

**TEKNOFEST  
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ  
FESTİVALİ**

**ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI  
PROJE DETAY RAPORU**

**TAKIM ADI: İTÜ SOUND**

**PROJE ADI: ADAPTIVE SOUND SHIELD**

**BAŞVURU ID: 31762**



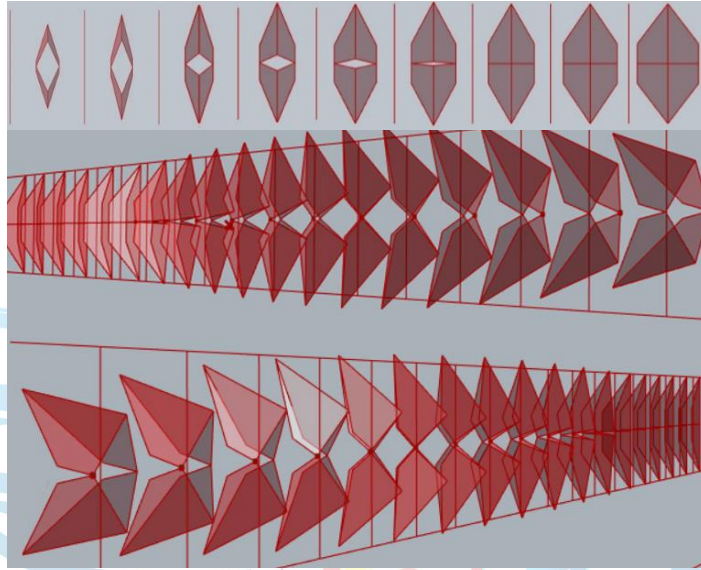
## İÇİNDEKİLER

1.	Proje Özeti (Proje Tanımı) .....	3
2.	Problem/Sorun: .....	4
3.	Çözüm.....	5
4.	Yöntem .....	9
5.	Yenilikçi (İnovatif) Yönü .....	11
6.	Uygulanabilirlik.....	13
7.	Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması .....	13
8.	Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar): .....	16
9.	Riskler .....	16
10.	Kaynakça.....	17

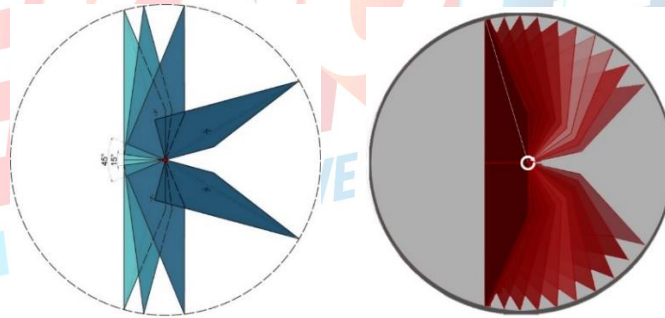
**TEKNOFEST**  
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Kentleşme ve nüfus yoğunluğunun artması ile hava ve su kirliliğinin yanında ses kirliliği de önemli bir problem haline gelmiştir. Adaptive Sound Shield (uyarlanabilir ses kalkanı) projesi, gerçek zamanlı olarak ses değerlerine göre interaktif olarak hareket ederek biçim değiştiren ve yüzey alanını genişleterek ses bariyeri özelliği kazanan bir “ses verileri etkileşimli dinamik adaptif cephe modülü” sistemidir (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2). Projede, ses sensörleri aracılığıyla dış mekandan alınan ses verileri, mikro işlemci içerisine kodlanmış bir yazılım ile sistemde sayısal değerlere dönüştürülerek, cephe modüllerinin belirlenen ses basınç seviye değerleri aralığında hareket etmesini ve bu yolla iç mekandaki ses seviyesinin azaltılmasını sağlamaktadır.



**Şekil 1. 1:** Adaptive Sound Shield'in yüzey alanının genişleyip daralmasına dayalı temel tasarım kurgusu.



**Şekil 1. 2 :** Cephe bileşenleri dönüş açıları diyagramı.

Adaptive Sound Shield projesi, takım kaptanı Öznur Çakır'ın İTÜ Mimari Tasarımda Bilişim Programı kapsamındaki yüksek lisans tez çalışmasında gerçekleştirmiş olduğu modele dayanmaktadır (Aydoğan, 2018). Tezin kabul edilmesini takip eden süreçte, İTÜNOVA TTO'ya (İstanbul Teknik Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi) buluş bildirimini gerçekleştirilmiş, proje adına İTÜNOVA TTO tarafından 16.09.2019 tarihinde TÜRK PATENT'e incelemeli patent başvurusu yapılmıştır. Aynı zamanda ürünün Amerika Birleşik Devletleri'nde de patent girişi gerçekleştirilmiştir.

Adaptive Sound Shield cephe modülü sisteminin birincil amacı varolan bina cephesine takılan ikincil bir cephe şeklinde uygulanarak, dış mekandaki gürültünün iç mekana yansımaları

engellemektir. Bunun yanı sıra, sistemin çalışma prensibinin konferans salonu, konser salonu oditoryum gibi iç mekanlarda da istenilen ses seviyesi konforunu sağlayabilmek adına çok etkin bir şekilde kullanılabilceği düşünülmektedir.

Söz konusu sistem, hem tasarım hem teknoloji odaklı olarak, özgün parçalardan oluşmaktadır. Sistemin tüm mekanik parçaları yerli olarak Türkiye’de üretilebilmektedir.

## 2. Problem/Sorun:

Proje kapsamında üretimi yapılacak olan Adaptive Sound Shield özellikle nüfus yoğunluğu yüksek olan İstanbul, İzmir, Ankara gibi megakentlerde var olan yüksek yoğunluktaki gürültü kirliliğinin insan sağlığı üzerinde yaratmış olduğu psikolojik ve buna dayalı olarak gelişebilecek bir takım fiziksel etkileri azaltmayı ve yaşam kalitesini artırmayı amaçlamaktadır.

Genel olarak, gürültü olarak adlandırılan her türlü ses insan sağlığını psikolojik ve dolaylı şekilde fizyolojik olarak etkilemektedir (Çizelge A.2). İstenmeyen bu sesler konsantrasyon bozukluğu, iş veriminin düşüşü, stres seviyesinde artış, saldırganlık, hipertansiyon, kulak çınlaması/ uğultusu, duyma kaybı, uyku bozuklukları gibi pek çok sonuç doğurabilmektedir (Field, 1993).

**Çizelge A.1 : Gürültü ses desibel aralığı ve insan sağlığına etkileri (Url-1).**

Gürültü Derecesi	Etkilenme Aralığı (dBA)	Sağlık Üzerine Etkileri
1. Derecedeki gürültüler	30-65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uygu düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu
2. Derecedeki gürültüler	65-90	Fizyolojik reaksiyonlar, kanbasıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler
3. Derecedeki gürültüler	90-120	Fizyolojik reaksiyonlar, baş ağrıları
4. Derecedeki gürültüler	120-140	İç kulakta devamlı hasari dengenin bozulması
5. Derecedeki gürültüler	>140	Ciddi beyin tahribatı, kulak zarının patlaması

Epidemiyolojik araştırmalar, gürültünün gün boyu sürekli olarak 65 dB(A) seviyesinin üstünde (dışarıda eşdeğer gürültü seviyesi) bulunduğu karayolu trafiğinde yarattığı etkilerle ilgili olarak kalp damar rahatsızlıklarına ilişkin yüksek bir risk unsuru oluşturduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, trafiğin yol açtığı gündüz/gece 50/40 dB(A) seviyesinde bir gürültü düzeyi olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen seviyeler yaklaşık 5 dB(A) civarında aşılsa, çok daha fazla gürültü kaynaklı rahatsızlık meydana gelmektedir (Hintzsche ve diğ., 2008).

Avrupa Çevre Ajansı’nın raporunda, nüfusunun yaklaşık beşte birinin çevresel gürültü seviyesi 65 dB(A)’dan fazla olan bölgelerde yaşamak zorunda kaldığı belirtilmektedir. Gürültünün verdiği zararlar sebebiyle birçok ülkede belli ses seviyeleri belirlenerek, gürültü düzeylerini kontrol altına almak için standartlar tanımlanmaktadır. Ancak alınan önlemlerin yeterli olmadığı görülmektedir (Ajansı, A. Ç., 2020).

