İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HARRAN EVLERİNİN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN VE YAPIM TEKNİĞİNİN HESAPLAMALI PERFORMANS BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serhat GÜLMÜŞ

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

OCAK 2023

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HARRAN EVLERİNİN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN VE YAPIM TEKNİĞİNİN HESAPLAMALI PERFORMANS BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serhat GÜLMÜŞ
(523181012)

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sema ALAÇAM
Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Orkan Zeynel GÜZELCİ

OCAK 2023

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 523181012 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Serhat GÜLMÜŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "HARRAN EVLERİNİN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN VE YAPIM TEKNİĞİNİN HESAPLAMALI PERFORMANS BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Sema ALAÇAM** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Eş Danışman :	**Dr. Öğr. Üyesi Orkan Zeynel GÜZELCİ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Seniye Banu GARİP** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. Mehmet Özgür EDİZ Uludağ Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Yasemin Erkan YAZICI İstanbul Kültür Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 30 Aralık 2022
Savunma Tarihi : 24 Ocak 2023

Aileme,

ÖNSÖZ

Öncelikle tez konumun şekillenmesinde büyük pay sahibi olan, tezin fikir aşamasında bana yol gösteren, süreci fikirleriyle besleyip bilgisini ve zamanını benimle cömertçe paylaştığı için Doç. Dr. Sema Alaçam'a, süreci ilerletmemi sağlayıp tez içeriğini zenginleştiren yapıcı önerileri için Dr. Öğr. Üyesi Orkan Zeynel Güzelci' ye teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca teknik konulardaki desteklerinden ve katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi İlker Karadağ'a ve desteklerinden dolayı Büşra Şık'a teşekkür ederim.

Ocak 2023

Serhat Gülmüş
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ……. vii
İÇİNDEKİLER ix
KISALTMALAR..... xi
ÇİZELGE LİSTESİ..... xiii
ŞEKİL LİSTESİ..... xv
ÖZET……..... xvii
SUMMARY xix
1. GİRİŞ….. 1
1.1 Tezin Motivasyonu ve Arkaplan 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Tezin Kapsamı..... 2
1.4 Tezin Yöntemi..... 3
1.5 Araştırma Soruları 4
2. HARRAN EVLERİ..... 5
2.1 Biçimsel Özellikleri..... 5
2.1.1 Plan geometrisi..... 7
2.1.1.1 Dairesel plan..... 8
2.1.1.2 Kare temel ve dairesel plan 9
2.1.1.3 Kare temel ve kare plan..... 10
2.1.2 Kubbe geometrisi 12
2.1.2.1 Eğrilik..... 12
2.1.2.2 Yarıçap 13
2.2 Malzeme ve Yapım Tekniği 13
2.2.1 Yapı malzemesi..... 14
2.2.2 Yığma ve bindirme..... 15
2.3 Mekansal Organizasyon 20
2.4 Tipolojik Özellikler 22
2.4.1 Tipoloji 1..... 26
2.4.2 Tipoloji 2..... 26
2.4.3 Tipoloji 3..... 27
2.4.4 Tipoloji 4..... 27
2.4.5 Tipoloji 5..... 28
2.4.6 Tipoloji 6..... 29
2.5 Mevcut Durum 30
3. MİMARİ TASARIMDA PERFORMANS ODAKLI YAKLAŞIMLAR..... 33
3.1 Tarihsel Süreç..... 33
3.2 Ölçütler, Standartlar ve Düzenlemeler 35
3.3 Performans 36
3.3.1 Yapı enerji performansı 37
3.3.1.1 Yerleşim 37
3.3.1.2 Form 37

3.3.1.3 Yapı kabuğu 38
3.3.1.4 İklim 38
3.3.2 Performans değerlendirme modelleri 39
3.3.2.1 PMV ve PPD modeli 39
3.3.3 Analizler 40
3.3.3.1 Termal konfor 40
3.3.3.2 Görsel konfor 41
3.3.3.3 Doğal havalandırma 41
4. HARRAN EVLERİNİN PERFORMANS BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ 43
4.1 Kapsam ve Kısıtlar 44
4.2 Veri Toplama 44
4.3 Analizler 45
4.3.1 Termal konfor 45
4.3.1.1 Enerji tüketimi 47
4.3.2 Görsel konfor 48
4.3.2.1 Gün ışığı 48
4.3.2.2 Parlama 50
4.3.2.3 Güneş ışınımı 51
4.3.3 Doğal havalandırma 53
5. SONUÇ…. 61
KAYNAKLAR 63
ÖZGEÇMİŞ 67

KISALTMALAR

BEP : Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği
CFD : Computational Fluid Dynamics
EPDB : Energy Performance of Buildings Directive
HDH : Harran Domed Houses
HKE : Harran Kubbeli Evleri
LEED : Leadership in Energy & Environmental Design
PMV : Predicted Mean Vote
PPD : Predicted Percentage of Dissatisfied
TMY : Typical Meteorological Year
UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Tipolojilerin termal konfor memnuniyetsizlik (PPD) dereceleri. 47
Çizelge 4.2 : Altı tipolojinin enerji tüketim sonuçları. 48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Tezin yöntem diyagramı. 4
Şekil 2.1 : Suruç'ta bulunan terkedilmiş kubbeli yapı örneği (Eres, 2016). 5
Şekil 2.2 : Güney İtalya'da bulunan yöresel yerleşmeler (Todisco ve diğ, 2017). 6
Şekil 2.3 : Ninova Antik Kenti'nde bulunan bir rölyef (Layard, 2005). 7
Şekil 2.4 : M.Ö. 700 yıllarına ait kubbeli yapılar (Müller ve Vogel, 1977). 7
Şekil 2.5 : 1900'lü yılların başında Harran (Bulle, 1907). 9
Şekil 2.6 : 3 farklı birim modül tipolojisi. 10
Şekil 2.7 : 1960'lı yılların ortasında Harran (Mehmet Özdoğan Arşivi). 11
Şekil 2.8 : Birim modül plan ve kesiti. 11
Şekil 2.9 : Harran Kubbeli ev örneği. 12
Şekil 2.10 : Kubbenin içten görünümü. 14
Şekil 2.11 : Devşirme tuğla örnekleri. 15
Şekil 2.12 : Kubbeli birimler arası kemerli geçiş. 16
Şekil 2.13 : Harabe bir örnekte bindirme kubbe kesiti görünümü. 17
Şekil 2.14 : Kubbelerin dış yüzeyinde bırakılan çıkıntı detayları. 17
Şekil 2.15 : Bindirmeli kubbelerin inşa süreci (Brice ve Donmez, 1948). 18
Şekil 2.16 : İnşa sürecine dair tuğla dizilimi (Brice ve Donmez, 1948). 19
Şekil 2.17 : Kubbeler arasındaki kerpiç dolgu detayı. 19
Şekil 2.18 : Saha çalışması kapsamında incelenen A yapısı. 21
Şekil 2.19 : Saha çalışması kapsamında incelenen B yapısı. 22
Şekil 2.20 : Harran yerleşiminde saha çalışması yapılan alan. 23
Şekil 2.21 : Alan çalışmasında tespit edilen yapılar. 24
Şekil 2.22 : Tespit edilen mevcut tipolojiler. 25
Şekil 2.23 : Tip 1 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri. 26
Şekil 2.24 : Tip 2 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri. 26
Şekil 2.25 : Tip 3 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri. 27
Şekil 2.26 : Tip 4 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri. 28
Şekil 2.27 : Tip 5 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri. 29
Şekil 2.28 : Tip 6 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri. 30
Şekil 2.29 : Büyük kısmı yıkılmış kubbe örneği. 31
Şekil 3.1 : Sektörlere göre küresel enerji tüketimi (IEA, 2022). 34
Şekil 3.2 : Dünya enerji tüketimi (Conti ve diğ, 2016). 34
Şekil 3.3 : Termal konfor değerlendirme ölçütü (Url-1). 40
Şekil 4.1 : Analiz süresince referans alınan standart birim modül. 44
Şekil 4.2 : Referans alınan birim modülün izometrik çizimi (Yıldırım (2015)'ın yüksek lisans tezindeki çizimler referans alınarak tekrar üretilmiştir.). 45
Şekil 4.3 : Mevsimlere göre altı farklı tipolojinin termal konfor analizleri. 46
Şekil 4.4 : Altı farklı tipolojinin gün ışığı benzetim sonuçları. 49
Şekil 4.5 : Altı farklı tipolojinin parlama benzetim sonuçları. 50
Şekil 4.6 : Farklı yönlerde aylık güneş ışınımı seviyeleri. 51
Şekil 4.7 : Altı farklı tipolojinin güneş ışınımı benzetim sonuçları. 52

Şekil 4.8 : Harran rüzgar yönü ve büyüklüğü. 53
Şekil 4.9 : Tip 1 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri. 55
Şekil 4.10 : Tip 2 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri. 56
Şekil 4.11 : Tip 3 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri. 57
Şekil 4.12 : Tip 4 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri. 58
Şekil 4.13 : Tip 5 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri. 59
Şekil 4.14 : Tip 6 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri. 60

HARRAN EVLERİNİN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİNİN VE YAPIM TEKNİĞİNİN HESAPLAMALI PERFORMANS BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Yöresel sivil mimarlık, tarihsel süreç içerisinde profesyonel müdahale olmadan ihtiyaçlar doğrultusunda biçimlenip bulundukları çevrenin fiziksel ve kültürel özelliklerini göz önünde bulundurarak yer aldığı coğrafyada var olan malzemelerle iklime duyarlı olarak inşa edilen yapı kültürünü temsil eder. Bu tür yapıların uzun zaman boyunca tercih edilmesi talep edilen ihtiyaçlara çözüm getirdiğini göstermektedir. Günümüzde yapıların artan enerji tüketimine karşı çözüm arayışlarında yöresel mimari örneklerinin önemi dikkat çekmektedir. Bu kültüre ait yapılarda kullanılan malzeme seçimi, yapım tekniği, biçimsel özellikleri (plan tipi ve formu) sayesinde inşa sürecinden başlayarak yapının kullanımı süresince enerji tüketimi minimuma düşmektedir. Harran Kubbeli Evleri (HKE) de bu tür yapıların özelliklerini gösteren özgün yöresel sivil mimarlık örneğidir.

Çalışmanın amacı HKE'nin performans değerlendirmesini termal konfor ve pasif iklimlendirme bağlamında analiz ederek elde edilecek sonuçların farklı tipolojilerdeki yansımalarını değerlendirmektir. Böylece tek bir yapı yerine tipoloji odaklı karşılaştırmalı analizle tasarım kriterleri belirlenmeye çalışılarak sistematik bir bakış açısı ile değerlendirme yapılmak istenmiştir.

Bu kapsamda yapılan literatür taramalarında HKE'nin gelişim süreci, biçimsel özellikleri, strüktürel yapısı, malzeme ve yapım tekniği ile iklimsel özellikleri araştırılarak performans odaklı tasarım yaklaşımları ve performans kavramının mimarideki karşılığı üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Giriş bölümünde araştırma konusunun belirlenmesindeki etkenler, çalışmanın kapsamı ve araştırma yöntemi açıklanmaktadır.

Harran Kubbeli Evleri bölümünde bu yapıların tarihsel kökeni, biçimsel özellikleri plan geometrisi ve kubbe geometrisi başlığı altında incelenerek zaman içerisindeki gelişimi açıklandıktan sonra malzeme bilgisi ve yapım tekniği hakkında detaylara yer verilmiştir. Bu bölüm saha araştırması kapsamındaki gözlemlerle desteklendikten sonra devamında birim–modül yapısından kaynaklanan tipolojik özelliklerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde performans odaklı yaklaşımların gelişim süreçleri hakkında bilgi verilip performans kavramının mimarideki karşılığı açıklanarak değerlendirme ölçütleri açıklanmıştır.

Çalışmanın konusunu oluşturan dördüncü bölümde benzer çalışmaların içeriğinden bahsedilip araştırmanın kapsam ve kısıtları anlatılmıştır. Termal konfor ve pasif iklimlendirme bağlamında yapılacak performans analizi sonuçları değerlendirilmektedir. Yapılacak analizlerin tasarım sürecindeki bir yapıda performans kriterlerini bütüncül bir yaklaşımla belirleyebilmesine olanak sağlaması

için altı farklı tipolojinin analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bunun için seçilen yapıları sayısal ortama aktarmak için Rhinoceros 6.0 programı üzerinden 3-boyutlu modellemesi yapılarak benzetime hazır hale getirilmiştir. Termal konfor analizi için Energy Plus programı üzerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Pasif iklimlendirme analizi için web tabanlı CFD benzetimi olan Simscale programı kullanılmıştır.

Son bölümde ise elde edilen sonuçların genel değerlendirmesi yapılıp sonuçlar tartışılmaktadır. Çalışmanın zorlayıcı yönleri ve ileriye dönük yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmektedir.

EVALUATION OF GEOMETRIC FEATURES AND CONSTRUCTION TECHNIQUE OF HARRAN HOUSES IN CONTEXT OF COMPUTATIONAL PERFORMANCE

SUMMARY

Local civil architecture represents the building culture, which has been shaped in line with the needs without professional intervention in the historical process, and has been built with the materials available in the geography, taking into account the physical and cultural characteristics of the environment in which they are located, sensitive to the climate. The fact that such buildings have been preferred for a long time shows that they provide solutions to the demanded needs.

The energy crisis in recent years has led people to reduce their energy consumption. Buildings account for 30-40% of energy consumption in the world. Modern buildings experience great energy losses both during the construction process and during use. Today, the importance of local architectural examples draws attention in the search for solutions against the increasing energy consumption of buildings. Thanks to the material selection, construction technique and formal features (plan type and form) used in the buildings belonging to this culture, energy consumption decreases to a minimum during the use of the building, starting from the construction process.

Harran Domed Houses (HDH) is a unique example of local civil architecture showing the characteristics of such buildings. It reduces energy consumption as it can be built quickly thanks to its construction technique. In addition, the material used in the building can be reused because it is sustainable. Another feature of HDH is passive air conditioning. Thanks to passive air conditioning, the thermal comfort of the building is provided without the need for energy consumption.

The aim of the study is to analyze the performance evaluation of HDH in the context of thermal comfort and passive air conditioning and to evaluate the reflections of the results to be obtained in different typologies. Thus, instead of a single building, it was desired to make an evaluation with a systematic perspective by trying to determine the design criteria with a typology-oriented comparative analysis.

The aim is to emphasize the close relationship between the local environment of the city of Harran and sustainability. In this study, the domed houses, natural ventilation performance, climatic data and insulation properties of the materials used in the houses were investigated in Harran, a district of Şanlıurfa province in the southeast of Turkey. We try to find the balance between the environment and sustainability. HDH gives the messages of good harmony of nature with human life with the concepts of healthy environment, clean production, climatic building design and reusable building materials. Located in the hot and dry climate zone, the domed houses of Harran are notable examples of good design for a sustainable future.

In this context, the development process, formal features, structure, material and construction technique and climatic characteristics of HDH were investigated in the

literature reviews, and studies on performance-oriented design approaches and the equivalent of the concept of performance in architecture were examined.

In the introduction, the factors in determining the research topic, the scope of the study and the research method are explained.

In the section of Harran Domed Houses, the historical origins and formal features of these buildings are examined under the title of plan geometry and dome geometry, and their development over time is explained, and then details about the material information and construction technique are given. After this section is supported by the observations within the scope of the field research, the typological features arising from the unit-module structure are mentioned in the continuation.

In the third chapter, information about the development processes of performance-oriented approaches is given and the equivalent of the concept of performance in architecture is explained, and evaluation criteria are explained.

In the fourth chapter, which is the subject of the study, the content of similar studies is mentioned and the scope and limitations of the research are explained. In the scope of data preparation an onsite survey of one unit has been measured in detail. All other houses are documented schematically as metadata including spatial features and relations such as tents, extensions, courtyard walls, modular structure of the units. Precision measurements through three-dimensional scanning was not preferred. The different typologies and more complex spatial organizations are formed through a bottom-up approach based on the multiplication of the individual unit. In the simulation model, plan geometry and height of a unit is taken as a constant. In addition the surface curvature is taken as another constant. The orientation of the HDH is approached as a variable in the case study, as well as varying openings such as windows and doors.

The formation of HDH has evolved under the influence of many factors over a period of centuries. It can be asserted and empirically observed that the formation of HDH typologies respond to the needs of environmental conditions and energy efficiency. In this context, this study aims to reveal the energy efficiency potentials of HDHs through numerical models as a proof of concept study. The way HDH performs in the terms of passive climatization, thermal comfort, and daylight investigated. This study differs from the previous research in two ways. Approaching HMH through multiple performance criteria in the context of environmental comfort and comparing the performances of HMH with a typology-based classification instead of evaluating merely an individual house.

In order to enable the analyzes to be made to determine the performance criteria of a building in the design process with a holistic approach, the analysis results of six different typologies were examined comparatively. For this, 3-dimensional modeling was made on the Rhinoceros 6.0 program to transfer the selected structures to the digital environment, and they were made ready for simulation. For thermal comfort analysis, the results obtained through the Climate Studio program were evaluated. ClimateStudio is an advanced daylighting, electric lighting, and conceptual thermal simulation software developed by Solemma LLC. It supports a series of environmental analysis workflows for buildings and neighborhoods including annual illuminance simulations for LEED v4 daylighting credits, glare and thermal comfort distributions in daylit and artificially lit spaces, as well as annual and seasonal radiation map analysis for urban massing and shading design studies.

The Location panel is used to specify the site's geolocation and weather data, based on the closest available weather file. ClimateStudio uses Typical Meteorological Year (TMY) weather files, which contain measured hourly data for a variety of physical quantities that are required for environmental performance analysis, including direct and diffuse solar radiation, temperature, relative humidity, and wind speed and direction. Simscale, a web-based CFD simulation, was used for passive climate analysis.

In the last section, a general evaluation of the obtained results are discussed. The challenging aspects of the study and future studies are mentioned.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Motivasyonu ve Arkaplan

Yöresel sivil mimarlık, tarihsel süreç içerisinde mimarlık konusunda bir eğitim almamış kişiler tarafından ihtiyaçlar doğrultusunda biçimlendirilmiştir. Öte yandan, yöresel sivil mimari hem bulunduğu coğrafyanın fiziksel ve kültürel özelliklerini göz önünde bulunduran hem de yer aldığı coğrafyada var olan malzemelerle iklime duyarlı olarak inşa edilen yapı kültürünü temsil etmektedir. Bu kültüre ait yapılar mekansal ve işlevsel ihtiyaçları yanı sıra strüktürel, termal ve akustik gibi çeşitli performans kriterlerine cevap vermek üzere şekillenmiştir. Mekansal ve fiziksel çevreye bağlı faktörlerin dışında, yapım tekniği ve yerelde mevcut olan malzemeler, çeşitli yapı türlerinin gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır.

Bu bağlamda, arı kovanı formunda ve bulunduğu coğrafyadaki doğal malzemelerin kullanıldığı yapı tipolojisi Suriye, Hindistan (Chel ve diğ, 2010), Türkiye (Şahinalp, 2012), İtalya (Dipasquale ve Silva, 2009; Stefanizzi ve diğ, 2016), ve Libya (Awotona, 1990) gibi geniş bir coğrafyaya yayılmıştır. Arı kovanı formundaki evler ve onların çağdaş yorumları (Ramirez, 2000) günümüzde de, eski zamanlarda inşa edilen emsallerinin dışında, birçok coğrafyada aktif olarak inşa edilmektedir. Bu tür yapıların uzun zaman boyunca tercih edilmesi talep edilen ihtiyaçlara çözüm getirdiğini göstermektedir. Bu nedenle, günümüzün çevreye duyarlı tasarım çözümlerine potansiyel katkılarını açığa çıkarmak açısından yöresel sivil mimarilerin ve öncüllerinin günümüzün hesaplamalı tasarım araçlarıyla yeniden incelenmesi önem taşımaktadır (Duarte ve diğ, 2021; Stefanizzi ve diğ, 2016).

Arı kovan evlerinin iyi korunmuş bir örneği ve UNESCO Dünya Mirası Geçici Listesi'nde yer alan Harran Kubbeli Evleri (HKE), Türkiye'nin Şanlıurfa iline bağlı Harran ilçesinde bulunmaktadır. Yazılı literatürde, HKE'nin tarihsel arka planı, konumu, boyutları, biçimsel ve mekansal organizasyonu, yapı bileşenleri, yapı malzemesi (Baran ve Yılmaz, 2018) ve yapım tekniği (Özdeniz ve diğ, 1998) üzerine çalışmalar yapılmıştır. HKE'ni betimsel, ampirik ve sayısal açıdan inceleyen

çalışmalar olmasına rağmen (Başaran, 2011; Yıldırım ve diğ, 2017), bu çalışmalar çoğunluklar küçük örneklem kümeleri (tek bir birim veya birkaç birim) ile araştırmalarını ilerletmektedir. Öte yandan, HKE'nin sistematik dokümantasyonu, sınıflandırılması, birden çok çevresel performans kriterine göre incelenmesi ve performanslar üzerinden yapı tipolojilerinin karşılaştırılması konularında literatürde eksiklikler bulunmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Yaşamımızın çoğunu geçirdiğimiz yapılı çevreyi oluşturan mekanların performanslarının insan yaşamı üzerinde önemli etkisi vardır. Bu yüzden yapı tasarım süreci, kullanıcının ihtiyaçlarını karşılarken yapıların daha iyi bir performans göstermesinde önemli bir rol oynamaktadır. Performans bir şeyi yapabilme yeteneği veya bir yükümlülüğün yerine getirilmesi olarak açıklanabilir. Performans gereklilikleri, fonksiyonel talepleri mühendislik ölçütlerine dönüştürür. Bu ölçütler yapının tasarım sürecinde hesaplama, bilgisayar benzetimi ve/veya prototip testi kullanılarak tahmin edilip oluşturulur.

Bu tezin amacı geleneksel sivil mimari örneklerine sistematik bir bakış açısıyla yaklaşarak, günümüzün enerji verimli ve döngüsel tasarım yaklaşımları için performans tabanlı tasarım ilke ve ilişkilerini ortaya koyabilecek bir soruşturma yürütmektir. Bu bağlamda tez kapsamında HKE araştırma nesnesi olarak ele alınmıştır. Tek bir yapının performans analizini araştıran mevcut çalışmalardan farklı olarak, daha iyi bir sürdürülebilir çevre için tipoloji odaklı bir yaklaşımla karşılaştırmalı analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında performans analizi olarak termal konfor, görsel konfor ve doğal havalandırma analizleri seçilmiştir.

1.3 Tezin Kapsamı

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin Şanlıurfa ili Harran ilçesinde bulunan HKE, tipoloji odaklı bir yaklaşımla çözümlenmiştir. Çalışma alanında yapıların bir kısmı terkedilmiş, bir kısmı bakımsızlıktan dolayı harabeye dönmüşken bir kısmı da depo, ahır veya turistik amaçlı kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında bölgede tespit edilen 32 farklı yapı çalışmaya dahil edilmiştir.

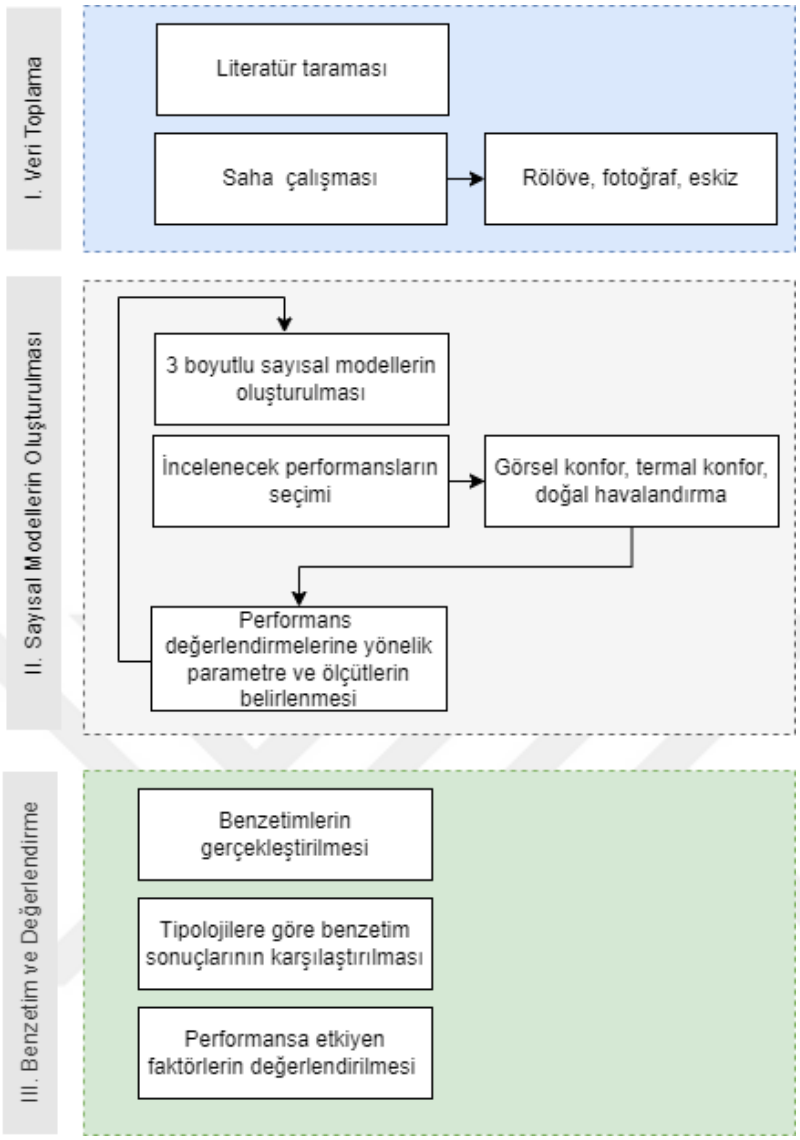
Bu çalışma önceki araştırmalardan iki yönden farklılık göstermektedir. HKE'ni çevresel konfor bağlamında çoklu performans kriterleri üzerinden yaklaşmak ve sadece tek bir yapıyı değerlendirmek yerine, HKE'nin performanslarını tipolojiye dayalı bir sınıflandırma ile karşılaştırmaktır.

