

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UYUM GÖSTEREN CEPHELER: BİR META ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selin KARAAĞAÇ

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

MAYIS 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UYUM GÖSTEREN CEPHELER: BİR META ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selin KARAAĞAÇ
502161539

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

MAYIS 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502161539 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Selin KARAAĞAÇ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “UYUM GÖSTEREN CEPHELER: BİR META ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. İkbāl ÇETİNER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Cem ALTUN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi N. Volkan GÜR
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : 11 Mart 2020
Savunma Tarihi : 15 Mayıs 2020





Aileme,



ÖNSÖZ

Çalışma; uyum gösteren cephelerin sürdürülebilirliği sağlamada, günümüzün ve geleceğin kaynaklarını verimli kullanmada dikkate değer bir role sahip olduğundan ve bu cephelerin daha iyi anlaşılmasının, uygulamalarının yaygınlaşmasında önemli bir adım olacağından hareketle, uyum gösteren cepheleri incelemektedir.

Tez sürecimde bilgi ve tecrübeleriyle yolumu aydınlatan, zor zamanlarımda yanımda olduğunu hissettiren, desteğini ve ilgisini esirgemeyen değerli hocam Doç.Dr. İkbâl Çetiner'e, yüksek lisans sürecimin başından itibaren tezimi bu yeni alanda gerçekleştirmek isteğime ve bana inandığı, değerli vaktini ayırdığı ve her koşulda sabır gösterdiği için çok teşekkür ederim.

İdealleri olan, önemsedikleri değerler için çabalamaktan vazgeçmeyen ve bir şeyleri değiştirebileceğine inandığı için değiştirme kudretine ve şansına erişen, bu sebeplerle bende iz bırakan, bu yolda yürümeme ve devam etmeme vesile olan şimdiye kadar tanıdığım tüm güzel yürekli öğretmenlerime teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Canım aileme ve varlıklarıyla manevi desteğim olan arkadaşlarıma, bu süreçte yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Mart 2020

Selin KARAAĞAÇ
Mimar



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	3
1.2 Çalışmanın Kapsamı	4
1.3 Çalışmanın Yöntemi	4
2. UYUM GÖSTEREN CEPHELER.....	7
2.1 Uyum Gösteren Cephelerin Tanımı	8
2.2 Uyum Gösteren Cephelerin Tarihçesi.....	11
2.3 Uyum Gösteren Cephe Türleri ve Sınıflandırmalar	14
2.4 Uyum Gösteren Cephelerin Performans Gereksinimleri.....	22
2.5 Uyum Gösteren Cephelerde Enerji Etkinlik ve İlgili Benzetim Programları .	25
2.5.1 Uyum Gösteren Cephelerde Enerji Etkin Parametrik Tasarım	26
2.5.2 Enerji Etkinlik Analizinde Kullanılan Benzetim Programları	31
2.6 Mevcut Uyum Gösteren Cephe Uygulamaları.....	33
2.7 Bölüm Sonucu.....	41
3. UYUM GÖSTEREN CEPHELERE YÖNELİK META ANALİZİ	43
3.1 Meta Analizi Kavramı.....	43
3.2 Meta Analizi Çalışmasının Amacı, Kapsamı ve Yöntemi	47
3.3 Meta Analizi Çalışması	48
3.3.1 Yayınların Genel Özelliklerinin Analizi	48
3.3.2 Yayınların İçerik Analizi.....	55
3.4 Bölüm Sonucu.....	71
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR	79
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	111



KISALTMALAR

IUCN	: Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (The International Union for Conservation of Nature)
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
ECBCS	: Binalarda ve Toplum Sistemlerinde Enerji Korunumu (Energy Conservation in Buildings and Community Systems)
GA	: Genetik Algoritma
AR	: Adaptif Radyasyon
CA	: Hücresel Otomatlar
COST	: Avrupa Bilim ve Teknoloji İşbirliği (European Cooperation In Science And Technology)
SELFIE	: Yenilikçi Cephe için Akıllı ve Verimli Katmanlar (Smart and Efficient Layers for Innovative Envelope)
PTFE	: Politetrafloroetilen
ETFE	: Etilen tetrafluroetilen
RMIT	: Royal Melbourne Teknoloji Enstitüsü
BIQ	: Biyo-Akıllı Bölüntü (Bio-Intelligent Quotient)
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
BIM	: Bina Bilgisi Modellemesi (Building Information Modeling)
epw	: EnergyPlus İklim Dosyası (EnergyPlus Weather File)
PV	: Fotovoltaik
PCM	: Faz değiştiren malzeme (Phase Change Material)
SMA	: Şekil hafızalı alaşım (Shape Memory Alloy)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Uyumlanabilirliğin tanımlandığı çalışmalar çizelgesi. Romano ve diğ. 'nin (2018) çalışmasından uyarlanmıştır.	9
Çizelge 2.2 : Uyum gösteren cepheler için bir sınıflandırma ölçütleri tablosu. Loonen ve diğ. 'nin (2015) çalışmasından uyarlanmıştır.	17
Çizelge 2.3 : Aelenei ve diğ. (2016) çalışmasındaki sınıflandırma ölçütleri.....	18
Çizelge 2.4 : Uyum gösteren cepheler için bir sınıflandırma tablosu (Başarır ve Altun, 2017)	20
Çizelge 2.5 : Uyum gösteren cepheler için sınıflandırma ölçütleri.	42
Çizelge 3.1 : Meta analizinin sınıflandırma çerçevesi.....	46
Çizelge A.1 : Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.....	88



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çalışmanın yöntemi.....	5
Şekil 2.1: Çift kabuklu cephenin çalışma prensiplerini gösteren şemalar (Souza, 2019).	11
Şekil 2.2: Mike Davies'in çok işlevli duvar tasarımının bir eskizi (Knaack ve diğ., 2007).	13
Şekil 2.3: Malzeme boyutundaki sınıflandırılma örneği. Fox ve Yeh'in (2000) çalışmasından uyarlanmıştır.	14
Şekil 2.4: Hareket türlerine göre sınıflandırma. Addington ve Schodek'in (2005) çalışmasından uyarlanmıştır.	15
Şekil 2.5: IEA ECBCS Annex 44'e göre yapılan sınıflandırma. Heiselberg'in (2009) çalışmasından uyarlanmıştır.	15
Şekil 2.6: Uyum gösteren cephelerin uygulama incelemelerinden hareketle oluşturulmuş bir gruplandırma şeması (Çakır Aydoğan, 2018).	21
Şekil 2.7: Colesnia Güell Şapeli modeli (Url-1, 2011).	27
Şekil 2.8: Tasarım sürecine dahil olan kişiler (Reynolds, 1980).	28
Şekil 2.9: Bina performansı analizi prosedürlerini kullanarak, yüksek performanslı bina kabuklarının tasarlanması için işleyiş şeması (Aksamija, 2015). .	32
Şekil 2.10: Arap Dünyası Enstitüsü cephesi panellerinden biri (Url-8, 2014).	33
Şekil 2.11: Abu Dhabi Yatırım Konseyi Merkez Binası (Url-9, 2014).	34
Şekil 2.12: Sokrates'in güneş evi (M.Ö. 469-397) (Atagündüz, 1989).	35
Şekil 2.13: Bal peteği cephe (Url-10, 2019).	35
Şekil 2.14: Gardens by the Bay projesi ve gölgeliklerin açılma şeması (Fortmeyer ve Linn, 2014).	36
Şekil 2.15: Su Küpü'nün çalışma prensibi (Fortmeyer ve Linn, 2014) ve cephenin gece görünüşü (Url-11, 2011).	37
Şekil 2.16: TIC Media Binası güney doğu cephesi (Url-12, 2010).	38
Şekil 2.17: Bloom'un içinden bir fotoğraf (Url-13, 2015).	38
Şekil 2.18: RMIT Design Hub binası ve cephesi (Url-14, 2013).	39
Şekil 2.19: BIQ binası (Url-15, 2013) ve panelleri.	40
Şekil 2.20: Manuel Gea González Hastanesi binasının cephesi (Url-16, 2016).	40
Şekil 3.1: Kaynakların türlere göre dağılımı.	49
Şekil 3.2: Kaynak sayılarının yıllara göre dağılımı.	49
Şekil 3.3: Yayınların veritabanlarına göre dağılımı.	50
Şekil 3.4: Dergilere göre kaynak sayısı dağılımı.	51
Şekil 3.5: Üniversitelere göre kaynak sayısı dağılımı.	52
Şekil 3.6: Türkiye'de yapılan çalışmalarda uyum gösteren cepheler için kullanılan sıfatların dağılımı.	52
Şekil 3.7: Yabancı kaynaklarda kaynak adında kullanılan sıfatların dağılımı.	53

Şekil 3.8: Türkiye’deki çalışmaların diğer ülkelerdeki çalışmalara oranı.	54
Şekil 3.9: Kaynakların yazar sayılarına göre dağılımı.	54
Şekil 3.10: Kaynak türlerine göre yazar sayısı dağılımı.	55
Şekil 3.11: Yayınlarda uyum gösteren cephenin çalışılma ölçeği.	55
Şekil 3.12: Çalışmalardaki iklimsel etmenlerin dağılımı.	56
Şekil 3.13: Çalışmalardaki performans özellikleri.	57
Şekil 3.14: Çalışma yapılan iklimler.	58
Şekil 3.15: Çalışmalarda yer alan tasarım yaklaşımları ve kullanılan teknolojiler. ..	59
Şekil 3.16: Kullanılan yöntemlere göre kaynak sayısı dağılımı.	60
Şekil 3.17: Kullanılan yöntemlerin kaynaklara göre dağılımı.	61
Şekil 3.18: Kullanılan benzetim programları.	62
Şekil 3.19: Parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların oranı.	63
Şekil 3.20: Parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların türlere göre dağılımı.	63
Şekil 3.21: Parametrik tasarım ile ilişkili kaynaklarda kullanılan yöntemler.	64
Şekil 3.22: Performans yaklaşımı ile ilişkili kaynakların oranı.	64
Şekil 3.23: Performans analizi ile ilişkili kaynakların türlere göre dağılımı.	65
Şekil 3.24: Performans analizi ile ilişkili kaynaklarda kullanılan yöntemler.	65
Şekil 3.25: Performans analizi ile ilişkili kaynaklardaki parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların oranı.	66
Şekil 3.26: Parametrik tasarım ile ilişkili kaynaklardaki performans analizi ile ilişkili kaynakların oranı.	66
Şekil 3.27: Gelecek çalışma önerisinde bulunan kaynakların oranı.	67
Şekil 3.28: Gelecek çalışma önerisinde bulunan kaynakların türlere göre dağılımı.	67
Şekil 3.29: Gelecek çalışmalar için yapılan öneriler.	69
Şekil 3.30: Gelecek çalışmalar için yapılan önerilerde yer alan performans özelliklerinin dağılımı.	70





UYUM GÖSTEREN CEPHELER: BİR META ANALİZİ

ÖZET

Küresel ısınma, çevre kirliliği ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının giderek azaldığının farkındalığı ile oluşmaya başlayan çevre bilinci ve sürdürülebilirlik kavramı, var olan bu sorunlara yenisini eklememeyi temel alır; geleceğin kaynaklarından çalmadan bugünün kaynaklarını verimli şekilde kullanabilmeyi hedefler. Uyum gösteren cepheler de bu bakış açısının meydana getirdiği çözüm yöntemlerindendir.

Tasarımda sürdürülebilirliğin yakalanması için birçok yöntem geliştirilmiştir. Özellikle pasif stratejilerin ve aktif stratejilerin birlikte kullanıldığı tasarımların, bina enerji verimliliğine olan katkısı dikkat çekicidir. Son yıllarda bu konuda ortaya atılan fikirlerden biri; enerji verimliliğinin, yapının bulunduğu konuma ve iklim koşullarına hareket ederek uyum göstermesi ile sağlanmasıdır. Uyum gösteren cepheler bu yaklaşımdan doğmuştur.

Çalışma; uyum gösteren cephelerin sürdürülebilirliği sağlamada, günümüzün ve geleceğin kaynaklarını verimli kullanmada dikkate değer bir role sahip olduğundan ve bu cephelerin daha iyi anlaşılmasının, uygulamalarının yaygınlaşmasında önemli bir adım olacağından hareketle, uyum gösteren cepheleri incelemektedir.

Alandaki çalışmalar ve mevcut örnekler incelendiğinde, uyum gösteren cepheler için kullanılan birçok sıfat ve tanım bulunduğu görülmüştür. Tüm bu sıfatlardan yola çıkarak, bu tez çalışması kapsamında uyum gösteren cepheler “değişken ortam koşullarına farklı zaman periyotlarında geliştirdiği farklı özelliklerle uyumlanarak o koşullara cevap veren ve yapının performansını iyileştirmeyi amaçlayan, bunu pasif tasarım stratejilerine ek olarak etkin teknolojileri kullanarak sağlayan cepheler” şeklinde tanımlanmıştır. Bununla birlikte, uyum gösteren cepheler için önerilen sınıflandırma ölçütleri incelenmiştir. Yapılmış tüm çalışmalar göz önünde bulundurularak, bu çalışmada uyum gösteren cepheler için sınıflandırma ölçütleri amaç, uyaran, cevap türü, cevap şekli, uyumlanma ölçeği, cevap süresi ve kullanılan teknoloji olarak özetlenmiştir.

Uyum gösteren cephelerin performans gereksinimleri ve mevcut uyum gösteren cephe örnekleri incelenmiştir. Bunlara ek olarak, bu cephelerin uyumlanma özelliğine imkan tanıyan parametrik tasarım ve ilgili programlar hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Uyum gösteren cepheler, günümüz şartları göz önünde bulundurulduğunda yüksek maliyetli projeler olduğundan, bu projelerin performanslarını öngörmeye yarayan benzetim programlarından da söz edilmiştir.

Uyum gösteren cepheler alanı, son yıllarda bilinirliği artsa da çeşitli etkenler nedeniyle ulaşabileceği tanınma seviyesinden uzaktır. Bununla beraber, uyum gösteren cepheler alanındaki çalışmalarda güncel durumun incelenmesi ve güncel eğilimlerin araştırılması önemlidir. Bu noktalardan hareketle, bu tez çalışmasında uyum gösteren cepheler konu alanına ve alandaki çalışmalara yönelik güncel farkındalığın artırılması

için meta analizi çalışması yoluyla güncel durumun analiz edilebilmesi ve bu alanda gelecekte yapılabilecek çalışmalar ve onların odaklanabileceği noktalar ile ilgili bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır.

Meta analizi çalışması yapabilmek için, öncelikle meta analizi kavramına yönelik bilgi edinilmiştir. Meta analizinin sınıflandırma çerçevesi oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında uyum gösteren cepheler ile ilgili 2007 yılından 2020 yılının Mart ayına dek yayımlanmış ulaşılabilen yayınlar (hakemli dergiler, konferans bildirileri, tezler ve raporlar) incelenmiştir. Meta analizi için yapılan araştırmada temel olarak “adaptive facade” anahtar kelimesi alınmış, ancak İngilizce kaynaklarda “adaptive, active, adaptable, advanced, biomimetic, bio-inspired, dynamic, kinetic, intelligent, interactive, reactive, responsive, sensitive, smart” ve Türkçe kaynaklarda ise “adaptif, akıllı, bio-adaptif, değişken, dinamik, gelişmiş, tepki veren, uyarlanabilir ve uyum gösteren” olmak üzere uyumlanabilirliği tanımlamada kullanılan sıfatlar ile de arama yapılmıştır. Diğer taraftan, olabildiğince fazla çalışmaya ulaşmak ve çalışmanın güncel gelişmeleri yansıtmaya amacıyla, “facade” kelimesi ile benzerlik taşıyan “building envelope”, “building skin” gibi ifadeler de analiz kapsamında ele alınmıştır. Uyum gösteren cepheler konu alanına yönelik kapsamlı bir araştırma yapılmış, 136 adet kaynak meta analizi için kullanılacak kaynaklar listesine dahil edilmiştir. Daha sonra, bu kaynaklar sınıflandırma çerçevesinde oluşturulan ana başlıklar ve alt başlıkları doğrultusunda incelenmiştir. Genel bilgiler ve içerik olmak üzere iki ana başlık bulunmaktadır. Genel bilgilerin alt başlıkları; kaynak türü, yayın yılı, yayınlayan kurum, veritabanı bilgisi, yazar bilgisi, yayınlandığı ülke, kaynak adında bulunan sıfatlar ve ilgili anahtar kelimelerdir. İçerik ise konu, ilişkili konular, ilişkili teknolojiler, yöntem ve sonuç alt başlıklarından meydana gelmektedir. Buradaki her bilgi analiz için veri niteliğindedir. Veriler ile grafikler oluşturulmuş, grafiklerin analizi ve yorumları yapılmıştır. Sonuçlardan hareketle uyum gösteren cepheler alanı için birtakım öneriler getirilmiştir.

Meta analizi çalışması sonuçlarına bakıldığında, uyum gösteren cepheler konu alanı için öncelikle; konferans bildirileri ve hakemli dergilerde yayınlanan uluslararası makalelerin bu alanda daha ağırlıklı yer bulduğu görülmüştür. Buna ek olarak, uyum gösteren cephelerin tanımı ve sınıflandırılmasını konu edinen çalışmalar hala geliştirilebilir durumdadır. Kullanılan yöntem türlerine bakıldığında ise Türkiye’deki çalışmalarda, vaka çalışması, deney çalışması, ilk örnek/model çalışması gibi yöntemlerde kaynaklar az sayıdadır, arttırılabilir. Bununla birlikte dünya genelinde en yaygın kullanılan benzetim yöntemidir ve bu benzetim araçları farklı disiplinlerin bir arada çalışabilmesine imkan sağlayıp bunu kolaylaştırdığı da göz önünde bulundurularak, bu alan için önemini korumaya devam edecektir.

Uyum gösteren cephe uygulamalarının yaygınlaşabilmesi için meta analizinden elde edilen bir diğer sonuç; bu cephelerin üretiminde belli standartları olan prefabrik ürünler kullanılması, tasarım çözümlerinin karmaşıklığı azaltılırken estetik olarak daha karmaşık ve çok işlevli tasarımların geliştirilmesi, ilk yatırım maliyetlerinin yanında kullanım ve bakım maliyetlerinin hesaplanması gibi çalışmaların önemli olmasıdır. Kullanılan malzemelerin ve detay çözümlerinin cephenin performansına etkisinin araştırılması, bu alan için geliştirilmeyi bekleyen noktalar arasındadır.

Performansa etki eden bir diğer etken olan kullanıcıyla cephenin ilişkisinin kavranması, uyum gösteren cephe araştırmalarının yöneleceği temel başlıklardan biridir. Yapılan çalışmalara göre, kullanıcıya cepheyi kontrol imkanının verilmesi kullanıcıların taleplerinden biridir ancak araştırılması gereken konulardandır. Kontrol

kullanıcılarda olduğuunda cepheden beklenen performansın ne derece karşılanabileceği hususunda daha fazla veriye ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda, kullanıcıların bilgilendirilmesine yönelik çalışmalar geliştirmek bir seçenek olabilir. Ancak analizi yapılan çalışmalara göre, kullanıcıların davranışlarının incelenmesi, geribildirimlerle ve toplanan verilerle yeni algoritmalar geliştirilmesi verimliliği artırmak için öncelikli çözümler arasında yer alabilir. Bununla birlikte, geliştirilen çözümlerin uyum gösteren cephelerin sürdürülebilirlik yaklaşımı prensibine uygun olarak çevresel performansının ve insan sağlığına olan etkisinin de araştırılması gereklidir. Sözü edilen çalışmalarla; uyum gösteren cephe konu alanındaki eksikliklerin kapatılması, bu cephelerin tanınırılığının artması, farklı disiplinlerdeki kişilerin farklı çözümlerinin harmanlanmasıyla daha yaratıcı çalışmaların ortaya çıkmasına zemin oluşturması ve uyum gösteren cephe uygulamalarının artması sağlanabilir.





ADAPTIVE FACADES: A META ANALYSIS

SUMMARY

The concept of environmental awareness and sustainability, which has started to emerge with the awareness that global warming and environmental pollution is a matter of fact and non-renewable energy resources are gradually decreasing, is based on not adding new ones to these problems; aims to use today's resources efficiently without stealing the resources of the future. Adaptive facade is one of the solution methods of this perspective.

Many methods have been developed to achieve sustainability in design. Designs leading the way in achieving sustainability in architecture are mostly technologically developed facade solutions. This is because the façade has a large impact on building performance. However, recently facades can be designed and considered separately from the building, this making them easier to develop.

The contribution of designs using passive strategies and active strategies to building energy efficiency is remarkable. One of the ideas put forward in this regard in recent years is that energy efficiency is achieved by adapting the structure to the location and climatic conditions. Adaptive facades have risen from this approach.

The study examines adaptive facades, as adaptive facades have a significant role in ensuring sustainability, and use the resources of today and the future efficiently, and better understanding of these facades will be an important step in spreading their applications.

When the studies in the field and the existing examples are examined, it is seen that there are many adjectives and definitions used for the adaptive facades. Based on all these adjectives, an “adaptive facade” is defined within the scope of this thesis as "facades that adapt to different environmental conditions with different features developed in different time periods and respond to these conditions and aim to improve the performance of the building, using effective technologies in addition to passive design strategies".

In addition, the proposed classification criteria for adaptive facades have been studied. Considering all the studies that were carried out, a classification table was prepared for adaptive facades in this study. Purpose, effect, response type, response form, adaptation scale, response time and the technology used are the factors that are chosen as classification criteria for the thesis.

The performance requirements of adaptive facades and the examples of existing adaptive facades were examined. In addition to these, information was given about the parametric design and related programs which make these facades enable to adapt. Since, adaptive facades are high-cost projects considering today's conditions,

simulation programs which help to predict the performance of these projects were also mentioned in this study.

Adaptive facades area is far from the level of recognition it can reach due to various factors, although it has increased its awareness in recent years. Besides, it was observed that it was difficult to access studies in this field during the research process of this thesis. This difficulty mostly arises from the different definitions and adjectives used for adaptive facades. These different definitions and adjectives show that the boundaries of the adaptive façade subject area are not evident. In addition, the responses of these facades with the effect associated with many different technologies also keep the boundaries of the field on common ground with other disciplines.

For this reason, it is important to examine the current situation in the field of adaptive facades and to investigate current trends. Moving from these points, in this thesis, it is aimed to analyze the current situation through using meta analysis method and to create a resource for future studies and specify the points that they can focus on, in order to increase the current awareness of the adaptive facades subject area and the studies in this field.

In order to be able to carry out a meta analysis study, firstly, information about the concept of meta analysis was studied. Adaptive facades subject area has been extensively researched, thus, 136 studies have been included in the list of sources to be used for meta analysis. Later, these sources were examined in line with the main titles and sub-headings created within the framework of classification. There are two main titles: general information and content. General information title comprises sub-headings such as source type, publication year, databases, database information, author information, published country, adjectives in the source name and related keywords, while content title consists of subject, related topics, related technologies, method and result subheadings. Every information here became data for analysis. Graphs were created with the data, then the analysis and interpretation of the graphs were made.

Within the scope of meta analysis study; written sources that have been published between 2007 and 2020 March regarding the adaptive facades such as peer-reviewed journals, conference papers, theses, reports have been selected for the analysis. These studies were obtained from peer-reviewed databases such as Elsevier, Springer and networks such as YÖK Thesis Center and Researchgate, where current and reliable studies can be followed.

In the research carried out for meta analysis, the keyword “adaptive facade” was taken as a base, though as there are many adjectives which define the compatibility, in English sources “adaptive, active, adaptable, advanced, biomimetic, bio-inspired, dynamic, kinetic, intelligent, interactive, reactive, responsive, sensitive, smart” and in Turkish sources, the adjectives used to define adaptability as “adaptive, smart, bio-adaptive, variable, dynamic, advanced, responsive, adaptable and adaptive” were also searched. On the other hand, in order to reach as many studies as possible and reflect the current developments, terms such as “building envelope” and “building skin”, which are similar to the word “facade”, were also considered within the scope of the analysis.

With the data obtained, a meta analysis was carried out for the field of adaptive facades. Subsequently, conclusions were drawn from this meta analysis study and suggestions were made for this area.

First of all, general information about the studies was examined. This section includes titles such as distribution of resources, number of authors, adjectives used for adaptive facades and level of the study. Then, a detailed analysis of the content and method was made. In the study, it was investigated which factor is predominant in the studies on adaptive facades and accordingly, which performance requirements are responded. The climate and used technologies are also included in the study since they are important for this field. Also, simulation tools that are used in these studies were examined.

The first of the results obtained in this meta analysis study in the field of adaptive facades is that articles and conference papers have a significant role among the studies in this field. The working groups formed at the conferences set the ground for future studies by following different methods on many different topics related to the field.

It has been determined that the vast majority of the resources related to the adaptive facades are the studies carried out abroad. In the studies that carried abroad mainly as the conference progresses articles and publications, the article number is greater than the number of thesis work in Turkey. If this situation is combined with the data obtained by examining the studies in the field in terms of the number of authors, a more appropriate inference can be made. Although the thesis is a single author resource type, it has a long working period. It is also rare to study by experimental methods in Turkey. Instead, the methods such as literature research, simulation, sample analysis, comparison and classification are preferred. In article studies abroad, the authors can both collaborate and create a division of work, and they can produce studies with more precise results in the subject area by using facets such as experimental studies in line with the opportunities of their countries. Nevertheless, the limits of the subject area of adaptive facades are still unclear. The simulation method is chosen mostly among the study methods, since it provides the most literature research and provides a low cost prediction. Factors such as the development of simulation programs day by day, achieving realistic results and methods such as experimental studies have their own difficulties, make researches choose these methods in their studies.

When the data is analyzed, most of the studies published in the field of adaptive facades make suggestions for future studies. In areas open to development, such as adaptive facades, the fact that the studies have this approach increases their contribution to the area. One study can inspire another study topic. However, some studies are the ones that prepare the ground for the next study to be carried out by the same authors.

Based on the results of the meta analysis study, while theses are quite precious in adaptive facades area, since the conference publications and peer-find articles more heavily involved in this field published in journals, it is important to increase the number of articles in Turkey, in terms of Turkey's agenda to catch up internationally. If research projects would be supported in the field and interdisciplinary studies, it would be possible to produce more articles.

In addition, studies on the definition and classification of adaptive facades are still under development. On the other hand, in studies in Turkey, case studies, experimental study and developing prototype methods should be used more.

However, studies using simulation method in the field of adaptive facades are common worldwide. These programs will continue to maintain their importance for this field, taking into account that it enables and facilitates the work of different disciplines together. For this reason, information about the use of these programs can be given to the students who will be trained in the field as a course or in the form of courses.

In addition, by increasing the studies using the survey method, feedback on the performance of adaptive facades can be obtained, or how much knowledge the people in the industry have about adaptive facades can be seen.

Another result obtained from meta analysis for adaptive facade applications to become widespread is that; using prefabricated products with certain standards in the production of these facades is important to improve aesthetically more complex and multifunctional designs while reducing the complexity of design solutions, to estimate usage and maintenance costs besides the initial investment costs. Investigation of the effect of the materials used and detail solutions on the performance of the facade is one of the points waiting to be developed for this area.

Understanding the relationship between the user and the adaptive facade, which is another factor affecting the performance, is one of the main topics to which adaptive facade research will be directed. According to the examined studies, giving the user the opportunity to control the facade is one of the demands of the users, yet it is one of the subjects that should be investigated. More data, however, is needed on how well the building can meet expected performance when the control is in users. Accordingly, it may be an option to develop studies to inform users. However, according to the studies analyzed, examining user's behaviors, developing new algorithms with feedback and collecting data may be among the priority solutions to increase efficiency. However, the impact of the developed solutions on the environment and human health should also be taken into account in accordance with the principle of sustainability approach of adaptive facades.

With such studies, it will be ensured that the deficiencies in the adaptive façade subject area may be minimized and their recognition increases. Additionally, the emergence of more creative works by blending different solutions of people from different disciplines and the increase of number of adaptive facade applications will be possible.

1. GİRİŞ

Yeni nesil bina ve bina kabuğu tasarımlarının doğuşu, sürdürülebilir mimarlık kavramının ortaya çıkmasına da vesile olan 1970'lerdeki petrol krizi ve krizin ardından gelen fosil yakıtlar gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının bir gün tükenebileceğinin idrakiyle olmuştur. Endüstri devrimiyle gelişen teknoloji ve malzeme olanakları özgür tasarımlara imkan sağlamıştır; ancak bu tasarımlar, yapının çevresel faktörlerle kurduğu ilişkinin zaman zaman yadsınmasına ve konfor koşullarından ödün verilmesine sebebiyet vermiştir. Krizden sonra ise, fosil kaynaklı enerji tüketimini azaltmak için bu tasarımların değiştirilmesi gerektiği, konfor koşullarının daha az enerji tüketen ve çevreye daha az zarar veren enerji kaynaklarıyla karşılanması gerekliliği anlaşılmıştır (Altın ve Orhon, 2014; Maxman, 1993).

Dünya Enerji Forumu'nun tahminlerine göre; yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan petrol, kömür ve doğalgaz rezervleri günümüzdeki gibi tüketilmeye devam ederse, önümüzdeki yüzyıl içerisinde tükenmiş olacaklardır (Kumar ve diğ., 2010). Bununla birlikte, bu kaynakların kullanımı küresel ısınmaya ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır (Wai ve diğ., 2008). Maxman'ın vurguladığı gibi, tüm bunlar sürdürülebilir mimarlığın bir reçete olarak görülmesine yol açsa da, sürdürülebilir yaklaşım bir tavidir; bir etikete ihtiyaç duymamalıdır, mimarlığın kendisi zaten bu tavırda olmalıdır (Maxman, 1993).

İlk olarak Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) himayesinde "sürdürülebilir gelişme" kavramını içeren ilk resmi belge 1969'da imzalanırsa da sürdürülebilirlik için atılan adımlar zaman almıştır (Adams, 2006). Sürdürülebilirliğin tanımı ilk kez 1983 yılında yapılan Birleşmiş Milletler Genel Kurul Toplantısı'nda Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Başkanı Gro Harlem Brundlandt (1987) tarafından açıklanan "Ortak Geleceğimiz (Our Common Future)" raporunda geçmiştir: "Sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetinden ödün vermeden, bugünün ihtiyaçlarını karşılayan bir gelişmedir." (World Commission on Environment and Development, 1987).

Sürdürülebilirlik genel olarak ekolojik, ekonomik ve sosyal-kültürel sürdürülebilirlik olmak üzere üç temel unsurdan oluşmaktadır. Sürdürülebilir bina yaklaşımı bu doğrultuda; çevreye olabildiğince az zarar veren, yapım ve kullanım maliyeti düşük binaların bilinçli kullanıcılarla buluşmasıyla etkin olacaktır (Özmehmet, 2007).

Sev (2009), sürdürülebilir mimarlığı; “içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümü” şeklinde tanımlamaktadır.

Tasarımda sürdürülebilirliğin yakalanması için birçok yöntem geliştirilmiştir. Son on yılda düşük enerjili bina tasarımları, pasif stratejiler ve aktif teknolojiler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (Chwieduk, 2003). Pasif stratejiler;

- Yapma çevreler tasarlanırken ve kullanılırken doğal kaynaklara verilen zararı en aza indirmek,
- Yapıları mevcut topografyaya uygun olarak konumlandırmak,
- İklim şartlarına uyumlu tasarımlar gerçekleştirmek,
- Geri dönüşümlü malzemeler kullanmak,
- Tasarımda esneklik ve değişkenlik ölçütlerine imkân sağlamak, çok fonksiyonlu mekânlar yaratmak olarak sıralanabilir (Tönük, 2001).

Tüm bu tasarım ilkeleri hayata geçirilirken; bina-kabuğu, yapı fiziği elemanları, malzeme ve yapım sistemleri bir arada düşünülmelidir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004). İthal sistemlere ve malzemelere bağımlı, yapım ve işletim kayıpları doğuran inşaat ve enerji sistemleri yerine, yerel olanakları kullanan ve kendine yetebilen sistemler tercih edilmelidir. Kullanılan malzemelerin elde edilmeleri sırasında harcanan enerji de dikkate alınarak malzeme seçimi yapılmalıdır (Koçhan, 2002). Bunlara ek olarak, bina sertifika sistemleri ve belirlenen konfor standartları doğrultusunda yapılmış tasarımlar ile sürdürülebilir yapılar elde edilebilmektedir.

Küresel ısınma, çevre kirliliği ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının giderek azaldığının farkındalığı ile oluşmaya başlayan çevre bilinci ve sürdürülebilirlik kavramı, var olan bu sorunlara yenisini eklememeyi temel alır; geleceğin kaynaklarından çalmadan bugünün kaynaklarını verimli şekilde kullanabilmeyi

hedefler. Yenilenebilir kaynaklar ile enerji üretmek de bu bakış açısının meydana getirdiği çözüm yöntemlerindendir. Son yıllarda bu konuda ortaya atılan fikirler arasında, yapının bulunduğu konuma ve iklim koşullarına uyum göstermesinin yapıda enerji verimliliğini sağlamada önemli yere sahip olması vardır. Bu tez çalışmasının konusunu oluşturan uyum gösteren cepheler de bu yaklaşımdan doğmuştur.

1.1 Çalışmanın Amacı

Çalışma; uyum gösteren cephelerin sürdürülebilirliği sağlamada, günümüzün ve geleceğin kaynaklarını verimli kullanmada dikkate değer bir role sahip olduğundan ve bu cephelerin daha iyi anlaşılmasının, uygulamalarının yaygınlaşmasında önemli bir adım olacağından hareketle, uyum gösteren cepheleri incelemektedir.

Uyum gösteren cepheler alanında gerçekleştirilen bu tezde bir meta analizi çalışması yapılmıştır. Meta analizi çalışması için alana dair problemlerin tespit edilmesi gerçekleştirilen çalışmaların odaklarının anlaşılması, güncel durumun görülmesi ve gelecek çalışmalarda merkezde yer alması beklenen konu başlıkları gibi alanın ihtiyaçlarından yola çıkılmıştır. Bu meta analizi çalışmasının temelini oluşturan sorular şunlardır:

- Uyum gösteren cepheler için kullanılan farklı tanımlar nelerdir?
- Uyum gösteren cepheler alanında Türkiye’de yapılmış çalışmalar ile yabancı ülkelerdeki çalışmaların oranı nedir?
- Bu alanda hangi ölçekte (bina/bileşen/malzeme) yaygın olarak çalışılmaktadır?
- Uyum gösteren cephe çözümlerinde hangi etkenlere yönelik çalışılmıştır?
- Uyum gösteren cepheler için hangi performans özellikleri analiz edilmektedir?
- Uyum gösteren cepheler alanındaki tasarım yaklaşımları ve bu doğrultuda kullanılan teknolojiler nelerdir?
- Uyum gösteren cepheler alanındaki çalışmalarda hangi yöntemler kullanılmaktadır?
- Uyum gösteren cepheler alanında gelecek çalışmalarda hangi konu alanlarında araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır?

Sıralanan sorulara cevap vermek üzere; uyum gösteren cepheler alanında yapılmış çalışmalardaki farklı tanım kullanımlarının tespit edilmesi, güncel eğilimlerin

araştırılması ve bu çalışmada elde edilen verilerin analizi ile sonraki çalışmalar için faydalı olabilecek çıkarımlarda bulunulması amaçlanmaktadır.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Çalışma; uyum gösteren cephelerin tanımlanmasına, sınıflandırılmasına, türlerinin ve performans özelliklerinin belirlenmesine, mevcut cephe örneklerinin incelenmesine yönelik bir araştırmayı, parametrik tasarım ve enerji etkinlik analizine ilişkin yazılımlar hakkında bilgi toplamayı ve uyum gösteren cepheler konu alanına yönelik meta analizini kapsamaktadır.

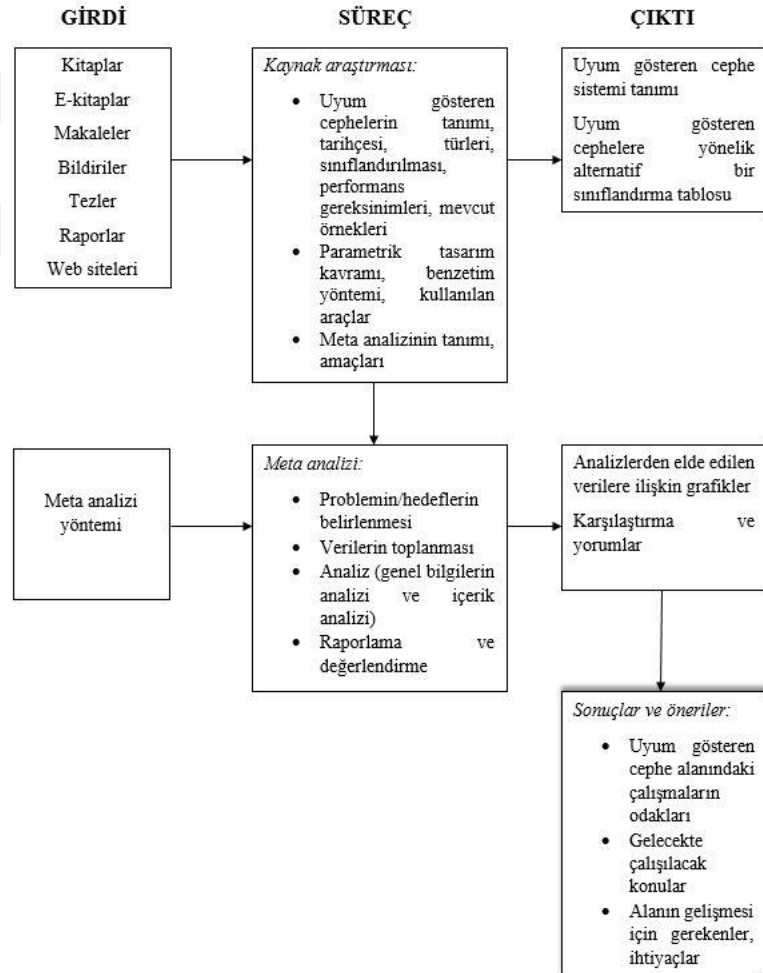
Meta analizi çalışması kapsamında; uyum gösteren cepheler ile ilgili 2007 yılından 2020 yılının Mart ayına dek yayımlanmış ulaşılabilen yayınlar (hakemli dergiler, konferans bildirileri, tezler ve raporlar) incelenmiştir. Meta analizi için yapılan araştırmada temel olarak “adaptive facade” anahtar kelimesi alınmış, ancak Bölüm 2’de verilmiş Çizelge 2.1’de uyumlanabilirliği tanımlamada kullanılan sıfatlar ile de arama yapılmıştır: İngilizce kaynaklarda adaptive, active, adaptable, advanced, biomimetic, bio-inspired, dynamic, kinetic, intelligent, interactive, reactive, responsive, sensitive, smart; Türkçe kaynaklarda ise adaptif, akıllı, bio-adaptif, değişken, dinamik, gelişmiş, tepki veren, uyarlanabilir ve uyum gösteren sıfatları kullanılmıştır. Diğer taraftan, olabildiğince fazla çalışmaya ulaşmak ve çalışmanın güncel gelişmeleri yansıtmayı amacıyla, “facade” kelimesi ile benzerlik taşıyan “building envelope”, “building skin” gibi ifadeler de analiz kapsamında ele alınmıştır.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada kaynak araştırması ve meta analizi yöntemleri kullanılmıştır. Şekil 1.1’de görülen akış şemasında belirtildiği gibi, kaynak araştırması; uyum gösteren cephelerin tanımlanmasına, sınıflandırılmasına, performans özelliklerine ve mevcut örneklerinin incelenmesine ilişkin bir süreçtir. Buna ek olarak, uyum gösteren cepheler alanında önemli yeri olan enerji etkinlik ve parametrik tasarım yaklaşımları ile benzetim yöntemi incelenmiştir ve benzetim yönteminde kullanılan araçlardan söz edilmiştir. Toplanan bilginin analizinde kullanılmak üzere seçilen meta analizi yöntemi de araştırılmıştır. Meta analizi yöntemi; aynı konu alanındaki yeterli sayıda çalışmanın ortak parametrelerinin birleştirilmesi ve elde edilen veriler doğrultusunda

yorumlanmasıdır. Meta analizi çalışmasının amaç, kapsam ve yöntemine Bölüm 3’te detaylı olarak değinilmiştir. Özetle bu süreç; alandaki eğilimlerin ve problemlerin belirlenmesi, hedeflenenler doğrultusunda verilerin toplanması, sonrasında analiz ve değerlendirme basamaklarından oluşmaktadır.

