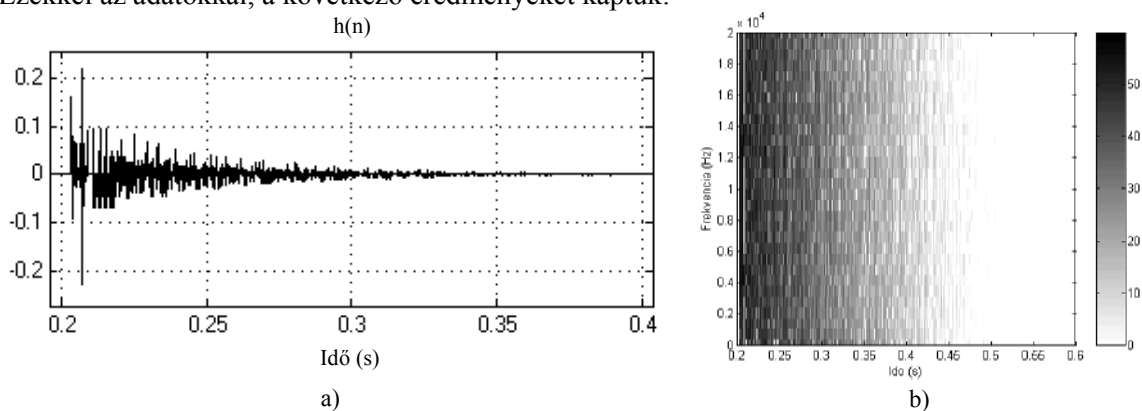
Amint azt már korábban említettem, a reverberációs idő és a frekvencia között nem lehet semmiféle kapcsolatot teremteni. A reverberátor tervezéséhez a (4) összefüggést használtam.

Az így kiszámított eredményeket az 1-es táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat. A Schroeder reverberátor modelljének kiszámított adatai

Elem	Késleltetés ( $m_i$ ) (ms)	Késleltetés ( $m_i$ ) mintában	$g_i$
$m_1$	11.85	523	0.761
$m_2$	13.99	617	0.724
$m_3$	16.07	709	0.690
$m_4$	18.07	797	0.659
MASZ1	1.65	73	0.7
MASZ2	2.47	109	0.7

Ezekkel az adatokkal, a következő eredményeket kaptuk:



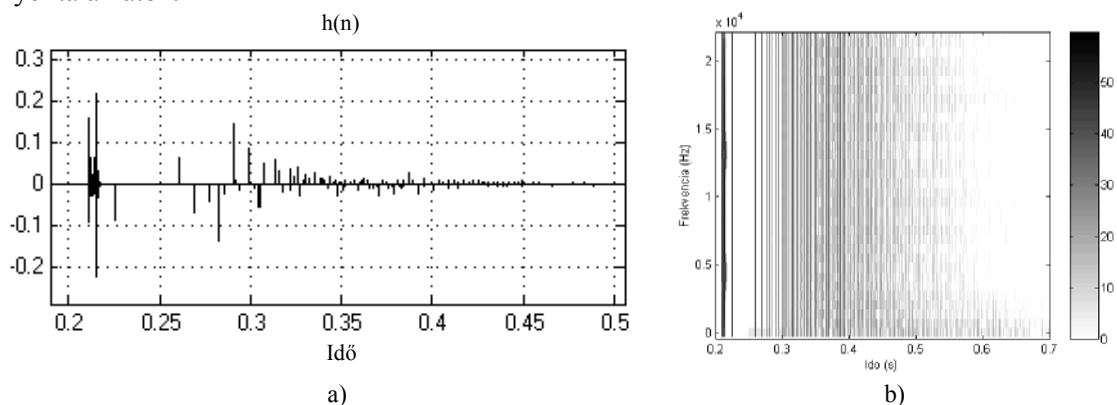
15. ábra

*Egy teljes (korai + késői) Schroeder reverberátor: impulzusválasza; b) spektrogrammja*

Míg a Schroeder reverberátor impulzusválasza (15.a ábra) hasonló az eredeti helyiséghez (1.a ábra), a két spektrogram gyökeresen különbözik (1.b és a 15.b ábra). Megfigyelhető, hogy a Schroeder reverberátor esetében minden egyes frekvencia hasonlóképpen csökken, míg egy eredeti helyiségben előbb a nagy frekvenciák, majd a kicsik csökkennek.

