**Journal of International Architectural Sciences**
**JIArcS,** 2024, 1 (1): 52-69
**e-ISSN**: 3062-1399
**Review Article**
https://mimarlikbilimleri.com/ojs/index.php/architecturalsciences
E-mail: *architecturalsciences@gmail.com*

# Kinetik Cephe Sistemleri ve Dünyadan Kinetik Cephe Örnekleri

Merve SAVRUNLU [1]*

**ORCID 1:** 0000-0003-4351-2973

[1] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yapı Fiziği ve Malzemesi, 34427, İstanbul, Türkiye.

** e-mail: mervesavrunlu@gmail.com*

**Öz**

*Bina kabuğu, binayı olumsuz çevre koşullarına karşı korur ve çevreyle etkileşime girerek verimli bir binanın oluşturulmasında görev alır. Binaları rüzgâr, zaman, iklim gibi unsurlar etkiler. Bu unsurlar ise statik değil dinamiktir. Bu nedenden dolayı kinetik cephelerin, binaların dinamik olan çevre koşullarına ve değişen konfor koşullarına uyum sağlayabilmesinde oldukça önemli bir görev üstlendiği söylenebilir (Ahmad, Alibaba ve Ibrahim, 2019). Bunun yanı sıra günümüzde enerjinin tüketimi gittikçe artmaktadır. Binalarda enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Binaların değişen ortam koşullarına uyum sağlayarak daha az enerji tüketecek şekilde tasarlanması önemli bir hale gelir. Binalarda enerji verimliliği ile ilgili çözümlerin oluşturulabilmesi için de kinetik sistemler kullanılabilmektedir. Kinetik cephelerin dinamik olması ve ortamın iklim koşullarına göre cephenin hareket edebilmesi yapının enerji performansını yükseltmede yardımcı olduğu söylenebilir. Bu çalışmada da kinetik cephe sistemleri üzerinde durulmuştur. Dünyadan kinetik cephe örnekleri enerji verimliliği bağlamında incelenmiştir.*

***Anahtar kelimeler:*** *Kinetik cephe, Enerji verimliliği.*

# Kinetic Facade Systems and Kinetic Facade Examples from Around the World

**Abstract**

*The building envelope protects the building against adverse environmental conditions and interacts with the environment to create an efficient building. Buildings are affected by elements such as wind, time, and climate. These elements are not static but dynamic. For this reason, it can be said that kinetic facades play a very important role in the ability of buildings to adapt to dynamic environmental conditions and changing comfort conditions (Ahmad, Alibaba, & Ibrahim, 2019). In addition, energy consumption is increasing today. It has an important share in energy consumption in buildings. It becomes important to design buildings to adapt to changing environmental conditions and consume less energy. Kinetic systems can also be used to create solutions for energy efficiency in buildings. It can be said that the dynamic nature of kinetic facades and the ability of the facade to move according to the climatic conditions of the environment help to increase the energy performance of the building. This study also focuses on kinetic facade systems. Kinetic facade examples from around the world were examined in the context of energy efficiency.*

***Keywords:*** *Kinetic facade, Energy efficiency.*

**Citation:** Savrunlu, M. (2024). Kinetic facade systems and kinetic facade examples from around the world. *Journal of International Architectural Sciences*. 1 (1): 52-69.

**DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14563562**

***Received:*** *December 02, 2024 –* ***Accepted:*** *December 28, 2024*

## 1. Giriş

Kinetik sistemler, iç mekandaki konfor koşullarının sağlanabilmesi için binaların cephesine uygulanabilir. Binaların cephesine uygulanan kinetik sistemler, cephelerin dış ortama göre tepki vermesini sağlayabilir. Bu sayede yapay enerjiye olan ihtiyacının azaltılması sağlanabilir (Bacha & Bourbia, 2016). Aynı zamanda, cephenin fiziksel görünümü binanın strüktürü bozulmadan değiştirilir (Ibrahim & Alibaba, 2019). Haidari (2015), makalesinde Arap Dünya Enstitüsünü ve One Ocean Pavyonu yapılarının kinetik cephelerini incelemiş ve yapıların cephelerini karşılaştırmıştır. Makalesinde yaptığı inceleme ve karşılaştırma sonucunda kinetik cephe tasarlarken dikkate alınması gereken üç tane sonuç belirlemiştir. Bunlardan birincisi kinetik elemanlar için gereken mekanizmanın olabildiğince basitleştirilmesi gerektiğidir. Mekanizmada hareketli ve farklı boyutlardaki parçaların çok sayıda olması sistemi kompleks hale getirir ve kinetik cephe sisteminin çalışabilmesini zorlaştırabilir. Makalede ikinci sonuç olarak tasarımcının niyeti olarak belirlemiştir. Tasarımcı kinetik cepheyi, kinetik etkileri düşünerek tasarlamalıdır. Üçüncü sonuç ise tasarımın sürecidir. Yinelemeli bir tasarım süreci olmalıdır. Teknoloji ve mimari bütünleşmelidir (Haidari, 2015). Fox, kinetik mimarlığı değişken hareketlilik kabiliyeti, konum veya geometriye sahip binalar ve bina bileşenleri olarak tanımlar (Fox, 2001). Fox'a göre "akıllı kinetik sistemler, değişen ihtiyaçları karşılamak için kendilerini fiziksel olarak yeniden yapılandırabilen bir çalışmadır." Bilgisayar sistemleri, fiziksel değişimin yapılabilmesi için kullanılabilir. Bu sayede sistem kendisini kullanım ihtiyaçlarına göre yenileyebilir (Fox, 2001).

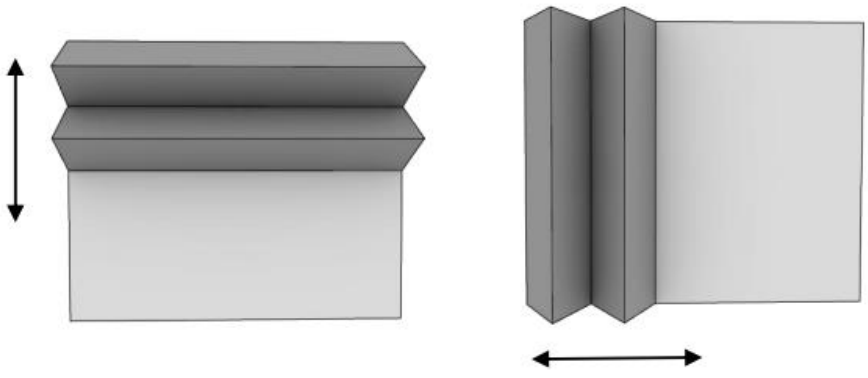
Kinetik cepheler, binanın çevresel değişikliklere uyum sağlayabilmesi ve bu değişikliğe uygun bir tepki verebilmesi konusunda rol oynar. İç mekandaki ve günışığı kalitesinin ve ısıl konforun arttırılmasını sağlar. Kinetik cephedeki hareket, cephenin fiziksel yapısını değiştirir (Sharaidin, 2014). Geometrik dönüşümlere göre cephede olabilecek temel hareketler rotasyon, ölçeklendirme ve taşımadır. Daha karmaşık hareketler elde edebilmek için farklı hareket türleri birleştirilebilir (Alkhayyat, 2013).

