

Akustik Tasarım ve CSO Konser Salonu Yenilenme Projesi

Acoustical Design and Renovation Project for the Presidential Symphony Orchestra Concert Hall

ENGLISH SUMMARY ON PAGE 139

MEHMET ÇALIŞKAN*

» 1. Giriş

Mimarlıkta akustik tasarım, mekân içinde yürütülen işleve uygun akustik konfor koşullarını sağlamak amacıyla yapılan bir tasarım sürecidir. Önemi yapının işlevlerinin/mimari programının gerçekleştirilmesi ile doğrudan ilgilidir. Örneğin, konuşma amaçlı bir salonda akustik konfor koşulları uygun olmadığında yapılan konuşmalar dinleyiciler tarafından işitilemeyecek, işitilse bile anlaşılamayacaktır. Bu durumda mekân içinde istenen işlevi/programı gerçekleştirmek mümkün olamayacaktır. Akustik konfor koşullarının en önemli olanları, mekânın programına uygun çınlama özelliklerine sahip olması, mekân içinde yankı vb. akustik hata/maraz bulunmaması, oluşan sesin programa uygun olarak berrak/net ve yüksek ya da gür olması, mekân içindeki konumlara göre büyük farklılık göstermemesi, yine işleve uygun kabul edilebilir arka plan gürültüsü düzeylerinin oluşması ve varsa elektro-akustik güçlendirmeli seslerin aslına uygun olarak, bozulmadan dinleyicilere ulaştırılması şeklinde özetlenebilir. Mimari tasarım ile birlikte yürütülmek durumunda olan akustik tasarım çıktılarına özellikle mekânların içmimari projelerinin oluşturulma sürecinde başvurulur. Ancak doğru olan akustik tasarım sürecinin mimari tasarım süreci ile eşgüdümlü olarak başından sonuna kadar birlikte yürütülmesi gerekliliğidir. Arka plan gürültüsü ile olan doğrudan ilişkisi nedeniyle ses yalıtımı çalışmaları akustik tasarımın ayrılmaz bir parçasıdır.

İçinde işitsel iletişim gereksinimi

duyulan her mekânda akustik tasarım uygulanır. Akustik açıdan en duyarlı mekânlar olan konser salonları ve operalar ile kayıt stüdyoları akustik tasarımın en yoğun uygulandığı mekânlardır. Bunun yanı sıra tiyatrolar, konferans salonları, çokamaçlı salonlar, toplantı salonları, derslikler, sinema salonları, cami, kilise, sinagog vb. dini yapılar, hastaneler, kütüphaneler, müzeler, alışveriş merkezleri, fabrikalar ve işyerleri, lokantalar, eğlence yerleri, atış poligonları ile anons sistemlerinden yapılan konuşmaların anlaşılabilir olması gereken havalimanı terminalleri, metro istasyonları, garlar, kapalı spor salonları, kapalı yüzme havuzları, stadyumlar akustik tasarım uygulanan mekânlardan bazılarıdır. Büro yapıları ve özellikle çok katlı konut yapıları, ses yalıtımı odaklı akustik tasarım çalışmalarının yoğun olarak uygulandığı alanlardır.

Akustik tasarım çalışmaları kapsamında iki farklı ve eşgüdümlü çalışma birlikte yürütülür. Birincisi hacim akustiği, mekân akustiği ya da oda akustiği gibi nitelendirmelerle anılan ve mekân içinde bir ses kaynağından yayılan sesin mimari programda öngörülen işlevlerin yerine getirilmesine ilişkin akustik koşulların sağlanmasına yönelik çalışmalardır. Yapı akustiği ya da ses yalıtımı olarak kısaca tanımlanan ikinci grup çalışmalar ise mekânın çeperlerinden mekân içine girerek içerde yürütülen işlevleri olumsuz etkilemesi olası seslerin engellenmesine yönelik tasarım çalışmalarını kapsar. Mekânın içinde oluşan sesin mekân sınırları dışına taşınmasının engellenmesi ile mekân içinde oluşan ve işlevlerin



Dış cephe. Exterior façade.



Salon. Hall.



yürütülmesine engel olabilecek gürültünün denetlenmesi de yapı akustiğinin temel uğraşı alanlarından. Mekânlarda işitsel konforun sağlığı açısından her iki tür çalışmanın akustik tasarım kapsamında birlikte yürütülmesi gerekliliğinin nedenleri ve gerekçeleri açıktır. Türkçemizde mimari akustik yaygın olarak yalnızca mekân ya da hacim akustiği karşılığında kullanılmaktadır. Yapı akustiği kapsamında yer alan çalışmalar ise, ses yalıtımı olarak nitelendirilmektedir.

