

CHLADNI DESENLERİ İLE DENEYSEL BİR ÜÇ BOYUTLU FORM BULMA SÜRECİ

AN EXPERIMENTAL THREE-DIMENSIONAL FORM- FINDING PROCESS WITH CHLADNI PATTERNS

Alim Battal *

Öz

Bu çalışma, hareket etkisinde tasarım bağlamında sesin görselleştirilmesi yoluyla biçim bulma süreçleri için bir yöntem oluşturmaya odaklanmaktadır. Farklı ses frekanslarının görsel olarak algılanmasını sağlayan Chladni desenleri çalışmanın merkezinde yer almaktadır. Chladni desenlerini dijital olarak üretmek ve bunları 3 boyutlu modellere dönüştürmek için bir dizi yöntem ve araç kullanılarak üretken bir tasarım süreci geliştirilmiştir. İki boyutlu desenleri matematiksel olarak ifade eden Chladni formülüne göre desenlerin Java kodu ile dijital ortama aktarılması, dijital ortamda yeniden üretilen iki boyutlu sayısal desenlerin üst üste bindirilmesi ve Marching Cube algoritması ile iki boyutlu desenlerin üç boyutlu geometrilere dönüştürülmesi çalışmanın yöntemini oluşturmaktadır. Çalışma sonunda geliştirilen form bulma yönteminin mimari potansiyelini tartışmak amacıyla, farklı kentsel alanların frekans değerleri kullanılarak pavilyon tasarımlarına yönelik tasarım alternatifleri sunulmuştur. Sonuç olarak, geliştirilen üretken yaklaşım aracılığıyla, mimarlık, resim ve heykel gibi plastik sanat disiplinlerindeki tasarımcılara birçok potansiyel tasarım alternatifi sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Form Bulma, Sesin Görselleştirilmesi, Chladni Desenleri.

Abstract

This study focuses on creating a method for form-finding processes through the visualization of sound in the context of motion-influenced design. Chladni patterns, which enable the visual perception of different sound frequencies, are at the center of the study. Using a variety of methods and tools, a generative design process is made that can digitally make Chladni patterns and turn them into 3D models. Transferring the two-dimensional patterns to the digital environment with Java code according to the mathematical formula, superimposing the two-dimensional digital patterns, and transforming them into three-dimensional geometries with the marching cube algorithm are the basic steps carried out in the study. Using the frequency values of various urban areas, the form-finding approach created at the conclusion of this study was applied to pavilion designs in order to discuss its architectural potential. As a result, this generative approach offers many potential design alternatives to designers in plastic arts fields such as architecture, painting, and sculpture.

Keywords: Form-finding, Sound Visualization, Chladni Patterns.

Araştırma Makalesi // Başvuru tarihi: 30.03.2023 – 12.06.2023.

* Araştırma Görevlisi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, abattal@fsm.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7530-4274>.

1. Giriş

“Hareket” terimi, zaman içinde konum veya yer değiştirme sürecidir (Terzidis, 2003:33). “Animotion” ve “Motion” terimleri ise hareketi tanımlamak için kullanılan bazı ifadelerdir. Ancak bu terimler birbirleriyle tam olarak aynı anlamı taşımamaktadır. Motion; eylemi ve hareketi ima ederken, animotion: formun evrimi ve onu şekillendiren güçleri ima eder. Tasarımda hareketi ima eden “Animate Design” kavramı ise, biçimsel kavrayış anında hareket ve kuvvetin birlikte mevcudiyeti olarak tanımlanır. Kuvvet bir başlangıç koşuludur hem hareketin hem de bir formun belirli dönüşümlerinin nedenidir. Hareket ve kuvvetin bu birlikteliği, formun oluşumu ve dönüşümü üzerindeki en büyük etkenler olarak görülebilir. Zamanın ve hareketin birbirini takip eden bir modeli ise, formun onu harekete geçiren güçlerinden ayrılmasına direnir. Bu bağlamda formu, onu oluşturan kuvvetler ile ele almak, kuvvetlerin form üzerindeki dönüşümlerini kaydetmek ve sıralamak, ‘hareket etkisinde tasarıma’ yönelik temel prensiplerdir (Lynn, 1999:12).