Çalışmada; tanımlarda bir kavram karışıklığı olduğu ve bu durumun sınıflandırmaya da yansıdığı görülmüştür. Elde edilen bilgilerin analizi sonrasında; alternatif bir sınıflandırma tablosu sunulmuştur. Meta analizi çalışmasının amaçları doğrultusunda elde edilen çıktılar ise; alandaki çalışmaların hangi noktalara odaklanmış olduğunun tespit edilmesi, gelecekte çalışılacak konuların ve güncel eğilimlerin anlaşılması ile alanın gelişmesi için ihtiyaç duyulan yeniliklerin ve gereksinimlerin nasıl karşılanabileceğine dair önerilerin sunulmasıdır.



Şekil 1.1: Çalışmanın yöntemi.



2. UYUM GÖSTEREN CEPHELER

Binalar büyük miktarda enerji ve doğal kaynak tüketerek şehirlerdeki hava ve su kalitesini etkilerler. Bu durum, iklim değişikliğine neden olan etkenlerden birisidir (Vyas ve diğ., 2014). Verilere göre, dünyadaki enerjinin %45'i ve suların %50'si binalarda kullanılmaktadır. Çevresel etkilere bakıldığında ise; hava kirliliğinin %23'ü, su kirliliğinin %40'ı, katı atıkların %40'ı ve sera gazı üretiminin %50'si binalardan kaynaklanmaktadır (Dixon, 2010). Metropoller dünyanın %2'sini oluştururken tükettikleri enerji oranı %75 civarındadır (Uygun, 2012). Bir başka kaynağa göre, İngiltere'nin toplam enerji tüketiminin %66'sını binalar, bina inşaatları ve hizmetleri oluşturmaktadır (Vale ve Vale, 1994). Gelişmiş ülkelerdeki insanların zamanlarının %90'ını binalarda geçirdiği düşünülürse, bina tasarımlarındaki enerji verimliliğini hedefleyen yaklaşımların önemi daha iyi kavranacaktır (Aelenei ve diğ., 2016).

Bina kabuğu, binanın iç ve dış ortamları arasındaki fiziksel ara birimdir ve binadaki enerji dengesinin çoğundan sorumludur (Planas ve diğ., 2018). Bu eleman, bina ve çevresi arasında insan vücudunda cildin çevreyle kurduğu ilişkiye benzer bir etkileşimde bulunmaktadır. Kabuk da, cilt gibi hem binayı dış etkilerden korur hem de dış ortam koşullarıyla etkileşime girerek bu koşullara bir uyumlanma gösterir (Enhoş, 2014). Yağış, sıcaklık değişikliği, rüzgâr, nem gibi dış iklim etkilerinin ve gece gündüz sıcaklık farklarının bina içindeki koşullara etkisinin belirlenmesinde ve ısı konfor koşullarının sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, yapının inşasında harcanan enerjide %10–20 gibi bir paya sahip olmasına rağmen, binanın kullanım sürecinde iç çevrenin ısı ihtiyaçlarının sağlanmasında gerekli enerji miktarının belirlenmesinde en etkin elemandır (Sürmeli, 2004). Dış ortam verilerini gerektiği oranda kabul edip süzerek yumuşatacak dinamik ve akıllı filtreler haline dönüşmekte olan enerji etkin kabuk uygulamaları, artık yeni bir anlayışla ele alınmaktadır (Utkutuğ, 2000).

Yüksek performanslı, enerji etkin sürdürülebilir cepheler, bina kullanıcılarının sağlığını gözetken ve binanın verimliliğini arttıran, konforlu bir iç ortam sağlamak için mümkün olan en az miktarda enerjiyi kullanan dış mekan muhafazaları olarak tanımlanabilir (Aksamija, 2013). Bunlar; binanın dış ortamına aktif olarak cevap vererek rahat alanlar yaratan ve binaların enerji tüketimini önemli ölçüde azaltan bina sistemleridir (Aksamija, 2016).

İnşaat sektörü; enerji tasarrufu sağlamanın yanısıra,olabildiğince sağlıklı, üretken, konforlu ve ekonomik alanlar yaratmak ihtiyacı ile karşı karşıyadır. Süregelen gelişmeler ışığında, aktif veya pasif stratejilerin bu bütünleşik hedefleri bağımsız olarak yerine getirip getiremediği tartışmalıdır (Loonen ve diğ., 2013). Bu nedenle günümüzde her iki yaklaşıma da sahip çözümler önem kazanmaktadır. Bina performansında en etkili parçalardan biri olan cephenin, iç mekân ve bina çevresi arasında sergilediği davranışların zaman içerisinde yalnız statik değil, bina çevresiyle etkileşimleriyle uyum sağlayan dinamik özelliklere de sahip olması beklenir olmuştur.

Kabuk tasarımında akıllı teknolojilerin kullanılması binaya bir ek maliyet getirmektedir. Ancak klima sistemlerini azaltması ve işletme saatlerini ayarlayabilmesi gibi faydaları, binanın ilk yatırım ve işletme maliyetini azaltmakta ve konfor koşullarını sağlayarak üretkenliği arttırmaktadır. Böylelikle mekanik tesisat için ayrılan bütçenin bir kısmı enerji etkin kabuk tasarımına yönlendirilebilmektedir (Çetiner, 2002).

Enerji etkin, sürdürülebilir kabuk tasarımı yaklaşımlarının binanın bulunduğu çevre ve binadan beklenen performanslar ile doğrudan ilişkili olduğu göz önünde bulundurulduğunda, gelişen teknolojiyle de birlikte birçok farklı cephe çözümü ortaya çıkmaktadır. Bu çözümlerden biri de, tez çalışmasının konusu olan uyum gösteren cephelerdir. Tezin bu bölümünde; uyum gösteren cephelere ilişkin tanımlar, tarihçesi, türleri, çeşitli sınıflandırmalar, performans gereksinimleri ve mevcut cephe uygulamaları incelenmiştir.

2.1 Uyum Gösteren Cephelerin Tanımı

Yeni teknoloji ve yaklaşımların getirdiği çeşitliliğin bir sonucu olarak, uyum gösteren cephe kavramı henüz ortak bir tanıma sahip değildir. Bu cephelerin bulundukları ortamla etkileşimleri sonucu gösterdikleri tepkilerin çeşitliliği, kullanılan teknolojilerin zaman içinde değişim göstermesi ve bu teknolojiler hakkında detaylı bilgilere ulaşmada güçlüklerin yaşanması; bu cepheler için ortak bir tanım geliştirilebilmesini ve bir kapsam belirlenebilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, bu konuda yapılmış çalışmaların az sayıda ve çoğunlukla yakın tarihli oluşu da, bu kavramın ve kapsamının tanınırlığını azaltmaktadır.

“Adaptive” sıfatının aynı kökten gelen isim hali “Adaptation” kelimesi; biyolojiye göre, bir organizmanın habitatında daha iyi yaşayabilmek için geçirdiği evrimsel bir süreç olarak tanımlanabilir (Dobzhansky, 1968). Bina için düşünüldüğünde, bu, uyum gösterme biçimini insandaki cilde benzettiğimiz uyum gösteren cepheleri anlatır; hatta bu cepheler, insandaki sinir sistemine benzetebileceğimiz binanın merkezi kontrol sistemine ve insandaki arter sistemine benzetebileceğimiz havalandırma sistemine bağlıdır; nitekim uyum gösteren cephe sistemi organik bir sistemi yansıtmaktadır (Romano, Smart Skin Envelope, 2011).

Ferguson ve diğ. (2007)’ne göre, “adaptability” yani uyumlanabilirlik; bir sistemin zaman içinde fiziksel özelliklerini değiştiren, değişken koşullar altında birçok tasarım kriterini göz önünde bulundurarak istenen işlevselliği sağlama yeteneği olarak anlaşılabilir. Bu yeteneği tarif eden birçok sıfat kullanılmıştır, kullanılan sıfatlar Çizelge 2.1’de görülmektedir (Romano ve diğ., 2018).

Çizelge 2.1: Uyumlanabilirliğin tanımlandığı çalışmalar çizelgesi. Romano ve diğ.’nin (2018) çalışmasından uyarlanmıştır.

Sıfatlar	Tanımları	Tanımlayan Kaynaklar
active	etkin, hareketli	(Ochoa ve Capeluto, 2008)
accommodating, adaptable	uyumlu, uyum sağlayan	(Nungesser ve Möller, 2015)
adjustable, advanced	ayarlanabilir, gelişmiş, ileri düzeyde	(Heiselberg ve diğ., 2011),
biomimetic	doğayı yansıtan	(Vermillion, 2002)
bio-inspired	doğadan ilham alan	(Loonen ve diğ., 2015)
controllable, dynamic	yönetilebilir, hareketli	(Konstantoglou ve diğ., 2013)
deployable	konuslandırılabilir, dağıtılabilir	(Marysse, 2016)
kinetic	hareketli, devimsel	(Fortmeyer ve Linn, 2014) (Ramzy ve Fayed, 2011) (Fox ve Yeh, 2000) (Wang ve diğ., 2012)
intelligent	akıllı	(Knaack ve Klein, 2008) (Velikov ve Thün, 2013) (Kroner, 1997) (Clements-Croome, 2004) (Hayes-Roth, 1995) (Wigginton ve Harris, 2002) (Compagno, 2002) (Capeluto ve Ochoa, 2017)
interactive	etkileşimli	(Velikov ve Thün, 2013)

Çizelge 2.2 (devam): Uyumlanabilirliğin tanımlandığı çalışmalar çizelgesi. Romano ve diğ.’nin (2018) çalışmasından uyarlanmıştır.

Sıfatlar	Tanımları	Tanımlayan Kaynaklar
living, modifying, movable	canlı, değişen, hareket edebilen	(Schumacher ve diğ., 2010)
polyvalent	çok değerlikli	(Davies, A Wall for all Seasons, 1981)
reactive, reconfigurable, reflexive, resilient, responsive	tepkiyel, düzenlenebilir, dönüşlü, esnek, yanıt veren	(Velikov ve Thün, 2013) (Negroponte, 1976)
selective, sensitive, sentient, smart	seçici, hassas, duyarlı, akıllı	(Velikov ve Thün, 2013) (Fox ve Yeh, 2000)
switchable	değiştirilebilir	(Beevor, 2010)
transformable, transient	şekil değiştirebilir, geçici, sürekli olmayan	(De Marco Werner, 2013)
variable	değişken	(Gür, 2007)

Uyum gösteren cepheler Çizelge 2.1’de sözü edilen sıfatların hemen hemen hepsine sahip olmakla birlikte, bunları sağlamak için değişik zaman periyotlarında birbirinden farklı dış ortam etmenlerine karşı birbirinden farklı uyumlanmalar geliştirmektedirler. Tüm bu sıfatlardan yola çıkarak uyum gösteren cepheler; ‘değişken ortam koşullarına farklı zaman periyotlarında geliştirdiği farklı özelliklerle uyumlanarak o koşullara cevap veren ve yapının performansını iyileştirmeyi amaçlayan, bunu pasif tasarım stratejilerine ek olarak etkin teknolojileri kullanarak sağlayan cepheler’, şeklinde tanımlanabilir.

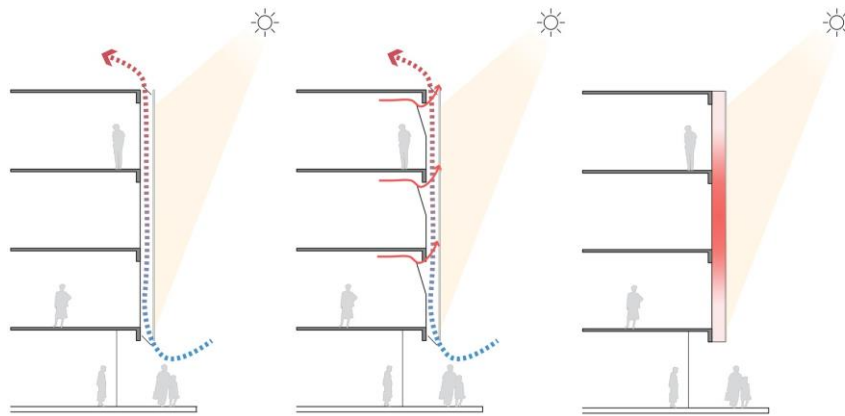
Loonen ve diğ.; çok işlevli sistemler olan uyum gösteren cepheleri; genel bina performansını arttırmak ve geçici performans gerekliliklerini yerine getirmek amacıyla, belli koşullara cevap olarak zaman içindeki işlevlerini, özelliklerini veya davranışlarını değiştirebilen, iç ve dış çevre arasındaki fiziksel ayırıcılar olarak tanımlamaktadır (Loonen ve diğ., 2015). Bu özellikler tüm araştırmacılar tarafından kabul görmüş olmamakla birlikte, bazı ortak noktalar gözlenmektedir. Aelenei ve diğ.; uyum gösteren cephenin çok işlevli olması; kontrol edilebilir yalıtım, ısı kütleye etki, ısıma ısı değişimi, havalandırma, enerji depolama ve kullanma, gün ışığı, gölgelendirme veya nem kontrolü sağlayabilme gibi çözümlerini zaman içinde çeşitli özelliklerini değiştirerek tekrar tekrar cevap verebilmesi olarak vurgulamışlardır (Aelenei ve diğ., 2016). Benzer vurgu bir diğer çalışmada “iklime uyumlanan yapı kabukları” adıyla yapılmıştır (Loonen ve diğ., 2013). Negroponte cevapların tekrarını

mümkün kılacak teknolojik sistemin çalışma prensibini eşiyle ilişkisinden örneklemiştir. Zaman içerisinde belli konulara ve durumlara verdiği tepkileri; yüz ifadesi, ses tonu yahut davranışlarından anlayan ve tanıyan eşi, yine bu tepkilere göre kendine has bir yaklaşım geliştirecektir (Negroponte, 1976).

2.2 Uyum Gösteren Cephelerin Tarihçesi

Uyum gösteren cepheler değişken ortam koşullarına; çoğunlukla hava şartlarına ve güneşe adaptasyon geliştirirler. Bu özellikleri temel olarak kabul edildiğinde, tarihleri geleneksel çözümlere dayandırılabilir.

Geleneksel çiftlik evlerinde, zamanlarının sınırlı teknolojisiyle en elverişli şekilde enerji tasarrufu yapılmıştır. Binanın ısıtılmasında çiftlik hayvanlarının meydana getirdiği ısıdan yararlanılmış, saman ve kuru otlar yalnızca yatak ve besin için değil yalıtım sağlamak için de kullanılmıştır. Yakılan odunlardan ortaya çıkan enerji tüketimi minimum seviyede tutulmuştur. Katlanabilir kepenklere sahip pencereler, geceleri cam ve kepenkler arasında bir ısı tampon bölgesi yaratmıştır. Bu sistem, günümüzde kullanılan çift kabuk cephelere benzer. Bu cepheler, cephe kabuğuyla dış ortamın etkilerinden korunmanın en çok kullanılan fonksiyonel ilkelerinden birini oluştururlar. Yalıtımlı camın geliştirilmesiyle, buna ek ikinci bir cam ve arada bir boşluk bırakılarak iki cam panelden oluşturulan bu kutu pencere sistemi daha iyi yalıtım değerlerine ulaşılmasını ve hâkim hava şartlarına uyumlanabilmeyi sağlar (Şekil 2.1). Kışları ikisi de kapalı iken, yazları dış pencereler havalandırma için açık kullanılabilir (Knaack ve diğ., 2007) .



Şekil 2.1: Çift kabuklu cephenin çalışma prensiplerini gösteren şemalar (Souza, 2019).

Cam, cephelerde gittikçe daha sık kullanılmaktadır; ancak böyle cephelerde kışın soğuğu ve yazın sıcaklığı kontrol etmek daha zordur. Konfordan ödün vermeden dış ortam ve yapılı çevre arasındaki engelleri olabildiğince kaldırma çabası, yapıyı olabildiğince şeffaflaştırmak arzusundan ileri gelmektedir. Bu, mimaride yeni fikirlerin ve teknolojilerin gelişmesinde etkili olmuştur. Örneğin, 18. ve 19. yüzyıllarda yapılan seralarda yeni duvar sistemleri, doğal havalandırma sistemleri, gölgelendirme sistemleri ve enerji tasarruflu ısıtma teknolojilerine dair yeni arayışlar görülür (Fortmeyer ve Linn, 2014).

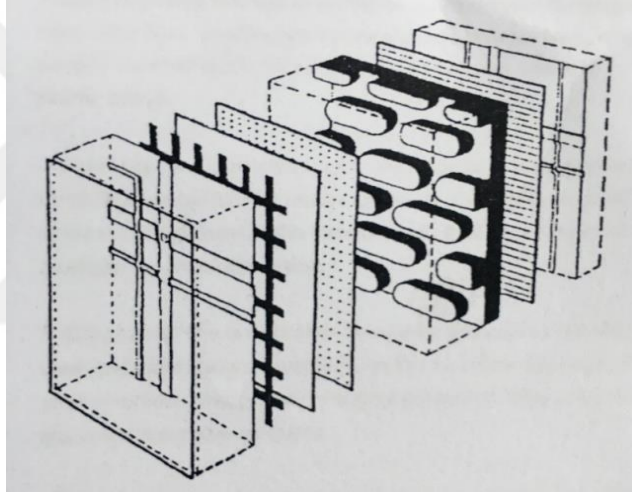
1929'da Le Corbusier bina kabuğu için bir fikir beyan etmiştir. “Mur neutralisant” adını taşıyan bu kavramdan şöyle bahseder: “Nötrleştirilen duvarların camdan, taştan veya ikisinden de yapıldığını gördük. İki membran ve aralarındaki birkaç santimetrelilik bir boşluktan meydana geliyorlar... Bu iki membran arasında kısa süre içinde oluşan bir çevrimde, Moskova'da sıcak hava Dakar'da ise soğuk hava sıkışır. Sonuç: Membranın içinde bir şekilde hava 18 derecede ayarlanmıştır. İşte!.. Ev hızlıca yalıtılmıştır! İçeri toz giremez. Böcekler de. Ses de!” (Le Corbusier, 1991). Le Corbusier'in düşünceleri o dönem için tatmin edici bir sonuca ulaşamamıştır, çünkü zamanının ötesindedir. Bugün, “mur neutralisant” kavramı atık hava cephesinin (exhaust-air facade) atası sayılabilir. Bu cephe tipi, dış ortamdan çift kabuklu yapısıyla bağımsızlaşarak kullanılabilir boşlukların kontrol edilmesine ve havalandırmaya olanak verir (Knaack ve diğ., 2007).

1940'larda Buckminster Fuller kendi başına pasif bir şekilde bağımsız bir mikro klima üretebilen ikincil bir kabuk konsepti geliştirdi. Bu sistemde yalnızca güneşin ve rüzgârın etkisiyle ısıtma, soğutma ve havalandırma sağlanıyordu. Buna ek olarak, Buckminster Fuller, Norman Foster ve Frei Otto; bir mikro klima yaratabilmek için daha geniş bir çevre kabuğu kullanılabileceğini de düşündüler. Ancak bu ileri görüşlü fikirler 1960 ve 1970'lere dek Amerika'da yalnızca güneşten yararlanmayı hedefleyen mimarlık çözümlerinin gelişmesinde öncülük ettiler (Knaack ve diğ., 2007).

1965 tarihli “Bir Ev Bir Konut Değildir” makalesinde Banham, çevreye cevaben sınırlarını ve ısı özelliklerini dinamik olarak değiştirebilen bir yapıyı temsili olarak çadır ve kamp ateşi gibi minimal çevresel çözümlerle tariflemiştir, örneğin “the environment bubble” şeffaf plastik bir membran kubbedir (Banham, 1965).

1976’da Negroponte, karmaşık veya basit hesaplamaların bir işlevi ve sonucu olarak daha fazla veya daha az seviyede değişiklikler yaratabilen ve aktif bir role sahip “yanıt veren bir çevre” kavramını açıklamıştır (Negroponte, 1976).

1981’de Richard Rogers ve Ortakları şirketinde çalışan Mike Davies tarafından ortaya atılmış “çok işlevli duvar” (polyvalent wall) fikri (Şekil 2.2), uyum gösteren cephelere ilham kaynağı olan bir diğer kavramdır (Davies, 1981). Bu çok işlevli duvarda, birkaç farklı fonksiyondaki katman bir cam elemanda birleşir. Bu eleman, ortam şartlarına göre otomatik işlevler geliştirerek güneş ışığından ve ısıdan korunmayı sağlar. Duvarın kendisi gerekli enerjiyi üretebilmektedir. Teknik olarak henüz gerçekleştirilememiş olsa da çok işlevli duvar son yirmi yıldan fazladır ulaşılan yeni teknolojilere ve fikirlere öncülük etmiştir (Knaack ve diğ., 2007).



Şekil 2.2: Mike Davies’in çok işlevli duvar tasarımının bir eskizi (Knaack ve diğ., 2007).

Bununla birlikte, son yıllarda teknolojik araştırmalar bina kabuğunun içinden geçen ve değişen enerji akışlarıyla ilgili bir değişim işleminin ozmotik kalitesinin deney sınırlarını araştırmıştır (Altomonte, 2004).

Mimaride sürdürülebilirliğin yakalanmasında öncülük eden tasarımlar, çoğunlukla teknolojik olarak geliştirilmiş ve geliştirilmekte olan cephe çözümleridir. Bunun sebebi, cephenin bina performansı üzerinde payının büyük olmasıdır. Bununla birlikte, son zamanlarda cepheler binadan ayrı da tasarlanıp düşünülebildiği için geliştirilmeleri kolaylaşmıştır. Bu yönüyle cepheler tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmamış yaklaşımların uygulanmasına da imkân vermektedir.

2.3 Uyum Gösteren Cephe Türleri ve Sınıflandırmalar

Birçok farklı koşula uyum gösteren örnekleri bulunan, çok işlevli, son teknoloji ürünü bu akıllı sistemlerin ortak bir tanımı olmadığı gibi, herkes tarafından kabul edilmiş ortak bir sınıflandırma sistemi de henüz yoktur. Ancak sınıflandırma çalışmalarında aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır (Loonen ve diğ., 2015):

- Sınıflandırma şeması geleceğe dönük olmalıdır. Geçmişteki edinimlere (materyaller ve bileşenler) uyum sağlamalıdır ancak gelecekteki gelişmeleri de dâhil edebilecek şekilde açık olmalıdır.
- Sınıflandırma şeması genel olmalı, fakat aynı zamanda, yeni uyum gösteren cephe teknolojilerinin geliştirilmesini teşvik edebilecek kadar ayrıntılı olmalıdır.
- Sınıflandırma şeması sadece tanımlayıcı bilgileri içermemeli, aynı zamanda nicel sistem ya da malzeme parametrelerini ve performans hakkındaki bilgileri de içermelidir. Ancak uyum gösteren cepheler için bu tür verilerin her zaman elde edilmesi kolay değildir.

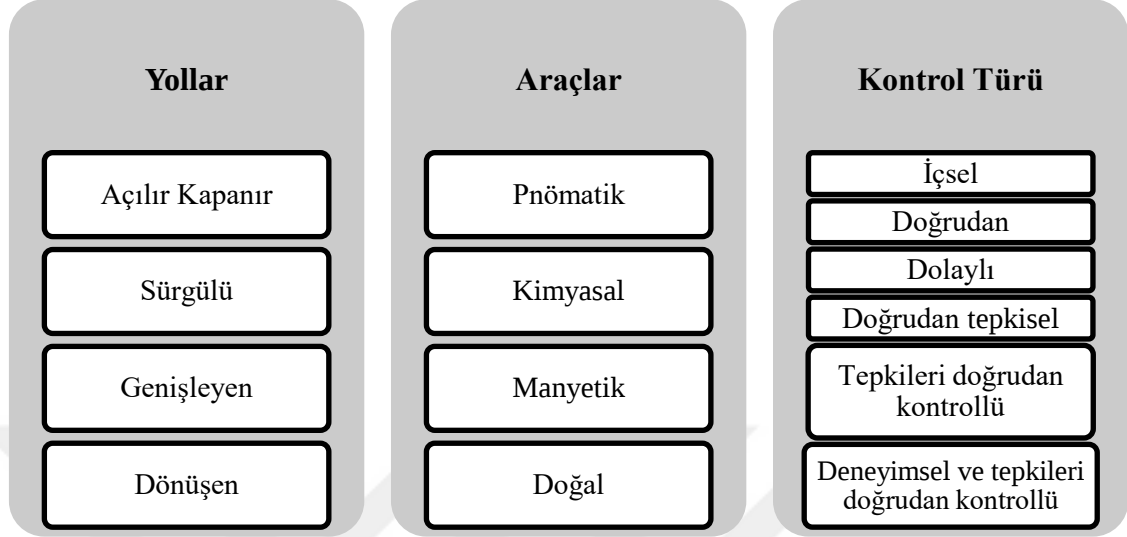
Yapılan çalışmaların bazıları tasarım ölçütlerine odaklanırken, bazıları bütüncül bir bakış açısı geliştirmiştir. İzleyen paragraflarda, var olan farklı yaklaşımlar incelenmiştir.

İlk çalışmalardan biri, özellikle malzeme boyutunda uyumlanmalara odaklanmıştır. Bu doğrultuda sınıflandırma, Şekil 2.3'te görüldüğü gibi özellik değişimi ve enerji değişimi olmak üzere iki ölçütle yapılmıştır (Fox ve Yeh, 2000).

Türler	Örnekler
Tür 1: Özellik değişimi - malzemenin iç veya dış uyaranlara gösterdiği çeşitli içsel tepkiler	Renk değişimi, Faz değişimi, İletken polimerler, Reolojik özellik değişimi, Sıvı kristal teknolojileri
Tür 2: Enerji değişimi - bilgisayar ile kontrol edilebilen ve geliştirilebilen tepkiler	Işığı soğuran malzemeler, PV malzemeler, Termo-elektrik malzemeler, Piezo-elektrik malzemeler, Şekil hafızalı alaşımlar

Şekil 2.3: Malzeme boyutundaki sınıflandırılma örneği. Fox ve Yeh'in (2000) çalışmasından uyarlanmıştır.

Daha sonraları, tepki için geliştirilen hareket türleri dikkate alınmıştır. Bu yaklaşımda sınıflandırma Şekil 2.4'te görüldüğü gibi; hareket türleri, yöntemler ve kontrol türleri olmak üzere üç maddeden oluşur (Addington ve Schodek, 2005).



Şekil 2.4: Hareket türlerine göre sınıflandırma. Addington ve Schodek'in (2005) çalışmasından uyarlanmıştır.

Şekil 2.5'te IEA ECBCS Annex 44'e göre yapılan sınıflandırmada ise; çalışma dış ortam koşullarına cevap veren yapı elemanları ile sınırlandırılmıştır. Seçilen elemanlar dinamik hareket edebilme, uyum sağlayabilme, farklı işlevler gerçekleştirebilme ve akıllı kontrol gibi özelliklere sahip olan elemanlardır. Bu elemanlar ve performans özellikleri, işlevleri, fiziksel davranışları ve birlikte çalıştıkları sistemler sınıflandırma ölçütlerini oluşturmuştur (Heiselberg, 2012).

Yapı Elemanı ve Yapı Teknolojisi	Gerçekleşen Eylem	İşlev	Fiziksel Davranış	Havalandırma Bağlantısı
- Yapı Kabuğu: duvar, çatı, tavan, pencere düzeni - Üst Yapı: kolon, kiriş, duvar, zemin - Alt Yapı: kazıklar, temel kolonları - Yeraltı: toprak-hava ısı değiştiricisi - Sonlama: bölme duvar, zemin, tavan	- Isıtma yüklerinin azalması - Soğutma yüklerinin azalması - Isıtma - Soğutma - Enerji dönüşümü - Termal enerji depolanması - Havalandırma - Güneşliği	- Reddetmek - Depolamak - Kabul etmek - Etkisini azaltmak - Yönünü değiştirmek - Dönüştürmek	- Isı akısı - Termal depolama - Şeffaflık - Geçirgenlik (su)	- Hava - Su

Şekil 2.5: IEA ECBCS Annex 44'e göre yapılan sınıflandırma. Heiselberg'in (2009) çalışmasından uyarlanmıştır.

Sınıflandırma kavramını betimlemek üzere gerçekleştirilen bir başka çalışmada (Çizelge 2.2); amaç/hedef, cevap verilen etken ve cevap verilme şekli, güdüm kaynağı, kullanılan teknolojiler, cevap süresi, uyumlanma ölçeği (eleman bazında), görünürlük ve uyumlanma derecesi olmak üzere bazı ölçütler belirlenmiştir (Loonen ve diğ., 2015).

Kolarevic ve Parlac uyum gösteren cepheleri neyin etkileştirdiği yerine, bu cephelerin nasıl etkinleştiği üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada; etkinleşme yöntemleri motor-temelli/mekanik, su basınçlı, hava basınçlı ve malzeme-temelli olmak üzere dört gruba ayrılmıştır (Kolarevic ve Parlac, 2015).

Addington ve Schodek (2005), Kolarevic ve Parlac (2015) ve Loonen (2015) gibi isimlerin çalışmalarından ilham alan bir sınıflandırma yönteminde, cephenin sistem özelliklerine yönelik beş temel unsur görülür (Koyaz, 2017):

- Uyumlanan Elemanın Konumu: Dışarıda, elemana bütünleşmiş ya da içeride olabilir.
- Uyumlanma Ölçeği: Makro veya mikro ölçeklerde uyum sağlanması mümkündür.
- Uyumlanan Elemanın Harekete Geçme Şekli: Mekanik, pnömatik (hava basınçlı), hidrolik (su basınçlı) veya malzeme temelli uyumlanmalardır.
- Zaman Ölçeği: Saniye, dakika, saat, gün ve mevsim; zaman ölçüsü olarak kabul edilmektedir (Loonen ve diğ., 2013). Saniyeler içinde uyum sağlayan sistemler genellikle rüzgâr basıncından etkilenirler (Hansanuwat , 2010).
- Kontrol Tipleri: İç güdümlü veya dış güdümlü kontrol edilebilen elemanlardır.

Koyaz'ın çalışmasında; sistem özelliklerine ek olarak, cephenin bulunduğu çevre ve cephe performansı da dikkate alınmaktadır. Burada Köppen – Geiger iklim sınıflandırması esas alınmıştır . Cephe performansı açısından; etkileşime girdiği dış ortam etkeni (sıcaklık, ışık ya da hava) dikkate alınmaktadır. 10 örnek yapı üzerinde yapılmış incelemeler sonucunda; güneş ışığına ve dış ortam sıcaklığına göre uyumlanan cephelerin daha yaygın olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, uyum gösteren cepheler bulundukları iklim coğrafyasının iklim koşullarına ne kadar uyum geliştirebiliyorsa, uyumlanma seviyeleri o kadar yüksek kabul edilmiştir (Koyaz, 2017).

Çizelge 2.2: Uyum gösteren cepheler için bir sınıflandırma ölçütleri tablosu.
Loonen ve diğ. 'nin (2015) çalışmasından uyarlanmıştır.

Amaç/Hedef	Cevabın İşlevi	Etki	Teknolojiler (malzemeler, sistemler)	Cevap Süresi	Boyutsal Ölçek	Görünürlük	Uygulama Ölçeği
Termal konfor	Güneş ışığını önlemek, kabul etmek, ayarlamak (depolamak, dağıtmak, düzenlemek) ve iletken konvektif ve uzun dalga ışıınımı ısı akısını ayarlamak	İç güdümlü	Gölgeleme	Saniye	Yapı malzemesi	Yok	Açma-kapama
İç mekan hava kalitesi	Dış hava değişimi ve filtrelemesi için kontrollü gözeneklilik	Dış güdümlü	Yalıtım	Dakika	Cephe elemanı	Az	Kademeli
Görsel performans (aydınlatma şiddeti, parlaklık, görüş)	Görünür ışığı önlemek, kabul etmek ya da yeniden yönlendirmek		Ayarlanabilir parlaklık	Saat	Duvar	Yüksek	
Akustik performans	Ses basıncını önlemek, kabul etmek ya da yeniden yönlendirmek		Faz değiştiren malzeme	Gece-gündüz	Pencere açıklıkları		
Enerji üretimi	Rüzgar enerjisini ve güneş enerjisini elektrik ve termal enerjiye dönüştürmek ya da toplamak		Güneş tüpü	Mevsim	Çatı		
Kullanıcı kontrolü	Bireysel ihtiyaçlara kullanıcı etkileşimi ve adaptasyonu		PV sistemler	Yıl	Bina		
			Şekil hafızalı alaşımlar	On yıl			
			Cephe açıklıkları				
			Kinetik sistemler				
			Radyant cam				

Aelenei ve diğ., uyum gösteren cepheleri sınıflandırmak için Çizelge 2.3'te görülen ölçütleri kullanmaktadır. Çalışmalarında inceledikleri birçok çalışmadan hareketle bu ölçüt çizelgesini oluşturmuşlardır.

Çizelge 2.3: Aelenci ve diğ. (2016) çalışmasındaki sınıflandırma ölçütleri.

Sınıflandırma Ölçütleri	
Amaç	Isıl konfor
	Enerji performansı
	İç mekân konfor kalitesi
	Görsel konfor
	Akustik konfor
	Kontrol
Cevabın Türü / İşlevi	Engellemek
	Kabul etmemek/ geri çevirmek
	Ayarlamak/Hafifletmek
	Toplamak
Yönetme	İçten
	Dıştan
Elemanlar	Gölgeleme
	Yalıtım
	Ayarlanabilir parlaklık/cam
	PCM
	Güneş boruları
	Bütünleşmiş güneş enerjisi sistemleri
Cevap Süresi	Saniye
	Dakika
	Saat
	Gün
	Mevsim
	Yıl
Boyut Ölçeği	Yapı malzemesi
	Cephe elemanı
	Duvar
	Pencere
	Çatı
	Tüm yapı
Görünürlük	Gözlenmiyor
	Düşük
	Yüksek
Uyumlanma Seviyesi	Aç-kapa
	Kademeli

Başarır ve Altun uyum gösteren cephelerin çalışma prensibini, uyumlanmaya sebep olan etkenin uyumlanmayı sağlayan elemanla etkileşime girmesi ve bu elemanın statik veya dinamik bir yöntemle bu etkiye bir cevap üretmesi olarak özetlemişlerdir (Başarır ve Altun, 2017). Bu doğrultuda, Institut du Monde Arab, Sliding House ve Al-Bahr Towers yapılarının cephelerini;

- uyumlanma elemanı
- uyumlanma etkeni,
- uyumlanmaya verilen yanıt,
- uyumlanmadaki hareket çeşidi,
- uyumlanma boyutu,
- uyumlanmadaki hareket sınırı,
- dinamik uyumlanmadaki strüktür sistemi

başlıkları altında incelemişlerdir (Çizelge 2.4). Bunlara ek olarak, cepheyi etkileyen etkenin türünü, cephenin kontrol yöntemini, ne kadar sürede tepki verdiğini ve uyumlanmayı nasıl sağladığını karşılaştırmışlardır. Örneklerin karmaşıklık seviyeleri Hubka ve Eder'in (1988) çalışmasına göre belirlenmiştir. Kullanılan teknolojiler ve cephenin sağladığı görünürlük düzeyi de dikkate alınmıştır. Ancak çalışmada, uyum gösteren cephelere sahip yapıların, teknolojik çalışma prensiplerine ve tasarım ile yapım aşamasına dair yeterli bilgiye ulaşmanın güç olması vurgulanmaktadır. Bu durumun, bu cephelerin doğru bir şekilde sınıflandırılmasında da sorunlar yarattığı belirtilmiştir. Yine de bu sınıflandırma yaklaşımı, kullanılan sistemlerdeki tasarım değişkenlerinin anlaşılmasını sağlamıştır ve geliştirilen yeni sistemlerin/teknolojilerin de bir ölçüt olarak eklenebileceği bir çerçeve oluşturmuştur.

Koyaz (2017) ise çalışmasında uyum gösteren bir cephenin tasarımı ve değerlendirilmesi için sistem özelliklerini, iklim etmenlerini ve cephelerin performansını göz önünde bulunduran bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

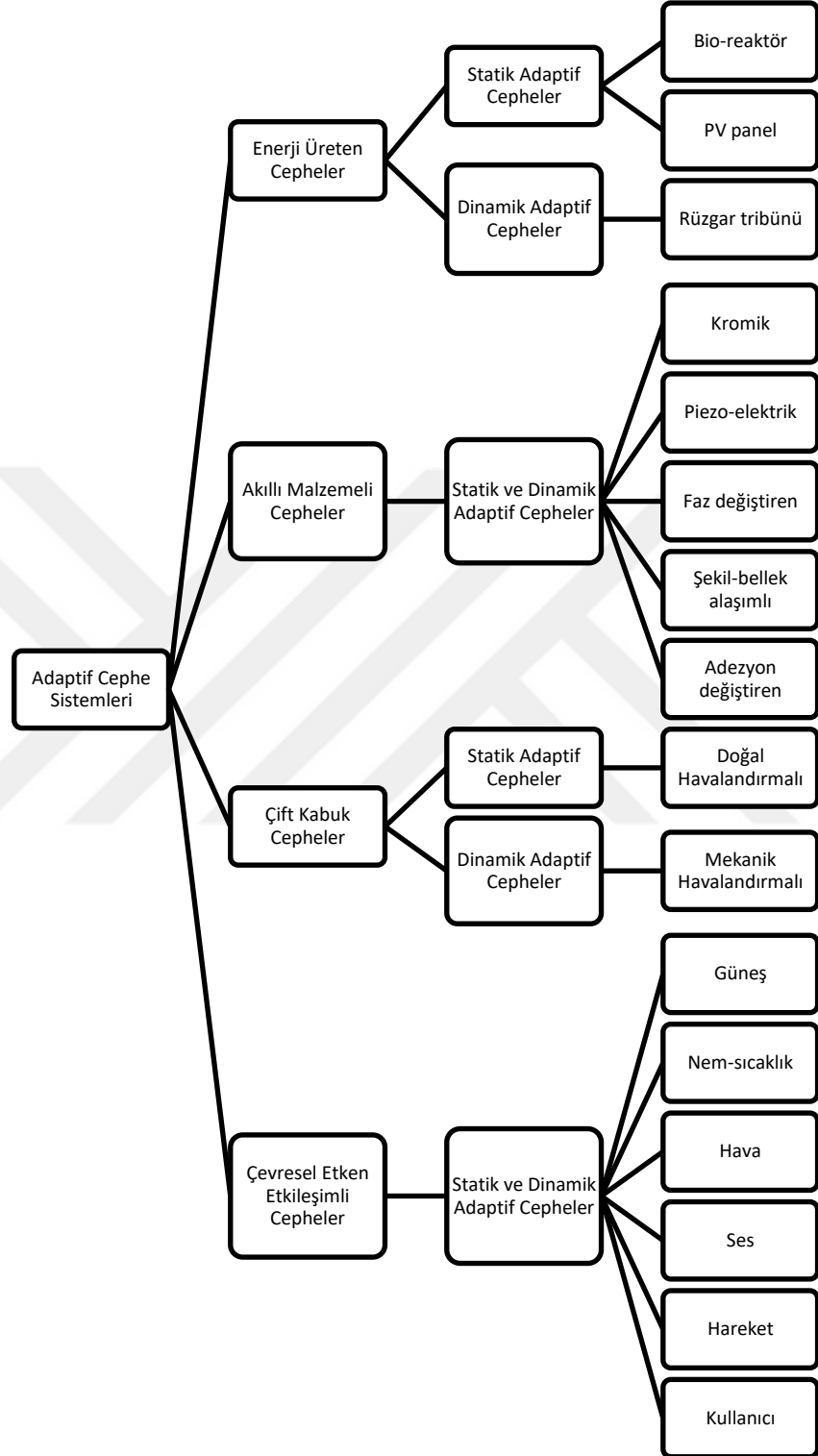
Uyumlanmanın temel prensibini üç maddeyle özetlemektedir (Koyaz, 2017):

- Uyaran/Etki: Zaman içinde değişen etki faktörü.
- Uyumlanma Özelliği: Etki altında yeni koşullara uyumlanmak için cephede meydana gelen değişiklikler.
- Cevap: Zaman içinde değişen son durum.