Hacim akustiği uzun yıllar hurafelerle dolu gizemli bir sanat dalı olarak görülmüştür. Bir zamanlar iyi akustik koşulların elde edilmesi için sahnenin altındaki boşluğa kırık şişeler konulması gereğine inanılırdı. Salon inşaatında çalışan işçilerin kaçak içtikleri şarapların şişelerini sahne altına gizledikleri ortaya çıkınca bu inançtan vazgeçildi. 1895 yılında Harvard Üniversitesi'nden Wallace C. Sabine akustik tasarımın ilk nesnel parametresi olan çınlama süresini tanımladıktan ve hâlâ senfonik müzik için dünyanın en iyi salonu olarak kabul edilen Boston Senfoni Salonu'nu (açılışı 1915) tasarladıktan sonra akustik tasarımın nesnel parametreler kullanılarak gerçekleştirilebileceği anlaşıldı (1). 20. yy'ın ikinci yarısında katı hal fiziğindeki ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucunda bir dizi nesnel parametreler (güçlülük, berraklık, yan yansıma oranı vb.) geliştirildi. İm (işaret-sinyal) işleme ile ilgili algoritmaların hacim akustiğinde kullanılmaya başlanmasıyla bu parametrelerin hacim içindeki dağılımları ve değişimleri tasarım aşamasında hesaplanabilir hale geldi. 2000'li yıllarda gelişmiş algoritmalar

ve yüksek hızlı bilgisayarlar üzerinde yapılabilen benzetimler (simulasyonlarla) kapalı hacimler içindeki ses alanlarının özellikleri önceden kestirilebilir, hattâ hacim fiziksel şeklini aldığıda içerde oluşacak ses sanal seslendirme (aurilisation) yoluyla daha tasarım aşamasında dinlenebilir hale geldi. Süreçteki belirsizlikler ve düşük frekanslarda (bas seslerde) geliştirilen yöntem ve algoritmaların yetersizliği hâlâ devam etmesine karşın bilgisayarla benzetim yoluyla akustik tasarım tekniği yaygınlaştı.

Nesnel parametrelerin hesaplanması ve mekân içinde dağılımlarının optimizasyonu ile ilgili gelişmeler sürerken, aslolanın işitme ile ilgili öznel (sübjektif) değerlendirmeler olduğu gözardı edilmemelidir. Şarap tatma deneyimi ile eşdeğer tutulan salonların işitmeye dayalı öznel (sübjektif) değerlendirmesi, işitme ile ilgili henüz keşfedilmemiş bir dizi gizleri içermektedir (2).

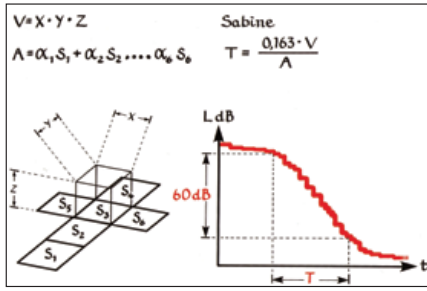
Bu çalışmada akustik tasarımı süreci ile ilgili temel bilgiler verilmiştir. Sürecin uygulanması Cumhurbaşkanlığı Senfoni Orkestrası Konser Salonu Yenilenme Projesi örneğinde ele alınmıştır. Koruma altındaki bir yapının akustik tasarımı, karşılaşılan zorluklar ve aşılma önerileri ile ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2. Akustik Tasarım Parametreleri

2.1 Nesnel Parametreler: Çınlama süresi, ses kaynağı kapatıldıktan sonra hacimde sesin sönümlenerek başlangıç enerjisinin milyonda birine (=60-dB) düşmesi için geçen saniye (s) cinsinden süre olarak tanımlanmaktadır. Türkçede yansıma

süresi, yankılanma süresi, reverberasyon süresi olarak da kullanılmakta olan bu parametre Sabine tarafından geliştirilmiş ve dağınık ses alanlarına sahip hacimler için salon hacmi ile doğru, ses yutma alanı ile ters orantılı kendi adını taşıyan basit bir formülle ifade edilebilmektedir (Şekil 1). Burada V , mekânın m^3 olarak hacmini, A ise m^2 -sabin olarak eşdeğer ses yutma alanını simgelemektedir. Bitirme yüzeylerinin ses yutma katsayısı, a frekans'a göre değiştiği çınlama süreleri de frekansa bağlı olarak değişecektir. Ses alanı ile ilgili temel varsayım dağınık alan koşulunda, alan özellikleri (basınç, hız vb.) yön ve uzaklık aynımı yapılmadan her yerde aynı olacağı için bu koşullarda toplanmış parametrelili bir sistem yaklaşımı ile ele alınarak bulunan Sabine Formülünden hacim için tek bir çınlama süresi değeri hesaplanabilecektir. Dağınık ses alanları için sönümlenme eğrisi düzgün ve tek bir eğime sahip olacaktır. Dağınık olmayan alan koşullarına formülün uyarılması (Eyring, Millington-Sette, Filtzroy) yapılmış olsa da toplanmış parametre yaklaşımı değişmediğinden hesaplanan çınlama süreleri frekansa göre değişen ancak ses kaynağı ve verici konumu konfigürasyonundan etkilenmeyen değer olarak hesaplanacaktır. Sonuç olarak formülden bulunan çınlama süresi değerleri, bütün hacmin çınlama özelliğinin gösterge değeri olarak kabul edilecektir. Bu da her seyirci konumunda ölçülen çınlama süresi değerlerinin aritmetik ortalaması olarak görülebilir.

