

## A helyiségek alakja

*Építészeti, esztétikai szempontból magától értetődő a helyiségek alakjának és méretének fontossága. Teremakusztikai szempontból kevésbé tűnhet egyértelműnek a teremalak fontossága.*

Az akusztikai alapjellemzőként ismert frekvenciafüggő utözengési idő klasszikus Sabine-féle képlete csupán a terem térfogatát és felületét veszi figyelembe:

$$T_{\text{Sabine}} = \frac{0,161 \cdot V}{S \cdot \alpha_{\text{átlag}}}$$

ahol  $T_{\text{Sabine}}$  az utözengési idő adott frekvencián,  $V$  a terem belső térfogata,  $S$  a terem összes belső felületének nagysága, a nevező egyéb tagjai pedig az adott frekvencián képviselt elnyelést fejezik ki. A fenti képlet lényege egyszerűen belátható: ha egy helyiségbe ugyanakkora felületen nagyobb elnyeléssel rendelkező felületet viszünk be, nő az átlagos elnyelés, ezáltal csökken az utözengési idő.

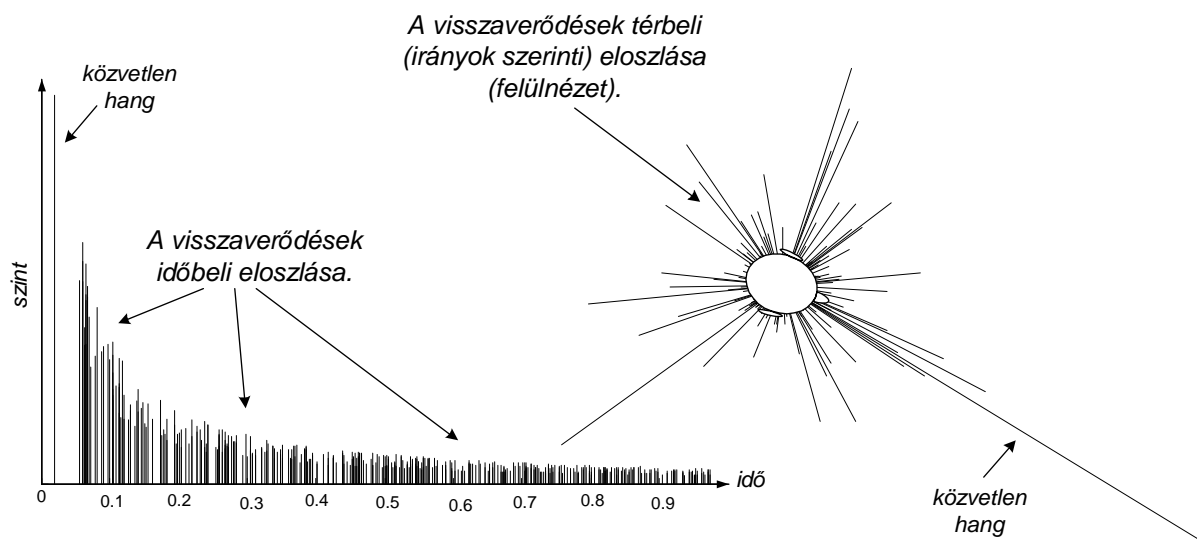
Sajnos a fenti megközelítés sokszor félrevezető, ugyanis hiába viszünk be a kívánatosnak tartott utözengési idő elérése érdekében megfelelő

mennyiségű elnyelő felületeket egy adott térfogattal és felülettel rendelkező helyiségbe: az érzett teremminőség erősen függ a terem alakjától is.

## A teremalak fontossága

A helyiségek méretét és alakját alapvetően a helyiségek funkciója és az építészeti adottságok határozzák meg. Teremakusztikai szempontból a teremalak megválasztása egészen a fejlett számítási és szimulációs módszerek elterjedéséig inkább a hagyományokon és megfigyeléseken alapult. Így tekintve érthető az a hasonlat, miszerint a terem a teremakusztikus számára olyan, mint egy hangszer a hangszerész számára. Szerencsére a klasszikus teremalakok mellett a modellezési eljárások lehetővé teszik az építészek által megálmodott teremalakok lehetőségeinek vizsgálatát, illetve a szükséges korrekciók ellenőrzését.

Hallásunk a termeket a visszaverődések iránya, nagysága és időzítése alapján ítéli meg (1. ábra). A teremakusztikus feladata, hogy a kellemes teremhangzás érdekében ezeket a jellemzőket megfelelően hangolja.



