



**T.C. ENERJİ VE TABİİ
KAYNAKLAR BAKANLIĞI**



Danish Energy
Agency



Danish Ministry of Climate,
Energy and Utilities



**TÜRKİYE-DANİMARKA
STRATEJİK SEKTÖR İŞ BİRLİĞİ PROJESİ
BİNA SEKTÖRÜ ISITMA VE SOĞUTMA TALEBİNİN
BELİRLENMESİ VE HARİTALANDIRILMASI**

YASAL UYARI

Raporda yayımlanan bilgilerin güncelliği, doğruluğu, güvenilirliği ve tamlığı konusunda tüm titiz çalışmalara rağmen, olabilecek hatalardan Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı (EVÇED) hiçbir taahhüt altına girmez ve sorumluluk kabul etmez. Rapordaki bilgilerin yanlış kullanımı/yorumlanması sonucunda veya teknik nedenlerle siteye (www.enerji.gov.tr) ulaşılamamasından ötürü doğrudan veya dolaylı bir zarar doğması halinde, EVÇED'e hiçbir borç, sorumluluk veya mükellefiyet yüklenemez.

EVÇED raporda yer alan bütün bilgileri ve tasarımı önceden bildirimde bulunmaksızın değiştirebilir veya kullanım dışı bırakabilir.

Rapor; EVÇED Planlama ve Denetim Daire Başkanlığı tarafından, Danimarka Enerji, Kamu Hizmetleri ve İklim Bakanlığı ve Danimarka Enerji Ajansı işbirliğinde yürütölen "Düşük Karbonlu ve Verimli Isıtma ve Soğutma Projesi" kapsamında hazırlanmıştır. Telif hakkı ve diğer her türlü hakları EVÇED'e aittir. Rapor içerisindeki bilgiler kaynak bildirmek kaydıyla kullanılabilir.

İÇİNDEKİLER TABLOSU

YÖNETİCİ ÖZETİ.....	1
1. BİNA SEKTÖRÜNÜN ISITMA VE SOĞUTMA TALEBİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANDIRILMASI.....	3
1.1. Genel Yaklaşım	3
1.1.1. Nüfus yoğunluğu dağılımı	3
1.1.2. İklim bölgeleri	4
1.2. Isıtma Talebinin Belirlenmesi.....	6
1.2.1. Enerji tüketimi	7
1.2.2. Isıtma talebi tahmini	8
1.3. Soğutma Talebinin Belirlenmesi	13
1.4. Isıtma ve Soğutma Talebi Tahmini	16
2. BÖLGESEL ISITMA POTANSİYELİ BULUNAN BÖLGELERİN BELİRLENMESİ.....	18
3. BİNA TİPOLOJİLERİNE GÖRE BİNALARIN ISITMA VE SOĞUTMA İHTİYAÇLARI	21
3.1. Spesifik Isıtma Talebi.....	21
3.2. Spesifik Soğutma Talebi.....	23
3.3. Zaman Eğrileri	24
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	26

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Diğer Sektörler Bölümünde Yer Alan Enerji Tüketim Miktarları ve Kaynaklara Göre Dağılımı.....	7
---	---

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Türkiye Nüfusunun İl ve İlçe Merkezlerine Göre Dağılımı.....	3
Şekil 2: Türkiye Nüfus Yoğunluğunun İl ve İlçe Merkezlerine Göre Dağılımı	4
Şekil 3: İklim Bölgelerinin Gösterimi	4
Şekil 4: İl ve İlçe Bazında Isıtma Gün Derecelerinin Dağılımı (2016 Yılı).....	5
Şekil 5: İl ve İlçe Bazında Soğutma Gün Derecelerinin Dağılımı (2016 Yılı).....	5
Şekil 6: Bina Sektörü Nihai Enerji Tüketimi, Isıtma Amaçlı Enerji Tüketimi ve Isıtma Talebi.....	8
Şekil 7: Bölgelere Göre Kişi Başına Isı Yoğunluğu Dağılımı	9
Şekil 8: Bölgelerin Yüzölçümlerine Göre Isı Yoğunluğu Dağılımı.....	9
Şekil 9: Avrupa Birliği Copernicus İzleme Programı ile Yapılan Isı Yoğunluğu Haritası.....	10
Şekil 10: İstanbul İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası.....	10
Şekil 11: Ankara İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası	10
Şekil 12: İzmir İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası.....	11
Şekil 13: Erzurum İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası	11
Şekil 14: Gaziantep İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası	11
Şekil 15: Mersin İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası	12
Şekil 16: Kayseri İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası	12
Şekil 17: Bursa İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası	12
Şekil 18: Bölgelere Göre Soğutma Yoğunluğu Dağılımı	14
Şekil 19: İstanbul İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası	14
Şekil 20: İzmir İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası	15
Şekil 21: Gaziantep İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası	15
Şekil 22: Mersin İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası.....	15
Şekil 23: Bursa İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası.....	16
Şekil 24: Bina Sektöründe Isıtma Talebindeki Artış Eğiliminin 2030 Yılına Kadar Sürmesi Durumunda Isı Talebinin Gelişimi	16
Şekil 25: Bina Sektöründe Soğutma Talebindeki Artış Eğiliminin Gelişimine Yönelik Tahminler ...	17
Şekil 26: Yararlı Isı Potansiyeli Bulunan Termik Santrallerin Haritalandırılması	19
Şekil 27: İllere Göre Enerji Yoğun İşletmelerin Dağılımı	20
Şekil 28: Seçilmiş İllere Göre Çok Konutlu Apartman Spesifik Isıtma Talebi.....	21
Şekil 29: Seçilmiş İllere Göre Tek Konutlu Müstakil Evlerin Spesifik Isıtma Talebi.....	22
Şekil 30: Seçilmiş İllere Göre Ofis Binalarının Spesifik Isıtma Talebi.....	23
Şekil 31: Seçilmiş İllere Göre Çok Konutlu Apartman Spesifik Soğutma Talebi.....	23
Şekil 32: Seçilmiş İllere Göre Tek Konutlu Müstakil Evlerin Spesifik Soğutma Talebi	24
Şekil 33: Seçilmiş İllere Göre Ofis Binalarının Spesifik Soğutma Talebi	24
Şekil 34: Eskişehir ve Gaziantep İçin Isı Zaman Eğrileri (Bina Tipi: Apartman Blokları, Sıcak Su İhtiyacı Hariç).....	25
Şekil 35: Eskişehir ve Gaziantep İçin Soğutma Zaman Eğrileri (Bina Tipi: Apartman Blokları)	25

YÖNETİCİ ÖZETİ

2018 yılı verilerine göre ülkemiz nihai enerji tüketiminin %30'u konutları, ticaret ve hizmet binalarını kapsayan bina sektöründe harcanmıştır. Binaların ısıtılması ve soğutulması amacıyla kullanılan enerji, sektörde tüketilen enerjinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle, enerjinin etkin kullanılması, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için Onbirinci Kalkınma Planı, İklim Değişikliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı, Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı gibi farklı politika ve strateji belgelerinde ısıtma ve soğutmada verimliliğin artırılmasına yönelik hedefler belirlenmiştir.

2008 yılında imzalanan ve 2013 yılında yürürlüğe giren "Enerji Alanında İşbirliğine İlişkin Mutabakat Zaptı" bağlamında, bölgesel ısıtma sistemlerinin yaygınlaştırılmasıyla, yerli ve yenilebilir enerji kaynaklarından azami biçimde faydalanılmasına yönelik ısı mevzuatının altyapısının oluşturulması amacıyla Bakanlığımız ile Danimarka Enerji, Kamu Hizmetleri ve İklim Bakanlığı arasında 29 Mart 2017 tarihinde "Stratejik Sektör İşbirliği Projesi Anlaşması" imzalanmıştır.

Anılan proje kapsamında binalarda ve sanayide ısıtma ve soğutma için gereken ısı enerjisi talep ve potansiyel tedarik noktalarının belirlenmesi, 2030 yılına yönelik ısı enerjisi talep tahmininin gerçekleştirilmesi, farklı enerji tedarik seçeneklerinin fayda-maliyet analizlerinin yapılması, "Isı Arz Kanunu" taslağının hazırlanması, kanunun uygulanması ve planlanması için kapasite geliştirilmesi ve pilot projelerin ön fizibilitesinin hazırlanması amaçlanmıştır.

"Stratejik Sektör İşbirliği Projesi Anlaşması"nın Başlangıç Toplantısı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, CB Strateji ve Bütçe Başkanlığı (mülga Kalkınma Bakanlığı), TOKİ, Danimarka Enerji Ajansı temsilcileri ile Danimarka'nın Türkiye Büyükelçisi Sayın Svend Olling'in katılımıyla 25 Nisan 2017 tarihinde gerçekleştirilerek bahse konu Proje faaliyetlerine başlamıştır. Aralık 2019'da birinci fazı sonlanan Proje kapsamında yer alan çıktılar aşağıda özetlenmektedir:

- ÇIKTI 0: Başlangıç fazı ve proje yönetiminin oluşturulması
- ÇIKTI 1: Isıtma ve soğutma talebi haritalandırılması ve projeksiyonu
- ÇIKTI 2: Mevcut düzenlemelere yönelik politika boşluk analizi gerçekleştirilmesi
- ÇIKTI 3: Teknoloji veri tabanı içeren bir fayda-maliyet analizi aracı geliştirilmesi
- ÇIKTI 4: Isıtma ve soğutma tedarikindeki uluslararası deneyimin aktarılması
- ÇIKTI 5: Isı Arzı Kanunu Taslağının oluşturulması
- ÇIKTI 6: Bölgesel ısıtma ve soğutma mevzuat altyapısı ve uygulamasında kapasitenin geliştirilmesi
- ÇIKTI 7: Seçilmiş projelerin ön fizibilite çalışmalarının gerçekleştirilmesi

- ÇIKTI 8: Isıtma ve soğutma ile ilgili ikincil düzenlemelere yönelik altlıkların oluşturulması

"Çıktı 1: Isıtma ve soğutma talebi haritalandırılması ve projeksiyonu" alt çalışma programı çerçevesinde bina sektörünün ısıtma ve soğutma talebi belirlenmiş, bölgesel ısıtma sistemlerinin uygulanmasında en uygun alanların belirlenmesi amacıyla ülkemizin yaklaşık 15.000 bölgeye ayrıldığı yüksek çözünürlüklü (1 km² çözünürlük) alanların her birindeki ısı talebi hesaplanmış ve bölgeler (mahalleler) bazında haritalandırması Copernicus İzleme Programı kullanılarak yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapılan analizler 2030 yılına kadar ülkemizde bina sektörünün ısıtma talebinin %45-60 oranında artacağını göstermektedir. Bu nedenle, imar planlarının hazırlanması aşamasında, bölgesel enerji tedarik potansiyelinin değerlendirilerek özellikle güneş enerjisi, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları, kojenerasyon ve/veya endüstriyel tesislerin veya termik santrallerin yararlı ısılarının entegre edileceği bölgesel ısıtma sistem çözümleri bazında, maliyet-fayda analizlerinin yapılarak, uygun görülen çözümlerin plana dahil edilmesi önem arz etmektedir.

Ülkemizde verimli bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılmasında yürütülecek çalışmalara katkı sağlanması amacıyla işbu Rapor hazırlanmış ve kamuoyunun bilgisine sunulmuştur.

1. BİNA SEKTÖRÜNÜN ISITMA VE SOĞUTMA TALEBİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANDIRILMASI

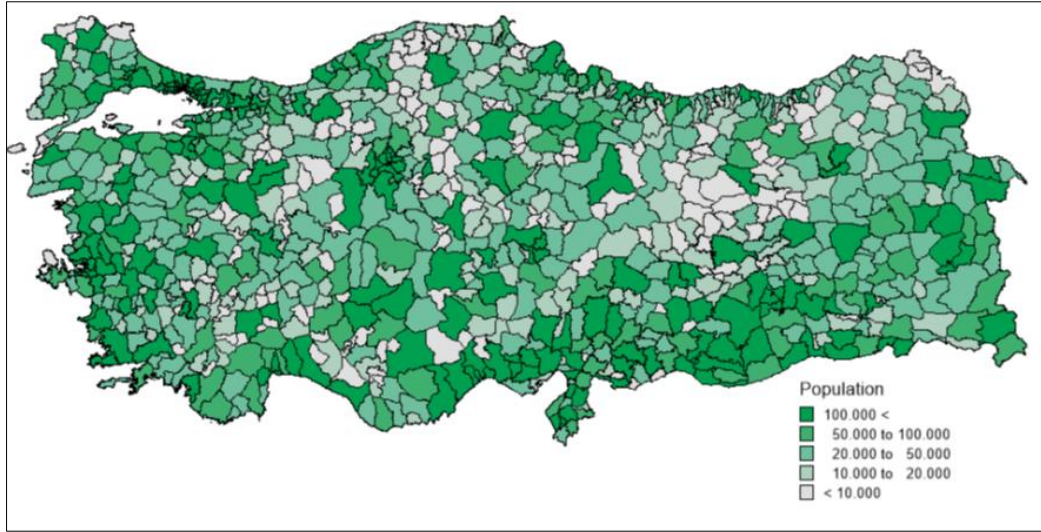
1.1. Genel Yaklaşım

Bina sektörünün ısıtma ve soğutma talebinin belirlenmesinde enerji denge tabloları, klima satış rakamları, ekipmanların verimlilik ve ortalama enerji tüketimlerinden yararlanılmıştır. Sonrasında gerçekleştirilen haritalandırma çalışması için nüfus, il ve ilçe merkezlerinin yüzölçümü, ekonomik veriler ve çeşitli ulusal veri kaynaklarından yararlanılmıştır.