Çizelge 2.4: Uyum gösteren cepheler için bir sınıflandırma tablosu (Başarır ve Altun, 2017).

Sınıflandırma Matrisi			Institut du Monde Arap (1989)	Sliding House (2009)	Al-Bahr Towers (2012)
Uyumlanma Elemanı	Cephe		x	x	
	Bileşen				x
	Eleman				
	Malzeme				
Uyumlanma Etkeni	Kullanıcılar	Tekil Kullanıcı		x	
		Kullanıcı Grupları			
		Kuruluş			
	Çevre	Dış Ortam	Güneş Işınımı	x	x
			Dış Ortam Sıcaklığı		
			Nem		
			Rüzgar		
			Yağış		
			Gürültü		
		İç Ortam	İç Ortam Sıcaklığı		
			Nem		
			Işık Kalitesi ve Miktarı		
			Hava Değişimi Oranı		
			Hava Akışı Hızı		
			Gürültü Seviyesi		
	Nesneler	İçinden Geçen Nesneler			
		Yanından Geçip Giden Nesneler			
Uyumlanmaya Verilen Yanıt	Statik				
	Dinamik		x	x	x
Hareket Çeşidi	Katlanabilir				x
	Sürgülü			x	
	Genişleyebilir				
	Büzülebilir				
	Şekil ve Boyut Değiştirebilir				
	Ölçeklenebilir		x		
	Yuvarlanabilir				
	Bükülebilir				
	Dönebilir				
	Dışarı İtilebilir				
Uyumlanma Boyutu	nm				
	mm				
	cm		n/a		x
	m			x	x
Hareket Sınırı	Sınırlı (küçük birimler)		x		
	Kısmi				x
	Kapsayıcı			x	
	Değişken				
Dinamik Uyumlanmadaki Strüktür Sistemi	Mafsallı çubuklardan oluşan üç boyutlu çubuk strüktürler			n/a	n/a
	Mafsallı panellerden oluşan katlanabilir levha strüktürler		n/a		
	Gerilimli yapılar				
	Membran yapılar				

Çakır Aydoğan (2018) uyum gösteren cepheleri kullandıkları teknolojilere göre sınıflandırmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Uyum gösteren cephelerin uygulama incelemelerinden hareketle oluşturulmuş bir gruplandırma şeması (Çakır Aydoğan, 2018).

2.4 Uyum Gösteren Cephelerin Performans Gereksinimleri

Uyum gösteren cephelerin, öncelikli olarak bir bina cephesinden beklenen çeşitli işlevleri yerine getirmesi beklenmektedir. Bu işlevler:

- İç ve dış ortamlar arasında ısı geçişini kontrollü bir şekilde ve oranda sağlamak
- Güneş ışığından olabildiğince yararlanmak
- İç ve dış ortamlar arasında hava akışını kontrollü bir şekilde ve oranda sağlamak
- Mahremiyet temin etmek
- Dış ortamın iç ortamdan görülebilmesine izin vermek

şeklinde sıralanabilir (Johnsen ve Winther, 2015). Bu işlevlerle ulaşılmak istenen, cephenin sadece binanın estetik ve mimari ifadesini yansıtmakla kalmaması, aynı zamanda iç mekân koşullarının kontrol edilmesi ile iç mekânda yeterli düzeyde kullanıcı konforu elde edilmesidir (Ali ve Armstrong, 2008). Bunlara ek olarak, cepheler yapının dış ortamla iletişim kurmasını sağlayan elemanlarıdır ve bu özellik onların sahip oldukları imajlarla estetik açıdan da yapıya olan etkileyciliklerini desteklemektedir (Johnsen ve Winther, 2015). Örneğin medyatik amaçla kullanılan cepheler bu özellikten ilham almıştır. Ancak bu cepheler çevre koşullarına göre değil, isteğe ve estetik değerlere göre değişmektedirler. Bu özellikleri ile uyum gösteren cephelerden ayrılırlar (Hansanuwat , 2010).

Schittich (2001), cephenin işlevlerini;

- Aydınlatma,
- Havalandırma,
- Nemden koruma,
- Sıcak/soğuk hava koşullarına karşı yalıtım (rüzgâra ve güneşe karşı koruma),
- Parlamaya karşı koruma,
- Görsel koruma,
- Görsel temas/geçirgenlik,
- Güvenlik,
- Mekanik hasara karşı koruma,
- Gürültüye karşı koruma,
- Yangına karşı koruma,
- Enerji kazancı

olarak sıralamaktadır. Birçok işleve sahip bu yapı elemanı, sadece iç ve dış ortamları birbirinden ayıran bir bölücü olarak değil; çevresel olayların yöneticisi, yönlendiricisi olarak düşünülebilir (López ve diğ., 2017).

Cephenin işlevlerini birbirinden bağımsız düşünmek mümkün değildir (Karamanlioğlu, 2011). Her bir işlev, bir diğerini etkiler. Örneğin aydınlatma için daha boşluklu yapıya sahip olan bir cephenin, ısı performansına da dikkat edilmelidir. Cepheden beklenen tüm bu gereksinimlerin karşılanması, farklı disiplinlerin bir arada çalışması gerekliliğini beraberinde getirmektedir (Selkowitz ve diğ., 2003). Bunun yanı sıra, farklı gereksinimlerin karşılanması amacıyla geliştirilecek tasarım çözümleri, cephenin ilk yatırım maliyetinin artmasına yol açmaktadır. Bu durumda, gereksinimlerin karşılanmasına yönelik tasarım stratejilerinin geliştirilmesi gereklidir.

Uyum gösteren cephelerle ilgili bilimsel çalışmalar incelendiğinde; kimi zaman tek bir performans gereksinimini kimi zaman da farklı performans gereksinimlerini değerlendirmeye yönelik araştırmalar yapıldığı görülmektedir. İzleyen araştırma özetinde; söz konusu gereksinimlere ilişkin tasarım stratejileri, değerlendirme yöntemleri, elde edilen sonuçlar gibi konular hakkında bilgi verilmiştir.

Napier (2015), ticari, mimari ve çevreyi gözetken yaklaşımlar arasında bir kopukluk olduğunu ve yeşil bina özellikleriyle pazarlanan projelerin kullanım süreçlerine dair bilgilerinin paylaşılmadığını belirttiği makalesinde; binalardaki konfor koşullarına, düşük enerji ve karbon ayak izi ile bunu başarmaya yardımcı olacak pasif stratejilere geri dönmektedir. Bu çalışmada; pasif ve aktif cephe tasarım stratejileri, yeni projeler için kritik bir araç ve tasarım metodolojisinin temeli olarak belirtilmiştir. Tasarımın ilk aşamalarında güneş ışığı, gün ışığı ve hava sıcaklığı girdilerini zaman ve mekânda modellemeye dayanan yeni bir mimari hassasiyetin ortaya çıkabileceğini belirtmektedir. Erken ancak sağlam stratejilerin, gelişmiş çevresel modelleme teknikleri kullanılarak test edilebilir ve geliştirilebilir olduğunu; mimari ve çevreyi düşünen yaklaşımların, tasarım sürecinde el ele ilerleyebileceğini anlatmaktadır (Napier, 2015).

Shan ve Junghans, farklı iklimlerde cephe optimizasyon problemlerini çözmek için evrimsel bir algoritma metodolojisi sunmaktadır. Algoritma basit Genetik Algoritma'nın (GA) geliştirilmesine dayanmaktadır. Adaptif Radyasyon (AR)

kavramı, belirli türlerin evrimsel olarak kendi ekolojik nişlerine adapte edildiği biyolojik adaptasyon sürecinden türetilmiştir. Bu algoritma, basit Genetik Algoritma'dan çok daha az hesaplama süresinde, neredeyse dünya çapında en uygun çözümleri elde etmektedir. AR, sağlamlığını ve verimliliğini göstermek için Amerika Birleşik Devletleri'nde üç farklı iklime uygulanmıştır. Bu iklimler için iklime uyum gösteren cephe tasarım stratejileri, optimizasyon sonuçlarına dayanarak gösterilmektedir (Shan & Junghans, 2018).

Kim'in çalışmasında ise amaç, dijital teknolojinin ve dinamik gün ışığı performansı ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesiyle elde edilen yenilikçi bir cephe tasarım stratejisi oluşturmaktır. Bu nedenle, bina cephesinde birkaç alternatif açılma deseni (patern) üretmek için hücresel otomatların (Cellular Automata) hesaba dayalı yöntemiyle çeşitli parametreler incelenmiştir. Her bir CA (Cellular Automata) tasarım değeri, yıl boyunca gün ışığının ve görsel konforun kalitesini ve miktarını analiz etmek için statik ve dinamik gökyüzü koşullarında test edilmiştir. Sonuçlar, ofis binaları için bina kodundan, standart ve tasarım kılavuzlarından günışığı tasarım kriterleri açısından optimum bir alternatif tasarım bulmak için karşılaştırılmıştır. Daha sonra, uyum gösteren bir cephe tasarım stratejisinin araştırılması, üretici ve performans tasarım metodolojisinin birleştirilmesinden elde edilen sonuçlarla sonlandırılmıştır. Bu çalışma ile sadece bina cephesi estetiğinde değil, aynı zamanda bina sürdürülebilirliği ve konforunda da ilerleme kaydedilmesi beklenmektedir (Kim, 2013).

Sharaidin ve Salim'in çalışmasında, kinetik cephenin tasarımının ve inşasının yeterince araştırılmadığına ve iyi uygulanmadığına değinilmiştir. Bu nedenle, geleneksel tasarım yaklaşımı yerine, fiziksel ve içerik olarak kinetik cephe ve mimaride bütünleşme sağlayabilmek için yeni bir tasarım yaklaşımı gerekmektedir. Bu çalışmanın nihai amacı, hareketi (kinesis) bina ile bütünleştirmek için uygun bir tasarım yöntemi oluşturmaktır. Ayrıca bu araştırma, doğrudan kinetik cephelerle ilgili olan uygulayıcıların farklı bakış açılarının araştırılmasıyla, kinetik cepheler için etkili mimari (tektonik) oluşturmayı amaçlamaktadır (Sharaidin & Salim, 2012).

COST - TU1403 Çalışma Grubu 3 / Görev Grubu 1'in çalışmasında amaç, araştırma çalışmalarının, uyum gösteren cephe sistemleri ile ilgili üç yönden birinin durumu hakkında incelenmesinin gerekliliğinden doğmuştur: (1) dinamik performans

gereksinimleri (2) tahmini sınır şartlarında cephe tasarımı (3) uyum gösteren cephe sistemleri ve pazar ihtiyaçları ile ilgili deneyimler (Struck, ve diğerleri, 2015).

COST – TU 1403 çalışması kapsamında geliştirilen veri tabanındaki mevcut sınıflandırma şemalarından yararlanarak, yeni bir eko tasarım yaklaşımının geliştirildiği bir diğer çalışmada; uyum gösteren cephe sistemlerinin “doğada kendi kendine yeten ünite diye adlandırılan eko sistem” felsefesini taklit etmeye çalışan tasarım stratejilerini takip ettiğinde başarılı olacağı belirtilmektedir. Bu yaklaşımın amacı, bu uyum gösteren cephe projelerinin veri tabanından gelen projelerin kendilerini bu yaklaşıma sorunsuz bir şekilde entegre edip edemediklerini ve bunun ne ölçüde olduğunu incelemektir. Doğal çevreye (yer ve iklim tipi) dayanan eko-tasarım yaklaşımı, uyumlanmayı tasarlamaktadır. Cephe sistemi, doğal olarak kendi kendine yeterli bir ünite olmaya çalışacak olan ekosistemde bir birim hücre olarak projelendirilmiştir. Bu yaklaşımı anlamak için, veri tabanındaki projelerde uyum gösteren cephe sistemlerinin çeşitli prensipleri analiz edilmiştir (Vedula ve diğ., 2018).

Gallo ve Romano’nun çalışmasında; uyum gösteren cepheler ve binaların enerji performanslarını arttırabilen yenilikçi teknolojiler alanındaki bilgileri geliştirmek amacıyla tasarlanmış “SELFIE sistemi”nin araştırma metodolojisi tanıtılmaktadır. Raporda; yeni nesil çok işlevli, uyum gösteren, dinamik cephe kabuklarının yeni teknolojik bileşenlerini birleştirmenin mümkün olacağı akıllı bir cephe sisteminin tasarım, test ve yapımına odaklanılmaktadır. Çalışmaya göre "SELFIE sistemi", temiz enerji üretmek ve yeni veya mevcut binaların toplam enerji tüketimini azaltmak için akıllı malzemeler ve yeni teknolojilerle inşa edilecektir. Ayrıca, “SELFIE sisteminin” bileşenleri, yeni binaların mevcut duvarlarını ve pencerelerini kaplamak veya değiştirmek için modüler bir cepheye monte edilebilen elemanlar olarak tasarlanmıştır (Gallo & Romano, 2017).

2.5 Uyum Gösteren Cephelerde Enerji Etkinlik ve İlgili Benzetim

Programları

Sürdürülebilir cepheler olan uyum gösteren cepheler, sadece iç ortam ve dış ortam arasındaki bariyerler değildir; binanın dış ortamına aktif olarak cevap vererek konforlu alanlar yaratan ve binaların enerji tüketimini önemli ölçüde azaltan bina sistemleridir (Aksamija, 2015). Dış ortama verdikleri cevap türü ve şekli, sağlamayı hedefledikleri

konfor koşuluna göre farklılık göstermektedir. Cevap verme eylemi zaman içinde tekrar eder ve bina dış ortam koşullarına uyum göstererek enerji verimliliği sağlar. Bu sürecin oluşturulmasında birçok disiplin bir arada çalışmak durumundadır. Birçok disiplinin bir arada, pasif ve aktif tasarım stratejilerini harmanlayarak yeni çözümler üretmesi sürecinde karmaşık durumlar ve süreçler doğabilmektedir. Amaçlanan etkinin, bir diğer deyişle enerji etkin tasarımın sağlanabileceğinin ispatı için; uygulama öncesinde birtakım testlerden geçmesi, değerlendirilmesi, çoğu zaman yeniden tasarlanması gerekmektedir.

Uyum gösteren cephelerin beklenen performans gerekliliklerini yerine getirebilmesi yüksek maliyetli sitemler olduğundan özellikle önemlidir. Bununla birlikte, Bölüm 2.6'daki mevcut uyum gösteren cephe örneklerinde olduğu gibi veya Bölüm 3'te yer alan, bu alanda yapılmış akademik çalışmalar üzerine meta analizlerinde de görüleceği gibi; bu cephelerin uyumlanma özelliğine sahip olabilmesi için, farklı bir tasarım yaklaşımıyla ele alınması gerekmektedir. Çalışmanın bu bölümünde, yüksek maliyetli bu sistemlerin dış ortama uyumunu düzenlemeye yardımcı olan parametrik tasarım yaklaşımı ve tasarımın uygulanmadan önce çeşitli özelliklerinin değerlendirilmesine yarayan benzetim programları incelenmiştir.

2.5.1 Uyum Gösteren Cephelerde Enerji Etkin Parametrik Tasarım

Parametrik tasarım “tasarım niyeti ile tasarım hedefi arasındaki ilişkiyi birlikte tanımlayan, kodlayan ve açıklayan parametrelerin ve kuralların ifade edilmesini sağlayan algoritmik düşünceye dayalı bir süreç” olarak tanımlanmaktadır (Sears ve Jacko, 2008). Projenin yapısal geometrisini ayarlamak, yapısal formu ve yapısal elemanları belirlemek, farklı yapısal form seçenekleri önermek, bu yapısal tasarım seçeneklerini mimar ve müşterilerle yinelemek, tasarım seçeneklerini sonlandırmak ve projenin yapısal geometrisini kurmak için en son parametrik modelleme tekniklerini kullanan bir tasarım sürecidir (Fu, 2018). Yöntem, belirli bir ölçekli model üzerinde yapılan testlere ve deneylere bağlı olarak sorunları gidermeye ve nihai sonuca en uygun maliyet ve kalitede çözümle ulaşmaya yöneliktir (Dönmez, 2017).

Modelleme yöntemi oldukça eskidir. Tarihte, örneğin Roma'da mancınık yapımında çeşitli modeller üzerinden performans ölçümü yapıldıktan sonra gerçek ürün için karar verildiği bilinmektedir (Dönmez, 2017). Mimarlık alanında en dikkat çekici

örneklerden biri ise Gaudí'ye aittir. Gaudí, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi Colesnia Güell Şapeli'ni tasarlamak için, iplerle şapelin kuş bakışı ters çevrilmiş bir modelini oluşturmuştur (Burry ve diğ., 2008).

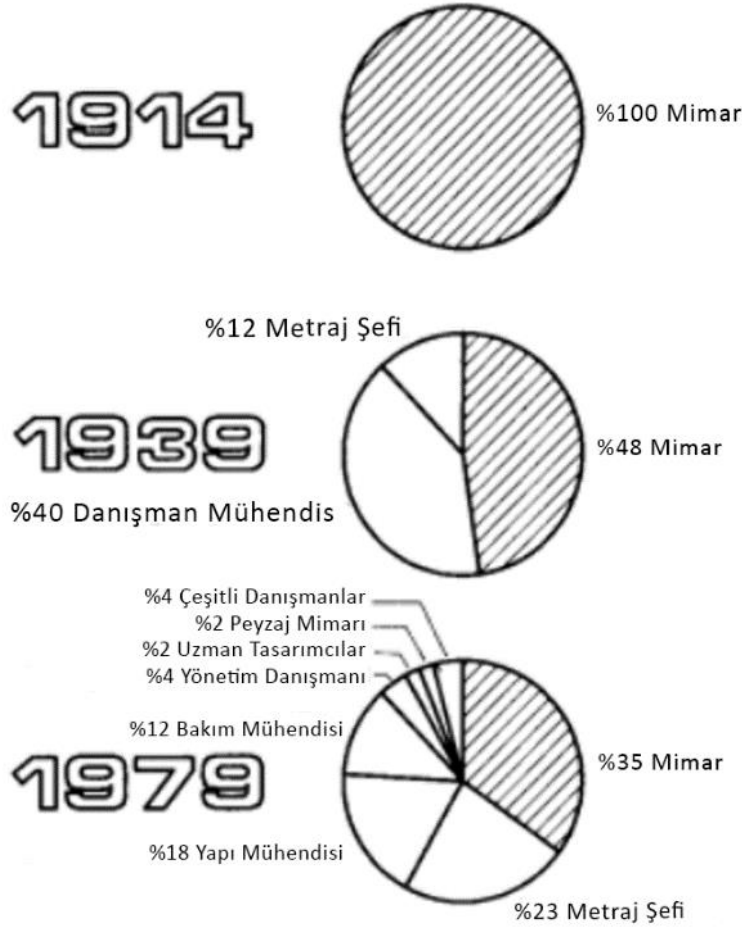


Şekil 2.7: Colesnia Güell Şapeli modeli (Url-1, 2011).

Eski dönemlerden yakın geleceğe dek model ve modelin gerçeğe uygunluğu konusunda bir ölçek sorunu bulunmaktadır. Modellerdeki ölçekler gerçek boyutlarda uygulandığında beklenmedik sıkıntılar ortaya çıkabilmekteydi. Geometri ile bu sorunlara çözüm üretilmeye çalışılmıştır ancak dik izdüşüm düzlemlerine göre tanımlanmış noktaların dönüşümler yasasına bağlı olarak sürekli kılınmasına dayalı tasarı geometri sisteminin aşamadığı sorunlar, ancak bilgisayar desteği ile çözümlenebilir duruma gelmiştir (Dönmez, 2017).

İlk çizim programları ve enerji ya da maliyet hesaplama programları 1960'lı yıllarda görülmüştür. Takip eden yıllarda çok fazla yeni bina yapılması ve mimarların iş yükünün hafifletilmesi için çözüm arayışları bilgisayar programlarının desteklenmesine sebep olmuştur (Reynolds, 1980). 1963'te Ivan Sutherland, daha sonra CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımı olarak kabul edilen Sketchpad adlı doktora tezi sırasında devrim niteliğinde bir bilgisayar programı yazmıştır. Bu gelişme, mimarların daha verimli sonuç almalarını kolaylaştırmıştır; bu da zaman ve maliyette tasarruf sağlamıştır (Url-2, 2014).

Yıllar içinde uzmanlıkların gelişmesi, yapıların karmaşılaşması ve farklı disiplinlerin birlikte çalışması gerekliliği ile (Şekil 2.8) bilgisayar programları, özellikle benzetim programları tasarımda yaygınlaşmış ve önemli bir yere sahip olmuştur (Reynolds, 1980). Geleneksel tasarım yöntemleri; tek disipline hitap etmesi, çözüme yönelik olması ve sınırlı kapsama sahip olması nedeniyle günümüzdeki karmaşık yapıların zorluklarını ele almak için büyük ölçüde uygun değildir (Hensen ve Lamberts, 2011).



Şekil 2.8: Tasarım sürecine dahil olan kişiler (Reynolds, 1980).

Parametrik modelleme, boyut değeri değiştirildiği anda model geometrisinin şeklini değiştirme yeteneğine sahip bir modelleme işlemidir. Bu teknik başlangıçta düzensiz eğri formlu yapıları veya stadyum çatısı gibi karmaşık modelleri ayarlamak için kullanılmıştır (Fu, 2018).

Yapıların maliyetli ürünler olması ve hatalara sahip oldukları takdirde ortaya çıkabilecek sorunların uzun yıllar devam etmesi gibi etkenler modelleme yöntemlerinden benzetim programlarından yararlanılmasının temel sebeplerindendir.

Bunun yanı sıra, yakın geçmişte belirlenen konfor standartları ve oluşan sürdürülebilirlik farkındalığının etkisiyle, uygulama öncesi detaylı çevre ve enerji verimi analizlerine ihtiyaç duyulmuştur (Reynolds, 1980). Dijital ortamda tasarlanan bir model kelebek etkisi dikkate alınarak tasarlanmaktadır, dolayısıyla model bütün kesinlikleriyle uygulanabilir ve üretilebilir nitelik taşımaktadır (Dönmez, 2017).

Parametrik modellemenin en önemli faydası; model geometrisi şeklinin, boyutlar veya eğriler gibi parametrelerin değiştirilmesiyle farklılaşabilmesidir. Bu nedenle, bir değişiklik gerektirdiğinde modeli yeniden çizmeye gerek yoktur. Bununla birlikte, parametrik modelleme tek bir değerin değil modelin tüm değerlerinin değiştirilmesine imkân tanımaktadır. Örneğin, bir çatı yapısını değiştirmek için tasarımcı geleneksel olarak, uzunluğu, genişliği ve yüksekliği değiştirmek zorunda kalır. Ancak parametrik modellemede tasarımcıların yalnızca bir parametreyi değiştirmesi gerekir; diğer iki parametre otomatik olarak ayarlanır (Fu, 2018).

Geometrik formlar, malzemeler veya bina detayları hakkındaki tasarım kararları, binadaki enerji değişimini ayarlama etkilidir. Mimari tasarımın çevresel performans üzerindeki çağdaş vurgusu, bir cephenin kinetik olarak duyarlı olma kapasitesine olan ilginin artmasına neden olmuştur (Ramzy ve Fayed, 2011). Sanayi ve araştırma çalışmaları bu alanda hızla ilerlemektedir. Ortak yaklaşım; binaların iklim koşullarına yanıt olarak fiziksel şekillerini değiştirmelerine izin vererek kinetik özellikli binaları güçlendirmektir (Beesley ve diğ., 2006). Dinamik bina performansının değerlendirilmesinde, uygun sistem değerlendirmesi için, kinetik sistemler çeşitli koşullar altında analiz edilmelidir (Mahmoud ve Elghazi, 2016). Bu analizler için benzetim programlarından yararlanılır. Bina performansının başarılı benzetimi zor bir iştir. Benzetim; doğru model ve araçla doğru türde sanal deney yapma sanatı olarak ifade edilmiştir (Augenbroe, 2011). Mevcut çevresel benzetim araçlarıyla ilgili sorun, statik yapı elemanları için tasarlanmış olmalarıdır. Geleneksel benzetim araçları, malzeme özelliklerinin değişken değil sabit olarak kabul edildiği statik tasarıma dayalı benzetimler yapmaktadır (Mahmoud ve Elghazi, 2016). Kinetik özellikli cephelerin tasarım sürecinde kullanılabilecek etkili araç ve gereçlere büyük talep olduğu için yeterli bina performansı benzetim araçlarının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Nielsen ve diğ., 2011).

Parametrik tasarım amaçlı benzetim yazılımları; Rhino, Revit, AutoCAD, Bentley MicroStation V8 ve SolidWorks olarak sıralanabilir.

Rhino; Robert McNeel & Associates tarafından tasarlanan üç boyutlu bir teknik resim yazılımıdır. Rhino eğrileri, yüzeyleri, cisimleri, nokta bulutlarını ve çokgen ağları oluşturabilir, düzenleyebilir, analiz edebilir, belgeleyebilir ve görsel olarak canlandırabilir (Url-3, 2019). Rhino'nun önemli özelliklerinden biri, hesaba dayalı tasarım için sunduğu Grasshopper eklentisidir. Grasshopper platformu üzerinden parametrik bir modelleme yapılabilir. Bu nedenle, tasarımın her zaman mimar ve müşterilerin ihtiyacına göre değiştiği şema tasarımı aşamasında son derece yararlıdır (Fu, 2018).

Revit; bina bilgisi modellemesi (BIM) için gereken tasarımı, çizimleri ve programları destekleyen bir tasarım ve dokümantasyon platformudur. BIM; proje tasarımı, kapsamı, miktarları ve aşamaları hakkında bilgi verir. Revit modelinde her çizim sayfası, iki boyutlu ve üç boyutlu görünüm ile aynı sanal bina modelinden gelen bilgilerin bir sunumudur. Bina modeli üzerinde çalışırken bina projesi hakkında bilgi toplar ve bu bilgileri projenin diğer tüm temsilleri arasında koordine eder. Revit parametrik değişim motoru, herhangi bir yerde yapılan değişiklikleri otomatik olarak koordine eder (Url-4, 2018).

AutoCAD; Autodesk, Inc. tarafından geliştirilen üç boyutlu bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve teknik çizim yazılımıdır (Url-5, 2019). AutoCAD, çeşitli mimarlar, proje yöneticileri ve yapı mühendisleri ve makine mühendisleri tarafından kullanılır. En son AutoCAD versiyonunda, parametrik modelleme imkanı sunulmuştur (Fu, 2018).

Bentley MicroStation V8; Bentley Systems tarafından geliştirilen, tasarım ve teknik çizim için kullanılan önemli CAD yazılım ürünlerinden biridir. MicroStation, mimari ve mühendislik alanlarında kullanılan bir platformdur. BIM modelleri oluşturmaya uygundur (Url-6, 2019). İki boyutlu ve üç boyutlu grafik nesneleri ve elemanları oluşturur. MicroStation'ın en son sürümü parametrik modelleme fonksiyonlarını mümkün kılmaktadır. Bölüm 2'de yer alan örneklerden Su Küpü'nün üç boyutlu tel kafes modeli tasarlanırken MicroStation kullanılmıştır (Fu, 2018).

SolidWorks; 1995 yılında tanıtılmıştır. Diğer parametrik modelleme yazılımlarına düşük maliyetli bir rakiptir. Mekanik tasarım uygulamalarında kullanılır ve plastik endüstrisinde önemli bir yere sahiptir (Fu, 2018).

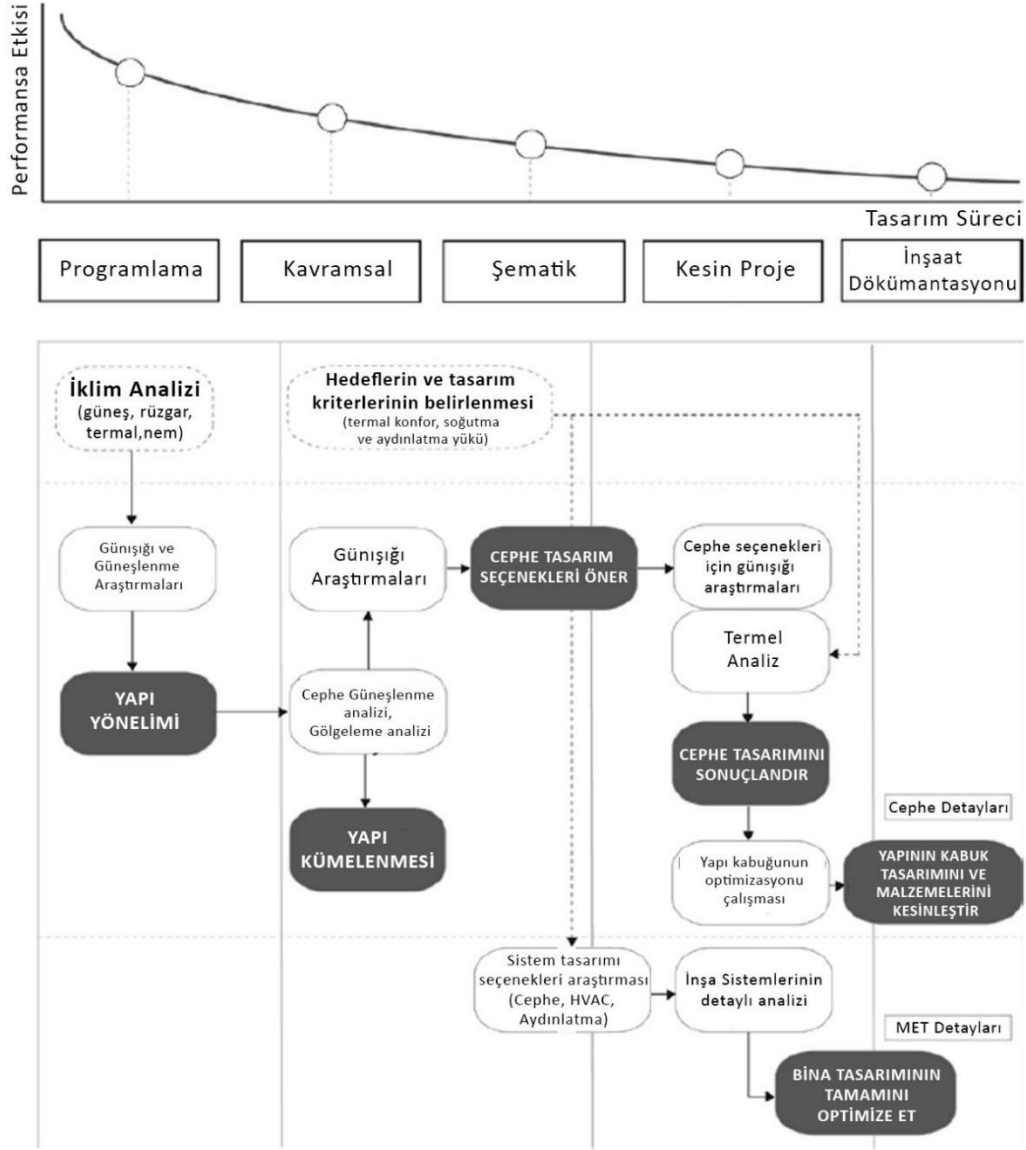
2.5.2 Enerji Etkinlik Analizinde Kullanılan Benzetim Programları

Bina enerji performansı benzetimleri, enerji tasarruflu ve yüksek performanslı bina tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır; çünkü tasarım seçeneklerini araştırmaya ve tasarım kararlarının çevre ve enerji üzerindeki etkilerini değerlendirmeye yardımcıdır (Aksamija, 2010). Benzetim araçları bina performansındaki kararlarda doğru seçim, nedenini anlama, olasılıkları keşfetme, sorunları teşhis etme, kısıtlamaları belirleme, anlama geliştirme, fikir birliği oluşturma gibi amaçlarla kullanılabilecek sanal bina modelleri yaratmaktadır (Sokolowski ve Banks, 2009).

Şekil 2.9'daki şema, özellikle bina kabuğu tasarımına odaklanan proje aşamalarıyla ilgili temel performans analizi türlerini göstermektedir. Üst kısımda yer alan grafik, kararların gerçek bina performansı üzerindeki etkisini ve proje aşamalarıyla ilişkilerini göstermektedir. Şemaya göre; bina kabuğu analizi programlama aşamasında iklim analizi, bina yönlenmesi gibi konulara odaklanmalıdır. Daha sonra kavramsal ve şematik aşamalarda, cephe için önerilen gölgeleme sistemini çevreleyen binaların gölgelemesine ve güneş ışığı döngüsünün incelenmesine yönelik çalışmalar yapılır. Bu aşamalarda alınan kararlar projenin cephe karakterini, potansiyel enerji kullanımının azaltılmasını ve mekanlardaki konfor seviyelerini etkileyecektir (Aksamija, 2015). Sonuç olarak, bu tür analizler tasarım geliştirme sırasında seçenekleri değerlendirerek en uygun kararı vermeye yardımcı olmaktadır.

Analiz amaçlı benzetim yazılımları; bina tasarımcılarının, geometrisi oluşturulan tasarımın ısı, akustik, görsel kalite gibi çeşitli performans gerekliliklerini değerlendirmelerini sağlar (Hartkopf ve diğ., 1986). Bir dereceye kadar, pahalı ve zaman alan saha testlerinin yerine geçebilir ve kapsamlı bir analize imkan tanır. Karmaşık tasarım stratejilerinin ön değerlendirmesini yapmak için özellikle önemlidirler (Mahdavi ve Lam, 1991). Analizler, genellikle tasarım araçlarıyla birlikte kullanılabilen eklentilerle yapılmaktadır. Çoğu eklenti, belirli benzetim görevlerini tamamlamak için benzetim motorlarıyla birlikte çalışmaktadır (Han ve diğ., 2018).

Eklentiler Rhino için Grasshopper, Ladybug, Honeybee, DIVA olarak, Revit için ise Sefaira, Insight 360 ve Dynamo olarak sıralanabilir (Aksamija, 2015).



Şekil 2.9: Bina performansı analizi prosedürlerini kullanarak, yüksek performanslı bina kabuklarının tasarlanması için işleyiş şeması (Aksamija, 2015).

Yapılan araştırmalarda en yaygın benzetim motorları Ecotect, eQuest, EnergyPlus, IES VE, Energy 10, Design Builder, DOE-2, HEED, Green Building Studio olarak tespit edilmiştir (Aksamija, 2015). Bunlara TRYNSYS, Energy Express, BSim, BLAST, Ener-Win, TRACE (Crawley, Hand, Kummert, & Griffith, 2008) ve Open Studio (Aksamija & Brown, 2018) eklenebilir. Ayrıca, yapılan anketlere göre tasarım sürecinin farklı aşamalarında farklı araçların kullanıldığı ortaya koyulmuştur. Örneğin, Green Building Studio, Energy 10, HEED, Design Builder ve Ecotect, kavramsal ve

şematik tasarım aşamalarında uygulanmaktadır. IES VE ve eQuest, şematik ve tasarım geliştirme aşamalarında uygulanırken, EnergyPlus çoğunlukla tasarım geliştirme sırasında uygulanmaktadır (Aksamija, 2015).

2.6 Mevcut Uyum Gösteren Cephe Uygulamaları

Uyum gösteren cephelerin ilk örneği sayılan, 1987 yılında Paris’te inşa edilmiş Arap Dünyası Enstitüsü (Institute du Monde Arabe) cephesi, gün ışığına uyum gösteren bir cephe örneğidir (Şekil 2.10). Bölge ılıman iklim özelliklerine sahiptir. Yapının güney cephesi, fotoğraf makinesi lensleri gibi bir mekanizma ile ışığın iç ortama geçiş düzeyini ayarlayan diyaframlardan meydana gelen, kare geometriye sahip metal panellerden oluşmuştur. Bu 240 panel deseninde, geleneksel Arap mimarisine ait “mashrabiya” motiflerinden esinlenilmiştir. Gün içerisinde en fazla 18 kez hareket etmeye programlı bu dinamik diyaframlar yardımıyla binanın konfor koşulları iyileştirilmiştir ve enerji etkinliği arttırılmıştır. Cephe, güneş ısısının etkisini %70 oranında engellemiştir (Fortmeyer ve Linn, 2014). Aynı zamanda bu tasarımla dış cephede olduğu gibi iç mekânda da ışık-gölge değişimleri yakalanarak dinamik bir iç mekân algısı da elde edilmiştir (Url-7, 2019).



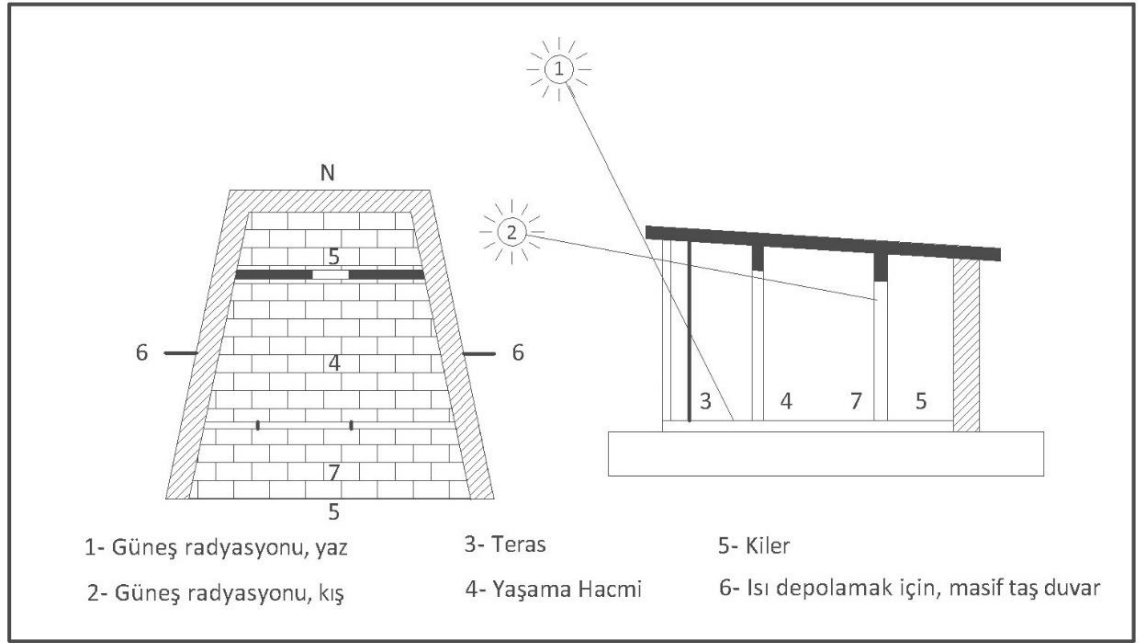
Şekil 2.10: Arap Dünyası Enstitüsü cephesi panellerinden biri (Url-8, 2014).