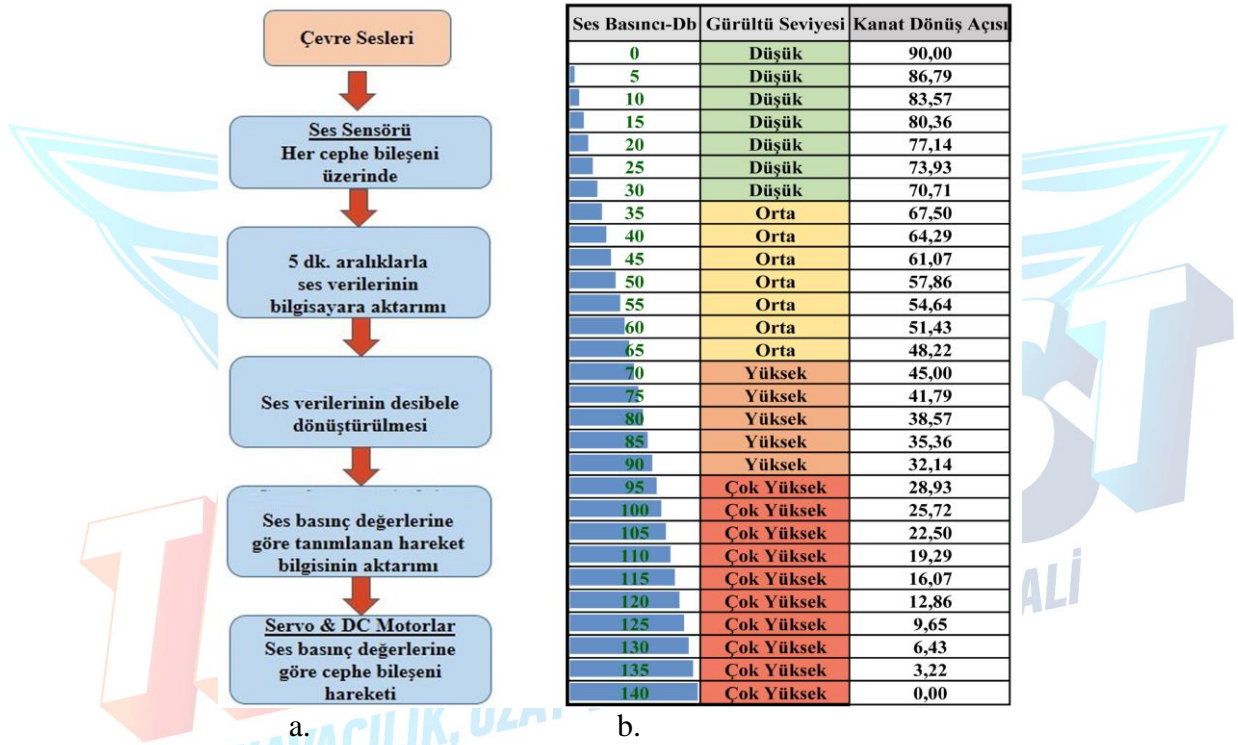
Temel problem büyük şehirlerde ve kapalı etkinlik alanlarında yer alan gürültü kirliliğine yenilikçi mimari yöntemler kullanılarak çözüm üretmektir. Bu probleme yönelik ses bariyeri niteliğindeki çözümler sabit strüktür üzerine monte edilen malzemeler ve/veya yapı bileşenleri ile çözülmeye çalışılmaktadır. Ancak bu malzemeler ve/veya yapı bileşenleri çoğu zaman herhangi bir analitik çalışmaya dayalı tasarlanmadığı, bir araştırmaya dayandırılmış olsa bile verilerin işlenişi çoğunlukla gerçek-zamanlı olmayıp sabit bir değer aralığına göre kurgulandığı için değişken ses seviyelerinde verimsiz ve yetersiz kalmaktadır.



### 3. Çözüm

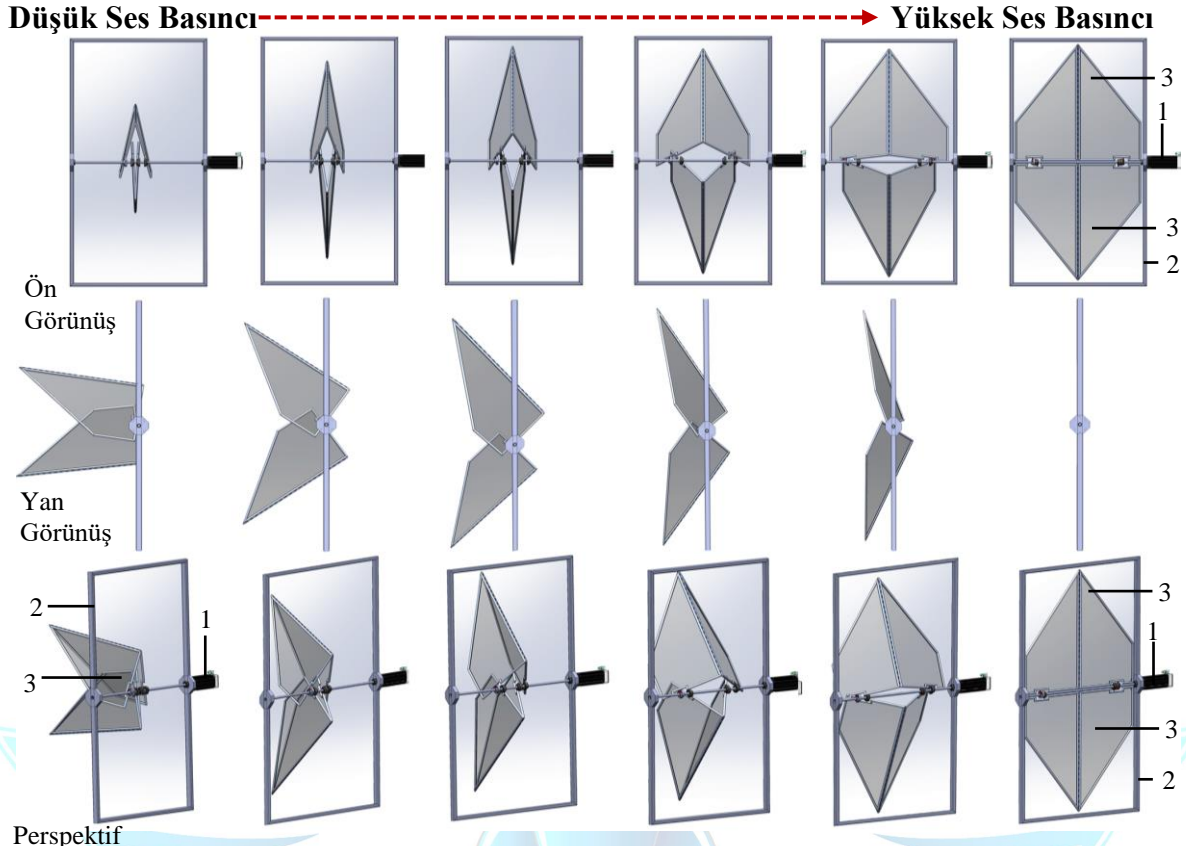
Adaptive Sound Shield cephe modülü yapıların dış yüzeylerinde ikinci bir katman olarak kullanıldığında, yapının iç mekanında oluşabilecek dış ortam kaynaklı ses kirliliği problemini çözmeyi amaçlayan bir sistemdir. Adaptive Sound Shield temel olarak, ana yapıdan bağımsız oluşturulmuş bir strüktür sistemine asılmış modüllerden oluşmaktadır. Çevreden aldığı ses değerlerine göre hareket edebilen hafif çelik profillerden oluşan bu modüllerin yüzeyine yarı saydam akustik performans kazandırılmış “mikroperfore polikarbonat” levha veya “pleksiglas” levha yerleştirilmektedir. Modüllerin iç mekanda kullanım olasılığında ise “akustik membran” (Url-2) malzeme kullanılabileceği öngörülmektedir.

Yazılımsal bir altyapı ile sensörleri bütünleştirerek oluşturulan sistem, 0-140 dB değerleri aralığında itme, dönme, katlanma hareketleri ile çevresel seslere tepki verecek şekilde kurgulanmıştır. Şekil 3.1a’da adaptif sistem çalışma prensibi ve hareket diyagramı, Şekil 3.1b’de ise ses basınç seviyesine karşılık gelen kanat dönüş açıları veri akışı gösterilmektedir.