1.1.1. Nüfus yoğunluğu dağılımı

Enerji talebi ile nüfus arasında doğrudan bir ilişki vardır. Bu sebeple bir bölgedeki nüfus yoğunluğu, o bölgenin ısıtma ve soğutma talebi hakkında önemli bilgiler vermektedir.

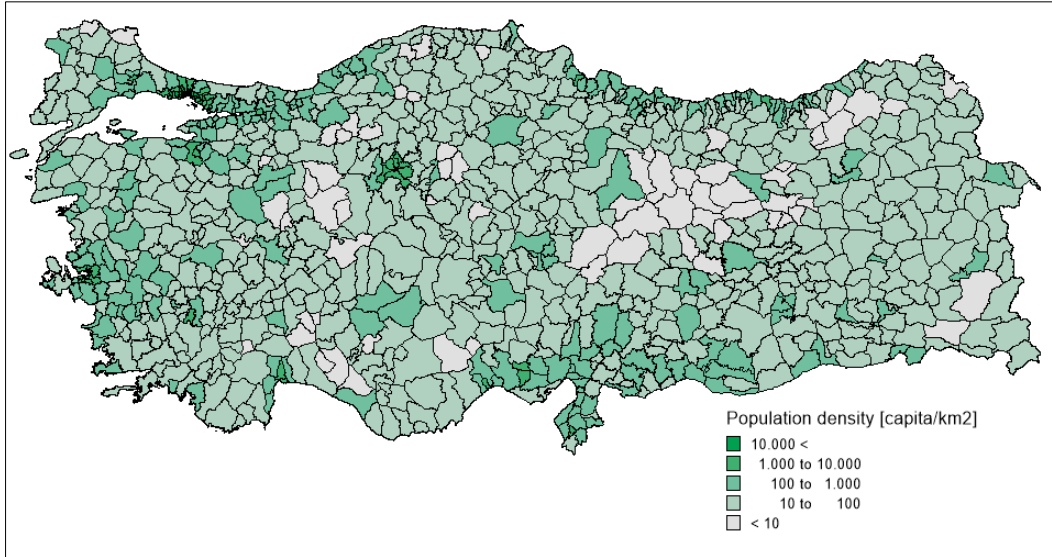
2018 yılı itibariyle 82 milyonu aşan ülkemiz nüfusu, il ve ilçe bazında 972 bölgede incelenmiş olup bölgelerin dağılımı Şekil 1’de sunulmaktadır. Her bir il ve ilçe merkezinin nüfusu yüzölçümü, yerleşim alanı ile bölündüğünde, Şekil 2’de belirtilen nüfus yoğunluğu bulunmaktadır.



Şekil 1: Türkiye Nüfusunun İl ve İlçe Merkezlerine Göre Dağılımı

Şekil 2’de belirtilen koyu yeşil bölgeler ısıtma ve/veya soğutma talebinin yüksek olduğu bölgelere işaret etmektedir. Bununla birlikte enerji talebinde, nüfus ve yüzölçümün yanı sıra mikro ölçekte binanın spesifik ısıtma ve soğutma enerji talebi (kWh/m².yıl) de belirleyici olmaktadır.

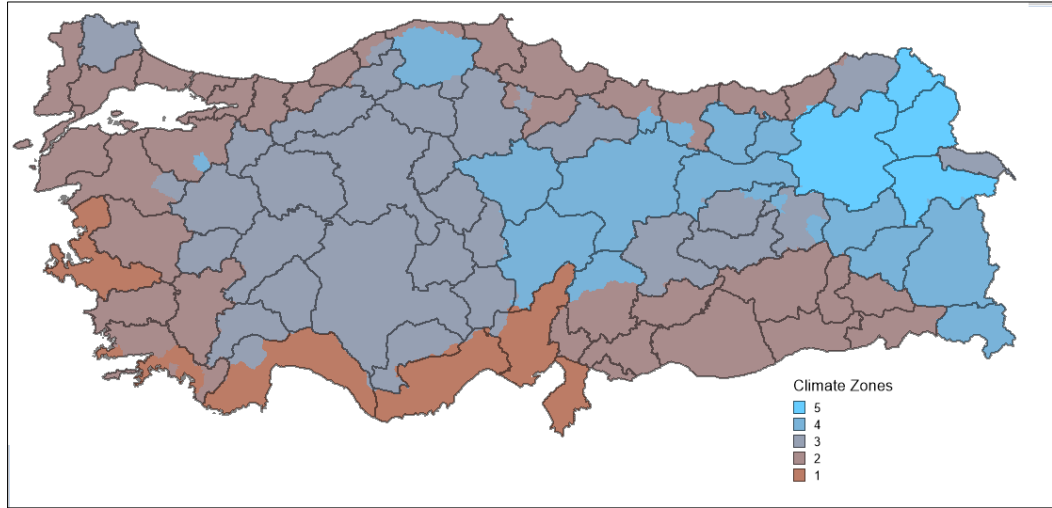
Isı haritalandırmasında ise sadece bölge yüzölçümünün dikkate alınması nüfusunun yüksek olduğu fakat geniş alana yayılım gösterdiği yerlerde yanıltıcı olabilmektedir. Bu nedenle işbu çalışma kapsamında il ve ilçe merkezlerinin alanları dikkate alınarak haritalandırma çalışması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2: Türkiye Nüfus Yoğunluğunun İl ve İlçe Merkezlerine Göre Dağılımı

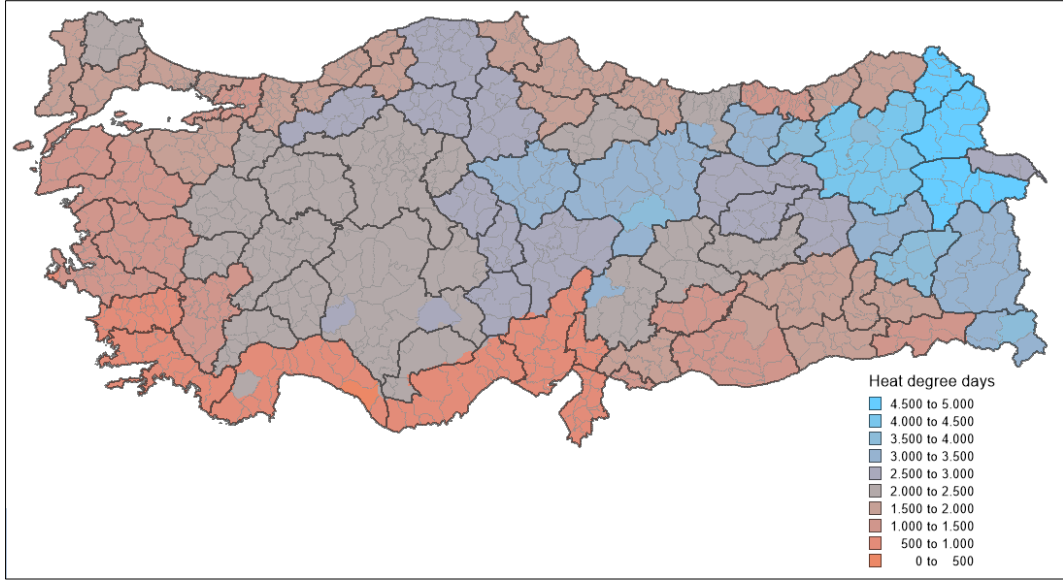
1.1.2. İklim bölgeleri

Türkiye'nin coğrafi konumu ve yer şekilleri nedeniyle ılıman Akdeniz ikliminden karasal iklime kadar farklı özellikte iklim tipleri oluşmuştur. Çalışmanın bu bölümünde Türkiye, Şekil 3'te sunulan beş iklim bölgesine ayrılmıştır. İklim bölgeleri, farklı iklimlerin etkisinin görülmesi açısından önemli bir araçtır. Sıcaklığın yanı sıra farklı hava parametreleri ile de belirlenmektedir.

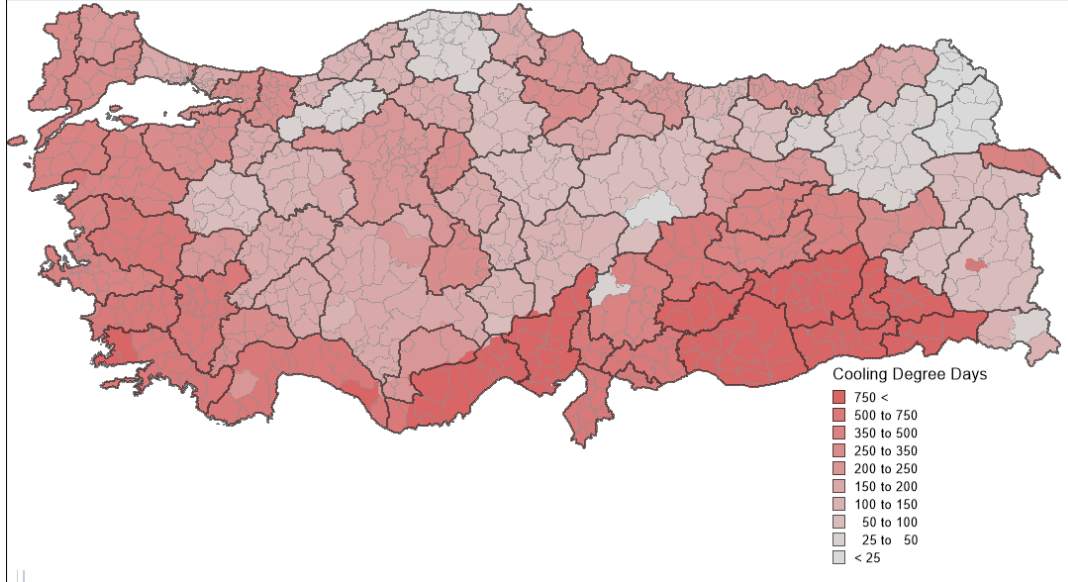


Şekil 3: İklim Bölgelerinin Gösterimi

Belirli bir zamanda dış ortam sıcaklığını hesaba katarak ısıtma ve soğutma şiddetini ölçmek için ısıtma gün dereceleri (Heating Degree Day, HDD) ve soğutma gün dereceleri (Cooling Degree Day, CDD) kullanılmaktadır. Şekil 4 ve Şekil 5'te il ve ilçe merkezleri bazında ısıtma ve soğutma derecelerinin dağılımı sunulmaktadır.



Şekil 4: İl ve İlçe Bazında Isıtma Gün Derecelerinin Dağılımı (2016 Yılı)



Şekil 5: İl ve İlçe Bazında Soğutma Gün Derecelerinin Dağılımı (2016 Yılı)

2016 yılına ilişkin ısıtma ve soğutma talebinin normalleştirilmesinde, son 11 yılın (2007-2017) ortalama ısıtma ve soğutma gün derecesi değerleri referans olarak kullanılmıştır. Bir gün içindeki sıcaklığın bir referans sıcaklıktan sapması olarak da tanımlanan gün derecesi için Avrupa İstatistik Ofisi'ne (Eurostat) göre ısıtma referans sıcaklığı 15°C, soğutma referans sıcaklığı ise 22°C' dir. Örneğin, referans günden 2°C daha düşük bir gün 2 ısıtma gün derecesi olarak sayılırken sıcaklığın 2°C daha yüksek bir gün 0 ısıtma derecesi gün olarak sayılmaktadır. Soğutma içinse tam tersi işlem uygulanmaktadır. Gün derece sayıları birkaç yılın enerji tüketimlerinin karşılaştırılmasında da kullanılan önemli bir göstergedir.