1.4 Tezin Yöntemi

Çalışmada üç aşamalı bir araştırma yöntemi kullanılmıştır. Yapılan literatür taraması ve saha çalışması sonucunda HKE hakkında gerekli bilgiler elde edildikten sonra performans kavramıyla ilişkisi irdelenmiştir. Sonrasında, incelenecek performanslar seçilmiş, performans değerlendirmelerine yönelik parametre ve ölçütler belirlenmiş ve HKE'ne ait 3-boyutlu sayısal modeller hazırlanmıştır. Son olarak, HKE'i için performans benzetimleri gerçekleştirilmiş ve farklı tipolojilere sahip HKE'i için elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak performansı etkileyen faktörlerin tespit edilmeye çalışılmıştır (Şekil 1.1).

Çalışmanın literatür taraması aşamasında, HKE'nin biçimsel özellikleri, mekansal özellikleri, ve tipolojik özellikleri sunulmuştur. Sonrasında, saha çalışması yapılarak yapıların mevcut durumları tespit edilmiştir. Saha çalışması kapsamında tespit edilen 32 HKE'nden iki tanesinin rölövesi alınmış ve ayrıca mekansal organizasyonu incelenmiştir. HKE üzerinde yapılan literatür çalışması sonrasında performans odaklı tasarım yaklaşımının gelişim süreci, standartlar ve değerlendirme modelleri araştırılmıştır.

Performans analizlerinin yapıldığı bölümde, öncelikle 32 HKE altı ana tipoloji altında sınıflandırılmıştır. Tipolojik olarak sınıflandırılabilir olmalarına rağmen, HKE örnekleri herhangi bir kural seti veya ölçü sistematiğini referans almadıkları için birbirinden farklılaşmaktadır. Bu nedenle, bir birim modülden veya modüllerin tekrarından oluşan HKE'nin analizini yapabilmek için saha çalışmasında incelenen yapıların ölçülerinden bir ortalama büyüklük belirlenmiştir. Bu sayede, seçilecek tipolojilerde yapılacak termal konfor, görsel konfor ve doğal havalandırma bağlamında performans ölçümü sayısal analiz yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. HKE'nin malzeme ve yapım tekniğine bağlı değişkenler ve sabitler analizlerin gerçekleştirildiği program arayüzünde tanımlı olan seçeneklerden HKE'ye en yakın sayanlar seçilmiştir.



Şekil 1.1 : Tezin yöntem diyagramı.

1.5 Araştırma Soruları

Araştırma soruları şu şekilde sıralanabilir:

- HKE'lerin sistematik bir dokümantasyonunu ve sınıflandırmasını yapmak mümkün müdür?
- HKE üzerinden termal konfor, görsel konfor ve doğal havalandırma bağlamında güncel tasarım ve inşa süreçlerine uygulanacak hangi ilkeleri tespit edebiliriz?
- HKE'lerin hangi tipolojilerin tekil veya çok sayıda performans kriteri üzerinden daha başarılı olduğunu ortaya koyabilir miyiz?

2. HARRAN EVLERİ

Tarihsel süreç içerisinde farklı coğrafyalarda kültür alışverişiyle aktarılarak gelen bilgi birikimi sayesinde, farklı yapım teknikleri ve farklı malzemelerin kullanılmasıyla geniş bir yapı kültürü oluşmuştur. HKE bulunduğu bölgede sahip olduğu yapı kültürü, çevreye ve iklime duyarlı oluşuyla ön plana çıkan bir yöresel sivil mimari türüdür. Harran üzerine yapılan çalışmalar genellikle şehrin tarihi, katmanları ve arkeolojik kalıntılar üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar yanında, Harran sivil mimarisi üzerine yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu bölümde, HKE'nin biçimsel özellikleri, malzeme ve yapım tekniği, mekansal organizasyonu, tipolojik özellikleri ve son olarak mevcut durumu incelenecektir.

2.1 Biçimsel Özellikleri

Harran'da bulunan ve özgün bir forma sahip Harran Kubbeli Evler (HKE) Mezopotamya ve Anadolu yerel mimarisinin özgün bir örneği olarak ön plana çıkmaktadır. Günümüzde Anadolu'nun farklı yerleşim yerlerinde kerpiç, tuğla, taş gibi doğal malzemelerin ana yapı malzemesi olarak kullanıldığı benzer yapı formlarıyla, Harran'a yakın konumda bulunan Suruç'ta da (Eres, 2016) karşılaşılmaktadır (Şekil 2.1). Suruç'ta bulunan sivil mimari örnekleri kullanılan yapı malzemesi bakımından HKE'nden farklılaşmaktadır. Bunun dışında farklı malzemelerin kullanıldığı benzer yapı formları Güney İtalya'da (Germen, 1974) (Şekil 2.2), Suriye'nin Hama ve Humus bölgelerinde (Rovero ve Tonietti, 2012) ve Libya'nın Fezzan ve Kufra bölgelerinde (Awotona, 1990) halen varlığını sürdürmektedir.



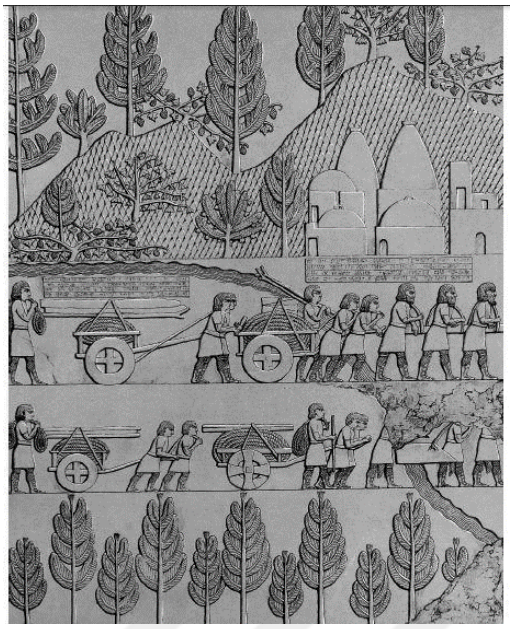
Şekil 2.1 : Suruç'ta bulunan terkedilmiş kubbeli yapı örneği (Eres, 2016).

Klasik mimaride “tholos” terimiyle de ifade edilen yuvarlak yapı geleneği Akdeniz çevresinden Kafkasya’ya kadar büyük bir coğrafi alana yayılmıştır. HKE’nin yer aldığı Mezopotamya yeryüzündeki en eski kubbeli ev geleneğine sahip yerdir. Kubbeli evlerin tarihi, düz damlı evlerin tarihi kadar eskidir. Musul yakınlarındaki Arpachiyah’ta, Tiflis yakınlarındaki Schulaveri’de, ve Kıbrıs-Khirokitia’da bulunan kubbeli ev bulguları M. Ö. 4000 yıllarına tarihlenmektedir (Akın, 1985).



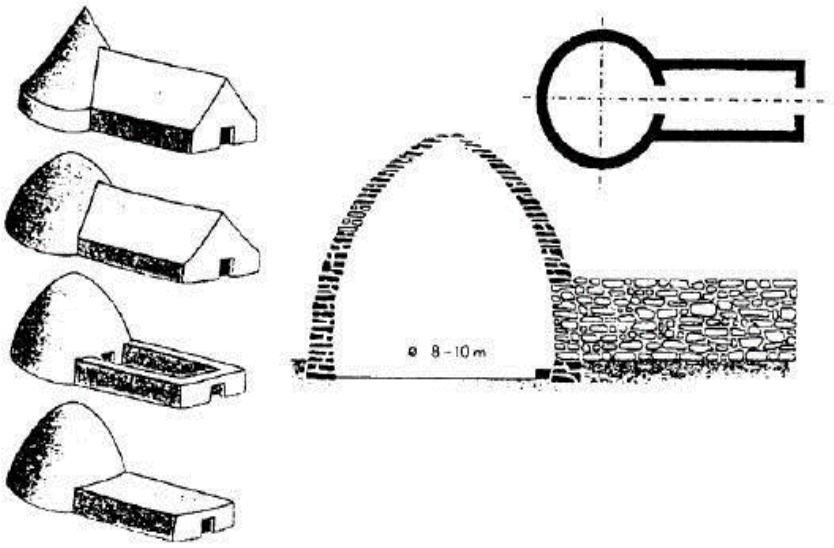
Şekil 2.2 : Güney İtalya’da bulunan yöresel yerleşmeler (Todisco ve diğ, 2017).

Harran evlerinin kökenini Mezopotamya uygarlıklarında aramak mümkündür. M.Ö. 2500-600 yılları arasında Mezopotamya bölgesinde güç sahibi olan Asurlular’a ait bir rölyefte benzer yapı formlarına ait temsillere rastlanmıştır. Eres’in (2016) bahsettiği üzere günümüzde Dicle Nehri’nin batı kıyısında Musul şehrinin yakınında bulunan ve bir dönem Asur Devleti’ne başkentlik yapmış olan Ninova Antik Kenti’nde Kouyunjik’teki Sennacherib Sarayı’nda bulunan ve M.Ö. 7. yüzyıla tarihlenen bir rölyef sayesinde bölgedeki kubbeli yapıların tarihçesi hakkında daha net bilgiler elde edilmektedir. Rölyefteki kabartmada yer alan görselin arka planında farklı geometrilere sahip kubbeli konut yapılarının bulunması, o dönemin mimarisinde de benzer formların var olduğunu göstermektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Ninova Antik Kenti'nde bulunan bir rölyef (Layard, 2005).

Müller ve Vogel (1977) Mezopotamya'daki kazılarda M.Ö. 700 yıllarında kubbeli kısmın kubbesi 8 - 10 m arasında değişen ölçülerdeki kubbeli konut yapıların, kare planlı avlu veya kare planlı odayla beraber kullanılan yapı biçimlerinden bahseder (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 : M.Ö. 700 yıllarına ait kubbeli yapılar (Müller ve Vogel, 1977).

2.1.1 Plan geometrisi

Günümüzde HKE kısmi kullanımda olması, Harran bölgesinde geleneksel kırsal yaşam biçiminin tüm yönleriyle sürdürülmemesi, yapıların çoğunun terkedilmiş olması, yapıların depo veya ahır olarak kullanılması, yapıların mekansal organizasyonunu ve işleyişini anlamayı zorlaştıran faktörlerdir. Ancak, HKE ile ilgili

yapılmış önceki çalışmalar incelenerek mekansal kurguları belli bir oranda kavramak mümkündür. Böyle bir yaklaşım da HKE plan yapısını biçimlendiren geleneksel bir köylü ailesinin yaşam döngüsünü ayrıntılı bir biçimde incelemek için yeterli olmadığından, yapı içindeki mekanların işlevinin tanımlanamadığı söylenebilir. Bu nedenle bu yapıların kültürel ve işlevsel kullanımlarından ziyade teknik özellikleri açısından incelemelerin yapılması daha sağlıklı bulunmuştur. Yapıların mekan biçimlenişi, tipolojik özellikleri, birimlerin bir araya geliş biçimleri incelenmiştir. Konuyu bu bakış açısıyla ele aldığımızda denilebilir ki, HKE yapı sistemi bir veri bankası olarak farklı coğrafyalardaki farklı dönemlere ait benzer formdaki başka yapıları değerlendirmede de yararlı olabilir. Başka çalışmalarda yararlı olacak ve bu çalışmayı katmanlaştıracak gelişme, günümüzdeki benzer yapı geleneklerinin bulunduğu farklı coğrafyalardaki yerel mimari geleneklerin de benzer yöntemlerle incelenmesi ve bunların karşılaştırılmasıdır.

Günümüze kadar ulaşabilen HKE örneklerinin 70 – 150 yıl kadar eski olduğu yerel halk tarafından söylenmektedir.Tarih süresince plan tipi, temel ve duvar yapısında, formu ve yapım tekniğinde bazı değişikliklere uğramıştır. 20. yüzyıla ait bir fotoğrafta (Şekil 2.5) yapının kubbe kısmının zeminden başladığı görülmektedir. Günümüze ulaşan örneklerinde ise kubbenin daha çok kare planlı duvar üzerinde yükseldiği ve yalnızca üst örtünün kubbe biçimli olduğu gözlenmektedir (Özdeniz ve diğ, 1998).

Harran'da üç tür yapı çeşidi tespit edilmiştir. Bu çalışmada bahsedilen yapı tiplerinden dairesel planlı ve zeminden kubbeli olan asal tip, temeli kare planlı olup zeminden az miktar yükselen dairesel planlı ve kubbenin hem duvar hem de üst örtü işlevi gördüğü tip ve kare temel ile başlayıp kare planlı, kubbe üst örtülü olan tip olmak üzere üç ayrı bölümde incelenmiştir.

2.1.1.1 Dairesel plan

Eski fotoğraflarda ve bazı mevcut yapılarda evler yuvarlak planlı ve zeminden itibaren eğrisel örtülü yapıdadır (Şekil 2.5). Dairesel bir hat üzerinde yükselen duvarda kapı ve pencere açıklıkları lento veya kemer yardımıyla oluşturulduktan sonra tuğlalar bir miktar iç mekana doğru kaydırılarak duvar 2-3 metre örülür. Sonrasında ise kaydırma miktarı biraz daha artırılarak duvar istenilen ölçüde yükseltilir. Parabolik kubbe biçimini alan yapının tepe noktasındaki açıklık 20-30 santimetre olduğunda duvar örgüsü bitirilip yapının dış yüzeyi kerpiç ile sıvanmaktadır (Rovero ve Tonietti, 2012).



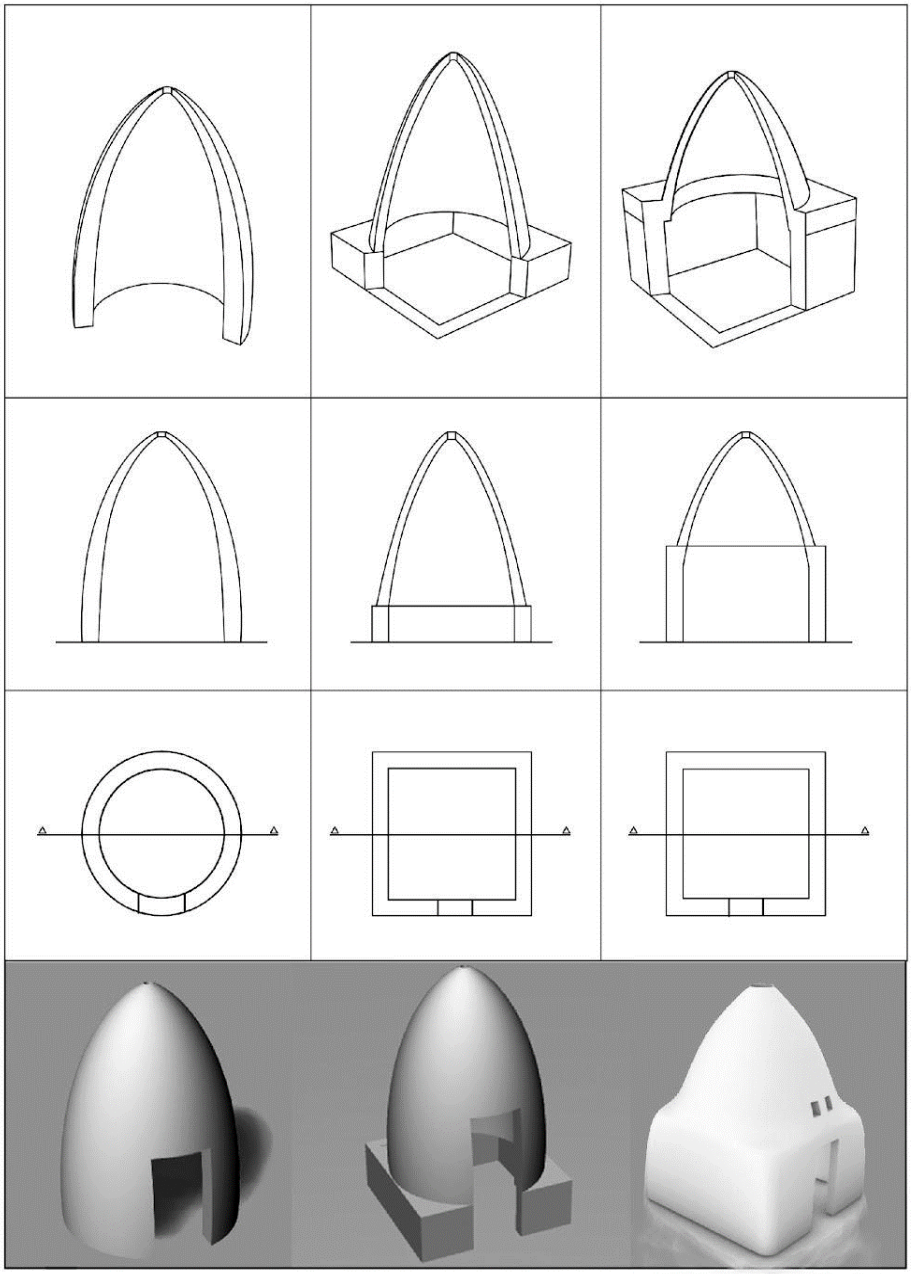
Şekil 2.5 : 1900'lü yılların başında Harran (Bulle, 1907).

Dairesel planlı ve zeminden kubbeli olarak başlayan yapıların iç mekanının kullanıcı pratikleri açısından işlevsel ve konforlu olmadığı ve insan ölçeği açısından kısıtlayıcı olduğu göz önüne alındığında, günümüzde bu yapı tipinin barınma için tercih edilmediği söylenebilir. Yapılan gözlemlerde bu tip yapıların daha çok depo ve ahır gibi ikincil amaçlar için kullanıldığı gözlemlenmiştir.

2.1.1.2 Kare temel ve dairesel plan

''Banse (1912), yuvarlak planlı ve kubbesi zeminden başlayan yapı türünü "asal tip" olarak nitelendirmiş; yine yuvarlak planlı ve tepesi kesik konik biçimli formu ikinci aşama; bir ayak yüksekliğinde dik duvarı olan kubbeli yapıyı üçüncü aşama; bir insan boyu yüksekliğinde dik duvarı olan ve üzeri kubbe ile örtülü yapıyı da en gelişkin ve konforlu yapı olarak tanımlamıştır.''(Eres, 2016).

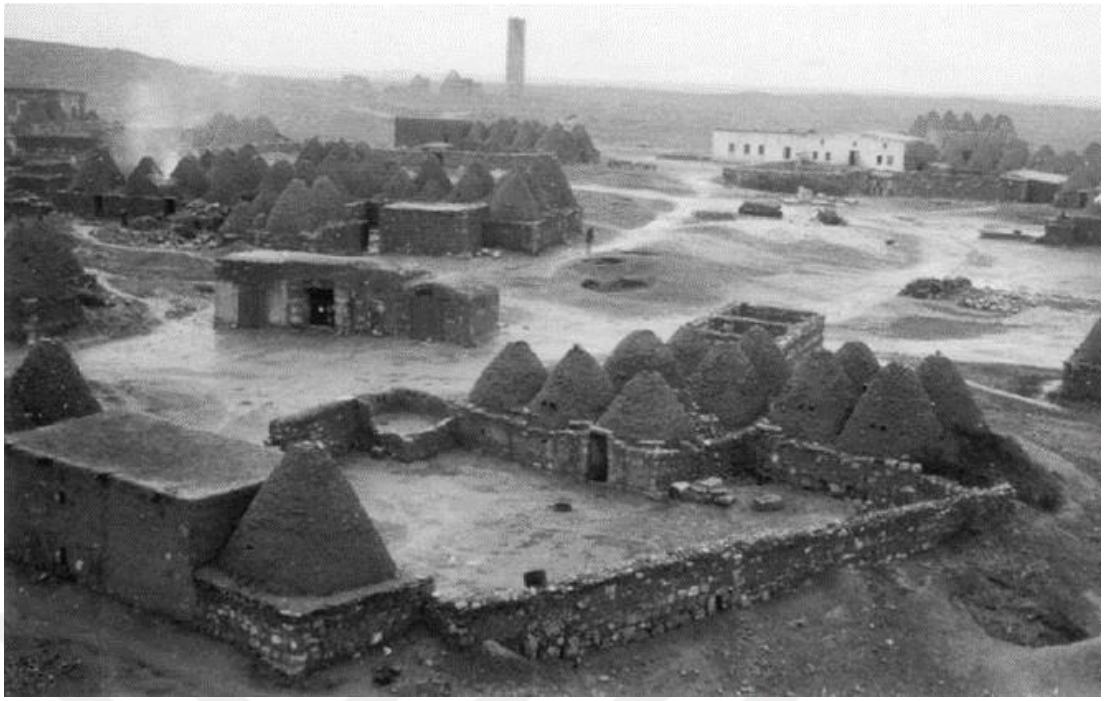
Bu biçimde ise üçüncü aşama olarak bahsedilen temel biçimi kare olup bir ayak yüksekliğinde dik duvarı olan ve kubbenin bu duvarın üzerinde yükseldiği yapı biçimidir. Bu yapı tipi de tek birim olarak kullanılıp acil ihtiyaçlar doğrultusunda inşa edilmektedir. Kubbenin zeminden başladığı örneğe göre strüktürü daha dayanaklıdır. Ama işlevsellik anlamında kullanıcılarının ihtiyaçlarına cevap vermede yetersiz kalmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : 3 farklı birim modül tipolojisi.

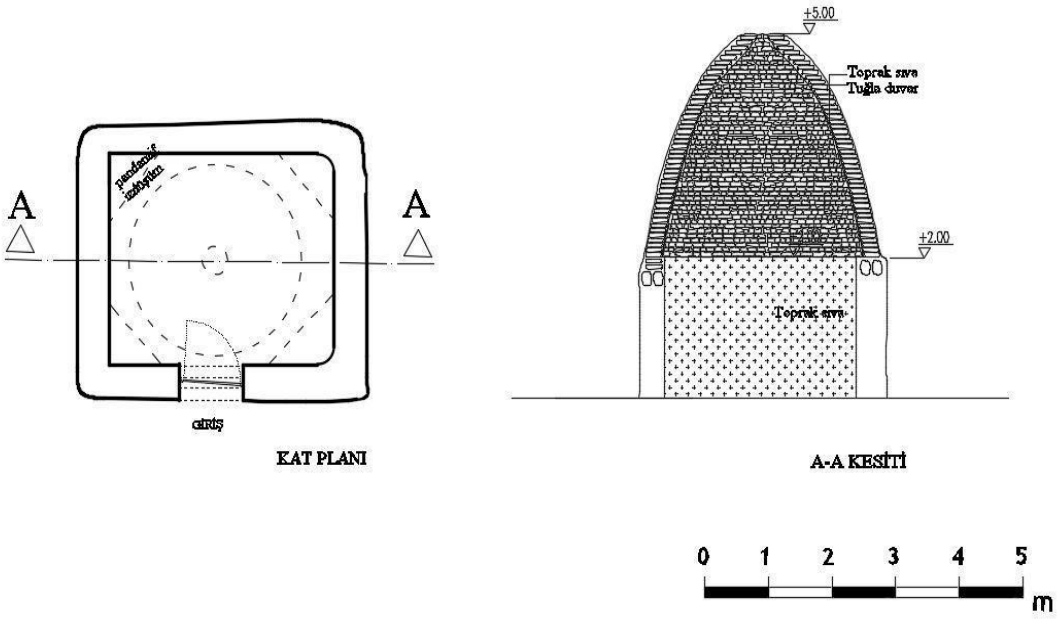
2.1.1.3 Kare temel ve kare plan

Kare temel üzerinde yükselen insan boyu yüksekliğindeki duvarı olan ve kubbenin bu duvar üzerine yerleştiği yapı tipidir. Birçok birimin bir araya gelmesine daha elverişli olan bu yapı tipi mekan organizasyonunda sağladığı esneklikle farklı ve değişen ihtiyaçlara cevap verebilmektedir. Layard'ın 1853 yılında yayımlanan gezi kitabında da Halep çevresinden bir köy çiziminde evler kare planlı ve kubbeli olarak betimlenmiştir (Layard, 2005). En yaygın olan yapı tipidir (Şekil 2.7; Şekil 2.8).



Şekil 2.7 : 1960'lı yılların ortasında Harran (Mehmet Özdoğan Arşivi).

20. yüzyıl başında ve ikinci yarısına tarihlenen ve hemen hemen aynı açıdan çekilmiş iki fotoğraf arasındaki önemli farklar, kırsal mimarinin kısa zamanda hızla değişebildiğini göstermektedir. Yüzyıl başında çekilen fotoğrafta yapıların çevresinin eski yapı kalıntılarıyla çevrili olması ve ayaktaki yapıların moloz yığını üzerinde konumlanmış görüntüsü de, bu tarihten bir süre önce yerleşmede büyük farklılıkların olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.8 : Birim modül plan ve kesiti.

2.1.2 Kubbe geometrisi

Tuğla bindirme kubbe, iç açıklığı 3-4 m olan kare ya da kareye yakın dikdörtgen biçimli birim mekanların örtülmesinde kullanılır. Kubbenin arı kovanı biçiminden kaynaklanan eğrisel yüzeyi güneş ışınlarını yansıtmakta ve tuğla duvar yapısı da yalıtım işlevi görerek yazın iç mekanın pasif iklimlendirme yoluyla serin kalmasını sağlamaktadır. Kubbenin en üst noktasında bırakılan bir açıklık sayesinde de kapı veya pencereden giren hava, mekan içinde doğal havalandırma ile hava dolaşımını oluşturur. Kışın ise yapı malzemelerinin sahip olduğu termal özellikleri sayesinde ısınmak maliyetleri azalmaktadır (Şekil 2.9). Kısa bir süre içerisinde hızlıca inşa edilmeye elverişli yapım tekniği sayesinde zaman konusunda büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu yüzden bölgede geleneksel çiftçi yaşam biçiminin hakim olduğu dönemlerde HKE kullanıcıları için oldukça rahat yaşam olanakları sunmuştur.



Şekil 2.9 : Harran Kubbeli ev örneği.

2.1.2.1 Eğrilik

Kubbeler yerel halk tarafından sezgisel olarak ve projelendirilmeden inşa edildiği için herhangi bir standart ölçüye sahip değildir. Bu yüzden ustanın el yordamına ve mevcut malzeme miktarına göre kubbelerin eğriselliği değişmektedir.

“Harran evlerinde kullanılan kubbeler parabolik şeklinde gelişip uygulanmıştır. Bu formun oluşmasının nedeni bindirmeli kubbe tekniğinin, merkezden dairesel olarak

yukarı yükselirken kubbenin üzerindeki yükün büyük bir bölümünün basınç yükü olarak taşıyıcı duvarlara aktarılmasıdır. Bu nedenle kubbenin boy kesiti yarım daire değil parabolik/konik biçiminde gelişmiştir (Yıldırım, 2015).”