Yüksek teknoloji kullanılan kinetik cepheler Maia ve Meyboom'a (2015) göre dört ana temelden oluşur. Bunlar sensörler, mantıksal birim, aktüatörler ve iletişim sistemleridir. Çevresel değişkenleri sensörler tarafından anlaşılır. Verilerin işlenmesi ve bir yanıt oluşturulması mantıksal birim tarafından gerçekleştirilir. Çevre koşullarına aktüatörler tepki verir. İletişim sistemleri ise bilgilerin tüm bileşenlere aktarılmasını sağlar (Maia & Meyboom, 2015).

Çevresel ve bireysel taleplerde zamanla değişiklikler olabilir. Kinetik sistemler kullanmaktaki temel motivasyon çevresel ve bireysel değişikliklere uyum sağlayabilecek mekanlar oluşturmak olduğu söylenebilir (Fox & Kemp, 2009). Bugün binaların farklı görevleri sahip olan hareketli parçaları vardır. Mekanik cihazlar tarafından kontrol edilip binanın değişikliklere uyum sağlayabilmesinde rol oynar (Haidari, 2015).

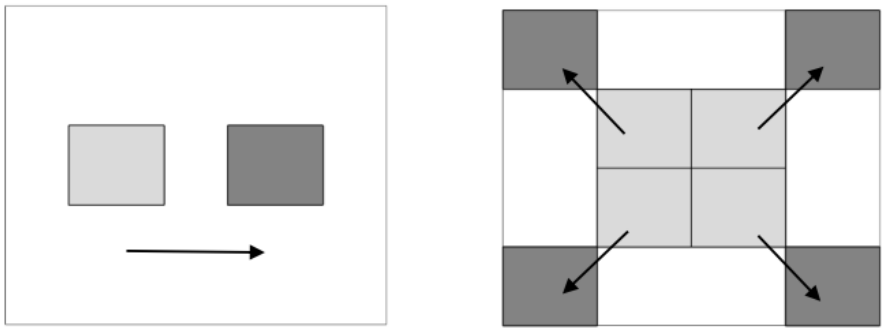
### 1.1. Kinetik Cephelerin Geometrik Dönüşümlerine Göre Sınıflandırılması

Cephe elemanlarının geometrik formlarının değiştirmesiyle çevresel koşullara uyum sağlayabilir. Geometrik dönüşümlerine göre kinetik cepheler katlama, kayma, rotasyon, ölçeklendirme ve formal değişiklik olarak sınıflandırılır. Katlama: Kinetik cephelerde birimler katlanarak hareket ettirilir. Bu sistemlerde dikey ve yatay olmak üzere temelde iki tür hareket yöntemi vardır (Şekil 1).



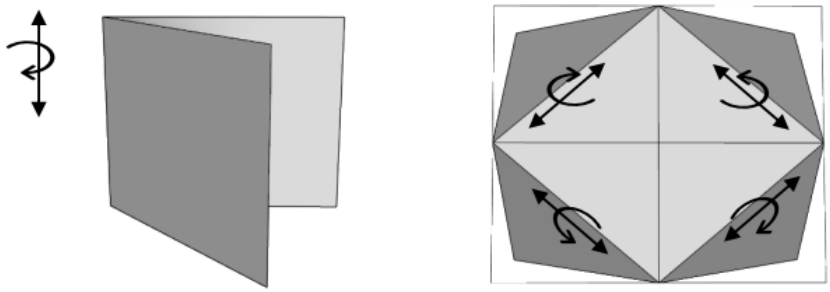
**Şekil 1.** Dikey Katlama Yatay Katlama

Kayma: Kinetik cephelerde kayma, tek eksenli veya çok eksenli olabilir. Tek eksenli kayma sadece bir yönde kayabilen, çok eksenli kayma ise birden fazla yönde kayabilen sistemlerdir (Şekil 2). Çok eksenli kayma çok daha fazla hareket olanaklarına sahiptir (Engin, 2022).



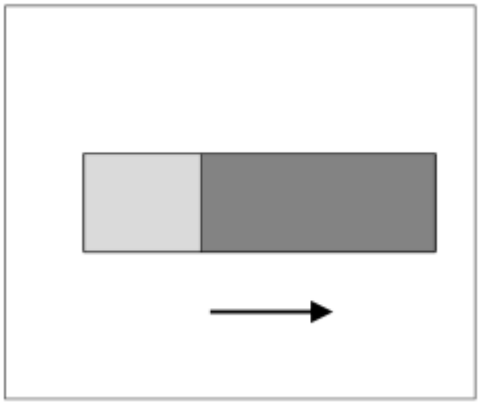
**Şekil 2.** Tek Eksenli Kayma Çok Eksenli Kayma

Rotasyon: Bir ya da birden çok eksen etrafında dönebilen sistem hareketidir (Şekil 3). Tek eksenli rotasyonda eksen, yatay veya dikey olabilir.



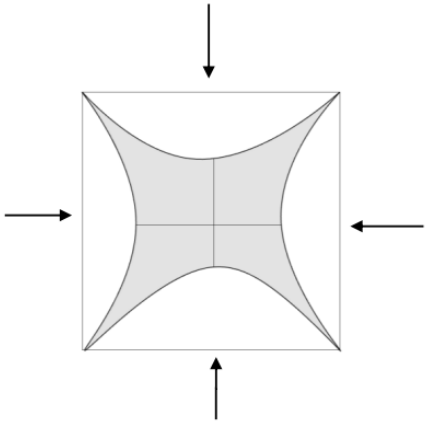
**Şekil 3.** Tek Eksenli Rotasyon Çok Eksenli Rotasyon

Ölçeklendirme: Kinetik cephelerde ölçeklendirmede nesneler daralır ya da genişler (Ibrahim & Alibaba, 2019) (Şekil 4).



**Şekil 4.** Ölçeklendirme

Formel Değişiklik: Formel değişiklikte malzemelerin ağırlık, elastikiyet gibi değişen özellikleri etkilidir (Ibrahim & Alibaba, 2019) (Şekil 5).



**Şekil 5.** Formel değişiklik

### 1.2. Çevresel Kontrole Göre Kinetik Cephelerin Sınıflandırılması

Çevresel kontrole göre kinetik cephelerin sınıflandırması günışığı, ısı kazanımı, havalandırma, nem ve gürültü kontrolü olarak 5 grupta incelenmiştir. (Nashaat & Waseef, 2017).

Günışığı kontrolü: Kinetik cepheler, iç mekânın aydınlık düzeyini kontrol edebilmede ve kamaşmayı engelleyebilmede rol oynar (Nashaat & Waseef, 2017).

Isı Kazanımı Kontrolü: İç mekânın ısı kazanımının kontrol edilebilmesi sağlar. Kinetik cepheler sayesinde kış mevsiminde güneş enerjisinden ısı kazanırken yaz mevsiminde ise ısı kazanımı engellenebilir (Nashaat & Waseef, 2017).

Havalandırma Kontrolü: Cephede hava boşluğu tasarlanarak hava akışı sağlanabilir. (Nashaat & Waseef, 2017).

Gürültü Kontrolü: Ses emici gölgeleme araçları gürültü kontrolünü sağlayabilmek için kullanılabilir (Nashaat & Waseef, 2017).

