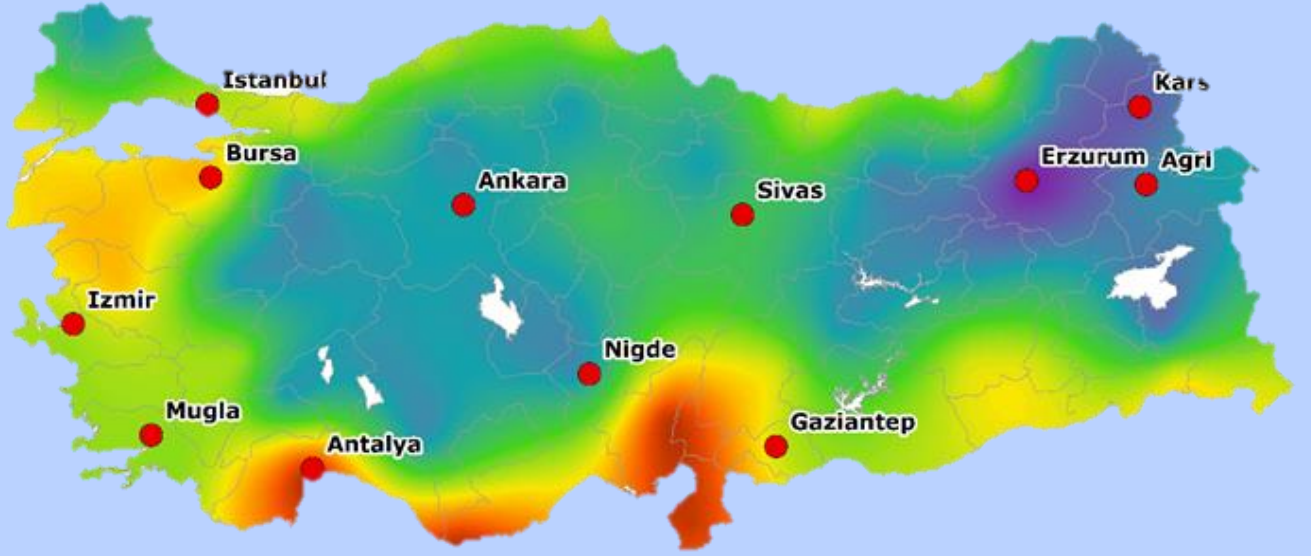


Türkiye için U-Değerleri Haritaları

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (EPBD) kapsamında maliyet etkinliğe yönelik karşılaştırmalı metodolojinin uygulanması



Türkiye için U-Değerleri Haritaları Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (EPBD) bağlamında maliyet etkinliğe yönelik karşılaştırmalı metodolojinin uygulanması

**Hazırlayan: Sven Schimschar, Thomas Boermans, David Kretschmer, Markus Offermann,
Ashok John**

Tarih: 24 Ağustos 2016

Proje numarası: BUIDE15722

© Ecofys 2016. İZODER tarafından Ecofys GmbH'a yaptırılmıştır.

Not: Eserin orijinali İngilizcedir. İZODER tarafından yaptırılan tercümeden kaynaklanan farklılıklarda İngilizce orijinalindeki ifadeler esastır.

Yasal uyarı: Bu raporda yer alan her türlü içeriğin (metin, resim, grafik vb.) her türlü hakları Ecofys ve İZODER'e ait olup, izinsiz olarak kısmen veya tamamen kullanılamaz, değiştirilemez ve çoğaltılamaz. Referans gösterilerek alıntı yapılabilir.

Özet

Türkiye, Avrupa kıtasındaki en hızlı büyüyen bina stokuna sahip ülkedir. Türkiye, %4'ten daha fazla olan yeni yapılaşma oranlarıyla birlikte, yeni yapılaşma oranı %1'den daha az olan AB ortalamasından büyük ölçüde daha hızlı büyümektedir. Bu durum inşaat sektörünün, %6,6 olan reel GSYİH katkısıyla Türkiye ekonomisinin en önemli lokomotiflerinden biri haline gelmesine yol açmaktadır (Kaymaz, 2015). Türkiye'deki bina sektörü (konut ve hizmet binaları), ulusal nihai enerji tüketiminin yaklaşık %35'inden sorumludur (EUROSTAT, 2016). Yeni yapılaşma faaliyetleri nedeniyle bu yüzdenin gelecekte daha da artması beklenmektedir. Bugün yaklaşık 2.400 milyon m² olan bina stokunun %50'den fazla büyüyerek 2050 yılında neredeyse 4.000 milyon m²'ye yükselmesi bekleniyor. Bu gerçek açıkça gösteriyor ki, 2015 yılında UNFCCC'ye (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) sunulan Türkiye'nin Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanında (INDC) (Türkiye Cumhuriyeti, 2015) tanımlanan Türkiye'nin iklim koruma hedeflerini başarmaya yönelik en önemli dayanaklardan biri Türkiye'deki bina sektörüdür.

Türkiye'deki bina sektörünün enerji tüketimindeki artışını sınırlamak için binalardaki ısıtma enerjisi ihtiyacının tayin edilerek izin verilen sınır değerlerle mukayese edilmesine yönelik hesaplama kurallarını tanımlayan ve en son versiyonu 2008'de yayınlanan TS 825 standardı (TSE, 2008) yürürlüğe konulmuştur. Bu bağlamda, TS 825 ayrıca yeni binaların ve tadil edilecek binaların çatı, cephe, pencere ve döşemelerine yönelik U-değerleri için minimum gereksinimleri açıklamaktadır. Ancak mevzuat, sadece ısıtma enerjisi talebine yönelik düzenlemeler içerirken örneğin ortam soğutması ya da yardımcı enerji gibi diğer enerji tüketim alanlarıyla ilgili hesaplamalar Türkiye'deki binalara yönelik zorunlu olan bu standarda dahil değildir.

Avrupa Birliği'nde (AB) binaların enerji talebini sınırlamaya yönelik gereksinimleri ve hesaplama kurallarını içeren temel yasal düzenleme Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'dir (EPBD) (EU, 2010). Revize edilmiş EPBD ile ortaya konan enerji performansı gereksinimlerinin hedefine ilişkin her bir AB Üyesi devlet tarafından yerine getirilmesi gereken iki temel kavram vardır:

Maliyet Etkinlik Yaklaşımı

Bu, her bir AB Üyesi devlet tarafından uygulanması gereken tüm binaya (birincil enerji talebi gibi) ve yapı elemanına (U-değerleri gibi) yönelik asgari enerji performansını saptamak için ulusal veya bölgesel şartlara uyarlanmış, ilk yatırım maliyeti ve işletme giderlerini (enerji & bakım) de içeren bir yaşam döngüsü yaklaşımıdır. Asgari enerji performansı ihtiyacına yönelik ulusal gereklilikler; yaşam döngüsü boyunca en düşük toplam maliyetle (referans binalar üzerinde yapılan değerlendirmeleri esas alarak) sonuçlanacak seviyede tanımlanmalıdır.

Neredeyse sıfır enerjili bina (nZEB)

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğinin (EPBD) 2. Maddesi'ne göre nZEB, "çok yüksek enerji performansına sahip, ihtiyaç duyduğu neredeyse sıfır veya çok düşük miktardaki enerjinin önemli ölçüde yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığı binadır". 2021'den itibaren AB'deki tüm yeni binalar neredeyse sıfır enerjili binalar olacaktır. Aynı zamanda maliyet etkin yaklaşımı da hala geçerlidir. Bu 2021'e kadar neredeyse sıfır enerjili binaların ideal olarak maliyet etkin olacağı anlamına gelmektedir. Bu sebeple sistematik olarak makul ulaşılabilir hedeflerin ortaya konularak neredeyse sıfır enerjili binaların yürürlüğe girmesi için 2021 yılına kadar (veya Türkiye'nin neredeyse

sıfır enerjili binaları yürürlüğe koymayı düşündüğü başka bir yıl) olası görünen (maliyet) varsayımlarını kullanarak maliyet etkinlik hesaplamalarını yürütmek faydalı olacaktır..

TS 825 tarafından tanımlanmış mevcut gereksinimler ile Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin (EPBD) maliyet etkinlik yaklaşımına göre Türkiye için belirlenecek maliyet etkin gereksinimler arasındaki farkı tespit etmek amacıyla yapılan bu çalışmada Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (EPBD) tarafından ortaya konulan "bina ve yapı elemanları için asgari enerji performansı ihtiyacının maliyet etkinlik seviyelerinin hesaplanmasına yönelik karşılaştırmalı bir metodoloji çerçevesinin oluşturulması" (EC, 2012a)'na yönelik 244/2012 sayılı komisyon tüzüğü ve buna eşlik eden kılavuzlar (EC, 2012b), Türkiye'nin pazar şartları için uygulanmıştır. İkinci bir adımla, bu maliyet etkinlik seviyelerinin hali hazırda sera gazı (GHG) emisyonu azaltma hedeflerini karşılayıp karşılayamayacağını analiz ettik ve şayet karşılamıyorsa azaltılması gereken tahmini GHG emisyon miktarını gösterecek bir senaryo ortaya koyduk. Bu tür daha da güçlendirilmiş enerji gereksinimleri bu sebeple Türkiye de neredeyse sıfır enerjili bina standardı tanımlaması için iyi bir başlangıç noktası olabilir.

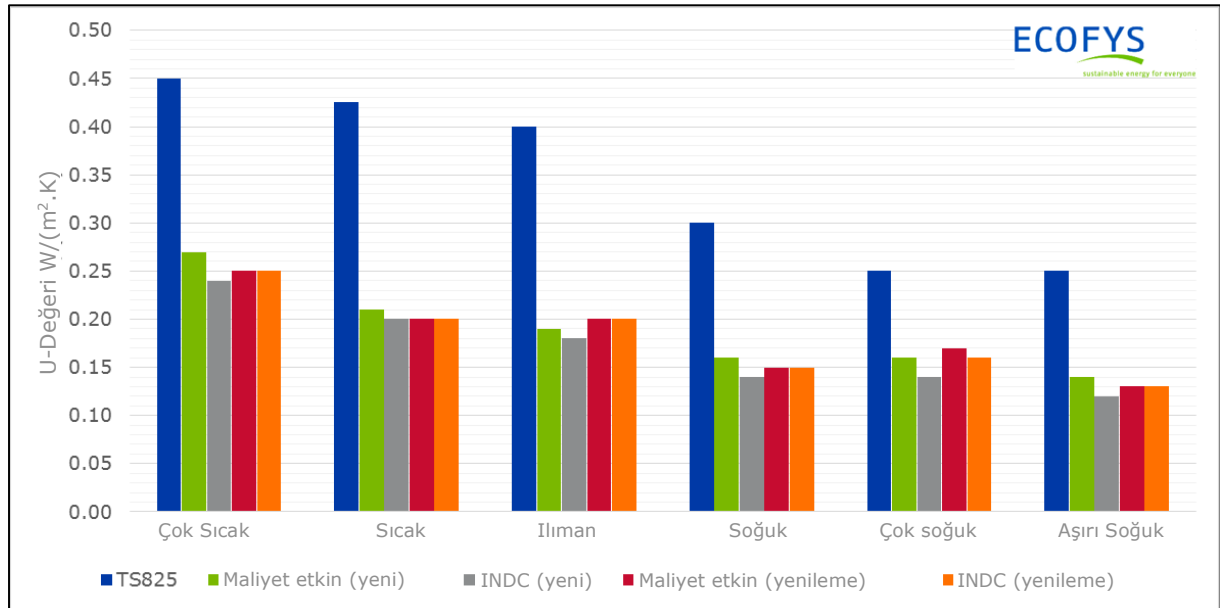
Bu maksatla Ecofys, binaların enerji performansına ilişkin Komisyon Tüzüğünde (244/2012) tanımlanan gereksinimlere uygun olarak bir maliyet etkinlik modeli geliştirmiştir. Bu model, farklı referans binalar için değişen iklim koşulları altında (hem arz hem de talep taraflarını dikkate alarak) maliyet etkin bina konfigürasyonlarını hesaplar. Model, yerel şartlara adapte edilebilir. Fiziksel konular düşünüldüğünde (örneğin iklim koşulları ile yerel inşaat alışkanlıkları) EN ISO 13790'a uygun olarak saatlik ısıtma ve soğutma taleplerini hesaplamak için dikkate alınır. Yerel saatlik iklim verileri METEONORM kaynağından alınmıştır. Hesaplanan ısıtma ve soğutma ihtiyaçları, yapı elemanları ve çeşitli enerji fiyatlarına yönelik dinamik maliyetler gibi mikro ve makroekonomik parametreler ile küresel maliyetlerin hesaplanmasında kullanılır. Bu model, U-değerleri ile ısıtma ve soğutma sistemlerinin binlerce kombinasyonunu hesaplar ve hesaplama süresi (EPBD'nin maliyet etkinlik yaklaşımına göre konutlar için hesaplama süresi 30 yıldır) sonunda en düşük küresel maliyeti veren teknik konfigürasyonu tespit eder. Maliyet etkinliğini tanımlamak için kişisel veya toplumsal bir perspektif benimsenebilir. Hesaplama modeli, hem yeni hem de tadil edilecek binalara uygulanabildiği gibi tipik yerel referans binaları ve geometrilerini içerebilir. 2001 ve 2011 bina sayımı sonuçlarına bakıldığında, Türkiye'de özellikle şehirlerdeki bina stokunda çokça bulunduğu referans bina olarak 5 katlı bir apartmanın hesaplamalarda kullanılması kararlaştırılmıştır. Enerji tasarrufu potansiyelini hesaplanması ve Türkiye'nin Niyet Edilen Ulusal Katkı (Intended Nationally Determined Contribution:INDC) beyanında yer alan hedeflere erişmek için ihtiyaç duyulacak U değerlerinin belirlenmesi için referans bina seviyesinde elde edilen sonuçlar tüm mevcut bina stokuna enterpole edilmiş ve 2050 yılına kadar geleceğe dair olası gelişim modellenmiştir.

Türkiye'deki oldukça heterojen iklim koşulları sahip olması ve sınırlı sayıda şehir için elde edilen sonuçların tüm Türkiye'nin bina stokuna daha doğru bir şekilde ekstrapolasyonunun yapılabilmesi için TS 825'te tanımlanan dört iklim bölgesi, aşağıdaki tabloya göre 6 yeni iklim bölgesi olacak şekilde yeniden yapılandırılmıştır:

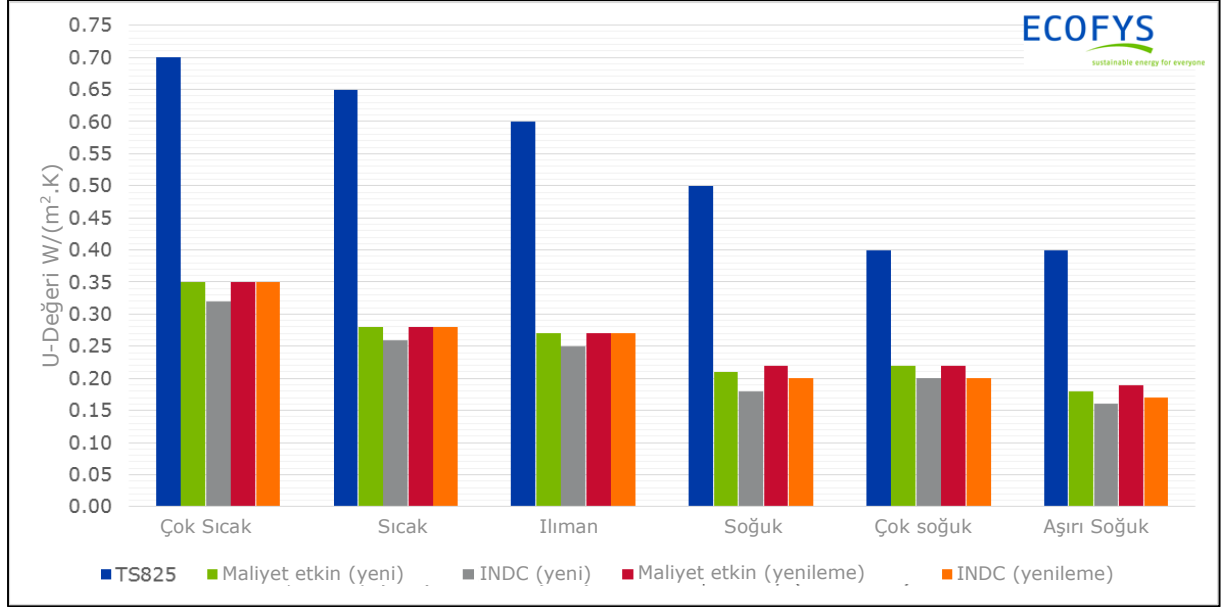
Bölge	İklim sınıflaması	HDD (ısıtma gün dereceleri) (ASHRAE'ye göre)	CDD (soğutma gün dereceleri) (ASHRAE'ye göre)	Sınıflandırılan Türkiye illerinin sayısı	TS 825'e göre iklim bölgesi
1	Çok Sıcak	<1000	>1000	4	1
2	Sıcak	1000-2000	≥1000	10	1-2
3	İlman	<2000	<1000	17	2
4	Soğuk	≥2000	<1000	32	3
5	Çok Soğuk	≥3000	<1000	13	4
6	Aşırı Soğuk	≥4000	<1000	5	4

Farklı iklim koşulları için tavsiye edilecek U değerlerine yönelik daha detaylı bir analiz yapılmasına olanak sağladığından bu çalışmanın tüm aşamalarında bu 6 bölge kullanılmıştır.

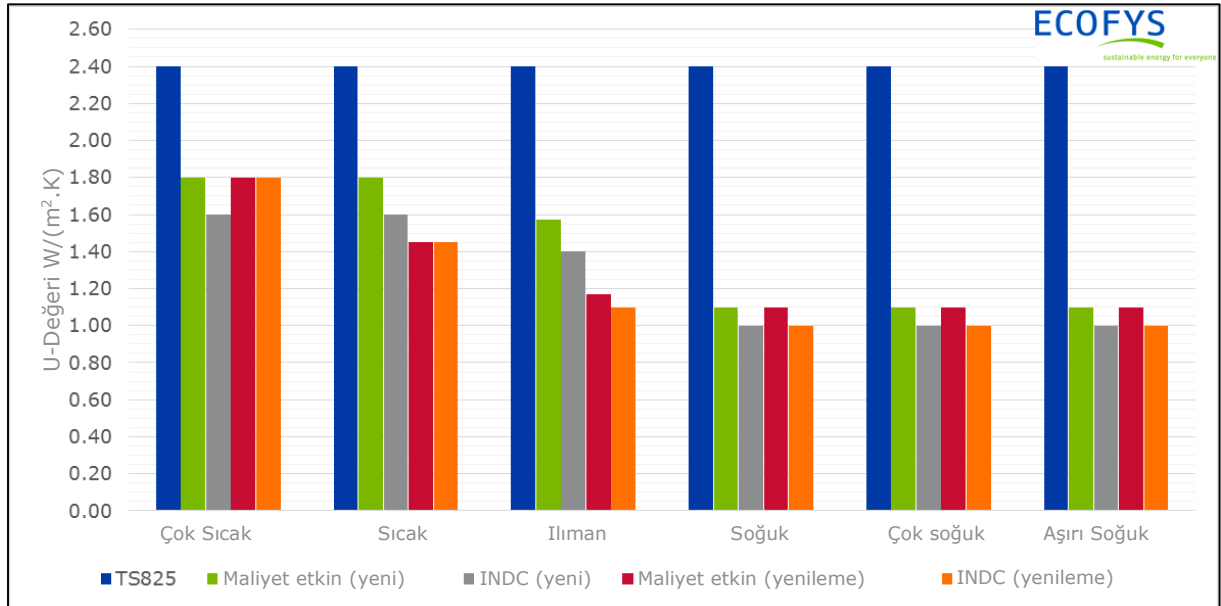
Aşağıda yer alan şekiller, yeni ve esaslı tadilatın geçen mevcut binalar için Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğinin (EPBD) maliyet etkin kuralı uyarınca maliyet etkin U-değerlerine dair hesaplama sonuçlarını ve Türkiye'nin Niyet Edilen Ulusal Katkı (INDC) hedefine ulaşılmasını sağlayacak U-değerlerine dair hesaplama sonuçlarını göstermektedir. Türkiye'nin Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanında (INDC) çevre koruma hedefi olarak; mevcut şartların sürdürülmesi (Business as Usual: BAU) durumunda 2030 yılında oluşabilecek sera gazı emisyonundan %21 oranına kadar azaltım sağlanmasını tanımlanmıştır. Bu şekiller ayrıca TS 825'e göre yürürlükteki U değerleri ile bir mukayese sağlar.



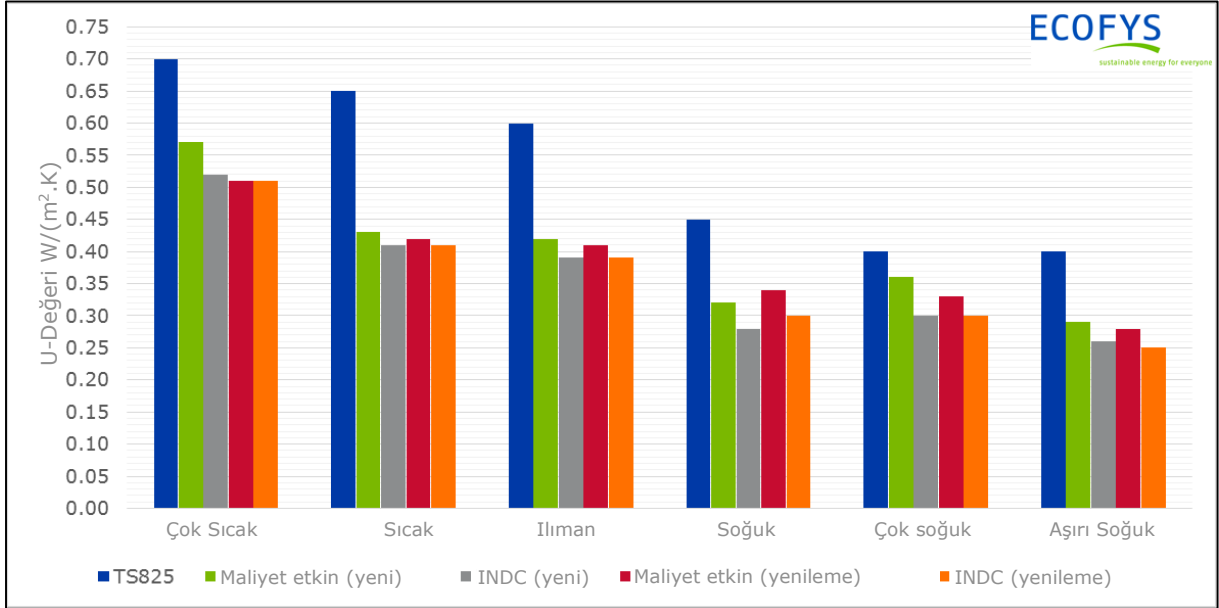
Şekil 1. Bu raporda tanımlanan altı iklim bölgesinde maliyet etkin U-değerleri ve Türkiye'nin INDC'sinde belirlenen iklim hedeflerine ulaşılması için yeni ve esaslı tadilatın geçen mevcut binaların U-değerleri - Çatılar



Şekil 2. Bu raporda tanımlanan altı iklim bölgesinde maliyet etkin U-değerleri ve Türkiye'nin INDC'sinde belirlenen iklim hedeflerine ulaşılması için yeni ve esaslı tadilatın geçen mevcut binaların U-değerleri - Duvarlar

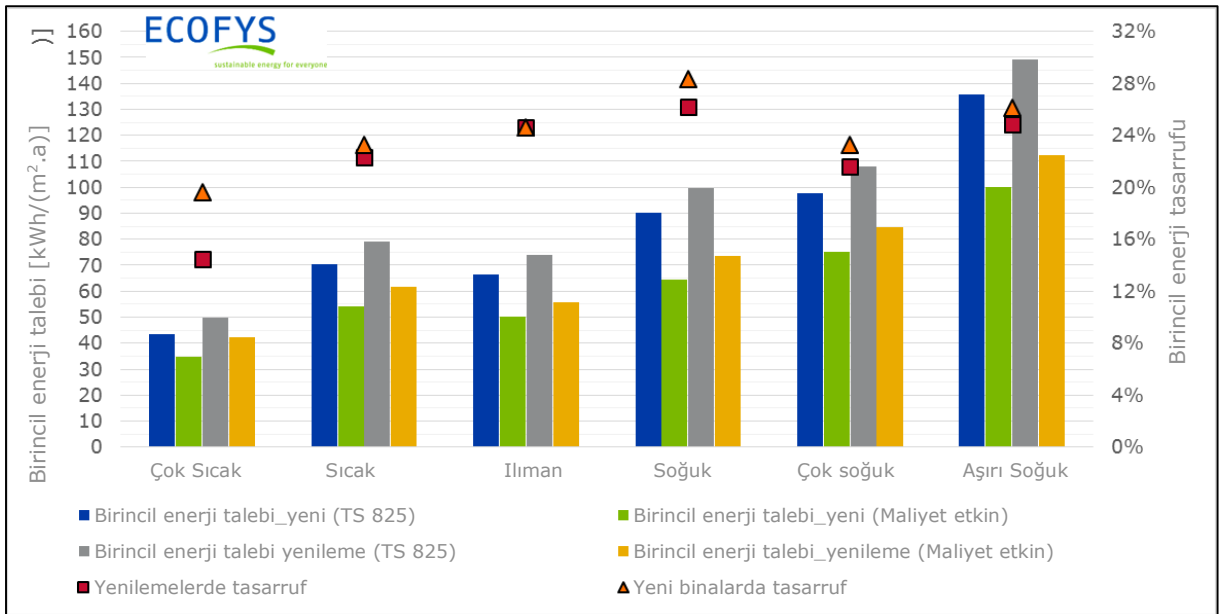


Şekil 3. Bu raporda tanımlanan altı iklim bölgesinde maliyet etkin U-değerleri ve Türkiye'nin INDC'sinde belirlenen iklim hedeflerine ulaşılması için yeni ve esaslı tadilatın geçen mevcut binaların U-değerleri - Pencere



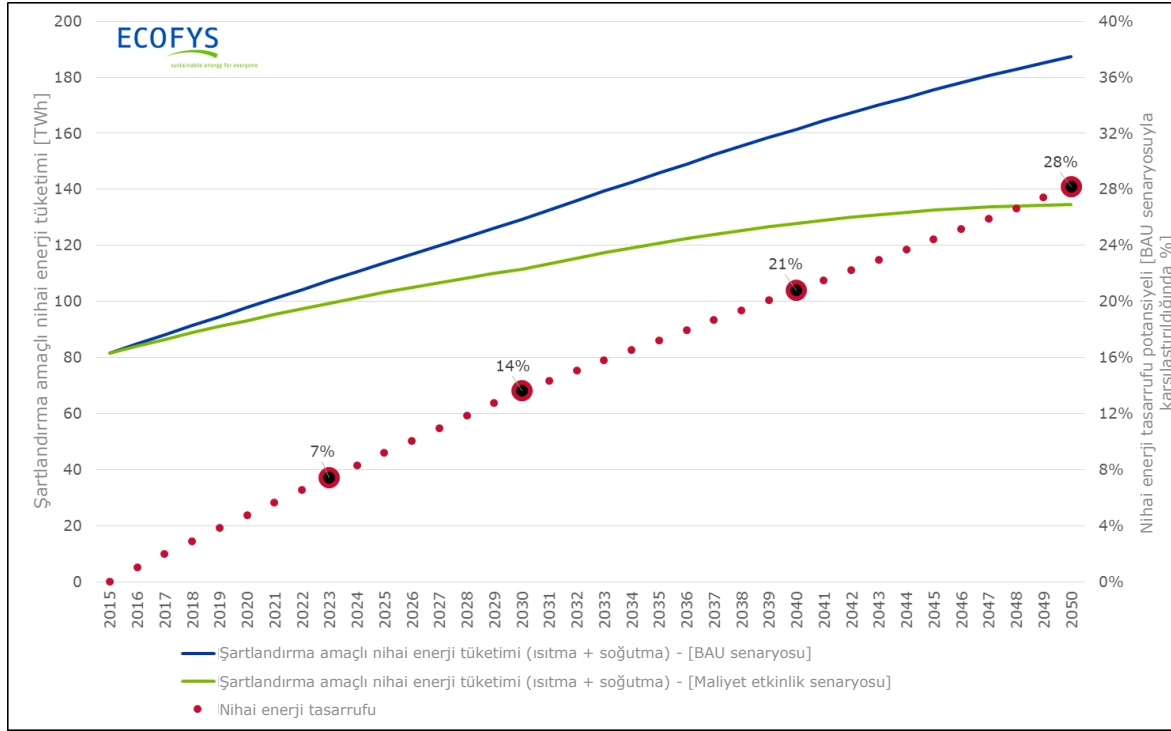
Şekil 4. Bu raporda tanımlanan altı iklim bölgesinde maliyet etkin U-değerleri ve Türkiye'nin INDC'sinde belirlenen iklim hedeflerine ulaşılması için yeni ve esaslı tadilatın geçen mevcut binaların U-değerleri - Döşemeler

Tanımlanan U-değerleri esas alındığında, ortam ısıtması ve soğutması için aşağıdaki birincil enerji ihtiyaçları oluşmaktadır.