1. ábra: A teremérzetet a visszaverődések iránya, nagysága és időzítése együttesen befolyásolják

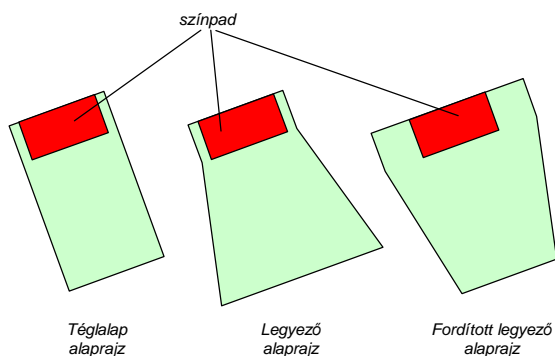
Könnyen belátható, hogy az elnyelő felületek alkalmazásával leginkább csak a visszaverődések nagysága befolyásolható. A visszaverődések időzítését és irányát inkább a terem alakja, térfogata és hangforrás és hallgatási pozíciók együttesen határozzák meg. Természetesen az alak és a térfogat hatással van a visszaverődések nagyságára is.

Cikkünk további részében elsősorban az előadóterek jellegzetes alakjával, illetve azok

jellemző teremakusztikai karakterével foglalkozunk.

## Jellegzetes teremalakok

Az előadóterek elsősorban láthatósági okokból alaprajzilag néhány alaptípusba sorolhatók, ezeket a 2. ábra szemlélteti. A láthatósági feltétel nem csak vizuálisan alapvető, de akusztikai szempontból is létfontosságú követelmény.



2. ábra: Előadóteremek jellegzetes alaprajzai

Nincs abszolút legjobbnak mondható alaprajz, azonban érdemes néhány meghatározó szempontot megvizsgálni.

Bizonyos helyzetekben elsődlegesen fontos lehet a nézőszám. Könnyen belátható, hogy a legjobb láthatósági körülményeket a legyező alaprajz



3. ábra: Egyszerűségük ellenére a téglalap alaprajzú terem koncertteremként teremakusztikailag előnyösek

## Teremarányok

Adott alapterületet és nézőszámot különböző hossz-szélesség arányokkal is el lehet érni ugyanazon alaprajzi elrendezésnél. Ha továbbra is az oldalsó energiák arányának növelésére törekszünk, értelemszerűen keskenyebb alaprajzhoz jutunk, hiszen minél keskenyebb egy terem, annál közelebből azaz annál hamarabb halljuk az oldalfalokról érkező visszaverődéseket. Természetesen a végletekig sem lehet csökkenteni a terem szélességét, a „virslis” vagy inkább folyosó-jellegű alaprajzokkal rendelkező terem láthatósági és akusztikai okok miatt is kerülendők.

A legjobbnak mondott koncerttermekben a térfogat a nézőszám tízszeresére adódik. Ha kiindulásként a megkívánt nézőszám alapján

biztosítja ugyanolyan nézőszám (alaprajzi terület) mellett.

A teremakusztikai minőség meghatározó eleme az oldalról a direkt hangot közvetlenül követő úgynevezett „korai visszaverődések” energiájának aránya. Minél több az oldalirányú energiaarány, annál kellemesebb a terem akusztikai megszólalása. Oldalirányú korai energiák szempontjából a legyező alaprajz a legelőnytelenebb, ráadásul jellegzetes visszaverődéseit sokszor erősen elnyelő felületekkel igyekeznek elnyomni. Nem véletlen, hogy a legjobb hangzásúnak mondott termek jó része téglalap alaprajzú (Vienna Musikvereinsaal, Boston Symphony Hall, Amsterdam Concertgebouw, forrás: L. L. Beranek, „Concert and Opera Halls – How They Sound”) (3. ábra). Számítógépes modellezéssel az is kimutatható, hogy a fordított legyező alak megfelelő mértékben alkalmazva az oldalsó energiaarányok szempontjából kedvezőbb lehet.

adottnak tekintjük a térfogatot, az ajánlott teremarányok téglalatest alakú terem esetén:

$$\frac{H}{W} > 0,7 \text{ és } \frac{L}{W} < 2, \text{ miközben } H \cdot L \cdot W = V$$

ahol  $H$  a terem magassága,  $W$  a szélessége,  $L$  a hosszúsága,  $V$  pedig a térfogata. Érdekes összefüggés, hogy a fenti képlet szerinti arányok az adott térfogat mellett elérhető legnagyobb utózenngési időt biztosítják.

Fontos megjegyezni, hogy a fenti célok elsősorban akusztikus megszólalású koncertterem esetében mérvadók, ahol a nagyobb utózenngési idő a zenei szünetek kitöltésében, a természetes térérzet hangsúlyozásában segít.

