

# Environmentally Responsive Kinetic Structure Design Proposal Through Genetic Algorithms

Can Muezzinoğlu<sup>1</sup>

ORCID NO: 0000-0002-8175-0895<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istanbul Technical University, Graduate School, Department of Informatics, Architectural Design Computing, Istanbul, Turkey

As computational design tools developed, the use of generative systems in architecture increased, and it supported architecture thanks to the aid it provided to the designer during the problem-solving phase. Kinetic Structural Design, which is the main subject of the study, tried to incorporate both computational design tools and biological processes into the architectural production of space process. In the study, computational design tools created complex simulations with the support of computer tools as a thinking method that contributes to the design, and computational systems supported the design process by presenting complexities beyond the human designer's thinking. Thanks to a kinetic structure system, the building can reduce the active ventilation load of the building by trying to reduce the surface area in the direction of the sun during the summer months, by heating much less and increasing the surface area towards the direction of the wind; It will try to do the opposite and try to avoid the wind as much as possible while trying to get the maximum efficiency from sunlight during the day. The produced building formation behaves similarly to a living organism in that it contains the potential for continuous transformation and is compatible with the environment by reducing energy consumption and working in harmony with environmental factors. An existing high-rise building has been studied to test the system proposed in the project. The current situation of the existing building will be discussed first, then, in the second stage, a new static form proposal was introduced with the help of genetic algorithms in the light of the data collected from Ladybug. In the third stage, the unit elements that are exposed to the most environmental impact on the proposed structure are also divided into smaller parts within themselves, and these parts become more efficient by trying to reduce the surface area towards the direction of the sun in summer months, and to increase the surface area towards the direction of the wind, which heats much less. It was considered important that the method and scope presented in the study are easily accessible and focus on a basic problem, in terms of showing the practical use of the proposed system, as well as introducing the computational design thinking that can be easily applied to the design studios by comparing the current situation and the produced situation. Transfer of computational design tools to the studio environment; It is important because it contains the potential for designers to discover that computational design tools actually support the reflexive nature of design, and to grasp design tools as a thinking method that contributes to design.

## Research Article

Received: 14.07.2022

Accepted: 29.08.2022

Corresponding Author:

muezzinoglu20@itu.edu.tr

Muezzinoğlu, C. (2022). Environmentally Responsive Kinetic Structure Design Proposal Through Genetic Algorithms *JCoDe: Journal of Computational Design*, 3(2),173-198.

<https://doi.org/10.53710/jcode.1143711>

**Keywords:** Kinetic Architecture, Skyscraper Design, Generative Systems, Genetic Algorithms, Optimization, Pareto Front

173

# Genetik Algoritmalar Aracılığıyla Çevreye Duyarlı Kinetik Yapı Tasarımı Önerisi

Can Müezzinoğlu<sup>1</sup>

ORCID NO: 0000-0002-8175-0895<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilisim Programı, İstanbul, Türkiye

Hesaplamalı tasarım araçları geliştikçe, üretken sistemlerin mimarlıktaki kullanımları giderek artmış, problem çözme aşamasında tasarımcıya sunduğu destek sayesinde mimarlığı beslemiştir. Çalışmanın temel konusu olan kinetik yapı tasarımı; hem hesaplamalı tasarım araçlarını, hem de biyolojik süreçleri mimari üretim sürecine dahil etmeye çalışmıştır. Projenin temel yaklaşımı, üzerinde çalışılan binanın tanımlanan zaman dilimlerine bağlı olarak, güneş ışığı ve rüzgâr gibi dış etkiler doğrultusunda gerçekleşen optimum form arayışı olarak tanımlanabilir. Çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada vaka analizi için seçilen alanın modellenmesi yapılmıştır. İkinci aşamada Ladybug'tan toplanan verilerin ışığında genetik algoritmalar yardımıyla birim elemanları kullanarak yeni bir statik form önerisi getirilmiştir. Üçüncü aşamada ise önerilen yapı üzerindeki en fazla çevresel etkiye maruz kalan birim elemanlar kendi içerilerinde de daha küçük parçalara ayrılmış, bu parçalar özelinde yaz aylarında güneşin geldiği yöne doğru yüzey alanını azaltmaya çalışarak çok daha az ısınan, rüzgârın geldiği yöne doğru yüzey alanını arttırmaya çalışarak daha verimli havalandırabilecek bir kinetik sistem önerilmiştir. Kış aylarında da bunun tam tersini yapmaya çalışarak güneş ışığından gün içerisinde maksimum verimi almaya çalışırken rüzgârdan olabildiğince kaçınmaya gayret gösterecektir. Üretilen yapı formasyonu, enerji tüketimi azaltarak ve çevresel faktörlerle uyum içinde çalışarak bulunduğu çevreyle uyumlu ve sürekli dönüşüm potansiyelini içerisinde barındırması yönüyle de yaşayan bir organizmaya benzer şekilde davranır. Çalışmada, halihazırda var olan bir yapı üzerinde çalışılmış, bu yapıya alternatifler üretmek alternatif yapıyla orijinal yapı arasında tanımlanan uygunluk fonksiyonlarına göre karşılaştırılması yapılmaya çalışılmıştır. Hesaplamalı tasarım araçlarının stüdyo ortamına aktarılması; tasarımcıların hesaplamalı tasarım araçlarının aslında tasarımın dönüşlü yapısını desteklediğini keşfederek tasarım araçlarını tasarıma katkı sağlayan bir düşünme yöntemi olarak kavramaları potansiyelini içerisinde barındırması yönüyle önemlidir.

## Araştırma Makalesi

Teslim Tarihi 14.07.2022

Kabul Tarihi: 29.08.2022

## Sorumlu Yazar:

muezzinoglu20@itu.edu.tr

Muezzinoğlu, C. (2022). Genetik Algoritmalar Aracılığıyla Çevreye Duyarlı Kinetik Yapı Tasarımı Önerisi *JCoDe: Journal of Computational Design*, 3(2), 173-196.  
<https://doi.org/10.53710/jcode.1143711>

**Anahtar Kelimeler:** Kinetik Mimarlık, Gökdelen Tasarımı, Üretken Sistemler, Genetik Algoritmalar, Optimizasyon, Pareto Front

## 1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Doğada herhangi bir çevre içerisindeki organizmaya baktığımızda, organizmanın varoluşunu devam ettirebilmesi için çevresine uyum sağlayabildiğini ve çevresine bağlı olarak değiştiğini gözlemlemekteyiz. Güncel mimarlık yaklaşım ve ürünlerinin her ne kadar statik olduğunu gözlemlese de bir binanın da bir organizma gibi davranabilmesi mümkündür ve çalışmanın temel konusunu oluşturmaktadır. Mimarlıkta da elbette canlı organizmalara benzer şekilde çevreye adaptasyonu mümkün kılacak bazı sistemlere hesaplamalı tasarım aracılığıyla ulaşılabilir. Bu sistemlerle ilişkili olarak mimari üretimlerde de kendi içerlerinde esneklik kazanarak bazı hesaplamalı tasarım araçlarıyla birlikte mekân ve çevre etkileşimini sağlayan ve zaman içerisinde istenilen parametreler doğrultusunda çevresiyle “ilişki kurabilen”, çevresini “algılayabilen” ve çevresine “cevap verebilen” bir tasarım paradigması ortaya çıkmıştır. Bu sayede tasarlanan mimarlık ürünü, zamandan soyutlanan değişmez bir tikellik var etmek yerine üretilen ürünün de sürekli olarak değişim gösterebildiği ve farklı mekânsallıklar üretebildiği bir potansiyel alanda konumlanır. Bu açılımla da Aristotelesçi gücülü (yani içerisinde tek bir dönüşüm potansiyeli barındıran) çağrıştıran geleneksel statik mimari üretimi geliştirme anlamında Deleuzeyen virtüel kavramı üzerinden olasılıklar alanını geliştiren, tasarımcısının bile öngörmediği varoluşlara imkân verebilecek dinamik sistemi kurgulama üzerinden yapılabilir (Başaran, 2017). Tasarım paradigmaları, özellikle bir tasarımcının tasarım üzerinde “düşünmeyi” öğrendiği tasarım stüdyolarında oldukça önemli bir yer oluşturmaktadır. Çevresiyle anlık ve/veya sürekli olarak etkileşime girebilen, yaşayan bir mimarlığın ise pratikte olabilmesi için öncelikle tahayyül edilebilmesi ve bu düşünceye izin verebilen çeşitli ortamlarda test edilmesi, denenmesi gereklidir. Bu anlamda hesaplamalı tasarım yaklaşımının ve hesaplamalı tasarım araçlarının mimari tasarım düşüncesine entegre olması oldukça önemlidir. Ancak, bilgisayar destekli tasarımın temel amacının tasarımcıyı bazı tekrar eden, zaman harcayan görevlerden kurtarmak olduğu görülse de yapılan bir çalışmada (Dorta vd., 2016) görüldüğü üzere, bilgisayar destekli tasarım araçları tasarımcıların tasarımın erken aşamalarına daha az zaman ayırmasına ve ölçek kavramının yitirilmesine sebep olur. Ancak bu noktada, elbette kullanılan mecranın tasarımcının düşünme yapısına etki ettiğini göz önünde bulundurmalıyız. Bu yüzden, yeni bir mimari/tasarımsal sürecin, ortamının üzerinde etkideği tasarım