Nem Kontrolü: Pasif ya da aktif olarak iki türlü nem kontrolü yapılabilir. Pasif sistemde havadaki nem miktarına göre açılıp kapanabilen cephe malzemeleri kullanılırken aktif sistemde nem sensörleri kullanılır (Nashaat & Waseef, 2017).

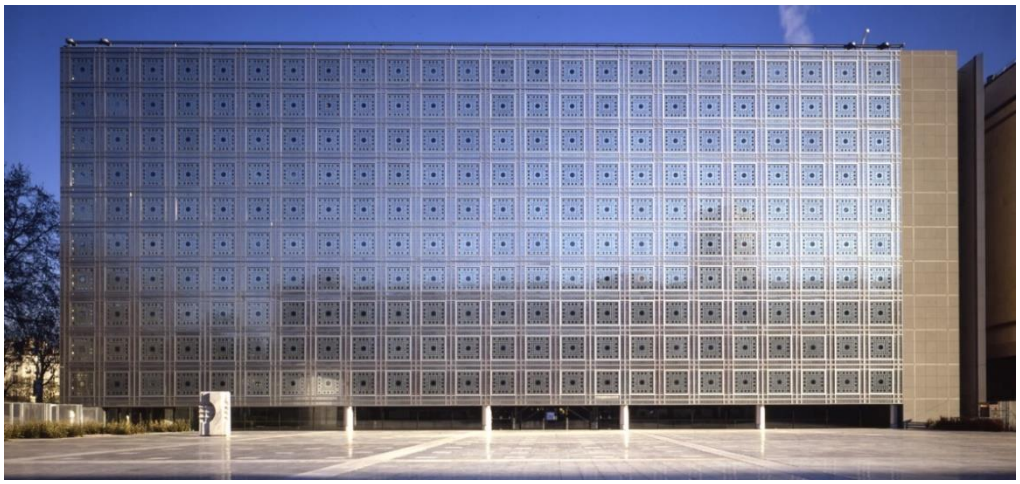
## 2. Dünyadaki Kinetik Cephe Örnekleri

Dünyanın farklı bölgelerinden kinetik cepheye sahip binalar seçilmiştir.

### 2.1. Arap Dünya Enstitüsü

| | |
|---|---|
| Tasarımcı | Jean Nouvel |
| Mühendis | SETEC Bâtiment (Teknik mühendislik), Casso-Gaudin (Güvenlik teknik mühendisliği), EPSI (Diyafram teknik mühendisliği), Atelier MAURENDU (Multimedya kütüphanesi), Louis FRUIET (Mühendis danışmanı), Light Design (Müze aydınlatma çalışması), Arcora (Müze strüktürü) |
| Malzemeler | Alüminyum (Cephe modüllerindeki bileşenler) |
| Konum | Paris, Fransa |
| Yıl | 1989 |
| İşlev | Kültür Merkezi, Müze |
| Hareket Tipi | Kayma Hareketi |

Mimar Jean Nouvel tarafından tasarlanan Arap Dünya Enstitüsü, dünyadaki kinetik cephe örneklerinden biridir (Şekil 6). Bu yapının güney cephesini, maşrabiye olarak adlandırılan Arap mimarisinde kullanılan geleneksel Arap kafes sisteminden esinlenerek tasarlamıştır (Kolarevic & Parlac, 2015). Maşrabiyelar mahremiyeti sağlamanın yanı sıra ışık, sıcaklık, nem ve hava akışını düzenlemek için de kullanılır (Taşkan & Ismaeel, 2022).



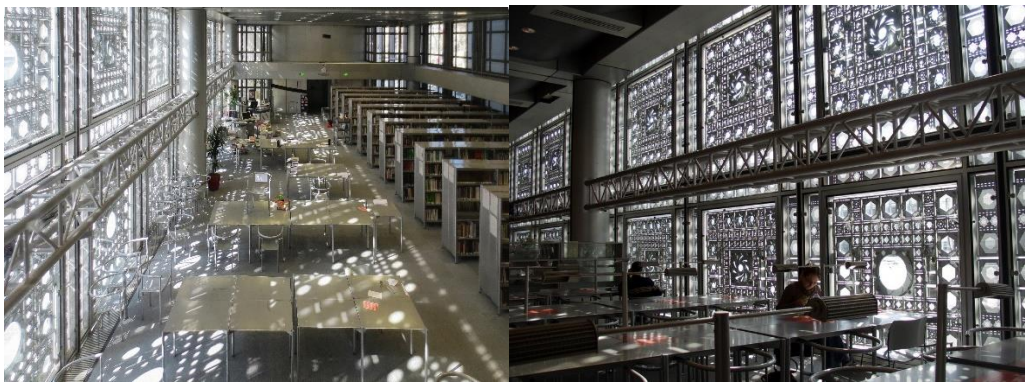
**Şekil 6.** Arap Dünya Enstitüsü cephesi (Archello, t.y.)

Yapının maşrabiyeden esinlenerek tasarlanan güney cephesi (Şekil 8), 35 metre yüksekliğinde ve 80 metre genişliğindedir. 240 kare modül ve 30.000 ışığa duyarlı diyafram kullanılmıştır. Her modülde 121 diyafram vardır. Diyaframlar taban plakası, halka şeklinde başka bir plaka ve bıçaklardan meydana gelir. Halkada bıçak sayısı kadar yuva vardır (Haidari, 2015). Sistem, fotovoltaik sensörler yardımıyla diyaframlar elektronik olarak kontrol edilebilecek şekilde tasarlanmıştır (Engin, 2022). Ancak mekanik problemlerden dolayı güneşin konumuna göre enstitünün içine girecek ışığın düzeyini kontrol edememektedir (Kolarevic & Parlac, 2015).

Cephedeki diyaframlar, kameralardaki diyaframların çalışma mantığı örnek alınarak tasarlanmıştır (Şekil 7). Kamera diyaframının boyutunda değişiklikler yaparak diyaframdaki açıklıktan gelen ışık miktarı kontrol edilir. Cephedeki diyaframlarda da kamera diyaframının gelen ışık miktarı kontrol edebilme prensibi kullanılmak istenmiştir. Cephede kullanılan cam paneller arasına diyafram modülleri yerleştirilmiştir. Bu sayede modüllerin olumsuz hava koşullarına karşı korunması sağlanır. Fotovoltaik sensörler yardımıyla diyaframların ışığa tepki vermesi istenmiştir ancak diyaframların bir kısmı çalışmamıştır. Çalışan diyaframların kontrolünü sağlayabilmek için de merkezi bir bilgisayar kullanılır (Haidari, 2015).