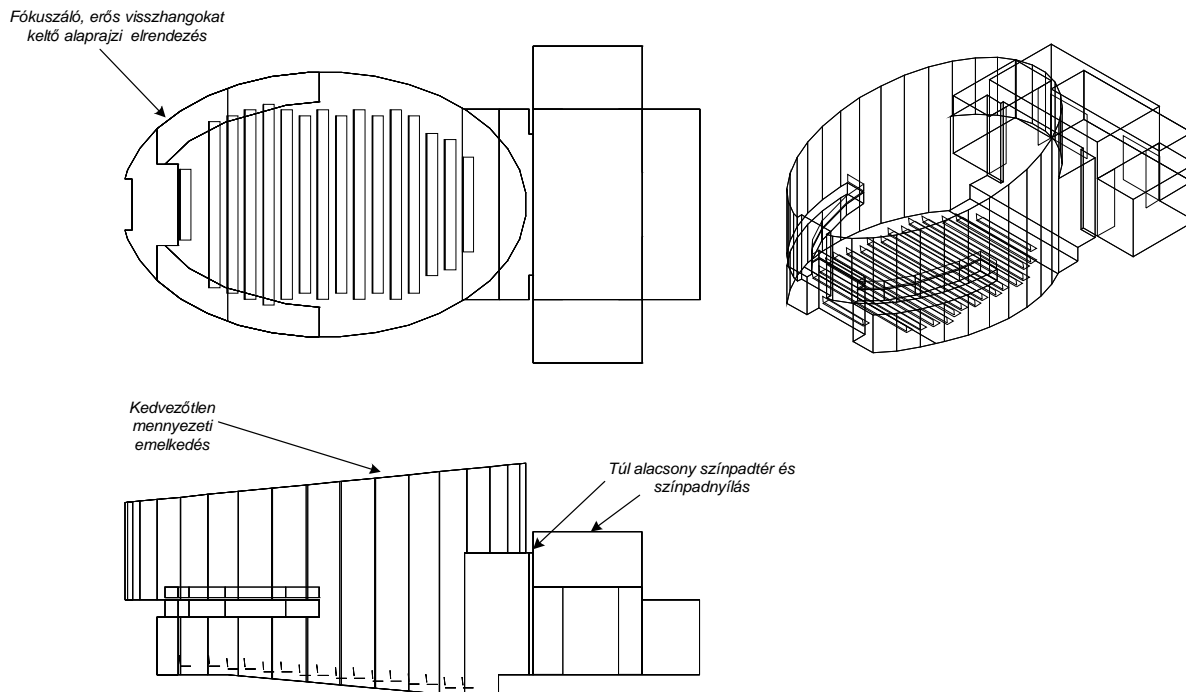
Egy beszédcélú vagy prózai helyiségekben a beszéd érthetőségének megtartásához viszonylag kis utózenngési idő elérése szükséges. Ugyanígy a hangsugárzó rendszerrel hangosított termekben szintén kisebb utózenngési idő javasolt. Ilyen csillapítottabb helyiségekben a teremarányokat és teremalakot a fentieknél összetettebb tényezők befolyásolják.

## Az utólagos korrekció lehetőségei

Sajnos a teremakusztikai tervezési feladatok nagy része a helytelenül méretezett vagy teremakusztikai megfontolások nélkül született terem utólagos korrekcióját jelenti. A hagyományos teremalakokat és teremarányokat mellőző újszerű kezdeményezések teremakusztikai kontroll nélkül rengeteg kockázatot jelentenek.

A 3. ábrán látható helyiség eredetileg beszédcélú előadóteremnek készült, azonban szabályos ellipszis alaprajza klasszikus hibákat mutat. Ezt tovább hangsúlyozzák a teljesen visszaverő falfelületek (festett beton). Hasonlóan a hosszszelvényen látható mennyezeti kialakítás is

akusztikailag kedvezőtlen hatású. A teremakusztikus számára nyilvánvaló hibákat a mérések és a tapasztalatok is alátámasztják: rossz beszédérthetőségi mutatók, nagy utóhangési idő.



3. ábra: Beszédcélú terem alaprajzi és hosszszelvényi hibákkal

Amikor nincs lehetőség az építészeti lényeges átalakításokra, a visszaverődések időzítéseit, irányát és nagyságát hangterelő és hangelnyelő felületek alkalmazásának kombinációjával lehet korrigálni.

### Összefoglalás

Bemutattam, hogy az utóhangési idő csak egy a teremteret teremakusztikai szempontból meghatározó tényezők közül, és hogy csupán az utóhangési időre történő tervezéssel és elnyelő felületek alkalmazásával sem mindig lehet elérni

a megfelelő eredményt. Az is belátható, hogy akusztikai szempontból kritikus funkciójú helyiségek kialakításánál igen fontos a teremakusztikussal történő konzultáció. Ez különösen igaz az olyan esetekben, amikor az építészeti tervek esztétikai vagy funkcionális okokból eltérnek a hagyományos elrendezéstől és teremalaktól.

2003.03.17./2010.05.20.

Fürjes Andor Tamás