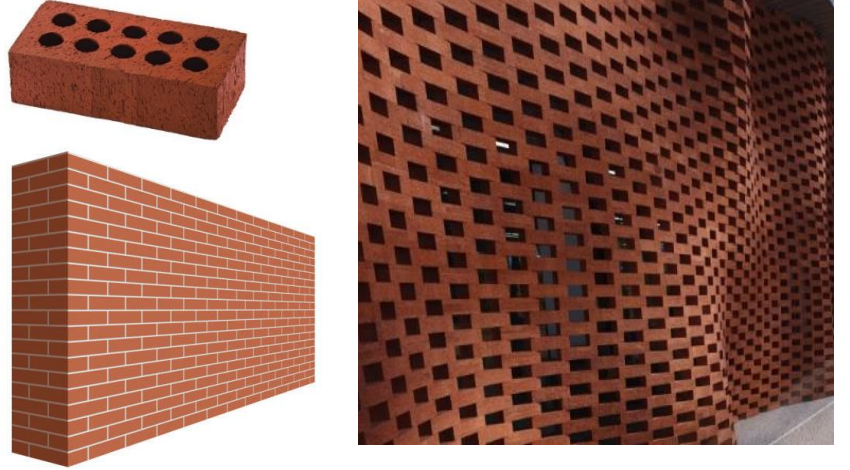
ürününün gerek geliştirme aşamasında gerek sonucunda çok farklı etkileri olacaktır. Bu yüzden hesaplamalı tasarım araçlarının tasarım stüdyolarına dahil edilmesindeki sorunlar iyi anlaşılmalıdır. Hesaplamalı tasarım araçlarının kullanımı tasarımın geliştirilme aşamasında Cross'un belirttiği üzere (2002) sistem yaklaşımını içermeli, tasarım problemi tasarımcının kendi bakış açısına göre çerçeveselenebilir ve "ilk ilke" den hareketle tasarlanmalıdır. Ancak bu şekilde, Schön'ün değinmiş olduğu (1983) tasarıma içkin olan dönüşlülüğe (*reflective*) ulaşılabilir. Aksi takdirde, tasarımcı, kullandığı hesaplamalı tasarım aracına ve tasarım sürecine uzaklaşacaktır. Singh ve Gu'nun değindiği üzere (2011), bilgisayar araçlarının desteği ile oluşturulan karışık simülasyonlar ve hesaplama sistemleri, insan tasarımcının düşüncesinin ötesinde komplekslikler sunarak tasarım sürecini besleyebilir. Bu sayede gerek hesaplamalı tasarım araçları gerek analog hesaplama sistemleri Terzidis'in (2006) belirttiği şekilde tasarıma katkı sağlayan bir düşünme yöntemi olarak tasarım süreçlerini çeşitlendirecektir.

Yapılar, içerisinde bulunduğu çevreyle etkileşime girmektedir. Bu etkileşim, binalarda ısıtma ve soğutma gibi istekleri karşılama konusunda zorluklar yaratabilir. Mevsimlere göre bina içerisinde istenilen atmosferi yaratabilmek için harcanması gereken enerji miktarı değişebilir; örneğin içinde bulunulan iklime göre değişmekle birlikte yazları binayı soğutmak için harcanan enerji, kışın binayı ısıtmak için gereken enerjiden fazladır (Prieto vd., 2017). Aktif sistemler ile binanın içerisinde istenilen sıcaklığa erişmek mümkün olsa da böylesi bir çaba kaynak verimliliği anlamında sürdürülebilir değildir. Aktif sistemlerin yüksek yapılarda istenilen iç atmosfer koşullarına daha da zor ulaştığı bilinmektedir. Özellikle, Birleşmiş Devletler'in öngörüsüne göre 2050 yılında toplam dünya nüfusunun %68'inin kentlerde yaşayacağı düşünülürse, kent ortamlarında bulunması gereken binaların aktif sistemleri olabildiğince az kullanan, çevresiyle uyumlu binalar olması gerektiği düşünülebilir.

Çalışmanın alt yapısını felsefe tarihinde üzerinde durulan çokluk (*multiplicity*) ve çoğulluk (*plurality*) kavramları üzerinden inceleyecek olursak; çokluk, özellikle Gilles Deleuze'un felsefesinde önemli bir yer almaktadır. Filozof Jonathan Roffe tarafından Deleuze'un Çokluk kavramı, en temel anlamda, birliğe gönderme yapmayan karmaşık bir yapı olarak tanımlanır (Başaran, I., 2017). Çoğulluk ise çokluğun aksine; özdeş, benzer parçaların bir araya getirdiği homojen ve hiyerarşik

olmayan bir yapılanma olarak tanımlanabilir. Çokluk ve Çoğulluk kavramlarını örnek üzerinde inceleyecek olursak; çoğulluğu, tuğladan örülmüş bir duvar üzerinden düşünebiliriz. Bu duvar, içerisinde kendisini sürekli olarak tekrar eden tuğla temel ünitelerinden oluşmaktadır. Tuğlaların bir araya gelme yöntemleri de birbirleri arasında hiç boşluk kalmayana dek yaklaşmalarıyla sürekli olarak tekrarlanmaktadır. Dolayısıyla çoğulluğu oluşturan, sadece yapıyı oluşturan nesnelere bağlantılı değildir, buna ek olarak nesnelere bir araya gelme biçimleri de önemlidir (Şekil 1). Çalışmada, çoğulluktan çokluğa nasıl gidebileceği araştırılmış, bu değişimin mekânsal üretime nasıl izin verebileceği incelenmiştir. Mekân kurgusunda negatif alan kullanımına yönelik denemeler yapılmış ve bu sayede “boşluk” tasarlanarak temel ünitelerin aralarındaki ilişki değişikliğine odaklanılmıştır.

**Şekil 1:** Temel ünite olarak tuğla (Sol Üst), çoğulluk kavramı olarak tuğlaların bir araya gelmesiyle oluşan duvar formasyonu (Sol Alt) ve Negatif alanın da tasarlanmasıyla çokluk kavramına geçiş (Sağ – Görsel: <https://hayriatak.com/>). (Brick as the basic unit (Top Left), the wall formation by the combination of bricks as the concept of plurality (Bottom Left) and the transition to the concept of multiplicity by designing the negative area (Right))



Çalışmanın amacı; şehir ortamında bulunan yüksek yapıların hesaplamalı tasarım araçları ve evrimsel yaklaşımlar kullanılarak; binanın kat yüksekliği ve toplam yapı alanını sabit tutmaya çalışırken, belirli bir zaman diliminde çeşitli çevre etkileri (güneş ışığı, rüzgâr yönü) ile etkileşim halinde olan ve bu etkileşimlere göre optimum bina formasyonunu oluşturmaya çalışan, sürekli devinim içerisinde olan kinetik bir yapı tasarım önerisi geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu sayede proje binayı yıl içerisinde ısıtmak ve soğutmak için gereken aktif sistemlere harcanan enerjiyi azaltarak uzun vadede daha sürdürülebilir bir sistem önerisi getirmeyi amaçlamaktadır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE RESEARCH)

Çalışmada yüksek yapılı bir binanın yıl içerisindeki belirli zaman dilimlerinde, çeşitli çevresel veriler doğrultusunda yeniden kurgulanması söz konusudur. Projede kinetik yapı tasarımını oluşturmak için söz konusu olan çevresel veriler hesaplamalı tasarım araçlarına aktarılabilir. Çalışmanın kapsamı gereği nicelleştirmeye izin veren projede, hesaplamalı tasarım bağlamında genetik algoritmaların kullanılması düşünülmüştür. Literatür araştırması için kinetik yapı tasarımları ve genetik algoritmalar üzerinde durulmuştur.

### 2.1. Kinetik Mimarlık (Kinetic Architecture)

Çalışmada önerilen yapının çevresiyle etkileşime girebilmesi ve aldığı çevresel veriler doğrultusunda değişimi ön görüldüğünden kinetik mimarlık yaklaşımından faydalanılması uygun bulunmuştur. Kinetik mimarlık, genel olarak değişken hareketliliğe, konuma ve/veya geometriye sahip binalar ve/veya bina bileşenleri olarak tanımlanır (Fox, 2003). Çalışmada önerilen sistem ise, değişken geometriye sahip bina olarak sınıflandırılabilir.

Çok işlevli binalara olan acil ihtiyaç ve aynı zamanda çevreyi koruma ve çevreye saygı duyma zorunluluğu nedeniyle kinetik yapılara olan talepler hızla artmıştır (Maziar, 2010). Çevresel verilere cevap vererek yaşayan bir organizma gibi davranabilen kinetik yapı, bu yaklaşımıyla aktif havalandırmaya duyulan enerji gereksinimini azaltarak güncel mimarlık literatüründe önemli bir yer edinmiş kavramlardan biri olan sürdürülebilirliği destekler. Hareket mekanizmalarına sahip bir bina, binalardaki enerji tüketiminin azaltılmasına önemli bir katkı sağlayabilir ve iç konfor seviyelerinin korunmasına ve iyileştirilmesine yardımcı olabilir (Ghamari ve Asafi, 2010). Kinetik mimarlığın modern anlamıyla başlangıcı 1930'larda Verona, İtalya'da inşa edilen Villa Girasole'ye kadar dayandırılabilir (İlerisoy ve Başeğmez, 2018). Ancak kinetik mimarlık, mevcut teknolojiyle yakından ilişkilidir ve önerilen sistemin hayata geçebilmesi ve sürdürülebilmesi için bakım masrafları, onarım, mekanizmaya özgü dinamikler iyi hesaplanmalı ve düşünülmelidir. 1987'de Paris'te Jean Nouvel tarafından tasarlanan Arap Enstitü Binası, sadece cephe elemanı olmasına rağmen, inşa edildikten bir süre sonra bakım masraflarının yüksek olması dolayısıyla kullanılamamıştır. Ancak teknolojinin gelişimiyle birlikte, kinetik mimarlıktaki ürünlerin inşa, bakım ve onarım masrafları azaltılabilir ve uzun vadede kullanılabilir.

