



**YEŞİL ÇATILARIN BİNA ISITMA VE SOĞUTMA
YÜKÜNE ETKİSİNİN FARKLI İKLİM
BÖLGELERİ İÇİN ANALİZİ**

Büşra KILIÇ TURAN

**Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayça GÜLTEN
TEMMUZ-2019**

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YEŞİL ÇATILARIN BİNA ISITMA VE SOĞUTMA YÜKÜNE ETKİSİNİN FARKLI İKLİM
BÖLGELERİ İÇİN ANALİZİ

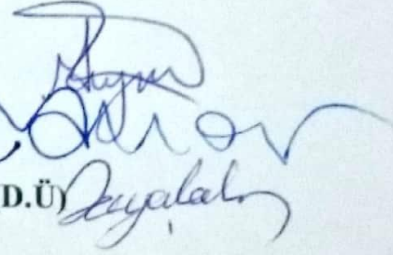
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BÜŞRA KILIÇ TURAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Haziran 2019

Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Temmuz 2019

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ayça GÜLTEN (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ufuk Teoman AKSOY (F.Ü)
Dr. Öğr. Üyesi Derya ÇAKIR AYDIN (D.Ü)



TEMMUZ-2019

ÖNSÖZ

“Yeşil Çatıların Bina Isıtma ve Soğutma Yüküne Etkisinin Farklı İklim Bölgeleri İçin Analizi” adlı bu çalışma Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Bilim Dalı Lisansüstü Programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez süreci boyunca değerli bilgi ve birikimlerini esirgemeyen danışman hocam “Fırat Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Öğretim Üyesi” Dr. Ayça GÜLTEN’e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca önemli yardım ve katkılarından ötürü “Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Öğretim Üyesi” Dr. Cevdet Emin EKİNCİ’ye ve çalışmalarına imkan sağlayan Elazığ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne teşekkür ederim.

Eğitimim süresince ve hayatımın her anında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen babam Mehmet KILIÇ’a, aşıladığı özgüven sayesinde ilerlediğim bu yolda annem Ülkü KILIÇ’a, her zaman yanımda olan, sabırla, anlayışla sorunlarımı çözen, en büyük destekçim eşim Berkan TURAN’a ve tüm aileme en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Büşra KILIÇ TURAN

ELAZIĞ - 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET.....	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	XIV
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XVI
KISALTMALAR	XVIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı.....	9
2. KURAMSAL TEMELLER ve TANIMLAR	10
2.1 Konut Tasarımında Sürdürülebilirlik.....	10
2.2 Konut ve Enerji Verimliliği.....	12
2.3 Enerji Etkin Konut Tasarım Stratejileri.....	15
2.3.1 Araziye Uygun Yerleşim	16
2.3.2 İklimle Uygun Biçimlenme	16
2.3.3 İklimle Dengeli Yapı Kabuğu Tasarımı	20
2.3.4 Enerji Etkin Malzeme Seçimi	22
2.3.5 Yapı-Çevre İlişkisi.....	23
2.3.6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı	24
2.4 Yeşil Çatı Mimarisi.....	28
2.4.1 Yeşil Çatıların Sürdürülebilir Mimari Açısından Değerlendirilmesi	29
2.4.2 Yeşil Çatıların Olumsuz Yönleri	34
2.4.3 Yeşil Çatıların Oluşumları ve Çeşitleri.....	35
2.4.4 Yeşil Çatı Bitkilendirme Yöntemleri.....	50
3. MATERYAL ve METOT	53
3.1 Amaç, Kapsam ve Hedefler.....	53
3.2 Fiziksel Çevre Analizi	56
3.2.1 Antalya İline Ait İklimsel Veriler.....	57
3.2.2 Diyarbakır İline Ait İklimsel Veriler	58
3.2.3 Elazığ İline Ait İklimsel Veriler	60
3.2.4 Kayseri İline Ait İklimsel Veriler	61
3.2.5 Erzurum İline Ait İklimsel Veriler	63
3.3 Çalışma İçin Bina Oluşturulması.....	65

3.4	Isıtma Yüğü TS 825 Hesap Yöntemi.....	74
3.5	Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı (CLTD) Yöntemi	83
4.	BULGULAR.....	88
4.1	Yeşil Çatının Bina Isıtma Yüğüne Etkisinin TS 825'e Göre Değerlendirilmesi	88
4.2	Yeşil Çatının Bina Soğutma Yüğüne Etkisinin Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı Yöntemi İle Değerlendirilmesi.....	106
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	140
	KAYNAKLAR	145
	ÖZGEÇMİŞ.....	152



ÖZET

Gelişen teknoloji ve artan kentleşmeyle birlikte enerji ihtiyacı da artmaktadır. Konvansiyonel kaynak kullanımıyla bu ihtiyacın giderilmesi çevresel açıdan olumsuz sonuçlar doğurduğundan enerji tüketiminin en aza indirgenmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması önemlidir. Türkiye’deki enerji tüketim oranları incelendiğinde yaklaşık %30’luk kısmını konut sektörü almaktadır. Konutlarda enerji etkin tasarımların gerçekleştirilmesiyle enerji korunumunun sağlanması mümkün olmaktadır. Bunun sağlanması ise tüm yapı bileşenlerinin uygun şekilde belirlenmesine ve uygulanmasına bağlı olup çeşitli etkenlere göre değişkenlik göstermektedir. Bu bağlamda yeşil çatılar enerji etkinliği açısından olumlu etki oluşturan önemli bir faktördür.

Bu çalışmada konutlarda yeşil çatıların bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Farklı derece gün bölgelerinde, farklı formlarda tasarlanan konut örnekleri standart teras çatılı ve yeşil teras çatılı olacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Isıtma yükü TS 825 Hesap Yöntemi ile, soğutma yükü ise Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı Yöntemi (CLTD) ile hesaplanmıştır. Ayrıca yeşil çatı bileşenlerinden bitki taşıyıcı katman kalınlığı farklılaştırılarak enerji etkinliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Böylelikle yeşil çatının Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illerinde tasarlanan örnek konutlar üzerinde, bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisi belirlenen değişkenler doğrultusunda incelenerek ortaya çıkan farklılıklar analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Çatı, Enerji Etkinliği, Sürdürülebilirlik, Isıtma Yüğü, Soğutma Yüğü

SUMMARY

Analysis of The Effects of Green Roofs on The Heating and Cooling Load of Buildings for Different Climate Regions

With the developing technology and increasing urbanization, the energy demand is increasing. Since the elimination of this need through the use of conventional resources has negative environmental consequences, it is important to minimize energy consumption and to expand the use of renewable energy sources. Energy consumption rate in Turkey is about 30% of the housing sector is examined. It is possible to provide energy conservation by realizing energy efficient designs in houses. Ensuring this depends on the proper identification and application of all building components and varies according to various factors. In this context, green roofs are an important factor for energy efficiency.

In this study, it is aimed to investigate the effect of green roofs on residential heating and cooling load. In different degree day regions, the housing samples designed in different forms were calculated with standard terrace roof and green terrace roof. Heating load was calculated by TS 825 Calculation Method and cooling load was calculated by Cooling Load Temperature Difference Method (CLTD). In addition, the thickness of the plant carrier layer from the green roof components was differentiated and its effect on energy efficiency was investigated. Thus, the effects of the green roof on the sample houses designed in Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri and Erzurum provinces on the heating and cooling load of the building were analyzed in accordance with the determined variables and the differences were analyzed.

Key Words: Green Roof, Energy Efficiency, Sustainability, Heating Load, Cooling Load

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik.....	12
Şekil 2.2. 2018 yılı kaynak bazında kümülatif enerji üretimi.....	13
Şekil 2.3. Konutlarda elektrik enerjisi tüketimi	14
Şekil 2.4. Sıcak-kuru iklim bölgesinde batı yönünden kapalı mimari örneği.....	17
Şekil 2.5. Sıcak-nemli iklim bölgesi için rüzgar yönü ve peyzaj tasarımı.....	17
Şekil 2.6. Soğuk İklim bölgesi kapalı mimari tasarım örneği	18
Şekil 2.7. İklim türlerine göre eğimli araziye yerleşim	19
Şekil 2.8. Farklı iklim bölgelerindeki yapı tasarım örnekleri	20
Şekil 2.9. Çok katlı ve tek katlı binalarda ısı kaçış bölgeleri ve oranları	21
Şekil 2.10. Binaların farklı şekillerde bir araya gelmesi sonucun ısı kayıp oranları .	23
Şekil 2.11. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası	25
Şekil 2.12. Yeşil çatı oluşum katmanları 1. Bitkiler 2. Bitki taşıyıcı tabaka 3. Filtre ve drenaj tabakası 4. Mekanik etkilere karşı koruyucu tabaka 5. Kök tutucu tabaka 6. Yalıtım ve çatı konstrüksiyonu	35
Şekil 2.13. Yeşil çatı sistemlerinin işleyiş şeması	36
Şekil 2.14. Kök tutucu tabaka ve drenaj tabakası	39
Şekil 2.15. Polimer ve kauçuk esaslı drenaj malzemeleri ile filtre tabakasının uygulama aşamaları.....	41
Şekil 2.16. Filtre tabakası	42
Şekil 2.17. Seyrek bitkilendirilmiş (intensif) yeşil çatı örneği; Eastern Village, Lila Fendrick, SilverSpring, Maryland	44
Şekil 2.18. Yoğun bitkilendirilmiş (ekstensif) yeşil çatı örneği; Schwab Rehabilitasyon Hastanesi, Stephen Rankin, Chicago, Illinois	44
Şekil 2.19. Seyrek yeşil çatı uygulamasında kullanılan bitki örnekleri	45
Şekil 2.20. Sedum örtüleri ile oluşturulan ekstansif bahçe detayı	45

Şekil 2.21. Sedum örtüleri	46
Şekil 2.22. Biyoçeşitlilik bitkilendirmesi detayı.....	46
Şekil 2.23. Moorgate Crofts İş Merkezi yeşil çatısı	46
Şekil 2.24. Hydroseeding bitkilendirmesi detayı.....	47
Şekil 2.25. Hydroseeding uygulaması	47
Şekil 2.26. Yoğun yeşil çatı uygulamasında kullanılan bitki örnekleri	48
Şekil 2.27. Yoğun yeşil çatıların oluşum detayı	48
Şekil 2.28. Seyrek ve yoğun yeşil çatıların karşılaştırılması	48
Şekil 2.29. Örtü sistemler.....	51
Şekil 2.30. Torba sistemler	51
Şekil 2.31. Saksı sistemler	52
Şekil 3.1. Alan çalışması akış şeması	55
Şekil 3.2. Antalya İli 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği.....	57
Şekil 3.3. Antalya ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları.....	58
Şekil 3.4. Diyarbakır ili 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği	59
Şekil 3.5. Diyarbakır ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları.....	59
Şekil 3.6. Elazığ ili 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği	60
Şekil 3.7. Elazığ ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları	61
Şekil 3.8. Kayseri ili 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği	62
Şekil 3.9. Kayseri ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları.....	62
Şekil 3.10. Erzurum ili 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği	63
Şekil 3.11. Erzurum ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları	64
Şekil 3.12. Kare form örnek yapı planı.....	65
Şekil 3.13. Kare form örnek yapı perspektifi.....	66

Şekil 3.14. Dikdörtgen form örnek yapı planı	66
Şekil 3.15. Dikdörtgen form örnek yapı perspektifi	67
Şekil 3.16. L form örnek yapı planı	67
Şekil 3.17. L form örnek yapı perspektifi	68
Şekil 3.18. Örnek yapı kesiti.....	68
Şekil 3.19. Dıştan yalıtımlı duvar katmanları	71
Şekil 3.20. Sandviç duvar katmanları	71
Şekil 3.21. Standart teras çatı katmanları.....	73
Şekil 6.22. Yeşil teras çatı katmanları	73
Şekil 3.23. Sızmanın gizli ısı oranına etkisi.....	86
Şekil 3.24. Sıcaklık-bağıl nem-mutlak nem ilişkisi	87
Şekil 4.1. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, standart teras çatılı, dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek bina formlarına ait ısıtma yükleri.....	89
Şekil 4.2. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, standart teras çatılı, sandviç duvar kullanılan örnek bina formlarına ait ısıtma yükleri 89	
Şekil 4.3. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek kare formulu dıştan yalıtımlı duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri.....	90
Şekil 4.4. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek dikdörtgen formulu dıştan yalıtımlı duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri.....	91
Şekil 4.5. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek L formulu dıştan yalıtımlı duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri.....	91
Şekil 4.6. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek kare formulu sandviç duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri..	92
Şekil 4.7. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek dikdörtgen formulu sandviç duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri.....	92

Şekil 4.8.	Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek L formu sandviç duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri	93
Şekil 4.9.	Antalya ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri.....	94
Şekil 4.10.	Antalya ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri.....	95
Şekil 4.11.	Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ai ısıtma yükleri	96
Şekil 4.12.	Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri.....	97
Şekil 4.13.	Elazığ ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri.....	98
Şekil 4.14.	Elazığ ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri.....	99
Şekil 4.15.	Kayseri ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ai ısıtma yükleri	100
Şekil 4.16.	Kayseri ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri.....	101
Şekil 4.17.	Erzurum ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri.....	102
Şekil 4.18.	Erzurum ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri.....	103
Şekil 4.19.	Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi.....	104
Şekil 4.20.	Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi	104
Şekil 4.21.	Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek kare formu binalarda yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi	105
Şekil 4.22.	Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek kare formu binalarda yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi.....	105

Şekil 4.23. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, standart teras çatılı, dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek bina formlarına ait soğutma yükleri	107
Şekil 4.24. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, standart teras çatılı, sandviç duvar kullanılan örnek bina formlarına ait soğutma yükleri.....	107
Şekil 4.25. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek kare formlu binalara ait soğutma yükleri	108
Şekil 4.26. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek dikdörtgen formlu binalara ait soğutma yükleri	109
Şekil 4.27. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek L formlu binalara ait soğutma yükleri	109
Şekil 4.28. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek kare formlu binalara ait soğutma yükleri	110
Şekil 4.29. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek dikdörtgen formlu binalara ait soğutma yükleri	110
Şekil 4.30. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek L formlu binalara ait soğutma yükleri.....	111
Şekil 4.31. Antalya ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	112
Şekil 4.32. Antalya ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	113
Şekil 4.33. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	114
Şekil 4.34. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	115
Şekil 4.35. Elazığ ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	116
Şekil 4.36. Elazığ ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	117

Şekil 4.37. Kayseri ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	118
Şekil 4.38. Kayseri ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	119
Şekil 4.39. Erzurum ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	120
Şekil 4.40. Erzurum ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri	121
Şekil 4.41. Antalya ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	122
Şekil 4.42. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	122
Şekil 7.43. Elazığ ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	123
Şekil 4.44. Kayseri ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	123
Şekil 4.45. Erzurum ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatını soğutma yüküne etkisi.....	124
Şekil 4.46. Antalya ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	124
Şekil 4.47. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	125
Şekil 4.48. Elazığ ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	125
Şekil 4.49. Kayseri ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	126
Şekil 4.50. Erzurum ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	126
Şekil 4.51. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek kare formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	127
Şekil 4.52. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek dikdörtgen formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	127

Şekil 4.53. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek L formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	128
Şekil 4.54. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek kare formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	128
Şekil 4.55. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek dikdörtgen formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	129
Şekil 4.56. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek L formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	129
Şekil 4.57. Antalya ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	130
Şekil 4.58. Antalya ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	131
Şekil 4.59. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	132
Şekil 4.60. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	133
Şekil 4.61. Elazığ ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	134
Şekil 4.62. Elazığ ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	135
Şekil 4.63. Kayseri ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	136
Şekil 4.64. Kayseri ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	137
Şekil 4.65. Erzurum ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi.....	138
Şekil 4.66. Erzurum ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi	139

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1.	Yapılarda sürdürülebilirlik kriterleri ve bu kriterlere bağlı maddeler...	10
Tablo 2.2.	Yeşil çatı ve geleneksel çatıların karşılaştırılması	30
Tablo 2.3.	Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan su yalıtım malzemeleri.	37
Tablo 2.4.	Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri	37
Tablo 2.4. (Devam)	Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri.....	38
Tablo 2.5.	Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan buhar kesici katman malzemeleri.....	38
Tablo 2.6.	Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan drenaj malzemeleri.....	40
Tablo 2.7.	Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan bitki taşıyıcı katman malzemeleri.....	43
Tablo 2.8.	Seyrek ve yoğun yeşil çatıların karşılaştırılması.....	49
Tablo 3.1.	İllere göre farklı derece gün bölgeleri.....	56
Tablo 3.2.	İllere göre son on yılın 21 Temmuz günü için ortalama sıcaklık ve nem değerleri	64
Tablo 3.3.	Örnek yapı bileşeni detayları	69
Tablo 3.3. (Devam)	Örnek yapı bileşeni detayları.....	70
Tablo 3.4.	Örnek standart teras çatı - yeşil teras çatı malzemelerinin λ ve U değerleri	72
Tablo 3.5.	En büyük ve en küçük $A_{top} / V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri	75
Tablo 3.6.	Bölgelere ve ara değer $A_{top} / V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q’ değerinin hesaplanması	75
Tablo 3.7.	Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri (°C).....	78

Tablo 3.8.	Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$)	80
Tablo 3.9.	Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$).....	80
Tablo 3.10.	Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışıınımı şiddeti değerleri (W/m^2)	80
Tablo 3.11.	Antalya ili, kare formlu, dıştan yalıtımlı duvar kullanılan, standart teras çatılı örnek yapının ısıtma yükü hesabı.....	83
Tablo 3.12.	Ayrı tek evler için ortalama alma yöntemiyle bulunan CLTD (Cooling Load Temperature Difference-soğutma yükü sıcaklık farkı) değerleri	84
Tablo 3.13.	Ayrı tek evler için GLF (Glass Load Factor-pencere camı yük faktörü) değerleri	85
Tablo 3.14.	Sızma-Bir saatteki hava değişimleri (ACH)	85

SEMBOLLER LİSTESİ

δ	: Yoğunluk
λ	: Isı iletim katsayısı (W/m.K)
λ_h	: Isıl iletkenlik hesap değeri (W/m.K)
ρ	: Havanın yoğunluğu (kg/m ³)
η	: Verim, kazanç kullanım faktörü (Birimsiz)
Δt	: İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı (°C)
$\phi_{g,ay}$	: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)
$\phi_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç ısı kazancı (W)
°C	: Celsius
A	: Yapının toplam yüzey alanı (m ²)
A _D	: Dış duvar alanı (m ²)
A _d	: Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı (m ²)
A _{ds}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı (m ²)
A _i	: i yönündeki toplam pencere alanı (m ²)
A _n	: Bina kullanım alanı (m ²)
A _P	: Pencere alanı (m ²)
A _T	: Tavan alanı (m ²)
A _t	: Zemine oturan taban/döşeme alanı (m ²)
A _{top}	: Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı (m ²)
AU	: Alan ağırlıklı ısı iletim katsayısı (W/C)
c	: Havanın özgül ısı (kJ/kg °C)
cm ³	: Santimetreküp
d	: Yapı bileşeninin kalınlığı (cm)
dB	: Desibel
e	: Mekanik havalandırma hesabında kullanılacak olan bina durum katsayısı (birimsiz)
f	: Mekanik havalandırma hesabında kullanılacak olan yüzey katsayısı (birimsiz)
F _w	: Camlar için düzeltme faktörü (birimsiz)
g	: Gram
g _L	: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü (birimsiz)
g _{i,ay}	: i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü (birimsiz)
GWh	: Gigawatt saat
H	: Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
H _h	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
H _i	: İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
H _z	: Hertz
I _{i,ay}	: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m ²)
k _{ha}	: Küresel hektar
K	: Kelvin
KKO _{ay}	: Kazanç / kayıp oranı (γ)
kWh	: Kilowatt saat

LF	: Gizli ısı yükü çarpanı (birimsiz)
m²	: Metrekare
m³	: Metreküp
MW	: Megawatt
n_h	: Hava değişim oranı (h ⁻¹)
n₅₀	: İç ve dış ortamlar arasında 50 pa basınç farkı varken hava değişim oranı
p	: kısmi su buharı basıncı (Pa)
p_d	: Yapı bileşeninin dış yüzeyiyle temas hâlinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)
p_i	: Yapı bileşeninin oda içindeki yüzeyiyle temas hâlinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)
ph	: Power of hydrogen
R, 1/Λ	: Isıl geçirgenlik direnci (m ² K/W)
R_d	: Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) (m ² K/W)
R_i	: İç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) (m ² K/W)
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
Q_{yıl}	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
Q	: Hacimsel hava debisi (L/s)
Q	: İç mekanın toplam ısı kazancı (W)
Q	: Birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi (kWh/m ³)
Q'	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri (kWh/m ³)
q	: Duyulur soğutma yükü (kW)
q_{toplam}	: Toplam soğutma yükü (kW)
r_{i,ay}	: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü (birimsiz)
t	: Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30) (s)
T_d	: Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı (°C)
T_i	: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (°C)
t_{dış}	: Dış hava sıcaklığı (°C)
U	: Yapı bileşeninin ısı geçiş katsayısı (W/m ² K)
U_d	: Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
U_D	: Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
U_{ds}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
U_P	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
U_T	: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
U_t	: Zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
1/U	: Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci (m ² K/W)
W	: Watt
V'	: Hacimce toplam hava değişim debisi (m ³ /h)
V_{brüt}	: Binanın ısıtılan brüt hacmi (m ³)
V_E	: Hava çıkış debisi (m ³ /h)
V_f	: Sistem vantilatörleri çalışırken vantilatörlerdeki ortalama hacimce hava değişim debisi (m ³ /h)
V_h	: Havalandırılan hacim (m ³)
V_s	: Dış ortamdan alınan taze hava giriş debisi (m ³ /h)
V_x	: Hava sızıntısı ile oluşan ilave hacimce hava değişim debisi (m ³ /h)

KISALTMALAR

ACH	: Saatlik Hava Değişimi (Air Change per Hour)
ASHRAE	: Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Birliği (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
APP	: Ataksik Polipropilen
BIPV	: Binaya Entegre Güneş Enerji Sistemleri (Building-Integrated Photovoltaics)
CFC	: Kloroflorokarbon
CLTD	: Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı (Cooling Load Temperature Difference)
CSPE	: Klorosülfone Polietilen
EPDM	: Etilen Propilen Dien Monomer
DG	: Derece Gün
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GLF	: Cam Yüğü Faktörü (Glass Load Factors)
HCFC	: Hidrokloroflorokarbon
HES	: Hidroelektrik Santrali
KKO	: Kazanç Kayıp Oranı
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
LDPE	: Polietilen
LF	: Soğutma Yüğü (Load Factor)
PA	: Poliamid
PAN	: Polikrolonitril
PET	: Poliester
PP	: Propilen
PS	: Polistren
PV	: Fotovoltaik
PVC	: Polivinil Klorür
SBS	: Stiren Butadien Stiren
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TS	: Türk Standartları
TS 825	: Binalarda Isı Yalıtım Standartları
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
XPS	: Ekstrüde Polistren
YÇIYE	: Yeşil Çatının Isıtma Yüğüne Etkisi
YÇSYE	: Yeşil Çatının Soğutma Yüğüne Etkisi

1. GİRİŞ

Sanayi devrimiyle birlikte gelişen teknoloji, yaşam biçimini değiştirmesiyle enerji ihtiyacını doğurmuştur. İmalat ve sanayi sektörünün yanı sıra hızlı nüfus artışı, dinamik ekonomik yapı, yükselen refah düzeyi ve artan toplumsal talepler enerjinin kolay, ucuz bir şekilde elde edilmesini zorunlu kılmıştır. Bu durum konvansiyonel olan kömür, petrol, vb. fosil kaynaklara yönelip enerji rezervlerin tüketilmesine ve sera gazı emisyonunun oluşmasına sebep olmuştur.

1970 yılında ortaya çıkan enerji kriziyle birlikte dünya çapında enerji ve çevre kavramları sorgulanmaya başlamıştır. Bu olumsuz gelişmelere dikkat çeken Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu, 1987’de yayınladığı Ortak Geleceğimiz Raporu’nda “Sürdürülebilir Gelişme” kavramını gündeme getirmiştir [1]. Tüm disiplinlerin günümüz gereksinimlerinin yanı sıra gelecekteki gereksinimleri de önemseyerek adımlar atmaları gerektiğini savunan rapor, yerel, bölgesel ve küresel ölçekte yeni enerji kaynaklarının araştırılması politikasının önünü açmıştır [2].

Kentleşmenin teknolojiyle birlikte büyümesi yeni yaşam alanlarının oluşmasını ve dolayısıyla enerji kullanımının artmasını da beraberinde getirmektedir. Mevcut alanlar yeterli olmadığından yeşil alanlar yerleşim alanlarına çevrilerek, insanların doğayla bağlarının koparılmasının yanı sıra çevre tahribatı meydana gelmektedir. Dünya üzerindeki enerjinin %50’si, suyun ise %42’si bina yapımında ve bina kullanım süreçlerinde tüketilmektedir. Çağın küresel ölçekteki en önemli sorunu olan küresel ısınmanın nedenleri sera gazlarının %50’si, hava kirliliğinin %24’ü, Kloroflorokarbon (CFC) ve Hidrokloroflorokarbon (HCFC) emisyonlarının %50’si de yapı ile ilişkili faaliyetlerden oluşmaktadır. Bu sebeplerden dolayı doğa işleyiş dengesi bozulmakta, insanla birlikte yeryüzünde yaşayan canlıların yaşamları da tehlikeye düşmektedir [3].

Doğal kaynakları savurganca kullanan yaklaşımın yerine doğaya saygılı yöntemlerle, gelecek nesillere temiz ve yaşanılabilir bir çevre bırakabilmek amacıyla enerji tüketimini en aza indirmek, yeni enerji kaynaklarını araştırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir biçimde kullanmak gerekmektedir. Bu çerçevede enerji

tüketimi ele alındığında yapı sektörünün payı oldukça fazladır. Mimari tasarım sürecinin şekillendirdiği yapılarda uygulama aşamasının yanı sıra kullanım aşamasında da enerji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Enerji kaynaklarının bilinçsiz tüketiminin önüne geçilmesi, çevresel atık oranının azaltılması, insan sağlığının gözetilmesi ve çevre duyarlılığının arttırılması amacıyla yeşil mimarlık kavramı günümüzde ön plana çıkmaktadır [4]. 2015 yılı verilerine göre Türkiye'deki enerji tüketiminin %32.8'ini bina sektörü, bunun da %28.5'ini konut sektörü oluşturmaktadır [5]. Bu oran, enerji tüketiminin azaltılması hususunda konutların etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda yapılarda enerji tüketiminin azaltılması ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Erkmen [6], küresel ısınmayla birlikte ortaya çıkan ve enerji harcamalarına sebep olan bina soğutma ihtiyacını araştırmıştır. Sıcak nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinde örnek bir yapının farklı yöntemler ile soğutma yüklerini karşılaştırmıştır. Antalya ve Diyarbakır illerinde yapılan araştırma sonucu bağıl nem faktörünün sıcaklık artışı ve ısı konfor üzerindeki etkisini gözlemlemiştir. Çalışmada sıcak nemli iklim bölgesinde, sıcak kuru iklim bölgesine oranla daha fazla soğutma yükü ihtiyacı olduğunu belirtmektedir.

Yumurtacı ve Dönmez [7], konutlarda enerji tüketimi ve maliyeti hususunda araştırma yapmıştır. Bir evin standart ürünler kullanılmasıyla ortaya çıkan enerji tüketim miktarı ile enerji verimliliği yüksek ürünler kullanılmasıyla oluşan enerji tüketim miktarını karşılaştırmıştır. Standart ürünleri kullanımı yerine enerji verimliliği yüksek olan ürünleri kullanımı ile aylık tüketilen elektrik enerjisi maliyetlerinin yaklaşık % 35 azaldığını tespit etmiştir. Aynı ürünleri, çok zamanlı tarifede kullandığında ise bu değerin yaklaşık olarak %50 azaldığı sonucuna varmıştır.

Yıldırım [3], tükenebilir enerji kaynaklarının neden olduğu çevre tahribatının önlenmesi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma olanaklarını ortaya koymaktadır. Kapalı konut yerleşkelerini, zamanla artan talepler ve enerji tüketiminde büyük paya sahip olması nedeniyle çalışma kapsamında değerlendirmiştir. Antalya ili iklimsel verilerini dikkate alarak binaların güneş ve rüzgar enerjisinden faydalanmasının getireceği sonuçları öngörmüştür. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmasının tüketilen enerji miktarının azalmasına ve yaşam

kalitesinin artmasına sebep olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca yerleşkelerin tasarımı yapılırken iklimsel ve çevresel faktörlerin göz önünde bulundurulmasına dikkat çekmektedir.

Tıkansak [8], çalışmasında yapıların kullanımı sırasında enerji tüketimini azaltan yöntemleri ve çevresel etkileri tartışmaktadır. Isıl, görsel ve havalandırma koşullarını ele alarak malzeme seçimiyle birlikte enerji etkin tasarımların ortaya çıkabileceğini savunmaktadır. İklimsel verilere ve malzeme özelliklerine dikkat edilmesi koşuluyla doğaya saygılı, çevreye zarar vermeyen, ekolojik yapılar yapılmasının mümkün olacağını savunmaktadır.

Yılmaz ve Koçlar Oral [9], kamusal ilköğretim ve ortaokul ölçeğinde enerjinin etkin dönüşümünü amaçlayan bir yöntem önerisi sunmaktadır. Bir ortaokul örneğinde veri envanteri toplayarak enerji modellemesi yapmış ve kalibre etmiştir. Kalibre edilmiş enerji modeli üzerinden enerji yenileme senaryoları geliştirerek, bu senaryoları yaşam döngüsü maliyetine göre optimize etmiştir. Önerilen yaklaşım ile mevcut binaların enerji ve maliyet etkin yenilenmeleri için bütüncül bir model sunmaktadır.

Dombaycı vd. [10], Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde yer alan 10 il (Adana, Afyon, Ankara, Edirne, Erzurum, İzmir, Ardahan, Artvin, Samsun, Şanlıurfa) için soğutma derece gün sayıları ve farklı baz sıcaklıklarını dikkate alarak soğutma yükü tahmini yapmıştır. En yüksek soğutma derece gün sayısına sahip olan Şanlıurfa'nın soğutma yükü, en düşük derece gün sayısına sahip olan Ardahan'ın 16 katı çıkmıştır.

Binalarda enerji etkinliğinin sağlanması hususunda birçok parametre rol almaktadır. Bunlar; binanın yönelişi, konumu, formu, yüksekliği, yapı kabuğu, binalar arasındaki uzaklık, çatı formu, vb.dir [11,12]. Gazioğlu vd. [13], tasarım aşamasında belirli değişkenleri değiştirerek bina ısıtma enerjisi ihtiyacını azaltmayı hedeflemiştir. Yönetmeliklere uygun bir bina seçerek simülasyon programı ile ısıtma istenen dönem için ısıtma enerjisi tüketim miktarı hesaplamıştır. Pasif tasarım değişkenleri, farklı bina formları ve farklı iklim bölgelerini ele alarak karşılaştırma yapmıştır. Buna göre pasif tasarım değişkenlerini değiştirmesi ile ısıtma istenen bölgelerde ısıtma enerjisi tüketiminde %20'lere varan iyileşme tespit etmiştir. Ayrıca

tasarım aşamasında bina formu, bina kabuğu gibi değişkenlerin her iklim bölgesi için farklı şekilde ele alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Manioğlu [14], binalarda ısıtma ve soğutma gereksiniminin azaltılmasında önemi giderek artan enerji etkin tasarım ve yenileme çalışmalarını bütüncül bir yaklaşımla ele almayı amaçlamıştır. Bu doğrultuda İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi bünyesinde yapılmış olan çeşitli çalışmalara ait örnekleri değerlendirmiştir. Enerji etkin bina tasarımında bina formu, hacim ölçeği, yerleşim durumu, bina kabuğu gibi parametrelerin sonuçlar üzerinde etkili olduğu sonucuna varmıştır. Bu bildiride, ekonomik ve konforlu binaların tasarımında ve mevcut binaların ekonomik ve konforlu hale dönüştürülerek yenilenmesinde enerji etkin tasarım parametrelerinin önemi çeşitli çalışmalar üzerinde tartışmış ve konuya ilişkin sonuçlar açıklamıştır.

Ayçam [4], enerji etkin ofis binası tasarımında yapı kabuğunun etkinliğini irdelemiştir. Gelecek yüzyılın ofis binalarında yapı kabuğunun ekolojik cepheler olmasını sağlayan yenilikçi cepheler ve teknolojik bileşenler, adapte edilebilirlik (uyarlanabilirlik), devinimsellik (kinetik), bütünleşebilirlik (entegre) ve etkileşimlilik (interaktiflik) özellikleri ile sınıflandırmaktadır. Projelerin bu kriterler kapsamında değerlendirilmesini, uygun malzeme ve işletim teknikleri geliştirilmesini savunmaktadır.

Zoroğlu vd. [15], ısı konfor koşullarının sağlanmasının ve tüketilen enerjinin azaltılmasının, yönlendirme ve yapı kabuğu bileşenleri gibi tasarım kararlarıyla yakından ilişkili olduğunu savunmaktadır. Bildiride binaların enerji tüketiminin azaltılması konusunu bir örnek üzerinde araştırmıştır. İstanbul ilinde mevcut bulunan örnek konut binası için gerekli yıllık enerji tüketimi miktarını hesaplamıştır. Yapı kabuğu bileşenlerinin U değerinin iyileştirmesi ve mekanik sistemin değiştirilmesi ile enerji tüketimini azaldığını tespit etmiştir. Ancak enerji etkin bina tasarımının sağlanabilmesi için binaların saydamlık oranlarının, güneşe göre yönelimlerinin, gürültü kontrolünün bütüncül bir şekilde ele alınmasının önem arz ettiğini belirtmektedir.

Efe Yavaşcan ve Urak [16], geleneksel yapıların enerji etkin yapı tasarımı çözümlerini araştırmaktadır. Geleneksel Niğde Evlerini araziye yerleşim, yönlendirme,

biçimlenme, uygun hacim organizasyonu, yapı kabuğu özellikleri ve malzeme özellikleri açısından analiz edilerek değerlendirilmiştir. Yerel ve doğal malzeme kullanımının ısı kayıplarını azalttığını tespit etmiştir. Yapıdaki doluluk boşluk oranlarının, yapı yöneliminin, araziye konumlanış şeklinin enerji tüketimini etkilediğine varmıştır.

Dağıdır ve Bolattürk [17], sıcak iklim bölgelerinde ısıtma ve soğutma yüklerini göz önünde bulundurarak optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamıştır. İzmir ili iklimsel verilerini dikkate alarak derece-saat yöntemiyle ısıtma ve soğutma yüklerini belirlemiştir. Bu değerlere göre yapı kabuğu için gerekli optimum yalıtım kalınlıklarını, enerji tasarruflarını ve geri ödeme sürelerini belirlemiştir. Bu bölgede tüketilen enerjinin büyük çoğunluğu soğutma ihtiyacından kaynaklandığı için yalıtım hesabı yapılırken güneş radyasyonu faktörünün önemli olduğunu belirterek sıcak iklim bölgelerindeki binalarda yalıtım hesaplamalarının soğutma yüklerine göre yapılması gerektiğine varmıştır.

Bostancıoğlu [18], aynı özelliklere sahip konut yapılarının, bina biçimleri, kabuk eleman özellikleri ve yönelimlerini değiştirerek inşaat ve yaşam döngüsü maliyeti üzerindeki etkisini araştırmıştır. Belirlenen tasarım kriterlerinin değiştirilmesinin enerji maliyetini de değiştirdiğini, bu kapsamda bina yöneliminin etkisinin bina formunun etkisine göre çok daha az olduğunu belirtmektedir. Binaların minimum enerji tüketme özelliğine sahip olabilmesi için tasarım aşamasında enerjinin etkin kullanımını sağlayacak parametrelerin geliştirilmesi gerektiğini savunmaktadır.

Parasonis vd. [19], yaptıkları çalışmada mimari hacimsel tasarım çözümlerinin, bina içinde yapısal veya mekanik bir iyileştirmeye gerek duyulmadan, bina enerji tüketimini düşürme üzerindeki etkisini incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, aynı alana fakat farklı kabuk özelliklerine sahip yapılar, farklı enerji tüketim potansiyeline sahiptir ve geometri binanın enerji tüketim potansiyeli üzerinde oldukça etkili bir faktör olduğunu göstermektedir.

Erdoğan vd. [20], farklı mimari durumlara göre yıllık enerji tüketimini, yıllık enerji maliyetini ve CO₂ salınımını incelemiştir. Malatya ilinde yer alan hem eğitim hem ofis amaçlı kullanılan bir yapıyı seçerek çeşitli parametrelere göre

değerlendirmiştir. Tek camlı pencere-yalıtımlı duvar, çift camlı pencere-yalıtımsız duvar ve çift camlı pencere-yalıtımlı duvar seçeneklerini ele alarak binanın yıllık enerji simülasyonlarını gerçekleştirmiştir. Duvarın yalıtımlı olması ve çift camlı pencerelerin kullanılması bina enerji maliyetinde tasarruf sağladığı sonucuna varmıştır.

Uslusoy [21], yenilenebilir enerji kaynakları ve aktif-pasif sistemlerin yapı bileşenlerinde kullanım oranlarını, yenilenebilir enerji sistemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasını değerlendirmiştir. Pasif sistemlerin %43 oranında cephelerde kullanıldığını, aktif sistemlerin ise çatılarda daha etkin olduğunu ortaya koymuştur. Güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle enerjisinin kullanımının daha fazla oranda tercih edildiğini tespit etmiştir. Gerek aktif-pasif sistemlerin gerekse yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarım aşamasına dahil edilmesiyle, sistemlerin yapı bileşeni ile bütünleşmesini sağladığını belirtmektedir.

Yeşil çatının çevresel, sosyal ve ekonomik faydalar sağladığının tespit edildiği çalışmalar, bina ısı konforunun düzenlenmesinde yeşil çatının aktif rol alabileceğini göstermektedir. Aytin ve Ovalı [22], mimarlıkta ekolojik yaklaşımların gündeme gelmesiyle birlikte kaybedilen açık-yeşil alanların geri kazanılmasını öngören çatı bahçelerinin tarihsel gelişimini, bina ve kent ölçeğindeki katkısını teorik olarak incelemiştir. Edirne ölçeğinde farklı konumlarda bulunan düz çatılı dört konaklama yapısını çatı bahçesi kullanımı açısından analiz etmiştir. Bu alanlar için Edirne iklimsel koşullarına uygun bitkilendirme önerileri geliştirerek, gürültü seviyesinin düşürülmesi, yağmur suyu yönetimi, hava kirliliğinin önlenmesi, kentsel ısı adası etkisinin azaltılabilmesi, sosyal ilişkilerin geliştirilmesi gibi tespitlerde bulunmuştur.

Kınalı [23], çalışmasında ofis binalarında teras çatı bileşenlerinde yapılacak olan bitkilendirmenin bina ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkisini analiz etmiştir. Bu analiz için Energy Plus simülasyon motoru ile çalışan Design Builder bina enerji simülasyon programını kullanmıştır. Adana ve Ankara illerine ait veriler elde edilerek çeşitli değişkenlere bağlı olarak hesaplamalar yapmıştır. Yeşil çatının bina enerji performansına etkisi çatı yüzey alanı, bitki taşıyıcı katman kalınlığı, yaprak yüzey alanı kriterleri açısından incelemiştir. Sonuç olarak bina enerji performansının

çatı yüzey alanı ve yaprak yüzey alanı katsayısı ile doğru, bitki taşıyıcı katman kalınlığı ile ters orantılı olduğunu tespit etmiştir.

Dikmen ve Savcı [24], yeşil çatıların kent ve yapı ölçeğindeki rolünün tartışılmasını ve uygulamada karşılaşılabilecek sorunların giderilmesini amaçlamıştır. Çalışmasında yeşil çatı uygulanmalarının faydalarını açıklayarak Türkiye’de ve dünyada gerçekleştirilen yeşil çatı örnekleriyle desteklemiştir. Yapılan araştırma ile yeşil veya çevre dostu olarak tanımlanan yapıların kullanılması durumunda enerji tüketiminin % 24-50, CO₂ salınımının % 33-39, su tüketiminin % 40 ve atıkların % 70 oranında azalacağını göstermektedir.

Demir vd. [25], yeşil çatıların yatay ve düşey kullanımını araştırmıştır. Eskişehir ölçeğinde belirledikleri üç yeşil duvarı inceleyerek yeşillik olan ve olmayan alanlardaki sıcaklık değişim farkını belirleyebilmek amacıyla termal kameradan faydalanmıştır. Elde edilen veriler yaşayan duvarların diğer duvarlara göre hissedilebilir derecede ısıyı tuttuğunu ve bulundukları açıların sonuçlar üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Büyükmihçi vd. [26], yeşil çatıları tarihi dokularda hem bütünlüğü bozmamak hem de tarihi dokuya enerji etkin bir kimlik kazandırmak adına, düz toprak damların yerine alternatif olarak önermiştir. Kayseri ili Germir Mahallesi’nde yapılan incelemeler sonucu yapıların konfor koşullarının sağlanabilmesi amacıyla yeşil çatı çözümlerini ve uygulanabilirliğini düşünmüştür. Sonuç olarak yeşil çatı bina ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimini azalttığı ancak yeşil çatının soğutma yüküne etkisini beklenilenden daha alt seviyede olduğunu tespit etmiştir. Çalışmanın, tarihi dokuların kentsel kimliğiyle, doğal dokusuyla ve insan ölçeğindeki yapısıyla yeşil çatı kavramıyla birleştirilmesi açısından önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Akpınar Külekçi [27], yeşil çatıların kentsel çevre üzerindeki etkilerini anlattığı çalışmasında, enerji etkin bina tasarımına katkılarının yanı sıra, hava ve gürültü kirliliğinin azaltılması yönünde faydalarına değinmiştir. Yeşil çatının tarihsel gelişimini, teknik özelliklerini, değerlendirme kriterlerini, ülkemizde ve dünyada uygulanan yapılarla örneklendirmiştir. Yeşil bina sisteminin geleneksel uygulamalara göre daha verimli, fonksiyonel, dayanıklı ve kullanışlı olduğu ancak yeterince yaygınlaşmadığını tespit etmiştir.

Tokaç [28], kullanıcı konforunu ve yapı sağlığını koruyan bitkilendirilmiş çatı sistemi tasarımları geliştirmek ve farklı bilimsel performans değerlendirme çalışmalarına girdi sağlamayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda yeşil çatının tarihsel gelişimini, tanımını, tiplerini ve faydalarını ele almış olup, tasarım seçenekleri için malzeme araştırması yapmıştır. Çatı bileşenlerini performans kriterlerine bağlı olarak nitel yolla değerlendirmiş ve iki performans ihtiyacının tek bileşenle karşılandığı bitkilendirilmiş çatı sistemleri geliştirmiştir.

Ayçam ve Kınalı [29], yeşil çatıların bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisini ofis binaları kapsamında araştırmıştır. Sıcak ve soğuk iklim bölgelerinde yer alan, farklı alanlara sahip 20 adet örnek bina alternatifini Design Builder programında incelemiştir. Yeşil çatının bina enerji performansına etkisi sıcak iklim bölgelerinde soğuk iklim bölgelerine oranla daha fazla olduğu sonucuna varmıştır. Yapı alanını değerlendirdiğinde 1000 m² alana sahip binaların enerji tüketimine optimum fayda sağladığını tespit etmiştir.

Söğüt ve Şenol [30], yeşil çatı ve cephelerin kentsel çevre üzerindeki olumlu etkisini dünyadan örneklerle ele alarak incelemiştir. Yağmur sularının kontrolü, sıcaklık dengelemesi, biyoçeşitliliğin desteklenmesi, görsel niteliği arttırma, rekreasyon alanları oluşturma gibi faydalı özellikleri yeşil çatı ve duvar kullanımının geliştirilmesi için somut verilere bağlamıştır. Küresel ısınma ve buna bağlı olarak sıcaklıkların artması, yağmur sularının azalması, beton yüzeylerin artarak çevresel ve sosyal sorunlar doğurmasına paralel olarak yeşil çatı ve duvar kullanımının yaygınlaştırılmasının önemini belirtmektedir.

Erkul [31], yeşil çatıları yapım sistemi açısından inceleyerek işletme ve genel bakım sorunlarını değerlendirmiştir. Ülkemizden ve yurt dışından seçilen projeleri belirli kriterler çerçevesinde karşılaştırmıştır. Enerji tasarrufu, yağmur suyu yönetimi, çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan pek çok yararı dikkate alarak yeşil çatı sisteminin disiplinli bir ekip tarafından analizler yapılarak uygulanması gerektiğini savunmaktadır. Yeşil çatının sağladığı faydaların etkili bir yapım sürecinin sonrasında ortaya çıktığını belirterek fizibilite, programlama, ön tasarım, konsept ve şematik tasarım aşamalarının önemini vurgulamaktadır.

Literatür taramasıyla yeşil çatının bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisinin konut ölçeğinde, yapı formu bazında ve farklı iklim bölgelerine göre değişen iklimsel veriler doğrultusunda net verilere bağlanmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada yeşil çatıların konutlardaki enerji tüketimini azalttığı hipotezi savunulmaktadır. Bu bağlamda farklı derece gün bölgelerinde, eşit alana ve farklı formlara sahip konutlar üzerinde araştırma yapılarak teras çatılı konutların ısıtma yükleri TS 825 hesap yöntemi, soğutma yükleri ise soğutma yükü sıcaklık farkı (CLTD) hesap yöntemi ile hesaplanmıştır. Daha sonra aynı konut örnekleri farklı kalınlıklardaki bitki taşıyıcı katmanların ele alınmasıyla yeşil çatılı olacak şekilde hesaplamalar tekrarlanarak elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri ölçeğinde, dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar tiplerinin kullanıldığı konut örnekleri çalışma kapsamına alınmıştır. Yeşil çatının bina enerji tüketimine etkisinin yanı sıra bitki taşıyıcı katman kalınlığının da ısıtma ve soğutma yükünü ne ölçüde etkilediği irdelenmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Küresel ısınmanın giderek arttığı dünyada yeşil çatı uygulamalarının gelişmesi ve çevresel, toplumsal, ekonomik faydalarının tespit edilmesi nedeniyle yeşil çatı elemanının konutlardaki enerji tüketimine de olumlu yönde etki edeceği düşünülmüştür. Bu nedenle örnek konut tasarımlarıyla farklı derece gün bölgelerinde yapılan hesaplamalar ile biçim, duvar tipi, bitki taşıyıcı katman kalınlığı ve iklim elemanlarının bina enerji tüketimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Elde edilen verilerin yeşil çatı uygulamalarının yaygınlaştırılması hususunda teşvik edici olması amaçlanmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve TANIMLAR

Bu bölümde, konut tasarımında sürdürülebilirlik, konutta enerji verimliliğini arttıran yöntemler ve yeşil çatıların sürdürülebilir mimari açısından değerlendirmesi konuları belirlenerek tez çalışması için gerekli bilgiler elde edilmiştir.

2.1 Konut Tasarımında Sürdürülebilirlik

İnsanoğlu var olduğundan beri barınma ihtiyacını gidermek amacıyla konut tasarımı yapmaktadır. Doğaya uyumlu, fiziksel verilere dayalı ve çevreye zarar vermeyen bu tasarımlar, zaman içinde artan ihtiyaçlara cevap verme doğrultusunda değişmeye başlamıştır. Bu sebeple fosil yakıt kullanımını esas alan ve çevresel etmenlerden yararlanmayan bir mimari ortaya çıkmıştır. Ancak fosil yakıtların sınırlı olması, çevreye verilen tahribatın artması, insan sağlığının olumsuz etkilenmesi gibi nedenlerden dolayı enerji etkin mimari ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışı başlamıştır. Yapılarda enerji korunumunun sağlanması ile birlikte çevreye olan olumsuz etkilerin en aza indirilmesi amaç edinilerek sürdürülebilir mimarlık anlayışı doğmuştur. Sürdürülebilirlik ile ilgili kriterler Tablo 2.1’de verilmiştir.

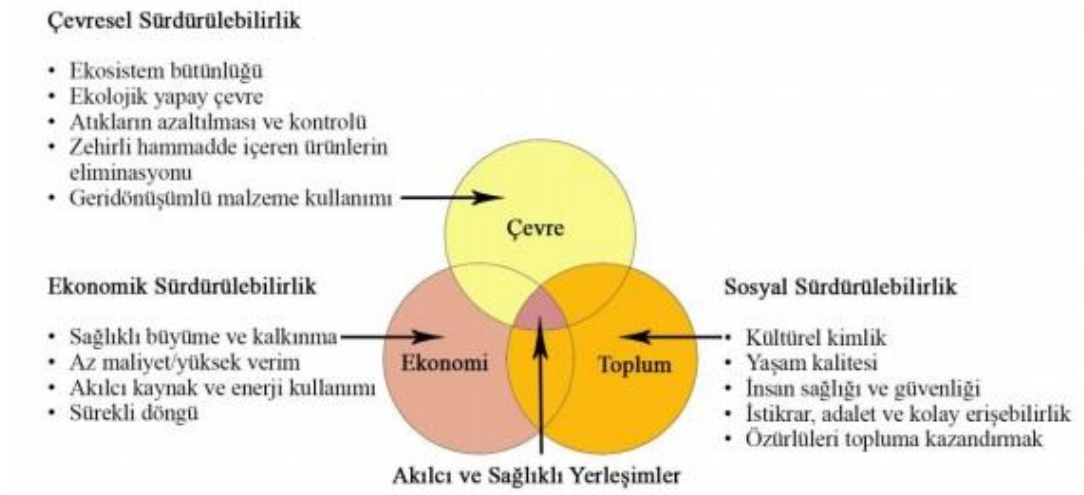
Tablo 2.1. Yapılarda sürdürülebilirlik kriterleri ve bu kriterlere bağlı maddeler [32].

YAPILARDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KRİTERLERİ		
Ekolojik Kriterler	Kullanıcı Sağlığı ve Konfor Kriterleri	Yapılabilirlik Kriterleri
Çevreye Saygı	Termal Şartlara Uygunluk	Ekonomik Olarak Yapılabilirlik
Temiz Enerji Kullanımı	Görsel Şartlara Uygunluk	Teknolojik Olarak Yapılabilirlik
Geri Dönüşüm	Akustik Şartlara Uygunluk	Kaliteli Ortam Sağlama
	Hava Kalitesi	
	Elektromanyetik Alanlar	
	Malzeme Uygunluğu	

Sürdürülebilirlik kavramı, yakın geçmişe kadar tanınmayan bir kavram iken günümüzde çevresel, sosyal, ekonomik ve kültürel pek çok boyutu ile tartışılan bir kavram haline gelmiştir. İlk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonun hazırladığı “Our Common Future” isimli raporda geçen sürdürülebilirlik kavramı ve sürdürülebilir gelişme, en genel tanımı ile “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların da kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılayabilmek” şeklinde açıklanmaktadır [33].

Sürdürülebilir mimarinin amacı ise; tasarlanacak olan yapının sahip olduğu estetik, kültürel, iklimsel ve yerel özellikler ile bulunduğu “yer”e ait olmasını, enerji tüketiminin azaltılmasını, geri dönüştürülebilen malzeme kullanımını, yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince yararlanılmasını sağlamaktır. Bu bağlamda topografya, iklim verileri, yapı formu, yönelme, yapı kabuğu, kent dokusu, yerel malzeme seçimi, doğal kaynaklardan yararlanma, kültürel değerler, birey ve toplum yararı gibi parametreler tasarımları çeşitlendirmektedir.

Yapı sektörünün önemli bir bölümünü oluşturan konut, enerji tüketiminde de yüksek bir paya sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Türkiye’de 2017 yılı itibariyle 9.1 milyon adet bina bulunmakta olup bu miktarın yaklaşık %87’sini konut nitelikli binalar oluşturmaktadır. Hane sayısı ise 22 milyonun üzerindedir. Yapı kullanma izni istatistiklerine göre Türkiye’nin bina stokuna her yıl 100 binden fazla yeni bina eklenmektedir [3]. Türkiye’de enerjinin %40’ı konutlar, ticari yapılar ve hizmet sektörü, %36’sı sanayi ve % 24’ü ulaştırma alanlarında tüketilmektedir. Yerkürenin temiz suyunun %16’sının bozulmasında, ormanların %25’inin yok olmasında, yerkürenin toprak malzemesinin % 40’nın tüketiminde yapılaşmanın etkisi bulunmaktadır [34]. Bundan dolayı yapıda ve öncelikli olarak konutta sürdürülebilirliğin sağlanması, başta çevresel olmak üzere sosyal ve ekonomik faydalar getirecektir (Şekil 2.1).

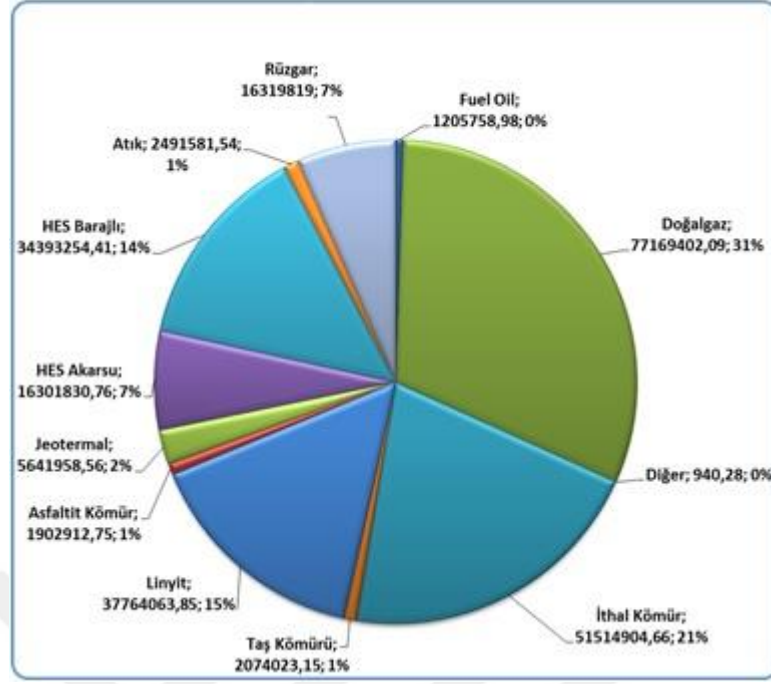


Şekil 2.1. Çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik [35].