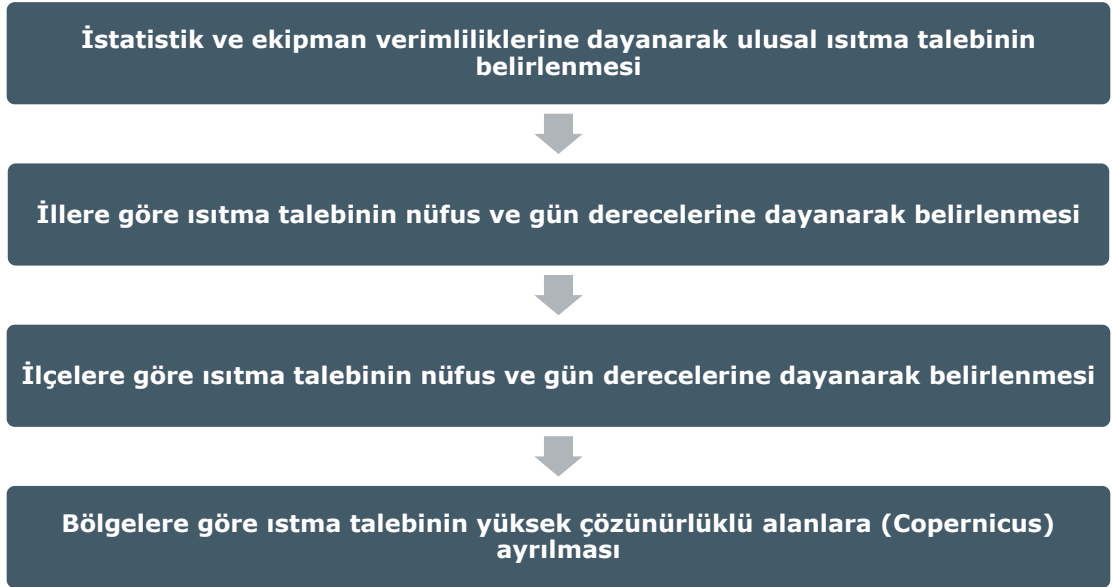
Bununla birlikte, ısıtma ve soğutma arzının planlanmasında gün derece sayısı ile birlikte aylık veya yıllık süre eğrilerine de bakılması gerekmektedir. Çünkü benzer gün derecesine sahip olan iki bölgeden birinde kısa ve sert bir kış yaşanırken diğerinde uzun ve daha ılıman bir iklim sürebilir. Bu nedenle puant yük üretim talebinin etkin bir biçimde planlanması, bölgesel enerji dağıtım şebekesi ve sistemin verimliliği açısından süre eğrilerine bakılması önem arz etmektedir.

1.2. Isıtma Talebinin Belirlenmesi

Isıtma talebinin hesaplanmasında 2016 yılı enerji denge tablosundan ve ekipman verimlilik değerleri için Danimarka Enerji Ajansı Teknoloji Veri Kitabından yararlanılmıştır. Öncelikle bina sektöründe ısıtma amaçlı kullanılan enerji tüketimi tahmin edilmiş ve ısıtma arzında kullanılan teknolojilerin ısıtma verimliliği varsayımları ile ısıtma talebi hesaplanmıştır.

Türkiye'nin yaklaşık 15.000 bölgeye ayrıldığı yüksek çözünürlüklü alanların her birindeki ısı taleplerinin toplamının, tahmin edilen ulusal ısıtma talebiyle kıyaslandığında sonuçların aynı olduğu görülmüştür. Bu şekilde, sonuçların doğruluğuna yönelik hesaplamalarda yapılan yaklaşım ve varsayımlar kontrol edilmiştir.

Isıtma talebinin belirlenerek haritalandırılmasının temel amacı ise bölgesel ısıtma sistemlerinin uygulanmasında en uygun alanların belirlenmesidir.



1.2.1. Enerji tüketimi

Türkiye'nin 2016 yılı Enerji Denge Tablosu'nda¹ bina sektörünün yer aldığı "Diğer Sektörler" bölümünün enerji kaynak türlerine göre tüketim değerleri Tablo 1'de GWh cinsinden sunulmaktadır. Konutlar ile ticaret ve hizmetler sektörünün toplam enerji tüketimleri sırasıyla 228.446 GWh ve 157.853 GWh olarak gerçekleşmiştir².

Tablo 1: Diğer Sektörler Bölümünde Yer Alan Enerji Tüketim Miktarları ve Kaynaklara Göre Dağılımı

[GWh]	Konut	Ticaret ve Hizmetler	Tarım ve Hayvancılık	Toplam
Kömür	24.340	45.219	-	69.559
Petrol Ürünleri	3.585	8.028	-	11.613
Doğal Gaz	111.475	29.726	987	142.188
Biyokütle	27.482	-	-	27.482
Elektrik	51.204	63.741	6.805	121.750
Jeotermal	4.093	11.140	6.744	21.977
Güneş	6.267	-	-	6.267
TOPLAM	228.446	157.853	14.536	400.835

İller bazında doğal gaz, kömür ve biyokütle için yakıt tüketimi istatistikleri toplanarak nüfus ve gün derece değerlerine göre bölgelerin yakıt tüketimleri tahmin edilmiştir.

Güneş enerjisi ile sağlanan ısıtma tüketiminin bulunduğu bölgelerin belirlenmesinde soğutma talebinin olduğu bölgelerle bir korelasyonun bulunacağı varsayılmıştır.

İl ve ilçe merkezi seviyesinde fuel-oil kaynaklı enerji tüketimi verisi bulunamadığından denge tablosunda yer alan ulusal düzeydeki veriler kullanılmıştır. Fuel-oil'in en pahalı ısıtma yöntemlerinden biri olduğu ve bu nedenle yalnızca diğer kaynaklara erişilemediği yerlerde kullanıldığı varsayılmıştır.

¹ Bina sektörünün haritalandırma çalışmasında, "2016 Yılı Enerji Denge Tablosu" temel alındığından anlam bütünlüğünün korunması adına işbu Raporun ilerleyen bölümlerinde 2016 yılı verilerine yer verilmiştir. Bununla birlikte, güncel verilerin de okuyucuya aktarılması amacıyla 2018 yılına ilişkin veriler dipnotlarla sunulmuştur.

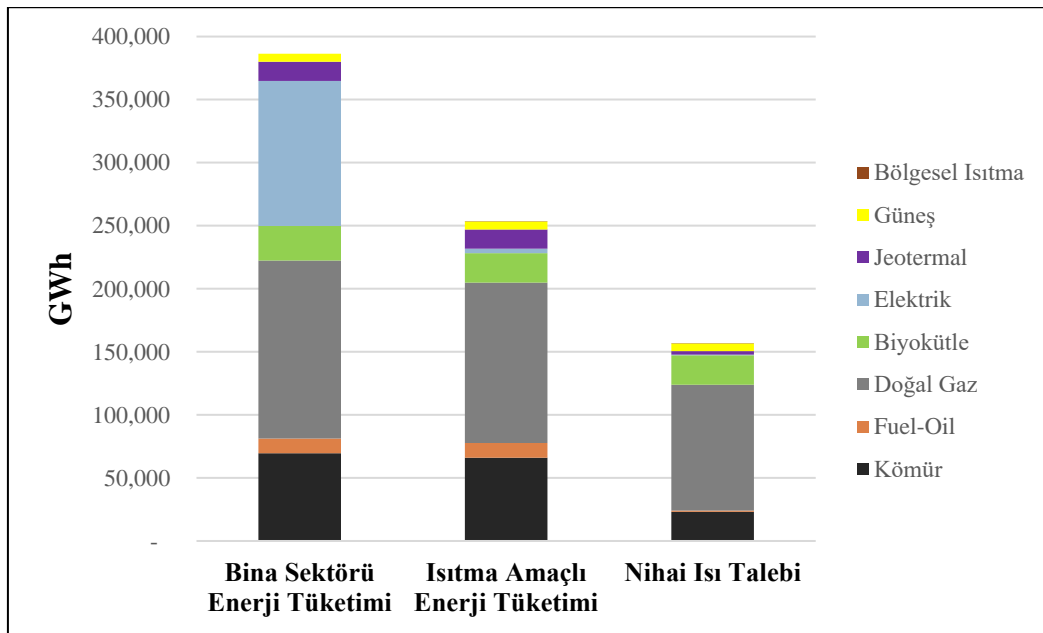
² 15 Kasım 2019'da yayımlanan "2018 Yılı Enerji Denge Tablosu"na göre 2018 yılında konutlar ile ticaret ve hizmetler sektörünün toplam enerji tüketimleri sırasıyla 269.514 GWh ve 145.073 GWh olarak gerçekleşmiştir.

1.2.2. Isıtma talebi tahmini

Isıtma amaçlı enerji tüketiminin belirlenmesi için öncelikle ısıtma amaçlı yakıt kullanımı tahmin edilmiştir. Çoğu yakıt kaynağının toplam tüketim içerisindeki kullanım oranları farklı iklim bölgeleri için aynı alınmıştır. Isıtma amaçlı elektrik ve doğal gaz kullanımında ise aydınlatma, pişirme ve soğutma gibi diğer kullanım amaçlarından dolayı iklim bölgelerine göre farklılıklar göstermektedir.

Elektrik ve bölgesel ısıtma sistemleri ile ısıtma talebi karşılanan konutların bölgesel bazda talebinin belirlenmesinde, bölgedeki diğer yakıt türlerini kullanan konutların ortalama ısıtma talebi temel alınmıştır.

Isıtma talebi ise ısıtma amaçlı enerji tüketim değerlerinin, ısıtma arzında kullanılan teknolojilerin ısıtma verimliliği ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Şekil 6'da da sunulduğu üzere bina sektörünün ısıtma amaçlı enerji talebinin 170 TWh olduğu, bu talebin karşılanmasında ise 249 TWh enerji tüketildiği hesaplanmıştır³. Bahse konu tüketime enerji kaynaklarının taşınmasında harcanan ulaştırma kaynaklı enerji tüketimleri dâhil değildir. Isıtma talebi sıcak su talebini içermekte, fakat endüstriyel tesislerin proses ısılarını kapsamamaktadır.



Şekil 6: Bina Sektörü Nihai Enerji Tüketimi, Isıtma Amaçlı Enerji Tüketimi ve Isıtma Talebi

Yapılan hesaplamalarda doğal gaz ve fuel-oil kaynaklı enerji tüketimi verilerinin doğruluğunun yüksek olduğu değerlendirilmektedir. Bununla birlikte özellikle kırsal bölgelerdeki yoğun nüfuslu

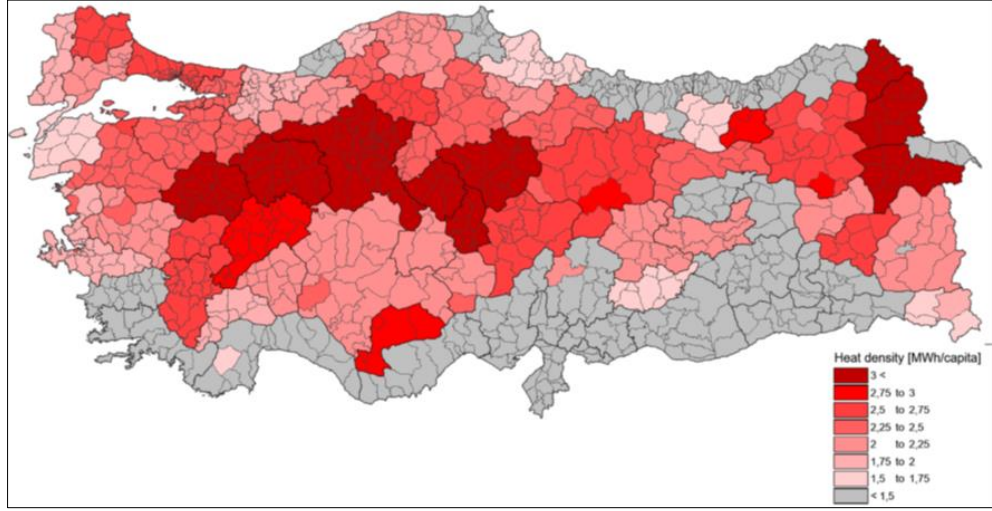
³ 2018 yılında bina sektörünün ısıtma amaçlı enerji talebinin 198 TWh olduğu, bu talebin karşılanmasında ise 268 TWh enerji tüketildiği hesaplanmıştır.

yerleşimlerde kayıt altına alınamayan biyokütle kullanımı sebebiyle verilerde sapmalar olabileceği dikkate alınmalıdır.