#### 4.2. A helyiség akusztikájának tervezése és szimulációja a Gardner típusú reverberátor segítségével

A Gardner típusú reverberátor teljesen empirikusan készült. Az alábbiakban a reverberátor szimulációs eredményei találhatók.



16. ábra

*A Gardner reverberátor: a) impulzusválasza; b) spektrogramja*

A Gardner impulzusválasza messze eltér egy eredeti helyiség impulzusválaszától (1.a és 16.a ábra). A spektrogramon némi javulás tapasztalható, a kis frekvenciájú impulzusok tovább tartanak mint a magas frekvenciájúak. Ez a javulás viszont csekély.

### 4.3. A helyiség akusztikájának tervezése és szimulációja a módosított Schroeder típusú struktúrával

A késleltetéseket Schroeder ajánlása szerint választottuk ki, a mód és a visszhang sűrűségének megfelelően [1]. A késleltetések prím értékeket tartalmaznak az üttetés megelőzése érdekében. A visszhang sűrűségét a csatornák számának a növelésével lehet gyarapítani (pl. párhuzamosan 8 csatornát használva). Az erősítést és az átviteli függvényt minden elnyelő szűrő esetében a (9)–(12) egyenletekből számoltuk ki.

Az így kiszámított eredményeket az 2-es táblázatban valamint a (13)–ban foglaltam össze.

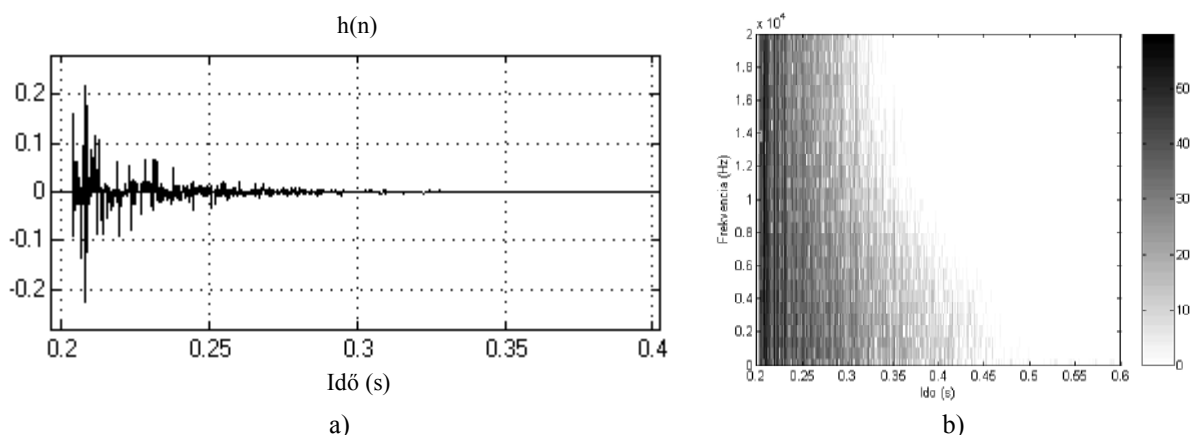
**2. táblázat.** A módosított Schroeder reverberátor modelljének kiszámított adatai

Elem	Késleltetés ( $m_i$ ) (ms)	Késleltetés ( $m_i$ ) mintában	$g_i$
$m_1$	11.85	523	0.761
$m_2$	13.99	617	0.724
$m_3$	16.07	709	0.690
$m_4$	18.07	797	0.659
MASZ1	0.83	37	0.7
MASZ2	0.92	41	0.7
MASZ3	1.06	47	0.7
MASZ4	1.2	53	0.7

Hogyha  $Tr(0) = 300\text{ms}$ ,  $Tr(\pi) = 170\text{ms}$ , az elnyelő szűrők átviteli függvénye a következő:

$$\begin{aligned}
 h_1(z) &= \frac{0.6514}{1 - 0.1440z^{-1}}; \\
 h_2(z) &= \frac{0.6007}{1 - 0.1703z^{-1}}; \\
 h_3(z) &= \frac{0.5549}{1 - 0.1957z^{-1}}; \\
 h_4(z) &= \frac{0.5140}{1 - 0.2199z^{-1}}.
 \end{aligned} \tag{13}$$

A reverberátor impulzusválaszát a 17.a ábra, a spektrogramját pedig a 17.b ábra mutatja be.



17. ábra

A módosított Schroeder reverberátor: a) impulzusválasza; b) spektrogramja.