Tasarımı oluşturan kuvvetlerin veya etmenlerin soyutlaması hareketin bir tezahürü olabilir. Kinetik form, zamanın ve hareketin statik bir formda içselleştirilmesi veya soyutlanmasıyla da elde edilebilir. Bu durum gözlemcinin hareketi algılamasına izin verir (Çalışır, 2014:215). Terzidis’e göre (2003:5), kinetik form, formu oluşturan hareketin kalıcı bir biçim üzerinde tasviri olabilir. Hareketi donmuş bir yapıda algılatan bu illüzyon “dondurulmuş hareket/an” olarak ifade edilebilir (Terzidis, 2003:5). Donmuş anı ifade eden bu illüzyon dinamik ve statik özellikleri birlikte taşır. Tasarım sürecinin karakteristiği ve esnek yapısı göz önünde bulundurulduğunda, bu dondurulmuş anın formu aslında dinamiktir. Fakat, üretim aşamasında formun artık durağan ve statik olduğu varsayılır (Çalışır, 2014:125).

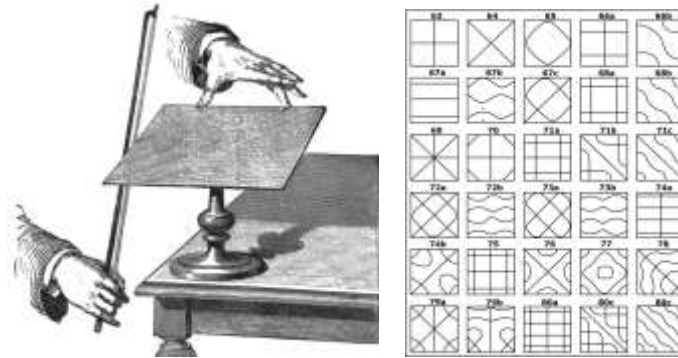
Bu çalışma, sesi bir hareket unsuru olarak ele almayı ve bu hareketin form bulma süreçlerinde kullanılmasını içermektedir. Sesin yaratmış olduğu periyodik kuvvetler zamanla form ve madde üzerinde değişim ve dönüşüm sağlamaktadır. Sesin barındırdığı periyodik kuvvetlerden ve bu kuvvetlerin zamanla form üzerindeki dönüştürücü etkisini görsel olarak ifade eden desenlerinden yararlanan bu çalışma, tasarımcılara 3 boyutlu form bulma süreçlerinde yeni alternatifler sunmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, çalışma sonunda

üretilen formlarını pavyon tasarımlarına yönelik sunduğu alternatifler buldukları ortamların ses verilerinden üretilmiştir. Böylelikle, belirli bir yerde sesin nasıl görüldüğünü görünür kılmak ve kullanıcıda çoklu duyuşsal deneyim uyandırmak ayrıca hedeflenmektedir.

Bu kapsamda, çalışmanın yöntemi üç temel adımdan oluşmaktadır: sesin farklı frekans değerlerini temsil eden 2 boyutlu Chladni desenlerinin matematiksel formülasyonu yardımıyla dijital ortamda üretmek (1), hareketin donmuş bir 'an'ını temsil eden iki ayrı Chladni desenin üst üste bindirmek (2), ve üst üste bindirilen desenlerin nokta bulut kümeleri ve Marching Cube algoritmasının faydalanarak 2 boyutlu desenlerden 3 boyutlu formlar oluşturmak (3). Bu yöntemle elde edilen 3 boyutlu formların mimari potansiyellerini tartışmak üzere, farklı kamusal alanların ses verilerinden yararlanarak pavyon tasarımlarına yönelik form alternatifleri türetilmiştir.