2.1.2.2 Yarıçap

Kubbelerin eğriselliğindeki durum burada da geçerli olduğu için ölçü olarak bir aralık belirleyebiliriz. Böylece kubbenin çapı 3-4 metre arasında değiştiği gözlenmektedir.

2.2 Malzeme ve Yapım Tekniği

Bindirme kubbeli yapılar, kare planlı bir mekanın üzerinin eğrisel bir örtü ile kapatılmasıyla oluşturulur (Şekil 2.10). Kubbe; kerpiç, taş ya da tuğla ile örülebilir. Harran’da tuğla, Suruç ve Suriye’de kerpiç, İtalya’nın Trulya bölgesinde ise taş kubbe geleneği vardır. Bu bölümde HKE yapılarındaki tuğla bindirme kubbe sistemine odaklanılmıştır. Bu yapı sisteminde her bir tuğla sırası alttakinden biraz iç mekana taşırılarak mekan açıklığı azaltılarak kubbe oluşturulur. Bu şekilde mekanın üzeri örtülene kadar kubbe elemanı inşa edilirken tuğlaların katman katman üst üste bindirilmesiyle 20-30 santimetre kalınlığında ve tepe noktasında açıklık bırakılarak parobolik biçimli bir kubbe elde edilmiş olur. Germen (1974)’in bölgedeki bir ustadan aktardığına göre tek bir kubbenin inşası için yaklaşık 1300 tuğla gerekir ve günde iki kubbe inşa edebilen usta, malzemeleri de antik kalıntılardaki devşirme malzemelerden temin ediyordu.

Yapı temelinin yapımında, çevredeki harabe yapılardan elde edilen devşirme taş malzemesinin kullanıldığı gözlenmektedir. Ancak bazı yapılarda ise doğrudan harabenin kalıntıları üzerine inşa edildiği örnekleri de mevcuttur.



Şekil 2.10 : Kubbenin içten görünümü.

1940'lı yıllarda Harran'da bir tuğla kubbe inşaatını gözlemleyerek bir çalışma yayımlayan Brice ve Donmez (1948), bir kubbenin üç saat içinde örüldüğünü belirtmişlerdir.

2.2.1 Yapı malzemesi

HKE inşa edilirken çevreden kolay bir şekilde temin edilebilecek kireç taşı, pişmiş tuğla ve kerpiç gibi doğal malzeme seçimine gidilmiştir. Yapıların hasar görmesi, yıkılması veya başka bir yere taşınmak istenmesi durumunda yapı inşasında kullanılan malzemeler tekrar kullanılabilmektedir (Şekil 2.11). Bu malzemeler yapıların bulunduğu yerin yakınında olan Harran harabelerindeki antik yapılardan arta kalan yıkıntılardan temin edilen 'devşirme malzemeler'dir. Brice ve Donmez (1948) de inşa sürecine yerinde tanıklık ederek harabelerden çıkarılan pişmiş tuğlaların ve kireç taşı bloklarının kullanıldığından bahseder. Harç olarak ise Harran Ovası'nda bulunan ve kerpiç yapımına elverişli olan toprak, kerpiç çamuru hazırlamak için kullanılır. Temel kısmında büyük ölçülerdeki kireç taşı bloklarının tercih edildiği gözlemlenmiştir. Duvar kısmında ise kireçtaşı yoğunlukta olmak üzere kireç taşı ve pişmiş tuğla kullanılırken kapı ve pencere açıklıkları için kireç taşı blokları kullanılmaktadır. Kemer ve kubbe için de değişebilen ölçülerde pişmiş tuğla tercih edilir. Harç ve sıva için bölgedeki uygun toprak yapısından dolayı kerpiç kullanılır. Ama son dönemlerde inşa edildiği anlaşılan bazı yapılarda ise harç ve sıva için betonun kullanıldığı görülmüştür.



Şekil 2.11 : Devşirme tuğla örnekleri.

Düz çatı yapmak için gerekli olan malzemenin bölgede bulunmaması kubbeli mimariye yönelmedeki nedenlerden biri olarak görülebilir. Kubbeli mimarinin görüldüğü bölgede ovalık alanların kerpiç yapımına uygun toprak ile kaplı olması da, harç ve sıva yapımında bu tür yapıların inşaatını kolaylaştıran bir etken olarak değerlendirilmiştir.

Yapı malzemesi olanaklarının tanımladığı bu mimari biçimleniş, karasal iklim koşullarının söz konusu olduğu ve yazları çok sıcak geçen bölgede oldukça rahat bir iç mekan sağlamaktadır (Eres, 2016).

2.2.2 Yığma ve bindirme

Tuğla bindirme kubbe veya literatürde ‘corbelling dome’ veya ‘pseudo-dome’ diye de adlandırılan kubbeler, iç açıklığı 3-4 metre arasında değişen kare ya da kareye yakın dikdörtgen planlı mekanların üst örtülerini oluşturur. Yapının çatısını oluşturan kubbe, duvarın üstüne oturur.

Kerpiç, taş ya da tuğla gibi yapı elemanlarının kubbenin merkezine göre ışınsal olarak dizildiği kubbe sisteminden farklı olan bu yapı sistemi olan bindirmeli kubbe (pseudo-dome) yapı elemanlarının birbiri üzerine yatay biçimde taşırılarak yerleştirildiği, diğer bir deyişle “bindirme tekniği” ile inşa edilen bu tür kubbede her bir yapı elemanı yukarından gelen dikey ölü yükü aynı şekilde taşıyarak bir alt sıraya aktardığı için, geniş açıklıkları geçmek mümkün değildir. Bilindiği gibi gelişmiş (gerçek) kubbe sistemi ile büyük açıklıkları geçebilen anıtsal kubbeleri inşa etmek olanaklıdır. Bindirme kubbeli yapı sisteminin sağladığı mekansal olanaklar daha sınırlı olmakla birlikte, yapım sürecinde iskelesiz inşa imkanı ve hızlı bir şekilde inşa edilebilme gibi avantajlarından dolayı bu mimari gelenek ışınsal kubbe geliştirildikten sonra da varlığını sürdürmüştür. Bunun nedeni bu geleneğin gözlendiği bölgelerde coğrafi koşulların zorlaması, bir yandan da gelişmiş kubbe inşaatı için iskele gibi malzemeler

ile uzmanlaşmış ve çok sayıda usta gerekirken, bindirme kubbenin kalıpsız bir biçimde köylerde yetişen yerel ustalar tarafından inşa edilebilmesidir.

Yapının diktörgen dış çeperinde duvarlar örülmeye başlandıktan sonra kapı ve pencere açıklıkları, kireç taşı blokların lento olarak kullanılmasıyla geçilir. Ancak kapı açıkları bazen kemer ile geçilir. Daha sonra yapıyı, kubbelerin oturacağı kare birimlere ayırmak için geçişlerin olduğu ara bölmeler tuğla kemerler örülerek oluşturulur. Kemerler örülürken alt kısmına tuğlalardan oluşan geçici destek duvarı yapılır. Kemerlerin harcı sertleştikten sonra geçici destek duvarları kaldırılır. Eş birim hücrelere ayrılan yapıda kubbeler çapı 3-4 metre olacak şekilde döşenir. Ama öncesinde yapıyı çevreleyen ve ara bölmeleri oluşturan taş duvarlar veya kemerler 1,5-2 metre yüksekliğinde örüldükten sonra kubbe ve duvar arasında bir geçiş elemanına ihtiyaç vardır. Bu yüzden duvarın köşelerine 45° açıyla çapraz yerleşecek şekilde taş bloklar veya tuğla parçalar yerleştirilir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 : Kubbeli birimler arası kemerli geçiş.

Basit pandantif işlevi gören bu taş veya tuğla bloklar yapının iç kısmına doğru 1-2 santimetre kaydırılarak örülmeye başlanır. Her sıra alttaki sıradan biraz içeri doğru taşırılarak dairesel sıra elde edilir. Böylece kubbenin örülmesi için gereken dairesel hat ortaya çıkmıştır. Bu hat üzerine kaydırma yöntemiyle kubbe örülmeye başlanır (Şekil 2.13).



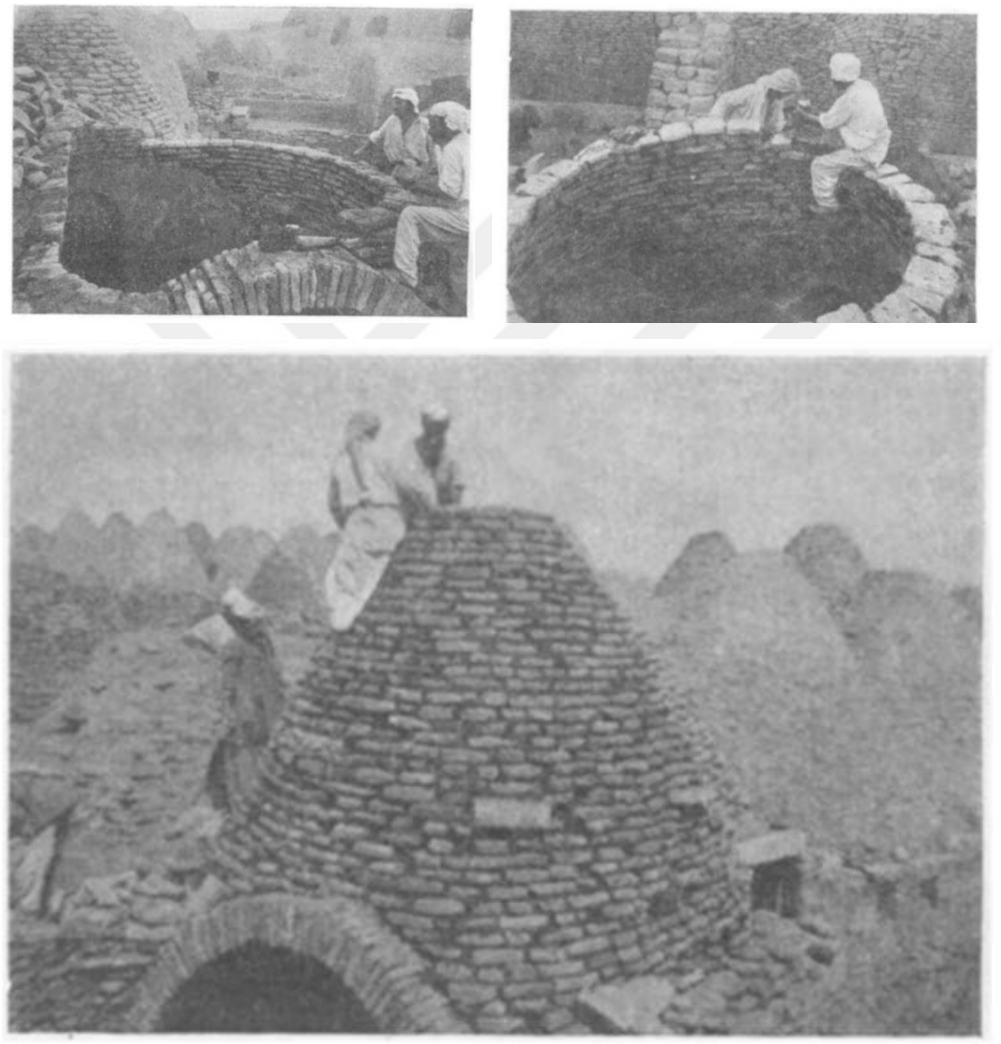
Şekil 2.13 : Harabe bir örnekte bindirme kubbe kesiti görünümü.

Kubbenin üst kısımlarına geçtikçe tuğla sıralarında yukarıdan gelen yük azalacağı için tuğlaları kaydırma miktarı biraz daha arttırılır. Tuğlaların değişen kaydırma miktarına bağlı olarak kubbenin kesiti yarımdairenin aksine parabolik eğri biçiminde olur. Her sırada azalan açıklık miktarı 20-30 santimetre çapında olana kadar tuğla örgü devam eder. Bazı kısımlarda kubbenin tamiratı için tuğla çıkıntı bırakılarak müdahalenin kolaylaşması sağlanır (Şekil 2.14). Kubbenin tepesindeki 20-30 santimetre çapındaki açıklık doğal havalandırmayı, ışığın iç mekana girişini sağladığından dolayı kapatılmaz. Ayrıca gün ışığından daha fazla yararlanmak amacıyla kubbenin ara kesimlerinde küçük boşluklar da bırakılabilir. Kubbenin bölme kemerine denk gelen tarafı, bölme kemerinin yarısı ile örtüşür.



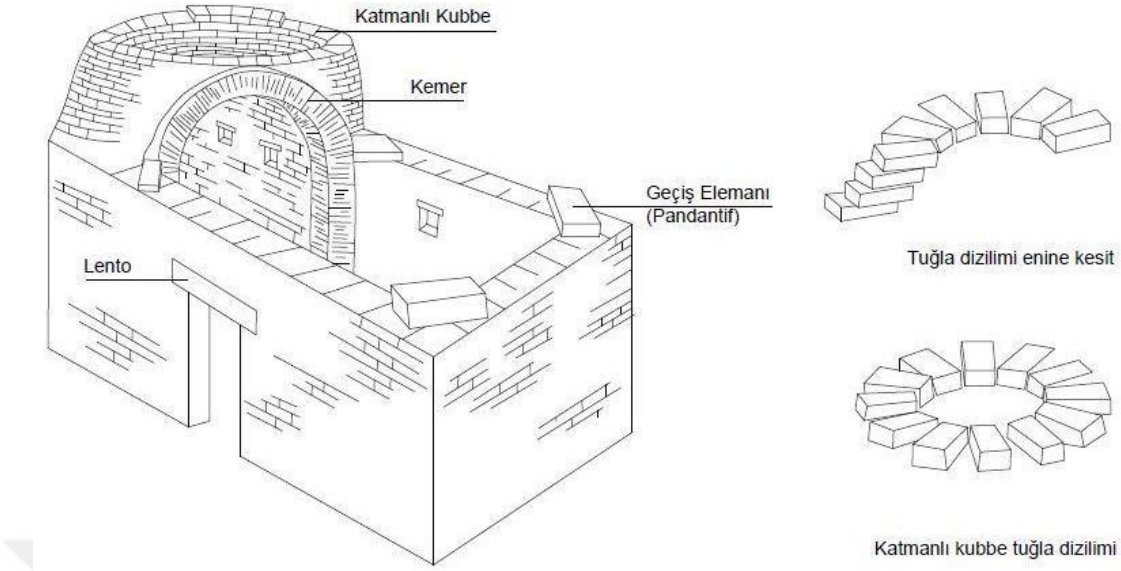
Şekil 2.14 : Kubbelerin dış yüzeyinde bırakılan çıkıntı detayları.

Bindirmeli kubbede tuğlalar düz bir şekilde örülmüştür ve her bir sıra alttaki sıra ile hafifçe örtüşmektedirMerkezleme kullanılmaz. Harç ve tuğlalar, örülen kubbe duvarının üzerinde geriye doğru hareket eden tek bir usta tarafından örülmektedir (Şekil 2.15; Şekil 2.16). Ustanın yardımcısı da aşağıda harç ve tuğlayı ustaya doğru fırlatarak yardımcı olmaktadır. Her bir kubbenin inşası da yaklaşık üç saat sürmektedir. Bitmiş kubbenin eğimi de 50° ile 60° arasında değişmektedir (Brice ve Donmez, 1948).



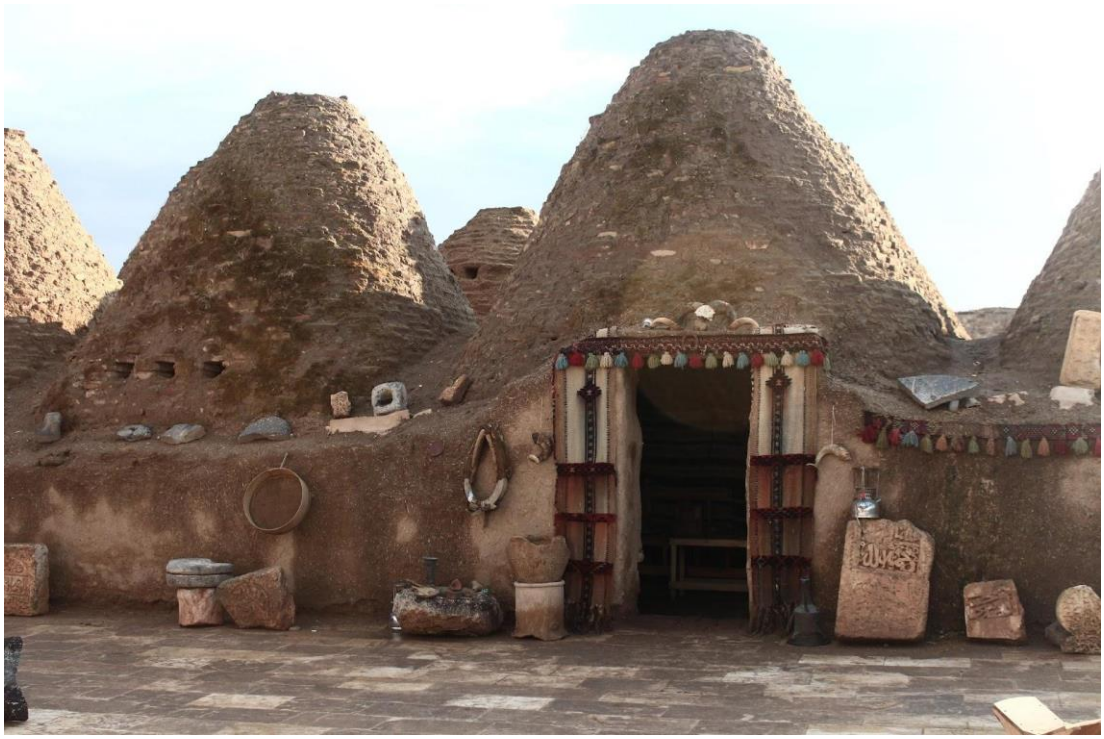
Şekil 2.15 : Bindirmeli kubbelerin inşa süreci (Brice ve Donmez, 1948).

Bir kubbenin duvar bitiminden tepe noktaya kadar örülmesi için 25-30 sıra tuğla kullanılır. Kubbenin tamamı sadece tuğla ve kerpiç harç ile örülür. Duvar ve kubbenin dış yüzeyi ile duvarın iç yüzeyi kerpiç ile sıvandığı gözlemlenmiştir. Kubbenin iç yüzeyi ise sıvasız olarak boş bırakılmıştır.



Şekil 2.16 : İnşa sürecine dair tuğla dizilimi (Brice ve Donmez, 1948).

HKE'nde yağmur suyunun yapıya hasar vermeden akıp gitmesi ve yan yana gelen kubbe birimlerinin arasındaki boşluklarda suyun birikmemesi için dış yüzeyin sıva yapılması ve ihtiyaç duyulan kısımlarda toprak dolgu yapılarak en yakın dış duvara doğru eğim verilmiştir (Şekil 2.17).



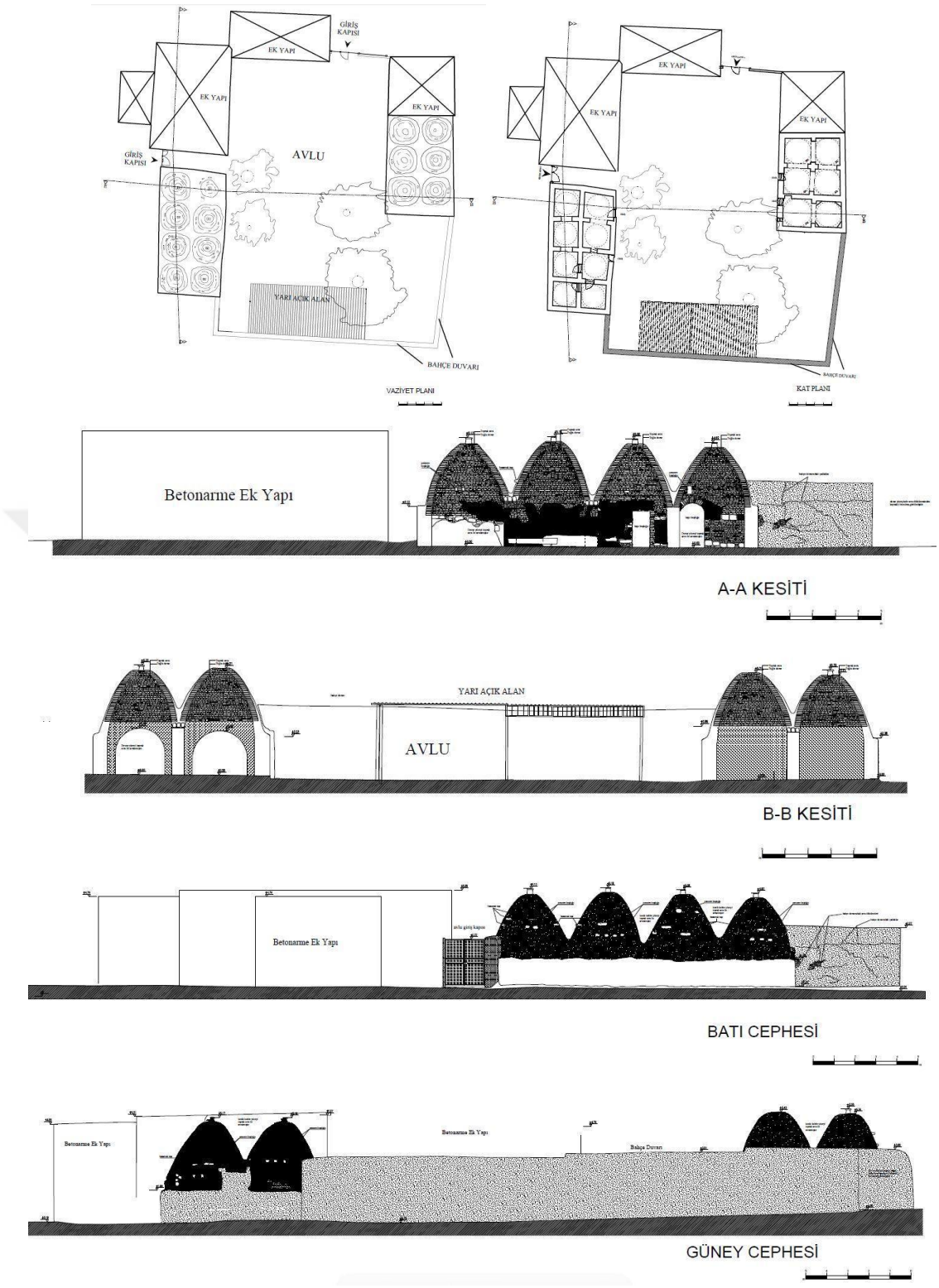
Şekil 2.17 : Kubbeler arasındaki kerpiç dolgu detayı.

2.3 Mekansal Organizasyon

HKE'nin bulunduğu alanın kentsel yapısı zaman içerisinde kendiliğinden oluşmuştur. Yıldırım (2015) aynı aşirete mensup ailelerin bir arada yaşamayı tercih ettikleri için yapıların birbirine bitişik veya yakın olarak yapıldığından bahseder. Bu nedenle sokak yapıları, yerleşim planı uzun bir süreç içerisinde kendiliğinden oluşmuştur.

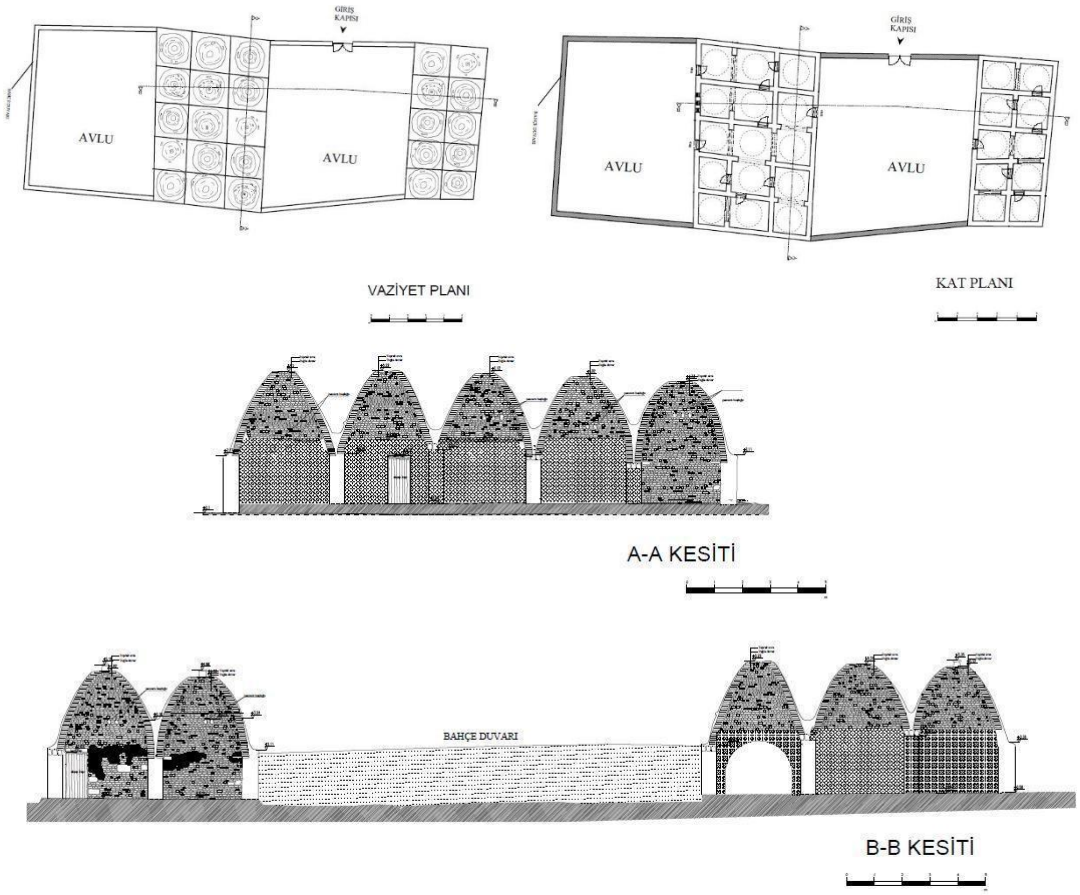
Her bir kubbeli mekanın bir birim olarak kullanıldığı bu yapı sistemi ile, geniş bir zaman dilimi içinde eklemelerle farklı mimari biçimlenişler oluşmuştur. Bununla beraber iç açıklığı 3-4 m'yi geçmeyen ve taşıyıcı nitelikteki duvarlarla sınırlandırılmış hacimler, bir ailenin yaşam döngüsüne bağlı olarak zaman içinde birimlerin işlevi değişmektedir. Örneğin, yaz döneminde mutfak işlevine sahip olan birim kış mevsiminde tandırlık olarak adlandırılan oturma/yaşama mekanı olarak kullanılmaktadır (Özdeniz ve diğ, 1998). Kullanıcıların sayısına, ihtiyaçlarına, taleplerine göre değişen yapı tipolojisi çeşitlilik arzetmektedir.