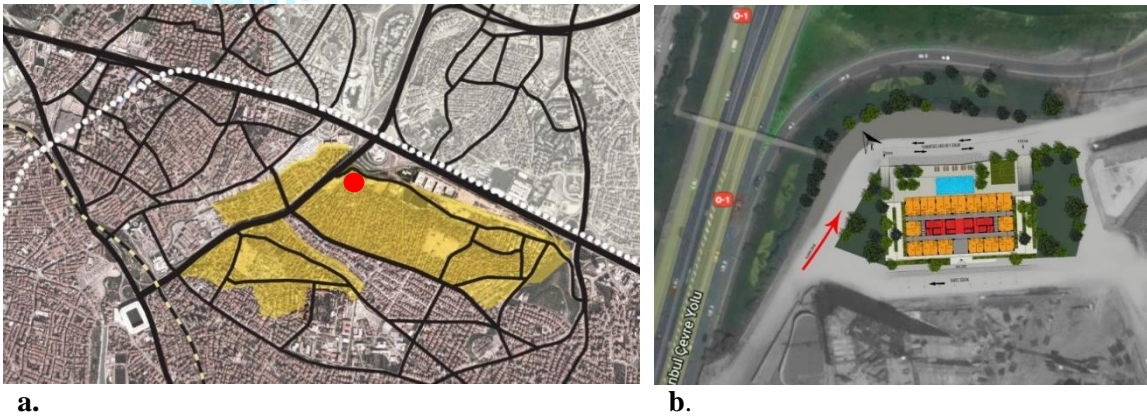
**Şekil 3. 1a-b :** a: Adaptive Sound Shield sistemi çalışma prensibi; b: Modülün ses basınç seviyesine karşılık gelen kanat dönüş açıları.

Adaptive Sound Shield sistemi hareketli parçalar, servo motorlar ve ses algılayıcı sensörleri ile bütünleşmiş bir yapıdan oluşmaktadır. Modülde yer almakta olan ses sensörlerinin gerçek zamanlı olarak aldığı ses verisi, mikro işlemci içerisine kodlanmış akıllı yazılım algoritması ile anlık olarak işlenerek, sistemin yüksek ses basıncında yüzey alanını büyütmesine ve düşük ses basıncında yüzey alanını minimize etmesine yönelik cephesel hareketler gerçekleştirerek aksiyon alınmasına olanak sağlamaktadır. Sistem, yüksek ses basıncında açılırken, düşük ses basınç seviyesinde düşey orta akstan katlanarak, üst ve alt kanatların geriye doğru hareketi ile kapanmaktadır. Şekil 3.2’de, Adaptive Sound Shield’in, düşük ses basıncından yüksek ses basıncına doğru ses bariyeri niteliği kazandığı hareket mekanizmasının, prototipe ait 3 boyutlu modelinden alınan ekran görüntüleri yer almaktadır.



**Şekil 3. 2 :** Adaptive Sound Shield modülünün yüzey alanını büyüterek ses bariyeri niteliği kazanmasını gösteren, sırasıyla, ön, yan görüşleri ve aksonometrik perspektif görüntüleri. (1: servo motor, 2: Kasa çerçeve strüktürü, 3: Kanatlar).

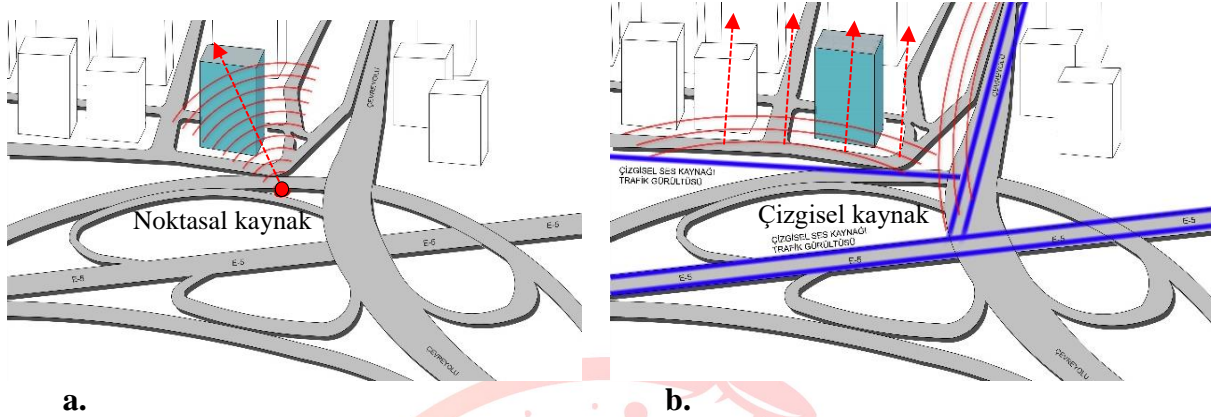
Cephe bileşenleri hareketlerinin ses basıncı ve ses kaynağı mesafesine göre değişimini gösterecek bir simülasyon hazırlanmıştır. Simülasyon için seçilmiş olan yapının bulunduğu bölge, Kadıköy/İstanbul'da proje kaptanı Öznur Çakır Aydoğan'ın mimari tasarım ve projelerini hazırladığı ve 2017 yılında tamamlanan Alya Life Residence konut yapısıdır. Bina, tüm teknik dökümanlarının bulunması ve çevre problemlerinin analiz edilmiş olması nedeniyle cephe simülasyonu için tercih edilmiştir. Konum itibarıyla ise, Fikirtepe bölgesinin ana bağlantı yolları köşesinde yüksek gürültü düzeyine sahip bir konumda yer almaktadır. Şekil 3.3a'da sarı ile işaretlenmiş kısım Fikirtepe bölgesini, kırmızı ile işaretlenen ada konut bloğunun yer aldığı noktayı ve Şekil 3.3b bina yerleşim planını göstermektedir.



**Şekil 3. 3a-b :** a: Yüksek gürültü düzeyine sahip Fikirtepe bölgesi ve binanın konumu (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013), b: Bina yerleşim planı



Simülasyonda kullanılan binanın, yoğun yaya ve özellikle araç trafiği içerisinde yer alması ve uzun süreli gürültüye maruz kalması, ses akustik simülasyonları ve analizlerin sonuç verilerinin değerlendirilmesi açısından önemli olmuştur.



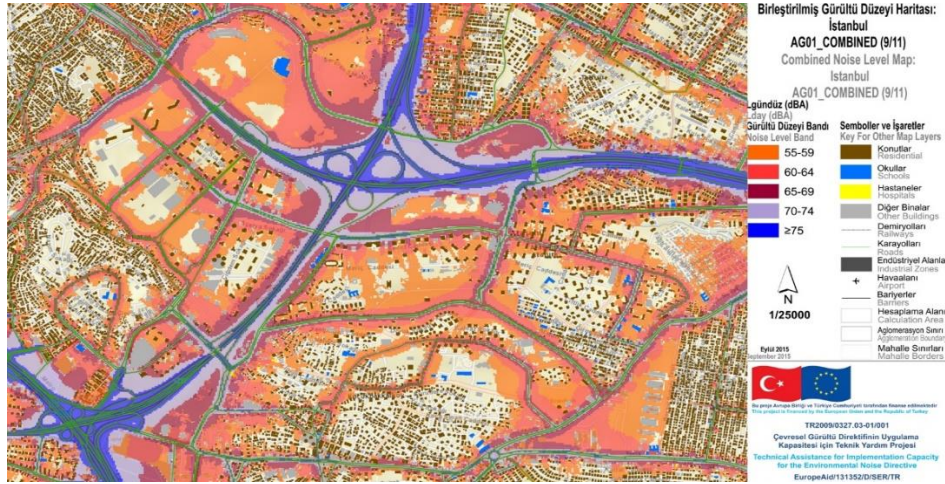
**Şekil 3. 4a-b :** a: Noktasal ses kaynağı simülasyonu kaynağın vaziyet planındaki konumu; b: Çizgisel ses kaynağı (trafik) simülasyonu kaynağın vaziyet planındaki konumu.

Simülasyon yazılımı ile Adaptive Sound Shiled'in parametrik olarak çalışması ve interaktif olarak verdiği cevabın değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mevcut bina konumu itibariyle yoğun bağlantı yolları sebebiyle trafik sirkülasyonu içerisinde yer aldığından, simülasyonlarda noktasal ve trafik gürültüsü için çizgisel olarak iki kaynak tipi baz alınmıştır (Şekil 3.4a-b). Cephe bileşenleri üzerine ses algılayıcı sensörler yerleştirildiği varsayılmıştır. Böylece cephede, her bileşenin bulunduğu konuma göre farklı ses basıncı seviyelerini algılayarak, ses kaynağına olan uzaklığına ve ses şiddetine göre hareket etmesi ve ses bariyeri niteliği kazandırılması amaçlanmıştır. Şekil 3.5a-b'de Adaptive Sound Shiled'in noktasal ve çizgisel simülasyon sonuçlarını gösteren, bina cephesi ön ve perspektif görüşleri yer almaktadır.