2.2 Konut ve Enerji Verimliliği

Gelişen teknolojiyle birlikte ülkemizde ve dünyada enerji ihtiyacı artarak devam etmektedir. Gereksinimlerin karşılandığı bir çevrenin oluşması ve sürdürülebilmesi için enerji sürekli bir ihtiyaç olarak görülmektedir. Fosil yakıtlar bu ihtiyaca cevap vermektedir ancak zaman içinde farklı enerji kaynaklarının keşfedilmemesi fosil yakıtlara dayalı bir kültürün oluşmasına sebep olmaktadır.

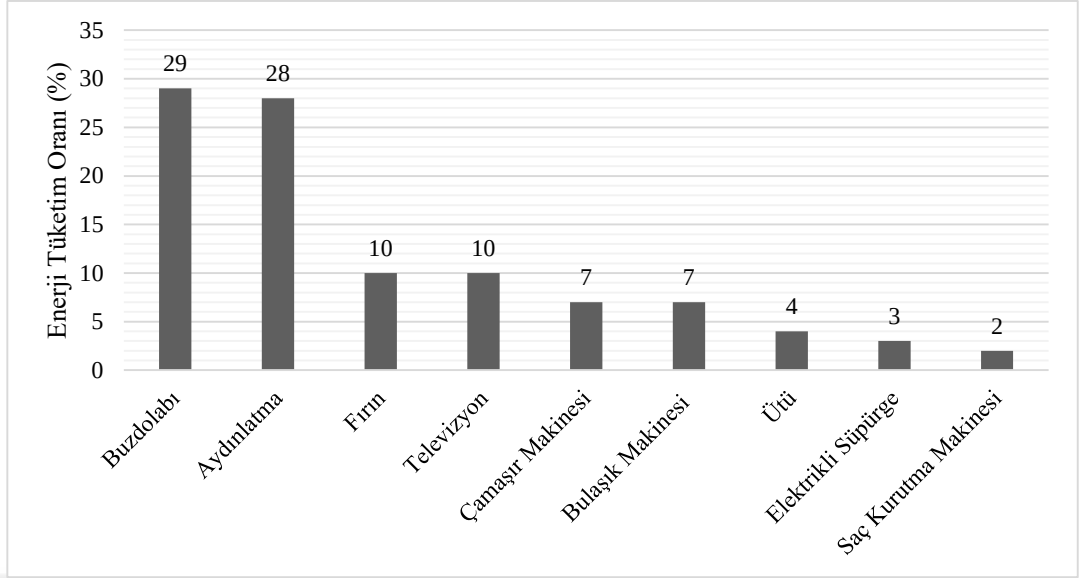
Giderek artan enerji talebi, sınırlı miktarda bulunan fosil kaynakların azalmasına yol açmıştır. Ayrıca çevre tahribatı, sağlık sorunları, fiyat artışı gibi sebepler dünyayı alternatif enerji kaynakları arayışına sevk etmiştir. Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olmasına rağmen son veriler, enerji üretiminde konvansiyonel kaynakların yenilenebilir kaynaklara oranla yaklaşık iki kat fazla kullanıldığını göstermektedir (Şekil 2.2) [36].



Şekil 2.2. 2018 yılı kaynak bazında kümülatif enerji üretimi [37].

Avrupa Birliği ülkelerinde konut yapılarının kullanımı sürecinde tüketilen enerjinin %57'si mekan ısıtması, %25'i su ısıtması, %11'i elektrikli aletlerin kullanılması ve %7'si yemek pişirmek için kullanılmaktadır. Türkiye'de ise konut yapılarının kullanımı sürecinde tüketilen enerjinin %81'i mekanın ısıtılmasında, %11'i banyo ve mutfakta ve %8'i elektrikli aletlerin kullanılmasında tüketilmektedir [7].

Üretilen elektriğin yaklaşık olarak dörtte biri konutlarda tüketilmektedir. Evlerde kullanılan enerjinin yaklaşık %20'si elektrikli ev aletleri tarafından tüketilmektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresine göre ev içi elektrik tüketiminde ilk sırayı %30'luk payla buzdolabı almaktadır. Buzdolabını, %28 ile aydınlatma takip ederken, elektrikli fırınlar %10 ile üçüncü sıradadır. Televizyon, ortalama bir ailenin elektrik tüketiminde %10, çamaşır makinesi %7, bulaşık makinesi %7, ütü %4, elektrikli süpürge yaklaşık %2 ve saç kurutma makinesi %2 paya sahiptir (Şekil 2.3) [37].



Şekil 2.3. Konutlarda elektrik enerjisi tüketimi [37].

Bu bilgiler ışığında enerji tüketiminin bir ihtiyaç olduğu bilinmekte ancak bu ihtiyaç giderilirken çevresel ve ekonomik açıdan fayda sağlanabilmesi için enerji korunumu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı büyük önem taşımaktadır. Toplumun yapı taşını oluşturan ailenin en önemli gereksinimlerinden olan barınma ihtiyacının giderildiği konut, enerji verimliliği konusunda düşünülmesi gereken en önemli bileşendir.

Konutta enerji etkin tasarımların gerçekleştirilmesiyle [37];

- Fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılık ortadan kalkacaktır.
- Küresel iklim değişikliğine sebep olan sera gazı emisyonu azalacaktır.
- Konvansiyonel enerji kaynaklarının sebep olduğu sağlık sorunlarının önüne geçilecektir.
- İthal edilen enerji miktarında düşüşle birlikte yerli enerji üretimi artacaktır.
- Arazi kaynakları daha etkin kullanılacağından kent ile kırsal arasındaki ilişki güçlenecektir.
- Doğaya uyumlu tasarımların artmasıyla insanların yeşil ile iç içe olması sağlanacaktır.
- Geri ödeme süresi tamamlandığında kullanıcılar daha düşük maliyet ile enerji ihtiyacını giderecektir.

Konutlarda enerji verimliliğinin sağlanması mimari tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Konut tasarımı, yapım öncesi ve sonrası tüm evreleri kapsayan bir süreç olduğu için bütünüyle ele alınıp değerlendirilmelidir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ve enerji korunumunun bileşkesi olarak enerji verimliliğinin sağlanması mümkündür.

2.3 Enerji Etkin Konut Tasarım Stratejileri

Tarihsel süreç incelendiğinde yapı tasarımında çevresel verilerin önemli parametreleri oluşturduğu, bundan dolayı fosil enerji kaynaklarına bağımlı olmayan konutların inşa edildiği görülmektedir. Buradan hareketle yenilenebilir enerji kaynaklarının ortaya çıkmasının yanı sıra, enerji tüketiminin en aza indirgenmesi ve enerji korunumunun sağlanması enerji etkin tasarımın alt yapısını oluşturmaktadır.

Enerji etkin yapı tasarımı ile enerji tüketiminin azaltılması ve ihtiyaç duyulan enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanarak doğal sürece zararın en aza indirilmesi mümkündür. Enerjinin etkin kullanımı tasarımcıların; iklim, yönelim, gün ışığından faydalanma, çevresel kalite ve kullanıcıyı tasarımın bir parçası olarak düşünmelerini gerektirmektedir [15]. Aynı zamanda erken tasarım sürecinde mimari ve mühendislik disiplinlerinin takım olarak çalışması ve binayı bir sistem olarak düşünmesi önem arz etmektedir. Enerji tasarım ilkelerini ve yöntemlerini kendi tasarım projeleri ile birleştiren mimar ve mühendislerin tasarladıkları binalar, çevre dostu, az tüketen özellik taşımakta, enerji verimliliği ve harcamalarının azaltılmasında önemli olabilmektedir [38].

Enerji etkin tasarım stratejileri 6 başlık altında toplanırsa;

- Araziye uygun yerleşim
- İklimle uygun biçimlenme
- İklimle dengeli yapı kabuğu tasarımı
- Enerji etkin malzeme seçimi
- Yapı-çevre ilişkisi
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı

2.3.1 Araziye Uygun Yerleşim

Konut tasarımında arazi topografyası, jeolojik yapı, coğrafi enlem, arsa eğimi, güneş verileri, hakim rüzgar yönü, arazi olanakları gibi faktörler etkili olmaktadır. Yapı yüksekliği, mimari form, bina yönelişi gibi tasarım kararları bu faktörlere bağlı olarak şekillenmektedir. Örneğin zemin emniyet gerilmesi düşük olan bir arazide planlama yapılırken yapı yüksekliğine getirilen sınırlama mimariyi biçimlendirmektedir [39].

Ayrıca araziye yerleşme düzeni ve yönü, hakim rüzgar, güneş ve arazi olanaklarından yararlanma miktarını doğrudan etkilemektedir. Nemli iklim bölgesinde sağlanması istenen rüzgar sirkülasyonu, hakim rüzgara göre yönlendirilmemiş bir binada sağlanamayacağından çeşitli sorunların oluşması ihtimali artacaktır. Başka bir örnek ile soğuk iklim bölgesinde tasarlanacak konutun kuzey-güney doğrultusunda yönlendirilmesi güneşten yararlanma oranını azaltacaktır [40].

2.3.2 İklimle Uygun Biçimlenme

Mimari tasarım kararları alınırken iklimsel verilerin kullanılması binada enerji etkinliğinin sağlanmasında oldukça önemlidir. Yapıların farklı iklim özelliklerine göre biçimlenmeleri, uygun iç ortam koşullarının oluşması ve enerjinin korunmasında etkili olmaktadır. Örneğin, bina dış yüzey alanı küçük olan bina biçimleri ısı alışverişini azalttığı için ısıtma yükünü, parçalı avlulu bir biçimlenme ise, bol hava akımı sağlayarak soğutma yükünü azaltmaktadır [8].

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde, sıcaklık artışını azaltan ve rüzgar alımını arttıran tasarımlar yapılmalıdır. Yerleşim olarak vadi tabanları bu iklim bölgesi için daha uygun olmakla birlikte yaz rüzgarından faydalanma, kış rüzgarından korunma sağlanmalıdır. Batı yönünde güneş radyasyonu fazla olduğu için bu cephedeki pencere açıklıklarının miktarı azaltılmalıdır. Yaz aylarında yapraklı olan bitki

elemanları ile ısınmanın istenmediği dönemlerde fazla ısınmanın önüne geçilmelidir (Şekil 2.4) [37].



Şekil 2.4. Sıcak-kuru iklim bölgesinde batı yönünden kapalı mimari örneği [37].

Sıcak-nemli iklim bölgelerinde, güneş ışımasını azaltmak ve rüzgar sirkülasyonunu arttırmak önemlidir. Yaz aylarında terlemenin, kış aylarında rutubet oluşumunun önlenmesi amacıyla hakim rüzgar yönüne göre binayı yönlendirmek, pencere açıklıklarının miktarını ve oranını düzenlemek gereklidir. Sıcak mevsimlerde soğuk rüzgar etkisinden, soğuk mevsimlerde ise sıcak rüzgar etkisinden faydalanmak amacıyla binalar, rüzgar alan tepelere, kuzey veya güneye bakan yönler göre konumlandırılmalıdır. Peyzaj öğeleri ile rüzgar alımını arttıran ve gereksiz ısınmayı önleyen tasarımlar yapılmalıdır (Şekil 2.5) [37].



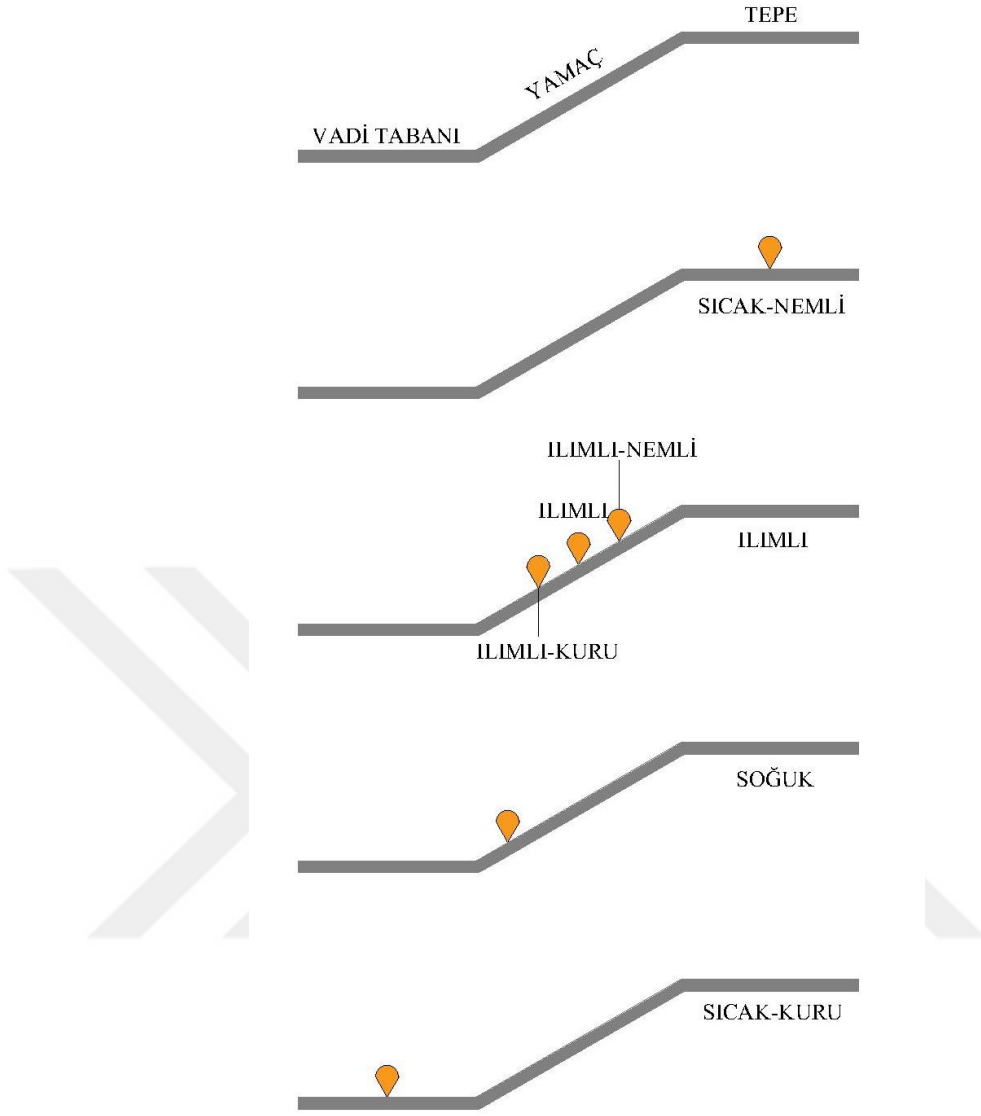
Şekil 2.5. Sıcak-nemli iklim bölgesi için rüzgar yönü ve peyzaj tasarımı [37].

Soğuk iklim bölgelerinde, güneş ışınlamını arttırmak, ısı kaçışını önlemek ve rüzgar akımını azaltmak gereklidir. Yapıların güneye yönlendirilmesi, güney cephesindeki pencere açıklıklarının miktarının artırılması güneşten maksimum yararlanmayı sağlanmalıdır. Bu nedenle binalar güney ve güneydoğu yönündeki yamaçlara yerleştirilmelidir. Kış aylarında yapraklarını döken ve güneş ışınlamına imkan sağlayan, rüzgar oluşumunu önleyecek peyzaj elemanları ile iklimin soğutucu etkisi azaltılmalıdır (Şekil 2.6) [37].



Şekil 2.6. Soğuk İklim bölgesi kapalı mimari tasarım örneği [37].

Ilıman iklim bölgelerinde, yaz ve kış aylarında çok fazla sıcaklık farkı olmadığından güneş ışınlamını arttırmak ya da azaltmak amaçlanmamaktadır. Ancak rutubet oluşumu söz konusu olduğundan rüzgar alımı artırılmalı ve bu sebeple yamaçlara yerleşim yapılmalıdır. Peyzaj elemanlarının bina hava sirkülasyonunu engellemeyecek şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmelidir (Şekil 2.7) [40].



Şekil 2.7. İklim türlerine göre eğimli araziye yerleşim [37].

Yerleşim ve bina yönünün yanı sıra yapı elemanlarının da iklimsel veriler göz önünde bulundurularak iç ortamda uygun koşulların oluşturacak şekilde tasarlanması gereklidir (Şekil 2.8). Örneğin; yağışlı bir bölgede çatı saçağının uzunluğu, bina cephesinin dış faktörlerden olumsuz etkilenmesinde önemli bir kriterdir.



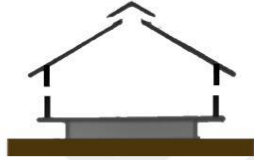
Soğuk İklim Bölgesi Minimum Yüzey
Yüksek Isı Tutuculu



Ilıman İklim Bölgesi Pasif Güneş Enerjisi Kullanımı
Isı Kontrolü - Güneş Kontrolü



Kuru - Sıcak İklim Bölgesinde İç Avlu
Dış Cephede Küçük Pencere



Nemli - Sıcak İklim Bölgesin Isı Tutucu Hafif Yapı Elemanı
Yükseltilmiş Yapı
Güneş ve Yağış Kontrolü

Şekil 2.8. Farklı iklim bölgelerindeki yapı tasarım örnekleri [37].

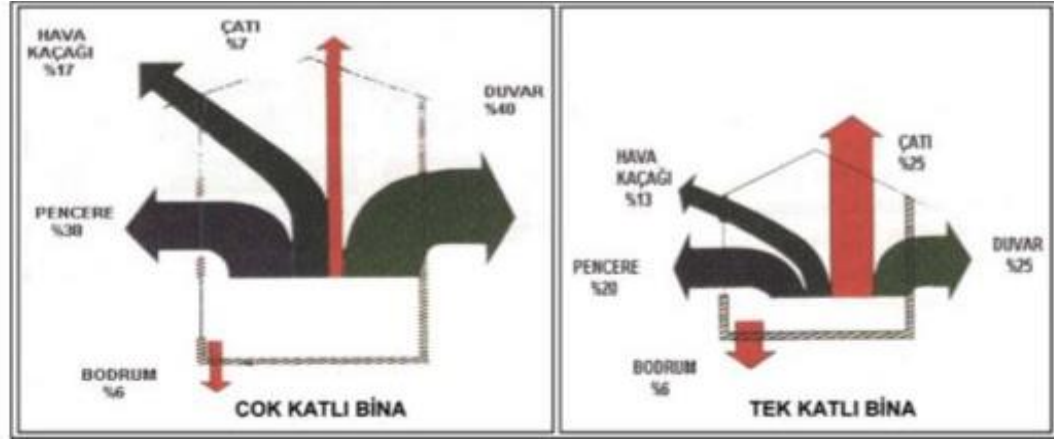
2.3.3 İklimle Dengeli Yapı Kabuğu Tasarımı

Yapı kabuğu, iç ve dış çevre arasında ayırıcı bir katman olduğundan kullanıcı konforunun sağlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Farklı iklim koşullarına göre opak ve saydam yapı elemanlarının biçimi, boyutu, malzeme özelliği değişmektedir [37]. Isıtma ve soğutma için gerekli enerji, ısı kazancı ve kaybına göre belirleneceğinden yapı kabuğuna ait parametreler enerji etkin bina tasarımında oldukça önemlidir (Şekil 2.9).

Kullanıcı rahatı ve çevre emniyeti sağlamak için, cephe birçok fonksiyonu yerine getirmelidir. Bu fonksiyonlar aşağıdaki gibi örneklendirilebilir [38];

- Dış çevre görüş alanı
- Rüzgâr yüklerinden korunma
- Kendi ağırlığını taşıması
- Yapay aydınlatma kullanımını azaltmak için günışığı stratejilerinin uygulanması
- Güneş ısısı kazanımından koruma

- Gürültüden koruma
- Yağmurdan ve nemden koruma



Şekil 2.9. Çok katlı ve tek katlı binalarda ısı kaçış bölgeleri ve oranları [41].

Yapı kabuğunun güneş ısı kazançları ve kayıpları ile ısı alışverişi, malzemelerin kalınlığı, yoğunluğu (δ) (g/cm^3), ısı iletim katsayısı (λ) (W/m.K), özgül ısı (c) ($\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$), yüzeyinin ışığı emme ve yansıtma katsayısı, ses yutma katsayısı, yüzeyin düzlüğü veya pürüzlülüğü, doluluk-boşluk oranı belirlenmektedir [8]. Yapı elemanları; opak ve saydam bileşenlerinin birbirine oranı, yapı bileşenlerini oluşturan katmanların kalınlığı, bu katmanların özelliği, çevresel etkileri ile birlikte ele alınarak iklime uygun olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Isınma gereksinimi duyulan dönemlerde yapı kabuğundan ısıtım ile ısı kazancı; yalıtım ve sızdırmazlık ile ısı kaybının önlenmesi sağlanmalıdır. Soğutma gereksiniminin olduğu dönemlerde ise gölgeleme elemanlarının kullanılması gibi yöntemlerle yapı kabuğunun fazla ısıtımını azaltması ve etkili havalandırmaya imkan sağlaması gerekmektedir [8].

Farklı iklim bölgelerinde malzeme, renk, ölçü, oran gibi kriterlerin yanı sıra yapının formunun değişmesi ile iklimle dengeli bir tasarımın oluşturulması sağlanacaktır. Örneğin soğuk iklim bölgesinde bir yapı tasarlanmak istendiğinde enerji kaybını azaltarak iç sıcaklığın korunması amacıyla dış ortam koşullarına açık cephe miktarının azaltılması gereklidir. Bunun sağlanabilmesi ise yapı formunun kapalı olarak tasarlanması ile mümkündür. Sıcak iklim bölgesinde yapılacak olan

yapı tasarımında ise, dış cephede güneşin vurduğu yüzey alanını azaltıp gölgeli alan miktarını arttırmak amacıyla avlulu form ile enerji etkin tasarım gerçekleştirilecektir [8].

2.3.4 Enerji Etkin Malzeme Seçimi

Enerji etkin yapı malzemeleri kullanımı binada ısı kaybı ve kazancı üzerinde etkili olmaktadır. Görsel olarak sundukları katkının yanı sıra çevresel açıdan binanın enerji korunumunu doğrudan etkilemektedir. Malzemelerin enerji etkin olabilmesi ise üretiminden itibaren geçen döngünün tamamında enerjiyi az ve verimli kullanması gerekmektedir. Bu aşamalarda harcanan toplam enerji miktarlarına göre yapı malzemeleri [8];

- Düşük enerji tüketen malzemeler,
- Orta enerji tüketen malzemeler,
- Yüksek enerji tüketen malzemeler şeklinde gruplara ayrılabilirler.

İç ortam koşullarına katkı sunan enerji etkin malzemeler ekolojik ve ekonomik olarak olumlu özelliklere sahiptir. Daha az zararlı emisyon yayarak çevre kirliliğini azaltmasının yanında çeşitli ısısal nitelikleriyle (ısı depolama, ısı tutuculuğu, vb.) enerji kaybını önlemektedir. Enerji etkin malzemelerin genel özellikleri şu şekildedir [8];

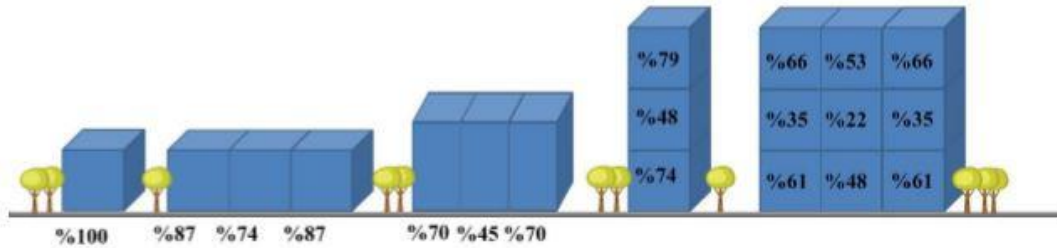
- Yerel malzeme olması
- Hızla yenilenebilir kaynaklardan elde edilmiş doğal malzeme olması
- Düşük yoğunluklu endüstriyel işlemlerle üretilmesi
- Üretim sürecinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılan malzeme olması
- Isısal performansının yüksek olması
- Emek yoğun malzeme olması
- Dayanıklı olması
- Gölgeleme katsayısının uygun değerde olması

2.3.5 Yapı-Çevre İlişkisi

Binalar yapılı çevre ve doğal çevrenin içinde var olup, yakın çevresi ile doğrudan ilişkili bir tasarım ürünüdür. Rüzgâr, güneş ışıınımı, nemlilik, yeşil ile iç içe olma, gürültü, mahremiyet gibi faktörler yapılaşmadan kaynaklı olarak bina üzerinde doğrudan etkilidir.

Mimari tasarımda yapılar arasındaki mesafeler ve yapı yükseklikleri göz önünde bulundurularak gölgeleme hesapları yapılmalı, gün ışığından yararlanma oranı belirlenmeli, rüzgar gelişine engel durumlar varsa tespit edilmelidir. Binanın ısıtma ve soğutma enerjisini azaltacak şekilde yapılar arasında ilişki kurulması önemlidir. Olumsuz olarak görülen yapılı çevre verilerinin etkisi binalar arasındaki mesafede peyzaj bileşenleri, gölgeleme elemanları vb. yöntemlerle azaltılmalıdır [8].

Yapılar arasındaki ilişki yerleşim dokusuyla direkt olarak ilişkilidir. Örneğin soğuk iklim bölgesinde tasarlanan bir yapının bitişik nizamda konumlandırılması ile dışa açık cephe miktarı azalacağından enerji tüketiminde düşüş görülecektir. Aksine sıcak iklim bölgesinde ayrıık nizamda tasarlanan bir yapıda dışa açık cephe miktarının artırılması ile bina enerji tüketim miktarı azalacaktır. Özellikle toplu konut yerleşmelerinde iklimsel veriler göz önüne alınarak binalar uygun şekilde konumlandırıldığında bina enerji tüketimi miktarında büyük oranda azalmanın olması mümkündür (Şekil 2.10) [42].



Şekil 2.10. Binaların farklı şekillerde bir araya gelmesi sonucun ısı kayıp oranları [42].

2.3.6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı

Yapıların enerji ihtiyacı kullanıcı gereksinimlerine göre değişmektedir. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Ancak bu gereksinimin konvansiyonel kaynaklardan karşılanması çevresel tahribata yol açtığı gibi insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Bunun yanı sıra dünyada sınırlı miktarda bulunan bu kaynaklar gelecek nesillere aktarılamayacak kadar azalmaktadır. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanımının yaygınlaştırılması enerji etkin konut tasarımları için önemli bir ölçüttür.

Yenilenebilir enerji kaynakları şu şekilde sıralanabilir [21];

- Güneş enerjisi
- Rüzgar enerjisi
- Jeotermal enerji
- Dalga enerjisi
- Biyokütle enerjisi
- Hidrolik enerji
- Hidrojen enerjisi

Arazinin sağladığı olanaklar çerçevesinde bu kaynakların kullanımının sağlanması enerji etkin konut tasarımlarının oluşmasını sağlamaktadır. Konut tasarımında sonsuz güneş enerjisinden yararlanmak diğer enerji kaynaklarına göre ulaşılması kolay, güvenilir, ilk kurulumdan sonra bakım gerektirmeyen özellikleriyle öncelikli olmaktadır.

a) Güneş Enerjisi

Ülkemiz jeopolitik konumu itibarıyla güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek bir ülke konumundadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına hazırlanan, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme

süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m².gün) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 2018 yılında toplam güneş kolektör alanı yaklaşık 20.200.000 m²'ye ve ısı enerjisi üretimi 876.720 TEP (Ton Eşdeğer Petrol)'e ulaşmış olup yerli katkı oranı asgari %60 olacak yerli güneş modüllerinin üretileceği fabrika ve güneş enerjisi konusunda Ar-Ge faaliyetlerinin yürütüleceği merkezin kurulum çalışmaları da yürütülmektedir [43].

Kömür yerine kullanılacak olan güneş gözeleri sayesinde, karbondioksit miktarında önemli derecede azalmalar sağlanabilmektedir. Güneş enerjisinden, çoğunlukla güneş gözeleri aracılığıyla faydalanılmaktadır [44]. Ayrıca yapılarda güneş enerjisinden güneş kolektörleri ve fotovoltaik (PV) paneller ve yapıya entegre PV (BIPV) gibi ekipmanlar kullanarak ısı ve elektrik enerjisi üretmek mümkündür [45]. Güneşten elde edilen enerji ile konuttaki elektrikli ev aletleri, sokak lambaları, mobil cihazlar vb. enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Böylelikle temiz enerji kullanımı ve enerji tasarrufu ile çevresel ve ekonomik fayda sağlanabilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar genişletilmekte ve güneş enerjisi kullanımı yaygınlaştırılmaktadır (Şekil 2.11). Konutta ise cephe, çatı yapı bileşeni olarak ya da bu bileşenlere entegre olarak güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür.



Şekil 2.11. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası [46].

b) Rüzgar Enerjisi

Rüzgâr enerjisi temiz, güvenli ve fazlaca bulunabilir olmasından dolayı önemli bir kaynaktır. Rüzgâr enerjisi bölgenin bulunduğu coğrafi konum ve meteorolojik verilerin durumuna göre özellik gösterir. Dünyanın en hızlı büyüyen, düşük maliyetli enerji kaynağı olmasıyla birlikte çevre kirliliğine sebebiyet vermeyen temiz enerji kaynağıdır [31]. Konut tasarımında cephe veya çatı yapı bileşeni olarak rüzgar türbinlerinin kullanılması enerji etkin tasarımların ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

c) Jeotermal Enerjisi

Jeotermal enerji, yer kabuğunda var olan su, buhar ve gazlardan elde edilen bir çeşit termal enerjidir [47]. Bu kaynakları ısı pompası teknolojisiyle bütünleştirerek etkin bir enerji kaynağı şeklinde yapıların ısıtılması ve soğutulmasında kullanmak mümkündür [48]. Su ısıtılmasında, tıbbi amaçlı tedavilerde, pişirme işlerinde kullanılmaktadır. Enerji maliyeti azdır ve çevre kirliliğine yok denecek kadar az sebep olmaktadır. Konutta döşemeye entegre edilerek ısı pompası yardımıyla ısıtma ve soğutma amacıyla jeotermal enerjiden yararlanılabilmektedir.

d) Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi, su yüzeyi ve yüzeyin altındaki dalga basıncı, gelgitten oluşan dalga basıncı, akıntılardan meydana gelen dalga basıncı gibi yöntemlerle elde edilmektedir. Kaynağın sonsuz ve bol olması, çevre kirliliğinin azalmasında etkili olması, elektrik şebekesinin olmadığı alanlara elektrik pompalaması gibi özellikleriyle oldukça temiz bir enerji kaynağıdır [49].

e) Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, doğada yaşayan canlıların güneş enerjisini farklı şekillerde depoladıkları organik maddelerden elde edilen enerji türüdür. İnsanlığın başlangıcından beri ısınma ve yemek gibi ihtiyaçları biyokütle enerjisiyle sağlanmaktadır. Karbondioksit salınımına ve asit yağmurlarına sebep olmaması, depolanabilir olması, üretim ve çevre teknolojisinin bilinmesi gibi nedenlerden dolayı avantajları fazladır [49]. Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. Toplam 811 MW'lık kurulu güce sahip biyokütle kaynaklı elektrik üretim santrallerinden, 2018 yılında 3.216 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir [43].

f) Hidrolik Enerjisi

Hidrolik enerjisi, su gücünün etkisiyle üretilen hidroelektrik enerjidir. Suyun yükseklik farkının fazla olduğu akarsu ve nehirler üstüne kurulan tesisler ile suyun potansiyel enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle enerji elde edilir [44]. Yüksek verimli, uzun ömürlü, yakıt gideri olmayan, işletme gideri düşük bir enerji kaynağıdır. 2018 Haziran ayı sonu itibarıyla, işletmede bulunan 27.912 MW'lık kurulu güce sahip 636 adet Hidroelektrik Santrali (HES), Türkiye toplam kurulu gücünün %32'sine karşılık gelmektedir [43].

g) Hidrojen Enerjisi

Hidrojen enerjisi, ısı ve patlatma enerjisi ile hidrojen gazının yakılmasıyla açığa çıkan enerjidir. Ancak doğada serbest halde bulunmadığından kömür, biyokütle, su gibi maddelerden elde edilebilmektedir. Su ve su buharı dışında herhangi bir kimyasal gaz çıkışı söz konusu olmayan, petrol yakıtlarına göre daha verimli bir enerji kaynağıdır. Kimyasal enerjinin elektrik enerjisine çevrilmesiyle

ihtiyaç duyulan enerji elde edilmektedir. Hemen kullanılmayacak olan elektrik enerjisinin elektroliz edilmesiyle açığa çıkan hidrojen ile yeniden enerji üretilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca suyun parçalanmasıyla oluşan hidrojen kaynağı yakıldığında tekrar su olduğu için suyun tükenmesi mümkün değildir [50].

Her yapı bulunduğu “yer”in arazi olanaklarına, iklim verilerine, yerel malzemelerine, yerleşim dokusuna bağlı şekilde tasarlanmalı, bulunduğu “yer”e ait olmalıdır. Bunun yanı sıra kültürel etmenler, toplum sağlığı, sürdürülebilir çevreler oluşturma bilinci, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile birlikte ele alınan tasarımlar, gelecek nesillere günümüz koşullarını yansıtan en somut veriler olarak tarihe geçecektir.

2.4 Yeşil Çatı Mimarisi

Gelişen teknolojiyle birlikte üretim ve kullanıcı gereksinimleri enerji tüketimini arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmaya başlasa da kullanılmaya devam eden fosil yakıtlar çevre kirliliğine sebep olmaya devam etmektedir. Bunun yanı sıra yapılaşmanın ve beton yüzey alanların artması insanların giderek doğadan uzaklaşmasına yol açmaktadır.

Ekolojik ayak izi, mevcut teknoloji ve kaynak yönetimiyle bir bireyin, topluluğun ya da faaliyetin tükettiği kaynakları üretmek ve yarattığı atığı bertaraf etmek için gereken biyolojik olarak verimli toprak ve su alanı olup “küresel hektar (kha)” ile ifade edilir [51]. Bu alana karbondioksit emilimini sağlayacak bitki örtüsü de dahildir. Ancak günümüz şartlarında yeşil alan miktarı azalırken karbondioksit emilimi sağlanamadığından karbondioksit emisyonu artmaktadır.

Ayrıca yeryüzüne gelen güneş ışınları, yoğun yapılaşmadan ötürü yansıyor beton yüzeylere çarpıp tekrar yüzeye geldiğinden yer kabuğunun soğuma miktarı azalmaktadır. Karanlık çatı yüzeyleri, kaldırımlar, beton elemanlar gündüz depoladıkları enerjiyi gece atmosfere yaydıkları için hava sıcaklığı artmaktadır. Kentsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farklılıklarının artması, su kaynaklarının azalması, hava koşullarının değişmesi, ısı adası etkisinin genişlemesi ve yeşil

alanların kaybedilmesi küresel ısınmanın sonuçlarıdır. Bu sebeple yeşil alan miktarını arttırmak ve çatılardan yansıyan ısı oluşumunu önlemek amacıyla, yeşil çatılar mimari tasarımlarda kullanılarak küresel ısınmaya karşı çözüm teknikleri üretilmelidir.

2.4.1 Yeşil Çatıların Sürdürülebilir Mimari Açısından Değerlendirilmesi

Yeşil çatı kullanımı mimari tasarım sürecinin bütününde ele alınması gereken bir etkidir. Yapı bileşenleri, yapı elemanları, enerji performansı, ısıtma-soğutma hesaplamaları, malzeme seçimi, estetik kararlar bu bağlamda değerlendirilmelidir. Yeşil çatının mimariye sağladığı katkılar şu şekildedir (Tablo 2.2) [17];

- Doğal çevrenin korunmasına etkisi
- Isı düzenleme etkisi
- Atık su sistemlerine etkisi
- Hava sıcaklığını dengeleme etkisi
- Hava kalitesine etkisi
- Radyasyonu azaltıcı etkisi
- Çatı yalıtımına etkisi
- Gürültü azaltıcı etkisi
- İnsan sağlığına etkisi
- Estetik etkisi

Tablo 2.2. Yeşil çatı ve geleneksel çatıların karşılaştırılması [52].

TASARIMDA ÇATI SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER		
KONU	YEŞİL ÇATI	GELENEKSEL ÇATI
Yağmur suyuna etkisi		
Suyu depolaması açısından:	Yağışlı mevsimlerde %10-35, yağışsız mevsimlerde ise %65-100 performans artışı sağlar	Etkisi yok
Suyu tutması açısından:	Bütün sel ve fırtınalarda suyu bünyesinde tutarak suyun akım şiddetinde azalma sağlar	Etkisi yok
Hava kalitesine etkisi	Tozları tutarak ve havadaki karbondioksiti kullanarak havayı temizler.	Etkisi yok
Kentsel ısı adası oluşumuna etkisi	Sıcaklık artışına engel olur.	Sıcaklık artışına katkıda bulunur.
Enerji tasarrufuna etkisi	Binaların yalıtımına yardımcı olarak enerji performansına katkıda bulunur.	Etkisi yok
Bitki yetiştirebilme etkisi	Uygun koşullar sağlandığında bitki ve besin maddeleri yetiştirmeye olanak sağlar	Etkisi yok
Yeşil alan oluşturabilme etkisi	Binanın yapımı ile kaybolan yeşil alan miktarını telafi eder.	Etkisi yok
Drenaj bedeline etkisi	Bünyesinde suyu tutma ve depolama özelliği sayesinde drenaj maliyetinde %35'e yakın avantaj sağlar.	Etkisi yok
Habitat sağlayabilme etkisi	Böcekler ve kuşlar için yaşama alanı yaratır.	Etkisi yok
İç ortam kalitesine etkisi	Sesi absorbe edip, yansımaları azaltarak konfor koşullarını artırır ayrıca estetik ve rekreasyon sunar.	Etkisi yok
Bina maliyetine etkisi	İlk uygulamada, değişken olmakla beraber, her m ² için 5\$ ile 12\$ arası, dönüşüm alanlarında ise 7-20\$ arası maliyet gerektirir.	İlk uygulamada, değişken olmakla beraber, yaklaşık maliyeti m ² 'de 2\$-10\$ arası, dönüşüm alanlarında ise m ² başına 4\$-14\$ arası maliyet gerektirir.
Yapı ömrüne etkisi	Binayı direkt güneş ve ısıdan koruyan yalıtım malzemesinin, 36 yıldan fazla dayanmasını sağlar.	Az derecede koruma ve bakım istemekle beraber, genelde 20 yıldan az dayanmaktadır.

a) Doğal Çevrenin Korunmasına Etkisi

Yapılar inşa edilirken doğal çevreye müdahale edilmekte ve dolayısıyla yeşil alanların miktarı azalmaktadır. Doğal çevrenin korunabilmesi açısından yeşil çatılar tasarımlara katkı sunmaktadır. Çeşitli canlılara yaşam alanı oluşturan tabiat, yapılaşmanın etkisiyle canlılar tarafından kullanılamamaktadır. Bina kapladığı alan kadar oluşturulan yeşil çatı ise canlılar için yeni habitat alanı sağlamaktadır [30]. Bunu yanı sıra psikolojik olarak insanların doğayla bağlarının koparılması önlenmiş olup besin üretimi gibi faaliyetlerde bulunmalarına imkan sağlanmaktadır.

b) Isı Düzenleme Etkisi

Taş, beton, asfalt yüzeyler gün içinde güneşten gelen ısıyı depolayıp gece dışarıya aktarmaktadır. Bu durum bina i  ısı miktarını ve hava sıcaklığını arttırarak kentte ısı adası oluşumuna sebep olmaktadır. Bitkilendirilmi   atılarda ise durum farklıdır. Yeşil  atı yapılaşma nedeniyle zarar gören bitki örtüsünün yerini alarak hava sıcaklığının artmasını önler. Bitkiler gölgeleme özelliği ile, bitki taşıyıcı katman ise ısı depolama özelliği ile hava sıcaklığını dengelemektedir. Suyu tutan bitkiler buharlaşma için gerekli ısıyı da havadan alarak hava sıcaklığının d  mesini sağlamaktadır [29]. Bitki yapraklarında ve bitki taşıyıcı katman bünyesinde bulunan suyun buharlaşması için gerekli olan ısı miktarı; güneşten yüzeylere doğrudan ya da dolaylı olarak gelen kısa dalga kızılötesi ı ınlardan karşılanır. Bu sayede bu ışınların yüzey sıcaklığını arttırması engellenir [53].

c) Atık Su Sistemlerine Etkisi

Yağmur suyunun tahliyesi kentler için sorun olup günlük hayatı olumsuz etkilemektedir. Toprağın su tutma kapasitesi olduğu için yeşil alanların bulunduğu yerlerde bu sorunlar azalmaktadır. Yeşil  atılar bu görevi yerine getirmekte ve tutulan suyu bitkiler kullanmaktadır. Ayrıca atık suyun kanalizasyon sistemine ulaşması gecikti inden alt yapı şebeke yükü hafiflemektedir. Genel olarak kente d  en yağmur suyunun %10-15'inin yeşil çatılarda tutulması mümkündür. 10 cm toprak kalınlığı kendi üzerine d  en yağmurun % 50'sini, 20 cm toprak ise % 60'ını tutabilmektedir. Bu oran 50 cm toprak kalınlığında % 90'a varmaktadır [54].

d) Hava Sıcaklığını Dengeleme Etkisi

Toprak katmanı ısı tutucu etkisi ile yalıtıma katkı sağlamaktadır. Kış aylarında havadan daha sıcak olan toprak sayesinde binanın ısı kaybı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı azalmaktadır. Bunun yanı sıra yeşil çatı ile rüzgarın bina üst katında

ısı kaybına sebep olması önlenebilmektedir. Yunanistan’da bitkilendirilmiş çatı sisteminin ısı performansını matematiksel bir model ile ortaya koyan bir çalışmada; bitkilendirilmiş çatının, yüzeyine gelen toplam ışıyım şiddetinin %27’sini yansıttığı %60’ını yaprakları tarafından soğurduğu ve %13’ünü de toprağı ilettiğı belirtilmiştir. Singapur’daki bir yeşil çatının alanda ölçümüyle yüzey sıcaklığını 18 °C azalttığıının görölmesi de yeşil çatı sistemlerinin hava sıcaklığına olan etkilerini göstermektedir [55].

e) Hava Kalitesine Etkisi

Isınma, soğutma, ulaşım, sanayi gibi işlemler havadaki kimyasal madde oranını arttırmaktadır. Karbondioksit sonucu oluşan sera gazı ile birlikte küresel ısınma miktarı büyümektedir. Bitkilerin toz tutabilme ve kimyasal maddeleri emerek toprağı iletmeye özellikleri sayesinde hava kirliliğinin azalması mümkündür. Yapılan bir araştırmada yeşil örtüsü olan ve olmayan bölgeler arasında yapılan ölçümlerde, yeşile sahip olmayanlarda bir litre havada 3-7 kat daha fazla toz partikülü bulunmuştur [56]. Başka bir çalışmada ise çatıların; kadmiyum, bakır ve kurşunu % 98, çinkoyu % 16 oranında tutarak sudan arındırdığı görölmüştür [54].

Ayrıca karbondioksit kullanımı, oksijen üretimi sağlayan bitkiler havadaki oksijen miktarını arttırarak havayı iyileştirmektedir. Buhar geçiriminde de etkili olan bitkiler yapı içi nemin atılmasını sağlayarak iç mekanlarda fazla ısı hissedilmesini önlemektedir. Bu veriler sera gazının etkisinin azaltılmasında yeşil çatıların etkisinin önemini göstermektedir.

f) Radyasyonu Azaltıcı Etkisi

Almanya’da Minke G. tarafından yapılan araştırmalar, yeşil çatıların binalardaki elektromanyetik radyasyonu büyük ölçüde azalttığını göstermiştir. 10 cm

toprak katmanı olan yeşil çatının, elektromanyetik ışıını % 99'a kadar azalttığı ölçülmüştür [57].

g) Çatı Yalıtımına Etkisi

Çatıda kullanılan yalıtım malzemeleri, başta güneş olmak üzere dış hava koşullarından olumsuz etkilenmektedir. Bu durum malzemenin yaşlanmasına sebep olup değiştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Yeşil çatı bileşenlerinden olan toprak, yalıtım malzemesi için koruyucu katman görevi görerek ömrünün uzamasını sağlamaktadır. Ayrıca ısı tutucu özelliği ile ısı yalıtımına katkı sağlaması enerji maliyetini düşürmektedir. Değişen hava sıcaklığına rağmen toprak tabakası ile çatı elemanının aşırı ısınma ve aşırı soğumasının önüne geçilmektedir [22].

h) Gürültü Azaltıcı Etkisi

Trafik ve artan insan yoğunluğu nedeniyle kentlerde gürültü sorunu önem teşkil etmektedir. Beton gibi yüzeylerden yansıyan seslerin neden olduğu gürültü, yeşil alanlarda daha az olmaktadır. Bunun sebebi bitki yapraklarının sesi emerek etkisini azaltmasıdır. Toprağın da ses yutucu özelliği ile bitkiler birleşince gürültü etkisinin azalması sağlanabilmektedir. Alçak frekansları (3-30 Hz) toprak, yüksek frekansları (30-300 Hz) bitki örtüsü bloke eder [58]. Almanya Frankfurt Havaalanında 10cm derinliğe sahip bir yeşil çatı sisteminin gürültü seviyesini 5 dB düşürdüğü görülmüştür [59]. Seyrek bitkilendirilmiş bir yeşil çatı, sesi 40 desibel civarında düşürebilirken, yoğun bitkilendirilmiş bir çatı ise sesi 46-50 desibel civarında düşürebilmektedir [60].

i) İnsan Sağlığına Etkisi

Yeşil çatı ile başta karbondioksit başta olmak üzere birçok kimyasal madde bitkiler tarafından tutularak çeşitli sağlık problemlerinin sebebi olan hava temizlenebilmektedir. Ses yutucu özelliği ise gürültünün emilerek azaltılmasını sağlayarak yeşil çatılar ve cepheler iç mekana ulaşan sesi 40 desibelden fazla azaltabilmektedir. Bu nedenle oluşabilecek psikolojik sorunları ve huzursuzluğun yeşil renginin insana verdiği huzurun yanı sıra sağladığı açık alan ve temiz hava imkanlarıyla birlikte yeşil çatıların insanlar üzerinde gerginlik, yorgunluk, stres azaltıcı etkisi bulunmaktadır [61].

j) Estetik Etkisi

Yapılaşmayla birlikte zarar gören yeşil alanların binaya tekrar kazandırılması kullanıcılar için yeni rekreasyon alanı oluşturmaktadır. Standart teras çatısı olan bir binanın çatısının kullanıcılar tarafından kullanılma oranı ile yeşil çatısı olan bir binanın çatısının kullanıcılar tarafından kullanılma oranı karşılaştırıldığında, yeşil çatının daha fazla kullanıldığı görülebilmektedir. Betonla dolu yapıli çevre içinde yeşil alanların oluşturulması yapıya görsel zenginlik de katmaktadır. Kullanıcılar binanın yanı sıra ortak kullanım alanları ve yeşil ile olan birlikteliği ön planda tutarak binaları değerlendirmektedir. Bu durum yeşil çatının kullanıcılar tarafından estetik olarak değerlendirmesine sebep olmaktadır [61].

2.4.2 Yeşil Çatıların Olumsuz Yönleri

Yeşil çatıların çevreye sağladıkları yararların yanı sıra uygulama ve uygulama sonrası kullanım ile ilgili birtakım olumsuz yönleri de vardır. Bunlar [62];

- Yeşil çatıların diğer çatılara göre ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu
- Yüksek bakım ve onarım maliyeti

- İklımsel ve hava koşullarına bağılı kısıtlamalar
- Karmaşık drenaj sistemlerinin yapıım zorluğu
- Getirdiğı ek yükler (toprak, donatı) ve bu yüklerin deprem yüküne etkisi
- Kullanıcının olumsuz görüşü (uçan ve yer değıştiren canlılardan dolayı oluşan habitat alanının kullanıcı tarafından istenilmemesi)

2.4.3 Yeşil Çatıların Oluşumları ve Çeşitleri

Yeşil çatılar boyut, fonksiyon ve tür açısından farklılık gösterebilmektedir ancak düzgün bir şekilde işleyişini gerçekleştirebilmesi için belirli yapı bileşenlerine sahip olması gerekmektedir. Çatının istenen teknik özellikleri sağlayabilmesi, su kaçaklarının oluşmasının önlenebilmesi için bu bileşenlerin eksiksiz ve doğru bir şekilde uygulanması önemlidir. Bu bileşenler; yalıtım ve çatı konstrüksiyonu, filtrasyon, drenaj tabakası, kök tutucu, koruyucu tabaka, bitki taşıyıcı tabaka ve bitkilerdir (Şekil 2.12) [63].



Şekil 2.12. Yeşil çatı oluşum katmanları [63]. 1. Bitkiler 2. Bitki taşıyıcı tabaka 3. Filtre ve drenaj tabakası 4. Mekanik etkilere karşı koruyucu tabaka 5. Kök tutucu tabaka 6. Yalıtım ve çatı konstrüksiyonu

Yağmur bitki ve toprak aracılığıyla emilir ve emilen su drenaj tabakasına aktarılır. Suyun bir kısmı sıcaklık nedeniyle buharlaşır, kalan su şehir şebekesine iletilir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Yeşil çatı sistemlerinin işleyiş şeması [63].

a) Yalıtım ve Çatı Konstrüksiyonu

Yeşil çatı sistemi binaya ek yük getireceğinden çatı konstrüksiyonunun sağlam olması çok önemlidir. Binanın dış ortam koşullarından korunmasında etkin olan ısı ve su yalıtımı malzemeleri uygun seçilmeli ve doğru uygulanmalıdır. Yeşil çatının uygulanacağı binaya göre ısıtma ve soğutma gereksinimi değişeceğinden yalıtım tabakalarının kalınlığı ve malzeme özellikleri uygun olacak şekilde belirlenmelidir.

Etkili ve güvenilir yeşil çatı oluşturmak için su yalıtımı oldukça gerekli bir bileşendir. Güneş ve nemden korunabilmek amacıyla esnek, kolay birleşen, gerilme mukavemeti olan su yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Bakım, onarım, bitki kökleri gibi mekanik etkilere karşı malzemenin dayanıklı olması önemlidir. Su yalıtım malzemeleri bitüm, polimer ve kauçuk, çimento esaslı olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilmektedir (Tablo 2.3) [64].

Tablo 2.3. Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan su yalıtım malzemeleri [64].

Bitüm Esaslı Su Yalıtım Malzemeleri
Modifiye Bitümlü Örtüler •APP Modifiye Bitümlü Su Yalıtım Malzemeleri •SBS Modifiye Bitümlü Su Yalıtım Malzemeleri Okside Bitüm
Polimer ve Kauçuk Esaslı Su Yalıtım Malzemeleri
Sentetik ve Polimer Esaslı Örtüler •CSPE (Hipalon/TPO) – klorosulfone polietilen •EPDM •PVC Poliüretan Esaslı Örtüler Kauçuk Esaslı Örtüler
Çimento Esaslı Su Yalıtım Malzemeleri

Yeşil çatı bileşenlerinden olan bitki taşıyıcı tabaka, ısı tutuculuk özelliğiyle ısı yalıtımında etkili olmaktadır. Ancak binada ısı yalıtım hesaplamaları yapılarak, iç ortam ısı konforu için gerekli yalıtım malzemesi özelliği ve kalınlığı belirlenmelidir. Enerji verimliliği açısından farklı iklim bölgelerine göre farklı özelliklerdeki malzemeler seçilmelidir. Isı yalıtım malzemelerini; inorganik, polimer ve kauçuk, bitkisel, doğal taş esaslı olarak kategorilere ayırmak mümkündür (Tablo 2.4) [64].

Isı yalıtım malzemesi hafif ve basınca karşı dayanıklı olmalıdır, bunun nedeni üstteki malzemelerin altında ezilmesini ve bozulmasını önlemektir. Ayrıca ısı yalıtım malzemesinin üzerindeki filtre tabakası, rüzgar sebebiyle malzemenin yerinden oynamasını engellemektedir.

Tablo 2.4. Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri [64].

İnorganik Esaslı Isı Yalıtım Malzemeleri
Cam Yünü Taş Yünü Seramik Yünü
Polimer ve Kauçuk Esaslı Isı Yalıtım Malzemeleri
Çekme Polistren Genleştirilmiş Polistren Fenolik Sert Köpük Polüretan PVC Köpük Melamin
Bitkisel Esaslı Isı Yalıtım Malzemeleri

Tablo 2.4. (Devam) Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri [64].

Ahşap Rende Levha
Doğal Mantar
Doğal Taş Isı Yalıtım Malzemeleri
Genleştirilmiş Perlit

Buhar basınç farkları nedeniyle oluşabilecek su buharını önlemek amacıyla buhar kesici katman kullanılmalıdır. Buhar kesici katman malzemeleri; bitüm esaslı, polimer ve karbon, metal esaslı olmak üzere üç ana sınıfa ayrılmaktadır (Tablo 2.5). Bunun dışında havalandırılmalı çatı sistemleri ile yoğuşma önlenebilmektedir [64].

Tablo 2.5. Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan buhar kesici katman malzemeleri [64].

Bitüm Esaslı Buhar Kesici Katman Malzemeleri
Bitümlü Örtü
Polimer ve Kauçuk Esaslı Buhar Kesici Katman Malzemeleri
Polietilen Örtü
PVC Örtü
Metal Esaslı Buhar Kesici Katman Malzemeleri
Metal Folyo – Alüminyum

b) Kök Tutucu Tabaka

Çatının üzerinde kurulacak su yalıtım membranı; zift, asfalt veya diğer organik maddelerden herhangi birini içeriyorsa, membran ve bitki tabakası arasının sürekli bir biçimde ayrık olarak muhafaza edilmesi gerekmektedir. Çünkü su yalıtım membranı mikroorganizmaların ve köklerin faaliyetlerine karşı duyarlıdır bu yüzden çürümeye karşı dayanıklı değildir [65].