Şekil 5. Bu raporda tanımlanan altı iklim bölgesi için yeni ve esaslı tadilatın geçen mevcut binaların yürürlükteki TS 825 ile maliyet etkinlik uyarınca birincil enerji talepleri

Aşağıdaki şekil, yeni standartların uygulanmasıyla 2023, 2030, 2040 ve 2050 yıllarına kadar elde edilebilecek nihai enerji tasarrufu potansiyellerini göstermektedir.



Şekil 6. Mevcut şartların sürdürülmesi (BAU) ve maliyet etkinlik senaryolarına göre 2015-2050 yılları arasında Türkiye'deki konut sektörünün öngörülen ısıtma ve soğutma amaçlı nihai enerji tüketimleri ve BAU senaryosu ile kıyaslandığında maliyet etkinlik senaryosu ile elde edilen nihai enerji tasarrufunun mukayesesi

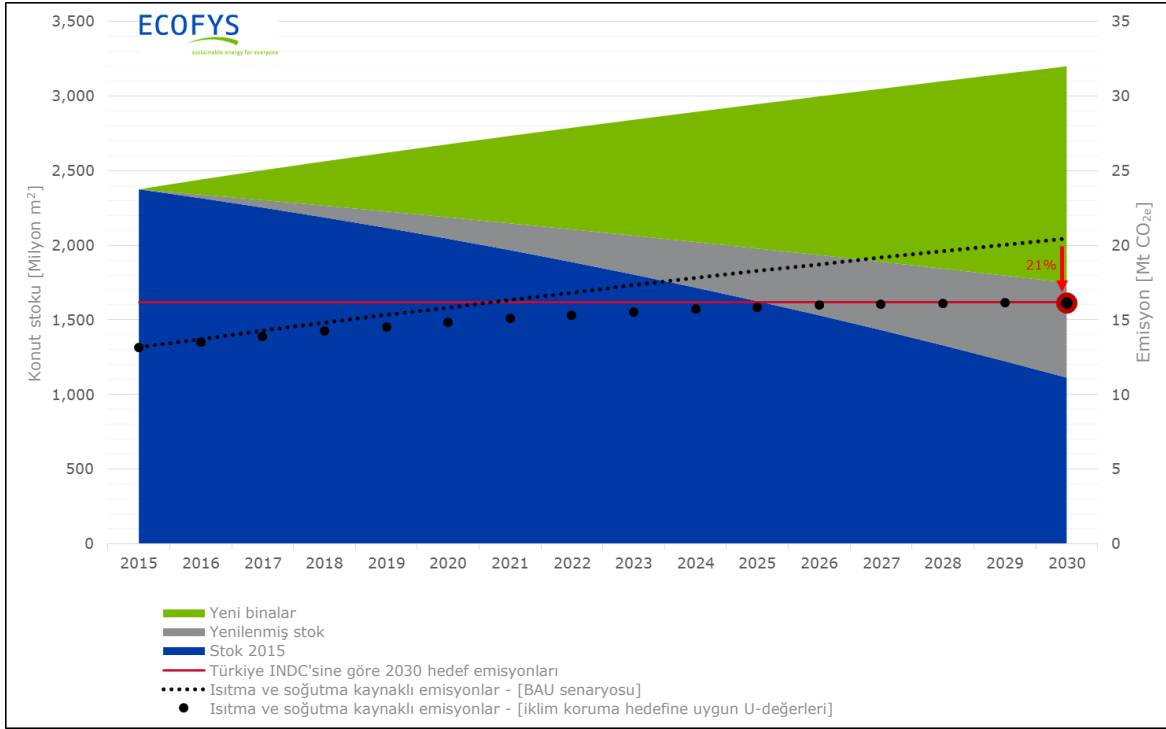
Görüleceği üzere mevcut U değerlerini maliyet etkin U değerleri seviyelerine getirerek nihai enerjiden 2023'e kadar yaklaşık %7, 2030'a kadar yaklaşık %14 ve 2050'ye kadar yaklaşık %28 oranında tasarruf edilebilir.

Maliyet etkinlik standartlarının uygulanmasıyla 2030'a kadar elde edilebilen yaklaşık %14 nihai enerji tasarrufu, IPCC'nin fosil yakıtlar için standart emisyon faktörlerinin kullanılmasıyla ve elektrik için emisyon faktörünün 0.55 kg CO_{2e}/kWh olarak alınması ve kullanılan bu emisyon faktörlerinin 2030'a kadar sabit olduğunu farz edilirse bu enerji tasarrufu potansiyeli 2030'a kadar %~12'lik bir emisyon azaltım potansiyeline karşılık gelecektir.

Talep tarafında enerji verimliliği önlemlerine odaklanılarak, Türkiye'nin Niyet Edilen Ulusal Katkı (INDC) beyanında hedeflenen %21'lik düşüşe ulaşmak amacıyla geri kalan %~9'luk açığı kapatmak için, kombine bir şekilde yenileme oranının artırılması ve daha da iyileştirilmiş U değerleri gereklidir.

Olası bir çözüm olarak, günümüzdeki yenileme oranı %0.45'ten (Elsland ve meslektaşları, 2014) %1'e artırılmalı ve 2030 yılında %2 olacak şekilde doğrusal biçimde yükseltilmeye devam edilmelidir. Bu da 2015-2030 dönemi için ortalama %1,5'lük bir yenileme oranına karşı gelmektedir.

Buna ilave olarak, hesaplanan maliyet etkin U-değerlerinin yeni binalar için ortalama %11 ve tadil edilecek olan mevcut binalar için ise ortalama %10 olmak üzere daha da iyileştirilmesi gereklidir (Bakınız Şekil 1-4). Ayrıca, şu anda yeni binalarda 0.1 W/(m².K) ve mevcut binalarda 0.15 W/(m².K) olan ısı köprüsü faktörlerinin sırasıyla 0.05 W/(m².K) ve 0.1 W/(m².K)'ya indirilmesi gereklidir. Hali hazırda ısı köprüsü faktörlerinde yapılacak olan bu iyileştirme, sıcak bölgelerde emisyon azaltım hedeflerine ulaşmak için yeterli olabilir. Aşağıdaki şekil; daha iddialı U-değerleri uygulandığında ve yenileme oranı artırıldığında 2030'a kadar oluşacak bina stoku ve emisyon miktarının gelişimini gösterir.



Şekil 7. CO-seviyeleri ile karşılaştırıldığında 2015 yılında %1 olan yenileme oranının 2030'da %2'ye yükseleceği ve U değerlerinin yeni binalar için %11, yenilemeler için %10 daha iddialı olacağı kabulü ile ısıtma ve soğutma kaynaklı emisyon miktarının ile bina stokunun gelişimi

Yukarıdakine dayanarak şu sonuçlara varılabilir:

- Maliyet etkinlik metodolojisinden elde edilen U-değerleri 2030 iklim koruma hedeflerine ulaşmayı desteklemeye uygundur. İklim koruma ve maliyet etkinlik metodları birbirleri ile gelişmemekte aksine iyi şekilde kombine edilebilir olduğu anlamına gelir.
- Bugünün maliyet etkinlik seviyeleriyle karşılaştırıldığında iklim hedeflerine ulaşmak için 2030'daki U değerlerinin yaklaşık %10 kadar daha iyileştirilmesi gerektirir (enerji fiyatları daha fazla artarsa ihtiyaç duyulan 2030 değerlerinin maliyet etkin olması olasıdır).
- TS 825 standardındaki U-değerlerini maliyet etkin U-değerlerine getirmek için bina alanı başına 3-10€ ilave yatırım maliyeti gerektirir (ortalama ~6.5€).
- İklim koruma hedefleri ile örtüşen ve maliyet etkinlik esas alınarak yapılan analizlerin sonucundan elde edilen tavsiye edilen en iyi U değerleri ve TS 825'e göre mevcut gereksinimlerden çok daha iddialı olup mevcut gereksinimlerin iyileştirilmesini teklif etmektedir.
- İklim hedeflerine erişmek için bina zarfının teknik dayanım ömürlerini tamamlamalarına yakın tarihlerde sermaye yoğunluklu yenilemelerden veya kilitleme etkisinden kaçınmak için olabildiğince erkenden U değerleri iyileştirilmelidir.
- Türkiye'nin daha sıcak kısımlarındaki konutlarda ısı yalıtımı soğutma ihtiyacına yönelik enerji talebini de azaltmaktadır. İyi dengelenmiş bir çatı, duvar ve döşeme yalıtımı ile hem "g" hem de "U" değerleri uygun olan doğru pencere seçimi ile ortam ısıtması ve soğutmasına yönelik enerji talebinin maliyet etkin olarak önemli bir miktarda azalımı ile sonuçlanır.

İçindekiler

1 Giriş	11
2 Arka plan	13
2.1 Türkiye'nin Yasal alt yapısı	13
2.2 Türkiye coğrafi özellikleri ve iklimi	17
2.3 Türkiye ısıtma ve soğutma derece gün haritaları ve iklim bölgeleri	20
3 Maliyet Etkinliğe Göre U-Değerleri	22
3.1 Metodoloji	22
3.2 Sonuçlar	23
3.2.1 Yeni binalardaki çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri	28
3.2.2 Yeni binalardaki döşemelere yönelik maliyet etkin U-değerleri	29
3.2.3 Yeni binalardaki pencerelere yönelik maliyet etkin U-değerleri	30
3.2.4 Tadil edilecek mevcut binalardaki duvarlara yönelik maliyet etkin U-değerleri	31
3.2.5 Restore edilecek mevcut binalardaki çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri	32
3.2.6 Tadil edilecek mevcut binalardaki zemin katılara yönelik maliyet etkin U-değerleri	33
3.2.7 Tadil edilecek mevcut binalardaki pencerelere yönelik maliyet etkin U-değerleri	34
4 Maliyet etkin U-değerlerinin uygulanmasıyla enerji tasarrufu potansiyeli	35
4.1 Metodoloji	35
4.1.1 Mevcut bina stoku boyutu	35
4.1.2 Gelecekteki bina stoku gelişimi	36
4.1.3 Enerji tüketimi	37
4.2 Sonuçlar	38
5 İklim koruma hedeflerine göre U-Değerleri	40
6 Genel bakış ve sonuçların karşılaştırılması	43
7 Sonuç	47
8 Kaynakça	48
EK 1: Türkiye'de il bazında ısıtma ve soğutma derece günleri	50
EK 2: Hesaplama parametreleri - Yeni inşaatlar	53
EK 3: Hesaplama parametreleri - Yenilemeler	54
EK 4: Referans bina	55
EK 5: Yatırım maliyeti tahminleri	59

1 Giriş

Türkiye, Avrupa kıtasındaki bina stoku en hızlı büyüyen ve yaklaşık 80 milyon nüfusu ile Rusya ve Almanya'dan sonraki üçüncü en kalabalık ülkedir. %4'ten daha fazla olan yeni yapılaşma oranlarıyla birlikte, %1'den daha az olan AB ortalamasından büyük ölçüde daha hızlı büyümektedir. Bu durum inşaat sektörünün, %6,6 olan Reel GSYİH katkısıyla Türkiye ekonomisinin en önemli faktörlerinden biri haline gelmesine yol açmaktadır (Kaymaz, 2015). Türkiye'deki bina sektörü (konut ve hizmet sektörü), ulusal nihai enerji tüketiminin yaklaşık %35'inden sorumludur (EUROSTAT, 2016). Yeni yapılaşma faaliyetleri nedeniyle bu yüzdenin gelecekte daha da artması beklenmektedir. Bugün yaklaşık 2.400 milyon m² olan bina stokunun %50'den fazla büyüyerek 2050 yılında neredeyse 4.000 milyon m²'ye yükselmesi bekleniyor. Bu gerçek açıkça gösteriyor ki, 30 Eylül 2015 yılında UNFCCC'ye (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) resmi olarak sunulan Türkiye'nin Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanında (INDC) (Türkiye Cumhuriyeti, 2015) tanımlanan Türkiye'nin iklim koruma hedeflerini başarmaya yönelik en önemli dayanaklardan biri Türkiye'deki bina sektörüdür.

Türkiye'deki bina sektörünün enerji tüketimindeki artışı sınırlamak ve böylece Türkiye'nin enerji ithaline olan önemli ölçüdeki bağımlılığını azaltmak için; binalardaki ısıtma enerjisi ihtiyacının tayin edilerek izin verilen sınır değerlerle mukayese edilmesine yönelik hesaplama kurallarını tanımlayan TS 825 standardı (TSE, 2008) yürürlüğe konulmuştur. Bu bağlamda, TS 825 ayrıca yeni binaların ve tadil edilecek binaların çatı, cephe, pencere ve taban levhasına yönelik U-değerleri için minimum gereksinimleri açıklamaktadır. Bu bağlamda, TS825 ayrıca yeni binaların ve tadil edilecek binaların çatı, cephe, pencere ve döşemelerine yönelik U-değerleri için minimum gereklilikleri açıklamaktadır. Ancak mevzuat, sadece ısıtma enerjisi talebine yönelik düzenlemeler içerirken soğutma dahil diğer enerji tüketim alanlarıyla ilgili hesaplamalar Türkiye'deki binalara yönelik bu zorunlu standarda dahil değildir.

Avrupa Birliği'nde (AB) binaların enerji talebini sınırlamaya yönelik gereksinimleri ve hesaplama kurallarını içeren temel yasal düzenleme Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'dir (EPBD) (EU, 2010).

AB'de Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (EPBD); yeni binaların ve esaslı tadilat yapılacak büyük alanlı mevcut binaların bütüncül olarak enerji performansının geliştirilmesi amacıyla ilk olarak 16 Aralık 2002 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bina sektörü Avrupa'nın toplam enerji tüketiminin yaklaşık %40'ından sorumlu olduğu için Enerji Performans Yönetmeliği (EPBD), Avrupa Birliği'nin iklim değişikliği ile ilgili hedeflerine ulaşması için önemli bir adımdır. 2010'da Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (EPBD) revize edilmiş ve AB'ye her bir üye devletin açıkladığı hedefinin büyüklüğüne bağlı olarak yerine getirmek zorunda olduğu enerji performans gereklilikleri için "maliyet etkinlik" ve "neredeyse sıfır enerjili binalar" olmak üzere iki yeni ana kavram ortaya konulmuştur.

Maliyet Etkinlik Yaklaşımı

Bu, her bir AB Üyesi devlet tarafından uygulanması gereken tüm binaya (birincil enerji talebi gibi) ve yapı elemanına (U-değerleri gibi) yönelik asgari enerji performansını saptamak için ulusal veya bölgesel şartlara uyarlanmış, ilk yatırım maliyeti ve işletme giderlerini (enerji & bakım) de içeren bir yaşam döngüsü yaklaşımıdır. Asgari enerji performansı ihtiyacına yönelik ulusal gereklilikler; yaşam

döngüsü boyunca en düşük toplam maliyetle (referans binalar üzerinde yapılan değerlendirmeleri esas alarak) sonuçlanacak seviyede tanımlanmalıdır.

Neredeyse sıfır enerjili bina (nZEB)

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğinin (EPBD) 2. Maddesi'ne göre nZEB, "çok yüksek enerji performansına sahip, ihtiyaç duyduğu neredeyse sıfır veya çok düşük miktardaki enerjinin önemli ölçüde yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığı binadır". 2021'den itibaren AB'deki tüm yeni binalar neredeyse sıfır enerjili binalar olacaktır. Aynı zamanda maliyet etkinliği de hala geçerlidir. Bu 2021'den itibaren neredeyse sıfır enerjili binaların ideal olarak maliyet etkin olacağı anlamına gelmektedir. Bu sebeple sistematik olarak makul bir ulaşılabilir hedeflerin ortaya konularak neredeyse sıfır enerjili binaların yürürlüğe girmesi için 2021 yılına kadar (veya Türkiye'nin neredeyse sıfır enerjili binaları yürürlüğe koymayı düşündüğü başka bir yıl) olası görünen (maliyet) varsayımlarını kullanarak maliyet etkinliği hesaplamalarını yürütmek akıllıcadır.

Türkiye'deki yalıtım sektörünün geleceğe dönük standartlar konusunda sağlam ve net bir konum almasını desteklemek için, Türkiye'deki konut sektörüne yönelik olarak Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (EPBD) bağlamında maliyet etkinliğe yönelik karşılaştırmalı metodoloji çerçevesinin uygulanarak maliyet etkin U değerlerinin tayin edilmesi ve bu U değerlerinin Türkiye'nin iklim değişikliği ile ilgili hedeflerine ulaşılmasındaki potansiyel rolünün değerlendirilmesi amacıyla IZODER, Ecofys ile iletişime geçmiştir. Proje bir bölümü; ECOFYS'in 2007 yılında EURIMA için hazırlamış olduğu U değerleri haritaları raporu tarzında, metodolojik olarak revize edilen Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğindeki (EPBD) maliyet etkinliği prensibine uyarlanarak Türkiye için Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS1) tabanlı U-değeri haritalarının oluşturulmasıdır. . Analizler, şehre özgü hesaplama parametreleri ve saatlik iklim verileri kullanılarak Antalya, İzmir, Gaziantep, Muğla, İstanbul, Bursa, Ankara, Niğde, Sivas, Ağrı, Kars ve Erzurum olmak üzere Türkiye'deki 12 şehirde yürütülmüştür. Bu sınırlı sayıdaki şehirlere bakarak bölgesel ölçüde (örneğin iklim bölgeleri) ekstrapole edilen sonuçların tüm bölgeyi %100 olarak temsil etmeyeceği ancak başlangıç aşamasında güvenilir bulgular sağladığı varsayılmaktadır

¹ Coğrafi Bilgi Sistemi. Haritalar ArcGIS ile oluşturulmuştur.

2 Arka plan

Bu bölüm, Türkiye'nin yasal altı yapısı ve iklimsel özellikleri hakkında arka plan bilgisi sunmaktadır.

2.1 Türkiye'nin Yasal alt yapısı

Türkiye'deki bina sektörünün enerji tüketimindeki artışı sınırlamak için binalardaki ısıtma enerjisi ihtiyacının tayin edilerek izin verilen sınır değerlerle mukayese edilmesine yönelik hesaplama kurallarını tanımlayan ve en son versiyonu 2008'de yayınlanan TS 825 standardı (TSE, 2008) yürürlüğe konulmuştur. Bu bağlamda, TS825 ayrıca yeni binaların ve tadil edilecek binaların çatı, cephe, pencere ve döşemelerine yönelik U-değerleri için minimum gereksinimleri açıklamaktadır. Ancak mevzuat, sadece ısıtma enerjisi talebine yönelik düzenlemeler içerirken örneğin ortam soğutması ya da yardımcı enerji gibi diğer enerji tüketim alanlarıyla ilgili hesaplamalar Türkiye'deki binalara yönelik zorunlu olan bu standarda dahil değildir.

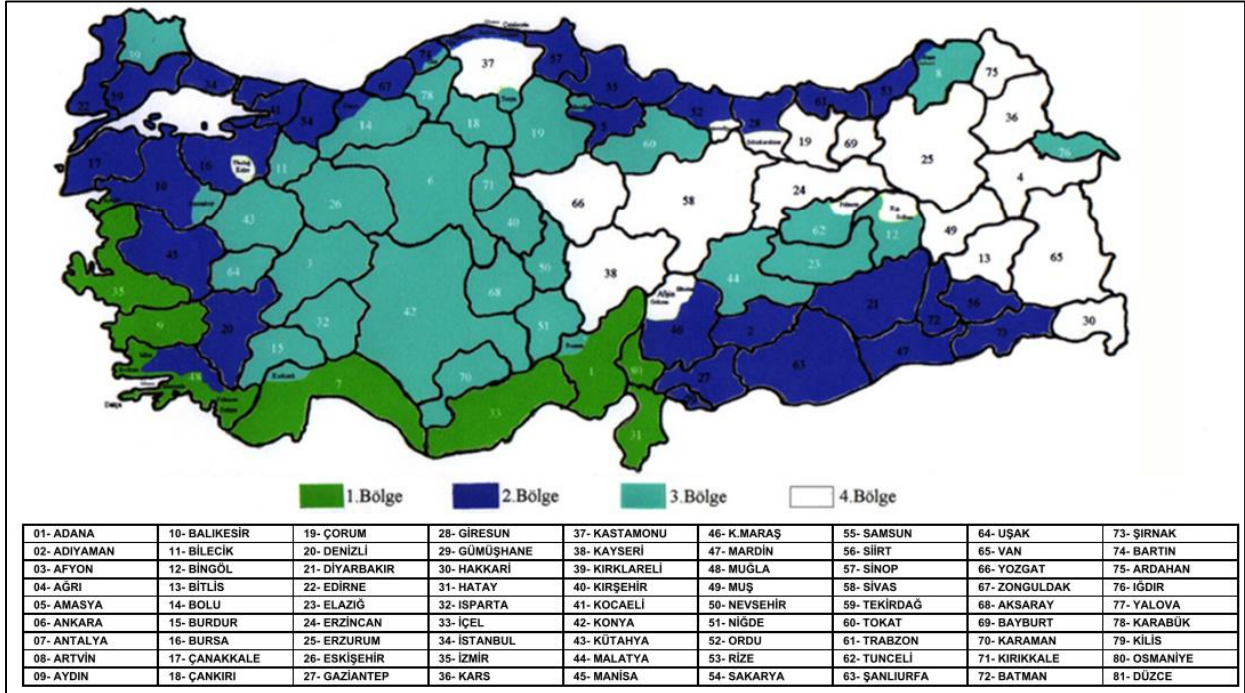
Esiyok (2006); Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve TSE'nin (Türk Standartları Enstitüsü) Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen bir derece-gün metodunu kullanarak Türkiye'nin iklim bölgelerini "Isı Yalıtım Bölgeleri" olarak sınıflandırdığını ifade etmektedir. "Türkiye Devleti Meteoroloji Kurumu ve TSE'nin (Türk Standartları Enstitüsü) Türkiye iklim bölgelerini, Türkiye Devleti Meteoroloji Kurumu tarafından geliştirilen bir derece-gün yöntemini kullanarak "Termal Yalıtım Bölgeleri" olarak sınıflandırdığını söyler. Sınıflandırma, 1981 ve 2001 yılları arasında 236 istasyondan alınan 10 °C'nin üzerindeki sıcaklık sayısına göre şu şekilde hesaplanmıştır:

$$Etkin\ Toplam\ Sıcaklık\ (Derece\ Gün) = (M-10) \cdot N$$

M: Aylık ortalama sıcaklık,

N: Aydaki gün sayısı

Tüm şehirler ve bazı kasabaların derece günleri, yukarıdaki denklemde aylık ortalama sıcaklıklar kullanılarak listelenir. Derece günleri ASHRAE sınıflandırmasında bahsedildiği gibi ısıtma ve soğutma derece günleri olarak sınıflandırılmaz. Bu sınıflandırmaya göre Türkiye dört yalıtım bölgesine ayrılmış ve bu bölgeler TS 825 (Binalarda Isı yalıtım kuralları standardı) standardında tüketim değerlerini ve yalıtım gereksinimlerini tespit etmek üzere tayin edilmesi için kullanılmıştır. Şekil 8 bu dört iklim (yalıtım) bölgesinin konumunu ve Türkiye üzerindeki dağılımını gösterir.



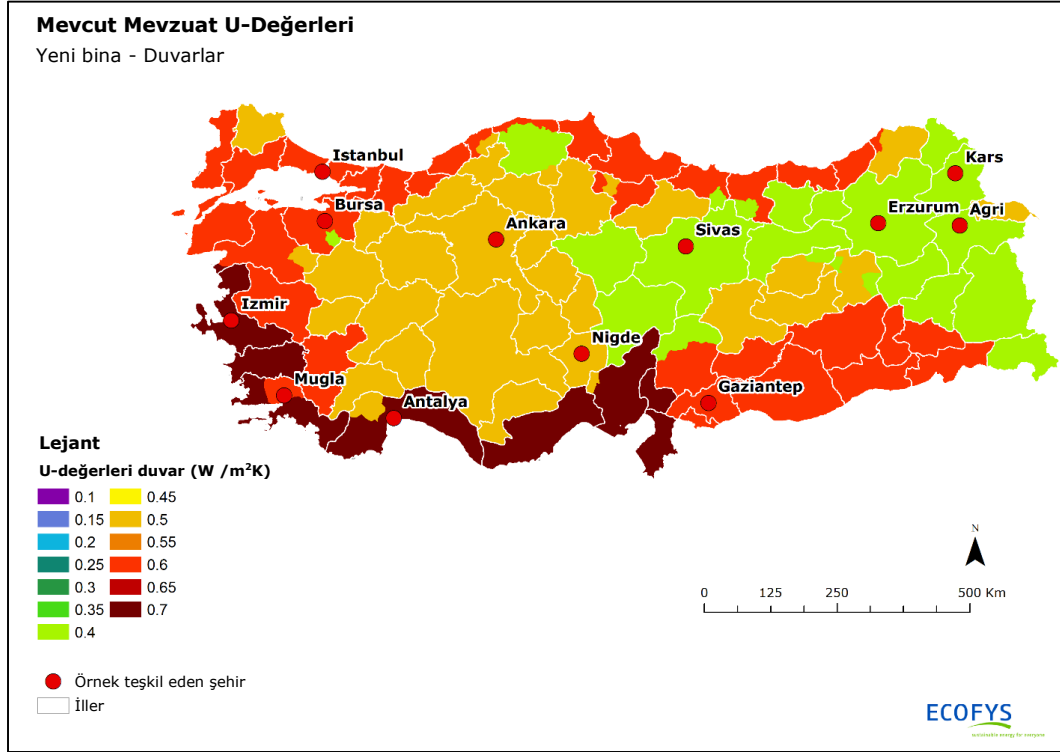
Şekil 8. TS 825'e göre iklim bölgeleri

Her bir bölge için U-değeri gereklilikleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

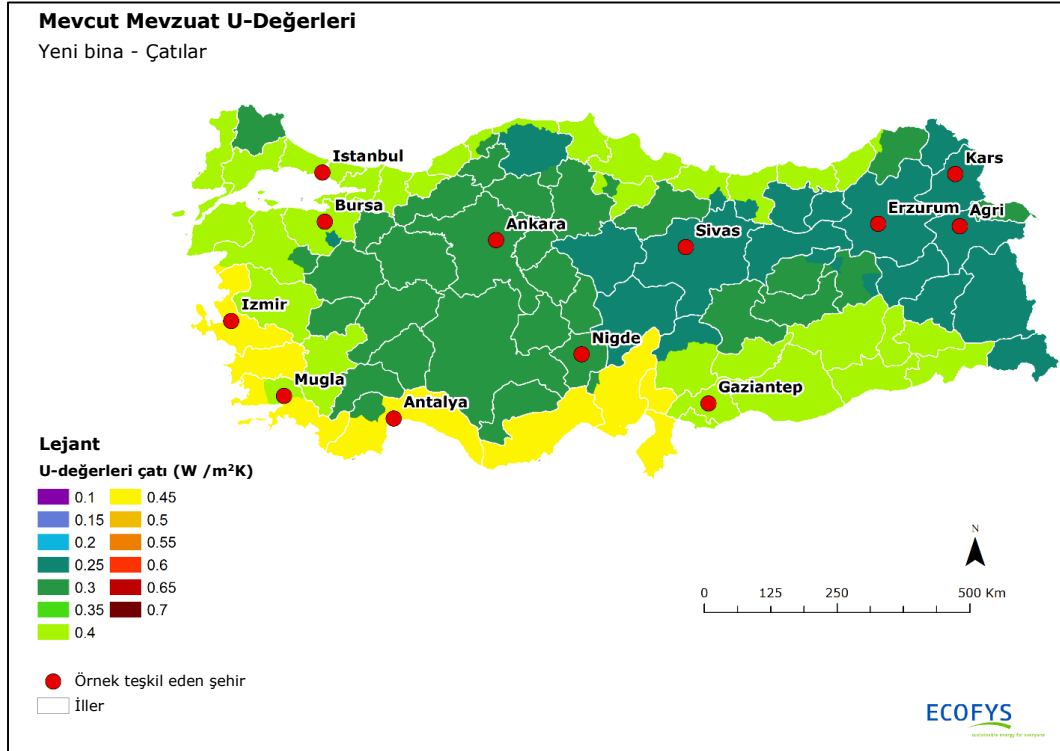
Tablo 1. TS 825'e göre U-değeri gereksinimleri

TS 825 iklim bölgesi	Duvar [W/(m ² .K)]	Çatı [W/(m ² .K)]	Zemin [W/(m ² .K)]	Pencere [W/(m ² .K)]
1	0,7	0,45	0,7	2,4
2	0,6	0,4	0,6	2,4
3	0,5	0,3	0,45	2,4
4	0,4	0,25	0,4	2,4

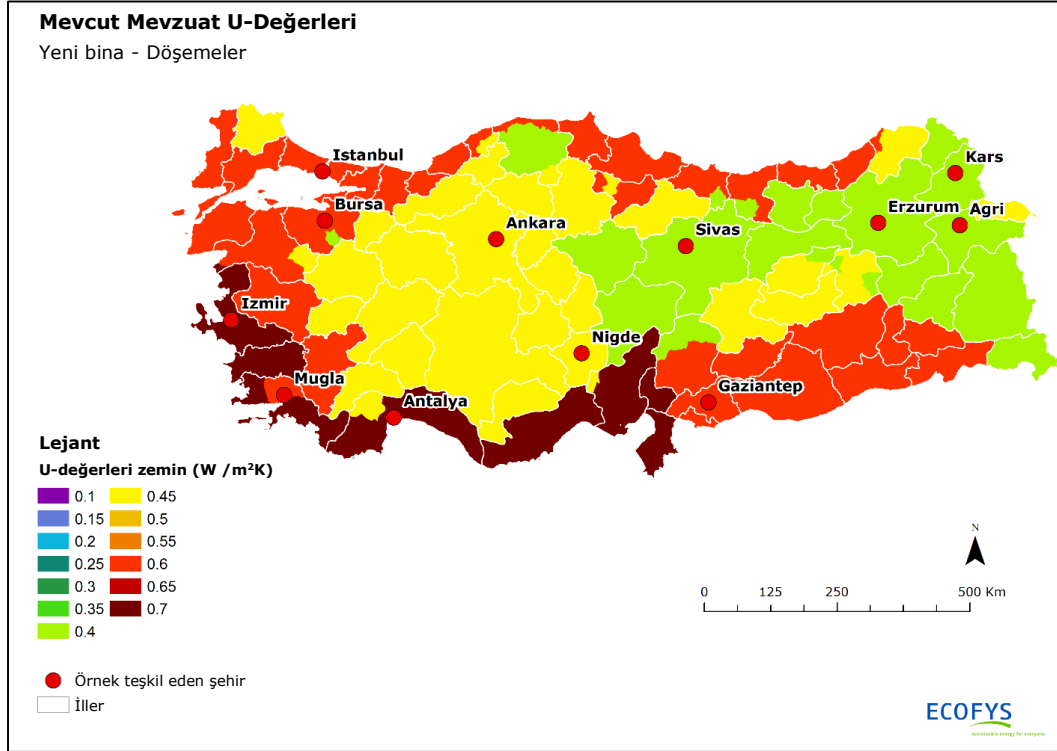
TS 825'e göre ele alınan 4 yapı elemanı için duvar, çatı, döşeme ve pencereler için U değerleri gereklilikleri görsel olarak aşağıdaki şekillerde sunulmuştur.