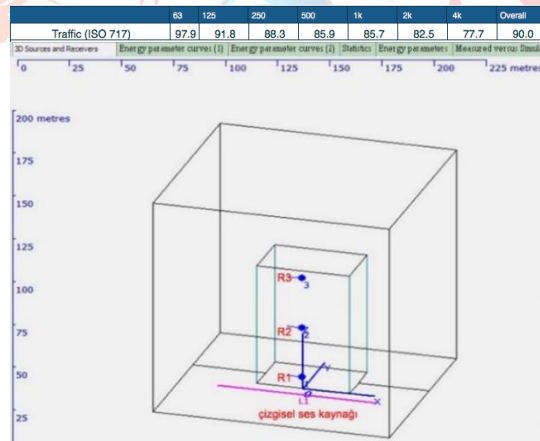
**Şekil 3. 5a-b:** a: Noktasal ses kaynağı simülasyonu ön cephe ve perspektif görüşleri; b: Çizgisel ses kaynağı simülasyonu ön cephe ve perspektif görüşleri

Çözümün çalışma prensibine yönelik yapılmış olan ön doğrulama raporunda, mevcut bir bina cephesi üzerinde monte edilen Adaptive Sound Shield modüllerinin Şekil 3.6'da yer alan binanın konumladığı bölgenin gürültü düzeyi lejantları ve çevresel ses basınç seviyesi değerleri üzerinden, ses akustiği simülasyonu ve analizleri yapılmıştır.

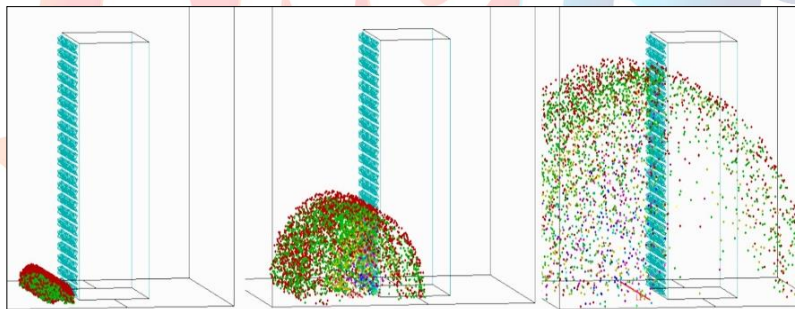


Şekil 3.6 : Gürültü düzeyini gösteren Fikirtepe bölgesi gürültü haritası.

Çizgisel ses kaynağının 1m'deki ses seviyesi toplam 90 dB SPL olup, ISO717'ye göre oktav bantlarındaki gürültü seviyesi Şekil 3.7'deki gibidir.



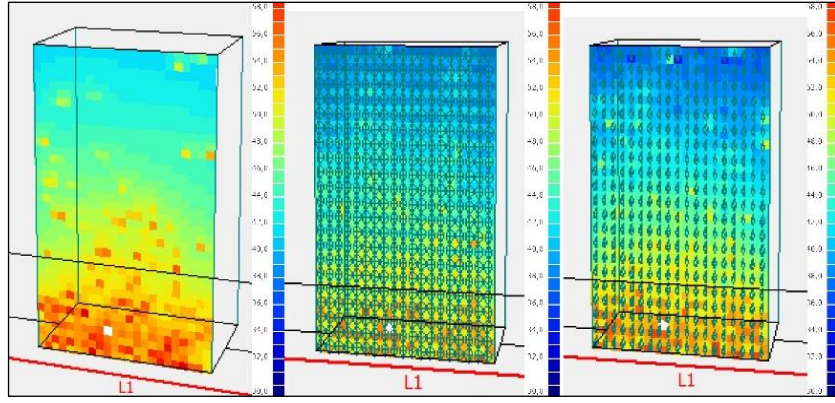
Şekil 3.7 : Çizgisel ses kaynağı oktav bantları gürültü seviyesi (üst), ses simülasyonu çizgisel ses kaynağı (L1) ve alıcıların (R1-low, R2-mid, R3-high) konumları (alt).



Şekil 3.8 : Adaptive Sound Shield "Odeon" ses akustiği simülasyonu ekran görüntüleri.

63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz ve 4000 Hz merkezli tam oktav bantları için (7 oktav bandı) yapılan ses akustik simülasyonları yapılmıştır (Şekil 3.8). Simülasyonlar sonucunda cephe ses haritaları çıkartılmıştır. Cephe ses haritaları, ses basıncı seviyelerini ifade eden, renk lejantları üzerinden değerlendirilmiştir (Şekil 3.9). Ses akustik simülasyonları ve analizleri sonucunda, ses bariyeri özelliği ve bina ses konforunun etkinliğinin irdelenmesi amaçlanmıştır. Ses akustik yazılımında yapılmış olan bu çalışma sonucunda, Adaptive Sound Shield modüllerinin ses seviyesini düşürdüğü ve çözüme yönelik çalışmanın doğrulanabilir olduğu ve sisteminin gürültü kirliliğini azaltacak bir performansa sahip olduğu görülmüştür.





Şekil 3. 9 : Adaptive Sound Shield 1000 Hz oktav bandı ses haritaları.

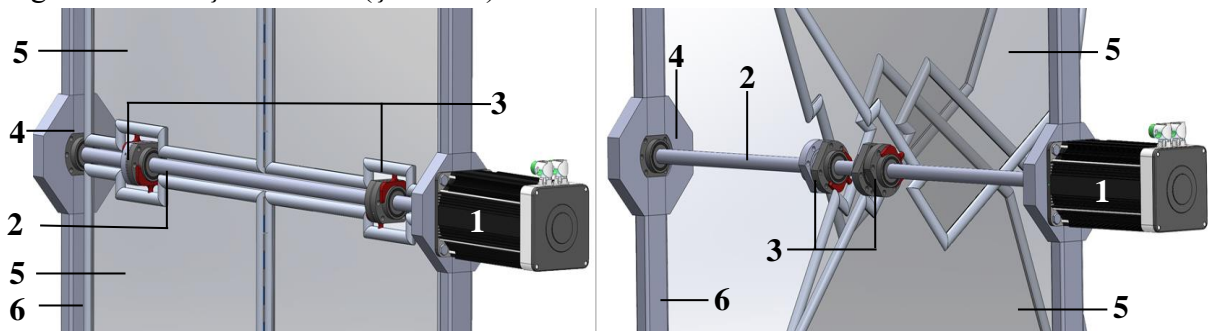
#### 4. Yöntem

Adaptive Sound Shield cephe modüllerinin üretimini mümkün kılacak olan sistem temel olarak üç ana bileşenden oluşmaktadır; mekanik imalat, elektronik kontrol ve yazılım.

İlk olarak kanatların yerleştirileceği kasa bina mimarisine uygun olacak şekilde seçilmiş alüminyum ya da paslanmaz çelik malzemeden, kaynaklı ya da cıvatalı imalat ile birleştirilecektir. Hazırlanacak prototipte 40 mmx60 mm-2mm alüminyum kutu profiller dört köşesinden köşe takozları ile birleştirilerek kasa (En:1350mm. Boy:2500mm.) halinde yerleştirilecektir.

Kanatlar ile 25mm çapında alüminyum boru kesitli profillerin bağlantısı, alüminyum kaynak ile gerçekleştirilecek; iç kısımları 4mm genişliğinde kertilerek akustik membranların bu bölümden alüminyum borunun içine girmesi sağlanacaktır. Akustik membranlar, açılan kuş gözleri vasıtasıyla alüminyum borunun içerisine gerdirilerek, setskur civatalar ile sıkılarak sabitlenecektir. Bu bölümde malzeme seçimi konusunda yapılan testlere göre, yarı saydam akustik performans kazandırılmış mikroperfore polikarbonat veya pleksiglas levha kullanılacaktır. İleriye yönelik olarak iç mekanda kullanımı ise akustik membran malzemelerden seçilebileceği düşünülmektedir (Url-2).

Kasa haline getirilen profillerin dikeylerinin tam orta noktasına vidalı milin yerleştirileceği yatak tablaları (100mmx100mm-40mm alüminyum) alüminyum kaynağı ile monte edilir. Bu alüminyum tablalara Ø30 mm vidalı mil rulmanlarının yerleştirileceği delikler delinir. Bu deliklere 25mm'lik rulmanlar yerleştirilir. Cıvatalar yardımı ile rulmanlar bağlanır. Daha sonra vidalı mil kanat yatakları ile birlikte bu rulmanlara monte edilir. Sistemi çalıştıracak olan servo motor bir kaplin ile bu vidalı mile bağlanarak alüminyum tablaya da cıvata yardımı ile bağlanarak birleştirilecektir (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1 : Adaptive Sound Shield prototip modeli mekanik aksamı (1:Motor, 2:Vidalı mil, 3:Rulmanlar, 4:Kanat yatakları, 5:Kanatlar ve 6: Kasa).