Çınlama süresi değerleri, frekansa göre değişiklik gösterdiği için insan işitme sisteminin frekansa göre davranış özellikleri dikkate alınarak



Şekil 1. Çınlama süresinin tanımı.
Fig. 1. Defining the reverberation period.

değerlendirilmelidir. İşitme ile ilgili özellikler oktav frekans bantlarında ifade edildiği için hem malzemelerin ses yutma katsayısı hem de çınlama süresi değerleri oktav bantlarda ölçülmek ve ifade edilmek durumundadır. Konuşma frekanslarının baskın olduğu oktav bantlar 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz konuşma ile ilgili akustik tasarımda dikkate alınmak zorundadır. Müzik ise çok daha geniş frekans aralığına yayıldığı için bas sesler için 125Hz-250 Hz, orta frekanslar için 500 Hz-1000 Hz, tiz sesler için ise 2000 Hz-4000 Hz merkez frekanslı oktav bantları kullanılmaktadır (3). Salonlar için belirtilen çınlama süreleri, orta frekanslarda (500 Hz ve 1000 Hz) aritmetik ortalaması değerleridir. Elektroakustik güçlendirmeli müziğin icra edildiği hacimlerde düşük frekanslarda da çınlama sürelerinin kısa tutulması gerekmektedir.

Erken sönümlenme süresi (EDT), ses kaynağı kapatıldıktan sonra ses basıncı düzeylerinde 10 dB düşme için geçen sürenin 6 katına eşit süre olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, ses kaynağı susturulduktan sonra sönümlenme ilk 10 dB düşme hızıyla devam ederse 60 dB'e ya da milyonda bir'e eşit düşme için geçen süre erken sönümlenme adını almaktadır. Genelde, eğer hacim içindeki ses alanı dağınık alan koşullarına yakın ise EDT çınlama süresinden daha uzun olacaktır. Tam dağınık alan koşullarında EDT ile çınlama süresi aynı olacaktır. Erken sönümlenme süresi insanların çınlamaya nesnel tepkilerini, çınlama süresinden daha iyi tarif ettiği için kullanılmaktadır.

Belirli bir ses kaynağı-alıcı (dinleyici) konumu konfigürasyonu ele alındığında alıcı konumuna ilk olarak doğrudan ses ulaşacaktır. Bunu öncelikle yakın yüzeylerden gelen birincil yansımalar, daha sonra da, mekân boyutlarına bağlı

olarak uzak yüzeylerden gelen birincil yansımalar ve/veya yakın yüzeylerden ikincil yansımalar izleyecektir. Her bir yansıma doğrudan ses ile birlikte zaman eksenine göre (alıcıya gelme süreleri göz önüne alınarak) sıralandığında odaya ve seçilen kaynak-alıcı konfigürasyonuna özgü bir yansıma örgüsü elde edilir. Bu örgü, kaynak konumunda darbe (patlama) türü bir ses üretildiğinde alıcı konumunda oluşacak ses basıncının karesinin ya da ses basıncı düzeyinin (L_p) zamana göre değişimi ile aynı olacaktır. **Yansıma örgüsü** ya da **darbe yanıtı** hacim içinde bulunan akustik sistemin dinamik özellikleri ile ilgili çok önemli bilgiler içermekle birlikte yansımaların oluşturması olası yankı vb. marazlar konusunda da ipuçları taşımaktadır. Ölçülebilen bir özellik olan darbe yanıtı kullanarak çınlama süresi, erken sönümlenme süresi (EDT) vb. akustik tasarım parametrelerinin hesaplanması mümkün olmaktadır (3, 4). Doğrudan sestem 50 milisaniye (ms) ve daha fazla gecikmeyle alıcıya ulaşan kuvvetli bir yansıma (büyük bir olasılıkla birincil yansıma olacaktır) yankı oluşturur. Bu durum işitme sistemi tarafından istenilmez ve rahatsız edici bulunur. Yankı, sönümlenen seste bulunan kuvvetli bir yansıma ile de oluşturulabilir. Oda yüzeylerinin tasarımı, özellikle ilk gelen yansıma ile doğrudan sesin izlediği uzaklık farkının 50 ms'lik gecikmeye karşılık gelen 17 m'yi aşmaması ilkesi göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bütün yansıtıcı yüzeylerin hacim içinde konumlandırılmasında bu ilke gözönüne alınmalıdır.