Bitkilerin sağlıklı büyüebilmesi için kök tutucu tabakanın zararlı malzemeler içermemesi gereklidir. Bitki köklerinin sağlam ve sert olabileceği göz önünde bulundurularak mukavemeti yüksek özelliğe sahip kök tutucu tabakalar kullanılmalıdır. Polimer, kauçuk, metal, çimento esaslı malzemeleri içeren, yumuşak

PVC, polietil levhalar, kimyasal katkılı beton yüzeyler ve kauçuk sentezleri gibi kök tutucu tabaka çeşitleri geliştirilmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Kök tutucu tabaka ve drenaj tabakası [66].

c) Koruyucu Tabaka

Kök tutucu katmanın ve yalıtım malzemelerinin mekanik etkilerden korunabilmesi amacıyla koruyucu tabaka kullanılmaktadır. Koruyucu tabaka beton tabaka, sert yalıtım örtüsü, kalın plastik levha, bakır folyo gibi malzemelerden oluşturulabileceği gibi örgüsüz kumaşlar, filmler, hasırlar gibi malzemeler de koruyucu tabaka olarak kullanılabilir [67]. Düz çatılarda plastik ve hasır örgü malzemeler, eğimli çatılarda keçe gibi malzemeler tercih edilmelidir. Mekanik ve su açısından dayanıklı olması gereken bu tabaka çatının kalıcı bileşenini oluşturduğu için iklim şartlarına göre uygun şekilde belirlenmelidir [68].

d) Drenaj Tabakası

Yeşil çatı sisteminin istenen verimliliği sağlayabilmesi için iyi bir drenaj sistemine sahip olması gerekmektedir. Fazla suyun çatıdan uzaklaştırılmasını ve bitki köklerinin havalandırılmasını esas alan bu sistem yalıtım malzemelerinin korunarak

uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Drenaj sistemi iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar drenaj tabakası ve çatıdan aşağıya inerek şehrin kanalizasyon şebekesine bağlanan boru ve kanalların bulunduğu sistemdir [69].

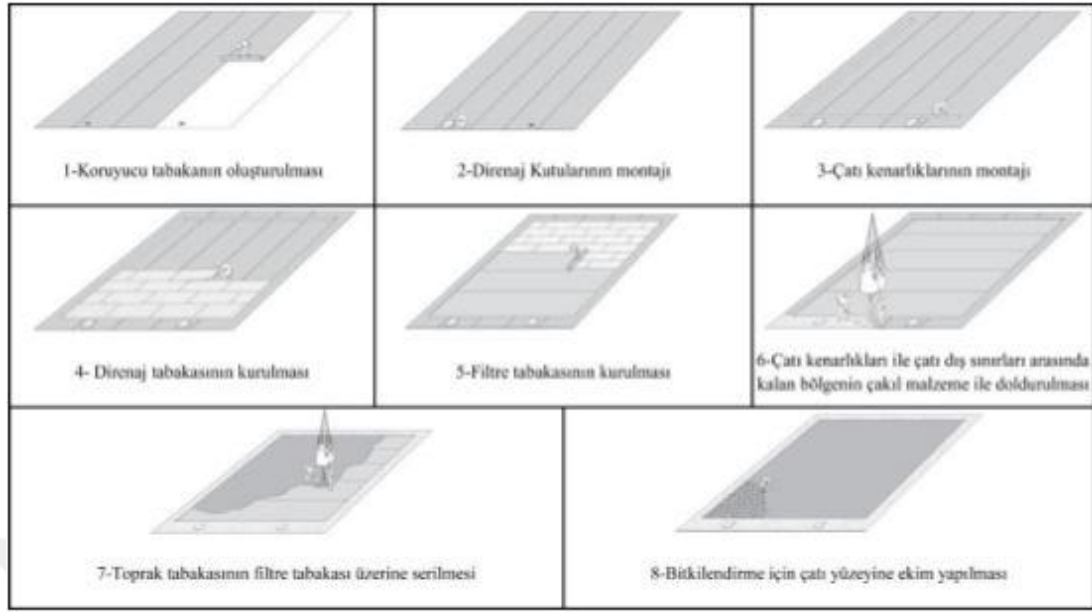
Drenaj sistemi tasarlanırken yapının bulunduğu iklim, yük taşıma kapasitesi, çatının eğimi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Drenaj tabakası, üzerindeki katmanları taşıyacak şekilde mukavemeti yüksek, mevcut şeklini koruyan, aşırı suyu tahliye edebilmek amacıyla gözenekli, su geçirmez, uzun ömürlü olmalıdır. Drenaj malzemelerini agrega esaslı, polimer ve kauçuk esaslı, kompozit olarak sınıflandırmak mümkündür (Tablo 2.6) [64].

Tablo 2.6. Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan drenaj malzemeleri [64].

Agrega Esaslı Drenaj Malzemeleri
Çakıl – İnce Çakıl
Ponza Taşı
Sert Tuğla - Kiremit Kırıkları
Mıcır, Cüruf
Polimer ve Kauçuk Esaslı Drenaj Malzemeleri
Dokuma Olmayan Jeotekstil Keçe
Polietilen Levha
Polistren Levha
Kompozit Drenaj Malzemeleri
Sentetik Polimer Tel Levha + Tek Ya da Çift Yönlü Örgüsüz Jeotekstil

e) Filtre Tabakası

Yeşil çatıya gelen su, bitki taşıyıcı katmandan geçerek drenaj katmanına doğru ilerlerken toprak ve bitki atıklarını da beraberinde taşır. Bu durum drenaj katmanında ve su iletim kanallarında tıkanmaya yol açacağı gibi bitki taşıyıcı katmanın zayıflamasına ve bitkiler için yetersiz yetişme alanının oluşmasına sebep olacaktır [70]. Bunun önlenmesi amacıyla drenaj katmanının üzerine eleyici eleman olarak hafif ve dayanıklı olarak tasarlanan filtre katmanının yerleştirilmesi önemlidir (Şekil 2.15) [71].



Şekil 2.15. Polimer ve kauçuk esaslı drenaj malzemeleri ile filtre tabakasının uygulama aşamaları [67].

Filtre tabakası olarak serbest (granül) malzeme, düzlem plak veya örgüsüz kumaşlar kullanılır. Kalın serbest malzemeli bitki taşıyıcı tabaka ile ince serbest malzemeli drenaj tabakası filtre tabakasının görevini yerine getirebilir. İyi bir bitki taşıyıcı tabaka elde etmek için drenaj tabakasının üzerine bir filtre tabakası serilmelidir. Bu filtre tabakası kalınlığı 0,7-2,5mm’lik poliamid (PA), polikrolonitril (PAN), poliester (PET), polietilen (LDPE), ve propilen (PP) esaslı örgüsüz hasırlardan, cam lifleri veya taş yünü gibi malzemelerin liflerinden yapılmaktadır [67].

Filtre tabakası olarak günümüzde jeotekstil keçe kullanılmaktadır (Şekil 2.16). Ancak jeotekstil keçe kullanımında dikkat edilmesi gereken bazı unsurlar vardır. Bunlar; bitki uyumluluğu, çevre uyumluluğu, bitki köklerine karşı duyarlılık, mikroorganizma direnci, çekme dayanımı, esneklik ve sürtünme katsayısı, yangına karşı mukavemet, birim ağırlık, filtrasyon etkinliğidir [72].



Şekil 2.16. Filtre tabakası [73].

f) Bitki Taşıyıcı Tabaka

Bitkilere yetiştirme ortamı sağlayan, yağmur suyunun bir kısmını tutan bir kısmını da drenaj tabakasına aktaran, organik, inorganik, hava ve sudan oluşan tabakaya bitki taşıyıcı tabaka denmektedir [68]. Bitkinin su, oksijen ve inorganik madde ihtiyacını karşılayan bu tabaka gölgeleme ve yalıtım sağlama özelliği ile binanın enerji performansı üzerinde etkili olmaktadır [74].

Yeşil çatı tasarımında uygulanacak bitki türüne, çatı konstrüksiyonuna göre bitki taşıyıcı katmanın özelliği ve kalınlığı değişmektedir. Binaya ek yük getirecek olan bitki taşıyıcı katmanın kuru haldeyken olan ağırlığı ile yağmur sonrası su tutmuşken olan ağırlığı arasında farklılık olacağından statik hesaplamalar yapılırken bu durum gözötenmelidir. Çatıya minimum ağırlık getirecek olan malzemeler, bitkilerin yetiştirilmesi için uygun kalınlıkta ve enerji performansı açısından yeterli olacak şekilde tasarıma dahil edilmelidir.

Çatının tasarımı gereği, bitkinin ihtiyacından fazla kalınlıkta, bitki taşıyıcı katman kullanılmasının gerektiği durumlarda, bitki taşıyıcı katman malzemesi yerine polistren (PS) dolgu gibi çok daha hafif malzemelerle istenilen yükseklikte bir altlık oluşturulabilir [75].

Bitkilerin uygun verimlilikle yetişebilmesi için bitki taşıyıcı katmanın yeterli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bitki taşıyıcı katmanın sahip olması gereken özellikler [23];

- Fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı,
- Su tutma kapasitesi yüksek,
- 5,5-7 arasında pH değerine sahip,
- Kolay eriyebilir kireç içeriği düşük,
- Besin maddelerini depolama özelliğinde
- Yaşayan bitki artıkları ve yabancı ot tohumlarından arınmış,
- Islak ağırlığı fazla olmayan,
- Tamamen kuruduktan sonra yeniden su tutma yeteneğinde,
- Zaman içinde bitkilere zararlı olabilecek maddeler üretmeyen niteliklerde olmalıdır.

Çeşitli malzemelerle (volkan tüfü, kum, mil, kömür cürufu, cam yünü, taş yünü, perlit, turbo, kiremit kırığı, yüksek sıcaklıkta patlatılmış kayaç kırıkları, gübre gibi) karıştırılarak bahçe toprağı kullanılabilir [23]. Bunun yanı sıra farklı materyallerden oluşan bitki taşıyıcı katman malzemeleri de mevcuttur (Tablo 2.7).

Tablo 2.7. Türkiye’de yeşil çatı sistemlerinde kullanılan bitki taşıyıcı katman malzemeleri [64].

Bitkisel Esash Bitki Taşıyıcı Katman Malzemeleri
Toprak Karışımları
İnorganik Esash Bitki Taşıyıcı Katman Malzemeleri
İnorganik Köpük Levhalar
İnorganik Lifli Levhalar
Agrega Esash Bitki Taşıyıcı Katman Malzemeleri
Agrega Karışımları

g) Bitkiler

Yeşil çatı sisteminin son bileşeni olan bitkiler, tasarımcının amacı doğrultusunda değişkenlik göstermektedir. Estetik ve ekolojik kazanç sağlayan yeşil çatılar, yapının uygulanacağı bölgenin iklim tipine, sıcaklık değerlerine, yağış ortalamalarına, rüzgar faktörüne bağlı olarak bitkilendirilmelidir [31].

Ekolojik fayda ön planda tutulduğunda seyrek bitkilendirilmiş çatı sistemleri, estetik fayda dikkate alındığında yoğun bitkilendirilmiş çatı sistemleri kullanılmaktadır. Seyrek bitkilendirilmiş (ekstensif) yeşil çatılar kendi varlıklarını sürdürebilen ve az bakım gerektiren bitkilerden oluşmaktadır (Şekil 2.17). Yoğun bitkilendirilmiş (intensif) çatılar ise farklı nitelikteki bitkilerin kullanılmasıyla binaya estetik değer katmaktadır (Şekil 2.18).



Şekil 2.17. Seyrek bitkilendirilmiş (intensif) yeşil çatı örneği; Eastern Village, Lila Fendrick, SilverSpring, Maryland [57].



Şekil 2.18. Yoğun bitkilendirilmiş (ekstensif) yeşil çatı örneği; Schwab Rehabilitasyon Hastanesi, Stephen Rankin, Chicago, Illinois [57].

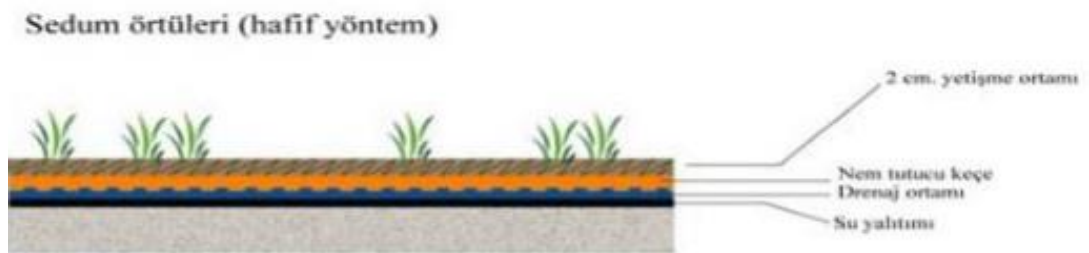
Seyrek (Ekstansif) yeşil çatılar 5-8 cm boyundaki bitkilerden oluşmaktadır. Yılın tamamını veya yarısını yeşil geçiren bu bitkiler çeşitli form ve büyüklüktedir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Seyrek yeşil çatı uygulamasında kullanılan bitki örnekleri [76].

Bu seyrek yeşil çatı uygulama teknikleri ise; sedum halıları, biyoçeşitlilik bitkilendirmesi ve Hydroplanting-hydroseeding olmak üzere üç türdür [23];

Sedum Halıları: Seyrek çatı bitkilendirmesinde en yaygın ve en hızlı yöntem olarak gösterilmektedir. Polyester benzeri alt tabakanın üzerine 2 cm yetiştirme ortamı serilmesiyle oluşturulan tabakaya serum çelikleri serpilerek büyümesi beklenir. Yeterli uzunluğa erişen bitki hasat edilir ve yüzeyinde bitki bulunan hazır örtü uygulama alanına serilerek çatı bitkilendirilmiş olur. Hazır çim rulosuna benzeyen bu örtüler 5-7 cm yetiştirme ortamına serilme şeklinde başka bir yöntemle de uygulanabilmektedir (Şekil 2.20, Şekil 2.21) [69].

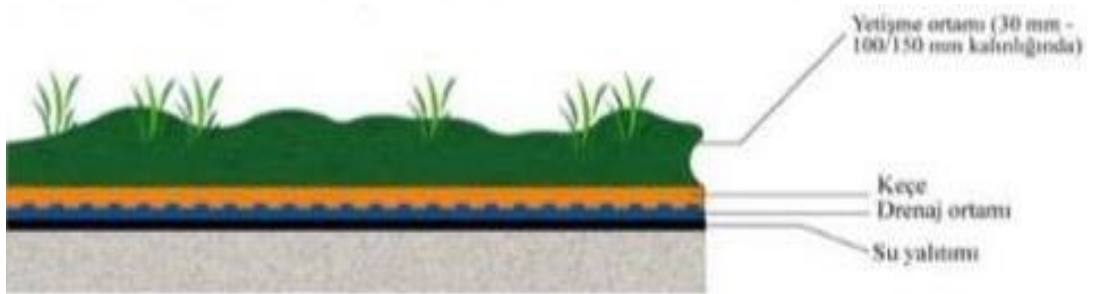


Şekil 2.20. Sedum örtüleri ile oluşturulan ekstansif bahçe detayı [69].



Şekil 2.21. Sedum örtüleri [69].

Biyoçeşitlilik Bitkilendirmesi: Yetiştirme ortamının ekim yapılmadan bırakılması ekolojik bir yöntemle bitkilendirme yapılmasıdır. Yerel iklim faktörüne göre doğal yollarla (çevredeki bitkilerden gelen polenlerle, kuşların, böceklerin getirdiği sporlarla) yöreye ait doğal bitki örtüsü oluşması sağlanmaktadır. Zamanla bu yaşam ortamlarının biyoçeşitlilik açısından son derece değerli olduğu İsviçre’de kanıtlanmıştır. Doğal bitki örtüsü genellikle terk edilmiş endüstriyel veya meskun mahaller üzerinde gelişir. Aynı zamanda belli bir bölgede bitki türlerinin seçimi için rehber olarak da kullanılabilir (Şekil 2.22, Şekil 2.23) [77].



Şekil 2.22. Biyoçeşitlilik bitkilendirmesi detayı [69].



Şekil 2.23. Moorgate Crofts İş Merkezi yeşil çatısı [78].

Hydroplanting ve hydroseeding: Bitki tohumları gübre ve diğer bileşiklerle karıştırılarak makine yardımıyla uygulama alanına püskürtülerek yetiştirme ortamına ekim yapılmaktadır (Şekil 2.24, Şekil 2.25). Karışı alana 100-150 gr/m² olacak şekilde dağıtıldıktan sonra üzerine ıslak organik malç ile kapatılır. Böylelikle 12 ay içinde alanın yaklaşık %60' bitkilendirilmiş olmaktadır. Bu yöntem bitki kökleriyle yapıldığında 9 ay içinde %60-70 bitkilendirme sağlanabilmektedir [23].



Şekil 2.24. Hydroseeding bitkilendirmesi detayı[69].



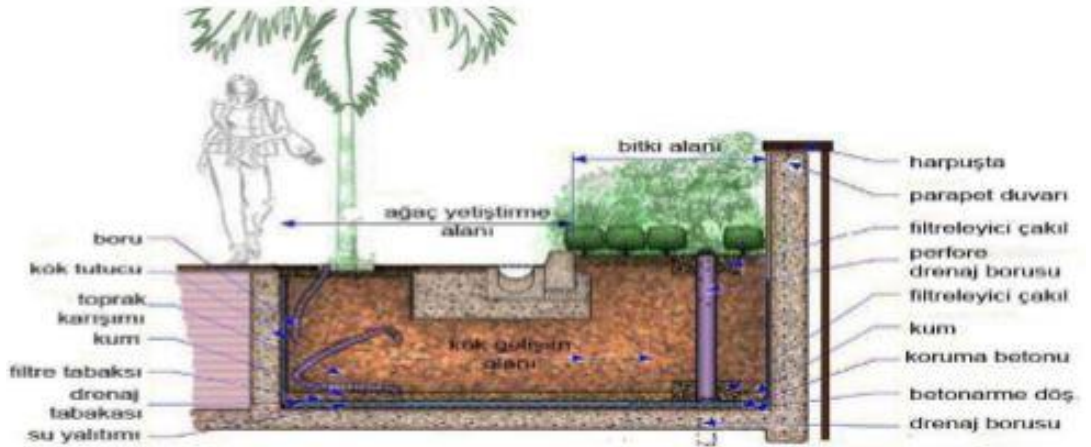
Şekil 2.25. Hydroseeding uygulaması [69].

Yoğun (İntensif) yeşil çatılarda kullanılan toprak miktarı fazla olduğundan çatıya gelen yük artmaktadır. Uygun statik çözümlemeler ve hesaplamalar yapıldığında intensif çatılarda ağaç vb. bitkiler yetiştirmek mümkün olmaktadır. Bakım gerektiren bitkilerden oluşan yeşil çatı, mekanik etkiler ve sulama ihtiyacı göz önüne alınarak uygulama aşamasına geçilmelidir. Çatı su yalıtımı ve bitki köklerine karşı dayanımı sağlayan koruyucu tabakanın yeterli ve doğru yapılması sağlanmalıdır

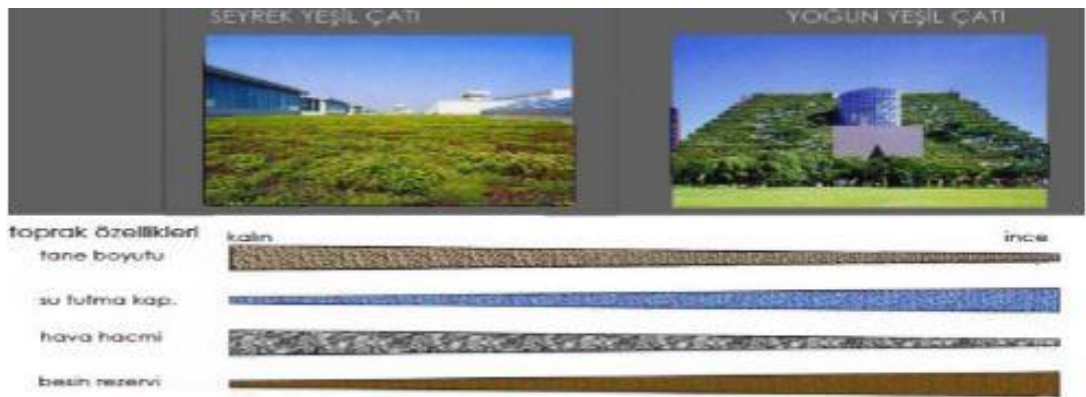
(Şekil 2.26, Şekil 2.27) [23]. Her iki çatı tipinin de farklı avantaj ve dezavantajları vardır (Şekil 2.28, Tablo 2.8) [76].



Şekil 2.26. Yoğun yeşil çatı uygulamasında kullanılan bitki örnekleri [76].

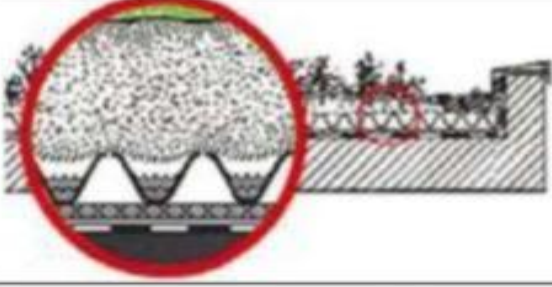


Şekil 2.27. Yoğun yeşil çatıların oluşum detayı [76].



Şekil 2.28. Seyrek ve yoğun yeşil çatıların karşılaştırılması [76].

Tablo 2.8. Seyrek ve yoğun yeşil çatıların karşılaştırılması [79].

Seyrek Yeşil Çatı	
Genel Detay	
Genel Tanım	• ince toprak (50mm-150mm kalınlığında) • sulama yok veya az sulama gerektiren • optimum fayda için geniş bir uygulama gerektirir • düşük bakım maliyeti (\$0.8 - \$2.25 /m²/sene)
Avantajlar	• Hafif (80 to 150 kg/m²) • Tasarım sonrası uygulamalar için uygun • Nispeten ucuz (\$400 to 1000/m²) • Geniş alanlar için uygun • 0-30 derece eğimli çatılar için uygun • Kendikendine gelişen bitkilere uygun ve az bakım gerektiren • Daha az teknik uzmanlık gerektirir
Dezavantajlar	• Bitki seçenekleri daha kısıtlı • Dinlenme ve diğer kullanım alanları için erişimi zor • Daha az enerji verimliliği ve yağmur suyu tutma kapasitesi • Görsel olarak pek etkileyici değil.
Yoğun Yeşil Çatı	
Genel Detay	
Genel Tanım	• Derin toprak (200mm-2000mm kalınlığında) • Sulama gerektirir. • Orta seviye bakım maliyeti (\$6.5 - \$44 /m²/year) • Optimuml fayda için yoğun sermaye ve bakım maliyeti gerektirir.
Avantajlar	• Çatı için çeşitli kullanımlar sağlar(rekreasyon, gıda yetiştirme, açık alanlar) • Yüksek bitki çeşitliliği ve habitat oluşumu sağlar • Daha fazla enerji verimliliği ve yağmursuyu tutma yeteneğine sahiptirler • Görsel olarak çok etkileyici düzenlemeler yapılabilir • İyi yalıtım özellikleri sağlar • Zeminde doğal bir yaşam alanı oluşturabiliyor.
Dezavantajlar	• Nispeten daha pahalı (\$1000 - 5000/m²) • Yüksek sermaye ve bakım giderleri gerektirir. • Genellikle tasarım sonrası projelerde uygulanması tercih edilmemeli • Çatıya fazla yük getiriyor (300 - 1000 kg/m²) • İhtiyaç duyulan sulama ve drenaj sistemleri için enerji, su, malzeme gerektirir.

Kullanılacak olan bitki türlerinin karakteristik özellikleri bu bitki türlerinin seçiminde etkilidir. Kullanılacak olan farklı türlerdeki bitkilerin kök salınım hızları, üreme hızları, su ihtiyaçları birbirleri ile uyumlu olmak zorundadır. Örnek olarak; kök salınım hızı yüksek olan bitkiler, eğimli çatılarda, bitki taşıyıcı katman erozyon riskini en alt düzeye indirir de bu özelliğe sahip olan bitkilerin, daha kısa ömürlü oldukları bilinmektedir [28].

Bitki türü seçiminde çatı mobilyaları ve baca yerleşimleri etkilidir. Gaz emisyonundan etkilenen bitkiler bacalardan uzak kısımlara yerleştirilmelidir ya da kullanılmamalıdır. Bunun yanı sıra kullanılacak bitki türlerinin birbiri ile ilişkisi üreme ve gelişim açısından önemlidir.

2.4.4 Yeşil Çatı Bitkilendirme Yöntemleri

Yeşil çatılar bulundukları iklime, yapı işlevine, tasarımcı kararlarına göre seyrek, yoğun ya da karma bitkilendirmeye oluşturulur. Ancak bu işlemlerin yapılabilmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Bitki türüne, çatı alanına göre dört çeşit olan yöntemler şunlardır [63];

- Yekpare sistemler
- Modüler sistemler
- Doğal kolonizasyon sistemi

a) Yekpare Sistemler

Çatının bütün olarak yeşillendirilmesini esas alan bu sistemde püskürtme veya doğrudan ekim yoluyla bitkilendirme yapılır. Koruyucu katman, kök tutucu katman ve su yalıtım katmanının önem kazandığı bir yöntemdir. Bitki türüne göre ek su tahliye kanalları düzenlenebilmektedir. Yapıya getirdikleri ağırlık 180-450 kg/m² olarak sistemin seyrek veya yoğun bitkilendirilmesine göre değişmektedir [63].

b) Modüler Sistemler

Prefabrik modüllerin bir araya getirilmesi esasına dayanan bu yöntemin uygulaması kolay ve hızlıdır. Örtü, torba ve saksı sistemler olmak üzere üç çeşittir:

Örtü sistemler, önceden hazırlanmış bitki örtüsüyle kaplı bitki paspaslarının serilmesiyle sağlanan bitkilendirme yöntemidir. Jeotekstil keçe tabanı üzerine ince yetiştirme ortamı serilmesinin ardından tohum veya çelikler yardımıyla bitki yetiştirilmektedir (Şekil 2.29). Plastik örgülerle korunan bitki paspası uygulama alanına örtülerek yeşil çatı oluşturulmaktadır. Yaklaşık 45 mm kalınlığında olan örtülerin yapıya getirdiği ağırlık yaklaşık 40-75 kg/m² dir [23].



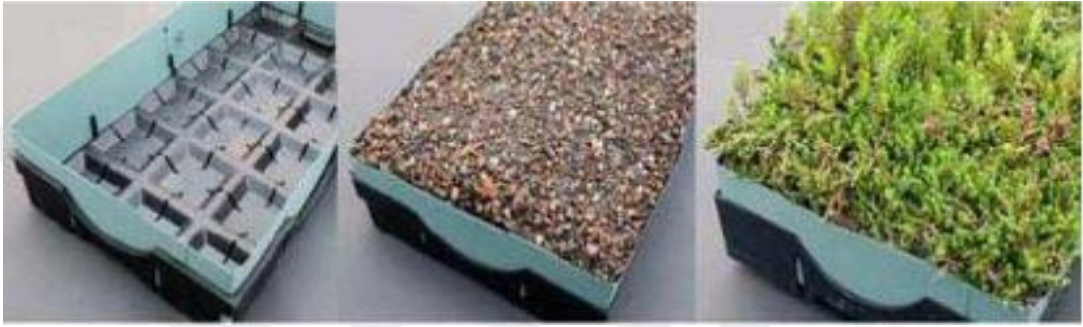
Şekil 2.29. Örtü sistemler [63].

Torba sistemler, önceden torba içinde yetiştirme ortamı sağlanan bitkilerin çatı üzerine yerleştirilerek yapılan bitkilendirme yöntemidir (Şekil 2.30). Kalınlığı yaklaşık 100 mm olan torbalar uygulandıkları çatıya 80-85 kg/m² civarında yük getirmektedir [63].



Şekil 2.30. Torba sistemler [80].

Saksı sistemler, metal saksılara ekilen bitkilerin modüller halinde çatıya yerleştirilmesiyle oluşan bitkilendirme yöntemidir. Fidelerin kullanıldığı saksılar ekimden sonra mineral bazlı malç ile kapatılması nemin muhafaza edilmesini sağlamaktadır (Şekil 2.31). Yeşil çatılarda fide dikimleri ile % 80-90 oranında bitkilerin hayatta kaldıkları görülmüştür çünkü verimliliği sağlamak için uygun bir şekilde konumlandırılabilirler [81]. Modüler sistem dahilinde olan 30-75 mm yüksekliğinde olan saksı sisteminin çatıya getirdiği yük ise 75-130 kg/m² dir [23].



Şekil 2.31. Saksı sistemler [63].

c) Doğal Kolonizasyon Sistemi

Yetiştirme ortamının hiçbir müdahale yapılmadan boş olarak bırakılması, tüm yöntemler arasında en ekolojik olanıdır. Doğanın şekillendirmesiyle oluşan çayır örtüsü, o iklime ait bitki türleri hakkında bilgi verici olmaktadır. Tamamen canlıların etkileşimiyle gerçekleşen üreme ve gelişme sonucu, bakım gerektirmeyen bir yeşil çatı sistemidir. Yerel koşullara uyumlu olan bitkiler, çatıya ekolojik ve ekonomik açıdan katkı sunmaktadır [77].

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Amaç, Kapsam ve Hedefler

Literatür taramasıyla edinilen bilgiler çerçevesinde konutların enerji gereksinimi ve yeşil çatıların binalar açısından önemi incelenmiştir. Ancak konut ve yeşil çatıların birlikte ele alınarak bina enerji performansı üzerindeki etkisi yapılan çalışmalarla net verilere bağlanmamıştır. Bu nedenle tez çalışmasında yeşil çatılar detaylı olarak incelenmiş ve enerji etkinliği açısından uygun yeşil çatı sistemi oluşturularak standart teras çatı sistemi ile bina enerji performansı açısından çeşitli değişkenler doğrultusunda karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Yapı sektöründe tüketilen enerji miktarı ele alındığında konutların oldukça yüksek bir pay oranına sahip olduğu görülmektedir. Enerji tüketiminin azaltılarak daha temiz, ekolojik bir çevre oluşturma hususunda konutlarda enerji verimliliğinin sağlanması önem arz etmektedir. Bu bağlamda tasarlanan farklı formlardaki konut örnekleri yeşil çatı ve standart çatı performansı açısından;

- Bina ısıtma yüküne etkisi
- Bina soğutma yüküne etkisi

iklim özellikleri, yapı formu, duvar tipi, bitki taşıyıcı katman kalınlığı değişkenleri doğrultusunda karşılaştırılmaktadır.

Oluşturulan bina örneklerine ait hesaplamalar ısıtma yükü için bir yıllık, soğutma yükü için ise araştırma sonuçlarına göre en sıcak gün olarak 21 Temmuz gününün belirlenmesi doğrultusunda bir günlük olacak şekilde elle yapılmış daha sonra elde edilen veriler ile tablolar ve grafikler oluşturularak değişkenler doğrultusunda çeşitli bulgulara erişilmiştir. Çalışma sonuçları farklı türde grafiklerle desteklenerek hesaplama çıktılarının daha net okunması sağlanmıştır.

Çalışmada incelenen yapılar oluşturulurken formun enerji performansına etkisinin araştırılabilmesi amacıyla, aynı alana sahip farklı formlarda konut örnekleri

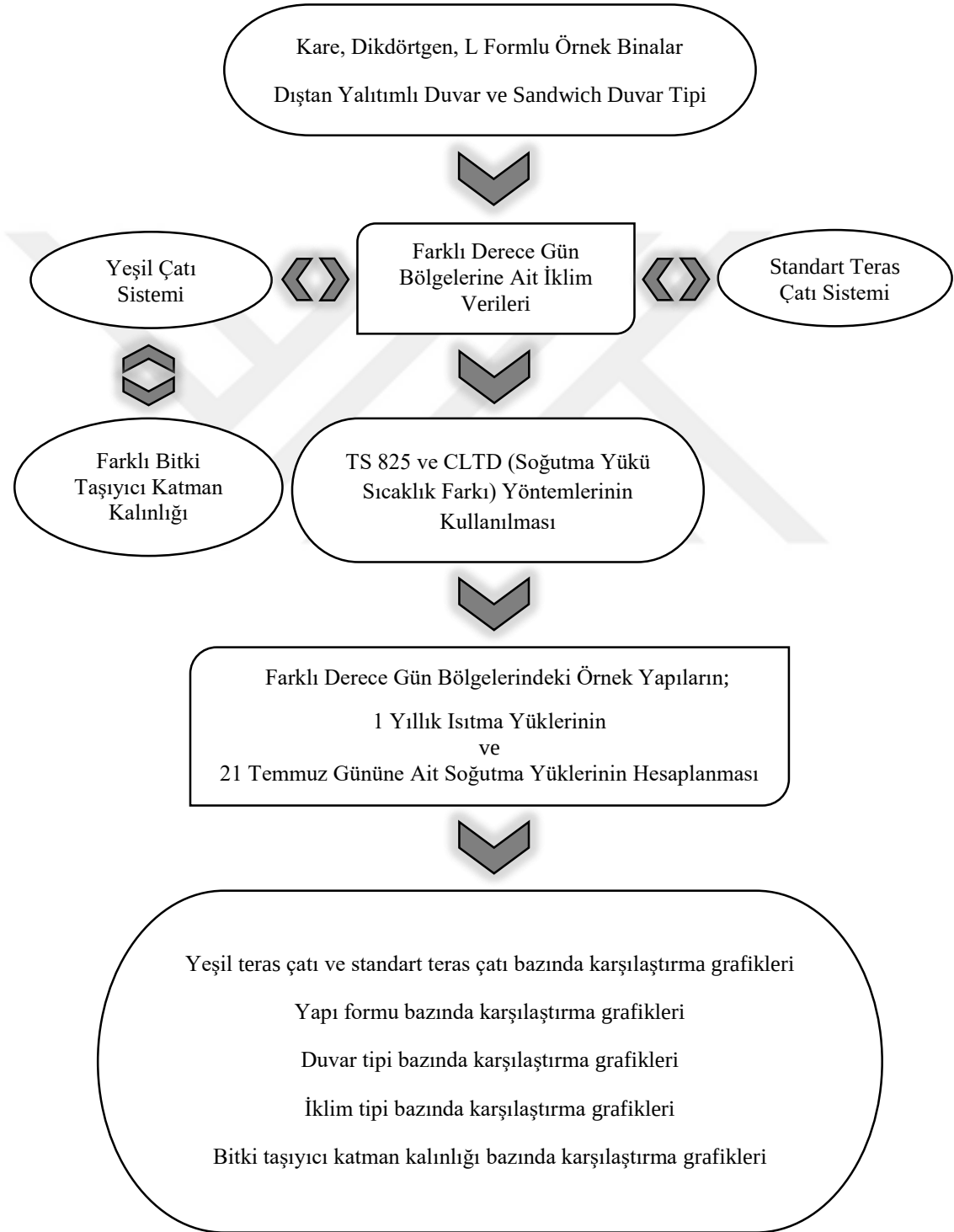
tasarlanmıştır. Örnek binaların enerji kimlik belgesi aldığı göz önünde bulundurularak yapı bileşenleri TS 825'e uygun olarak oluşturulmuştur. Farklı derece gün bölgelerinde bulunan Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illerine ait iklimsel veriler elde edilerek tasarlanan konutlar üzerinde ısıtma ve soğutma yükü hesaplamaları yapılmıştır. Yeşil çatının bina enerji performansına etkisinin belirlenebilmesi için standart teras çatılı konut örnekleri referans alınarak yeşil çatılı konut örnekleri ile karşılaştırılmıştır.

Konut örnekleri TS 825'e uygun duvar, döşeme ve çatı bileşenleri kullanılarak yeterli ısı yalıtım katmanlarına göre tasarlanmıştır. Yalıtım kalınlıkları sabit tutularak yeşil çatı sisteminin uygulandığı örnek binalar, derece gün bölgeleri arasındaki farkı gözlemleyebilmek amacıyla seçilen iller ele alınarak incelenmiştir. Yapı biçimleri iklimsel verilere uygun olması açısından aynı kullanım alanına sahip kare, dikdörtgen ve L form olacak şekilde çeşitlendirilmiştir. Böylelikle formun ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.

Duvar tipi olarak dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar sistemleri kullanılmıştır. Yapılan araştırmalar dıştan yalıtımlı duvar tipinin sandviç duvar tipine oranla uygulamada daha fazla tercih edildiğini ancak birbirlerine göre çeşitli farklılıkların olduğunu göstermektedir. Örneğin dıştan yalıtımlı duvarda ısı köprüsü oluşması tamamen önlenirken sandviç duvarda kolon, kiriş ve hatıl yalıtılmadığı için ısı köprüsü oluşması muhtemel görülmektedir. Bu nedenle sandviç duvar uygulamasında ısı köprüsünün oluşmasını önlemek amacıyla kolon, kiriş ve hatılların dıştan yalıtımlı yapılması gerekmektedir [82]. Bunun yanında ısı yalıtım malzemesinin tahrip olmasının önüne geçilmesi açısından sandviç duvar tipi dıştan yalıtımlı duvar tipine oranla daha avantajlıdır [83]. Bu bilgilerden hareketle çalışmada sandviç duvarın ısı köprüsü oluşturmayacak şekilde uygulanması ile hesaplamalar yapılmıştır. Yeşil çatı elemanı ise kendi içinde değerlendirilerek bitki taşıyıcı katman kalınlığı açısından verimliliğinin incelenebilmesi için bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 45, 50 cm olacak şekilde on kategoride hesaplamalara katılmıştır.

Bu çalışma ile yeşil çatı sisteminin bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisinin, farklı formlara, duvar tiplerine, iklim çeşidine bağlı değişimi incelenmiştir. Yeşil çatı sistemleri ile standart teras çatı sistemleri enerji performansı açısından

karşılaştırılırken, yeşil çatı sistemi de bitki taşıyıcı katman kalınlığının değiştirilmesi nedeniyle kendi ölçeğinde değerlendirilebilmektedir. Standart teras çatıya sahip her yapı formu yapısal özellikleri sabit tutularak, diğer kriterlerin değiştirilmesiyle çok yönlü olarak karşılaştırılmış, bu durum çalışmanın kapsamını genişletmiştir (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Alan çalışması akış şeması

3.2 Fiziksel Çevre Analizi

Çalışma alanı iklimsel verilere bağlı olarak belirlenen farklı derece gün bölgelerine göre oluşturulmuştur. Bu bağlamda; 1. derece gün bölgesi için Antalya, 2. derece gün bölgesi için Diyarbakır, 3. derece gün bölgesi için Elazığ, 4. derece gün bölgesi için Kayseri ve 5. derece gün bölgesi için Erzurum illeri seçilmiştir. Her bölgenin ilgili verileri doğrultusunda hesaplamalar yapılmıştır (Tablo 3.1).

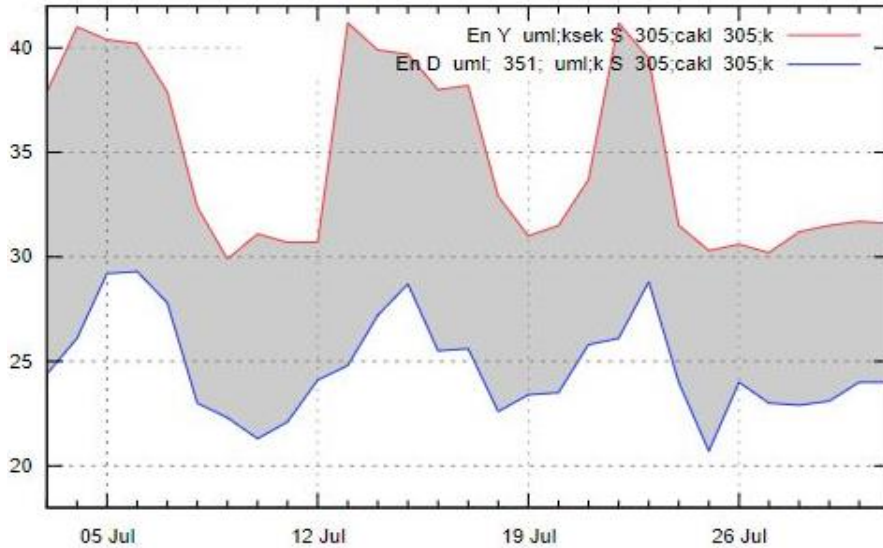
Tablo 3.1. İllere göre farklı derece gün bölgeleri [84].

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ ADANA ANTALYA	HATAY İZMİR	MERSİN		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 1. Bölgede olan belediyeler BODRUM (Muğla) GÖKOVA (Muğla)	DALAMAN (Muğla) DATÇA (Muğla)	FETHİYE (Muğla) KOYCEĞİZ (Muğla)	MARMARİS (Muğla) MILAS (Muğla)	
2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ AYDIN AYVALIK (Balıkesir) ADİYAMAN AMASYA BALIKESİR BARTIN BATMAN	BURSA ÇANAKKALE DENİZLİ DIYARBAKIR DÜZCE EDİRNE GAZİ ANTEP	GİRESUN İSTANBUL KİLİS KOCAELİ MARAŞ MANİSA MARDİN	MUĞLA OSMANIYE ORDU RİZE SAMSUN SAKARYA SİİRT	SİNOP ŞIRNAK ŞANLIURFA TEKİRDAĞ TRABZON YALOVA ZONGULDAK
İli 3. Bölgede olupda kendisi 2. Bölgede olan belediyeler HOPA (Artvin) İli 4. Bölgede olupda kendisi 2. Bölgede olan belediyeler ABANA (Kastamonu) İNEBOLU (Kastamonu)	ARHAVİ (Artvin) BOZKURT (Kastamonu) CİDE (Kastamonu)	ÇATALZEYİN (Kastamonu) DOĞANYURT (Kastamonu)		
3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ AFYON AKSARAY ANKARA ARTVİN BİLECİK BİNGÖL BOLU	BURDUR ÇANKIRI ÇORUM ELAZIĞ ESKİŞEHİR İĞDIR İSPARTA	KARABÜK KARAMAN KIRIKKALE KIRKLARELİ KIRŞEHİR KONYA KUTAHYA	MALATYA NEVŞEHİR NİĞDE TOKAT TUNCELİ UŞAK	
İli 1. Bölgede olupda kendisi 3. Bölgede olan belediyeler POZANTI (Adana) İli 2. Bölgede olupda kendisi 3. Bölgede olan belediyeler MERZİFON (Amasya) İli 4. Bölgede olupda kendisi 3. Bölgede olan belediyeler TOSYA (Kastamonu)	KORKUTELİ (Antalya) DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)		
4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ BAYBURT BITLİS ERZİNCAN	GÜMÜŞHANE KASTAMONU MUŞ KAYSERİ	HAKKÂRİ YOZGAT SİVAS	VAN	
İli 2. Bölgede olupda kendisi 4. Bölgede olan belediyeler KELES (Bursa) ULUDAĞ (Bursa) İli 3. Bölgede olupda kendisi 4. Bölgede olan belediyeler KİĞİ (Bingöl)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun) AFŞİN (K. Maraş) PULUMÜR (Tunceli)	GÖKSUN (K. Maraş) SOLHAN (Bingöl)	ELBİSTAN (K. Maraş)	MESUDİYE (Ordu)
5. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ AĞRI	ARDAHAN	ERZURUM	KARS	

3.2.1 Antalya İline Ait İklimsel Veriler

TS 825'e göre 1. derece gün bölgesinde yer alan Antalya ili, Akdeniz Bölgesi'nin Antalya Bölümü'nde 43 m rakımda bulunmaktadır. 36 derece 54 dakika (36°54') kuzey enlemi, 30°42' doğu boylamında bulunan ve üç tarafı Güney Toroslar ile çevrili olup Akdeniz'e kıyısı olan şehirde iki iklim tipi görülmektedir [84]. Genel olarak sıcak nemli iklim tipi olan Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü sahil bölgesinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. İç Anadolu Bölgesi iklimi ile geçişi sağlayan yukarı bölgede kara iklimi hakimdir [86, 87].

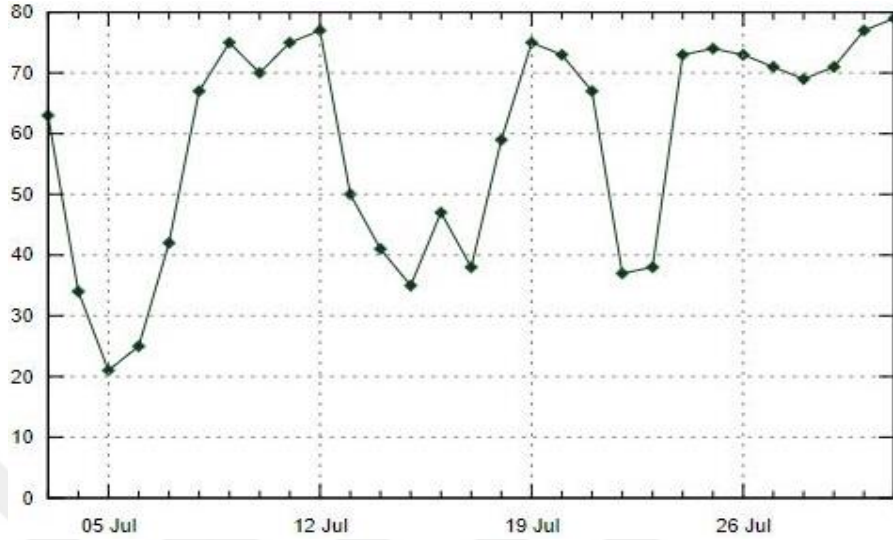
Antalya ilinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) 1930-2018 ölçüm periyodu verilerine göre Temmuz ayında ortalama en yüksek sıcaklık 34.1 °C, ortalama en düşük sıcaklık 22.7 °C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 18.8 °C olarak ölçülmektedir [88]. Araştırma 21 Temmuz 2018 günü için gerçekleştirildiğinde ise ortalama en yüksek sıcaklığın 33.4 °C, ortalama en düşük sıcaklığın 26.2 °C olduğu görülmektedir (Şekil 3.2) [89].



Şekil 3.2. Antalya İli 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği [89].

Kar yağması ve don gibi meteorolojik olayların neredeyse hiç görülmediği şehirde maki bitki örtüsünün yanı sıra %60 oranında ormanlık alan bulunmaktadır. Deniz etkisiyle nem oranı fazla olduğu için hissedilen sıcaklık ile termometre

sıcaklığı arasında fark vardır. 21 Temmuz 2018 günü yapılan ölçümlerde Antalya ilinin bağıl nem oranı %67 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3) [89].



Şekil 3.3. Antalya ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları [89].

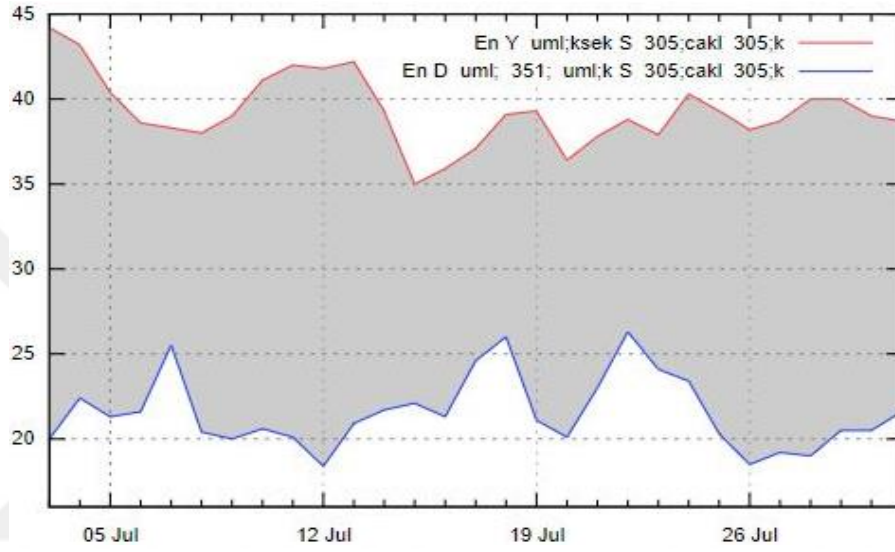
Meteorolojik veriler incelendiğinde son on yıl için Antalya ilinde, 21 Temmuz günü sıcaklık ortalamasının maksimum 34.4 °C, bağıl nemin %60.5 olduğu belirlenmektedir. Isıtma istenilen dönemin 5 ay, soğutma istenen dönemin ise 7 ay olduğu görülmektedir [88].

3.2.2 Diyarbakır İline Ait İklimsel Veriler

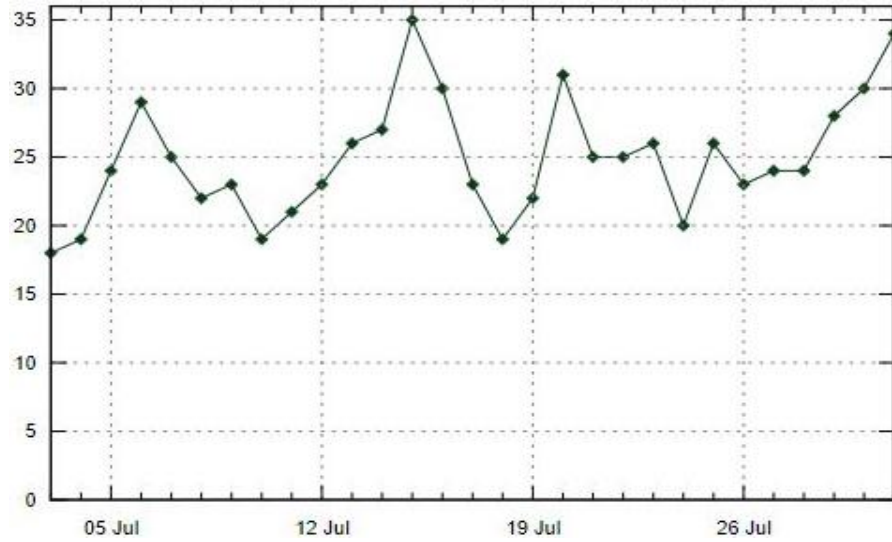
TS 825'e göre 2. derece gün bölgesinde yer alan Diyarbakır ili, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Dicle Bölümü'nde 675 m rakımda bulunmaktadır. 37°55' kuzey enlemi, 40°14' doğu boylamında bulunan şehir Dicle vadisinden yüz metre kadar yükseklikte ve açıkça belli olan şehir kavisinin tepesinde, yarım çanağı andıran bir zemin üzerinde kurulmuştur [85].

Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk geçtiği şehirde genel olarak sert karasal iklimin hakimdir. Güneydoğu Toroslar yayının kuzeyden gelen soğuk havayı kesmesi sebebiyle iklim yumuşayarak sıcak ve kuru olarak hissedilmektedir [86, 87].

Diyarbakır ilinde MGM'nin 1929-2018 ölçüm periyodu verilerine göre Temmuz ayında ortalama en yüksek sıcaklık 38.3 °C, ortalama en düşük sıcaklık 21.6 °C, yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 15.8 °C olarak ölçülmektedir [88]. Araştırma 21 Temmuz 2018 günü için gerçekleştirildiğinde ise ortalama en yüksek sıcaklığın 37.7 °C, ortalama en düşük sıcaklığın 22.5 °C, bağıl nemin ise %25 olduğu görülmektedir (Şekil 3.4, Şekil 3.5) [89].



Şekil 3.4. Diyarbakır ili 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği [89].



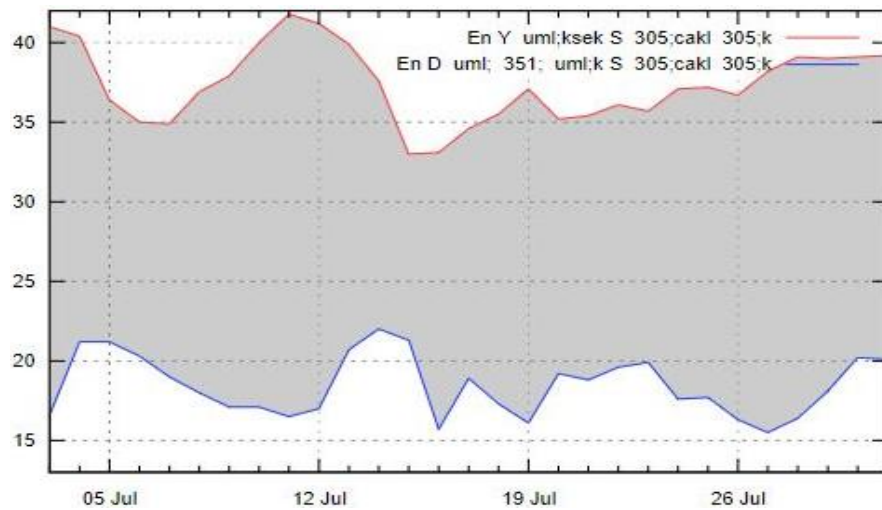
Şekil 3.5. Diyarbakır ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları [89].

Meteorolojik veriler incelendiğinde son on yıl için Diyarbakır ilinde, 21 Temmuz günü sıcaklık ortalamasının maksimum 39.0 °C, bağıl nemin %24.6 olduğu belirlenmektedir. Isıtma istenilen dönem 8 ay, soğutma istenen dönem 4 aydır [88].

3.2.3 Elazığ İline Ait İklimsel Veriler

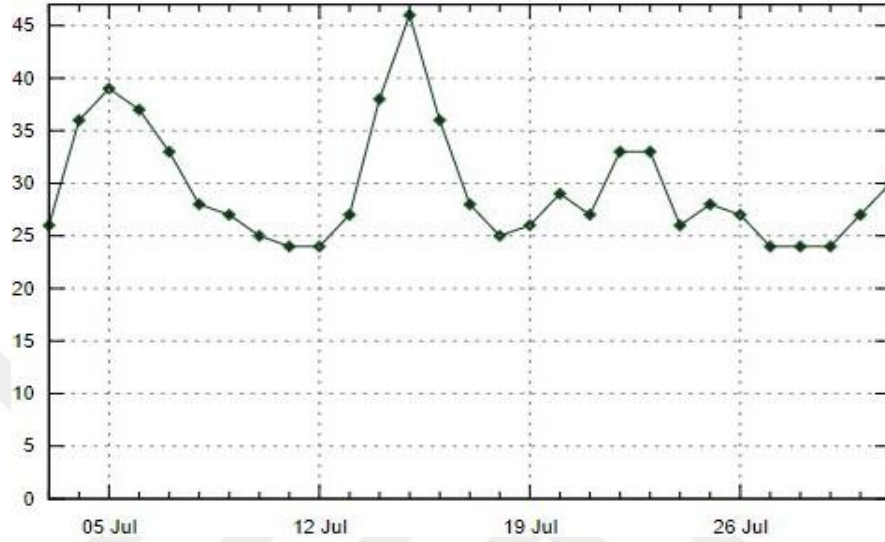
TS 825'e göre 3. derece gün bölgesinde bulunan Elazığ ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde, 1067 m yüksekliğindeki Elazığ Ovası'nda yer almaktadır. Şehirde yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve sert olan iklim hakimdir. Kentin güneyinde yer alan Güneydoğu Torosları'nda mevcut olan Maden Oluğu ve Kömürhan Boğazı gibi geçitler kış aylarında güneyin ılık ve nemli hava kütlelerinin içeri sokulmasına imkan sağlamaktadır. Bu nedenle doğuda görülen karasal iklimin sert, soğuk etkisinin yumuşadığı bir iklim hissedilmektedir [86, 87].