Mindkét ábráról megállapíthatjuk, hogy közel állnak az eredeti tömbház lakásban készített mérésekhez. Az előző algoritmusokhoz képest az eredmények kimagaslóan jobbak (biztatóak).

#### 4.4. A tömbház lakás akusztikájának tervezése és szimulációja az elnyelő mindent áteresztő struktúrával

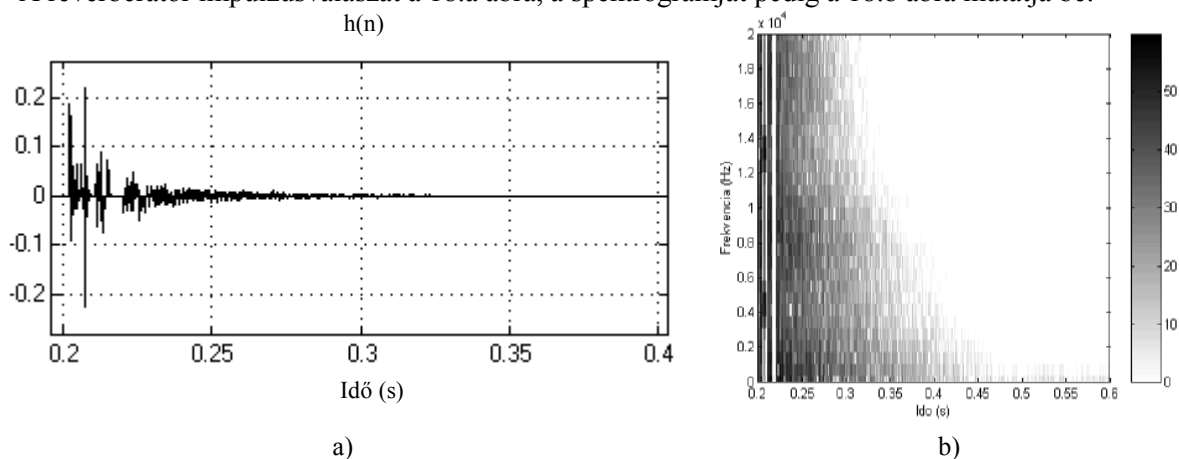
A tervezés ez esetben hasonló a módosított Schroeder típusú reverberátorhoz. A számítások eredményeit a 3-as táblázatban valamint a (14)-ben foglaltam össze.

3. táblázat. Az elnyelő mindent áteresztő reverberátor modelljének kiszámított adatai

Elem	Késleltetés ( $m_i$ ) (ms)	Késleltetés ( $m_i$ ) mintában	$g_i = a_i$
EÁ1	9.27	409	0.807
EÁ2	9.95	439	0.795
EÁ3	10.86	479	0.778
EÁ4	11.81	521	0.761
EÁ5	12.76	563	0.745
EÁ6	13.62	601	0.731

$$\begin{aligned}
 h_1(z) &= \frac{0.8866}{1 - 0.1133z^{-1}}; \\
 h_2(z) &= \frac{0.8787}{1 - 0.1212z^{-1}}; \\
 h_3(z) &= \frac{0.8673}{1 - 0.1326z^{-1}}; \\
 h_4(z) &= \frac{0.8556}{1 - 0.1443z^{-1}}; \\
 h_5(z) &= \frac{0.8444}{1 - 0.1555z^{-1}}; \\
 h_6(z) &= \frac{0.8344}{1 - 0.1655z^{-1}}.
 \end{aligned} \tag{14}$$

A reverberátor impulzusválaszát a 18.a ábra, a spektrogramját pedig a 18.b ábra mutatja be.



18. ábra

*Az elnyelő mindent áteresztő reverberátor: a) impulzusválasza; b) spektrogramja*

Ez esetben is megállapíthatjuk, hogy az elért szimulációs eredmények hasonlóak az eredeti teremben mértetekhez.

## 5. Következtetések

A dolgozat az elektronikus rendszerekben használt mesterséges reverberáció technikáit mutatja be.

Ahhoz, hogy korai és késői visszaverődéseket nyerjünk, egy teljes reverberátor egy korai és egy késői kaszkádkapcsolatban álló reverberátorból kell álljon.

A reverberátorok alap összetevő elemei a következők: fésűs szűrők, mindent áteresztő szűrők, amelyek lehetnek kaszkádkapcsolásban vagy összeillesztett kapcsolatban egymással.