Arap mimarisinden esinlenen bir diğer uyum gösteren cephe örneği ise, Birleşik Arap Emirlikleri’nde 2013 yılında tamamlanan Abu Dhabi Yatırım Konseyi Merkez Binası (Al Bahar Towers) cephesidir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: Abu Dhabi Yatırım Konseyi Merkez Binası (Url-9, 2014).

Abu Dhabi, kuru iklim bölgesinde yer almaktadır. Yıllık buharlaşma miktarının yıllık yağış miktarını aştığı ve yüksek sıcaklıkların görüldüğü kuru iklim bölgelerinde cephelerin güneş ışığını kontrollü bir şekilde iç mekâna aktarmasına ihtiyaç vardır (Aksamija, 2013). Bunu hedefleyen cephe, kulelerin cam cephesinin önüne koyulmuş, gölgelendirme sağlayan ikinci bir dinamik cepheden meydana gelir. Gölgelendirme görevindeki cephe, kuzey yönü hariç tüm cephelerde yapıyı sarar ve güneş ışığının fazla olduğu durumlarda buna engel olur. Bu gölgelendirme sistemi, Sokrates Evi ya da Megaron Evi olarak bilinen tasarım çözümünü anımsatmaktadır. Sokrates Evi’nde binayı kuzeyden gelen soğuk rüzgârların etkisinden korumak amacıyla güney hariç tüm cephelerinde kalın taş duvarlar kullanılmıştır (Şekil 2.12). Burada da, güneşin etkisinden korunmak üzere kuzey hariç tüm cephelerde güneşin ve rüzgârın hareketlerine duyarlı bir şekilde açılıp kapanabilen bir gölgeleme sistemi uygulanmıştır. Buna ek olarak binada güneyde oluşturulan gök bahçeleriyle güneşin etkisi hafifletilmek istenmiş, sanki Sokrates Evi’nin terası bu şekilde uygulanmaya çalışılmıştır (Altın ve Orhon, 2014).



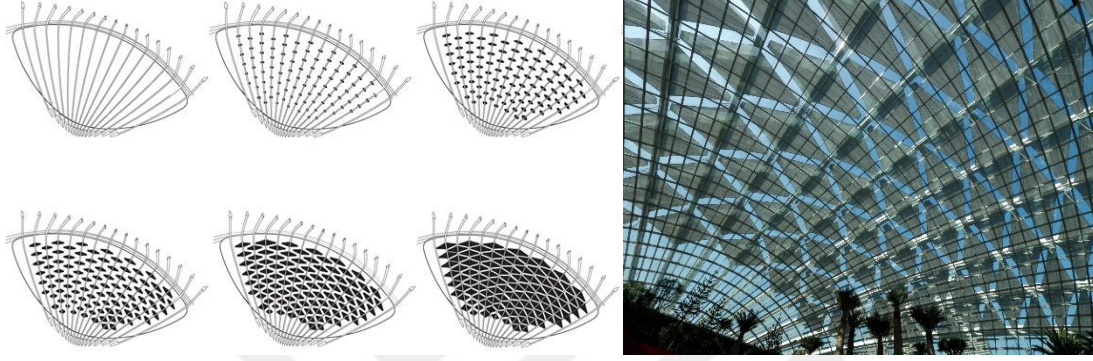
Şekil 2.12: Sokrates'in güneş evi (M.Ö. 469-397) (Atagündüz, 1989).

Cephenin tasarımında; bölge mimarisine özgü, parlama ve güneş ışınlamı kazanımını azaltırken mahremiyeti sağlayan geleneksel “mashrabia”nın prensipleri ve geometrik kompozisyonu ile bitkilerin kendini güneşin değişen yönüne ve değişen iklim koşullarına adapte etmesi bir arada kullanılmıştır. Bu tasarım, origami sanatından esinlenilerek dinamikleştirilmiştir (Altın ve Orhon, 2014). Şekil 2.13'te görüldüğü gibi, bal peteğini andıran üçgen parçaların taşıyıcı iskeletinin üzerinde politetrafloroetilen (PTFE) ile kaplanmış fiberglas kullanılmıştır (Fortmeyer ve Linn, 2014).



Şekil 2.13: Bal peteği cephe (Url-10, 2019).

Açılır-kapanır özelliğe sahip bir başka uyum gösteren cephe örneği, 2012’de Singapur’da inşa edilmiş “Gardens by the Bay” projesinin cephesidir (Şekil 14). Tropikal iklim bölgesinde yer alan bu proje yalnızca gün ışığı faktörüne göre cevap vermez, rüzgâra da cevap vermektedir. Tropikal iklim, yıl boyu yağışlıdır. Ilıman ile sıcak arasında giden sıcaklık değerleri, yıl boyu nemle birlikte. Bu iklime sahip bölgelerde dış ortamdan alınan ısıнын kontrolü önem taşır, bu nedenle genellikle gün ışığına uyum sağlayan cephe sistemleri görülür (Aksamija, 2013).



Şekil 2.14: Gardens by the Bay projesi ve gölgeliklerin açılma şeması (Fortmeyer ve Linn, 2014).

Projede sürdürülebilirlik sağlayabilmek adına birçok fikir kullanılmıştır. Bunlardan en etkili olanlardan biri, bina kabuklarındadır. Dinamik bir gölgelendirme sistemi tasarlanmıştır. İç mekânın sıcaklık, nem, ışık seviyesi gibi değerlerini ölçen sensörler, bu verileri bir monitöre aktarır. Seviyeler istenen konforu karşılamıyorsa motor harekete geçer ve strüktüre bağlı üçgen gölgelikleri açar. Keten bezine benzer bir kumaştan yapılmış gölgelikler, güçlü rüzgârlarda da geri toplanır (Fortmeyer ve Linn, 2014).

Uyum gösteren cephelerin cevap şeklini belirleyen, malzeme özellikleri de olabilir. Karasal iklim bölgelerinden birinde yer alan Beijing Ulusal Su Sporları Merkezi (Water Cube) projesi de bunlardan biridir (Şekil 2.15). Proje, Çin’de 2008’de Yaz Olimpiyatları için hazırlanmış alanda, nemli karasal iklimde yer alır. Karasal iklim bölgelerinde ısıнын korunmasına yönelik çözümlere rastlanır (Aksamija, 2013).



Şekil 2.15: Su Küpü'n n çalışma prensibi (Fortmeyer ve Linn, 2014) ve cephenin gece görünüşü (Url-11, 2011).

Yapının içi boş,  elik çerçevelerden oluşan iskeletin üzerinde, dünyanın en geniş etilen tetrafluroetilen (ETFE) kaplaması kullanılmıştır. ETFE malzemeyi daha dayanımlı kılmak için bir başka malzemeyle kaplanmış ve bu hava yastığını andıran tasarımıla istenilen performans elde edilmiştir. Bu cepheyle amaçlanan, sera etkisi yaratabilmektir. Tasarımdaki “hava yastıklarının” açısı bilgisayar kontrolünde değiştirilerek farklı mevsimlerde güneşten yararlanabilmek mümkün olmaktadır (Fortmeyer ve Linn, 2014). Bu tasarım sayesinde, binaya d  en güneş ışıınının büyük kısmı yapı içine hapsedilmektedir ve havuzları ve i  alanı ısıtmak için kullanılmaktadır. Böylelikle binanın enerji tüketiminde yüzde 30 d     sa lanmışır (Url-11, 2011).

ETFE kullanılmış bir başka cephe ise, 2010 yılında Barselona'da inşa edilmiş TIC Media Binası projesidir ( ekil 2.16). Paneller; dışta gölgelemeye yarayan gümüş dairesel bir katman ve yeşil renkli bir i  katmandan meydana gelmektedir. Yapının iklime uyumlanmasına yardım eden katmanlar, yazın doğrudan güneş ışığını fazla aldığında içeri ışığın giriş oranını ayarlayarak azaltmaktadır ve kışın güneş ışığına ihtiyaç duyulduğunda ise ışığın içeri girme oranını arttırmaktadır ( akır Aydoğan, 2018). Karakteristik cephesinin karbon emisyonunu yaklaşık %95 oranında azaltmasının yanında, yapının çatısında bulunan güneş panelleri ile bina neredeyse sıfır enerji konseptli (Net Zero Energy) bir bina durumundadır (Terruli ve Foiltec, 2019).



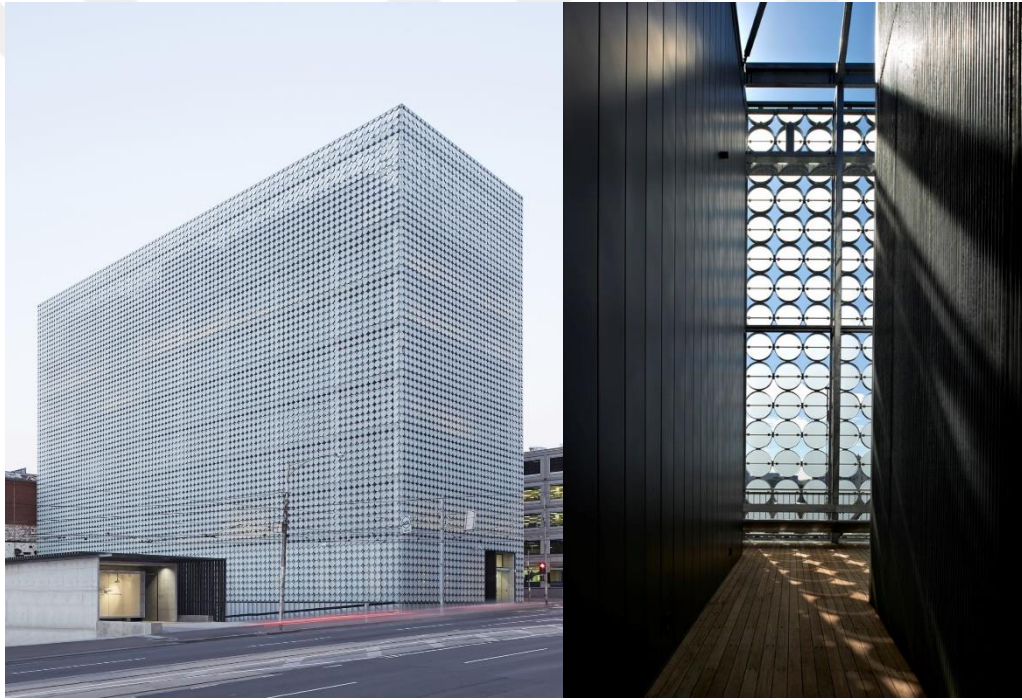
Şekil 2.16: TIC Media Binası güney doğu cephesi (Url-12, 2010).

Malzemesinin özelliğiyle cevap veren projelerden bir başkası, 2012’de Los Angeles’ta yapılan pavillon projesidir. Şekil 2.17’de görülen Bloom isimli proje, Sung’ın malzeme araştırmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır ve projedeki “thermobimetal” adı verilen malzeme, iki metal levhanın birbirine yapıştırılmasıyla meydana gelir. Bu iki metalin aynı koşullarda birbirinden farklı tepkiler vermesinden yararlanılır (Fortmeyer ve Linn, 2014). Ilıman iklim özelliklerine sahip bu bölgede, bu projede olduğu gibi, genellikle doğal havalandırma ve gün ışığından yararlanma amaçlanır (Aksamija, 2013).



Şekil 2.17: Bloom’un içinden bir fotoğraf (Url-13, 2015).

Uyum gösteren cepheler üzerine yapılan araştırmalar sonucunda, bu cephelere fotovoltaiik özellik eklemenin yapının enerji verimini arttırdığı görülmüştür (Jayathissa ve diğ., 2017). Bu araştırmaların bir ürünü olan RMIT Design Hub binasının cephesi de otomatik hareket edebilen fotovoltaiik hücrelerden meydana gelmektedir (şekil 2.18). Tasarım aynı zamanda buharla soğutma ile iç hava kalitesini arttırmaktadır ve işletme maliyetlerini azaltan temiz hava girişleri içermektedir. Hücreler, RMIT tarafından ortaklaşa yürütülen güneş pilleri üzerinde devam eden araştırmalarla ilerleyen teknolojiyle gelişip değişebilecektir; bir başka deyişle tüm bina cephesi, güneş teknolojisi geliştikçe yükseltilebilecek bir kapasiteye sahiptir ve bir gün tüm binayı çalıştırmak için yeterli elektrik üretebilecektir (Url-14, 2013).



şekil 2.18: RMIT Design Hub binası ve cephesi (Url-14, 2013).

Enerji üreten uyum gösteren cephe örnekleri arasında BIQ konut projesi de yer alır (şekil 2.19). Camların arasındaki alglerden elde edilen enerji ile binanın ısıtma enerjisi karşılanır. Algler, güneş işığıyla fotosentez yaparken bir boru yardımıyla karbondioksit, besinler ve su ile beslenirler. Fotosentez yaptıkça büyüyen algler, belirli aralıklarla bir biyogaz tesisinde fermente edilir. Bununla birlikte, güneş işığının en fazla geldiği paneldeki algler en fazla büyüyecektir ve böylelikle daha fazla gölgeleme işlevi görerek ısıl dengeyi sağlamaya yardımcı olacaktır (Url-15, 2013).



Şekil 2.19: BIQ binası (Url-15, 2013) ve panelleri.

Uyum gösteren cephelerin farklı etkenlere cevap vererek sorunlara farklı çözümler üretmesi, yalnızca gün ışığı, sıcaklık ya da nem gibi etkenlerle sınırlı değildir. Örneğin, 1992’de Mexico City’de yapılmış Manuel Gea González hastane binasının uyum gösteren cephesi (Şekil 2.20), kirli havayı temizlemeyi amaçlamıştır. Şehrin “kükürt dioksit, asılı partikül madde, karbon monoksit, ozon, kurşun ve azot dioksit seviyeleri Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) belirlediği sağlık koruma kurallarını aştığının tespit edilmesi ve yerel yönetimin bunu değiştirmek istemesi üzerine geliştirilmiş projelerden biridir. Bu ve bu yöndeki diğer çözümler ile 1992’de yılda sadece 9 gün temiz hava oranlarına ulaşılabilmişken, 2012 yılında bu oran yılda 248 güne yükselmiştir (Winter, 2013).



Şekil 2.20: Manuel Gea González Hastanesi binasının cephesi (Url-16, 2016).

Cephenin tasarımındaki “proSolve370e” isimli paneller her gün 8750 arabanın sebep olduğu kimyasalı nötrleyebilme özelliğine sahiptir. Hastane binasının cephesinin kirli havayla mücadelesinde temel yardımcısı, titanyum dioksit bazlı bir pigmentten yapılmış boyasıdır. Tasarımcılarına göre; güneş ışığının ultraviyole ışınları cephe modüllerindeki titanyum dioksite ulaştığında, paneller ile havadaki duman arasında kimyasal bir reaksiyon tetikler (mono-azot oksitler). Sonuç olarak kirli hava; su, karbondioksit ve kalsiyum nitrat gibi daha güvenli kimyasallara ayrılır (Url-17, 2019). Titanyum dioksit bu reaksiyonda katalizör olarak görev yaptığından, tepkimeden etkilenmez ve kaplama cepheden çıkana dek bu reaksiyonlarda görev almaya devam eder (Altın ve Orhon, 2014).

2.7 Bölüm Sonucu

Çalışmada yapılan kaynak araştırması ve mevcut uyum gösteren cephe örneklerinin incelenmesi sonucunda; uyum gösteren cepheler ‘değişken ortam koşullarına farklı zaman periyotlarında geliştirdiği farklı özelliklerle uyumlanarak o koşullara cevap veren ve yapının performansını iyileştirmeyi amaçlayan, bunu pasif tasarım stratejilerine ek olarak etkin teknolojileri kullanarak sağlayan cepheler’, şeklinde tanımlanabilir. Yapılmış tüm çalışmalar göz önünde bulundurularak, uyum gösteren cepheler için sınıflandırma ölçütleri; amaç, uyaran, cevap türü, cevap şekli, uyumlanma ölçeği, cevap süresi ve kullanılan teknoloji olmak üzere Çizelge 2.5’teki gibi özetlenebilir. Bu çizelgede, temel olarak, cepheyi uyaran etken ve cephe cevabının özelliklerine göre bir sınıflandırma yapılmıştır.

Buna ek olarak, uyum gösteren cepheler üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde bu cepheleri tanımlamak, sınıflandırmak ve performans gereksinimlerini belirlemek için farklı yaklaşımların bulunduğu görülmüştür. Bu durum, bu alandaki çalışmalara ulaşmada zorluklar getirebilmektedir. Aynı zamanda, bu alandaki çalışmaların potansiyeli, odak noktaları, ağırlıklı olarak kullanılan yöntemler gibi bilgiler hakkında yeterli farkındalık oluşması da güçleşmektedir.

Buradan hareketle, Bölüm 3’te uyum gösteren cepheler konusuna yönelik meta analizi çalışması yapılmıştır. Çalışmayla ilgili bilgi, ilgili bölümde verilmiştir.

Çizelge 2.5: Uyum gösteren cepheler için sınıflandırma ölçütleri.

Amaç	Isıl konfor		
	Enerji performansı		
	İç mekan konfor kalitesi		
	Görsel konfor		
	Akustik konfor		
	Kontrol		
Uyaran	Kullanıcı		
	Çevre	Dış Ortam	Güneş Işınımı
			Dış Ortam Sıcaklığı
			Nem
			Rüzgar
			Yağış
			Gürültü
			Hava Kirliliği
		İç Ortam	İç Ortam Sıcaklığı
			Nem
			Işık Kalitesi ve Miktarı
			Hava Akışı
			Gürültü
Cevap Türü	Statik		
	Dinamik		
Cevap Şekli	Engellemek		
	Geri Çevirmek		
	Yönelmek		
	Ayarlamak/Azaltmak		
	Toplamak		
Uyumlanma Ölçeği	Malzeme		
	Eleman		
	Tüm Yapı		
Cevap Süresi	Saniye		
	Dakika		
	Saat		
	Gün		
	Mevsim		
	Yıl		
Kullanılan Teknoloji			

3. UYUM GÖSTEREN CEPHELERE YÖNELİK META ANALİZİ

Tez çalışmasının bu bölümünde; uyum gösteren cepheler alanındaki belli ölçütler çerçevesinde belirlenmiş akademik yayınlar, meta analiz yöntemiyle analiz edilmiştir. Yapılan detaylı kaynak araştırması doğrultusunda;

- Uyum gösteren cephelere yönelik farklı tanımların bulunması,
- Bu cephelerin türleri ve bu cephelere yönelik sınıflandırma yöntemlerinde yaklaşım çeşitliliğinin bulunması ancak belirgin ortak bir paydanın geliştirilememiş olması,
- Çok yönlü ve teknolojiyle gelişmeye açık aktif sistemler olmalarının bir getirisi olarak, bu cephelerden beklenen performans gereksinimleri de ağırlıklı kabul edilen uyaran/etken, bulunduğu coğrafya, tasarımcının strateji tercihi, tercih edilen teknoloji gibi etmenlerle değişkenlik göstermektedir (Bakınız Bölüm 2).

Bu alanda gerçekleştirilen çalışmalar son yıllarda artmış olsa da yukarıda belirtilen sebeplerle, mecazi bir tanımla “kümülatif” denebilecek çalışmalar halini almaktadırlar.

Uyum gösteren cepheler alanında bir meta analiz çalışması yapılması, bu alanın şimdiye dek oluşturulmuş kapsamının ve daha çok hangi alt başlıklara yönelindiğinin görülmesi açısından faydalı olacaktır. Çalışma, uyum gösteren cephelere yönelik akademik çalışmaların belli parametreler çerçevesinde değerlendirilmesini ve sonucunda analiz yapılmasını amaçlamaktadır.

İzleyen bölümlerde; öncelikle meta analizi kavramı açıklanmakta, sonrasında tez çalışması kapsamında meta analizinin amaç, kapsam ve yöntemi belirtilmekte ve bu yöntem ile analiz edilen uyum gösteren cepheler için elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeleri verilmektedir.

3.1 Meta Analizi Kavramı

Meta analizi kavramı için kabul edilmiş tek bir iyi tanım veya meta-analiz yürütmenin tek bir doğru yolu mevcut değildir (Shelby ve Vaske, 2008). Meta-analizi, analizlerin

analizini ifade eder (Glass, 1976). Yunanca "meta" kökü, "sonra" anlamına gelir; buradan hareketle meta analiz kavramı için, bir alanda analizler yapıldıktan sonra gerçekleştirilen bir analiz olduğuna varılabilir (Bland, 2006). Bununla birlikte, İngilizce’de kullanılan anlamlarından biri “bir şeyin normal sınırlarının dışında” olarak ifade edilmektedir (Cambridge Dictionary, 2008). Bu kelime anlamlarıyla aynı doğrultuda olan tanımlardan biri, Şen’in (2018) “Bir konu hakkındaki büyük resmi ortaya koymak için sistematik şekilde yapılan nicel bir incelemedir.” tanımıdır.

Meta-analizi, belirli bir konuda yapılmış, birbirinden bağımsız, birden çok çalışmanın sonuçlarını birleştirme ve elde edilen araştırma bulgularının istatistiksel analizini yapma metodudur (Akgöz ve diğ., 2004). Meta-analizi, bir tür kaynak tarama yöntemidir (Başol Göçmen, 2009). Bir etkinin tek ve daha kesin bir tahminini oluşturmak için bir dizi farklı raporun sonuçlarını birleştirmede kullanılan bir dizi teknikten meydana gelir (Ferrer, 1998).

Çalışma sonuçlarını birleştirmede nicel yöntemlerin kullanılması ilk kez 1930’larda başlamış, 1970’lerde ilgi büyümüş ve özellikle sağlık alanında ilk uygulamaları görülmüştür (Akgöz ve diğ., 2004). Meta analizi terimi ilk defa Glass tarafından ortaya atılmıştır (Aydın, 2019).

Yöntem, araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen inceleme yöntemlerinden biridir (Grant ve Booth, 2009). Tek başına varılan yargılara güvenmekten ziyade nicel yöntemleri kullanır (Mosteller ve Colditz, 1996). Sonuçların niceliksel olarak analiz edilmesi, bu yöntemi klasik kaynak tarama yöntemlerinden ayırmaktadır (Aydın, 2019). Ayrıca, önceki çalışmalara ait verilerin analiz edilmesi ile sonuçların homojenliğini ya da heterojenliğini açıklamada istatistiksel yöntemleri kullanan bir yaklaşımdır (Dawson ve Trapp, 2001).

Meta analizi yoluyla belli bir alandaki yayınların incelenmesi ile ilgili çalışmalar, akademik araştırmaların planlanmasından yönetimine kadar olan karar verme süreçlerinde fayda sağlamaktadır (Betts ve Lansley, 1993). Buna ek olarak meta analizi çalışmaları, akademik çalışmaların geliştirilmesinin yollarını, konu ile ilgili ana ölçütleri, araştırma metotlarını ve araçlarını ilişkilendirmeye yaramaktadır (İlter ve diğ., 2008). Yayınların sistematik olarak incelenmesi hem kaynakların derlenmesi hem

de aynı konu alanında yürütülebilecek gelecek çalışmalara yol gösterecek sistematik bir yaklaşımın ortaya konulması açısından önemlidir (Serin, 2016).

Çoğu meta analizi nedensel ilişkileri açıklamayı amaçlayan çalışmalarla ilgilenmesine rağmen, nedensel ilişki kurmayan çalışmalara, tanımlayıcı araştırmalara, tarama çalışmalarına, teşhis yöntemlerinin geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarına, maliyet etkinlik çalışmalarına ve diğer konulara da uygulanabilir (Akgöz ve diğ., 2004). Ancak genellikle çalışmaları birleştirmek için geçerli bir neden olmalıdır (Eysenck, 1995).

Meta analizi yönteminin amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Küçük örneklerle yürütülmüş çalışmaları birleştirip toplam örneklem genişliğini arttırmak ve artan istatistiksel güç ile etki büyüklüğü tahminlerini iyileştirmek (Eysenck, 1995),
- Farklı kaynaklarda görülen tutarsızlıkları değerlendirmek ve bunların sebeplerini incelemek (Egger ve diğ., 1997),
- Çalışmalar arasındaki farklılıkların şansla gerçekleşip gerçekleşmediğini araştırmak (Şen, 2018),
- Genellenebilir bir doğruya ulaşmakta hiçbir çalışmanın mükemmel olmaması sebebiyle, sonuçları meta analiz yoluyla birleştirici, objektif ve sistematik olarak özetleyebilmek (Kavale, 2001),
- Temel çalışmalarda düşünülmeyen ancak etkisi olduğu varsayılan değişimleri incelemek (Normand, 1999),
- İleride yapılacak olan araştırmalara ve alınacak kararlara yardımcı olmak (Franke, 2001),
- Elde edilen veriler doğrultusunda incelenebilecek yeni araştırma konuları ortaya çıkarılmasına vesile olmak (Franke, 2001).

Meta analizi yürütmenin tek bir doğru yolu mevcut olmasa da bu analiz için mutlak olan, çalışmanın iyi organize edilmiş olmayı gerektirmesidir (Shelby ve Vaske, 2008). Çarkungöz'e (2010) göre, meta analizinin uygulama aşamalarının en temel basamakları, bu çalışma için farklı yöntemler öneren araştırmacılar için ortak olarak, sırasıyla;

- Problemin tanımlanması,
- Veri toplanması ve işlenmesi,

- Analiz ve raporlama olarak özetlenebilir.

Tyler ve Last (1998) ise bu aşamaları;

- Problemi tanımlama,
- Meta analizine çalışmaları dahil etme kriterlerini belirleme,
- Araştırmaları elde etme,
- Meta analiziyle ilişkili karakteristiklere göre her bir çalışmayı kodlama ve sınıflandırma,
- Bireysel çalışmaların bulgularını birleştirme,
- Meta analizin karakteristikleriyle birleştirilmiş bulguların ilişkisini kurma,
- Meta analizin bulgularını rapor etme şeklinde sıralamaktadır.

Betts ve Lansley'nin (1993) çalışması daha önceki çalışmaların sınıflandırmalarını kapsayan meta analizi modelleri, disiplinlerin analiz edilmesi, çalışmanın farklı odak noktalarının ilişkilendirilmesi ve ihmal edilmiş konuların tanımlanması açısından önemlidir. Çalışmada temelde “içerik” ve “biçim” olmak üzere meta analizi iki boyut çerçevesinde ele alınmaktadır. Bu çalışmadan ilham alan Serin'in (2016) ve Aydın'ın (2019) çalışmalarından yola çıkılarak, bu tez çalışmasında gerçekleştirilen meta analizi için Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi çalışmanın sistemini özetleyen bir sınıflandırma çerçevesi belirlenmiştir.

Çizelge 3.1 Meta analizin sınıflandırma çerçevesi.

ANA BAŞLIKLAR	ALT BAŞLIKLAR
Genel Bilgiler	Kaynak Türü
	Yayın Yılı
	Yayınlayan Kurum
	Veritabanı
	Yazar Bilgisi
	Ülke
	Kaynak Adında Bulunan Sıfatlar
	Anahtar Kelimeler
İçerik	Konu
	İlişkili Konular
	İlişkili Teknolojiler
	Yöntem
	Sonuç

3.2 Meta Analizi Çalışmasının Amacı, Kapsamı ve Yöntemi

Uyum gösteren cepheler konu alanının meta analizi yöntemiyle analiz edilmesindeki amaçlar;

- Uyum gösteren cephelere yönelik yapılan çalışmalardaki farklı tanım kullanımlarının tespit edilmesi,
- Uyum gösteren cepheler alanındaki çalışmalardaki güncel durumun incelenmesi, güncel eğilimlerin araştırılması,
- Hala yeni sayılabilecek bir konu olması sebebiyle bu konu alanı hakkında hem Türkiye’de hem dünya genelinde yapılmış çalışmalar üzerinden, çalışmaların kaynak türü, kaynaklarda yer alan yazar sayısı, kaynakların ağırlıklı yayımlandığı yıllar, çalışma yöntemleri, çalışmalara ulaşılan veritabanları, çalışmalarda gelecek önerisinde bulunulup bulunulmaması ve alanda önemli yere sahip anahtar kelimelerin çalışmalarda yer alma oranı gibi analizlerin yapılması ve bu analizlerin yorumlanması ile sonraki çalışmalar için faydalı olabilecek çıkarımlarda bulunulması

şeklinde özetlenebilir.

Meta analizi çalışması kapsamında; uyum gösteren cepheler ile ilgili 2007-2020 yılları arasında yayımlanmış ulaşılabilen çalışmalara ulusal ve uluslararası kitaplar, hakemli dergiler, konferans bildirileri, tezler ve raporlar olmak üzere 136 kaynak seçilmiştir. Bu çalışmalar güncel ve güvenilir çalışmaların takip edilebildiği hakemli dergiler olan Elsevier, Springer, Journal of Facade Design and Engineering, Perkins and Will Research ile YÖK Tez Merkezi, Researchgate, Oxford University Press, Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), Near East University, University of Southern California, Passive and Low Energy Architecture Proceeding (PLEA), American Solar Energy Society ve IntechOpen (INTECH) ağlarından elde edilmiştir.

Meta analizi için yapılan araştırmada temel olarak “adaptive facade” anahtar kelimesi alınmıştır. Bu tanımları karşılayan Bölüm 2’de verilmiş Çizelge 2.1’de de yer alan adaptive, active, adaptable, advanced, biomimetic, bio-inspired, dynamic, kinetic, intelligent, interactive, reactive, responsive, sensitive, smart sıfatları İngilizce kaynaklarda; adaptif, akıllı, bio-adaptif, değişken, dinamik, gelişmiş, tepki veren,

uyarlanabilir ve uyum gösteren sıfatları Türkçe kaynaklarda kullanılmıştır ve bu sıfatlar da anahtar kelimelere dahil edilmiştir. Diğer taraftan, olabildiğince fazla çalışmaya ulaşmak ve çalışmanın güncel gelişmeleri yansıtması amacıyla, "facade" kelimesi ile benzerlik taşıyan "building envelope", "building skin" gibi ifadeler de analiz kapsamında ele alınmıştır.

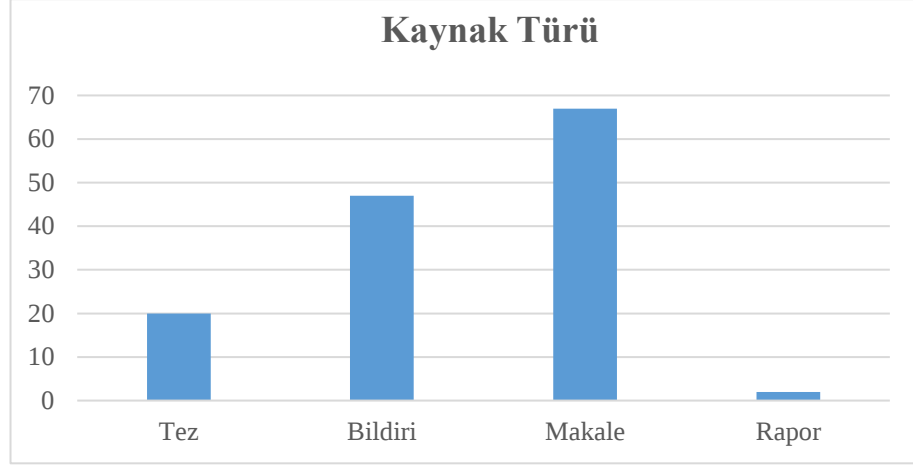
Meta analizi çalışmasının yöntemi; aynı konu alanındaki yeterli sayıda çalışmanın ortak parametrelerinin birleştirilmesi ve elde edilen veriler doğrultusunda meta analizinin yapılmasıdır. Bir sonraki bölümde, Çizelge 3.1’de verilmiş sınıflandırma çerçevesi doğrultusunda ulaşılan çalışmaların veri analizleri yapılacaktır.

3.3 Meta Analizi Çalışması

Meta analizi amacıyla yapılan araştırma sonucunda, 2007-2020 yılları arasında yayımlanmış toplamda 136 yayına ulaşılmıştır (Bakınız Ek-A). Bu yayınlar, genel özellikleri ve içerikleri olmak üzere başlıca iki ölçekte incelenmişlerdir. Genel özellikler ile ilgili analiz; kaynak türü, kaynak sayısının yıllara göre dağılımı, yayınların hangi veri tabanlarında yer aldığı, nerede yayınlandığı, yazar sayısının dağılımı, uyum gösteren cephenin tanımlanmasındaki farklılıklar, Türkiye ve dünyada yapılmış yayınların oranı başlıkları altında gerçekleştirilmiştir. İçerik ile ilgili analiz ise; uyum gösteren cephenin çalışılma ölçeği, hangi performans ölçütleri için değerlendirildiği, farklı iklimlerde kullanımı, cephe ile ilgili tasarım yaklaşımları, alanda kullanılan teknolojiler, yayınlarda kullanılan çalışma yöntemleri ve gelecek çalışma önerilerini ele almaktadır.

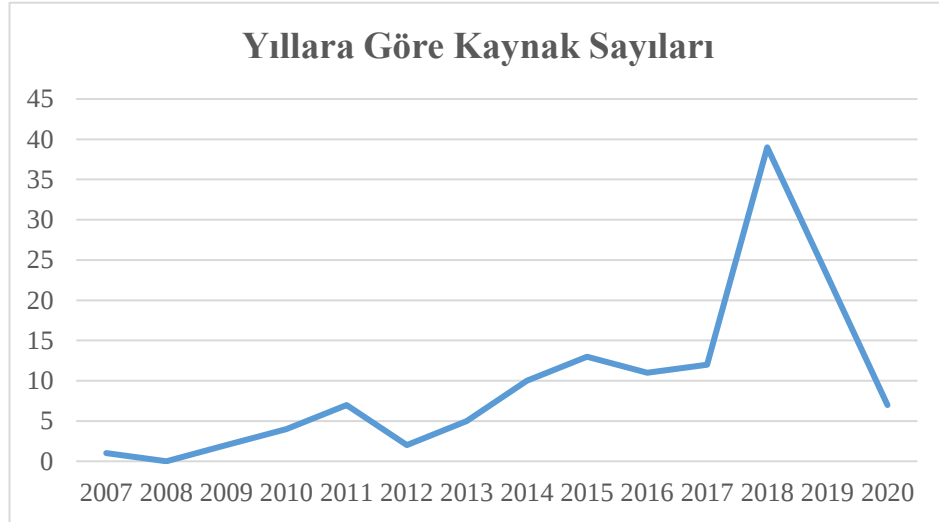
3.3.1 Yayınların Genel Özelliklerinin Analizi

Araştırma sonucunda 20 tez, 47 bildiri, 67 makale ve 2 rapora ulaşılmıştır. Şekil 3.1’de bu yayınların kaynak türüne göre dağılımı gösterilmiştir. En fazla kaynak, makale türünde yayımlanmıştır. Bununla birlikte, bildiri türündeki kaynakların sayısının da oldukça fazla olması uyum gösteren cepheler alanında konferansların kaynak üretiminde önemli bir rolü olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.1: Kaynakların türlere göre dağılımı.

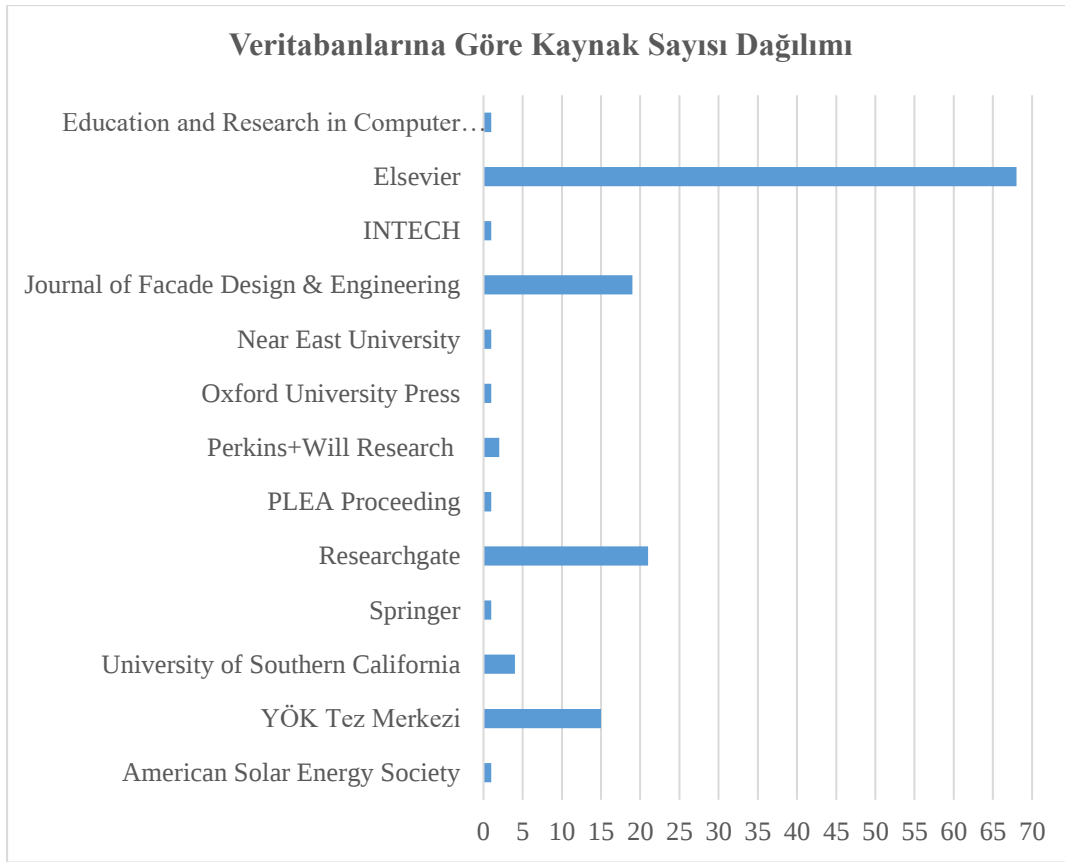
Araştırmada yer alan kaynakların sayılarının yıllara göre dağılımı ise Şekil 3.2’te yer almaktadır. Kaynak sayısının en fazla olduğu yıl 2018 olarak görülmektedir. Bunun sebebi, o yıl COST (European Cooperation in Science and Technology - Avrupa Bilim ve Teknoloji İşbirliği) tarafından gerçekleştirilen “Facade 2018 - Adaptive!” başlıklı konferansta birçok çalışmanın yayımlanmış olmasıdır. Bununla birlikte; 2015’te 13, 2017’de 12 ve 2016’da 11 yayına ulaşılmıştır. 2020’nin Mart ayına dek gerçekleştirilen bu meta analiz çalışmasında 2020’de yayınlanmış 7 yayına ulaşılmıştır. Buradan hareketle son yıllarda bu konu alanında yapılan çalışma sayısında düzenli bir artış gözlenmese de, genel olarak bir artış söz konusudur ve bu da alanın güncelliğini ve gelişmeye devam ettiğini göstermektedir.



Şekil 3.2: Kaynak sayılarının yıllara göre dağılımı.