2. Arka plan

Doğal bir fenomen olarak hayatın her anında var olan ses, işitsel organlar tarafından hızlı bir şekilde algılanabilir, hissedilebilir. Fakat sesin, işitsel organlar dışında farklı bir şekilde algılanması mümkün müdür? Ses görsel olarak algılanabilseydi nasıl görünürdü, neye benzerdi? Bu sorulara yanıt bulmak amacıyla, 18.yy başlangıcıyla birlikte pek çok araştırmacı sesi görsel olarak algılamaya yönelik bir takım arayışlar içerisine girmişlerdir. Ernst Chladni, sesin görselleştirilmesine yönelik ilk çalışmaları yürütmüştür (Görsel 1) (Skrodzki, 2016:481).

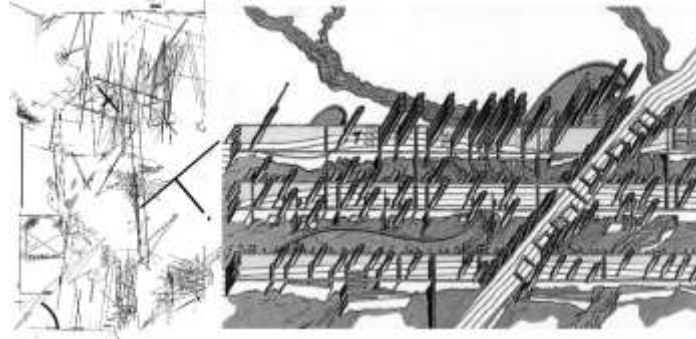


Görsel 1. William Henry Stone, *Elementary Lessons on Sound* Kitabından Chladni Deney Düzenegi (solda), 1879 ve Ernst Chladni, *Acoustics* Kitabından Chladni Desenleri (sağda), 1802.

Chladni, partikül olarak adlandırılan un tanelerini metal plakalar üzerine serpmiş ve keman yardımıyla metal levhayı titreştirerek ses titreşimlerini göstermeyi başarmıştır (Jenny,

2001:21). Plaka üzerinde belirli noktalarda düğümler ve anti düğümler oluşarak sesin titreşimini temsil iki boyutlu desenler ortaya çıkmıştır (Görsel 1) (Skrodzki, 2016:481). Bu desenler, sesin ürettiği periyodik kuvvetlerin form üzerinde yarattığı değişimin anlık görüntüsü olarak yorumlanır.

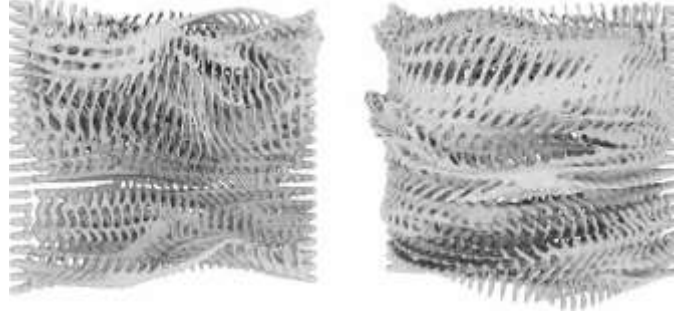
Sesin bir tasarım aracı olarak kullanılması tarih boyunca süregelen bir olgudur. Mimarlık gibi çeşitli tasarım disiplinlerinde, müziğin anlamsal ve biçimsel öğeleri tasarımcılar için ilham kaynağı olmuştur. Örneğin, Alberti, yapılarında yakalamaya çalıştığı ahenk ve uyumu müzikal oranlardan hareket ederek ortaya çıkarır. Benzer şekilde Daniel Libeskind, Oda Orkestrası müziğini mekân üzerinde yarattığı akustik etkiden esinlenerek "Chamber Works" adlı çalışmasını üretmiştir (Görsel 2) (Cappana, 2009:258). Çizmiş olduğu eskizler akorlardan ve melodilerden ortaya çıkan müziğin strüktürünü temsil etmektedir. Peter Cook, "Bloch City" adlı eserinde, Ernest Bloch'un keman konçertosunun notalarını binalara ve aralarındaki çizgileri de sokaklara dönüştüğü bir şehir manzarası tasarlamıştır (Görsel 2) (Cappana, 2009:262).