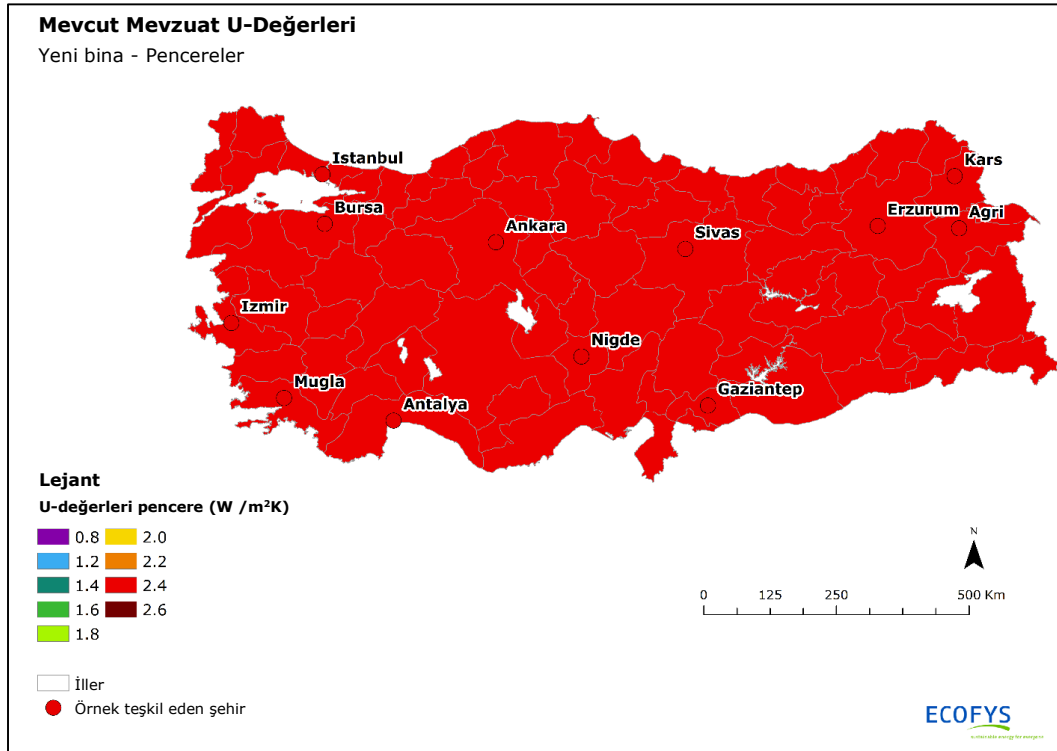
Şekil 9. TS 825'e göre duvarlar için U-değeri gereksinimleri



Şekil 10. TS 825'e göre çatılar için U-değeri gereksinimleri



Şekil 11. TS 825'e göre zemin için U-değeri gereksinimleri



Şekil 12. TS 825'e göre pencereler için U-değeri gereksinimleri

2.2 Türkiye coğrafi özellikleri ve iklimi

Türkiye, 779.452 km² toplam yüzölçümüyle (Avrupa yakasında 23.764 km² ve Asya yakasında 755.688 km²) Avrupa ve Orta Doğu'daki en büyük ülkelerden biridir. Ülke, 36-42 kuzey enlemi ile 26-45 doğu boylamı arasında uzanır ve iki kıtanın; Avrupa ve Asya'nın arasında konumlanmıştır (Esiyok, 2006).

Toplam 8372 km'lik sahil şeridi ile üç tarafı denizlerle çevrilidir. Ülke yedi coğrafi bölgeye sahiptir: Marmara, Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu, Karadeniz ve İç Anadolu. Komşu ülkeleri ise kuzey batıda Yunanistan ve Bulgaristan, kuzey doğuda Ermenistan ve Gürcistan, güney doğuda Irak ve İran ve güneyde Suriye'dir. Türkiye'deki en yüksek dağ Ağrı Dağı ve en büyük göl ise Van Gölü'dür: her ikisi de Doğu Anadolu'dadır. Şekil 13'de Türkiye'nin topoğrafik bir haritası sunulmuştur (Esiyok, 2006).



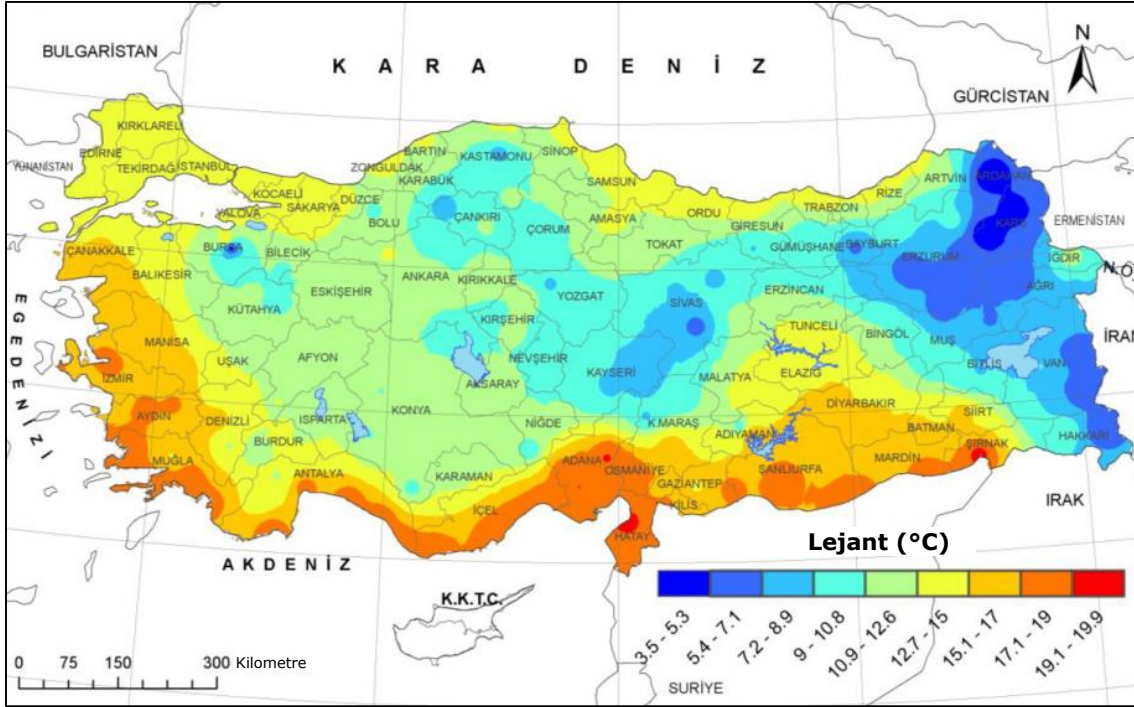
Şekil 13. Türkiye Topoğrafik haritası²

Köppen Sınıflandırması'na göre Türkiye, ılıman Akdeniz iklimi ve coğrafi bölgesinde konumlanmıştır. Ülkede üç ana iklim bölgesi vardır: Karadeniz bölgesi ılıman ve kışın ne çok soğuk yazın ne çok sıcak olan sıcaklığı ile yıl boyu genelde yağışlıdır. Güney ve batı sahil şeridi, ılıman kışları ve sıcak, kuru yazlarıyla tipik Akdeniz iklimine sahiptir. İç Anadolu, dağlık ovaları ve bölgeleri ile Doğu Anadolu, soğuk ve karlı kışlara ve sıcak ve kurak yazlara sahiptir (Esiyok, 2006).

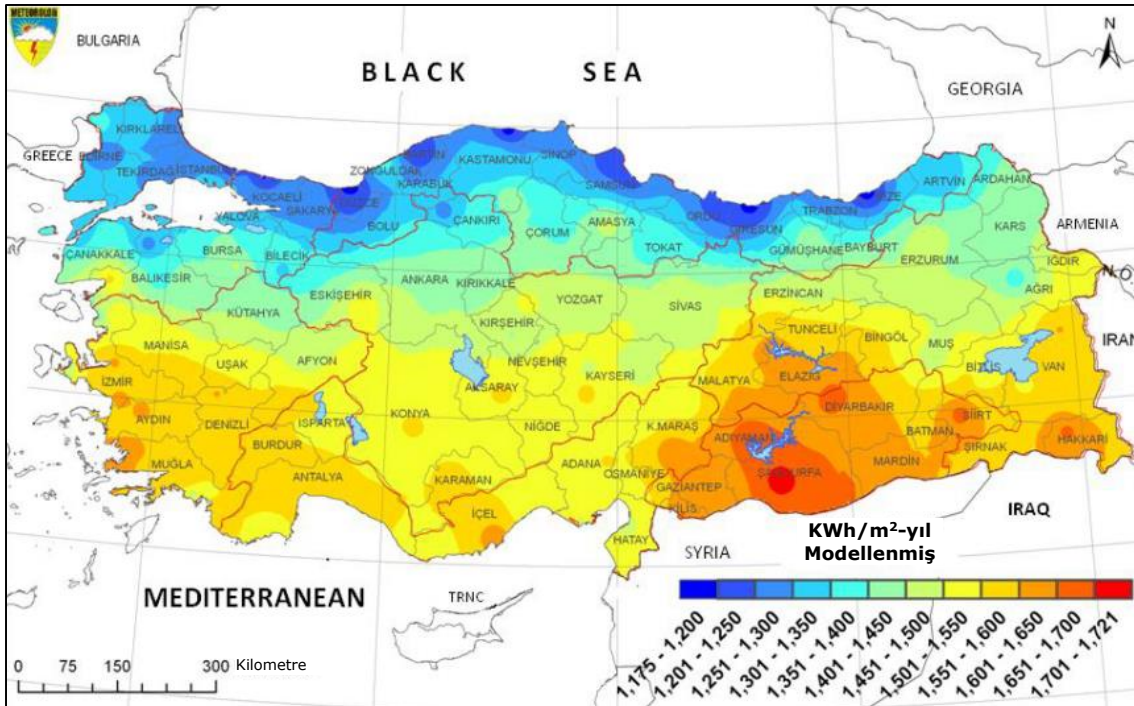
Ülkenin üç ana iklim bölgesi olmasına rağmen farklı coğrafi özelliklerinden dolayı iklim farklı karakteristiklere sahiptir ve beş iklim grubuna ayrılabilir (Burak, 2002). Örneğin Akdeniz bölgesinde dağlar (Toros Dağları) kıyıya paralel uzanır ve ülkenin iç kısımlarına bulutların geçmesini önler, bu nedenle bölgenin sahil kesimi bölgenin diğer kısımlarına göre daha fazla yağış alır. Sonuç olarak Türkiye, hem karasal iklim hem dönence altı (subtropikal) iklimi özelliklerine sahiptir (Esiyok, 2006).

² http://www.jdemirdjian.com/images/Turkey_topo1.jpg

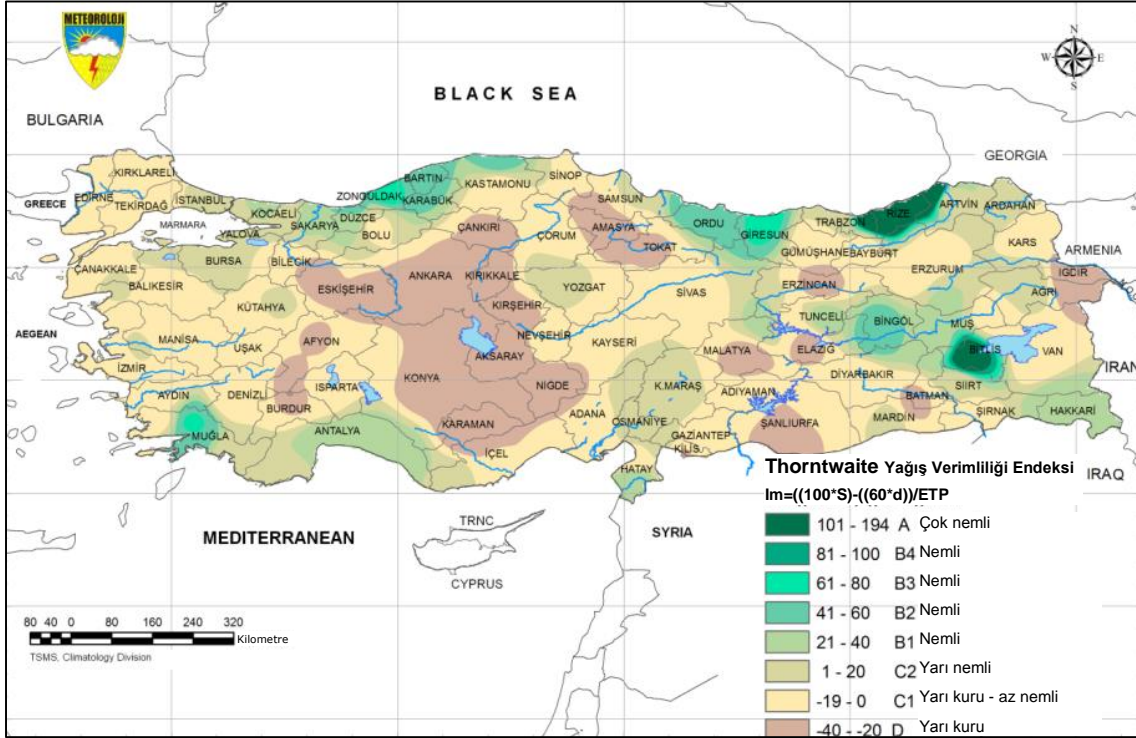
Aşağıda yer alan üç şekil Thornthwaite metodu ile Türkiye'nin yıllık sıcaklıklarının ve güneş ışınımının coğrafi dağılımını ve iklim sınıflandırmasını göstermektedir (Sensoy, 2016).



Şekil 14. Yıllık ortalama sıcaklığın coğrafi dağılım (Sensoy, 2016)



Şekil 15. Modellenmiş Türkiye'deki ortalama toplam güneş ışınımı dağılımı (Sensoy, 2016)

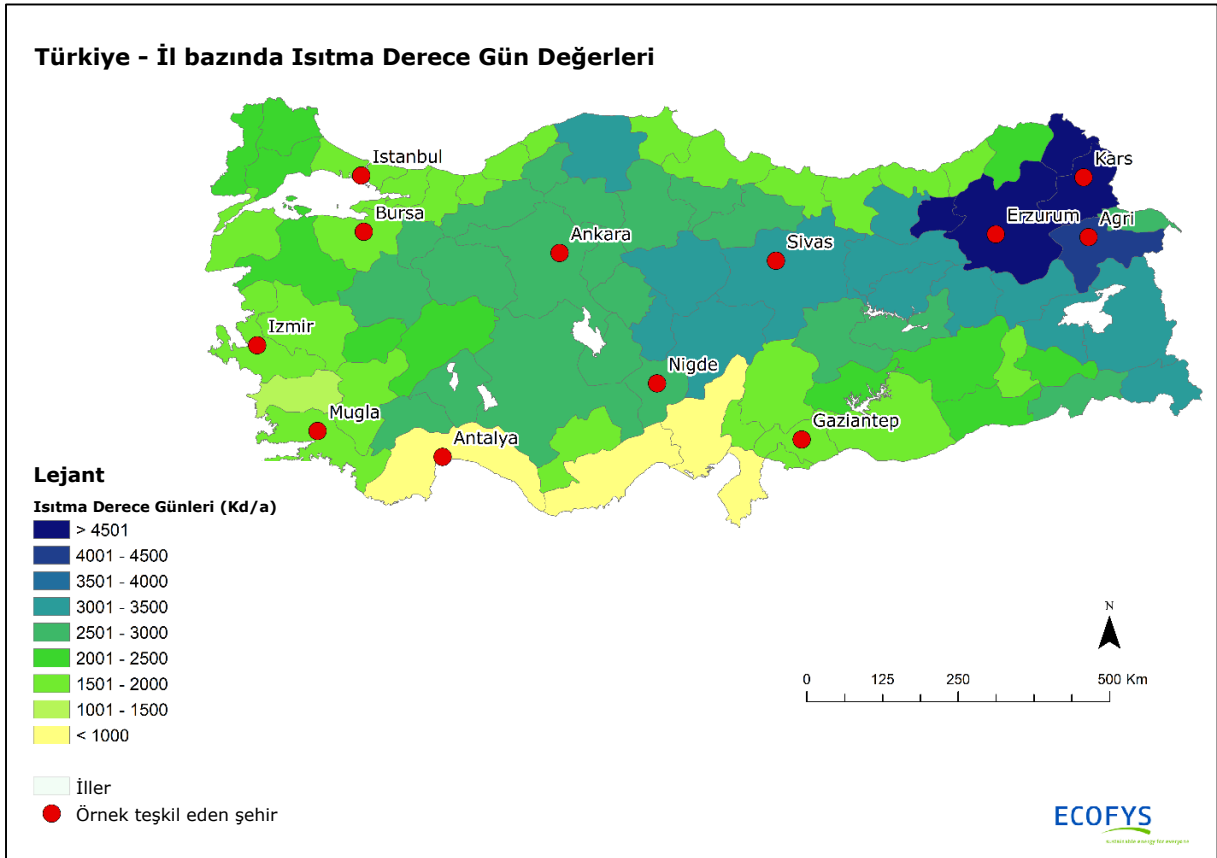


Şekil 16. Thornthwaite metoduyla Türkiye iklim sınıflandırması (Sensoy, 2016)

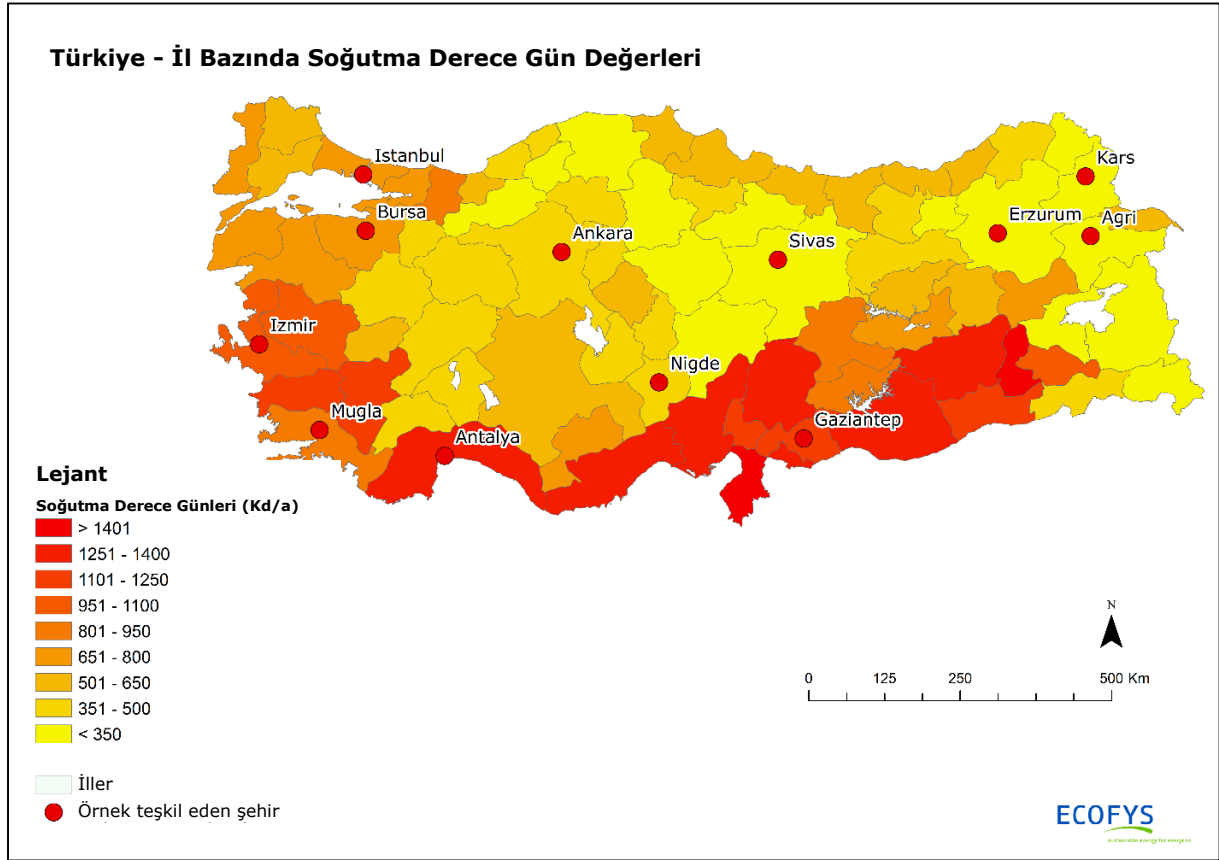
2.3 Türkiye ısıtma ve soğutma derece gün haritaları ve iklim bölgeleri

Isıtma ve soğutma derece günleri, dış ortam sıcaklığı ve oda sıcaklığı dikkate alınarak spesifik bir zaman aralığındaki hava koşullarının (soğuk ve sıcak) şiddetini ifade eder. Türkiye'deki 81 ilin derece gün değerlerini hesaplamak için, saatlik iklim verileri METEONORM'dan alınmış, ASHRAE tarafından uygulanan genel ve karşılaştırılabilir bir temel oluşturan metodoloji kullanılarak ısıtma ve soğutma dereceleri günlerinin (HDD ve CDD) hesaplanmasında kullanılmıştır.

Harici ve dahili hava koşulları belirli konfor şartlarının karşılanması için soğutma ve havalandırmaya yönelik ilave enerji gerektirebilir. Bu konfor seviyesi bina mevzuatında tanımlı olabilir veya kullanıcı şartnamelerinde verilebilir. Aşağıdaki iki şekil Türkiye ısıtma ve soğutma derece gün haritalarını temsil etmektedir. Her iki şekil de EK 1'de tarif edilen metodolojiye göre kendi hesaplamalarımıza dayanmaktadır. Isıtma ve soğutma derece gün değerlerine dair hesaplama sonuçları ayrıca EK 1'de bulunabilir. Derece günlerinin illerin merkezlerine yönelik hesaplandığı ve tüm ili temsil eder şekilde düşünüldüğü unutulmamalıdır. Bu nedenle illerin derece günleri bir il içindeki tüm bölgesel detayları ve farkları tam olarak göstermez.



Şekil 17. Türkiye ısıtma derece gün değerleri haritası (ASHRAE metodu)



Şekil 18. Türkiye soğutma derece günleri haritası (ASHRAE metodu)

Yukarıdaki şekillerde görülebileceği üzere Türkiye'deki iklim koşulları ilden ile önemli ölçüde değişiklik göstermektedir.

Kapsanan 12 şehri baz alarak U-değerleri açısından farklılıkların daha ileri analizine olanak veren bir metodoloji geliştirdik. Isıtma ve soğutma derece gün aralıklarının karakteristikleri yönüyle aşağıdaki tabloda sunulan 6 iklim bölgesi tanımladık.

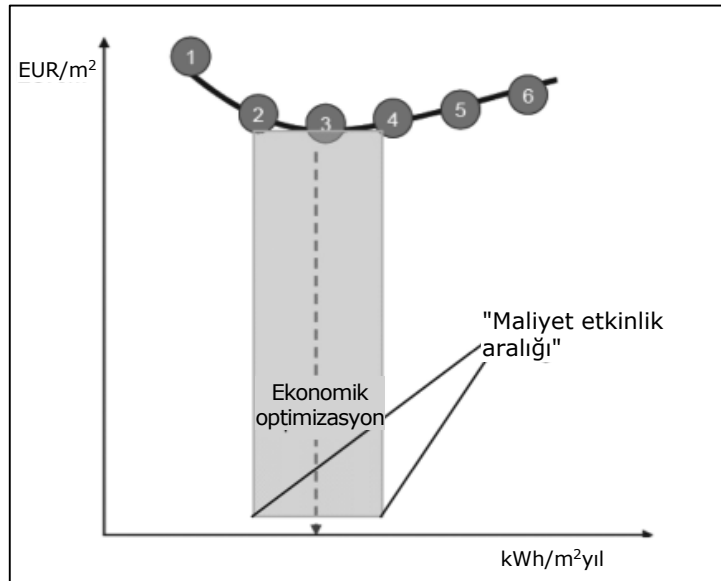
Tablo 2. Bu çalışmada kullanıldığı şekilde altı gelişmiş iklim bölgesinin özellikleri

Bölge	İklim sınıflaması	HDD (ısıtma gün dereceleri) (ASHRAE'ye göre)	CDD (soğutma gün dereceleri) (ASHRAE'ye göre)	Sınıflandırılan Türkiye illerinin sayısı	Bölgede dahil edilen şehirlerin sayısı	Kapsamdaki şehir sayısı	TS 825'e göre iklim bölgesi
1	Çok Sıcak	<1000	>1000	4	1	Antalya	1
2	Sıcak	1000-2000	>=1000	10	2	Gaziantep, İzmir	1-2
3	Ilıman	<2000	<1000	17	3	Bursa, İstanbul, Muğla	2
4	Soğuk	>=2000	<1000	32	2	Ankara, Niğde	3
5	Çok soğuk	>=3000	<1000	13	1	Sivas	4
6	Aşırı Soğuk	>=4000	<1000	5	3	Ağrı, Erzurum, Kars	4

3 Maliyet Etkinliğe Göre U-Değerleri

3.1 Metodoloji

Avrupa Birliği 2012'de binalarda enerji performansına ilişkin bir Komisyon Tüzüğü (244/2012) yayınlamıştır. Bu tüzük bina ve yapı bileşenlerinin optimize edilmiş enerji performanslarının maliyet etkinlik seviyelerini hesaplamak için karşılaştırmalı bir metodoloji belirlemektedir. Tanımlanmış olan referans bina için değerlendirilen farklı tedbir / paket / değişkenlere yönelik birincil enerji tüketimi ve küresel maliyet hesaplamalarını esas alarak her bir referans bina için farklı çözümlere dair birincil enerji tüketimini (x-ekseni: kWh birincil enerji/(m² faydalı döşeme alanı ve yıl)) ve küresel maliyetleri (y-ekseni: EURO/m² faydalı döşeme alanı) ortaya koyan grafikler çizilebilir. Tedbirler / paketler /değişkenlerin sayısı düşünüldüğünde spesifik bir maliyet eğrisi (= farklı değişkenlerin veri noktalarıyla işaretlenmiş alanın aşağı sınırı) geliştirilebilir (EC, 2012b).