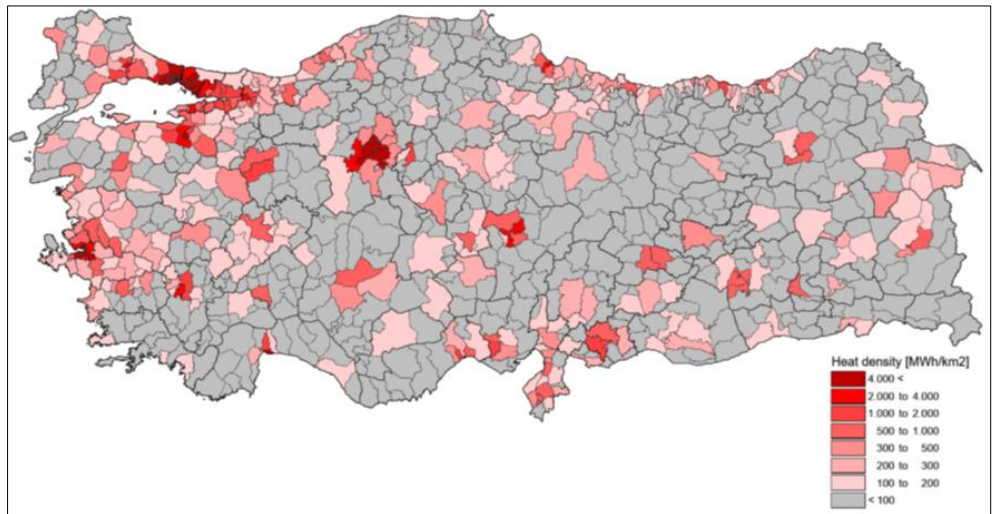
Bu bilgiler ışığında, iklim etkisinden arındırılmış (geçmiş yıllara kıyasla gün derece sayılarına göre normalize edilmiş) 2016 yılı ısıtma talebinin 173 TWh olduğu hesaplanmıştır. Konutların normalize edilmiş toplam ısı talebi 116 TWh ve konut başına ortalama talep 5,4 MWh bulunmuştur.

Örneğin, İç Anadolu Bölgesi'nde konut başına en yüksek ısı talebine 9,5 MWh ile Ankara sahiptir. Komşu il Kırıkkale'nin ise benzer gün derece sayısına sahip olmasına rağmen ısı talebi 5,8 MWh'tir. Bu farklılığın oluşmasında istatistiklerdeki eksik yakıt tüketiminin, ortalama hane büyüklüğünün veya refah seviyesindeki farklılıkların neden olabileceği düşünülmektedir.

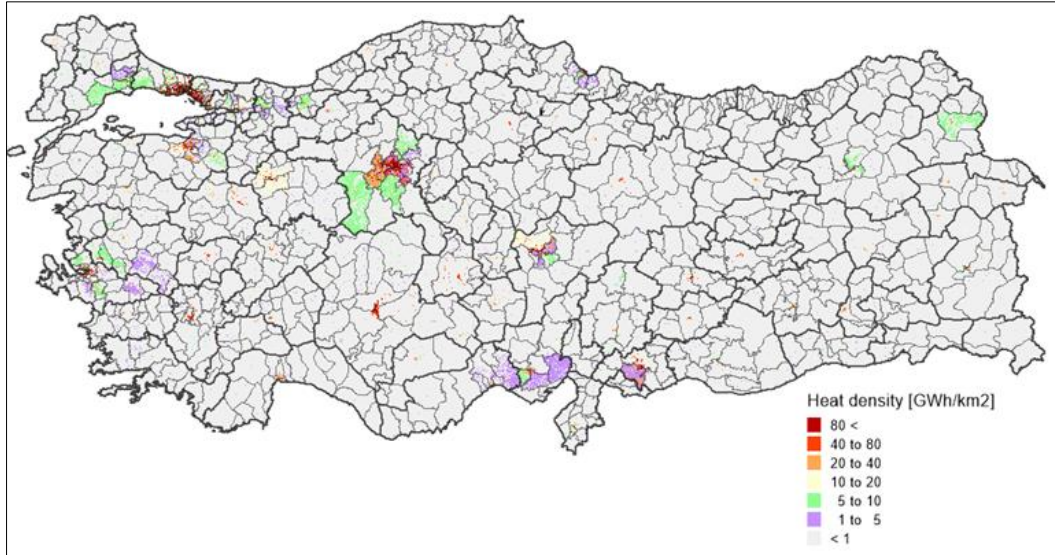
Bölgelerin kişi başına ve yüzölçümüne göre hesaplanan ısı yoğunluğu değerleri Şekil 7 ve Şekil 8'de, Avrupa Birliği Copernicus İzleme Programı ile yapılan haritalandırma Şekil 9'da sunulmaktadır.



Şekil 7: Bölgelere Göre Kişi Başına Isı Yoğunluğu Dağılımı

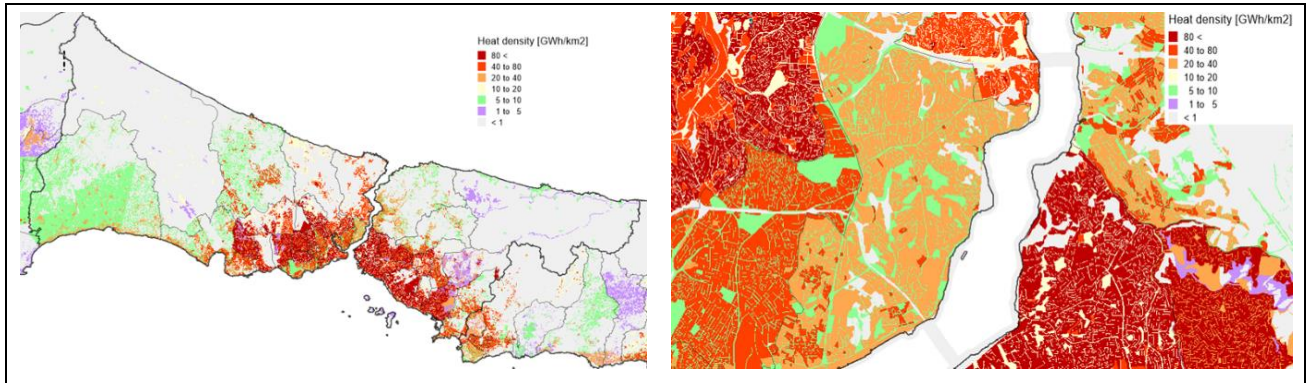


Şekil 8: Bölgelerin Yüzölçümlerine Göre Isı Yoğunluğu Dağılımı

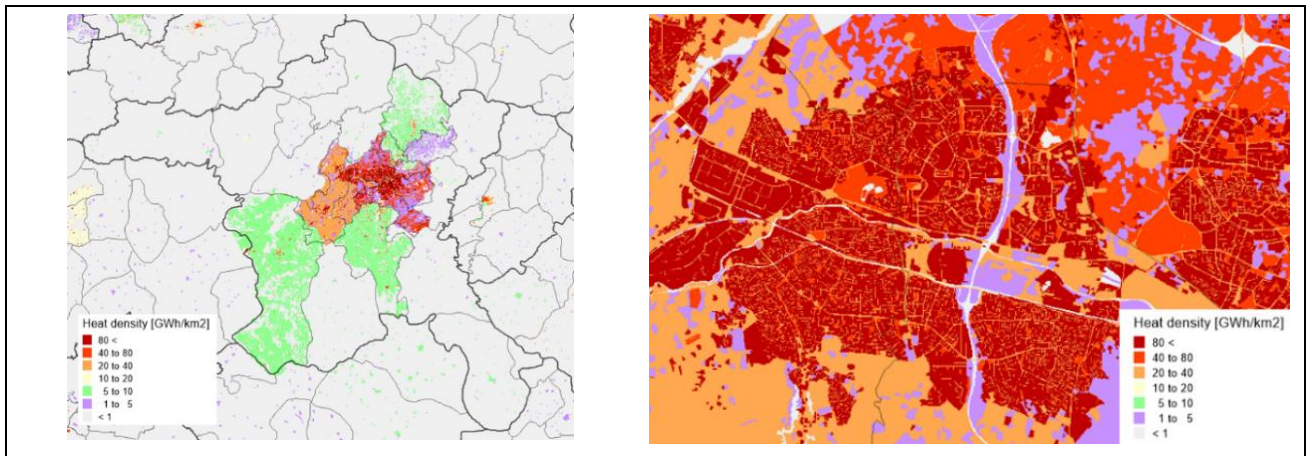


Şekil 9: Avrupa Birliği Copernicus İzleme Programı ile Yapılan Isı Yoğunluğu Haritası

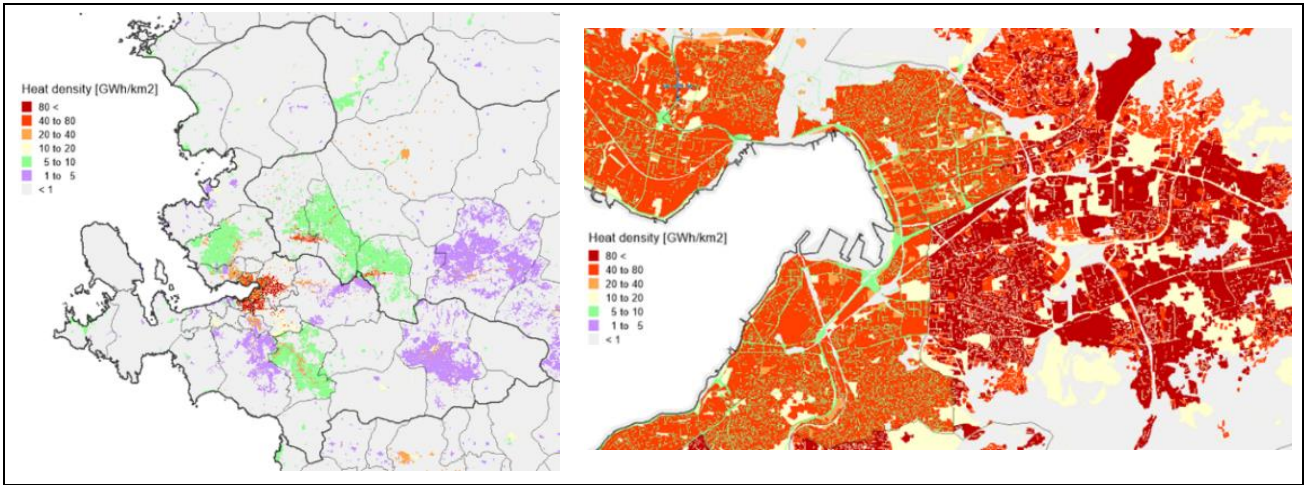
Örnek olarak seçilmiş iller için detaylı ısı yoğunluğu haritaları Şekil 10-17’de verilmektedir.



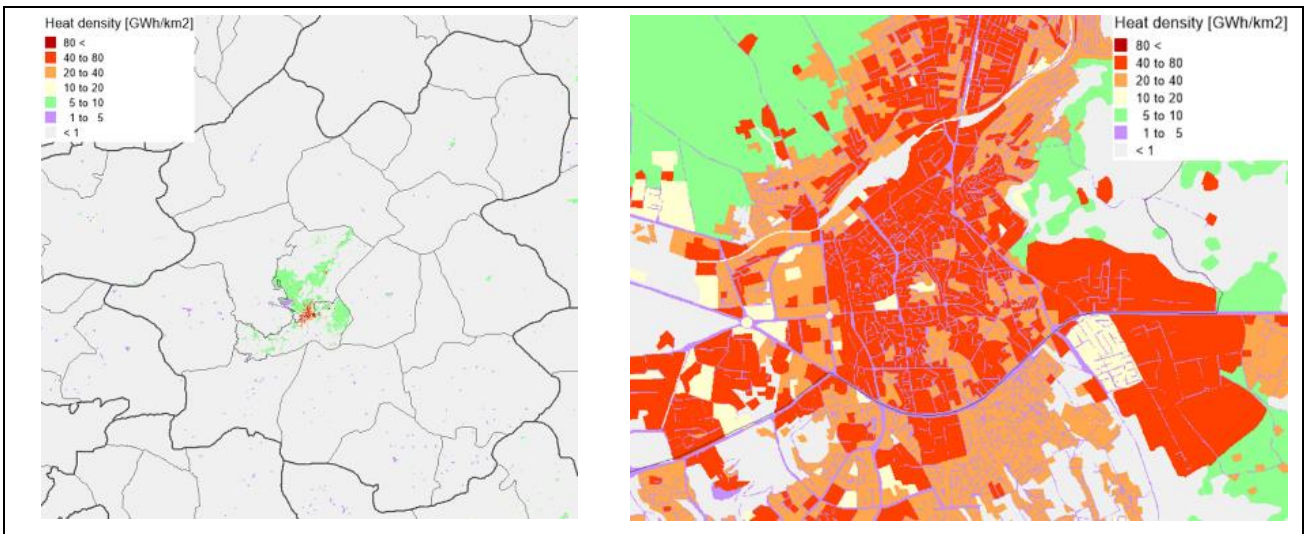
Şekil 10: İstanbul İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası



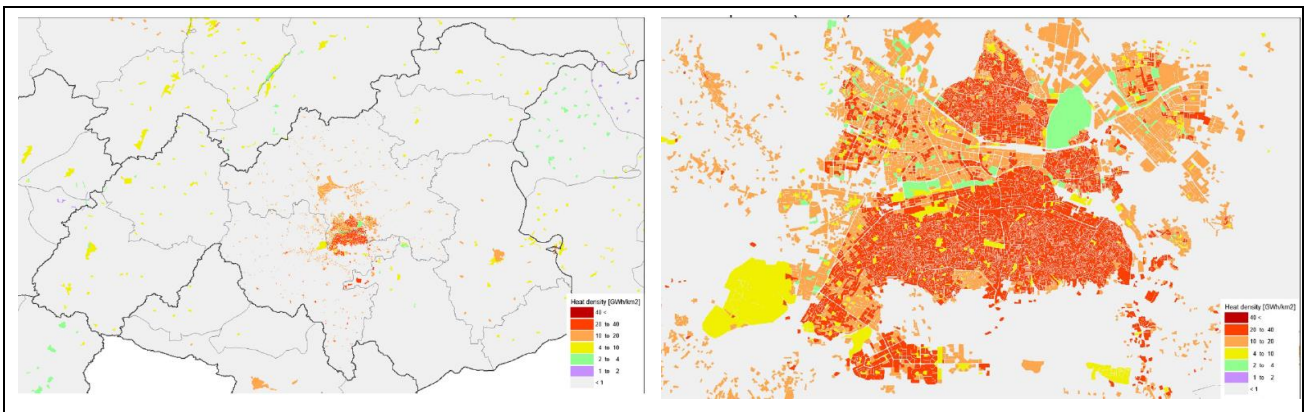
Şekil 11: Ankara İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası



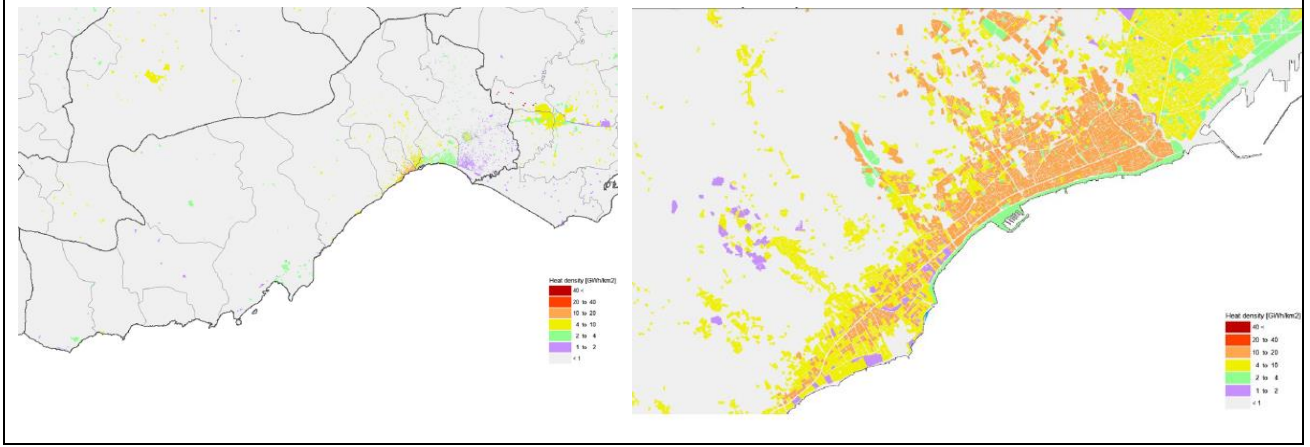
Şekil 12: İzmir İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası



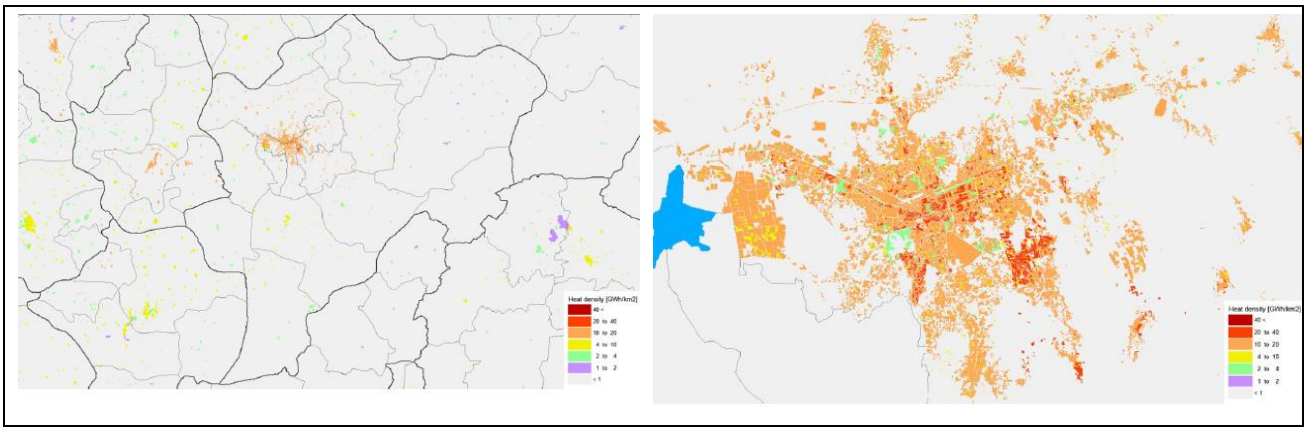
Şekil 13: Erzurum İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası



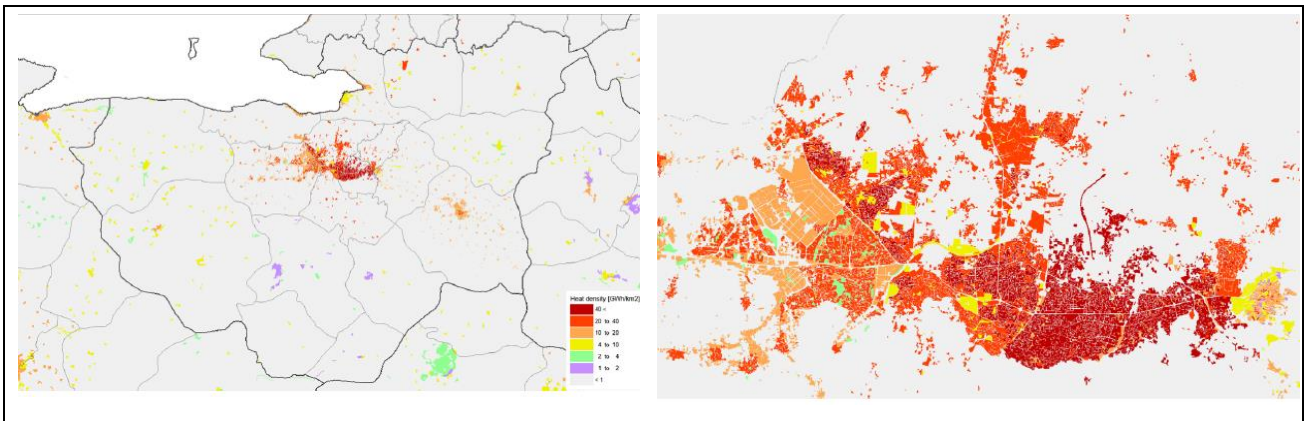
Şekil 14: Gaziantep İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası



Şekil 15: Mersin İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası



Şekil 16: Kayseri İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası



Şekil 17: Bursa İline Ait Isı Yoğunluğu Haritası

1.3. Soğutma Talebinin Belirlenmesi

İklimlendirme ekipmanları Türkiye’de özellikle güney ve batı kesimlerindeki ticaret ve hizmet sektörü binaları ile konutlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. İklimlendirme ekipmanları tarafından talep edilen soğutma yükünün hesaplanmasında resmi bir istatistik veya literatür bulunmadığından klima sayısı ve bölgelere göre sahiplik oranları, bina sayısı ve soğutma gün derecesi verileri kullanılarak tahminler yapılmıştır.

Soğutma talebinin hesaplanmasında şu varsayımlar kullanılmıştır:

- Türkiye Beyaz Eşya Sanayicileri Derneği (TÜRKBEŞD) verilerine göre hanelerde aktif olarak kullanılan klima sayısı: 6,2 milyon adet
- Ortalama bir klimanın COP değeri: 4,1
- Ortalama bir klimanın yıllık enerji tüketimi: 300 kWh

Bu varsayımlar üzerinden gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda soğutma talebinin 7,4 TWh olduğu tahmin edilmektedir.

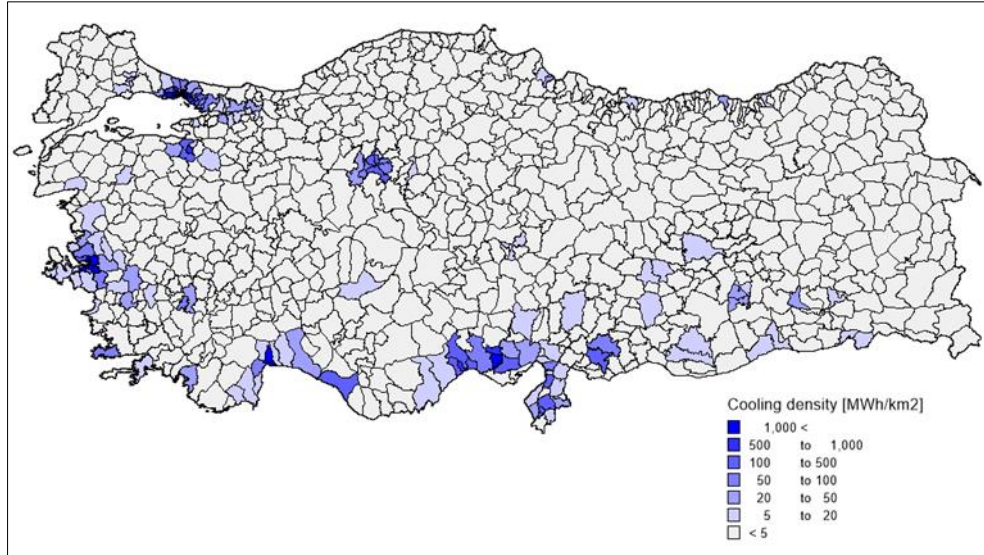
TS 825 referans alınarak iklim bölgelerine göre satış rakamları, ilgili bölgede bulunan mesken sayısı, bölgelerin ekonomik gelişmişlikleri ve soğutma gün derece katsayıları dikkate alınarak bölgelerde bulunan klima sayıları hesaplanmıştır. İklim bölgelerine göre klima sahiplik oranları şu şekilde dağılım gösterdiği kabul edilmiştir:

- İklim Bölgesi 1: %71
- İklim Bölgesi 2: %19
- İklim Bölgesi 3: %9
- İklim Bölgesi 4: %1

Her bir bölge için toplam soğutma talebi ise ilgili bölgede bulunan klima sayısı ve soğutma gün derecesine göre oluşan soğutma talebinin çarpımı ile bulunmuştur.

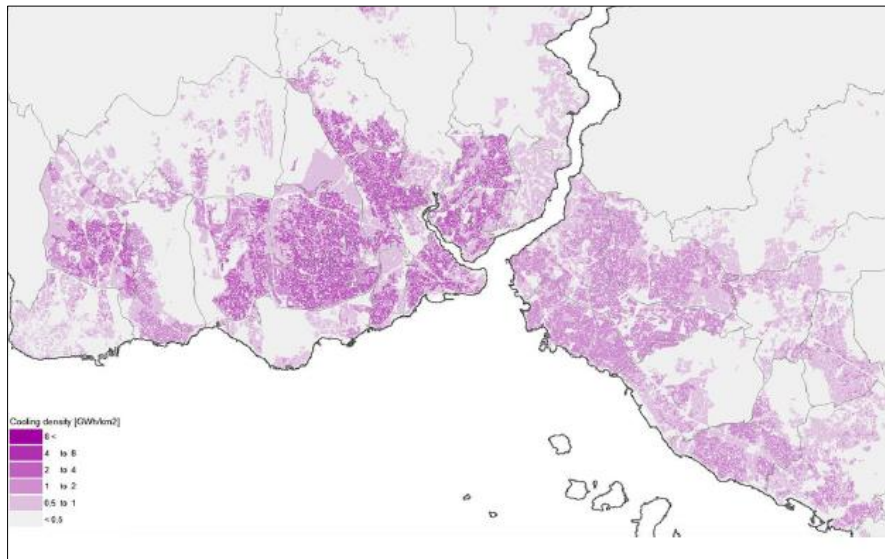
Ortalama soğutma talebi soğutma gün derece (Cooling Degree Day, CDD) katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Ortalama bir klima için yıllık talep edilen tahmini soğutma talebinin 2,7 kWh/CDD olduğu hesaplanmıştır.

Şekil 18’de yüzölçümüne göre soğutma yoğunluğunun dağılımı sunulmaktadır. Özellikle güney ve batı kıyıları ile büyük il merkezlerinin soğutma talebinin 100 MWh/km²’den yüksek olduğu görülmektedir.