Görsel 2. Daniel Libeskind, *Chamber Works* (solda), 1983 ve Peter Cook, *Bloch City* (sağda), 1985.

Yürütülen bu çalışmada olduğu gibi, sesin barındırdığı periyodik kuvvetleri, fiziksel formlar oluşturmak için temel kaynak olarak kullanan bazı çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin, sesi harici kuvvet olarak ele alan ve malzeme üzerindeki dönüştürücü etkisinden esinlenen Winka Dubbeldam 2004 yılında "Soundscapes" adlı bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmada, bir besteci tarafından üretilen müziğin frekansları, dijital ortamda modellenen başlangıç modelini deforme etmiş ve böylece sesi bir deformasyon aracı olarak değerlendirmiştir. Dubbeldam ve ekibinin yürüttüğü bu çalışma neticesinde elde edilen üç boyutlu geometriler Uluslararası Yapı Müzesi'nde sergilenmiş ve ziyaretçilere mekân ve ses

arasındaki ilişki farklı bir akustik deneyim olarak sunulmuştur. (http 1). 2012 yılında Pinar Çalışır'ın yürüttüğü "The Sound Motion Streaks"projesi, ses dalgalarının, ortamda bulunan lineer elemanlar ve bu elemanlar üzerinde bulunan partikülleri hareket ettirmesi sonucunda üç boyutlu formların üretimini içermektedir (Görsel 3) (Çalışır, 2016:33).



Görsel 3. Pinar Çalışır, *The Motion Streaks Projesi*, 2012

3. Yöntem

Sesi, hareket etkisinde tasarım bağlamında üretken tasarım süreçleri için bir form bulma aracı olarak kullanmak bu projenin temel motivasyonudur. Bu bağlamda, Ernst Chladni'nin sesi görsel olarak algılayabilmek amacıyla yürüttüğü Chladni deneyleri, bu projenin çıkış noktasını oluşturur.

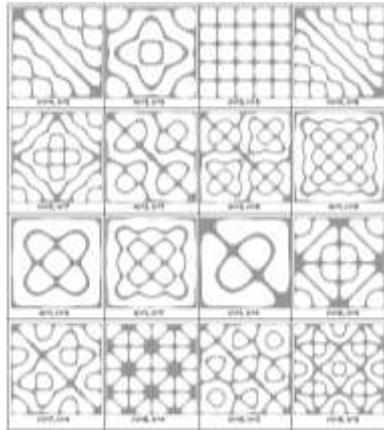
Çalışma üç temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, sesin farklı frekans değerlerini temsil eden 2 boyutlu Chladni desenlerini matematiksel formülasyon yardımıyla dijital ortamda üretmeyi içerir. İkinci aşama, hareketin donmuş bir 'an'ını temsil eden ve dijital ortamda elde edilen iki ayrı Chladni deseni süperpoze etmeyi ve frekans parametresine bağlı olarak desenlerin değişimini kapsar. Son aşama ise, üst üste bindirilen desenlerin nokta bulut kümeleri ve Marching Cube algoritması yardımıyla 2 boyutlu desenlerden 3 boyutlu formlar oluşturmayı içerir. Çalışmanın son kısmında ise, geliştirilen form bulma yönteminin sanatsal ve mimari potansiyellerini keşfetmek üzere, farklı kentsel mekanların ses verilerinden yararlanan pavyon tasarımları geliştirilmiştir.