**Şekil 7.** Arap Dünya Enstitüsü cephesindeki diyaframlar (Anonim, 2013; ArchDaily, 2011)



**Şekil 8.** Arap Dünya Enstitüsü iç kısmı (WikiArquitectura, 2014; Anonim, t.y.)

### 2.2. Kiefer Teknik Galerisi

| | |
|---|---|
| Tasarımcı | Ernst Giselbrecht + Partner ZT GmbH |
| Malzemeler | Alüminyum paneller |
| Konum | Gleichenberg, Avusturya |
| Yıl | 2005-2007 |
| İşlev | Ofis binası ve sergi alanı |
| Hareket Tipi | Katlama |

Kiefer Teknik Galerisi , Ernst Giselbrecht + Partner ZT GmbH tarafından 2007 yılında inşaatı tamamlanmıştır. Çevre koşullarına göre hareket edebilen bir cepheye sahiptir (Şekil 9). Katlanma hareketi yapabilen kinetik cephesi 112 birimden oluşur. Kinetik cephede dikdörtgen delikli katlanabilen alüminyum paneller kullanılmıştır. Cephedeki katlama hareketi sayesinde iç mekandaki görsel konforun sağlanabilmesi için gerekli olan günışığının ayarlanabilmesi kolaylaşır (Vergauwen & Temmerman, 2012; Radwan, 2013; Ibrahim & Alibaba, 2019). İç mekânın gereğinden fazla ısınmasını engelleyerek enerji tüketimini azaltmada rol oynar. Kinetik cephenin 56 tane motor tarafından kontrol edilebilmesinin yanı sıra insan komutlarıyla da çalışabilir. Cephedeki paneller güneşin bulunduğu konuma göre katlanıp açılarak iç mekandaki konforu sağlar (Ibrahim & Alibaba, 2019).



**Şekil 9.** Kiefer Teknik Galerisi (ArchDaily, 2010)

### 2.3. Media-TC

| | |
|---|---|
| **Tasarımcı** | **Enric Ruiz Geli** |
| **Mühendis** | **Boma SL, Agusti Obiol (yapı mühendisi)** |
| **Malzemeler** | **Etilen tetrafloroetilen (ETFE)** |
| **Konum** | **Barselona, İspanya** |
| **Yıl** | **2009** |
| **İşlev** | **Ofis** |
| **Hareket Tipi** | **Formel değişiklik** |

Media-TIC binası mimar Enric Ruiz Geli tarafından 2009 yılında tasarlanmıştır. Cephesinde pnömatik bir sistem kullanılmıştır. Bu sayede enerji tasarrufu sağlanabilmiştir (Şekil 10). Cephede hafif bir malzeme olan ETFE hava yastıkları kullanılmıştır. Hava yastıkları üç katmandan oluşur. Cephedeki hava yastıklarının hava basıncı, ortamdaki sıcaklığın değişmesiyle değişir. Ortamın sıcaklığının artması ile cephe şeffaftan opak hale geçiş yapar. Öğleden sonra hava yastıkları nitrojenle doldurulur ve yarı şeffaf

hale gelerek UV radyasyonun yaklaşık yüzde 80'ini engeller. Aynı zamanda gölgelendirerek daha konforlu bir ortam oluşturur. Bu sayede ısı kazanımı azalır. Yaklaşık 20% oranında enerjiden tasarruf edilir ve karbon emisyonunu 55% oranında azaltır (Kolarevic & Parlac, 2015; Maden, 2022).



**Şekil 10.** Media-TIC Binası (Enric Ruiz-Geli, t.y.)

### 2.4. Q1 ThyssenKrupp Genel Merkezi

| | |
|---|---|
| Tasarımcı | Chaix & Morel et Associés, JSWD Architekten |
| Mühendis | IDN Ingenieurbüro |
| Malzemeler | Paslanmaz çelik (güneş kontrol aracı) |
| Konum | Essen, Almanya |
| Yıl | 2010 |
| İşlev | Genel Merkez |
| Hareket Tipi | Rotasyon |

Q1 ThyssenKrupp Genel Merkezi Chaix & Morel ve JSWD Architekten tarafından 2010'da tasarlanmıştır (Şekil 11). Bu yapının cephesinde kullanılan 1280 güneş kontrol elemanı, güneşin konumuna göre grup halinde yatay ve dikey eksende dönebilir ya da bağımsız olarak hareket edebilir. Güneş kontrol elemanları, üçgen, dikdörtgen, yamuk gibi farklı geometrik birimlerden oluşur. Güneş ışınımından kaynaklanabilecek ısı kazanımını azaltır. Genel merkezin enerji yükünü %50 azaltır ve %27 daha az karbon salınımı yapar (Kolarevic & Parlac, 2015; Maden, 2022).



**Şekil 11.** Q1 ThyssenKrupp Genel Merkezi, Essen, Almanya (ArchDaily, 2013)

### 2.5. Al Bahar Kuleleri

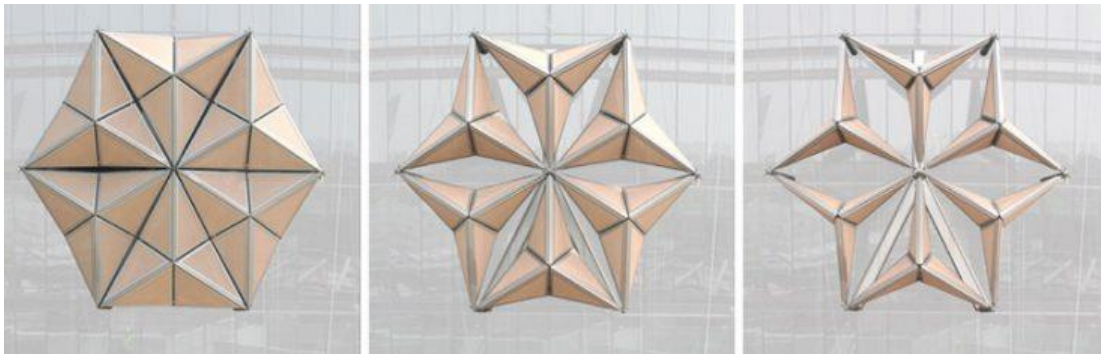
| | |
|---|---|
| Tasarımcı | Aedas Architects |
| Mühendis | Arup |
| Malzemeler | Fiberglass |
| Konum | Abu Dhabi, Birleşik Arap Emirlikleri |
| Yıl | 2012 |
| İşlev | Ofis |
| Hareket Tipi | Katlama |

Al Bahar Kuleleri Aedas Architects tarafından tasarlanmıştır. İnşa edilen 2 bina 145 m yüksekliğindedir (Şekil 12). Bu kulelerin kinetik cephesini tasarlarken maşrabiyeden esinlenmişlerdir (Kolarevic & Parlac, 2015).

Al Bahar Kulelerin kinetik cepheleri altıgen birimlerden oluşur. Birimlerde yaklaşık olarak bin üçgen kullanılmıştır. Kulenin cam cephesine tutturularak birimlerin taşınması sağlanır. Üçgenlerin açıklık oranı güneşin konumuna göre değişir. Cephenin hareketi, kulenin yönetim sistemi tarafından sağlanır (Şekil 13). Cephedeki kinetik elemanların kulelerin soğutma yükünü yüzde 25'e kadar indirmesi hedeflenmiştir. Bunu gerçekleştirebilmek için parametrik tasarım metodu kullanılmış ve simülasyon programları yardımıyla kulelerin enerji performansı ölçülmüştür. Isı kazanımının azaltılmasından dolayı kulelerin soğutma yükü de azalmıştır (Kolarevic ve Parlac, 2015).



**Şekil 12.** Al Bahr Kulesi, Abu Dabi, Birleşik Arap Emirlikleri (ArchDaily, 2012a; archiSCENE, 2012; ProzoriVrata, t.y.)