Alıcıya gelen erken yan yansımaların enerjisinin doğrudan ses ve erken yansımaların enerjilerine göre değeri, oda izlenimi (dinleyicinin müzik tarafından kucaklanması ya da çevrelenmesi) açısından çok önemlidir. Dikdörtgen salonlarda bu özelliğin sağlanabilmesi için salon uzunluğunun genişliğinden fazla olması gerekmektedir. Ayakkabı kutusu formuna sahip salonlarda bu özellik oldukça ön plandadır. **Erken Yan Yansıma (LF)** parametresi darbe türü bir ses kaynağından oluşan ve yan yüzeylerden gelen yan yansımalarla ilgili sesin enerjisinin o konuma ulaşan toplam ses enerjisine oranı olarak tanımlanmaktadır. Yanlardan iki kulağa ulaşan seslerin birbirlerinden farklı olması işitme sisteminin özellikle kaynak

konumlama (lokalizasyon) yetkinliğini geliştirmesi açısından çok gereklidir. Senfonik müzik için bu parametrenin 0,25 mertebesinde düşük olmaması istenmektedir.

Kapalı hacimler içinde sesin yüzeylerden erken yansımaları (doğrudan sestem sonraki 200 ms içinde ulaşan yansımalar) salonun akustik özellikleri için belirleyici olmaktadır. Doğrudan sesin alıcıya ulaşmasından sonraki 80 ms içinde ulaşan yansımalar hacimdeki ses berraklığı ve müzik performansının tanımlanması ile doğrudan ilintilidir. Zaman içinde erken yansımaların dağılımı (yansıma örgüsünde erken yansımaların yoğunluğu) incelenerek berraklık parametresi (C80) geliştirilmiştir. Başka bir deyişle, ilk 80 ms içinde ulaşan sesin enerjisinin bu süreden sonra ulaşan sesin enerjisine göre değeri bir tasarım parametresi olarak işlev görmektedir. Bu parametre ayrıca **berraklık** ile çınlama arasındaki dengeyi de simgelemektedir.

Konuşma amaçlı hacimlerde sesin anlaşılabilirliği önemlidir. Bu durum konuşmacının sarf ettiği her bir hecenin bozulmadan dinleyiciye ulaştırılması için uygun mimari akustik altyapıyı gerektirmektedir. Çınlama sürelerinin konuşma frekanslarında kısa tutulması, temel amaç olmakla birlikte C80 parametresinin (ya da bir başka versiyonu C50) değerinin pozitif dB değerleri olması gereklidir. Bunun anlamı, erken gelen sesin 80 ms (ya da 50 ms) içindeki enerjisinin 80 ms (ya da 50 ms)'den sonra toplam işitilen sesin enerjisinden yüksek olmasını gerektirmektedir. Senfonik müzik icra edilen hacimlerde ise bunun tam tersi olacaktır. Senfonik müziğin iyi algılanması çalınan notaların birbirleri üzerinden kayarcasına dinleyici tarafından işitilmesi ile mümkün olabilecektir. Bu durumda çınlama sürelerinin uzun, berraklık parametresinin ise negatif dB değerler olması öngörülmelidir. Senfonik müzikte çalınan müziğin havada asılı kalması ve geç sönümlenmesi istenmektedir. Bu da uzun çınlama süreleri ile mümkün olabilecektir.

Orta frekanslardaki çınlama süreleri derslikler için 0,6 s-0,7 s, Operalar için 1,4 s -1,8 s, senfonik konser salonları için ise 1,7 s -2,4 s aralıklarında seçilmektedir. Hacimle doğru orantılı olarak değişen bu parametre ayrıca senfonik müzik performanslarının türü ile de yakından ilgilidir. Örneğin barok müzik, Mozart ve Vivaldi eserleri 1,7 s

çınlama süresi gerektiren Çaykovski ve Mahler 2 s'nin üzerinde orta frekanslarda çınlama altyapısı gerektirmektedir. Akustik tasarım yol haritasında ilk adım, kişi başına düşen hacmin belirlenmesi olmalıdır. Çizelge 1 işleve göre hacim gereksinimini özetlemektedir.