3.1 Chladni Desenlerinin Dijital Üretimi

Chladni deney düzeneği, merkezde bir noktada sabitlenmiş bir hoparlör ve titreşmeye zorlanmış plaka veya tamburdan oluşur. Yüzeğe ince bir kum veya toz serpilir ve hoparlörün plakayı titreştirmesiyle kum tanelerinin yüzeyde yerleşmeleri sağlanır. Bu yerleşmeler yüzeyin titreşmeyen kısımlarında, yani titreşim düğümlerinde oluşmaktadır (html 2). Chladni deneylerine kullanılan plakanın geometrisi oluşan desenlerin şeklini etkilemektedir. Örneğin, kare bir plaka üzerinde oluşan desenler, üçgen veya daire formundaki plakalar üzerinden oluşan desenlerden farklıdır. Bu çalışmada, kare şeklindeki bir plakadan oluşan Chladni deneyinin simülasyonunu yapılmaktadır. Fiziksel simülasyonların analizleri sonucunda araştırmacılar, oluşan desenleri matematiksel formüller ile ifade etmeye çalışmışlardır. Yürütülen bu çalışmada 2 boyutlu Chladni desenleri, desenlerin geometrik biçimlenişi açıklayan matematiksel denklem aracılığıyla simüle edilmiş, dijital ortamda temsilleri üretilmiştir. Merkezden sabitlenmiş ve bir kenarı L uzunluğuna sahip kare bir Chladni plakası üzerinde oluşan desenlerin matematiksel formülasyonu şu şekildedir:

$$\cos(n\pi x/L)\cos(m\pi y/L) - \cos(m\pi x/L)\cos(n\pi y/L) = 0 \quad (1)$$

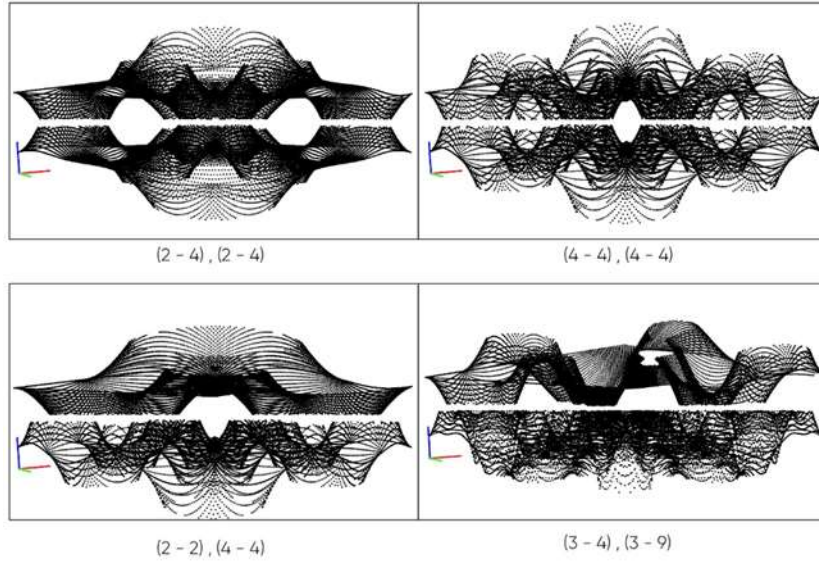
Bu denklemde yer alan m ve n değerleri desenler üzerinde yer alan düğümleri temsil etmektedir. Değişken m ve n değerleri plaka üzerinde farklı desenler oluştururlar. Bu temel formül aracılığıyla Chladni desenleri dijital ortama aktararak simüle edilmiştir. Simülasyon için Java tabanlı Processing 3 IDE'sinden yararlanılmıştır. İlk etapta sabit parametrelere bağlı tek bir Chladni deseni elde edilmiştir. Daha sonra, Processing ortamında geliştirilen arayüz sayesinde desenler üzerindeki düğüm noktalarını temsil eden m ve n parametrelerine değerler atanmış, sesin farklı frekans değerlerine karşılık gelen çok sayıda Chladni deseni üretilmiştir. (Görsel 4).



Görsel 4.Sesin Farklı Frekans Değerlerine Denk Gelen Chladni Desenlerinin Dijital Temsili

3.2 Desenlerin Süperpozisyonu

Sesin farklı frekans değerlerindeki görsel temsilleri olan farklı geometrilere sahip 2 boyutlu Chladni desenleri, 3 boyutlu geometriler elde etmek için süperpoze edilmiştir. Bu işlem farklı iki desenin uzayda üst üste konumlanmasını ifade etmektedir. Ardından, üretilen 2 boyutlu desenlerin nokta kümelerine, düşeyde etki eden bir kuvvet neticesinde nokta kümeleri deformasyona uğratarak desenlere üçüncü boyut kazandırılmıştır (Görsel 5). Düşeyde etki eden bu kuvvet, Chladni deneyleri esnasında ses dalgasının metal levhaya uyguladığı ve parçacıkların levha üzerinde sekmesine yol açan kuvvetin temsilidir.