şekilde tasarlanabilir. Örneğin, 2012 yılında AHR tarafından Dubai’de tasarlanan Al Bahar Kulesi’nin cephe elemanları çevresel verilere göre açılıp kapanma hareketini sergilemektedirler. Dolayısıyla, kinetik mimarlıkta önerilen sistemlerin yıllar içerisinde teknolojinin de gelişmesiyle birlikte enerji verimliliği açısından çok daha sürdürülebilir olması ve binanın çevresiyle etkileşimini sağlayan sistemlerin geliştirilmesi mümkündür.

Bina ölçeğinde kinetik mimarlık örnekleri incelendiğinde, cephe ölçeğinde tasarlanan örneklerden sayıca az olmasının nedenlerinden en önemlisi, daha gelişmiş bir teknolojiye gerek duymasıdır. Örnek olarak gösterilen projeler, çalışmada üzerinde çalışılan kütlelerin ölçülerine uyumlu olmasından dolayı seçilmiştir. Çalışma temelinde önem arz eden projelerden biri 2009 yılında dRMM tarafından tasarlanan Sliding House’tur. Yapı, sürgülü bir mekanizmaya sahiptir ve raylar üzerinde hareket eden kütle 28 metre uzunluğunda ve elli ton ağırlığındadır. Bu hareketli parça, hareket ederek binanın aldığı ısıyı arttırıp azaltabilir ve iç mekânın atmosferini değiştirebilir. Bir başka örnek ise Diller Scofidio + Renfro’nun 2019 yılında tasarladıkları “The Shed, a Center for the Arts” isimli New York’ta konumlanan projesidir (**Şekil 2**). Bu projede farklı işlevleri sağlamak amacıyla binanın sahip olduğu hareketli kabuk, 37 metre yüksekliğindedir. The Shed’in çerçevesi çelikten ve etilen tetrafloroetilen (ETFE) adı verilen güçlü ve hafif Teflon bazlı polimerden yapılmıştır. Bu proje, sürdürülebilirlik anlamında önemli sertifikalardan biri olan LEEDSilver’ı almak için tasarlanmıştır ve kinetik kabuğun sahip olduğu 56.000 metreküp havanın sadece %30’u için yapay havalandırma gereklidir (archdaily.com).

**Şekil 2:** (Solda) DS + R tasarımı “the Shed” (Sağda) dRMM tasarımı “Sliding House”.  
(Görsel: [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com))  
(Left) “the Shed” by DS + R.  
(Right) “Sliding House” by dRMM.



## 2.2. Genetik Algoritmalar

Çalışmanın simülasyonunu gerçekleştirmek amacıyla, istenilen tasarım amacına ve bina kütle oluşumunu tanımlayan parametrelere bağlı olarak genetik algoritmaların üretiminden yararlanılması uygun bulunmuştur.

1970'lerde John Holland tarafından geliştirilen Genetik Algoritmalar (GA), evrimsel algoritmanın dört alt türünden en yaygın kullanılanıdır (Holland, 1975). Eğer Bentley (1999)'in belirttiği üzere, en başarılı, kompleks ve yaratıcı tasarımların, doğanın oluşturduklarıysa, bu durumda kullanılan yöntemi (Deleuze'ün tabiriyle mühendislik şemasını) insanlar tarafından tasarlanan sistemleri üretmek için de



kullanabilmeliyiz. Genetik algoritmalar, konvansiyonel tasarımda görülen süreçleri ve tasarımcıyı beslemesi bağlamında tasarıma yeni bir boyut ve yeni bir düşünce yapısı kazandırmıştır. Genetik algoritmalarda, evrimsel süreçte görüldüğü gibi uygunluk fonksiyonu üzerinden seçim vardır. Bu noktada en uygun hayatta kalanın belirlenebilmesi için iki olay gereklidir. Bunlardan biri popülasyon içerisindeki çeşitliliği sağlayan modifikasyon ve popülasyon içerisindeki ortalama kaliteyi, niteliği arttıran seleksiyondur. Genetik algoritmalarda, Simon'un tanımladığı (1973) şekliyle iyi tanımlanmış ve iyi tanımlanmamış süreçler üzerinden, mimarlık gibi iyi tanımlanmış (*well-defined*) olmayan süreçlerde arama ve faydalanma dengesi çok önemlidir. Ayrıca genetik algoritmaların düzgün işleyebilmesi açısından belirli bir jenerasyon üretimi de gerekmektedir. Genetik algoritmalar ve evrimsel hesaplamalar, hem çoklu hedefli problemlere (*multi-objective problems*) çözüm üretirken arama uzayını (*search space*) tarama yönünden verimli olması nedeniyle hem de önyargılı olmadığı için yeni alternatifler geliştirebilme konusunda verimli sonuçlar elde edeceği için tasarımda kullanımı önemlidir (Estkowski, 2013). Bu sebeplerden dolayı çalışmada genetik algoritmalar kullanılması uygun bulunmuştur.

Yukarıda belirtildiği üzere çalışmada kullanılması öngörülen yapının, içerisinde bulunduğu zaman dilimine göre, almaya veya kaçınmaya çalıştığı rüzgâr ve güneş ışığı parametrelerinin aslında her ikisi de yapının yüzey alanıyla ilişkilidir. Çalışmanın içeriğine bağlı olarak çok hedefli genetik algoritmalarda optimum çözüm önerileri geliştirebilen Pareto optimum kavramlarıyla ilişkili olan NSGA-II algoritmasını (Deb. K. Vd., 2002.) kullanan bir evrimsel yaklaşım eklentisi olan Wallacei eklentisi kullanılmıştır. Güneş analizi ve rüzgâr analizi doğrultusunda ise Rhinoceros Grasshopper eklentisine bağlı Ladybug programı kullanılmıştır.

Literatür taraması yapıldığında karşılaşılan genel eksikliğin kinetik binalara ilişkin uygulamaların pratikte kaldığı, akademik anlamda üzerinde yeterince çalışılmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kinetik sistemlerinin yüksek katlı yapılarda çoğunlukla cephe elemanı üzerinde tanımlanması, yani bu hareketin iki boyutta kaldığı, üç boyutlu mimari objelerin de çevreye duyarlı olacak şekilde kütleli değişimi sağlamadıkları gözlemlenmiştir. Çalışmanın çıktısının mevcut yapının çevresel etkileşime daha uyumlu alternatifi olarak üretilmesi önemlidir ve önerilen yapının sene içerisindeki değişimini çevresel verilere bağlaması yönünden hesaplamalı tasarım araçlarını sürece dahil eder.

Çalışmada genetik algoritmalar ve çevresel etkilerle yapının etkileşimi üzerinden mevcut bir yapı seçilerek çalışılması düşünülmüştür.

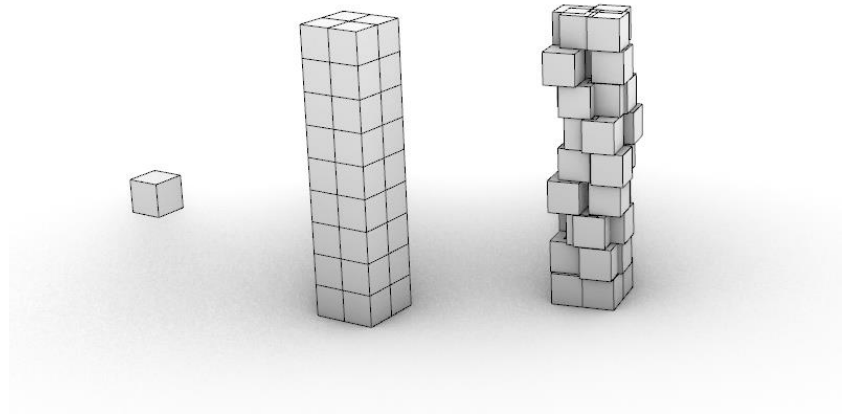
### 3. YÖNTEM VE KAPSAM (METHOD AND SCOPE)

Çalışma kapsamında yüksek yapıların sene içerisinde; çevredeki yapılar, güneş ışığı ve rüzgâr gibi çevresel etkiler kullanılarak bina kütlelerini tasarlayabilecek bir yöntem önerilmiştir. Yöntemde çeşitli çevresel veriler doğrultusunda tanımlanan parametre seti içerisindeki optimum sonuca ulaşabilmek amacıyla genetik algoritmalar kullanılmıştır. Çalışma, halihazırda var olan bir bina üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise, üretilen kütleler ile var olan binanın belirlenen uygunluk değerlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır.

Genetik algoritmalar, girdilerin tanımlandığı ve çalışması için tanımlanan parametrelerin belirli sayı aralıklarında değiştiği genler ve uygunluk fonksiyonundan/fonksiyonlarından (fitness function) oluşmaktadır. Aşağıda, ilk olarak çalışmada kullanılan genler tanımlanacak, ardından uygunluk fonksiyonlarından bahsedilecektir.