Tek bir işleve göre tasarım yapıldığında, seyirci kapasitesi verildiğinde salonun toplam hacmi belirlenebilecektir. Mimari olarak form ve boyutlar belirlendikten sonra, iç mimari projesi ile mimari tasarım, akustik tasarım süreci ile elele yürümek zorundadır. Çok işlevli kullanımlar için değişik seçenekler arasında mimarın inisiyatifıyla seçim yapılabilir. Bu seçenekler

1. Geleneksel Yöntemler: Salon duvarlarında değişken ses yutma özelliği tasarımı ile kısa çınlama süresi gerektiren işlevlerin icrasında salon içine perde, hareketli duvar ve tavan elemanları ile ses yutmayı artıran öğeler eklenmesi (İzmir Ahmet Adnan Saygun Sanat Merkezi Büyük Salon) sıkça başvurulan bu türden bir yöntemdir. Salon tavanının alçaltılıp yükseltilerek değişken hacim elde edilmesinin de yurtdışında başarıyla uygulanmış örnekleri vardır.

2. Başlaşık Hacim Konsepti Uygulamaları: Belli işlevler için ana salon hacmine ek hacimler eklenerek ses enerjisi alışverişi yapabilecek başlaşık hacimler elde edilmesi örneğin Heydar Aliyev Merkezi Oditoryumu, (Bakü, Azerbaycan), Lucerne Concert Hall, (Lucerne, İsviçre), Myerson-McDermott Hall, (Dallas, ABD).

3. Elektroakustik Yöntemler: Çınlama süreleri çok kanallı elektro akustik sistemlerle birlikte çalışan kontrol sistemi aracılığıyla elektronik olarak uzatılabilmektedir. Teknolojik gelişmelerle bu yöntemler son yıllarda rağbet kazanmıştır. Meyer Sound Constellation Sistemi (Zellerbach Hall- Berkeley) ve LARES (Berlin Staatsoper) en çok tercih edilen sistemlerdir.

3. Cumhurbaşkanlığı Senfoni Orkestrası Konser Salonunun Yenilenmesi Projesi

3.1 Yenilenme Öncesi Durum: 2007 Şubat ayında Cumhurbaşkanlığı Senfoni Orkestrası Yönetimi (CSO) tarafından var olan (eski) durumu değerlendirmek üzere davet edilmişim. Başlangıçta en çok şikayet edilen konu olan koltuklar ile ilgili sorunların çözümüne katkı yapmam

İşlev	Kişi/Hacim (Kişi/m ³)			
	Doelle		Maekawa	
	En Düşük	Önerilen	En Yüksek	Önerilen Aralık
Konuşma	2.3	3.1	4.3	4 - 6
Sinema	2.8	3.5	5.1	4 - 6
Opera	4.5	5.7	7.4	6 - 8
Çokamaçlı	5.1	7.1	8.5	6 - 8
Senfonik Konser	6.2	7.8	10.8	8 - 10

Çizelge 1. İşleve göre Hacim Gereksinimleri
Table 1. Volume Requirements According to Function

istenmiştir. Bunun yanında salon akustiği ile ilgili çözüm önerilerinin bir raporla belirtilmesi de talep edilmiştir. Salonda yapılan ölçüm ve gözlemlerde çınlamanın yetersiz ve kısa, **Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetim Yönetmeliği**nce 25 dBA olması gereken tesisat kaynaklı arka plan gürültüsü düzeyinin protokol sıralarında 32 dBA olduğu saptanmıştır. Saptamalar ve çözüm önerileri bir rapor ile CSO yönetimine sunulmuştur. Salondaki sorunların yalnızca koltuklarla sınırlı olmadığı, çözüm bekleyen daha ciddi sorunların bulunduğu bildirilmiştir.

2001 yılında salonda yapılan düzenleme sonucu koltukların aralarının dar ve sıralara göre farklı olması nedeniyle dinleyici şikayetleri yoğun idi. Ayrıca yapılan uygulamada salon yan duvarlarına şeritler halinde halı parçaları yapıştırıldığından salon içinde artan ses yutumu, doğal sesli müzik icrasına uygun olmayan akustik koşullar oluşturuyordu. Bu durum orkestrayı sürekli yüksek düzeyde (forte) müzik icra etmesi zorunluluğu ile karşı karşıya bırakıyordu. Orkestra özellikle piyano çalması gerektiğinde salondan yeterli yanıt alamıyor, izleyiciler de müziği algılamakta büyük güçlük çekiyorlardı. Senfonik müzik için 1,7 saniye'nin üzerinde olması gereken orta frekanslardaki (500 Hz-1000 Hz) çınlama süresi 1 saniye mertebesinde idi. Sahne tasarımı ve uygulamasında gerekli özen gösterilmediği için sahnede oluşması gereken/beklenen dağınık alan koşullarının yetersizliği nedeniyle müzisyenlerin sahne içi iletişimi olumsuz etkilenmekteydi. Bu durumda performans sırasında icracılar birbirlerini işitmekte güçlük çekmekte ve birliktelik sağlayamamakta idiler. Kısacası, eski düzenlenmiş şekliyle salon, konser işlevi amacıyla kullanılamaz halde idi.