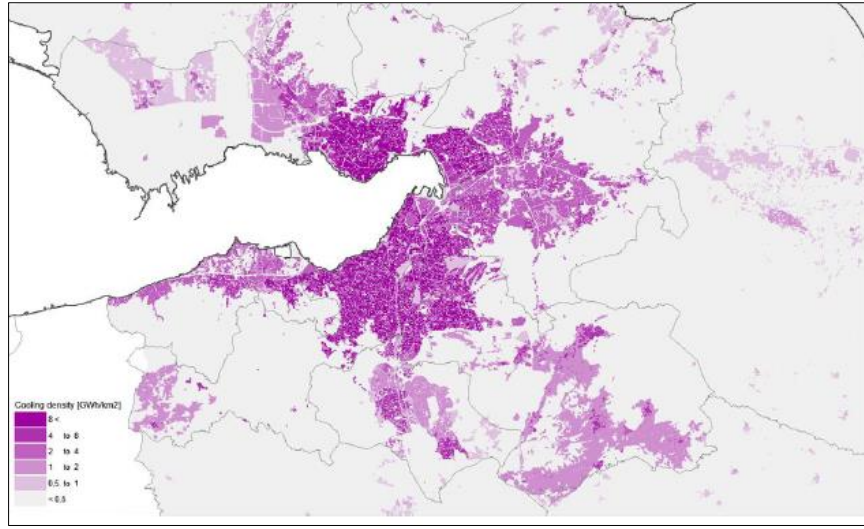


Şekil 18: Bölgelere Göre Soğutma Yoğunluğu Dağılımı

Örnek olarak seçilmiş iller için detaylı soğutma yoğunluğu haritaları Şekil 19-23'te sunulmaktadır.



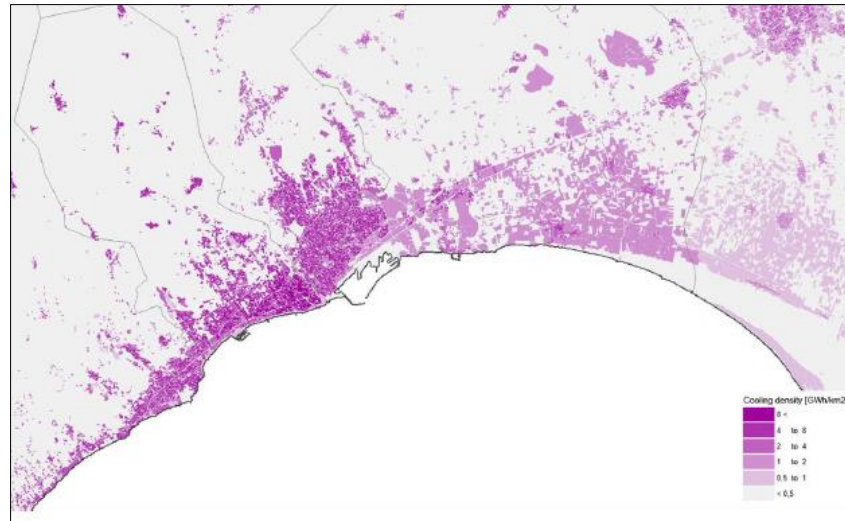
Şekil 19: İstanbul İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası



Şekil 20: İzmir İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası



Şekil 21: Gaziantep İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası



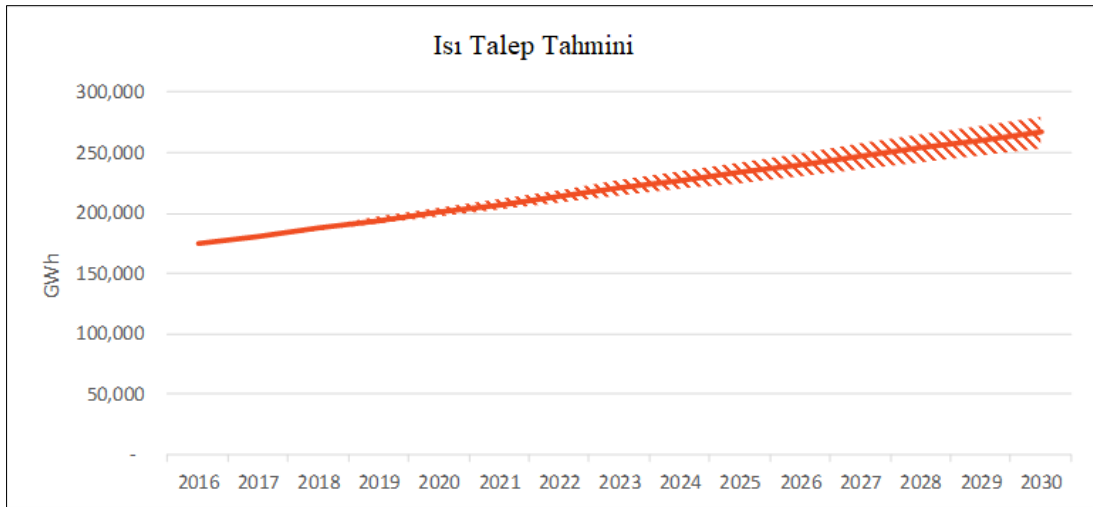
Şekil 22: Mersin İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası



Şekil 23: Bursa İline Ait Soğutma Yoğunluğu Haritası

1.4. Isıtma ve Soğutma Talebi Tahmini

Bina sektöründe ısıtma talebi 2005-2016 döneminde yıllık ortalama %3,8 oranında artmıştır. Geçmişteki artış eğiliminin 2030 yılına kadar devam edeceği varsayılırsa Şekil 24’te sunulduğu üzere talep %45-60 oranında yükselerek 250-280 GWh’e erişecektir.



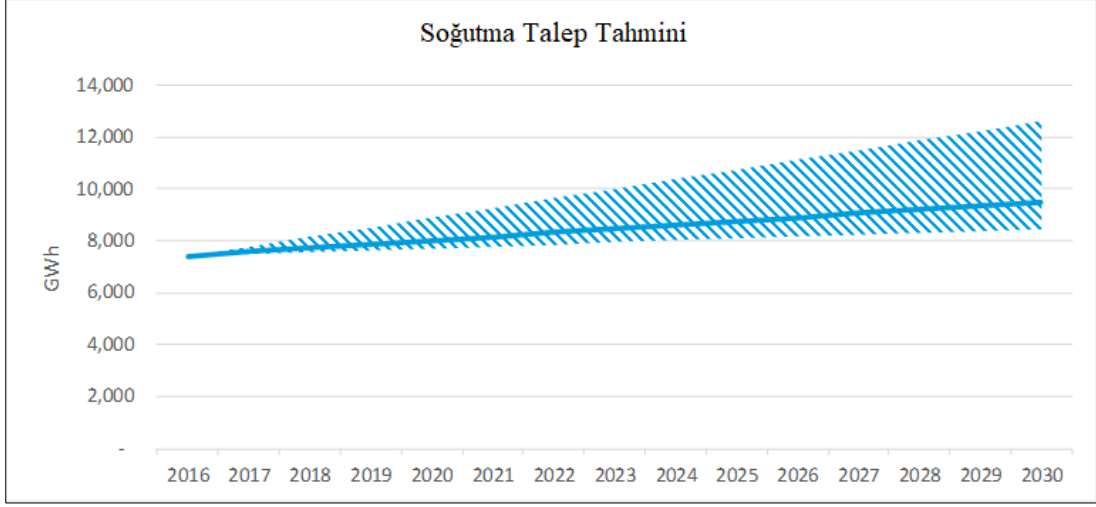
Şekil 24: Bina Sektöründe Isıtma Talebindeki Artış Eğiliminin 2030 Yılına Kadar Sürmesi Durumunda Isı Talebinin Gelişimi

Klima sayısının artış oranı geçmişteki eğilimini sürdürmesi durumunda yıllık ortalama %2, tahmin dönemi boyunca ise toplam %28 artarak 2030 yılında 8 milyona erişecektir.

Klima sayısı artışında düşük ve yüksek büyüme senaryoları sırasıyla %1 ve %5 olarak kabul edilerek ve klimaların ortalama COP değerinin 4,1’den 4,5 değerine yükseleceği varsayılarak soğutma

Bina Sektörü Isıtma ve Soğutma Talebinin Belirlenmesi ve Haritalandırılması

talebi tahmin edilmiştir. Bu varsayımlar eşliğinde Şekil 25'te de sunulmakta olduğu üzere soğutma talebinin 2030 yılı itibariyle 8-13 TWh'e yükselebileceği öngörülmektedir.



Şekil 25: Bina Sektöründe Soğutma Talebindeki Artış Eğiliminin Gelişimine Yönelik Tahminler

2. BÖLGESEL ISITMA POTANSİYELİ BULUNAN BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

Bölgesel ısıtma sistemlerinin bir avantajı da termik santral veya endüstriyel tesisler gibi yararlı ısı kaynaklarından azami biçimde kullanılabilmesine imkân sağlamasıdır. Bazı durumlarda, yararlı ısı sistemlerde önemli derecede rehabilitasyon ihtiyacı gerektirmeksizin çok düşük maliyetlere bölgesel ısıtma sistemlerine entegre olabilmektedir. Bölgesel ısıtma projelerinin yüksek maliyetli olmasının genelde ana nedeni ısı dağıtım altyapısı maliyetleridir.

Güç üretim tesislerinde elektriğin yanı sıra yararlı ısı üretilmesiyle toplam verim değerlerinde %90 mertebelerine çıkılabilmektedir. Yeni yapılan kojenerasyon tesislerinde (CHP) bu değer üst ısı değerine göre %90-95 seviyelerindedir.

Güç üretim santrallerinde yararlı ısının alınması elektriksel verimliliği etkileyebilir ve bir miktar düşmesine neden olabilir. Ayrıca kojenerasyon tesislerinde ısı üretimini artırmak amacıyla türbinin bypass edilmesi de elektrik üretiminde azalmaya neden olabilecektir.

Ülkemizde termik santral yararlı ısının bölgesel ısıtma sistemlerinde kullanılmasına yönelik en kapsamlı çalışma, 2006-2011 yılları arasında Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)⁴ ve Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) tarafından TÜBİTAK ve Yıldız Teknik Üniversitesi ortaklığı ile yürütülen "Enerji Verimliliğini Artırmak Üzere Termik Santral Atık Isılarını Faydaya Dönüştürme Yöntemlerinin Araştırılması, Geliştirilmesi ve Binalarda Isıtma Uygulaması (TSAD) Projesi"dir. Proje ile o projenin yürütüldüğü süreçte kamu uhdesinde bulunan fosil yakıtlı termik santrallerde atık ısı potansiyelinin belirlenmesi, geri kazanım yöntem ve tekniklerinin araştırılması ile ekonomik analizlerinin yapılarak santrallerden atılan atık ısının ekonomiye kazandırılması amaçlanmıştır.

Proje ile; Afşin-Elbistan B, Ambarlı, Bursa, Çan, Çatalağzı, Hamitabat, Kangal, Kemerköy, Orhaneli, Seyitömer, Soma-B, Tunçbilek, Yatağan ve Yeniköy termik santrallerinde ön analizler gerçekleştirilmiş, Afşin-Elbistan B, Soma B, Tunçbilek ve Yatağan termik santralleri için detaylı analiz ve maliyet modelleri yapılmıştır. TSAD Projesi ile şu sonuçlar elde edilmiştir⁵:

- Araştırma yapılan 14 adet termik santralde 3,2 milyar m³ doğal gaz eşdeğeri, başka bir deyişle yıllık toplam 35 milyon MWh atık ısı potansiyeli vardır.

⁴ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü 2011 yılında kapatılarak yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğine ilişkin görevleri Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'ne aktarılmıştır. 2018 yılında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü teşkilatı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü bünyesinde birleştirilmiş, enerji verimliliği ile ilgili görev ve sorumlulukları 2019 yılında müstakil daire başkanlığı olarak kurulan Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı'na aktarılmıştır.

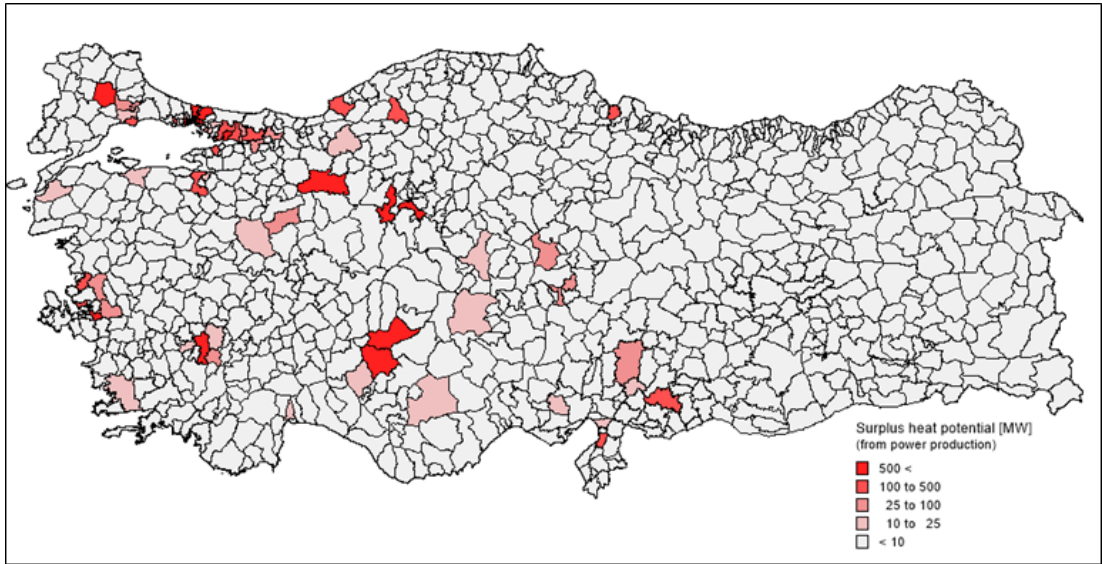
⁵ Hasan H. Erdem, "Termik Santrallerde Atılan Enerji ve Bölgesel Isıtma Uygulaması", Makina Mühendisleri Odası Kojenerasyon Paneli (İstanbul, 22 Kasım 2014).