**Şekil 13.** Altıgen birimin kapalı, yarı kapalı ve açık hali (Iaac, 2018)

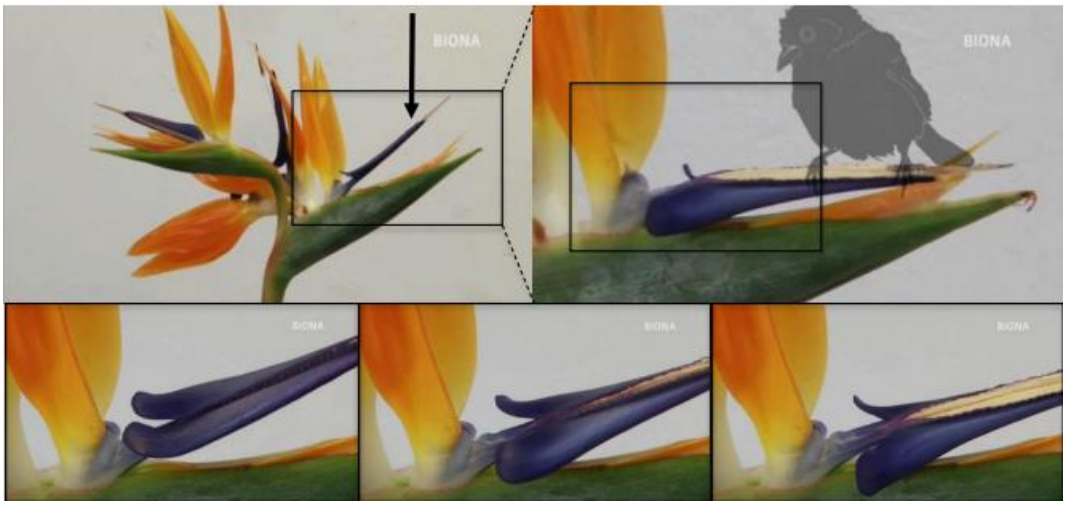
### 2.6. One Ocean Tematik Pavyonu

| | |
|---|---|
| Tasarımcı | Soma ZT GmbH |
| Mühendis | Brandstatter ZT GmbH (Yapı Mühendisliği), Transsolar Energietechnik GmbH (İklim Mühendisliği), Knippers Helbig GmbH (Kinetik Cephe Mühendisliği) |
| Malzemeler | Cam elyaf takviyeli polimer |
| Konum | Yeosu-si, Güney Kore |
| Yıl | 2012 |
| İşlev | Sergi |
| Hareket Tipi | Formel değişiklik |

One Ocean pavyonu, Soma tarafından tasarlanmıştır. Ortamdaki iklim koşuluna göre hareket edebilen bir cephesi olan bu yapı Güney Kore'deki Expo 2012 için inşa edilmiştir (Şekil 15). Soma, "Expo'nun yaşayan okyanus ve sahil (The Living Ocean and Coast) temasını sembolik olarak göstermek yerine performatif olarak örneklendirmek istedi" (Haidari, 2015).

Cennet kuşu çiçeğinden (strelitzia reginae) ilham alarak kinetik cephenin hareketi oluşturulmuştur. Cennet kuşu çiçeği kuşların konabileceği iki tane bitişik taçyaprağından oluşan bir platform meydana getirir. Kuş çiçeğin oluşturduğu platforma konduğu zaman aşağıya doğru eğilir ve taçyaprağının iki kanadı yana doğru yönelerek açılır. Noktasal yükün etkili olduğu bir bükülme hareketidir (Şekil 14). Bu durum, burkulma olarak adlandırılır. Kinetik cephedeki lamellerin açılmasında bitkideki açılma hareketi örnek alınmıştır (Haidari, 2015).

Kinetik cephenin yüksekliği 3 ile 13 metre arasında değişmekte olup uzunluğu ise 140 metredir. Cephede dikey olarak 108 lamel kullanılmıştır. Lameller, düşük bükülme direncine ve yüksek çekme direncine sahip olan cam elyaf takviyeli polimerden yapılmıştır (Kolarevic ve Parlac, 2015). Bu sayede elastik deformasyon meydana gelebilir. Lameller motorlar tarafından çalıştırılır ve asimetrik olarak bükülür böylece cephede açıklıklar oluşturulur. Yapının cephesindeki lameller dolayısıyla güneş ışığı iç mekâna kontrollü olarak alınabilir. Her bir lamel birbirlerinden bağımsız olarak çalıştırılabilir (Haidari, 2015).




**Şekil 14.** Cennet kuşu çiçeğinin çalışma mekanizması (Haidari, 2015)

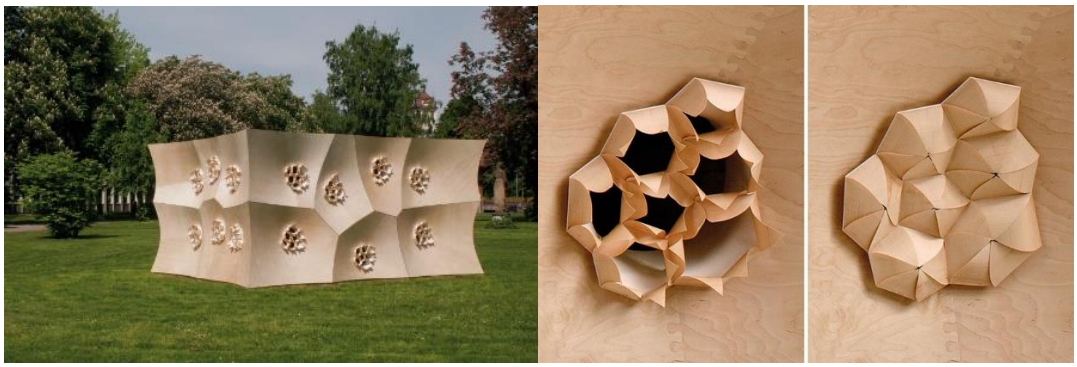


**Şekil 15.** One Ocean Pavyonu (ArchDaily, 2012b)

## 2.7. HygroSkin

| | |
|---|---|
| Tasarımcı | Achim Menges Architect, Oliver David Krieg, Steffen Reichert |
| Malzemeler | Akçaağaç kompozit paneller |
| Konum | Orléans, Fransa |
| Yıl | 2013 |
| İşlev | Pavyonu |
| Hareket Tipi | Formel değişiklik |

Achim Menges tarafından HygroSkin , pavyon olarak tasarlanmıştır (Şekil 16). 2013 yılındaki bu projede, iklime duyarlı mimaride yeni bir yaklaşım araştırmışlardır. Kullanılan akçaağaç kompozit paneller sayesinde çevrenin nem seviyesine göre modüllerin hareket edebilmesi sağlanır. Panellerdeki lifler, çevredeki nem değişikliğine tepki verebilmesini sağlar. Herhangi bir teknik ekipmana ya da bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan projenin kabuğundaki modüller iklim değişikliklerine tepki olarak açılıp kapanabilmektedir. Ortamdaki nem miktarına bağlı olarak modüller açılıp kapanabilmektedir. Düşük nemde modüller açılırken yüksek nemde modüller kapanır (Krieg et al., 2014; Fox, 2016; Menges, Reichert, 2015'ten alıntılayan Maden, 2022).