Yapılan gözlem ve saptamalara ek

olarak orkestrada yer alan sanatçılarla görüşülmüştür. Sorunlar her enstrüman grubu liderinden dinlenerek akustik parametreler cinsinden tanılanmış ya da teşhis edilmiştir. Sanatçıların yeni düzenlemeden beklentilerini dile getirmeleri ayrıca istenmiştir.

3.2 Akustik Tasarım: Cumhurbaşkanlığı Senfoni Orkestrası Konser Salonu'nun yeniden düzenlenmesi sürecinde geliştirilen akustik tasarım ile, bu tür salonların bilgisayar benzetimi (simülasyonu) için yaygın olarak bütünü dünyada kullanılmakta olan iki ayrı bilgisayar yazılımı (CATT Acoustic v8.0d ve ODEON v8.5) yardımıyla amaçlanan akustik hedeflere ne denli ulaşıldığı denetlenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde akustik düzenleme çalışmalarında en başta salonun çınlama sürelerini artırmak amaçlanmıştır. Koruma altında bulunan yapının izin verdiği fiziksel sınırlar dikkate alınarak proje müellifi (TÜMPLAN Mimarlık, Özgür-Azize ECEVİT) ile etkileşimli çalışılarak mevcut salonun tavanı yükseltilmiş ve kişi başına düşen hacim miktarlarında (5 m³'ten 7,5 m³'e) dünya standartlarına (9 m³) yaklaşmıştır. Bununla senfonik müzik konserleri için uygun çınlama süreleri elde etmeye yönelik en önemli ön koşul sağlanmıştır. Ayrıca hacimden en fazla akustik yarar elde etmeye yönelik ahşap ızgara şeklinde açık sahne üstü yansıtıcı sahne tasarımında değerlendirilmiştir.

Görüş çizgileri de dikkate alınarak koltuk sıraları arasındaki uzaklık eşit ve çağdaş standartlarda (95 cm) projelendirilmiştir. Yeni düzenleme ile salon seyirci kapasitesi 720'ye çıkarılmıştır. Salon havalandırması var olan klima santrali ile döşemeden üfleme suretiyle yapılmış ve sahne havalandırmasının bundan bağımsız olarak ayrı, ek bir klima santrali marifetiyle gerçekleştirilmesi öngörülmüştür.



Salondan görünüm. Views of the hall.

Böylelikle tesisat kaynaklı arka plan gürültüsünün çağdaş uygulamalara paralel olarak NC-20 gürültü ölçütünü sağlayacak biçimde mekânîk tesisat öğeleri ve çalışma koşulları yeniden tasarlanmıştır.

Salon dekorasyon projesinin detaylandırılması ile yan duvarlar üzerinde oluşturulan düzensizliklerin sesin salon içine saçılarak dağılımını kolaylaştırması ve salonun akustik özelliklerine olumlu katkıda bulunması öngörülmüştür. Yan duvarlar ile sahne arkası ve arka duvar üzerine sesi dağıtmak ve salon içinde dağınık ses alanı oluşturmak amacıyla matematiksel serilere göre tasarlanmış ses dağıtıcıları (QRD) ya da ses saçıcıları kullanılmıştır. İhale ile edinilen senfonik müziğe uygun koltukların ses yutma özellikleri yurtdışında akredite

laboratuvarlarda ölçtürülmüş ve tasarımda bu ölçüm sonuçları kullanılmıştır.

Yapılan bilgisayar benzetim çalışmalarından elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Senfonik müzik amaçlı kullanım için dolu salonun çınlama ve erken sönümleme karakteristiği, özellikle Mozart ve Beethoven gibi bestecilerin eserlerinin icrasına uygun bulunmuştur. Ayrıca Oda Müziği ve Barok müzik içerikli işlevler için de gerekli akustik koşulların oluşacağı öngörülmektedir. Orta frekanslarda 1,8 s çınlama süresi elde edilmesi olumlu gözükmemektedir.

- Erken yan yansıma oranlarının (Early Lateral Fraction) bütün salonda çok düzenli ve senfonik müziğe de uygun değerlerde gerçekleşeceği anlaşılmıştır. Özellikle yan duvarlar üzerine yerleştirilen saçıcıların etkinliği açıkça gözlenmektedir. Yenileme çalışmaları sonucunda salonun yüksek erken yan yansıma oranları ile anılacağı düşünülmektedir (Şekil 2).

- Sesin Berraklık (Clarity) Parametresinin salondaki dağılımının oldukça düzenli ve normlara (-2dB) uygun olacağı anlaşılmıştır (Şekil 2).