A korai Schroeder típusú reverberációs algoritmus egy sorozat, különböző távolságra helyezkedő impulzus csoportot hoz létre. Ezek mellett, a valós helyiségek impulzusválasza tartalmazza a korai visszaverődések között elhelyezkedett diffúz komponenseket is. Ezt a jelenséget a mindent áteresztő szűrő beiktatásával szimuláltuk.

A késői reverberáció fő karakterisztikája az exponenciálisan csökkenő nagy sűrűséggel rendelkező impulzus sorozat. A klasszikus késői reverberációs algoritmusok (Schroeder, Gardner) fésűs, mindent áteresztő és összekapcsolt mindent áteresztő szűrőkből állnak. Ezek hátrányai a következők: zavaró fémhangzás és a reverberációs idő és a frekvencia között nem lehet semmiféle kapcsolatot teremteni. A modern reverberációs algoritmusok (a módosított Schroeder és az elnyelő mindent áteresztő) megoldják a fent említett hátrányokat.

Egy térbeli hanghatást (pl. egy koncertterem esetében) egy korai és egy késői reverberátor kaszkádkapcsolásával nyerjük.

## Könyvészet

- [1] M. Kahrs, K. Brandenburg, *Applications of Digital Signal Processing to audio and acoustics*. Kluwer Academic Publishers 1998.
- [2] L. Dahl, J. M. Jot, "A Reverberator Based on Absorbent All-pass Filter", Proceedings of COST G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX-00), Verona, Italy, December 7-9, 2000, pp. 67-72.
- [3] Lauri Savioja, *Modelling Techniques for Virtual Acoustics*, Phd thesis, Helsinki University of Technology, 1999.
- [4] T. Lokki, J. Hiipakka, "A Time-Variant Reverberation Algorithm for Reverberation Enhancement Systems", Proceedings of COST G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX-01), Limerick, Ireland, December 6-8, 2001, pp. 28-32
- [5] J. O. Smith III, *Physical Audio Signal Processing: Digital Waveguide Modeling of Musical Instruments and Audio Effects*, Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA), Department of Music, Stanford University, Stanford, California 94305 USA, August 2004, <http://www-ccrma.stanford.edu/~jos/waveguide/>.
- [6] N. Holzem, *Implementing reverberation algorithms in Matlab*, final work. Universidad de Zaragoza, Centro Politécnico Superior, Dpto. Ing. Electrónica y Comunicaciones, Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences Appliquées, Service Electricité Générale, August, 1999
- [7] William Grant Gardner, *The Virtual Acoustic Room*, Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1992.
- [8] M. Țopa, N. Toma, E. Szopos, "Design and Simulation of Reverberation Algorithms", Proceeding of the 6th COST 276 Workshop on Information and Knowledge Management for Integrated Media Communication, May 6-7, 2004, Thessaloniki, Greece, pp. 139-144
- [9] N. Toma, M. Țopa, E. Szopos, "Reverberation Algorithms", *Acta Tehnica Napocensis*, Volume 46, Number 2, 2005, pp. 27-34.
- [10] Norbert Toma, Marina Țopa, Erwin Szopos, "Obtaining Some Simple and Complex Sound Effects Using Digital Signal Processing Methods", The 36-th International Symposium Military Equipment and Technologies Research Agency, May 26-27, 2005, Bucharest, Romania, pp. 324-329
- [11] Norbert Toma, Marina Țopa, Erwin Szopos, "On Improved Reverberation Algorithms", The 47<sup>th</sup> International Symposium ELMAR-2005 focused on Multimedia Systems and Applications (IEEE), 08-10 June, 2005, Zadar, Croatia, pp. 217-220
- [12] Norbert Toma, Marina Țopa, Erwin Szopos, "Aspects of Reverberation Algorithms", 7- th International Symposium on Signals, Circuits and Systems-ISSCS 2005 (IEEE), July 14-15, 2005, Iasi, Romania, pp. 577-580
- [13] Norbert TOMA, Marina ȚOPA, Victor POPESCU, Erwin SZOPOS, "Comparative Performance Analysis of Artificial Reverberation Algorithms", 2006 IEEE-TTTC International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics-AQTR 2006, May 25-28, 2006, Cluj Napoca, Romania, pp. 138-142.
- [14] Marina Dana ȚOPA, Norbert TOMA, Erwin SZOPOS, "Performance Analysis of Some Artificial Reverberators", The 6-th IEEE Communications International Conference – Comm 2006, June 8-10, 2006, Bucharest, Romania, pp.73-76