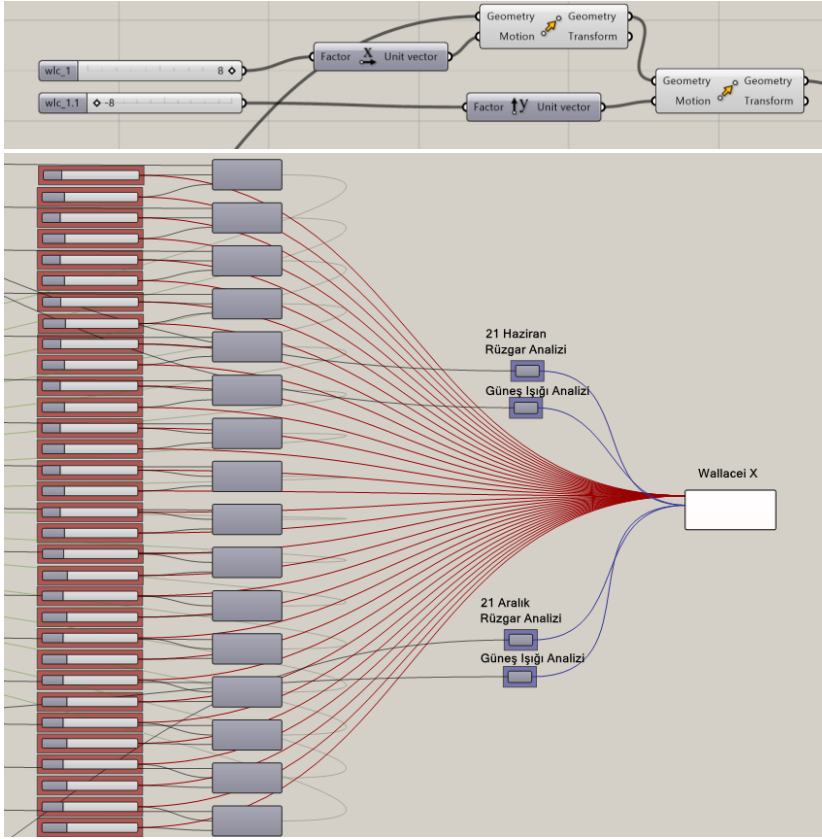
Çalışma kapsamında genleri tanımlarken göz önünde bulundurulacak en önemli veri binanın yıl içerisindeki değişimine uyum sağlamasının çoğulluktan çoklukta geçiş üzerinden sağlanmasıdır. Bunun yanı sıra yıl içerisinde farklı formlara dönüşecek binanın strüktürel olarak bu dönüşümü destekleyebilmesi bilinciyle hareket edilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında üzerinde çalışılacak arazi ve yapı seçilerek modellenmesi yapılmıştır. İkinci aşamada orijinal yapı çoğulluk kavramını karşılayacak şekilde 25\*25\*25'lik eş hacimlere bölünmüştür. **Şekil 3**; orijinal yapının temel ünitelere bölünmesini ve ünitelerin orijinal yapıyla çoğulluk kavramı üzerinden okunmasından, üretilen yapıyla temel ünitelerin aralarındaki ilişkilerin değiştirilmesiyle negatif alanların da tasarıma dahil olduğu çokluk aşamasına geçişini göstermektedir.

**Şekil 3:** Temel Birimlerin (Sol) çoğaltılmasıyla elde edilen orijinal yapı (Orta) ve aynı birimlerin kullanılmasıyla çokluğa geçişe izin veren yapı önerisi (Sağ).  
(The original structure (Middle) obtained by duplicating the Basic Units (Left) and the proposed structure allowing the transition to multiplicity using the same units (Right))



Tanımlanan temel ünitelerin birbirleriyle ilişkilerinin yeniden tanımlandığı bu aşama çoğulluktan çokluğa geçiş sürecinin denemesinin yapıldığı kısımdır. Tanımlanan parametre setlerine istenilen çevresel verileri de dahil ederek ilk genetik algoritma çalıştırılmıştır. Örnek seçilen binayı aktif havalandırma sistemlerine olan ihtiyacı azaltması yönüyle geliştirme amacı taşıyan bu çalışma, örnek binanın taban alanını, toplam yapı alanını, çevresindeki binalarla ve sokakla olan topolojik ilişkisini korumaya özen gösterilmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise yapılan ilk iş, ikinci aşamada tanımlanan temel ünitelerin üzerine gelen çevresel verilerin analiziyle, çevresel etkilere en yoğun maruz kalan birimleri bulmaktır. Seçilen birimler ilk aşamadakine benzer şekilde tekrardan daha küçük parçalara bölünerek alt birimlere ayrılmış, bu alt birimler hareketli parçalar olacak şekilde kurgulanmıştır. Genetik algoritmalar yardımıyla binanın hareketli parçaları yıl içerisinde verilen tarihlere bağlı olacak şekilde değişmesi simüle edilmiştir. Grasshopper kullanılarak oluşturulan parametreler **Şekil 4**'te görülmektedir. Belirlenen parametreler için tanımlanan sayısal aralıklar, kullanılan genetik algoritma tarafından denenerek istenilen hedeflere ulaşmaya çalışılmaktadır. Çalışmada çevresel verileri simüle ederken, yıl içerisinde güneş ışınlarının en dik ve en yatay açıyla gelmeleri sebebiyle 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri kullanılmıştır.



**Şekil 4:** Grasshopper üzerinden belirlenen parametrelerin gösterimi (Display of parameters determined via Grasshopper)

**Şekil 5:** Wallacei Genetik Algoritmasına tanımlanan Genler ve Uygunluk Fonksiyonları (Genes and Fitness Functions identified in Wallacei Genetic Algorithm)

Çalışma açısından önem arz eden bir diğer tanımlama ise uygunluk fonksiyonudur. Uygunluk fonksiyonunu belirlerken, kullanılacak olan genetik algoritma önemlidir. Fonksiyonlar, optimum sonuca erişebilmek adına birbirini dengelemeli, ancak tamamen birbirine paralel ya da tamamen zıt olmamalıdır. Bu sebeple çalışma yönteminde, aynı parametreyi farklı doğrultularda manipüle etmeye çalışan iki farklı uygunluk fonksiyonu belirlenmiştir. Bu uygunluk fonksiyonları G (Güneş ışığı) ve R (Rüzgâr) olarak adlandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında gün ışığı ve rüzgâr gibi çevresel veriler Ladybug eklentisinden elde edilmektedir. İlk uygunluk fonksiyonu olan G, binanın aldığı güneş ışınımını belirtmektedir. Sonucu etkileyebilecek bir diğer veri olan civar binaların verileri ve üç boyutlu modellemesi Cadmapper isimli siteden alınmıştır. G uygunluk fonksiyonunda, girdi olarak belirlenen tarih oldukça önemlidir ve buna göre bina, sahip olduğu yüzey alanını arttırmak veya azaltmak isteyebilir. G uygunluk fonksiyonu, projenin amacında değinilen, bina içerisindeki aktif sistemlerin enerji tüketimini azaltmak amacıyla seçilmiştir. Diğer uygunluk fonksiyonu olan R de G gibi binanın yüzey alanıyla ilişkilidir ancak G'nin arttırmaya çalıştığı yüzey alanını azaltmaya, G'nin azaltmaya çalıştığı yüzey alanını ise

arttırmaya çalışır. G'ye benzer şekilde R uygunluk fonksiyonu da belirlenen tarihe göre değişiklik göstermektedir.

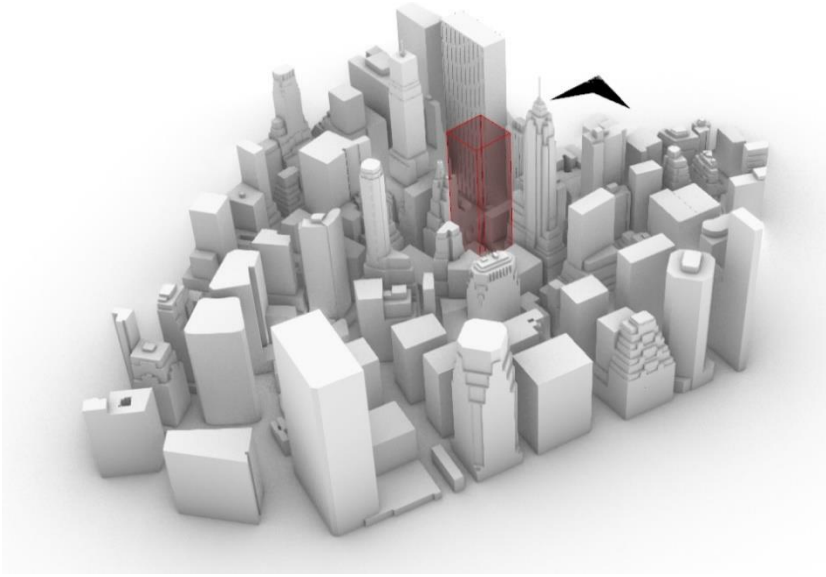
Genetik algoritmalarla simülasyonların gerçekleştiği aşamalarda, istenilen uygunluk fonksiyonlarını birlikte çözebilmek adına çok hedefli bir genetik algoritma türü olan Wallacei eklentisi kullanılmıştır. **Şekil 5'**te Wallacei eklentisi çalışmanın ikinci aşamasında kullanılan haliyle gösterilmiştir. Evrimsel simülasyon başlatılmadan önce program ara yüzünde tasarımcı, jenerasyon sayısını ve her jenerasyonda yer alacak birey sayısını seçebilmektedir. Ayrıca tasarımcı, genetik algoritmalar tür içerisindeki çeşitliliği sağlamak açısından çaprazlama olasılığı (*crossover probability*) ve mutasyon olasılığı (*mutation probability*) değerlerini seçebilmektedir. Algoritmanın verimli çalışabilmesi için üretilecek toplam popülasyon daha uygun çözümlere erişebilmek ve hesaplamayı gereksiz uzun sürdürmemek adına ne çok dar ne de çok geniş olmalıdır. Simülasyon, tanımlanan parametreler içerisinde rastgele genlerle başlar ve bu genleri değer aralığında kalacak şekilde değiştirerek önceden tanımlanan uygunluk fonksiyonlarına ulaştırmaya çalışır. Simülasyon sonucunda elde edilen değerlerle (genotip) ortaya çıkan yapı modeli (fenotip) üzerinden uygunluk fonksiyonlarına uyumları nicel olarak test edilebilir ve türetilen form öncesindeki bina formu ile karşılaştırmalar yapılabilir.