Alan çalışmasında iki ayrı yapı detaylarıyla incelenmiştir. İki yapı da aktif kullanılmamaktadır. Sadece A yapısının betonarme ek yapıları kısmi kullanımda olup diğer kısımları depo veya turistlerin gezip dolaşacağı şekilde kullanıma açıktır. İncelenen A yapısı kompleks bir yapıya sahiptir. Sekiz birimlik ve altı birimlik iki ayrı kubbeli yapıyla beraber üç ayrı betonarme ek yapının bir arada yer alıp orta avluyu oluşturduğu yapı biçimidir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 : Saha çalışması kapsamında incelenen A yapısı.

İncelenen diğer B yapı ise on beş birimden oluşan ve on birimden oluşan iki yapının bir arada yer aldığı ve iki ayrı avluya sahip olan yapı tipidir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19 : Saha çalışması kapsamında incelenen B yapısı.

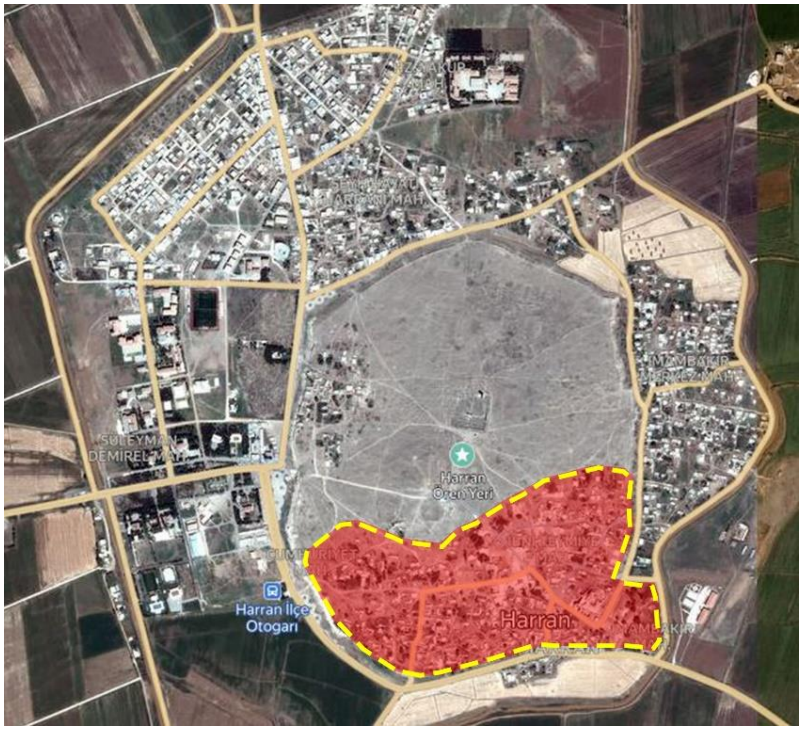
2.4 Tipolojik Özellikler

Bu bölümde Harran'da bulunan bindirme kubbeli yapılar, bir araya geliş biçimleri açısından incelenmiştir. Bunun için rölövesi çıkarılmış bazı örnek yapıların çözümlenmesiyle, bunların genel biçim özellikleri, mekanların büyüklüğü, biçimi, bir araya gelişi, birimler arasındaki geçişler gibi özellikleri ortaya konmuştur. Böylece bu yapı sistemi ile üretilebilecek alternatif yapı tipleri tanımlanarak bu yapı tekniğinin kapasitesi, sunduğu olanaklar saptanmış ve böylece gerçekleştirilmesi olanaklı olamayacak plan-biçimleniş özellikleri de bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

HKE, iç açıklığı yaklaşık 4m kadar olan kare biçimli birimlerin yan yana getirilmesiyle oluşturulur. Her bir kubbeli mekanın bir "birim - modül" olduğu bu yapı türünde, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre istenilen sayıda kubbeli birim birbirine eklemlenebildiğinden ve her bir birimin etrafına da yeni birimler eklenebildiğinden, istenilen büyüklükte ve tipolojide yapı oluşturulabilir. Bu yapı sisteminde ilk uygulamadan sonra ihtiyaçlara bağlı olarak yeni kubbeli birimler eklenerek istenilen ölçekte yapı büyütülebilir. Kubbeli bir ev, bir ailenin barınmasının yanı sıra depo,

samanlık, ahır gibi farklı işlevsel birimleri bünyesinde barındırır. Harran'da farklı ölçeklerde yapılar mevcuttur. Ailenin büyüklüğüne bağlı olarak kubbe birimlerin sayısı artmaktadır. Bu tür örneklerde yapının birden fazla girişi vardır ve birçok kubbeli birim birbirine kapı açıklıklarıyla bağlandığından karmaşık plan tipleri ortaya çıkmaktadır. Yapı içinde dolaşım için ayrılmış özel alanlar yoktur. Her bir kubbeli hacim diğerine kapı açıklığı veya kemer ile bağlanır. Kubbeli birimler arasındaki geçişler, mekanların işlevlerine göre yapılmaktadır. Yapının iç mekanlarını birbirine bağlayan bu geçişlerin yanı sıra, bazı birimler de ihtiyaca bağlı olarak yapının ana giriş kapısından ayrı olarak doğrudan dışarıya açılırlar. Ahır, samanlık, mutfak, misafir odası gibi birimlerin genellikle dışarıya açılan ayrı kapıları vardır. Geleneksel kırsal yaşam kültürüne sahip aileler genellikle bu gibi farklı işlevde birimleri içeren farklı yapı tipolojilerini oluşturur.

Harran yerleşiminde HKE yapıları genellikle şehrin güney kesiminde yoğunlaşmıştır (Şekil 2.20). Harran'da farklı ölçekte yapılarla karşılaşılmıştır. Yapılan saha çalışmasında 32 farklı yapı tipolojisi tespit edilmiştir. Bu yapıların çoğu ya terkedilmiş ya depo, ahır gibi amaçlarla kullanılmakta ya da harabeye dönmüş vaziyettedir. Bu yüzden yapıları, birimlerin bir araya geliş biçimleri bakımından incelenmesine karar verilmiştir.



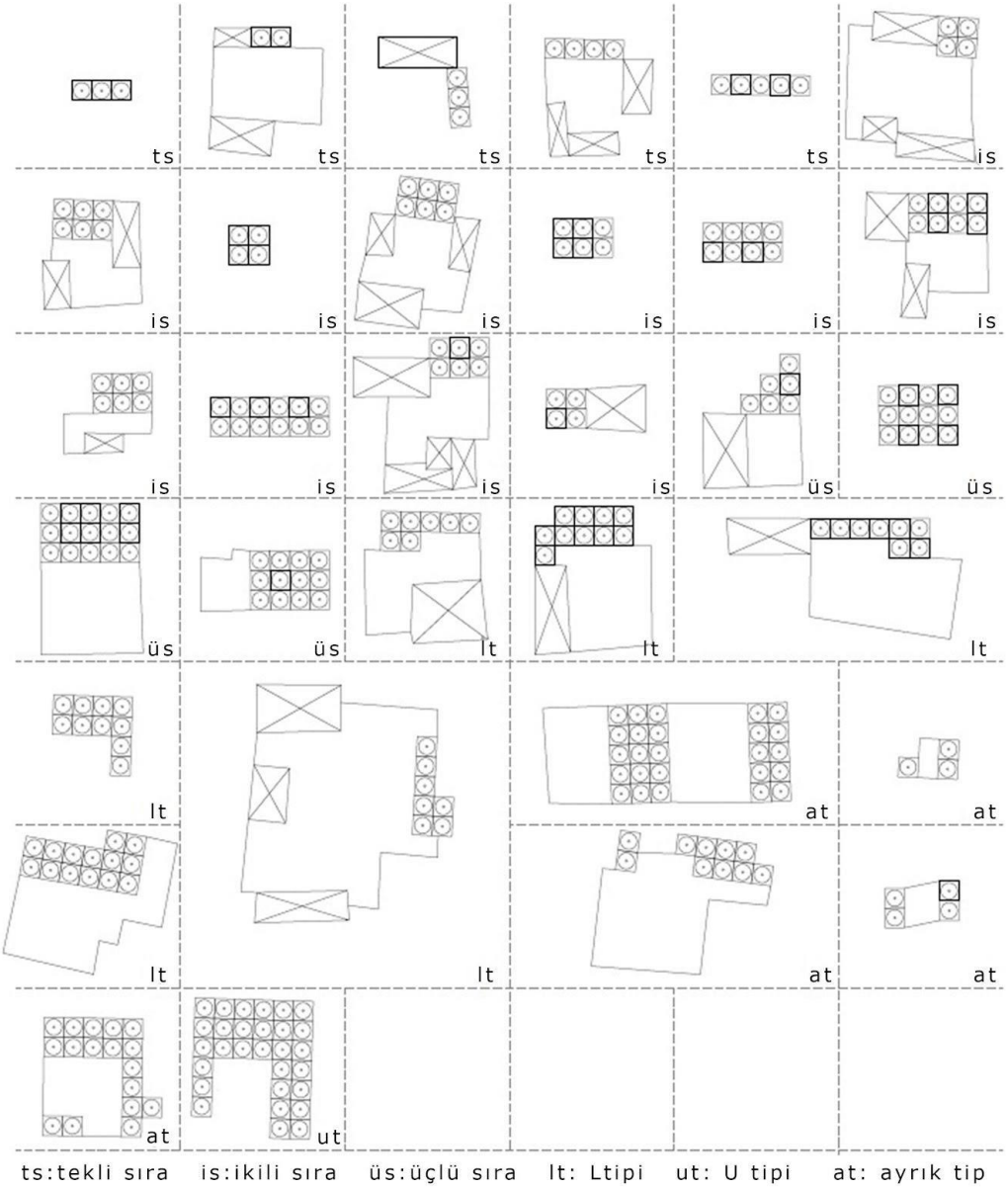
Şekil 2.20 : Harran yerleşiminde saha çalışması yapılan alan.

Yapılan incelemelerde tespit edilen yapı tipolojileri altı farklı grup altında toplanmıştır. Bu yapılar genellikle tarihi kale etrafında gruplanmışlardır. Arazi eğimsiz bir yapıya sahip olduğundan yapıların yerleşimleri için herhangi bir kısıtlayıcı öğe yoktur. İhtiyaca göre şekillenen yerleşimde daha çok aile yakınlığına göre tercihler yapılmıştır. Göçebe yaşam biçimine sahip eski kullanıcılar sürekli yerlerini değiştirip yeni konutlar inşa ettiği için de zaman içinde değişen yerleşim dokusuna sahiptir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 : Alan çalışmasında tespit edilen yapılar.

Birimler ilk olarak doğu – batı yönünde eklemlenmeye başlayarak tek sırada üç birim olarak bir araya gelip en yaygın tipolojiyi oluşturur. Tespit edilen tipolojiler altı farklı grupta sınıflandırılmıştır. Bunlar; tek sıralı, iki sıralı, üç sıralı, L tipi, U tipi ve ayrık tip olarak isimlendirilmiştir (Şekil 2.22). Bazı tipolojiler avluya sahipken bazılarında ise betonarme ek yapı mevcuttur.

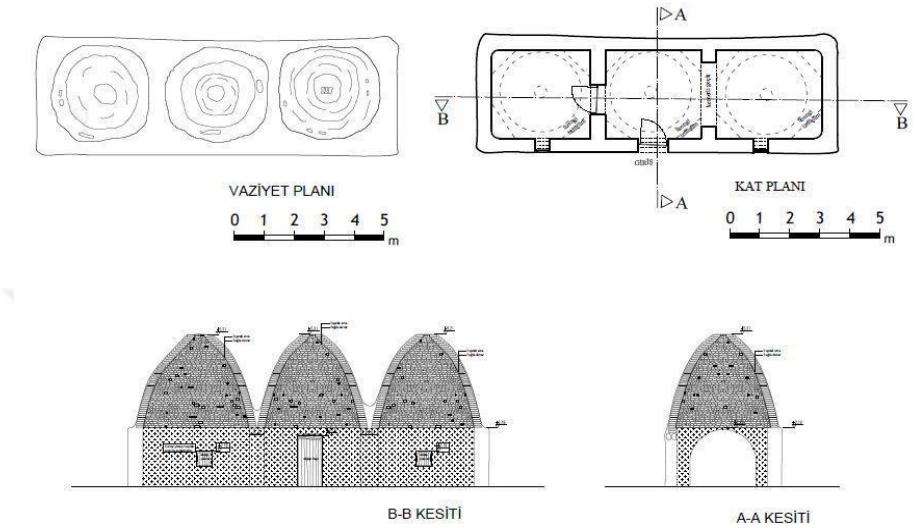


Şekil 2.22 : Tespit edilen mevcut tipolojiler.

Yapılacak karşılaştırmalı analizler için mevcut yapılardan altı farklı tipoloji seçilmiştir. Böylece incelenen örneklerin arasından hangisinin daha etkili performansa sahip olduğu ve bunu etkileyen değişkenlerin neler olduğuna dair tespitler yapılabilecektir. Mevcut yapılar arasından seçilen altı örnek hassas ölçüm yapılmadan basit rölövesi alınmıştır. Yapıların iç mekanlarına erişim sağlanamadığından dolayı daha önceki bölümlerde incelenmiş A ve B yapısı referans alınarak iç mekan yapısı oluşturulmuştur.

2.4.1 Tipoloji 1

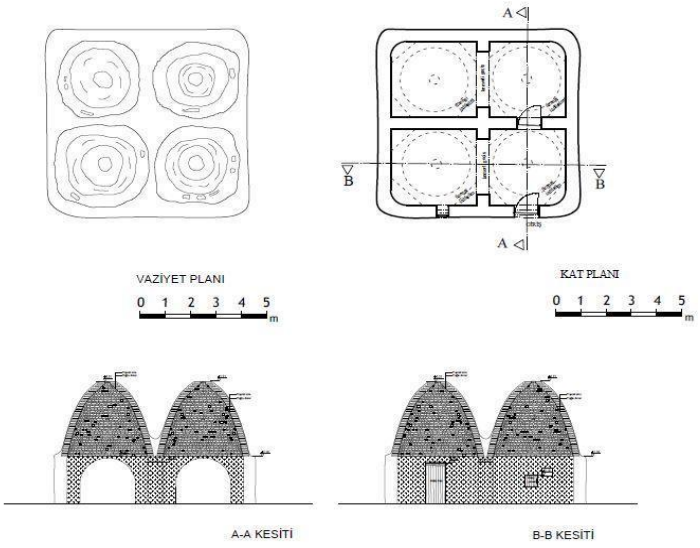
Üç birimin doğu – batı yönünde tek sıra bir araya geldiği yapı tipidir (Şekil 2.23). Yapı girişi ortadaki birimden sağlanıp güney cephesindedir. Yapının kapı olmayan iki biriminde birer pencere bulunmaktadır. Birimler arası geçiş kemer ve kapıyla sağlanmaktadır. Tek birimden ve iki birimden oluşan iki odaya sahiptir.



Şekil 2.23 : Tip 1 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri.

2.4.2 Tipoloji 2

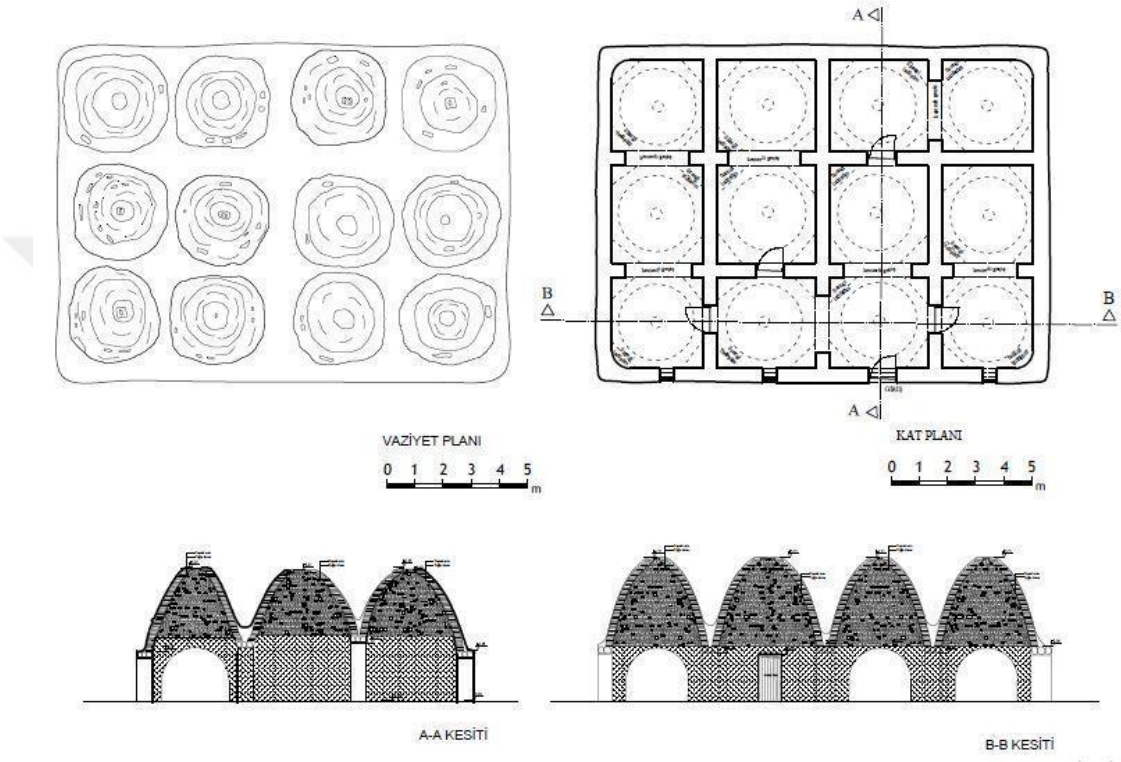
İki sıra halinde dört birimin bir araya geldiği yapı tipidir (Şekil 2.24). Yapının tek girişi bulunmakta ve güney cephesindedir. Güneye bakan diğer birimin bir penceresi bulunmaktadır. Birimler arası geçiş iki kemer ve bir kapıyla sağlanmaktadır. İki birimden oluşan iki odası bulunmaktadır.



Şekil 2.24 : Tip 2 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri.

2.4.3 Tipoloji 3

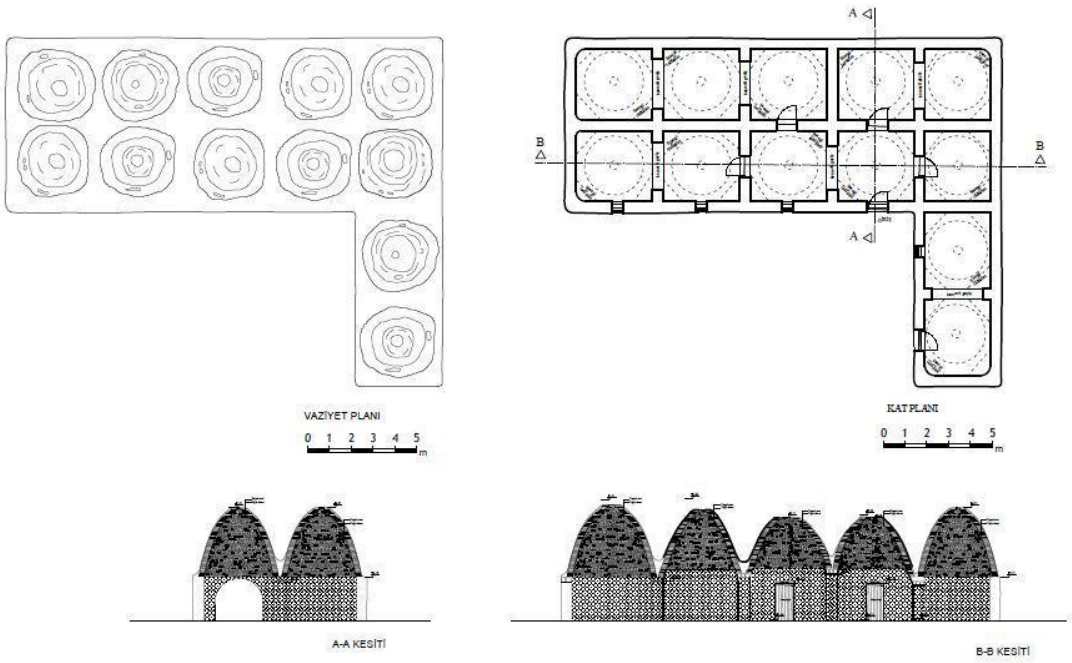
Üç sıra halinde on iki birimin doğu – batı yönünde bir araya gelmesiyle oluşan yapı tipidir (Şekil 2.25). Yapının güney cephesinde yer alan tek girişi bulunmaktadır. Güney cephesine bakan diğer birimlerde birer pencere mevcuttur. Odalara erişim üç birimden oluşan giriş holünden sağlanmaktadır. Üç birimden oluşan bir oda ve iki birimden oluşan üç odası bulunmaktadır.



Şekil 2.25 : Tip 3 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri.

2.4.4 Tipoloji 4

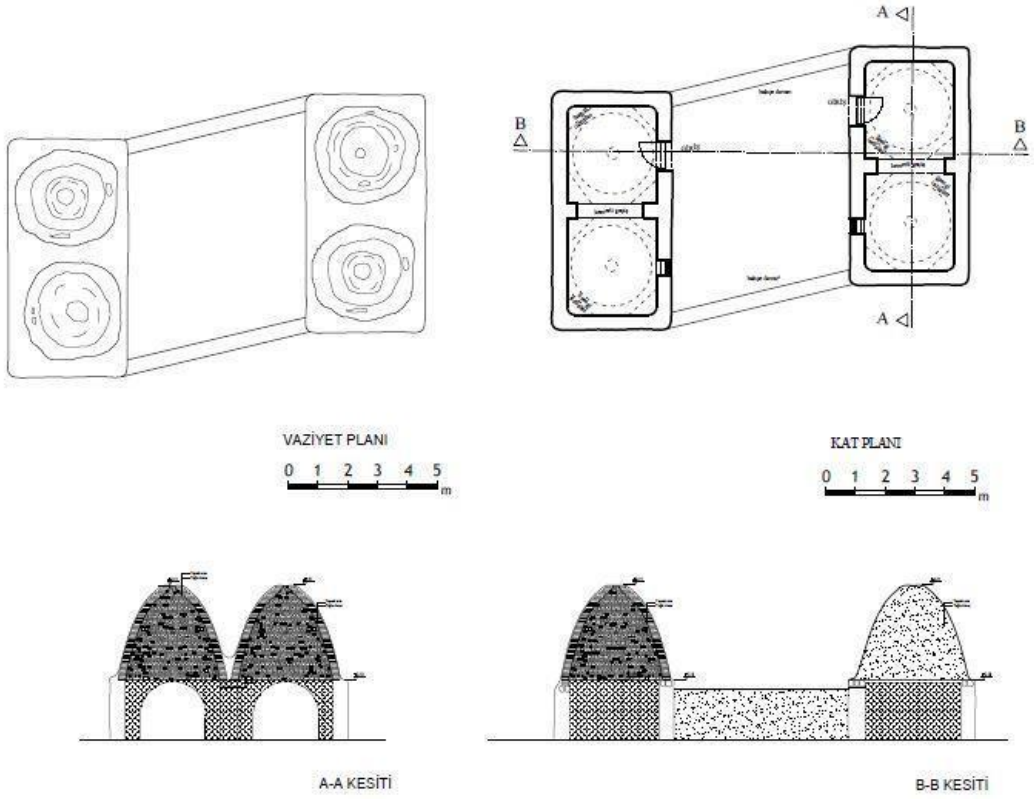
On iki birimden oluşan bu yapı L tipi olarak gruplandırılır (Şekil 2.26). Birim modüller doğu – batı yönünde bir araya gelmektedir. İki girişi bulunan yapının ana girişi güney cephesinde diğer giriş ise batı cephesinde yer almaktadır. Güneye bakan üç birimin ve batıya bakan bir birimin birer penceresi vardır. Odalara erişim iki birimden oluşan giriş holünden sağlanmaktadır. Sadece iki birimden oluşan bir odaya dışarıdan erişim bulunmaktadır. Bir birimden oluşan bir odası, iki birimden oluşan üç odası, üç birimden oluşan bir odası bulunmaktadır.



Şekil 2.26 : Tip 4 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri.