Genel olarak ılıman kuru iklime sahip, 38°41' kuzey enlemi, 39°14' doğu boylamında bulunan Elazığ ilinde MMGM'nin 1938-2018 ölçüm periyodu verilerine göre ortalama en yüksek sıcaklık 34.2 °C, ortalama en düşük sıcaklık 19.4 °C'dir [85]. Yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 13.1 °C olarak ölçülmektedir [88]. Araştırma 21 Temmuz 2018 günü için gerçekleştirildiğinde ortalama en yüksek sıcaklığın 35.2 °C, ortalama en düşük sıcaklığın ise 19.0 °C olduğu görülmektedir (Şekil 3.6) [89].



Şekil 3.6. Elazığ ili 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği [89].

Yıllık sıcaklık farklarının doğudan batıya gidildikçe azalmasının sebebi karasal iklimin batıya gidildikçe etkisini kaybetmesidir. Bu sebeple batıya gidildikçe nem miktarı artmaktadır. 21 Temmuz 2018 günü yapılan ölçümlerde Elazığ ilinin bağıl nem oranı %27 olarak belirlenmektedir (Şekil 3.7) [89].



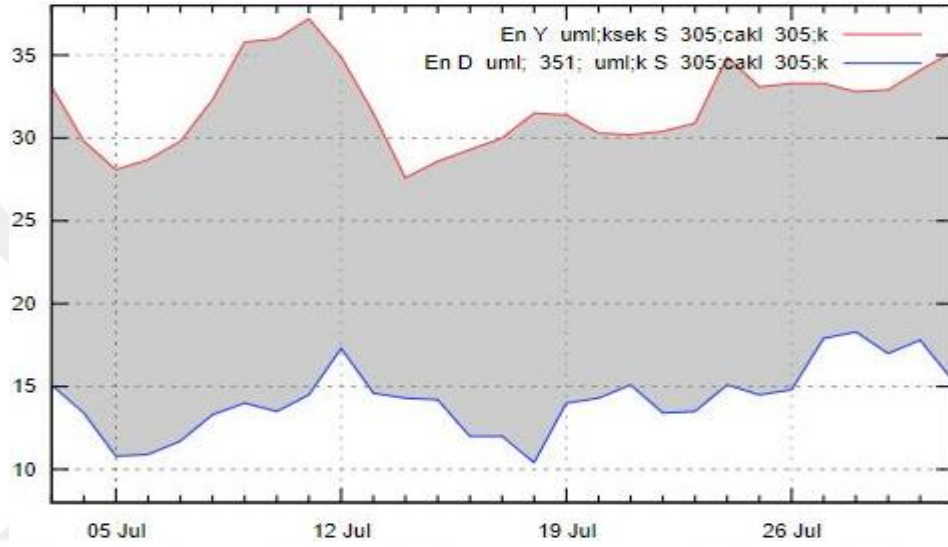
Şekil 3.7. Elazığ ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları [89].

Meteorolojik veriler incelendiğinde son on yıl için Elazığ ilinde, 21 Temmuz günü sıcaklık ortalamasının maksimum 36.7 °C, bağıl nemin %27.8 olduğu belirlenmektedir. Isıtma istenilen dönemin 8 ay, soğutma istenen dönemin ise 4 ay olduğu görülmektedir [88].

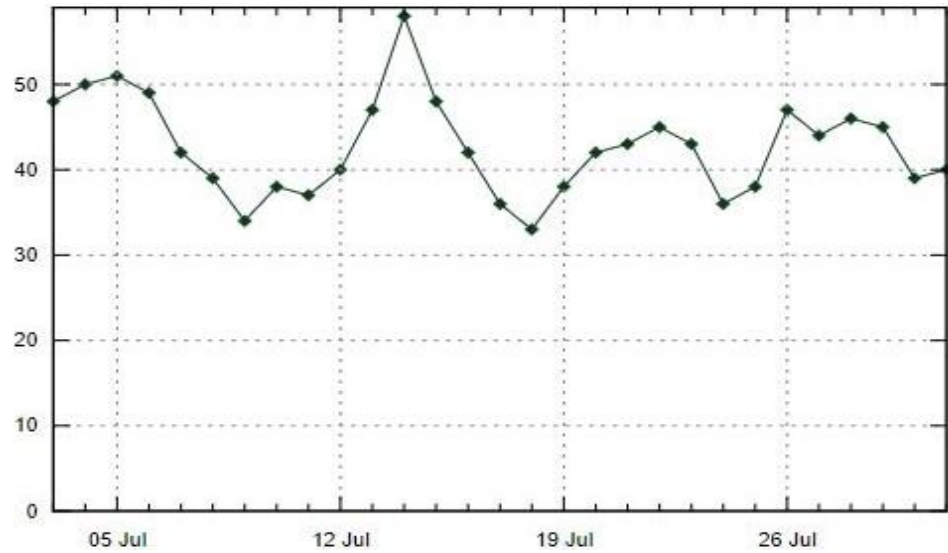
3.2.4 Kayseri İline Ait İklimsel Veriler

TS 825'e göre 4. derece gün bölgesinde bulunan Kayseri ili, İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak bölümünde 1054 m rakımda yer almaktadır. Orta Anadolu'nun sert karasal iklimiyle birlikte yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçmekte olup yüksek yerlerde yayla iklimi hüküm sürmektedir. Konumu itibariyle Kayseri, 38°43' kuzey enlemi, 35°30' doğu boylamında bulunan ve genel olarak ılıman kuru iklim tipine sahip bir şehirdir [86, 87].

Kayseri ilinde MGM'nin 1931-2018 ölçüm periyodu verilerine göre Temmuz ayında ortalama en yüksek sıcaklık 30.7 °C, ortalama en düşük sıcaklık 12.0 °C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 10.6 °C olarak ölçülmektedir [88]. Araştırma 21 Temmuz 2018 günü için gerçekleştirildiğinde ise ortalama en yüksek sıcaklığın 30.2 °C, ortalama en düşük sıcaklığın 15.0 °C, bağıl nemin ise %43 olduğu görülmektedir (Şekil 3.8, Şekil 3.9) [89].



Şekil 3.8. Kayseri ili 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği [89].



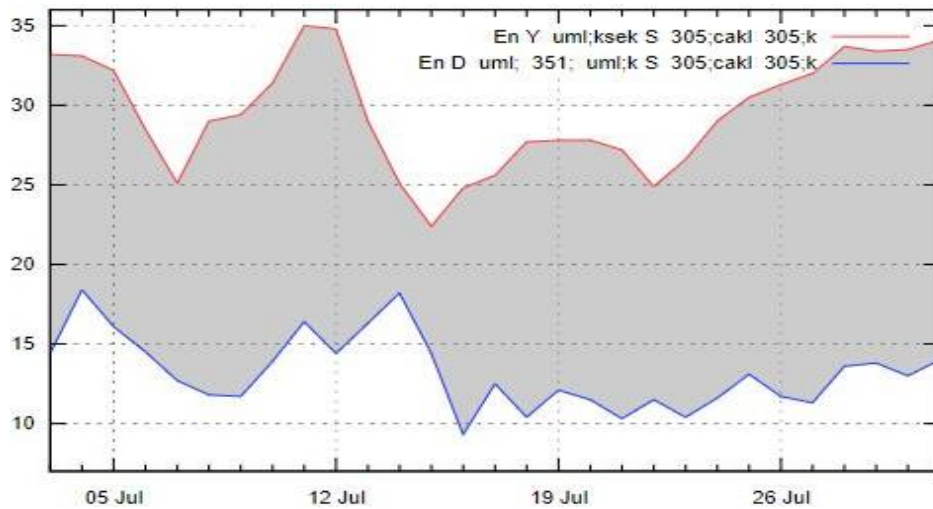
Şekil 3.9. Kayseri ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları [89].

Meteorolojik veriler incelendiğinde son on yıl için Kayseri ilinde, 21 Temmuz günü sıcaklık ortalamasının maksimum 31.3 °C, bağıl nemin %45.4 olduğu görülmektedir. Isıtma istenilen dönemin 8 ay, soğutma istenen dönemin ise 4 ay olduğu görülmektedir [88].

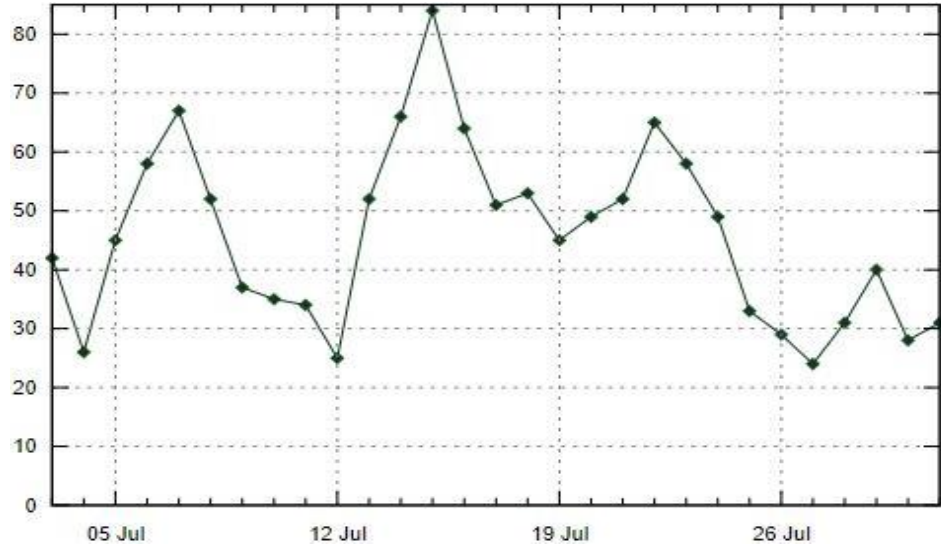
3.2.5 Erzurum İline Ait İklimsel Veriler

TS 825'e göre 5. derece gün bölgesinde bulunan Erzurum ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü'nde 1900 m rakımda bulunmaktadır. Türkiye'nin en yüksek ve en soğuk illerinden biri olup yazlar çok sıcak ve kuru, kışlar çok soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Kuzey kesimlerinde, yüksekliği yaklaşık 1000-1500 metrelere inen vadi içleriyle çukur sahalarda iklim, sertliğini yitirmektedir [86, 87].

Genel olarak soğuk kuru iklime sahip, 39°55' kuzey enlemi, 41°17' doğu boylamında bulunan Erzurum ilinde MGM'nin 1929-2018 ölçüm periyodu verilerine göre ortalama en yüksek sıcaklık 26.5 °C, ortalama en düşük sıcaklık 11.2 °C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 5.7 °C olarak ölçülmektedir [88]. Araştırma 21 Temmuz 2018 günü için gerçekleştirildiğinde ortalama en yüksek sıcaklığın 27.3 °C, ortalama en düşük sıcaklığın 10.3 °C, bağıl nemin ise %52 olduğu görülmektedir (Şekil 3.10, Şekil 3.11) [89].



Şekil 3.10. Erzurum ili 2018 yılı Temmuz ayı sıcaklık grafiği [89].



Şekil 3.11. Erzurum ili 2018 yılı Temmuz ayı bağıl nem oranları [89].

Meteorolojik veriler incelendiğinde son on yıl için Erzurum ilinde, 21 Temmuz günü sıcaklık ortalamasının maksimum 28.6 °C, bağıl nemin %44 olduğu belirlenmektedir. Isıtma istenilen dönemin 10 ay, soğutma istenilen dönemin ise 2 ay olduğu görülmektedir [88].

Belirlenen illere ait son on yılın 21 Temmuz günü için ortalama sıcaklık ve nem değerleri Tablo 3.2’de belirtilmiştir.

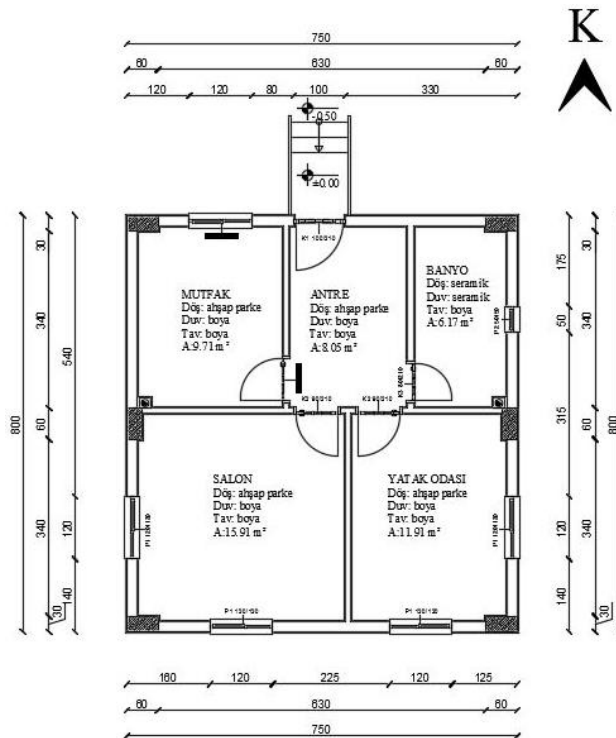
Tablo 3.2. İllere göre son on yılın 21 Temmuz günü için ortalama sıcaklık ve nem değerleri [89].

İl	Sıcaklık (°C)	Nem (%)
Antalya	34.4	60.5
Diyarbakır	39.0	24.6
Elazığ	36.7	27.8
Kayseri	31.3	45.4
Erzurum	28.6	44.0

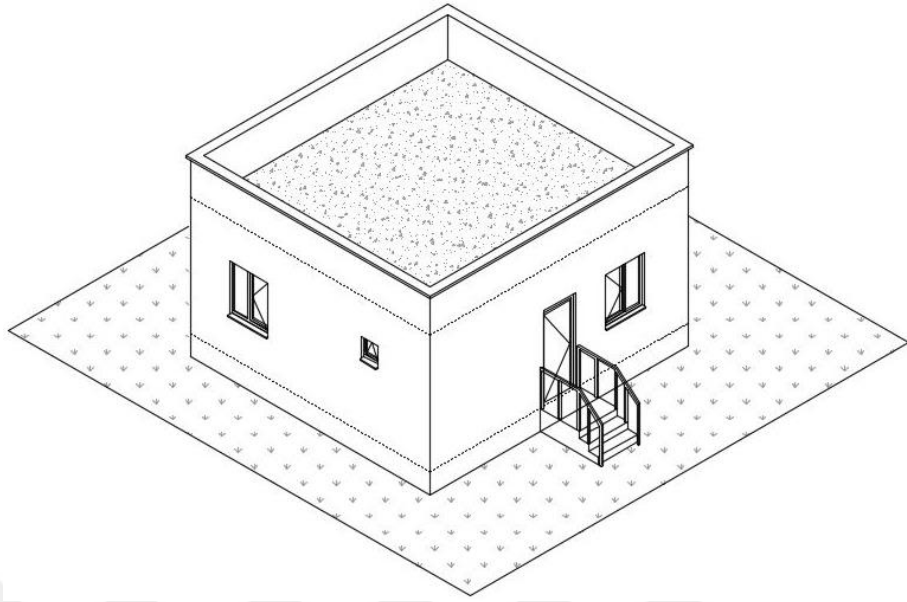
3.3 Çalışma İçin Bina Oluşturulması

Alan çalışmasına başlanırken öncelikli olarak TS 825'te belirtilen derece gün bölgelerinin her biri için bir il belirlenerek iklimsel verileri incelenmiştir [90]. Hesaplamaların eşit koşullarda değerlendirilebilmesi amacıyla farklı değişkenlerin kolaylıkla uygulanabileceği bir bina sistemi oluşturulmuştur. Farklı formlarda, aynı kullanım alanına ve kapı, pencere açıklığına sahip konutlar, yeşil çatılı ve standart teras çatılı olacak şekilde hesaplamalar yapılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca yeşil çatı sistemi kendi içinde bitki taşıyıcı katman kalınlığı değiştirilerek değerlendirilmiştir. Duvar tipi olarak ise dıştan yalıtımlı duvar ve sandviç duvar sistemi kullanılarak duvar tipinin bina ısıtma ve soğuma yüküne etkisi ele alınmıştır.

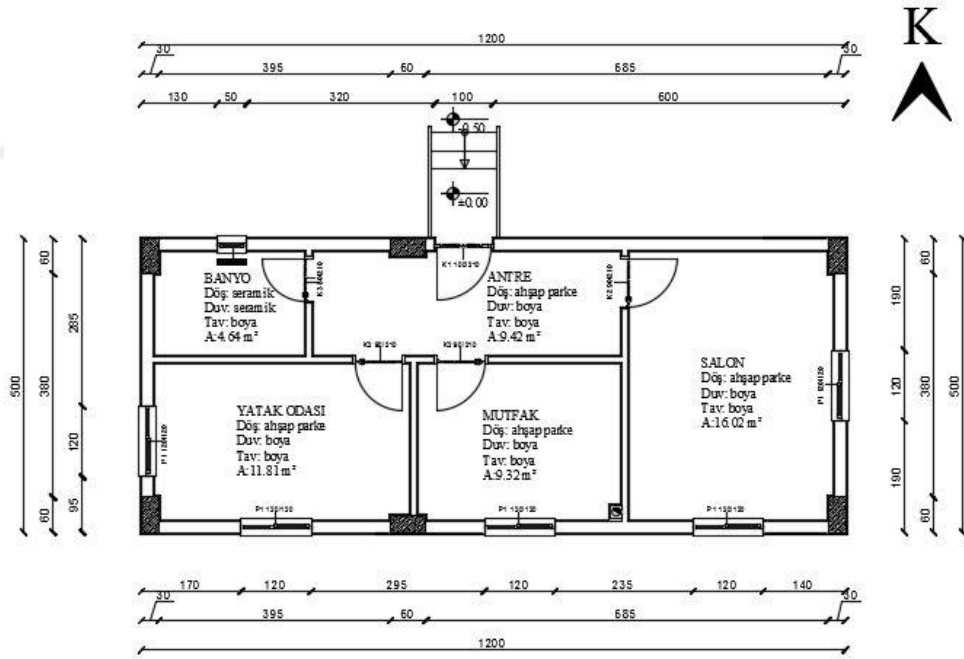
Tasarlanan konutlar üç kişilik çekirdek bir aile için uygun koşulları sağlayacak şekilde 60 m² kullanım alanına sahiptir. Salon, mutfak, yatak odası, banyo ve antreden oluşan binalar kare, dikdörtgen ve L form olarak üç farklı biçimde düzenlenmiştir (Şekil 3.12, Şekil 3.13, Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18). Böylece bina formunun bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisi gözlemlenmiştir.



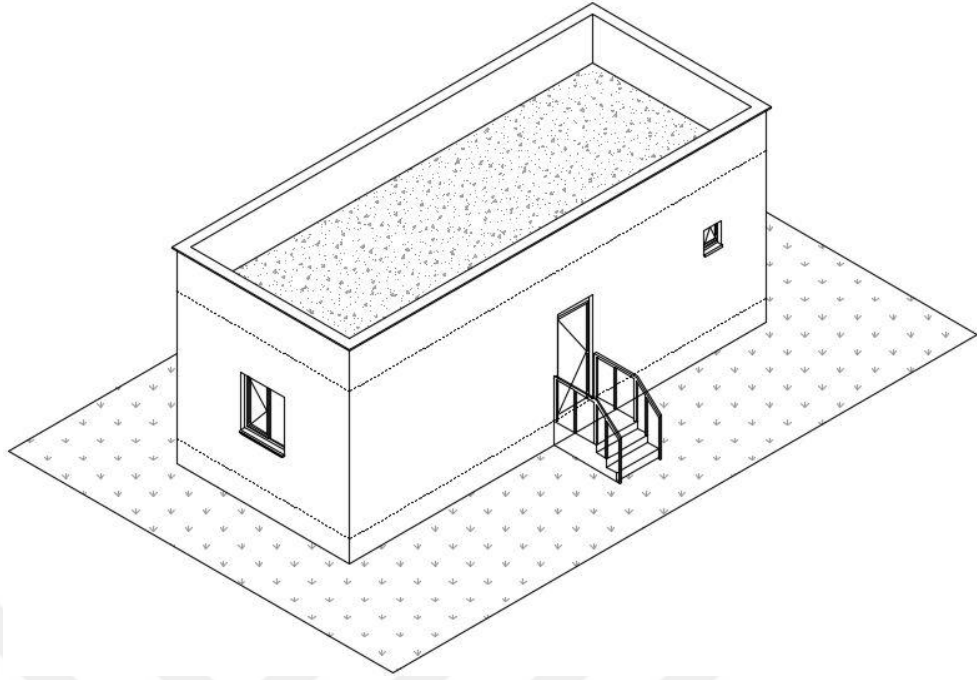
Şekil 3.12. Kare form örnek yapı planı



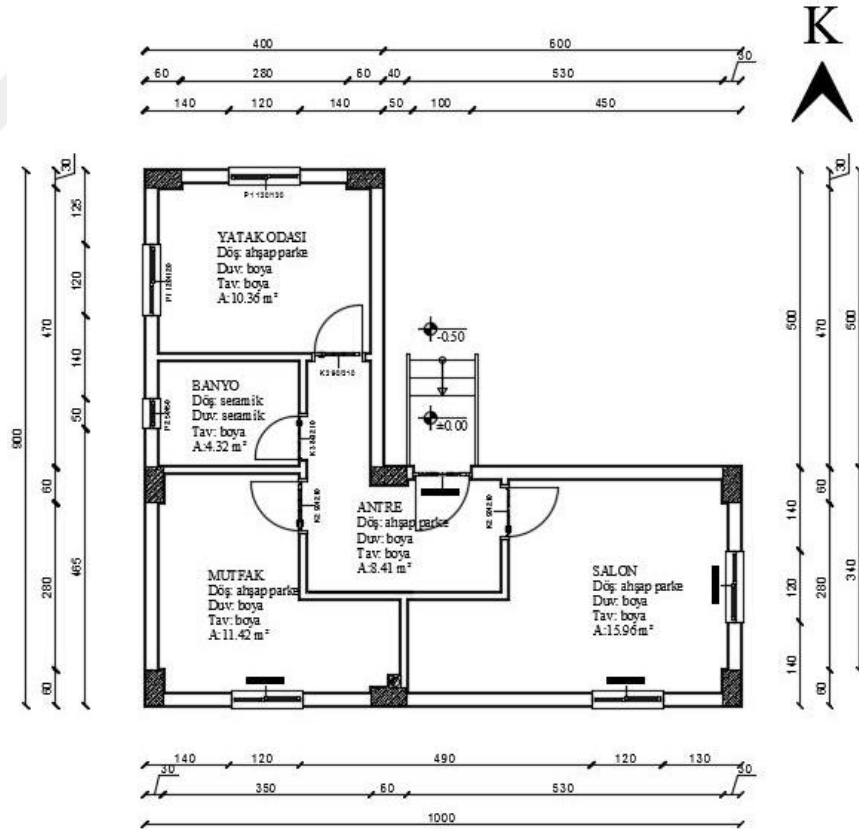
Şekil 3.13. Kare form örnek yapı perspektifi



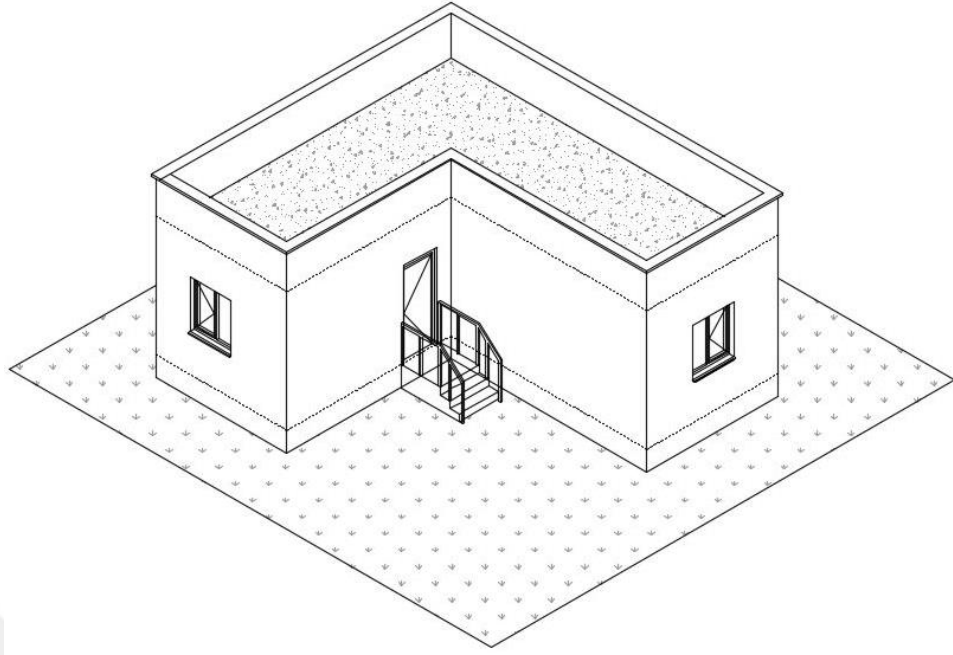
Şekil 3.14. Dikdörtgen form örnek yapı planı



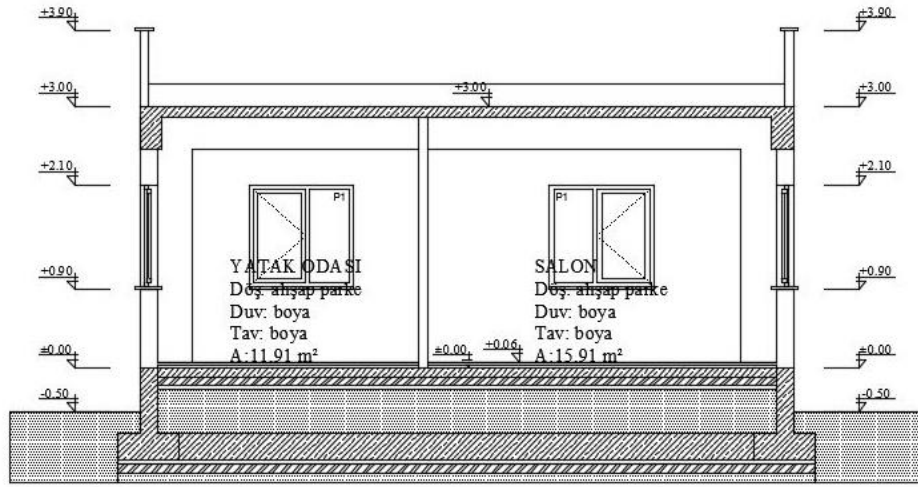
Şekil 3.15. Dikdörtgen form örnek yapı perspektifi



Şekil 3.16. L form örnek yapı planı



Şekil 3.17. L form örnek yapı perspektifi



Şekil 3.18. Örnek yapı kesiti

Isıtma ve soğutma yükleri hesaplanırken konutlar için ideal ısıtma sıcaklığı 19 °C, soğutma sıcaklığı ise 24 °C olarak belirlenmiştir. Tüm derece gün bölgeleri için aynı veriler kullanılarak, TS 825'te belirlenen ısı geçiş katsayılarına uygun örnek yapı detayları belirlenmiştir. Dıştan yalıtımlı duvar tipine ait hesaplamalar, sandviç duvar tipine ait hesaplamalardan ayrı çözülerek karşılaştırma yapılmıştır. Yapı bileşeni detayları Tablo 3.3'te belirtildiği gibi tüm bina formlarına aynı özellikte uygulanmıştır.

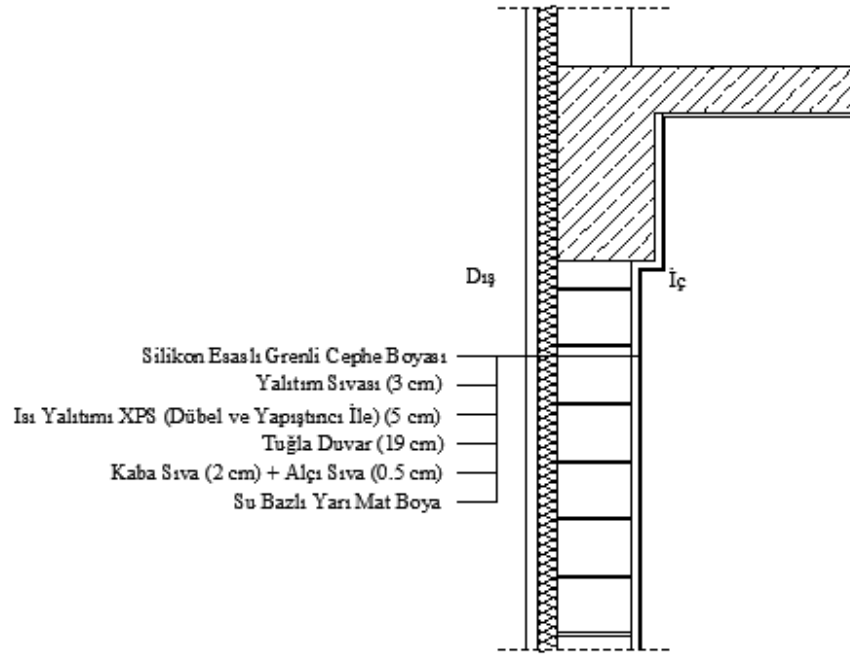
Tablo 3.3. Örnek yapı bileşeni detayları

Yapı Bileşeni	Malzeme	Kalınlık d (m)	Isıl İletkenlik Değeri λ (W/m.K)	Isı Geçiş Katsayısı U (W/m²K)
Dıştan Yalıtımlı Duvar boya	Yalıtım Sıvası	0,03	0,30	0,42
	XPS Isı Yalıtımı	0,05	0,03	
	Tuğla Duvar	0,19	0,49	
	Kaba Sıva	0,02	1,00	
	Alçı Sıva	0,005	0,70	
Dıştan Yalıtımlı Duvar seramik	Yalıtım Sıvası	0,03	0,30	0,43
	XPS Isı Yalıtımı	0,05	0,03	
	Tuğla Duvar	0,19	0,49	
	Kaba Sıva	0,02	1,00	
	Seramik Kaplama	0,005	1,00	
Sandviç Duvar boya	Dış Sıva	0,03	0,30	0,34
	Tuğla Duvar	0,135	0,49	
	XPS Isı Yalıtımı	0,05	0,03	
	Tuğla Duvar	0,085	0,49	
	Kaba Sıva	0,02	1,00	
	Alçı sıva	0,005	0,70	
Sandviç Duvar seramik	Dış Sıva	0,03	0,30	0,34
	Tuğla Duvar	0,135	0,49	
	XPS Isı Yalıtımı	0,05	0,03	
	Tuğla Duvar	0,085	0,49	
	Kaba Sıva	0,02	1,00	
	Seramik Kaplama	0,005	1,00	
Döşeme laminat	Kum Çakıl Dolgu	0,10	0,70	0,32
	Grobeton	0,10	1,65	
	Bitümlü Su Yalıtımı	0,006	0,19	
	Koruma Betonu	0,05	1,65	
	Betonarme Temel	0,30	2,50	
	Kum Çakıl Dolgu	0,50	0,70	
	Grobeton	0,10	1,65	
	Betonarme Döşeme	0,10	2,50	
	XPS Isı Yalıtımı	0,05	0,03	

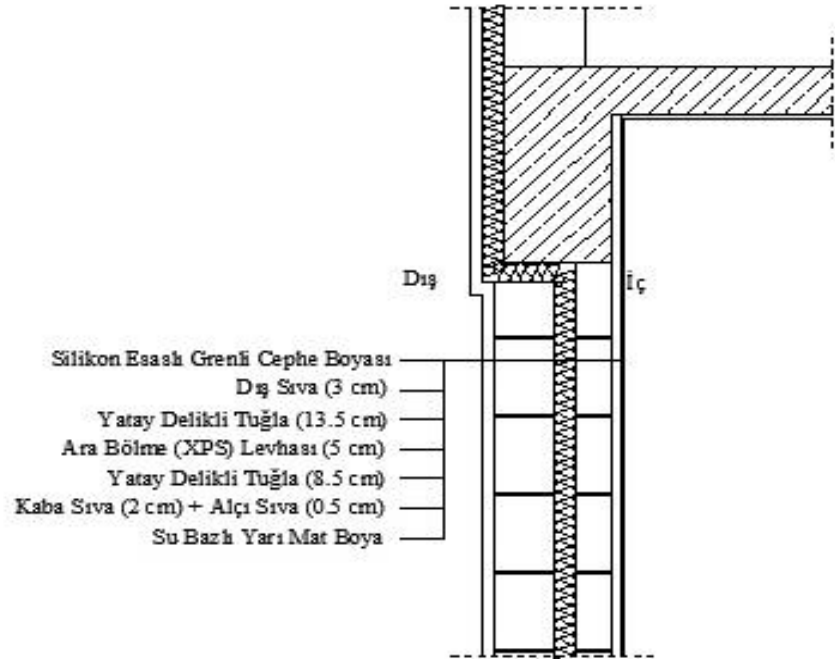
Tablo 3.3. (Devam) Örnek yapı bileşeni detayları

Yapı Bileşeni	Malzeme	Kalınlık d (m)	Isıl İletkenlik Değeri λ (W/m.K)	Isı Geçiş Katsayısı U (W/m ² K)
Döşeme laminat	Tesviye Betonu	0,03	1,65	
	Şap	0,025	1,40	
	Polietilen Şilte	0,003	0,043	
	Laminat Parke	0,008	0,21	
Döşeme seramik	Kum Çakıl Dolgu	0,10	0,70	0,33
	Grobeton	0,10	1,65	
	Bitümlü Su Yalıtımı	0,006	0,19	
	Koruma Betonu	0,05	1,65	
	Betonarme Temel	0,30	2,50	
	Kum Çakıl Dolgu	0,50	0,70	
	Grobeton	0,10	1,65	
	Betonarme Döşeme	0,10	2,50	
	XPS Isı Yalıtımı	0,05	0,03	
	Tesviye Betonu	0,03	1,65	
	Seramik Kaplama	0,01	1,00	
Pencere	4 mm Kaplamalı Cam + 12 mm Hava + 4 mm Kaplamalı Cam			1,80
	Yalıtımlı PVC Pencere			
	Parapet Yüksekliği 90 cm			
	Pencere Yüksekliği 120 cm			
Kapı	Metal Yalıtımlı Dış Kapı			4,00

Çalışmada Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illerinde tasarlanan binalar için aynı yapı elemanı detayları kullanılarak yeşil çatının farklı derece gün bölgeleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Dıştan yalıtımlı duvarda ve sandviç duvarda 5 cm, döşemede 5 cm, standart teras çatıda ve yeşil çatıda ise 8 cm ısı yalıtımı kalınlığı uygulanmıştır. Belirlenen duvar tiplerine ait detaylar Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de gösterilmektedir.



Şekil 3.19. Dıştan yalıtımlı duvar katmanları



Şekil 3.20. Sandviç duvar katmanları

Ayrıca bitki taşıyıcı katman kalınlığının yeşil çatı enerji performansına etkisinin incelenebilmesi için 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 cm kalınlığında bitki taşıyıcı katman kullanılarak hesaplamalar ayrı yapılmıştır. Seçilen malzemelerin

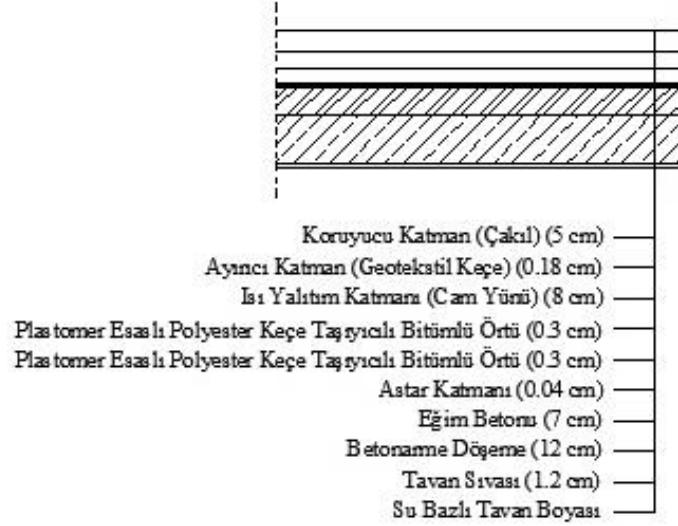
ısı iletkenlik değeri (λ) ve oluşturulan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçiş katsayıları (U) Tablo 3.4’te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Örnek standart teras çatı - yeşil teras çatı malzemelerinin λ ve U değeri

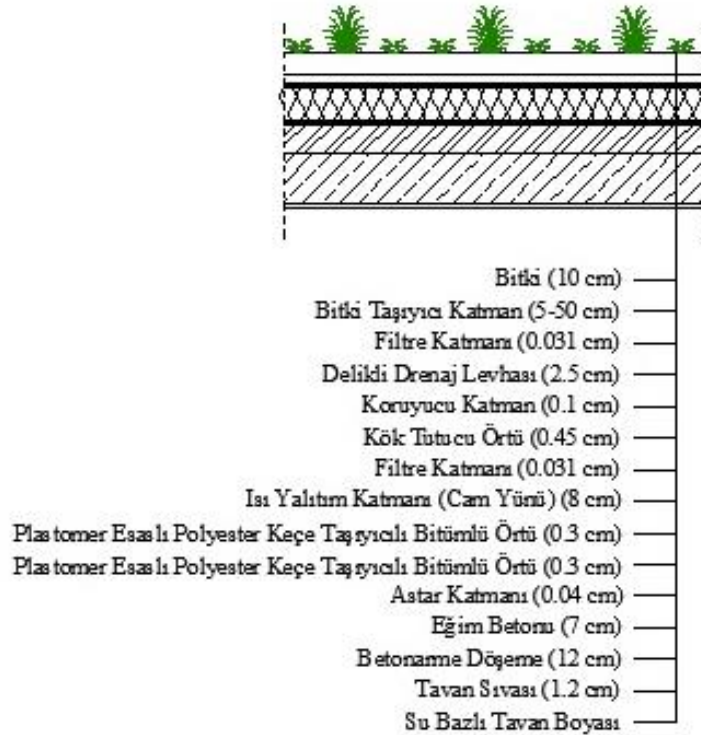
Çatı Tipi	Malzeme	Kalınlık d (m)	Isıl İletkenlik Değeri λ (W/m.K)	Çatı Elemanı Isı Geçiş Katsayısı U (W/m²K)
Standart Teras Çatı	Tavan Sıvası	0,012	0,70	0,38
	Betonarme Döşeme	0,12	2,50	
	Eğim Betonu	0,07	1,65	
	Astar Katmanı	0,0004	0,19	
	Bitümlü Su Yalıtımı	0,006	0,19	
	Cam Yünü Isı Yalıtımı	0,08	0,035	
	Geotekstil Keçe	0,0018	0,19	
	Çakıl	0,05	0,70	
Yeşil Teras Çatı	Tavan Sıvası	0,012	0,70	5 cm=0,31 10 cm=0,29 15 cm=0,27 20 cm=0,26 25 cm=0,25 30 cm=0,23 35 cm=0,22 40 cm=0,21 45 cm=0,20 50 cm=0,19
	Betonarme Döşeme	0,12	2,50	
	Eğim Betonu	0,07	1,65	
	Astar Katmanı	0,0004	0,19	
	Bitümlü Su Yalıtımı	0,006	0,19	
	Cam Yünü Isı Yalıtımı	0,08	0,035	
	Filtre Katmanı	0,00031	0,19	
	Kök Tutucu Örtü	0,00045	0,19	
	Koruyucu Katman	0,001	0,19	
	Delikli Drenaj Levhası	0,025	0,19	
	Filtre Katmanı	0,00031	0,19	
	Bitki Taşıyıcı Katman	0,05-0,5	0,25	
	Bitki	0,10	0,3	

Tasarlanan konutlar uygun yapı elemanı detaylarıyla farklılaştırılarak çalışmanın kapsamı genişletilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu belirlenen yapı bileşeni kalınlıkları ve bu yapı bileşenlerine ait ısı geçiş katsayıları belirtilmiştir. TS 825 yöntemiyle ısıtma yükü hesaplamasında ve CLTD yöntemiyle soğutma yükü

hesaplamasında bu veriler kullanılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulan çatı tiplerine ait detaylar Şekil 3.21 ve Şekil 3.22’de gösterilmektedir.



Şekil 3.21. Standart teras çatı katmanları



Şekil 4.22. Yeşil teras çatı katmanları

Örnek yapı formlarına ilişkin fiziksel özellikler ve iç ortam koşulları belirlenerek sonrasında hesaplamalar yapılmıştır.

- Taban Alanı: 60 m²
- Kat Yüksekliği: 3 m
- Kat Adedi: Tek Kat
- Çatı Türü: Teras Çatı
- Hacim: 180 m³
- Uygun İç Ortam Koşulları (Isıtma için 19 °C, soğutma için 24 °C)
- Kullanıcı Sayısı: 3 kişi

3.4 Isıtma Yüğü TS 825 Hesap Yöntemi

Isıtma yüğü hesabı yapılırken TS 825 hesap metodu kullanılmıştır [90]. Isıtma sisteminin iç ortama vermesi gereken ısı enerjisi miktarını yıllık bazda belirleyen hesap yönteminde, toplam bina ısı kaybı hesaplanarak güneş enerjisi kazancı ve iç ısı kazancının çıkarılmasıyla bulunmaktadır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanmasıyla elde edilmektedir. Güneş enerjisinden faydalanma miktarının da hesaplama da dahil edilmesiyle gerçeğe en yakın sonuçlara ulaşılmaktadır.

TS 825, bina özellikleri, ısıtma sisteminin karakteristikleri, iç iklim şartları, dış iklim şartları, iç ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisi etkenlerinin hesaba katılmasıyla binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandığı bir metot belirlemektedir. Bu metotla hesaplanan binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $A_{top}/V_{brüt}$ oranına göre; TS 825 Ek A, A.1’de verilen değerleri aşmamalıdır, bu değerler Tablo 3.5’te verilmiştir. Burada A_{top} (m²), binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanını, $V_{brüt}$ (m³) ise binanın ısıtılan brüt hacmini ifade etmektedir. Binanın kullanım alanıyla (A_n) ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri olan Q' (kWh/m²), sadece, temiz ölçüler verildiğinde oda yükseklikleri 2,60 m veya daha az olan binalarda kullanılabilir. Oda yüksekliklerinin 2,60 m’nin

üzerinde olması durumunda ise ısıtılacak yapı hacmiyle ilişkili olarak verilen Q' (kWh/m^3) göz önüne alınarak hesaplama yapılmaktadır.

Tablo 3.5. En büyük ve en küçük $A_{\text{top}}/V_{\text{brüt}}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri [84].

		$A/V < 0,2$ için	$A/V > 1,05$ için	
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG} =$	13,8	44,9	$\text{kWh/m}^2, \text{yıl}$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} =$	4,4	14,4	$\text{kWh/m}^3, \text{yıl}$
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG} =$	28,5	82,3	$\text{kWh/m}^2, \text{yıl}$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} =$	9,1	26,3	$\text{kWh/m}^3, \text{yıl}$
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG} =$	38,4	100,9	$\text{kWh/m}^2, \text{yıl}$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} =$	12,3	32,3	$\text{kWh/m}^3, \text{yıl}$
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG} =$	50,4	122,3	$\text{kWh/m}^2, \text{yıl}$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} =$	16	38,8	$\text{kWh/m}^3, \text{yıl}$
5. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{5.DG} =$	62,8	148,2	$\text{kWh/m}^2, \text{yıl}$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{5.DG} =$	20	47,4	$\text{kWh/m}^3, \text{yıl}$

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenirken TS 825 Ek A, A.1'de verilen derece gün bölgelerine ait olan denklemlerden yararlanılmaktadır. İlgili veriler Tablo 3.6'da gösterilmektedir.

Tablo 3.6. Bölgelere ve ara değer $A_{\text{top}}/V_{\text{brüt}}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q' değerinin hesaplanması [84].

1. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{1.DG} =$	$36,7 \times A/V + 6,0$	$[\text{kWh/m}^2, \text{yıl}]$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili	$Q'_{1.DG} =$	$11,9 \times A/V + 1,9$	$[\text{kWh/m}^3, \text{yıl}]$
2. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{2.DG} =$	$63,7 \times A/V + 14,9$	$[\text{kWh/m}^2, \text{yıl}]$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili	$Q'_{2.DG} =$	$20,3 \times A/V + 4,7$	$[\text{kWh/m}^3, \text{yıl}]$
3. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{3.DG} =$	$74,2 \times A/V + 22,4$	$[\text{kWh/m}^2, \text{yıl}]$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili	$Q'_{3.DG} =$	$23,2 \times A/V + 7,4$	$[\text{kWh/m}^3, \text{yıl}]$
4. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{4.DG} =$	$83,4 \times A/V + 31,0$	$[\text{kWh/m}^2, \text{yıl}]$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili	$Q'_{4.DG} =$	$27,1 \times A/V + 9,8$	$[\text{kWh/m}^3, \text{yıl}]$
5. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{5.DG} =$	$88,7 \times A/V + 30,6$	$[\text{kWh/m}^2, \text{yıl}]$
	$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili	$Q'_{5.DG} =$	$24,5 \times A/V + 12,1$	$[\text{kWh/m}^3, \text{yıl}]$

Yeni binaların tasarımı aşamasında, bu standartta verilen hesap metodu kullanılarak, binanın enerji ihtiyacı bu standartta verilen sınırları aşmayacak şekilde hesaplanmalı, belirlenen Q değerinin Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'de verilen Q' değerinden daha küçük olduğu ispatlanmalı ve ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır.

Burada Q (kWh/m^3) birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını ifade etmekte olup TS 825 hesap yöntemi sonucu elde edilen enerji miktarıdır.

TS 825 Ek B.1’de yer alan ortalama sıcaklık değerlerine bakılarak konutlar için belirlenen $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık değeri kullanılarak hesaplama yapılır. İletim, taşınım ve havalandırma yoluyla oluşan binanın özgül ısı kaybı;

$$H = H_i + H_h \quad (3.1)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada H (W/K) özgül ısı kaybı, H_i (W/K) iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, H_h (W/K) havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı değerlerini ifade etmektedir.

H_i (W/K) iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, 3.2 numaralı denklem ile hesaplanabilir.

$$H_i = \Sigma AU + I.U_1 \quad (3.2)$$

I (m) ısı köprüsünün uzunluğunu, U_1 ($\text{W/m}^2\text{K}$) ısı köprüsünün ısı geçiş katsayısını ifade etmekte olup her iki duvar tipi için de ısı köprüsü oluşmayacak şekilde uygulama yapıldığı varsayılmıştır. Bu nedenle yapılan hesaplamalara $I.U_1$ değeri sıfır olarak dahil edilmiştir. ΣAU (W/K) toplam ısı kaybı ise Denklem 3.3 ile hesaplanabilmektedir.

$$\Sigma AU = U_D.A_D + U_P.A_P + U_K.A_K + 0.8 U_T.A_T + 0.5 U_t.A_t + U_d.A_d + 0.5U_{ds}.A_{ds} \quad (3.3)$$

U_D ($\text{W/m}^2\text{K}$) dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısını, U_P ($\text{W/m}^2\text{K}$) pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısını, U_K ($\text{W/m}^2\text{K}$) dış kapının ısıl geçirgenlik katsayısını, U_T ($\text{W/m}^2\text{K}$) tavanın ısıl geçirgenlik katsayısını, U_t ($\text{W/m}^2\text{K}$) zemine oturan tabanın /döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısını, U_d ($\text{W/m}^2\text{K}$) dış hava ile temas eden tabanın ısıl geçirgenlik katsayısını, U_{ds} ($\text{W/m}^2\text{K}$) düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik katsayısını ifade eder.

A_D (m^2) dış duvarın alanı, A_P (m^2) pencerenin alanı, A_k (m^2) dış kapının alanı, A_T (m^2) tavan alanı, A_t (m^2) zemine oturan taban/döşeme alanı, A_d (m^2) dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı, A_{ds} (m^2) düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı ifade etmektedir. Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa, eşitlikte yer alan U_T 'nin önündeki 0,8 katsayısı 1 olarak alınır.

H_h (W/K) havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, 3.4 numaralı denklem ile hesaplanabilir.

$$H_h = \rho \cdot c \cdot V' \quad (3.4)$$

Burada ρ (kg/m^3) havanın birim hacim kütleini, c ($kJ/kg^\circ C$) havanın özgül ısısını, V' (m^3/h) hacimce hava değişim debisini ifade etmektedir. “ ρ ” ve “ c ” sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşağıdaki denklemde bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler $20^\circ C$ ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir [76];

$$0,33 = (\rho \cdot c / 3600) = (1,184 \cdot 1006 / 3600) = 0,33 \text{ Jh/m}^3\text{Ks} = \text{Wh/m}^3\text{K} \quad (3.5)$$

V' hacimce hava değişim debisi ise;

$$V' = n_h \cdot V_h \quad (3.6)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Denklem 3.6'da n_h (h^{-1}) hava değişim oranıdır ve V_h (m^3) havalandırılan hacim ise Denklem 3.7 ile hesaplanır.

$$V_h = 0,8 \cdot V_{brüt} \quad (3.7)$$

İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkını ifade eden Δt (K,°C), hesaplama yapılan derece gün bölgesine göre farklılık gösterir (Denklem 3.8). Burada T_i aylık ortalama iç ortam sıcaklığını, T_d aylık ortalama dış hava sıcaklığını (Tablo 3.7) ifade eder. TS 825, Ek B.2’de verilen dış sıcaklık değerlerine bakılarak ve binanın kullanım amacına uygun olarak TS 825, Ek B.1’de verilen iç sıcaklık değerlerine göre sıcaklık farkı belirlenir.

$$\Delta t = T_i - T_d \quad (3.8)$$

Tablo 3.7. Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri (°C) [84].

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge
Ocak	8,4	2,9	-0,3	-5,4	-10,5
Şubat	9,0	4,4	0,1	-4,7	-9,1
Mart	11,6	7,3	4,1	0,3	-2,9
Nisan	15,8	12,8	10,1	7,9	5,3
Mayıs	21,2	18,0	14,4	12,8	10,6
Haziran	26,3	22,5	18,5	17,3	14,6
Temmuz	28,7	24,9	21,7	21,4	18,6
Ağustos	27,6	24,3	21,2	21,1	18,6
Eylül	23,5	19,9	17,2	16,5	14,1
Ekim	18,5	14,1	11,6	10,3	7,8
Kasım	13,0	8,5	5,6	3,1	0,6
Aralık	9,3	3,8	1,3	-2,8	-6,7

Toplam ısı kaybı (W), özgül ısı kaybı ve sıcaklık farkına bağlı olarak aşağıdaki işlem sonucu belirlenir.

$$W = H \cdot (T_i - T_d) \quad (3.9)$$

Aylık ortalama iç ısı kazancı $\phi_{i,ay}$ (W); insanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları, sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları, aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı

kazançları, binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları sonucu oluşmaktadır.

Konutlarda, okullarda vb. binalarda iç kazançlar olarak birim kullanım alanı başına en fazla 5 W/m² alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda veya etrafa ısıveren sanayi cihazların kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla 10 W/m² değeri alınır. Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda aylık ısı kazancı;

$$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \quad (3.10)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada A_n (m²) bina kullanım alanını ifade etmekte olup Denklem 3.11 ile bulunur.

$$A_n = 0,32 \cdot V_{brüt} \quad (3.11)$$

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay}$ (W) pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışıınının hesaplanmasını tarif etmektedir. Denklem 3.12 ile hesaplanmaktadır.

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (3.12)$$

$r_{i,ay}$ “i” yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörünü, $g_{i,ay}$ “i” yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörünü, $I_{i,ay}$ (W/m²) “i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınını şiddetini, A_i (m²) “i” yönündeki toplam pencere alanını ifade etmektedir. $r_{i,ay}$ değerleri Tablo 3.8’den yararlanılarak bulunur.

Tablo 3.8. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) [90].

	$r_{i,ay}$
Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde	0,8
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmenin olduğu ve/veya 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu yönlerde	0,6
Bitişik nizam ve/veya 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde	0,5

Güneş enerjisi geçirme faktörü aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{\perp} \quad (3.13)$$

Burada; F_w , camlar için düzeltme faktörüdür ve $F_w = 0,8$ alınır. $g_{\perp}$, laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

Ölçü değerlerinin olmaması durumunda “ $g_{\perp}$ ” için Tablo 3.9’daki değerler kullanılır.

Tablo 3.9. Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$) [90].

Cam türü	$g_{\perp}$
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
* Isıl geçirgenlik katsayısı 2 W/m ² K’den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,50

$I_{i,ay}$ değerleri tüm derece gün bölgeleri için aynı olup Tablo 3.10’dan alınır. Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları pencere açıklıklarının bulunduğu yöne göre hesaplanarak bulunur.

Tablo 3.10. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri (W/m²) [90].

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
$I_{güney}$	72	84	87	90	92	95	93	93	89	82	67	64
I_{kuzey}	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
$I_{batı/doğu}$	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Toplam ısı kazancı ϕ_T (W); iç ısı kazancı $\phi_{i,ay}$ (W) ve güneş enerjisi kazancının $\phi_{g,ay}$ (W) toplanmasıyla elde edilir. İlgili işlem Denklem 3.14'te belirtilmiştir.

$$\phi_T = \phi_{i,ay} + \phi_{g,ay} \quad (3.14)$$

Kazanç kayıp oranı (γ); toplam ısı kazancının toplam ısı kaybına oranını ifade etmekte olup Denklem 3.15 yardımıyla hesaplanabilir.

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H \cdot (T_i - T_d) \quad (3.15)$$

Burada $\phi_{i,ay}$ aylık iç ısı kazancını, $\phi_{g,ay}$ aylık güneş enerjisi kazancını ifade eder. İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağlı büyüklüğüne ve binanın ısıl kütlesine bağlıdır. Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır [90].

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (3.16)$$

KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerinde olduğunda o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir ve kazanç kullanım faktörü hesaplanmaz.

Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı olan Q_{ay} (Joule) Denklem 3.17 ile hesaplanır.

$$Q_{ay} = [H \cdot (T_i - T_d) - \eta \cdot (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t \quad (3.17)$$

Bu eşitlikte köşeli parantez içindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için toplama yapılır, negatif olan aylar dikkate alınmaz. Burada Q_{ay} (kJ) aylık ısıtma enerjisi

ihtiyacını, t (s) zamanı ifade etmekte olup, bir aylık geçen sürenin saniye olarak hesaplanması sonucu belirlenmektedir. Buna göre bir ay;

$$t = 86400 \cdot 30 = 2592 \text{ s} \quad (3.18)$$

eşitliğinden yola çıkılarak hesaplamalara dahil edilmiştir. İlgili işlemin her ay için tekrarlanarak toplanmasıyla elde edilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını ifade eden $Q_{yıl}$ = $\sum Q_{ay}$ (kJ) değeri bulunur. Denklem 3.19 ile kJ, kWh birimine çevrilir.

$$1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh} \quad (3.19)$$

Toplam ısı kaybı miktarı;

$$Q_{yıl} = 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot \sum Q_{ay} \quad (3.20)$$

eşitliği ile kWh cinsinden bulunur. Birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ise Denklem 3.21 yardımı ile hesaplanır.

$$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} \quad (3.21)$$

Birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi miktarı Q , daha önce hesaplanan ve bölgelere, ara değer $A_{top} / V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan en büyük ısı kaybı olan Q' değeri ile karşılaştırma yapılarak standarda uygunluğu tespit edilir. Tablo 3.11'de Antalya ili, kare formu, dıştan yalıtımlı duvar kullanılan, standart teras çatılı örnek yapının ısıtma yükü hesabı gösterilmiştir.

Tablo 3.11. Antalya ili, kare formlu, dıştan yalıtımlı duvar kullanılan, standart teras çatılı örnek yapının ısıtma yükü hesabı

Aylar	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı		Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam Kazançlar	Kazanç Kayıp Oranı	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi
	H: H _i +H _h (W/K)	T _i -T _d (K,°C)		H.(T _i -T _d) (W)	φ _i (W)	φ _g (W)	φ _T : φ _i + φ _g (W)	γ (-)	η _{ay} (-)	Q _{ay} (kJ)
Ocak	130,252	19-(8,4)	10,6	1380,67	288	227,634	515,634	3,96	Hesaplanan γ değerleri ≥ 2,5 olduğu için Kazanç Kullanım Faktörü hesaplanmaz.	3578692,88
Şubat		19-(9,0)	10,0	1302,52		284,17	572,17	4,39		3376125,36
Mart		19-(11,6)	7,4	963,86		339,87	627,87	4,82		2498332,77
Nisan		19-(15,8)	3,2	416,81		381,56	669,56	5,14		1080360,12
Mayıs		Td yüksek	-	-		441,32	729,32	-		-
Haziran		Td yüksek	-	-		464,988	752,988	-		-
Temmuz		Td yüksek	-	-		452,29	740,29	-		-
Ağustos		Td yüksek	-	-		422,84	710,84	-		-
Eylül		Td yüksek	-	-		355,16	643,16	-		-
Ekim		19-(18,5)	0,5	65,13		287,058	575,058	4,41		168806,268
Kasım		19-(13,0)	6,0	781,51		216,10	504,10	3,87		2025675,22
Aralık		19-(9,3)	9,7	1263,44		199,09	487,09	3,74		3274841,60
									ΣQ _{ay} :	16002834,21

3.5 Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı (CLTD) Yöntemi

Soğutma yükü hesaplanırken American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers (ASHRAE) tarafından yayınlanan Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı Yöntemi (CLTD-Cooling Load Temperature Difference) kullanılmıştır [91]. İklimsel verilere göre son on yılın en yüksek sıcaklık değerlerine bakılarak sıcak dönemi temsil eden gün olarak 21 Temmuz günü seçilmiştir. Son on yılın 21 Temmuz günü için gösterilen en yüksek sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak ve konutlar için ideal soğutma sıcaklığının 24 °C, bağıl nemin ise %50 olduğu bilgisine dayanılarak her il için soğutma yükü hesaplanmıştır [6].

Soğutma yükü; iletim, taşınım ve ışıınım yoluyla oluşan duyulur ısı kazancının gizli ısı kazancı için belirlenen katsayı ile çarpılmasıyla elde edilir. Yapı bileşenlerinden, kapı ve pencerelerden, sızma ve havalandırmadan, insan ve cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları hesaplanır. Gizli ısı kazancı, nem faktörü dahil edilerek bulunan katsayı değeri ile duyulur ısı kazancının çarpılmasının sonucu olarak, 21 Temmuz günü için gerekli olan soğutma yükü enerjisi miktarı elde edilir.

Duvar, döşeme, çatı ve kapı gibi dolu yüzeyler için soğutma yükü;

$$q_1 = U \cdot A \cdot (\text{CLTD}) \quad (3.22)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada q_1 (kW) soğutma yükü, U (W/m²K) ısı geçiş katsayısı, A (m²) yapı elemanlarının yüzey alanı ve CLTD (°C) ise soğutma yükü sıcaklık farkı değerlerini ifade etmektedir. Farklı hesap sıcaklıklarına göre belirlenen CLTD değerleri Tablo 3.12'den bulunur.

Tablo 3.12. Aynı tek evler için ortalama alma yöntemiyle bulunan CLTD (Cooling Load Temperature Difference-soğutma yükü sıcaklık farkı) değerleri [91].

	Hesap Sıcaklığı, °C											
	29		32			35			38		41	42
Günlük Sıcaklık Aralığı °C	L	M	L	M	H	L	M	H	M	H	M	H
Tüm duvarlar ve kapılar												
Kuzey	4	2	7	4	2	10	7	4	10	7	10	13
Kuzeydoğu ve Kuzeybatı	8	5	11	8	5	13	11	8	13	11	13	16
Doğu ve Batı	10	7	13	10	7	16	13	10	16	13	16	18
Güneydoğu ve Güneybatı	9	6	12	9	6	14	12	9	14	12	14	17
Güney	6	3	9	6	3	12	9	6	12	9	12	14
Çatılar ve Tavanlar												
Tavan arası veya çatı katı	23	21	26	23	21	28	26	23	28	26	28	31
Döşeme ve Tavanlar												
İklimlendirilmiş bölge altında	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11
Bölmeler												
İç veya gölgelenmiş	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11
Günlük değişim (tasarım için seçilen günde dış hava sıcaklığının değişimi) eş değer sıcaklık farkını önemli ölçüde etkiler. Günlük sıcaklık farkları H, M, L olarak sınıflandırılmıştır. H: Yüksek: 14°C değerinin üzerinde büyük sıcaklık değişimini M: Orta: 9°C ile 14°C arasındaki sıcaklık değişimini L: Düşük: 9°C değerinin altında küçük sıcaklık değişimini göstermektedir.												

Saydam alanlar için soğutma yükü ise;

$$q_2 = (\text{GLF}) \cdot A \quad (3.23)$$

eşitliği ile hesaplanır. GLF (W/m²) cam yükü faktörüdür ve Tablo 3.13'ten bulunur. A (m²) pencere yüzey alanı değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 3.13. Ayrı tek evler için GLF (Glass Load Factor-pencere camı yük faktörü) değerleri [91].

	Tek Cam						Çift Cam					
Hesap Sıcaklığı, °C	29	32	35	38	41	43	29	32	35	38	41	43
İç Gölgeleme Olmadan												
Kuzey	107	114	129	148	151	158	95	95	107	117	120	129
Kuzeydoğu ve Kuzeybatı	199	205	221	237	243	262	173	177	186	196	199	208
Doğu ve Batı	278	284	300	315	322	337	243	246	255	265	268	278
Güneydoğu ve Güneybatı	249	255	271	287	290	309	218	221	230	240	243	252
Güney	167	173	189	205	211	227	145	148	158	167	170	180
Yatay Güneşliği	492	492	508	524	527	539	432	435	442	451	454	464

Hava sızması için soğutma yükü Denklem 3.24 ile hesaplanabilir.

$$q_3 = 1,23 \cdot Q \cdot \Delta t \quad (3.24)$$

Δt (°C) iç ve dış tasarım sıcaklık farkı değerini verirken hacimsel hava debisi olan Q (L/s) ise;

$$Q = ACH \cdot (V) \cdot 1000/3600 \quad (3.25)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada, ACH (l/h) bir saatteki hava değişimidir ve Tablo 3.14'ten alınır. V (m³) ise odanın hacmini ifade etmektedir. Buna ek olarak insan ($q_4=67W$), cihaz ve aydınlatmadan ($q_5=470W$) kaynaklanan iç yükler de toplam soğutma yüküne etki eder.

Tablo 3.14. Sızma-Bir saatteki hava değişimleri (ACH) [91].

	Dış Hesap Sıcaklığı °C					
Sınıf	29	32	35	38	41	42
Sıkı	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38
Orta	0,46	0,48	0,5	0,52	0,54	0,56
Gevşek	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78
• Sıkı - Yerlerine iyi oturan kapılar, pencereler ve sızdırmaz duvarlardan oluşan ve 140 m ² değerinin altında döşeme alanına sahip evler bu sınıfa girer.						
• Orta - Yeni iki katlı evler veya on yaşını aşmış bakımı orta derecede yapılmış, 140 m ² oturma alanından büyük evler orta sayılan yapı sınıfına girer.						
• Gevşek - 20 yılı aşmış, bakımsız orta düzeyde evler bu sınıfa girer.						

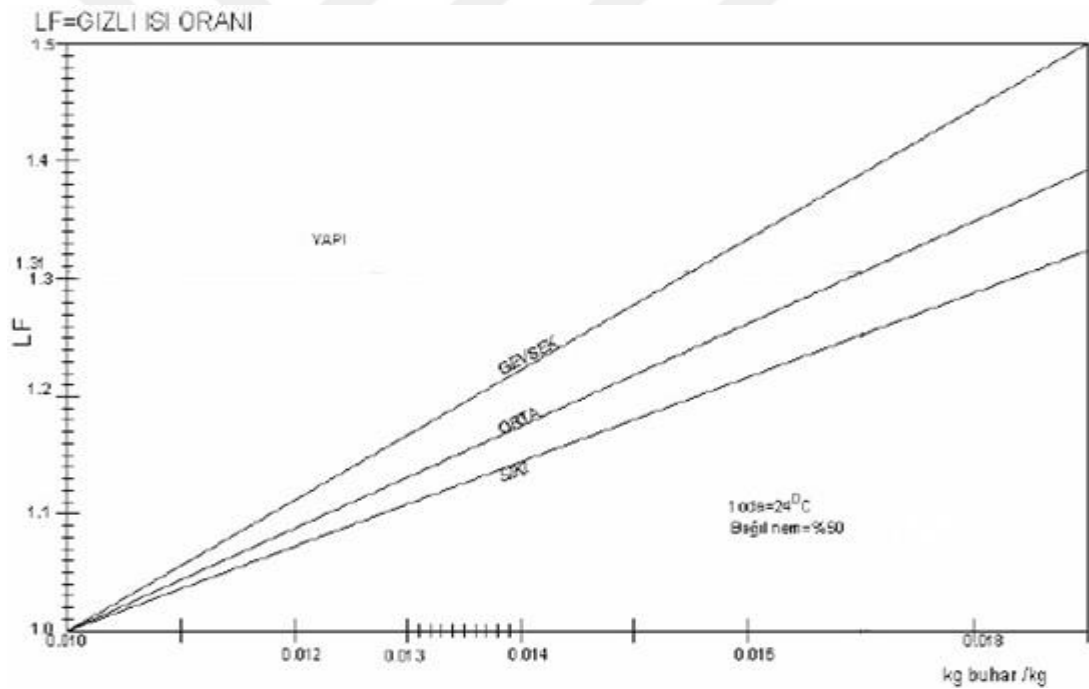
Buna göre tüm yapı bileşenleri, sızma ve iç yüklerin hesaplanmasıyla oluşan soğutma yükü Denklem 3.26 ile hesaplanır.

$$\Sigma q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 \quad (3.26)$$

Toplam soğutma yükü (Denklem 3.27) ise gizli ısı yükü çarpanı ve soğutma yükü değerinin çarpımı sonucu elde edilir.

$$q_{\text{toplam}} = (LF) \cdot \Sigma q \quad (3.27)$$

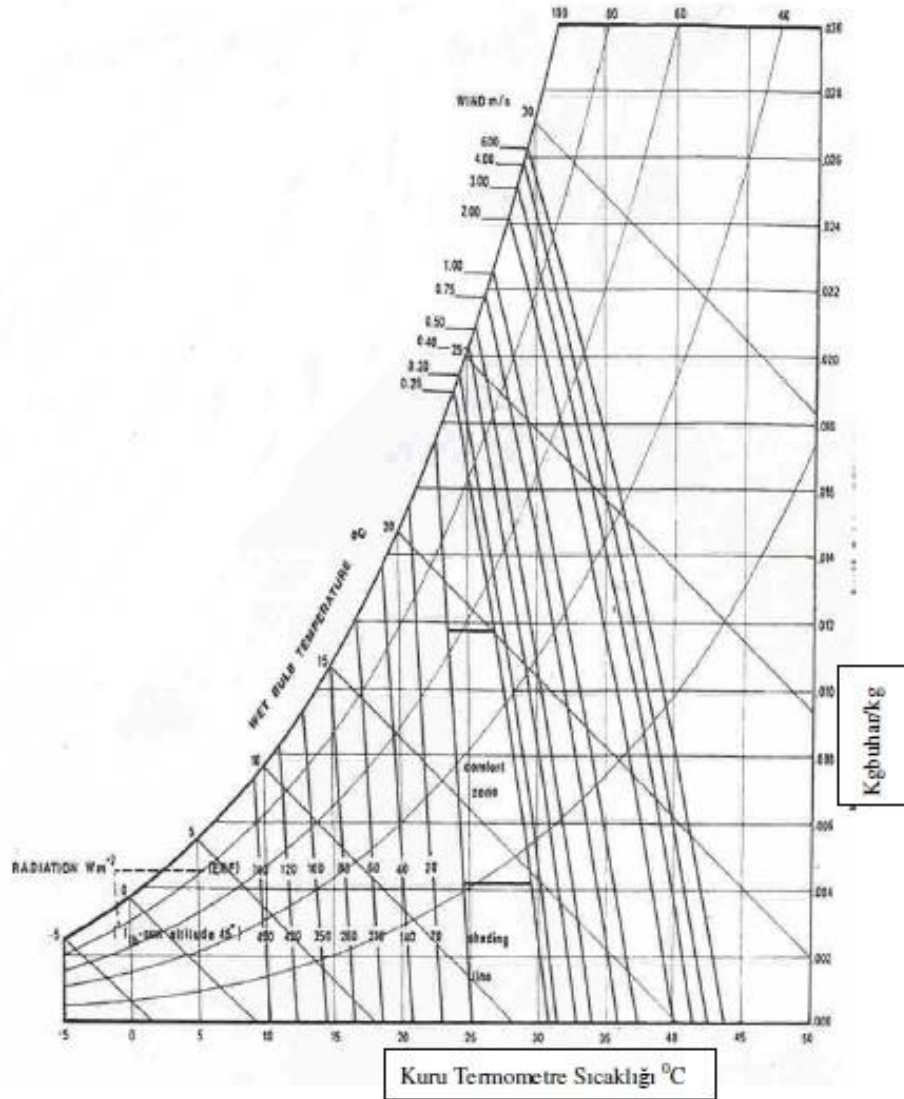
Gizli ısı yükü çarpanı (LF), tasarım dış nem oranı ve sızdırmazlık sınıfına göre Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'ten bulunur.



Şekil 3.23. Sızmanın gizli ısı oranına etkisi [91].

Grafiğe bağlı olarak elde edilen LF değerleri şu şekildedir;

- Antalya için 1.25
- Diyarbakır için 1.00
- Elazığ için 1.00
- Kayseri için 1.2
- Erzurum için 1.10



Şekil 3.24. Sıcaklık-bağıl nem-mutlak nem ilişkisi [92].

Belirlenen yöntemlere dayanılarak ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler yeşil çatının bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisinin analiz edilebilmesi amacıyla Denklem 3.28 ve Denklem 3.29 ile yüzde (%) bazında değerlendirilmiştir.

$$Y\dot{C}BIYE = 100 \cdot \frac{(\text{Standart Teras Çatı Isıtma Yüğü}) - (\text{Yeşil Teras Çatı Isıtma Yüğü})}{(\text{Standart Teras Çatı Isıtma Yüğü})} \quad (3.28)$$

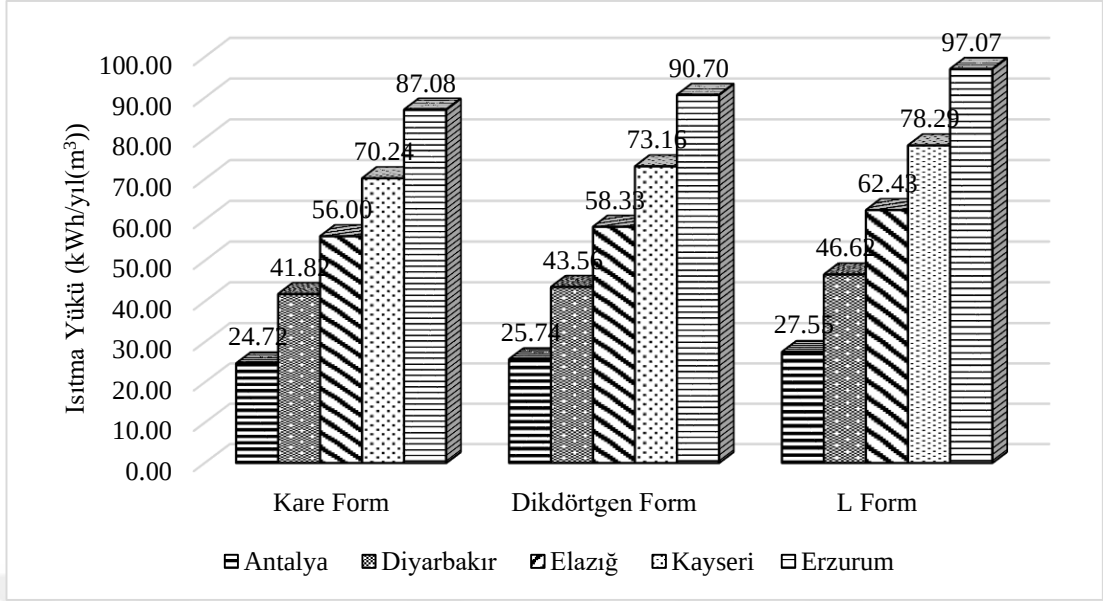
$$Y\dot{C}BSYE = 100 \cdot \frac{(\text{Standart Teras Çatı Soğutma Yüğü}) - (\text{Yeşil Teras Çatı Soğutma Yüğü})}{(\text{Standart Teras Çatı Soğutma Yüğü})} \quad (3.29)$$

4. BULGULAR

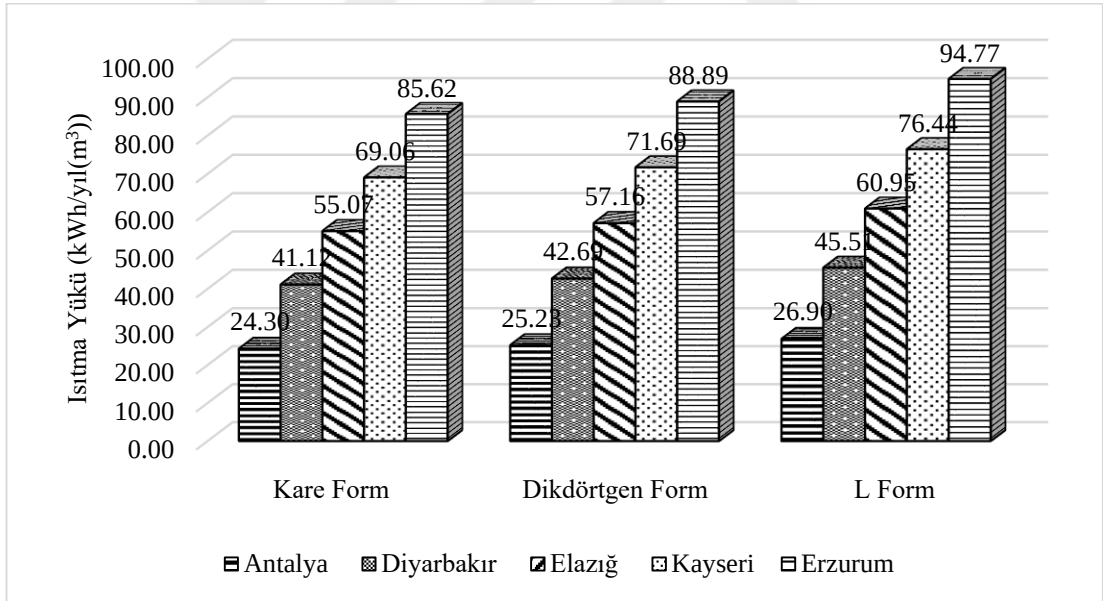
Bu bölümde, yeşil çatının bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisi Türkiye’deki beş farklı iklim tipi kapsamında yapı formu, duvar tipi ve bitki taşıyıcı katman kalınlığı değişkenleri ele alınarak incelenmiştir. Elde edilen veriler çeşitli grafiklerle somutlaştırılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu bağlamda çalışmaya ait bulgular iki ana başlık altında irdelenmektedir.

4.1 Yeşil Çatının Bina Isıtma Yüküne Etkisinin TS 825’e Göre Değerlendirilmesi

Tasarlanan örnek binaların TS 825’e göre yıllık ısıtma yükleri beş farklı derece gün bölgesinin iklimsel verileri kullanılarak hesaplanmıştır [90]. Derece gün bölgelerinde yer alan illerden birer tanesi seçilerek ilgili bölge temsili olarak belirtilmiştir. Bu veriler doğrultusunda standart teras çatıya sahip binaların ısıtma yükleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmiş ve yüzey alanı arttıkça belirlenen illerde ısıtma yükünün değişimi irdelenmiştir. Ayrıca duvar tipi değiştirilerek kullanılan yapı bileşeni özelliklerinin ve kalınlıklarının ısıtma yükü üzerindeki etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.1. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, standart teras çatılı, dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek bina formlarına ait ısıtma yükleri

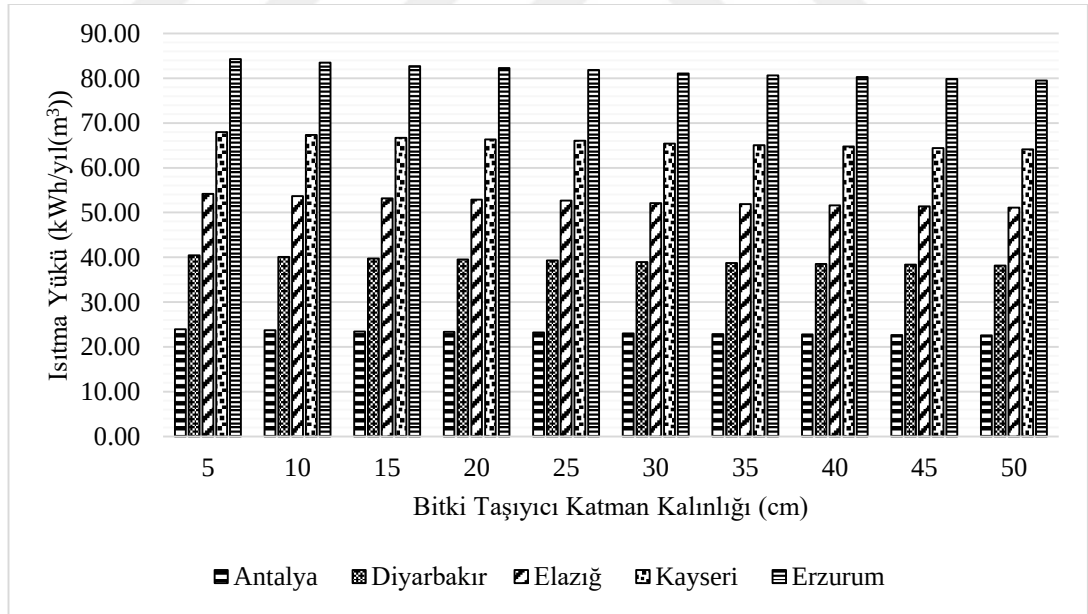


Şekil 4.2. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, standart teras çatılı, sandviç duvar kullanılan örnek bina formlarına ait ısıtma yükleri

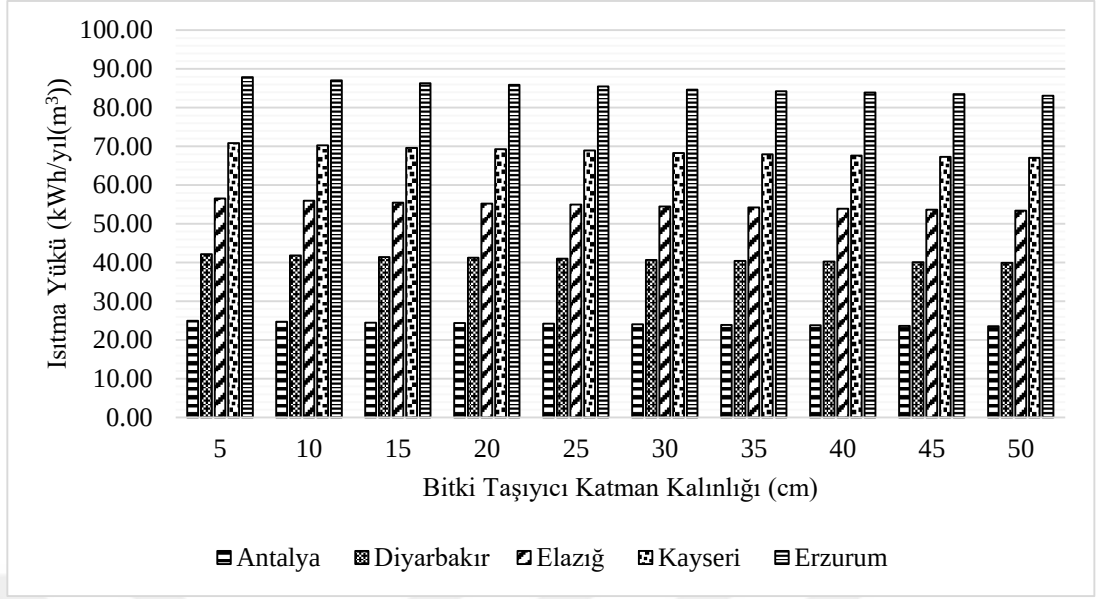
Veriler incelendiğinde her iki duvar tipinde de 1. derece gün bölgesinden 5. derece gün bölgesine doğru gidildikçe yıllık ısıtma yükü miktarında artış gözlemlenmiştir. Örneğin kare formulu dıştan yalıtımlı standart teras çatılı bina, Antalya ilinde 24.72 kWh/yıl(m³), Diyarbakır ilinde 41.82 kWh/yıl(m³), Elazığ

ilinde 56.00 kWh/yıl(m³), Kayseri ilinde 70.24 kWh/yıl(m³) ve Erzurum ilinde 87.08 kWh/yıl(m³) ısıtma yüküne sahiptir. Ayrıca yüzey alanı arttıkça ısıtma yükünün de arttığı bilgisine erişilmiştir. Duvar tipi ele alındığında ise sandviç duvar kullanılan bina örneklerinin dıştan yalıtımlı duvar kullanılan bina örneklerine oranla daha az ısıtma yükünün olduğu tespit edilmiştir. Antalya ilinde kare formulu dıştan yalıtımlı duvar kullanılan bina örneği 24.72 kWh/yıl(m³) ısıtma yüküne sahipken, aynı ilde aynı formda sandviç duvar kullanılan bina örneği 24.30 kWh/yıl(m³) ısıtma yüküne sahiptir.

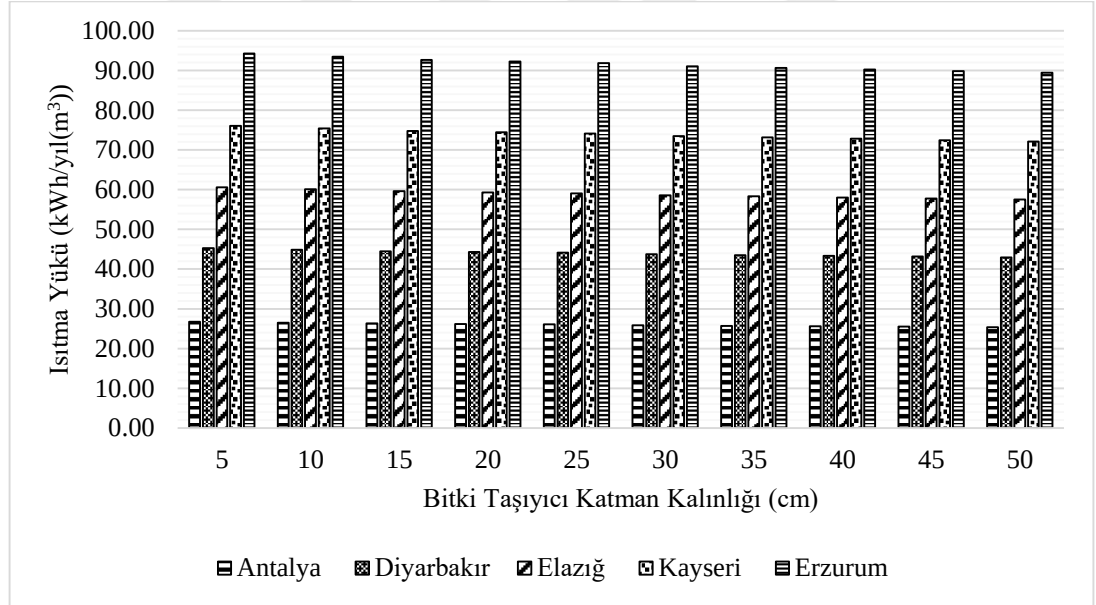
Çatı tipinin değiştirilmesiyle yeşil çatı faktörü farklı kalınlıklarda bitki taşıyıcı katman kullanılarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Böylelikle yeşil çatının farklı derece gün bölgelerine, bitki taşıyıcı katman kalınlığına, bina formuna ve duvar tipine göre ısıtma yükü performansı değerlendirilmiştir. Örnek bina formlarının dıştan yalıtımlı duvar kullanılarak illere göre değişen ısıtma enerjisi ihtiyacı Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek kare formulu dıştan yalıtımlı duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri

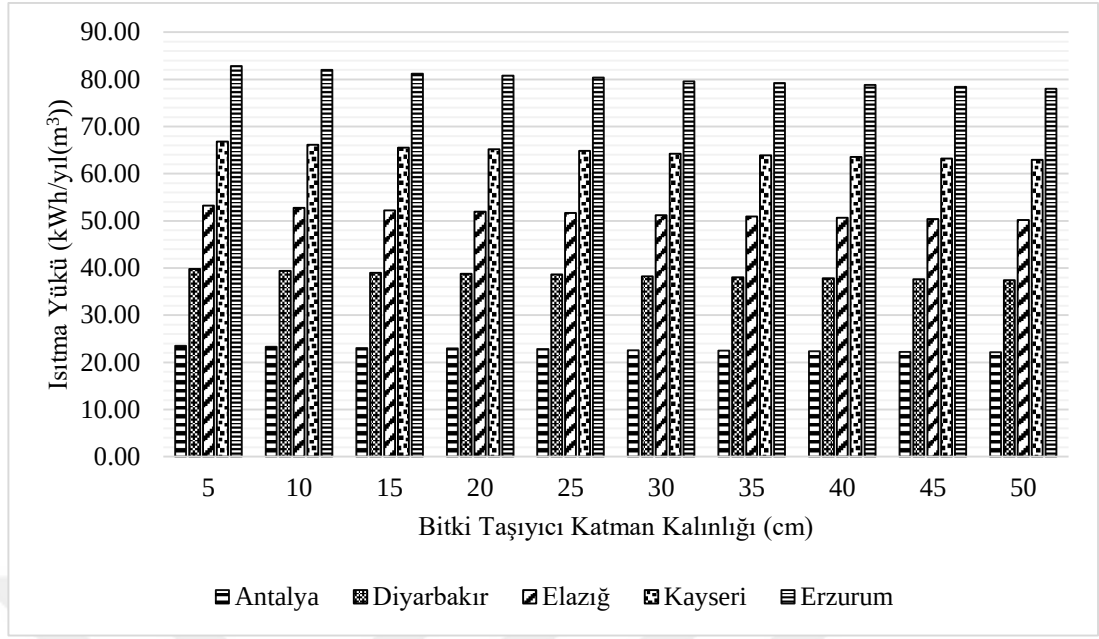


Şekil 4.4. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek dikdörtgen formlu dıştan yalıtımlı duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri

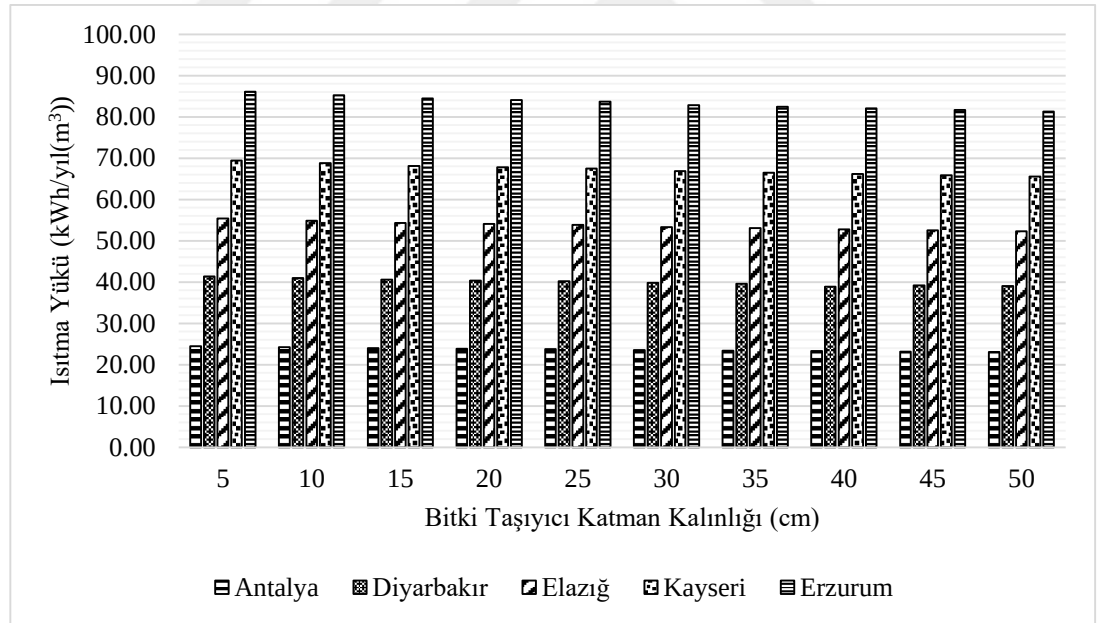


Şekil 4.5. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek L formu dıştan yalıtımlı duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri

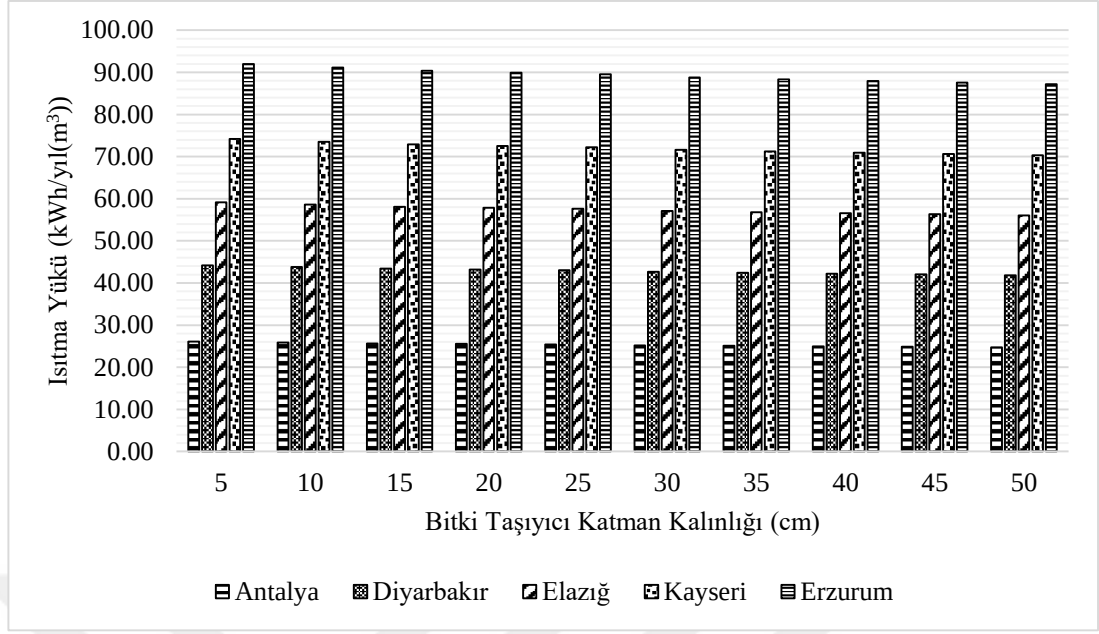
Duvar tipi değiştirilerek sandviç duvar kullanılmasıyla ortaya çıkan ısıtma yükü verileri Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek kare formlu sandviç duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri



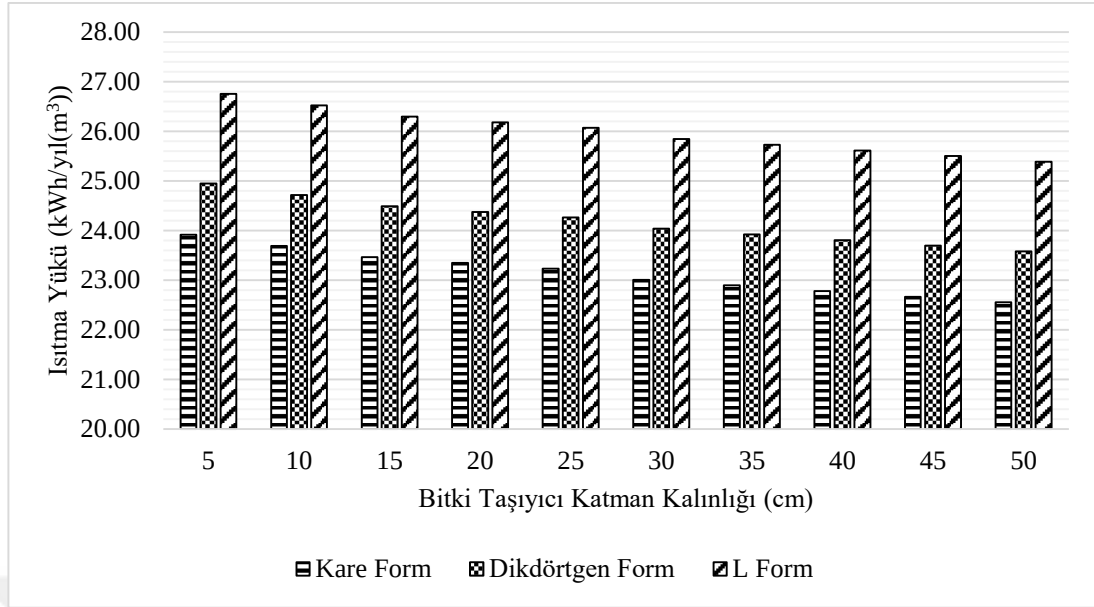
Şekil 4.7. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek dikdörtgen formlu sandviç duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri



Şekil 4.8. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı örnek L formulu sandviç duvar kullanılan binalara ait ısıtma yükleri

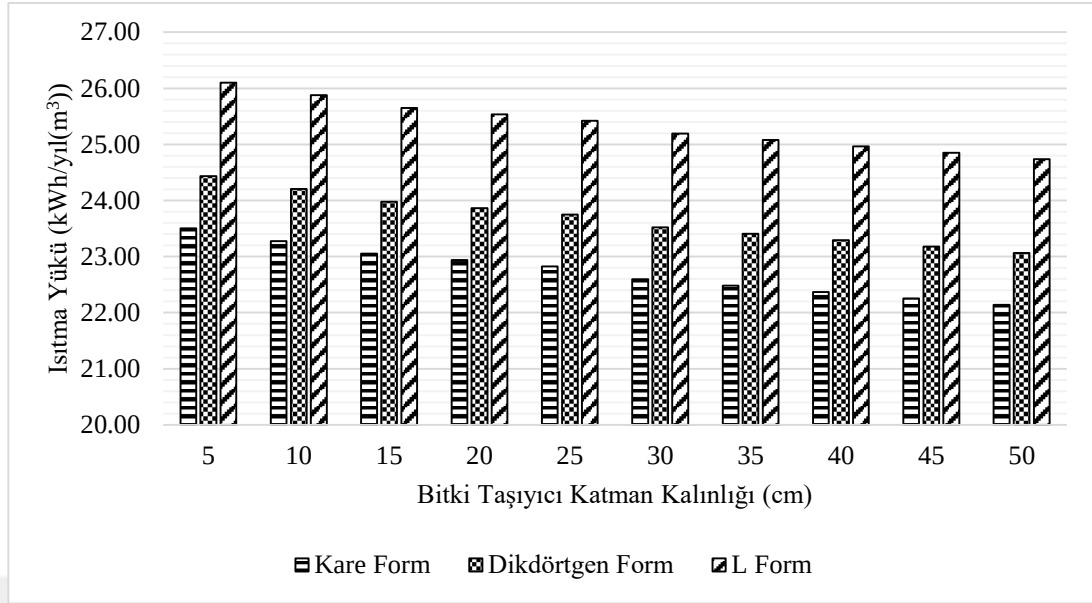
Elde edilen veriler incelendiğinde tüm illerde yeşil çatılı kare formdaki örnek binaların ısıtma yükünün en az, L formdaki örnek binaların ısıtma yükünün en fazla olduğu görülmektedir. Bitki taşıyıcı katman kalınlığı arttıkça ısıtma yükü ihtiyacı azalmaktadır. Ayrıca duvar tipi ele alındığında sandviç duvar kullanılan bina örneklerinin, dıştan yalıtımlı bina örneklerine göre daha az ısıtma yüküne sahip olduğu tespit edilmiştir.

Antalya ili değerlendirildiğinde elde edilen veriler Şekil 4.9’da sunulmuştur. Dıştan yalıtımlı duvar tipinin kullanıldığı hesaplama çıktıları şu şekilde sıralanmaktadır. Kare formulu örnek binada ısıtma enerjisi ihtiyacı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 23.92 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 23.24 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 22.55 kWh/yıl(m³) olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formulu örnek binada gerekli ısıtma enerjisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 24.95 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 24.26 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 23.58 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır. L formulu örnek binada ısıtma yükü bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 26.75 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 26.07 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 25.39 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir.



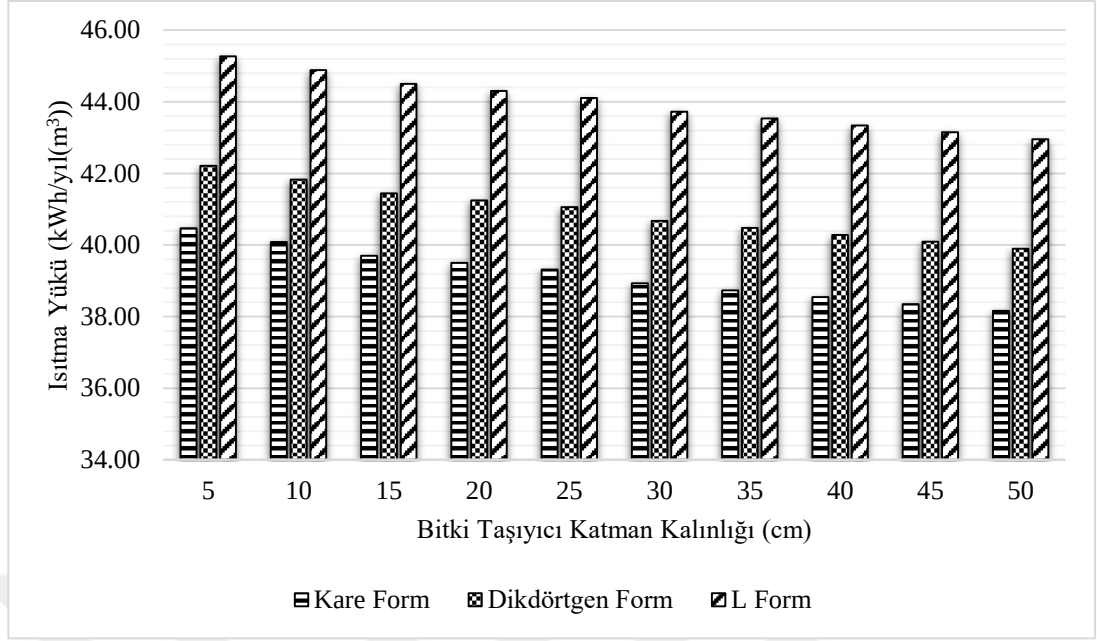
Şekil 4.9. Antalya ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Duvar tipi değiştirilerek sandviç duvar tipi kullanıldığında ortaya çıkan sonuçlar Şekil 4.10’da görülmektedir. Kare formlu örnek binada ısıtma için harcanan enerji bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 23.51 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 22.82 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 22.14 kWh/yıl(m³) olarak belirtilmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada ısıtma yükü bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 24.43 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 23.75 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 23.07 kWh/yıl(m³) olduğu hesaplanmıştır. L formlu örnek binada ısıtma enerjisi ihtiyacı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 26.10 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 25.42 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 24.74 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir.



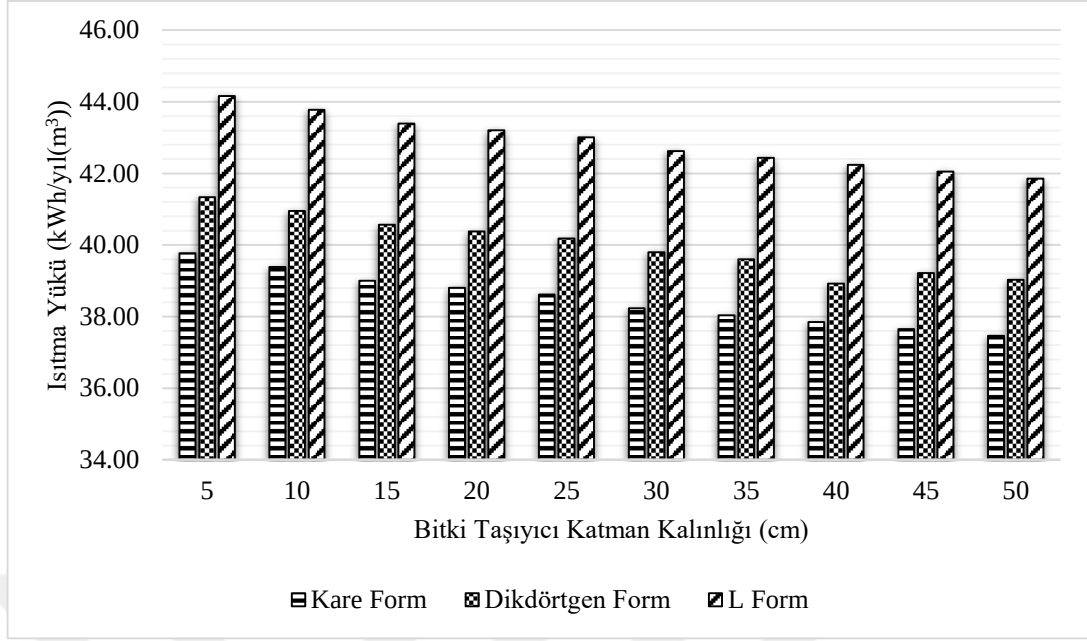
Şekil 4.10. Antalya ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Diyarbakır ili değerlendirildiğinde dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılması sonucu edinilen bulgular Şekil 4.11’de belirtilmektedir. Buna göre kare formlu örnek binada ısıtma ihtiyacı için harcanan enerji bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 40.47 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 39.31 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 38.16 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada ısıtma yükü hesaplandığında bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 42.21 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 41.05 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 39.90 kWh/yıl(m³) olarak belirlenmiştir. L formlu örnek binada gerekli ısıtma enerjisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 45.27 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 44.11 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 42.96 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır.



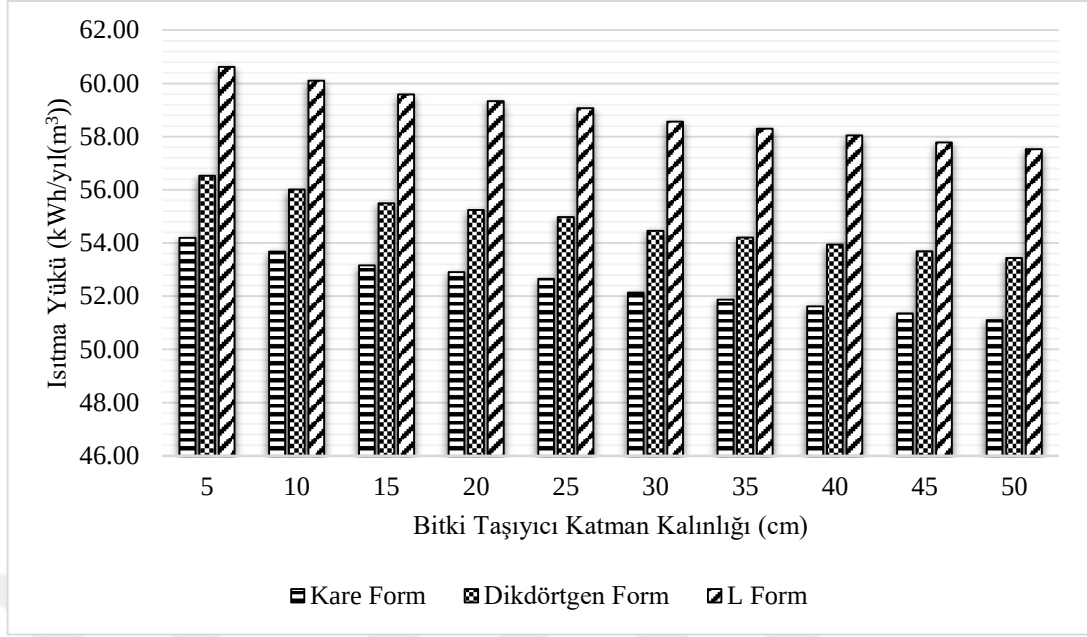
Şekil 4.11. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Sandviç duvar tipi kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonuçları Şekil 4.12’de gösterilmektedir. Verilere göre kare formulu örnek binada ısıtma enerjisi için yapılan hesaplama sonucu bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 39.77 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 38.62 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 37.46 kWh/yıl(m³) ısıtma enerjisi ihtiyacı olduğu elde edilmiştir. Dikdörtgen formulu örnek binada gerekli ısıtma enerjisi miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 41.34 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 40.18 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 39.03 kWh/yıl(m³) olarak belirlenmiştir. L formulu örnek binada ısıtma yükü bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 44.17 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 43.01 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 41.85 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır.



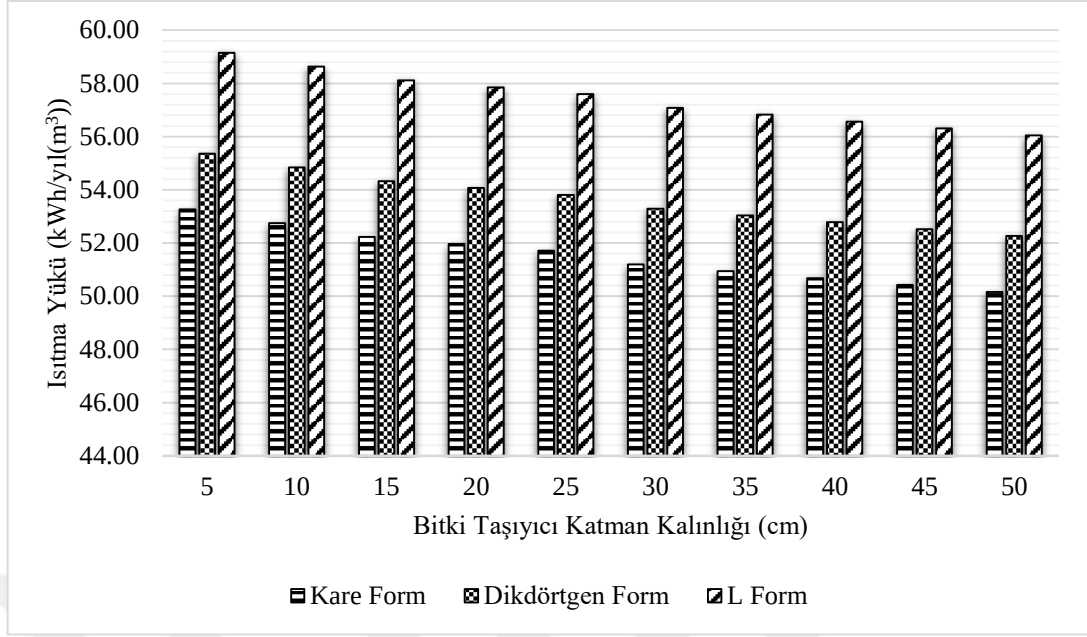
Şekil 4.12. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Elazığ ili değerlendirildiğinde dıştan yalıtımlı duvar kullanılması sonucu elde edilen veriler Şekil 4.13'te belirtilmektedir. Kare formulu örnek binada gerekli ısıtma yükü hesabı yapıldığında bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 54.20 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 52.65 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 51.10 kWh/yıl(m³) olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formulu örnek binada ısıtma enerjisi ihtiyacı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 59.08 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 54.98 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 53.43 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır. L formulu örnek binada ısıtma amaçlı tüketilen enerji miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 60.62 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 59.07 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 57.53 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir.