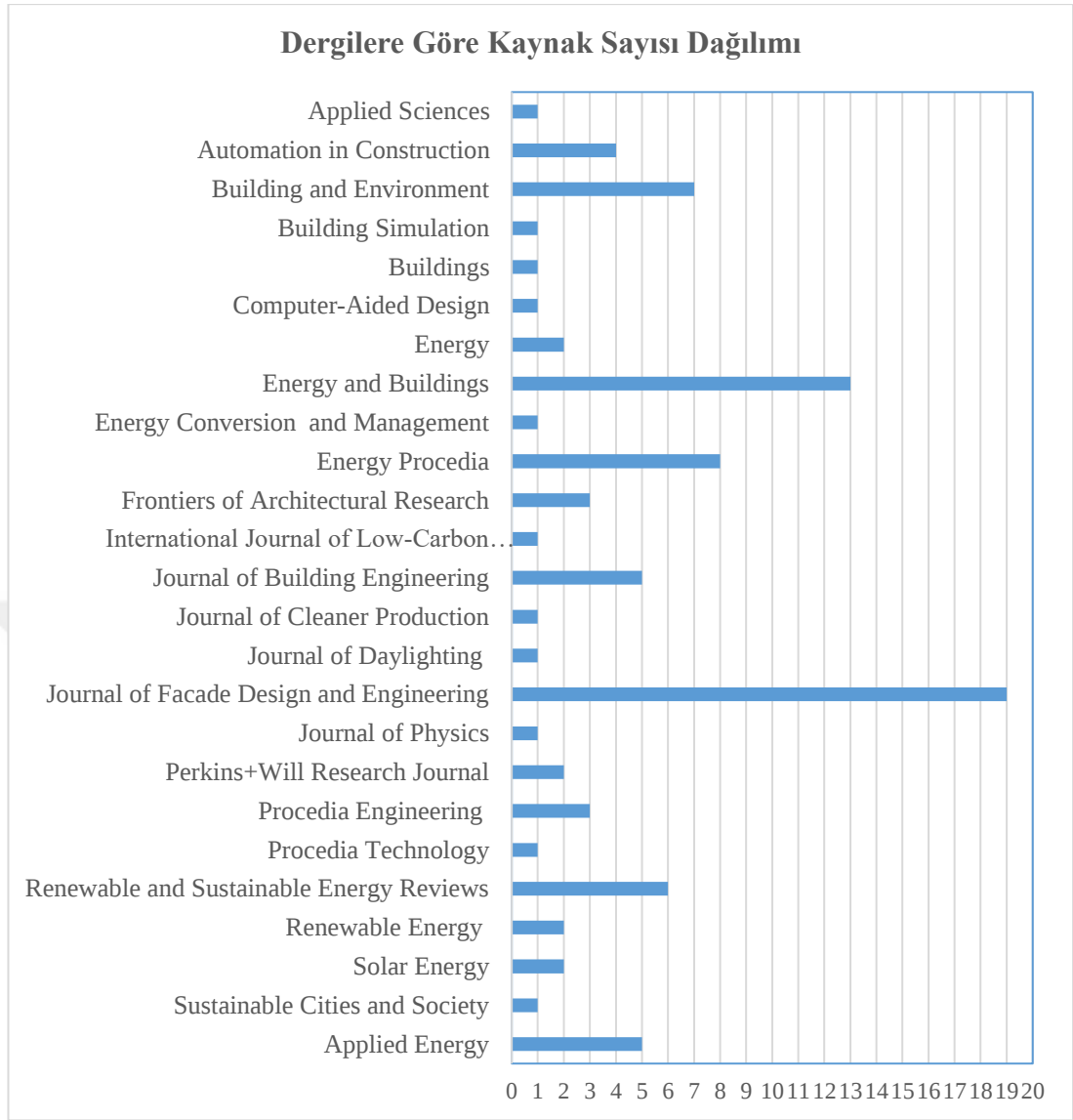
Araştırma sonucunda meta analizi çalışmasında bulunan 136 adet kaynak, Şekil 3.3’te yer alan Elsevier, Springer, Journal of Facade Design and Engineering, Perkins and

Will Research, YÖK Tez Merkezi, Researchgate, Oxford University Press, Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), Near East University, University of Southern California, Passive and Low Energy Architecture Proceeding (PLEA), American Solar Energy Society ve IntechOpen (INTECH) veritabanlarının taranması sonucunda elde edilmiştir. Bu grafiğe göre sırasıyla en çok kaynağa Elsevier (ScienceDirect), Researchgate ve Journal of Facade Design and Engineering veritabanlarından ulaşılmıştır. Kaynaklar her iki veritabanında da yer alıyorsa yalnızca bir veritabanı (ilk ulaşılan) grafiğe dahil edilmiştir.



Şekil 3.3: Yayınların veritabanlarına göre dağılımı.

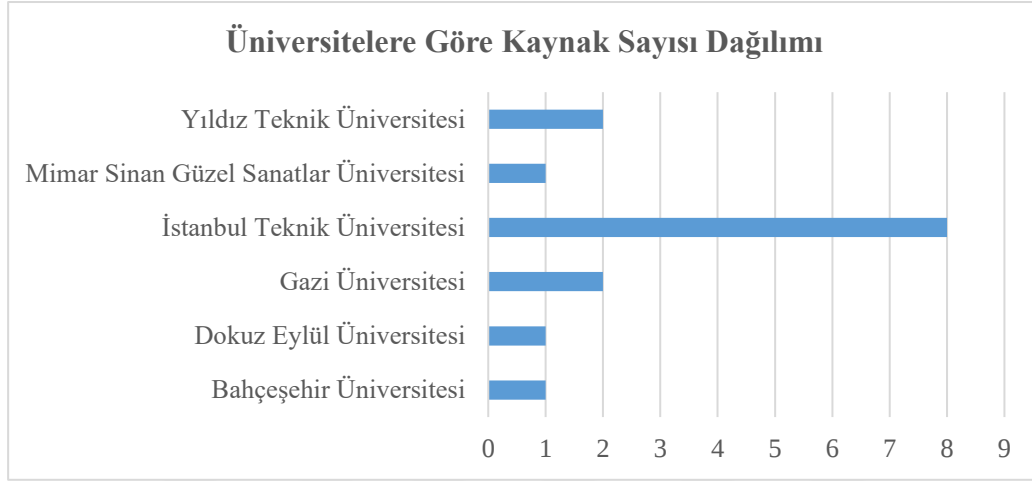
Meta analizi çalışmasında ilgili veritabanlarından ulaşılan kaynakların yayımlandığı dergilerin dağılımı Şekil 3.4'te verilmiştir. Bu çizelgeye göre en çok kaynak, 19 yayın olmak üzere Journal of Facade Design and Engineering dergisinde yayımlanmıştır. Ardından bu dergiyi 12 yayın ile Energy and Buildings, 8 yayın ile Energy Procedia ve 7 yayın ile Building and Environment dergileri izlemektedir. Kaynaklar her iki veritabanında da yer alıyorsa yalnızca bir veritabanı (ilk ulaşılan) grafiğe dahil edilmiştir.



Şekil 3.4: Dergilere göre kaynak sayısı dağılımı.

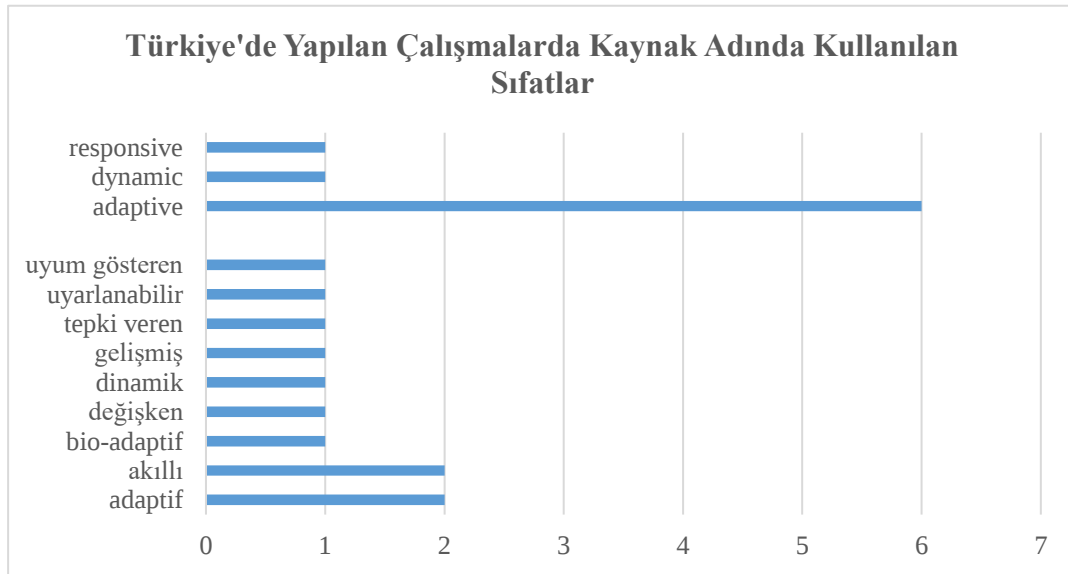
Türkiye’deki üniversite yayınlarının sayı dağılımını gösteren grafik Şekil 3.5’te yer almaktadır. Bu grafik, yalnızca tez türündeki kaynakları içermektedir. Üniversitelerin uyum gösteren cepheler gibi güncel bir konudaki yayın sayısı, üniversitelerin gündemi takibine dair bilgi vermektedir. YÖK Tez Merkezi veritabanında yapılan araştırmaya göre, İstanbul Teknik Üniversitesi’nin bu konu alanında en çok yayın hazırlamış üniversite olduğu söylenebilir. Ancak “adaptive facade” tanımının Türkçe karşılıkları oldukça çeşitlilik gösterdiği için, ilgili veritabanından ulaşılamayan çalışmalar bulunabilir. Araştırma, Bölüm 2’de verilmiş Çizelge 2.1’de uyumlanabilirliği tanımlamada kullanılan sıfatlar ile yapılmıştır. İngilizce kaynaklarda adaptive, active, adaptable, advanced, biomimetic, bio-inspired, dynamic, kinetic, intelligent, interactive, reactive, responsive, sensitive, smart; Türkçe kaynaklarda ise adaptif,

akıllı, bio-adaptif, değişken, dinamik, gelişmiş, tepki veren, uyarlanabilir ve uyum gösteren sıfatları kullanılmıştır. Ancak, yabancı ülkelerdeki tez kaynakları bu grafiğe dahil edilmemiştir; çünkü çalışmada kullanılan veritabanlarından yabancı ülkelerde yapılmış yeterli sayıda teze ulaşılammıştır.



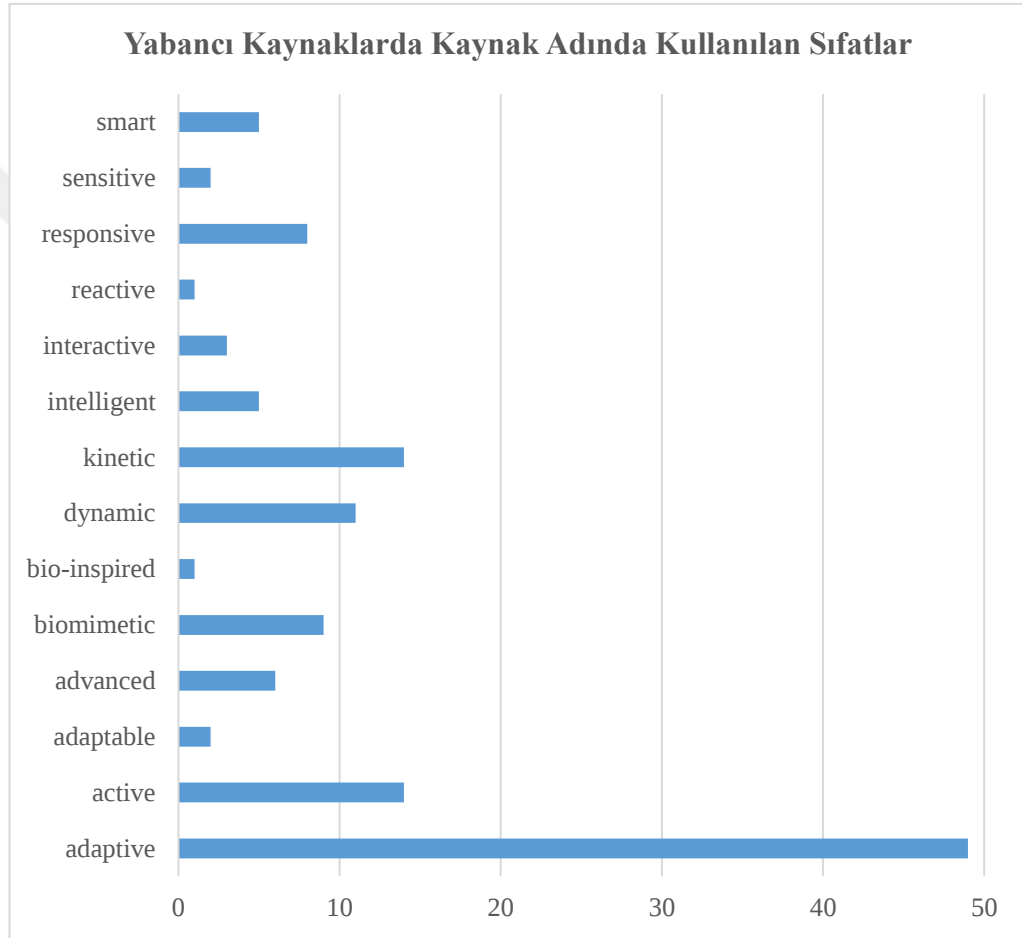
Şekil 3.5: Üniversitelere göre kaynak sayısı dağılımı.

Uyum gösteren cepheler konu alanındaki çalışmalar incelendiğinde; “adaptive facade” tanımının Türkçe karşılığı için farklı sıfatlar kullanıldığı görülmüştür. Şekil 3.6’da Türkiye’de gerçekleştirilmiş 19 çalışmada uyum gösteren cepheler için kullanılan sıfatlar Türkçe çalışmalarda hemen hemen hepsi birbirinden farklı iken, İngilizce üretilen kaynaklarda “adaptive” kelimesinin kullanılmaya devam edildiği görülmüştür.



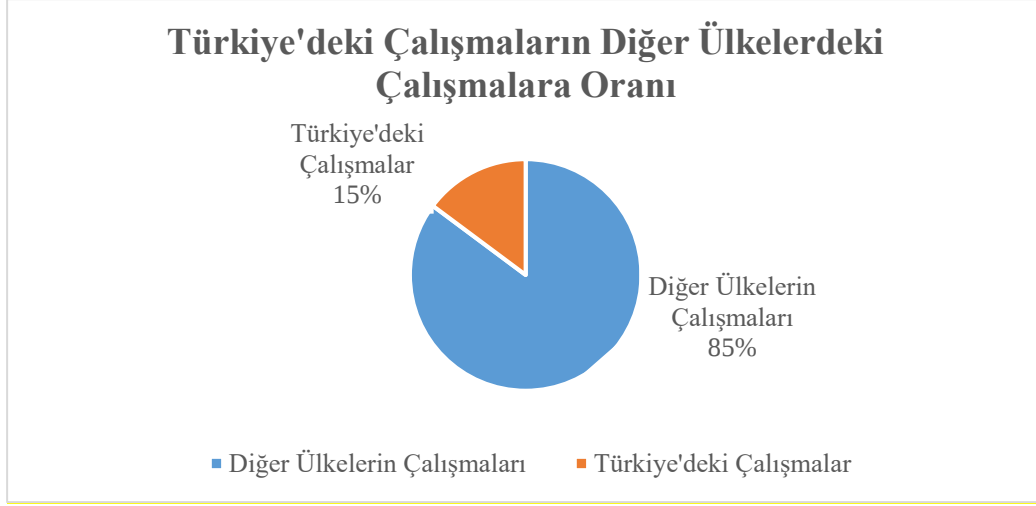
Şekil 3.6: Türkiye’de yapılan çalışmalarda uyum gösteren cepheler için kullanılan sıfatların dağılımı.

Şekil 3.7’de ise yabancı ülkelerde yapılmış çalışmalarda uyum gösteren cepheler için kullanılan sıfatlar görülmektedir. Bu sıfatlar Bölüm 2’de yer alan Çizelge 2.1’de belirtilen; adaptive, active, adaptable, advanced, biomimetic, bio-inspired, dynamic, kinetic, intelligent, interactive, reactive, responsive, sensitive ve smart sıfatlarıdır. “Adaptive” sıfatı 49 adet ile kaynak adlarında en çok kullanılan sıfat olmakla birlikte, sırasıyla 14 adet kaynakta “active” ve “kinetic”, 11 adet kaynakta “dynamic”, 10 adet kaynakta “biomimetic” ve 8 adet kaynakta “responsive” sıfatları uyum gösteren cephe konu alanında kullanılan sıfatlar olarak bulunmuştur.



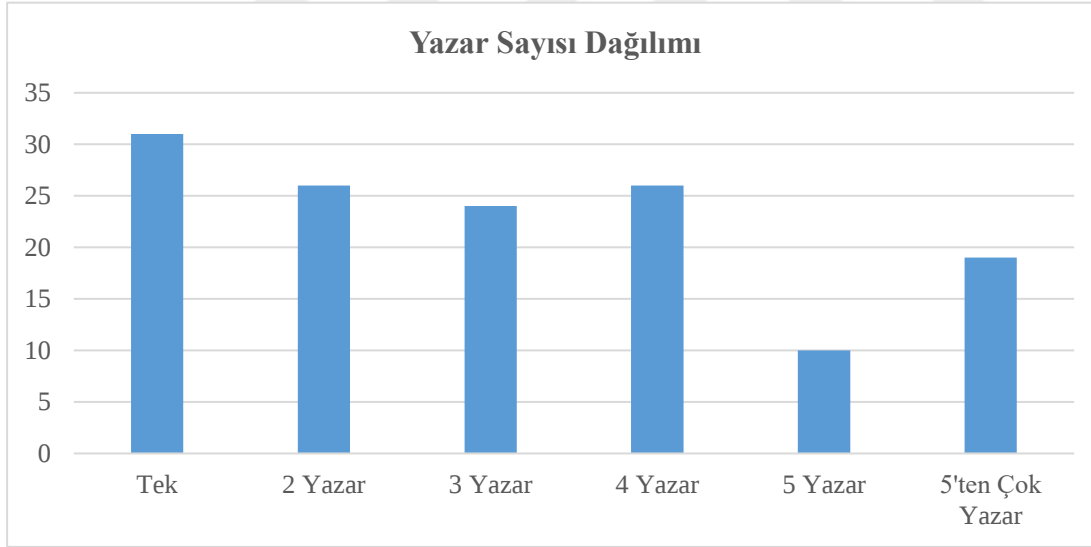
Şekil 3.7: Yabancı kaynaklarda kaynak adında kullanılan sıfatların dağılımı.

Türkiye’de uyum gösteren cepheler alanındaki çalışmaların dünya genelindeki çalışmalara olan oranına bakıldığında; bu araştırmaya dahil edilen 136 adet kaynaktan 19 tanesinin Türkiye’de yapılmış çalışmalar olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, Türkiye’deki bir üniversitede görev alan bir öğretim üyesinin uluslararası bir takım çalışmasında yer aldığı 2 kaynak da bu grafiğe dahil edilmiştir (Şekil 3.8).



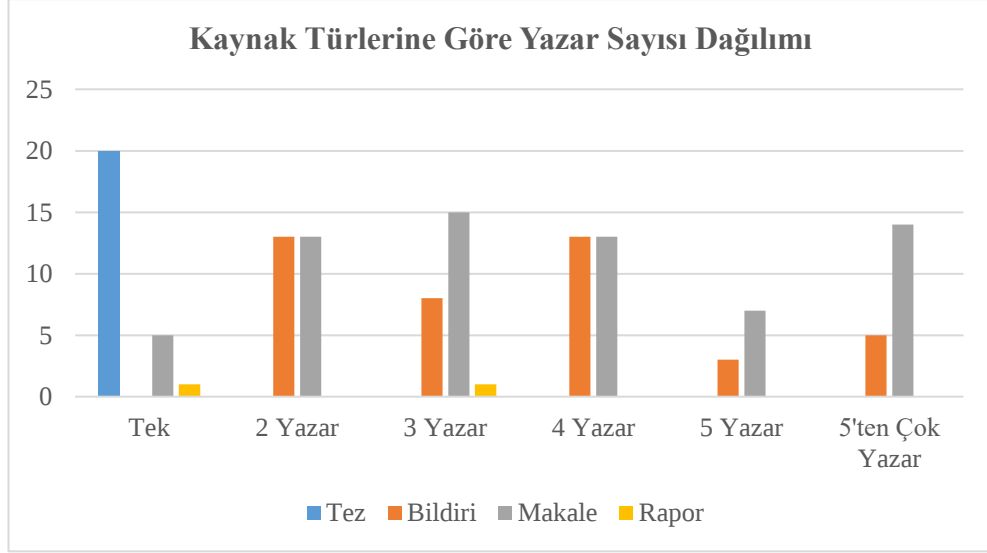
Şekil 3.8: Türkiye’deki çalışmaların diğer ülkelerdeki çalışmalara oranı.

Meta analizi çalışmasında ulaşılan kaynaklarda birden fazla yazarın ortak çalışması ile yayınlanan kaynaklar bulunmaktadır. Şekil 3.9’da kaynakların yazar sayılarına göre dağılımı görülmektedir. 136 kaynak arasından ortaklaşa çalışma yöntemi ile yayımlanmış 105 çalışmaya ulaşılmıştır; uyum gösteren cepheler alanında bu yöntem tek yazar çalışmalarından daha yaygındır.



Şekil 3.9: Kaynakların yazar sayılarına göre dağılımı.

Şekil 3.10’da görüldüğü gibi, tek yazarla çalışma yöntemi tez türünde kaynaklarda, birden çok yazarın ortaklaşa çalışması yöntemi ise bildiriler, makaleler ve raporlarda daha fazladır.

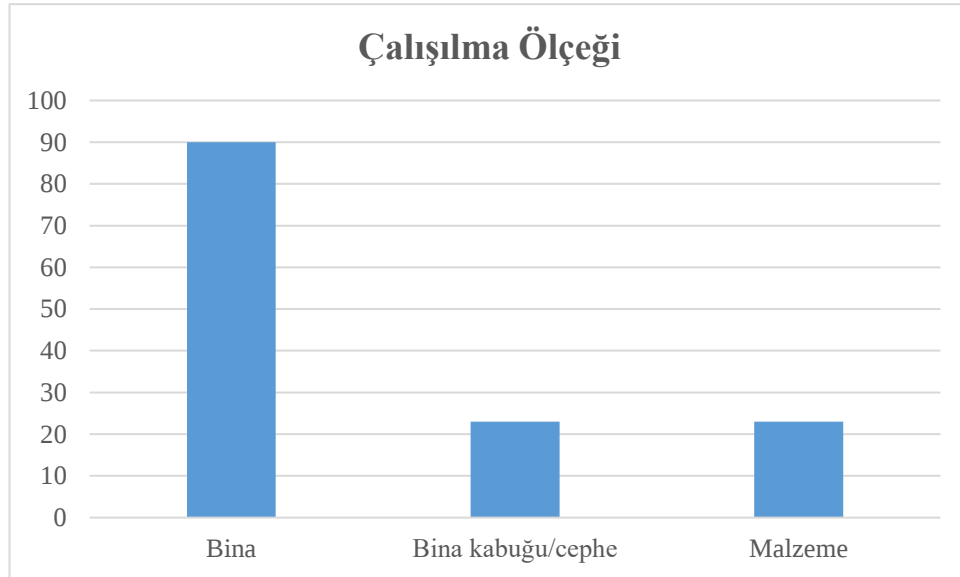


Şekil 3.10: Kaynak türlerine göre yazar sayısı dağılımı.

3.3.2 Yayınların İçerik Analizi

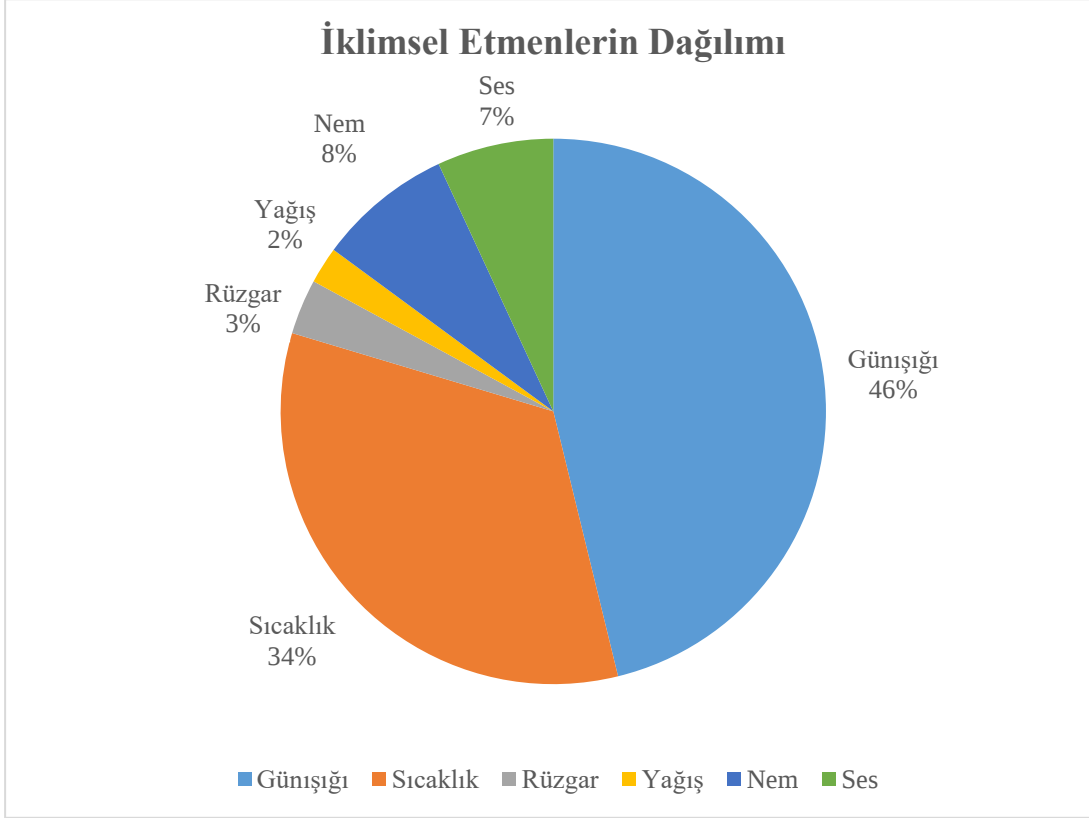
İçerik analizinde; uyum gösteren cephenin çalışılma ölçeği, hangi performans özellikleri için değerlendirildiği, farklı iklimlerde kullanımı, cephe ile ilgili tasarım yaklaşımları, alanda kullanılan teknolojiler, yayınlarda kullanılan çalışma yöntemleri ve gelecek çalışma önerileri ele alınmıştır.

Çalışılma ölçeğini gösteren Şekil 3.11'e göre, 90 kaynakta bina bir bütün olarak incelenmiştir. Ancak, bina kabuğuna veya malzemeye odaklanan çalışmalar 23 adettir.



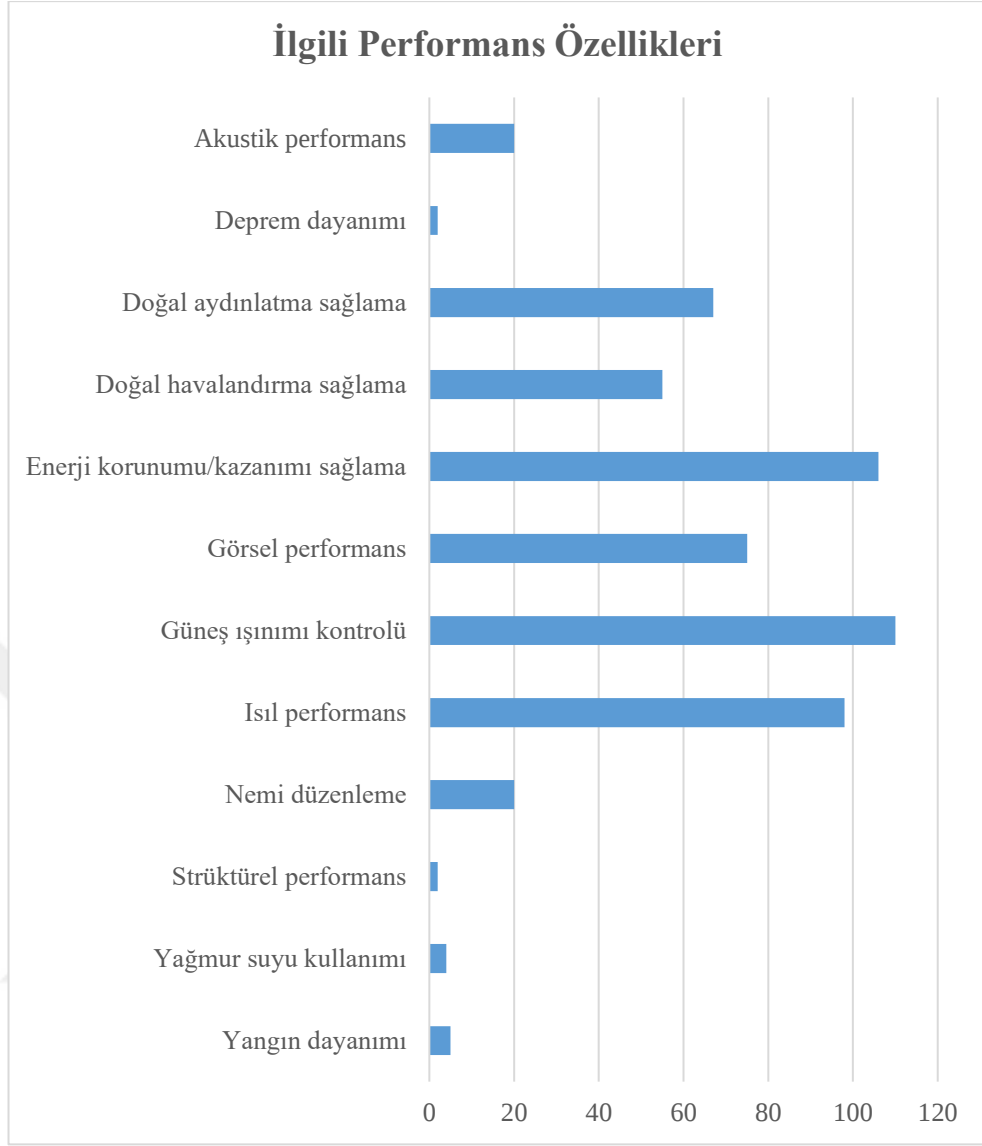
Şekil 3.11: Yayınlarda uyum gösteren cephenin çalışılma ölçeği.

Şekil 3.12’de uyum gösteren cepheler alanında yapılmış çalışmalarda iklimsel etmenin ağırlıklı olarak incelendiği görülmektedir; günışığı 127 kaynakta çalışılmıştır. Bunu sıcaklık ve ses etmenleri izlemektedir. En az incelenen etmenler ise rüzgar ve yağıştır. Aynı çalışmada birden çok etmen ele alınmışsa, analizlerde tüm etmenler grafiğe dahil edilmiştir.



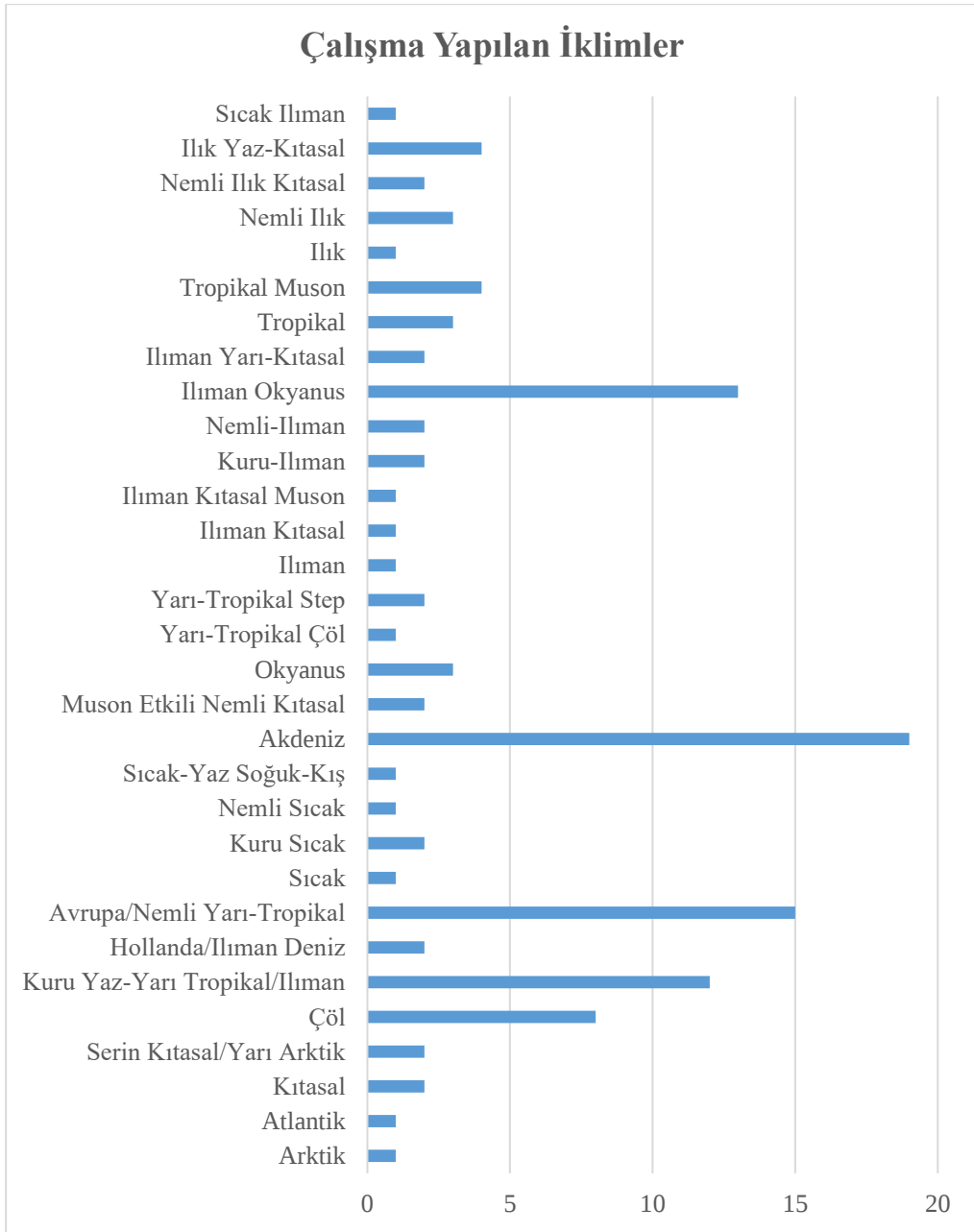
Şekil 3.12: Çalışmalardaki iklimsel etmenlerin dağılımı.

İncelenen çalışmalarda ele alınan performans özellikleri incelendiğinde, iklimsel etmenlerle paralel bir şekilde; güneş ışıınımı kontrolü, enerji korunumu/kazanımı sağlama ve ısıl performans özelliklerinin yaygın olarak araştırıldığı görülmektedir (Şekil 3.13). En az araştırılan özellikler ise, deprem dayanımı (2 yayın), yangın dayanımı (5 yayın) ve yağmur suyu kullanımı (4 yayın) olarak sıralanmaktadır. Aynı çalışmada birden çok performans özelliği çalışılmışsa, çalışmalardaki tüm performans özellikleri bu grafiğe dahil edilmiştir.



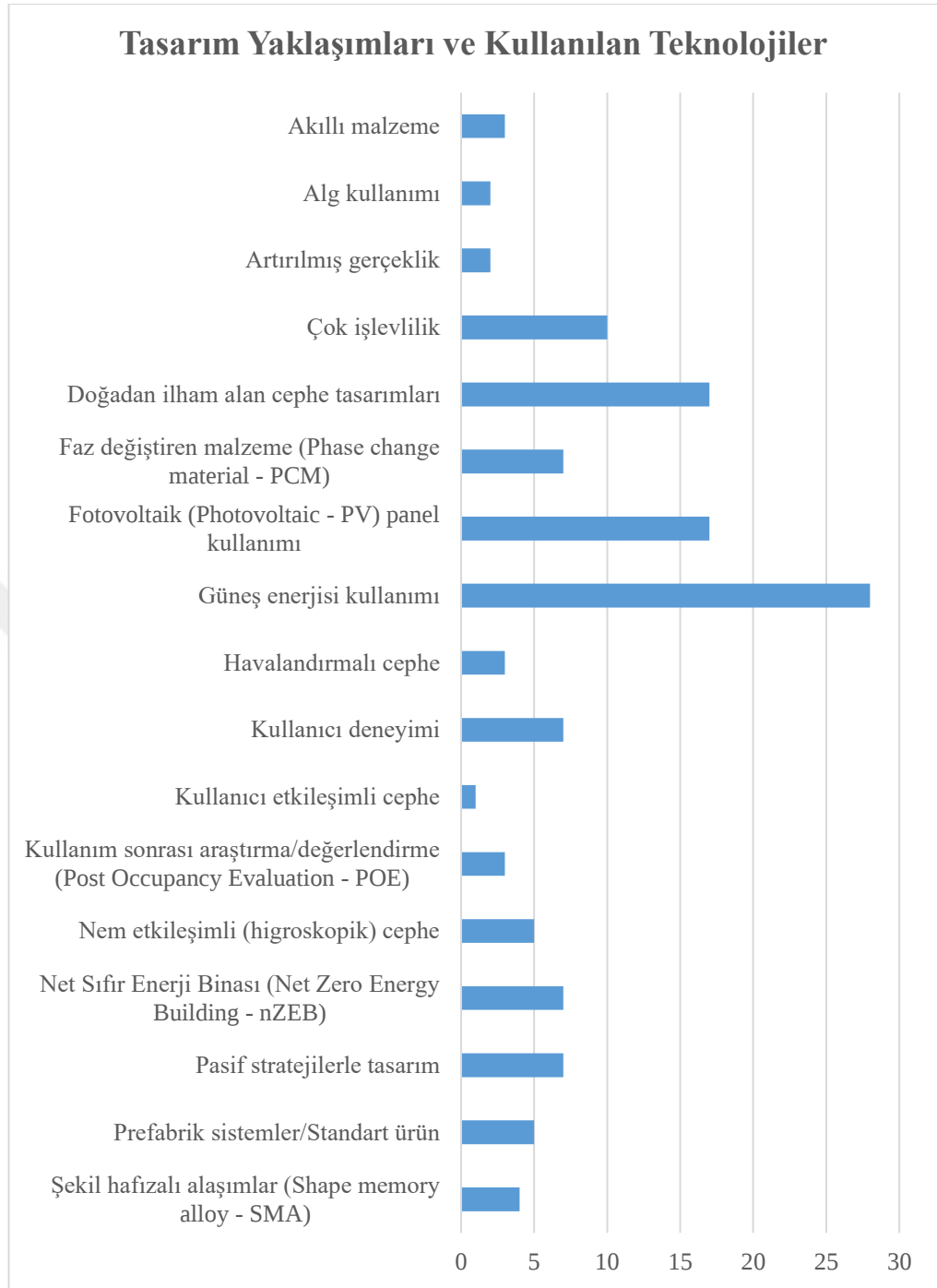
Şekil 3.13: Çalışmalardaki performans özellikleri.