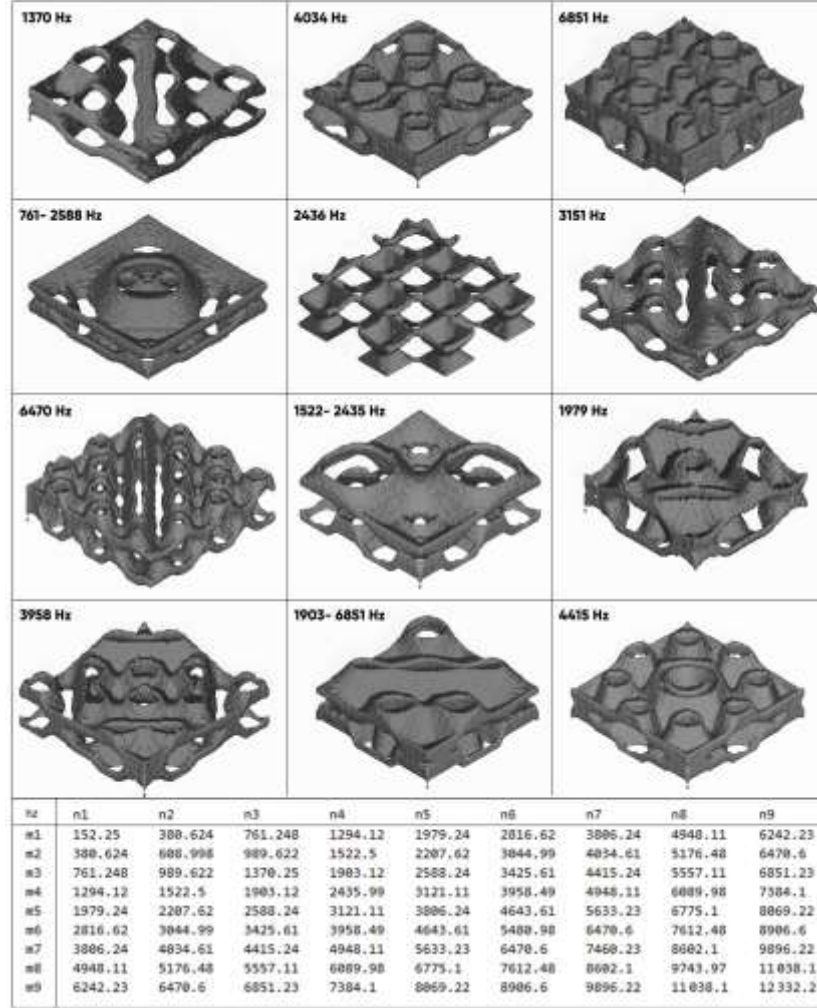


Görsel 5.Desenlerin Süperpoze Edilmesi ve Nokta Kümelerinin Yükseltgenmesi

3.3 Marching Cube Algoritması ile 3 Boyutlu Form Üretimi

Marching Cube algoritması, noktaların üç boyutlu koordinat düzlemindeki yerini temsil eden voxel verisinden yararlanarak yüzeyler oluşturan algoritmadır. Küp elemanlar içerisine önceden yerleştirilen yüzey kombinasyonlarının en uygunlarını seçerek verilen voxel uzayını sınırlayan hacimler oluşturur (Shu vd., 1995:4). Sesin farklı frekans değerlerini temsil eden Chladni desenlerine ait nokta kümelerinin düşey ekseninde yükseltgenmesinin ardından, *Marching Cube* (Yürüyen Küp) algoritması ile 3 boyutlu formlar oluşturulmuştur. Oluşan

geometriler, sesin farklı frekans değerlerini temsil eden sürekli yüzeylerdir (Görsel 6).