#### **4. VAKA ANALİZİ (CASE ANALYSIS)**

Projenin temel yaklaşımı, üzerinde çalışılan binanın tanımlanan zaman dilimlerine bağlı olarak, güneş ışığı ve rüzgâr gibi dış etkiler doğrultusunda gerçekleşen optimum form arayışı olarak tanımlanabilir. Simülasyonlar hem güneş ışığını göz önünde bulundurarak hem de binanın aldığı rüzgâra göre yapılmıştır. Bu verilere ulaşmak ve analizi gerçekleştirmek amacıyla Ladybug, optimizasyon süreci içinse çok hedefli genetik algoritma olan Wallacei eklentisi ile simülasyonlar tamamlanmıştır. 21 Haziran için binanın aldığı güneş ışığını minimize ederken aldığı rüzgârı maksimize eden, 21 Aralık için ise binanın aldığı güneş ışığını minimize ederken aldığı rüzgârı maksimize eden uygunluk fonksiyonu tanımına göre simülasyon iletilemiştir. Bu yaklaşımı gerçekleştirebilmek adına çalışma üç kısma bölünmüştür.

#### 4.1. Cadmapper (Cardmapper)

Çalışmanın ilk aşamasında Rhinoceros programı üzerinden çalışabilmek adına Cadmapper sitesi seçilmiştir. Cadmapper sitesi, dünya üzerinde seçilen herhangi bir bölgeyi, açık kaynaklı OpenStreetMap, NASA ve USGSO verilerini kullanarak üç boyutlu modellemesini çıkartan ve DXF formatına dönüştürebilen HTML tabanlı bir programdır (<https://cadmapper.com/>). Cadmapper sitesi üzerinde Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan New York şehrinin Lower Manhattan bölgesinin 1km<sup>2</sup> alanı üzerinde çalışılması düşünülmüştür (Şekil 6).



**Şekil 6:** Cadmapper üzerinden alınan verilerle Rhinoceros üzerinde alanın modellemesi ve (Ortada) Vaka Analizi için belirlenen yapı  
(Modeling of the area on Rhinoceros with the data received from Cadmapper and the structure determined (Middle) for the Case Analysis.)

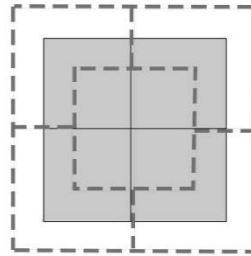
Cadmapper üzerinden alınan verinin Rhinoceros programında modellemesini göstermektedir. Cadmapper üzerinden haritalandırma kısmındaki seçeneklerde topografyanın halihazırda çok az olan eğim farkları göz ardı edilmiştir. Ayrıca yolların genişliğini modellemek için yapılan ayarlamalarda otoyollar için 8 metre, ana yollar 6 metre, yan yollar 4 metre, patikalar ise 2 metre genişliği esas alınmıştır. Proje açısından New York şehrinin seçilmesinin sebebi, projenin konusunu oluşturan yüksek katlı yapılar açısından verimli olması, Cadmapper sitesi üzerinden üç boyutlu şehir modellerine rahat erişim sağlanabilmesi, istenilen çevresel verilere rahat ulaşılabilmesi, arazinin düz olması gibi özellikler sıralanabilir. Bunun haricinde çalışmanın ana konusunu oluşturan rüzgâr ve güneş ışığı analizini kullanabilmek adına civar binaların proje için seçilen binaya olan etkisini göz önünde bulundurulması düşünülmüştür. Projede Lower Manhattan

bölgesindeki gökdelenler arasından ise, kat yüksekliğinin civardaki yüksek katlı binalara göre çalışma açısından uygun bir yüksekliğe sahip olmasının (civardaki binalarla kıyaslandığında ortalama bir yüksekliğe sahip olması nedeniyle) yanı sıra formasyon olarak daha yekpare ve detaysız olması gerekçesiyle 68 Wall Street üzerinde bulunan Deutsche Bank binası seçilmiştir. Mevcut bir yüksek katlı bina üzerinde çalışılmasında ise Genetik Algoritmalar Kullanılarak Güneş Işınımı ve Gölgeye Göre Optimal Yüksek Yapı Form Önerileri Üretilmesi çalışması ilham vermiştir (Saltık, E, 2021). Örnek olarak seçilen binanın taban alanı 50\*50 metre genişliğindedir. Yapının yüksekliği ise 225 metredir. Özellikle sıcak ve nemli iklimlerde bulunan yapılarda ısıtma ve soğutma giderleri ve enerji tüketimi büyük bir yük oluşturmaktadır (Lima v.d., 2019). Dünya iklim kuşağına baktığımızda New York bölgesinin de bu iklim tipinde bulunması çalışma açısından önemlidir ve lokasyon seçiminde göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmada 68 Wall Street üzerinde bulunan Deutsche Bank binasının toplam kat alanını ve yapılı çevreyle olan ilişkisi muhafaza edilmeye çalışılmıştır.

#### 4.2. Temel Üniteler (Main Units)

Çalışmanın ikinci aşamasında orijinal yapının yerine, belirlenen parametreler doğrultusunda alternatif oluşturabilecek sabit bir yapı formasyonu önerilmiştir. Bu sebeple orijinal yapı 32 alt parçaya bölünmüştür. Ancak ağırlık merkezinin korunması, yüksek katlı yapılarda önemli olduğundan yapının sadece üst yarısındaki 16 parça üzerinde çalışılmış, parçaların tanımlanan parametre setleri içerisindeki hareketine bağlı olarak yapının alt yarısındaki kütle formasyonu belirlenmiştir. Üzerinde çalışılan 16 parçanın her biri x ve y eksenlerinde 8 metreye kadar

**Şekil 7:** Temel Ünitelerin plan düzlemindeki hareket bulutunu gösteren diagram (Sol) ve Genetik Algoritmayla üretilen Sabit Alternatif Yapı Önerisi (Sağ).  
(Diagram showing the motion cloud of the Basic Units in plan view (Left) and Stable Alternative Structure Proposal produced by Genetic Algorithm (Right))



dışarı çıkabilecek, 8 metreye kadar içeri girebilecek şekilde tanımlanmıştır (**Şekil 7**).

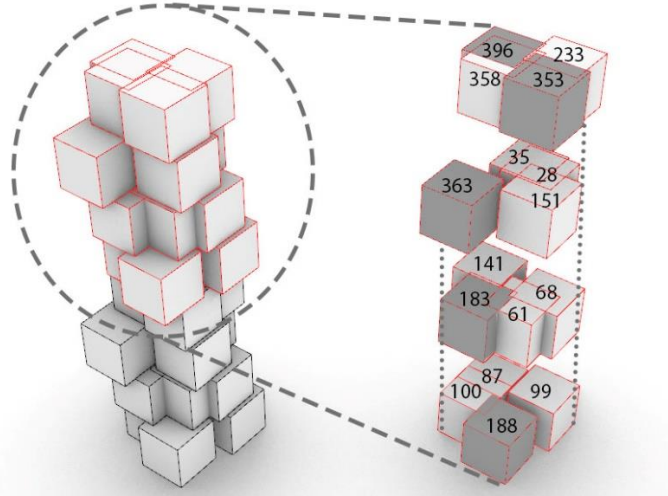
Bu aşamada alternatifi oluşturmak için çevresel verilerden yararlanıldığından, binanın aldığı güneş ışınımı uygunluk fonksiyonlarından birini oluşturduğu için zaman dilimlerinden ilki güneşin en dik açıyla geldiği 21 Haziran tarihine aitken, diğer zaman dilimi güneşin en yatay açıyla geldiği 21 Aralık tarihi olarak belirlenmiştir. Bu aşamada optimum forma ulaşmak için 21 Aralık'a ait rüzgâr ve ışık verileri, 21 Haziran'a ait rüzgâr ve ışık verileriyle birleştirilerek Wallacei eklentisine dört ayrı uygunluk fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Yapı kurgulanırken; dinamik parçaların hareketlerinin de enerji harcayacağı göz önünde bulundurulduğundan çalışmada enerji harcayan dinamik parçaların kullanımı minimize etmeye çalışılmış, bunu sağlamak için de yapının büyük bölümünü oluşturan temel üniteler sabit olarak tasarlanmıştır.

### **4.3. Alt Parçalar (Lower Segments)**

Çalışmanın üçüncü aşamasında; ilk olarak ikinci aşamada tanımlanan temel ünitelerin üzerine gelen çevresel verilerin analiziyle, çevresel etkilere en yoğun maruz kalan birimleri bulunmuştur. Ancak yapının en üst katındaki 2 temel ünitenin yüzey alanları çok azaldığından onlar yerine alt katlardaki üniteler seçilmiştir. Bu aşamada üzerinde çalışılması düşünülen kütleleri belirlemek amacıyla alt birimler Ladybug eklentisi kullanılarak yüzeylere bölünmüş, bu yüzeylerin her birinin belirlenen zaman dilimi içerisinde güneş ışığı ve rüzgâra kaç saat boyunca temas ettikleri hesaplanmıştır. Bu belirlemeyi yaparken hangi temel ünitenin ne kadar süre boyunca (saat cinsinden) çevresel etkilere maruz kaldığı ve hangilerinin alt birimlere dönüştürülmek üzere seçildiği **Şekil 8**'te gösterilmiştir. Şekilde belirtilen sayılar saat cinsinden gösterilmiştir.