- Salondaki göreceli A-ağırlıklı ses düzeyleri dağılımlarının düzenli ve normlara uygun olacağı (en yüksek fark 4 dB dolayındadır) görülmüştür. Salon içinde ses düzeyleri arasındaki en yüksek farkın 10 dBA'dan küçük olması ölçütü rahatlıkla sağlanmaktadır.

Ses yalıtımı amaçlı tasarım çalışmalarında fuaye, kafeterya ve genel dolaşım alanlarının tavan ve

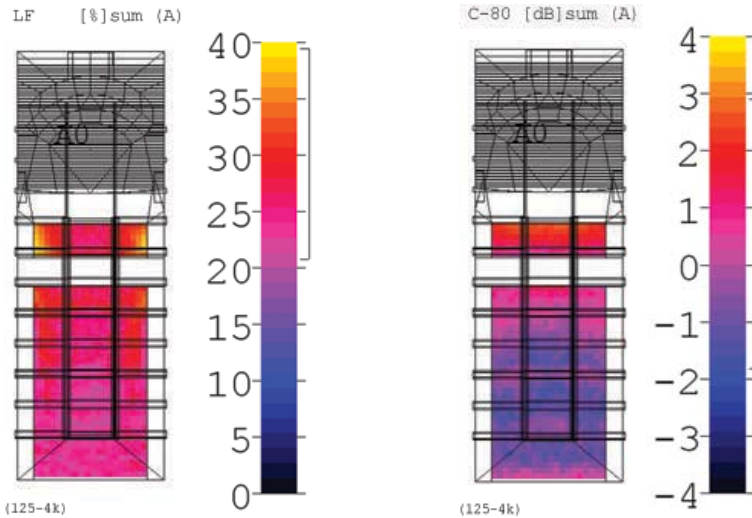
duvarlarına ses yutucular uygulanarak çınlama denetimi yapılmıştır. Sanatçı çalışma odaları ve kayıt odası ses yalıtımı açısından yeniden projelendirilmiştir. Salonun tavanının yükseltilmesi sürecinde kurşun ve betopan levhalarla yeniden çatı yalıtımı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Konser salonu ve çalışma odaları için uygun yalıtım özelliklerine sahip kapı tasarımları geliştirilmiştir.

4. Sonuç

Uygulama sonucunda salondaki akustik koşullar bütün sanatseverler tarafından farkedilmiş ve beğenilmiştir. Orkestra üyeleri mimari proje ile genişletilen ve duvarlarında matematiksel serilere göre oluşturulan ses saçıcı yüzeyler marifetiyle sahne içinde birbirleriyle performans sırasında müziksel iletişimi kurar hale gelmişlerdir. Bu sonuçta sahne üzerinde Niels Jordan'ın önerisiyle oluşturulan ızgara şeklindeki sahne üst yapısının katkısı da hissedilir düzeyde olmuştur. Çınlama süreleri orta frekanslarda 1,75 s mertebesinde ölçülmüştür. CSO şimdilerde yenilenmiş salonunda haftada iki gece kapalı gişe konser vermektedir. Salonun akustik değerlendirmesini, proje ve imalat kontrolü için görevlendirilen Niels Jordan (Jordan Akustik) açılış haftasında orkestranın provalarını izledikten ve 12 Kasım 2008'deki açılış konserini dinledikten sonra aşağıdaki sözlerle yapmıştır:

"12 Kasım 2008'de yapılan provaları ve resmi açılış konserini izledikten sonra kişisel olarak yaşadığım akustik izlenimleri belirtmek isterim. Bu izlenimler salonun ön, orta, arka ve yan kısımlarındaki çok sayıda koltukta işitilen akustik özelliklere dayandırılmaktadır.

Öncelikle salonun seyircili haliyle akustik başarımını (performansını) çok başarılı bulduğumu belirtmek isterim. Açılış konseri sırasında hem Doğu Çocuk Orkestrası, hem de CSO ve koro sahnede icra ederken, her üç topluluğun da kendilerini müzikal açıdan ne kadar başarılı ifade ettiklerini ve başarılı icrada bulduklarını gözlemlemek benim için hayret verici bir deneyimdi. Orkestral bütünlük içinde işitilmesi ve ayırılması güç olan kontrabas, obua, viyolonsel vb. çalgıların salonda işitilen seslerinin dolgunluğu, yüksekliği ve meydana çıkmaları inanılmaz düzeydeydi. Sanki sahnede oluşturulan tasarım ile elde edilen



Şekil 2. Akustik Tasarım Berraklık ve Yan Yansıma Oranı Parametrelerinin Salon İçinde Dağılımı
Fig. 2. Acoustic Design Clarity and Lateral Fraction Ratio Parameters Distribution Inside the Hall



Orkestra.
Orchestra.