Görsel 6. Marching Cube Algoritması ile Elde Edilen 3 Boyutlu Chladni Modelleri

4. Mimari Form Üretiminde Ses

Fiziksel çevremizin tamamı ses veya titreşim yaymaktadır ve bu çalışmanın arkasındaki felsefe, sesi görsel olarak algılayarak formun tasarımına yönelik yeni fikirler türetmektir. Hareket etkisinde tasarım bağlamında 'Animate Design' kavramı üzerinde duran bu çalışmada, formun kendisi onu oluşturan kuvvetlerin ve bu kuvvetlerin malzemeye olan etkisinin donmuş anını temsil eder. Animate Design yaklaşımında, formun hareketi ve şekli zaman içinde sürekli olarak açığa çıkan ve etkileşen birden çok vektör tarafından tanımlanır. Bu vektörler, formun

zaman içindeki değişimini kontrol eder ve şeklinin evrimini belirler. Neticede elde edilen formlar, formun kendisinde bilgi olarak saklanabilen kuvvetleri temsil eder. Geliştirilen metodoloji sayesinde, sesin görsel olarak algılanmasını sağlayan ve hareketin somut temsilleri olan Chladni desenleri 3 boyutlu sanatsal form bulma süreçleri için bir araç haline gelmiştir. Deneysel olarak yürütülen bu yöntemin sonuçlarını değerlendirmek adına, sesin periyodik olarak yayıldığı farklı kamusal alanların ses verisinden beslenerek, pavyon tasarımlarına yönelik form alternatifleri sunulmaktadır. Seçilen kamusal alanların konumu ve çevresi, kullanıcı popülasyonu ve çeşidi kaydedilen seslerin frekans değerlerine ve dolayısıyla bu ses verilerinden üretilecek formların biçimine doğrudan etki etmektedir. Bu kapsamda, vapur, tramvay ve otoyol gibi periyodik ses kaynaklarına sürekli olarak maruz kalan Beşiktaş Meydanı ve Sirkeci Parkı, ses verileriyle pavyon formu üretimi için belirlenen proje alanlarıdır.

Bölgelerin seçilmesinde, günlük ortalama insan ve araç yoğunluğu, maruz kaldığı ses kaynağı çeşitliliği önemli rol oynamıştır. Beşiktaş Meydanı'nın yoğun biçimde, vapur, martı ve dalga sesine maruz kalması, Sirkeci Parkı'nın ise temel olarak tramvay ve araç sesine maruz kalması farklı karakterdeki alanların kıyaslanmasına olanak sağlamaktadır. Alanların ses verileri, kullanıcıların bölgeleri yoğun olarak kullandığı hafta sonu ve gün ortası vakitlerinde kaydedilmiştir. Ancak kayıtların yapıldığı tarihte hava şartlarından ötürü bölgelerin insan popülasyonu günlük ortalama değerlerinin altındadır. Kaydedilen seslerin maksimum frekans değerlerine ulaştığı anlar, dijital ortamda Chladni desenleri üretimi için kullanılan frekans değerleridir. Beşiktaş Meydanı için maksimum frekans değeri martı sürüsü geçişi esnasında ölçülmüş iken, Sirkeci Parkı için tramvay geçişi esnasında ölçülmüştür. Seçilen alanlar için yapılan ses kaydı verilerine göre Beşiktaş Meydanı'nda maksimum 7.200 hertz frekans değerine ulaşılırken, Sirkeci Parkı için maksimum 3.200 hertz frekans değeri elde edilmiştir. Daha sonra bu değerlere göre geliştirilen metodoloji yardımıyla dijital ortamda Chladni desenleri üretilmiştir. Elde edilen desenlerin süperpoze edilmesi ve Marching Cube algoritmasının kullanılmasıyla 3 boyutlu form üretimleri gerçekleştirilmiştir (Görsel 7).