Şekil 19. Grafikteki farklı değişkenler ile maliyet etkinlik aralığının konumu (Boermans ve diğerleri, 2011; EC, 2012b)

En düşük maliyetli paketlerin kombinasyonu eğrinin en alçak noktasıdır (yukarıdaki görselde, paket '3'). Bu en alçak noktanın X eksenindeki konumu maliyet etkin minimum enerji performansı gerekliliklerini verir. 244/2012 sayılı Tüzüğün Ek I (6) maddesinin 2. paragrafında öngörüldüğü üzere, paketler aynı veya benzer maliyetlere sahip olduğunda daha düşük birincil enerji kullanımına sahip paket (= maliyet etkinlik aralığının sol sınırı) mümkün olduğunda maliyet etkinlik seviyesini tanımlanmasına kılavuzluk yapacaktır (EC, 2012b).

Bu maksatla Ecofys, binaların enerji performansına ilişkin Komisyon Tüzüğünde (244/2012) tanımlanan gereksinimlere uygun olarak bir maliyet etkinlik modeli geliştirmiştir. Bu model, farklı referans binalar için değişen iklim koşulları altında (hem arz hem de talep taraflarını dikkate alarak) maliyet etkin bina konfigürasyonlarını hesaplar. Model, yerel şartlara adapte edilebilir. Fiziksel konular düşünüldüğünde örneğin iklim koşulları ile yerel inşaat alışkanlıkları EN ISO 13790'a uygun olarak saatlik ısıtma ve soğutma taleplerini hesaplamak için dikkate alınır. Hesaplanan ısıtma ve

soğutma ihtiyaçları, yapı elemanları ve çeşitli enerji fiyatlarına yönelik dinamik maliyetler gibi mikro ve makro-ekonomik parametreler ile küresel maliyetlerin hesaplanmasında kullanılır. Bu model, U-değerleri ile ısıtma ve soğutma sistemlerinin binlerce kombinasyonunu hesaplar ve hesaplama süresi sonunda en düşük küresel maliyeti veren teknik konfigürasyonu tespit eder. Maliyet etkinliğini tanımlamak için kişisel veya toplumsal bir perspektif benimsenebilir. Hesaplama modeli, hem yeni hem de tadil edilecek binalara uygulanabildiği gibi tipik yerel referans binaları ve geometrilerini içerebilir.

Analizler, referans bina ölçeğinde yürütülecek ve sonuçlar tüm bina stoku için ekstrapole edilecektir. Referans bina, bina stokundaki tipik binayı temsil eden yapıdır. Farklı referans binalar üzerinde analizler yürüterek aşağıdan yukarıya tüm bina stokunun analiz edilmesini sağlar. Konut türü tipik referans binalar farklı ebatlar ve/veya yaş sınıflarında (yapım aşamaları) örneğin ayırık nizam veya bitişik nizam müstakil binalar ve apartmanlardır. Hangi referans binanın kullanılması gerektiği önemli ölçüde bina stokundaki payına bağlıdır. Müstakil konutların yaygın olduğu ülkelerde bu tür binalara odaklanılmalıdır. Analizler için dikkate alınan bina tipinin tipik yapım özellikleri, örneğin boyut, geometri, kullanılan yapı malzemeleri, tipik HVAC ekipmanı (ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemleri vs.), pencere tür ve boyutları, yön vb. araştırmak gereklidir.

2011 ve 2001 bina sayımı sonuçları baz alındığında, bina stokunda en çok bulunan ve bu nedenle bu analizle en alakalı olan 5 katlı apartman kullanılmaya karar verilmiştir. Referans binaya dair tüm detaylar kullanılan referans binanın çizimleri de dahil olmak üzere bu raporun EK 4'ünde bulunabilir. Hesaplama parametreleri EK 2 (yeni inşaatlar için) ve EK 3'te (yenilemeler için), yatırım maliyet varsayımları ise EK 5'te bulunabilir.

3.2 Sonuçlar

Aşağıdaki tablolar maliyet etkinlik hesaplamalarına dair nihai sonuçları ve aynı zamanda daha yüksek hedefleri ön plana çıkarmak için TS 825'e göre yürürlükteki gereklilikleri ortaya koymaktadır. Ortam ısıtması ve ortam soğutmasına yönelik birincil enerji talebine dair hesaplamalarda birincil enerji faktörleri doğalgaz için 1.0, elektrik için 2.36 olarak kullanılmıştır (Ganiç ve Yılmaz, 2014; Mangan ve Oral, 2016a). Aynı hesaplama parametrelerinin TS 825 ve maliyet etkinliğe göre yapılan enerji talebi hesaplamalarının her ikisinde de kullanıldığı unutulmamalıdır (bakınız EK 2 & 3).

Bu parametreler ve EN 13790 baz alınarak tüm metodoloji düşünüldüğünde TS 825'ten farklılık gösterebilir, ayrıca hesaplanmış enerji talebi göstergeleri TS 825'te verilenden farklı olabilir. U-değerleri $W/(m^2.K)$ biriminde, spesifik birincil enerji talebi $kWh/(m^2.yıl)$ biriminde gösterilmiştir.

Tablo 3. Yeni inşaatlara yönelik maliyet etkinlik hesaplamalarının sonuçları

Maliyet etkin U-değerleri ve yeni inşaatlara yönelik ortaya çıkan birincil enerji talebi												
Şehir	Antalya	İzmir	Gaziantep	Muğla	İstanbul	Bursa	Ankara	Niğde	Sivas	Ağrı	Kars	Erzurum
U-değeri - çatı	0,27	0,22	0,21	0,19	0,19	0,20	0,16	0,16	0,16	0,15	0,13	0,13
U-değeri - cephe	0,35	0,29	0,27	0,27	0,28	0,27	0,21	0,21	0,22	0,20	0,18	0,17
U-değeri - pencere	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
U-değeri - döşeme	0,57	0,45	0,41	0,43	0,43	0,41	0,30	0,35	0,36	0,32	0,29	0,26
Birincil enerji (ısıtma & soğutma)	34,9	48,4	59,9	56,0	45,6	48,8	65,6	63,7	75,1	91,0	103,2	106,4
Birincil enerji (ısıtma)	15,6	32,4	41,0	42,9	37,1	39,5	58,8	56,9	70,9	88,3	102,4	105,0
Birincil enerji (soğutma)	19,3	16,1	18,9	13,0	8,6	9,3	6,8	6,8	4,1	2,7	0,8	1,4
Isıtma yükü	22,2	31,2	34,4	32,4	30,6	32,0	42,0	42,4	48,0	56,1	60,2	62,5
Soğutma yükü	29,2	26,9	30,2	26,2	17,6	20,9	19,0	17,5	17,3	12,1	8,0	11,2

Tablo 4. Yenilemelere yönelik maliyet etkinlik hesaplamalarının sonuçları

Maliyet etkin U-değerleri ve yenilemelere yönelik ortaya çıkan birincil enerji talebi												
Şehir	Antalya	İzmir	Gaziantep	Muğla	İstanbul	Bursa	Ankara	Niğde	Sivas	Ağrı	Kars	Erzurum
U-değeri çatı	0,25	0,20	0,20	0,19	0,20	0,22	0,15	0,15	0,17	0,15	0,13	0,12
U-değeri cephe	0,35	0,29	0,28	0,27	0,28	0,27	0,22	0,22	0,22	0,21	0,18	0,17
U-değeri pencere	1,80	1,80	1,10	1,10	1,30	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
U-değeri döşeme	0,51	0,41	0,43	0,41	0,41	0,41	0,33	0,34	0,33	0,31	0,27	0,25
Birincil enerji (ısıtma & soğutma)	42,5	56,6	66,4	60,7	50,0	56,3	74,9	72,5	84,8	102,5	115,2	119,0
Birincil enerji (ısıtma)	17,4	35,8	42,2	44,0	39,0	44,4	66,3	64,0	79,6	99,3	114,2	117,3
Birincil enerji (soğutma)	25,0	20,7	24,2	16,7	11,0	11,9	8,6	8,6	5,2	3,3	0,9	1,7
Isıtma yükü	23,1	32,4	33,8	31,5	30,5	33,8	44,3	44,5	50,8	59,2	63,1	65,6
Soğutma yükü	29,9	27,5	29,9	25,8	17,6	21,4	19,5	17,9	17,7	12,3	8,0	11,3

Tablo 5. TS 825'e göre mevcut U-değeri gereksinimleri ile EN 13790'a göre hesaplanmış birincil enerji talepleri

TS 825'e göre mevcut U-değeri gereksinimleri ile EN 13790'a göre hesaplanmış birincil enerji talepleri												
Şehir	Antalya	İzmir	Gaziantep	Muğla	İstanbul	Bursa	Ankara	Niğde	Sivas	Ağrı	Kars	Erzurum
U-değeri çatı	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25
U-değeri cephe	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40
U-değeri pencere	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
U-değeri döşeme	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40
Birincil enerji - yeni bina (Isıtma & soğutma)	43,4	64,3	76,8	72,0	59,2	68,2	91,0	89,5	97,9	120,5	140,6	145,6
Birincil enerji - yeni bina (Isıtma)	23,0	47,5	56,9	58,5	50,8	59,0	84,7	83,5	94,3	118,5	140,2	144,6
Birincil enerji - yeni bina (soğutma)	20,4	16,8	20,0	13,4	8,4	9,2	6,3	6,0	3,6	2,0	0,4	1,0
Isınma yükü - yeni bina	29,4	43,3	44,7	43,1	39,8	45,7	56,9	57,8	62,5	72,4	78,8	83,4
Soğutma yükü - yeni bina	34,5	32,5	35,6	30,6	19,8	25,3	22,4	20,2	19,5	13,1	8,1	12,2
Birincil enerji - yenileme	49,7	72,0	86,3	80,2	65,7	75,7	100,5	99,1	108,2	132,8	154,9	160,3
Birincil enerji - yenileme (Isıtma)	25,5	52,2	62,6	64,3	55,9	64,8	93,2	92,2	104,0	130,5	154,4	159,2
Birincil enerji - yenileme (soğutma)	24,2	19,8	23,7	15,9	9,9	10,8	7,3	6,9	4,2	2,3	0,5	1,1

Yukarıdaki tablolarda görülebileceği üzere, bazı durumlarda yenilemelere yönelik maliyet etkin U-değerleri yeni binalara göre nispeten daha düşüktür . Bu sonucun ana sebebi ise yenileme durumunda önemli ölçüde daha kötü olduğu kabul edilen ısıtma ve soğutma sistemlerinin verimlilikleridir. Bu düşük verimlilikler bina zarfının iyileştirilmesi durumunda enerji maliyetlerinden daha fazla tasarruf elde edilmesi sonucunu doğurmaktadır. Yenileme yatırım maliyetlerinin cephe tadilatlarından biraz daha yüksek kabul edildiğinden 30 yıllık hesaplama periyodunda daha iddialı maliyet etkinlik değerlerinin oluşmasına neden olur.

Tablo 6 ve Tablo 7, bu raporda kullanılan altı iklim bölgesi için elde edilmiş maliyet etkinlik hesaplamalarının sonuçlarını sunar (bakınız bölüm 2.3). Sonuçlar, ilgili bölgedeki kapsama alınan referans şehirlerin ortalamasını temsil eder.

Tablo 6. Bu raporda kullanılan altı iklim bölgesine göre yeni binalara yönelik maliyet etkinlik hesaplamalarının sonuçları

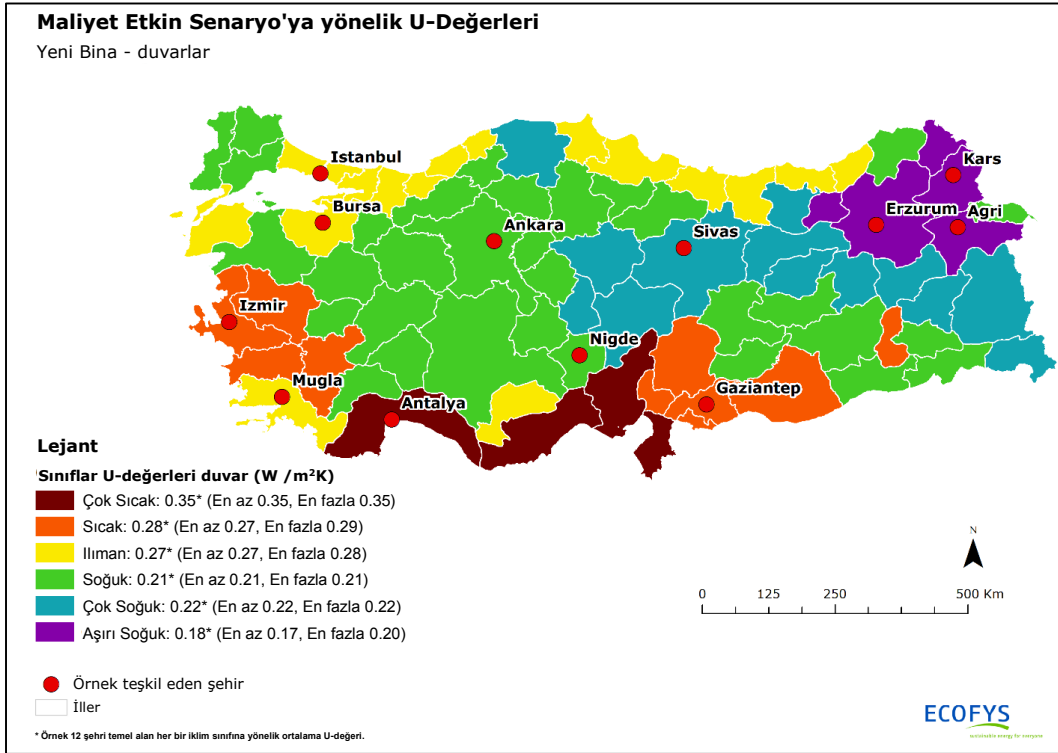
Bileşen	Birim	Çok sıcak	Sıcak	Ilıman	Soğuk	Çok soğuk	Aşırı soğuk
Çatı	W/(m ² .K)	0,27	0,21	0,19	0,16	0,16	0,14
Cephe	W/(m ² .K)	0,35	0,28	0,27	0,21	0,22	0,18
Pencere	W/(m ² .K)	1,80	1,80	1,57	1,10	1,10	1,10
Döşeme	W/(m ² .K)	0,57	0,43	0,42	0,32	0,36	0,29
Birincil enerji talebi (maliyet etkinlik)	kWh/(m ² .yıl)	34,9	54,2	50,1	64,7	75,1	100,2
Birincil enerji talebi (U-değerleri TS 825)	kWh/(m ² .yıl)	43,4	70,6	66,5	90,2	97,9	135,6

Tablo 7. Bu raporda kullanılan altı iklim bölgesine göre tadil edilecek mevcut binalara yönelik maliyet etkinlik hesaplamalarının sonuçları

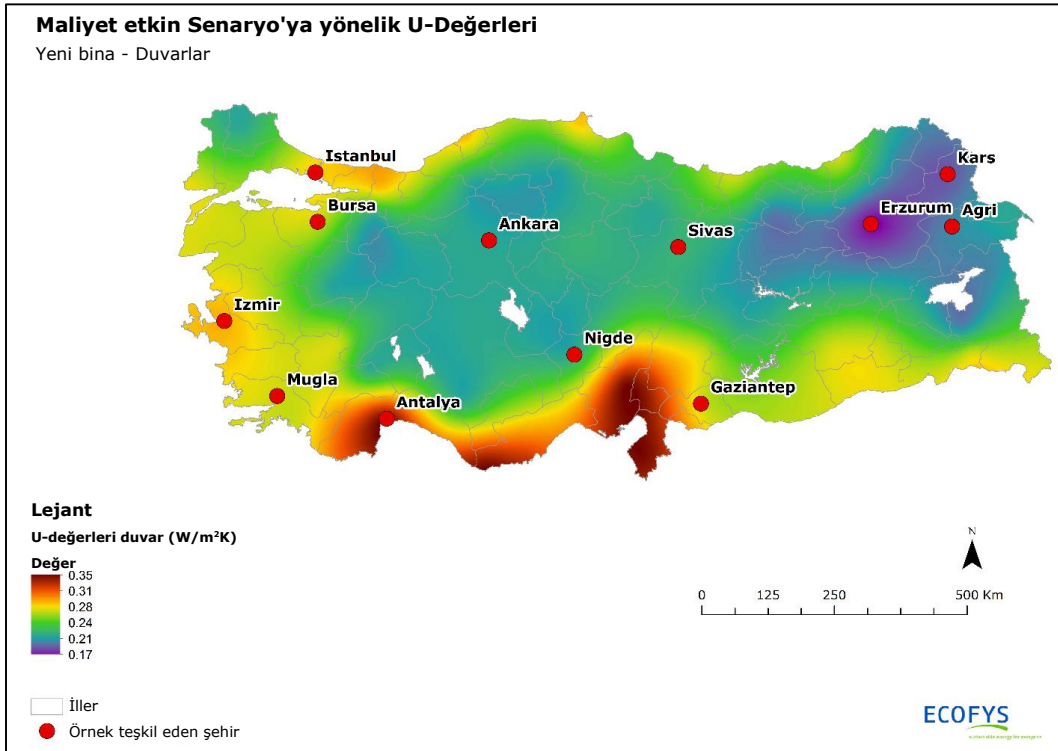
Bileşen	Birim	Çok sıcak	Sıcak	Ilıman	Soğuk	Çok soğuk	Aşırı soğuk
Çatı	W/(m ² .K)	0,25	0,20	0,20	0,15	0,17	0,13
Cephe	W/(m ² .K)	0,35	0,28	0,27	0,22	0,22	0,19
Pencere	W/(m ² .K)	1,80	1,45	1,17	1,10	1,10	1,10
Döşeme	W/(m ² .K)	0,51	0,42	0,41	0,34	0,33	0,28
Birincil enerji talebi (maliyet etkinlik)	kWh/(m ² .yıl)	42,5	61,5	55,7	73,7	84,8	112,2
Birincil enerji talebi (U-değerleri TS 825)	kWh/(m ² .yıl)	49,7	79,2	73,9	99,8	108,2	149,4

Aşağıdaki sekiz alt bölüm hem bina türleri (yeni binalar ve tadil edilecek binalar) hem de ele alınan her bir yapı elemanı (duvar, çatı, pencereler ve döşemeler) için bir vektörel ve tarama (raster) bazlı harita içerir. Vektörel haritalar, her bir il için 6 iklim bölgesinden hangisine atandıklarına bağlı olarak Tablo 6 ve Tablo 7'de sunulan sonuçları vektörel bazda görselleştirir. Öte yandan tarama (raster) bazlı haritalar her ile yönelik bilgiyi değil onun yerine haritada tanımlanmış 51 lokasyon (noktalar/şehirler) ve analiz edilmiş 12 referans şehirle benzerlikleri kullanır, ArcGIS bilgiyi interpolate eder ve "akan renk şemaları" yaratır. Bu haritalar daha az keskin fakat daha sezgiseldir çünkü iklim genelde tam da bir il (idari) sınırında değişmez.

3.2.1 Yeni binalardaki duvarlara yönelik maliyet etkin U-değerleri

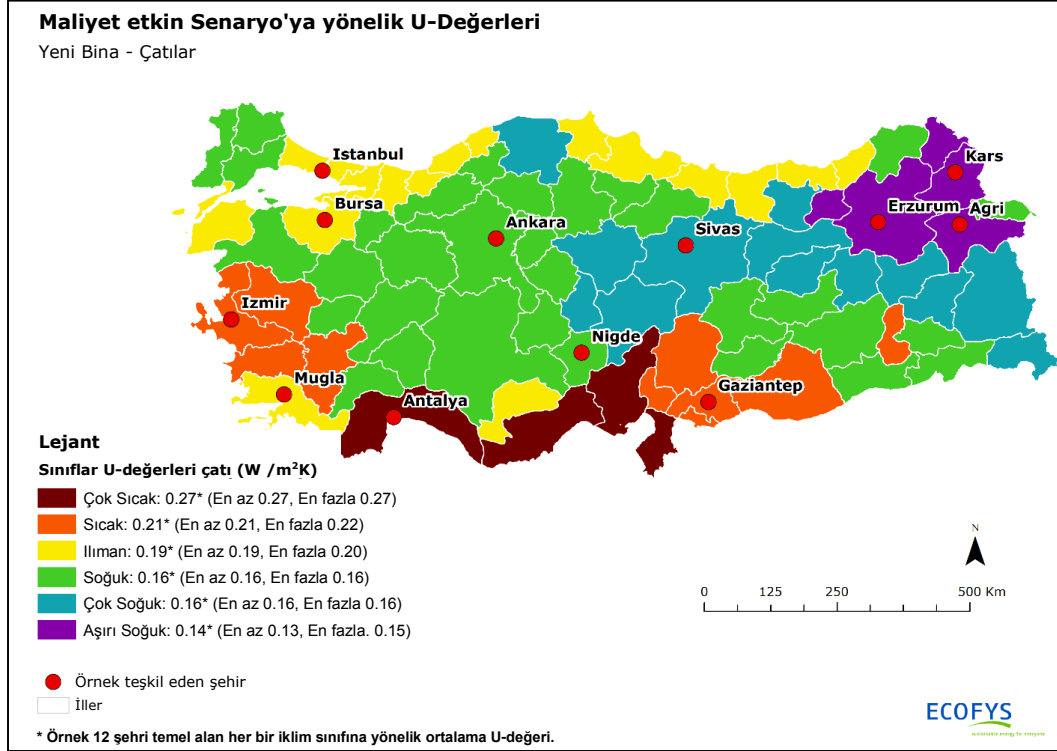


Şekil 20 - Türkiye'de 2015 yılında yeni binalarda duvarlara yönelik maliyet etkin U-değerleri vektör haritası

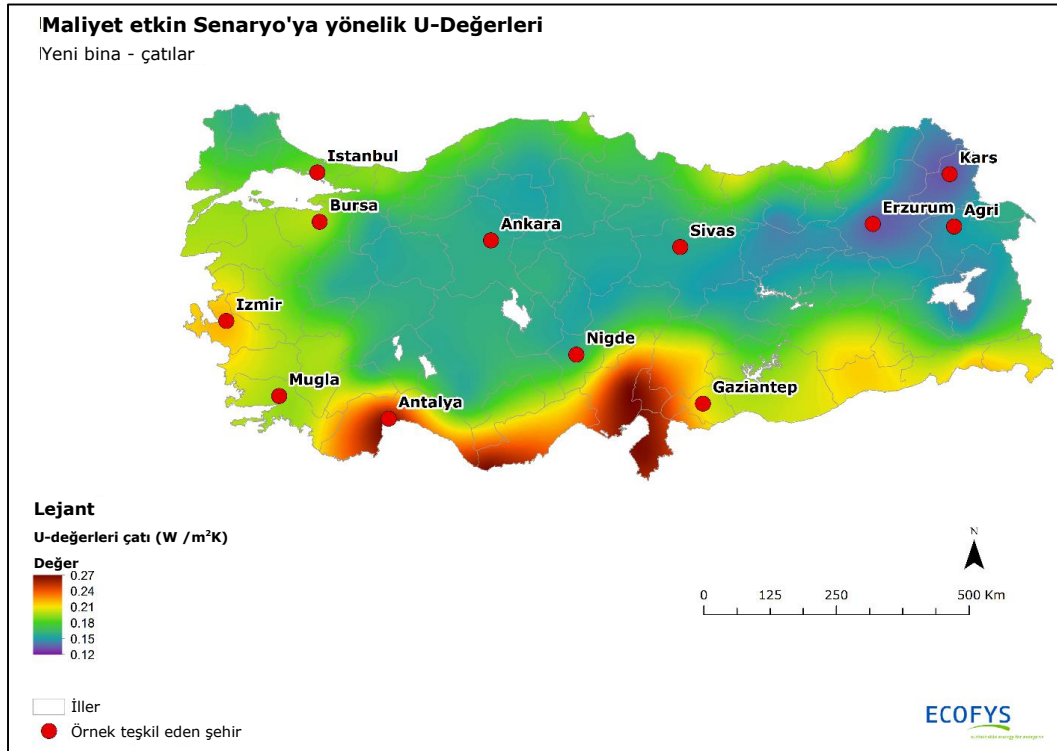


Şekil 21 - Türkiye'de 2015 yılında yeni binalarda duvarlara yönelik maliyet etkin U-değerleri raster haritası

3.2.2 Yeni binalardaki çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri

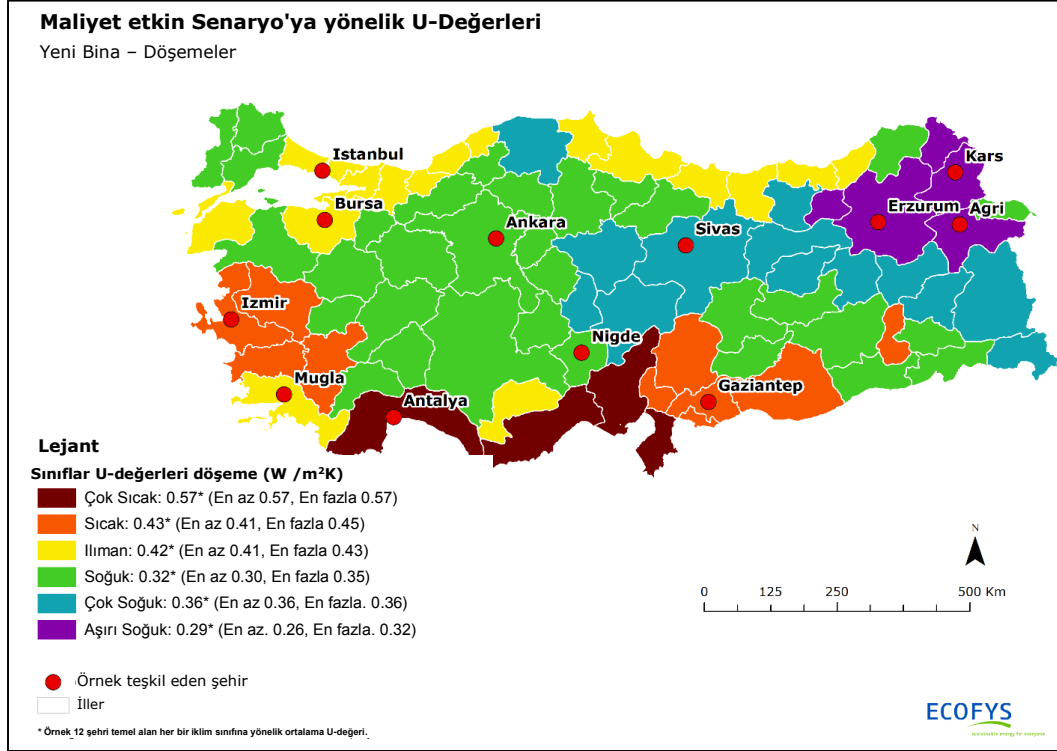


Şekil 22 - Türkiye'de 2015 yılında yeni inşaatlarda çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri vektör haritası

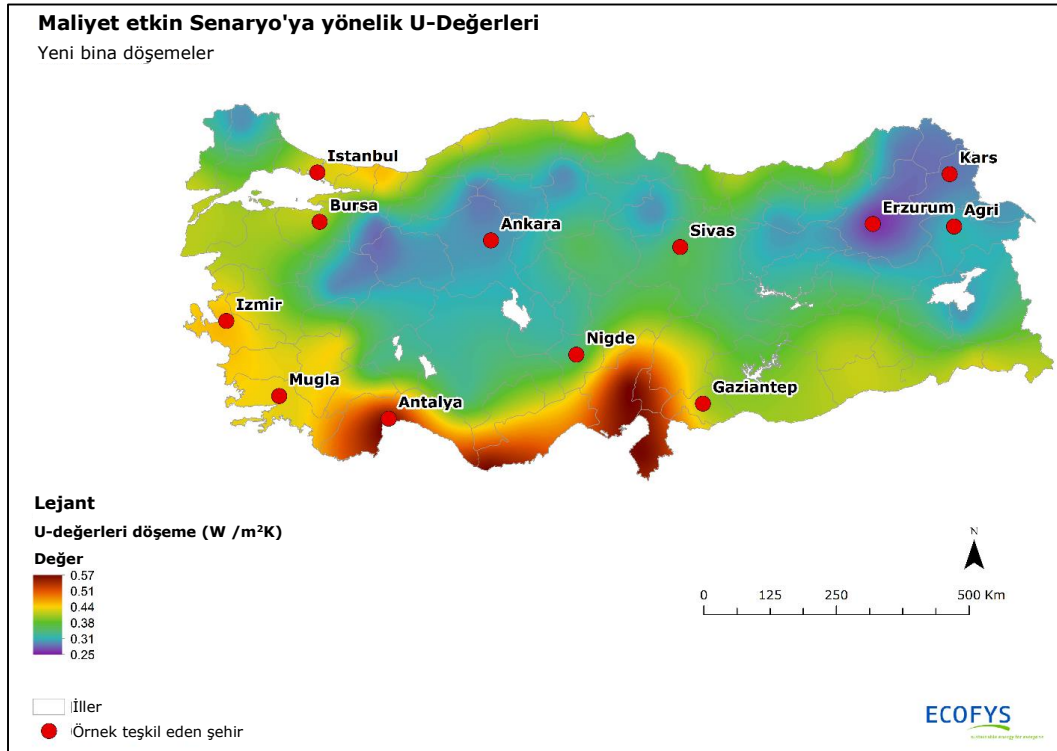


Şekil 23 - Türkiye'de 2015 yılında yeni binalarda çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri raster haritası