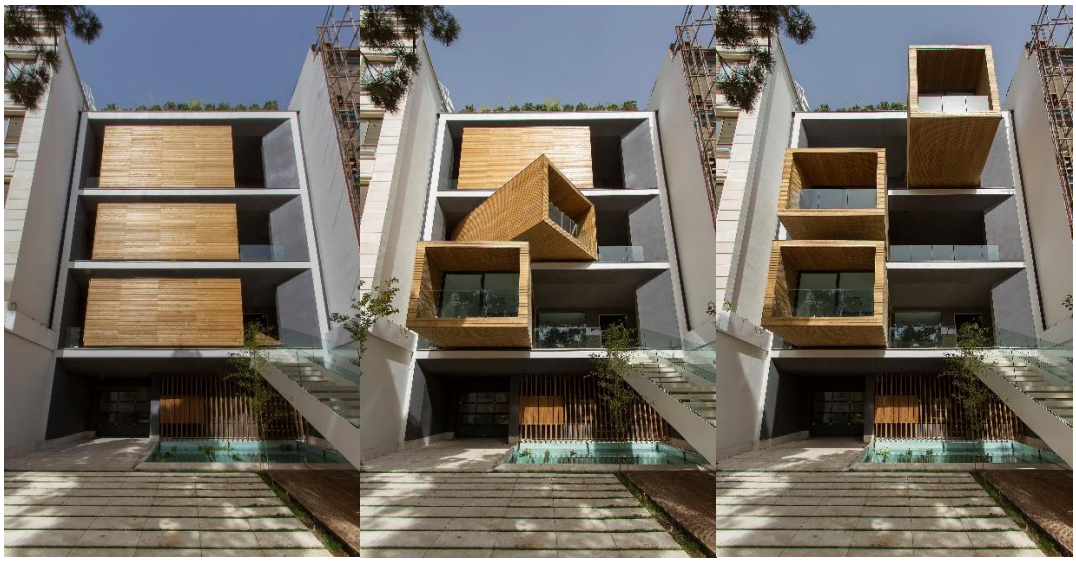


**Şekil 16.** HygroSkin, yüksek bağıl nemde açık ve düşük bağıl nemde kapalı modüller (achimmenges, 2013)

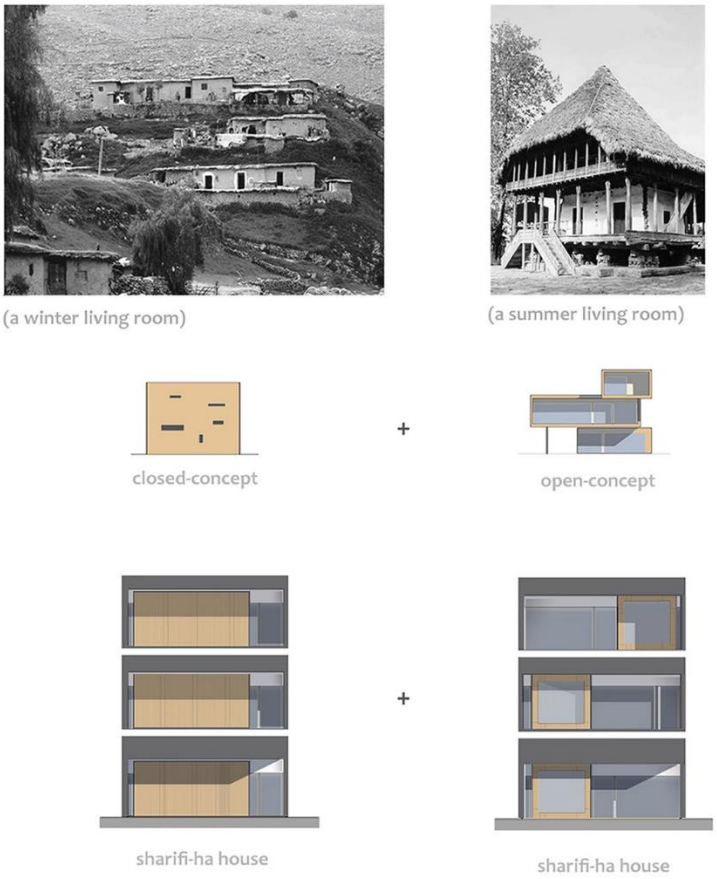
### 2.8. Sharifi-ha Evi

| | |
|---|---|
| Tasarımcı | NextOffice – Alireza Taghaboni |
| Malzemeler | Ahşap |
| Konum | Tahran, İran |
| Yıl | 2010-2013 |
| İşlev | Konut |
| Hareket Tipi | Rotasyon |

Sharifi-ha Evi, NextOffice tarafından tasarlanmıştır. Tahran'daki mevsimler arası sıcaklık farkının yüksek olmasından dolayı ev için dönebilen bölmeler tasarlamışlardır (Şekil 17). Bölmeler 90 derece dönme hareketi yapabilir. Bölmelerin dönebilmesi sayesinde kışın odalar içe doğru çevrilebilirken yazın odalar açığa çıkartılabilir. Bu açıdan hem yazlık hem de kışlık oturma odaları olan İran evlerine benzemektedir (Şekil 18). Bölmeler kapandığı zaman odaya açıldığı zaman terasa erişim sağlanabilmesi için bir yan kapı kullanılmıştır. Ayrıca teraslarda bölmelerin dönme açısına göre hareket edebilen katlanır korkuluklar kullanılmıştır (Ibrahim ve Alibaba, 2019).



**Şekil 17.** Sharifi-ha Evi Cephesi (ArchDaily, 2014a)




**Şekil 18.** Sharifi-ha Evi cephesi açık ve kapalı (ArchDaily, 2014b)

### 2.9. SDU Kolding Kampüs

| | |
|---|---|
| Tasarımcı | Henning Larsen Architects |
| Mühendis | Orbicon |
| Malzemeler | 1600 delikli Alüminyum panel |
| Konum | Kolding, Danimarka |
| Yıl | 2014 |
| İşlev | Eğitim |
| Hareket Tipi | Rotasyon |

2014 yılında Güney Danimarka Üniversitesi'nin Kolding Kampüsü'nün, inşası tamamlanmıştır. Kampüs Kolding nehrine yakın bir bölgede bulunmaktadır. Bu kampüste, kültür, tasarım, iletişim ve dil kursları verilir.

Kampüs binasının kinetik cephesinde 1600 delikli alüminyum panel kullanılmıştır. Üçgen formunda paneller kullanmışlardır. Panellerin kullanılmadığı durumda cephe boyunca düz bir şekilde kapalı olarak durur. Kinetik panelleri açıldığı zaman ise kontrollü olarak cepheden dışarıya doğru taşar. Günışığı ve ısıya göre panellerin açılma açısı belirlenmiştir (Sood & Patil, 2022). İç mekânın çevre koşullarına adapte olabilmesi için paneller dikey eksende 90 dereceye kadar açılabilmektedir. Panellerin açılma hareketi merkezi bir sistem tarafından yapılmaktadır (Maden, 2022).

Ortamın ısı ve ışık düzeyleri sensörler tarafından algılanmaktadır. Buna göre panellerin açısı belirlenir (Fortmeyer & Linn, 2014). Bu sayede kullanıcılar için konforlu bir çalışma ortamı sağlanabilmektedir. Kampüsün enerji yükünü kinetik cepheler, yüzde 50 oranında azaltmaktadır. Yaklaşık olarak yüzde 27'ye kadar da karbon emisyonunu düşürür (Maden, 2022).