Görsel 8. Beşiktaş Meydanı Frekans Değerinden Üretilen Kent Pavyonu (solda), Sirkeci Parkı Frekans Değerinden Üretilen Kent Pavyonu (sağda)

5. Sonuç

Chaldni'nin sesin görselleştirilmesi deneyinden ilham alan bu çalışma, sesin farklı frekans değerlerini temsil eden desenlerin üst üste bindirilmesiyle üç boyutlu sanatsal form üretim süreçlerini ele almıştır. Bu kinetik esaslı süreç, uyarlanabilir sayısız topolojik alternatif sunmaktadır. Sesi form bulma sürecinde ana parametre olarak kullanarak ve dijital araçlarla etkileşime sokarak, hareketin anlık durumunu gösteren, sanatsal formlar türetmektedir. Elde edilen formlar, geliştirilen metodolojinin sonuçlarını değerlendirmek adına kamusal alanların ses verilerinden faydalanan pavyon tasarımlarına yönelik form alternatifler olarak ele alınmaktadır.

Çalışmada üretilen pavyonlar, kullanıcılara buldukları mekâna ait seslerin görsel temsillerini deneyimlemelerini, oluşan duyular arası köprü ile algı dünyalarını değiştirmelerini sağlamaktadır. Ancak üretilen formların malzeme, doku, renk, üretim biçimi gibi parametrelerle ilişkisi, kullanıcı algısında ciddi değişikliklere sebebiyet verebilmektedir. Benzer bir yöntem kullanılarak elde edilecek formların gerçek hayat uygulamalarında bu

parametrelerin göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir. Ayrıca, geliştirilen metot ile tasarımcılar sadece mimari formlar üretmekle kalmayıp, kullanılan malzemenin türüne, tasarımın ölçeğine ve üretim yöntemine bağlı olarak, heykel, resim, grafik tasarımı gibi çeşitli tasarım disiplinleri için form alternatifleri geliştirebilir.

Kaynakça

Çalışır, P. (2014). "Doğadan Esinli Tasarım: Ses Etkisiyle Oluşturulan Deneysel Bir Form Bulma Yöntemi", 8. *Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu*, 26-27 Haziran 2014, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Yayınları, s.207-216.

Çalışır, P. (2016). "Form-Finding With Experimentation on Natural Periodic Forces: The Sound Motion Streaks Project", *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, sayı 3(2), s. 25–39.

Jenny H. (2001). *Cymatics: A Study of Wave Phenomena and Vibration*. Third edition, Newmarket: MACROmedia.

Lynn G. (1999). *Animate form*. First edition, New York:Princeton Architectural Press.

Shu, R., Zhou, C. & Kankanhalli, M.S. (1995). "Adaptive marching cubes", *The Visual Computer*, Sayı 11, s.202–217.

Terzidis, K. (2003). *Expressive Form: A Conceptual Approach to Computational Design*, First edition, London:Routledge Press.

İnternet Kaynakları

http 1: "SoundScapes", <https://www.archi-tectonics.com/work/soundscapes>, Erişim Tarihi: 02.01.2022.

http 2: "How Do Chladni Plates Make It Possible to Visualize Sound?", <https://www.comsol.com/blogs/how-do-chladni-plates-make-it-possible-to-visualize-sound/>, Erişim Tarihi: 02.03.2021.

Görsel Kaynaklar

Görsel 1. Stone, "Elementary Lessons on Sound Kitabından Chladni Deney Düzenesi (solda)", 1879 ve Chladni, "Acoustics Kitabından Chladni Desenleri (sağda)", 1802.

Skrodzki, M., Reitebuch, U., & Polthier, K. (2016). "Chladni Figures Revisited: A Peek Into The Third Dimension", Bridges 2016, 9-13 August, Tessellations Publishing, s.481-484.

Görsel 2. Libeskind, "Chamber Works (solda)", 1983 ve Peter Cook, "Bloch City (sağda)", 1985.

Capanna, A., (2009). "Music and Architecture: A Cross between Inspiration and Method", *Nexus Network Journal*, sayı 11, s.257–271.

Görsel 3. Çalışır, "The Motion Streak Projesi", 2012.

Çalışır, P. (2016). "Form-Finding With Experimentation on Natural Periodic Forces: The Sound Motion Streaks Project", *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, sayı 3(2), s. 25–39.