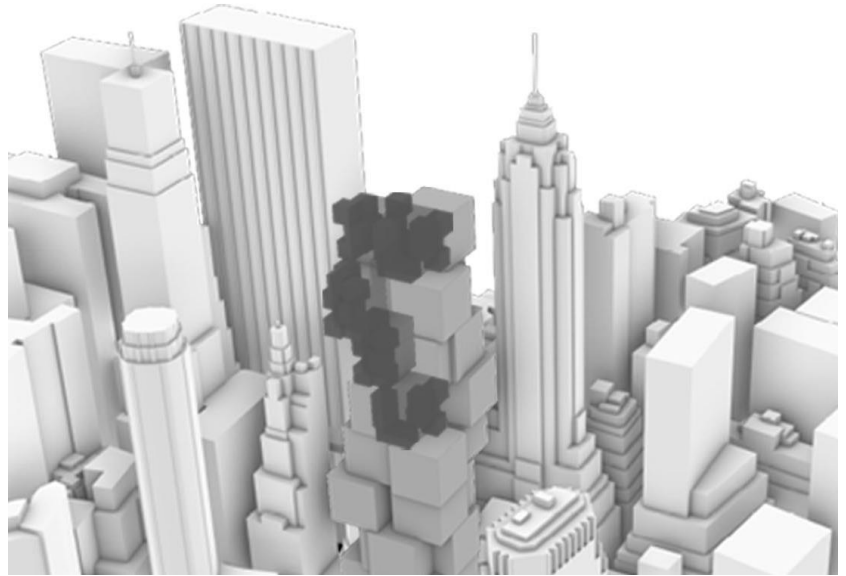


**Şekil 9:** Alt parçaların fonksiyonlarına göre yapı üzerinde dağılımları: dinamik kütleler (koyu gri), çekirdek bölgeler (gri), statik kütle (açık gri). (Distribution of the subparts on the structure according to their functions: dynamic masses (dark grey), core regions (grey), static mass (light grey))



Belirlenen üniteler  $3 \times 3 \times 3$  olacak şekilde 27 alt birime bölünmüştür. Her bir ünite içerisindeki 27 parçadan 12'si yapının diğer bölümleriyle bağlantısını sağlamak için sabit bırakılmıştır. Geriye kalan 15 birimden yapının merkezine en uzakta bulunan ve üst üste duran 3 parça da kurgulanan sisteme uyum sağlayamayacağı için çalışma kapsamında çıkarılmıştır. Sonuç olarak geriye kalan 12 parçanın 6 tanesi sabit tutulmuş ancak geriye kalan 6 parça hareketli parçalar olacak şekilde kurgulanmıştır. Alt parçaların fonksiyonlarına göre yapı üzerinde dağılımları **Şekil 9'**de gösterilmiştir.

**Şekil 8:** Temel ünitelerin üzerine gelen çevresel verilerin analiziyle çevresel etkilere en yoğun maruz kalan alt birimlerin belirlenmesi ve ünitelerin maruz kaldığı toplam çevresel etkilerin saat cinsinden sayısallaştırılması (Determining the sub-units that are most exposed to environmental impacts by analyzing the environmental data on the basic units and digitizing the total environmental impacts of the units in hours.)

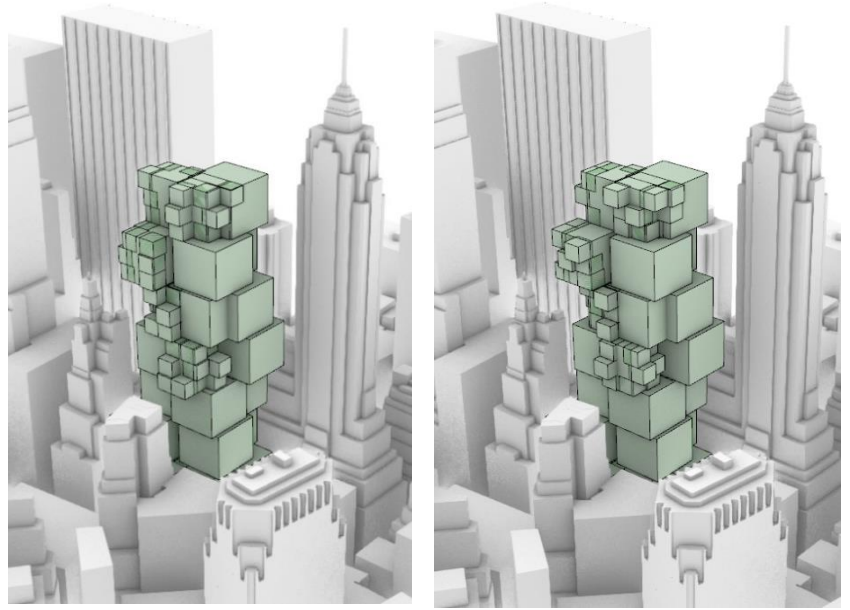


Kinetik mimarlık yaklaşımında, yukarıda kısaca bahsedilen tarihinin gösterdiği üzere, disiplinler arası etkileşim ve güncel teknolojik

gelişmelerin kullanımı oldukça önemlidir. Bu anlamda hareketli parçaların yıl içerisindeki değişimini kurgularken en güncel teknolojiye sahip örnek olan “the Shed” binasındakine benzer sürgülü bir sistem düşünülmüştür. Bu sayede yapıda analiz yardımıyla belirlenen alt parçalar, 21 Haziran ve 21 Aralık tarihlerinde çevresel verilere bağlı olarak değişmektedir. Her ne kadar kurgulanan sistemin nasıl ve ne kadarlık bir süre zarfında değişeceğinin detaylı analizi bu çalışmanın kapsamı dışında bulunsa da tasarımda ön görülen değişim New York şehrinin yıllık sıcaklık değerlerine bakılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, daha sıcak olan Mayıs-Ekim arasında yapı 21 Haziran için elde edilen verilere göre şekillenecek, Kasım-Nisan ayları arasında da 21 Aralık için elde edilen verilere göre davranacaktır. Yapının değişimi yıllık periyotlarda kurgulanmış olup, benzer sürgülü sistemlerden hareketle bu ölçekteki bir kütle hareketinin bir günden daha az süreceği gözlemlendiğinden, yapının kütleli değişiminin ekim ayından kasım ayına geçerken ve nisan ayından mayıs ayına geçerken yapılması düşünülmüştür. Elbette, böylesi bir yapının kinetik olarak kurgulanması yapıya bazı esneklikler sağlayabileceği için yapının sene içerisindeki değişimi belirlenen yıl içerisindeki sıcaklık derecesindeki dalgalanmalara bağlı olarak değişmeye olanak sağlar. Ancak buradaki asıl üzerinde durulması gereken nokta böylesi bir yapı kütle değişimini gerçekleştirmek için harcanacak enerji miktarının yapının değiştikten sonra elde edeceği tasarrufa oranıdır. Eğer bu oran birden büyükse, bu durumda bu değişim gerçekleştirilmemelidir. Dolayısıyla yapıdaki değişim daha uzun zaman aralıklarına yayılmalıdır.

Genetik algoritmalar yardımıyla binanın hareketli parçalarının yıl içerisinde verilen tarihlere bağlı olacak şekilde değişmesi simüle edilmiştir. Tanımlanan iki uygunluk fonksiyonunu karşılamak için çok hedefli bir genetik algoritma olan Grasshopper’a uyumlu Wallacei eklentisi kullanılmıştır. Wallacei eklenti ara yüzünde yapılacak bina analizi için 20 jenerasyon üretilmiştir ve her jenerasyon 50 bireyden oluştuğundan toplamda 1000 çözümü içerisinde barındıran bir popülasyon üretilmiştir. Ara yüzde ayrıca yer alan seçeneklerden çaprazlama olasılığı 0,9, mutasyon olasılığı 1/n, çaprazlama ve mutasyon dağılım endeksleri 20, rastgelelik değeri 1 seçilmiştir. Simülasyon sonuçlarında ortaya çıkan formlar **Şekil 10**'da görülmektedir.