3.2.3 Yeni binalardaki döşemelere yönelik maliyet etkin U-değerleri

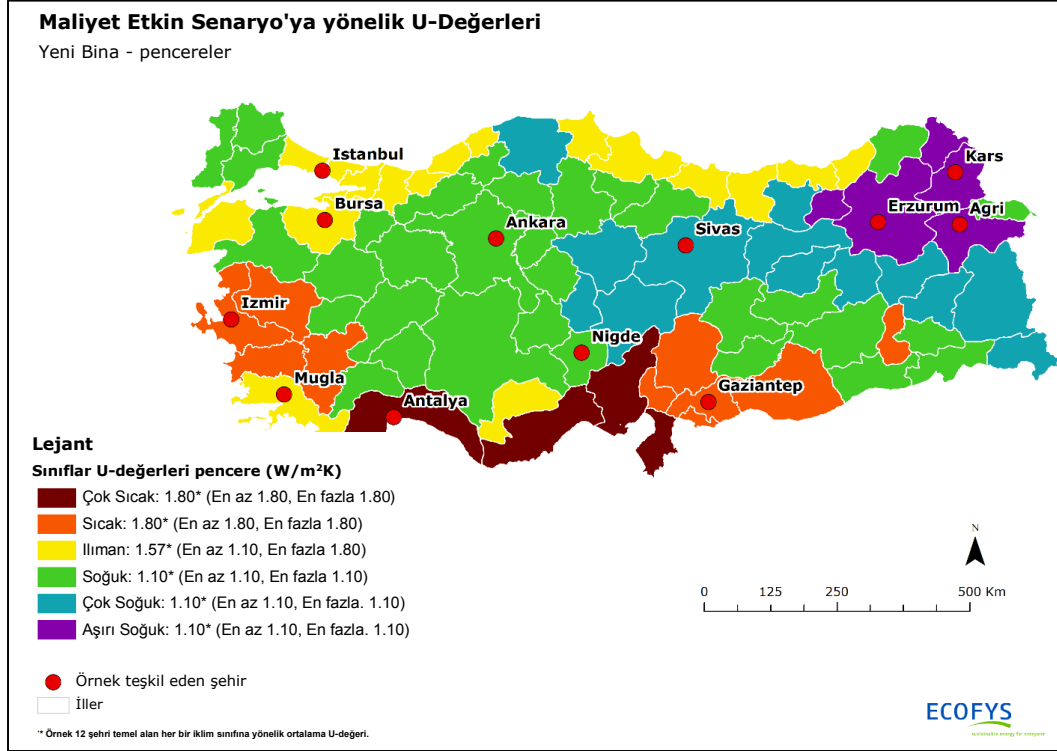


Şekil 24 - Türkiye'de 2015 yılında yeni binalarda döşemelere yönelik maliyet etkin U-değerleri vektör haritası

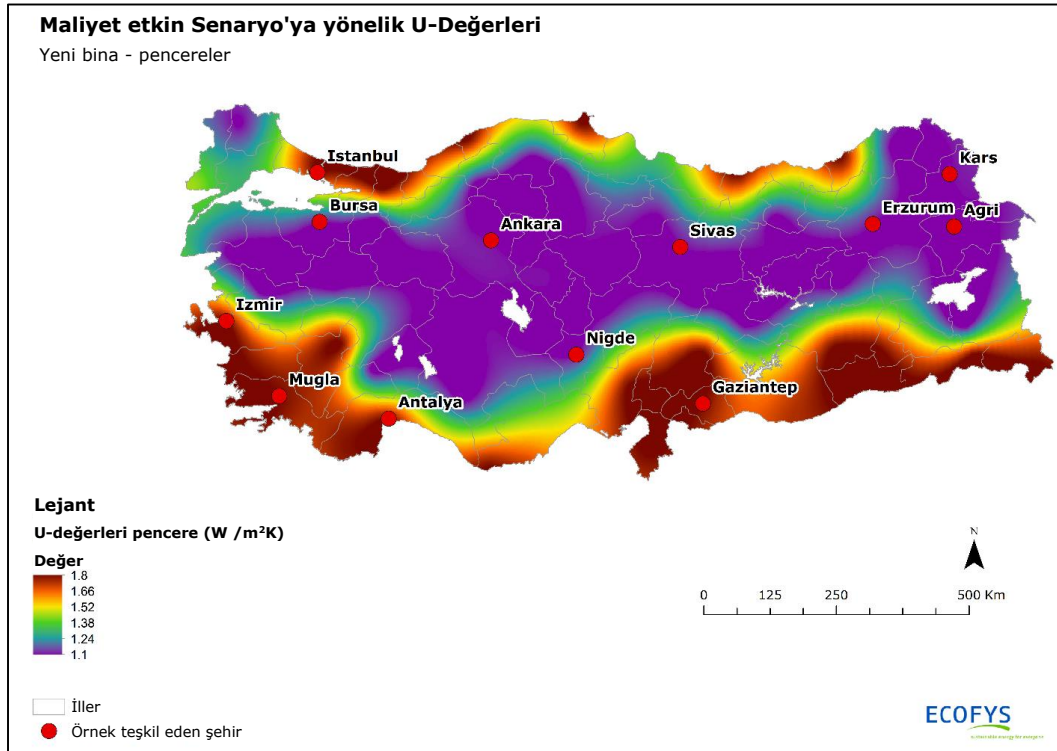


Şekil 25 - Türkiye'de 2015 yılında yeni binalarda döşemelere yönelik maliyet etkin U-değerleri raster haritası

3.2.4 Yeni binalardaki pencerelere yönelik maliyet etkin U-değerleri

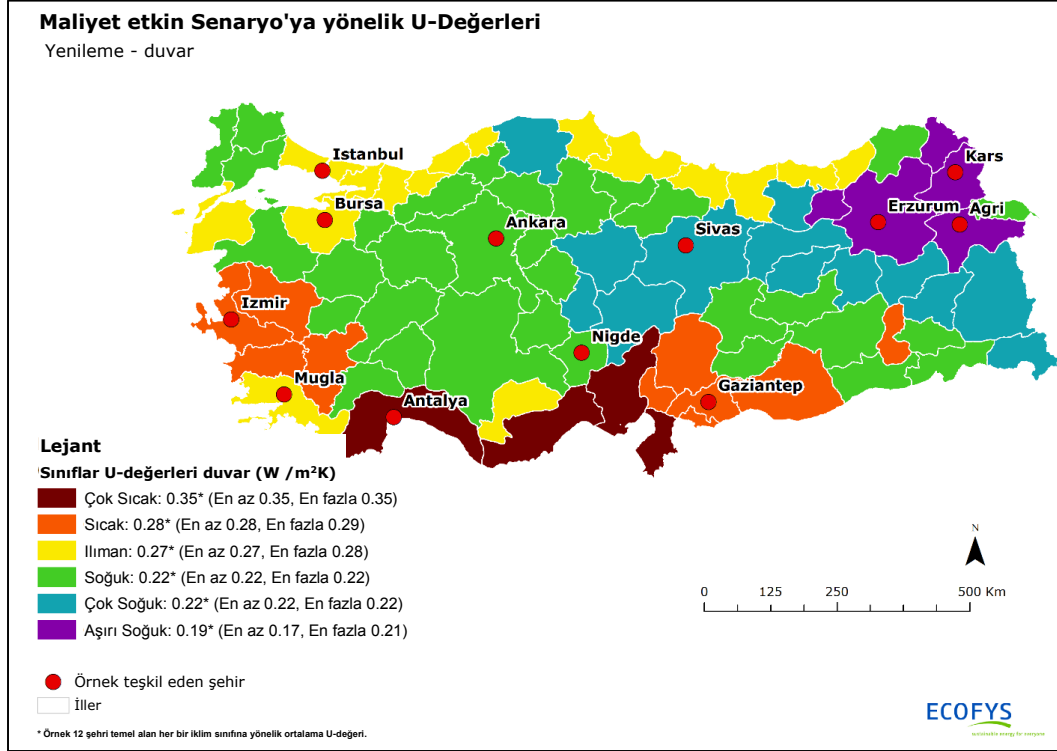


Şekil 26 - Türkiye'de 2015 yılında yeni binalarda pencerelere yönelik maliyet etkin U-değerleri vektör haritası

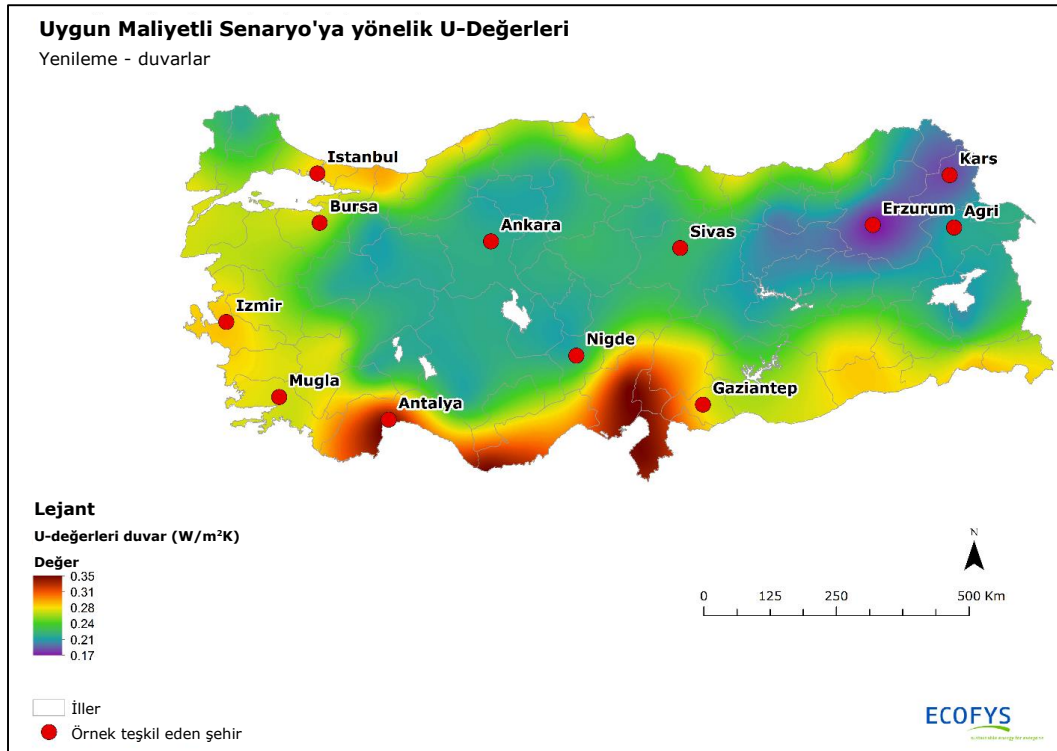


Şekil 27 - Türkiye'de 2015 yılında yeni binalardai pencerelere yönelik maliyet etkin U-değerleri raster haritası

3.2.5 Tadil edilecek mevcut binalardaki duvarlara yönelik maliyet etkin U-değerleri

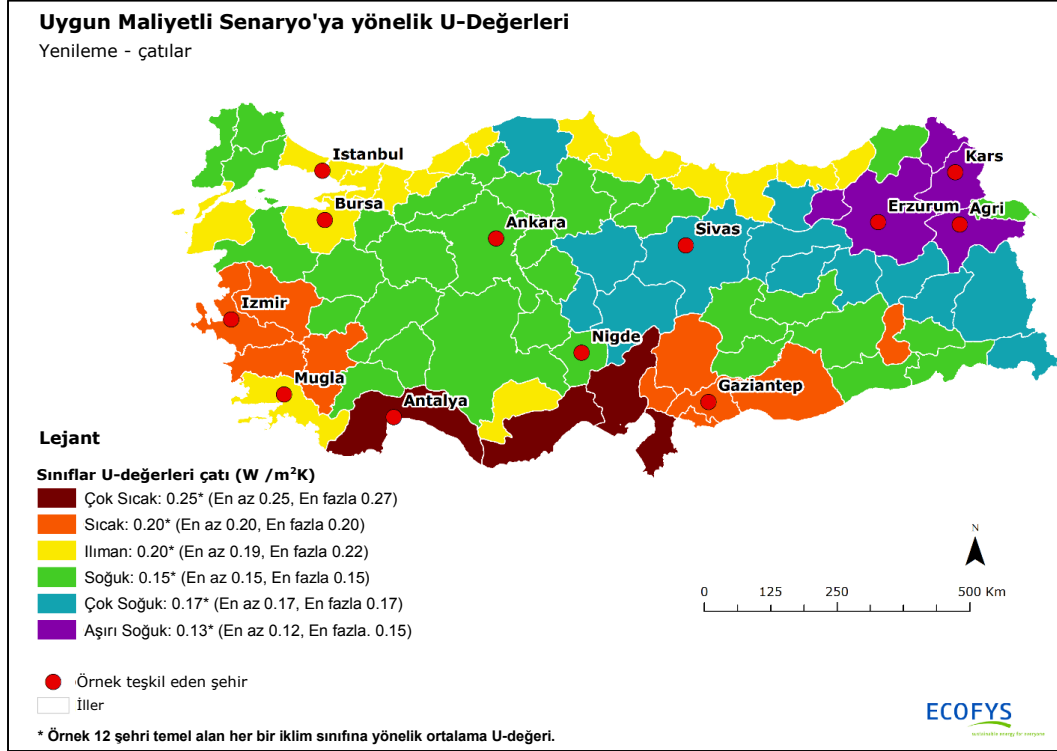


Şekil 28 - Türkiye'de 2015 yılında tadil edilecek mevcut binalarda duvarlara yönelik maliyet etkin U-değerleri vektör haritası

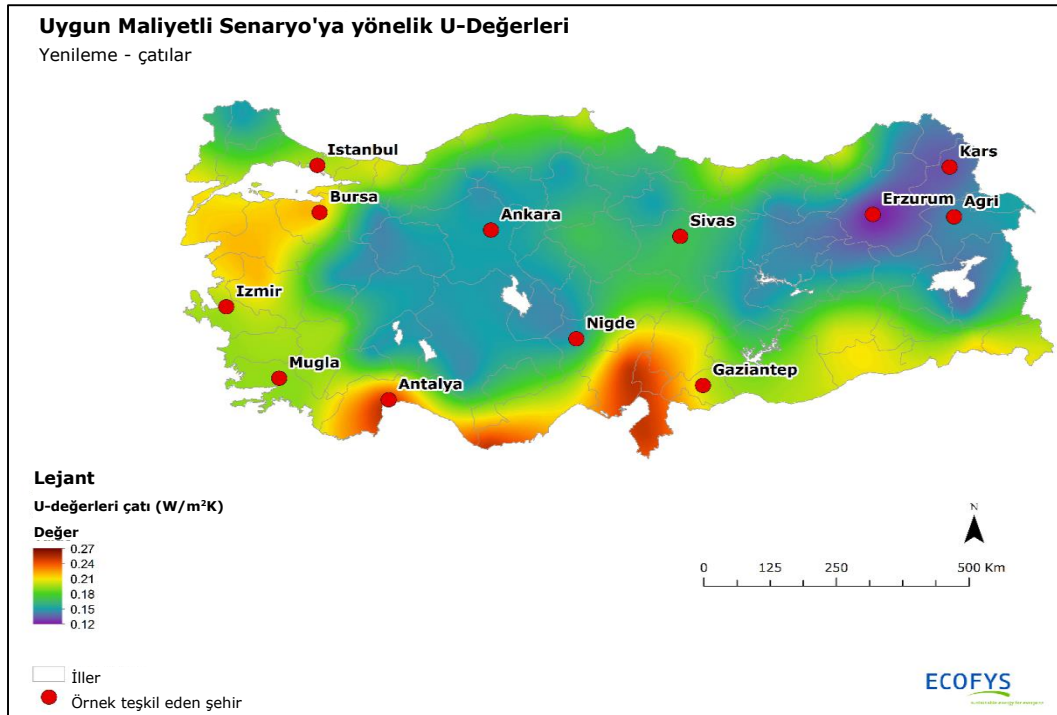


Şekil 29 - Türkiye'de 2015 yılında tadil edilecek mevcut binalarda duvarlara yönelik maliyet etkin U-değerleri raster haritası

3.2.6 Restore edilecek mevcut binalardaki çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri

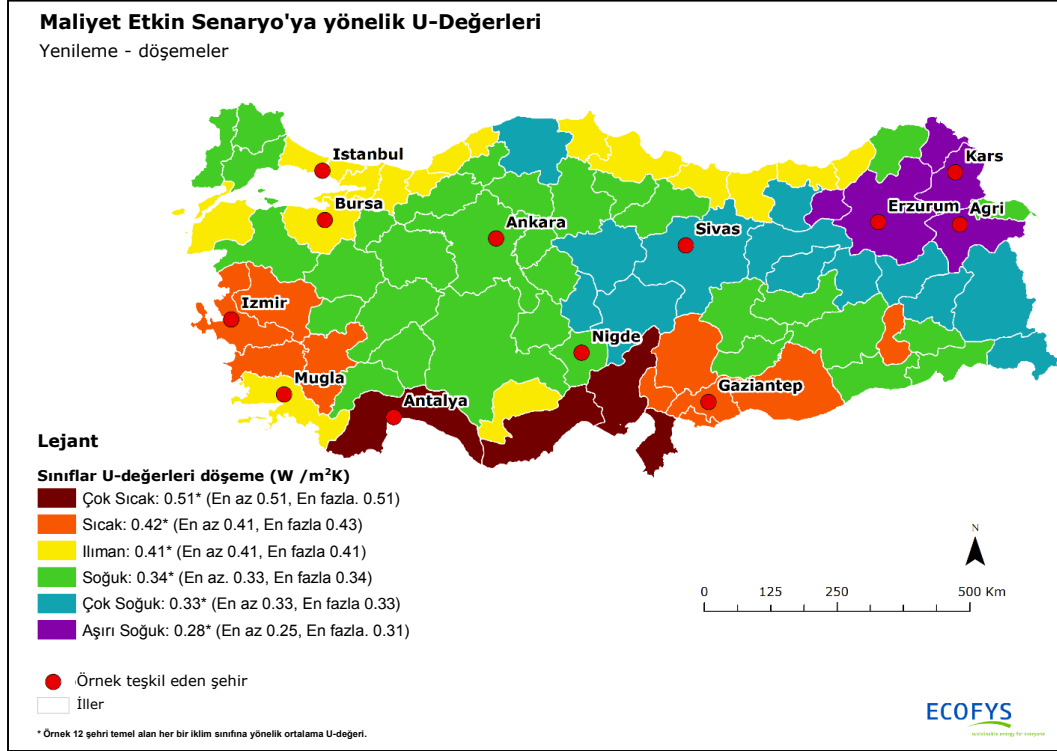


Şekil 30 - Türkiye'de 2015 yılında tadil edilecek mevcut binalarda çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri vektör haritası

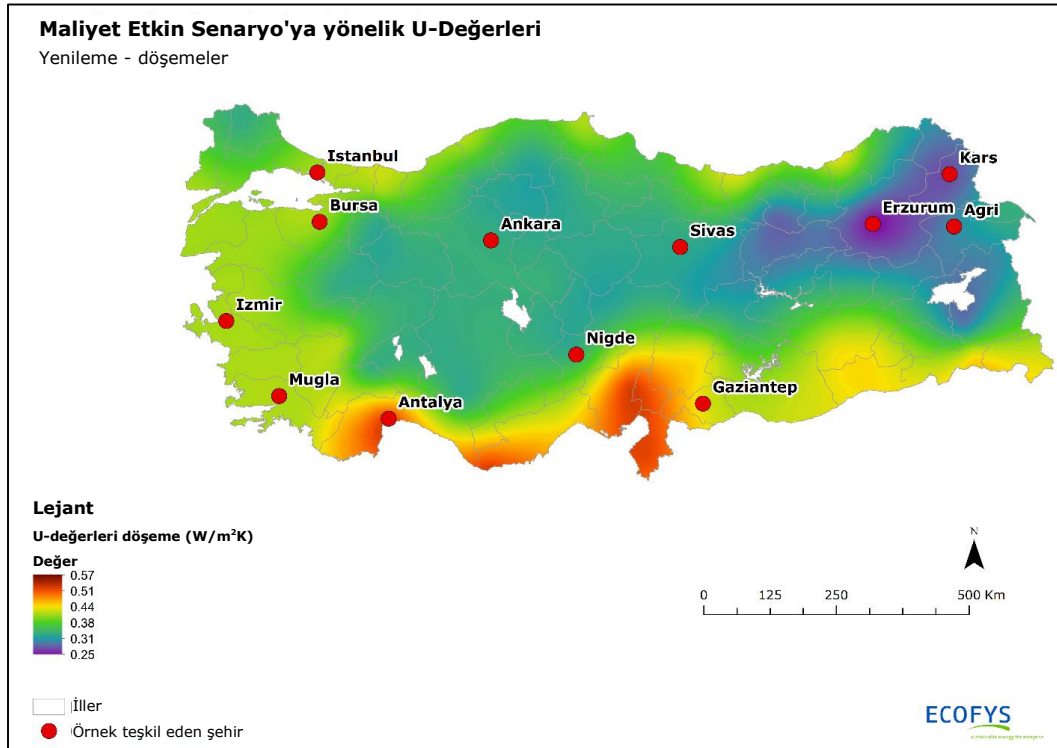


Şekil 31 - Türkiye'de 2015 yılında tadil edilecek mevcut binalarda çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri raster haritası

3.2.7 Tadil edilecek mevcut binalardaki zemin katlara yönelik maliyet etkin U-değerleri

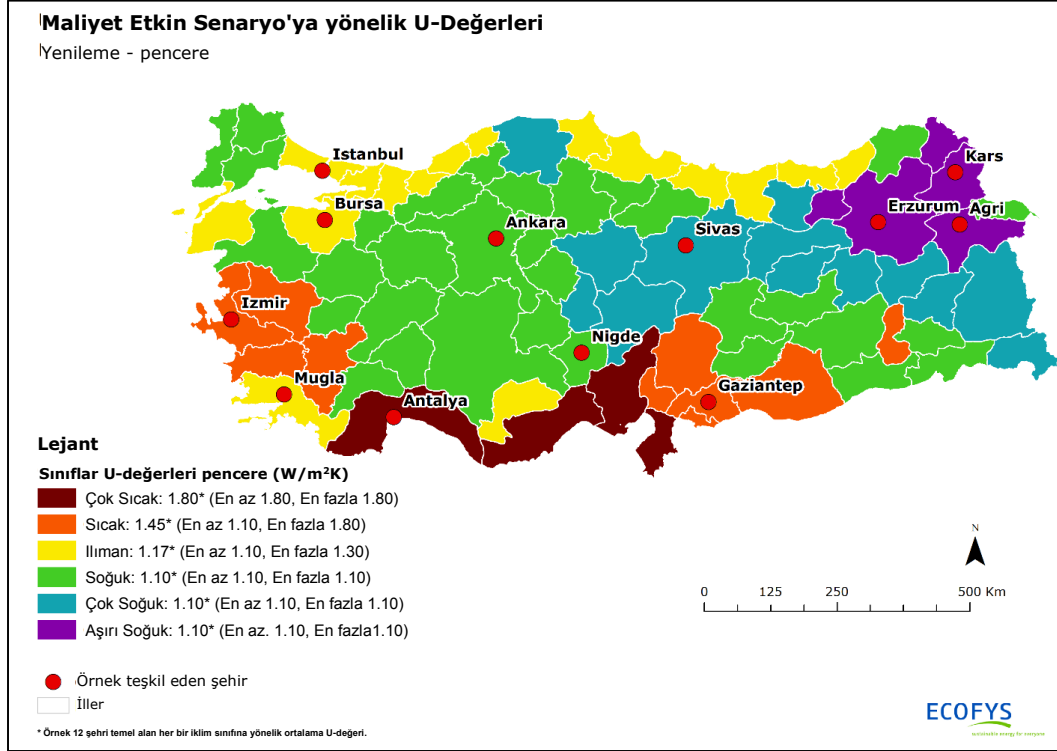


Şekil 32 - Türkiye'de 2015 yılında mevcut binalarda döşemelere yönelik maliyet etkin U-değerleri vektör haritası

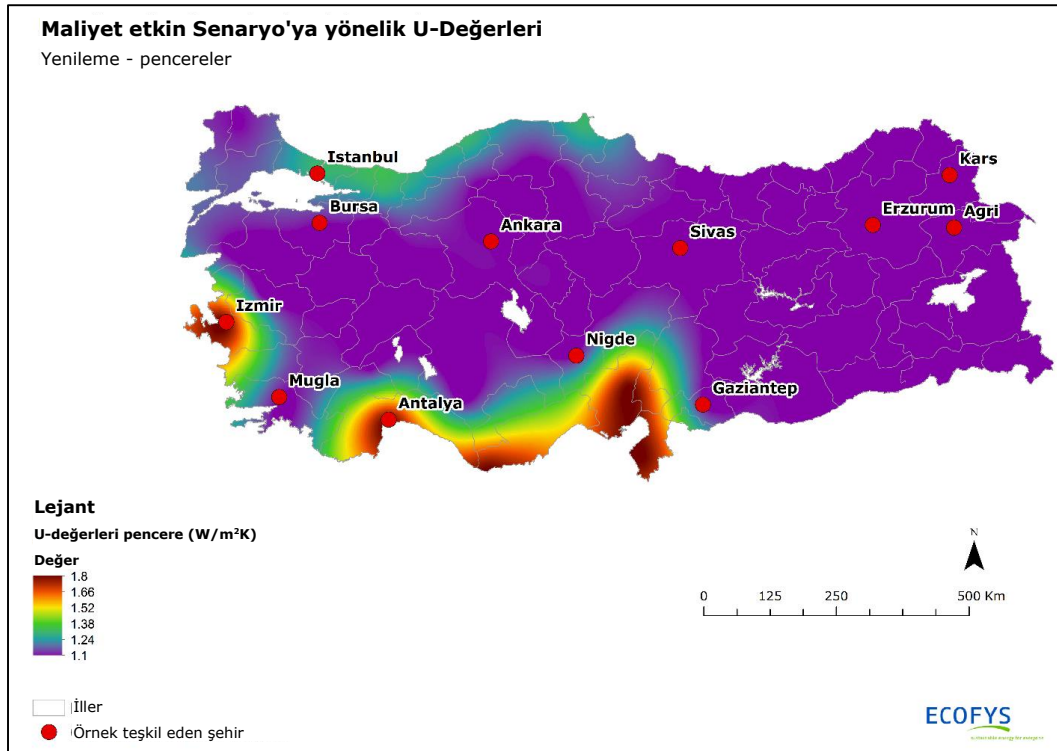


Şekil 33 - Türkiye'de 2015 yılında mevcut binalarda döşemelere yönelik maliyet etkin U-değerleri raster haritası

3.2.8 Tadil edilecek mevcut binalardaki pencerelere yönelik maliyet etkin U-değerleri



Şekil 34 - Türkiye'de 2015 yılında tadil edilecek mevcut binalarda pencerelere yönelik maliyet etkin U-değerleri vektör haritası



Şekil 35 - Türkiye'de 2015 yılında tadil edilecek mevcut binalarda çatılara yönelik maliyet etkin U-değerleri raster haritası

4 Maliyet etkin U-değerlerinin uygulanmasıyla enerji tasarrufu potansiyeli

4.1 Metodoloji

Bu bölümde mevcut şartların sürdürülmesi durumu (Business as usual "BAU" senaryosu) ile karşılaştırıldığında maliyet etkin U-değerleri ile sağlanacak enerji tasarrufu potansiyelini değerlendirilmiştir. Bu maksatla mevcut bina stokunun boyutlarını, toplam ve kullanım alanına bağlı enerji tüketim miktarını bilmek ve gelecekteki gelişmeler için gerçekçi tahminlerde bulunmak gerekir. Metodoloji bölüm 4.1'de sonuçlar ise bölüm 4.2'de açıklanmıştır.

4.1.1 Mevcut bina stoku boyutu

Mevcut bina stoku boyutunu tahmin etmek için resmi bir istatistik mevcut değildir ancak başka pek çok faydalı kaynak vardır ve kullanılmıştır:

- 2011 Bina Sayımı verisi
- 2001 Bina Sayımı verisi
- 1954'ten bu yana verilen inşaat ruhsatları

Bu ana bilgi kaynakları ile il bazında ve bir bütün olarak Türkiye'deki mevcut bina stokunun sağlam bir resmini çizmeyi mümkün kılar. Tüm kaynaklar bir araya getirildiğinde mevcut bina stokunun yaklaşık 2.375 milyon metre kare zemin alanından oluştuğunu tahmin ediyoruz. Bu değer; dünya genelinde karşılaştırılabilir diğer ülkelerdeki göstergeler ile bağdaşan bu değer; kişi başı yaklaşık 30m²'lik ortalama oturma alanına karşılık gelir.