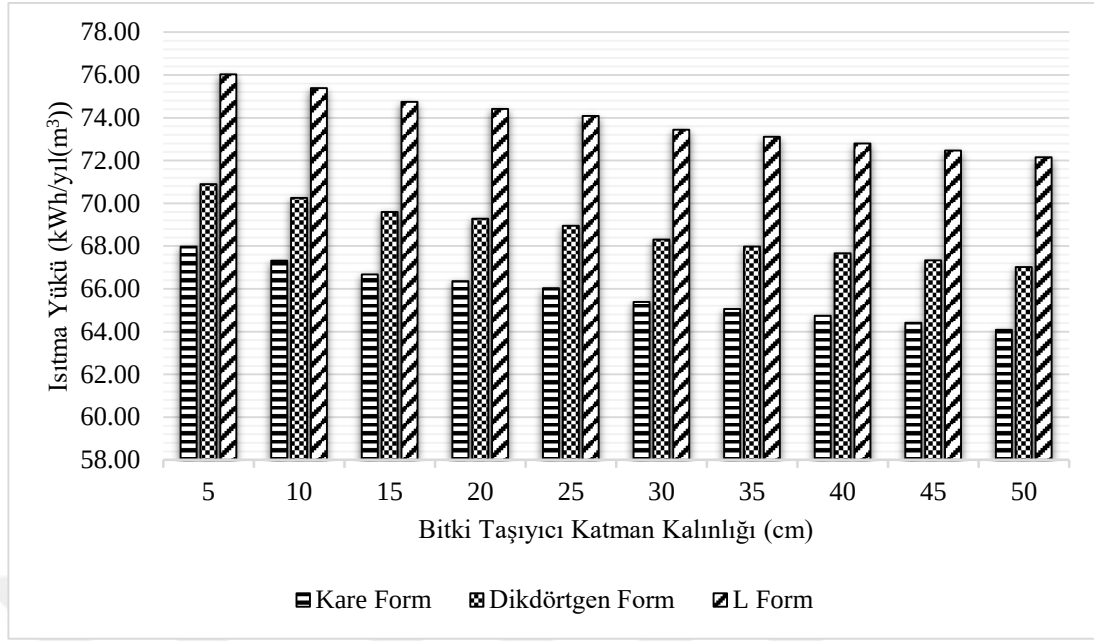
Şekil 4.13. Elazığ ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Duvar tipinin değerlendirilmesini amaçlayan hesaplamalara sandviç duvar tipi dahil edilmesiyle ortaya çıkan sonuçlar Şekil 4.14'te belirtilerek açıklanmaktadır. Kare formlu örnek binada ısıtma yükü hesabı yapıldığında bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 53.26 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 51.71 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 50.16 kWh/yıl(m³) olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada gerekli ısıtma enerjisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 55.36 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 53.81 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 52.26 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır. L formlu örnek binada ısıtma için gerekli enerji bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 59.14 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 57.60 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 56.05 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir.



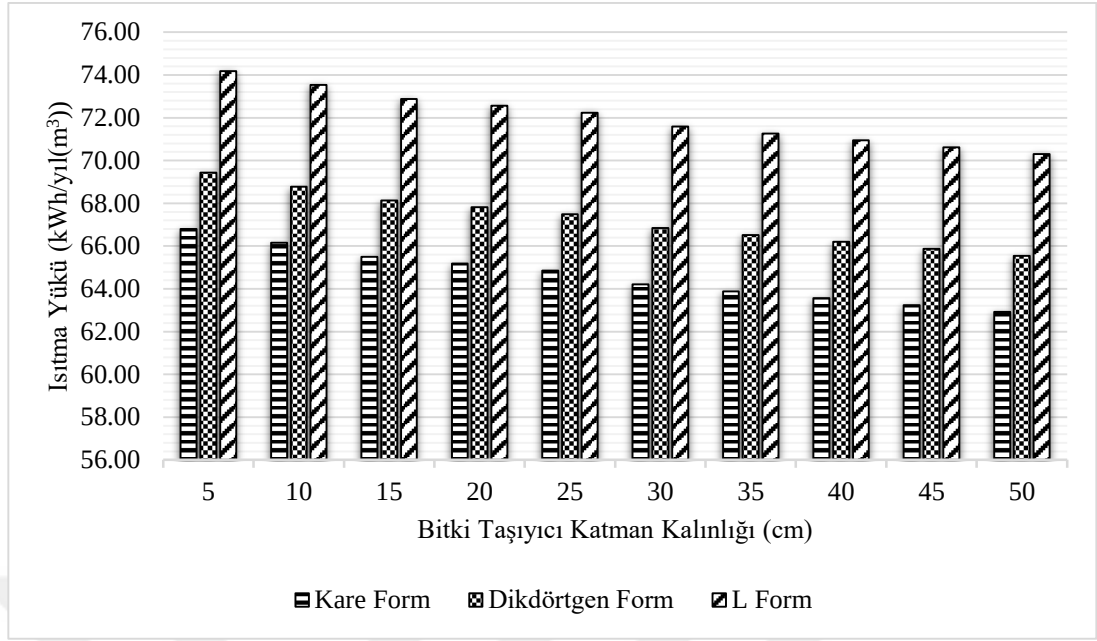
Şekil 4.14. Elazığ ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Kayseri ili dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılarak değerlendirildiğinde edinilen bulgular Şekil 4.15'te gösterilmektedir. Veriler doğrultusunda kare formulu örnek binada gerekli ısıtma enerjisi hesabı ile bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 67.97 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 66.03 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 64.09 kWh/yıl(m³) olduğu belirlenmiştir. Dikdörtgen formulu örnek binada ısıtma enerjisi için gerekli miktar bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 70.89 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 68.95 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 67.01 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır. L formulu örnek binada ısıtma yükü hesaplaması bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 76.03 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 74.09 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 72.15 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir.



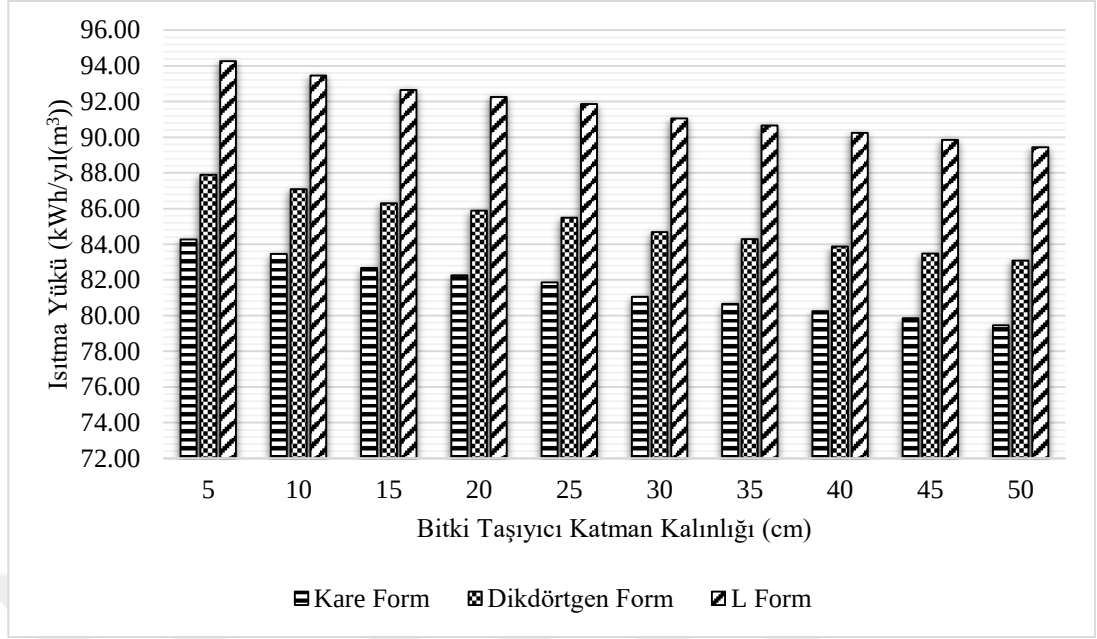
Şekil 4.15. Kayseri ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Sandviç duvar tipinin kullanılması sonucu elde edilen veriler Şekil 4.16’da belirtilmektedir. Buna göre kare formulu örnek binada ısıtma enerjisi için gerekli miktar bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 66.80 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 64.86 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 62.92 kWh/yıl(m³) olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formulu örnek binada ısıtma yükü hesaplandığında bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 69.43 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 67.49 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 65.55 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir. L formulu örnek binada gerekli ısıtma yükü hesabına göre bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 74.18 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 72.24 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 70.30 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır.



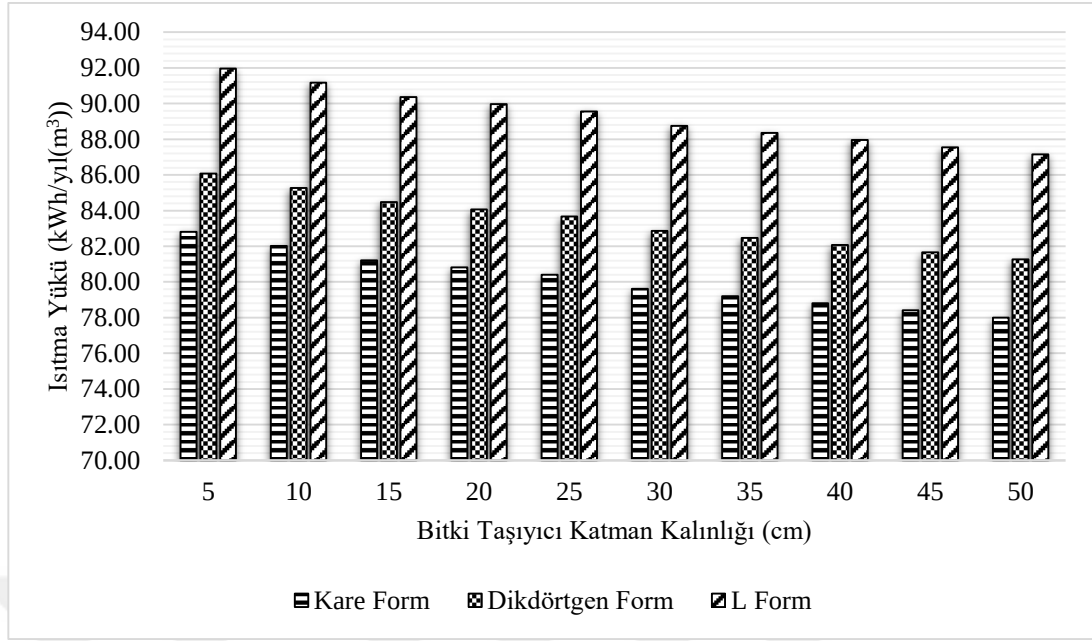
Şekil 4.16. Kayseri ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Erzurum ili değerlendirildiğinde dıştan yalıtımlı duvar tipinin kullanılmasıyla yapılan hesaplama sonuçları Şekil 4.17’de belirtilerek açıklanmaktadır. Kare formulu örnek binada ısıtma enerjisi ihtiyacı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 84.27 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 81.86 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 79.46 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formulu örnek binada yapılan ısıtma yükü hesabına göre bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 87.89 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 85.49 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 83.08 kWh/yıl(m³) olarak belirlenmiştir. L formulu örnek binada ısıtma için gerekli enerji miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 94.26 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 91.85 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 89.45 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.17. Erzurum ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

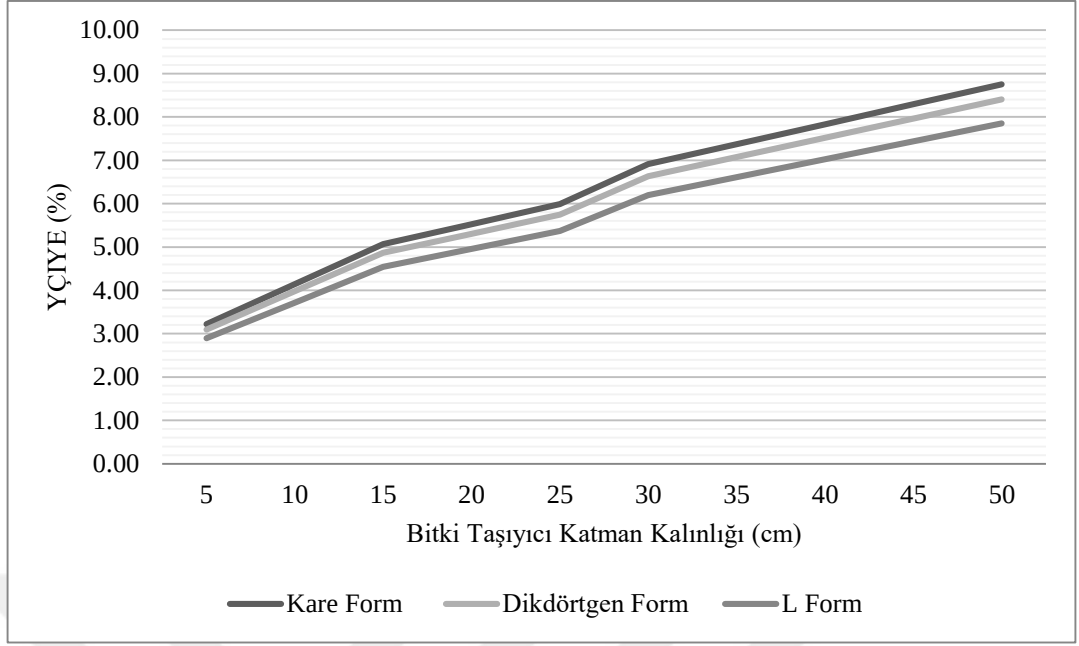
Duvar tipi bileşeninin ele alınması sebebiyle sandviç duvar tipinin kullanılması ile edinilen veriler Şekil 4.18’de gösterilmektedir. Kare formulu örnek binada gerekli ısıtma enerjisi miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 82.82 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 80.41 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 78.00 kWh/yıl(m³) olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formulu örnek binada ısıtma için gerekli enerji hesaplamasına göre bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 86.08 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 83.67 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 81.26 kWh/yıl(m³) olarak elde edilmiştir. L formulu örnek binada ısıtma enerjisi ihtiyacı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 91.97 kWh/yıl(m³), 25 cm olduğunda 89.56 kWh/yıl(m³), 50 cm olduğunda 87.15 kWh/yıl(m³) olarak belirlenmiştir.



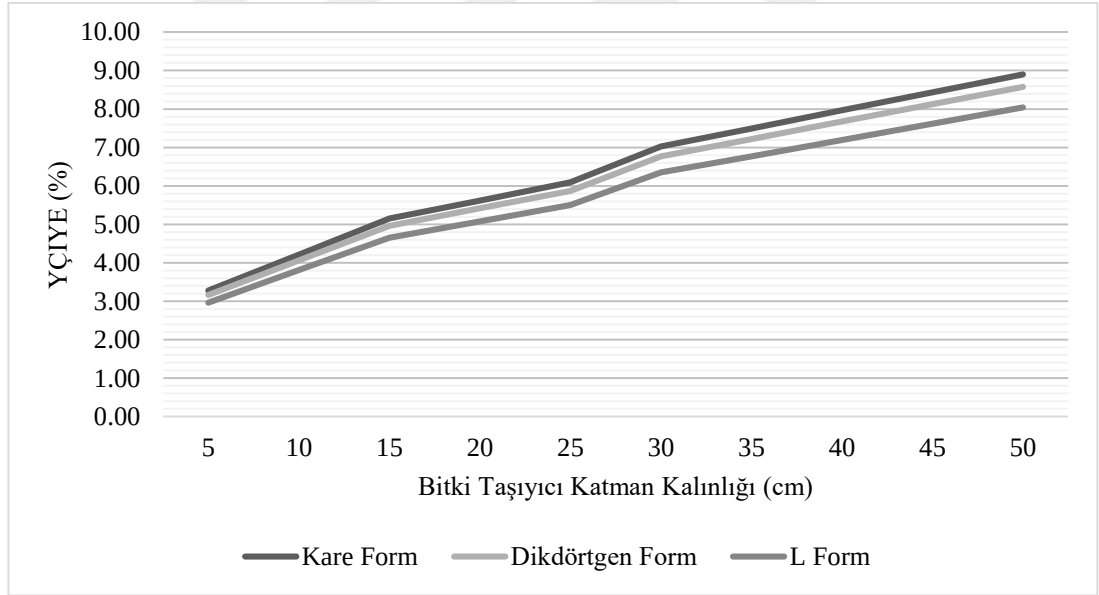
Şekil 4.18. Erzurum ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait ısıtma yükleri

Yeşil teras çatılı örnek binalar için yapılan hesaplamalar sonucu ısıtma yükleri karşılaştırıldığında örnek kare formlu binalarda en az, L formlu binalarda en fazla olduğu görülmektedir. Sandviç duvar tipi kullanılan binaların, dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılan binalara göre daha az ısıtma enerjisi ihtiyacı olduğu belirlenmektedir. Derece gün bölgeleri ele alındığında ısıtma yükünün 1. derece gün bölgesinde en az, 5. derece gün bölgesinde ise en fazla olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisi ise standart teras çatı verileri referans alınarak % bazında değerlendirilmiştir. Bitki taşıyıcı katman kalınlığının artışı ile her iki duvar tipinde, tüm bina formlarında ve derece gün bölgelerinde yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisi artmaktadır. Hesaplama yapılırken kullanılan Kazanç Kullanım Faktörünün sıfır çıkması nedeniyle, sonuçlar aynı bitki taşıyıcı katman kalınlığı ve aynı bina formu ele alındığında farklı derece gün bölgelerine göre değişkenlik göstermemektedir. Yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi (YÇIYE) incelenen iller kapsamında belirlenerek, farklı bina formları için ayrı ayrı karşılaştırılması Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.19. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi

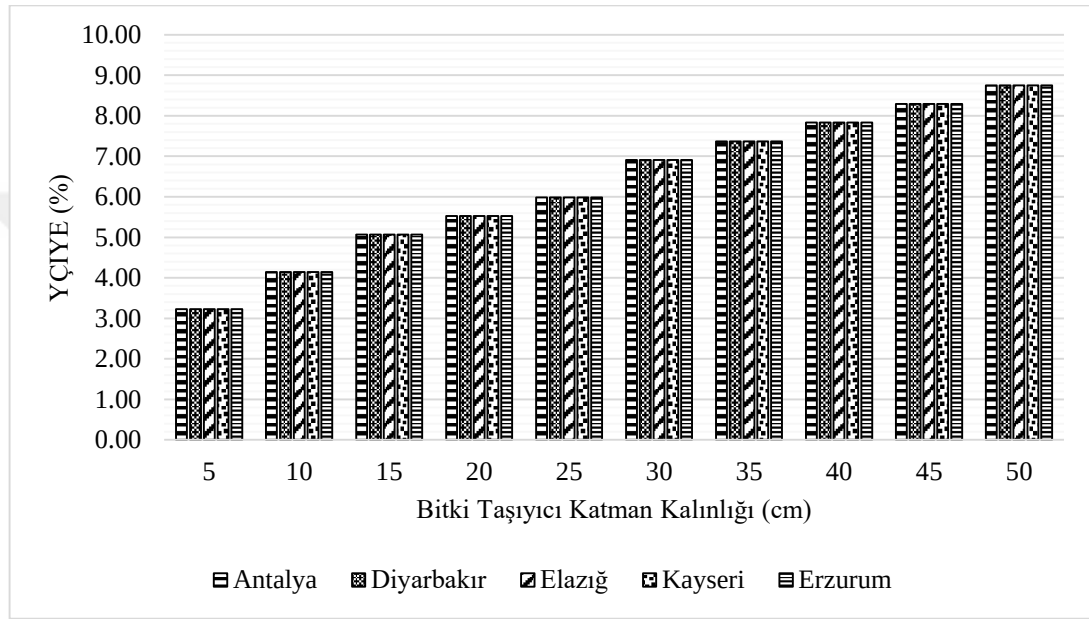


Şekil 4.20. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi

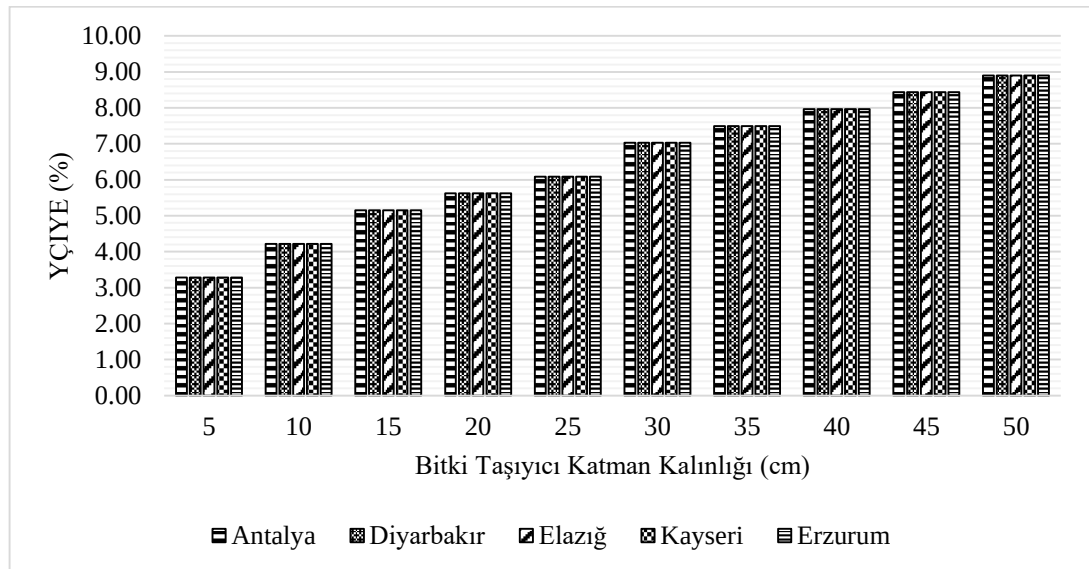
Veriler incelendiğinde bitki taşıyıcı katman kalınlığının tüm illerde yeşil teras çatının bina ısıtma yüküne etkisini arttırdığı görülmektedir. Fakat bu artış doğrusal değil değişken bir artış olup 5-15 cm ve 25-30 cm aralıklarında diğer aralıklara göre daha farklı bir yükseliş göstermektedir. Bu nedenle yeşil çatının bitki taşıyıcı katman

kalınlığı belirlenirken, maksimum verimin sağlanabilmesi amacıyla ilgili verilerin dikkate alınması önem arz etmektedir.

Tüm illerde standart teras çatılı ve yeşil çatılı örnek binaların yıllık ısıtma enerjisi miktarları birbirinden farklı olmasına rağmen yeşil çatı faktörünün ısıtma yüküne etkisi açısından farklılık olmadığı, kare formu binaların karşılaştırılması örneği ile Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de belirtilmiştir.



Şekil 4.21. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek kare formu binalarda yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi



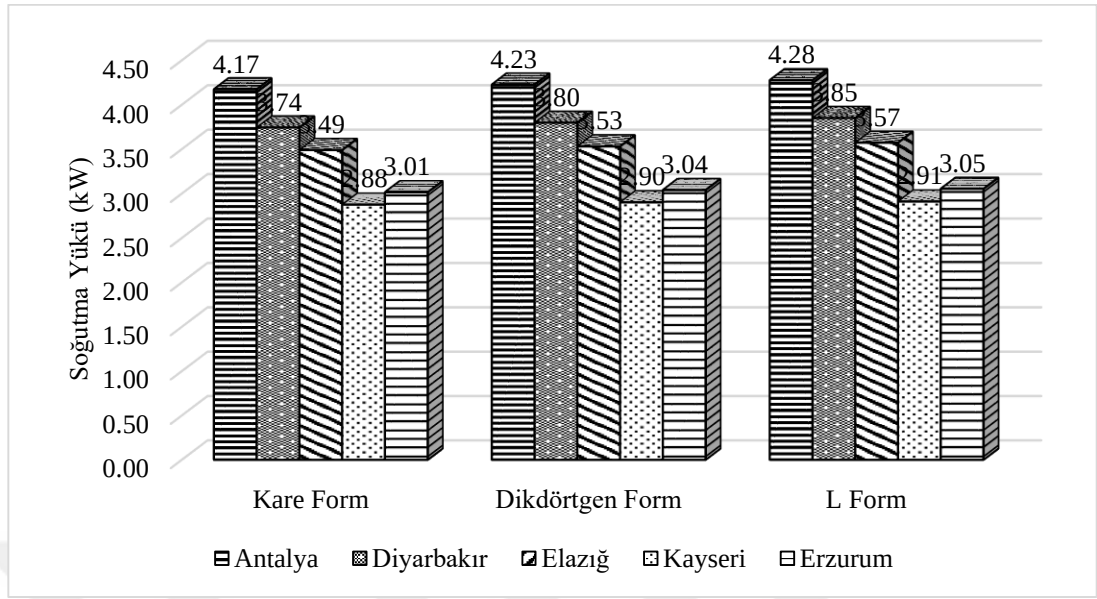
Şekil 4.22. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek kare formu binalarda yeşil çatının ısıtma yüküne etkisi

Elde edilen verilere göre dıştan yalıtımlı duvar tipi değerlendirildiğinde yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisi kare formlu örnek binada bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.22, 25 cm olduğunda %5.99, 50 cm olduğunda %8.75 olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.10, 25 cm olduğunda %5.75, 50 cm olduğunda %8.40 olarak hesaplanmıştır. L formlu örnek binada bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %2.89, 25 cm olduğunda %5.37, 50 cm olduğunda %7.85 olarak elde edilmiştir.

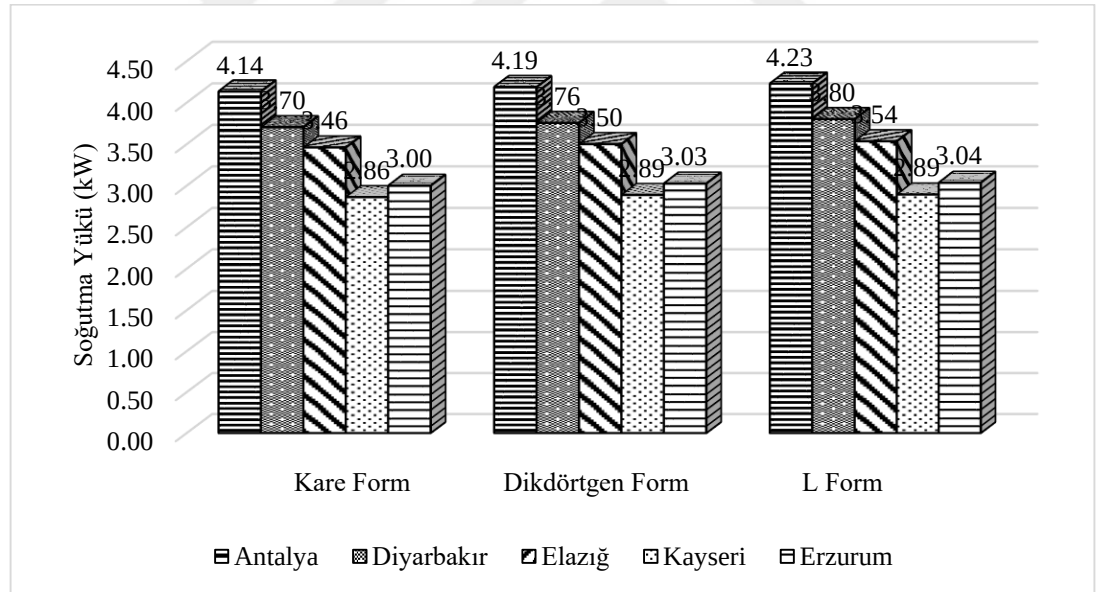
Duvar tipi değiştirilerek sandviç duvar elemanı kullanıldığında ise kare formlu örnek binada yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.28, 25 cm olduğunda %6.09, 50 cm olduğunda %8.90 olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formlu örnek binada ise bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.16, 25 cm olduğunda %5.87, 50 cm olduğunda %8.57 olarak elde edilmiştir. L formlu örnek binada yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %2.96, 25 cm olduğunda %5.50, 50 cm olduğunda %8.04 olarak belirlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisinin en fazla kare formlu ve sandviç duvar tipi kullanılan binalarda, en az L formlu ve dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılan binalarda olduğu anlaşılmıştır.

4.2 Yeşil Çatının Bina Soğutma Yüküne Etkisinin Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı Yöntemi İle Değerlendirilmesi

Farklı derece gün bölgelerinde bulunan Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illerine ait iklimsel veriler kullanılarak örnek binaların Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı (CLTD) yöntemi ile son on yılın 21 Temmuz günlerinin en yüksek sıcaklık değerlerinin ortalamasına göre soğutma yükleri hesaplanmıştır [6]. Bu veriler doğrultusunda standart teras çatı ve farklı formdaki binaların soğutma yükleri Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te gösterilmiş ve yüzey alanı arttıkça tüm illerde soğutma yükünün arttığı bilgisine erişilmiştir. Ayrıca duvar tipi değiştirilerek kullanılan malzeme kalınlıklarının bina soğutma yükü üzerindeki etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.23. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, standart teras çatılı, dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek bina formlarına ait soğutma yükleri

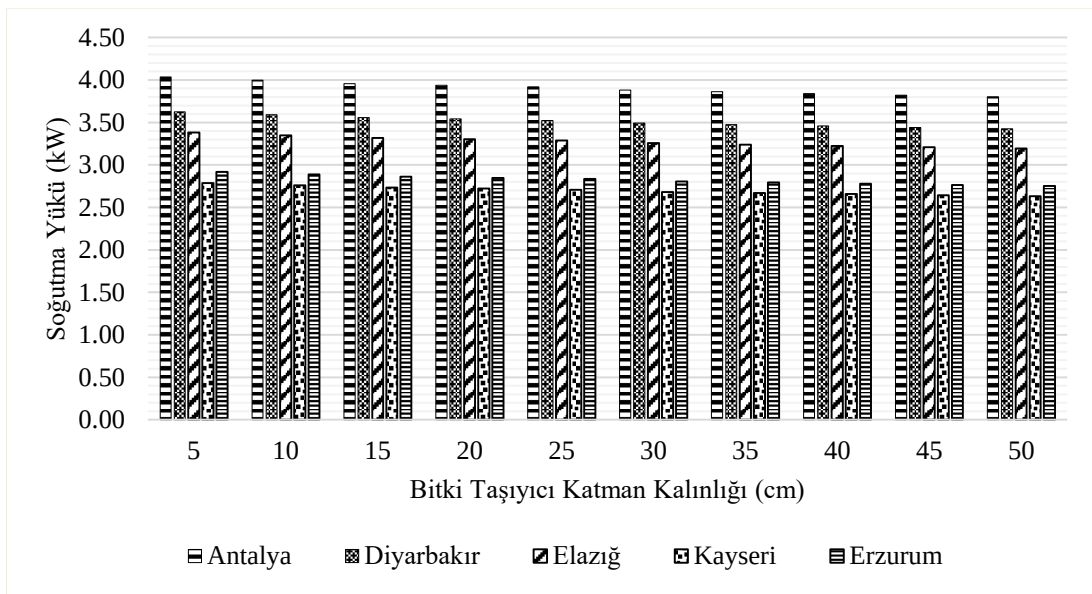


Şekil 4.24. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, standart teras çatılı, sandviç duvar kullanılan örnek bina formlarına ait soğutma yükleri

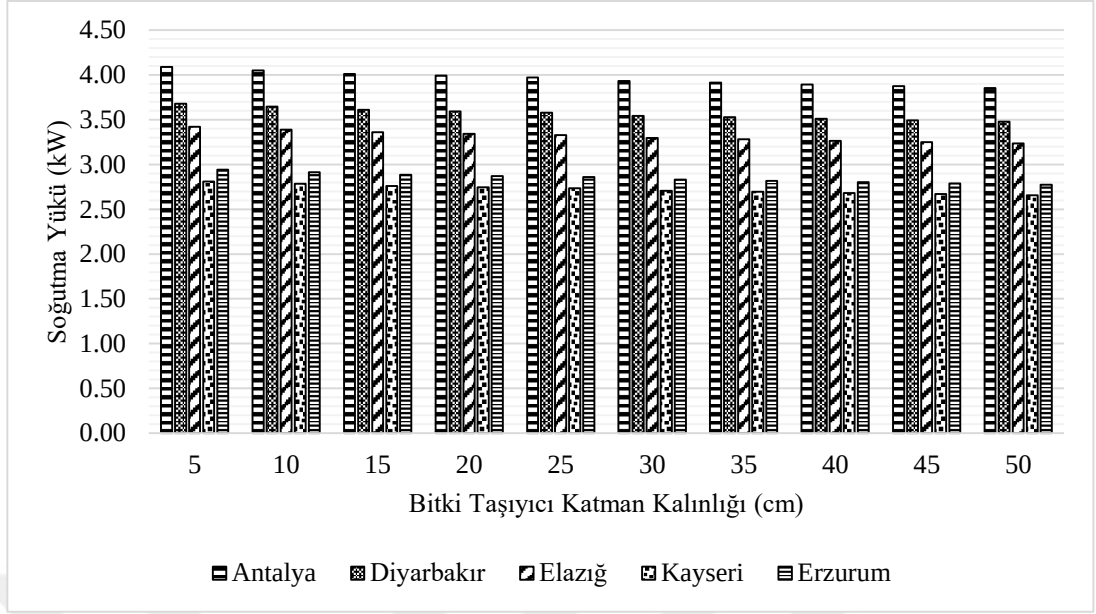
Veriler incelendiğinde her iki duvar tipinde de 1. derece gün bölgesinden 5. derece gün bölgesine doğru gidildikçe 21 Temmuz günü için hesaplanan soğutma yükü miktarında azalış gözlemlenmiştir. Ancak 4. ve 5. derece gün bölgeleri arasında iklimsel verilerden dolayı bir farklılık tespit edilmiştir. Nem/sıcaklık oranı olarak

ifade edilen LF değeri 5. derece gün bölgesinde, 4. derece gün bölgesine göre daha yüksek olduğu için bina soğutma yükü miktarını da değiştirmiştir. Buna göre Erzurum ilindeki örnek binaların 21 Temmuz günü için hesaplanan soğutma yükü miktarı, Kayseri ilindeki örnek binaların 21 Temmuz günü için hesaplanan soğutma yükü miktarından fazladır. Örneğin kare formülü dıştan yalıtımlı standart teras çatıya sahip bina 21 Temmuz günü için, Antalya ilinde 4.17 kW, Diyarbakır ilinde 3.74 kW, Elazığ ilinde 3.49 kW, Kayseri ilinde 2.88 kW ve Erzurum ilinde 3.01 kW soğutma yüküne sahiptir. Yapı yüzey alanı arttıkça soğutma enerjisi ihtiyacının arttığı görülmüştür. Duvar tipi ele alındığında ise sandviç duvar kullanılan bina örneklerinin dıştan yalıtımlı duvar kullanılan bina örneklerine oranla daha az soğutma yükünün olduğu tespit edilmiştir. Antalya ilinde kare formülü dıştan yalıtımlı duvar kullanılan bina örneği 4.17 kW soğutma yüküne sahipken, aynı ilde aynı formda sandviç duvar kullanılan bina örneği 4.14 kW soğutma yüküne sahiptir.

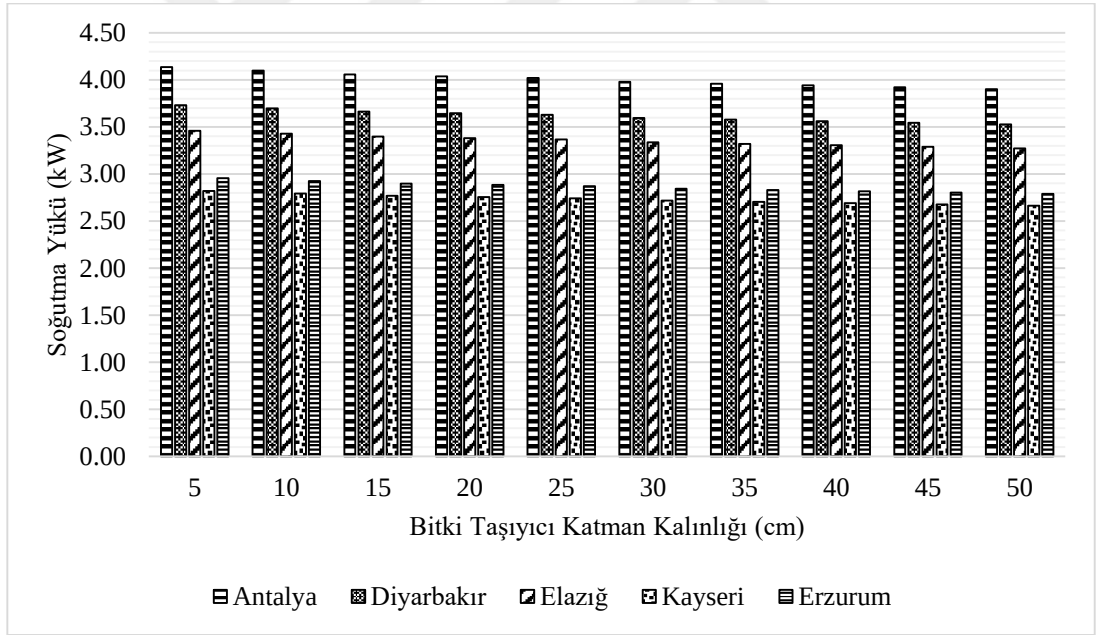
Yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisinin incelenebilmesi amacıyla farklı kalınlıklarda bitki taşıyıcı katman kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Böylelikle yeşil çatının farklı derece gün bölgelerine, bitki taşıyıcı katman kalınlığına, bina formuna ve duvar tipine göre soğutma yükü performansı değerlendirilmiştir. Örnek bina formlarının dıştan yalıtımlı duvar kullanılarak illere göre Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27’de 21 Temmuz gününe ait soğutma yükleri verilmiştir.



Şekil 4.25. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek kare formülü binalara ait soğutma yükleri

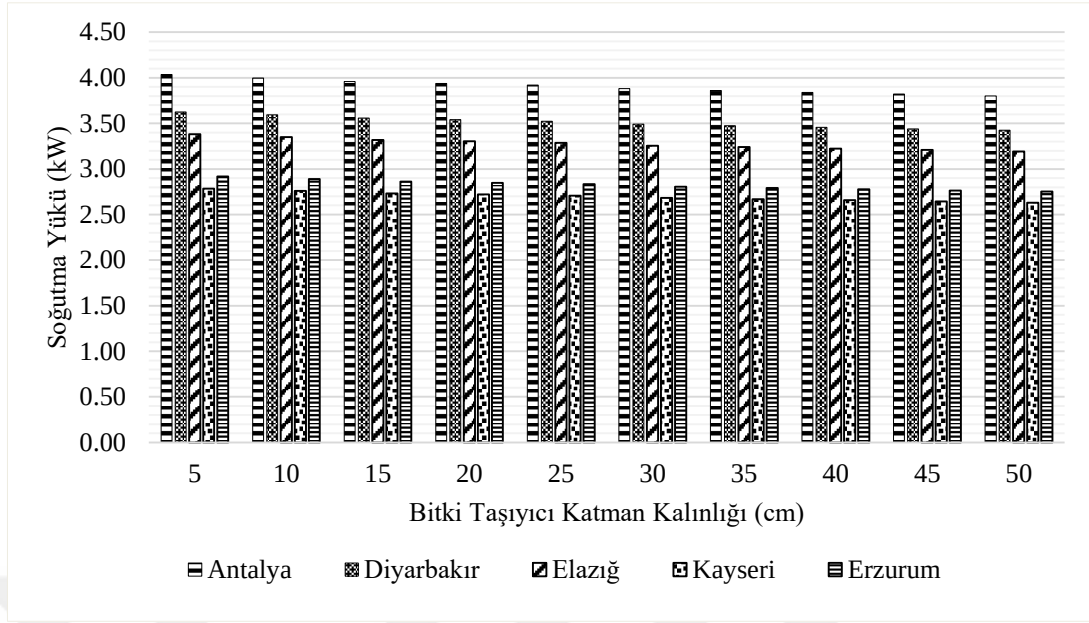


Şekil 4.26. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek dikdörtgen formlu binalara ait soğutma yükleri

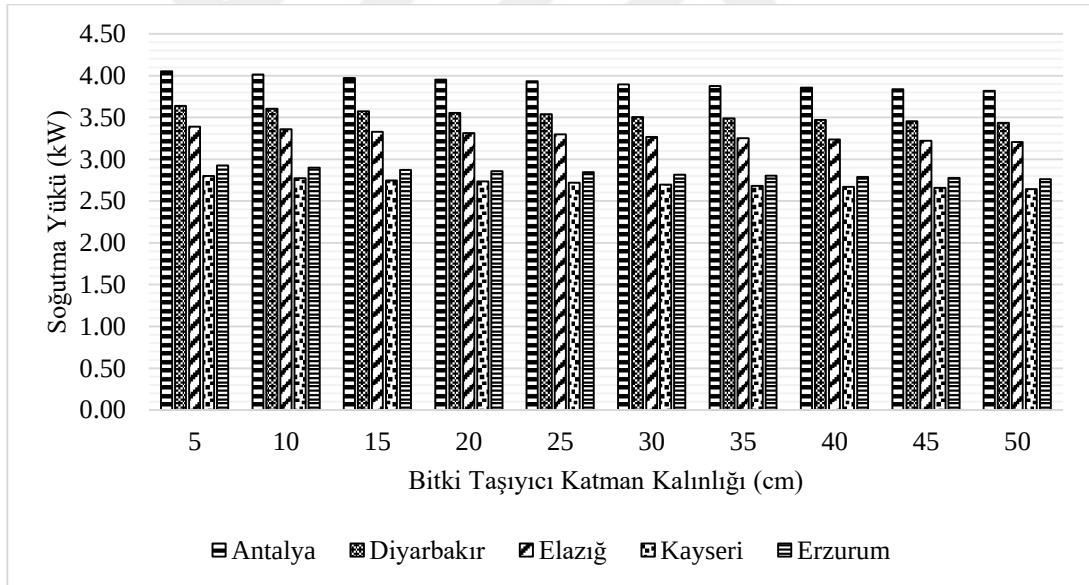


Şekil 4.27. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek L formu binalara soğutma yükleri

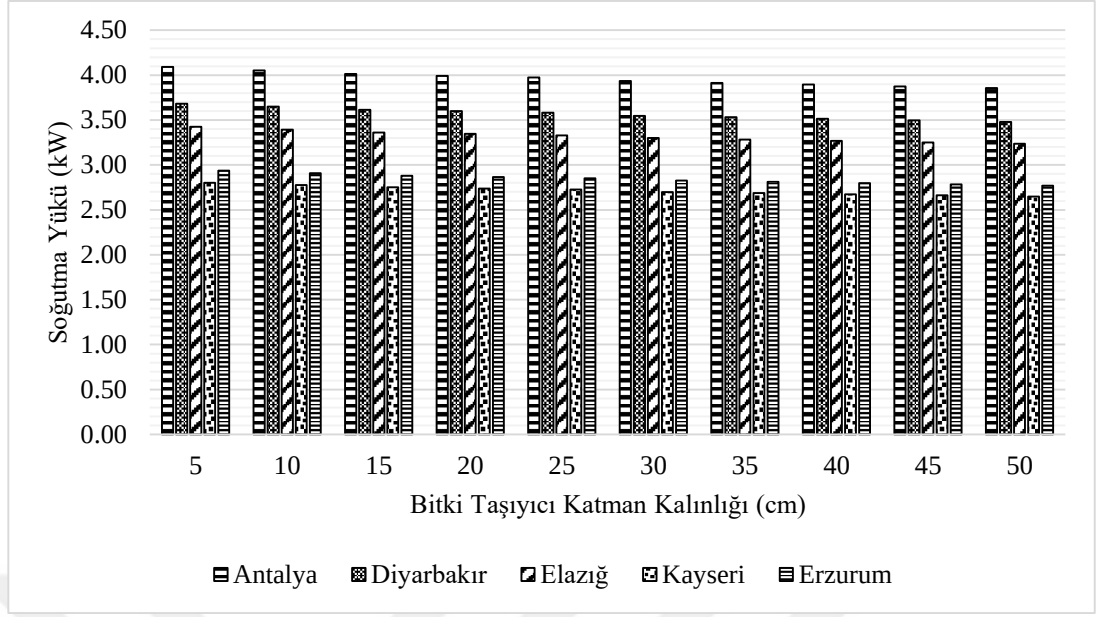
Duvar tipi değiştirilerek sandviç duvar kullanılması sonucu elde edilen veriler Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek kare formulu binalara ait soğutma yükleri

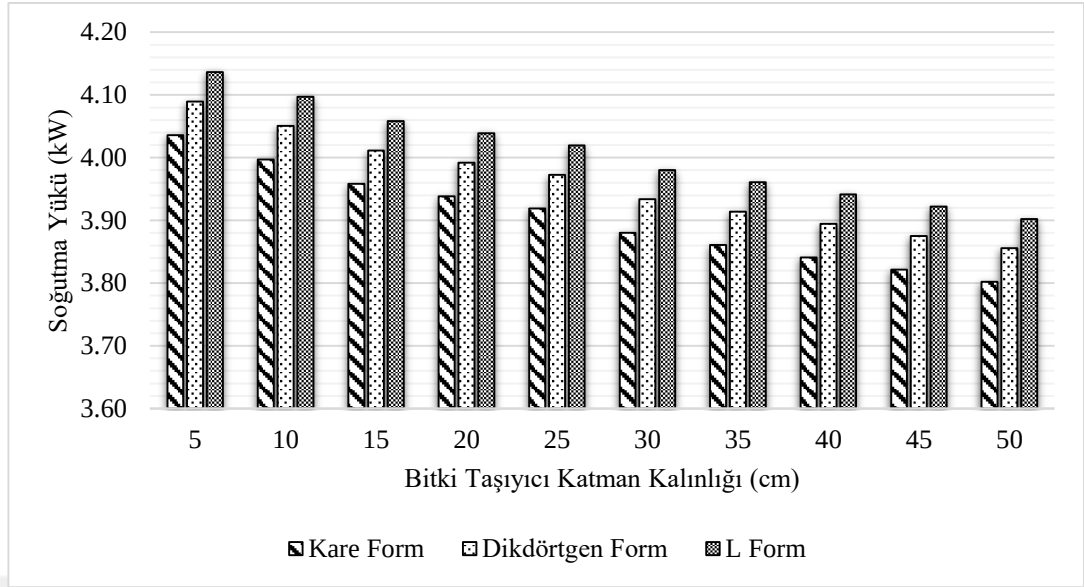


Şekil 4.29. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek dikdörtgen formulu binalara ait soğutma yükleri



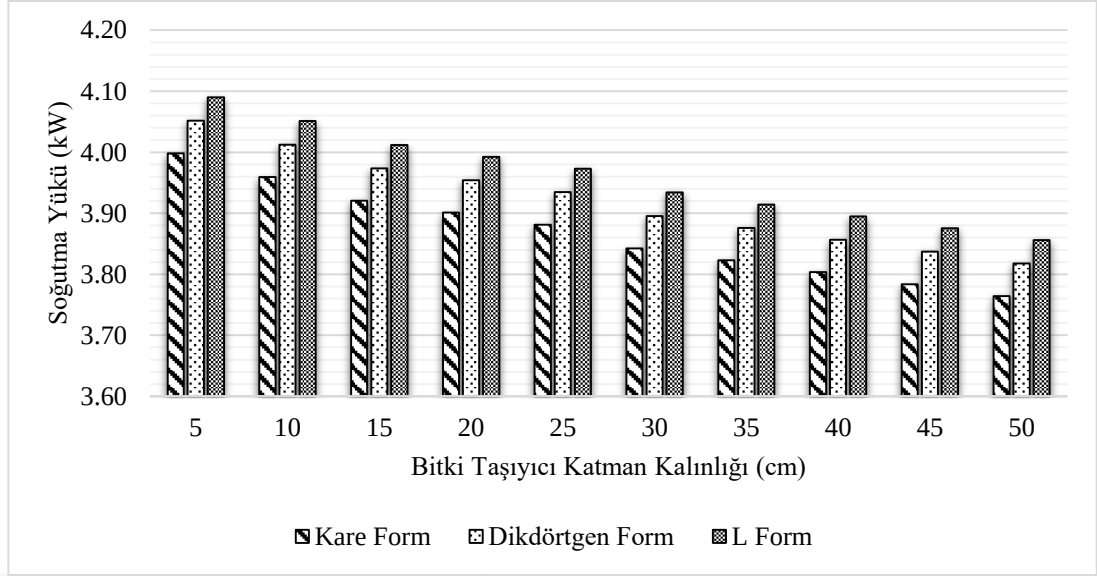
Şekil 4.30. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek L formu binalara ait soğutma yükleri

Antalya ilinde dıştan yalıtımlı duvar kullanılarak değerlendirildiğinde elde edilen veriler Şekil 4.31’de belirtilmektedir. Kare formu örnek binada soğutma yükü bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 4.04 kW, 25 cm olduğunda 3.92 kW, 50 cm olduğunda 3.80 kW olarak elde edilmiştir. Dikdörtgen formu örnek binada gerekli soğutma enerjisi miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 4.09 kW, 25 cm olduğunda 3.97 kW, 50 cm olduğunda 3.86 kW olarak belirlenmiştir. L formu örnek binada soğutma için hesaplanan enerji bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 4.14 kW, 25 cm olduğunda 4.02 kW, 50 cm olduğunda 3.90 kW olarak hesaplanmıştır.



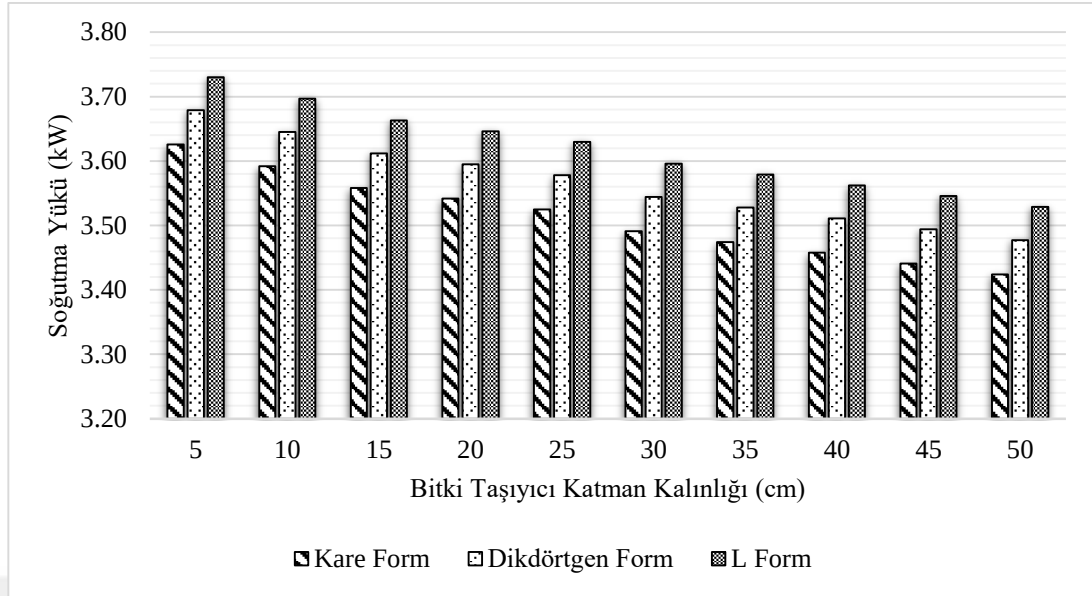
Şekil 4.31. Antalya ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Duvar tipi ele alınarak sandviç duvar bileşeni hesaplamalar dahil edildiğinde ortaya çıkan veriler Şekil 4.32’de gösterilmektedir. Kare formlu örnek binada soğutma enerjisi için yapılan hesaplama sonucu bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 4.00 kW, 25 cm olduğunda 3.88 kW, 50 cm olduğunda 3.76 kW olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada gerekli soğutma yükü bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 4.05 kW, 25 cm olduğunda 3.93 kW, 50 cm olduğunda 3.82 kW olarak hesaplanmıştır. L formlu örnek binada yapılan soğutma enerjisi hesabına göre bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 4.09 kW, 25 cm olduğunda 3.97 kW, 50 cm olduğunda 3.86 kW olarak elde edilmiştir.



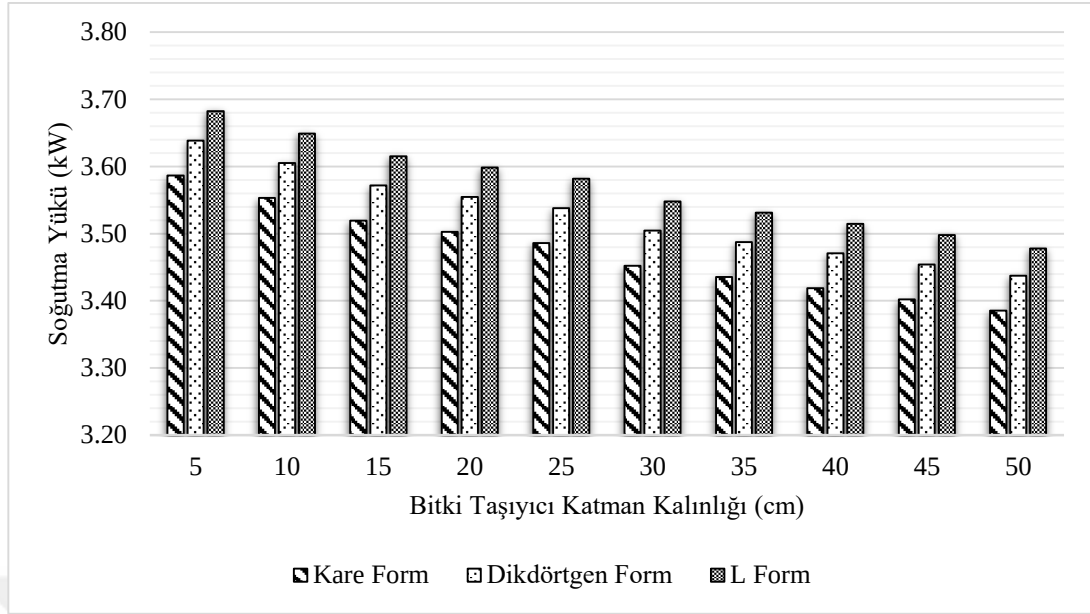
Şekil 4.32. Antalya ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Diyarbakır ilinde dıştan yalıtımlı duvar kullanıldığında elde edilen veriler Şekil 4.33'te belirtilmektedir. Kare örnek binada soğutma enerjisi ihtiyacı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.63 kW, 25 cm olduğunda 3.52 kW, 50 cm olduğunda 3.42 kW olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formlu örnek binada gerekli soğutma enerjisi miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.68 kW, 25 cm olduğunda 3.58 kW, 50 cm olduğunda 3.48 kW olarak elde edilmiştir. L formlu örnek binada yapılan hesaplar soğutma yükünün bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.73 kW, 25 cm olduğunda 3.63 kW, 50 cm olduğunda 3.53 kW olarak belirlenmiştir.