2.4.5 Tipoloji 5

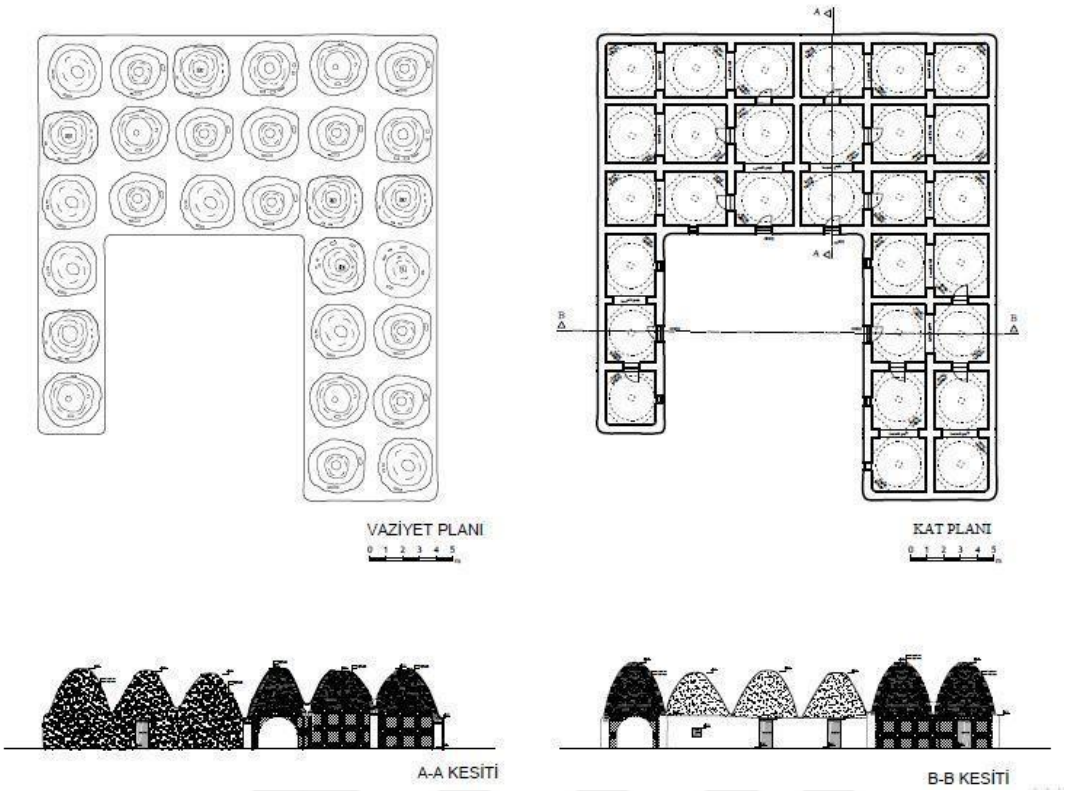
Dört birimden oluşan bu avlulu yapı ayrık tip olarak gruplandırılmaktadır (Şekil 2.27). İki birimden oluşan ikişer odanın karşılıklı yerleştiği yapı tipidir. İki giriş kapısı olan yapının kapıları birbirine bakmaktadır. Arada kalan avlu kısmı bahçe duvarıyla çevrelenmiştir. Odalara giriş avludan sağlanmaktadır. Avluya bakan iki birim modülün birer penceresi vardır. İki birimden oluşan iki odası bulunmaktadır.



Şekil 2.27 : Tip 5 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri.

2.4.6 Tipoloji 6

Yirmi dokuz birim – modülden oluşan bu yapı U tipi olarak gruplandırılmaktadır (Şekil 2.28). Birim modüllerin bir araya geliş biçiminden kaynaklanan orta avlusu vardır. Dört ayrı girişi bulunan yapının iki girişi güney cephesinde, bir girişi doğu cephesinde, bir girişi de batı cephesinde yer almaktadır. Cephesi orta avluya bakan yedi birimin birer penceresi vardır. Bir birimden oluşan bir odası, iki birimden sekiz odası, üç birimden oluşan iki odası ve iki birimden oluşan üç giriş holü bulunmaktadır.



Şekil 2.28 : Tip 6 yapısına ait vaziyet planı, kat planı ve kesit temsilleri.

2.5 Mevcut Durum

Yapı kullanıcıları tarım ve hayvancılıkla uğraşan göçebe toplum yapısına sahipken Atatürk Barajı'nın yapılmasıyla bölgeye sulama kanallarının ulaşması sonucu yerleşik hayat geçiş yaptığı için yeni konut arayışına girmişlerdir (Özdeniz ve diğ, 1998). Böylece eski yapı geleneği terkedilerek betonarme yapılaşma başlamıştır. Bunun sonucu olarak HKE ya betonarme ek yapılarla beraber kullanılmaya devam edilmiş ya da tamamen terkedilmiştir. Yapılan gözlemler günümüzde artık kubbeli yapıların barınma amaçlı kullanımının tercih edilmediğini göstermiştir.

Terkedilen yapıların yıllık düzenli bakımları yapılmadığından bir kısmı harabeye dönmüş bir kısmı da yok olmayla karşı karşıyadır. Kubbeli bir yapının bakımsız kalması durumunda önce dış yüzeyi kaplayan kerpiç sıva yağmur, kar gibi hava koşulları nedeniyle eriyerek yüzeyden akmakta, sıcak dönemde de çatlayarak parçalı hale gelip ve dökülmektedir. Kubbede tuğlalar yere paralel yerleştirildiğinden ve her bir tuğla sırasının mekan içine biraz taşması nedeniyle alt sıradaki tuğlaların üst yüzeyi kısmen açıkta kaldığından, sıvası kalkan yüzeylerde su buralardaki kerpiç derzlerinden yapı içine kolayca girmektedir. Zaman içinde tıpkı yüzey sıvası gibi tuğlalar arasında

boşluklar meydana gelip düşmeye başlamakta, böylece kubbe yıkılma sürecine girmektedir. Yıkılma kubbenin tepe kısmından başlayarak aşağı doğru devam eder (Şekil 2.29). Yapının duvarlarının da bu süreçte sıvası döküldüğünden, yan yüzeylerden içeri su girmeye başlar ve duvar zayıflar. Bindirme kubbe zaman içinde bütünüyle mekanın içine doğru yıkılırken gelişmiş kubbeden farklı olarak kubbe eteğinde dışarı doğru açılma baskısı olmadığından, yapının duvarlarına yanal yük gelmez. Bu nedenle yapı duvarları serbest bir biçimde ortada kalır.



Şekil 2.29 : Büyük kısmı yıkılmış kubbe örneği.

Yapının dış duvarı bitiminde de bir oluk konularak suyun, duvar yüzüne zarar vermeden yapı dışına aktarılması sağlanır. Yapının hemen dışında duvar kenarında suyun bekleyerek zemin tarafından emilmesi yapı temeli açısından tehlike oluşturduğundan, bu kısımda yapı duvarının yaklaşık ortasına denk gelen yükseklikte dışarı doğru eğimli bir biçimle toprak yığılarak su biraz daha uzaklaştırılır. Bu toprak dolgu nedeniyle de kubbeli yapılar dışarıdan bakıldığında, sanki dikey duvarı olmayan doğrudan yerden başlayan kubbeler dizisiymiş gibi görünür.

Günümüzde birkaç yaşlı usta dışında kubbe yapımını bilen kimsenin kalmamış olması, kubbeli yapı geleneğinin sürdürülememesine ve bir arkeolojik değer haline dönüşme tehlikesini de oluşturmuştur.

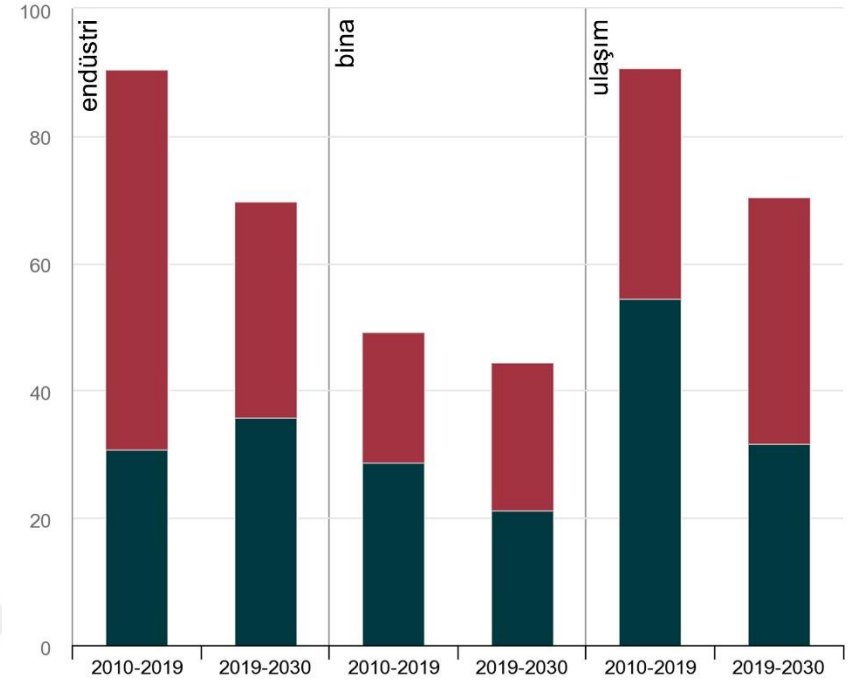
3. MİMARİ TASARIMDA PERFORMANS ODAKLI YAKLAŞIMLAR

3.1 Tarihsel Süreç

Yaşamımızın çoğunu yapılı çevrede geçirdiğimiz için yapılı çevreyi oluşturan mekanların performansının insan yaşamı üzerinde önemli etkisi vardır. Bu yüzden yapı tasarım süreci, kullanıcının ihtiyaçlarını karşılarken yapıların daha iyi bir performans göstermesinde önemli bir rol oynamaktadır.

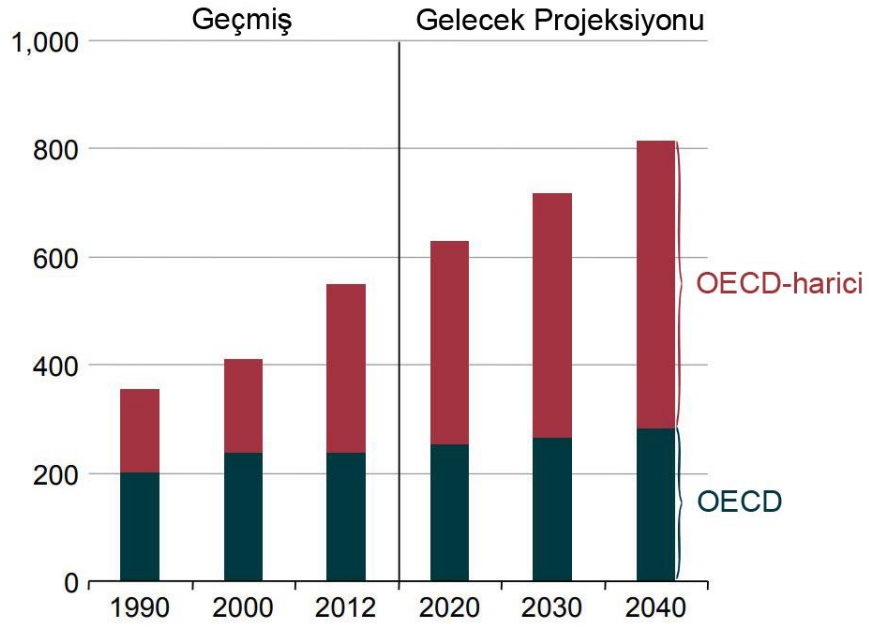
Mimaride yapı tasarımı farklı süreçleri ve bu süreçlerde alınan birçok kararı içermektedir. Çevresel etki 1960'larda tartışılmaya başlanmış olup Ulusal Çevre Politikası Yasası'nın (NEPA, 1969) yayınlanmasıyla beraber resmiyet kazanmıştır. Günümüze kadar gelen süreçte çevresel etkiyi ölçecek değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir.

1973'te yaşanan enerji krizine kadar 'enerji' endişe konusu edilmezken tasarımcılar taşıyıcı sistem, yapı malzemeleri, inşaat süreci, HVAC sistemlerini önemli görüp sadece özel ihtiyaç gerektirken yapılarda veya yapı inşası bittikten sonra çıkan sorunları çözmek için iklimsel konfor, nem toleransı, oda akustiği, aydınlatma vb. konularda çözüm arayışına giriyorlardı (Hens, 2011). Günümüzde yapılar Şekil 3.1'de gösterildiği gibi küresel enerji tüketiminin %31'ini oluşturmaktadır. Yapılarda yüksek olan enerji tüketimi sebebiyle yapıların performansı tasarım sürecinden itibaren dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 3.1 : Sektörlere göre küresel enerji tüketimi (IEA, 2022).

Dünya nüfus artışına paralel olarak (Conti ve diğ, 2016) tarafından hazırlanan raporda 1990 ile 2012 arasındaki enerji tüketimi ve 2040 yılına kadar öngörülen enerji tüketimi gösterilmektedir. Şekil 3.2'de gösterildiği gibi 2012 ile 2040 arasında OECD üyesi olmayan ülkelerde % 70'lik bir artış olurken, OECD ülkelerinde de % 18'lik bir artış gözlemlenmektedir.



Şekil 3.2 : Dünya enerji tüketimi (Conti ve diğ, 2016).

3.2 Ölçütler, Standartlar ve Düzenlemeler

Çalışmanın bu bölümünde performans ölçütleri, geliştirilen standartlar ve düzenlemeler açıklanmıştır. Yüksek enerji tüketimini kontrol altına almak için bazı düzenlemeler yapıılmıştır. AB ülkelerinde yapının enerji performansını ve verimliliğini tanımlayıp düzenleyen EPDB (Energy Performance of Buildings Directive) adlı direktif 2002 yılında hazırlanmıştır (EPDB, 2019). EPDB'nin amacı yeni ve mevcut yapılar için minimumm enerji performansı gereksinimlerini tanımlayarak enerji verimliliği seviyelerini iyileştirmektir. Ayrıca binaların enerji sınıfının belirlenmesine yönelik bir hesaplama metodolojisi tanımlamıştır.

Türkiye'de ise Aralık 2008'de ''Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'' (BEP, 2009) ile konuyla ilgili strateji ve metodolojiyi belirleyen düzenlemeler yapılmıştır.

Ayrıca EPBD'nin (2018) yeni revizyonuyla kısa vadeli (2030), orta vadeli (2040) ve uzun vadeli (2050) hedefleri belirlenmiştir. Bu hedeflere göre 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarının %80-95 oranında azaltılması ve yüksek performansa sahip sıfır enerjili yapıların tasarlanması planlanmaktadır (EPDB, 2023).

Aşağıda verilen ölçütler ISO DP 6241 tarafından geliştirilen işlevsel taleplere dayanmaktadır.

- Yapısal bütünlük
- Yangın güvenliği
- Kullanımda güvenlik
- Sızdırmazlık (Su ve hava)
- Termal konfor
- İç hava kalitesi
- Akustik konfor
- Görsel konfor
- Hijyen
- İşlevsellik
- Dayanıklılık

Performans odaklı yaklaşıma ulusulararası ilgi 1980'den itibaren artmıştır. CIB (International Council for Research and Innovation in Buildings) içinde 'Performance Concept in Buildings' adıyla bir çalışma grubu tarafından yürütülen bir araştırma

projesi kapsamında, yapı ve yapı bileşenleri olarak farklı düzeylerde performans ölçütleri önermiştir. Ancak yapı malzemelerinin bağımsız performansı, yapının performansını belirlemede ve tanımlamada yetersiz kalmaktadır (Çelik Yılmaz, 2018).

3.3 Performans

Performans birşeyi yapabilme yeteneği veya bir yükümlülüğün yerine getirilmesi olarak açıklanabilir. Performans gereklilikleri, fonksiyonel talepleri mühendislik ölçütlerine dönüştürür. Bu ölçütler yapının tasarım sürecinde hesaplama, bilgisayar benzetimi ve/veya prototip testi kullanılarak tahmin edilip oluşturulur (Hens, 2011).

1970'lerde Belçikalı bir endüstriler arası çalışma grubu, günümüzde performansa dayalı tanımlamaları oluşturmak için erken bir deneme olarak görülebilecek 'Binalar için Performans Kılavuzu' (Performance Guide for Building)'nu yazdı (Hens, 2011).

Çelik Yılmaz'ın (2018) bahsettiği üzere tasarım sürecinde bir yapıda performans kriterlerinin bütünleşik bir yaklaşımla ele alınması yapı tasarımı alanında bir paradigma değişikliğine yol açmıştır ve hazırlanan yönetmelik ve düzenlemeler tarafından öngörülen minimum gerekliliklere uymak artık çoğu zaman yeterli değildir. Böylece birçok paydaşın bir arada çalışarak seçenekler arasında en iyi çözümlere ulaştığı performansa dayalı tasarım ön plana çıkmaktadır.

Tasarımcılar parametrik modelleri performans benzetimleriyle birleştirdiklerinde, optimizasyon algoritmaları iyi performans gösteren tasarım değişkenleri bulur. Sonuç olarak, benzetim tabanlı optimizasyon, önde gelen mimari ve mühendislik uygulamalarında giderek daha fazla uygulanmaktadır ve örneğin Louvre Abu Dhabi'nin tasarımında kullanılmıştır (Wortmann, 2017).

Ön bilgi, tasarımı oluşturma sürecinde önemli bir bilgi kaynağı olarak kabul edilmiştir. Önceki tasarımlardan elde edilen bilgileri kullanırken, mevcut problemle ilgili fikirlere geçmiş tasarımlardan erişilebilir. Oxman (1994) mimari tasarım alanında emsal tabanlı bir tasarım yardım sisteminin uygulanmasına yönelik bir yaklaşım önermektedir. Bu yaklaşımda üç bileşenle tasarım sorununa yönelik çözümler geliştirilmesi hakkında bir yöntem açıklanmaktadır.

3.3.1 Yapı enerji performansı

Yapılarda kullanılan enerji genel olarak inşaa, işletim ve yıkım olmak üzere 3 süreçte kullanılmaktadır. İşletme süreci ortalama 30 yıl ömrü ile diğer süreçlerle karşılaştırıldığında en uzun dönemi kapsamakla birlikte çoğunlukla ısıtma, soğutma ve aydınlatma başta olmak üzere en yüksek enerji tüketimini oluşturur. Bu nedenle son zamanlarda birçok araştırmacı yapılarda enerji tüketimini iyileştirmek için yerel iklim koşullarına uygun form, yerleşim ve yapı kabuğu alternatiflerini oluşturmaya yönelik çalışmalara odaklanmışlardır (Çelik Yılmaz, 2018).

Mimari bir yapıda enerji tüketimini etkileyen parametrelerin çoğu tasarımcının kontrolünde olduğu için tasarım süreci enerji verimliliğini kontrol etmede kilit bir rol oynamaktadır (Hens, 2011). Diğer bir deyişle tasarım sürecinde belirlenen form, yerleşim ve yapı kabuğu aracılığıyla yapıların çevresel faktörlerle olan ilişkisi, yapının enerji performansını belirlemektedir.

Bu bölümde bu tasarım ilkeleri ve bunların enerji performansı ile ilişkisi tartışılmaktadır.

3.3.1.1 Yerleşim

Yapıların yerleşimi cephelerin yönünü belirlemek ve yapılar üzerindeki güneş ve rüzgar etkisini optimize etmek için önemli bir parametredir. Bu yüzden tasarım sürecinde mimarlar güneş ışınımının, rüzgarın ve gün ışığının iç mekana, yapı kabuğu veya cephesine etkisini kontrol altında tutacak çözümler geliştirmek için yerel iklim koşullarını dikkate almalıdır. Spanos ve diğ. (2005) uygun yerleşme, yapının konumu ve çevre düzenlemesi faktörlerinin güneş ışınımı, gün ışığı ve rüzgar etkisiyle enerji performansını potansiyel olarak %20 artırabileceğini yaptığı çalışmada göstermiştir. Ayrıca yerleşim kararları daha yüksek enerji verimliliği elde etmek için pasif iklimlendirme ve doğal havalandırma – aydınlatma stratejileri oluşturmaya yardımcı olmaktadır.

3.3.1.2 Form

Form tasarlanırken ağırlıklı olarak yapının çevresel etkilere karşı tepkisi dikkate alınarak yapı kabuğunda güneş ve rüzgar etkisi belirlenerek pasif ısıtma veya soğutma stratejilerine sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır. Yapı formu ile enerji verimliliğini arttırmak için yerel iklim şartlarına pasif tepki gösterecek şekilde tasarımlar

yapılmalıdır. Bu nedenle uygun form konum, iklim, işlev, malzeme seçimi gibi faktörlere göre değişkenlik gösterebilmektedir. AlAnzi ve diğ. (2009) formun termal konfor üzerine etkilerini, Catalina ve diğ. (2011) yapı formunun enerji tüketimine olan etkilerini, Faizi ve diğ. (2011) enerji tüketimini analiz ederek alternatif form tasarımlarını bulmaya yönelik çalışmalar yapmışlardır.

3.3.1.3 Yapı kabuğu

Yapının dış etkenlere maruz kalmasının önlenmesinde, enerji verimliliğinin sağlanmasında önemli bir role sahip olmakla beraber yapı bileşenleri arasında önemli bir elemandır ve yapı bütçesinin büyük bir bölümünü oluşturur. Genel olarak yapı kabuğu hava, su, ışık, ısı ve gürültü transferine karşı direnci sağlar.

3.3.1.4 İklim

İklim belirli bir yer için uzun bir süre (minimum 20 veya 30 yıl) boyunca hava durumunun istatiksel bir kombinasyonu olarak tanımlanır (Heerwagen, 2003). Ama öte yandan hava durumu kısa bir süre için belirli bir yerde bir dizi atmosferik olayla karşılaşma halini ifade eder. Bu nedenle iklim, hava durumundan farklı olarak sadece ortalama hava sıcaklığı, yağış oranları, rüzgar hızı, güneş radyasyonu yoğunlukları vb.'ni değil aynı zamanda belirli oluşumların sıklığını, iklim değerleri aralığını ve iklimsel değerlerin değişkenlerini de içerir. Bu nedenle iklimsel veriler yapıları tasarlarken çevresel etkileri de göz önünde bulundurmamıza yardımcı olmaktadır.

Yapıların ısıl davranışı için temel iklimsel verilerden biri olan statik hava sıcaklığı diğer deyişle dış hava sıcaklığı dikkate alınmaktadır. Statik sıcaklık esas olarak konuma, zamana ve yerel çevresel faktörlere göre değişir. Günlük ve mevsimsel sıcaklık değişimleri olarak zamana bağlı iki tür sıcaklık vardır. Günlük sıcaklık değişimleri dünyanın kendi etrafında dönmesiyle meydana gelir. Dünya güneş yörüngesinde kendi eğik ekseni üzerinde döndüğünden güney ve kuzey yarım küreler arasında güneş ışınlarının düşme açısı farklılaşır. Böylece mevsimler ve mevsimsel sıcaklık değişimleri meydana gelir. Denizler, göller, nehirler, ormanlar, rakım gibi çevresel faktörlerde sıcaklık değerlerini etkilemektedir.

Güneş tarafından yayılan kısa dalga elektromanyetik radyasyondur. Doğrudan güneş radyasyonu, dağınık güneş radyasyonu ve yansıyan güneş radyasyonu çeşitleri vardır. Yapıyı ısıtmak veya pasif iklimlendirme sistemleri için ana kaynaktır. Güneş ısınımı

bir mekanın veya bir yapının ısı kazanımlarını doğrudan etkiler. Böylece ısıtma için duyulan enerji miktarını azaltırken soğutma için duyulan enerji miktarını arttırır (Hens, 2011).

Hens (2011) bağıl nem (ϕe) ve buhar basıncının (ρe) yapıları doğrudan etkilediğinden bahseder. Ani bir sıcaklık artışı bağıl nemi düşürürken ani bir sıcaklık düşüşü bağıl nemi %100'e çıkarabilir ve bunun sonucunda buğu oluşur.

Yerel düzeyde rüzgar hızı ve rüzgar yönü çevre tarafından şekillenir. Çevredeki bina, ağaç gibi elemanlar rüzgarı engelleyebilir veya tünel etkisi yaratarak rüzgarın yönünü ve hızını etkileyebilir. Ayrıca rüzgarın uygun bir tasarımla kullanılması mimari yapıya doğal havalandırma avantajı sağlayabilir. Dolayısıyla rüzgarın yönü ve hızı bölgenin iklimini mikro ve makro ölçekte tanımlamada önemli bir parametredir.

3.3.2 Performans değerlendirme modelleri

Avrupa standartları EN 15251'e göre iç mekanla ilgili olmayan bir enerji beyanı hiçbir anlam ifade etmediğinden binaların tasarımı, enerji hesaplamaları, performansı ve işletilmesi için iç mekandaki kriterlerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle bir yapının elde etmesi gereken termal konfor hedefleri ile ilgili tanımlama mimari tasarım için bir ön koşuldur (Attia ve Carlucci, 2015). Literatürde farklı termal konfor değerlendirme modelleri bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan modeller PMV modeli ve uyarlanabilir modellerdir. Bu modeller ANSI/ASHRAE Standard 55:2017 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy" (ASHRAE 55) ve "EN 15251:2007 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics" (EN 15251) standartlarıyla tanımlanır.

Bu çalışmanın önerdiği yaklaşımda mekanların ısıl performansını değerlendirmek için Fanger yöntemi uygulanmıştır. Ole Fanger tarafından geliştirilen yöntem PMV (Predicted Mean Vote) ve PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) seviyeleri olarak tanımlanmıştır. Metodun ayrıntılı tanımı aşağıda verilmiştir.

3.3.2.1 PMV ve PPD modeli

Ole Fanger tarafından geliştirilen yöntem üç kavramla tanımlanır.

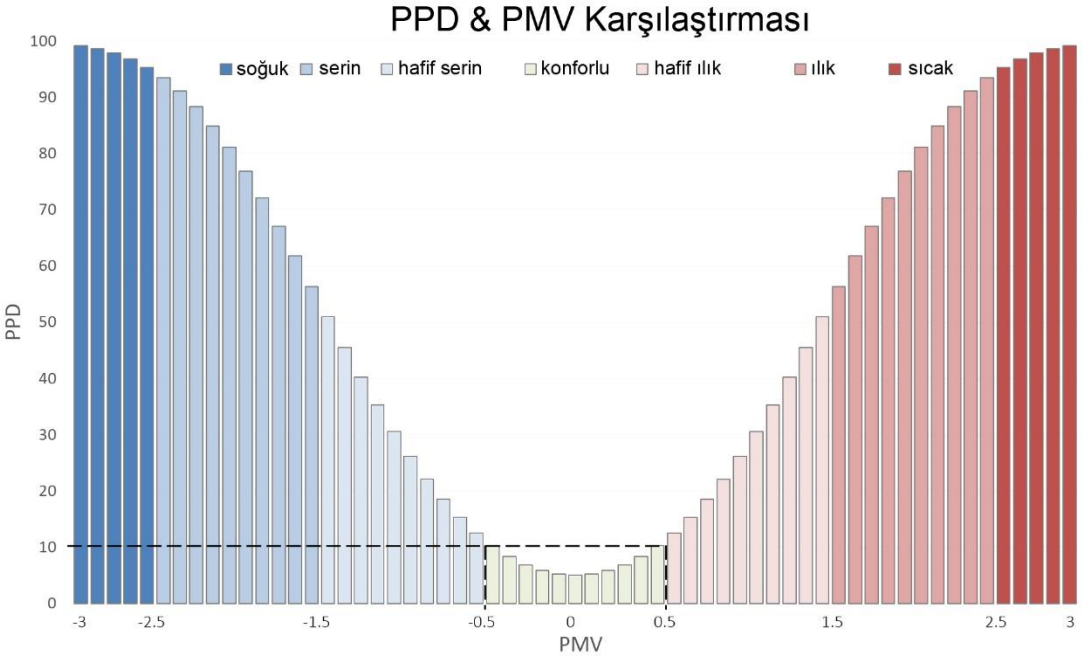
1. Yük (L) : Üretilen ısı ve kaybedilen ısı arasındaki farka eşittir. Yük ne kadar büyük olursa koşullar konforlu durumdan o kadar uzaklaşır. Negatif bir yük

istenen konfor seviyesinden daha soğuk olan ortamı belirtirken pozitif bir yük ise daha sıcak ortamı tanımlar. Ayrıca sıfır yük ise istenen konfor seviyesine uygunluğu ifade eder (Hens, 2011).