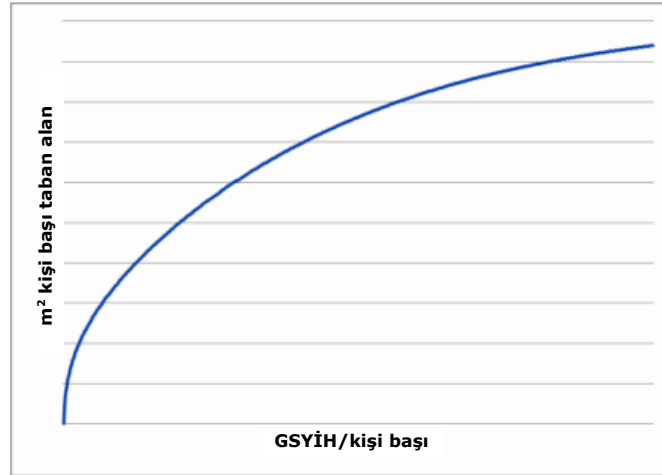
Bölüm 2.2'de açıklanan metodoloji ve bu raporda kullanılan 6 tanımlanmış iklim bölgesine göre bina stokunun bu iklim bölgelerine göre dağılımı aşağıdaki tabloda sunulmuştur;

Tablo 8. İklim bölgelerine göre ayrılan 2015 yılındaki Türkiye'nin konut stoku

	İklim bölgesi	Stoktaki oturma alanı [Milyon m ²]
1	Çok sıcak	230,5
2	Sıcak	397,6
3	İlman	842,9
4	Soğuk	706,2
5	Çok Soğuk	155,7
6	Aşırı Soğuk	41,8
Türkiye		2.374,6

4.1.2 Gelecekteki bina stoku gelişimi

Bina stokunun beklenen gelişimi için Ecofys tarafından geliştirilen ve başka diğer çalışmalarda (örn: Ecofys & IEEJ (2015) Molenbroek ve diğerleri (2015)) da kullanılan bir metodoloji kullanılmıştır. Bu yaklaşım ekonomik güç (kişi başı GSYİH) ile mevcut oturma alanı (arasındaki bağlantıları kullanır. (aşağıdaki şekle bakınız)



Şekil 36. Kişi başı GSYİH ile kişi başı mevcut taban alan arasındaki bağlantının niteliksel görseli

Nüfus artış verisi BM Dünya Nüfus Beklentileri'nde bulunduğu "Orta Değişken", Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) Ekonomik Bakış Açısı'ndan GSYİH büyüme tahminleri "Uzun dönem büyüme senaryoları" 2015 Revizyonundan alınmıştır (gerçek GSYİH büyümesinin 2012-2017'de %5.2, 2018-2030'da %4.1 ve 2031-2050'de %2.3 olması bekleniyor).

Metodolojimiz Ecofys'in bina stoku araştırmasındaki tecrübelerine dayanmakta dayanır ve (ki çoğu gizli pazar araştırması projeleridir) konut ve konut dışı binaların taban alanlarının ayrı ayrı hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Buna karşılık Ecofys & IEEJ (2015) "Avrupa'da yenileme izleri" (Boermans ve diğerleri, 2012), ısı pompası uygulama senaryoları (Bettgenhäuser ve diğerleri, 2013) ya da Avrupa konut dışı inşaat sektörünün panoraması (Schimschar ve diğerleri, 2011) gibi yayınlamış örnekler de vardır. Model ve altında yatan formüller dünyadaki 50 ülkeden gelen bina stoku istatistiklerine dayanır ve yıllar geçtikçe sürekli gelişmiştir (devam eden gizli doktora tezi çalışması (Schimschar, 2015).

Model, Isaac & van Vuuren'i (2009) baz alır ve kişi başı GSYİH ile konut yaşam alanı arasındaki ortalama korelasyonları kullanır (burada "ortalama" ifadesi, dünyanın farklı bölgelerindeki ayrık, bitişik nizam müstakil konut ve apartmanlar gibi farklı bina kategorileri arasındaki ortalamayı belirtir). Ayrıca konut ve konut dışı binaların taban alanları arasındaki tipik korelasyonlar da kullanılabilir. Mevcut şartların sürdürülmesi senaryosu ve maliyet etkinlik senaryosu olmak üzere 2 senaryo geliştirdik. Yukarıda açıklanan yaklaşımın sonucu olan ve zamanla değişen yeni inşaat oranına ilaveten her iki senaryo için aşağıdaki yıkım ve yenileme oranları kullanılmıştır:

Tablo 9. İki senaryo için kullanılan dönüşüm oranları

Dönüşüm oranı	Yıl başına stok yüzde oranı	Kaynak
Yıkım oranı	%1,5	Eisland ve diğerleri, 2014 baz alınarak
Bina zarfının ısı performansının gelişimini içeren enerji bağlantılı yenileme oranı ³	%0,45	Eisland ve diğerleri, 2014 baz alınarak

Diğer parametreler ile mukayese edildiğinde özellikle %1,5 olan yıkım oranı öne çıkmaktadır. Bu yüksek yıkım faaliyetinin sebebi, 2030 yılına kadar 6.5 milyon konutun yıkılmasını gerektiren Türkiye'nin Kentsel Dönüşüm Planı'dır (Eisland et al., 2014).

4.1.3 Enerji tüketimi

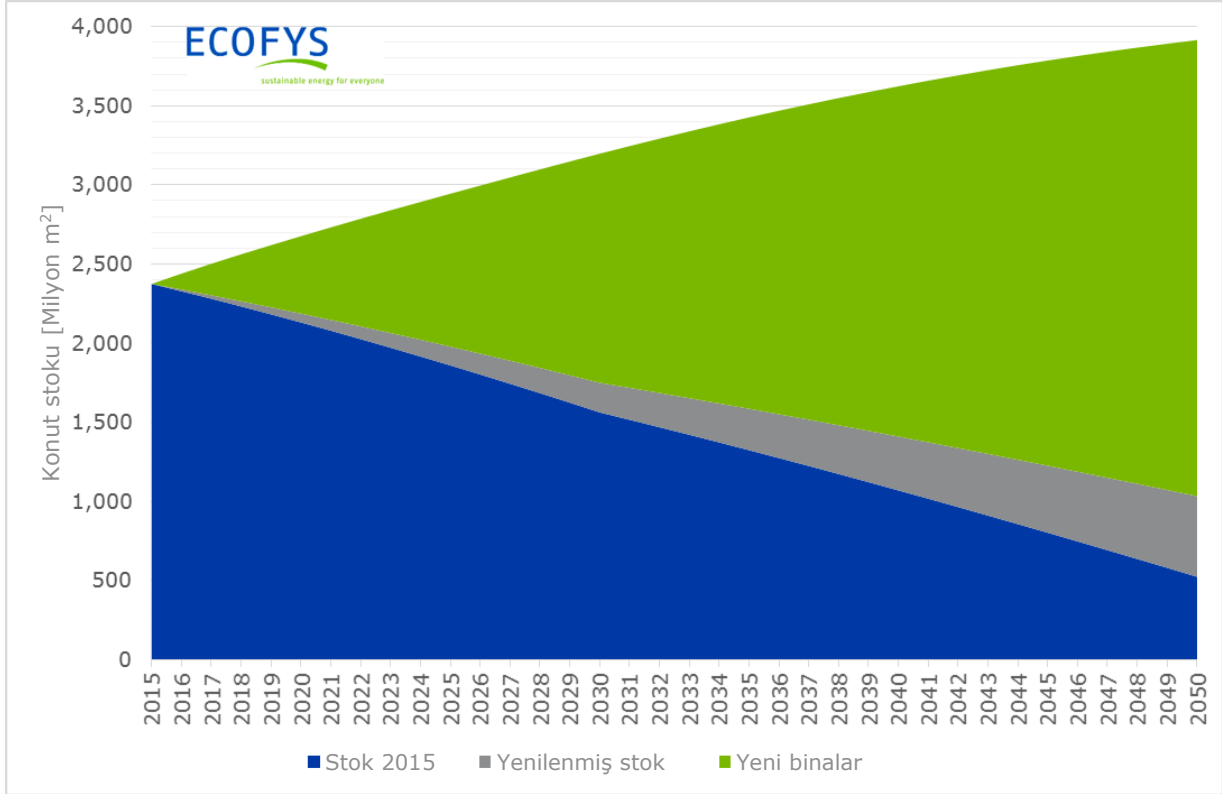
Türkiye'nin konut sektöründeki toplam enerji tüketimi bilgisi ve kullanım alanına göre bölünmüş tüketim değerleri EUROSTAT toplam enerji dengeleri - yıllık verilerinden alınmıştır (EUROSAT, 2016). Bazı kaynaklara göre (Utlu & Hepbasli (2003), Nishimura ve diğerleri, (2011), Eisland ve diğerleri, 2014, UNDP & GEF (2011)), toplam enerji tüketimi farklı enerji kullanımlarına bölünmüştür ve sonuçlar diğer ülkelerden gelen göstergeler ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, 2015'te ısıtma için 79.5 TWh ve soğutma için 2.1 TWh olduğu öngörülen ısıtma ve soğutma tüketimini hesaplamak ve tanımlamak mümkündür. Gelecekteki enerji tüketimi gelişimini tahmin etmek için mevcut tüketimin hesaplanan enerji talebine (ki normaldir) eşit olmadığı düşünülmelidir.

Pek çok düşük gelirli hane halkı ülkenin soğuk kesimlerinde yaşamaktadır ve evlerini ısıtmak için sınırlı mali kaynaklara sahiptir. Bu gibi durumlarda binanın tüm kısımları aynı şekilde ısıtmamakta ve insanlar tüm ısınma sezonu boyunca binalarını örneğin 20°C'ye ısıtmamaktadır. Genelde örneğin yatak odaları, mutfak, banyo vb. ısıtmamakta veya soğutulmamaktadır. Bu nedenle teorik talep ve gerçek tüketim arasında önemli bir fark meydana gelebilir. 2015'te ~227 TWh nihai ortam ısıtma enerjisi talebi ve ~14 TWh nihai ortam soğutma enerjisi talebi hesapladık ki bu da teorik ortam ısıtma talebinin yalnız yaklaşık %35'inin ve ortam soğutma talebinin %14'ünün hali hazırda karşılandığı sonucuna ulaştık. Senaryolarımızda bu yüzdelerin 2050'ye kadar doğrusal olarak %70'e (ısıtma) sırasıyla %50'ye (soğutma) yükseleceğini düşünüyoruz.

³ Eisland ve diğerleri (2014) mevcut enerjik ve enerjik olmayan yıl başına %0.9 yenileme oranı öngörür. Bu yenilemelerin %50'si ayrıca bina kılıfı termal gelişimini sağlar (= %0.45)

4.2 Sonuçlar

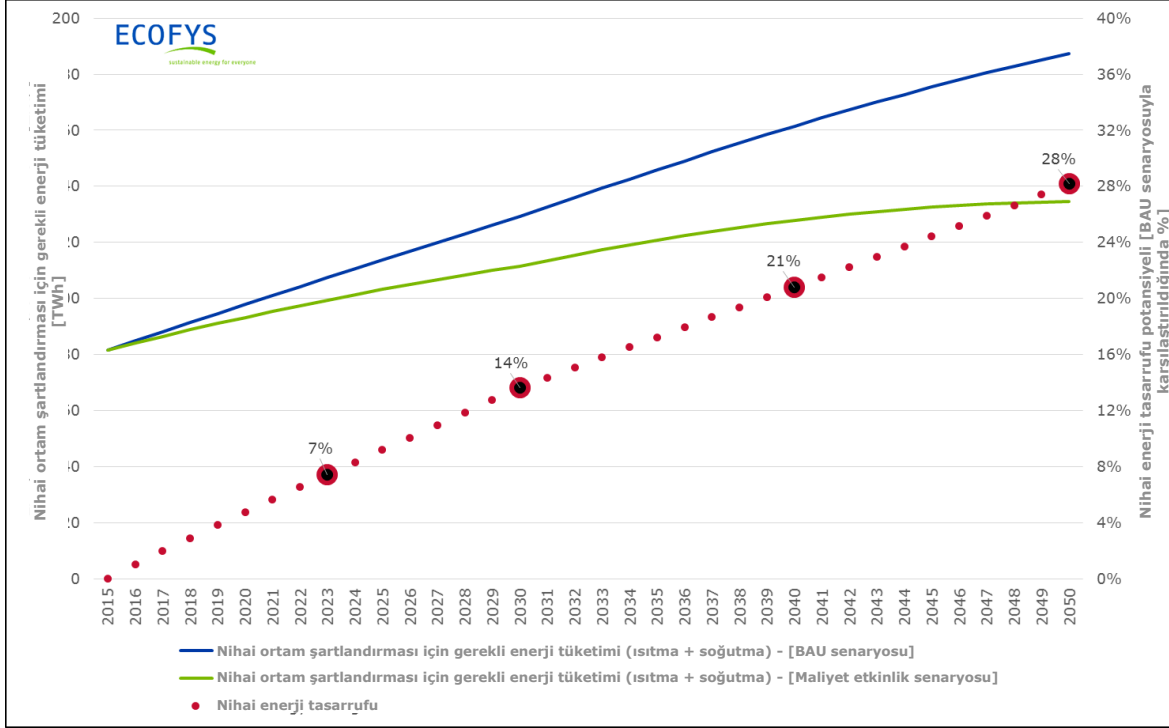
Aşağıdaki şekil, Tablo 9'da tanımlanan dönüşüm oranları ve bölüm 4'de açıklanan metodolojiye göre stok büyüme beklentilerinden elde edilen yeni yapılaşma oranı kabulleriyle 2015 ila 2050 yılları arasındaki konut stokunun gelişim beklentilerini göstermektedir.



Şekil 37. Türkiye'de 2015 ve 2050 yılları arasındaki konut stokundaki büyüme tahmini

Şekil 37 2015'teki ~2.375 milyon metre kare olan konut stokunun 2050'de neredeyse 4.000 milyon metre kareye yükseleceğine dair beklentiyi göstermektedir. Bu %~65'lik bir artışa tekabül eder.

TS 825'e göre inşa edilmiş yeni binaların, stoktaki yıkılacak binaların (stoktaki tipik yalıtımsız binalar) ve mevcut şartlarda yapılan olağan yenilemelerin sayısına bağlı olarak 2015-2050 yılları arasında mevcut şartların sürdürülmesi durumunda ısıtma ve soğutmaya yönelik beklenen nihai enerji tüketimindeki artış Şekil 38'de gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 38'de tüm yeni bina ve yenilemelerin bölüm 3.2'de sunulan hesaplanmış maliyet etkinlik seviyelerine göre gerçekleştirilmesi kabulüyle maliyet etkinlik eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 38. BAU ve maliyet etkinlik senaryoları ile BAU senaryosuyla karşılaştırıldığında maliyet etkin senaryodaki ortaya konan nihai enerji tasarrufu açısından 2015-2050 Türkiye konut sektöründeki ortam şartlandırması için gerekli enerji tüketimine yönelik (ortam ısıtma ve ortam soğutma) hedeflenen nihai enerji tüketimi

İki senaryoya ilaveten, Şekil 38 iki senaryo arasındaki nihai enerji tasarrufu potansiyelini gösterir. Bu verilere göre 2023'te %7~, 2030'da %14, 2040'da %21 ve 2050'de %28 azalma hesaplanmıştır.

5 İklim koruma hedeflerine göre U-Değerleri

30 Eylül 2015'te, Türkiye Cumhuriyeti resmi olarak UNFCCC'ye Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanını (INDC) sunmuştur. Bu Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanı (INDC) 2030'a dek mevcut şartların sürdürülmesi (Business as Usual: BAU) durumunda oluşacak sera gazı emisyonunu %21'e kadar azaltmaya yönelik bir iklim koruma hedefini tanımlar. "Binalar ve Kentsel Dönüşüm" ile ilgili olarak Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanı (INDC), şu plan ve politikaların uygulanacağını ifade eder:

- Yeni yapılan konut ve hizmet binalarının Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'ne uygun enerji etkin olarak inşa edilmesi,
- Yeni ve mevcut binaların Enerji Kimlik Belgesi oluşturularak enerji tüketimlerinin ve sera gazı emisyonlarının kontrol altında tutulması ve metrekare tüketimlerinin yıllara bağlı olarak azaltılması,
- Yeni ve mevcut binalarda uygulanacak olan birincil enerji kaynaklarının tüketimini azaltan tasarım, teknolojik cihazlar, yapı malzemeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik kanallarının geliştirilmesi (kredi, vergi azaltımı, vb),
- Yeşil Bina, pasif enerji, sıfır enerjili ev tasarımlarının yaygınlaştırılarak enerji ihtiyacının minimuma indirilerek, enerjinin tüketildiği yerde üretilmesinin sağlanması,

Özellikle ilk planın Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (EPBD) ile açık bir bağlantısı vardır. Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'ne göre yeni binalara yönelik Enerji Verimliliği gereksinimleri tüm yeni binalara yönelik maliyet etkinlik gereksinimleridir. Bu nedenle aşağıdaki paragraflar, hesaplanmış maliyet etkinlik standartlarının Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanında (INDC) tanımlanan iklim koruma hedefini nasıl desteklediğini göstererek arada kalan farkı işaret eder. Bölüm 4'e göre hesaplanan maliyet etkinlik standartları uygulanarak yaklaşık %14 enerji tasarrufu azalması elde edilebilir. Fosil yakıtlar için Hükümetler arası İklim Değişimi Paneli (IPCC) standart emisyon faktörlerini, elektrik için emisyon faktörü olarak 0.55 kg CO₂e/kWh değerini kullanarak ve emisyon faktörlerinin 2030'a kadar sabit olduğunu farz edersek bu enerji tasarrufu potansiyeli 2030'a kadar %~12'lik bir emisyon azaltım potansiyeline karşılık gelecektir. Uygulanan emisyon faktörleri aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

Tablo 10. Ortam ısıtmasında kullanılan yakıtlar için kabul edilen emisyon faktörleri ve yüzdeleri

Enerji kaynağı	Emisyon faktörü [kg CO _{2e} / kWh]	Kullanım yüzdeleri ⁴	Kaynaklar
Kömür	0,34	%13	Emisyon faktörleri: • IPCC (2006) Isıtma yakıt karışımındaki yüzdeler • http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Sankey-Diyagramlari
Petrol (daha çok LPG)	0,23	%6	
Doğal gaz	0,20	%46	
Katı, sıvı ve gaz biyoenerji (genelde yakacak odun olarak kırsal alanlarda kullanılan geleneksel biyokütle dahil), güneş, jeotermal ve rüzgar (binalarda mevcut ise) dahil yenilenebilir enerjiler	0.00 ⁵	%35	
Ağırlıklı ortam ısıtma yakıt karışımı	0,151	%100	
Elektrik	0,55	Yalnız ortam soğutma	Mangan & Oral 2016a, Mangan & Oral 2016b

Talep tarafında enerji verimliliği önlemlerine odaklanılarak hedeflenen %21'lik düşüşe ulaşmak amacıyla geri kalan %~9'luk açığı kapatmak için, kombine bir şekilde yenileme oranının artması ve daha da iyileştirilmiş U-değerleri gereklidir. Olası bir çözüm olarak, günümüzde%0.45 olan iyileştirme oranı (Elsland ve meslektaşları, 2014) %1'e getirilmeli ve 2030 yılı itibariyle %2 olacak şekilde doğrusal biçimde arttırılmalıdır. Bu artım 2015-2030 dönemi için %1.5'lik bir ortalama yenileme oranına karşılık gelmektedir. Buna ilave olarak, hesaplanan maliyet etkin U-değerlerinin yeni binalar için ortalama %11 ve tadil edilecek olan mevcut binalar için ise ortalama %10 olmak üzere daha da iyileştirilmesi gereklidir. Ayrıca, şu anda yeni binalarda 0.1 W/(m².K) ve mevcut binalarda 0.15 W/(m².K) olan ısı köprüsü faktörlerinin sırasıyla 0.05 W/(m².K) ve 0.1 W/(m².K)'ya indirilmesi gereklidir. Hali hazırda ısı köprüsü faktörlerinde yapılacak olan bu iyileştirme, sıcak bölgelerde emisyon azaltım hedeflerine ulaşmak için yeterli olabilir. Daha yüksek standartlara ulaşmak için bir örnek aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 11. Yenileme oranının 2030'a kadar %2 artabilmesi durumunda INDC'de tanımlanan iklim hedeflerine ulaşmak için yeni inşaatlara yönelik olası bir U-değeri kombinasyonu örneği

Bileşen	Birim	Isıl köprüsü faktörü	Çok sıcak	Sıcak	Ilıman	Soğuk	Çok soğuk	Aşırı soğuk
Çatı	W/(m ² .K)	0,05	0,24	0,20	0,18	0,14	0,14	0,12
Cephe	W/(m ² .K)	0,05	0,32	0,26	0,25	0,18	0,20	0,16
Pencereler	W/(m ² .K)	0,05	1,60	1,60	1,40	1,00	1,00	1,00
Döşemeler	W/(m ² .K)	0,05	0,52	0,41	0,39	0,28	0,30	0,26

⁴ Bu karışımın yalnız mekan ısıtma enerji tüketimini temsil ettiğini unutmayınız. Diğer ısıtma kullanımlarına yönelik sıcak su elde etme ve pişirme dahil değildir.

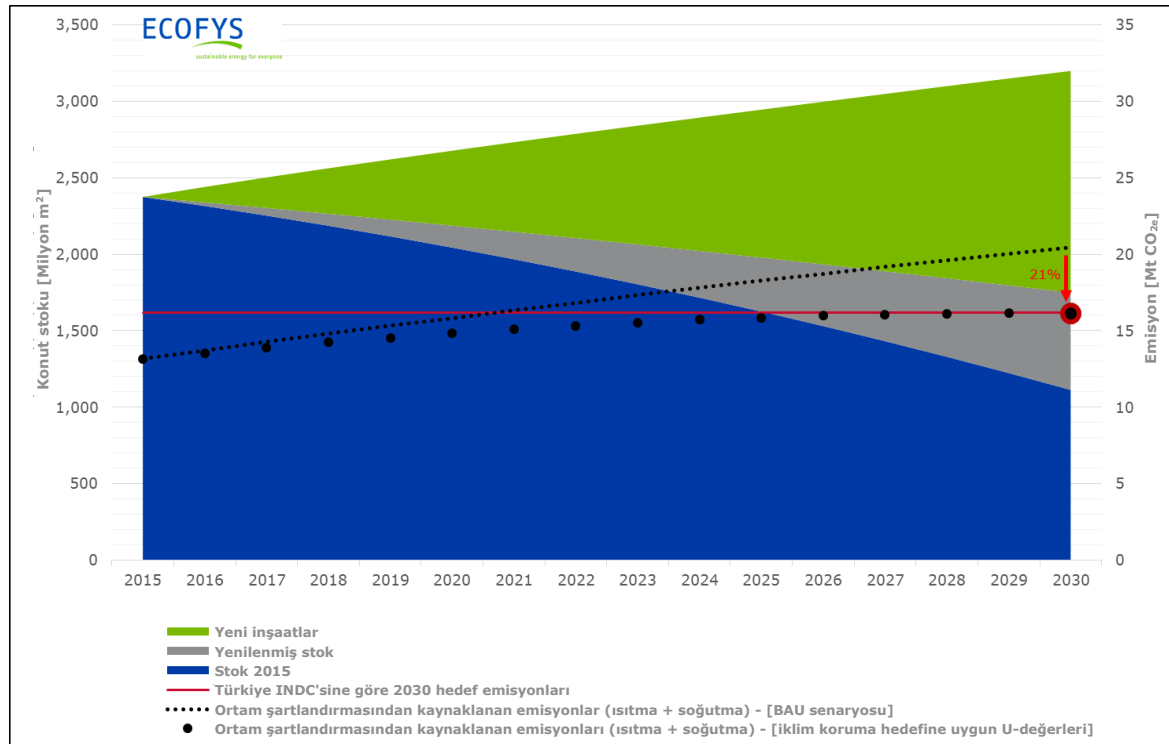
⁵ Teknik bakış açısından bakınca, genelde geleneksel biyokütle yenilenebilir bir kaynak değildir, sistemli olarak yeniden kültürlenemez ve bu nedenle emisyon faktörü sıfır olarak düşünülmemelidir. Ancak ulusal sera gazı envanterlerinde genelde sıfır olarak düşünülür.

Tablo 12. Yenileme oranının 2030'a kadar %2 artabilmesi durumunda INDC'de tanımlanan iklim hedeflerine ulaşmak için yenilemelere yönelik olası bir U-değeri kombinasyonu örneği

Bileşen	Birim	Isıl köprüsü faktörü	Çok sıcak	Sıcak	Ilıman	Soğuk	Çok soğuk	Aşırı soğuk
Çatı	W/(m ² .K)	0,1	0,25	0,20	0,20	0,15	0,16	0,13
Cephe	W/(m ² .K)	0,1	0,35	0,28	0,27	0,20	0,20	0,17
Pencereler	W/(m ² .K)	0,1	1,80	1,45	1,10	1,00	1,00	1,00
Döşemeler	W/(m ² .K)	0,1	0,51	0,41	0,39	0,30	0,30	0,25

Özellikle Türkiye'nin soğuk bölgelerinde ısı köprülerini göz ardı ederek sadece U-değerlerini iyileştirerek iklim hedeflerine ulaşmak zor olabilir. Ayrıca ısı geri kazanımlı havalandırma sistemleri gibi daha iddialı HVAC sistemleri veya ısı pompaları ya da sürdürülebilir biyokütle kazanları gibi yenilenebilir ısıtma sistemleri bu standartlara ulaşılmasına olanak sağlayabilir. Daha iddialı U-değerlerinin kamuoyunda kabul görülebilirliği ve iç ortam iklim şartlarının iyileştirilmesine yönelik bağıl nem ile ilişkili problemlerden kaçınmak için özellikle ısı geri kazanımlı havalandırma sistemlerinin kullanımı tamamlayıcı olabilir.

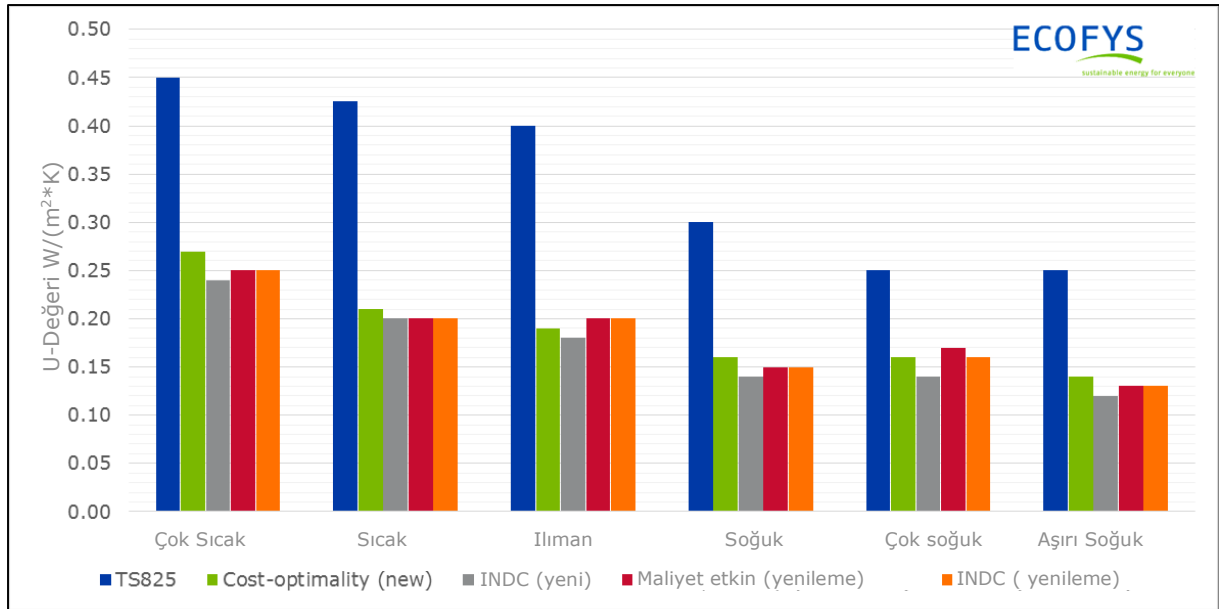
Şekil 39 bina stokundaki artışın bölüm 4'de tanımlanan mevcut şartların korunması durumundaki (BAU: Business as usual) gibi gerçekleştiğinin kabul edilmesi ve artırılmış yenileme oranının yanı sıra iyileştirilmiş U değerleri ve ısı köprüsü parametreleri uygulanması durumunda oluşacak ortam ısıtması ve soğutmasından kaynaklanan emisyonların değişimini göstermektedir. Kırmızı yatay çizgi Türkiye Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanında (INDC) tanımlanan iklim hedefine ulaşmak için gereken emisyon göstergesini temsil eder. Bu bağlamda ~16.1 Mt_{CO₂e} emisyon hedefi, mevcut şartların korunması durumunda (BAU: Business as usual) 2030'da 20.4 Mt_{CO₂e} ye ulaşacak olan emisyonun %21 azalmasına denktir.