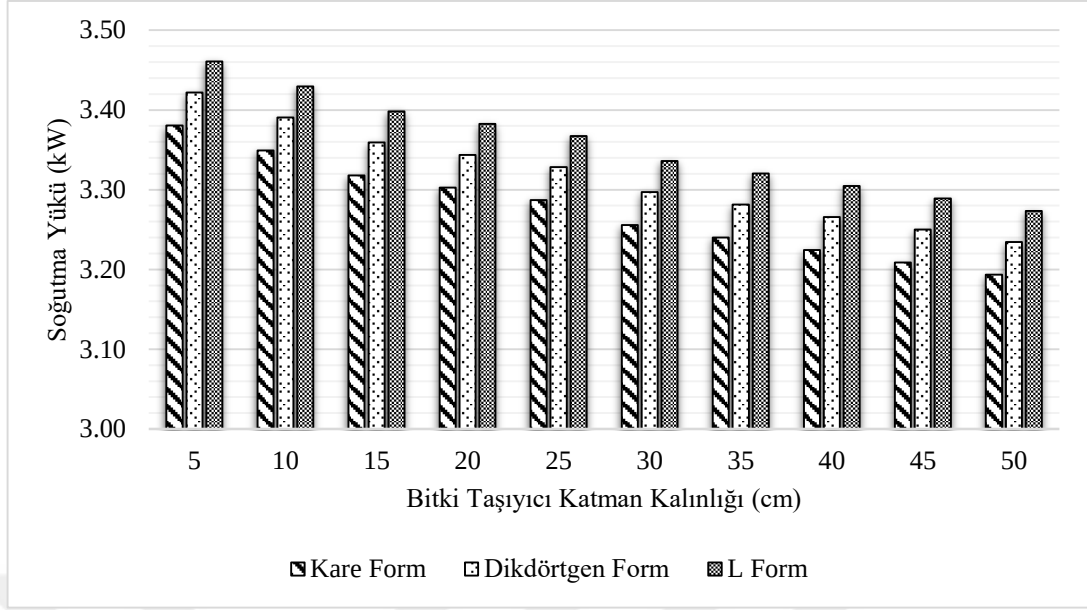
Şekil 4.33. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Sandviç duvar kullanılarak duvar tipinin soğutma yükü üzerindeki değişimi ise Şekil 4.34’te gösterilmektedir. Kare örnek binada gerekli soğutma enerjisi miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.59 kW, 25 cm olduğunda 3.49 kW, 50 cm olduğunda 3.39 kW olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formu örnek soğutma için istenen enerjinin binada bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.64 kW, 25 cm olduğunda 3.54 kW, 50 cm olduğunda 3.44 kW olarak hesaplanmıştır. L formu örnek binada soğutma yükünün bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.68 kW, 25 cm olduğunda 3.58 kW, 50 cm olduğunda 3.48 kW olarak elde edilmiştir.



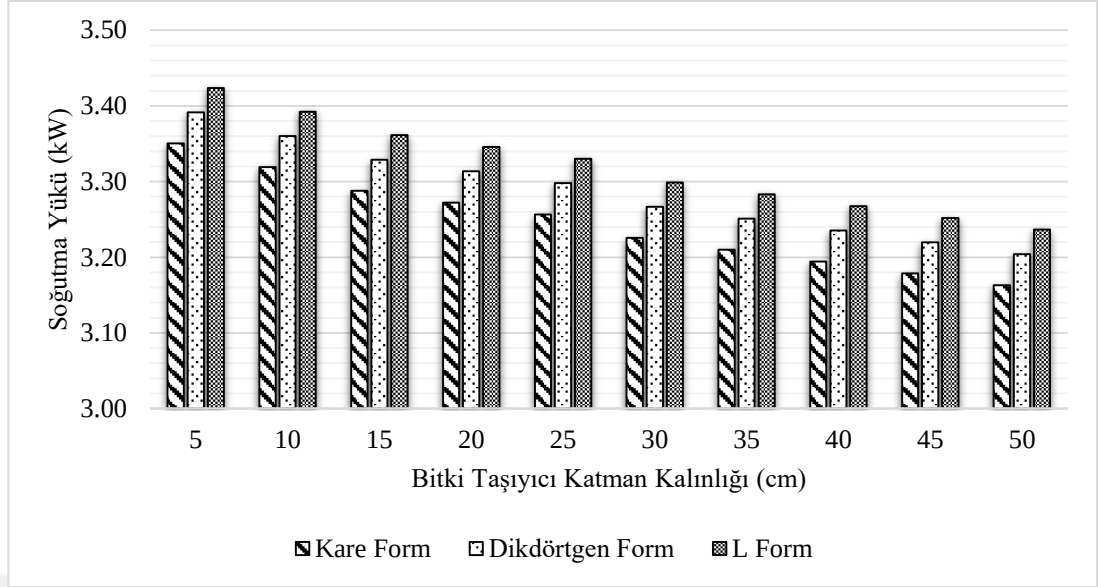
Şekil 4.34. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Elazığ ilinde dıştan yalıtımlı duvar kullanılarak değerlendirildiğinde ortaya çıkan bulgular Şekil 4.35'te verilmektedir. Buna göre kare formlu örnek binada soğutma yükü hesaplamalarına göre bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.38 kW, 25 cm olduğunda 3.29 kW, 50 cm olduğunda 3.19 kW olarak elde edilmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada gerekli soğutma enerjisi miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.42 kW, 25 cm olduğunda 3.33 kW, 50 cm olduğunda 3.23 kW olarak belirlenmiştir. L formlu örnek binada soğutma için istenen enerji bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.46 kW, 25 cm olduğunda 3.37 kW, 50 cm olduğunda 3.27 kW olarak hesaplanmıştır.



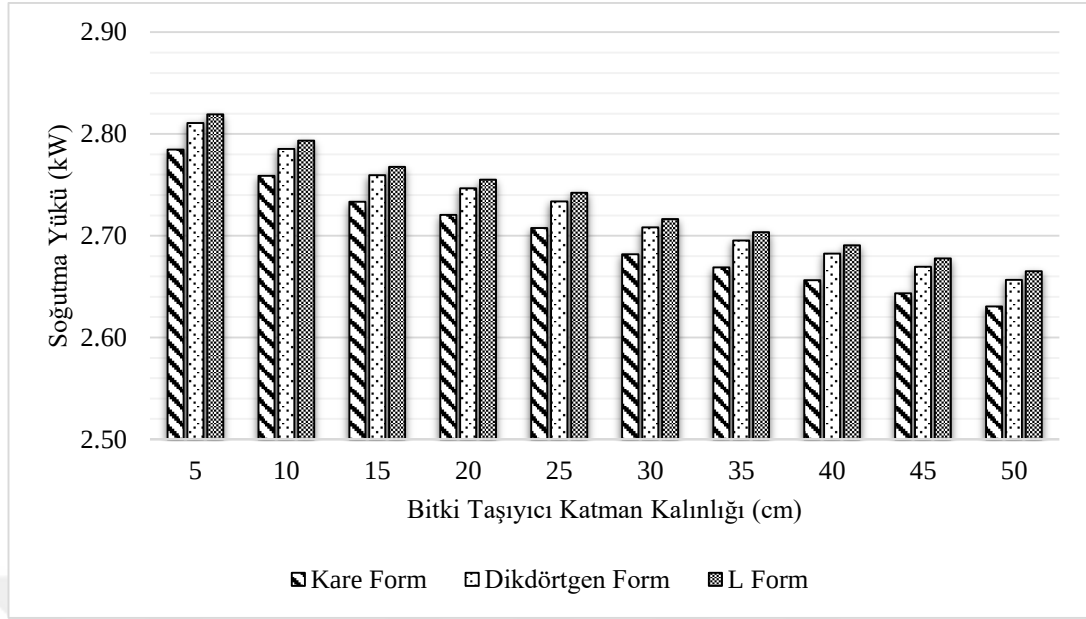
Şekil 4.35. Elazığ ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Duvar tipinin değiştirilmesi sonucu sandviç duvar bileşenin kullanıldığı hesaplama çıktıları açıklanarak Şekil 4.36'da gösterilmektedir. Kare formulu örnek binada soğutma yükü hesaplandığında bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.35 kW, 25 cm olduğunda 3.26 kW, 50 cm olduğunda 3.16 kW olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formulu örnek binada gerekli soğutma enerjisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.39 kW, 25 cm olduğunda 3.30 kW, 50 cm olduğunda 3.20 kW olarak hesaplanmıştır. L formulu örnek binada ihtiyaç duyulan soğutma enerjisi miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 3.42 kW, 25 cm olduğunda 3.33 kW, 50 cm olduğunda 3.24 kW olarak elde edilmiştir.



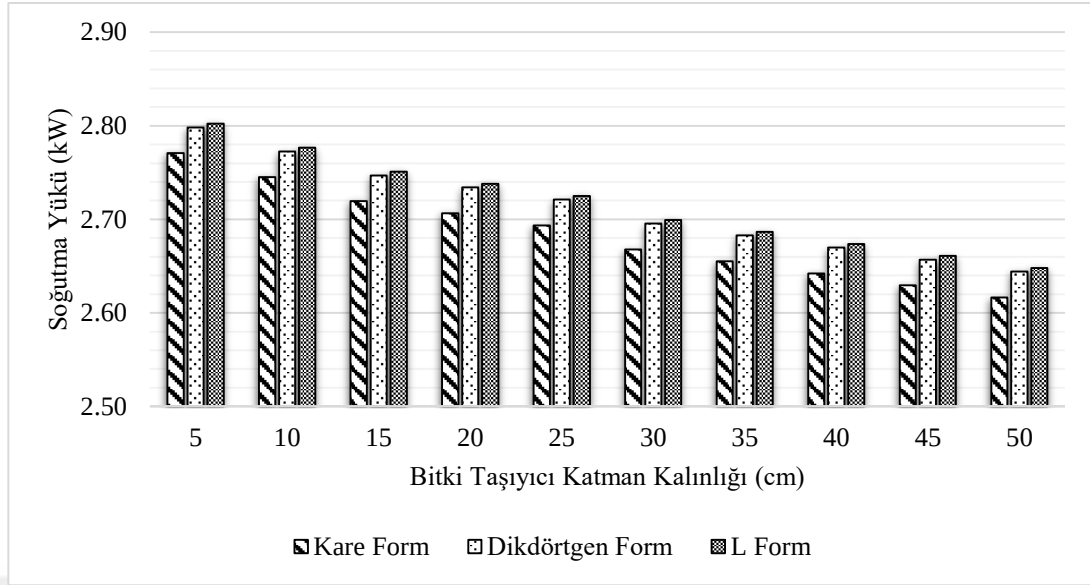
Şekil 4.36. Elazığ ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Kayseri ilinde hesaplamaları yapılırken dıştan yalıtımlı duvar bileşeninin dahil edilmesiyle ortaya çıkan veriler Şekil 4.37’de gösterilmektedir. Kare formulu örnek binada gerekli soğutma enerjisini belirlemek için yapılan hesaplamada bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.78 kW, 25 cm olduğunda 2.71 kW, 50 cm olduğunda 2.63 kW olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formulu örnek binada ihtiyaç duyulan soğutma enerjisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.81 kW, 25 cm olduğunda 2.73 kW, 50 cm olduğunda 2.66 kW olarak elde edilmiştir. L formulu örnek binada ortaya çıkan soğutma yükü bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.82 kW, 25 cm olduğunda 2.74 kW, 50 cm olduğunda 2.67 kW olarak hesaplanmıştır.



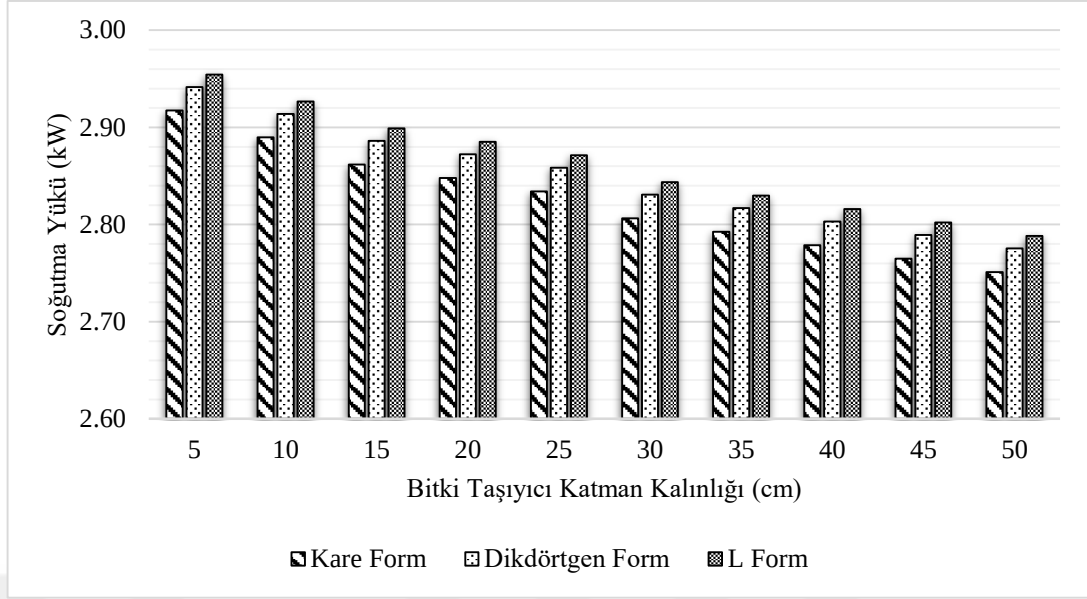
Şekil 4.37. Kayseri ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Sandviç duvar bileşeninin kullanıldığı hesaplama sonuçları açıklanarak Şekil 4.38’de gösterilmektedir. Kare formlu örnek binada soğutma için ihtiyaç duyulan enerji miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.77 kW, 25 cm olduğunda 2.69 kW, 50 cm olduğunda 2.62 kW olarak elde edilmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada gerekli soğutma enerjisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.80 kW, 25 cm olduğunda 2.72 kW, 50 cm olduğunda 2.64 kW olarak belirlenmiştir. L formlu örnek binada soğutma enerjisi ihtiyacı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.80 kW, 25 cm olduğunda 2.73 kW, 50 cm olduğunda 2.65 kW olarak hesaplanmıştır.



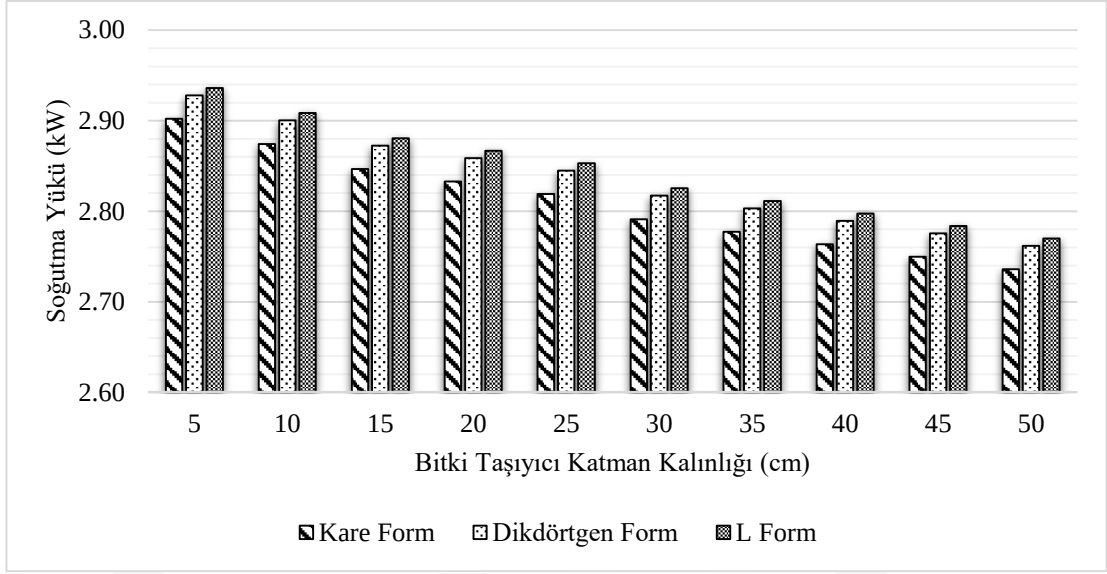
Şekil 4.38. Kayseri ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Erzurum ilinde değerlendirmesinde dıştan yalıtımlı duvar kullanılması ile elde edilen veriler Şekil 4.39’da belirtilmektedir. Buna göre kare formlu örnek binada soğutma enerjisi gereksinimi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.92 kW, 25 cm olduğunda 2.83 kW, 50 cm olduğunda 2.75 kW olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada ısı konforu sağlanması için gerekli soğutma enerjisi miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.94 kW, 25 cm olduğunda 2.86 kW, 50 cm olduğunda 2.78 kW olarak hesaplanmıştır. L formu örnek binada soğutma enerjisi ihtiyacı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.95 kW, 25 cm olduğunda 2.87 kW, 50 cm olduğunda 2.79 kW olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.39. Erzurum ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

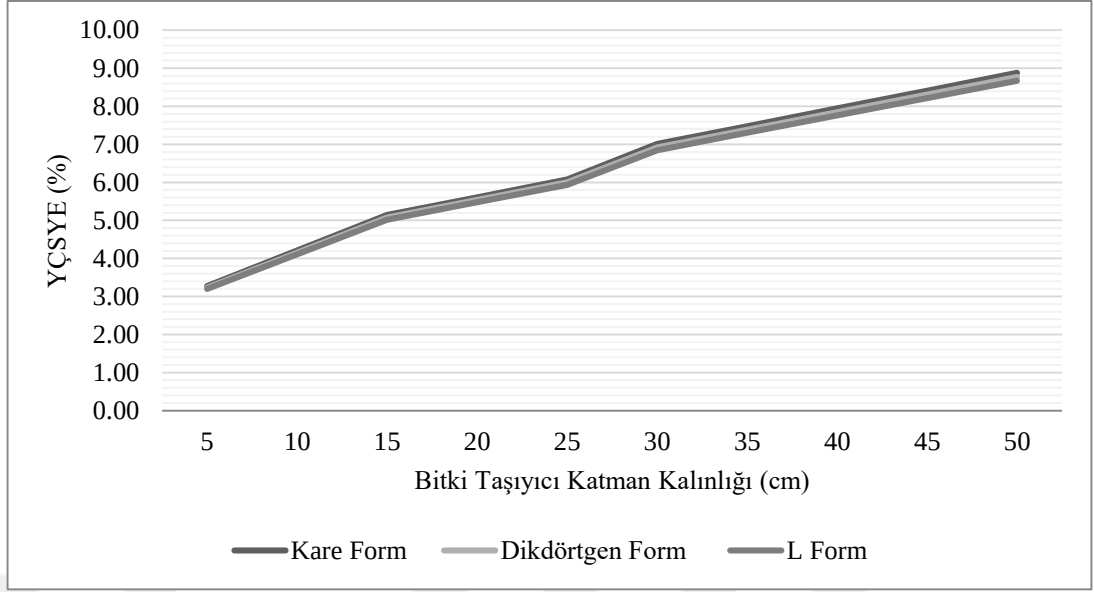
Duvar tipinin soğutma yükü üzerinde oluşturduğu değişim sandviç duvar tipinin kullanıldığı hesaplamalar sonucu Şekil 4.40'ta açıklanarak gösterilmektedir. Kare formulu örnek binada ortaya çıkan soğutma yükü miktarı bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.90 kW, 25 cm olduğunda 2.82 kW, 50 cm olduğunda 2.74 kW olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formulu örnek binada soğutma enerjisi gereksinimi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.93 kW, 25 cm olduğunda 2.84 kW, 50 cm olduğunda 2.76 kW olarak elde edilmiştir. L formulu örnek binada ihtiyaç duyulan soğutma enerjisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda 2.94 kW, 25 cm olduğunda 2.85 kW, 50 cm olduğunda 2.77 kW olarak belirlenmiştir.



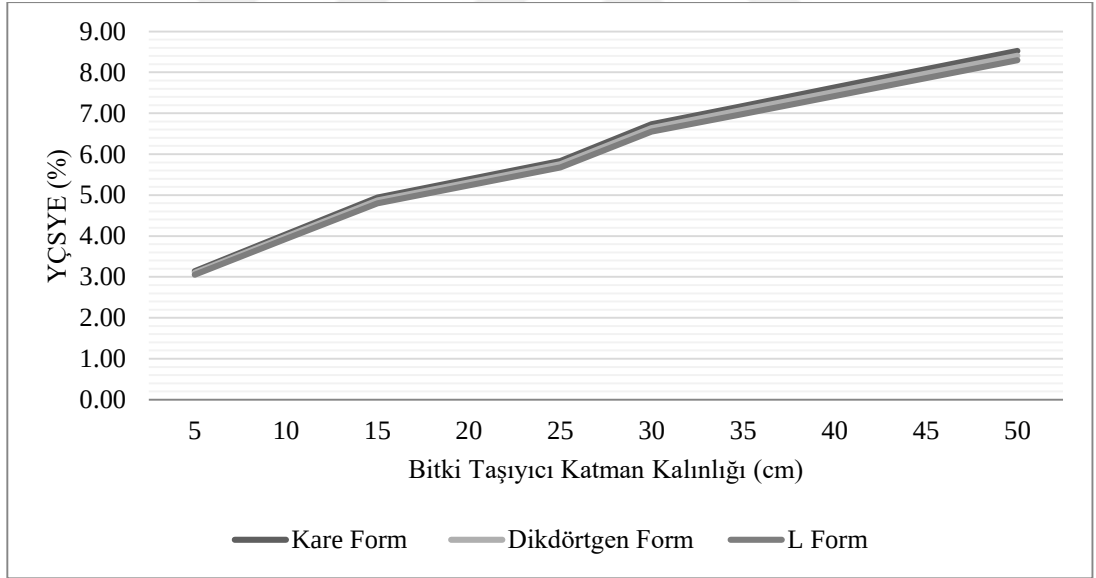
Şekil 4.40. Erzurum ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalara ait soğutma yükleri

Veriler incelendiğinde tüm illerde yeşil çatılı kare formdaki örnek binaların soğutma yükünün en az, L formdaki örnek binaların soğutma yükünün en fazla olduğu görülmektedir. Bitki taşıyıcı katman kalınlığı arttıkça soğutma yükü ihtiyacı azalmaktadır. Isıtma yükünde olduğu gibi soğutma yükünde de sandviç duvar tipi kullanılan bina örnekleri, dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılan bina örneklerine göre daha az soğutma yüküne sahiptir. Soğutma enerjisi ihtiyacı 1. derece gün bölgesinden 5. derece gün bölgesine gidildikçe azalmaktadır ancak 5. derece gün bölgesinin soğutma yükü 4. derece gün bölgesinden fazla olduğu için soğutma enerjisi ihtiyacı en az 4. derece gün bölgesinde olmaktadır.

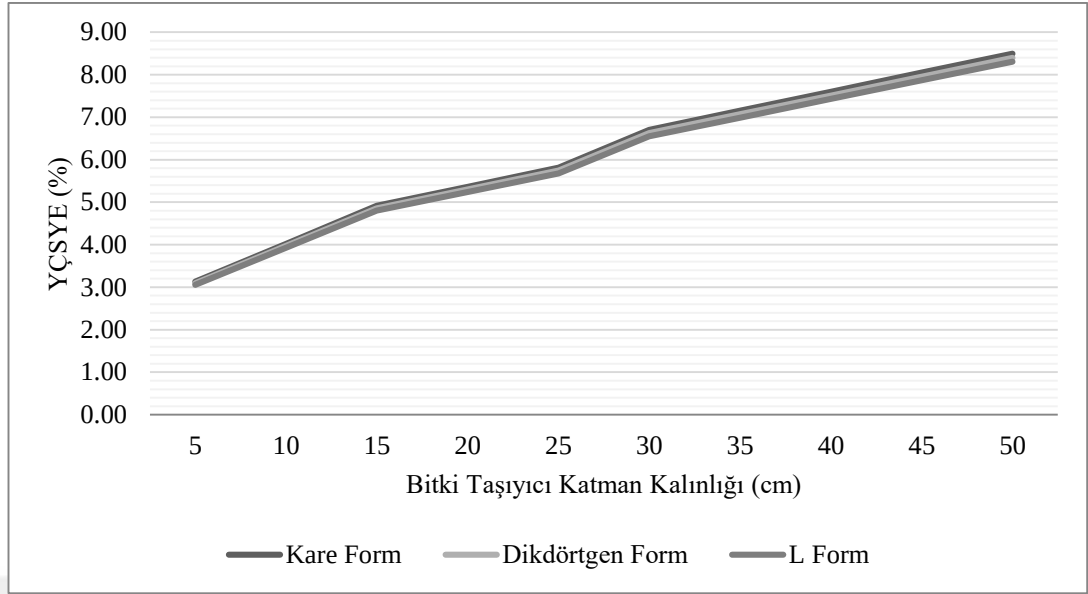
Yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisi ise standart teras çatı verileri referans alınarak % bazında değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler doğrultusunda belirlenen illerde dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılan farklı formlardaki binaların yeşil çatının soğutma yüküne etkisi (YÇSYE) açısından karşılaştırıldığı grafikler Şekil 4.41, Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'te verilmiştir.



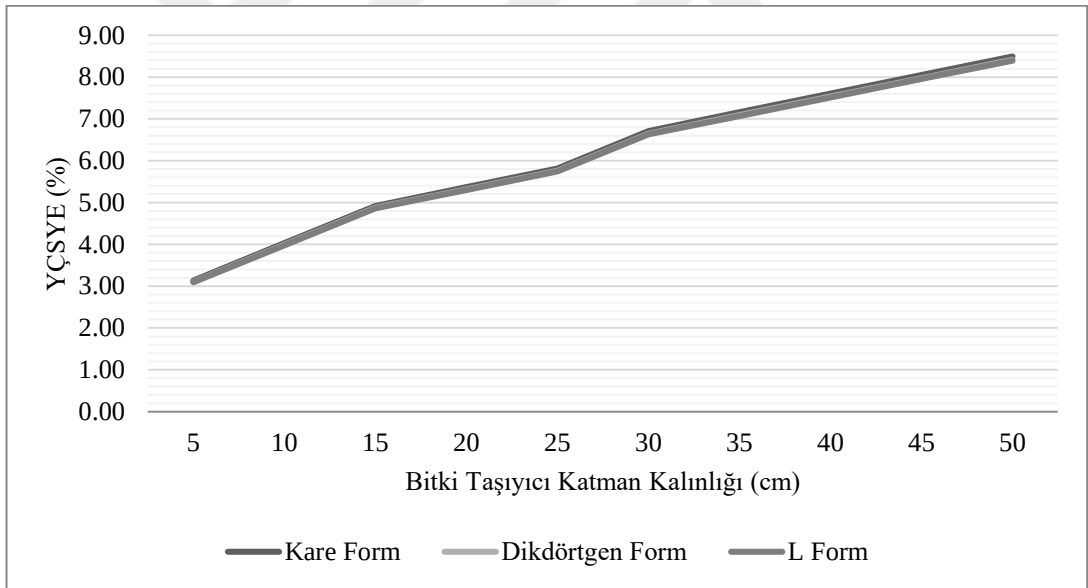
Şekil 4.41. Antalya ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi



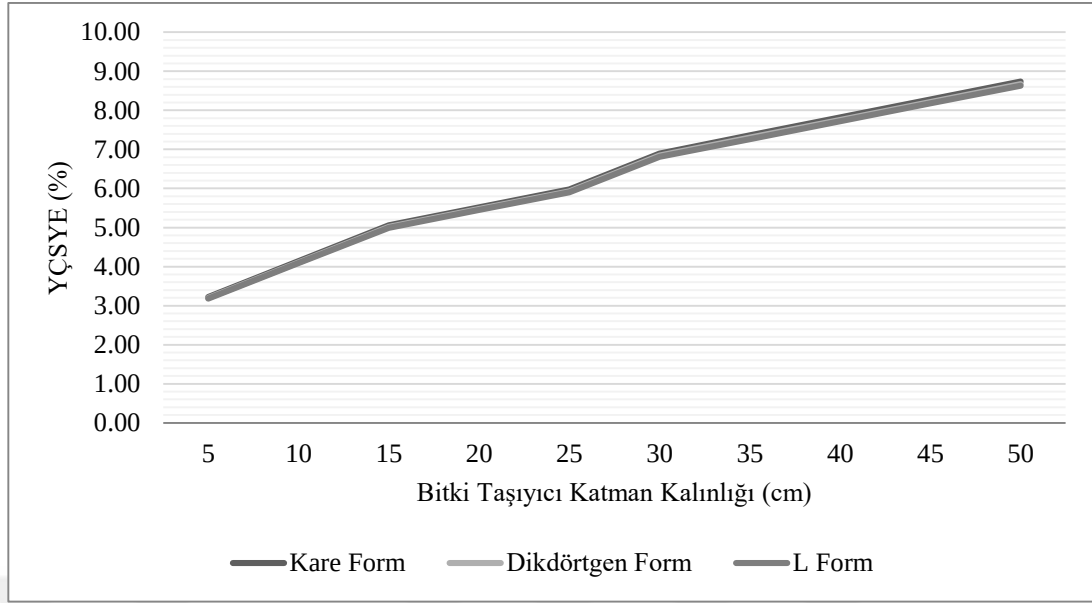
Şekil 4.42. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi



Şekil 5.43. Elazığ ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

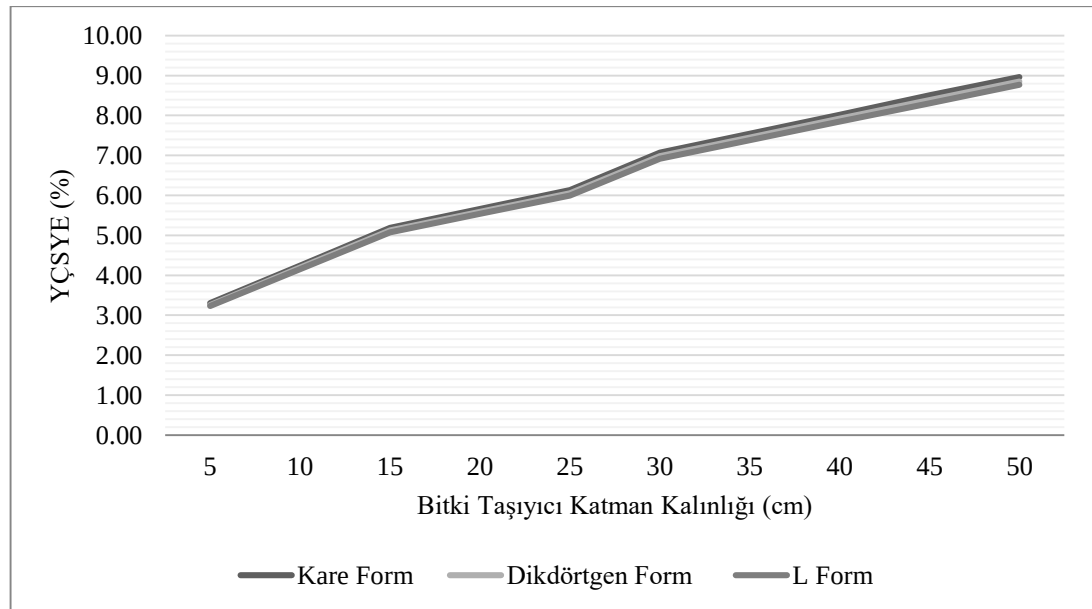


Şekil 4.44. Kayseri ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

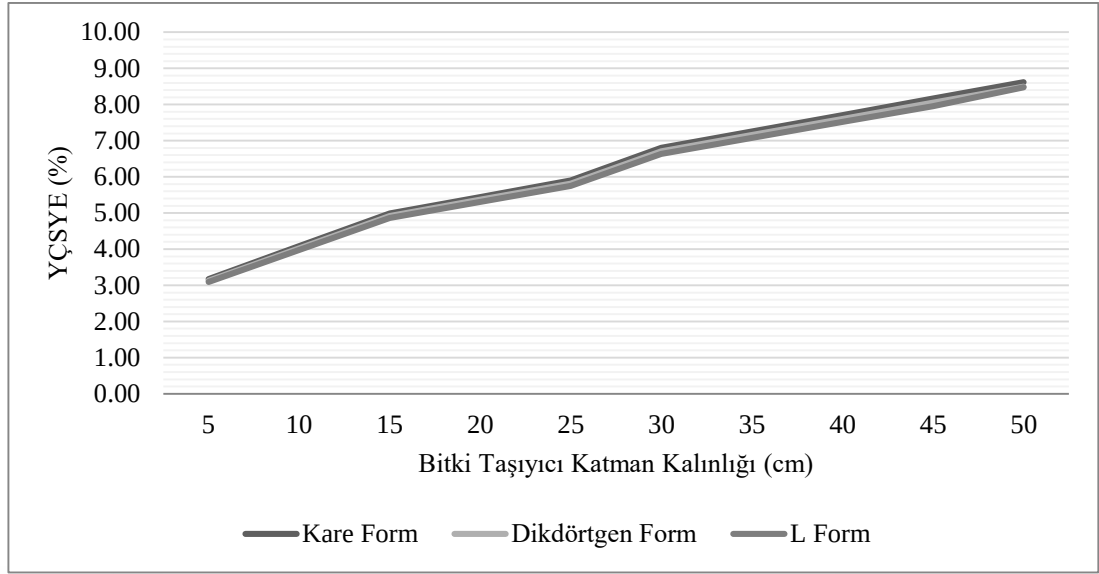


Şekil 4.45. Erzurum ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

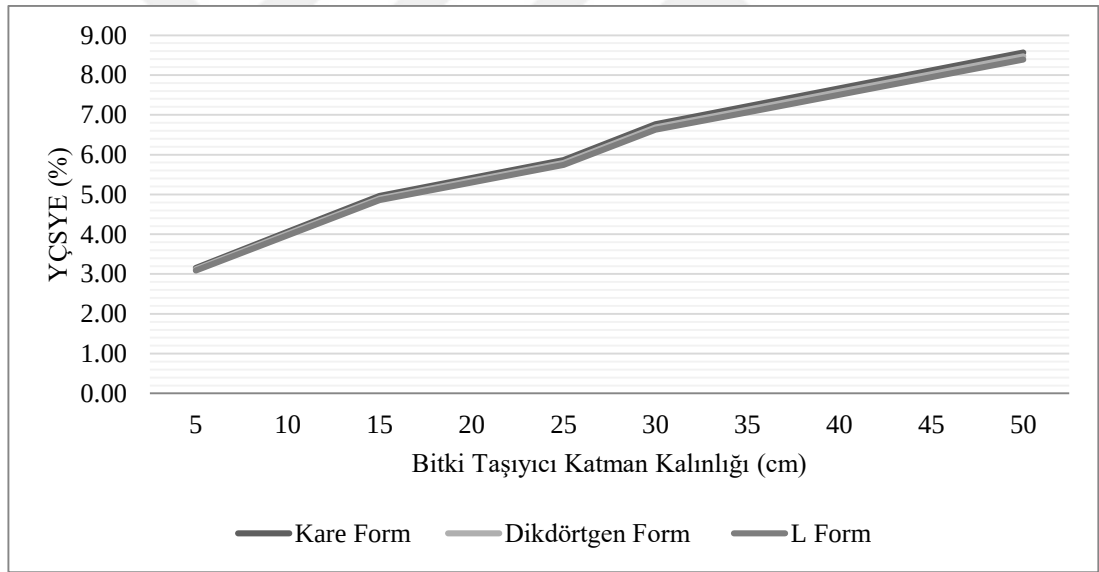
Sandviç duvar tipinin hesaplamalara dahil edilmesi sonucu oluşan hesaplama çıktıları Şekil 4.46, Şekil 4.47, Şekil 4.48, Şekil 4.49 ve Şekil 4.50’de verilmektedir.



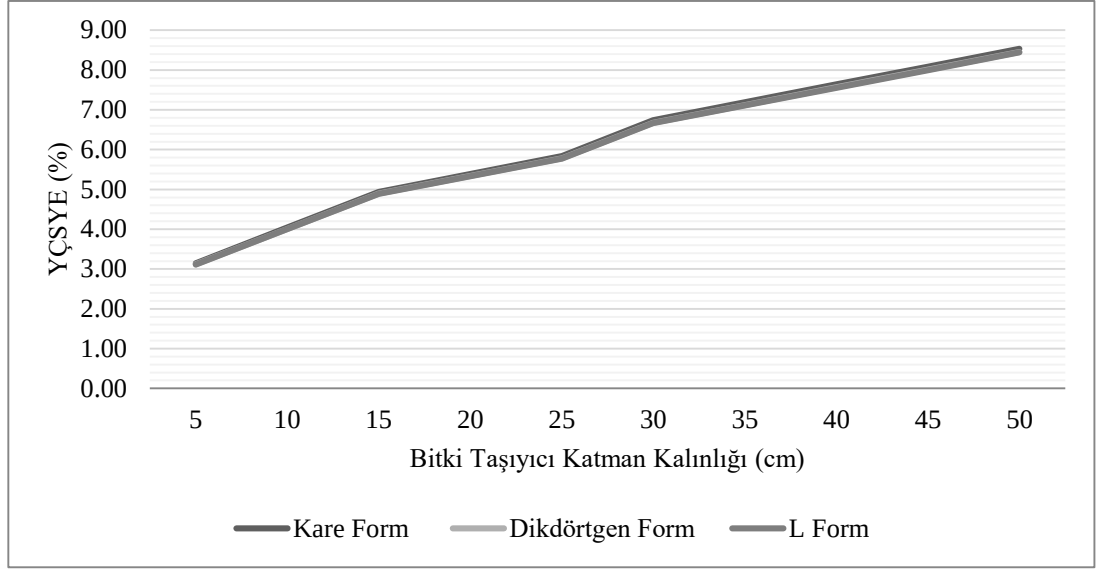
Şekil 4.46. Antalya ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi



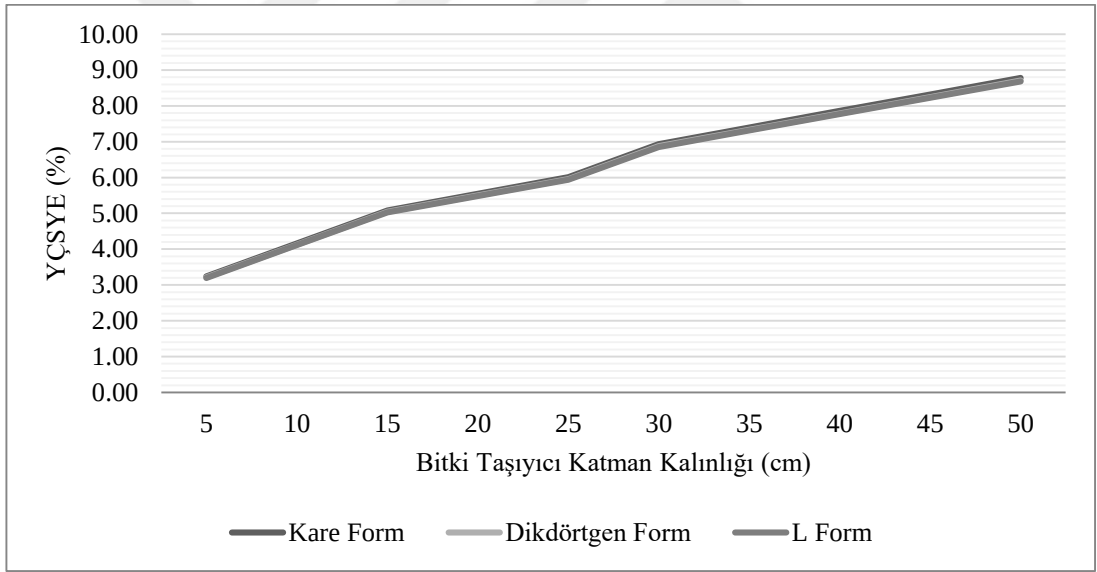
Şekil 4.47. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi



Şekil 4.48. Elazığ ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi



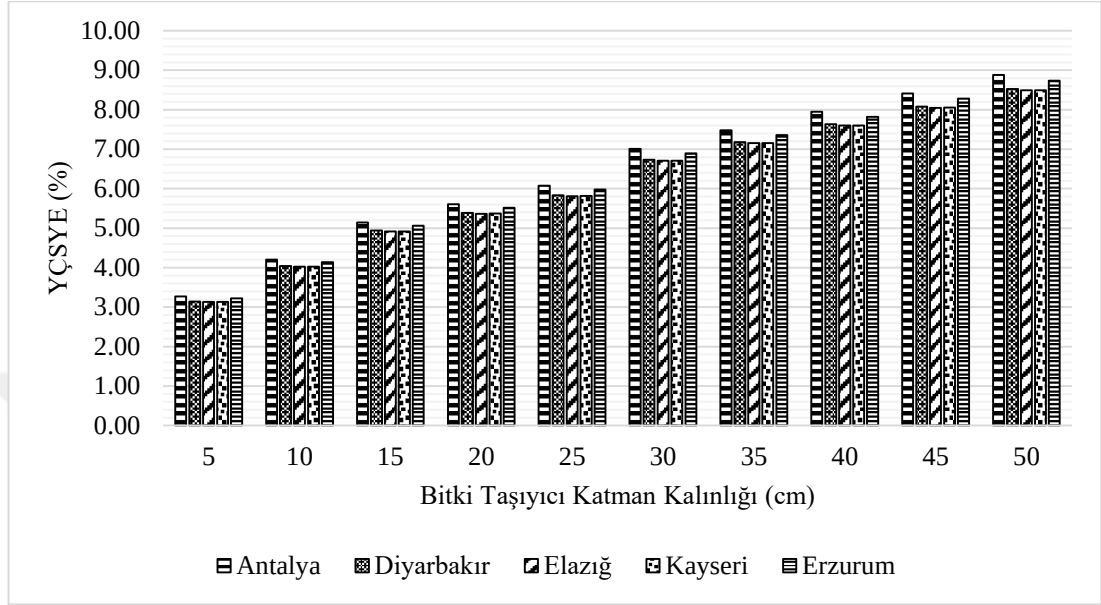
Şekil 4.49. Kayseri ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi



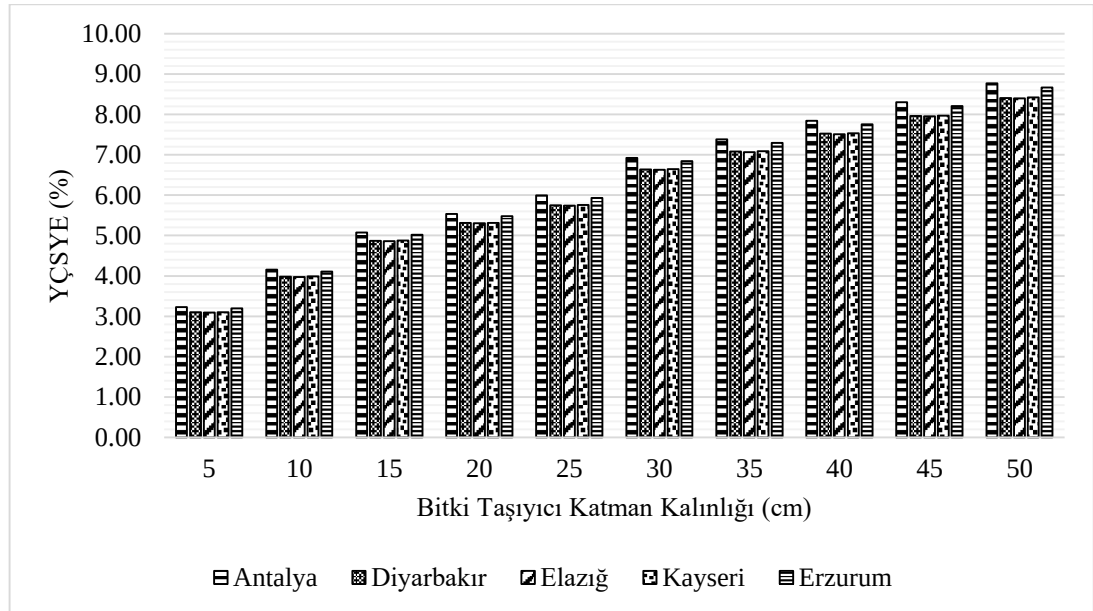
Şekil 4.50. Erzurum ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Elde edilen veriler bitki taşıyıcı katman kalınlığı artışının, tüm illerde yeşil teras çatının bina soğutma yüküne etkisini olumlu yönde değiştirdiği anlaşılmaktadır. Ancak bu artış doğrusal değil değişken bir artış olup 5-15 cm ve 25-30 cm aralıklarında ciddi oranda bir yükseliş göstermektedir. Bu nedenle yeşil çatının bitki taşıyıcı katman kalınlığı belirlenirken, maksimum verimin sağlanabilmesi amacıyla ilgili verilerin dikkate alınması önem teşkil etmektedir.

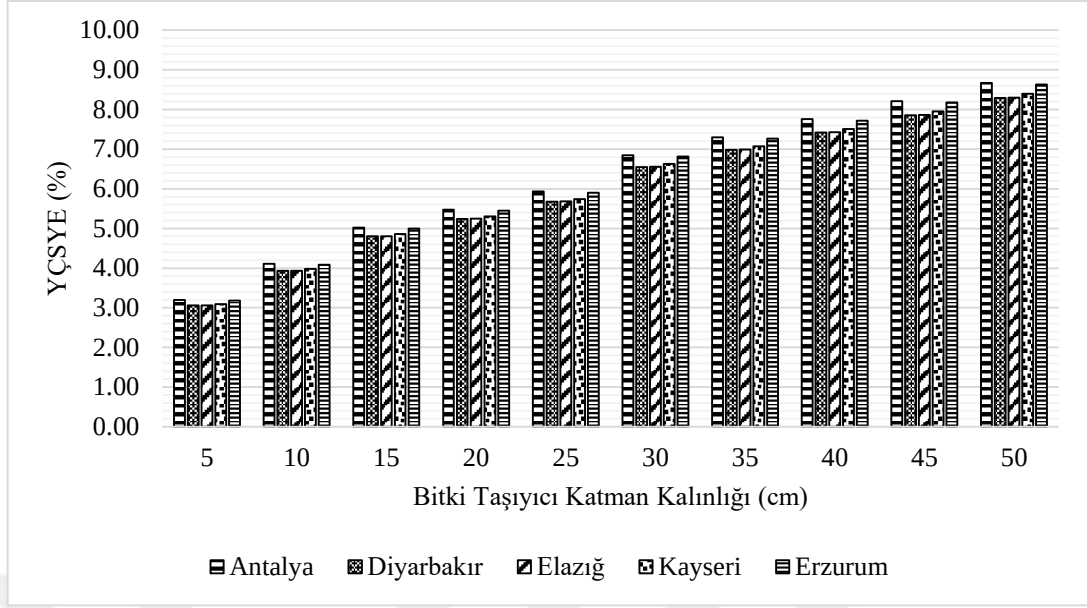
Yeşil teras çatının bina soğutma yüküne etkisinin tüm iller kapsamında bina formlarına göre dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılarak ayrı ayrı değerlendirilmesi Şekil 4.51, Şekil 4.52 ve Şekil 4.53'te belirtilmiştir.



Şekil 4.51. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek kare formlu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

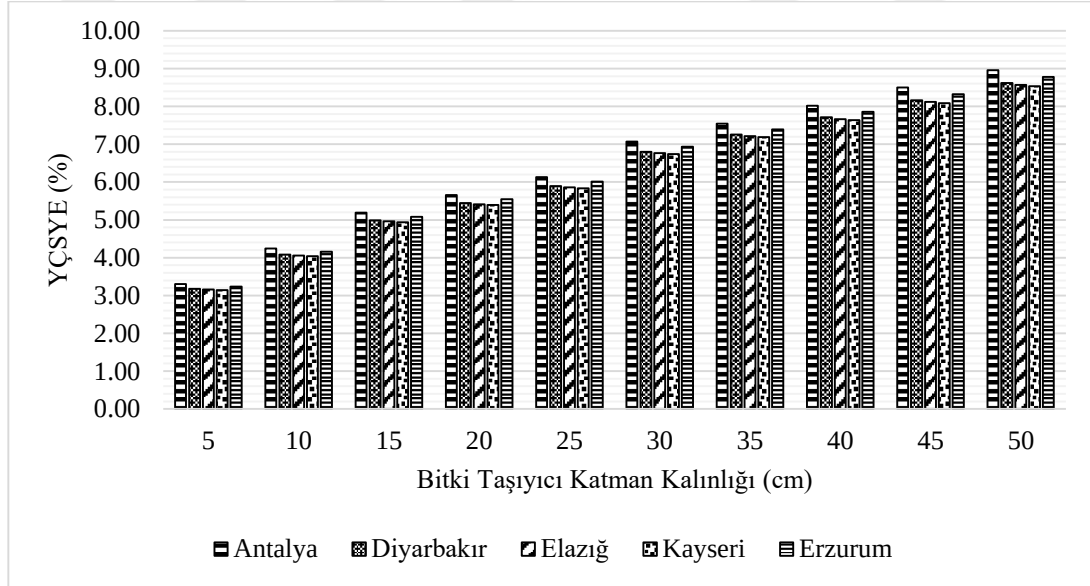


Şekil 4.52. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek dikdörtgen formlu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

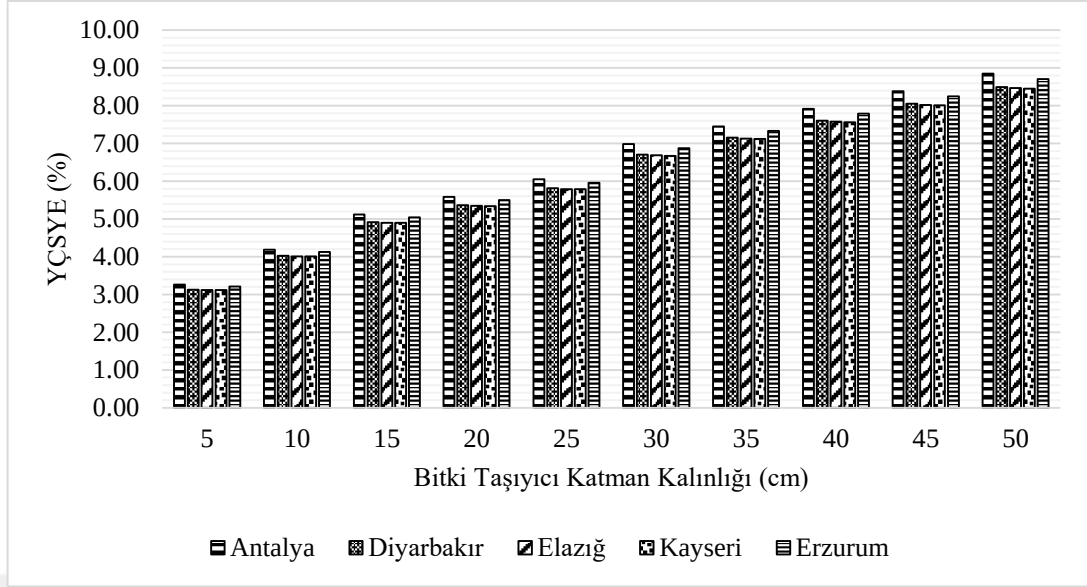


Şekil 4.53. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek L formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

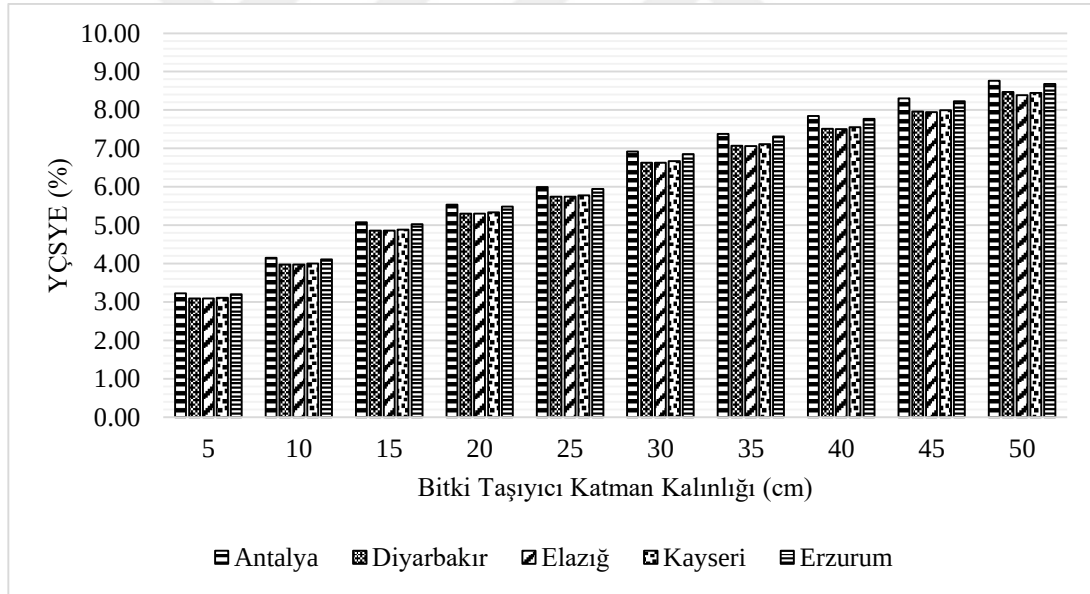
Duvar tipinin soğutma yükü üzerinde ortaya çıkardığı farklılık Şekil 4.54, Şekil 5.55 ve Şekil 4.56’da gösterilmektedir.