Bina Sektörü Isıtma ve Soğutma Talebinin Belirlenmesi ve Haritalandırılması

- Bu potansiyelin sadece %42'lik bölümü ile santral çevrelerinde mevcut durumda 620 bin konutun bulunduğu yerleşim yerlerinin ısıtma talebinin karşılanabilecek ve bu sayede yıllık 15 milyon MWh'lik ısı tasarrufu sağlanabilecektir.
- Santrallerdeki atık ısı potansiyelinin hayata geçirilmesi ile yılda 22 milyon su tasarrufu, 5 milyon ton CO₂ ve 100 bin SO₂ salım azaltımı sağlanabilecektir.

TSAD Projesi sonrasında ülkemizdeki yararlı ısı potansiyelinin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir çalışma yapılmamış olması nedeniyle işbu Rapor kapsamında, lisanslı faaliyet gösteren bütün termik santraller (fosil yakıtlı, jeotermal ve biyokütle) incelenmiştir⁶. Kapsama alınan termik santrallerin toplam güç üretim kapasitesi yaklaşık 47 GW'tır. Doğal gaz yakıtlı santrallerin ortalama kapasitesi 90 MW, kömür yakıtlıların ise 430 MW'tır. Toplam termal kapasitenin %96'sı fosil yakıt kullanmaktadır.

Yararlı ısı potansiyeli bulunan ve örneklem kurulu gücünün %95'ini temsil eden kurulu gücü en yüksek 100 termik santralin haritalandırılması Şekil 26'da sunulmaktadır.

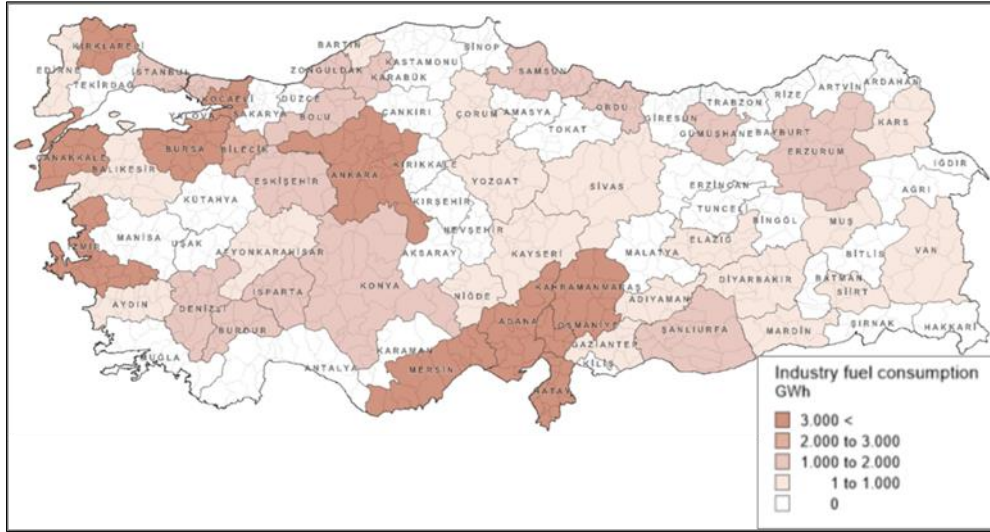


Şekil 26: Yararlı Isı Potansiyeli Bulunan Termik Santrallerin Haritalandırılması

Diğer bir yararlı ısı kaynağı çimento, demir-çelik ve petrokimya gibi enerji yoğun endüstriyel işletmelerdir. Şekil 27'de enerji yoğun işletmelerin haritalandırılması sunulmaktadır. Söz konusu endüstriyel işletmeler için bilgi gizliliği nedeniyle sadece bulunduğu il bilgisi ve enerji tüketimleri bir aralığı ifade edecek biçimde verilmiştir⁷.

⁶ Çalışmanın yapıldığı tarih itibarıyla üretim lisansına sahip 460 adet termik santral çalışma kapsamına alınmıştır.

⁷ 2016 yılı verilerine göre ele alınan endüstriyel işletmelerin enerji tüketimleri şu şekilde sınıflandırılmıştır: 25.000-50.000 tep arası olanlar, 50.000-100.000 tep arası olanlar ve 100.000 ve tep üzeri olanlar.



Şekil 27: İllere Göre Enerji Yoğun İşletmelerin Dağılımı

Termik santral ve enerji yoğun işletmeler dikkate alınarak yapılan çalışmalar eşliğinde bölgesel ısıtma potansiyelinin yüksek olduğu tespit edilen bölgelerden bazıları şunlardır:

- Ankara, Sincan
- Antalya, Muratpaşa
- Balıkesir, Bandırma
- Bursa, Osmangazi
- Çanakkale, Biga
- Hatay, İskenderun
- İstanbul, Avcılar
- İzmir, Aliğa
- Kırıkkale, Merkez
- Kırklareli, Lüleburgaz
- Kocaeli, Gebze
- Kütahya, Merkez
- Manisa, Soma
- Mersin, Yenişehir
- Muğla, Milas
- Sakarya, Adapazarı
- Samsun, Terme
- Zonguldak, Ereğli

3. BİNA TİPOLOJİLERİNE GÖRE BİNALARIN ISITMA VE SOĞUTMA İHTİYAÇLARI

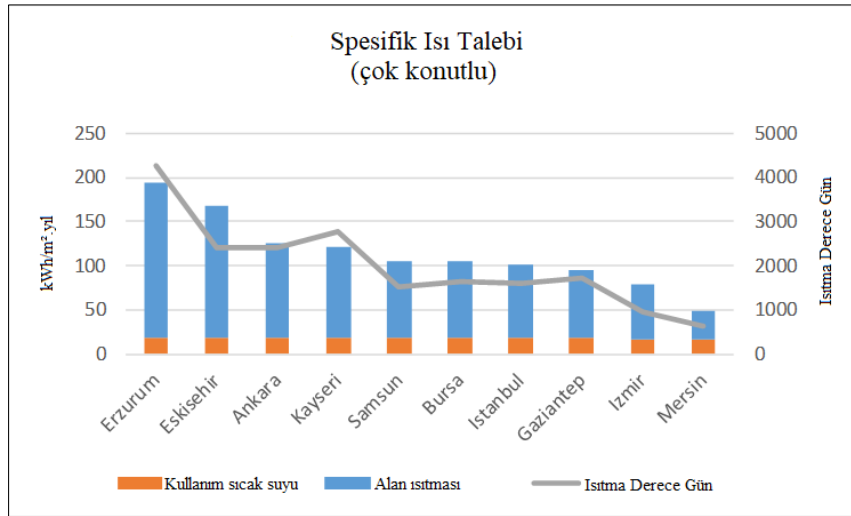
Binalarda ısıtma ve soğutma ihtiyacı bina tipi, büyüklüğü, yerel iklim koşulları gibi pek çok değişkene bağlıdır. Bu çalışma kapsamında, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı BEP-TR yazılımına kayıtlı veriler incelenerek bina tipolojilerinin enerji tüketim bilgileri toplanmış ve analiz edilmiştir. İncelenen bina tipolojileri aşağıda sunulmaktadır:

- Çok konutlu apartman blokları
- Müstakil evler
- Ofisler
- Eğitim binaları
- Hastaneler
- Diğer kamu binaları
- Oteller
- Alışveriş merkezleri

Bina tipolojileri içerisinde en fazla tüketim payına sahip olan (%88) konutlar ve ofisler (%6) ilerleyen bölümlerde detaylı olarak incelenmektedir.

3.1. Spesifik Isıtma Talebi

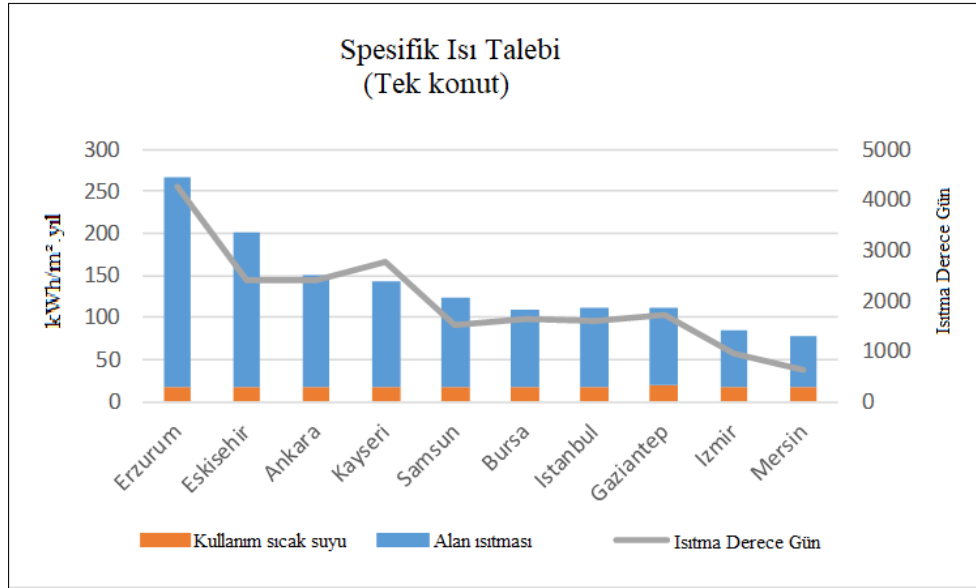
Seçilmiş iller için çok konutlu apartman bloklarının alan ısıtması ve kullanım sıcak suyu ihtiyacı ile illerin ısıtma gün dereceleri Şekil 28’de sunulmaktadır. Şekilden de görülebileceği üzere ısıtma gün derecesi azaldıkça spesifik ısı talebi de düşmektedir. Örneğin, Erzurum’da bulunan bir apartmanın m² başına ısıtma enerji talebi Mersin’de yer alan apartmana göre yaklaşık 4 daha fazladır.



Şekil 28: Seçilmiş illere göre çok konutlu apartman spesifik ısıtma talebi

Spesifik kullanım sıcak suyu ihtiyacı ise ilin bulunduğu bölgeden bağımsız olarak yaklaşık olarak 17-18 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Bu değer seçilmiş illerdeki apartman bloklarının ortalama ısı tüketiminin %10-35'ini oluşturmaktadır.

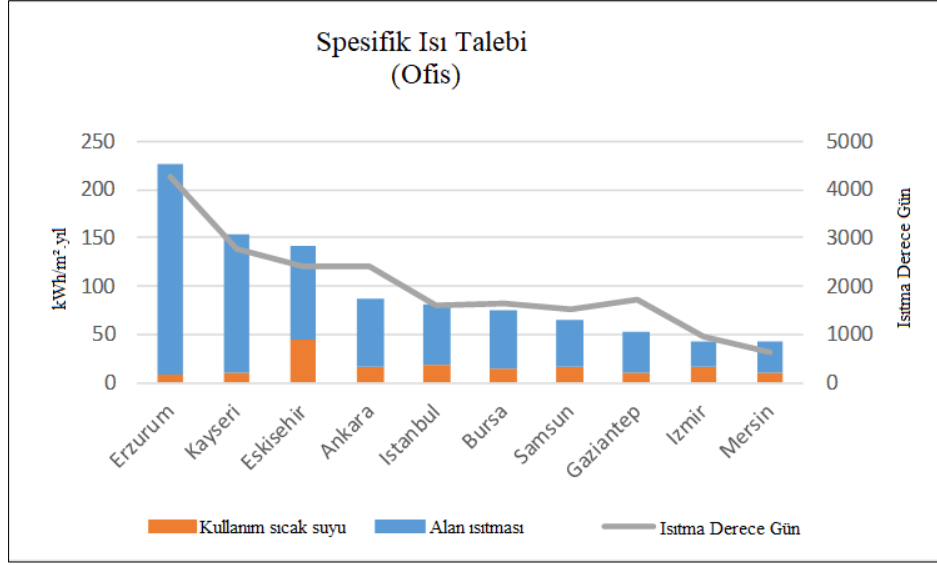
Tek konutlu müstakil evlerin m² başına ısıtma talebinin çok konutlu apartman bloklarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 29'da da sunulmakta olduğu üzere bu tür binaların ısıtma talebi bulunduğu bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak ısıtma gün derecesi azaldıkça düşme eğilimi göstermektedir.