2. PMV : Termal konfor seviyesi tablo x.x.'te verilen ölçek kullanılarak ifade edilir. Bu ölçeğe göre ''0'' nötr durumu, + (1 – 3) aralığı sıcaklığı, - (0 – 3) aralığı soğuğu temsil eder (Şekil 3.3).

$$PMV = [\, 0.303\exp(-0.036\, MA\,) + 0.28]\, L$$

$$\text{If } PMV > 3, \text{ then } 3, \text{ if } PMV < -3, \text{ then } -3 \qquad (3.1)$$



Şekil 3.3 : Termal konfor değerlendirme ölçütü (Url-1).

3. PPD : Denklem 3.1'de verildiği gibi PMV'nin doğrusal olmayan bir fonksiyonudur.

$$PPD = 100 - 95\exp\left[-(0.03353\, PMV^4 + 0.2179\, PMV^2)\right] \qquad (3.2)$$

3.3.3 Analizler

3.3.3.1 Termal konfor

Termal konfor bir yapıdaki kullanıcıların termal ortamdan memnuniyeti ifade eden ve subjektif değerlendirme ile değerlendirilen zihin durumudur. Termal konfor çevresel ve kişisel parametrelere bağlıdır. Termal ortam; hava hızı, hava sıcaklığı, bağıl nem ve radyant sıcaklık gibi çevresel parametreler ile ölçülebilir. Ayrıca termal konfor

metabolik hız, yaş, cinsiyet, giyim gibi kişisel parametrelere bağlı olarak kullanıcılar arasında farklılıklar gösterebilmektedir (Hens, 2011).

Mekan olgusunun değişmesiyle ve kullanıcının mekan içindeki fiziksel varlığının tasarım sürecinde önemli bir faktör olmaya başlamasıyla beraber 'thermal comfort' (termal konfor) kavramı da gelişmeye başlamıştır. Fanger (1970) tarafından tanımlanan termal konfor modeli iç mekanların ideal durumunu ve kullanıcının memnuniyet derecesini değerlendirmek için en yaygın kullanılan yöntemdir (Çelik Yılmaz, 2018).

3.3.3.2 Görsel konfor

Güvenli ve konforlu bir iç ortamın sağlanması, yapıların karşılaması gereken temel taleplerden biridir. Giarma ve diğ. (2017) görsel konfor değerlendirmesi için kullanılan dört farklı aracı karşılaştırıp incelemektedir. Görsel konforu gün ışığı, parlama ve güneş ışınımı olmak üzere üç farklı anlamda inceleyebiliriz.

Gün ışığı, doğrudan ve dağınık güneş radyasyonunun bütünsel bir kombinasyonudur (Knoop ve diğ, 2020). Aynı zamanda gün ışığı hem doğrudan güneş ışığının hem de gün boyunca yer şekilleri, binalar, karasal unsurlar gibi çevresel unsurlardan yansıyan dolaylı ışık kaynaklarının bütünüdür. Güneşin ışık şiddeti atmosphere, güneşin durumuna ve konuma bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Gün ışığı mimarlar için önemli bir tasarım verisi olduğundan mimari mekanda iyi gün ışığı sağlamak için tasarımın nitel ve nicel yönlerine dikkat edilmelidir (Boyce ve Raynham, 2009). Gün ışığı sadece yapının mimari değerine katkı sağlamakla kalmaz aynı zamanda insan sağlığı ve kullanıcı performansını iyileştirme açısından da önemli bir niteliksel değere sahiptir.

Parlama, gözlerimiz belirli bir genel parlaklığa ayarlandığında meydana gelir, ardından görüş alanımızda rahatsız edici, dikkat dağıtıcı ve bazen de kör edici bir ışık belirir. Mevcut parlama analizi yöntemlerinin çoğu, arka plan ortalama parlaklığı ile parlama kaynağındaki kamaşma arasındaki kontrast oranına odaklanır (Suk ve diğ, 2013).

3.3.3.3 Doğal havalandırma

Doğal havalandırma sistemleri yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine yer değiştiren hava mantığıyla çalışır. İki farklı yaklaşım vardır. İlk yaklaşım olan

kaldırma kuvveti, yükselen sıcak hava ile hava sıcaklığı arasındaki fark nedeniyle oluşur. İkinci yaklaşım olan rüzgarla oluşan çapraz havalandırma, havanın yüksek basınç bölgelerinden alçak basınç bölgelerine hareket ettiği rüzgara dayalı hava basıncı farklarına dayanır. Havalandırmanın etkisiyle kapı, pencere, baca gibi açıklıklardan kaynaklanan yapı içinde sıcaklık tabakalaşması oluşur. Rüzgar kuvvetlerinin neden olduğu daha soğuk hava, girişten girer ve kalan iç hava ile karışır. Sonuç olarak, hava sıcaklığının artmasıyla sıcak hava yükselir ve yüksekteki açıklıktan (kubbeden) çıkar (Mutti, 2014).

Doğal havalandırmayı hesaplamak için CFD (Hesaplamalı akışkanlar dinamiği) modelleri geliştirilmiştir. İki denklemli modeller kullanarak ilk CFD modellemesi Nielsen ve diğ. (1978) tarafından standart k modeli kullanılarak yapılmıştır. Zaman içerisinde farklı modeller geliştirilmiştir. Stamou ve Katsiris (2006), havalandırmalı bir mekanın analizini yapmak için SST k-ω türbülans modelinin uygulanmasını önerir ve sonuçları diğer modellerle karşılaştırır.

4. HARRAN EVLERİNİN PERFORMANS BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

HKE ile ilgili yapılan daha önceki çalışmalarda yerinde ölçüm cihazları kullanılarak tekil bir yapıdaki sonuçların değerlendirmesi yapılmıştır. Başaran (2011) yaptığı saha çalışmasında seçtiği bir HKE'nde iki odadaki iç ve dış mekan sıcaklıklarını ve nem oranını ölçerek termal konforu değerlendirmiş, Mutti (2014) çalışmasında elektronik cihazlar ile yerinde belirli ölçümler yaparak sayısal ortama aktarıp doğal havalandırma etkisini ölçmüş, Baran ve Yılmaz (2018) seçtiği bir yapıda kapı ve pencere gibi açıklıkları da dikkate alarak iç mekandaki hava akış hızını ölçüp termal konforu değerlendirecek hesaplamalar yapmış, Passe ve diğ. (2016) HKE'ni iki eş modül olarak değerlendirmeye alarak iç mekandaki hava akışını CFD benzetimleriyle analiz ederek başka bir yapıyla karşılaştırmasını yapmıştır.

Bu tür çalışmalar HKE'nin pasif iklimlendirme ve termal konfor bağlamında ele aldığımız performans potansiyelini sayısal değerlerle ifade etmenin ötesine geçmemiştir. Yapılan çalışmada ise saha çalışmasında incelenen yapılar içerisinden seçilen farklı tipolojideki örnekler sayısal ortama aktarılıp sayısal analiz üzerinden test edilerek performansı etkileyen kriterler belirlenerek bu araştırmanın bir ileri noktaya taşınması istenmiştir.

Bu kapsamda HKE'nde performans değerlendirmesi termal konfor, görsel konfor ve doğal havalandırma olmak üzere üç farklı bağlamda incelenerek ne tür sonuçların elde edilebileceği tartışılmaktadır. Bu amaçla incelenecek farklı tipolojideki yapılar sayısal benzetim araçlarıyla analiz edilerek elde edilen sayısal sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir. Böylece tek bir yapı yerine tipoloji odaklı karşılaştırmalı analizle tasarım kriterleri belirlenmeye çalışılarak sistematik bir bakış açısı ile değerlendirme yapılmak istenmiştir. Alt bölümlerde çalışmanın kapsamı ve kısıtları, veri toplama, analizler ve bulgular ile sonuçların karşılaştırılması açıklanmıştır.

4.1 Kapsam ve Kısıtlar

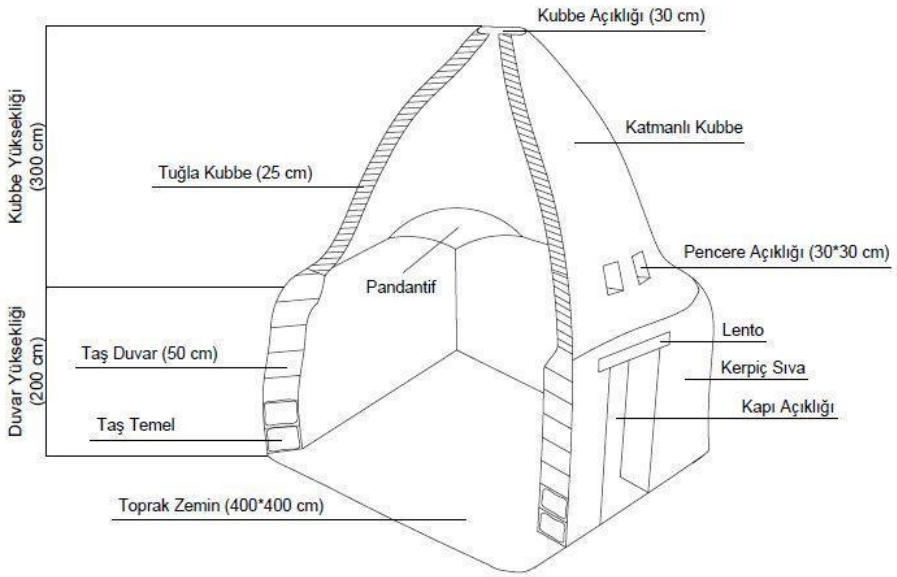
Bu çalışma HKE'nin performans değerlendirmesine odaklanmıştır. Mevcut yapılar yerel halk tarafından sezgisel bir şekilde inşa edildiğinden dolayı yapıyı oluşturan birim modüller eşdeğer olmayıp birbirinden farklılaşabilmektedir. Bu sebepten dolayı birçok değişkene bağlı olarak farklı örnekleri mevcuttur. Bu nedenle Bölüm 3'te tipoloji kısmında bahsi geçen mevcut örneklerden seçilen 6 farklı tipoloji üzerinden çalışma yürütülmüştür. Birim modülün iç ölçüleri, duvar kalınlığı ve yüksekliği, kapı ve pencere açıklıkları, kubbe yüksekliği, çapı ve eğriselliği gibi parametreler belirlenip standartlaştırılmıştır. Böylece yapılacak çalışmada birim modülün ölçüleri sabit alınarak oluşturulacak farklı tipolojilerin eşdeğer birimlerden oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu şekilde elde edilecek analiz sonuçları birbiriyle karşılaştırılabilecektir. Referans alınacak ölçüler için saha çalışmasından elde edilen yaklaşık ölçülerin ortalama değerleri seçilmiştir (Şekil 4.1). Analiz sonuçlarını etkilemediğinden dolayı 3-boyutlu tarama ile hassas ölçümlerin yapılması tercih edilmemiştir.



Şekil 4.1 : Analiz süresince referans alınan standart birim modül.

4.2 Veri Toplama

Belirlenen parametrelerde ölçüleri sabit alınan birim modül (Şekil 4.2) kullanılarak Bölüm 2'te yer alan mevcut yapılardan seçilen 6 farklı tipolojinin planları Şekil 2.23, 2.24, 2.25, 2.26, 2.27 ve 2.28'de belirtilen şekilde standart ölçülerde planlarının hazırlanarak Rhinoceros 6.0 programında üç boyutlu modelleri hazırlanmıştır.



Şekil 4.2 : Referans alınan birim modülün izometrik çizimi (Yıldırım (2015)'ın yüksek lisans tezindeki çizimler referans alınarak tekrar üretilmiştir.).

Modeller hazırlanırken kapı, pencere ve kubbe açıklıklarının olduğu ve bu açıklıkların olmadığı iki farklı model oluşturulmuştur.

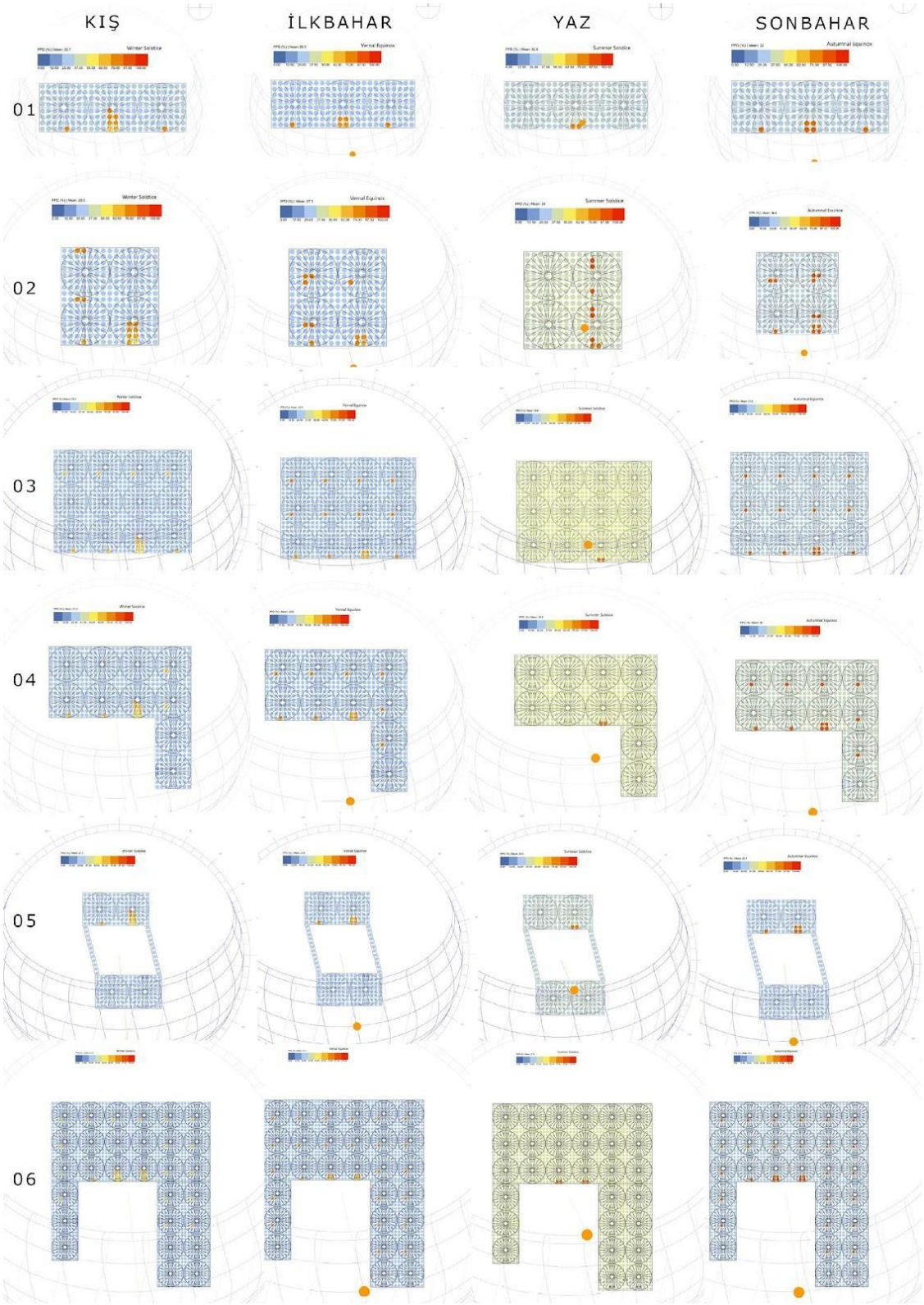
4.3 Analizler

Yapılacak analizler termal konfor, görsel konfor ve doğal havalandırma başlıkları altında incelenecektir.

4.3.1 Termal konfor

Termal konfor analizi için gerekli tüm analizler Rhinoceros 6.0 programının Grasshoopper arayüzünde çalışan ClimateStudio 1.8 benzetim aracı kullanılarak yapılmıştır. Gerekli 3-boyutlu modeller hazırlandıktan sonra program arayüzüne konum bilgisi eklenmiştir. Daha sonra malzeme sabiti program arayüzünde kayıtlı olan tuğla ve kerpiç malzeme seçilip, yapı özellikleri kısmında duvar kalınlığı 50 santimetre kabul edilip analiz süreci başlatılmıştır.

Elde edilen sonuçlar benzetim programlarının karmaşıklığı sebebiyle doğal havalandırma etkisi dahil edilmeden ortaya çıkan sonuçları göstermektedir. Ama yine de Harran'da çöl ikliminin zorlayıcı olduğu hava şartları dikkate alınınca HKE'nin gösterdiği termal konfor performansı verimli olarak değerlendirilmektedir. Şekil 4.3'te altı farklı tipolojiye ait termal konfor analizlerinin görsel sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 4.3 : Mevsimlere göre altı farklı tipolojinin termal konfor analizleri.

Sonuçlara göre yapılarda termal konfor düzeyinin en rahatsız edici dönemi en zorlayıcı iklim şartlarına sahip yaz mevsimi, en ideal dönemi ise ilkbahar mevsimi dönemidir. Her mevsimde tolere edilebilir değere ise Tipoloji 1 ve 5 sahiptir. Termal konfor

düzeyi PPD değeriyle ölçülmektedir. PPD değeri, PMV'de türetilen ve bir ortamda bulunan termal açıdan memnuniyetsiz kişilerin sayısal yüzdesini veren bir indekstir. Çizelge 4.1'de termal konfor memnuniyetsizlik değeri (PPD) dereceleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 : Tipolojilerin termal konfor memnuniyetsizlik (PPD) dereceleri.

	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama
Tipoloji 1	%30.7	%26.3	%32.8	%32	%30,4
Tipoloji 2	%28.9	%27.1	%38	%34.4	%32,1
Tipoloji 3	%22.8	%22.5	%39.4	%31.9	%29,1
Tipoloji 4	%23.3	%22.6	%38.8	%36	%30,2
Tipoloji 5	%27.3	%23.6	%33.6	%28.1	%28,1
Tipoloji 6	%21.6	%21.7	%37.9	%30.8	%28

Bu sonuçlara göre kış mevsiminde en ideal düzeye Tipoloji 6, en rahatsız edici değere Tipoloji 1 sahiptir. İlkbahar mevsiminde en ideal düzeye Tipoloji 6, en rahatsız edici değere Tipoloji 2 sahiptir. Yaz mevsiminde en ideal düzeye Tipoloji 1, en rahatsız edici değere Tipoloji 3 sahiptir. Sonbahar mevsiminde ise en ideal düzeye Tipoloji 5, en rahatsız edici değere Tipoloji 4 sahiptir. Bu sonuçların ortalama değerlerini incelediğimizde ise en ideal değere sahip yapılar sırasıyla Tipoloji 6, Tipoloji 5, Tipoloji 3, Tipoloji 4, Tipoloji 1, Tipoloji 2'dir.

4.3.1.1 Enerji tüketimi

Enerji kullanım yoğunluğu (EUI) standartlarına göre tüketilen enerji, yıllık karbon emisyonu, enerji maliyeti ve ortalama tüketim değeriyle karşılaştırınca yapının verimlilik yüzdesini gösteren sonuçlar Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Altı tipolojinin enerji tüketim sonuçları.

	Tüketilen Enerji (kWh/m²)	Yıllık Karbon Emisyonu (kgCO²/m²)	Enerji maliyeti ($/m²)	Ortalama tüketim değeri - EUI (kWh/m²)	Kazanç Yüzdesi
Tipoloji 1	184	95	16	249	% 26
Tipoloji 2	179	92	16	249	% 28
Tipoloji 3	160	79	14	249	% 36
Tipoloji 4	165	82	14	249	% 34
Tipoloji 5	171	85	15	249	% 31
Tipoloji 6	162	80	14	249	% 35

Bu sonuçlara göre m² başına en çok enerji tüketimi Tipoloji 1'e, en düşük tüketim ise Tipoloji 3'e aittir. Ortalama tüketim değeriyle karşılaştırınca kazanç yüzdesi en yüksekten sırasıyla Tipoloji 3, Tipoloji 6, Tipoloji 4, Tipoloji 5, Tipoloji 2 ve Tipoloji 1 şeklindedir.

4.3.2 Görsel konfor

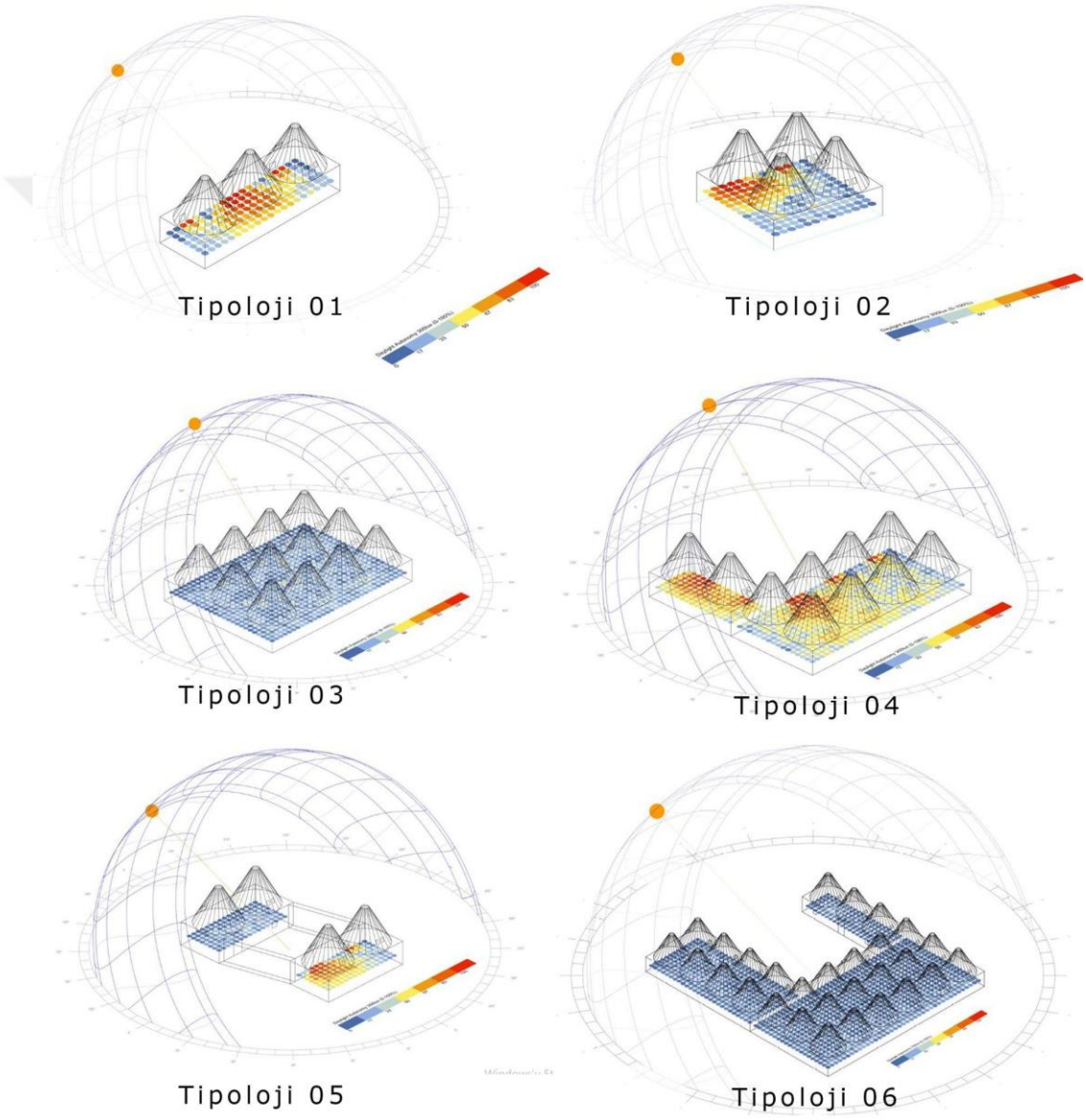
Yapıların güneşle olan etkileşimleri bu bölümde gün ışığı, yansıma ve güneş ışınımı başlıkları altında incelenmektedir.

4.3.2.1 Gün ışığı

Bu bölümde yapılarda gün ışığının iç mekanlara girişi incelenmiş ve farklı tipolojilerin karşılaştırılmasıyla sonuçları etkileyebilecek değişkenler belirlenmeye çalışılmıştır. Güneşin konumu, yapıların lokasyonu ve iklimsel veri kullanılan programların veritabanından alınmıştır. Yapılar dağınık bir şekilde topoğrafyaya yerleştiğinden

dolayı çevredeki yapılar birbirinin güneşini etkilememektedir. Bu yüzden çevresel etkier değerlendirmeye alınmamıştır. Günışığı etkisinin daha net ölçülebilmesi için iç mekandaki ayırıcı duvarlar hesaba katılmamıştır. Benzetim sürecinde tüm yıl verileri kullanılır. Değerlendirme 300 lux ışık değeri üzerinden yapılmıştır.

İç mekana alınan gün ışığı; her bir kubbenin kuzey-güney doğrultusunda yer alan dört açıklık, kubbelerin tepesindeki açıklıklar ve kapı – pencere açıklıklarından alınmaktadır. Şekil 4.4'te farklı tipolojilere ait benzetim sonuçları gösterilmiştir.