“Servo Motor Vidalı Mil Tork” hesap programı kullanılarak kanat ağırlıklarının rüzgar yükleri ile birlikte 100 kg olduğunu düşünülüş, 400 W Gücünde - 1.273Nm tork üreten bir servo motor ve bu servo motoru kontrol edebilecek servo sürücüsü seçilmiştir. Vidalı mil tork hesabı, seçilen motor ve motor sürücüsünün marka ve model bilgileri Şekil 4.2’de yer almaktadır. Elektronik aksamda ise; kasaya monte edilen bir ses algılayıcı sensör ile ortamdan toplanan veriler bir mikro işlemci tarafından derlenir. Mikro işlemci içerisine kodlanmış akıllı yazılım algoritması ile, belirli desibel değerleri aralıklarında servo motora belirli tur sayısı tanımlanarak bu tur sayıları gerçekleştirilir.

**VIDALI MİL TORK HESAPLARI**

**Genel Parametreler ve Seçenekler**

Yerçekimi İvmesi (g): 9,81 m/s<sup>2</sup> Mil Hatvesi: 5 mm

Vidalı Mil Verim: 90 % Mil Çapı: 25 mm

Mil Uzunluğu: 1200 mm

Redüktör Kullanılıyor

Sürtünme Kuvvetini Dahil Et Sürtünme Katsayısı: 0,003 Ağırlık: 100 kg

Sürtünme Kuvveti: 2,94 N

**Motor Torkuna Göre İtme Kuvveti Hesabı**

Motor Tork: 1,2 Nm

İtme Kuvveti: 138,35 Kg (1357,17 N) Sürtünme sonrası itilebilecek yük: 138,05 Kg

**İtilecek Yüke Göre Motor Torku Hesabı**

İtilecek Yük: 100 kg

Gerekli Tork: 0,87 Nm

**Mil Rezonans Frekansına Göre İzin Verilen Maksimum Vidalı Mil Devri ve İlerleme Hızı**

Yataklaşma Katsayısı: 21,9


Maksimum vidalı mil devri: 3802,08 RPM Maksimum ilerleme hızı: 19,01 m/dak

**Motor Devrine Göre Maksimum İlerleme Hızı**

Motor Devri: 2500 RPM

Bu motor devrine göre eksen hızı: 12,5 m/dak

**R2AA06040FXH00M 400W SERVO MOTOR**




Güç: 400 W  
Tork: 1.273 Nm  
Max.Tork: 4.8 Nm  
Devir: 3000/6000 RPM  
Encoder: 131072 Ps (17bit) Absolut  
Çalışma Sıcaklığı: 0°C ~ +40°C  
Max.Ortam Rutubeti: %90  
Rotor Ağırlığı: 0.412 kgcm<sup>2</sup>  
Koruma Sınıfı: IP67  
Ağırlık: 1.3 kg

Motor & Sürücü Datasheet  
Kati Model Dosyası

**b.**

**RS1A03AAWFF SERVO SÜRÜCÜ**



\* 220VAC besleme  
\* Gerçek Zamanlı Auto Tune  
\* Harici encoder/lineer cetveli desteği  
\* 5MHz pulse girişi

RS1 Sürücü Kitapçığı  
R-SETUP Yazılımı

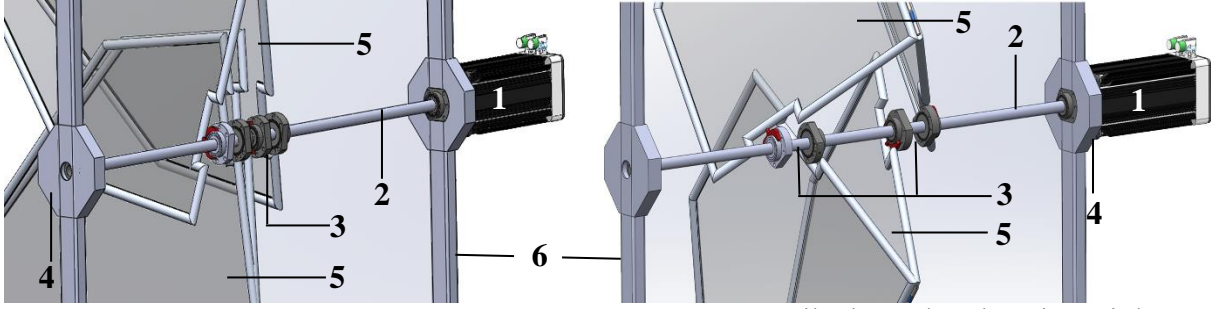
a. Şekil 4. 2a-b-c: a: Vidalı Mil Tork Hesabı, b: Prototipte kullanılacak servo motor (Url-3), c: Prototipte kullanılacak servo sürücüsü (Url-3).

Vidalı milin her turunda, mil üzerindeki kanat yatakları ileri geri hareket etmektedir. Bu hareket kanatların açılıp kapanmasını sağlamaktadır. Kanat yatakları arasındaki mesafe ( $\Delta L$ ) dB değeri ile doğru orantılıdır. Desibel değeri artıçça, motora tanımlı dönme tur sayısı artar ve kanatlar kapanır. Tersine azaldıkça, motora tanımlı dönme tur sayısı azalır ve kanatlar açık kalır.

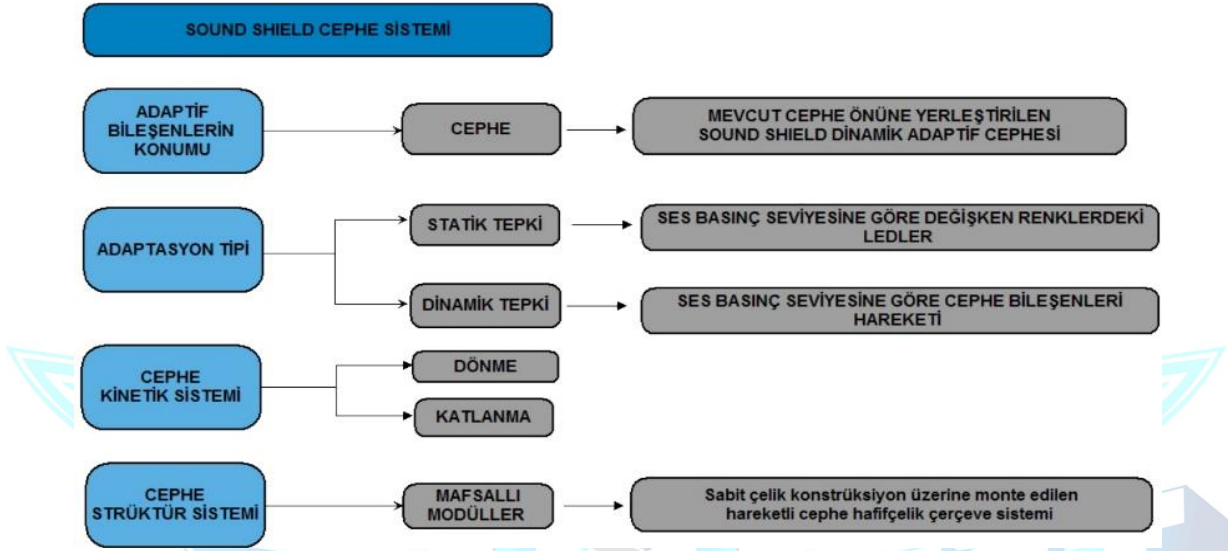
$$\Delta L = \text{Hatve genişliği} \times \text{Dönme Tur Sayısı}$$

- ❖ Cephe bileşeni 1. durum, çok yüksek ses basınç değeri: 90-140 dB- 8 Tam tur (kapalı)
- ❖ Cephe bileşeni 2. durum, yüksek ses basınç değeri: 65-90 dB- 4 tam tur
- ❖ Cephe bileşeni 3. durum, orta ses basınç değeri: 30-65 dB- 2 Tam tur
- ❖ Cephe bileşeni 4. durum, düşük ses basınç değeri: 0-30 dB- 0 tur (açık)

Kanat yatakları iki türlü vidalı somundan oluşmaktadır. Kanatlarda kullanılan somunların sağ ve sol olmak üzere dişleri terstir. Bu sayede vidalı mil sağa döndürüldüğünde vidalı somunlar birbirlerine yaklaşırken sola döndürüldüğünde birbirlerinden uzaklaşır. Bu sayede kanatların açılıp kapanmaları sağlanır. En kapalı noktası “sıfır noktası”dır. Vidalı somunlar sıfır noktasına geldiğinde birbirlerini sıkarak vidalı mil ile birlikte dönme hareketi yaparak kanatların toplanmasını sağlar. Sistemde vidalı mil kullanılmasının amacı bir adet motor kullanarak yatay akstaki birden fazla modülün birlikte çalışmasını sağlamak ve maliyeti düşürmektir. Şekil 4.3’de üç boyutlu prototip modeldeki hareket sistemi detayı ve Şekil 4.4’de yukarıda çalışma prensibi anlatılmış olan sistemin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 4.3 : Adaptive Sound Shield prototip 3d modeli mekanik aksam hareket sistemi detayı (1:Motor, 2:Vidalı mil, 3:Rulmanlar, 4:Kanat yatakları, 5:Kanatlar ve 6: Kasa).