**Şekil 19.** SDU Kolding Kampüs kinetik cephesi (Sdu, 2024; ArchDaily, 2015)

## 3. Bulgular ve Tartışma

**Tablo 1.** Çalışma kapsamında incelenen kinetik cepheler

| Bina/Yıl | Mimar | Konum | İşlev | Hareket Tipi | Açıklamalar |
|---|---|---|---|---|---|
|  Arap Dünya Enstitüsü, 1987 | Jean Nouvel | Paris, Fransa | Kültür Merkezi, Müze | Kayma | Cephede 240 modül ve 30.000 ışığa duyarlı diyafram vardır. Fotovoltaik sensörlerin yardımıyla diyaframların ışığa tepki vermesi istenmiştir. Ancak diyaframların bir bölümü çalışmamıştır. |
|  Kiefer Teknik Galerisi, 2007 | Ernst Giselbrecht + Partner ZT GmbH | Gleichenberg, Avusturya | Ofis binası ve sergi alanı | Katlama | Kinetik cephede 112 birim kullanılmıştır. Cephedeki paneller Güneşin konumuna göre katlanıp açılır. İç mekânın fazla ısınmasını engel olarak enerji tüketimini azaltır. |
|  Media-TIC, 2009 | Enric Ruiz Geli | Barselona, İspanya | Ofis | Formel değişiklik | Öğleden sonra cephedeki hava yastıkları yarı şeffaf hale gelerek UV radyasyonun yaklaşık olarak yüzde 80'ini engeller. Yüzde 20 oranında enerji tasarrufu sağlanır. Karbon emisyonunu yaklaşık yüzde 55 oranında azalır. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  Q1 ThyssenKrupp Genel Merkezi, 2010 | Chaix & Morel et Associés, JSWD Architekten | Essen, Almanya | Genel Merkez | Rotasyon | Binanın enerji yükünü yaklaşık yüzde 50 azaltır. Yüzde 27 daha az karbon salınımı yapar. |
|  Al Bahar Kuleleri, 2012 | Aedas Architects | Abu Dhabi, Birleşik Arap Emirlikleri | Ofis | Katlama | Cephedeki kinetik elemanların kulelerin soğutma yükünü yüzde 25'e kadar indirmesi hedeflenmiştir. |
|  One Ocean Tematik Pavyonu, 2012 | Soma ZT GmbH | Yeosu-si, Güney Kore | Sergi | Formel değişiklik | Cephede 108 dikey lamel kullanılmıştır. Yapının cephesindeki lamellerin bükülebilmesinden dolayı güneş ışığının iç mekâna kontrollü olarak girebilmesi sağlanır. |
|  HygroSkin, 2013 | Achim Menges Architect, Oliver David Krieg, Stefen Reichert | Orléans, Fransa | Pavyon | Formel değişiklik | Ortamdaki neme göre cephe yüzeyindeki beşgen veya altıgen modüller açılıp kapanabilmektedir. Herhangi bir enerji tüketimi olmadan Açılıp kapanma hareketini yapabilmektedir. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  Sharifi-ha Evi, 2013 | NextOffice – Alireza Taghaboni | Tahran, İran | Konut | Rotasyon | Bölmelerin dönebilmesi sayesinde kışın odalar içe doğru çevrilebilirken yazın odalar açığa çıkartılabilir. Bölmeler 90 derece dönme hareketi yapabilir. |
|  SDU Kolding Kampüs, 2014 | Henning Larsen Architects | Kolding, Danimarka | Eğitim | Rotasyon | Kampüsün enerji yükünü kinetik cepheler, yüzde 50 oranında azaltmaktadır. Yaklaşık olarak yüzde 27'ye kadar da karbon emisyonunu düşürür. |

Tablo 1'de incelenen kinetik cephe örnekleri 1987- 2017 yılları arasında tamamlanmıştır. Kinetik cephe Fransa, Güney Kore, Birleşik Arap Emirlikleri, İran gibi dünyanın farklı bölgelerinde kullanılmıştır. Ofis, müze, eğitim, konut gibi birbirinden farklı işlevlerde olan kinetik cepheler binaların enerji yükünü azaltır ve günışığının kontrol edilebilmesine olanak sağlar.

## 4. Sonuç ve Öneriler

Yaşadığımız çevre sürekli bir değişim halindedir. Günümüzde küresel ısınmadan dolayı enerjinin verimli kullanılması önemli bir hale gelmiştir. Binalar ise bu enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Dinamik olan kinetik cepheler çevresel değişikliklere uyum sağlayabilir. Bunun bir sonucu olarak günışığı kontrolünü sağlamada, soğutma ve ısıtma yükünü azaltmada, karbon emisyonunu düşürmede rol oynar.

İncelenen örneklerden yola çıkarak kinetik cepheler binanın enerji performansını yükseltmede olumlu katkı yaptığı söylenebilir. Kinetik cepheye sahip dünyadan 9 örnek incelenmiştir. İncelenen örneklerden sadece HygroSkin için enerji tüketimi olmadan cephe panelleri açılıp kapanabilmektedir. Diğer 8 örnekte panellerin açılıp kapanabilmesi için enerji gerekmektedir. Sistemin çalışması için her ne kadar belli bir enerji gerekse de 7 örnekte yapının enerji yükünü azaltmada olumlu katkı vermiştir. Sadece Arap Dünya Ensititüsü kinetik cephedeki mekanik problemlerden dolayı güneşin konumuna göre enstitünün içine girecek ışığın düzeyini kontrol edilememektedir. İncelenen örnekler doğrultusunda kinetik cepheler farklı hareket tipine sahip olsa da ve sistemin çalışması için de belli bir enerji gerekse de buna rağmen binanın enerji yükünü azalttığı söylenebilir.

**Teşekkür ve Bilgi Notu**

Makale ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uygundur. Çalışma için Etik Kurul onayı gerekmemiştir.

**Yazar Katkı ve Çıkar Çatışması Açıklama Bilgileri**

Tek yazarlıdır. Çıkar çatışması yoktur.

**Kaynaklar**

achimmenges. (2013). HygroSkin: Meteorosensitive Pavilion. Erişim Adresi (28.12.2024): http://www.achimmenges.net/?p=5612

Alkhayyat, J. (2013). *Design Strategy for Adaptive Kinetic Patterns: Creating a Generative Design for Dynamic Solar Shading Systems. University of Salford, Manchester*

Anonim. (2013). Aula 7 – High Tech. Erişim Adresi (28.12.2024): https://arqteoria.wordpress.com/2013/05/22/aula-1-high-tech/

Anonim. (t.y.). Erişim Adresi (28.12.2024): https://aedesign.files.wordpress.com/2009/08/instint2.jpg

ArchDaily. (2010). Kiefer Technic Showroom / Ernst Giselbrecht + Partner. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/89270/kiefer-technic-showroom-ernstgiselbrecht-part

ArchDaily. (2011). AD Classics: Institut du Monde Arabe / Enrique Jan + Jean Nouvel + Architecture-Studio. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel

ArchDaily. (2012a). Al Bahar Towers Responsive Facade / Aedas. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas

ArchDaily. (2012b) Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/233487/somas-thematic-pavilion-opens-tomorrow?ad_medium=gallery

ArchDaily. (2013). Q1, ThyssenKrupp Quarter Essen / JSWD Architekten + Chaix & Morel et Associés. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswdarchitekten-chaix-morel-et-as

ArchDaily. (2014a). Sharifi-ha House / Next Office–Alireza Taghaboni. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice?ad_medium=gallery

ArchDaily. (2014b). Sharifi-ha House / Next Office–Alireza Taghaboni. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice?ad_medium=gallery

ArchDaily. (2015). SDU Campus Kolding / Henning Larsen. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archdaily.com/590576/sdu-campus-kolding-henning-larsen-architects

Archello. (t.y.). Arab World Institute. Erişim Adresi (28.12.2024): https://archello.com/project/arab-world-institute

archiSCENE. (2012). Al Bahar Towers by Aedas. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.archiscene.net/firms/aedas/al-bahar-towers/

Bacha, C. B. & Bourbia, F. (2016). Effect of kinetic facades on energy efficiency in office buildings - hot dry climates. *Advanced Building Skins,* (s. 458-468). Bern.