Şekil 4.54. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek kare formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi



Şekil 4.55. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek dikdörtgen formlu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

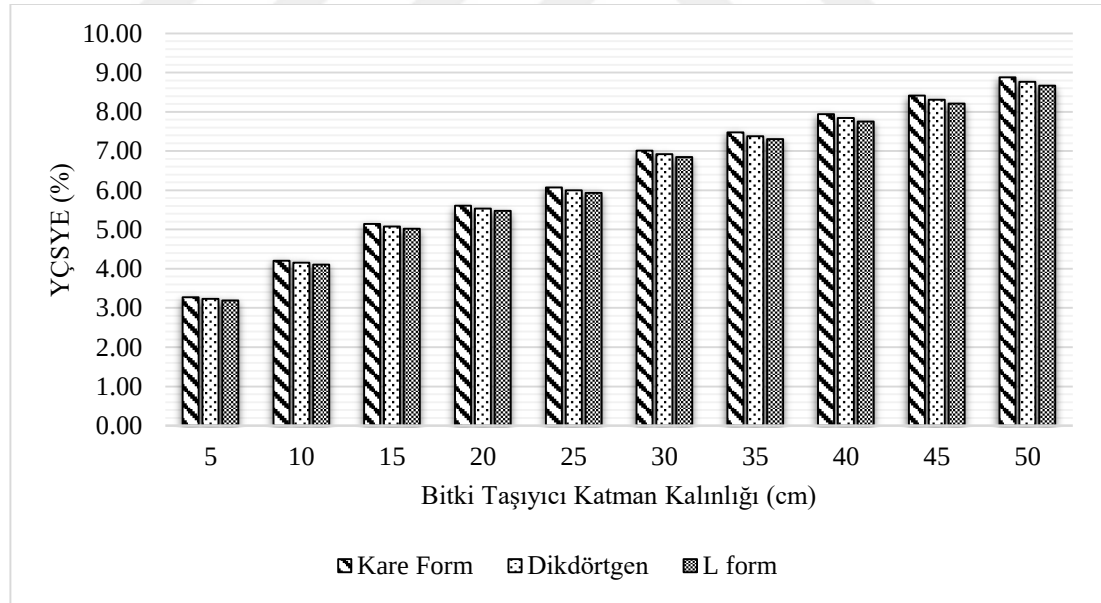


Şekil 4.56. Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek L formu binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Veriler incelendiğinde bitki taşıyıcı katman kalınlığı arttıkça yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisinin arttığı görülmektedir. Isıtma yükünde olduğu gibi sandviç duvar kullanılan bina örnekleri, dıştan yalıtımlı duvar kullanılan bina örneklerine göre soğutma yüküne daha fazla etki etmektedir. Tüm illerde yeşil çatılı kare formdaki örnek binalarda yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisinin en fazla, L

formdaki örnek binalarda yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisinin ise en az olduğu görülmektedir. Ayrıca yeşil çatının bina soğutma yüküne olumlu etkisi açısından ilk sırada Antalya, ikinci sırada Erzurum, üçüncü sırada Diyarbakır, dördüncü sırada Kayseri ve son sırada Elazığ gelmektedir.

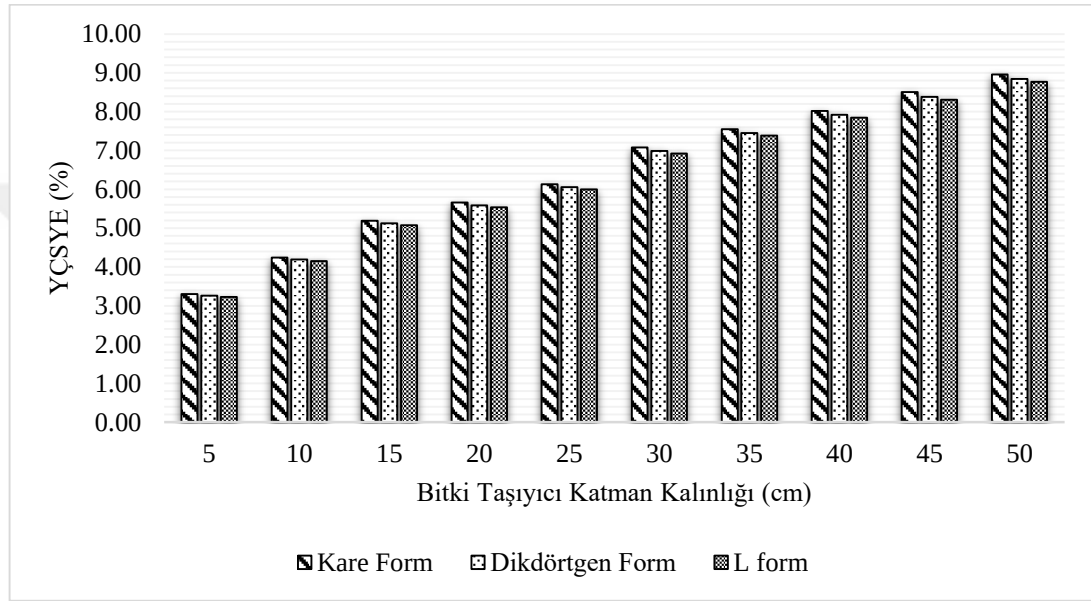
Antalya ilinde yeşil çatının soğutma yüküne etkisi dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnekler kapsamında değerlendirilerek çeşitli veriler elde edilmiştir. Buna göre kare formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.27, 25 cm olduğunda %6.08, 50 cm olduğunda %8.88 olarak elde edilmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.23, 25 cm olduğunda %6.00, 50 cm olduğunda %8.77 olarak hesaplanmıştır. L formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.19, 25 cm olduğunda %5.93, 50 cm olduğunda %8.67 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.57).



Şekil 4.57. Antalya ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

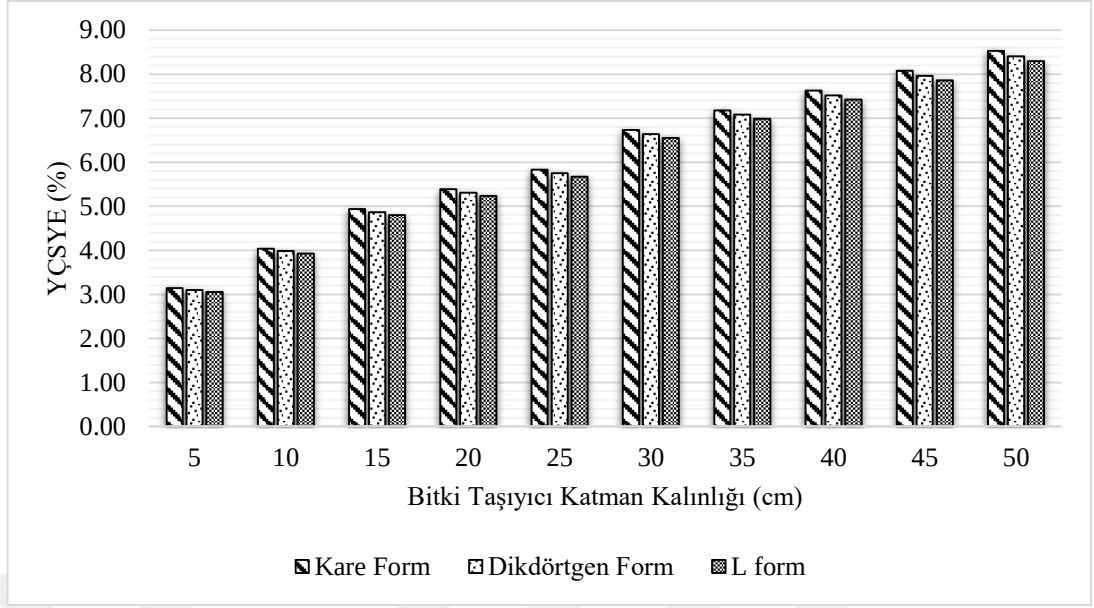
Sandviç duvar tipi hesaplamalara katıldığında ise veriler değişmektedir. Antalya ilinde kare formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.30, 25 cm olduğunda %6.13, 50 cm

olduğunda %8.96 olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.26, 25 cm olduğunda %6.05, 50 cm olduğunda %8.85 olarak belirlenmiştir. L formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.23, 25 cm olduğunda %6.00, 50 cm olduğunda %8.77 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.58).



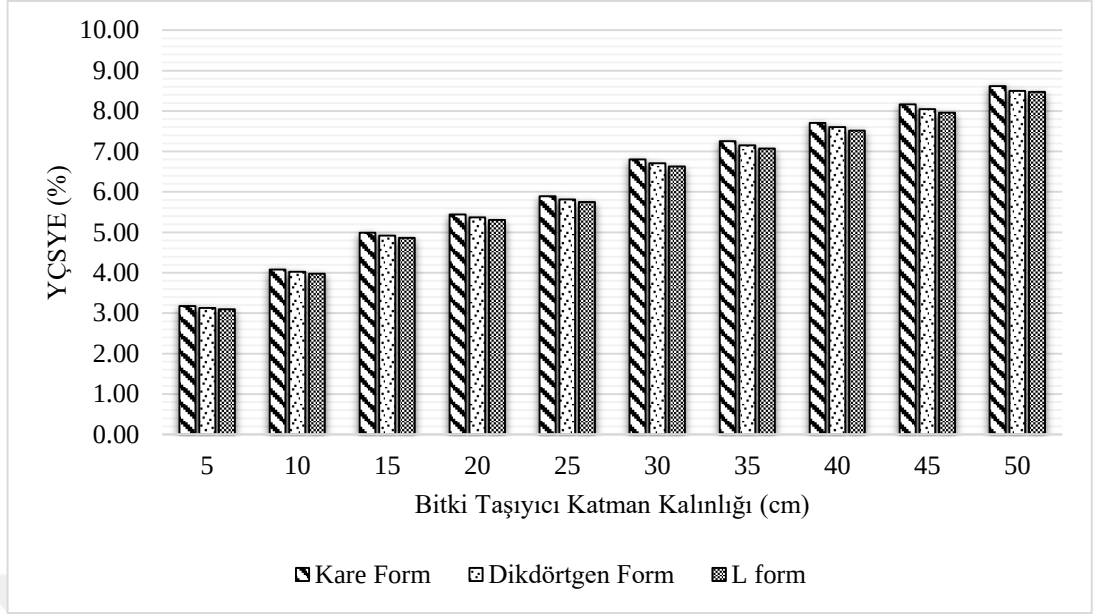
Şekil 4.58. Antalya ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Diyarbakır ilinde hesaplamalar dıştan yalıtımlı duvar tipi ele alınarak yapıldığında yeşil çatının soğutma yüküne etkisi ile ilgili bazı sonuçlara varılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda kare örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.14, 25 cm olduğunda %5.83, 50 cm olduğunda %8.53 belirlenmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.10, 25 cm olduğunda %5.75, 50 cm olduğunda %8.41 olarak elde edilmiştir. L formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.06, 25 cm olduğunda %5.68, 50 cm olduğunda %8.30 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.59).



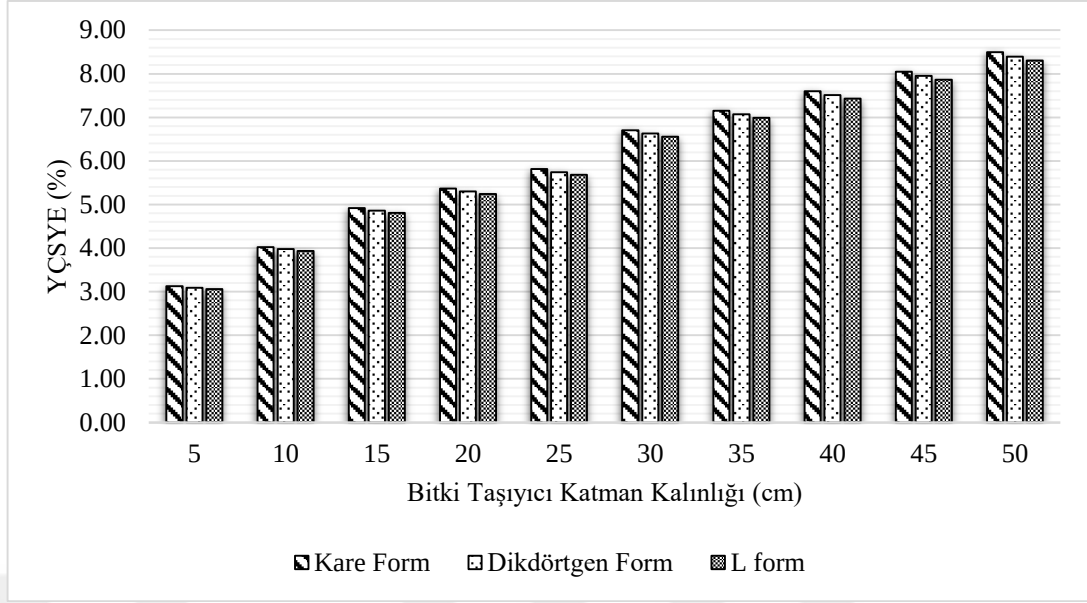
Şekil 4.59. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Duvar tipi değiştirilerek sandviç duvar bileşeni kullanıldığında yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisi ile farklı veriler elde edilmiştir. Kare formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.17, 25 cm olduğunda %5.90, 50 cm olduğunda %8.62 olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.13, 25 cm olduğunda %5.81, 50 cm olduğunda %8.50 olarak belirlenmiştir. L formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.09, 25 cm olduğunda %5.75, 50 cm olduğunda %8.47 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.60).



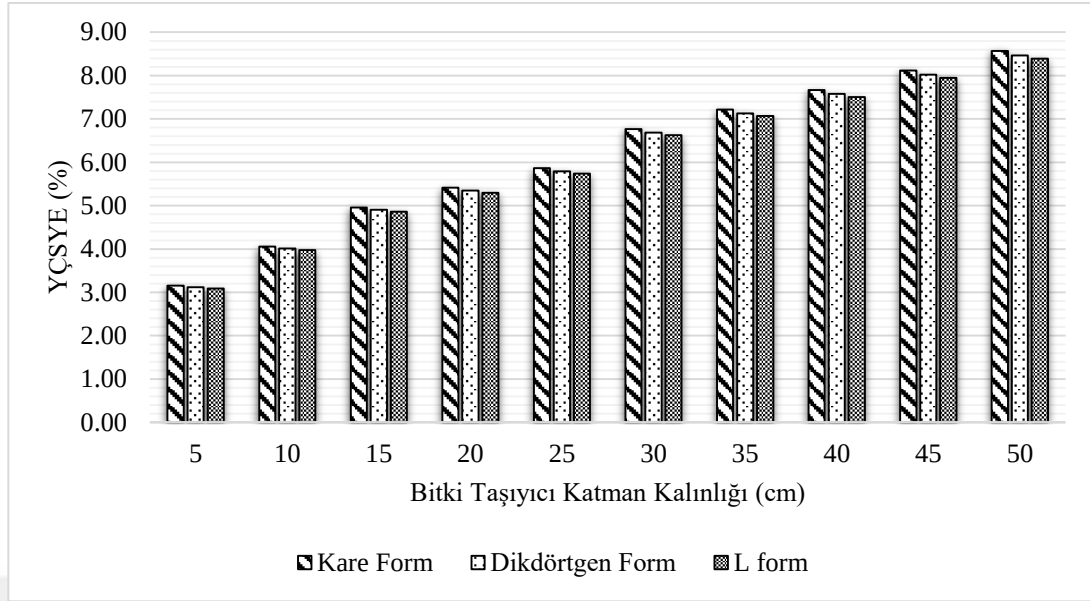
Şekil 4.60. Diyarbakır ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Elazığ ilinde yeşil çatının soğutma yüküne etkisi kare formlu dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılan örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.13, 25 cm olduğunda %5.81, 50 cm olduğunda %8.49 olarak belirlemiştir. Dikdörtgen formlu dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılan örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.09, 25 cm olduğunda %5.74, 50 cm olduğunda %8.39 olarak elde edilmiştir. L formlu dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılan örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.06, 25 cm olduğunda %5.68, 50 cm olduğunda %8.30 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.61).



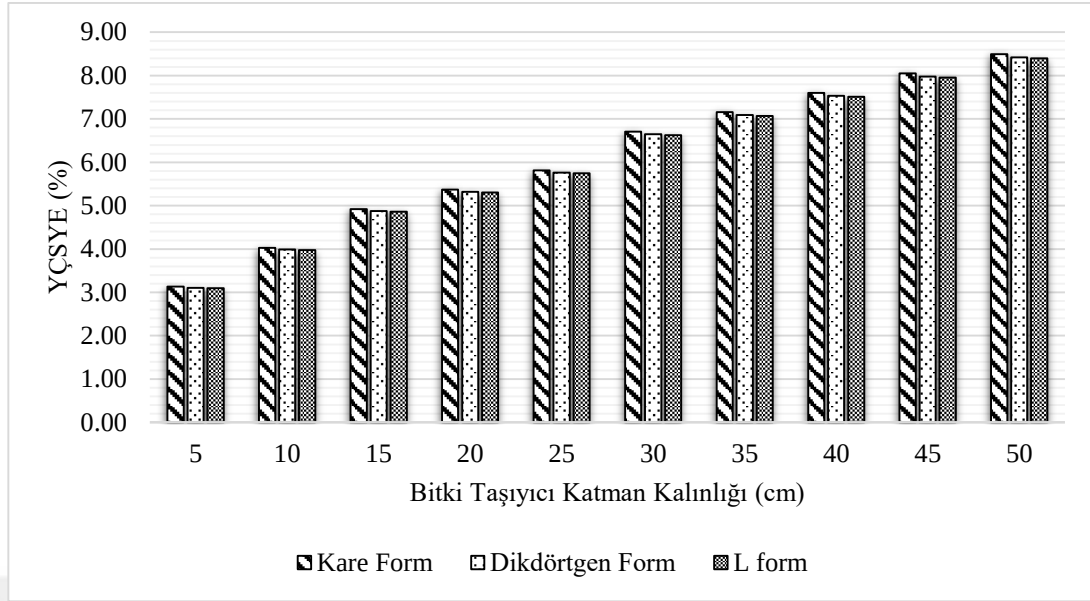
Şekil 4.61. Elazığ ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Sandviç duvar bileşeni tasarıma dahil edilerek yeşil çatının soğutma yüküne etkisindeki farklılık gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda kare formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.16, 25 cm olduğunda %5.86, 50 cm olduğunda %8.57 olarak elde edilmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.12, 25 cm olduğunda %5.79, 50 cm olduğunda %8.47 olarak hesaplanmıştır. L formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.09, 25 cm olduğunda %5.74, 50 cm olduğunda %8.39 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.62).



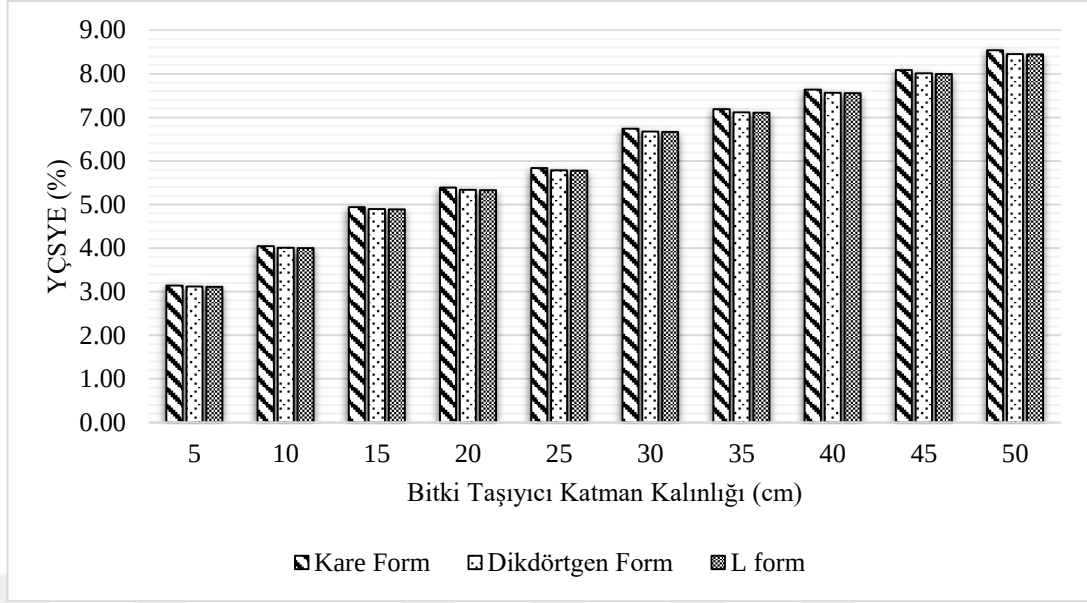
Şekil 4.62. Elazığ ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Kayseri ilinde yeşil çatının soğutma yüküne etkisi, dıştan yalıtımlı duvar tipi kullanılarak incelenmiştir. Kare formulu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.13, 25 cm olduğunda %5.81, 50 cm olduğunda %8.49 olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formulu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.10, 25 cm olduğunda %5.76, 50 cm olduğunda %8.42 olarak belirlenmiştir. L formulu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.09, 25 cm olduğunda %5.74, 50 cm olduğunda %8.39 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.63).



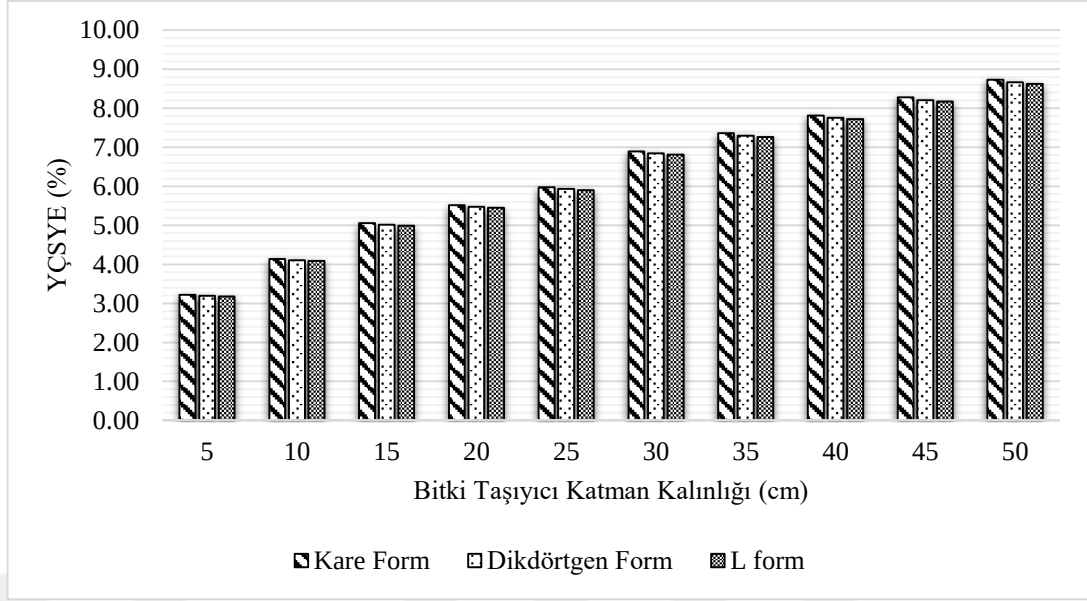
Şekil 4.63. Kayseri ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Duvar bileşeni faktörü değerlendirmeye alınarak yeşil çatının soğutma yüküne etkisi sandviç duvar bileşeni faktörüne göre irdelenmiştir. Kare formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.14, 25 cm olduğunda %5.84, 50 cm olduğunda %8.54 olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.12, 25 cm olduğunda %5.79, 50 cm olduğunda %8.45 olarak elde edilmiştir. L formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.11, 25 cm olduğunda %5.78, 50 cm olduğunda %8.44 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.64).



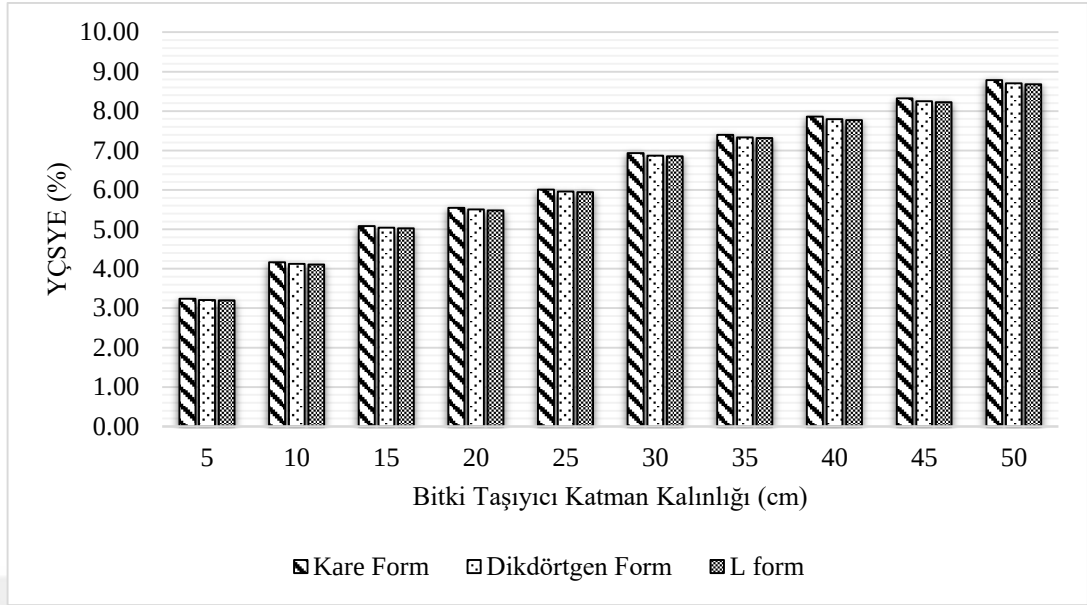
Şekil 4.64. Kayseri ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Erzurum ilinde dıştan yalıtımlı duvar bileşeni seçilerek yeşil çatının soğutma yüküne etkisi hesaplanmıştır. Veriler doğrultusunda kare formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.22, 25 cm olduğunda %5.98, 50 cm olduğunda %8.74 olarak elde edilmiştir. Dikdörtgen formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.20, 25 cm olduğunda %5.93, 50 cm olduğunda %8.67 olarak hesaplanmıştır. L formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.18, 25 cm olduğunda %5.91, 50 cm olduğunda %8.63 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.65).



Şekil 4.65. Erzurum ili, yeşil teras çatılı dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

Sandviç duvar bileşeni tasarım girdisi olarak hesaplamalara dahil edilmesiyle duvar bileşeninin yeşil çatının soğutma yükü üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Kare formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.24, 25 cm olduğunda %6.01, 50 cm olduğunda %8.78 olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.21, 25 cm olduğunda %5.96, 50 cm olduğunda %8.71 olarak belirlenmiştir. L formlu örnek binada yeşil çatının soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığı 5 cm olduğunda %3.20, 25 cm olduğunda %5.94, 50 cm olduğunda %8.68 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.66).



Şekil 4.66. Erzurum ili, yeşil teras çatılı sandviç duvar kullanılan örnek binalarda yeşil çatının soğutma yüküne etkisi

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Alan çalışması ile günümüzde giderek artan enerji kullanımının azaltılabilmesi amacıyla önemli bir yapı bileşeni olan çatıların enerji etkinliğindeki rolü araştırılmıştır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan kullanımı nedeniyle yeşil çatıların bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Fiziksel çevre verilerinden yararlanılarak yeşil çatının bölgesel farklılıklar ile birlikte gözlemlenebilmesi amaçlanmıştır. Bu inceleme yapılırken örnek binaların enerji kimlik belgesi aldığı ve TS 825'e uygun yapı bileşenleri ile oluşturulduğu göz önünde tutulmuştur. Yeşil çatıların tasarıma dahil edilmesiyle bina enerji tüketimi üzerindeki değişim gözlemlenmiştir.

Sürdürülebilirliğin sağlanabilmesindeki öncelikli hedef enerji tüketiminin azaltılması ve fosil kaynaklı enerji tüketiminin önlenmesidir. Enerji tüketim oranları incelendiğinde konutların oldukça fazla miktarda enerji tüketimine sebep olduğu görülmektedir. Bu nedenle dünyanın geleceği açısından konut yapılarındaki enerji performansı önem arz etmektedir. Bu çalışmada yeşil çatıların sağladığı faydalar dikkate alınarak konut tasarımlarında yeşil çatı elemanı kullanılarak bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisi değerlendirilmiştir.

Farklı derece gün bölgelerinde yer alan Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri ve Erzurum illeri çalışma alanını oluşturmaktadır. Yeşil çatının bina üzerindeki enerji performansına etkisi; kare, dikdörtgen ve L formda tasarlanan, aynı alana sahip örnek konutlar ile duvar tiplerine ve bitki taşıyıcı katman kalınlıklarına göre incelenmiştir. Elde edilen veriler şu şekilde sonuçlandırılmıştır:

- Standart teras çatılı örnek binalarda ısıtma ve soğutma yükü ihtiyacı yapı yüzey alanıyla orantılıdır. Buna göre kare formdaki binanın ısıtma ve soğutma yükü en az, L formdaki binanın ısıtma ve soğutma yükü en fazladır.
- Dıştan yalıtımlı duvar uygulanan binalar sandviç duvar uygulanan binalara göre daha fazla ısıtma ve soğutma yüküne sahiptir. Bunun sebebi ise duvar U değerinin dıştan yalıtımlı duvar tipinde sandviç duvar tipine göre fazla olmasıdır.

- Farklı derece gün bölgelerinde yer alan iller ısıtma yükü açısından kıyaslandığında çoktan aza doğru sıralanması Erzurum, Kayseri, Elazığ, Diyarbakır ve Antalya şeklindedir.
- Seçilen iller soğutma yükü açısından karşılaştırıldığında çoktan aza doğru şu şekilde sıralanmaktadır; Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Erzurum, Kayseri. 4. ve 5. derece gün bölgelerinde yer alan Kayseri ve Erzurum illerinde oluşan farklılığın sebebi ise hesaplamada kullanılan nem/sıcaklık oranının Erzurum ilinde Kayseri iline göre daha yüksek olarak belirlenmesidir.
- Yeşil çatı elemanının hesaplamalara dahil edilmesi, sonuçları olumlu yönde etkileyerek tüm derece gün bölgelerinde bina ısıtma ve soğutma yükünü azaltmaktadır.
- Standart teras çatılı örnek binalarda olduğu gibi yeşil çatılı binalarda da kare formu binaların ısıtma ve soğutma yükü en az, L formu binaların ısıtma ve soğutma yükü en fazladır. Bunun nedeni olarak yapı yüzey alanının artmasının bina ısı kaçış miktarı ile orantılı olması gösterilmektedir.
- Yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisi farklı derece gün bölgelerinde aynı oranda olmaktadır.
- Yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisi hesaplamada kullanılan nem/sıcaklık değerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Buna göre yeşil çatının bina soğutma yüküne olumlu etkisi açısından ilk sırada Antalya, ikinci sırada Erzurum, üçüncü sırada Diyarbakır, dördüncü sırada Kayseri ve son sırada Elazığ gelmektedir.
- Gizli ısı yükü çarpanı (LF) hesaplamalara dahil edilmediğinde soğutma yükü çoktan aza doğru şu şekilde sıralanmaktadır; Diyarbakır, Elazığ, Antalya, Kayseri ve Erzurum. Nem faktörünün çalışma kapsamına alınmasıyla gerçeğe en yakın sonuçlar elde edilmiştir.
- Bina formu değişken olarak ele alındığında yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisi kare formu binalarda en fazla, L formu binalarda ise en az olmaktadır.
- Yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisi bina formu açısından karşılaştırıldığında kare forma sahip binalarda en fazla, L forma sahip binalarda ise en az etkiye sahip olduğu görülmektedir.
- Yeşil çatı bileşenlerinden olan bitki taşıyıcı katman kalınlığının artması ile bina ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı azalmaktadır.

- Yeşil çatının bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisi bitki taşıyıcı katman kalınlığının artmasına bağlı olarak artış göstermektedir. Ancak bu artış doğrusal değil değişken bir artış olup 5-15 cm ile 25-30 cm aralıklarındaki artış oranının 15-25 cm ile 30-50 cm aralıklarına oranla daha fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Bitki taşıyıcı katman kalınlığının artmasıyla bakım, onarım ihtiyacının, yapıda oluşan yük miktarının, yapım maliyetinin artması öngörülerek 30 cm bitki taşıyıcı katman kullanılmasının daha verimli olduğu sonucuna varılmaktadır.
- Duvar tipi değişkeni değerlendirildiğinde standart teras çatı verilerinde olduğu gibi yeşil çatılı örnek binalarda da sandviç duvar elemanının dıştan yalıtımlı duvar elemanına göre bina ısıtma ve soğutma yükünü bir miktar azalttığı görülmektedir.
- Yeşil çatının bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisi sandviç duvar elemanı kullanılan örnek binalarda, dıştan yalıtımlı duvar elemanı kullanılan örnek binalara göre daha fazla olmaktadır.
- Soğutma yükü yeşil çatı faktörüyle birlikte değerlendirildiğinde, 1. derece gün bölgesinde, L formulu, 5 cm bitki taşıyıcı katman ve dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binada en fazla; 4. derece gün bölgesinde, kare formulu, 50 cm bitki taşıyıcı katman ve sandviç duvar kullanılan örnek binada en az hesaplanmaktadır.
- Yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisi, 1. derece gün bölgesinde, kare formulu, 50 cm bitki taşıyıcı katman ve sandviç duvar kullanılan örnek binada en fazla; 3. derece gün bölgesinde, L formulu, 5 cm bitki taşıyıcı katman ve dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binada ise en az olmaktadır.
- Isıtma enerjisi ihtiyacı yeşil çatı faktörüyle birlikte değerlendirildiğinde, 5. derece gün bölgesinde, L formulu, 5 cm bitki taşıyıcı katman ve dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binada en fazla; 1. derece gün bölgesinde, kare formulu, 50 cm bitki taşıyıcı katman ve sandviç duvar kullanılan örnek binada en az olduğu görülmektedir.
- Yeşil çatının bina ısıtma yüküne etkisi, derece gün bölgesi fark etmeksizin, kare formulu, 50 cm bitki taşıyıcı katman ve sandviç duvar kullanılan örnek binada en fazla; L formulu, 5 cm bitki taşıyıcı katman ve dıştan yalıtımlı duvar kullanılan örnek binada ise en az olduğu anlaşılmaktadır.
- Tüm veriler ele alındığında yeşil çatının bina soğutma yüküne etkisinin, bina ısıtma yüküne etkisine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma, hesaplamalara yeşil çatı maliyeti de dahil edilerek finansal açıdan elde edilen veriler doğrultusunda hem çevresel hem de ekonomik fayda sağlayacak şekilde genişletilebilir. Seyrek bitkilendirme yapılan yeşil çatıların çevresel, yoğun bitkilendirme yapılan yeşil çatıların estetik fayda gütmesinden ötürü yapım maliyeti değişkenlik göstermektedir. Literatür taramasıyla edinilen bilgilere göre kullanılan bitki türüne göre seyrek bitkilendirme yapılan çatılara oranla yoğun bitkilendirme yapılan çatılar 2,5-5 kat daha yüksek maliyete sahiptir. Bu nedenle bina enerji performansı ve finansal analizin birlikte değerlendirilmesi verilerin daha verimli sonuçlara ulaşmasını sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında kullanılan yeşil çatı bileşenlerinden olan bitkilerin farklı değişkenler doğrultusunda hesaplamalara katılması ile bina enerji performansı değerlendirilebilir. Bitki türlerine, bitki yapraklarının yüzey alanlarına ve renklerine bağlı olarak güneş ışığını yansıtma miktarları değişeceğinden bina ısıtma ve soğutma yükü dolaylı olarak etkilenecektir. Bu kapsamda çatı elemanına ait değişken sayısı artırılarak maksimum enerji verimliliğinin elde edilebilmesi için oluşturulması gereken koşulların belirlenmesiyle yeşil çatının bina enerji performansına etkisi daha detaylı olarak sonuçlandırılacaktır.

Yapı elemanı olarak çeşitlendirilen duvar tiplerine ek olarak yeşil duvar tipinin de değişken olarak kullanılmasıyla bina enerji performansına yansıyan olumlu etki artırılabilir. Yapı yüzey alanının büyük çoğunluğunu kapsayan duvar elemanı bina ısı kaçışının en fazla olduğu yapı elemanıdır. Sadece çatıya uygulanan bitkilendirme ile bina enerji performansında gözlenen olumlu değişim ele alındığında dahi yeşil duvar elemanının bina enerji ihtiyacı bakımından değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yeşil duvarın estetik açıdan binaya sağlayacağı katkı ve doğayla bütünleşik tasarım sayesinde çevresel sürdürülebilirlik teşvik edilmiş olacaktır.

Yeşil çatılar binaların enerji ihtiyacının azaltarak daha az enerjiyle binaların ısısal konforunun oluşmasını sağlamaktadır. Bitkilerin yeşil olmasıyla güneş ışınlarının emilerek iç ve dış ortam hava sıcaklığının yükselmesi önlenmektedir. Doğaya yansıyan ışın miktarının azalması küresel ısınmaya karşı bir çeşit önlem teşkil ederken, bitkilerin fazla ısıyı kendi bünyesinde kullanması besin üretimine

katkı sağlamaktadır. Yeşil çatı uygulamalarının geliştirilmesi ile binaların enerji tüketimi azalacağından fosil enerji kaynaklarının kullanımı da azalacaktır.

Binaya kattığı estetik değer ile birlikte toplumsal açıdan fayda sağlayan yeşil çatı elemanı çevresel sürdürülebilirliğin teşvik edilmesinde önemli bir etkidir. Üzerinde gezilebilen ve gezilemeyen şeklinde iki farklı şekilde tasarlanabilen yeşil çatılar, kullanılan bitki taşıyıcı katman kalınlığına ve bitki türlerine göre sosyal açıdan değerlendirilebilen mekanlar olarak yaşayabilmektedir.

Çatıları binanın üzerini kapatan bir yapı elemanı olmasından öte, binanın ihtiyaç duyduğu enerji miktarını azaltan, binaya estetik değer katan, kullanıcılara sosyal etkinlik alanı sunan işlevleriyle birlikte düşünmek gerekmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir çevrelerin oluşabilmesi için yeşil çatı uygulamalarının artırılması ile hem çevresel hem ekonomik hem de toplumsal açıdan fayda sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **WCED (World Commission on Environment and Development)**, 1987. Our Common Future, Oxford University Press, London.
- [2] **Dikmen, Ç. B. ve Gültekin, A. B.**, 2011. Usage of Renewable Energy Resources In Buildings in The Context Of Sustainability, SDU Journal of Engineering Science and Design, V:1, I:3, pp.96-100.
- [3] **Yıldırım, A.**, 2017. Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Çerçevesinde Kapalı Konut Yerleşkeleri; Antalya Örneği, Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, C:2, S:3, s:135-142.
- [4] **Ayçam, İ.**, 2011. Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bina Fiziki Sempozyumu, s:1593-1609, 13-16 Nisan, İzmir.
- [5] **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, 2017. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023, Kasım, Ankara.
- [6] **Erkmen, F. İ.**, 2005. Sıcak İklim Bölgelerinde Yapıların Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması (Antalya, Diyarbakır Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] **Yumurtacı, Z., Dönmez, A. H.**, 2013. Konutlarda Enerji Verimliliği, Mühendis ve Makine Dergisi, C:54, S:637, s:38-43.
- [8] **Tıkansak, T. E.**, 2013. Konutlarda Enerji Etkinliği, International Journal of Architecture and Planning, V:1, I:2, pp:189-200.
- [9] **Yılmaz, Y., Koçlar Oral, G.**, 2019. Bir Ortaokul Binasının Maliyet ve Enerji Etkin Yenilenmesi İçin Bir Yaklaşım, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, C:34, S:1, s:393-407.
- [10] **Dombaycı, A., Bayrakçı, H. C., Özgür, A. E.**, 2009. Konutlarda Soğutma Enerjisi Tüketiminin Farklı Baz Sıcaklıkları İçin Derece Gün Yöntemiyle Tahmini, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, C:13, S:3, s:311-314.
- [11] **Yılmaz, Z., Koçlar Oral, G., Manioğlu, G.**, 2000. Isıtma Enerjisi Tasarrufu Açısından Bina Kabuğu Isı Yalıtım Değerinin Bina Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi, Proje No: 985 Sonuç Raporu, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [12] **Berköz, B., Yılmaz, Z., Koçlar Oral, G., vd.**, 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, TÜBİTAK Proje No: İntag 201, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- [13] **Gazioğlu, A., Akşit, Ş. F., Manioğlu, G.,** 2013. Enerji Etkin Bina Tasarımında Isıtma Enerjisi Tüketimini Azaltmaya Yönelik Bir İyileştirme Çalışması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, S:136, s:41-52.
- [14] **Manioğlu, G.,** 2011. Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, S:126, s:35-47.
- [15] **Zoroğlu, F., Atmaca, A., B., Zorer, Gedik, G.,** 2018. Çevresel Sürdürülebilirlik Kapsamında Konutta Isıl Konforun Sağlanması ve Enerji Tüketiminin Azaltılması, İstanbul 1. Konut Kurultayı.
- [16] **Efe Yavaşcan, E., Urak, Z. G.,** 2019. Geleneksel Niğde Evlerinde Enerji Etkin Yapı Tasarımının incelenmesi, İdil Sanat ve Dil Dergisi, C:8, S:56, s:503-513.
- [17] **Dağıdır, C., Bolattürk, A.,** 2011. Sıcak İklim Bölgelerindeki Binalarda Isıtma ve Soğutma Yüküne Göre Tespit Edilen Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Karşılaştırılması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, S:124, s:64-77.
- [18] **Bostancıoğlu, E.,** 2010. Effect of Building Shape on A Residential Building's Construction, Energy and Life Cycle Costs, Architectural Science Review, V:53, I:4, pp:441-467.
- [19] **Parasonis, J., Keizikas, A., Kalibatiene, D.,** 2012. The Relationship Between The Shape of A Building and Its Energy Performance, Architectural Engineering and Design Management, V:8, I:4, pp:246-256.
- [20] **Erdoğan, A., Canbazoglu, S.,** 2015. Farklı Mimari Durumların Enerji Tüketimi ve Çevresel Etkileri Üzerine Bir Araştırma, Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi, C:3, S:2, s:51-60.
- [21] **Uslusoy, S.,** 2012. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [22] **Karakaya Aytin, B., Kısa Ovalı, P.,** 2016. Çatı Bahçelerinin Kent Yaşamına Katkıları –Edirne’deki Yeni Dönem Konaklama Yapıları Çatıları İçin Bitkilendirme Önerileri, İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, C:6, S:14, s:1-17.
- [23] **Kınalı, M.,** 2013. Farklı İklim Bölgelerindeki Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Bina Isıtma ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [24] **Dikmen, Ç. B., Savcı, S.,** 2015. Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Kapsamında Çevre Dostu Yeşil Çatı Uygulamalarının İrdelenmesi, 2. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu, s:214-220, 28-30 Mayıs, Ankara.

- [25] **Demir, R., Yiğit Avdan, Z., Avdan, U., Demircioğlu Yıldız, N.,** 2016. Yaşayan Duvarların Kentin Isı Değişimine Etkisi, 6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2016), s:1089-1098, 5-7 Ekim, Adana.
- [26] **Büyükmişçi, G., Salgın, B., Özkan, A.,** 2015. Yeşil Çatı Çözümlerinin Tarihi Dokularda Geleneksel Çatı Örtüsü Olarak Uygulanabilirliği Üzerine Bir İnceleme, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, C:31, S:2, s:163-171.
- [27] **Akpınar Külekçi, E.,** 2017. “Geçmişten Günümüze Yeşil Çatı Sistemleri ve Yeşil Çatılarda Kalite Standartlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma”, ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, C:1, S:1, s:35-53.
- [28] **Tokaç, T.,** 2009. Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri İçin Tasarım Seçeneklerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] **Ayçam, İ., Kınalı, M.,** 2013. Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Isıtma ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin Analizi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, S:135, s:26-34.
- [30] **Söğüt, Z., Şenol, D.,** 2014. Kentsel Çevre Kapsamında Yeşil Çatı ve Cephelerin Değerlendirilmesi, ISEM2014, Akademik Platform Dergisi, s:733-742.
- [31] **Erkul, E.,** 2012. Yeşil Çatı Sistemlerinin Yapım Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [32] **Kılıç, M. E.,** 2018. Çok Katlı Konut Binalarında Kullanılan İklimsel Konfor Sistemleri, Mimari İle Olan İlişkisi ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [33] **Erol, H.,** 2017. Yüksek Binalarda Enerji Etkin Mimari Tasarım Yaklaşımları ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [34] **Ergöz Karahan, E.,** 2017. Geleneksel ve Günümüz Konutunda Sürdürülebilirlik ve Yaşam Alışkanlıkları: Osmaneli Örneği, YTÜ Mimarlık Megaron Dergisi, C:12, S:3, s:497-510.
- [35] **Sev, A.,** 2009. Sürdürülebilir Mimarlık, Yem Yayınevi, İstanbul.
- [36] <http://www.eigm.gov.tr> 2018 Yılı Kaynak Bazında Kümülatif Enerji Üretimi (Erişim Tarihi:19.06.2019)
- [37] **Külünkoğlu İslamoğlu, A. K.,** 2017. Konutlarda Enerji Tüketimini Etkileyen Tasarım Yöntemleri ve Bep-Tr Yöntemiyle Uygulama Örneklerinin

İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [38] **Yeşilli, G.**, 2016. Gelişmiş Cephe Sistemlerinin Ekolojik Enerji Etkin Tasarım Çerçevesinde İncelenmesi, İklim Verilerine Göre Değişimi ve Geleceğe Yönelik Öngörüler, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [39] **Dikmen, Ç. B.**, 2011. Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, Politeknik Dergisi, C:14, S:2, s:121-134.
- [40] **Erçin, Ç.**, 2005. Mimarlıkta iklim Faktörü ve Bu Faktöre Bağlı Olarak Konut Alanlarında Fiziksel Yerleşme Yoğunluğunun Belirlenmesi İçin İlkeler, Yüksek Lisans tezi, Yakın Doğu Üniversitesi Fen ve Sosyal Bilimler Enstitüsü, Lefkoşa, s:37-79.
- [41] **İMO Yapı Malzemeleri Komisyonu**, 2015. Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri, Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH) Dergisi, C:60, S:487, s:62-75.
- [42] **Tönük, S.**, 2001. Bina Tasarımında Ekoloji, YTÜ Basım Yayın Merkezi, İstanbul.
- [43] <http://www.enerji.gov.tr> Yenilenebilir Enerji Kaynakları (Erişim Tarihi:14.06.2019)
- [44] **Yelmen. B., Çakır. M. T.**, 2011. Yeşil Enerji Kaynakları ve Teknolojileri, Aksaray Üniversitesi, Politeknik Dergisi, C: 14, S:4.
- [45] **Sev A. , Özgen A.**, 2010. Yüksek Yapılar Sürdürülebilir Olabilir Mi? Can Tall Buildings Be Sustainable?, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Bilim Dalı, İstanbul, Integrated Concentrating (IC) Dynamic Solar Facade, Center For Architecture Science And Technology, International Sustainable Buildings Symposium, 26-28 May 2010, Ankara.
- [46] <http://www.ormansu.gov.tr> Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası (Erişim Tarihi: 12.06.2019)
- [47] **Seven, A., Topbaşlı, B., Dursun, B.**, 2014. Yeşil Yapı Konseptine Genel Bir Bakış, Electronic Journal of Vocational Colleges, s:99-109.
- [48] **Smith, P.**, 2005. Architecture in a Climate of Change: A Guide to Sustainable Design (2nd ed.), Architectural Press, Oxford.
- [49] **Çukurçayır. M. A., Sağır. H.**, 2008. Enerji Sorunu Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları, Selçuk University, Social Sciences Institute, Journal/13021796, Dergisi, S:20, ISSN 1302-1796.

- [50] **Adıyaman, Ç.**, 2012. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, s:97-101, Niğde.
- [51] **Eren, Ö., Parlakay, O., Hilal, M., Bozhüyük, B.**, 2017. Ziraat Fakültesi Akademisyenlerinin Ekolojik Ayak İzinin Belirlenmesi: Mustafa Kemal Üniversitesi Örneği, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, C:34, S:2, s:138-145, Hatay.
- [52] **Jaffal, I., Ouldboukhite, S., Belarbi, R.**, 2012. A Comprehensive Study of The Impact of Green Roofs on Buildingenergy Performance, Renewable Energy, I:33, pp:157-164.
- [53] **Yüksel. Ü. D.**, 2005. Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s:18-31, Ankara.
- [54] **Koç, Y., Gültekin, A. B.**, 2010. Yeşil Çatılar ve Türkiye'deki Uygulamaları, 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, 15-16 Nisan, İzmir.
- [55] **Göcer, C., Altun, M. C., Türkeri, N.**, 2011. İstanbul'da Mevcut Çatı Sistemi ile Bitkilendirilmiş Çatı Sistemi Isıl Performanslarının Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi, Megaron Dergisi, C:6 S:1 s:21-29.
- [56] **Liu, K.**, 2004. Sustainable Building Envelope -Garden Roof Sistem Performance, NRC-CNRC, RCI Building Envelope Symposium, Nov 4-5, pp:1-14, New Orleans.
- [57] **Kabuloğlu Karaosman, S.**, 2006. Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi, 3. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul.
- [58] **Kabuloğlu Karaosman, S.**, 2005. Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi, 2. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul.
- [59] **Dinsdale, S., Pearen, B., Wilson, C.**, 2006. Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus, Queen's Physical Plant Services.
- [60] **Tohum, N.**, 2011. Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak "Yeşil Çatılar", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [61] **MacDonagh, L.P.**, 2005. Benefits of Green Roofs. Implications, V:4, I:8, pp:1-6.
- [62] **Simmons, M. J.**, 2006. An investigation of the role of Municipalities in Implementing Green Roof Technology in Kingston and Halifax, Licentiate Thesis, Queen University, Kingston.

- [63] **Hui, S. C. M.**, 2009. Green Roof Systems and Technology, Ashrae-Hkc / Cıbse-Hkb / Hkie-Bsd Joint Function Talk.
- [64] **Mansuroğlu, S. G.**, 1998. Ülkemiz Koşullarında Çatı Bahçelerinde Kullanılabilecek Bitki Türleri, 1.Ulusal Süs Bitkileri Kongresi Bildiriler Kitabı, s: 301-306, Yalova.
- [65] **Snodgrass, E.C. and McIntyre, L.**, 2010. The Green Roof Manual – A Professional Guide to Design, Installation and Maintenance. Portland, London: Timber Press Inc.
- [66] **Stater, D. (b.t).** Green Roofs: Sustainability form the Top Down. University of California, Faculty of the Landscape Architecture Program, The Degree of Bachelors of Science of Landscape Architecture.
- [67] **Pehlevan, A., Yaşar, Y. ve Maçka, S.**, 2010. Bitkilendirilmiş Çatılar: Yeşil Çatılar, Çatı Bahçeleri, Arredamento Mimarlık, Haziran, s:114-124, Trabzon.
- [68] **Tolderlund, L.**, 2010. Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West. City and County of Denver, Environmental Protection Agency Region 8 Urban Drainage and Flood Control District, Colorado State University.
- [69] **Ekşi, M.**, 2006. Çatı ve Teras Bahçelerinde Kullanılan Konstrüksiyon Elemanları ve Yeni Yaklaşımlar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [70] **Osmundson, T.F.**, 1999, Roof Gardens: History, Design and Construction, Norton Company, New York, 0–393–73012–3.
- [71] **Cantor, S.L.**, 2008. Green Roofs in Sustainable Landscape Design, Newyork: W.W. Norton & Company, Inc.
- [72] **Wheeler, T., Osborne, J., O’Hearn, M., James, C., Kim, S. and Mentink, J.**, 2010. Sydney City Council Green Roof Resource Manual.
- [73] <http://www.izkakaucuk.com> Filtre Tabakası (Erişim Tarihi:19.06.2019)
- [74] **Liu, K. and Baskaran, B.**, (b.t). Green Roof Infrastructure-Technology Demonstration, Monitoring and Market Expansion Project, National Research Council, İnstitutue for Research in Construction, Ottawa, Ontario, Canada.
- [75] **FLL, The Landscaping and Landscape Development Research Society**, 2002. Guideline for The Planning, Execution and Upkeep of Green Roof Sites, Bonn.
- [76] **Townshend, D.**, 2007. Study on Green Roof Application in Hong Kong Final Report, Urbis Limited, Architectural Services Department.

- [77] **Dunnett, N. and Kingsbury, N.**, 2008. Planting Green Roofs and Living Walls (Second Printing), Portland, London: Timber Press Inc.
- [78] <http://www.thegreenroofcentre.co.uk> Moorgate Crofts İş Merkezi Yeşil Çatısı (Erişim Tarihi:14.06.2019)
- [79] **Uzun, T.**, 2010. Green Roof Applications In Sustainable Architecture, International Sustainable Buildings Symposium, pp:584-589, Ankara.
- [80] **Erbaş, M.**, 2011. Enerji Etkin Yapı Tasarımının Etkili Elemanlarından Olan Yeşil Çatıların Dünya ve Ülkemiz Örnekleri Üzerinden Bir İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [81] **Harris, R., Rubasch, A. and Stull-Lane, C.**, 2006. Ecological Building Design For The St. Olaf College Science Complex, Building A Sustainable Future Green Roof. Chemistry 124: A Matter of Environment.
- [82] <https://www.izoder.org.tr> Duvarlarda Isı Yalıtımı (Erişim Tarihi:21.06.2019)
- [83] <http://www.imo.org.tr> Yapılarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri (Erişim Tarihi:21.06.2019)
- [84] **Atmaca, U.**, 2016. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler, Tesisat Mühendisliği Dergisi, S:154 s:21-35.
- [85] <http://www.astroset.com> Türkiye'deki İller Hakkında Genel Bilgi (Erişim Tarihi:14.06.2019)
- [86] <https://www.on5yirmi5.com> Türkiye'deki İklimler Hakkında Genel Bilgi (Erişim Tarihi:14.06.2019)
- [87] <http://www.cografya.gen.tr> Türkiye'deki İklimler Hakkında Genel Bilgi (Erişim Tarihi:14.06.2019)
- [88] <https://www.mgm.gov.tr> Türkiye'deki İllere Ait Veri Değerlendirmesi (Erişim Tarihi:14.06.2019)
- [89] <https://www.havaturkiye.com> Türkiye'deki İllere Ait Sıcaklık ve Nem Değerleri (Erişim Tarihi:14.06.2019)
- [90] **TSE**, 2008. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, TS 825, Ankara.
- [91] **Anon.**, 1998, Konutlarda Isıtma ve Soğutma Yüğü Hesapları, Bölüm 25, ASHRAE Temel El Kitabı, İstanbul.
- [92] **Watson, D., Labs, K.**, 1983. Climatic Buildig Design, Mc Gram-Hill Book Company.

ÖZGEÇMİŞ

Büşra KILIÇ TURAN, 1993 yılında Trabzon’da doğdu. 2007 yılında Mimar Sinan İlköğretim Okulu’ndan, 2011 yılında Kanuni Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nde 2016 yılında lisans eğitimini tamamlayarak Bingöl Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü’ne 2017 yılında mimar olarak atanan Büşra KILIÇ TURAN, Elazığ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü’nde mimar olarak görevini sürdürmektedir.