Şekil 4.4 : Adaptive Sound Shield adaptif sistem şeması.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Gürültünün, düzensiz kentleşmenin önemli bir sorunu haline gelmesi ve yaşam kalitesini azaltması sebebiyle, tespit edilen yüksek gürültü değerlerine sahip bölgelerde, yapı cephelerinde yüksek ses basınçlarını belli oranlarda azaltacak alternatif sistem geliştirilmiştir. Aynı zamanda, bina enerji etkinliğinin yanında, çevresel yüksek gürültü düzeylerine dikkat çekerek, bina içi ses konforunun sağlanmasına yönelik proje uygulama örneklerinin yaygınlaşmasının sağlanması hedeflenmiştir. Bu bağlamda, kent ile çevre ses basınç değerleri üzerinden etkileşime geçen, kinetik sisteme sahip yapısı ile çevreye cevap veren, dinamik bir proje üzerine odaklanılmıştır.

Ses kaynağı uzaklığına ve şiddetine göre değişen ses basınç seviyesine göre kodlanan Adaptive Sound Shield cephe modülü, cephenin değişen ses değerlerine uyum sağlayacak şekilde kendini adapte edebilmesini mümkün kılmaktadır. Ortam şartlarına adapte olmak üzere hareket edebilen sistemler, mimarlıkta tepki mekanizması ile adaptasyon performansını yükseltmesi sebebiyle oldukça önemli hale gelmiştir. Günümüzde, çevre sesleri uyarlı, hafif, esnek, kendini dönüştürebilen hareketli strüktürler ile çevreye daha kolay uyum sağlayabilen adaptif sistemler mevcut değildir. Geliştirilen sistemler çoğu zaman herhangi bir analitik çalışmaya dayalı tasarlanmadığı, bir araştırmaya dayandırılmış olsa bile verilerin işlenişi çoğunlukla gerçek-zamanlı olmayıp sabit bir değer aralığına göre kurgulandığı için değişken ses seviyelerinde verimsiz ve yetersiz kalmaktadır. Bu niteliği ile sistemin, bina performansını ve dolayısıyla kentlerde yaşam kalitesini artıracığına inanılmaktadır.



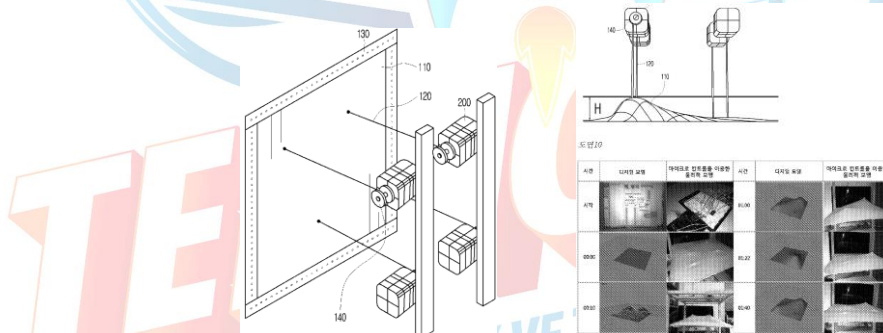
Ürünün yenilikçi yönü TÜRKPATENT tarafından da onaylanmıştır.

İTÜ Patent Değerlendirme Kurulu tarafından “patentlenebilir bir buluş” olduğu kararı verilmiş, 16/09/2019 tarihli, 2019/14039 numarası ile Türk Patent Enstitüsüne incelemeli patent başvurusu yapılmıştır.

TÜRKPATENT tarafından E-39616753-110-220158752 sayı ve 02.03.2022 tarihi ile birlikte araştırma ve inceleme raporları tamamlanmış, buluşa patent verilmesine karar verilmiştir. Söz konusu karar ve patent, işlemin son aşaması olan Resmi Patent Bültenindeki altı aylık yayımlanma sürecindedir. TÜRKPATENT kararının ardından 16.03.2022 tarihinde PCT/TR2020/050841 numaralı PCT başvurusuna yönelik olarak Amerika Birleşik Devletleri’nde 17760792 sayı ile patent başvurusu yapılmıştır.

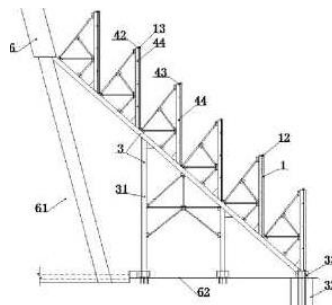
Türk Patent araştırma raporuna göre 3 adet doküman buluşa referans olarak gösterilmiştir. Rapora göre, tespit edilen üç adet buluş ile yapılan karşılaştırma sonucunda, Adaptive Sound Shield cephe modülü sisteminin patent verilebilme kriterlerini (yenilik, buluş basamağı ve sanayiye uygulanabilirlik) karşıladığı belirtilmiş ve alanında uygulanmış bir örneğin olmadığı sonucuna varılmıştır. Referans projelerin detayları ve farklılıkları aşağıda yer almaktadır.

- **KR101602724B1** sayılı Avrupa Patent dökümanında, mimari teknoloji, yenilikçi dijital teknolojinin gelişmesi özellikle, mikro denetleyici ve robotik olarak temsil edilen dijital yapı teknolojisini bina teknolojisine entegre ederek yapılandırılan deneysel kinetik etkileşimli mimari bir sistemden bahsetmektedir. Söz konusu sistemde bir dış kaplama, dış kaplamayı halatlarla çeken ve motorlar içermektedir. Dışarıdan gelen müziklerin ses alıcısı ile alınması ve bir mikro işlemci ile işlenmesiyle, motorlar hareket ettirilmekte ve bu sayede dış kaplama hareket ettirilerek kinetik etkileşimli bir mimari elde edilebilmektedir (Şekil 5.1).



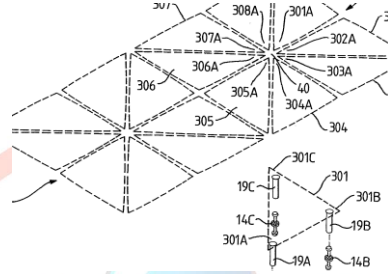
Şekil 5. 1 : KR101602724B1 sayılı patent imajları (Url 4-5-6).

- **WO2017139968A1** sayılı Avrupa Patent dokümanında, gürültü kontrolü teknik alanından bahsedilmektedir. Özellikle büyük hiperbolik doğal havalandırmaya karşı akımlı ıslak soğutma kulesinin gürültü havasının yayılmasını engelleyebilen bir hiperbolik soğutma kulesi susturma sisteminden bahsedilmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5. 2 : WO2017139968A1 sayılı patent imajları (Url 4-5-6).

- **WO197202A1** sayılı Avrupa Patent dokümanında, hareketli bir dış yüzey görüntüleme sisteminden bahsedilmektedir. Söz konusu sistemin pnömatik pistonlar, elektrikli step-servo sistemleri ve hidrolik pistonları içerdiğinden bahsetmektedir. Kaplama yüzeyinde ekranı içeri ve dışarı hareket ettirmek için kullanılabilen bir mekanik aktüatör mevcuttur. Böylece mekanik aktüatör kendi başına pnömatik, hidrolik veya elektrikselsel olarak hareket edebilmektedir. Elektronik kontrol sistemi fiziksel görüntüleme aparatını kontrol eder, pozisyon bilgisini alır ve böylece yüzeyin hareket modellerini etkin bir şekilde kontrol eder. Hareket modu çıkış sinyallerinden alınan verilere göre yorumlanır. Pistonların döndükleri frekans görüntü kontrollü bir değişken ile ayarlanabilmektedir (Şekil 5.3).