Acoustical Design and Renovation Project for the Presidential Symphony Orchestra Concert Hall

MEHMET ÇALIŞKAN

» Acoustical design in architecture is a design process that aims to achieve acoustical comfort conditions appropriate for the function of a particular space. Its importance is directly related to realization of the building's functions i.e. its architectural programme. Several acoustical parameters employed in acoustical design process are explained in the study. Key issues in the acoustical design of spaces are addressed. Approaches used in the design of multi functional spaces are described and exemplified. The process is demonstrated by the acoustical design of recently renovated hall for the Presidential Symphony Orchestra in Ankara. Only a few of acoustical parameters like reverberation time, clarity and early lateral fraction predicted from computer simulations of the hall are presented due to the limited space available. It is shown that the sensory evaluation of halls for music performance relies on subjective attributes of these objective parameters. Importance of stage design in symphonic halls is emphasized by the case study presented in the article.

akustik özellikler her bir enstrümanın varlığını ve özelliklerini belirginleştirmiş, çalınan yavaş müzik pasajlarına harika bir sıcaklık ve lirik kalite eklemiş ve de hızlı pasajlarda oluşması olası bulanıklığı engellemiş gibiydi. Salon orkestranın icra sürecinde renkliliği güçlendirmeyi başaran göz kamaştırıcı (spektaküler) yetkinlik göstermektedir. Yakın ya da candan (intimate) dinleme koşullarının oluşması salonun her koltuğunda başarılıdır. Salonda akustik açıdan kötü koltuk yoktur.

Yenilenen konser salonu solo konserlerden oda müziğine ve açılış gecesinde mükemmel düzeyde iyi icra edilen korolu Beethoven bestesine kadar bütün müzik türleri için mükemmel akustik koşullar sunmaktadır. Bunun yanı sıra salonun Mahler vb. bestecilerin yüksek enerjili/sesli eserleri için bu mükemmellikte akustik performans göstermesi beklenmemektedir.

Akustik açıdan açılış gecesi deneyimlerim aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Hissedilen ya da algılanan öznel (sübjektif) çnlama ölçüsü olarak da bilinen erken sönümleme süresi (Early Decay Time-EDT)'nin bu büyüklükte bir salon için en uygun olan 1,7 s mertebesinde olduğu anlaşılmaktadır.
- Orkestranın ürettiği sesin berraklığı ya da netliğinin (Clarity-C80) çok yüksek düzeyde olduğu algılanmıştır. Bu hissin oluşmasının nedenleri salonun ayakkabı kutusu olarak nitelendirilen formu ve eninin kısa ya da dar oluşudur.
- Salonun nispeten küçük hacmine ve ayakkabı kutusu olarak nitelendirilen formuna bağlı olarak güçlülük etkeni

(strength factor-G) yüksek olarak algılanmıştır.

- Son olarak da çok tatmin edici bulduğum müzik izlenimi (müzik tarafından çepeçevre kuşatılma-envelopment/intimacy) duygusu ile ilintili yan yansımaların (Lateral Fraction-LF) varlığı yukarıda belirtilen etkenler marifetiyle açıkça hissediliyordu.
- Duvarlar ve tavadaki saçıcılar/dağıtıcıların varlığı nedeniyle oluşan dağınık ses alanı, salon içinde yankı vb. akustik hataların ve kusurların oluşmasını önlemiştir.
- Prova sırasında arka plandaki havalandırma/klıma sistemi kaynaklı tesisat gürültüsünün düzeyinin çok düşük olduğunu gözlemledim."

Kullanıcılar açısından değerlendirildiğinde İsraili maestro Omri Hadari'nin söylediklerini Müzik Yazarı Şefik Kahramankaptan'ın ağzından dinleyelim:

"Bir konser sonrası, şef Omri Hadari'yi ziyarete gittiğimde aldığım ilk tepki 'Harikulade' oldu. Sahnede bütün çalgıları ve ayrıntıları duyarak yönetmek beni coşturdu. Orkestranız da çok iyi."

Kaynaklar

- 1.Sabine, W. C.; "Collected Papers on Acoustics", Harvard University Press, Cambridge, MA, 1922.
- 2.Lokki, T.; "Tasting Music like Wine: Sensory Evaluation of Concert Halls", Physics Today, NY, January 2014, 27-32.
- 3.Çalışkan, M.; "Mimari Akustik", Ders Notları, (İZOCAM Yapı Eğitim Merkezi, 2004.
- 4.Long, M.; "Architectural Acoustics", Elsevier Academic Press, NY, 2006.
- 5.Doelle, L. L.; "Environmental Acoustics", McGraw-Hill, NY, 1972.

*Mehmet Çalışkan, Prof. Dr.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Makina Mühendisliği ve Mimarlık Bölümleri