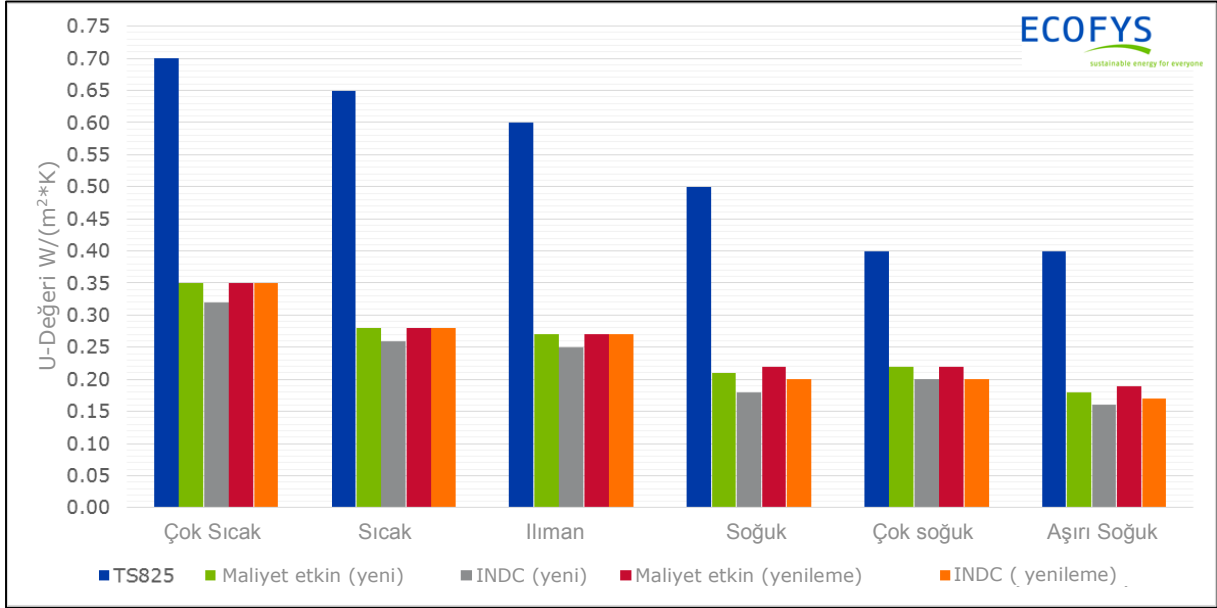
Şekil 39. Yenileme oranının 2015'teki %1'den 2030'da %2'ye artışı ve CO-seviyeleri ile karşılaştırıldığında yeni inşaatlar için %11 ve yenilemeler için %10 daha iddialı U-değerleri düşünüldüğünde bina stokunun ve ısıtma ile soğutma kaynaklı emisyonların yıllara bağlı değişimi

6 Genel bakış ve sonuçların karşılaştırılması

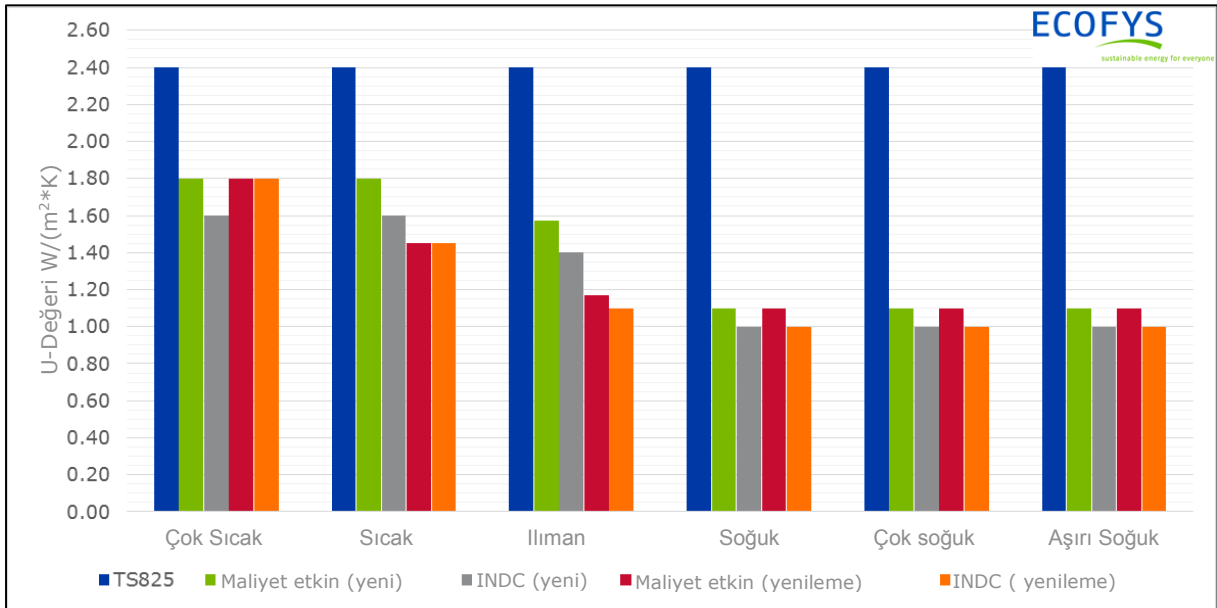
Bu bölüm, bu çalışmada yapılan hesaplamaların sonuçlarına dair genel bir bakış içerir. Bu amaçla analiz edilen her bir yapı elemanı için (çatı, duvar, pencere ve döşeme) oluşturulan aşağıdaki şekiller; yapı tipine göre (yeni ve tadil edilen mevcut binalar) altı iklim bölgesi için TS 825'deki U değerlerinin yanı sıra maliyet etkinlik metodolojisiyle elde edilen ve Türkiye'nin Niyet Edilen Ulusal Katkı beyanında (INDC) tanımlanan iklim koruma hedefine ulaşmaya yönelik olarak tanımlanmış U değerlerini göstermektedir.



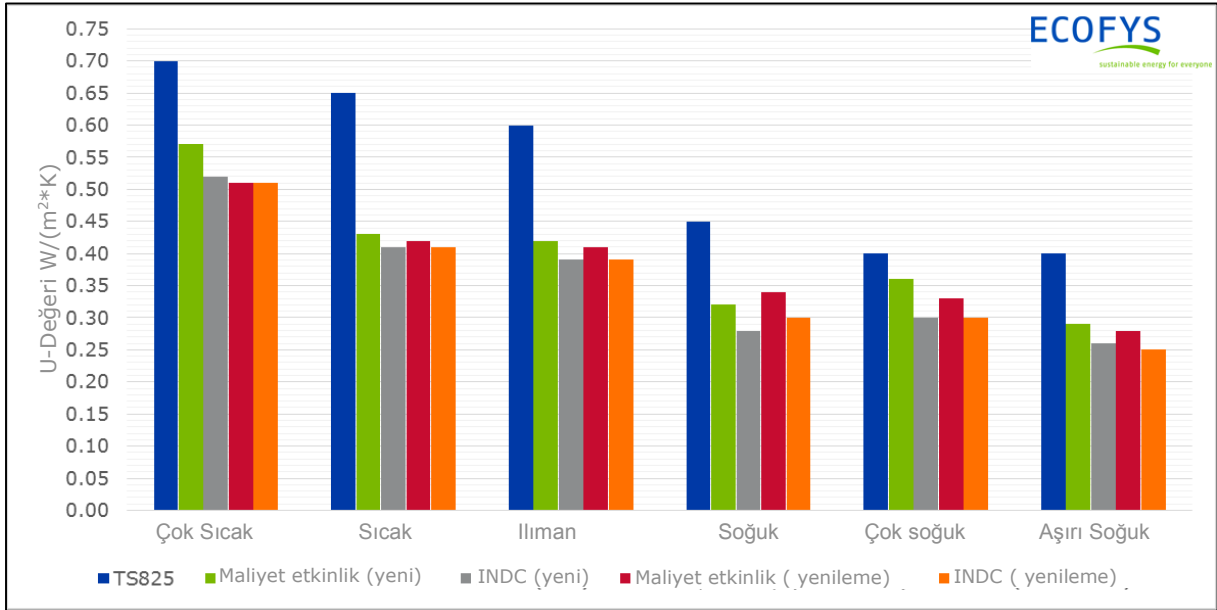
Şekil 40. Maliyet etkin U değerleri ve bu raporda kullanıldığı üzere altı iklim bölgesi için Türkiye'nin INDC'sinde belirlenen iklim hedeflerine ulaşılması uyarınca esaslı tadilattan geçen yeni ve mevcut binaların çatılarının U-değerleri



Şekil 41. Maliyet etkin U değerleri ve bu raporda kullanıldığı üzere altı iklim bölgesi için Türkiye'nin INDC'sinde belirlenen iklim hedeflerine ulaşılması uyarınca esaslı tadilatattan geçen yeni ve mevcut binaların cephelerin U-değerleri

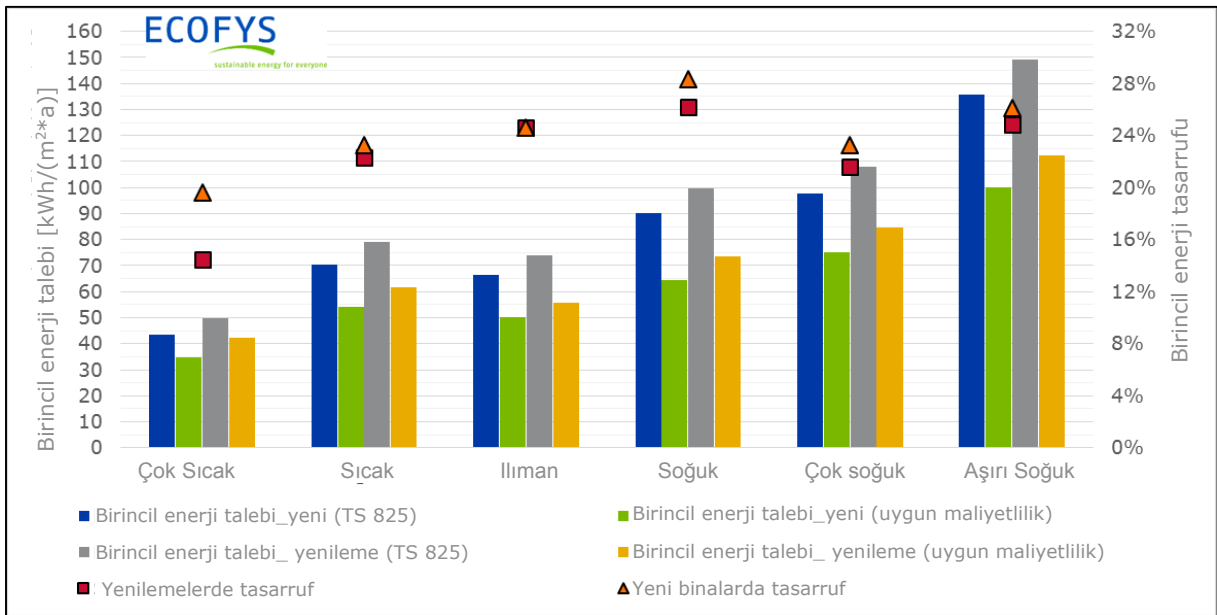


Şekil 42. Maliyet etkin U değerleri ve bu raporda kullanıldığı üzere altı iklim bölgesi için Türkiye'nin INDC'sinde belirlenen iklim hedeflerine ulaşılması uyarınca esaslı tadilatattan geçen yeni ve mevcut binaların pencerelerinin U-değerleri



Şekil 43. Maliyet etkin U değerleri ve bu raporda kullanıldığı üzere altı iklim bölgesi için Türkiye'nin INDC'sinde belirlenen iklim hedeflerine ulaşılması uyarınca esaslı tadilatı geçen yeni ve mevcut binaların taban levhalarının U-değerleri

Tanımlanan U-değerlerine bağlı olarak ortam ısıtması ve soğutması için aşağıdaki birincil enerji talepleri oluşur. Ortam ısıtması ve ortam soğutmasına yönelik birincil enerji talebine dair hesaplamalarda birincil enerji faktörleri doğalgaz için 1.0, elektrik için 2.36 olarak kullanılmıştır (Ganiç ve Yılmaz, 2014; Mangan ve Oral, 2016a). Aynı hesaplama parametrelerinin TS 825 ve maliyet etkinliğe göre yapılan enerji talebi hesaplamalarının her ikisinde de kullanılmıştır. (bakınız EK 2 & 3). Bu parametrelerin TS 825'te tanımlananlardan farklı olabileceği unutulmamalıdır.



Şekil 44. Mevcut TS 825 ile bu raporda kullanıldığı üzere tüm altı iklim bölgesine yönelik maliyet etkin yaklaşımı uyarınca esaslı tadilatı geçen yeni ve mevcut binaların birincil enerji talepleri

Tablo 13 yeni binalar için altı iklim bölgesinde ortam ısıtması ve ortam soğutmasına bağlı hesaplanmış spesifik birincil enerji talepleri ve bu taleplere bağlı olarak açığa çıkan emisyonları gösterir.

Tablo 13. Ortam ısıtma ve ortam soğutmaya yönelik hesaplanmış spesifik birincil enerji talepleri ve bu raporda kullanılan altı iklim bölgesine göre yeni binalara yönelik ortaya çıkan emisyonlara genel bakış

Bileşen	Birim	Çok sıcak	Sıcak	Ilıman	Soğuk	Çok soğuk	Aşırı soğuk
Birincil enerji talebi (TS 825)	kWh/(m ² .yıl)	43,4	70,6	66,5	90,2	97,9	135,6
Birincil enerji talebi (maliyet etkinlik)	kWh/(m ² .yıl)	34,9	54,2	50,1	64,7	75,1	100,2
Birincil enerji talebi (INDC)	kWh/(m ² .yıl)	32,4	50,1	46,3	60,2	70,2	94,0
CO ₂ -eşdeğer (TS 825)	kg CO _{2e} / (m ² .yıl)	8,2	12,2	10,9	14,2	15,1	20,6
CO ₂ -eşdeğer (maliyet etkinlik)	kg CO _{2e} / (m ² .yıl)	6,9	9,6	8,4	10,3	11,7	15,3
CO ₂ -eşdeğer (INDC)	kg CO _{2e} / (m ² .yıl)	6,5	9,0	7,8	9,6	10,9	14,3

Tablo 13 'te görülebileceği üzere TS 825 seviyesini maliyet etkin seviyeye getirerek soğuk bölgedeki elde edilebilecek birincil enerji tasarrufu potansiyeli $135.6 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yıl}) - 100.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yıl}) = 35.4 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ 'dır. Örnek olarak bu azalma potansiyelini 1,000m² bir binaya uygulamak $35.4 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yıl}) \cdot 1,000\text{m}^2 = 35.4 \text{ MWh}/\text{yıl}$ azalma potansiyeline veya $5.3 \text{ tCO}_{2e}/\text{yıl}$ azalma potansiyeline neden olacaktır.

Tablo 14 tadil edilen binalar için altı iklim bölgesinde ortam ısıtması ve ortam soğutmasına bağlı hesaplanmış spesifik birincil enerji talepleri ve bu taleplere bağlı olarak açığa çıkan emisyonları gösterir.

Tablo 14. Ortam ısıtma ve ortam soğutmaya yönelik hesaplanmış spesifik birincil enerji talepleri ve bu raporda kullanılan altı iklim bölgesine göre tadil edilecek mevcut binalara yönelik ortaya çıkan emisyonlara genel bakış

Bileşen	Birim	Çok sıcak	Sıcak	Ilıman	Soğuk	Çok soğuk	Aşırı soğuk
Birincil enerji talebi (TS 825)	kWh/(m ² .yıl)	49,7	79,2	73,9	99,8	108,2	149,4
Birincil enerji talebi (maliyet etkinlik)	kWh/(m ² .yıl)	42,5	61,5	55,7	73,7	84,8	112,2
Birincil enerji talebi (INDC)	kWh/(m ² .yıl)	38,9	57,0	51,4	69,0	79,5	106,4
CO ₂ -eşdeğer (TS 825)	kg CO _{2e} / (m ² .yıl)	9,3	13,2	11,6	14,8	15,7	21,3
CO ₂ - eşdeğer (maliyet etkinlik)	kg CO _{2e} / (m ² .yıl)	8,3	10,8	9,1	11,2	12,5	16,1
CO ₂ - eşdeğer (INDC)	kg CO _{2e} / (m ² .yıl)	7,6	10,0	8,4	10,4	11,7	15,2

7 Sonuç

Bu çalışma bunlara bağlı olarak Türkiye'deki konutların çatı, duvar, pencere ve döşemelerine yönelik maliyet etkin U-değerleri ve ortaya çıkan enerji talebi ile emsiyonlar hesaplanmıştır. Bu değerler, Türkiye 2030 yılı iklim koruma hedefine ulaşmak için gerekli olan enerji tasarrufu potansiyelini tanımlamak için mevcut şartların 2050'ye kadar sürdürülmesi durumu (BAU: Business as usual) ile karşılaştırılmıştır.

Analizin sonuçları Türkiye için maliyet etkinlik metodolojisinden (en düşük yaşam döngüsü maliyetlerini amaçlayan) elde edilen U-değerlerinin, mevcut gerekliliklerden (U değerlerinden) büyük ölçüde daha iddialı olduğunu ve aynı zamanda iklim koruma hedefine ulaşma konusunda da destekleyici olduğunu göstermektedir. Bu iklim koruma ve maliyet etkinlik yaklaşımının birbirleri ile gelişmemekte aksine iyi şekilde kombine edilebilir olduğu anlamına gelir. Buna karşılık iklim hedeflerine ulaşmak için 2030'da ki U-değerlerinin bugünün maliyet etkinlik hedeflerine oranla ~% 10'a kadar daha fazla iyileştirilmesi gerekir. Gelecekte enerji fiyatlarının artması beklendiğinden tanımlanan 2030 değerlerinin 2030'da da maliyet etkin olması muhtemeldir.

Maliyet analizimiz U-değerlerini TS 825'te belirlenenden maliyet etkin seviyelere taşımak için görece düşük ilave yatırımlara ihtiyaç duyulduğuyula sonuçlanmıştır. İl ve iklim koşullarına bağlı olarak m² oturma alanı başına gereken ilave yatırımların 3 ve 10€ arasında, ortalama yaklaşık 6.5€ olacağı hesaplanmıştır. Türkiye'nin daha sıcak bölgelerinde yer alan konutlarda ısı yalıtımı soğutma ihtiyacına yönelik enerji talebini de azaltmaktadır. İyi dengelenmiş bir çatı, duvar ve döşeme yalıtımı ile hem "g" hem de "U" değerleri uygun olan doğru pencere seçimi ile ortam ısıtması ve soğutmasına yönelik enerji talebinin maliyet etkin olarak önemli bir miktarda azalmasını sağlar .

Maliyet etkinlik ve iklim koruma hedeflerine uygunluğu baz alan analizler sonucunda ortaya çıkan tavsiye edilen en yüksek U-değerleri, TS 825'de yer alan değerlerden büyük ölçüde daha iddialı olup enerji ve emisyon azaltılmasına yönelik önemli bir potansiyel sunar. Mevcut durumun sürdürülmesi (BAU: Business as usual) senaryosu ve maliyet etkinlik senaryosu arasında 2023'e kadar %~7, 2030'a kadar %14, 2040'a kadar %21 ve 2050'ye kadar %28 enerji tasarrufu potansiyeli hesaplanmıştır.

İklim hedeflerine erişmek için bina zarfının teknik dayanım ömürlerini tamamlamalarına yakın tarihlerde sermaye yoğunluklu yenilemelerden veya kilitleme etkisinden kaçınmak için U değerleri'nin olabildiğince erken iyileştirilmesi gerektiği göz önüne alınmalıdır.

8 Kaynakça

- Bettgenhäuser, Offermann, Boermans, Bosquet, Grözinger, von Manteuffel, Surmeli (2013). *Heat Pump Implementation Scenarios until 2030*. Avrupa Isı Pompası Derneği'nin (EHPA) Ecofys'e talimatıyla Mevcut: http://www.ehpa.org/media/studies-and-reports/?eID=dam_frontend_push&docID=1204
- Boermans & Petersdorff (2007). *U-values for better energy performance of buildings*. Avrupa Yalıtım Üreticileri Derneği'nin (EURIMA) Ecofys'e talimatıyla Mevcut: http://www.eurima.org/uploads/F_EURIMA-ECOFYS_VII_report_p1-65.pdf
- Boermans, Bettgenhäuser, Hermelink, Schimschar (2011). *Cost optimal building performance requirements - Calculation methodology for reporting on national energy performance requirements on the basis of cost optimality within the framework of the EPBD*. Eurima ve Avrupa İklim Kuruluşu'nun (ECF) finansal desteğiyle Enerji Verimli Ekonomi için Avrupa Konseyi (ECEEE) tarafından sipariş edilmiştir. Mevcut: http://www.eceee.org/policy-areas/buildings/cost_optimality/cost_optimality-eceereport.pdf
- Boermans, Bettgenhäuser, Offermann, Schimschar (2012). *Renovation tracks for Europe up to 2050*. EURIMA talimatıyla Ecofys tarafından oluşturulmuş rapor. Mevcut: http://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Publications/90/Renovation_tracks_for_Europe_08_06_2012_FINAL.pdf
- Burak S. Zinet (2002), *Country Baseline Studies Mediterranean Region; Water Wetlands and Climate change, Turkey Baseline Report on Climate Change Mediterranean Regional Roundtable*, 10 /11 Aralık 2002, Atina, Yunanistan.
- EC (2012a). Komisyon Delegeli Tüzük (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements. Avrupa Komisyonu, 2012. Mevcut: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0244&from=EN>
- EC (2012b). *Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements*. Avrupa Komisyonu, 2012. Mevcut: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012XC0419\(02\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012XC0419(02)&from=EN)
- Ecofys & IEEJ (2015). *Development of sectoral indicators for determining potential decarbonization opportunity*. Markus Hagemann, Ulf Weddige, Sven Schimschar, Niklas Höhne and Thomas Boermans, Gan Peck Yean, Miki Yanagi, Junko Ogawa, Shen Zhongyuan, Koichi Sasaki, Tohru Shimizu, Yasushi Ninomiya ve Takahiko Tagami. Mevcut: <http://www.ecofys.com/files/files/ieej-ecofys-2015-development-of-sectoral-indicators.pdf>
- Esiyok, Umit (2006). *Energy consumption and thermal performance of typical residential buildings in Turkey (Tez)*. Mevcut: <https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/24374/1/Doktorarbeit.pdf>
- AB (2010). *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)*. Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi, 2010 Mevcut: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=en>
- EUROSTAT (2016). *Complete energy balances - annual data (nrg_110a)*. Son güncelleme 02-05-2016. Mevcut: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_110a&lang=en

- IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: Stationary combustion*. Mevcut: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf
- Isaac, Morna; van Vuuren, Detlef P. (2009): Modelling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. Bulunduğu bölüm: Energy Policy, cilt 37, sayı 2, sayfa 507–521.
- Kaymaz, Necmettin (2015). *Economic Outlook and Construction Sector in Turkey*. Mevcut: <http://www.docfoc.com/download/documents-pdf/icgHf8nXRdefRvLrbYBh41qvBUGOY5V772Ed0S1HV5NCroUscIA6cHsErZigU4dSWIWMq>
- Molenbroek, Smith, Surmeli, Schimschar, Waide, Tait, McAllister (2015). *Savings and benefits of global regulations for energy efficient products. A 'cost of non-world' study*. Avrupa Komisyonu için - Enerji Genel Müdürlüğü (DG Energy). Mevcut: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Cost%20of%20Non-World%20-%20Final%20Report.pdf>
- Neşe Ganiç Sağlam, A. Zerrin Yılmaz (2014). *Adaptation of the cost optimal level calculation method of Directive 2010 31EU considering the influence of Turkish national factors*. Applied Energy 123 (2014) 94–107
- Rainer Elsland, Can Divrak, Tobias Fleiter, Martin Wietschel (2014). *Turkey's Strategic Energy Efficiency Plan – An ex ante impact assessment of the residential sector*. Energy Policy 70 (2014) 14–29
- Türkiye Cumhuriyeti (2015). *Republic of Turkey's Intended Nationally Determined Contribution (INDC)*, UNFCCC'ye sunuldu. Mevcut: http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Turkey/1/The_INDC_of_TURKEY_v.15.19.30.pdf
- Schimschar, Grözinger, Korte, Boermans, Lilova, Bhar (2011). *Panorama of the European non-residential construction sector*. Avrupa Bakır Enstitüsü'nün Ecofys'e talimatıyla. Mevcut: http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/documents-and-links/European%20non-residential%20building%20stock%20-%20Final%20Report_v7.pdf
- Schimschar, Sven (2015): Energy- and emission reductions in the global building stock. Devam eden, basılmamış doktora tezi. Utrecht Üniversitesi
- Sensoy, Serhat (2016). *Climate of Turkey*. Türkiye Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü Mevcut: <http://www.mgm.gov.tr/files/en-us/climateofturkey.pdf>
- Shinya Nishimura, Ashok Sarkar, Tulin Keskin, David Tonge, Feza Sanli, Ceren Uzdil, Sameer Shukla, Alexander Sharabaroff, Claudia Ines Vasquez Suarez, Bonita Brindley, Feng Liu, Robert Taylor, Peter Johansen (2011). *Tapping the Potential for Energy Savings in Turkey*. Mevcut: <http://siteresources.worldbank.org/TURKEYEXTN/Resources/361711-1294661147811/TurkeyEE-en.pdf>
- Suzi Dilara Mangan, Gül Koçlar Oral (2016a). *Assessment of residential building performances for the different climate zones of Turkey in terms of life cycle energy and cost efficiency*. Energy and Buildings 110 (2016) 362–376
- Suzi Dilara Mangan, Gül Koçlar Oral (2016b). *Energy and Cost Analyses of Solar Photovoltaic (PV) Microgeneration Systems for Different Climate Zones of Turkey*. Energy and Power Engineering, 2016, 8, 117-129
- Türk Standartları Enstitüsü, 2008, "Thermal Insulation Requirements for Buildings, Turkish Standard 825", Resmi Gazete Numarası 27019, (Türkçe)
- UNDP & GEF (2011). *Promoting Energy Efficiency in Buildings* (UNDP proje dokümanı). Mevcut: http://www.tr.undp.org/content/dam/turkey/docs/projectdocuments/EnvSust/project_00074059/EEbuildings.pdf?download
- Zafer Utlu, Arif Hepbasli (2003). *A study on the evaluation of energy utilization efficiency in the Turkish residential-commercial sector using energy and exergy analyses*. Energy and Buildings 35 (2003) 1145-1153

EK 1: Türkiye'de il bazında ısıtma ve soğutma derece günleri

Isıtma derece günleri (HDD)

ASHRAE metoduna göre, HDD'ler şöyle tanımlanır.

$HDD = (18.3^{\circ}C - T_m) T_m$, yılın belirli bir saatinde $18.3^{\circ}C$ 'ye eşit veya ondan daha düşükse.

$HDD = 0$ T_m , $18.3^{\circ}C$ 'den daha yüksekse

ki burada T_m $((T_{min} + T_{maks}) / 2)$ belirli saatin bir dilim olduğu günün bir periyodundaki ortalama dış sıcaklıktır.

Hesaplamalar saatlik bazda yapılır, bir güne, bir takvim ayına ve müteakiben bir yıla eklenir. $18.3^{\circ}C$ 65 Fahrenheit'a denk gelir.

Soğutma Derece günleri (CDD)

ASHRAE metoduna göre, CDD'ler şöyle tanımlanır.

$CDD = (T_m - 18.3^{\circ}C) T_m$, yılın belirli bir saatinde $18.3^{\circ}C$ 'ye eşit veya ondan daha yüksekse.

$CDD = 0$ T_m , yılın belirli bir saatinde $18.3^{\circ}C$ 'den daha düşükse

ki burada T_m $((T_{min} + T_{maks}) / 2)$ belirli saatin bir dilim olduğu günün bir periyodundaki ortalama dış sıcaklıktır.

Hesaplamalar saatlik bazda yapılır, bir güne, bir takvim ayına ve müteakiben bir yıla eklenir. $18.3^{\circ}C$ 65 Fahrenheit'a denk gelir.

Aşağıdaki tablo METEONORM'dan (<http://www.meteonorm.com/en>) alınan saatlik iklim verisi bazında açıklanmış metodolojilere göre Türkiye'deki 81 ilin ısıtma ve soğutma derece günlerini temsil eder.