Uyum gösteren cephelerin hangi iklim tipleri için araştırıldığı, Köppen-Geiger iklim sınıflandırması baz alınarak incelenmiştir. Bu sınıflandırma sisteminin seçilme nedeni, uluslararası çalışmalarda sık kullanılması ve analizde incelenen çalışmaların çoğunda da kabul edilmiş bir sistem olmasıdır. Çalışma yapılan iklimler incelendiğinde, güneş ışığı ve sıcaklık etmenlerinin ağırlıklı çalışılmasıyla paralel olarak, sıcak ve ılıman iklimlerde uyum gösteren cephe çalışmalarının yaygın olduğu Şekil 3.14’te görülmektedir. Bazı çalışmalarda, verimliliğin karşılaştırılabilmesi için soğuk iklimler de ele alınmıştır ancak sayıları oldukça azdır. Aynı çalışmada birden çok iklimle çalışılmışsa, çalışmada yer alan tüm iklimler bu grafiğe dahil edilmiştir.



Şekil 3.14: Çalışma yapılan iklimler.

İçerik analizi kapsamında; yayınlarda ele alınan tasarım yaklaşımları ve kullanılan teknolojiler incelendiğinde, Şekil 3.15'te görüldüğü gibi, 28 kaynakta güneş enerjisi kullanımı hedeflenmiştir ve bunların 17'sinde fotovoltaiik panel teknolojisi üzerine çalışılmıştır. Alglerden enerji üretimini konu edinen 2 adet çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarla aynı doğrultuda olan 17 çalışmada ise, doğadan ilham alan cephe tasarımları işlenmiştir. Ayrıca, uyum gösteren cephelerin tasarımının pasif stratejilerle harmanlanması, çok işlevlilik göstermesi ve prefabrik sistemler olarak ya da standart ürünler halinde meydana getirilmesi çalışılan konulardaki diğer tasarım yaklaşımlarıdır.

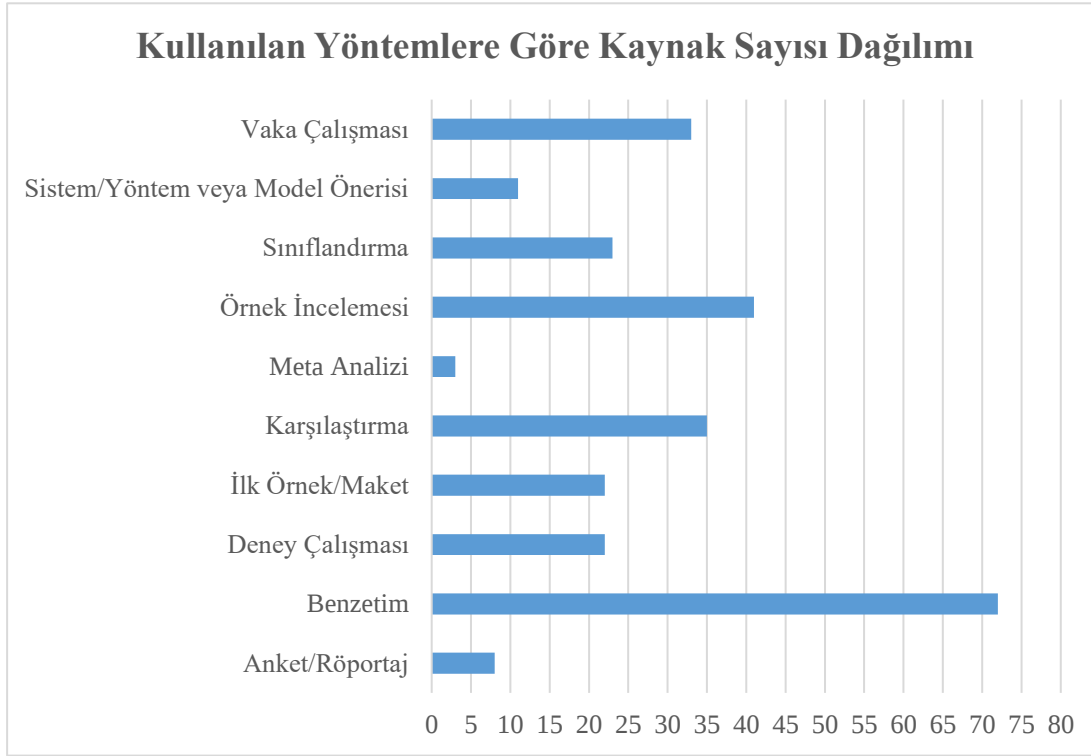


Şekil 3.15: Çalışmalarda yer alan tasarım yaklaşımları ve kullanılan teknolojiler.

Özellikli malzemelerin tasarıma entegre edilmesi de incelenen tasarımlar arasında belirgin bir yer tutmaktadır. Şekil hafızalı alaşımlar (Shape Memory Alloy - SMA) 4 adet, faz değiştiren malzemeler (Phase Change Material - PCM) 7 adet ve akıllı malzemeler 3 adet çalışmada işlenmiştir.

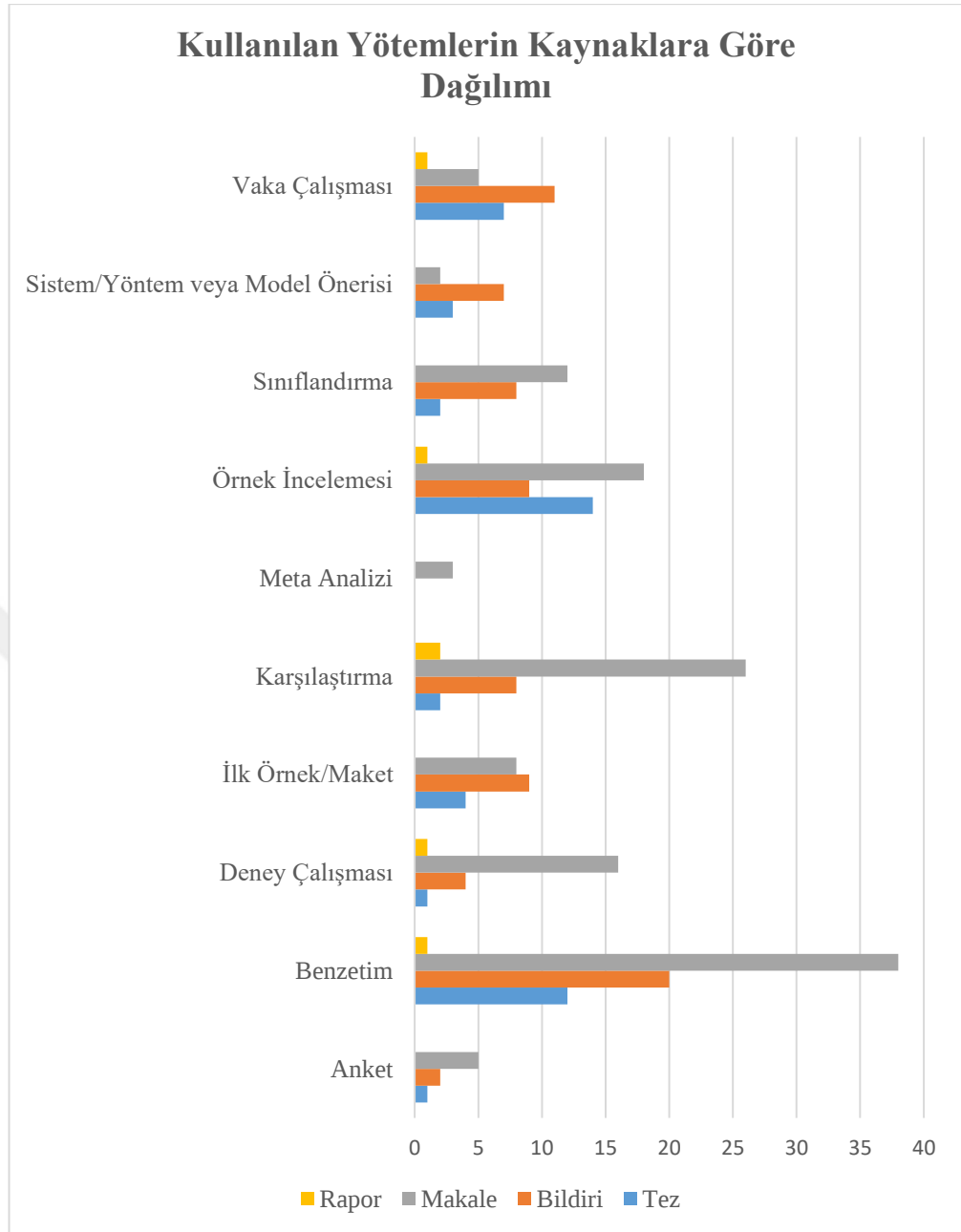
Bunlara ek olarak; tasarımların ne kadar verimli olduğunun, özellikle kullanım sonrasının değerlendirildiği çalışmalar da bu yaklaşımların tezahürlerinin araştırıldığı çalışmalardır. Bu değerlendirmenin yapıldığı 3 çalışma bulunmaktadır.

İçerik analizi açısından önemli konulardan bir diğeri, uyum gösteren cepheler alanındaki çalışmalarda kullanılan yöntemlerdir. Şekil 3.16’da daha önce Bölüm 2’de anlatılan benzetim yönteminin 72 adet kaynakta olmak üzere en çok kullanılan yöntem olduğu görülmüştür. Kaynak araştırması yöntemi, destekleyici yöntem olarak tüm çalışmalarda kullanılmıştır. Bu sebeple şekildeki dağılıma dahil edilmemiştir. Buna ek olarak, çalışmalarda genellikle birden fazla yöntem kullanılmıştır ve kullanılan tüm yöntemler grafikte yer almaktadır.



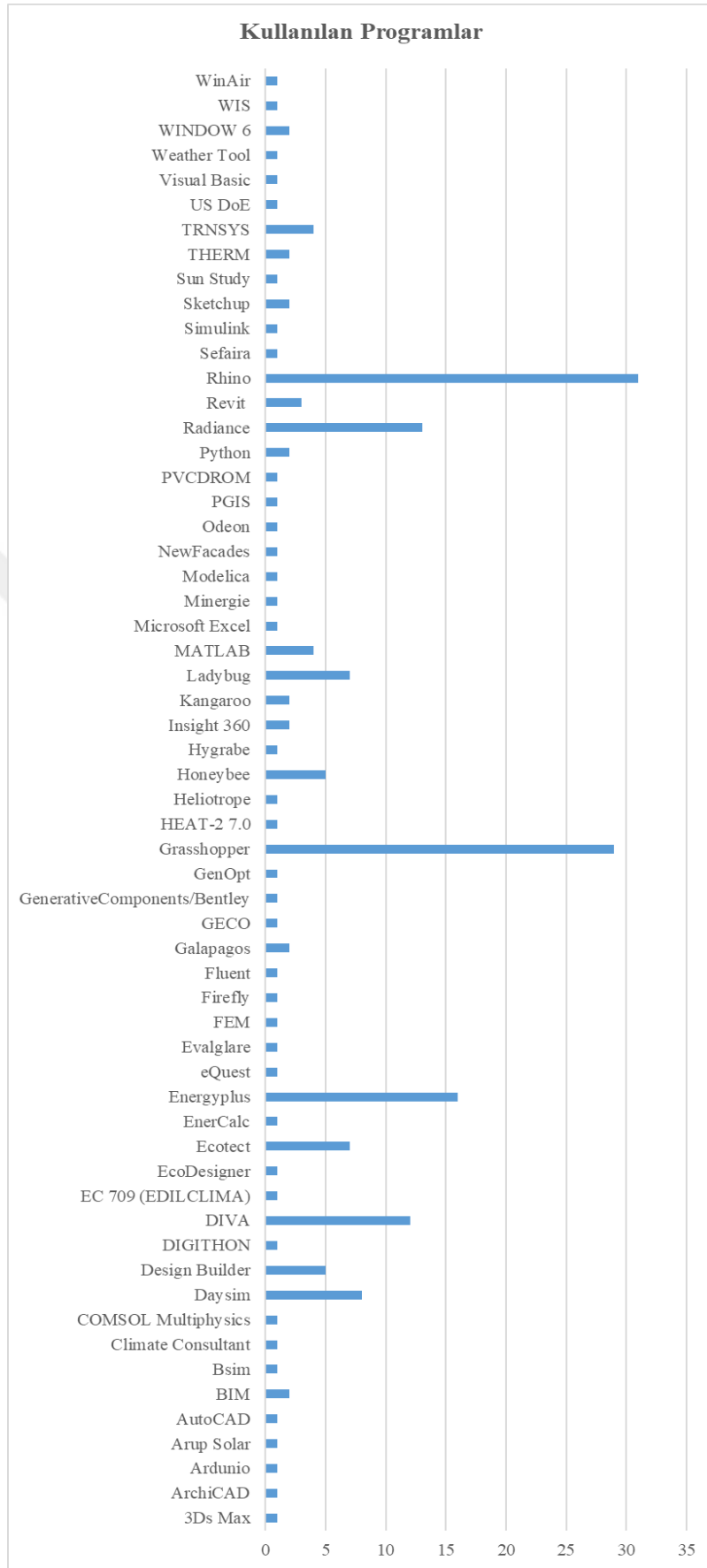
Şekil 3.16: Kullanılan yöntemlere göre kaynak sayısı dağılımı.

Şekil 3.17’de ise, bu çalışmaya dahil edilen kaynaklarda kullanılan anket, benzetim, deney çalışması, ilk örnek/maket üretimi, karşılaştırma, kaynak araştırması, meta analizi, örnek incelemesi, sınıflandırma, sistem/yöntem veya model önerisi ve vaka çalışması yöntemlerinin hangi kaynak türlerinde yer aldığı görülmektedir. Tezlerde örnek incelemesi, bildirilerde ve makalelerde benzetim ve raporlarda ise karşılaştırma yöntemi en çok kullanılan yöntemlerdir. Aynı çalışmada birden fazla yöntem kullanılıyorsa, kullanılan yöntemlerin tümü grafiğe dahil edilmiştir.



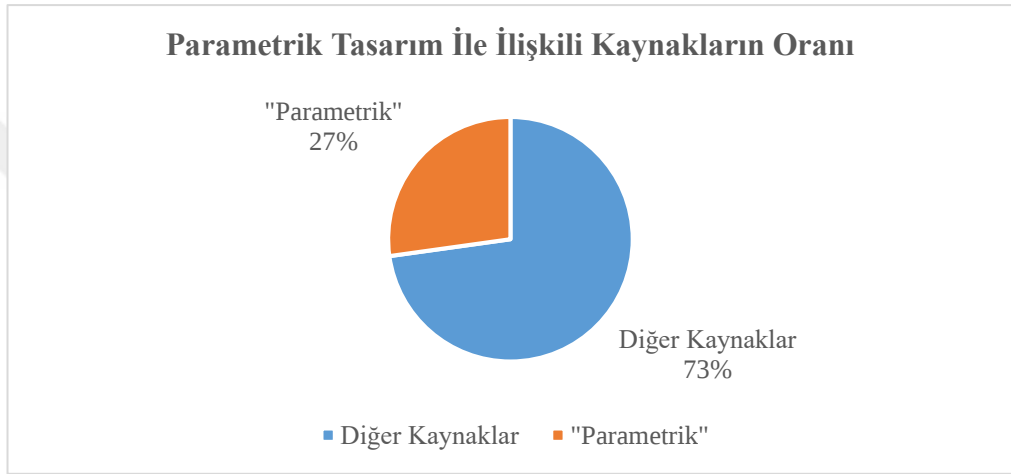
Şekil 3.17: Kullanılan yöntemlerin kaynaklara göre dağılımı.

Buradan hareketle, uyum gösteren cepheler için en yaygın yöntemlerden biri olan benzetim yönteminde kullanılan programlar incelenmiştir. Şekil 3.18'e göre 31 kaynak ile üç boyutlu çizim için en çok Rhino ve 29 kaynak ile Rhino'nun parametrik tasarıma imkan veren eklentisi Grasshopper kullanılmıştır. Enerji performansını değerlendirmede ise 16 kaynakta kullanılan Energyplus en yaygın benzetim aracı olarak görülmektedir.



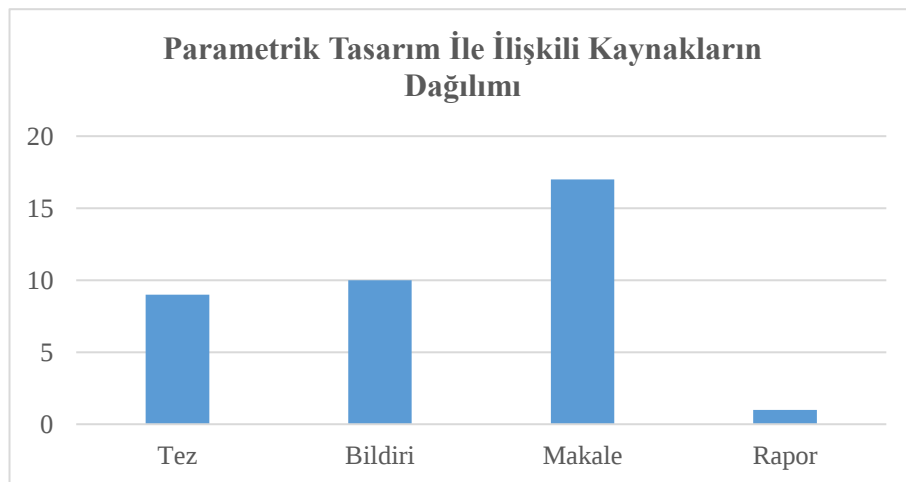
Şekil 3.18: Kullanılan benzetim programları.

Uyum gösteren cepheler konu alanında yöntemin yaygın olarak kullanılan benzetim çalışmaları incelendiğinde; “parametrik tasarım” ve “performans analizi” konuları analiz için seçilmiştir. Ancak bu analiz, yorumda bulunabilmek için yeterli sayıya ulaşmayacağından kaynak adı üzerinden yapılmamıştır. Bunun yerine, yöntem türlerinde olduğu gibi, kaynakların içerikleri incelenmiştir. 136 kaynaktan 37 adetinin parametrik tasarım ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.19’da diğer kaynaklar ve parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların oranı görülmektedir. Buradan da anlaşılabacağı gibi, uyum gösteren cepheler alanı için parametrik tasarım sayısal olarak önemli bir yer tutmaktadır.



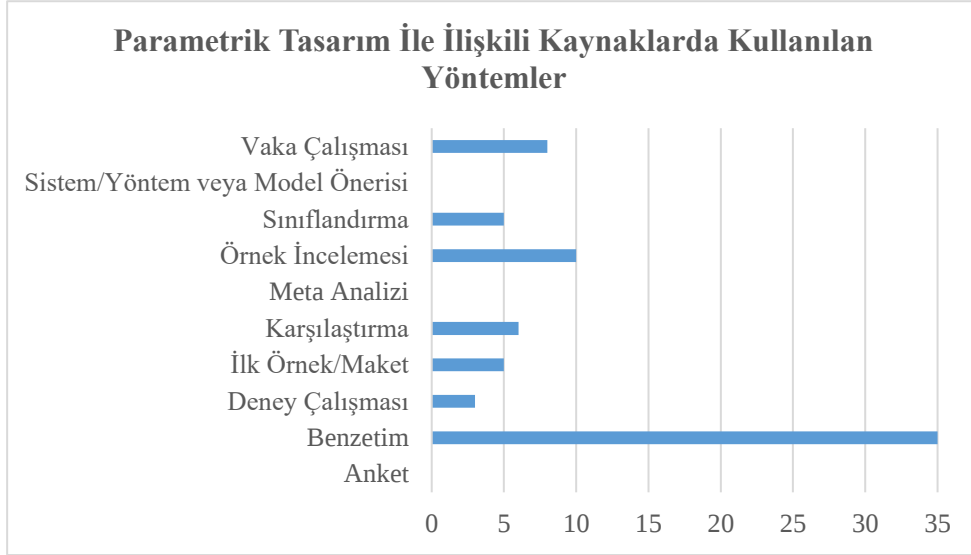
Şekil 3.19: Parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların oranı.

Şekil 3.20’de parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların türlere göre dağılımı görülmektedir. Sırasıyla 17 adet makalede, 10 adet bildiride, 9 adet tezde ve 1 adet raporda parametrik tasarım üzerine çalışılmıştır.



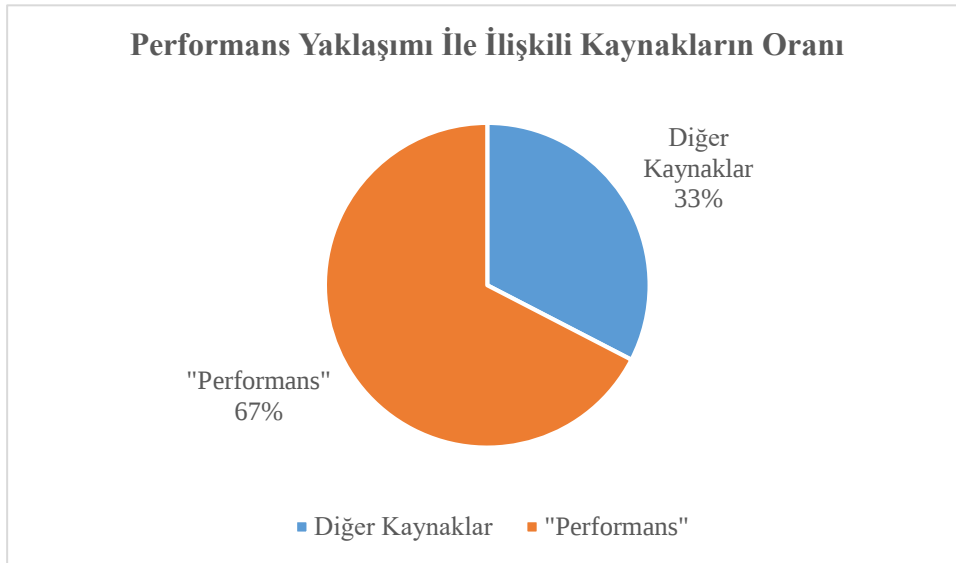
Şekil 3.20: Parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların türlere göre dağılımı.

Parametrik tasarım ile ilişkili kaynaklarda kullanılan yöntemler incelendiğinde; 35 adet çalışma ile en çok kullanılan yöntemin benzetim olduğu görülmüştür. Şekil 3.21'e göre benzetimi sırasıyla örnek incelemesi, vaka çalışması ve karşılaştırma yöntemleri izlemektedir. Aynı çalışmada birden fazla yöntem kullanılmışsa, kullanılan yöntemlerin tümü grafiğe dahil edilmiştir.



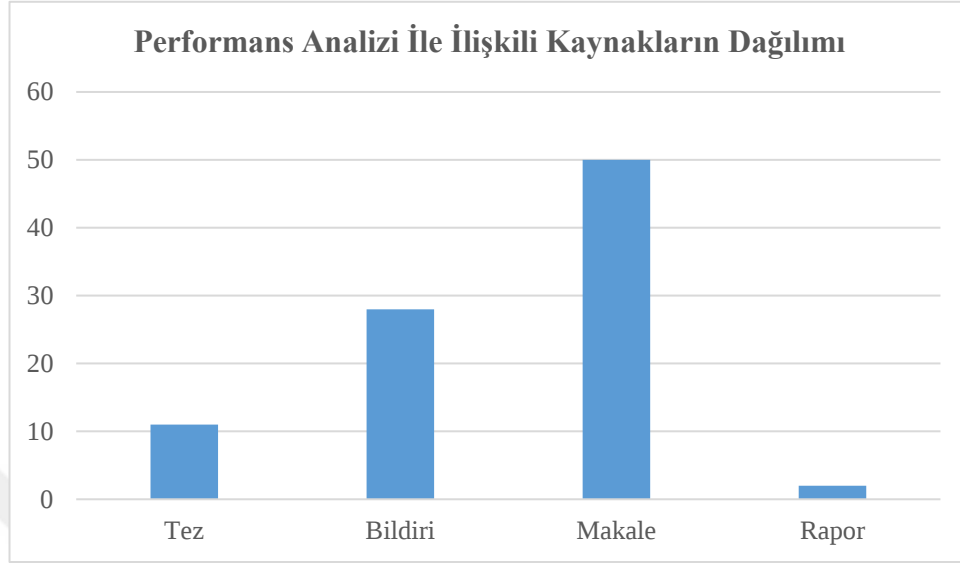
Şekil 3.21: Parametrik tasarım ile ilişkili kaynaklarda kullanılan yöntemler.

“Performans analizi” ile ilişkili kaynaklar incelendiğinde ise, sayının 92 olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3.22’deki grafiğe göre, bu alanda çalışılmış kaynakların oranının parametrik tasarım çalışılmış kaynaklardan fazla olduğu görülmektedir.



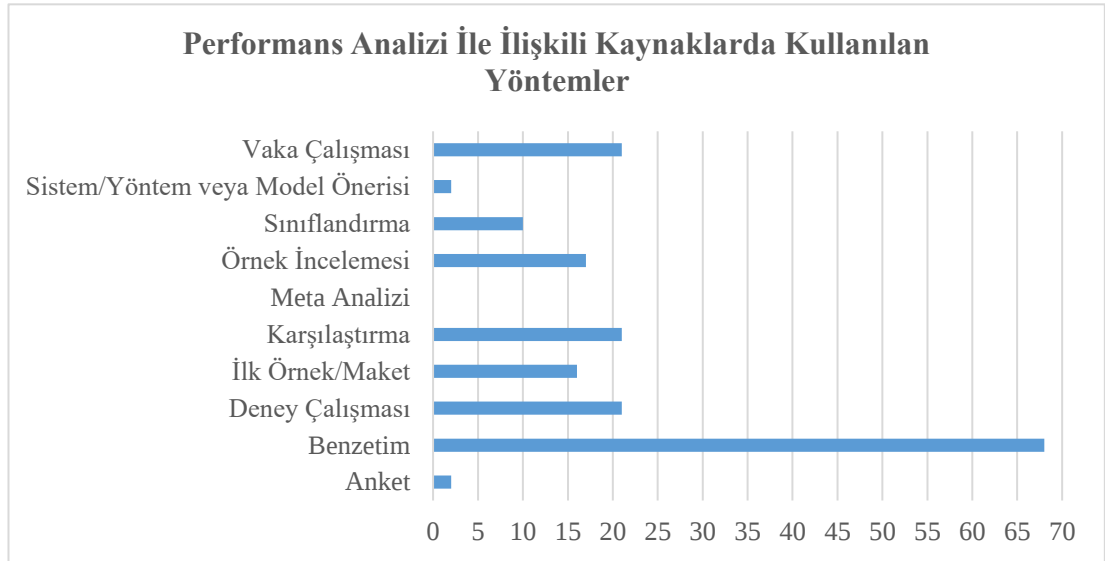
Şekil 3.22: Performans yaklaşımı ile ilişkili kaynakların oranı.

Şekil 3.23'te performans analizi ile ilişkili kaynakların türlere göre dağılımı görülmektedir. Sırasıyla 51 adet makalede, 28 adet bildiride, 11 adet tezde ve 2 adet raporda performans özellikleri ve performans değerlendirmeleri üzerine çalışılmıştır.



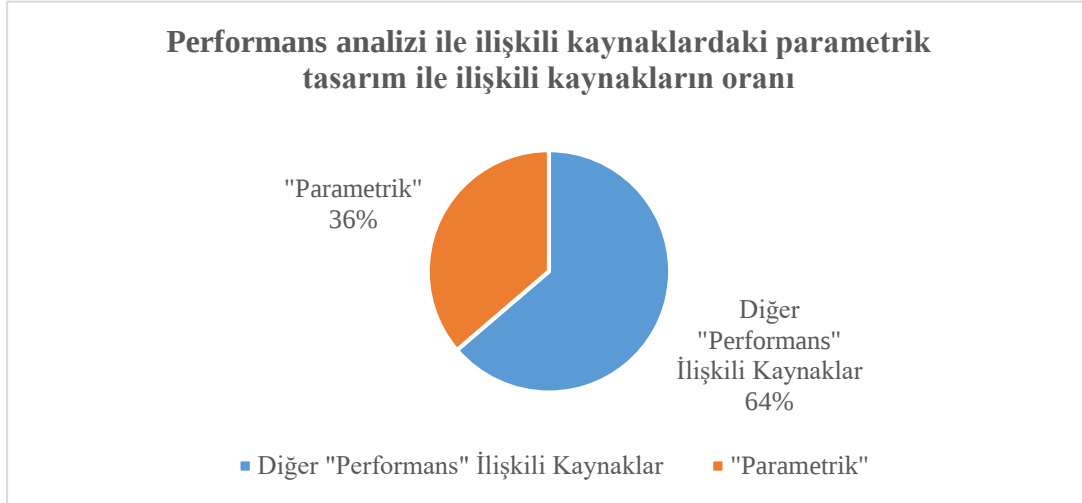
Şekil 3.23: Performans analizi ile ilişkili kaynakların türlere göre dağılımı.

Performans analizi ile ilişkili kaynaklarda kullanılan yöntemler arasında en sık görülen benzetim yöntemidir. Şekil 3.24'te görülen grafikte bunu sırasıyla 21 adet kaynakla deney çalışması, vaka çalışması ve karşılaştırma yöntemleri izlemektedir. Aynı çalışmada birden fazla yöntem kullanılmışsa, kullanılan yöntemlerin tümü grafiğe dahil edilmiştir.

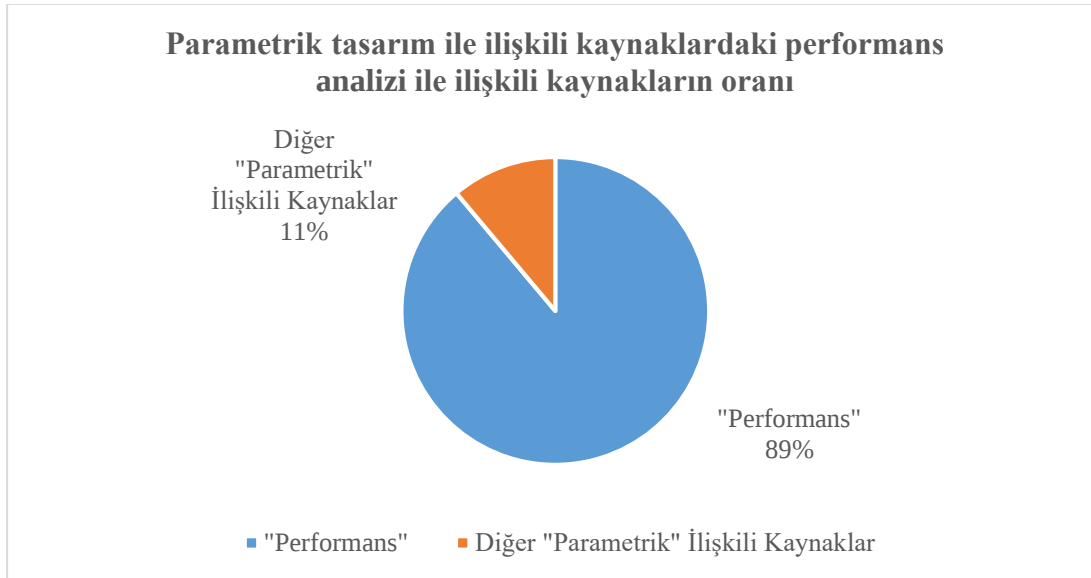


Şekil 3.24: Performans analizi ile ilişkili kaynaklarda kullanılan yöntemler.

Bu verilere ek olarak, Şekil 3.25 ve Şekil 3.26’da görüldüğü gibi, parametrik tasarım çalışılmış kaynakların hemen hemen hepsi performans analizi ile de ilişkili iken, performans yaklaşımı ile ilişkili kaynakların 33 tanesinde parametrik tasarım analizi bulunmaktadır. Performans analizi çalışılmış kaynakların oranı parametrik tasarım çalışan kaynaklardan fazladır. Bunun sebebi, “performans analizi” ile ilişkili kaynaklarda bina, bileşen ya da malzeme ölçeğinde değerlendirmeler yapılmasının yanı sıra, parametrik tasarım konusunda da çalışılmış olmasıdır.



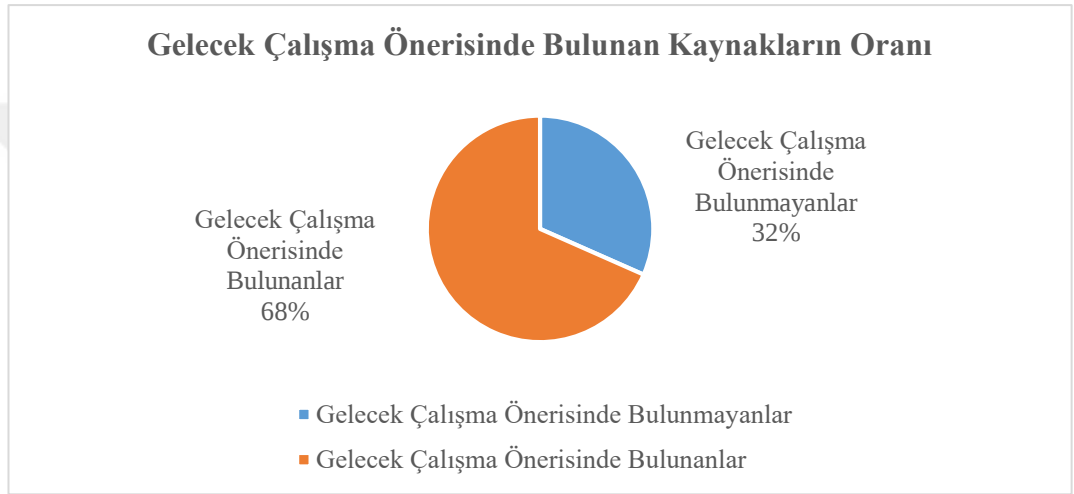
Şekil 3.25: Performans analizi ile ilişkili kaynaklardaki parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların oranı.



Şekil 3.26: Parametrik tasarım ile ilişkili kaynaklardaki performans analizi ile ilişkili kaynakların oranı.

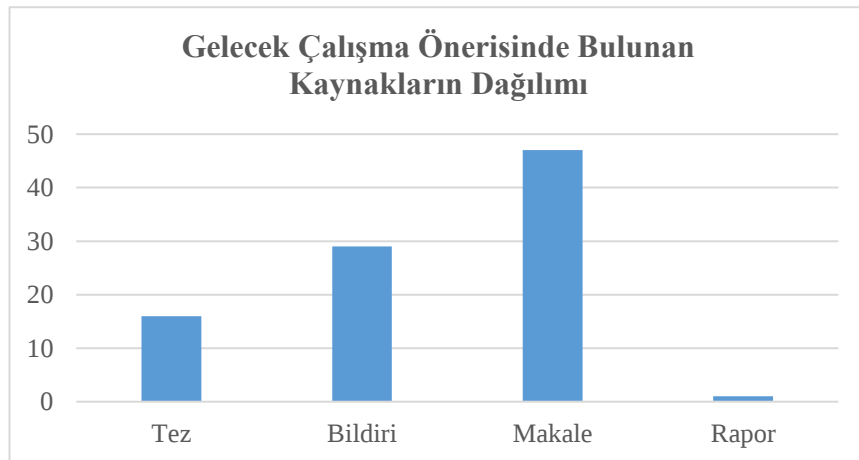
Meta analizi açısından önemli bir diğer konu, bulguların analizidir. Bununla birlikte, bu çalışma kapsamında bulguların istatistiksel olarak anlamlı bir analizi mümkün

olamamıştır. Bunun sebebi, çalışmaların birbirinden çok farklı performans özelliklerini analiz etmeleri ve farklı teknolojiler kullanmalarıdır. Bu durum elde edilen bulguların birleştirilmesini ve onlardan bir çıkarım yapılmasını engellemiştir. Meta analiz kapsamında ele alınan son konu çalışmaların sonuçlarında gelecek önerisinin yer alıp almamasının incelenmesidir. Çünkü uyum gösteren cepheler gibi güncel alanlarda gelecek çalışma önerilerinde bulunulması, alanın gelişebilmesi adına önemlidir; yapılan analiz sonucu, alanın gelişimine katkı sağlayacak konuların belirlenmesine yardımcı olacaktır. Şekil 3.27’de görüldüğü gibi, çalışma önerisinde bulunan kaynak sayısı, 93 adet, çoğunluktadır.



Şekil 3.27: Gelecek çalışma önerisinde bulunan kaynakların oranı.

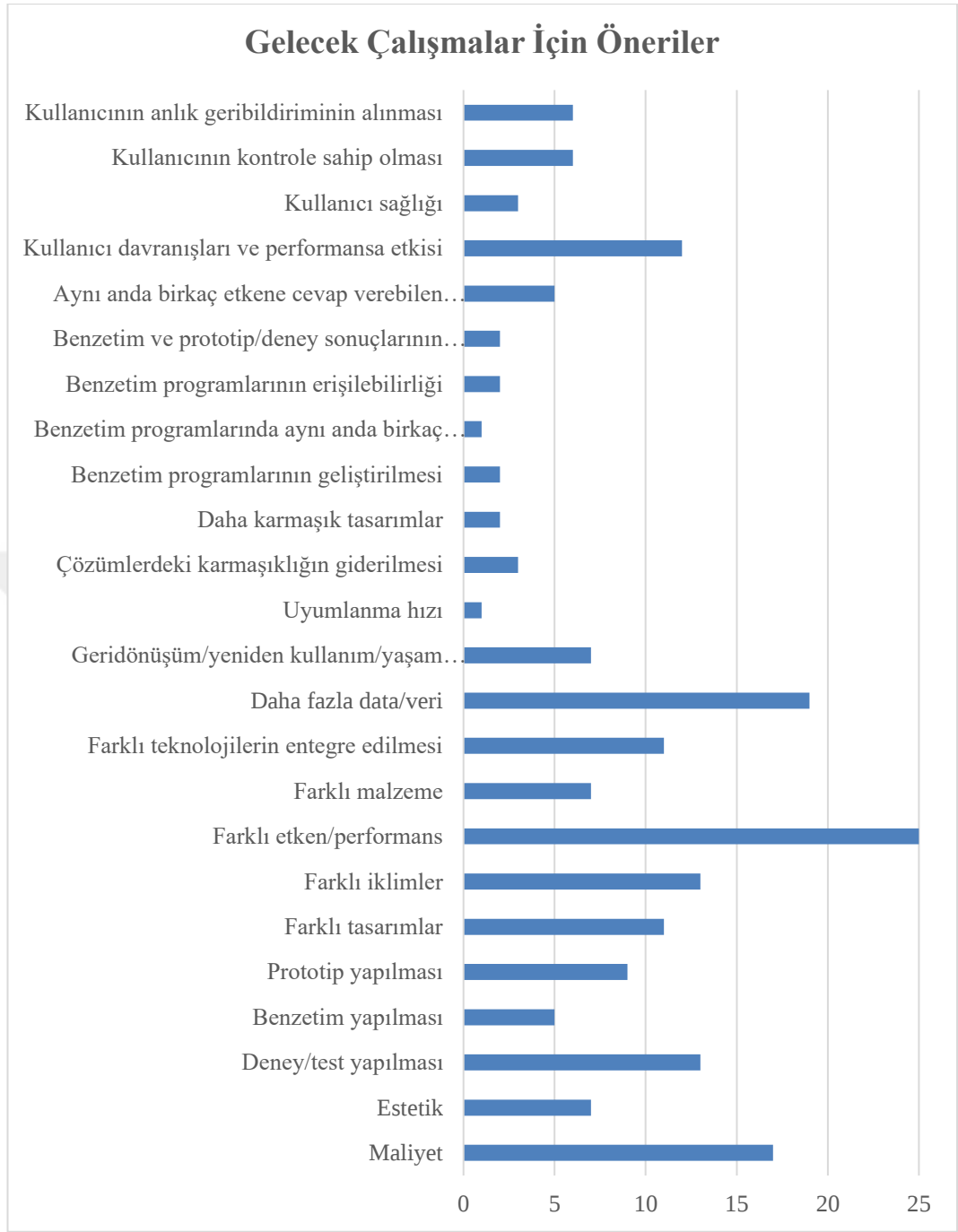
Gelecek çalışma önerisinde bulunan kaynakların türlere göre dağılımı ise Şekil 3.28’de verilmiştir. 47 makalede, 29 bildiride, 16 tezde ve 1 raporda uyum gösteren cepheler alanında bir başka gelecek çalışma için öneride bulunulmuştur.