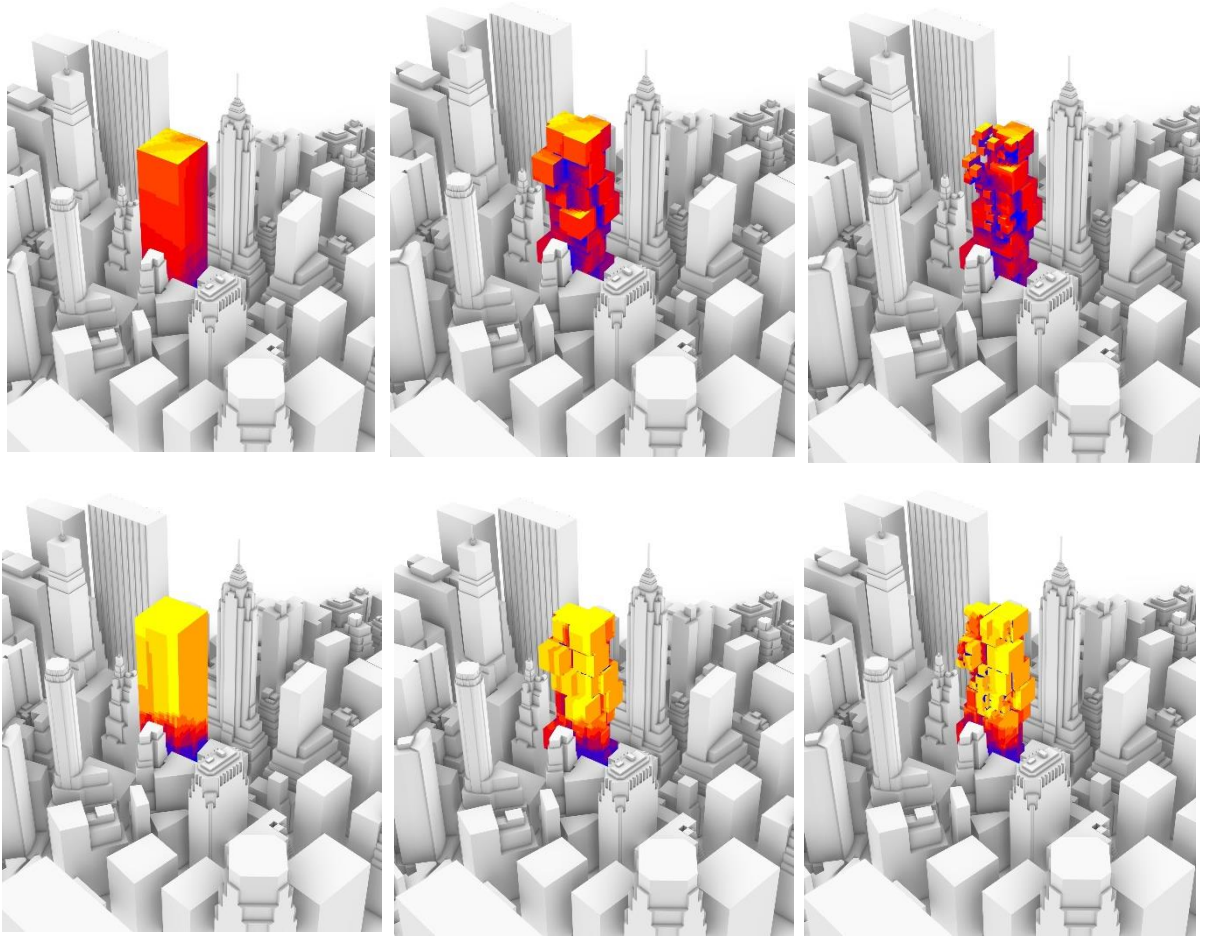
**Şekil 10:** Üçüncü aşama sonucunda genetik algoritmalar aracılığıyla elde edilen 21 Haziran tarihine ait kütle (Sol) ve 21 Aralık tarihine ait kütle. (The mass of June 21 (Left) and the mass of December 21, obtained through genetic algorithms as a result of the third stage.)



## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Çalışmada kullanılan çok hedefli genetik algoritma yazılımı olan Wallacei ara yüzünde, çalışmanın başarılı gerçekleştirilebilmesi için çözüm uzayının ve arama uzayının iyi tanımlanması gereklidir. Üretilen jenerasyon sayısının yüksek seçilmesi durumunda çözüm süresi çok uzayabilir ya da tam tersi durumda jenerasyon sayısı düşük tutulursa uygun sonuçlara ulaşılmadan simülasyon sona erebilir. Çok hedefli algoritma kullanılmasında, uygunluk fonksiyonlarının doğru tanımlanabilmesi çalışma açısından önem arz etmektedir. Fonksiyonlar, optimum sonuca erişebilmek adına birbirini dengelemeli, ancak tamamen birbirine paralel ya da tamamen zıt olmamalıdır. Çalışma yönteminde toplamda üç defa genetik algoritmalarından yararlanılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında bir, üçüncü aşamasında ise iki ayrı zaman dilimi için iki defa simülasyon yapılmıştır. İkinci aşamada temel ünitelerin hareketiyle ilişkili olan dört farklı uygunluk fonksiyonu belirlenmiştir. Üçüncü aşamada iki farklı tarih için farklı simülasyonlar uygulanmış ve belirli bir tarih için iki uygunluk fonksiyonu tanımlanmıştır. Wallacei eklentisi, verilen uygunluk fonksiyonlarını minimize etmeye çalıştığından belirlenen zaman dilimleri için istenilen uygunluk fonksiyonları buna uygun olarak tanımlanmıştır.

Çalışmada, halihazırda var olan binayı geliştirme amacı taşıdığından dolayı üretilen yapı önerisi güneş ışığı ve rüzgâr uygunluk fonksiyonları bağlamında orijinal yapıyla kıyaslanması önemlidir. Ancak bu noktada yapı kütle formasyonu için Grasshopper ve Ladybug üzerinden yapılan tanımlamalarda orijinal yapı, temel üniteler ve alt birimlerin tanımlamalarının türdeş olmadığı gözlemlenmiş, dolayısıyla analiz sonucu istenilen karşılaştırma için anlamlı veri toplanamamıştır. **Şekil 11** belirtilen kütlelerin 21 Haziran ve 21 Aralık için farklı geometri tanımlamalarına bağlı olarak ortaya çıkan simülasyonları göstermektedir. Her ne kadar simülasyon sonuçları görsel olarak istenildiği gibi çalışsa da kütlelerin analizi için kullanılan yöntemle göre niceliksel olarak istenilen sonuç elde edilememiştir. Hesaplama yönteminde ise tanımlanan geometri Ladybug eklentisi sayesinde eş yüzeylere bölünmüş, bu eş yüzeylerin her birine gün boyunca gelen güneş ışığı/rüzgar saat cinsinden toplayarak yüzey sayısına bölünmüştür. Dolayısıyla binanın yüzeylerinin gün içerisinde aldığı güneş ışığının/rüzgarın ortalaması bulunmuştur. **Şekil 12** çeşitli aşamaların sonucunda yapılan analizlerden elde edilen ortalamaları saat cinsinden göstermektedir.



**Şekil 11 (Üst):** Çalışmanın farklı aşamalarındaki geometri tanımlamalarına bağlı olarak ortaya çıkan 21 Haziran (Üst sıra) ve 21 Aralık (Alt sıra) tarihlerine ait güneş ışığı simülasyonları (Sunlight simulations of 21 June (Top row) and 21 December (Bottom row) resulting from the geometry definitions at different stages of the study.)

**Şekil 12 (Sağ):** Çeşitli aşamaların sonucunda yapılan analizlerden elde edilen ortalama değerler (The average values obtained from the analyzes made as a result of various stages.)

21 Haziran 1. aşama	21 Aralık 1. aşama
4.511829	2.565797
21 Haziran 2. aşama	21 Aralık 2. aşama
1.970036	1.348200
21 Haziran 3. aşama	21 Aralık 3. aşama
1.505095	0.871525

Görüldüğü üzere, farklı geometrik tanımlamalar arasında karşılaştırma yapmak çelişik sonuçları beraberinde getirmektedir. Yüz alanı arttıkça yapının güneş gördüğü alan artması gerekirken elde edilen sonuçlar bunu doğrulamamaktadır. Dolayısıyla gelecek çalışmalarda Ladybug eklentisi kullanılarak yapılacak güneş ışığı ve rüzgar analizlerinde daha kompakt formlar üzerinden çalışılması önerilmektedir.

Çalışma kapsamında daha da iyi sonuçlar alabilmek adına daha fazla popülasyon üzerinde çalışılabilir. Özellikle çalışma özelinde parametre aralıkları ve parametrelerin tanımlı olduğu geometrik şekillerin sayıca fazlalığı göz önünde bulundurulursa popülasyonun fazla olması çalışmanın sonuçlarını iyileştirebilir. Buna ek olarak, üzerinde çalışılan yapıya bağlı olan, bina formasyonu özelinde tanımlanan parametreler çeşitlenebilir. Genetik algoritmalarda optimizasyon, başlangıçtaki arama kümesine bağlı olduğundan ve arama kümesi bütün olasılık kümesi içerisinde rastlantısal seçildiğinden, girdiler sabit kalarak simülasyonlar arttırılabilir. Çalışmada yapı analizleri, kütle modellemesi üzerinden yapılmış olup, malzemeye ait veriler kapsam dışı bırakılmıştır. Gelecek çalışmalarda malzeme bilgisi, farklı çevresel veriler gibi verilerin entegrasyonu sağlanabilir. Çalışmada alt birimlerin hareketlerini sağlayacak sürgülü sistemin enerji verimliliği açısından analizi ve teknolojik gereklilikleri üzerinden daha detaylı bir çalışma yürütülebilir. Bütün sayınlara ek olarak, Ladybug eklentisiyle yapılan güneş analizi simülasyonuna girdi olarak verilen zaman aralıkları arttırılarak binanın sene içerisindeki dönüşümü çevresel etkilere daha uygun yanıtı üretecek şekilde çalışma kapsamı genişletilebilir.

Çalışmada, rüzgâr analizi yapmak için kullanılan Butterfly eklentisi, akışkanlar dinamiğini içermesi gerekçesiyle kullanılmış, ancak Butterfly eklentisinden alınan veriler yapı üzerinde sayısal çıktılar vermediğinden genetik algoritmayla optimizasyon süreci gerçekleştirilememiştir. Bu anlamda rüzgâr verisini kullanacak ilerleyen çalışmalarda analiz gerçekleştirebilmesi için sayısal veri toplayabilen bir araç kullanılması önerilmektedir. Çalışmada rüzgâr analizini gerçekleştirebilmek adına belirlenen zaman dilimleri için Ladybug eklentisinden elde edilen lokasyona bağımlı rüzgâr verileri Ladybug Sun Analysis komutuna vektör olarak tanımlanmıştır.