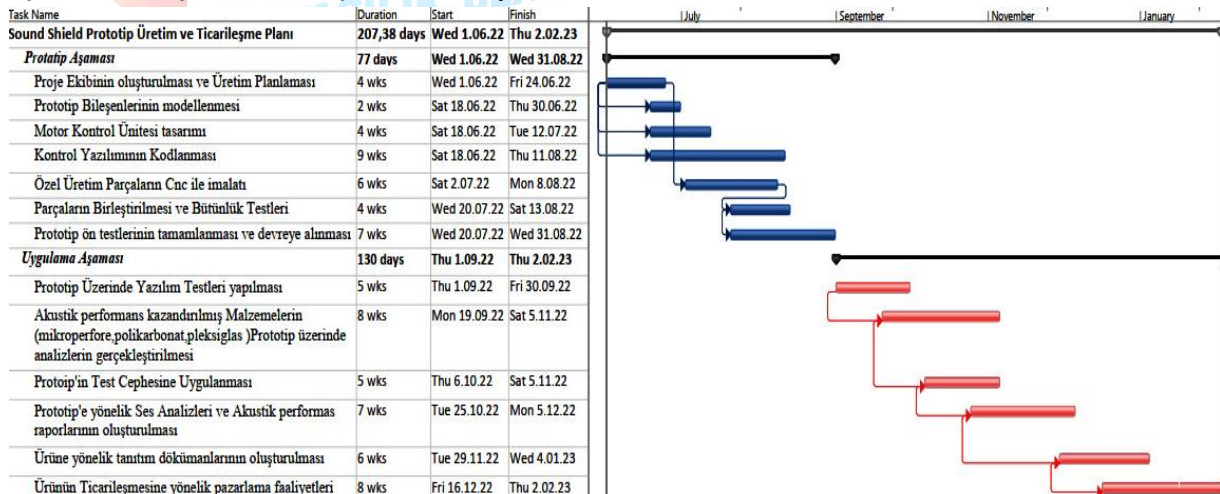
Şekil 5.3 : WO197202A1 sayılı patent imajları (Url 4-5-6).

## 6. Uygulanabilirlik

Projenin gerçekleştirilmesine yönelik genel olarak uygulanabilirlik seviyesi oldukça yüksektir. Türk Patent araştırma ve inceleme raporlarında da yenilik kriteri, buluş basamağı ve sanayiye uygulanabilirlik kriterlerini sağladığı uzman raporları ile bildirilmiş yenilikçi bir üründür. Projeyi geliştiren takım kaptanı Öznur Çakır, kurucusu olduğu “Öznur Çakır Mimarlık Müh. İnş. Ltd Şti.” (ocadomimarlik.com) bünyesinde mimari proje çalışmalarına devam etmekte olup, önerilen sistemin gerçekleştirilmesine ait finansal açıdan bir risk bulunmamaktadır. Ayrıca Andaç Otomotiv A.Ş. firması ile servo motor dışındaki tüm mekanik parçaların yerli olarak imalatı görüşülmüş olup, üretim onayları alınmıştır.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Hazırlanan iş akış ve zaman planlamasına göre Adaptive Sound Shield modülüne ait prototipin çalışabilir halde üretimi için 8 aylık bir süre öngörülmektedir. Öngörülen süreye yönelik zaman çizelgesinin, iş paketi bazında ayrılmış olarak ve ön görülen sürelerle göre yapılacak işlerin açıklamaları Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de yer almaktadır.



Şekil 7.1 : Zaman Planlaması (Tablo -1).

Sound Shield Prototip Üretim ve Ticarileşme Planı																					
İş Paketi	Proje Dönemi Hafta/Ay Adı/Açıklama	Prototip Aşaması												Uygulama Aşaması							
		Haz.22			Tem.22			Ağu.22			Eyl.22			Eki.22		Kas.22		Ara.22		Oca.23	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Prototip Üretim Aşaması	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
1.1	Proje Ekibinin oluşturulması ve Üretim Planlaması	X	X	X	X																
1.2	Prototip Bileşenlerinin modellenmesi		X	X																	
1.3	Motor Kontrol Ünitesi tasarımı		X	X	X	X															
1.4	Kontrol Yazılımının Kodlanması		X	X	X	X	X	X	X												
1.5	Özel Üretim Parçaların Cnc ile imalatı					X	X	X	X	X											
1.6	Parçaların Birleştirilmesi ve Bütünlük Testleri								X	X	X	X									
1.7	Prototip ön testlerinin tamamlanması ve devreye alınması								X	X	X	X	X	X							
2	Uygulama Aşaması												X	X	X	X	X	X	X	X	
2.5	Prototip Üzerinde Yazılım Testleri yapılması												X	X	X	X					
2.6	Akustik performans kazandırılmış Malzemelerin (mikroperfore, polikarbonat,pleksiglas )Prototip üzerinde analizlerin gerçekleştirilmesi												X	X	X	X	X				
2.7	Protoip'in Test Cephesine Uygulanması														X	X	X	X			
2.8	Prototip'e yönelik Ses Analizleri ve Akustik performas raporlarının oluşturulması														X	X	X	X	X		
2.9	Ürüne yönelik tanıtım dökümanlarının oluşturulması															X	X	X	X	X	
2.10	Ürünün Ticarileşmesine yönelik pazarlama faaliyetleri																X	X	X	X	

Şekil 7. 2 : Adaptive Sound Shield prototip üretim zaman planlaması ve ticarileşme planı (Tablo-2).

### 7.1.Prototip Üretim Aşaması

Adaptive Sound Shield prototip üretim aşamasında, proje ekibi oluşturulduktan sonra yer alan zaman çizelgesine uygun olarak üretim planlaması süreçleri ve prototip bileşenlerinin malzeme listesine uygun şekilde modellemesi gerçekleştirilecektir. Bu sürece paralel olarak motor kontrol ünitesi tasarımı ve kontrol yazılımının kodlanması süreci devam edecektir.








Parçaların birleştirilmesi ve bütünlük testleri ve prototip ön testlerinin tamamlanarak devreye alma işlemlerine yaklaşık 2 aylık bir süre ayrılmış olup, bu işlemler tamamlandıktan sonra prototipin gerçek bir cephe üstünde denemelerinin akustik analizlerinin yapılacağı uygulama aşamasına geçilecektir.

### 7.2.Uygulama Aşaması

Prototip'in yapısal bütünlüğü sağlandıktan sonra servo motorlar ile mekanizmanın çalışmasına yönelik yazılım testlerine başlanacaktır. Bu testler yapılırken ses algılayıcı sensörlerin uyumları ve yazılımla algoritmik olarak uyumlarına da bakılacaktır. Akustik performans kazandırılmış malzemelerin (mikroperfore, polikarbonat, pleksiglas ) prototip üzerinde test edilerek en iyi sonuç veren malzemenin seçilmesine olanak sağlanacaktır. Bu süreç sonrasında prototip test cephesi üstünde test edilecek, ses analizleri ve akustik performansa yönelik raporlama çalışması tamamlanacaktır. Prototip için kullanılacak malzemelerin listesi ve ortalama maliyetleri Şekil 7.3'de yer almaktadır.