Şekil 3.28: Gelecek çalışma önerisinde bulunan kaynakların türlere göre dağılımı.

Gelecek çalışmalar için yapılan öneriler Şekil 3.29’da yer almaktadır ve bu çizelgeye göre yapılan çalışmalardakinden farklı bir etkene uyum gösterme ya da farklı bir performans özelliğini karşılayabilme üzerine yapılacak çalışmalara ağırlık verilmesi önerilmektedir. Bununla birlikte, birçok çalışmanın detaylandırılmasına ve elde edilen verilerin paylaşılmasına işaret edilmektedir; çünkü alandaki birçok veriye erişim güçtür ve bu çalışmaları kısıtlamaktadır, geciktirmektedir. Ayrıca mevcut uyum gösteren cephe örneklerine dair bilgilerin erişilebilirliğinin artırılması ve uyum gösteren cephelerin performans analizinde rol oynayan benzetim araçlarının öğrenimini kolaylaştıran bilgi paylaşımlarının yapılması; yani daha fazla bilgiye erişim 19 kaynakta vurgulanmaktadır. Maliyet unsuru da uyum gösteren cephelerin uygulamalarının artmasında önemlidir ve bu konuda da yeterli bilgi olmaması, bu alanda yapılacak çalışmalara gereksinimin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir; 17 kaynakta ilk yatırım maliyeti, kullanım maliyeti ve bakım maliyeti üzerine çalışmalar yapılması önerilmektedir. Farklı iklimler üzerine çalışılarak karşılaştırılma yapılması 13 kaynakta önerilirken, farklı tasarımların çalışılması ve farklı teknolojilerin tasarlanacak uyum gösteren cephelere entegre edilmesi 11 kaynakta önerilmektedir. Farklı malzeme kullanımları ise 7 kaynakta vurgulanmaktadır.

Yöntem üzerine yapılan öneriler arasında, deney ya da gerçek koşullarda test yapılması 13 kaynak ile en çok işaret edilen öneridir. Bunu 9 kaynak ile prototip yapılması ve 5 kaynak ile benzetim yapılması izlemektedir. Benzetim programları Şekil 3.17’de de belirtildiği gibi, en çok kullanılan yöntemlerden biridir ve bu durum alanda geliştirilmesi gereken noktaların tespit edilmesini kolaylaştırmıştır. Bu doğrultuda; uyum gösteren cephelerin aynı anda birçok performans özelliğini karşılaması beklendiğinden, bu performansların aynı anda değerlendirilmesini mümkün kılan benzetim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu performansları gerçekleştirebilmek için verilen yanıtların birbirlerine etkilerini tespit edebilmek ve yapının enerji performansını gerçeğe oldukça yakın hesaplayabilmek bu şekilde mümkün olabilecektir. Bununla birlikte, benzetim sonuçlarının deney ya da prototip sonuçları ile karşılaştırılarak onaylanması da benzetim programlarının güvenilirliğini artıracaktır. Ayrıca, var olan benzetim programlarının geliştirilmesi, karmaşıklığının azaltılması ve erişilebilirliğinin artırılması bu programların daha yaygın kullanılmasında etkili olacaktır.

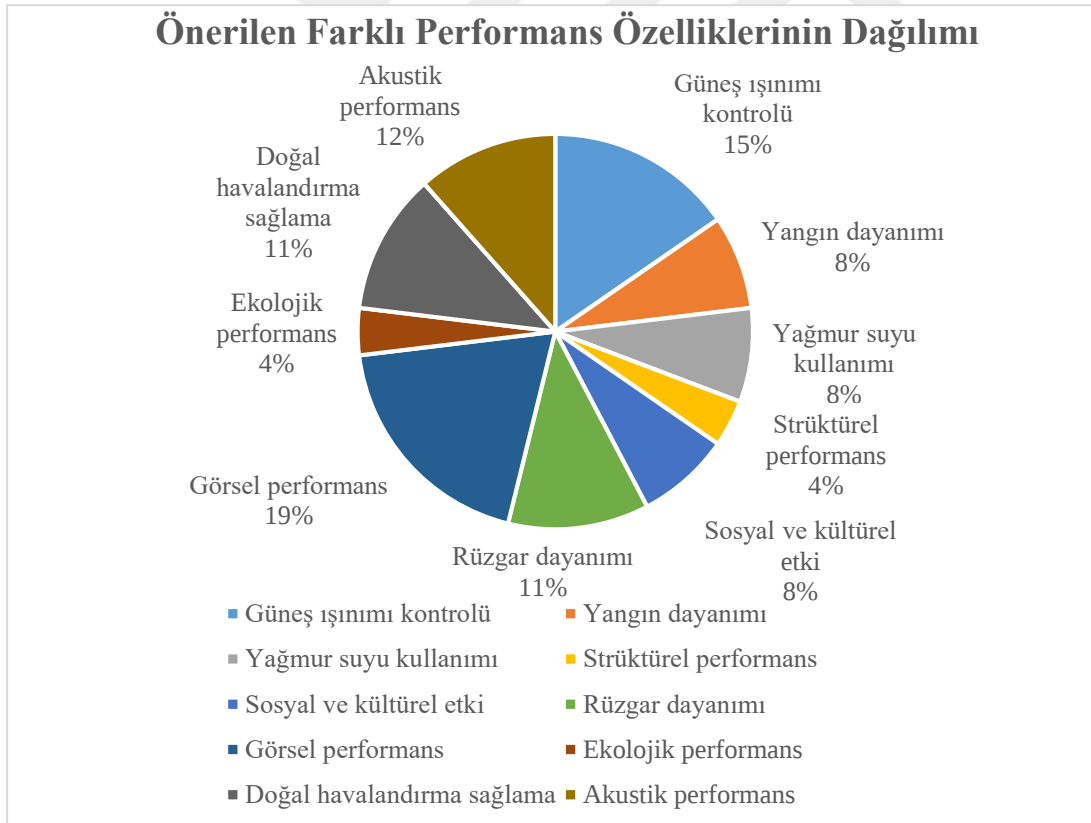


Şekil 3.29: Gelecek çalışmalar için yapılan öneriler.

Uyum gösteren cephe tasarımları için yapılan öneriler arasında kullanıcı etkenini tasarıma dahil etmek konusu öne çıkmaktadır. Örneğin, kullanıcı davranışlarının incelenmesi ve bina performansına etkisinin araştırılması 12 kaynakta vurgulanmıştır. Bu konuya işaret eden diğer kaynaklarda ise kullanıcının anlık geribildiriminin alınması ve uyum gösteren cephenin buna göre geliştirilmesi ile kullanıcının cephe üzerinde kontrolüne imkan tanınmasının önemli olduğu vurgulanmıştır. Bunlara ek olarak, kullanıcıların sağlığına ne gibi etkilerinin olduğunun araştırılması için 3

kaynakta öneride bulunulmuştur. Tasarım için yapılan diğer öneriler arasında estetik değerlerin önemli olduğu 7 kaynakta belirtilmiştir. Daha karmaşık tasarımlar üzerine çalışılabileceği belirtilmiştir. Tasarımların uyumlanma hızı ve süresine odaklanan bir çalışma önerisi de bulunmaktadır. Ayrıca, uyum gösteren cephelerin amaçlarına paralel olarak, bu cepheler tasarlanırken geridönüşümlü malzemeler kullanılması, yeniden kullanıma elverişli olması ve yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapılması gibi noktaların önemli olduğuna 7 kaynakta değinilmektedir.

Yapılan önerilerde, Şekil 3.29’da belirtildiği gibi, özellikle farklı performans özelliklerinin karşılanması için altı çizilmiştir. Önerilen performans ölçütleri sırasıyla, Şekil 3.30’da da görülebileceği gibi, görsel performans, güneş ışıınımı kontrolü, akustik performans, rüzgar dayanımı, doğal havalandırma sağlama olarak sayılabilir. Genellikle günışığı etmeni üzerine hali hazırda çalışılmış olsa da, önerilerde cephenin günışığını geçirgenlik oranı ve kamaşma konuları üzerine çalışılması ihtiyacına değinilmektedir.



Şekil 3.30: Gelecek çalışmalar için yapılan önerilerde yer alan performans özelliklerinin dağılımı.

3.4 Bölüm Sonucu

Meta analizi kavramı hakkında bilgi verilmiştir. Uyum gösteren cepheler konu alanında meta analizi çalışması yapılmasının amacı, çalışmanın kapsamı ve yöntemi belirtilmiştir. Bu meta analizi çalışmasında alana dair problemlerin incelenmesi, gerçekleştirilen çalışmaların odaklarının anlaşılması, güncel durumun görülmesi ve gelecek çalışmalarda çalışılması beklenen konu başlıklarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında uyum gösteren cepheler ile ilgili 2007 yılından 2020 yılının Mart ayına dek yayımlanmış ulaşılabilen yayınlar (hakemli dergiler, konferans bildirileri, tezler ve raporlar) incelenmiştir. Meta analizi için yapılan araştırmada temel olarak “adaptive facade” anahtar kelimesi alınmış, ancak İngilizce kaynaklarda “adaptive, active, adaptable, advanced, biomimetic, bio-inspired, dynamic, kinetic, intelligent, interactive, reactive, responsive, sensitive, smart” ve Türkçe kaynaklarda ise “adaptif, akıllı, bio-adaptif, değişken, dinamik, gelişmiş, tepki veren, uyarlanabilir ve uyum gösteren” olmak üzere uyumlanabilirliği tanımlamada kullanılan sıfatlar ile de arama yapılmıştır. Çalışmanın sınıflandırma çerçevesi oluşturulmuştur ve bu çerçeve doğrultusunda toplanan verilerin analizleri yapılmıştır. Uyum gösteren cepheler konu alanındaki bu meta analizi çalışmasında elde edilen sonuçlardan ilki, makalelerin ve özellikle konferans bildirilerinin bu alandaki çalışmalar arasında önemli bir orana sahip olmasıdır. Konferanslarda oluşturulan çalışma grupları, alanla ilgili birçok farklı konuda farklı yöntemler izleyerek gelecek çalışmalara zemin hazırlamaktadır.

Bir diğer çıkarım, son yıllarda uyum gösteren cepheler alanında yapılan çalışmaların sayısının her yıl ortalama yayın sayısının üzerinde olduğu, buradan hareketle uyum gösteren cepheler konu alanının gelişmekte olan, güncel ve tanınırlığı artacak bir alan olmasıdır.

Uyum gösteren cepheler alanına yönelik kaynakların büyük çoğunluğunun yurtdışında yapılan çalışmalar olduğu tespit edilmiştir. Yurtdışındaki çalışmalar ağırlıklı olarak makale ve bildiri olarak ilerlerken, Türkiye’de tez çalışmalarının sayısı makale çalışmaları sayısından fazladır. Bu durum, alandaki çalışmaların yazar sayıları açısından incelenmesiyle elde edilen verilerle birleştirilirse, daha uygun bir çıkarım yapılabilir. Çünkü, uyum gösteren cepheler alanına yönelik çalışmalarda yazarların ortaklaşa çalışma yöntemini daha çok tercih ettiği görülmüştür. Tez, tek yazarlı bir

kaynak türü olsa da uzun bir çalışma süresine sahiptir. Ayrıca Türkiye’deki imkanlar dahilinde deney çalışması ya da ilk örnek/model oluşturulması gibi yöntemlere az rastlanmaktadır. Bunun yerine kaynak araştırması, benzetim, örnek incelemesi, karşılaştırma ve sınıflandırma gibi yöntemler tercih edilmektedir. Yurtdışındaki makale çalışmalarında ise yazarlar hem ortaklaşa çalışarak iş bölümü yapabilmekte hem de ülkelerinin imkanları doğrultusunda deney çalışması gibi yöntemleri de çalışmalarında kullanarak uyum gösteren cepheler konu alanında daha kesin sonuçlara sahip çalışmalar üretebilmektedir. Yine de, uyum gösteren cepheler konu alanının sınırları hala belirgin olmadığından çalışma yöntemleri arasında en çok kaynak araştırması ve daha düşük maliyetle bir öngöründe bulunabilmeyi sağlaması sebebiyle benzetim yöntemi yer almaktadır. Benzetim programlarının her geçen gün gelişmesi, gerçeğe yakın sonuçlar elde edilebilmesi, deney çalışması gibi yöntemlerin kendine özgü zorluklarının olması gibi etkenler bu eğilimi artırmaktadır.

Ancak, parametrik tasarım ile ilişkili çalışmaların hemen hemen hepsinde performans yaklaşımı ile çalışılmasına rağmen, “performans” ile ilişkili çalışmaların tümü parametrik tasarım konusunu içermemektedir. Örneğin malzemenin performansının incelendiği birçok makale bulunmaktadır ancak bu çalışmalarda parametrik tasarım ile ilişkili programlar kullanılmamıştır.

Meta analizi çalışmasında incelenen sınıflandırma çerçevesi kapsamında, taranan kaynaklarda gelecek çalışmalara yönelik bir öneride bulunup bulunulmadığı araştırılmıştır. Uyum gösteren cepheler gibi gelişmeye açık alanlarda, çalışmaların bu yaklaşımda olması alana katkılarını artırmaktadır. Bir çalışma, bir başka çalışma konusuna ilham olabilmektedir. Nitekim, veriler analiz edildiğinde uyum gösteren cepheler alanında yayınlanan çalışmaların büyük çoğunluğu gelecek çalışmalara yönelik önerilerde bulunmaktadır. Bununla birlikte bazı çalışmalar, yine aynı yazarlar tarafından yapılacak bir sonraki çalışmanın zeminini hazırlayan çalışmalar niteliğindedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde kaynakların verimli kullanımı giderek önem kazanmaktadır, bu sebeple sürdürülebilirlik yaklaşımları bir tercihten ziyade bir gereklilik olarak görülmeye başlanmalıdır. Sürdürülebilirlik yaklaşımları arasında, pasif stratejileri ve aktif teknolojileri harmanlayan uyum gösteren cepheler alanı, öncelikle cephenin bina performansına etki oranı nedeniyle önemli bir yerde durmaktadır. Buna ek olarak, günümüz koşulları hızla değişkenlik gösterebilmekte, yalnız yatırımcı ve uygulayıcıların değil kullanıcıların da beklentileri artmakta ve farklılaşmaktadır. Bu durum, farklı parametrelere göre değişebilmeyi gittikçe daha gerekli kılmaktadır. Uyum gösteren cepheler, farklı koşullara uyumlanabilme özellikleriyle bu ihtiyaca cevap verebilecek en etkili teknolojiler arasındadır.

Alandaki çalışmalar ve mevcut örnekler incelendiğinde, uyum gösteren cepheler için kullanılan birçok sıfat ve tanım bulunduğu görülmüştür. Tüm bu sıfatlardan yola çıkarak, bu tez çalışması kapsamında, uyum gösteren cepheler; *“değişken ortam koşullarına farklı zaman periyotlarında geliştirdiği farklı özelliklerle uyumlanarak o koşullara cevap veren ve yapının performansını iyileştirmeyi amaçlayan, bunu pasif tasarım stratejilerine ek olarak etkin teknolojileri kullanarak sağlayan cepheler”*, şeklinde tanımlanmıştır.

Yapılmış tüm çalışmalar göz önünde bulundurularak, bu çalışmada uyum gösteren cepheler için sınıflandırma ölçütleri; *amaç, uyarıcı, cevap türü, cevap şekli, uyumlanma ölçeği, cevap süresi ve kullanılan teknoloji* olarak özetlenmiştir. “Adaptive facade” kavramının “uyum gösteren” olarak çevirisinin yapılması da, diğer yaklaşımlarda olduğu gibi bu çalışma için de, bu sınıflandırma ölçütleri arasında temel iki noktanın kabul edilmiş olmasındandır. Bu temel iki nokta “uyarıcı” ve “cevap”tır. Uyarıcıya verilen cevap, bir veya birden çok konfor koşulunun iyileştirilmesi gibi bir amaca hizmet etmektedir. Bu sebeple, uyarıcıya uyum gösteren özellikte bir cevap meydana getirilmektedir. Uyum gösteren cephelerin oluşturduğu cevaplar, standart

cephelere göre farklılık göstermektedir. Alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, birçok farklı ve yeni teknolojinin bu cevabın oluşturulmasında etkili olduğu görülmüştür. İncelenen bazı çalışmaların detayları Bölüm 2'deki alt başlıklarda verilmiştir. Bununla birlikte, uyumlanma özelliğine imkan tanıyan parametrik tasarım ve ilgili programlar hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Uyum gösteren cepheler, günümüz şartları göz önünde bulundurulduğunda yüksek maliyetli projeler olduğundan, bu projelerin performanslarını öngörmeye yarayan benzetim yönteminden de söz edilmiştir.

Uyum gösteren cepheler alanı, son yıllarda bilinirliği artsa da çeşitli etkenler nedeniyle ulaşabileceği tanınma seviyesinden uzaktadır. Bununla beraber, bu tez çalışmasının araştırma sürecinde bu alandaki çalışmalara erişmenin zor olduğu görülmüştür. Bu zorluk en çok, uyum gösteren cepheler için kullanılan farklı tanım ve sıfatlardan ileri gelmektedir. Bu farklı tanım ve sıfatlar, uyum gösteren cephe konu alanının sınırlarının belirginleşmemiş olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, bu cephelerin uyaran etkisiyle meydana getirdikleri cevapların birçok farklı teknolojiyle ilişkili olması da alanın sınırlarını farklı disiplinlerle ortak paydada tutmaktadır. Bu sebeple, uyum gösteren cepheler alanındaki çalışmalardaki güncel durumun incelenmesi ve güncel eğilimlerin araştırılması önemlidir. Bu noktalardan hareketle, bu tez çalışmasında uyum gösteren cepheler konu alanına ve alandaki çalışmalara yönelik güncel farkındalığın artırılması için Bölüm 3'te yapılmış olan meta analizi çalışması yoluyla güncel durumun analiz edilebilmesi ve bu alanda gelecekte yapılabilecek çalışmalar ve onların odaklanabileceği noktalar ile ilgili bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır.

Meta analizi çalışması yapabilmek için, öncelikle meta analizi kavramına yönelik bilgi edinilmiştir. Bölüm 3'te aktarılan bu bilgiler doğrultusunda meta analizinin sınıflandırma çerçevesi oluşturulmuştur. Uyum gösteren cepheler konu alanına yönelik kapsamlı bir araştırma yapılmış, 136 adet kaynak meta analizi için kullanılacak kaynaklar listesine dahil edilmiştir. Daha sonra, bu kaynaklar sınıflandırma çerçevesinde oluşturulan ana başlıklar ve alt başlıkları doğrultusunda incelenmiştir. Genel bilgiler ve içerik olmak üzere iki ana başlık bulunmaktadır. Genel bilgilerin alt başlıkları; kaynak türü, yayın yılı, yayınlayan kurum, veritabanı bilgisi, yazar bilgisi, yayınlandığı ülke, kaynak adında bulunan sıfatlar ve ilgili anahtar kelimelerdir. İçerik

ise konu, ilişkili konular, ilişkili teknolojiler, yöntem ve sonuç alt başlıklarından meydana gelmektedir. Buradaki her bilgi analiz için veri niteliğindedir. Veriler ile grafikler oluşturulmuş, grafiklerin analizi ve yorumları yapılmıştır. Elde edilen bulgular, çalışmanın amacının açıklandığı giriş bölümünde sorulmuş sorulara cevap oluşturmaktadır.

Yayınlarla ilişkin genel bilgilerin analizinden elde edilen sonuçlar:

- En çok yayın yapılan tür makaledir.
- En çok yayın 2018 yılında yayımlanmıştır. Çünkü söz konusu yılda yapılan COST (European Cooperation in Science and Technology – Avrupa Bilim ve Teknoloji İşbirliği) tarafından gerçekleştirilen “Facade 2018 - Adaptive!” başlıklı konferansta yayımlanmış birçok bildiri bulunmaktadır.
- Uyum gösteren cepheler için birçok farklı tanım bulunsa da Türkçe kaynaklarda en çok “adaptif” ve İngilizce kaynaklarda “adaptive” tanımları kullanılmaktadır.
- Türkiye’deki çalışmalar alandaki çalışmaların %15’ini oluşturmaktadır.
- 105 çalışmada birden çok yazarın ortaklaşa çalıştığı görülmektedir.

Yayınların içerik analizinden elde edilen sonuçlar:

- Çalışılma ölçeğinin dağılımına göre en çok bina düzeyinde çalışılmıştır.
- En çok çalışılan iklimsel etmen güneş ışığı, en az çalışılanlar ise yağış ve rüzgardır.
- En çok incelenen performans özellikleri güneş ısınımı kontrolü ve enerji korunumu/kazanımı iken en az incelenenler deprem dayanımı ve strüktürel performanstır.
- Sıcak ve ılıman iklimlerde uyum gösteren cephe çalışmaları daha yaygındır.
- Güneş enerjisi kullanımı tasarımlarda sık görülmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş fotovoltaik panel teknolojileri ve alglerden faydalanan çözümler güncel eğilimlerdendir.
- Tasarım yaklaşımları arasında dikkat çeken bir diğeri, doğadan ilham alan cephe tasarımlarıdır. Parametrik tasarım sayesinde doğadaki canlıların özellikle bitkilerin yönelim davranışları uyarlanarak tasarım çözümlerine dahil edilmektedir.

- Çalışmalarda en çok kullanılan yöntem benzetim, en az tercih edilen yöntem ise meta analizi ve ankettir. Meta analizi yöntemini kullanan 1 makale bulunmaktadır, 5'i makale olmak üzere 8 çalışmada ise anket yöntemi kullanılmıştır.
- Benzetim araçları arasından en yaygın olanı Rhino ve onun parametrik tasarıma olanak veren eklentisi Grasshopper iken, enerji etkinliğini değerlendirmeye yarayan araçlardan en sık kullanılanı Energyplus olmuştur.
- Parametrik tasarım ile ilişkili kaynakların tamamına yakını performans özelliklerini de araştırmıştır. Ancak, performans özellikleri çalışılmış kaynakların oranı parametrik tasarım çalışan kaynaklardan fazladır. Bunun sebebi, “performans özellikleri” ile ilişkili kaynaklarda hem parametrik tasarım çalışılarak bina düzeyinde performans değerlendirmesi yapılması hem de performans özellikleri veya farklı bileşen boyutlarında performans değerlendirmelerinin çalışılmasıdır.
- Gelecek çalışma önerisinde bulunan çalışmaların oranı fazladır. Bu durum alandaki gelişmeyi teşvik edebilir. Öneriler arasında en sık görülen farklı bir etkene ya da farklı bir performans özelliğine göre çalışma yapılmasıdır. Bu doğrultudaki diğer öneriler; farklı iklimlerde çalışılması, farklı tasarımlar üretilmesi, farklı malzemelerin kullanılması ve araştırılması, farklı yöntemlerin (benzetim, deney/test yapılması, prototip üretimi) kullanılması ve farklı teknolojilerin çözümlere entegre edilmesi olarak sıralanabilir. Maliyet, estetik, kullanıcı ve cephe ilişkisi, alanla ilgili daha fazla bilgiye erişilebilirliğin artırılması ve benzetim araçlarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar gelecekte çalışılmasına ihtiyaç duyulan diğer konulardır.
- Gelecekte çalışılması beklenen performans özellikleri; görsel performans, güneş ışıınımı kontrolü, akustik performans, doğal havalandırma sağlama, rüzgar dayanımı, yangın dayanımı, yağmur suyu kullanımı, sosyal ve kültürel etki, stüktürel performans ve ekolojik performanstır.

Meta analizi çalışması sonuçlarından hareketle, uyum gösteren cepheler konu alanı için öncelikle; bu alandaki tez çalışmaları oldukça kıymetli olmakla birlikte, konferans bildirileri ve hakemli dergilerde yayınlanan uluslararası makaleler bu alanda daha ağırlıklı yer bulduğundan, Türkiye’deki Türkçe ve İngilizce makalelerin artırılması, uluslararası platformda Türkiye’nin gündemi yakalaması açısından önemlidir.

Alandaki araştırma projelerinin desteklenmesi ve disiplinlerarası çalışmalar yoluyla daha çok sayıda makale üretmek mümkün olacaktır.

Buna ek olarak, uyum gösteren cephelerin tanımı ve sınıflandırılmasını konu edinen çalışmalar hala geliştirilebilir durumdadır. Türkiye’deki çalışmalarda, vaka çalışması, deney çalışması, ilk örnek/model çalışması gibi yöntemlerde kaynaklar çalışılabilir, yeterli değildir. Bununla birlikte dünya genelinde uyum gösteren cepheler alanında benzetim yöntemi kullanan çalışmalar yaygındır ve bu programlar farklı disiplinlerin bir arada çalışabilmesine imkan sağlayıp bunu kolaylaştırdığı da göz önünde bulundurularak, bu alan için önemini korumaya devam edecektir. Bu sebeple, yapı alanında uzmanlık verilen programlarda yetişecek öğrencilere bu programların kullanımı hakkında bilgi üniversitelerde ders olarak ya da kurslar şeklinde verilebilir. Ayrıca anket yöntemi kullanılan çalışmalar artırılarak uyum gösteren cephelerin performansına yönelik geri bildirimler alınabilir veya sektördeki kişilerin uyum gösteren cepheler ile ilgili ne kadar bilgi sahibi oldukları görülebilir.

Uyum gösteren cephe uygulamalarının yaygınlaşabilmesi için meta analizinden elde edilen bir diğer sonuç; bu cephelerin üretiminde belli standartları olan prefabrike ürünler kullanılması, tasarım çözümlerinin karmaşıklığı azaltılırken estetik olarak daha karmaşık ve çok işlevli tasarımların geliştirilmesi, ilk yatırım maliyetlerinin yanında kullanım ve bakım maliyetlerinin hesaplanması gibi çalışmaların önemli olmasıdır. Kullanılan malzemelerin ve detay çözümlerinin cephenin performansına etkisinin araştırılması, bu alan için geliştirilmeyi bekleyen noktalar arasındadır.

Performansa etki eden bir diğer etken olan kullanıcıyla cephenin ilişkisinin kavranması, uyum gösteren cephe araştırmalarının yöneleceği temel başlıklardan biridir. Yapılan çalışmalara göre, kullanıcıya cepheyi kontrol imkanının verilmesi kullanıcıların taleplerinden biridir ancak araştırılması gereken konulardandır. Kontrol kullanıcılarda olduğunda cepheden beklenen performansın ne derece karşılanabileceği hususunda daha fazla veriye ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda, kullanıcıların bilgilendirilmesine yönelik çalışmalar geliştirmek bir seçenek olabilir. Ancak analizi yapılan çalışmalara göre, kullanıcıların davranışlarının incelenmesi, geribildirimlerle ve toplanan verilerle yeni algoritmalar geliştirilmesi verimliliği artırmak için öncelikli çözümler arasında yer alabilir. Bununla birlikte, geliştirilen çözümlerin uyum gösteren cephelerin sürdürülebilirlik yaklaşımı prensibine uygun olarak çevresel

performansının ve insan sağlığına olan etkisinin de araştırılması gereklidir. Sözü edilen çalışmalarla; uyum gösteren cephe konu alanındaki eksikliklerin kapatılması, bu cephelerin tanınırlılığının artması, farklı disiplinlerdeki kişilerin farklı çözümlerinin harmanlanmasıyla daha yaratıcı çalışmaların ortaya çıkmasına zemin oluşturmaları ve uyum gösteren cephe uygulamalarının artması sağlanabilir.



KAYNAKLAR

- Adams, W.** (2006). The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century. Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting. *IUCN Renowned Thinkers Meeting, 29-31 January 2006*.
- Addington, D., & Schodek, D.** (2005). *Smart Materials and New Technologies - For architecture and design*. Oxford: Architectural Press.
- Aelenei, D., Aelenei, L., & Pacheco Vieira, C.** (2016). Adaptive Façade: concept, applications, research questions. *SHC 2015, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry* (s. 269 – 275). Energy Procedia 91.
- Aelenei, D., Aelenei, L., & Vieira, C. P.** (2016). Adaptive Façade: concept, applications, research questions. *Energy Procedia*(91), 269-275.
- Akgöz, S., Ercan, İ., & Kan, İ.** (2004). Meta-analizi. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 107-112.
- Aksamija, A.** (2010). Analysis and computation: Sustainable design in practice. *Design Principles and Practices: An International Journal*, 291-314.
- Aksamija, A.** (2013). *Sustainable facades: Design methods for high-performance building envelopes*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Aksamija, A.** (2015). High-Performance Building Envelopes: Design Methods for Energy-Efficient Facades. *BEST4 Conference*. Chicago: Perkins+Will.
- Aksamija, A.** (2016). Design methods for sustainable, high-performance building facades. *Advances in Building Energy Research*, 240-262.
- Aksamija, A., & Brown, D.** (2018). Integration of Parametric Design Methods and Building Performance Simulations For High-Performance Buildings: Methods and Tools. *Perkins + Will Research Journal*, 28-53.
- Ali, M., & Armstrong, P. J.** (2008). Overview of Sustainable Design Factors in High-Rise Buildings. *CTBUH 8th World Congress*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat.
- Altın, M., & Orhon, A. V.** (2014). Akıllı Yapı Cepheleri ve Sürdürülebilirlik. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014*, (s. 1-9). İstanbul.
- Altomonte, S.** (2004). *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica: strumenti e criteri operativi per un involucro architettonico bioclimatico e sostenibile. [The architectural envelope as a dynamic interface. Tools and criteria for sustainable architecture]*. Florence: Editrice Alinea.
- Atagündüz, D.** (1989). *Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Augenbroe, G.** (2011). The role of simulation in performance based building. J. Hensen, & R. Lamberts içinde, *Building Performance Simulation for Design and Operation* (s. 15-36). New York: Spon Press.
- Aydın, E.** (2019). *Bir Yalın İnşaat Yöntemi Olarak Son Planlayıcı Sistem Yaklaşımlarına Yönelik Meta Analizi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Banham, R.** (1965). A home is not a house. *Art in America*, 70-79.

- Başarır, B., & Altun, M. C.** (2017). A Classification Approach For Adaptive Facades. *ICBEST İstanbul - 15-18 Mayıs 2017*. İstanbul.
- Başol Göçmen, G.** (2009). meta-Analizin Genel Bir Değerlendirmesi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 345-360.
- Beesley, P., Hirose, S., & Ruxton, J.** (2006). Responsive Architectures: Subtle Technologies 2006. *Riverside Architectural Press*.
- Beevor, M.** (2010). *Smart Building Envelopes (4th Year Project Report)*. Cambridge: University of Cambridge.
- Betts, M., & Lansley, P.** (1993). Construction Management and Economics a Review of the First Ten Years. *Construction Management and Economics*, 221-245.
- Bland, M.** (2006). *Meta-analysis: methods for quantitative data synthesis*. York: University of York.
- Bostancıoğlu, E., & Düzgün Birer, E.** (2004). Ekoloji ve Ahşap-Türkiye'de Ahşap Malzemenin Geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(2), 37-44.
- Bragança, L., Vieira, S., & Andrade, J.** (2014). Early Stage Design Decisions: The Way to Achieve Sustainable Buildings at Lower Costs. *The Scientific World Journal*, Article ID 365364.
- Brand, S.** (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They Built*. New York: The Penguin Group.
- Burry, M., Bonet I Armengol, J., Tomlow, J., & Gaudí, A.** (2008). *Gaudí Unseen: Completing the Sagrada Família*. Berlin: Jovis.
- Cambridge Dictionary.** (2008, Mart 6). *Cambridge Advanced Learner's Dictionary and Thesaurus*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Capeluto, G., & Ochoa, C.** (2017). *Intelligent Envelopes for High-Performance Buildings: Design and Strategy*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Carter, E.** (2013, 02 22). Archdaily: https://www.archdaily.com/335620/rmit-design-hub-sean-godsell/51277c9cb3fc4b81170000a0-rmit-design-hub-sean-godsell-photo?next_project=no adresinden alındı
- Chwieduk, D.** (2003). Towards sustainable-energy buildings. *Applied Energy*, Volume:76, Issues: 1-3, 211-217.
- Clements-Croome, D. J.** (2004). Building environment, architecture and people. D. Clements-Croome içinde, *Intelligent buildings: design, management and operation* (s. 53-100). London: Thomas Telford.
- Compagno, A.** (2002). *Intelligente Glasfassaden / Intelligent Glass Façades: Material, Anwendung, Gestaltung / Material, Practice, Design*. Berlin: Birkhäuser Verlag.
- Crawley, D., Hand, J., Kummert, M., & Griffith, B.** (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. *Building and Environment*, 661-673.
- Çakır Aydoğan, Ö.** (2018). *Ses Verileri Etkileşimli Dinamik Adaptif Bir Cephe Önerisi: Sound Shield*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Davies, M.** (1981). A wall for all seasons. *RIBA Journal*, 55-57.
- Dawson, B., & Trapp, R.** (2001). *Basic and Clinical Biostatistics*. USA: Lange Medical Books / McGraw-Hill; 4th edition.
- De Marco Werner, C.** (2013). *Transformable and transportable architecture: analysis of buildings components and strategies for project design*. Barcelona: Universidad Politècnica de Catalunya.

- Dixon, W.** (2010). The Impacts of Construction and the Built Environment. *Briefing Notes*.
- Dobzhansky, T.** (1968). On Some Fundamental Concepts of Darwinian Biology. *Evolutionary Biology*, 1-34.
- Dönmez, C.** (2017). *Grasshopper 3D ile Parametrik Tasarım*. İstanbul: 5B Kitabevi - Rhino Akademi.
- Egger, M., Smith, G., & Phillips, A.** (1997). Meta-analysis: Principles and procedures. *BMJ: British Medical Journal*, 1533-1537.
- Enhoş, Z. S.** (2014). *Material Based Computation: Composites For A Responsive Facade Design*.
- Eysenck, H.** (1995). Meta-analysis or best-evidence synthesis? *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 29-36.
- Ferrer, R.** (1998). Graphical methods for detecting bias in meta-analysis. *Family Medicine*, 579-583.
- Fortmeyer, R., & Linn, C.** (2014). *Kinetic Architecture: design for Active Envelope*. Australia: The Images Publishing Group Pty Ltd.
- Fox, M., & Yeh, B.** (2000). Intelligent kinetic systems in architecture. *Managing Interactions in Smart Environments*, 91-103.
- Franke, G.** (2001). Applications of Meta-Analysis for Marketing and Public Policy: A Review. *Journal of Public Policy & Marketing*, 186-200.
- Fu, F.** (2018). *Design and Analysis of Tall and Complex Structures*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Gallo, P., & Romano, R.** (2017). Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area. *Procedia Engineering* 180, 1274-1283.
- Glass, G.** (1976). Primary, Secondary and Meta-Analysis of Research. *American Educational Research Association*, 3-8.
- Grant, M., & Booth, A.** (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 91-108.
- Gratia, E., & De Herde, A.** (2003). Design of low energy office buildings. *Energy and Buildings*, 473-491.
- Gür, N. V.** (2007). *Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Han, T., Huang, Q., Zhang, A., & Zhang, Q.** (2018). Simulation-Based Decision Support Tools in the Early Design Stages of a Green Building: A Review. *Sustainability*, 10, 3696, 1-23.
- Hansanuwat, R.** (2010). *Kinetic facades as environmental control systems using kinetic facades to increase energy efficiency and building performance in office buildings*. University of South California.
- Hartkopf, V., Loftness, V., & Mill, P.** (1986). The concept of total building performance and building diagnostics. G. Davis içinde, *Building Performance: Function, Preservation and Rehabilitation* (s. 5-22). West Conshohocken: ASTM Special Technical Publication.
- Hayes-Roth, B.** (1995). An architecture for adaptive intelligent systems. *Artificial Intelligence*, 329-365.
- Heiselberg, P.** (2009). *IEA ECBCS Annex 44 Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings Expert Guide*. Aalborg University, Denmark: International Energy Agency.

- Heiselberg, P.** (2012). *ECBCS Annex 44 - Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings*. United Kingdom: AECOM Ltd.
- Hensen, J., & Lamberts, R.** (2011). *Building Performance Simulation For Design And Operation*. New York: Spon Press.
- Hubka, V. & Eder, W. E.** (1988). *Theory of technical systems: A total concept theory for engineering design*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- İlter, A., Artan İlter, D., & Dikbaş, A.** (2008). An analysis of drivers and barriers of construction innovation. *5th International Conference on Innovation in Architecture*. Antalya: Engineering and Construction (AEC).
- Jayathissa, P., Luzzatto, M., Schmidli, J., Hofer, J., Nagy, Z., & Schlueter, A.** (2017). Optimising building net energy demand with dynamic BIPV shading. *Applied Energy*, 726-735.
- Johnsen, K., & Winther, F. V.** (2015). Dynamic facades, the smart way of meeting the energy requirements. *Energy Procedia*, 1568-1573.
- Karamanhoğlu, Ş.** (2011). *Enerji Etkin Bina Cephe Sistemlerine Yönelik Yaklaşımların İrdelenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Kavale, K.** (2001). Decision making in special education: The function of meta-analysis. *Exceptionality, A Special Education Journal*, 245-268.
- Kim, J.** (2013). Adaptive facade design for the daylighting performance in an office building: the investigation of an opening design strategy with cellular automata. *International Journal of Low-Carbon Technologies 2015* (s. 313–320). Oxford University Press.
- Knaack, U., & Klein, T.** (2008). *The Future Envelope 1: A Multidisciplinary Approach*. Amsterdam: IOS Press.
- Knaack, U., Klein, T., Bilow, M., & Auer, T.** (2007). *Façades: Principles of Construction*. Basel: Birkhäuser.
- Koçhan, A.** (2002). Sürdürülebilir Gelecek İçin Ekolojik Tasarım. *Yapı Dergisi*, 249, 46-49.
- Kolarevic, B., & Parlac, V.** (2015). *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change*. New York: Routledge.
- Konstantoglou, M., Kontadakis, A., & Tsangrassoulis, A.** (2013). *Dynamic Building Skins: Performance Criteria Integration*. Munich: PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future.
- Koyaz, M.** (2017). Adaptability Level of Facade Systems Regarding Facade Performances. *ICBEST İstanbul - 15-18 Mayıs 2017*. İstanbul.
- Kroner, W.** (1997). An intelligent and responsive architecture. *Automation in Construction*, 381-393.
- Kumar, A., Kumar, K., Kaushik, N., Sharma, S., & Mishra, S.** (2010). Renewable energy in India: Current status and future potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2434-2442.
- Le Corbusier.** (1991). *Precisions: On the Present State of Architecture and City Planning*. The MIT Press; First English Language Edition edition.
- Lee, H., & Kim, N.** (2018). Bio-inspired Adaptable Facade Control Reflecting User's Behavior. *Interdisciplinary Expansions in Engineering and Design With the Power of Biomimicry*, 101-121.
- Loonen, R. C., Trčka, M., Costola, D., & Hensen, J.** (2013). Climate adaptive building shells : state-of-the-art and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 483-493.
- Loonen, R., Rico-Martinez, J., Favoino, F., Brzezicki, M., Menezo, C., La Ferla, G., & Aeleni, L.** (2015). Design for façade adaptability: Towards a unified

- and systematic characterization. *10th Conference on Advanced Building Skins, 3-4 November 2015, Bern, Switzerland* (s. 1284-1294). Munich: Economic Forum.
- López, M., Rubio, R., Martín, S., & Croxford, B.** (2017). How plants inspire façades. From plants to architecture: Biomimetic principles for the development of adaptive architectural envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 692-703.
- Mahdavi, A., & Lam, K.** (1991). Performance simulation as a front-end tool for integrative conceptual design evaluation. *Building Simulation Conference* (s. 439-444). France: International Building Performance Simulation Association (IBPSA).
- Mahmoud, A., & Elghazi, Y.** (2016). Parametric-based designs for kinetic facades to optimize daylight performance: Comparing rotation and translation kinetic motion for hexagonal facade patterns. *Solar Energy*, 111-127.
- Marysse, C.** (2016). *Structural Adaptive Façades*. Gent: Universiteit Gent.
- Maxman, S.** (1993, July/August). Shaking the Rafters. *Earthwatch*, 11.
- Mosteller, F., & Colditz, G.** (1996). Understanding Research Synthesis (Meta-Analysis). *Annual Reviews Public Health*, 1-23.
- Napier, J.** (2015). Climate Based Façade Design for Business Buildings with Examples from Central London. *Buildings*, 16-38.
- Negroponte, N.** (1976). *Soft Architecture Machines*. The MIT Press.
- Nielsen, M., Svendsen, S., & Jensen, L.** (2011). Quantifying the potential of automated dynamic solar shading in office buildings through integrated simulations of energy and daylight. *Solar Energy*, 757-768.
- Normand, S.** (1999). Tutorial in biostatistics meta-analysis: formulating, evaluating, combining, and reporting. *Statistics in Medicine*, 321-359.
- Nungesser, H., & Möller, E.** (2015). *Adaptable Architecture by Frei Otto – a case study on the future viability of his visions and some forward ideas*. Amsterdam: International Association for Shell and Spatial Structures (IASS).
- Ochoa, C., & Capeluto, I.** (2008). Strategic decision-making for intelligent buildings: Comparative impact of passive design strategies and active features in a hot climate. *Building and Environment*, 1829-1839.
- Özmehmet, E.** (2007). Avrupa ve Türkiye’deki Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışına Eleştirel Bir Bakış. *Journal of Yaşar University*, 809-826.
- Planas, C., Cuerva, E., & Alavedra, P.** (2018). Effects of the type of facade on the energy performance of office buildings representative of the city of Barcelona. *Ain Shams Engineering Journal*, 3325-3334.
- Rackard, N.** (2013, 03 04). Archdaily: <https://www.archdaily.com/339451/worlds-first-algae-bioreactor-facade-nears-completion> adresinden alındı
- Ramzy, N., & Fayed, H.** (2011). Kinetic systems in architecture: New approach for environmental control systems and context-sensitive buildings. *Sustainable Cities and Society*, 170-177.
- Reynolds, R.** (1980). *Computer Methods For Architects*. London: Butterworth & Co. Ltd.
- Romano, R.** (2011). *Smart Skin Envelope*. Florence: Firenze University Press.
- Romano, R., Aelenei, L., Aelenei, D., & Mazzucchelli, E.** (2018). What is an Adaptive Façade? Analysis of Recent Terms and Definitions from an International Perspective. *Journal of Facade Design & Engineering*, 69-80.