İl	HDD [Kd/a]	CDD [Kd/a]	Bu raporda kullanılan iklim bölgesi	Bölge
Adana	968	1350	Çok Sıcak	1
Adıyaman	2445	932	Soğuk	4
Afyonkarahisar	2494	497	Soğuk	4
Ağrı	4082	175	Aşırı Soğuk	6
Amasya	2686	358	Soğuk	4
Ankara	2793	476	Soğuk	4
Antalya	859	1317	Çok Sıcak	1
Artvin	2111	396	Soğuk	4
Aydın	1382	1162	Sıcak	2
Balıkesir	2030	670	Soğuk	4
Bilecik	2679	399	Soğuk	4
Bingöl	3407	554	Çok Soğuk	5
Bitlis	3300	326	Çok Soğuk	5
Bolu	2804	241	Soğuk	4
Burdur	2547	471	Soğuk	4
Bursa	1869	703	Ilıman	3
Çanakkale	1820	784	Ilıman	3
Çankırı	2910	376	Soğuk	4
Çorum	2916	323	Soğuk	4
Denizli	1556	1179	Sıcak	2
Diyarbakır	2133	1277	Soğuk	4
Edirne	2130	742	Soğuk	4
Elazığ	2944	697	Soğuk	4
Erzincan	3195	409	Çok Soğuk	5
Erzurum	4957	86	Aşırı Soğuk	6
Eskişehir	2837	357	Soğuk	4
Gaziantep	1902	1215	Sıcak	2
Giresun	1733	542	Ilıman	3
Gümüşhane	3221	405	Çok Soğuk	5
Hakkari	3198	327	Çok Soğuk	5
Hatay	761	1522	Çok Sıcak	1
Isparta	2556	469	Soğuk	4
Mersin	955	1381	Çok Sıcak	1
İstanbul	1667	676	Ilıman	3
İzmir	1500	1061	Sıcak	2
Kars	4843	54	Aşırı Soğuk	6
Kastamonu	3057	333	Çok Soğuk	5
Kayseri	3062	330	Çok Soğuk	5
Kırklareli	2187	628	Soğuk	4
Kırşehir	2746	536	Soğuk	4
Kocaeli	1692	791	Ilıman	3
Konya	2774	534	Soğuk	4

İl	HDD [Kd/a]	CDD [Kd/a]	Bu raporda kullanılan iklim bölgesi	Bölge
Kütahya	2679	423	Soğuk	4
Malatya	2535	887	Soğuk	4
Manisa	1534	1069	Sıcak	2
Kahramanmaraş	1835	1254	Sıcak	2
Mardin	2280	1135	Soğuk	4
Muğla	1858	908	İlman	3
Muş	3131	671	Çok Soğuk	5
Nevşehir	3035	362	Çok Soğuk	5
Niğde	2970	385	Soğuk	4
Ordu	1834	524	İlman	3
Rize	1734	556	İlman	3
Sakarya	1644	818	İlman	3
Samsun	1807	525	İlman	3
Siirt	2365	1082	Soğuk	4
Sinop	1775	553	İlman	3
Sivas	3366	265	Çok Soğuk	5
Tekirdağ	2010	630	Soğuk	4
Tokat	2804	346	Soğuk	4
Trabzon	1614	533	İlman	3
Tunceli	3113	564	Çok Soğuk	5
Şanlıurfa	1800	1377	Sıcak	2
Uşak	2431	529	Soğuk	4
Van	3384	260	Çok Soğuk	5
Yozgat	3277	305	Çok Soğuk	5
Zonguldak	1799	401	İlman	3
Aksaray	2796	498	Soğuk	4
Bayburt	4589	117	Aşırı Soğuk	6
Karaman	1848	722	İlman	3
Kırıkkale	2834	452	Soğuk	4
Batman	1827	1492	Sıcak	2
Şırnak	2954	451	Soğuk	4
Bartın	1899	414	İlman	3
Ardahan	4842	52	Aşırı Soğuk	6
Iğdır	2858	594	Soğuk	4
Yalova	1703	771	İlman	3
Karabük	2888	293	Soğuk	4
Kilis	1784	1260	Sıcak	2
Osmaniye	1809	1237	Sıcak	2
Düzce	1808	548	İlman	3

EK 2: Hesaplama parametreleri - Yeni binalar

Hesaplama parametreleri - Yeni bina		Antalya	İzmir	Gaziantep	Muğla	İstanbul	Bursa	Ankara	Niğde	Sivas	Ağrı	Kars	Erzurum
Referans bina													
Bina Tipi*	m ²	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman
Net zemin alanı	W/(m ² .K)	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
İsi köprüsü faktörü		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ortam ısıtma sistemi													
Ortam ısıtma sistemi (split klima)		Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz
Ortam ısıtma verimliliği (ilk yıl/son yıl)	%	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile
Ortam soğutma verimliliği (ilk yıl/son yıl)	%	95/95	95/95	95/95	95/95	95/95	95/95	95/95	95/95	95/95	95/95	95/95	95/95
Mekanik havalandırma	[1/h]	450/450	450/450	450/450	450/450	450/450	450/450	450/450	450/450	450/450	450/450	450/450	450/450
Doğal havalandırma (pencereler)	[1/h]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enfiltrasyon	[1/h]	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Ekonomik parametreler													
Gaz fiyatı - Başlangıç yılı	€/kWh	0,039	0,039	0,033	0,036	0,041	0,039	0,042	0,041	0,033	0,034	0,034	0,039
Elektrik fiyatı - Başlangıç yılı	€/kWh	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
Enerji fiyat artışı		Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Reel yıllık gaz fiyatı artışı	%/yıl	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0
Reel yıllık elektrik fiyatı artışı	%/yıl	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0
Faiz oranı (reel)	%/yıl	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Hesaplama periyodu	Yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ömrü													
Gaz Kazanı	Yıl	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Klima sistemi	Yıl	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Yalıtım (Dış duvar)	Yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Yalıtım (Çatı)	Yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Yalıtım (Döşeme)	Yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Pencereler	Yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
İklim Parametreleri													
Ortalama Sıcaklık	°C	19,40	16,95	16,29	15,58	15,52	15,01	11,85	11,09	9,71	7,42	5,02	4,93
En düşük Sıcaklık	°C	3	-4	-6	-6	-3	-6	-14	-15	-19	-21	-25	-30
En yüksek Sıcaklık	°C	41	40	41	39	33	33	37	35	37	32	31	34
Isıtma periyodu süresi	Gün	123	163	168	180	182	182	209	199	220	238	268	261
Soğutma periyodu süresi	Gün	167	150	155	133	117	125	103	105	77	71	35	42
Global Işınım													
Kuzey	kWh/(m ² .yıl)	474	470	468	456	429	431	451	475	454	467	469	462
Doğu	kWh/(m ² .yıl)	1.036	1.041	1.142	928	842	851	874	1.218	975	974	961	937
Güney	kWh/(m ² .yıl)	1.260	1.238	1.380	1.000	980	985	1.048	1.508	1.190	1.164	1.186	1.130
Batı	kWh/(m ² .yıl)	1.042	1.041	1.143	917	821	819	881	1.185	972	970	938	925
Yatay	kWh/(m ² .yıl)	1.747	1.732	1.903	1.545	1.370	1.369	1.424	1.965	1.573	1.568	1.489	1.498
Mevcut gereksinimler													
U-değeri çatı	W/(m ² .K)	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25
U-değeri cephe	W/(m ² .K)	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40
U-değeri pencereler	W/(m ² .K)	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
U-değeri döşeme	W/(m ² .K)	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40

*Apartman (yeni)

EK 3: Hesaplama parametreleri - Yenilemeler

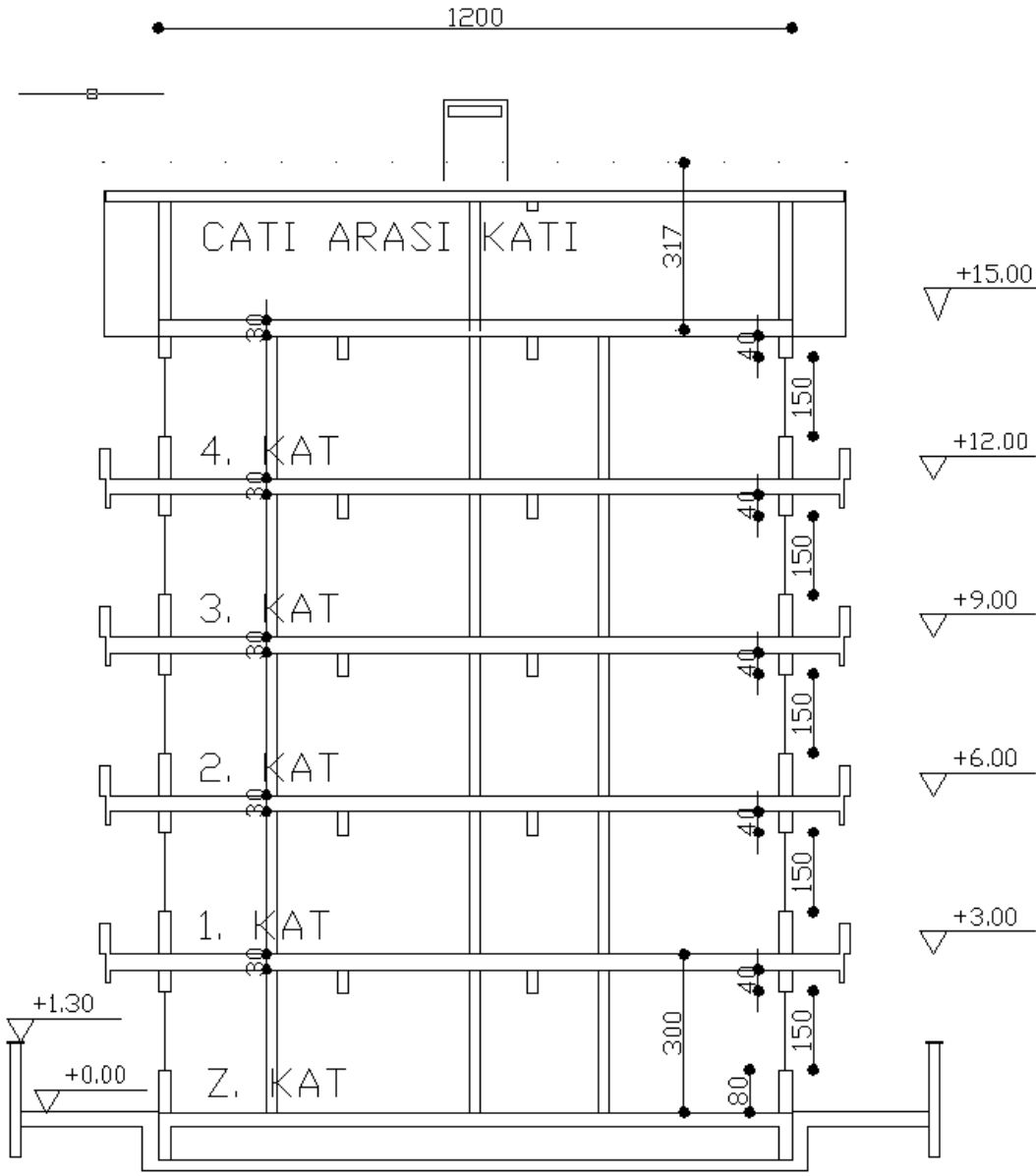
Hesaplama parametreleri - Yenilemeler		Antalya	İzmir	Gaziantep	Muğla	İstanbul	Bursa	Ankara	Niğde	Sivas	Ağrı	Kars	Erzurum
Şehir													
Referans bina													
Bina Tipi*	m ²	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman	Apartman
Net zemin alanı	W/(m ² .K)	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
Isı köprüsü faktörü		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Ortam ısıtma sistemi		Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz	Gaz Kazanı - Doğalgaz
Ortam soğutma sistemi (split klima)		Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile	Elektrik ile
Ortam ısıtma verimliliği (ilk yıl/son yıl)	%	80/95	80/95	80/95	80/95	80/95	80/95	80/95	80/95	80/95	80/95	80/95	80/95
Ortam soğutma verimliliği (ilk yıl/son yıl)	%	250/400	250/400	250/400	250/400	250/400	250/400	250/400	250/400	250/400	250/400	250/400	250/400
Mekanik havalandırma	[1/h]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Doğal havalandırma (pencereler)	[1/h]	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Enfiltrasyon	[1/h]	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ekonomik parametreler													
Gaz fiyatı - Başlangıç yılı	€/kWh	0,039	0,039	0,033	0,036	0,041	0,039	0,042	0,041	0,033	0,034	0,034	0,039
Elektrik fiyatı - Başlangıç yılı	€/kWh	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
Enerji fiyat artışı		Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Reel yıllık gaz fiyatı artışı	%/yıl	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0
Reel yıllık elektrik fiyatı artışı	%/yıl	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0	%2,0
Faiz oranı (reel)	%/yıl	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0	%6,0
Hesaplama periyodu	Yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ömrü													
Gaz Kazanı	yıl	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Klima sistemi	yıl	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Yalıtım (Dış duvar)	yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Yalıtım (Çatı)	yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Yalıtım (Döşeme)	yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Pencereler	yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
İklim Parametreleri													
Ortalama Sıcaklık	°C	19,40	16,95	16,29	15,58	15,52	15,01	11,85	11,09	9,71	7,42	5,02	4,93
En düşük Sıcaklık	°C	3	-4	-6	-6	-3	-6	-14	-15	-19	-21	-25	-30
En yüksek Sıcaklık	°C	41	40	41	39	33	33	37	35	37	32	31	34
Isıtma periyodu süresi	Gün	123	163	168	180	182	209	182	199	220	238	268	261
Soğutma periyodu süresi	Gün	167	150	155	133	117	125	103	105	77	71	35	42
Global Işınım													
Kuzey	kWh/(m ² .yıl)	474	470	468	456	429	431	451	475	454	467	469	462
Doğu	kWh/(m ² .yıl)	1.036	1.041	1.142	928	842	851	874	1.218	975	974	961	937
Güney	kWh/(m ² .yıl)	1.260	1.238	1.380	1.000	980	985	1.048	1.508	1.190	1.164	1.186	1.130
Batı	kWh/(m ² .yıl)	1.042	1.041	1.143	917	821	819	881	1.185	972	970	938	925
Yatay	kWh/(m ² .yıl)	1.747	1.732	1.903	1.545	1.370	1.369	1.424	1.965	1.573	1.568	1.489	1.498

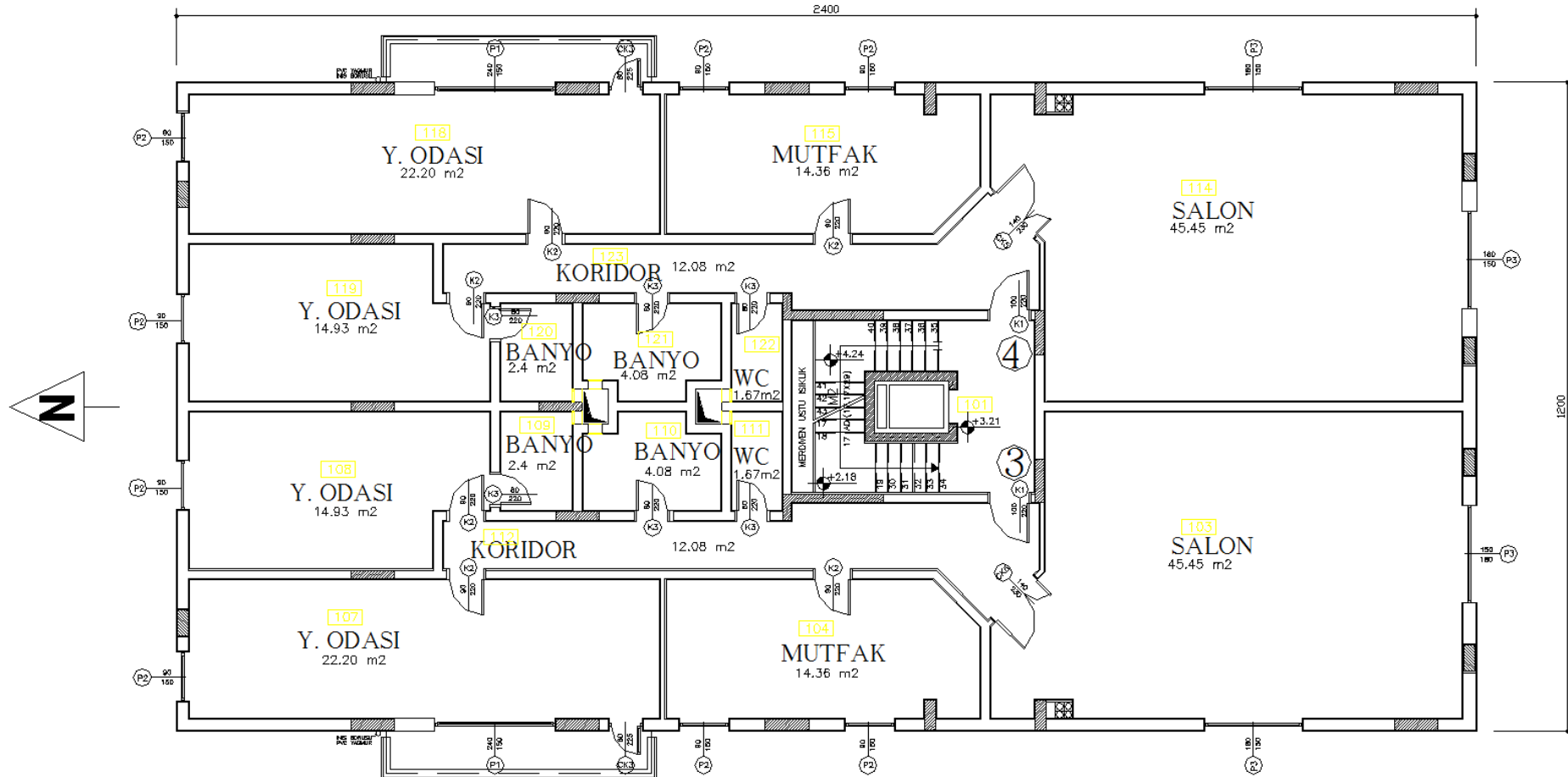
*: Apartman (yenileme)

EK 4: Referans bina

Parametre	Ünite	Referans bina -
İnşaat tipi		Apartman
Hane sayısı		10
Toplam döşeme alanı (A-brüt)	[m ²]	1440
Net oda yüksekliği	[m]	2,70
Katlar		5
Genişlik/Derinlik Oranı		2
Genişlik	[m]	24
Derinlik	[m]	12
Hacim (V-brüt)	[m ³]	4320
Oran A/V	[]	0,33
Taban plakası kalınlığı	[m]	0,30
Zemin katı	[m ²]	288
Toplam brüt duvar alanı (pencereler ve ilişik alanlar dahil)	[m ²]	1080
Dış duvar (pencereler hariç)	[m ²]	918
Düvar (Kuzey)	[m ²]	153
Düvar (Doğu)	[m ²]	306
Düvar (Güney)	[m ²]	153
Düvar (Batı)	[m ²]	306
Çatı tipi		eğimli
Eğimli		%33
Çatı alanı	[m ²]	288
Pencere alanı (Dış Cephede)		15%
Pencereler (toplam)	[m ²]	162
Pencereler (Kuzey)	[m ²]	27
Pencereler (Doğu)	[m ²]	54
Pencereler (Güney)	[m ²]	27
Pencereler (Batı)	[m ²]	54
Toplam bina kabuğu alanı	[m ²]	1656
Pencereler (Batı)		0,03
Pencereler (Güney)	Pencere alanının toplam bina kabuğuna oranı	0.015
Pencereler (Doğu)		0,03
Pencereler (Kuzey)		0.015
Oranlar		
Dış duvar (pencereler hariç) / Toplam döşeme alanı		0,6375
Dış duvar (pencereler dahil) / Toplam döşeme alanı		0,75
Toplam bina dış kaplama alanı / Toplam döşeme alanı		1,15
A/V		0,33







EK 5: Yatırım maliyeti tahminleri

Yalıtım maliyetleri:

Tablo 15. Yalıtıma yönelik tahmini yatırım maliyetleri (ortalama tahmini 3TL/1€ kambiyo oranı kullanılarak IZODER tarafından sağlanan bilgi)

		Tüm Bölgeler Yeni İnşaat & Stok/ Yenileme ⁶			
Yalıtıma yönelik enerji odaklı sabit maliyetler Tahmin : €= 3TL (Ağustos 2015)		EPS	XPS	Taş yünü	Cam yünü
Duvar 5 cm	Maliyet €/m²	14,28	15,46	19,04	----
	Pazar %	80 %	13 %	7 %	0 %
Çatı EPS ve XPS 8 cm MW 10 cm	Maliyet €/m²	6,17	7,83	4,50	2,50
	Pazar %	5 %	20 %	5 %	70 %
Zemin EPS ve XPS 5 cm MW 6 cm	Maliyet €/m²	4,83	5,17	7,50	0,00
	Pazar %	5 %	85 %	10 %	0 %
İlave cm yalıtım maliyetleri		EPS €/m ² /cm	XPS €/m ² /cm	Taş yünü €/m ² /cm	Cam yünü €/m ² /cm
Duvar		0,53	0,77	0,93	
Çatı		0,53	0,83	0,33	0,13
Zemin		0,66	0,80	1,06	

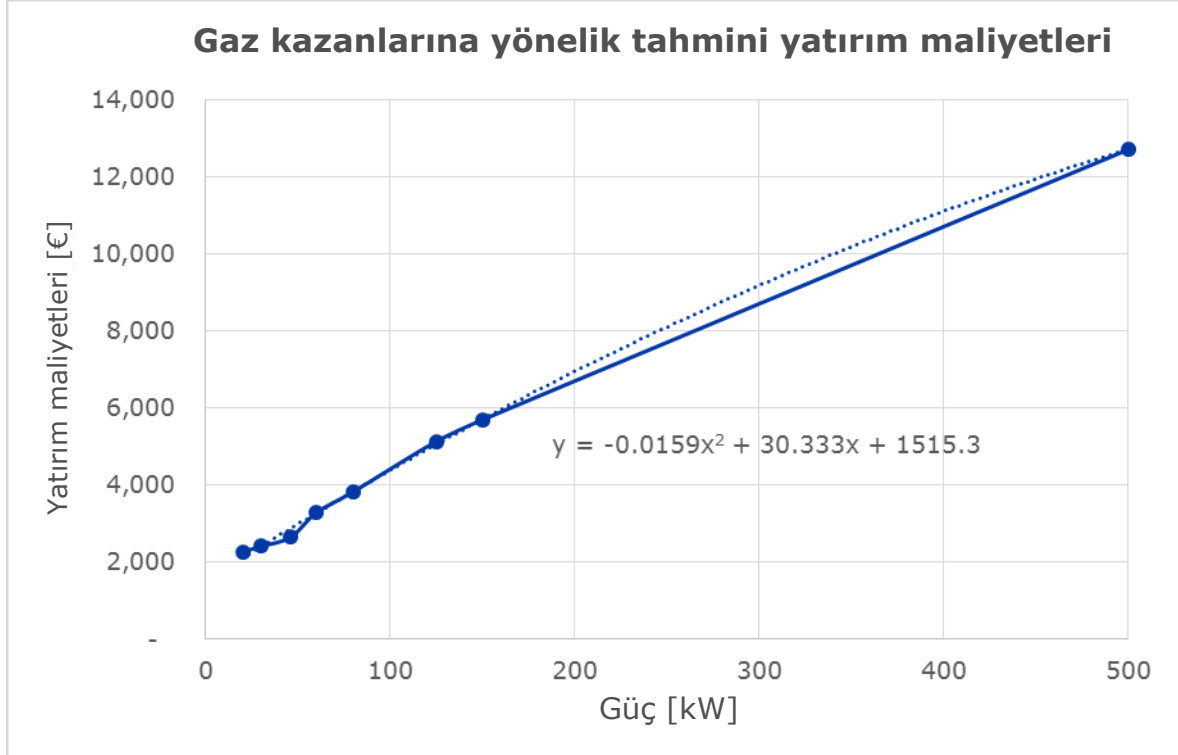
Pencere maliyetleri:

Tablo 16. Pencereleere yönelik tahmini yatırım maliyetleri (ortalama tahmini 3TL/1€ kambiyo oranı kullanılarak IZODER tarafından sağlanan bilgi) Fiyatlar; cam takma, çerçeve ve kurulumu dahildir.

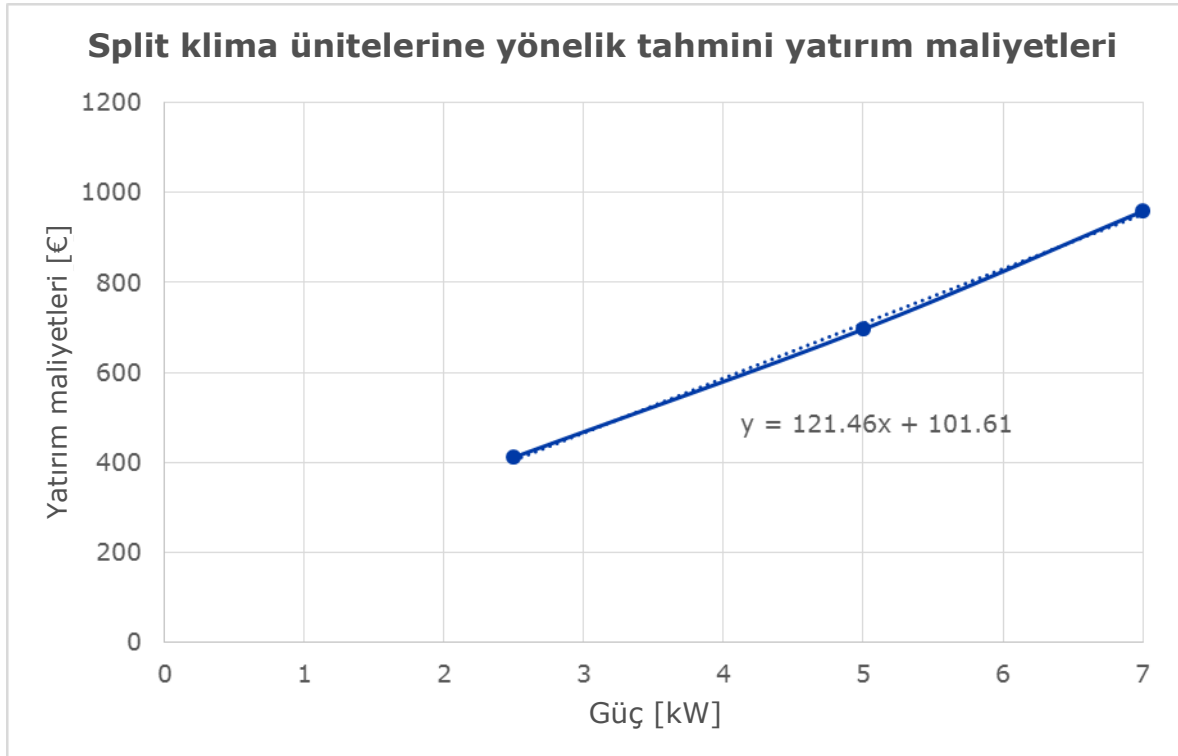
#	Tip	U-Değeri	Maliyetler [€/m ²] (KDV hariç)
1	Çift Cam	2,4	76,69
2	Çift Cam	2,3	77,80
3	Çift Cam	2,2	78,91
4	Çift Cam	2,1	80,01
5	Çift Cam	2,0	81,12
6	Çift Cam	1,9	82,22
7	Çift Cam	1,8	83,33
8	Çift Cam	1,7	86,11
9	Çift Cam	1,6	88,89
10	Çift Cam	1,5	91,67
11	Çift Cam	1,4	94,44
12	Çift Cam	1,3	97,22
13	Çift Cam	1,2	100,00
14	Çift Cam	1,1	102,78
15	Üçlü Cam	1,0	116,66
16	Üçlü Cam	0,9	118,33
17	Üçlü Cam	0,8	121,66

⁶ Yenileme duvar yalıtımına yönelik düşünülen maliyetlerin belirlenmiş değerlerden %8 daha yüksek olması beklenir (yeni inşaat).

HVAC maliyetleri:



Şekil 45. Gaz kazanlarına yönelik tahmini yatırım maliyetleri (ortalama tahmini 3TL/1€ kambiyo oranı kullanılarak IZODER tarafından sağlanan bilgi)



Şekil 46. Ayrı soğutma ünitelerine yönelik tahmini yatırım maliyetleri (ortalama tahmini 3TL/1€ kambiyo oranı kullanılarak IZODER tarafından sağlanan bilgi)

İZODER Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği

Şerifali mah., Hendem Cad. No:58, Y.Dudullu Ümraniye/
İSTANBUL

T: +90 216 415 7494

F :+90 216 415 7001

E: info@izoder.org.tr

I: www.izoder.org.tr

ECOFYS Germany GmbH

Am Wassermann 36
50829 Köln

T: +49 (0) 221 27070-100

F: +49 (0) 221 27070-011

E: info@ecofys.com

I: www.ecofys.com