Halihazırda var olan yapının toplam yüzey alanı 49800 m<sup>2</sup>'dir. Ladybug eklentisi kullanılarak Ladybug Direct Sun Hours komutuyla yapılan analizlerde, yapı belirli referans noktalarına bölünmüş ve bu noktaların

gün içerisinde aldıkları toplam güneş ışığı saatleri toplanmış ve referans noktası sayısına bölünmüştür. Bu sayede binanın ortalama olarak gün içerisinde kaç saat güneş ışığı aldığı hesaplanmıştır. İlk olarak hesaplama orijinal yapı üzerinden gerçekleştirilmiş, sonrasında ikinci aşamada üretilen optimum yapı üzerinde analiz gerçekleştirilmiştir. Ancak bu analizde, formu oluştururken yapı daha küçük parçalara bölünüp sonradan bir araya getirildiği için yüzeyleri, orijinal yapı analizindeki gibi tek bir yüzey olarak algılanamamış ve çok daha fazla noktaya böldüğü için analiz başarılı olarak gerçekleştirilememiştir.

## 6. SONUÇ (CONCLUSION)

Kinetik mimarlık üzerine yapılan incelemeler doğrultusunda, kinetik binalara ilişkin uygulamaların daha çok pratikte kaldığı, akademik anlamda üzerinde yeterince çalışılmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kinetik sistemlerin yüksek katlı yapılarda çoğunlukla cephe elemanı üzerinde tanımlanması, yani bu hareketin iki boyutta kaldığı, üç boyutlu mimari objelerin de çevreye duyarlı olacak şekilde kütsel değişimi sağlamadıkları gözlemlenmiştir. Özellikle enerji verimliliği ve artan kentsel nüfus göz önünde bulundurulduğunda kurgulanan binanın çevresel verilere göre uyum sağlayabilmesi önemlidir. Çalışma, çeşitli çevre etkileri (güneş ışığı, rüzgâr yönü) ile etkileşim halinde olan ve çeşitli dönüşümlerle farklı formlar oluşturan, sürekli devinim içerisinde olan kinetik bir yapı sistemi üretimini hedeflemiştir. Evrimsel algoritmalar ve üretken sistemlerin sürece dahil edilmesiyle birlikte son derece karmaşık olan hesaplama süreleri kısaltılarak çalışmanın zenginleşmesine katkı sağlanmıştır. Ancak Bulgular ve Tartışma bölümünde değinildiği üzere, Grasshopper ve Ladybug eklentileri kullanılarak yapılan güneş analizi ve rüzgâr analizlerinde benzer geometri tanımlamaları için her ne kadar tutarlı sonuçlar verse de benzer olmayan geometri tanımlamalarına (çalışmanın farklı aşamalarında elde edilen geometriler gibi) karşı büyük farklılıklar gösterdiği için yapılan karşılaştırma sonuçları tatmin edici bulunmamıştır. Bu sebeple halihazırda var olan yapılar üzerinden karşılaştırmalı bir çalışma yapılmak isteniyorsa daha kompakt geometriler üzerinde çalışılması tavsiye edilmektedir.

Çalışmada tasarım stüdyolarında kinetik mimarlığın ve hesaplamalı tasarımın filizlenebilmesi amacıyla hareket edilmeye çalışılmıştır. Hesaplamalı tasarım yaklaşımının ve hesaplamalı tasarım araçlarının

mimari tasarım düşüncesine entegresi, güncel sorunlar üzerine yeni yaklaşımlar getirebilir. Çağdaş vd.'nin belirttiği üzere (2015), insan ve makine birlikteliği tasarım bağlamında yeni potansiyeller sunabilir ve imkanlar verebilirken, en etkili üretim sürecine bu kombinasyonla ulaşılabilir. Tasarım stüdyolarında böylesi bir kombinasyon imkanının öğrenilmesi, çeşitli araçlar sayesinde test edilmesi ve uygulanması tasarımcıya yeni bir tasarım üretme imkânı sağlaması açısından çok önemli olacaktır. Çalışmada sunulan yöntemin ve kapsamın kolay erişilebilir olması ve temel bir sorun üzerine odaklanması, önerilen sistemin mevcut durumla üretilen durumun karşılaştırılarak tasarım stüdyolarına kolay uygulanabilecek hesaplamalı tasarım düşüncesini tanıtmının yanı sıra, önerilen sistemin pratikteki kullanımını göstermesi açısından önemli bulunmuştur. Hesaplamalı tasarım araçlarının stüdyo ortamına aktarılması; tasarımcıların hesaplamalı tasarım araçlarının aslında tasarımın dönüşlü yapısını desteklediğini keşfederek tasarım araçlarını tasarıma katkı sağlayan bir düşünme yöntemi olarak kavramaları potansiyelini içerisinde barındırması yönüyle önemlidir.

### **Teşekkür (Acknowledgement)**

İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Bölümü Doktora Programı Kapsamında yürütülen MBL 601- Mimari Tasarımda Evrimsel Yaklaşımlar dersinde üretilen bu çalışmayı yorumlarıyla besleyen Dr. Öğr. Üyesi Ethem Gürer'e ve yardımlarıyla çalışmanın gelişmesine destek olan Araş. Gör. Özlem Çavuş'a teşekkür ederim.

### **Referanslar (References)**

- Archdaily, (2022, June 10) Diller Scofidio + Renfro, The Shed, a Center for the Arts, New York: Retrieved from: [https://www.archdaily.com/914639/the-shed-a-center-for-the-arts-diller-scofidio-plus-renfro?ad\\_medium=widget&ad\\_name=navigation-next](https://www.archdaily.com/914639/the-shed-a-center-for-the-arts-diller-scofidio-plus-renfro?ad_medium=widget&ad_name=navigation-next)
- Başaran, I. (2017). Eisenman Mimarlığının Deleuze'ün Kıvrım Kuramı Üzerinden İncelenmesi. Master's Thesis. Yıldız Teknik Üniversitesi. Yüksek Öğretim Kurumu.
- Bentley, P. (1999). An introduction to evolutionary design by computers. Evolutionary design by computers, 1-73.



Cross, N. (2002) Creative Cognition in Design: Processes of Exceptional Designers. T. Hewett and T. Kavanagh (eds.) Creativity and Cognition, ACM Press, New York, USA, 2002.

Cadmapper site: (2022, June 10) <https://cadmapper.com/>

Çağdaş, G., Bacinoğlu, Z., Çavuşoğlu, Ö., (2015). Mimarlıkta Hesaplamalı Yaklaşımlar, Mimarlık Dosya 35, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi Dergisi, 33-42.

Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S. ve Meyerivan, T. (2002). A Fast and Elitist Multi-Objective Genetic Algorithm: NSGA-II. IEEE Trans. on Evol. IEEE Transactions on Evolutionary Computation.

Dorta, T. & Kinayoglu, G. & Boudhraâ, S. (2016). A new Representational Ecosystem for Design teaching in the studio. Design Studies. 47. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.003>

Estkowski, T. (2013) Towards a Generative Design System Based on Evolutionary Computing. Doctorate Thesis, The Oslo School of Architecture and Design. Published by: The Oslo School of Architecture and Design

Holland, J. H. (1975). Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control and artificial intelligence. MIT Press.

Fox, M. A. (2003). "Kinetic Architectural Systems Design", in Transformable Environments 2, Taylor & Francis Group, London and New York, 163-186

Ghamari, H., Asefi, M. (2010). "Toward Sustainability by the Application of Intelligence Building Systems". The Second International Conference on Sustainable Architecture and Urban Development, Jordan, 245-248.

İlerisoy, Z. Y., Başeğmez, M. (2018). Conceptual Research of Movement in Kinetic Architecture. Gazi University Journal of Science, 31(2), 342-352

Maziar, A. (2010). Transformable and Kinetic Architectural Structures: Design, Evaluation and Application to Intelligent Architecture, Berlin: VDM Verlag Dr. Müller

Parametric Brick Wall Installation (2022, June 10): <https://hayriatak.com/>

Prieto, A., Knaack, U., Klein, T. and Auer, T. (2017). 25 Years of cooling research in office buildings: review for the integration of cooling strategies into the building façade (1990-2014). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 71, 89-102. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.012>

- Saltık, E. (2021). Generating optimal high-rise building suggestions according to solar radiation and shade using genetic algorithms. *JCoDe: Journal of Computational Design*, 2(2), 25-50. <https://doi.org/10.53710/jcode.984567>
- Schön, D. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professional Think in Action*. London: Maurice Temple Smith.
- Singh, V. & Gu, N. (2011). Towards an integrated generative design framework. *Design Studies: Volume 33, Issue 2, March 2012, Pages 185-207*. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.06.001>
- Simon, H. (1973). The Structure of Ill Structured Problems. *Artificial Intelligence*, 4(3-4), 181-201. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(73\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8)
- Terzidis, K. (2006). *A brief history of algotecture in Algorithmic Architecture*. Routledge Publishing, London. Pages 37-65. <https://doi.org/10.4324/9780080461298>
- United Nations, UN's report about future population (2022, June 10): <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html#:~:text=News-,68%25%20of%20the%20world%20population%20projected%20to%20live%20in,areas%20by%202050%2C%20says%20UN&text=Today%2C%2055%25%20of%20the%20world's,increase%20to%2068%25%20by%202050.>
- Youtube, Motion-Sensitive Exhibition (2022, June 10). [https://www.youtube.com/watch?v=ZEYklcUMkPw&t=85s&ab\\_channel=ArchitecturalDesignComputing-ITU](https://www.youtube.com/watch?v=ZEYklcUMkPw&t=85s&ab_channel=ArchitecturalDesignComputing-ITU)