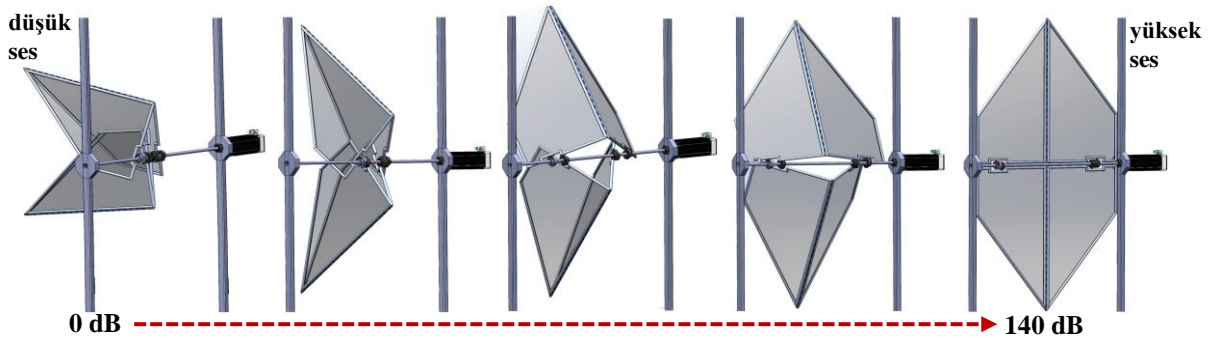


### 7.3.Kullanılacak Malzeme Listesi

POZ	MALZEME	AÇIKLAMA	Br Fiyat	Adet	Toplam Fiyat
1	Kasa Konstrüksiyon Ankraajı	8 mm Kalınlığında Galvaniz Levha	₺200,00	4 Adet	₺800,00
2	Kasa Konstrüksiyonu	50X100mm Alüminyum kutu profil	₺1.500,00	1 Adet	₺1.500,00
3	Kasa konstrüksiyonu için alüminyum bağlantı elemanları	Köşe takozları, Vida, Civata, Somun pul vb sarf malzemeler.	₺250,00	1 Adet	₺250,00
4	Akustik kanat konstrüksiyonu	Ø20mm Alüminyum Profil	₺500,00	4 Adet	₺2.000,00
5	Akustik kanat konstrüksiyonu için takoz ve bağlantı elemanları	Köşe takozları, Menteşeler Vida, Civata, Somun pul vb sarf malzemeler.	₺500,00	4 takım	₺2.000,00
7	1- İç Mekan : Akustik Membran 2-Dış Mekan : Akustik performans kazandırılmış mikroperfore yarısaydam polikarbonat veya pleksiglas (5 mm.)		₺500,00	3 m <sup>2</sup>	₺1.500,00
8	Servo motor		₺10.000,00	1 Adet	₺10.000,00
	Motor tutucu braket		₺45,00	2 Adet	₺90,00
	Kaplin		₺115,00	1 Adet	₺115,00
10	Servo motor sürücüsü		₺2.000,00	1 Adet	₺2.000,00
11	Servo motor elektrik iletim kabloları		₺1.000,00	1 Adet	₺1.000,00
12	Elektrik Kontrol Panosu		₺1.000,00	1 Adet	₺1.000,00
13	Ses algılayıcı Sensörler		₺500,00	1 Adet	₺500,00
14	Vidalı mil ve bağlantı aparatları		₺500,00	1 Adet	₺500,00
15	Vidalı mil yatakları		₺100,00	2 Adet	₺200,00
16	vidalı mil somun gövdesi		₺100,00	4 Adet	₺400,00
17	Akustik Kanat vidalı mil somunu bağlantı aparatları	Alüminyum kütük malzemeden CNC tezgahlarda prototipe özel olarak üretilecektir.	₺1.000,00	1 takım	₺1.000,00
18	Elektronik kontrol ünitesi imalatı		₺5.000,00	1 takım	₺5.000,00
19	Kontrol ünitesi yazılım maliyeti		₺5.000,00	1 takım	₺5.000,00
<b>Toplam Prototip Malzeme Maliyeti</b>					<b>₺ 34.855,00</b>

Şekil 7. 3 : Malzeme listesi ve maliyet analizi.

Prototipin verilen malzeme listesine göre hazırlanan 3 boyutlu modeli üzerinden hareket mekanizması çalışmasını gösteren görsel Şekil 7.4'de verilmiştir.



Şekil 7. 4 : Prototip 3d modelinde düşük ses basıncından yüksek ses basıncına göre kanatların açılarak yüzey alanını genişletmesi ve ses bariyeri niteliği kazanması.

## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Adaptive Sound Shield projesinin birçok farklı hedef kitlesi bulunmaktadır. Öncelikle temel problemin çıktığı nokta olan gürültü kirliliği sorununa yönelik tüm kullanıcıları içermektedir. Bu konuyu detaylandırmak gerekirse özellikle metropollerde İstanbul, Ankara, İzmir gibi nüfus yoğunluğu çok fazla olan şehirlerde yer alan yapıların dış yüzeylerine uygulanarak bu yapılarda yaşayan ve çalışan kullanıcıları hedeflemektedir. Diğer bir hedef noktamız ise projemizin kapalı alanlarda uygulanabilmesinden dolayı konser, oditoryum, konferans salonları gibi değişken ses düzeyi istenen kapalı mekanlara çözüm önerisi sunabilecektir. Bu nedenle, bu alanlardaki etkinliklere katılan kullanıcı grupları da projemizin hedef kitlesi içinde yer almaktadır.

## 9. Riskler

Projenin gerçekleştirilmesine yönelik genel olarak risk faktörleri minimum seviyededir. Projeyi geliştiren başvuru sahibi aynı zamanda kendi şirketi olan Öznur Çakır Mimarlık Müh. İnş. Ltd Şti. ile mimari proje geliştirmeye devam etmekte olup finansal açıdan risk bulunmamaktadır. Ayrıca Andaç Otomotiv A.Ş. firması ile servo motor dışındaki tüm mekanik parçaların yerli olarak imalatı görüşülmüş olup, üretim onayları alınmıştır. Fakat iş akış tablomuz ve faaliyet planımıza uygun olarak olabilecek aksaklıklara yönelik ek önlemler ve B-Planı ve risk matrisi Şekil 9.1a-b’de yer almaktadır.

RİSK ANALİZİ TABLOSU							
Risk No	Hatanın Cinsi	Şiddet	olasılık	Fark edilebilirlik	Risk Öncelik Katsayısı	Risk Sırası	Uygulanacak Tedbirler
R1	Malzeme tedariginde uzun Termin Süreleri.	9	7	5	21	2	Alternatif Tedarikçiler Bulunması.
R2	Tasarlanan mekanik, elektrik ve yazılım kısımlarının birbirleri ile uyumlu çalışmaması.	6	9	1	16	5	Revizyon işlemleri yapılması.
R3	Çevresel etkilere maruz kalan malzemelerin Çalışma kabiliyetlerini kaybetmeleri.	5	4	6	15	6	Hassas olabileceği düşünülen parçaların çevresel etkilerden korumak amacıyla muhafaza altına
R4	Yüksek Rüzgar yüklerinde, yeterli dayanım gösterememesi.	9	3	5	17	4	Kesit alanı daha büyük olan yatay yüklere dayanımı daha yüksek olan profiller ile kasa kanat profillerinin
R5	Montaj İşleminde meydana gelecek aksaklıklar	4	9	1	14	7	Çalışma Süresinin arttırılması yada yeni montaj personellerinin ekibe dahil edilmesi.
R6	Yazılım ve kontrol ünitelerinde meydana gelebilecek aksaklıklar.	9	6	9	24	1	Gerektiğinde konusunda profesyonel insanlardan destek almak.
R7	Değişken kur ve yüksek enflasyondan dolayı proje bütçesinin aşılması	7	5	8	20	3	Proje maliyetinin detaylı yapılması ve kritik parçalarının siparişinin proje başında yapılması.
R8	Analiz kısmında yapılacak hatalar.	5	4	1	10	8	Analizlerin yeniden yapılması
R9	Proje zamanının aşılması	3	4	1	8	9	Proje’de çalışan kişi sayısının arttırılması ya da kritik bölümler için dışarıdan destek almak

**Not:** Alanında uzman kişilerle yaptığımız görüşmelerde, yukarıdaki listelenen riskler için 1-9 a kadar puan verilmesi istenmiş kişilerin ortalama değerleri tabloya işlenerek Risk Öncelik Katsayıları belirlenmiştir. (1 :en az riskli - 9: En çok riskli)

a.

RİSK MATRİSİ			
	ETKİ →		
OLASILIK ↑	R2	R1	R6
	R3	R7	R4
	R5	R8	R9

b.

	Yüksek Risk
	Orta Risk
	Düşük Risk

Şekil 9. 1a-b : a: Risk Analiz Tablosu, b: Risk Matrisi.

## KAYNAKÇA

**Ajansı, A. Ç. (2020).** *'Noise in Europe' Avrupa'da Gürültü .*

**Aydoğan, Ö. Ç. (2018).** *Ses Verileri Etkileşimli Dinamik Adaptif Bir Cephe Önerisi.* İstanbul.

**Field, J. M. (1993).** Effect of personal and situational variables upon noise annoyance in residential areas. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2753-2763.

**Hintzsche, M., Jäcker-Cüppers, M., Dieter Marohn, H. & Schade, L. (2008).** Gürültü Azaltım Önlemleri El Kitabı

**Moloney, J. (2007).** A Framework for the Design of Kinetic Façades. *Computer-Aided Architectural Design Futures (CAADFutures)* (s. 461-474). Dordrecht,Holland: Computer-Aided Architectural Design Futures.

**Url-1 :** Gürültü ses desibel aralığı ve insan sağlığına etkileri

<<http://gurultu.cevreorman.gov.tr/gurultu/AnaSayfa/gurultu/sagliketkileri.aspsflang=tr>>

**Url-2:** İç Mekan Kullanımı için akustik membran

<<https://www.sergeferrari.com/tr-tr/urunler/alphalia-grubu/alphalia-silent-aw>>

**Url-3:** Prototipte seçilen servo motor ve servo sürücüsü

<<http://www.robosan.com.tr/servo/R2AA06040F.htm>>

**Url-4:** Patent Araştırması

< <http://worldwide.espacenet.com> >

**Url-5:** Patent Araştırması

< <http://www.wipo.int/patentscope/search/en/structuredSearch.jsf>

**Url-6:** Patent Araştırması

><http://online.tpe.gov.tr/EPATENT/servlet/PreSearchRequestManager>