Şekil 29: Seçilmiş İllere Göre Tek Konutlu Müstakil Evlerin Spesifik Isıtma Talebi

Spesifik sıcak su talebinin ise tek konutlu müstakil evlerde daha düşük olduğu görülmüştür. Seçilmiş iller içerisinde en yüksek değere Erzurum (15 kWh/m²), en düşük değere ise Mersin (10 kWh/m²) sahiptir. Çok konutlu apartman bloklarına göre daha düşük değer görülmesinin sebebinin tek konutlu müstakil evlerin oturma alanları bakımından daha büyük inşa edilmiş olabileceği değerlendirilmektedir.

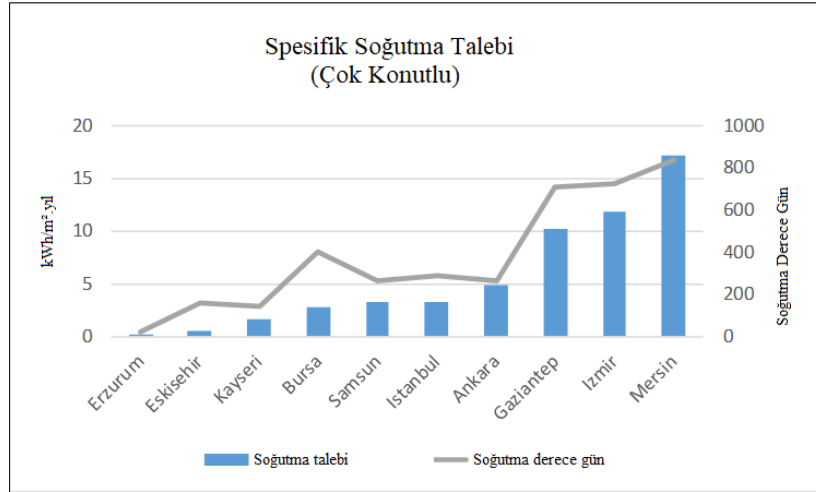
Şekil 30'da sunulmakta olduğu üzere ofis binalarının spesifik ısıtma talebi konutlara göre farklılıklar göstermektedir. Spesifik sıcak su talebi ortalama 45 kWh/m² olan Eskişehir hariç diğer illerde 7-18 kWh/m² olduğu görülmüştür. Spesifik sıcak su talebindeki bu farklılığın BEP-TR yazılımında Eskişehir'deki ofis binalarına ilişkin sınırlı veri bulunmasının neden olabileceği düşünülmektedir.



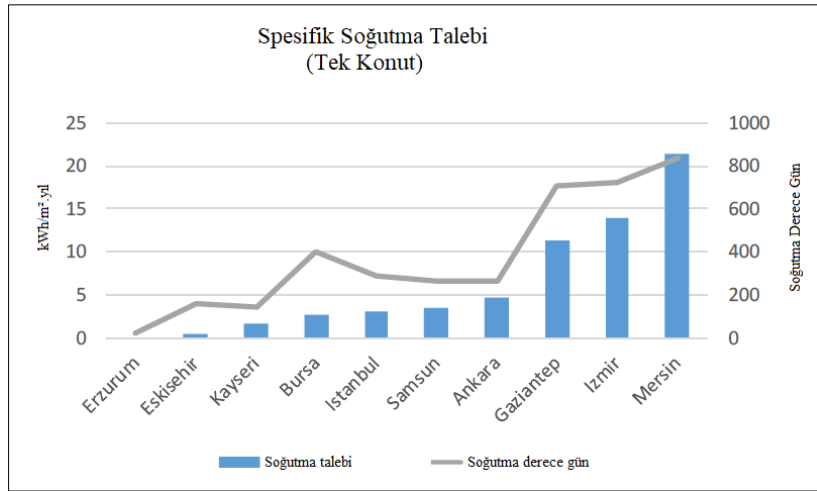
Şekil 30: Seçilmiş İllere Göre Ofis Binalarının Spesifik Isıtma Talebi

3.2. Spesifik Soğutma Talebi

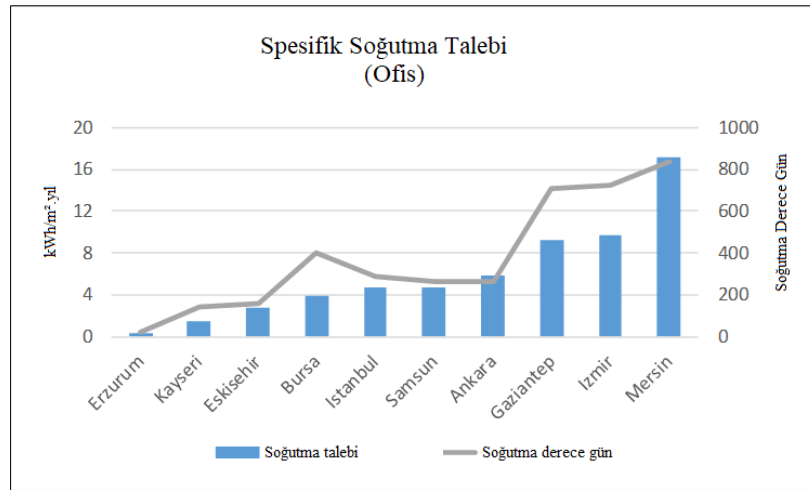
Çok konutlu apartman blokları, tek konutlu müstakil evler ve ofis binaları için tespit edilen ortalama soğutma talepleri sırasıyla Şekil 31, 32 ve 33'te sunulmaktadır. Spesifik ısıtma talebinde olduğu gibi soğutma gün derecesi sayısı arttıkça binaların ihtiyaç duyduğu spesifik soğutma talebi de artmaktadır.



Şekil 31: Seçilmiş İllere Göre Çok Konutlu Apartman Spesifik Soğutma Talebi



Şekil 32: Seçilmiş İllere Göre Tek Konutlu Müstakil Evlerin Spesifik Soğutma Talebi

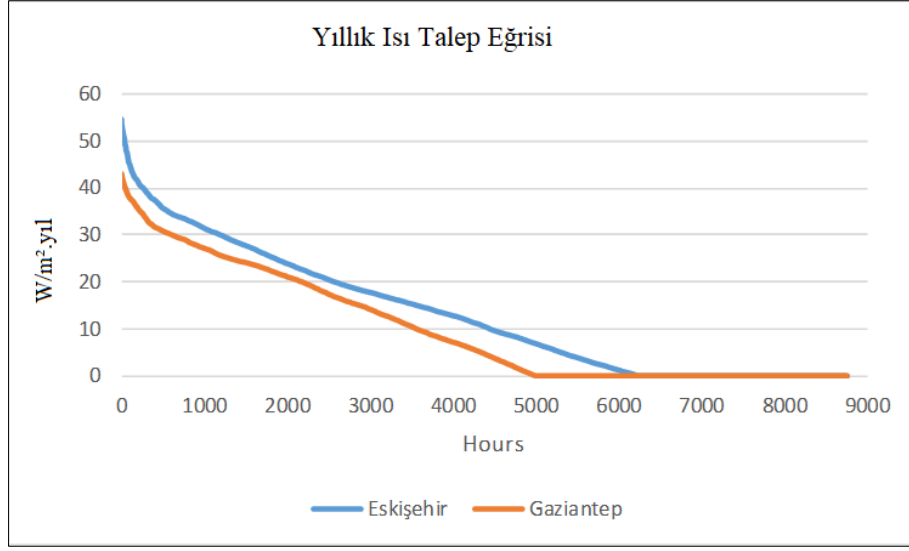


Şekil 33: Seçilmiş İllere Göre Ofis Binalarının Spesifik Soğutma Talebi

3.3. Zaman Eğrileri

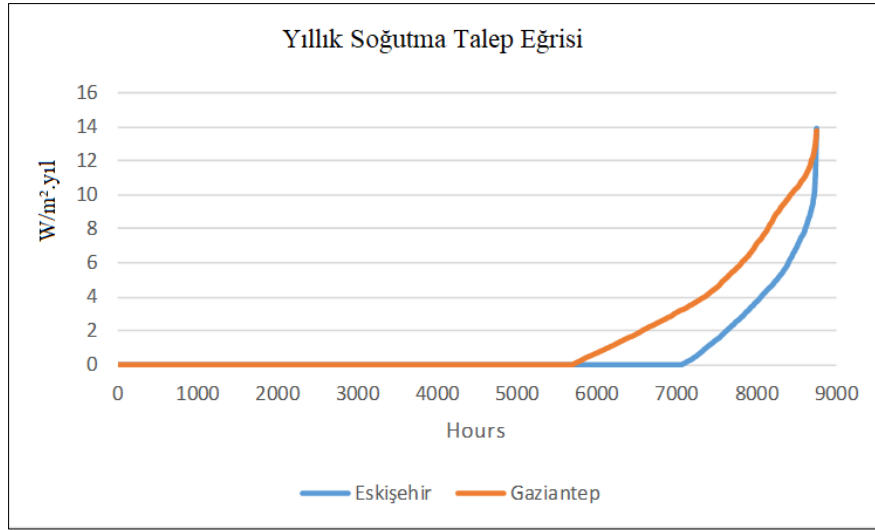
Zaman eğrileri puant yükün seviyesini gösterdiği ve kullanılacak arz kaynağı teknolojisinin çalışma süresini belirlediği için bölgesel ısıtma sistemlerinde bakılan önemli parametrelerden biridir. Örnek olarak Eskişehir ve Gaziantep illerinin İklim verilerine dayanarak kıyaslanması Şekil 34 ve 35'te verilmektedir.

Şekil 34 mahal ısıtması için yaklaşık 5.000-6.000 saat arası ısı arzına ihtiyaç olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte, Eskişehir'in Gaziantep'ten puant talebi %25, toplam ısı talebi ise %30 fazladır. Sıcak su talebi ise yıllık ortalama 2 W/m^2 'dir.



Şekil 34: Eskişehir ve Gaziantep İçin Isı Zaman Eğrileri (Bina Tipi: Apartman Blokları, Sıcak Su İhtiyacı Hariç)

Soğutma talepleri incelendiğinde toplam 2.000-3.000 saatlik bir talebin bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Gaziantep'in Eskişehir'den soğutma puant talebi %10, toplam soğutma talebi %120 daha fazladır.



Şekil 35: Eskişehir ve Gaziantep İçin Soğutma Zaman Eğrileri (Bina Tipi: Apartman Blokları)

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında ülkemizde bina sektörünün ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimi ve talebi belirlenmiş, verimli ısıtma ve soğutma sistemlerinin uygulanmasında en uygun bölgelerin belirlenmesi amacıyla ülkemizin yüksek çözünürlüklü (nüfus yoğun yerleşim bölgelerinde mahalleler bazında) haritalandırılma çalışması gerçekleştirilmiştir. Termik santral ve endüstriyel tesislerin yararlı ısılarının kullanılabilceği bölgeler incelenerek Ankara, Antalya, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Hatay, İstanbul, İzmir, Kırıkkale, Kırklareli, Kocaeli, Kütahya, Manisa, Mersin, Muğla, Sakarya, Samsun ve Zonguldak illerinde bölgesel ısıtma potansiyelinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Binalarda ısıtma ve soğutma ihtiyacı bina tipi, büyüklüğü, yerel iklim koşulları gibi mikro ölçekte birden fazla değişkene bağlı olduğundan, ayrıca BEP-TR yazılımına kayıtlı veriler incelenmiş ve bina tipolojilerinin enerji tüketim bilgileri toplanmıştır. Seçili illerde bina tipolojilerine göre ortalama spesifik ısıtma ve soğutma talepleri belirlenmiş, verimli bölgesel ısıtma sistemlerinin uygulanma süresince önemli tasarım parametrelerden biri olan zaman eğrileri konusunda Eskişehir ve Gaziantep örnekleriyle karşılaştırmalı bir analize yer verilmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Danimarka Enerji, Kamu Hizmetleri ve İklim Bakanlığı adına Danimarka Enerji Ajansı işbirliğinde, ülkemizde verimli bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılmasında yürütülecek çalışmalara katkı sağlanması amacıyla işbu Rapor hazırlanmış ve kamuoyunun bilgisine sunulmuştur.



ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÇEVRE DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Adres : Nasuh Akar Mah. Türkocağı Cad. No:2
06520 Çankaya/ANKARA/TÜRKİYE

Tel : +90 (312) 212 64 20 / 6101

e-mail : bilgi.evced@enerji.gov.tr