Engin, S. (2022). *Kinetik Cephelerde Sınıflandırma Önerisi ve Geleneksel Gölgeleme Elemanları Arasındaki Farkların Değerlendirmeleri. Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.*

Fortmeyer, R. & Linn, C. (2014). *Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes*. Singapur: Images Publishing Group.

Fox, M. A. (2001). Sustainable Applications of Intelligent Kinetic Systems.

Fox, M. & Kemp, R. M. (2009). Interactive Architecture. New York: Princeton Architectural Press.

Fox, M. (2016). Interactive Architecture: Adaptive World, New York: Princeton Architectural Press.

Haidari, H. (2015). Decisive design aspects for designing a kinetic façade.

Enric Ruiz-Geli. (t. y.). Projects. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.ruiz-geli.com/projects/built/media-tic

Iaac. (2018). Al Bahar Towers. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.iaacblog.com/programs/doruk-yildirim/

Ibrahim, J. A. & Alibaba, H. Z. (2019). Kinetic Facade as a Tool for Energy Efficiency. *International Journal of Engineering Research and Review*s, 7(4), 1-7.

Kolarevic, B. & Parlac, V. (2015). Adaptive, Responsive Building Skins. In B. Kolarevic, & V. Parlac, Building Dynamics: Exploring Arcitecture of Change. London: Routledge.

Krieg, O. D., Christian, Z., Correa Zuluaga, D. & Menges, A. (2014). *HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion.* UCL Press.

Maden, F. (2022). Tesselasyon Tabanlı Kinetik Cephe Tasarımları. *Mimar*•ist(73), s. 104-111.

Maia, S. & Meyboom, A. (2015). Interrogating interactive and responsive architecture: the quest of a technological solution looking for an architectural problem. Brezilya: The Next City-New Technologies and the Future of the Built Environment: 16th International Conference.

Nashaat, B. & Waseef, A. (2017). Responsive Kinetic Facades: An Effective Solution for Enhancing Indoor Environmental Quality in Buildings. Architecture of the Future: Challenges and Visions. Saudi Arabia: The First Memaryat International Conference.

ProzoriVrata. (t.y.). Fasada: Vizuelni simbol energetske efikasnosti. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.prozorivrata.com/fasada-vizuelni-simbol-energetske-efikasnosti/

Radwan, A. H. (2013). Smart Facades: From adaptation with climate, changing esthetical values, till digital drawings on buldings envalope.

Savrunlu, M. (2024). *Performansa Dayalı Cephe Sistemleri ve Parametrik Tasarımın Günışığı Açısından İncelenmesi. Gelişim Üniversitesi Müh. Mim. Fak., Fen Bilimleri Enstütüsü, Yüksek Lisans Programı, İstanbul.*

Sdu. (2024). Campus Kolding. Erişim Adresi (28.12.2024): https://www.sdu.dk/en/om_sdu/byerne/kolding/studieliv

Sharaidin, K. (2014). *Kinetic façades: Towards design for environmental performance. RMIT University, Avustralya*

Sood, R. & Patil, A. S. (2022). Analysis and Review of the Kinetic Façades in Kolding Campus, South Denmark University. H. M. Dubey, M. Pandit, L. Srivastava, & B. K. Panigrahi (Dü.), Artificial Intelligence and Sustainable Computing (s. 265-274). Springer, Singapore.

Taşkan, D. & Ismaeel, A. B. (2022). Mimari Bir Eleman: Maşrabiye. *Art-Sanat*, 475-496.

Vergauwen A. & Temmerman, N. D. (2012). Analysing the applicability of deployable scissor structures in responsive building skins. High Performance Structure and Materials, 493-504.

WikiArquitectura (2014). Erişim Adresi (28.12.2024): https://en.wikiarquitectura.com/instituto_del_mundo_arabe_-_wikiarquitectura_284329-2/

# Kinetic Facade Systems and Kinetic Facade Examples from Around the World

**Summary**

The building envelope protects the building against adverse environmental conditions and interacts with the environment to create an efficient building. Buildings are affected by elements such as wind, time, and climate. These elements are not static but dynamic. For this reason, it can be said that kinetic facades play a very important role in the ability of buildings to adapt to dynamic environmental conditions and changing comfort conditions (Ahmad, Alibaba, & Ibrahim, 2019). Kinetic facades play a role in the ability of the building to adapt to environmental changes and to respond appropriately to these changes. In addition, energy consumption is increasing today. Due to global warming, efficient use of energy has become important. Buildings have an important share in this energy consumption. It becomes important to design buildings in a way that they consume less energy by adapting to changing environmental conditions. Kinetic systems can also be used to create solutions related to energy efficiency in buildings. It can be said that the dynamic nature of kinetic facades and the ability of the facade to move according to the climatic conditions of the environment help to increase the energy performance of the structure. This study focuses on kinetic facade systems. Dynamic kinetic facades can adapt to environmental changes. As a result, it plays a role in providing daylight control, reducing cooling and heating loads, and reducing carbon emissions. It increases the quality of daylight and thermal comfort in the interior space. The movement in the kinetic facade changes the physical structure of the facade. It can adapt to environmental conditions by changing the geometric forms of the facade elements. According to their geometric transformations, kinetic facades are classified as folding, sliding, rotation, scaling, and formal change. The classification of kinetic facades according to environmental control was examined in 5 groups as daylight, heat gain, ventilation, humidity and noise control. Kinetic facade examples from around the world have been examined in terms of energy efficiency. The examined kinetic facade examples were completed between 1987 and 2017. Kinetic facades have been used in different parts of the world such as France, South Korea, the United Arab Emirates, and Iran. Kinetic facades, which have different functions such as offices, museums, education, and housing, reduce the energy load of buildings and allow daylight to be controlled. Based on the examined examples, it can be said that kinetic facades make a positive contribution to increasing the energy performance of the building. 9 examples with kinetic facades from around the world have been examined. Of the examined examples, only HygroSkin can open and close the facade panels without energy consumption. In the other 8 examples, energy is required for the panels to open and close. Although a certain amount of energy is required for the system to operate, 7 examples have made a positive contribution to reducing the energy load of the building. Only the Arab World Institute cannot control the level of light entering the institute according to the position of the sun due to mechanical problems in the kinetic facade. In line with the examples examined, it can be said that although kinetic facades have different types of movement and require a certain amount of energy for the system to operate, they still reduce the energy load of the building.