- Schittich , C.** (2001). *In Detail: Building Skins – Concepts, Layers, Materials*. Basel: Birkhäuser.
- Schumacher, M., Schaeffer, O., & Vogt, M.-M.** (2010). *MOVE: Architecture in Motion - Dynamic Components and Elements*. Basel: Birkhauser.
- Sears, A., & Jacko, J.** (2008). *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, Second Edition (Human Factors and Ergonomics)*. New York: Taylor&Francis Group, LLC.
- Selkowitz, S., Aschehoug, Ø., & Lee, E.** (2003). Advanced Interactive Facades- Critical Elements for Future Green Buildings? *USGBC International Conference and Expo*.
- Serin, F.** (2016). *Yapım Projelerinde Tasarım Yönetimi Konu Alanına Yönelik Meta Analizi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Sev, A.** (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*. İstanbul: Yem Yayın.
- Shan, R., & Junghans, L.** (2018). “Adaptive radiation” optimization for climate adaptive building facade design strategy. *Building Simulation*, 269-279.
- Sharaidin, K., & Salim, F.** (2012). Design Considerations for Adopting Kinetic Facades in Building Practice. *Physical Digitality: Proceedings of the 30th eCAADe Conference* (s. 629-637). Prague: Czech Technical University.
- Shelby, L., & Vaske, J.** (2008). Understanding Meta-Analysis: A Review. *Leisure Sciences: An Interdisciplinary Journal*, 96-110.
- Sokolowski, J., & Banks, C.** (2009). *Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach*. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc. .
- Souza, E.** (2019, 08 20). *How Do Double-Skin Façades Work?* Archdaily: <https://www.archdaily.com/922897/how-do-double-skin-facades-work/5d51658a284dd1bc4500022c-how-do-double-skin-facades-work-photo> adresinden alındı
- Struck, C., Almeida, M., Silva, S., Mateus, R., Lemarchand, P., Petrovski, A., . . . Wellershoff, F. d.** (2015). Adaptive facade systems – review of performance requirements, design approaches, use cases and market needs. *Advanced Building Skins* (s. 1254-1264). Bern: Conference Proceedings of the 10th ENERGY FORUM.
- Sürmeli, A.** (2004). *Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Denetimi-Yalıtım Kongresi ve Sergisi*. İstanbul: Bildiriler Kitabı.
- Şen, S.** (2018, Mayıs). Meta-Analiz. Harran Üniversitesi.
- Terruli, A., & Foiltec, V.** (2019, 10 23). Archello: <https://archello.com/project/media-tic-barcelona> adresinden alındı
- Tönük, S.** (2001). *Bina Tasarımında Ekoloji*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi.
- Tyler, J., & Last, J.** (1998). R. Wallace, & J. Last içinde, *Maxcy-Rosenau-Last Public Health & Preventive Medicine* (s. 11-39). CT: Appleton & Lange.
- Utku, G.** (2000). Yeni Bin Yıla Girerken Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Ekolojik Ve İşletimi. *Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi* (s. 148). Ankara: Bildiriler Kitabı.
- Uygun, V.** (2012). Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Cephe Sistemlerinin İncelenmesi (Yurt İçi Ve Yurt Dışı Örneklerle).
- Vale, R., & Vale, B.** (1994). *Towards a Green Architecture*. London: RIBA Publications.
- van der Aa, A., Perino , M., & Heiselberg, P.** (2011). *Designing with responsive buildings elements*. IEA - ECBCS Annex 44: Aalborg University.

- Vedula, N., Aelenei, L., & Pottgiesser, U.** (2018). Designing Adaptive Facades with a new holistic Eco-Design Approach. *Adaptive Facades Network Final Conference* (s. 465-471). Lucerne: COST Action TU1403.
- Velikov, K., & Thün, G.** (2013). Responsive Building Envelopes: Characteristics and evolving paradigms. F. Trubiano içinde, *Design and Construction of High Performance Homes* (s. 75-92). New York: Routledge.
- Vermillion, J.** (2002). *Phototropic architecture: intelligent responses to sunlight stimuli*. Muncie: Ball State University.
- Vyas, S., Ahmed, S., & Parashar, A.** (2014). BEE (Bureau of energy efficiency) and Green Buildings. *International Journal of Research*, Vol:1, Issue:3, 23-32.
- Wai, R.-J., Wang, W.-H., & Lin, C.-Y.** (2008). High Performance Stand-Alone Photovoltaic Generation System. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Volume:55, Issue:1, 240-250.
- Wang, J., Beltrán, L., & Kim, J.** (2012). *From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes*. Texas: Texas A&M University.
- Wigginton, M., & Harris, J.** (2002). *Intelligent Skins*. Oxford: Architectural Press.
- Winter, C.** (2013). A Building Designed to Eat Smog. *Bloomberg*.
- World Commission on Environment and Development.** (1987). Our Common Future. *WCED* (s. 16). Oxford: Oxford University Press.
- Url-1.** <<https://commons.wikimedia.org>>, erişim tarihi 13.09.2019.
- Url-2.** <<http://www.grasshopper3d.com>>, erişim tarihi 25.10.2019.
- Url-3.** <<https://www.rhino3d.com/features>>, erişim tarihi 25.10.2019.
- Url-4.** <<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started>>, erişim tarihi 25.10.2019.
- Url-5.** <<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>>, erişim tarihi 25.10.2019.
- Url-6.** <<https://www.bentley.com/en/products/product-line/modeling-and-visualization-software/microstation>>, erişim tarihi 25.10.2019.
- Url-7.** <<https://www.imarabe.org/en/architecture>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-8.** <<https://www.archdaily.com/510226/light-matters-mashrabiya-translating-tradition-into-dynamic-facades>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-9.** <<https://www.archdaily.com>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-10.** <<http://igsmag.com/market-trends/super-tall-buildings/the-al-bahar-towers-shading-the-real-envelope>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-11.** <<https://inhabitat.com/beijing-water-cube-reopens-as-happy-magic-water-park/water-cube-water-park-15/>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-12.** <<https://www.archdaily.com/49150/media-tic-enric-ruiz-geli/50087f5c28ba0d50da000bc8-media-tic-enric-ruiz-geli-photo>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-13.** <http://www.architectmagazine.com/project-gallery/bloom_1>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-14.** <<https://www.archdaily.com/335620/rmit-design-hub-sean-godsell>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-15.** <<https://inhabitat.com/the-worlds-first-algae-powered-building-opens-in-hamburg>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-16.** <<http://www.mexiconewsnetwork.com/en/news/adventure/hospital-mexico-city-helps-clean-air>>, erişim tarihi 22.10.2019.
- Url-17.** <<http://www.prosolve370e.com/>>, erişim tarihi 23.10.2019.



EKLER

EK-A: Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.



EK-A: Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

Çizelge A.1: Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
1	“Adaptive radiation” optimization for climate adaptive building facade design strategy	Article	2018	Rudai Shan, Lars Junghans	Building Simulation
2	A Biophysical Framework of Heat Regulation Strategies for the Design of Biomimetic Building Envelopes	Conference Paper	2015	Lidia Badarnah	Procedia Engineering, International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction
3	A CFD approach to evaluate the influence of construction and operation parameters on the performance of Active Transparent Façades in Mediterranean climates	Article	2009	A.Guardo, M.Coussirat, E. Egusquiza, P.Alavedra, R.Castilla	Energy and Buildings
4	A classification approach for adaptive facades	Conference Paper	2017	Bahar Başarır, Cem Altun	ICBEST - Interdisciplinary Perspectives for Future Building Envelopes
5	A comparative study of the CFD modeling of a ventilated active façade including phase change materials	Article	2014	IG.Diarce, Á.Campos-Celador, K.Martin, A.Urresti, A.García-Romero, J.M.Sala	Applied Energy
6	A fundamental study of intelligent building envelope systems capable of passive dehumidification and solar heat collection utilizing renewable energy	Article	2019	Haksung Lee, Akihito Ozaki, Myonghyang Lee, Wanghee Cho	Energy and Buildings

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
7	A longitudinal study of summertime occupant behaviour and thermal comfort in office buildings in northern China	Article	2018	Cheng Sun,Ran Zhang,Steve Sharples,Yunson g Han,Hongrui Zhang	Building and Environment, 404–420
8	A Methodology of Interactive Motion Facades, Design through Parametric Strategies	Article	2020	David Stephen Panya,Taehoon Kim, Seungyeon Choo	Applied Sciences, MDPI, 1-18
9	A morphological approach for kinetic façade design process to improve visual and thermal comfort: Review	Article	2019	Seyed Morteza Hosseini, Masi Mohammadi, Alexander Rosemann, Torsten Schröder, Jos Lichtenberg	Building and Environment, 186–204
10	A novel concept of a responsive transparent façade module: optimization of energy performance through parametric design	Conference Paper	2015	Simone Iennarella, Valentina Serra, Valerio R.M. Lo Verso	Energy Procedia 78 (2015) 358 – 363,6th International Building Physics Conference, IBPC 2015
11	A novel methodology to optimize visual comfort and energy performance for transparent adaptive façades	Conference Paper	2018	Luigi Giovannini, Valentina Serra, Valerio R.M. Lo Verso, Anna Pellegrino	Conference: 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
12	A numerical model to evaluate the thermal behaviour of active transparent façades	Article	2011	Fabio Zanghirella, Marco Perino, Valentina Serra	Energy and Buildings
13	A Redesign Procedure to Manufacture Adaptive Facades with Standard Products	Conference Paper	2018	Bahar Başarır, Cem Altun	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
14	A review on macro-encapsulated phase change material for building envelope applications	Article	2018	Zhengxuan Liu, Zhun (Jerry) Yu, Tingting Yang, Di Qin, Shuisheng Li, Guoqiang Zhang, Fariborz Haghighat, Mahmood Mastani Joybari	Building and Environment
15	A simplified mathematical model for transient simulation of thermal performance and energy assessment for active facades	Article	2015	Hagar Elarga, Michele De Carli, Angelo Zarrella	Energy and Buildings
16	A Study of Kinetic Façade Modelling Performance Using Virtual Reality D.	Conference Paper	2019	D.S. Panya, J.H. Seo, H.J. Park, W.J. L, S.Y. Choo	36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019), Kyungpook National University, South Korea
17	Active building envelope systems toward renewable and sustainable energy	Article	2019	Yongqiang Luo, Ling Zhang, Michael Bozlar, Zhongbing Liu, Hongshan Guo, Forrest Meggers	Renewable and Sustainable Energy Reviews

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
18	Active Solar Thermal Facades (ASTFs): From concept, application to research questions	Article	2015	Xingxing Zhang, Jingchun Shen, Yan Lu, Wei He, Peng Xu, Xudong Zhao, Zhongzhu Qiu, Zishang Zhu, Jinzhi Zhou, Xiaoqiang Dong	Renewable and Sustainable Energy Reviews
19	Adaptability level of facade systems regarding facade performances	Conference Paper	2017	Mine Koyaz	ICBEST - Interdisciplinary Perspectives for Future Building Envelopes
20	Adaptive biomimetic facades: Enhancing energy efficiency of highly glazed buildings	Article	2019	Wajiha Tariq Sheikh, Quratulain Asghar	Frontiers of Architectural Research 8, 319e331, South East UNIVERSITY
21	Adaptive building envelopes of multistory buildings as an example of high performance building skins	Article	2019	Hadeer Samir Mohamed Shatin	Alexandria University, Faculty of Engineering, Egypt
22	Adaptive facade systems – review of performance requirements, design approaches, use cases and market needs	Conference Paper	2015	Christian Struck, Manuela Guedes Almeida, Sandra M. Silva, Ricardo Mateus, Philippe Lemarchand, Aleksandar Petrovski, Roman Rabenseifer, Rene Wandsdröck, Frank Wellershoff, Jan De Wit	10th Energy Forum on Advanced Building Skins, Bern

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
23	Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area	Conference Paper	2017	Paola Gallo, Rosa Romano	International High-Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference 2016 Series (SBE16), iHBE 2016
24	Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area	Conference Paper	2017	Paola Gallo, Rosa Romano	Procedia Engineering 1274 – 1283
25	Adaptive façade design for the daylighting performance in an office building: the investigation of an opening design strategy with cellular automata	Article	2013	Jieun Kim	International Journal of Low-Carbon Technologies 2015, 10, 313–320
26	Adaptive Façade: concept, applications, research questions	Article	2016	Daniel Aelenei, Laura Aelenei, Catarina Pacheco Vieira	Energy Procedia - SHC 2015, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry
27	Adaptive window block for residential use: optimization of energy matching and user's comfort	Conference Paper	2018	Annalisa Andarolo , Stefano Avesani , Annamaria Belleri , Maider Machado , Marco Lovati	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
28	Advanced Building Skins Inspired From Plants Adaptation Strategies to Environmental Stimuli: A Review	Conference Paper	2018	Ayadi Nour El Houda, Derradji Mohamed	2018 International Conference on Applied Smart Systems (ICASS'2018) 24-25 November 2018, Médéa, ALGERIA

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
29	Advanced transparent facades: market available products and associated challenges in building performance simulation	Conference Paper	2017	Ellika Taveres-Cachat, Steinar Grynning, Oddvar Almas, Francesco Goia	Energy Procedia, 11th Nordic Symposium on Building Physics, NSB2017, 11-14 June 2017, Trondheim, Norway
30	Advice tool for early design stages of intelligent facades based on energy and visual comfort approach	Article	2009	Carlos Ernesto Ochoa, Isaac Guedi Capeluto	Energy and Buildings
31	Akıllı yapı kabuğunda cephe bileşeni olarak kullanılan akıllı camların seçimi için sistem önerisi	Master Thesis	2019	Selim Kızıltoprak	İstanbul Teknik Üniversitesi
32	An approach for the integration of adaptive facade systems to improve energy efficiency and indoor comfort conditions: A dormitory room case study	Master Thesis	2019	Sona Muhammedova	Bahçeşehir Üniversitesi
33	An assessment of the load modifying potential of model predictive controlled dynamic facades within the California context	Article	2020	Christoph Gehbauer, David H. Blum, Taoning Wang, Eleanor S. Lee	Energy and Buildings
34	An innovative adaptive multilayer façade: evaluation in the test cell LABIMED	Conference Paper	2018	Rosa Romano, Paola Gallo, Alessandra Donato	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
35	An innovative building envelope (kinetic façade) with Shape Memory Alloys used as actuators and sensors	Article	2017	Marco Formentini, Stefano Lenci	Automation in Construction

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
36	Analysis of Low-Tech Adaptive Façade Systems: Preliminary Results	Conference Paper	2017	Bahar Başarır, Cem Altun	ICBEST - Interdisciplinary Perspectives for Future Building Envelopes
37	Assessing and benchmarking the performance of advanced building façades	Article	2010	J.A.Clarke, C.M.Johnstone	Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings
38	Automated adaptive façade functions in practice - Case studies on office buildings	Article	2020	Jens Böke,Ulrich Knaack, Marco Hemmerling	Automation in Construction, 103113, 1-19
39	Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate	Article	2011	G. Pérez,L. Rincón,A. Vila, J.M. González,L.F. Cabeza	Energy Conversion and Management, 1861-1867
40	Bioadaptif cephe elemanları	Master Thesis	2016	İlknur Kükdamar	Dokuz Eylül Üniversitesi
41	Bio-inspired Adaptable Facade Control Reflecting User's Behavior	Article	2018	Hyunsoo Lee, Nayeon Kim	Interdisciplinary Expansions in Engineering and Design With the Power of Biomimicry
42	Biological strategies for adaptive building envelopes	Conference Paper	2018	Estelle Cruz, Kalina Raskin, Fabienne Aujard	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
43	Biomimetic adaptive building skins: Energy and environmental regulation in buildings	Article	2019	Aysu Kuru, Philip Oldfield, Stephen Bonser, Francesco Fiorito	Energy and Buildings
44	Biomimetic building skins: An adaptive approach	Article	2017	Karam M. Al-Obaidi, Muhammad Azzam Ismail, Hazreena Hussein, Abdul Malik Abdul Rahman	Renewable and Sustainable Energy Reviews
45	Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges	Article	2013	R.C.G.M. Loonen, M.Trčka, D.Cóstola, J.L.M.Hensen	Renewable and Sustainable Energy Reviews
46	Climate based façade design for business buildings with examples from central London	Article	2015	John Napier	Buildings
47	Climate Change and Performance of Facade Systems: Analysis of Thermal Behavior and Energy Consumption in Different Climate Types	Article	2016	Ajla Aksamija, Troy Peters	Perkins+Will Research Journal, Vol. 8, No. 2, pp. 52-79.
48	Climate response of a BiPV façade system enhanced with latent PCM PCMBased thermal energy storage	Article	2020	Jakub Curpek Miroslav Cekon	Renewable Energy 152 368-384
49	Comparison of conventional and adaptive façades: Increasing application of adaptive facades in R. of Macedonia	Conference Paper	2018	Aleksandar Petrovski, Aleksandra Krstić-Furundžić	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
50	Control strategies for intelligent glazed façade and their influence on energy and comfort performance of office buildings in Denmark	Article	2015	Mingzhe Liu, Kim Bjarne Wittchen, Per Kvols Heiselberg	Applied Energy
51	Current Trends and Future Challenges in the Performance Assessment of Adaptive Façade Systems	Article	2018	Shady Attia , Senem Bilir , Taha Safy , Christian Struck, Roel Loonen , Francesco Goia	Energy & Buildings
52	Design considerations for adopting kinetic facades in building practice	Conference Paper	2012	Kamil Sharaidin, Flora Salim	Digital Physicality Physical Digitality: (eCAADe 2012)
53	Design for façade adaptability: Towards a unified and systematic characterization	Article	2015	R.C.G.M. Loonen, J.M. Rico-Martinez, F. Favoino, M. Brzezick, C. Menezes, G. La Ferla, L. Aelene	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
54	Design strategies using multi-criteria decision-making tools to enhance the performance of building façades	Article	2020	Moghtadernejad Saviz, Chouinard Luc E, Mirza M. Saeed	Journal of Building Engineering
55	Designing Adaptive Facades with a new holistic Eco-Design Approach	Conference Paper	2018	Vedula, Nitisha Aelenei, Laura Pottgiesser, Uta	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
56	Designing an adaptive shading pavilion for hot arid climates	Conference Paper	2018	Marta D'Alessandro, Ingrid Paoletti	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

57	Development and validation of a survey for well-being and interaction assessment by occupants in office buildings with adaptive facades	Article	2019	S. Attia, S. Garata, M. Cools	Building and Environment, 268-276
58	Development of an adaptive shading device based on flexible structural elements and SMA springs	Conference Paper	2018	Gianluca Ranzi a), Francesco Fiorito b), Osvaldo Vallati	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
59	Development of intelligent façade based on outdoor environment and indoor thermal comfort	Conference Paper	2015	Mostafa M.S. Ahmed, Ali K. Abel-Rahman, Ahmed Hamza H. Ali	Procedia Technology - 8th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2014, 9-10 October 2014, Tirgu Mures, Romania
60	Directions for the design of energy efficient kinematics in adaptive solar building envelopes	Article	2017	Paolo Basso, Andrea E. del Grosso	Journal of Facade Design and Engineering
61	Dynamic Analysis of Climatic Conditions for deriving suitable Adaptive Façade responses	Conference Paper	2018	M Juaristi, R.C.G.M. Loonen, A. Monge-Barrio, T. Gómez-Acebo	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
62	Dynamic and Climate-Sensitive Bionic Façade	Conference Paper	2018	Andreas Hammer	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
63	Dynamic Building Skins: Performance Criteria Integration	Conference Paper	2013	Maria Konstantoglou, Antonios Kontadakis, Aris Tsangrassoulis	PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany 10-12 September 2013

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
64	Dynamic facades, the smart way of meeting the energy requirements	Conference Paper	2015	Kjeld Johnsen, Frederik V. Winther	Energy Procedia - 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015
65	Effect of kinetic facades on energy efficiency in office buildings- hot dry climates	Conference Paper	2016	Cherif Ben Bacha, Fatiha Bourbia	11th Conference on Advanced Building Skins, Bern
66	Energy Performance Assessment of and Advanced Integrated Façade through Experimental Data Analysis	Conference Paper	2014	Francesco Goia, Lorenza Bianco, Marco Perino, Valentina Serra	Energy Procedia, SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry September 23-25, 2013, Freiburg, Germany
67	Experimental analysis of the energy performance of an ACTIVE, RESponsive and Solar (ACTRESS) façade module	Article	2016	Fabio Favoino, Francesco Goia, Marco Perino, Valentina Serra	Solar Energy, 226–248
68	Experimental and numerical analysis of heat transfer and airflow on an interactive building facade	Article	2010	Roberto Fuliotto, Francesco Cambuli, Natalino Mandas, Nicoletta Bacchin, Giampiero Manara, Qingyan Chen	Energy and Buildings
69	Experimental assessment of the energy performance of an advanced responsive multifunctional façade module	Article	2014	Fabio Favoino, Francesco Goia, Marco Perino, Valentina Serra	Energy and Buildings

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
70	Exploring new forms through parametric patterns in responsive facades	Master Thesis	2018	Mahina Reki	Gazi Üniversitesi
71	Form-finding mechanism derived from plant movement in response to environmental conditions for building envelopes	Article	2019	Rahele Khosromanesh Maziar Asefi	Sustainable Cities and Society
72	Framework for assessing the performance potential of seasonally adaptable facades using multi-objective optimization	Article	2014	C.Kasinalis, R.C.G.M.Loone n, D.Cóstola, J.L.M.Hensen	Energy and Buildings
73	From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes	Conference Paper	2012	Jialiang (Julian) Wang,Liliana O. Beltrán, Ph.D, Jonghoon Kim	Conference, World renewable energy forum; 2012; Denver, CO
74	Gelişmiş cephe sistemlerinin ekolojik enerji etkin tasarım çerçevesinde incelenmesi, iklim verilerine göre değişimi ve geleceğe yönelik öngörüler	Master Thesis	2016	Gamze Yeşilli	Gazi Üniversitesi
75	Harvesting energy with solar panels and adaptive shading for building skins: A case study of an office building in Saudi Arabia	Master Thesis	2011	Hamad Abdullah Al Olayan	University of Southern California
76	High Performance Façades for Commercial Buildings	Report	2010	Stefan Bader	University of Texas at Austin

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
77	High-Performance Building Envelopes: Design Methods for Energy-Efficient Facades	Conference Paper	2015	Ajla Aksamija	Building Enclosure Science and Technology (BEST) 4 Conference, National Institute of Buildings Sciences (NIBS), Kansas City, MO, April 12-15.
78	High-performance facades design strategies and applications in North America and Northern Europe	Report	2011	Krystyna Zelenay, Mark Perepelitza, David Lehrer	California Energy Commission
79	How plants inspire façades. From plants to architecture: Biomimetic principles for the development of adaptive architectural envelopes	Article	2016	Marlén López, Ramón Rubio, Santiago Martín, Ben Croxford	Renewable and Sustainable Energy Reviews, 692-703
80	Integrated parametric design of adaptive facades for user's visual comfort	Article	2019	Amir Tabadkani, Masoud Valinejad Shoubi, Farzaneh Soflaei, Saeed Banihashemi	Automation in Construction, 102857
81	Integration of Parametric Design Methods and Building Performance Simulations For High-Performance Buildings: Methods and Tools	Article	2018	Ajla Aksamija, Dylan Brown	Perkins+Will Research Journal, Vol. 10., No. 1, pp. 28-53.
82	Intelligent and adaptive facade system: The impact of intelligent and adaptive facade on the performance and energy efficiency of buildings	Master Thesis	2014	Mohanned M. Al Thobaiti	University of Miami
83	Intelligent building skins: Parametric-based algorithm for kinetic facade design and daylighting performance integration	Master Thesis	2011	Mohamed Mansour El Sheikh	University of Southern California

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
84	Intelligent Skins: Daylight harvesting through dynamic light-deflection in office spaces	Conference Paper	2011	Mohamed El Sheikh, Karen Kensek	ARCC 2011 - Considering Research: Reflecting upon current themes in Architecture Research
85	Interactive kinetic façade: Improving visual comfort based on dynamic daylight and occupant's positions by 2D and 3D shape changes	Article	2019	Seyed Morteza Hosseini, Masi Mohammadi, Olivia Guerra-Santin	Building and Environment, 106396
86	Investigating the energy efficiency of adaptive building skins and proposing a detailed folding adaptive skin system design for an office building in Istanbul	Master Thesis	2019	Canan Baş	İstanbul Teknik Üniversitesi
87	İstanbul'daki yüksek binalarda akıllı cephe sistemleri performansının enerji etkinliği ve kullanıcı memnuniyeti kapsamında değerlendirilmesi	Master Thesis	2011	Meltem Kalafat	Yıldız Teknik Üniversitesi
88	Kinetic facades as environmental control systems: Using kinetic facades to increase energy efficiency and building performance in office buildings	Master Thesis	2010	Ryan Hansanuwat	University of Southern California
89	Kinetic solar skin: a responsive folding technique	Conference Paper	2015	Marco Pesenti, Gabriele Masera, Francesco Fiorito, Michele Sauchelli	Energy Procedia - International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, SHC 2014

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
90	Meteorosensitive architecture: Biomimetic building skins based on materially embedded and hygroscopically enabled responsiveness	Article	2014	Steffen Reichert, Achim Menges, David Correa	Computer-Aided Design
91	Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi	PhD Thesis	2007	N. Volkan Gür	İstanbul Teknik Üniversitesi
92	Multi-criteria decision-making methods for preliminary design of sustainable facades	Article	2018	Saviz Moghtadernejad, Luc. E. Chouinard, M. Saeed Mirza	Journal of Building Engineering
93	Multi-functional biomimetic adaptive façades: A case study	Conference Paper	2018	Aysu KURU, Francesco FIORITO, Philip OLDFIELD, Stephen P. BONSER	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
94	Multi-functional biomimetic adaptive façades: Developing a framework	Conference Paper	2018	Aysu KURU, Francesco FIORITO, Philip OLDFIELD, Stephen P. BONSER	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
95	Occupant-Adaptive Façade Interaction: Relationships and Conflicts	Conference Paper	2018	Alessandra Luna-Navarro, R.C.G. M Loonen, Shady Attia, Miren Juarist, Aurora Monge-Barrio, Mattia Donato, Roman Rabenseifer, Mauro Overend	FAÇADE 2018 Final conference of COST TU1403 “Adaptive Facades Network”

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
96	Optimising building net energy demand with dynamic BIPV shading	Article	2017	P. Jayathissa, M. Luzzatto, J. Schmidli, J. Hofer, Z. Nagy, A. Schlueter	Applied Energy
97	Parametric-based designs for kinetic facades to optimize daylight performance: Comparing rotation and translation kinetic motion for hexagonal facade patterns	Article	2016	Ayman Hassaan Ahmed Mahmoud, Yomna Elghazi	Solar Energy
98	Passive cooling & climate responsive façade design: Exploring the limits of passive cooling strategies to improve the performance of commercial buildings in warm climates	Article	2018	Alejandro Prieto, Ulrich Knaack, Thomas Auer, Tillmann Klein	Energy and Buildings
99	Performance Evaluation of Adaptive Facades: A case study with electrochromic glazing	Conference Paper	2018	Senem Bilir, Shady Attia	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
100	Performansa dayalı adaptif bina kabuğu tasarımı	Master Thesis	2015	Erhan Karakoç	İstanbul Teknik Üniversitesi
101	Performative design environment for kinetic photovoltaic architecture	Article	2018	P. Jayathissa, S. Caranovic, J. Hofer, Z. Nagy, A. Schlueter	Automation in Construction
102	Photobioreactors as a Dynamic Shading System Conceived for an Outdoor Workspace of the State Library of Queensland in Brisbane: Study of Daylighting Performances	Article	2019	Valerio R.M. Lo Verso, Martin H.S. Javadi, Simonetta Pagliolico, Corrado Carbonaro, Guido Sassi	Journal of Daylighting 6 148-168

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
103	Post-Occupancy Evaluation for Adaptive Façades	Conference Paper	2018	Shady Attia, Alessandra Luna Navarro, Miren Juaristi, Aurora Monge-Barrio, Susanne Gosztonyi, Zein Al-Doughmi	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
104	Qualitative analysis of promising materials and technologies for the design and evaluation of Climate Adaptive Opaque Façades	Article	2018	Miren Juaristi, Tomás Gómez-Acebo, Aurora Monge-Barrio	Building and Environment
105	Responsive envelope tessellation and stochastic rotation of 4-fold pentiles	Article	2014	Sambit Datta, Stuart Hanafin, Robert F. Woodbury	Frontiers of Architectural Research
106	Responsive facades evolution: the microscale to the macroscale	Conference Paper	2018	John E. Villegas , Juan Camilo Restrepo Gutierrez , Henry A. Colorado	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
107	Ses verileri etkileşimli dinamik adaptif bir cephe önerisi: Sound Shield	Master Thesis	2018	Öznur Çakır Aydoğan	İstanbul Teknik Üniversitesi
108	Shape morphing solar shadings: A review	Article	2016	Francesco Fiorito, Michele Sauchelli, Diego Arroyo, Marco Pesenti, Marco Imperadori, Gabriele Masera, Gianluca Ranzi	Renewable and Sustainable Energy Reviews

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
109	Shaping light to influence occupants, experience of space: a kinetic shading system with composite materials	Conference Paper	2019	Joëlle Baehr-Bruyère, Kynthia Chamilothoni, Anastasios P. Vassilopoulos, Jan Wienol, Marilyn e Andersen	Journal of Physics: Conference Series 012162 CISBAT 2019
110	Simulation of a biomimetic façade using TRNSYS	Article	2018	Matthew Webb, Lu Aye, Ray Green	Applied Energy 213 670–694
111	Smart facades: From adaptation with climate, changing esthetical values, till digital drawings on buildings envelope	Article	2017	Ahmed Hosney Radwan	Helwan University
112	Smart solutions for solar adaptive facades. Preliminary studies for an innovative shading device	Conference Paper	2013	Michele Sauchelli, Gabriele Lobaccaro, Gabriele Masera, Francesco Fiorito	IAHS XXXIX World Congress on Housing, At Milano (Italy)
113	Solar facade module for nearly zero energy building	Article	2018	Ruta Vanaga, Andra Blumberga, Ritvars Freimanis, Toms Mols, Dagnija Blumberga	Energy
114	Solar façades for future cities	Article	2019	Sara Freitas, Miguel Centeno Brito	Renewable Energy Focus Volume 31, Number 00 December 2019
115	Structural characterisation of adaptive facades in Europe – Part I: Insight on	Article	2019	Chiara Bedon, Dániel Honfi, Klára V. Machalická, Martina Eliášová, Miroslav Vokáč, Marcin Kozłowski, Thomas Wüest, Filipe Santos, Natalie Williams Portal	Journal of Building Engineering 25 100721

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
116	Structural characterisation of adaptive facades in Europe - Part II: Validity of conventional experimental testing methods and key issues	Article	2019	Chiara Bedon, Dániel Honfi, Klára V. Machalická, Martina Eliášová, Miroslav Vokáč, Marcin Kozłowski, Thomas Wüest, Filipe Santos, Natalie Williams Portal	Journal of Building Engineering 25 100797
117	Study of a BIPV Adaptive System: Combining Timber and Photovoltaic Technologies	Conference Paper	2018	Enrico Sergio Mazzucchelli, Mark Alston, Marcin Brzezick, Luisa Doniacovo	JOURNAL OF FACADE DESIGN & ENGINEERING V
118	Tepki veren cephelerin standart ürünlerle tasarımı: Yeniden tasarım modeli	PhD Thesis	2019	Bahar Başarır	İstanbul Teknik Üniversitesi
119	The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes	Article	2016	Zoltan Nagyn, Bratislav Svetozarevic, Prageeth Jayathissa, Moritz Begle, Johannes Hofer, Gearoid Lydon, Anja Willmann, Arno Schlueter	Frontiers of Architectural Research
120	The comparative performance assesment of dynamic shading devices for different climatic regions in Turkey	Master Thesis	2018	Suzan Sav	İstanbul Teknik Üniversitesi
121	The mediterranean smart adaptive wall. An experimental design of a smart and adaptive facade module for the mediterranean climate	Article	2018	Matteo Iommi	Energy and Buildings

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
122	The relationship between green architecture and adaptive façade design technology	Master Thesis	2017	Dlman Azeez Mohammed	Near East University
123	The sustainability of adaptive envelopes: developments of kinetic architecture	Conference Paper	2016	Marta Barozzi, Julian Lienhard, Alessandra Zanelli, Carol Monticelli	Procedia Engineering - International Symposium on "Novel Structural Skins: Improving sustainability and efficiency through new structural textile materials and designs"
124	Theoretical Design of an Active Façade System with Peltier Cells	Conference Paper	2014	María Ibáñez-Puy, César Martín-Gómez, Marina Vidaurre-Arbizu, J. A. Sacristán-Fernández	Energy Procedia, The 6th International Conference on Applied Energy – ICAE2014
125	Thermal and energy performance of algae bioreactive façades: A review	Article	2019	Maryam Talaei, Mohammadjava d Mahdavinejad, Rahman Azari	Journal of Building Engineering
126	Thermal bridging problems on advanced cladding systems and smart building facades	Article	2019	Theodoros Theodosiou, Katerina Tsikaloudaki, Stella Tsoka, Panagiotis Chastas	Journal of Cleaner Production
127	Thermal performance study of an active solar building façade with specific PV/T hybrid modules	Article	2020	Ruobing Liang, PengWang, Chao Zhou, Qiangguan g Pan, Ahmad Riaz, Jili Zhang	Energy

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

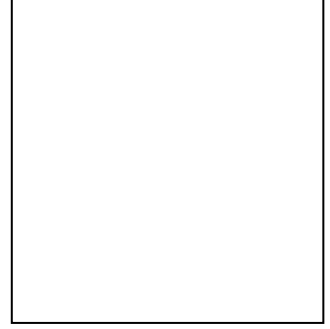
	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
128	Towards an ideal adaptive glazed façade for office buildings	Conference Paper	2014	Fabio Favoino, Qian Jin, Mauro Overend	Energy Procedia - 6th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings 2014, SEB-14
129	Towards New Metrics for the Characterisation of the Dynamic Performance of Adaptive Façade Systems	Conference Paper	2018	Bianco Lorenza, Cascone Ylenia, Avesani Stefano, Vullo Pascal, Bejat Timea, Loonen Roel, Koenders Stefan, Goia Francesco, Serra Valentina, Favoino Fabio	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
130	User satisfaction and interaction with automated dynamic facades: A pilot study	Article	2014	L.G. Bakker, E.C.M. Hoes-van Oeffelen, R.C.G.M. Loonen, J.L.M. Hensen	Building and Environment 78 44-52
131	Uyarlanabilir cephe sistemlerinde güncel yaklaşımlar ve akıllı malzemelerin kullanımı	Master Thesis	2019	Özge Ergin	Yıldız Teknik Üniversitesi
132	Uyum gösteren gölgeleme bileşenlerinin parametrik tasarım araçlarıyla performans değerlendirmesi	Master Thesis	2020	Dilan Öner	İstanbul Teknik Üniversitesi
133	Ventilated active façades with PCM	Article	2013	Gonzalo Dıarce, Aitor Urresti, Ana García-Romero, Alejandra Delgado, Aitor Erkoreka, Cesar Escudero, Álvaro Campos-Celador	Applied Energy

Çizelge A.1 (devam): Meta analizinde kullanılan kaynak listesi.

	Kaynak Adı	Kaynak Türü	Yıl	Yazar/lar	Yayımcı
134	What is an Adaptive Façade? – Analysis of Recent Terms and Definitions from an International Perspective	Conference Paper	2018	Romano Rosa 1, Aelenei Laura 2, Aelenei Daniel 3, Mazzucchelli Enrico Sergio 4	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
135	Who is Driving an Adaptive Building Envelope	Conference Paper	2018	Robert Buck, Peter Lenk	COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference: Facade 2018 - Adaptive!
136	Yenilikçi prefabrike cephe sistemlerinin incelenmesi ve yeni bir cephe sistem önerisi	Master Thesis	2018	Ayşe Esra Yenerkol	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Selin KARAAĞAÇ
Doğum Tarihi ve Yeri : 19.08.1994, İstanbul
E-posta : selinkaraagac@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2014-2015 öğretim yılında Erasmus programı ile iki dönem La Salle BCN - Universitat Ramon Llull'da öğrenim gördü.
- 2015 yılında İstanbul Havalimanı'nda ve Yapıartı Mimarlık'ta staj yaptı.
- 2017-2018 yılları arasında serbest çalıştı, ürün tasarımı yaptı. Ürün tasarımına devam etmektedir.
- 2018'de İstanbul Havalimanı'nda işe başladı. Devam etmektedir.