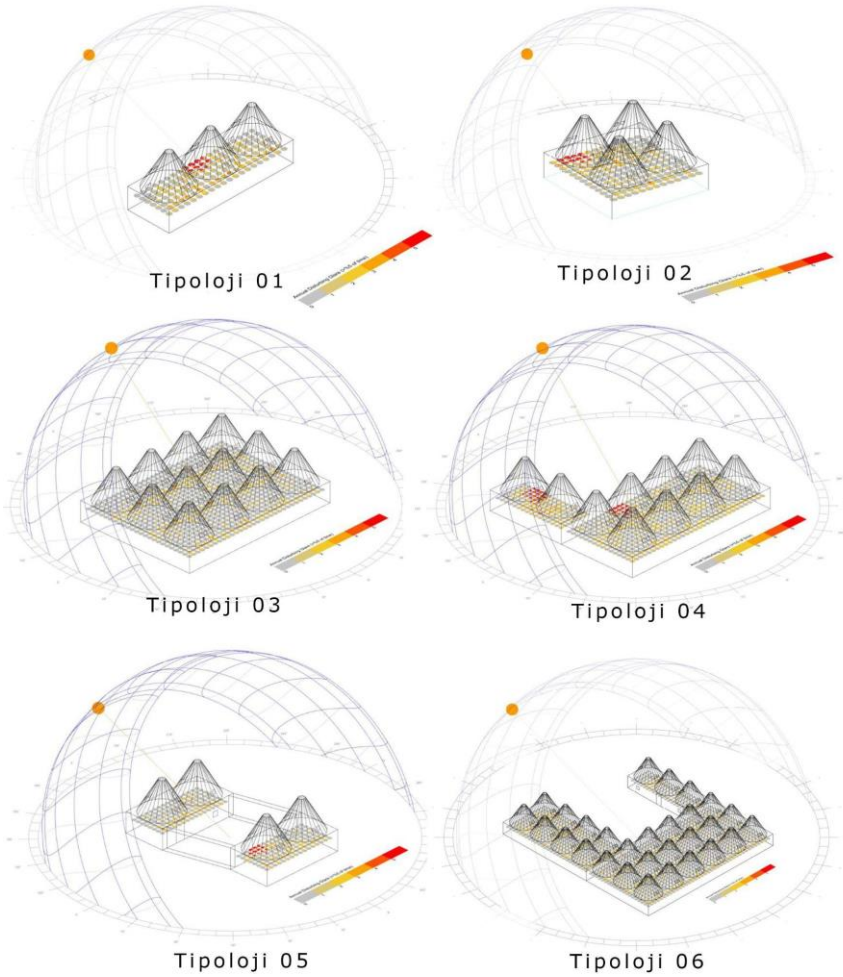
Şekil 4.4 : Altı farklı tipolojinin gün ışığı benzetim sonuçları.

En yüksek gün ışığı performansını gösteren tipoloji tek sıralı gruba dahil olan 01 numaralı tipoloji ve L tipi grubuna dahil olan 04 numaralı tipolojidir. En düşük gün

ışığı performansını gösteren tipoloji ise üç sıralı gruba dahil olan 03 numaralı tipoloji ve U tipi grubuna dahil olan 06 numaralı tipolojidir. İki sıralı gruba dahil olan 02 numaralı tipoloji de kısmi verim gösterip iç mekanın kuzeyinde kalan bölümünde yetersiz kalmaktadır. Ayrık gruba dahil olan 05 numaralı tipoloji ise güney cephesinde açıklık bulunan kısmı yeterli gün ışığı alırken geriye kalan kısmında yetersiz kalmaktadır.

4.3.2.2 Parlama

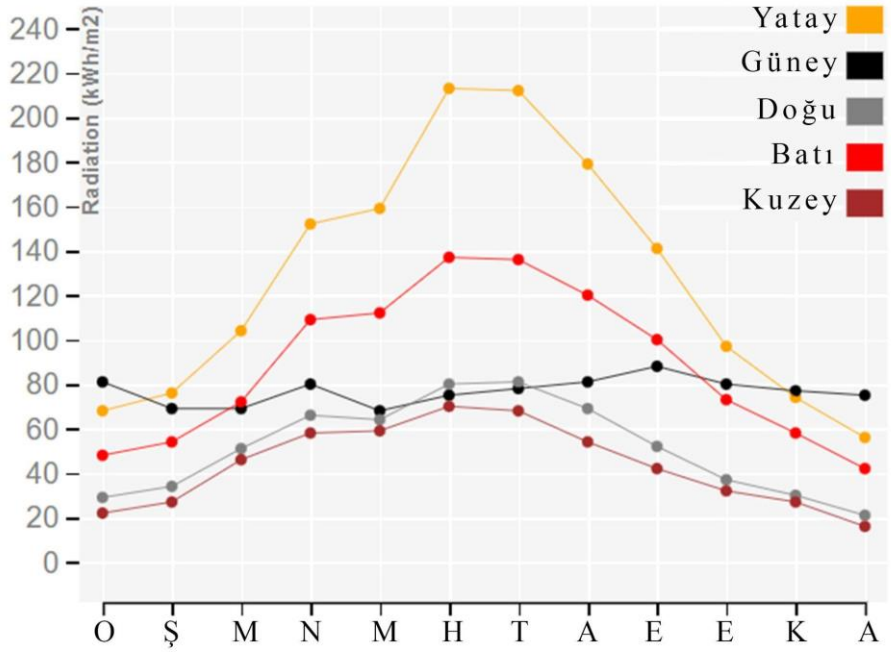
Parlama gün ışığının yoğun gelip rahatsız edici seviyeye ulaştığı durumu ifade etmektedir. Görsel konforun sağlanması için parlama miktarının yüksek olmaması gerekmektedir. Şekil 4.5'te farklı tipolojilere ait parlama benzetim sonuçları gösterilmiştir. Yapılan karşılaştırmalı analizde parlamanın en yoğun olduğu yapı L tipolojisi grubuna dahil olan 04 numaralı tipolojidir. İdeal parlama oranına sahip yapılar ise 03 ve 06 numaralı tipolojilerdir. Diğer yapılar ise tolere edilebilir parlama oranına sahiptir.



Şekil 4.5 : Altı farklı tipolojinin parlama benzetim sonuçları.

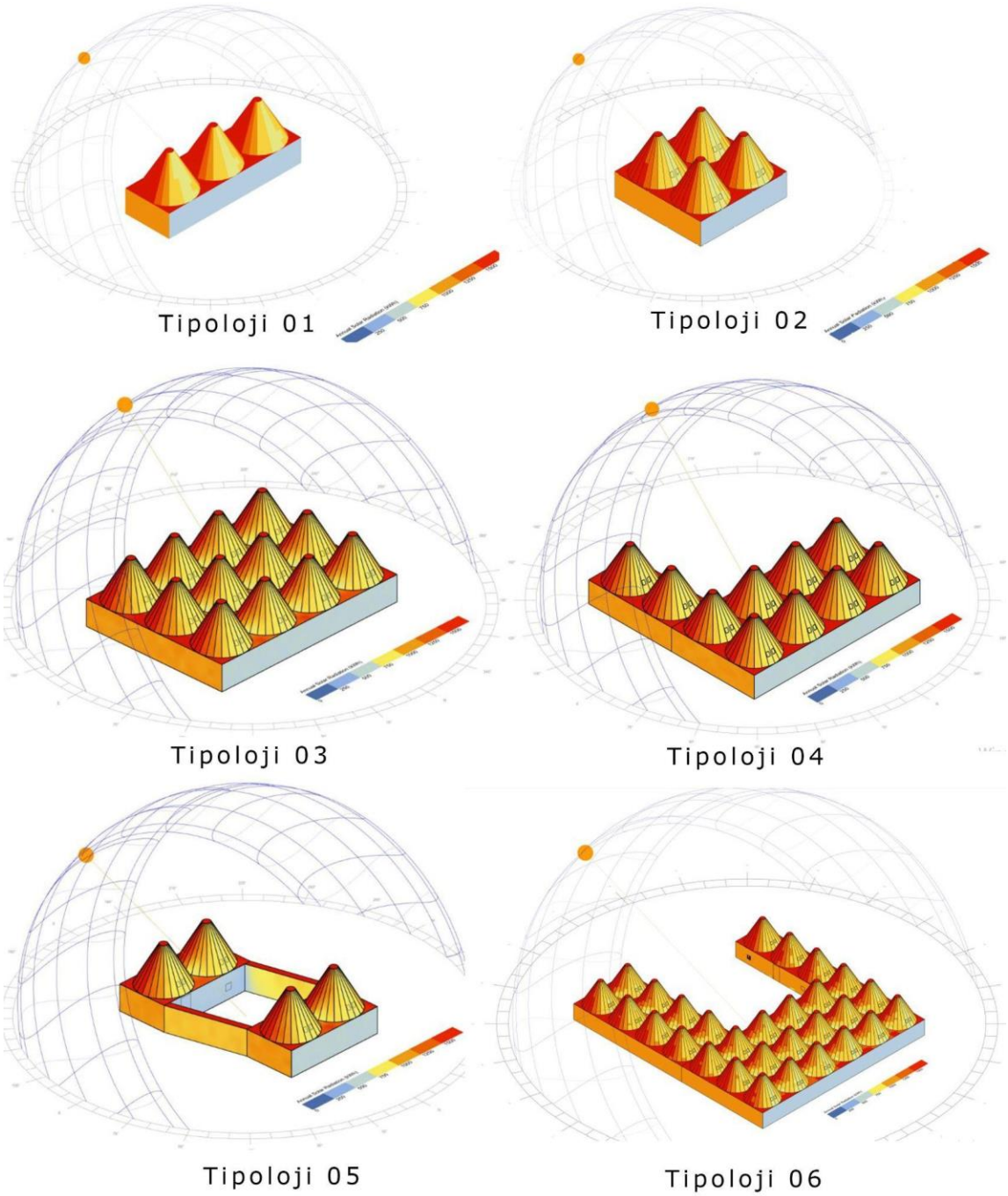
4.3.2.3 Güneş ışınımı

Yapıların farklı cephelerine etki eden güneş ışınımı seviyelerini daha iyi anlamak için Şekil 4.6'da farklı yönlere ait aylık güneş ışınımı seviyeleri gösterilmiştir.



Şekil 4.6 : Farklı yönlerde aylık güneş ışınımı seviyeleri.

Şekil 4.7'de farklı tipolojilere ait güneş ışınımı benzetim sonuçları gösterilmiştir. Yapı formu yüzey alanının birim sayısına oranı en düşük olan yapılar daha düşük güneş ışınımına maruz kalmaktadır.

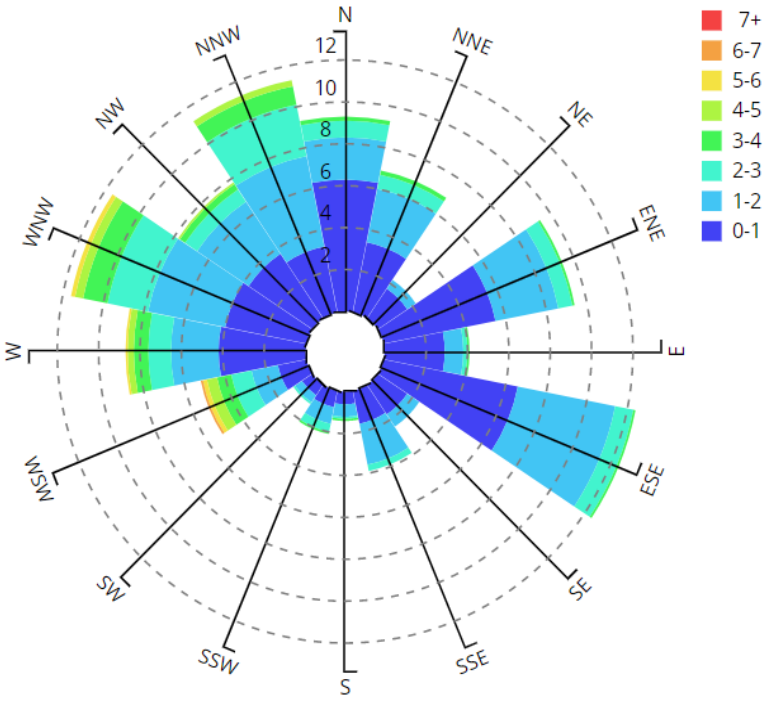


Şekil 4.7 : Altı farklı tipolojinin güneş ışınımı benzetim sonuçları.

En yüksek güneş ışınımına (radayasyonuna) maruz kalan yapı sırasıyla Tipoloji 1, Tipoloji 5, Tipoloji 2, Tipoloji 4, Tipoloji 3 ve Tipoloji 6'dır. Bu sonuçlar yapının güneşe maruz kalan yüzeyleriyle doğru orantılıdır.

4.3.3 Doğal havalandırma

Bu bölümde HKE'nin farklı yapıdaki tipolojilerinin karşılaştırılmalı analizinde kubbe, pencere ve kapı açıklıklarının üzerindeki etkisi incelenip doğal havalandırma analizi yapılarak yapıların pasif iklimlendirme performansının ölçülmesi hedeflenmiştir. Sıcak ve kurak bir yerleşim yeri olan Harran, sert iklim şartlarına sahip olduğundan elde edilecek sonuçlar önem arzetmektedir. Şekil 4.8'de Harran'ın hakim rüzgar yönünü ve büyüklüğünü görmekteyiz.



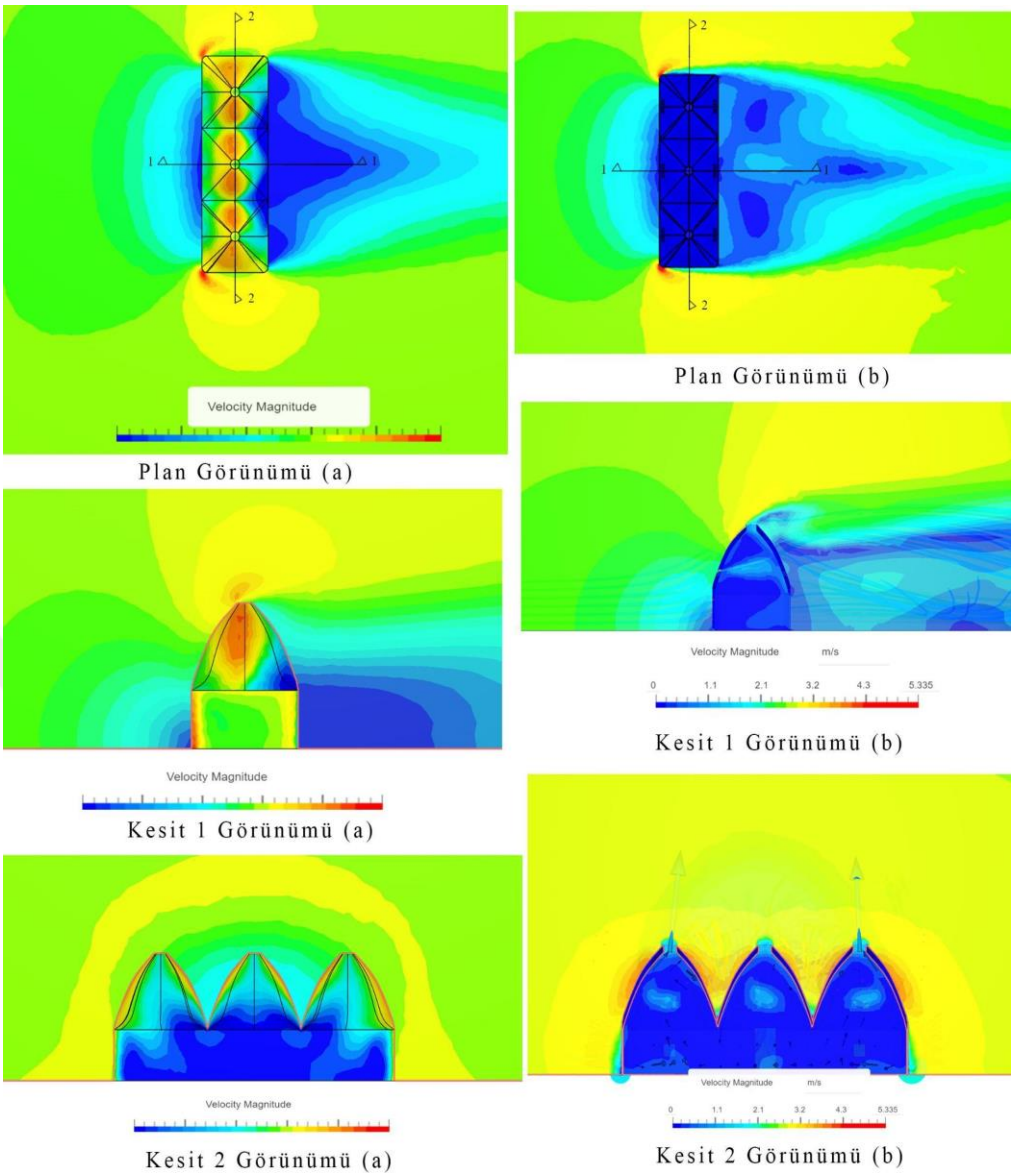
Şekil 4.8 : Harran rüzgar yönü ve büyüklüğü.

Temel hava akışı özelliklerini ve ortaya çıkacak hız profillerini incelemek için hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) benzetimleri kullanılmıştır. Benzetim araçları için gerekli veriler hazırlandıktan sonra sayısal ortamda rüzgar tüneli benzetimi yapılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için 6 farklı yapı tipolojisi seçilip her tipoloji için kubbe, pencere ve kapı açıklıklarının bulunduğu ve bu açıklıkların bulunmadığı 2 farklı varyasyon oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarını karşılaştırabilmek için bu varyasyonların modellenmesinde Şekil 4.2'deki birim modül referans alınmıştır. Kullanılacak araç için web arayüzünde çalışan SimScale isimli CFD benzetim aracı tercih edilmiştir. Rüzgarın etkilediği hava hızındaki değişikliklerden elde edilecek sonuçlar kubbe açıklığının doğal havalandırmada etkili soğutma için sahip olduğu potansiyeli göstermektedir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) analizi, hava akış

hızını, basınç bölgelerini ve yapının çevresel etkileşimini gösterir. Doğal havalandırma sistemleri yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine yer değiştiren hava mantığıyla çalışır. Rüzgar kuvvetlerinin neden olduğu daha soğuk hava, girişten girer ve kalan iç hava ile karışır. Sonuç olarak, hava sıcaklığının artmasıyla sıcak hava yükselir ve yüksekteki açıklıktan (kubbeden) çıkar. Harran evleri, farklı yüksekliklerde çeşitli hava açıklıklarına ve kubbenin tepesindeki bir açıklığa sahiptir. Bu nedenle, CFD analizi yoluyla ilgili parametrelerin neler olduğunu anlamak bizim için önemlidir. Doğal havalandırmanın Harran kubbeli evleri üzerindeki etkisini anlamak için bir CFD analiziyle SST k-ω türbülans modelinin kullanılması tercih edilmiştir. Harran'da hakim rüzgar yönü kuzeybatı yönünde olup ortalama hızı 2.5 m/s'dir.

Şekil 4.9'da Tipoloji 1 yapısına ait kapı, pencere, kubbe açıklıklarının bulunmadığı kapalı geometri ve bu açıklıkların bulunduğu açık geometri üzerinden iki farklı analiz yapılmıştır. Kapalı geometride iç mekana hava giriş çıkışı engellenirken açık geometride iç mekanda hava sirkülasyonuna izin vererek rüzgarın doğal havalandırma üzerindeki etkileri benzetim üzerinden gözlenmektedir. Yapının çevreyle kurduğu ilişkide rüzgar, iç ve dış mekan arasında ve yapının formuna bağlı olarak farklı noktalarda basınç bölgesinin oluşmasını sağlamaktadır. Böylece farklı basınç bölgelerinden hareket eden hava kütlesi sayesinde yaz mevsimlerinde soğutma etkisi sağlanarak iç mekanda yüksek sıcaklıkların etkisi azaltılmaktadır.

Kapalı geometrinin analizinde kesit 1 görünümünden anlaşıldığı üzere kubbenin tepe kısmında rüzgar hızı artmaktadır. Böylece tepe kısmında basınç bölgesi oluşmaktadır. Açık geometrinin kesit 1 görünümünü incelediğimizde ise kapı ve pencereden iç mekana hava akışının olduğunu ve kubbedeki açıklıktan ise oluşan basınç bölgesi sayesinde vakum etkisiyle hava çıkışının olduğu gözlenmektedir. Açık geometrinin kesit 2 görünümünde ise her üç birim kubbede de iç mekandaki hava dolaşımını ve kubbedeki açıklıktan çıkışını görmekteyiz.

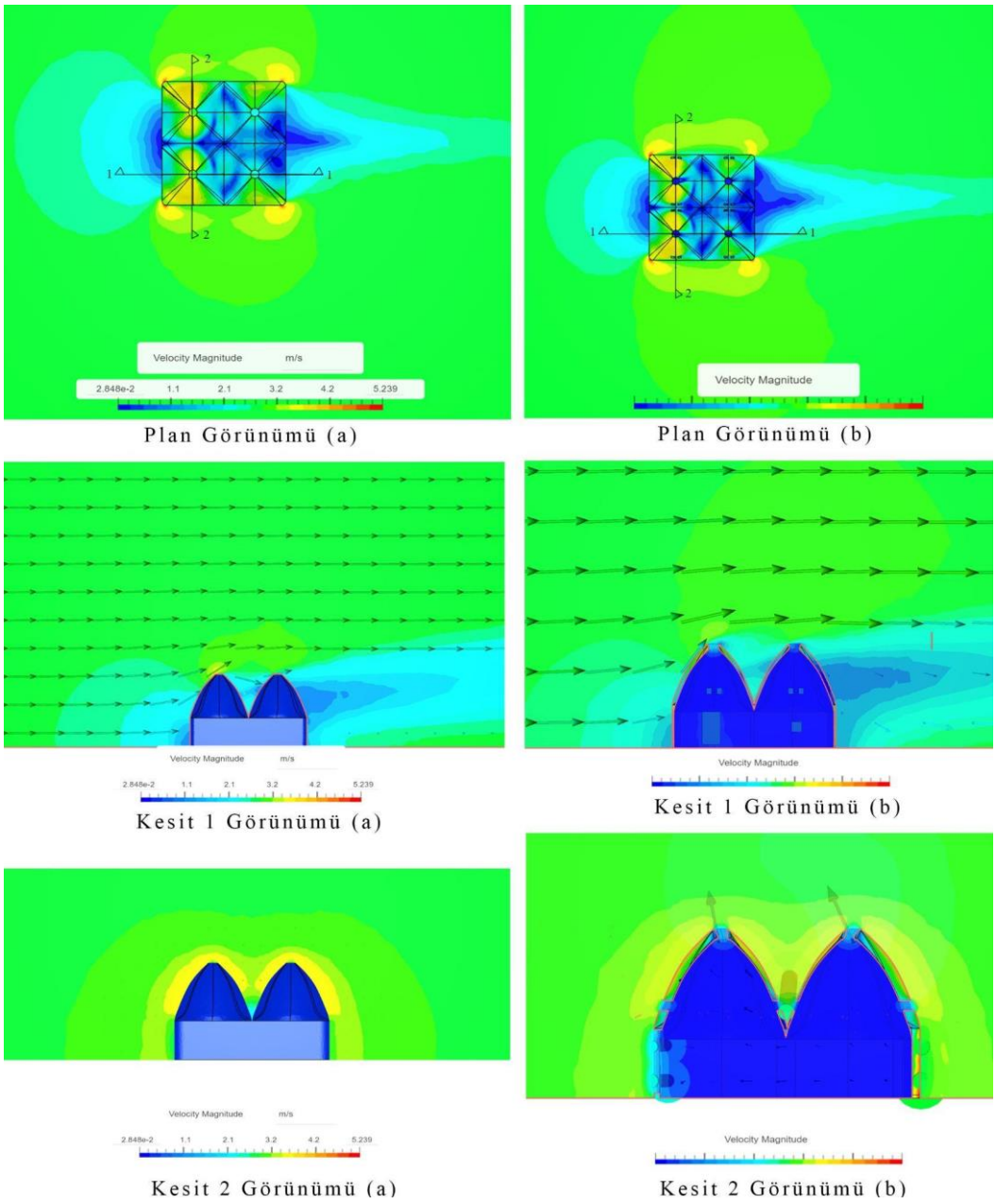


(a) (b)

Şekil 4.9 : Tip 1 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri.

Bu etkinin sonucu olarak doğal havalandırma sayesinde iç mekandaki hava kalitesi yüksek kalmakta ve yaz mevsimindeki ekstrem sıcaklık şartlarına karşın pasif iklimlendirme etkisi sağlanmaktadır. Böylece iç mekan sıcaklıklarının rahatsız edici düzeye ulaşması engellenmektedir.

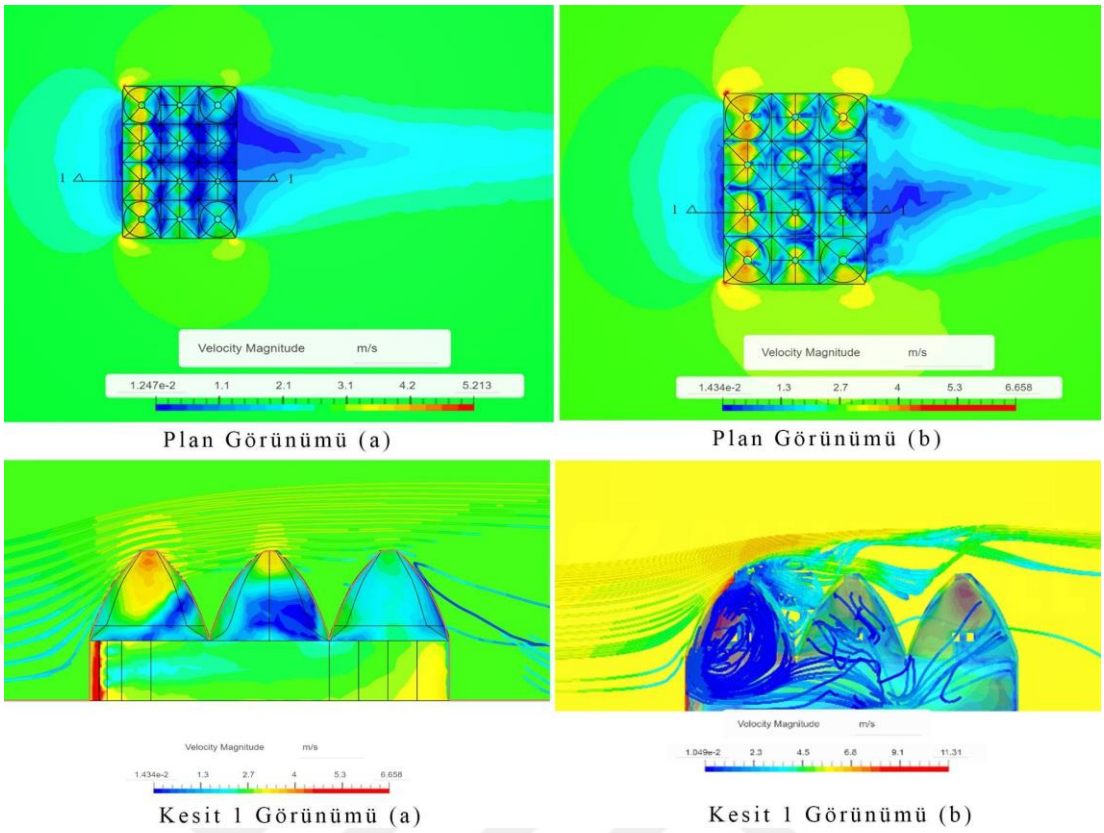
Şekil 4.10'da Tipoloji 2 yapısına ait kapı, pencere, kubbe açıklıklarının bulunmadığı kapalı geometri ve bu açıklıkların bulunduğu açık geometri üzerinden iki farklı analiz yapılmıştır. Kapalı geometrinin kesit 1 görünümünde rüzgarın ilk etki ettiği kubbede basınç bölgesi oluşurken sonraki sıradaki kubbede oluşan etki oranı azalmaktadır.



(a) (b)

Şekil 4.10 : Tip 2 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri.

Tipoloji 2'nin iki sıralı yapısı sebebiyle rüzgarın etki ettiği ikinci sıra kubbelerde doğal havalandırma etkisi azalmaktadır. Bu durum açık geometrinin kesit 1 görünümünde daha net anlaşılmaktadır. Kesit 2 görünümlerini karşılaştırdığımızda ise rüzgarın etki ettiği ilk sıra kubbelerin tepe noktasında oluşan basınç bölgesi sayesinde iç mekanda pasif iklimlendirme etkisinin kuvvetli olduğu gözlenmektedir. Şekil 4.11'de Tipoloji 3 yapısına ait kapı, pencere, kubbe açıklıklarının bulunmadığı kapalı geometri ve bu açıklıkların bulunduğu açık geometri üzerinden iki farklı analiz yapılmıştır.

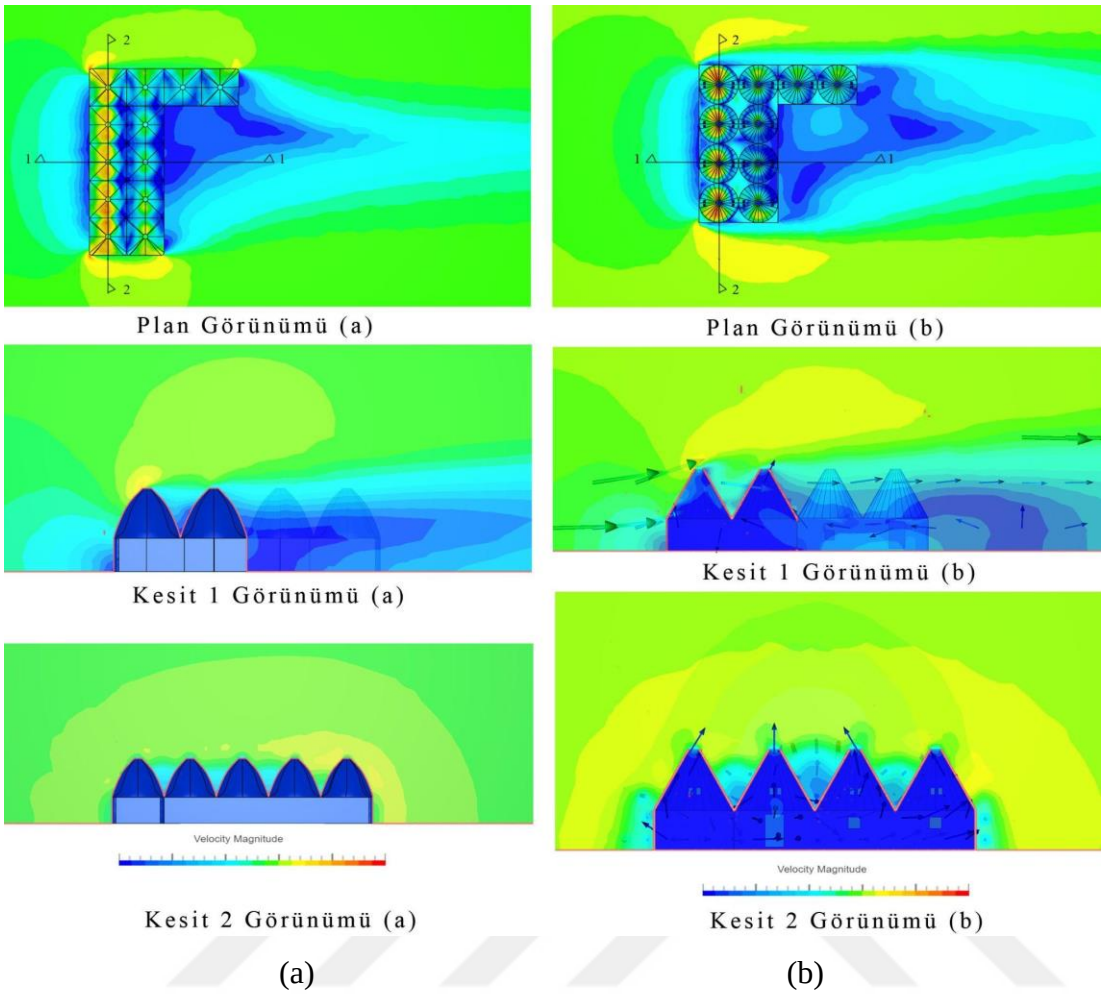


(a) (b)

Şekil 4.11 : Tip 3 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri.

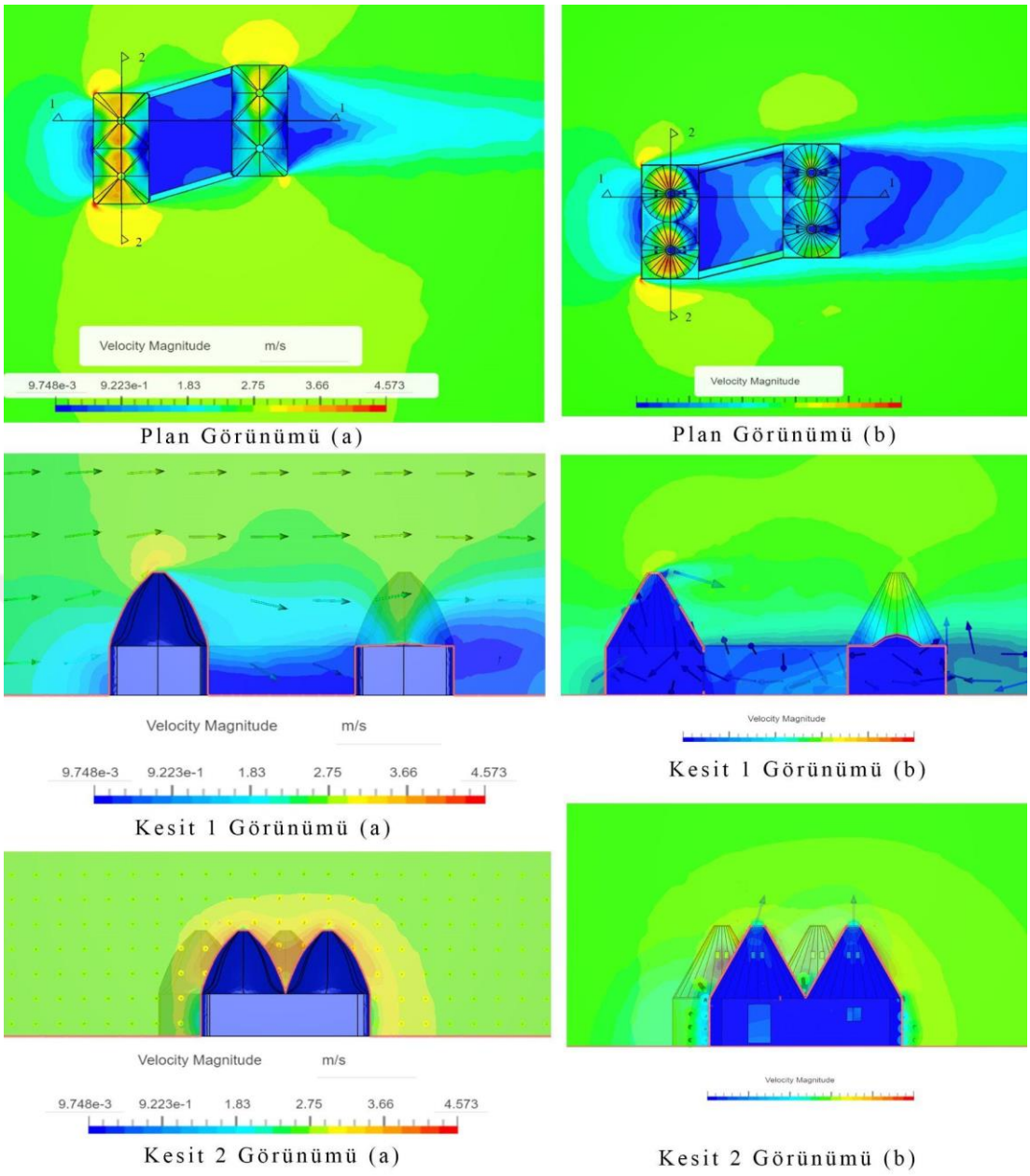
Tipoloji 3 yapısındaki sonuçları baktığımızda benzer etkileri görmekteyiz. Ama üç sıralı yapısı sebebiyle pasif iklimlendirme etkisinin azaldığını gözlemlemekteyiz. Açık geometrinin kesit 1 görünümüne baktığımızda iç mekandaki hava dolaşımının rüzgarın etki ettiği ilk sıra kubbede en yüksek olduğu ve sonrakilerinde git gide bir miktar azaldığını görebilmekteyiz. Ama yine de etkili bir pasif iklimlendirme görülüp yaz mevsiminde iç mekandaki rahatsız edici sıcaklık durumunun giderildiği söylenebilir.

Şekil 4.12'de Tipoloji 4 yapısına ait kapı, pencere, kubbe açıklıklarının bulunmadığı kapalı geometri ve bu açıklıkların bulunduğu açık geometri üzerinden iki farklı analiz yapılmıştır. L tipi yapısına sahip olan Tipoloji 4 ise iki sıralı yapıya sahip olan Tipoloji 2 ile benzer etkilere sahiptir.



Şekil 4.12 : Tip 4 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri.

Şekil 4.13'te Tipoloji 5 yapısına ait kapı, pencere, kubbe açıklıklarının bulunmadığı kapalı geometri ve bu açıklıkların bulunduğu açık geometri üzerinden iki farklı analiz yapılmıştır.

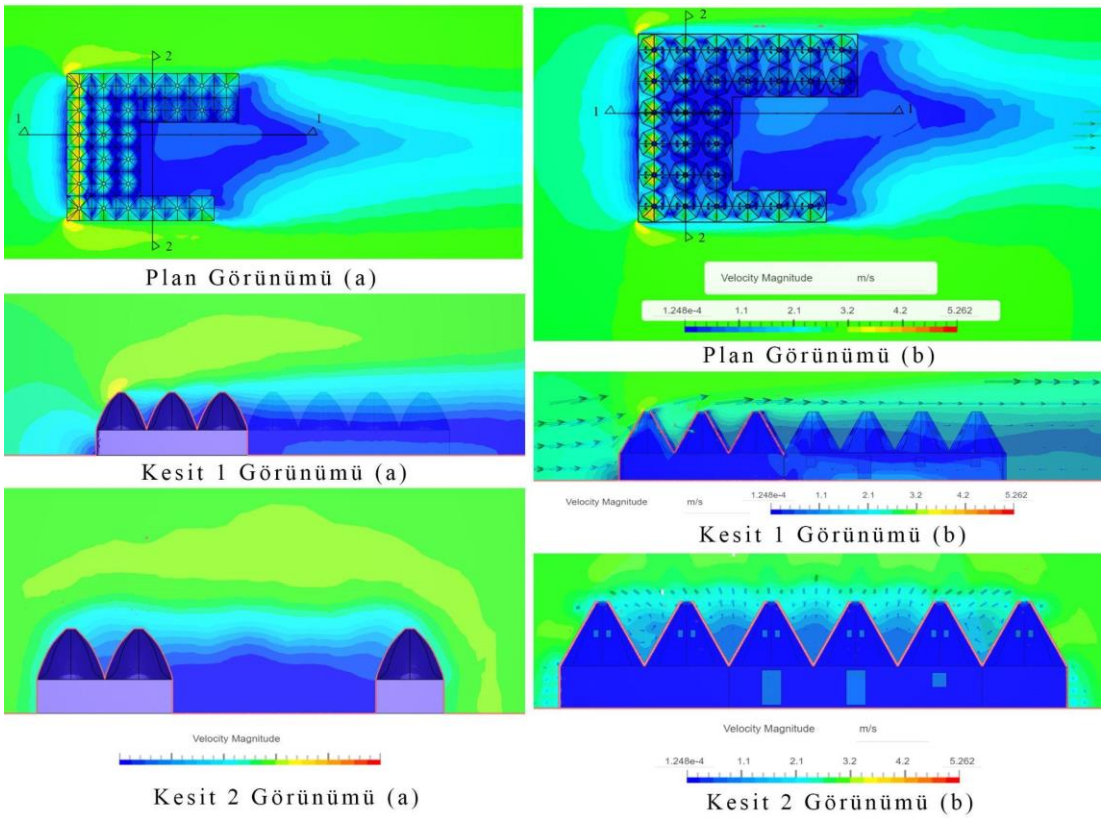


(a) (b)

Şekil 4.13 : Tip 5 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri.

Rüzgarın bütün kubbelerin tepelerinde basınç bölgesi oluşturduğu bu tipolojide avlu etkisi sayesinde daha verimli sonuçlar elde edildiği gözlenmektedir. İç mekan ve avluda oluşan doğal havalandırma ile pasif iklimlendirme etkili bir şekilde görülmektedir.

Şekil 4.14'te Tipoloji 6 yapısına ait kapı, pencere, kubbe açıklıklarının bulunmadığı kapalı geometri ve bu açıklıkların bulunduğu açık geometri üzerinden iki farklı analiz yapılmıştır.



(a) (b)

Şekil 4.14 : Tip 6 yapısına ait doğal havalandırma analizleri (a) Kapalı geometri (b) Açık geometri.

Tipoloji 6 sahip olduğu karmaşık yapısı ve çok sayıda birimden oluşmasından dolayı rüzgarın etkisini azaltmakta ve kubbelerin tepesinde oluşturduğu basınç kuvvetini düşürmektedir. Yapının tamamında etkili bir doğal havalandırma oluşmasa bile pasif iklimlendirme etkisini yapıda gözlemlemekteyiz.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, tarihsel süreç içerisinde malzeme, yapım tekniği, kullanım biçimi bağlamında bir mimar desteği olmadan kendiliğinden gelişme gösteren yöresel sivil mimari örneklerinden Türkiye'nin Şanlıurfa ili Harran ilçesinde bulunan Harran Kubbeli Evleri'ne (HKE) sistematik bir biçimde ve günümüz hesaplamalı tasarım araçlarının sağladığı olanaklarla yaklaşılmıştır. Enerji verimli ve döngüsel tasarım yaklaşımları için performans tabanlı tasarım ilke ve ilişkilerinin açıpa çıkartılması amacıyla görsel konfor, termal konfor ve doğal havalandırma perspektifinden benzetim ve değerlendirmeye dayalı bir ararştırma yürütülmüştür. Çalışma, HKE'ni sistematik, parça-bütün ilişkisini göz önünde bulunduran ve tutarlı bir şekilde ele almaktadır.

Tez kapsamında Harran'da günümüze ulaşan 32 yapı incelenerek 6 farklı tipoloji terpit edilmiştir. Her tipolojiden seçilen birer yapı, tez kapsamında seçilen 3 performans kriteri için ayrı ayrı simüle edilmiş ve karşılaştırmalı olarak değerledirilmiştir. Elde edilen bulguların yapıların tasarım aşamasında alınacak kararları doğrudan etkileyecek nitelikte olduğu saptanmıştır. Tasarım sürecinde hangi yapı elemanının tercih edileceği yönünde elde edilen çıkarımlar çalışmanın temel sonuçlarını sunmaktadır. HKE'nde performansı etkileyen faktörleri belirlemek için yapı elemanlarının rolü ve işlevi göz önüne alındığında, aşağıdaki unsurlar ön plana çıkmaktadır:

- Kubbe geometrisi
- Açıklıkların boyutları
- Bütün form kapsamında boyut ve oranlar
- Tipolojik yapı ve birimlerin sayısı
- Yapıların yerleşim biçimi
- Seçilen malzemenin termal özellikleri
- Yapı elemanlarının ölçüleri

Bu araştırmanın başlıca katkıları şunlardır:

- Harran kubbeli evlerin performans etkisini anlamak için bir 3-boyutlu bina enerji modeli geliştirilmesi;
- Birimlerin bir araya geliş biçimlerine göre hangi tipolojinin daha verimli sonuçlara sahip olduğu;
- Yapıdaki kapı, pencere ve kubbedeki açıklıkların performansı nasıl etkilediğini ölçerek tasarımın optimizasyonu.

Bunlara ilaveten tipoloji tabanlı yaklaşımla mevcut yapılar bir matris altında organize edilmiştir. Geliştirilen hesaplamalı benzetim modelleri ile HKE'inde kullanılan malzeme, yapının biçimi ve çevresel verilerin termal konfor, görsel konfor ve doğal havalandırma performanslarına nasıl etki ettiği ortaya konmuştur. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bilgisayar ortamında tanımlı olan parametreler yeni malzeme, yeni biçim, yeni tasarım ve tipolojilerin performansa dayalı benzetimleri için özelleştirilebilecek esnekliktedir. Dolayısıyla, yeni tasarım problem ve baplamlara uyarlanabilecek esneklikte moduler bir hesaplamalı altyapı oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

Akın, G. (1985). *Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki Tarihsel Ev Tiplerinde Anlam* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

AlAnzi, A., Seo, D., & Krarti, M. (2009). Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait. *Energy Conversion and Management, 50*(3), 822-828.

Attia, S., & Carlucci, S. (2015) Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate, *Energy and Buildings, 102*, 117-128.

Awotona, A. (1990). Housing in Libya: 1950–1980∗. *Habitat International, 14*(1), 55-85.

Banse, E. (1912). Die Gubāb-Hütten Nordsyriens und Nordwest-Mesopotamiens. *Orient-Arch., Jg. II, 4*, 173-179.

Baran, M., & Yılmaz, A. (2018). A study of local environment of Harran historical domed houses in terms of environmental sustainability. *Journal of Asian Scientific Research, 8*(6), 211-220.

Başaran, T. (2011). Thermal analysis of the domed vernacular houses of Harran, Turkey. *Indoor and Built Environment, 20*(5), 543-554.

BEP (2009). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. Retrieved January 1, 2023 from https://webdosya.csb.gov.tr/db/sivas/webmenu/webmenu68093.pdf

Boyce, P., & Raynham, P. (2009). *The SLL lighting handbook: the society of light & lighting*. Chartered Institution of Building Services Engineers.

Brice, W. C., & Donmez, A. (1948). 155. Construction of a House Roofed with Corbelled Domes in Southern Turkey. *Man*, 135-136.

Bulle, H. (1907). *Orchomenos*. Verlag der KB Akademie der Wissenschaften.

Catalina, T., Virgone, J., & Iordache, V. (2011). Study on the impact of the building form on the energy consumption. *Proceedings of building simulation* (pp. 1726-1729).

Chel, A., Tiwari, G. N., & Singh, H. N. (2010). A modified model for estimation of daylight factor for skylight integrated with dome roof structure of mud-house in New Delhi (India). *Applied Energy, 87*(10), 3037-3050.

Conti, J., Holtberg, P., Diefenderfer, J., LaRose, A., Turnure, J. T., & Westfall, L. (2016). *International energy outlook 2016 with projections to 2040 (No. DOE/EIA-0484 (2016))*. USDOE Energy Information Administration (EIA), Washington, DC (United States). Office of Energy Analysis.

Çelik Yılmaz, B. Ç. (2018). *A performance based decision-making approach for insulation material selection: A social housing case* (Master thesis). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Dipasquale, L., & Silva, N. J. (2009). Corbelled domes of Apulia (Italy). In S. Mecca, L. Dipasquale (Eds.), *Earthen Domes and Habitats* (123-142). Pisa, Italy: Editorial ETS.

Duarte, G., Brown, N., Memari, A., & Duarte, J. P. (2021). Learning from historical structures under compression for concrete 3D printing construction. *Journal of Building Engineering*, *43*, 103009.

Eres, Z. (2016). Urfa Çevresindeki Kerpiç Kubbeli Yapıların Arkeolojik Açıdan Değerlendirilmesi. *TÜBA-AR Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi*, *2010*(13), 121-140.

EPDB (2019). Energy Performance of Buildings Directive - EPBD (2002/91/EC). Retrieved January 1, 2023 from https://www.iea.org/policies/868-energy-performance-of-buildings-directive-epbd-200291ec

EPDB (2023). Energy performance of buildings directive. Retrieved January 1, 2023 from https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

Faizi, F., Noorani, M., Ghaedi, A., & Mahdavinejad, M. (2011). Design an optimum pattern of orientation in residential complexes by analyzing the level of energy consumption (case study: Maskan Mehr Complexes, Tehran, Iran). *Procedia Engineering, 21*, 1179-1187.

Germen, A. (1974). Trullo'lar. *Mimarlık Dergisi, 5*, 34-37.

Giarma, C., Tsikaloudaki, K., & Aravantinos, D. (2017). Daylighting and visual comfort in buildings' environmental performance assessment tools: A critical review. *Procedia Environmental Sciences, 38*, 522-529.

Heerwagen, D. (2003). *Passive and active environmental controls: informing the schematic designing of buildings*. McGraw-Hill Professional.

Hens, H. (2011). *Applied Building Physics: Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties*. Ernst & Sohn Verlag.

IEA (2022). Average annual change in energy consumption and avoided demand due to efficiency improvements by sector in the Stated Policies Scenario, 2010-2030, IEA, Paris. Retrieved January 1, 2023 from https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/average-annual-change-in-energy-consumption-and-avoided-demand-due-to-efficiency-improvements-by-sector-in-the-stated-policies-scenario-2010-2030

Knoop, M., Stefani, O., Bueno, B., Matusiak, B., Hobday, R., Wirz-Justice, A., & Norton, B. (2020). Daylight: what makes the difference?. *Lighting Research & Technology*, *52*(3), 423-442.

Layard, A. (2005). *The Monuments of Nineveh: With 170 Plates Made on the Spot*. Piscataway, NJ, USA: Gorgias Press.

Mutti, L. (2014). *Numerical simulation of a comprehensive 1-D building energy model and conjugate heat transfer analysis on the internal flow field at*

the Harran houses in southern Turkey for a brick corbelled internal surface (Master thesis). Iowa State University.

Müller, W., & Vogel, G. (1977). *Dtv-Atlas zur Baukunst/1 Allgemeiner Teil, Baugeschichte von Mesopotamien bis Byzanz*. Dt. Taschenbuch Verlag.

NEPA (1969). *The National Environmental Policy Act.* Retrieved January 1, 2023 from https://www.energy.gov/nepa/articles/national-environmental-policy-act-1969

Nielsen, P. V., Restivo, A., & Whitelaw, J. H. (1978). The velocity characteristics of ventilated rooms. *Journal of Fluids Engineering, 100*(3), 291-298.

Oxman, R. E. (1994). Precedents in design: a computational model for the organization of precedent knowledge. *Design Studies, 15*(2), 141-157.

Özdeniz, M. B., Bekleyen, A., Gönül, I. A., Gönül, H., Sarigül, H., Ilter, T., Dalkiliç, N., & Yildirim, M. (1998). Vernacular domed houses of Harran, Turkey. *Habitat International, 22*(4), 477-485.

Passe, U., Ganapathysubramanian, B., He, S., Vansice, K., & Xu, S. (2016). An integrated experimental-computational investigation of connected spaces as natural ventilation typologies. *Architecture Conference Proceedings and Presentations*. Retrieved January 1, 2023 from https://lib.dr.iastate.edu/arch_conf/133

Ramirez, J. A. (2000). *The beehive metaphor: from Gaudi to Le Corbusier*. London, UK: Reaktion Books.

Rovero, L., & Tonietti, U. (2012). Structural behaviour of earthen corbelled domes in the Aleppo's region. *Materials and Structures, 45*(1), 171-184.

Spanos, I., Simons, M., & Holmes, K. L. (2005). Cost savings by application of passive solar heating. *Structural Survey, 23*(2), 111-130.

Stamou, A., & Katsiris, I. (2006). Verification of a CFD model for indoor airflow and heat transfer. *Building and Environment, 41*(9), 1171-1181.

Stefanizzi, P., Fato, I., & Di Turi, S. (2016). Energy and environmental performance of Trullo stone building. An experimental and numerical survey. *International Journal of Heat and Technology*, *34*(Special Issue 2), S396-402.

Suk, J. Y., Schiler, M., & Kensek, K. (2013). Development of new daylight glare analysis methodology using absolute glare factor and relative glare factor. *Energy and Buildings, 64*, 113-122.

Şahinalp, M. S. (2012). A type of rural houses or a cultural heritage that tending to disappear: Beehive houses of Suruç. *Gaziantep University Journal of Social Sciences, 11*(3), 881-916.

Todisco, L., Sanitate, G., & Lacorte, G. (2017). Geometry and proportions of the traditional trulli of Alberobello. *Nexus Network Journal, 19*(3), 701-721.

Url-1 <https://www.simulationhub.com/blog/role-of-cfd-in-evaluating-occupant-thermal-comfort>, erişim tarihi: 01.02.2023.

Wortmann, T. (2017). Model-based optimization for architectural design: optimizing daylight and glare in Grasshopper. *Technology|Architecture+ Design, 1*(2), 176-185.

Yıldırım, A. K. (2015). *Şanlıurfa Harran Bölgesindeki Kubbeli Konutların Yapısal Özellikleri* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yıldırım, E., Fıratoğlu, Z. A., & Yeşilata, B. (2017). Investigation of the effect of the roof geometry on building thermal behaviour. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 22*(3), 187-200.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad **:** Serhat Gülmüş

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2018, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü