

Dış sıcaklık verisinin bina ısıtma enerji gereksinimine etkisinin ve TS 825 derece-gün bölge kümelenmesinin geçerliliğinin incelenmesi

Investigation of the effect of outdoor temperature data on the building heating energy requirement and validity of the TS 825 degree-day region clustering

Murat ALTUN¹ , Aslı AKÇAMETE^{2*} , Çağla Meral AKGÜL³ 

^{1,2,3}İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
mualtun@metu.edu.tr, akcamete@metu.edu.tr, cmeral@metu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 22.04.2019
Kabul Tarihi/Accepted: 25.12.2019

Düzeltilme Tarihi/Revision: 23.12.2019

doi: 10.5505/pajes.2019.00334
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Dış sıcaklık verisi, binaların enerji gereksinimi hesaplamasını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Hacimsel ısıtma ağırlıklı enerji tüketiminin görüldüğü Türkiye’de, binaların ısı yalıtımı tasarımının yapılması ve ısıtma enerji ihtiyacının hesaplanması, TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına göre yapılmaktadır. TS 825’te, iller, sahip oldukları iklimsel koşullara göre derece-gün bölgelerinde (DGB) kümelenmektedir. Bu DGB’leri birbirinden ayıran temel iklimsel parametre ise dış sıcaklık verisidir. Bu çalışmada, dış sıcaklık verisinin bina ısıtma enerji gereksinimine etkisinin ve standartta oluşturulan DGB’lerin geçerliliğinin dış sıcaklık verisine göre tartışılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, oluşturulan örnek binanın ısıtma enerji ihtiyacı (Q _{yıl}), illere ait farklı dış sıcaklık verilerine ve standardın yürürlükteki ve önerilen versiyonundaki DGB’lerine ait dış sıcaklık verilerine göre hesaplanmış ve 81 il için ayrı ayrı kıyaslanarak DGB’lerin geçerliliği ve standartta yapılan güncellemelerin etkinliği incelenmiştir. Sonuçlar, bazı DGB’ler arası geçişlerde, farklı DGB’de yer alan illerin Q _{yıl} değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu; hatta bazı illerin kıyaslamalı Q _{yıl} değerlerinin, buldukları DGB’lerin verileri ile çeliştirdiğini göstermektedir. Bu durum, DGB yaklaşımının yeniden gözden geçirilmesini düşündürmektedir. Bunun yanında, standardın önerilen versiyonunda yeni oluşturulan DGB’ler, kıyaslamalı sonuçlar ile daha iyi örtüşmektedir. Bunlara ek olarak, ısıtma eşiği sıcaklığı seçimi hesaplamalara kısıtlı etki yaparken, analizlerde kullanılacak dış sıcaklık verisinin güncelliğinin binanın ısıtma enerji hesabını önemli oranda etkilediği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Dış sıcaklık, TS 825, Derece-gün bölgeleri, Bina ısıtma enerji ihtiyacı, Isıtma eşiği.

Abstract

The outdoor temperature is one of the most important parameters affecting the calculation of energy requirements of buildings. Determination of the thermal insulation details and heating energy requirement of the buildings in Turkey, where energy consumption is dominated by space heating, is made according to TS 825 “Thermal Insulation Rules in Buildings” standard. In TS 825, the provinces are clustered in degree-day regions (DDR) according to their climatic conditions. The main climatic parameter that separates these DDRs from each other is the outdoor temperature. In this study, it is aimed to discuss the effect of outdoor temperature on the building heating energy requirement and validity of the DDRs in the standard according to outdoor temperature data. In this context, the heating energy requirement of the case building is calculated according to different outdoor temperature data of the provinces and the outdoor temperature data of the DDRs in the current and recommended version of the standard. The effectiveness of the DDRs and the updates in the standard are examined by comparing them separately for 81 provinces. The results show that in some DDR clusters, Q_{year} values of the provinces from different DGBs are very close to each other; even, comparative Q_{year} values of some of them contradict with their DDR. This situation suggests that the DDR approach should be re-examined. Besides, the new DDRs in the recommended version of the standard is rather compatible with the comparative results. In addition, the selection of the heating threshold temperature has been shown to have a limited effect on the calculations, while the up-to-dateness of the outdoor temperature data to be used in the analyses has been shown to significantly affect the heating energy calculation of the building.

Keywords: Outdoor temperature, TS 825, Degree-day regions, Building heating energy requirement, Heating threshold.

1 Giriş

Binalar, küresel enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Bu payda, hızlı nüfus artışına bağlı olarak artan bina stoğu ile sanayileşme ve teknolojik gelişmelerden kaynaklı enerji talebi artışının etkisi büyüktür [1]. Bu talep, ağırlıklı olarak sonlu rezerve sahip yakıtlardan (kömür, doğalgaz, vb.) karşılanmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak, enerji kaynak rezervleri hızla azalırken; tüketilen enerji sonucu gerçekleşen sera gazı ve kimyasal madde salımı, çevreyi olumsuz etkilemektedir [2]-[4]. Binaların enerji ihtiyacının, yapının tasarım ve planlama aşamasında bir değerlendirme kriteri olarak kullanılması, binada etkin bir enerji verimliliği sağlamak

için uygun çözümün geliştirilmesine katkı sunmaktadır. Oluşturulan her bir tasarımın binanın işletme sürecindeki enerji ihtiyacı, kullanılan hesaplama yöntemine göre belirlenmekte ve karar vericiler bu sonuçları da dikkate alarak nihai tasarımı yapmaktadırlar. Enerji etkin çözümler, hem binaların enerji bazlı işletme giderlerini düşürmekte hem de enerji tüketimini azaltarak görülen çevresel etkileri hafifletmektedir [5].

Türkiye’de enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri binalarda gerçekleşmektedir [6]. Binaların hacimsel ısıtılması ve soğutulması için harcanan enerji, toplam bina enerji tüketimi içerisinde çok büyük (~%70) bir paya sahiptir [7]. Ülkemizin,

*Yazışılan yazar/Corresponding author

iklimsel şartları göz önüne alındığında, binaların ısıtılması için gereken ortalama enerji tüketim miktarı, binaların soğutulması için gerekenden oldukça fazladır [8]. Bu durum, ülkemizde hacimsel ısıtma için gereken enerjinin, bina enerji tüketiminin ana kalemi olduğunu göstermektedir.

Türkiye'deki yeni inşaa edilen binaların ısı yalıtımı yönünden tasarımı, TS 825 kodlu "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" isimli standardın yürürlükteki 2008 versiyonuna göre yapılmaktadır [9]. TS 825 standardı, binaların ısıtma enerji ihtiyacına uygun asgari ısı yalıtımı için karar vericileri yönlendiren bir standarttır. Standartta, Türkiye'deki 81 il ve iline göre farklı iklimsel koşullara sahip ilçeler, yıllık ısıtma derece-gün değerlerine göre derece-gün bölgelerinde (DGB) kümelendirilmiştir. Her bir DGB'de, bina elemanları için ayrı ayrı ısı geçirgenlik üst limiti belirlenmiş ve ısı yalıtımının bu limite uygun yapılması istenmiştir. Bunun yanında, binanın kullanılan alan ve hacmine bağlı azami yıllık ısıtma enerji gereksinimi, $Q_{yıl}$ değeri, belirlenmiştir. Bu doğrultuda, tasarımcılar, en az yukarıda belirtilen ısı yalıtımı asgari koşullarını sağlayacak yapısal kararları alarak nihai tasarımı yapmaktadırlar. $Q_{yıl}$ değerini, binanın ısı yalıtımı ve havalandırma miktarının yanı sıra, DGB'lere ait dış sıcaklık verisi temelli enerji kaybı, yönlere göre güneş ışınımından kaynaklanan enerji kazancı gibi iklim parametreleri ve yapının kullanımına dayalı iç ısı kazancı belirlemektedir. Bununla beraber, farklı DGB'lerde yer alan aynı bina için, hesaplama sonucunu belirleyen iki unsur ısı yalıtım tasarımı ve dış sıcaklık verisidir. DGB'lerdeki bina elemanlarının asgari ısı yalıtımının da dış sıcaklık verisine bağlı bir yaklaşıma göre belirlendiği göz önüne alındığında, dış sıcaklık verisi, hem ısıtma enerji gereksinimi değerinin hesaplanmasında hem de ısı yalıtım tasarımının yapılmasında önemli bir role sahiptir.

TS 825 standardı, esas olarak binanın ısı yalıtımı detaylarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bununla beraber, standartta yer alan DGB'lere ait dış sıcaklık verisi, bazı çalışmalarda [10]-[13], sadece ısıtma için gerekli enerji tüketimi miktarının belirlenmesinde dahi kullanılmaktadır. Ancak, yerel iklim verileri yerine DGB'lere ait dış sıcaklık verisinin hesaplamalarda esas alınması, sonuçlarda farklılıklara yol açmaktadır [10]. Bunun yanı sıra, standarttaki DGB kümelendirmesinde ülkemizin konumundan dolayı sadece ısıtma derece-gün değerleri dikkate alınmakta ve soğutma derece-gün verileri göz ardı edilmektedir [14]. Bu durum oldukça ılıman iklim koşullarına sahip olan ve soğutma ihtiyacı ısıtma ihtiyacından fazla olan illerde dahi, tasarımın ısıtma ihtiyacına göre yapılması gibi bir sonucu ortaya çıkarmaktadır [13]. Bu olumsuz durumu aşmak için, soğutma enerji ihtiyacı hesabının da analizlerde dikkate alınması savunulmaktadır. Nitekim, Bulut ve diğerleri [14] soğutma derece-gün bölgelerinin oluşturulması gerektiğini belirtirken; Pusat ve Ekmeci [15] soğutma ve ısıtma derece-gün sayılarının beraber değerlendirildiği bir derece-gün kümelendirmesini sunmaktadır. Uçar ve Dumrul [16] bu durumu dikkate alarak konutların sadece ısıtılması, sadece soğutulması ve hem ısıtılması hem de soğutulması durumunda konut duvarları için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Bu çalışmamızda, soğutma derece-gün değerlerinin öneminin farkında olunmakla beraber, sadece standardın mevcut hali dikkate alınmış ve dış sıcaklık verisinin binanın ısıtma enerji gereksinimine etkisi üzerinde durulmuştur.

Son yüzyılda, atmosfere salınan sera gazının etkisiyle [17], dünya üzerindeki birçok noktada ölçülen ortalama sıcaklık değerleri artış göstermiştir [18]. Bu görülen küresel ısınma,

iklim değişikliklerine yol açmakta ve binaların bulunduğu konumlardaki ısıtma ve soğutma derece gün sayılarını etkilemektedir [19]-[21]. Bu durumun bir sonucu olarak, hesaplanan enerji ihtiyacı da değişmektedir [22]. Dolayısıyla analizlerde dikkate alınan dış sıcaklık verisinin güncel olması, hesaplamaların daha sağlıklı yapılmasına katkı sağlayacaktır. Verinin güncelliğinin yanında, derece-gün sayısının belirlenmesinde referans alınan ısıtma eşiği değeri de ısıtma enerji hesaplamasını etkileyen bir diğer parametre olarak düşünülmektedir.

Mevcut standarda göre, dış sıcaklık verisi, binanın ısıtma enerji hesabını etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Bu çalışmada, konut ısıtma enerji kullanımını etkileyen diğer parametreler sabit alınarak, dış sıcaklık verisinin ısıtma enerji ihtiyacı hesaplamalarına etkisi 81 il için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İllere ait meteorolojik dış sıcaklık verileriyle hesaplanan $Q_{yıl}$ değerleri, standardın yürürlükteki (2008) ve önerilen (2013) versiyonunda yer alan DGB'lere ait dış sıcaklık verileriyle hesaplanan $Q_{yıl}$ değerleri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslamalı analiz ile kullanımdaki DGB'lerin geçerliliği ve standartta önerilen değişikliklerin etkinliği tartışılmıştır. Bununla beraber, ısıtma eşiği sıcaklığı seçiminin ve analizlerde kullanılacak dış sıcaklık verisinin güncelliğinin ısıtma enerji hesabına olan etkisi de incelenmiştir. Bu doğrultuda, çalışmanın devamında, Bölüm 2'de izlenen yöntem açıklanmıştır. Bölüm 3'te analizlerde kullanılan örnek binanın detayları verilirken, Bölüm 4'te analiz sonuçları sunulmuş ve bulgular tartışılmıştır. Bölüm 5'te ise elde edilen bulgular özetlenmiş ve bulgulara dayalı öneriler paylaşılmıştır.

2 Yöntem

Bu çalışmada, dış sıcaklık verisi seçiminin bina ısıtma enerji ihtiyacı hesaplamasına etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda, Bölüm 3'te anlatılan örnek binanın ısıtma enerji gereksinimi, yürürlükteki TS 825/08 ve önerilen TS 825/13'e ait DGB dış sıcaklık verileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen uzun yıllar (1954-2015) aylık ortalama dış sıcaklık (UYDS)-average outdoor temperature of a long term 1954-2015 (LTOT)- değerleri kullanılarak her il için üç farklı şekilde hesaplanmıştır. Böylece, TS 825 ısı yalıtımı standardında sunulan DGB'lerin geçerliliği tartışılmıştır. Aynı dış sıcaklık verileri ile iki farklı ısıtma eşiği sıcaklığı kullanılarak hesaplamalar tekrarlanmış ve ısıtma eşiği sıcaklığı seçiminin ısıtma enerji hesaplamalarına etkisi incelenmiştir. Ek dış sıcaklık verisi olarak, UYDS verileri gibi MGM kaynaklı [23] son yıllara (2007-2015) ait aylık ortalama derece-gün sayısı verileri alınıp (SYDG)-average outdoor temperature of recent years 2007-2015 (ROT)-, yıllık ısıtma enerji gereksinimi bu veri için de hesaplanmıştır. SYDG verileri, TS 825 ve UYDS bazlı veriler ile kıyaslanıp dış sıcaklık verisinin güncelliğinin ve derece-gün hesaplama yaklaşımının sonuçlara olan etkisi değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, Bölüm 2.1'de, TS 825'e göre bina ısıtma enerji gereksinimi hesaplama yöntemi özetlenmiştir. Bölüm 2.2'de ise, analizlerde kullanılan verilere ait detaylar verilmiştir.

2.1 TS 825 Standardına göre bina ısıtma enerjisi gereksinimi hesabı

TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardı, ilk olarak 1970 yılında tavsiye niteliğinde bir yönetmelik olarak çıkmış; 2000 yılı itibarıyla yeni binalarda uygulanması zorunlu hale getirilen bir standart olmuştur. Standartta, zaman içerisinde yapılan revizyonlar ile binaların ısı performansının daha da

iyileştirilmesi tavsiye edilmiştir. Günümüzde, binaların ısı yalıtım tasarımları, TS 825 standardının 2008 yılında yürürlüğe giren ve halen kullanılmakta olan versiyonuna (TS 825/08) göre yapılmaktadır. Bununla beraber, standardın yürürlükteki versiyonu, 2013 yılında güncellenmiş (TS 825/13); ancak, çeşitli sebeplerden dolayı yürürlüğe girmemiş ve sadece önerilen bir değişiklik olarak kalmıştır [24].

TS 825'te bina yıllık net ısıtma enerjisi gereksinimi $Q_{yıl}$, ısıtma derece-gün hesabına dayalı statik bir yöntem kullanılarak hesaplanmaktadır [9]. Isıtma derece-gün değeri (HDD), o günün ne kadar soğuk geçtiğini, binanın iç denge sıcaklığı ve günlük dış sıcaklık değeri arasındaki farka göre ölçmektedir [25]. Günlük dış sıcaklık değeri olarak, günün ortalama dış sıcaklığı alınabildiği gibi aynı gün içerisindeki azami ve asgari dış sıcaklık değerlerinin etkisi de farklı yaklaşımlarla hesaplamaya yansıtılabilmektedir [26]. Ağırlıklı olarak, günlerin etkisi eşit alınmakla beraber günler içinde ağırlık katsayısının kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur [27]. TS 825 – $Q_{yıl}$ hesaplamalarında günlük veri yerine aylık ortalama dış sıcaklık verisi kullanılmaktadır. Bina için istenen iç denge sıcaklığı, bina tipine, kültürel ve coğrafi özelliklere bağlı ısı konfor anlayışına göre değişmektedir [28]. Standartta ise, bina kullanım amacına bağlı olarak farklı iç denge sıcaklığı değerleri önerilmiştir. HDD hesabını değiştiren bir diğer parametre ise ısıtma eşiği seçimidir. Isıtma eşiği olarak kabul edilen referans sıcaklığın altında gerçekleşen dış sıcaklık değerlerinde bina ısıtılmaktadır. TS 825'te iç denge sıcaklığı ısıtma eşiği kabul edilirken, Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (Eurostat) ısıtma eşiği olarak 15 °C'yi önermektedir [29].

TS 825/08'de Türkiye, dört farklı DGB'ye (Şekil 1a) ayrılmıştır. Standartta iç denge sıcaklığı, bina kullanım amacına göre, zamandan ve coğrafyadan bağımsız, tek bir değer (örneğin konutlarda 19 °C) olarak sunulmuştur. Dış sıcaklık verisi ise, her bir DGB için aylık ortalama değerler olarak verilmiştir. Standardın önerilen TS 825/13 versiyonunda ise; DGB sayısı beşe çıkarılmış (Şekil 1b) ve önceki versiyonda da mevcut DGB'lere ait dış sıcaklık verileri korunmuş ama 5. DGB için yeni bir aylık ortalama dış sıcaklık verisi oluşturulmuştur [30].

TS 825'te ısıtma için gerekli olan aylık net enerji gereksinimi (Q_{ay}), binanın aylık enerji kaybına ($Q_{ay-kayıp}$) ve kazancına ($Q_{ay-kazanç}$) bağlıdır (Eş. 1a). $Q_{ay-kayıp}$, binanın iç ve dış sıcaklık farkına ($\theta_i - \theta_e$) ve özgül ısı kaybına (H) göre hesaplanmaktadır (Eş. 1b). $Q_{ay-kazanç}$ ise, binanın iç ısı kazancı ($\phi_{i,ay}$) ve güneş enerjisi kaynaklı aylık ortalama enerji kazancı ($\phi_{s,ay}$) kullanılarak bulunur (Eş. 1c). Eşitliklerde yer alan t parametresi bir aylık zaman dilimindeki saniye miktarını, η_{ay} parametresi ise aylık ortalama kazanç kullanım faktörünü ifade etmektedir. Dış sıcaklık değerlerinden etkilendiği bilinen, binanın özgül ısı kaybı hesaplama detayları aşağıda açıklanmıştır. Enerji kazancı hesaplama detayı için ise TS 825 standardı incelenebilir. $Q_{yıl}$, Q_{ay} değerlerinin toplamıdır (Eş. 2).

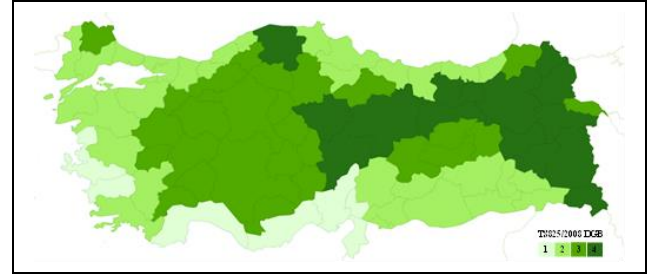
$$Q_{ay} = Q_{ay-kayıp} - Q_{ay-kazanç} \quad (1a)$$

$$Q_{ay-kayıp} = H(\theta_i - \theta_e) t \quad (1b)$$

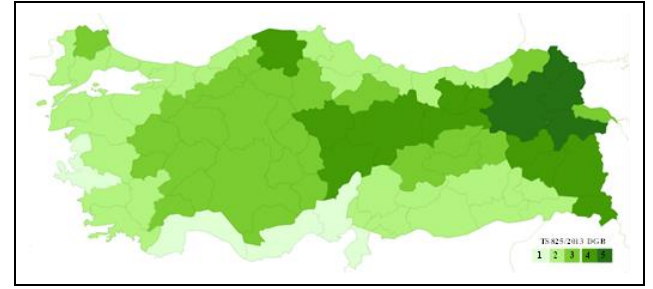
$$Q_{ay-kazanç} = \eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) t \quad (1c)$$

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (2)$$

TS 825'te bir ay 30 gün olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada ise bir yıl 365 gün esas alınarak her bir ay için gerçek zaman dilimi kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 1. Derece-gün bölgeleri (DGB). (a): TS 825/08. (b): TS 825/13.

Figure 1. Degree-day regions (DDR) according to. (a): TS 825/08, and (b): TS 825/13.

Binanın özgül ısı kaybı, iletim ve taşınım yolu (H_T) ve havalandırma yoluyla (H_V), gerçekleşen ısı kayıplarının toplamıdır (Eş. 3). İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H_T bina elemanlarının alanları (A) ve ısıl geçirgenlik katsayıları (U) ile bina elemanları arasındaki ısı köprülerinden (I : ısı köprüsü uzunluğu, U_i : ısı köprüsü doğrusal geçirgenliği) kaynaklanan kayıplara göre hesaplanır (Eş. 4). Hesaplama kullanılan bina elemanları alt indislerde D : dış duvar, P : Pencere, k : dış kapı, T : Tavan, t : zemine oturan taban, d : dış hava ile temas eden taban, ds : düşük sıcaklıktaki iç ortamlar ile temas eden bina elemanları olarak kısaltılmıştır (Eş. 4b). Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_V) ise hava değişim oranı (n_h) ve havalandırılan bina hacmine (V_h) bağlıdır (Eş. 5).

$$H = H_T + H_V \quad (3)$$

$$H_T = \sum AU + IU_i \quad (4a)$$

$$\sum AU = A_D U_D + A_P U_P + A_k U_k + 0.8 A_T U_T + 0.5 A_t U_t + A_d U_d + 0.5 A_{ds} U_{ds} \quad (4b)$$

$$H_V = 0.33 n_h V_h \quad (5)$$

Bir bina elemanının ısıl geçirgenlik katsayısı U , bina elemanını oluşturan alt bileşenlerin ısıl iletkenlik hesap değerleri ($\lambda_{h,i}$) ve kalınlıkları (d_i) ile bina elemanının temas halinde bulunduğu yüzeylerden kaynaklanan iç ve dış ısıl direnç (R_i, R_e) parametrelerine bağlı olarak değişmektedir (Eş. 6). Türkiye'de sıklıkla kullanılan yapı malzeme ve bileşenlerinin ısı iletkenlik hesap değerleri TS 825/08 Ek E'de listelenmiştir.

$$U = \frac{1}{R_e + \sum_i \frac{d_i}{\lambda_{h,i}} + R_i} \quad (6)$$

2.2 Dış sıcaklık verisinin ısıtma enerji gereksinimi hesabına olan etkisi

Dış sıcaklık verisinde görülen değişimler, binanın ısıtılması için gereken enerji miktarını da önemli oranda değiştirir. Dış sıcaklık verisi; TS 825'e göre yapılan bina ısıtma enerji gereksinimi hesaplamalarında sadece binanın enerji kaybını (Eş. 1b) etkilemekle kalmaz, hesaplamalarda kullanılan aylık ortalama kazanç kullanım faktörünün (η_{ay}) ve dolayısı ile enerji kazancının da belirlenmesinde önemli bir rol oynar [9]. TS 825'te aynı DGB'de yer alan iller için ortak bir aylık ortalama dış sıcaklık verisi kullanılır. Bu durumda, bir binanın $Q_{yıl}$ değeri, aynı DGB'de yer alan tüm iller için aynıdır. Dolayısıyla, illerin gerçek dış sıcaklık verilerindeki farklılıklar hesaplamalara yansımamakta ve bunun sonucunda, bazı iller için gerçek dış sıcaklık verisine göre hesaplanan ısıtma enerji gereksinimleri ile DGB aylık ortalama dış sıcaklık verilerine göre elde edilen sonuçlar arasında ciddi farklılıklar oluşmaktadır.

Bu çalışmada, 81 il için, Bölüm 3'te anlatılan örnek binanın yıllık net enerji gereksinimi $Q_{yıl}$, üç farklı dış sıcaklık verisi (UYDS, TS 825/08 ve TS 825/13) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar, iki farklı ısıtma eşik sıcaklığına (19 °C ve 15 °C) göre tekrar edilmiştir ve sonuçlar il bazında kıyaslanmıştır. Ayrıca, $Q_{yıl}$ hesaplamalarındaki iklim verisi kaynaklı farklılaşmalar, her bir DGB için mevsimsel olarak da incelenmiştir. Bunun için, UYDS'ye göre hesaplanan aylık veriler, her bir DGB'ye ait iller için gruplanmış; böylelikle, her ay için o DGB'ye ait alt ve üst enerji gereksinim değerleri bulunmuştur.

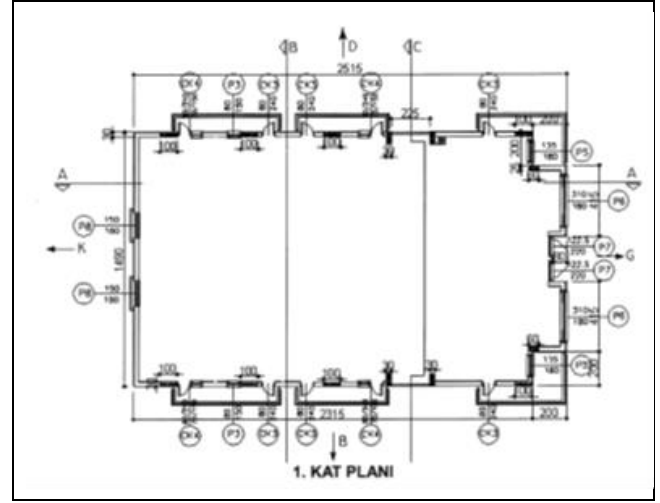
TS 825'e göre hesaplanan DGB Q_{ay} değeri, o bölgedeki illerin UYDS – Q_{ay} değerleri baz alınarak belirlenen alt ve üst UYDS – Q_{ay} limitleri ile kıyaslanmış ve mevsimsel farklılaşmalar gösterilmiştir. Mevsimsel hesaplamalarda binanın, TS 825'e uygun olarak, dış sıcaklığın binanın iç denge sıcaklığının (19 °C) altında olduğu durumlarda ısıtıldığı varsayılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre TS 825'in yürürlükteki ve önerilen versiyonlarındaki DGB'lerin geçerliliği tartışılmıştır.

Dış sıcaklık verisi temelli hesaplamaları etkileyen bir diğer parametre, kullanılan verinin güncelliğidir. Bir binanın ömrü 30 ile 50 yıl arasında değişmektedir. Dolayısıyla analizler için kullanılan iklim verisinin bina yaşam döngüsü içerisindeki güncelliği, daha sağlıklı hesaplamaların yapılmasını sağlamaktadır. Bu sebeple, $Q_{yıl}$ hesaplamaları, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen, son yıllar (2007-2015) için ısıtma eşiği 15 °C olarak kabul edilerek hesaplanan ortalama derece-gün (SYDG) sayıları kullanılarak tekrar edilmiştir. SYDG'nin etkisi, sadece ısıtma eşiği 15 °C'ye göre hesaplanan TS 825 temelli $Q_{yıl}$ değerleri ile kıyaslanarak incelenmiştir.

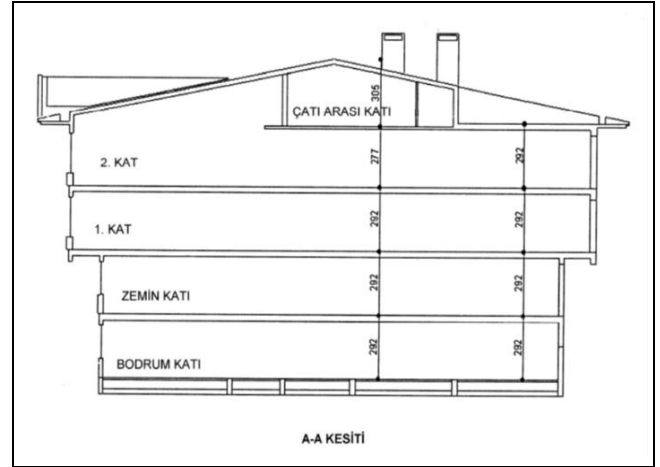
3 Vaka analizi

Bu çalışmadaki analizler, TS 825 standardının örnek çözümünde incelenen ve bodrum, zemin ve çatı arası katlarının da dahil edilmesiyle 5 kattan oluşan örnek binaya (Şekil 2) göre yapılmıştır [9]. Toplam 4312 m³ hacme ve 1379.84 m² kullanım alanına sahip olan binada, 1530.46 m² alan (döşeme alanları:

toprak temaslı taban ve açık geçit üzeri çıkma taban; dış cephe alanları: dış duvarlar ve betonarme; tavan alanları: üzeri açık ve çatılı tavanlar) ısı yalıtımına tabi tutulmuştur.



(a)



(b)

Şekil 2. TS 825 Standartlarında verilen örnek bina için.
(a): 1. kat planı. (b): A-A kesiti.

Figure 2. (a): floor plan of the 1st storey, and (b): A-A section of the case building, given in TS 825 standard.

Örnek binada, TS 825'te belirtilen pencere sistemi dışındaki yapı bileşenlerinin detayları aynen alınmış, ısı yalıtım malzemelerinin detayı ise aşağıda açıklanmıştır.

Hesaplamalarda, yaygın kullanılan standart bir tip olarak 3-odacıklı PVC çerçeveli 16-4-16 mm çift camlı pencere (U_p : 2.70 W/m²K) kullanılmıştır. Çalışmada, bina elemanlarının yalıtılmasında Türkiye'de en yaygın kullanılan ısı yalıtım malzemeleri tercih edilmiştir. Bu kapsamda, dış duvarların mantolaması, sıva filesi, yapııştırma harcı, dübel vb. ek malzemelerin katılımıyla, 0.035 W/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip 27 kg/m³ yoğunluğundaki EPS ile yapılmıştır. Çatı katı tavan yalıtımı için, 0.04 W/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip 18 kg/m³ yoğunluğunda camyünü seçilirken, taban alanlarının yalıtımında ise 0.035 W/mK ısı iletkenlik hesap değerine ve 200 kPa basınç dayanımına sahip 30 kg/m³ yoğunluğundaki XPS kullanılmıştır. Bina kabuğuna ait alan ve ısı yalıtım detayları, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Isı kaybedilen yüzeylere ilişkin bilgiler.

Table 1. Details of the elements on the building envelop.

| Bina Elemanı | Alan (m ²) |
|----------------------------------|------------------------|
| Dış duvarlar (5-cm EPS) | 442.60 |
| Dış ortama açık dolgu duvar | 305.45 |
| Dış ortama açık betonarme duvar | 28.24 |
| Düşük sıcaklıklı dolgu duvar | 18.84 |
| Düşük sıcaklıklı betonarme duvar | |
| Tabanlar (7-cm XPS) | 326.21 |
| Toprak temaslı taban | 42.15 |
| Açık geçit üzeri/çıkma taban | |
| Tavanlar (8-cm cam yünü) | 130.16 |
| Üzeri açık tavan | 236.81 |
| Çatılı tavan | |
| Pencereler | |
| Kuzey | 15.30 |
| Güney | 70.78 |
| Doğu | 46.17 |
| Batı | 41.85 |
| Kapılar | |
| Dış Kapı | 9.00 |
| İç Kapı | 2.00 |

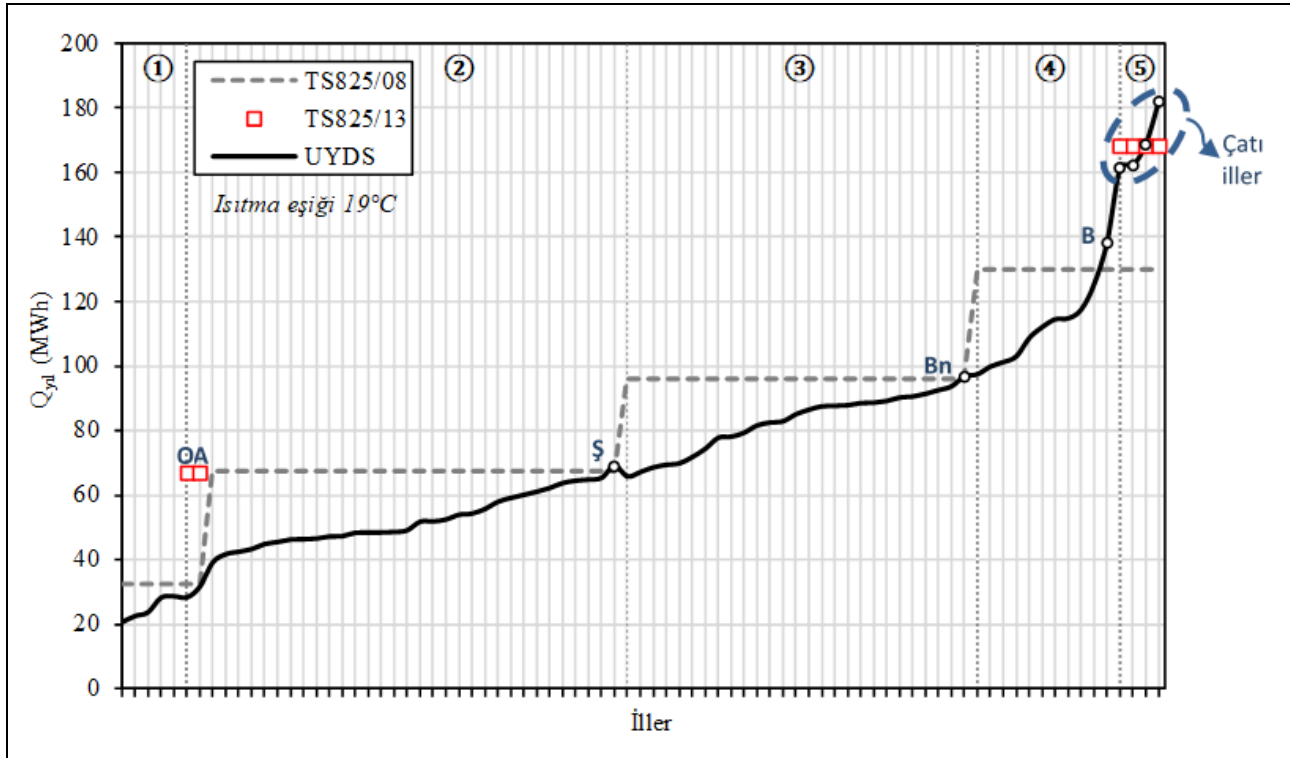
4 Bulgular ve tartışma

Bu kısımda, Bölüm 2’de anlatılan hesaplamaların ve analizlerin sonuçları derlenmiş ve yorumlanmıştır. Bölüm 4.1’de UYDS ve TS 825 dış sıcaklık verilerine göre hesaplanan yıllık ısıtma

enerji gereksinimleri kıyaslanarak dış sıcaklık verisinin $Q_{yıl}$ hesaplamalarına etkisi incelenmiştir. Bölüm 4.2’de ısıtma eşiği sıcaklığı seçiminin $Q_{yıl}$ hesabına etkisi analiz edilmiştir. Son olarak Bölüm 4.3’te ise son yıllara ait dış sıcaklık verisinin $Q_{yıl}$ hesaplamasına etkisi üzerinde durulmuş ve illere ait UYDS ve TS 825 DGB dış sıcaklıklarına göre yapılan $Q_{yıl}$ hesaplamaları ile kıyaslanmıştır. Böylece, dış sıcaklık verisinin illerdeki yıllık ısıtma enerji gereksinimine olan etkisi detaylıca incelenmiş ve standardın mevcut ve önerilen versiyonundaki derece-gün bölgeleri kümelendirmesinin etkinliği analiz edilmiştir.

4.1 UYDS ve TS 825 dış sıcaklık verilerine göre yapılan $Q_{yıl}$ hesaplamalarının kıyaslanması

Örnek binanın yıllık ısıtma enerji gereksinimi $Q_{yıl}$, TS 825/08, TS 825/13 ve UYDS dış sıcaklık verileri kullanılarak ve ısıtma eşiği 19 °C alınarak hesaplanmış, elde edilen değerler Şekil 3’te gösterilmiştir. Beklenildiği üzere, TS 825 ve UYDS verileri temel alınarak yapılan hesaplamalarda farklılıklar görülmüştür. 81 ilin 74’ünde, DGB bazlı TS 825/08 verilerine dayandırılan $Q_{yıl}$ hesaplamaları, il bazlı UYDS verilerine göre yapılan hesaplamalardan *daha yüksek değerler* vermektedir. Bu durum, genel olarak, TS 825 temelli hesaplama yaklaşımına göre tasarlanan ve belirli bir ısıtma enerji tüketim seviyesini hedefleyen binalarda, iklim koşullarının daha zorlu olabileceği varsayılarak bir güvenlik katsayısı oluşturulmuş ve daha fazla ısı yalıtımı yapılması teşvik edilmiştir şeklinde değerlendirilebilir.



Şekil 3. Örnek bina için hesaplanan $Q_{yıl}$ değerleri (Isıtma eşiği 19 °C); ①-⑤: TS 825/13 DGB’leri, O: Osmaniye, A: Aydın, B: Bayburt, Bn: Bingöl, Ş: Şırnak.

Figure 3. Q_{year} values of the case building for 81 cities (Heating threshold is 19 °C); ①-⑤: TS 825/13 DDRs, O: Osmaniye, A: Aydın, B: Bayburt, Bn: Bingöl, Ş: Şırnak.

Öte yandan, kalan 7 ilde ise hesaplanan $TS\ 825/08 - Q_{yıl}$ değeri, o ile ait $UYDS - Q_{yıl}$ değerinden *daha düşüktür*. Bunlar, Türkiye'nin çatısı olarak nitelendirilen Ağrı, Ardahan, Erzurum ve Kars (4.DGB), Erzurum'a komşu olan Bayburt (4.DGB) ve Bingöl (3.DGB), ile 2. DGB ile 4. DGB arasındaki geçiş yollarından birinde kavşak durumunda olan Şırnak (2.DGB) illeridir. Özellikle çatı illerinin, $TS\ 825/08 - Q_{yıl}$ ve $UYDS - Q_{yıl}$ değerleri arasındaki fark, diğer iller için hesaplanan farka kıyasla daha yüksektir (Şekil 3).

Bu durum, standardın önerilen 2013 versiyonunda dikkate alınmış ve çatı illerinin iklim koşullarının zorluğu göz önüne alınarak yeni bir DGB oluşturulmuştur. Bu iyileştirmenin sonucunda, çatı illerinin $TS\ 825/13 - Q_{yıl}$ değeri, $TS\ 825/08 - Q_{yıl}$ değerine oranla daha yüksek değere sahiptir. Böylece, bu illere ait $TS\ 825/13 - Q_{yıl}$ ve $UYDS - Q_{yıl}$ değerleri arasındaki fark, diğer kıyaslamaya oranla azalmıştır. Dolayısıyla, aldığımız sonuçlar 5. DGB'nin oluşturulmasını desteklemektedir.

Önerilen standart değişikliğinde ($TS\ 825/13$) görülen bir diğer farklılık ise, Aydın ile Osmaniye illerinin 1. DGB'den 2. DGB'ye alınmasıdır [30]. Bu durumun geçerliliği, $TS\ 825/08$ 'de 1. DGB'de yer alan illerin $UYDS - Q_{yıl}$ ve $TS\ 825/08 - Q_{yıl}$ değerleri kıyaslanarak incelenmiştir. Aydın ili için hesaplanan $UYDS - Q_{yıl}$ değeri, 1. DGB'de yer alan diğer illerin $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinden *daha yüksektir*; ancak, gerek Aydın gerekse de Osmaniye ili için hesaplanan $UYDS - Q_{yıl}$ değerleri, mevcut standarttaki 1. DGB'ye ait $TS\ 825/08 - Q_{yıl}$ değerinden *daha düşüktür*. Ayrıca, Osmaniye ilinin $UYDS - Q_{yıl}$ değeri, 1. DGB'de yer alan İzmir ve Hatay illeri için hesaplanan $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerine de oldukça yakındır. Dolayısıyla, mevcut analizler, Aydın ve Osmaniye illerinin, 2. DGB'ye alınmasını desteklemektedir.

$TS\ 825$ 'te oluşturulan DGB'lerin geçerliliğini analiz etmek için, Şekil 3'teki illere ait $UYDS - Q_{yıl}$ değerleri, her DGB'nin kendi içinde küçükten büyüğe doğru sıralanması ile sunulmuştur. Bu duruma göre, DGB kümelendirmesinin geçerli olabilmesi için, DGB'ler arası geçişlerde kesintisiz bir artışın olması beklenmektedir. Ancak, 2. DGB'den 3. DGB'ye geçerken, 2. DGB'deki en büyük $UYDS - Q_{yıl}$ değerine sahip olan ilin (Şırnak), 3. DGB'de en küçük $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerine sahip olan illerden (Karabük ve Kırklareli) *daha fazla* ısıtma enerjisine ihtiyaç duyması mevcut DGB kümelendirmesi ile

çalışmaktadır. Ayrıca, bazı DGB'ler arası geçişlerde, bir DGB'nin en yüksek $UYDS - Q_{yıl}$ değeri ile diğer DGB'nin en düşük $UYDS - Q_{yıl}$ değeri arasındaki fark oldukça azdır. Bundan dolayı, bu DGB'ler arası geçişleri gözle görülür bir şekilde ayırt etmek oldukça zordur. Bununla birlikte, 3. DGB'deki Karabük ve Kırklareli illerinin $UYDS - Q_{yıl}$ değerleri (3. DGB, En düşük değer), 2. DGB'nin $TS\ 825 - Q_{yıl}$ değerinden *daha düşüktür* (bk. Tablo 2). Tüm bu sonuçlar, DGB'lerde yer alan illerin seçiminde dikkate alınan yaklaşımın, illere ait dış sıcaklık verileri kullanılarak yeniden gözden geçirilmesini düşündürmektedir.

Hesaplanan $Q_{yıl}$ değerlerinin istatistiksel verileri Tablo 2'de özetlenmiştir. Standardın yürürlükteki ve önerilen versiyonundaki DGB'lere ait $TS\ 825 - Q_{yıl}$ değerleri ve o DGB'lerdeki illere ait en büyük $UYDS - Q_{yıl}$ değerleri, ilk üç DGB'de birbirine çok yakındır. Öte yandan, 4. DGB için hesaplanan $TS\ 825/08 - Q_{yıl}$ değeri (130.1 MWh) ise, bu DGB'ye ait en büyük $UYDS - Q_{yıl}$ değerinden (181.9 MWh, Ardahan) oldukça düşüktür ve 4. DGB'deki illerin $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinin ortalamasına (127.1 MWh) yakın bir sonuç vermektedir. $TS\ 825/13$ 'te 5. DGB'nin oluşturulması, 4. DGB'ye ait en büyük $UYDS - Q_{yıl}$ değerini (138.3 MWh, Bayburt) oldukça aşağı çekmiş ve bu değeri, 4. DGB $TS\ 825/13 - Q_{yıl}$ (130.1 MWh) değerine yaklaştırmıştır. Bu doğrultuda, 4. DGB'ye ait $TS\ 825/13 - Q_{yıl}$ değeri, bu DGB'de yer alan illere ait $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinden, Bayburt ili haricinde, daha yüksek değer vermektedir. Bununla beraber, çatı illerinin bulunduğu 5. DGB'nin $TS\ 825/13 - Q_{yıl}$ (168.5 MWh) değeri ise 5. DGB'deki illerin $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinin ortalamasına yakın bir sonuç vermekte ve en yüksek değeri karşılamamaktadır. Özet olarak, standardın iki farklı versiyonu için de, çatı illerinin bulunmadığı DGB'lerde $TS\ 825 - Q_{yıl}$ değeri o DGB'ye ait en büyük $UYDS - Q_{yıl}$ değerine yakın sonuç verirken, çatı illerinin olduğu DGB'de ise $TS\ 825 - Q_{yıl}$ değeri, o DGB'de yer alan illerin $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinin ortalamasına yakın bir değere sahiptir.

DGB'lere ait en büyük ve en küçük [$UYDS - Q_{yıl}$] değerleri arasındaki fark, o DGB'ye ait $Q_{yıl}$ dağılım genişliğini vermektedir. Yürürlükteki standarda göre, iklim koşullarının zorlaşmasına paralel olarak DGB'lerin, ortalama, dağılım genişliği ve standart sapma değerleri artış göstermektedir.

Tablo 2. Örnek bina $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerine ilişkin istatistiksel veriler (Isıtma eşiği 19 °C).

Table 2. The statistical results for $LTOT - Q_{year}$ values of the case building according to different DDRs (Heating threshold is 19 °C).

| (Isıtma eşiği 19 °C) | DGB | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------|------|------|-------|------|-----------|------|-------|-------|--|
| | TS 825/08 | | | | | TS 825/13 | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| İl sayısı | 7 | 32 | 27 | 15 | 5 | 34 | 27 | 11 | 4 | |
| $TS\ 825 - Q_{yıl}$ (MWh) | 32.5 | 67.3 | 95.9 | 130.1 | 32.5 | 67.3 | 95.9 | 130.1 | 168.5 | |
| $UYDS - Q_{yıl}$ (MWh) | | | | | | | | | | |
| En yüksek değer | 31.5 | 69.0 | 96.7 | 181.9 | 28.6 | 69.0 | 96.7 | 138.3 | 181.9 | |
| En düşük değer | 20.6 | 39.1 | 65.7 | 97.3 | 20.6 | 28.2 | 65.7 | 97.3 | 161.4 | |
| Ortalama | 26.2 | 52.4 | 82.3 | 127.1 | 24.7 | 51.1 | 82.3 | 112.0 | 168.5 | |
| Standart sapma | 4.0 | 8.1 | 9.1 | 28.2 | 3.6 | 9.5 | 9.1 | 12.2 | 9.5 | |
| Varyasyon katsayısı (%) | 15.2 | 15.4 | 11.0 | 22.2 | 14.4 | 18.6 | 11.0 | 10.9 | 5.7 | |

Bununla beraber, standart sapmanın ortalamaya oranını veren varyasyon katsayısı değeri, DGB'ler için 0.11-0.22 bandında değişmektedir. 4. DGB'ye ait varyasyon katsayısı diğer DGB'lere ait verilere göre oldukça yüksektir. Öte yandan, standardın önerilen versiyonunda, yürürlükteki 4. DGB'nin, 4. ve 5. DGB olarak ikiye ayrılmasıyla beraber, bu DGB'lere ait dağılım genişliği, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri oldukça düşmüştür. Bunun yanında, Aydın ve Osmaniye illerinin 2. DGB'ye aktarılması, bu DGB'deki varyasyon katsayısında dikkate değer bir oranda artışa sebep olmuştur. İstatistik veriler, 5. DGB'nin oluşturulmasını desteklerken, Aydın ve Osmaniye illerinin 2. DGB'ye aktarılması ile çelişmektedir.

TS 825 standardının amacı, DGB'lere ait ortalama dış sıcaklık verisini kullanarak hızlı ve kolay $Q_{yıl}$ hesaplanması ve bu bölgelerin koşullarına uygun asgari ısı yalıtımının yapılmasını sağlamaktır. Analiz sonuçları, standardaki verilerin UYDS verilerine göre daha fazla ısı yalıtımını teşvik ettiğini göstermiştir. Her il için yalıtım teşviği sağlayabilecek bu farkı göstermek için $UYDS - Q_{yıl}$ ile $TS 825 - Q_{yıl}$ birbirine oranlanarak (Eş. 7) bir yalıtım güvenlik faktörü (YGF) hesaplanmıştır ve Şekil 4'te sonuçları sunulmuştur.

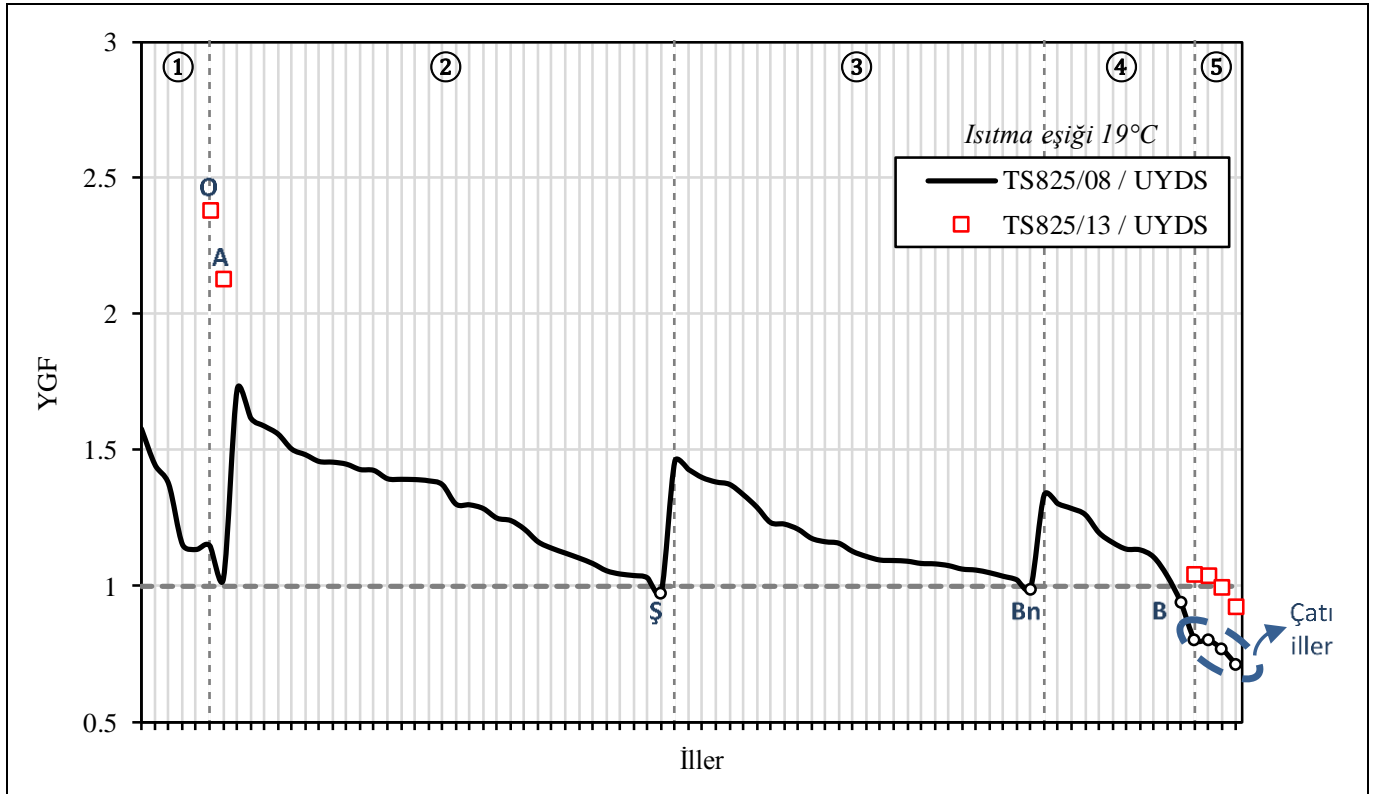
$$YGF = \frac{TS 825 - Q_{yıl}}{UYDS - Q_{yıl}} \quad (7)$$

Yürürlükteki TS 825/08 standardına göre DGB'lerin YGF aralıkları sırasıyla 1. DGB 1.03-1.58, 2.DGB 0.98-1.72, 3. DGB

0.99-1.46 ve 4. DGB 0.71-1.34 olarak hesaplanmıştır. İlk 3 DGB için YGF alt limiti 1'e çok yakındır. Fakat iklimin daha sert geçtiği 4. DGB'de YGF alt limitinin 1'in oldukça altında olması, o DGB'de yapılacak bir binada yetersiz yalıtım planlamasına sebep olabilir. Standardın önerilen 2013 versiyonunda 5. DGB oluşturulmasıyla beraber, 4. ve 5. DGB'ye ait YGF (0.94-1.34 ve 0.93-1.04) değerleri iyileştirilmiş ve böylece bu DGB'lerin iklim koşullarına daha uygun yalıtım tasarımı yapılması teşvik edilmiştir. Ayrıca, TS 825/13'te Osmaniye ve Aydın'ın 2. DGB'ye geçirilmesi ile 1. DGB YGF alt limiti 1.14'e, 2. DGB YGF üst limiti ise 2.38'e kadar çıkmıştır.

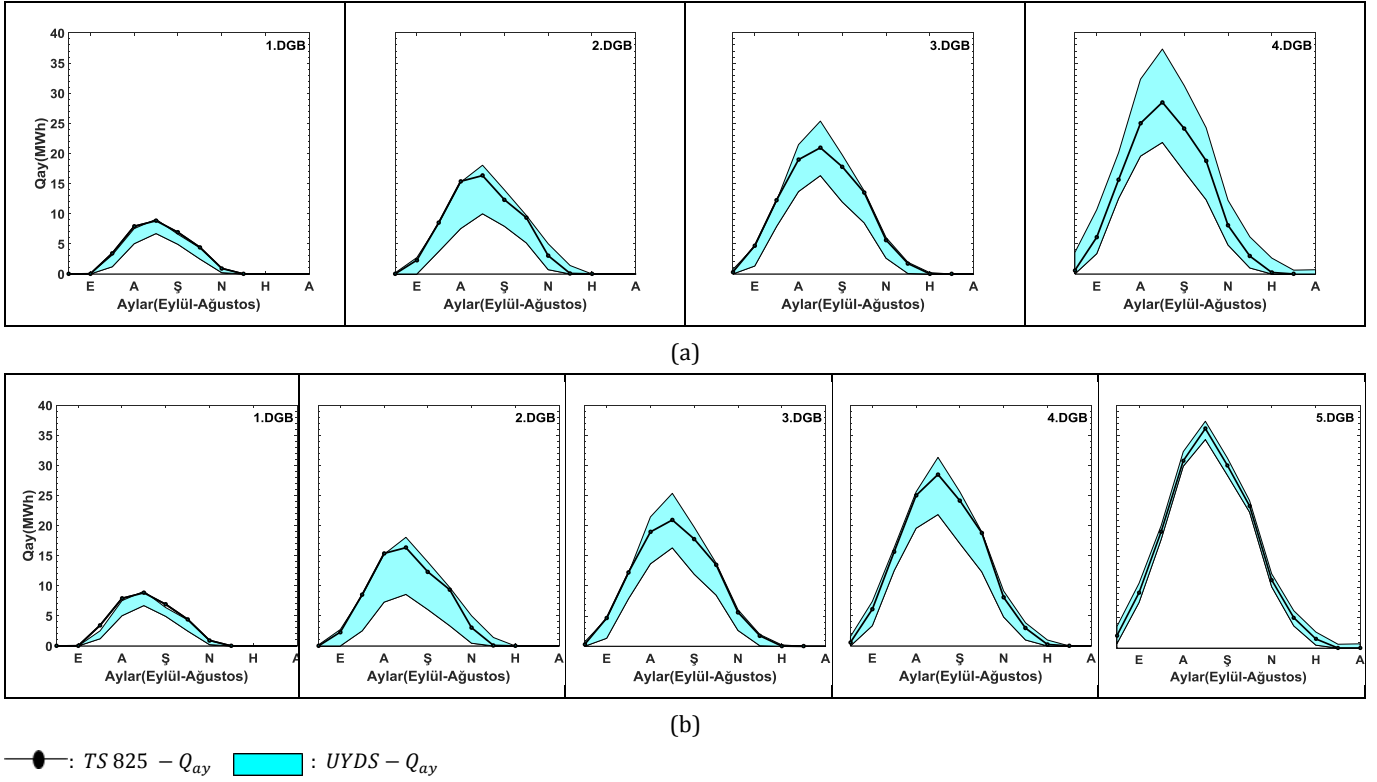
Mevsimsel farklılıklar $UYDS - Q_{ay}$ değerlerinin, TS 825 /08 – Q_{ay} (Şekil 5a) ve TS 825 /13 – Q_{ay} (Şekil 5b) değerleri ile kıyaslanmasıyla incelenmiştir. Beklenildiği üzere, özellikle kış aylarında aynı DGB içerisinde yer alan iller için hesaplanan $UYDS - Q_{ay}$ değerlerine ait dağılım genişliği artmaktadır. Bununla birlikte, mevsimsel geçişlerin olduğu bahar dönemlerinde dağılım genişliği azalmakta, yaz döneminde ise çoğu ilimizde hiç ısıtma yapılmamaktadır. DGB'lerin derecesi yükseldikçe iklim sertleşmekte; dolayısıyla, hesaplanan Q_{ay} değerleri artmakta ve ısıtma zaman aralığı genişlemektedir.

TS 825/08 1. DGB için ısıtmanın olduğu zaman aralığında TS 825 – Q_{ay} değerleri, 1.DGB'ye ait en yüksek $UYDS - Q_{ay}$ değerlerine oldukça yakın sonuç vermektedir. 2. DGB'de ise TS 825 – Q_{ay} değerleri, kış aylarında bu DGB'nin en yüksek $UYDS - Q_{ay}$ değerlerinin biraz altında kalmaktadır.



Şekil 4. Örnek bina için hesaplanan YGF değerleri (Isıtma eşiği 19 °C); ①-⑤: TS 825/13 DGB'leri, O: Osmaniye, A: Aydın, B: Bayburt, Bn: Bingöl, Ş: Şırnak.

Figure 4. Insulation safety factor values of the case building for 81 cities (Heating threshold is 19 °C); ①-⑤: TS 825/13 DDRs, O: Osmaniye, A: Aydın, B: Bayburt, Bn: Bingöl, Ş: Şırnak.



Şekil 5. Örnek bina için hesaplanan Q_{ay} değerleri (Isıtma eşiği 19 °C); (a): UYDS ve TS 825/08, (b): UYDS ve TS 825/13.

Figure 5. Q_{month} values of the case building in DDRs (Heating threshold is 19 °C); (a): LTOT & TS 825/08, (b): LTOT & TS 825/13.

2. DGB'de bazı illerde, ilkbahar ile yaz arasındaki geçiş döneminde (Mayıs ayında) UYDS verilerine göre ısıtma ihtiyacı devam ederken TS 825 dış sıcaklık verilerine göre yapılan hesaplarda ısıtma ihtiyacı olmadığı varsayılmaktadır. Diğer aylarda ise 2. DGB, 1. DGB ile benzer bir davranış göstermektedir. 3. DGB'de kış aylarında, $TS\ 825 - Q_{ay}$ değeri, $UYDS - Q_{ay}$ değerlerinin ortalamasına yaklaşırken; yılın diğer dönemlerinde ise DGB'ye ait en büyük $UYDS - Q_{ay}$ değerine yakın sonuca sahiptir.

4. DGB'de, diğer DGB'lerin aksine, çatı illerinin etkisiyle, $TS\ 825/08 - Q_{ay}$ değerleri, $UYDS - Q_{ay}$ değerlerinin ortalamasına yakın ya da ortalamanın biraz altında bir değere sahiptir. $TS\ 825/13$ 'te ise ilk üç DGB karakteristiğini korurken, çatı illerinin 5. DGB'ye aktarılmasıyla, 4. DGB, 2. DGB'ye benzer bir dağılıma sahip olmuştur. Öte yandan, 5. DGB'de $TS\ 825 - Q_{ay}$ değerleri, $UYDS - Q_{ay}$ değerlerinin ortalamasına yakın bir sonuç vermektedir. Ayrıca, bu DGB'nin aylık verilerinin göreceli dağılım genişliği, diğer DGB'lere göre oldukça düşüktür. Bu durum, YGF analizinde de görüldüğü gibi, hesaplamalarda sapma miktarını azaltmakta ve 5. DGB'nin oluşturulması fikrini desteklemektedir.

4.2 Isıtma eşiği sıcaklığı seçiminin $Q_{yıl}$ hesaplamalarına etkisi

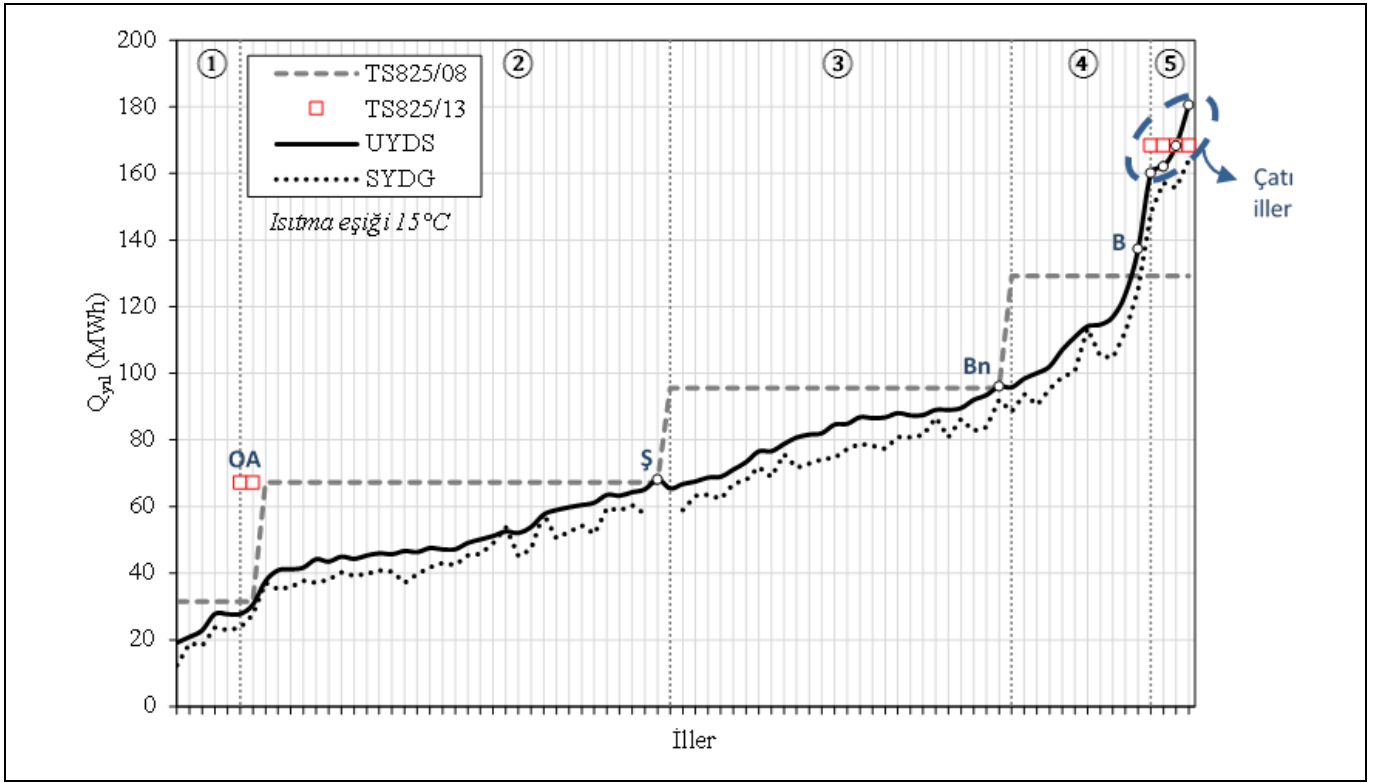
Isıtma eşiği sıcaklığının seçiminin, yıllık ısıtma enerji gereksinimini etkilediği bilinmektedir [31]. Bununla beraber, örnek bina için iki farklı ısıtma eşiği kullanılarak hesaplanan $Q_{yıl}$ değerleri kıyaslandığında (Şekil 3 ve Şekil 6), ısıtma eşiğinin 19 °C'den 15 °C'ye düşürülmesiyle, $Q_{yıl}$ değeri bazı illerde aynı kalırken; 15°C ile 19°C arasında bir aylık ortalama dış sıcaklık verisine sahip olan illerde, yılda 2 MWh'e varan

düşüşler görülmüştür. Bu durum, mevsimsel geçiş dönemlerinde iki farklı ısıtma eşiği sıcaklığına göre ısıtma yapılıp yapılmamasından kaynaklanmaktadır [23].

Isıtma eşiğinin düşürülmesi, 3. DGB ($TS\ 825/08$ ve $TS\ 825/13$) ve 5. DGB ($TS\ 825/13$) dışındaki diğer DGB'lerde standart sapma değerini ve dağılım genişliği aralığını az da olsa arttırmıştır. Bunun yanında, iki analiz sonucu (Şekil 3 ve Şekil 6) arasında görülen en bariz farklılık, ısıtma eşiğinin düşmesiyle beraber, 4. DGB'de yer alan Kayseri ili için hesaplanan $UYDS - Q_{yıl}$ değerinin 3. DGB'ye ait $TS\ 825 - Q_{yıl}$ değerinden daha düşük olmasıdır. Sonuç olarak, ısıtma eşiği sıcaklığı seçimi, $TS\ 825 - Q_{yıl}$ ve $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinde küçük düşüşlere sebep olmakla birlikte bina ısıtma enerji gereksiniminde ciddi değişikliklere yol açmamıştır. Bu durum, ülkemizin bulunduğu iklim kuşağından ve yerel iklim parametrelerinin etkisinden dolayı, herhangi bir ilimizde aylık ortalama dış sıcaklık değerinin geniş bir zaman diliminde 15 °C ile 19 °C arasında bulunmamasından kaynaklanmaktadır [23]. Bununla beraber, hesaplamalarda derece-saat ya da derece-gün değerleri yerine aylık ortalama dış sıcaklığa bağlı derece-gün sayısı yaklaşımının kullanılmasının da kısmi bir etkisi olabilir.

4.3 SYDG dış sıcaklık verilerine göre yapılan $Q_{yıl}$ hesaplamalarının $UYDS - Q_{yıl}$ ve $TS\ 825 - Q_{yıl}$ hesaplamaları ile kıyaslanması

Örnek bina için $TS\ 825/08$, $TS\ 825/13$, UYDS ve SYDG verileri kullanılarak ve ısıtma eşiği 15°C alınarak hesaplanan yıllık ısıtma enerji gereksinimi $Q_{yıl}$ değerleri Şekil 6'da sunulmuştur. $SYDG - Q_{yıl}$ değerlerinin, $UYDS - Q_{yıl}$ ve $TS\ 825 - Q_{yıl}$ değerlerine göre değişimini daha kolay



Şekil 6. Örnek bina için hesaplanan $Q_{yıl}$ değerleri (Isıtma eşiği 15°C); ①-⑤: TS 825/13 DGB'leri, O: Osmaniye, A: Aydın, B: Bayburt, Bn: Bingöl, Ş: Şırnak.

Figure 6. Q_{year} values of the case building (Heating threshold is 15°C); ①-⑤: TS 825/13 DDRs, O: Osmaniye, A: Aydın, B: Bayburt, Bn: Bingöl, Ş: Şırnak.

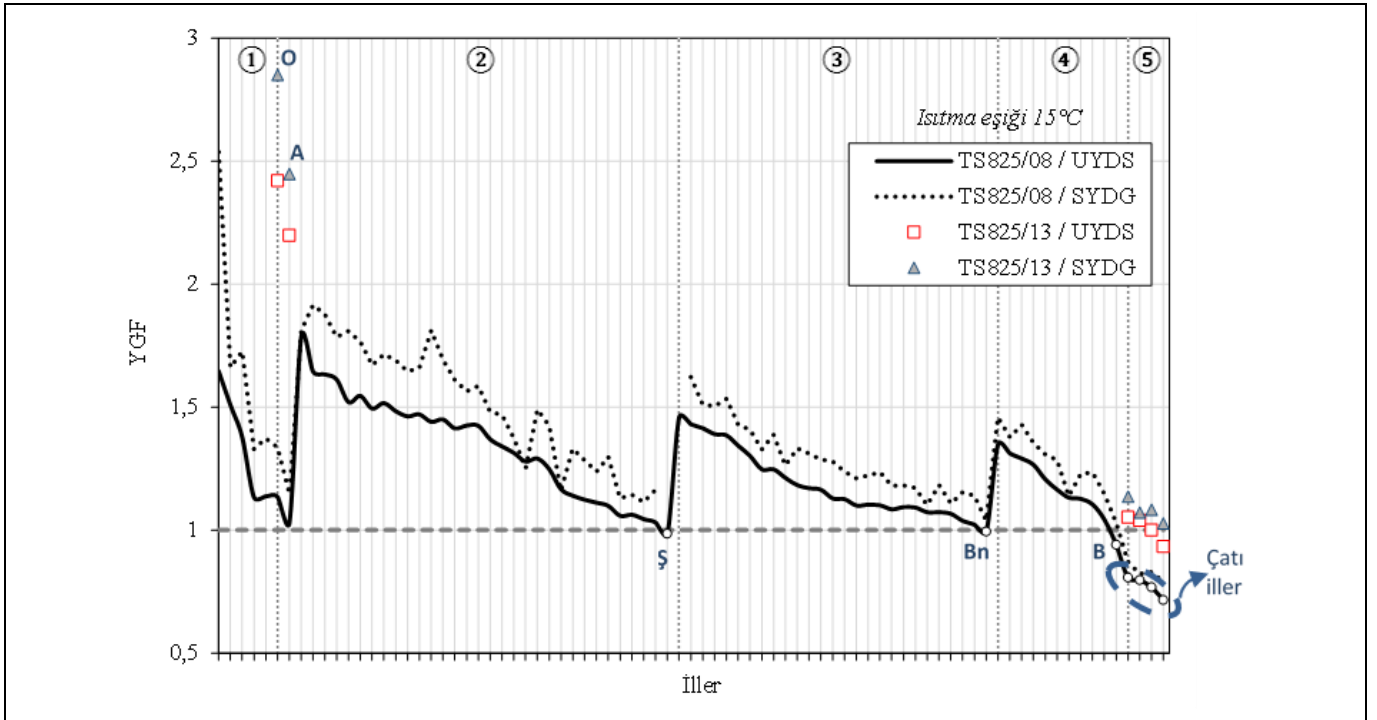
gözlemleyebilmek için, Şekil 3'te olduğu gibi Şekil 6'da da illere ait $Q_{yıl}$ değerleri, her DGB'nin kendi içinde küçükten büyüğe doğru sıralanması ile gösterilmiştir. Analiz sonuçları, çatı illeri dışındaki illerde, TS 825/08 - $Q_{yıl}$ değerinin SYDG - $Q_{yıl}$ değerinin üzerinde olduğunu göstermektedir. TS 825/13'te ise, çatı illeri için 5. DGB oluşturulmasıyla beraber, tüm illerde TS 825/13 - $Q_{yıl}$ değeri SYDG - $Q_{yıl}$ değerinden daha yüksek bir sonuç vermektedir. Bu sonuçlar, TS 825 DGB verilerinin enerji gereksinimini daha yüksek hesapladığını ve hedeflenen enerji gereksinimine ulaşmak için daha fazla ısı yalıtımını teşvik ettiğini yine göstermektedir.

Benzer bir şekilde, illerin büyük bir kısmında, SYDG - $Q_{yıl}$ değeri, UYDS - $Q_{yıl}$ değerinden daha düşük bir sonuca sahiptir. Dolayısıyla, UYDS-TS 825 verilerine göre yapılan kıyaslamada gözlemlenen farklılıklar, SYDG-TS 825 verilerine göre yapılan karşılaştırmada daha belirgindir. İlk olarak, analizlerde UYDS verisi yerine SYDG verisinin kullanılması yalıtım güvenlik faktörü değerlerini genel olarak yükseltmiştir (Şekil 7). TS 825/13'e göre bütün illerin YGF değeri 1'in üzerindedir. İkinci olarak, ait olduğu DGB'den daha ılımlı iklimi olan, DGB'nin TS 825 - $Q_{yıl}$ değerinden daha düşük SYDG - $Q_{yıl}$ değerine sahip il sayısı, UYDS verisiyle yapılan analizdeki aynı özelliğe sahip il sayısına göre oldukça artmıştır. Bu illerin tamamı, kendisinden daha ılımlı bir klime sahip il veya iller ile komşudur. Bu iller aynı zamanda, DGB'ler arası geçişlerde SYDG - $Q_{yıl}$ değerindeki marjinal artışın en düşük olduğu (2. DGB'den 3. DGB'ye ve 3. DGB'den 4. DGB'ye geçiş) 3. ve 4. DGB'nin alt sınırlarında yer almaktadırlar. Dolayısıyla, DGB'ler

arasındaki geçişlerde, $Q_{yıl}$ değerindeki marjinal değişimin oldukça düşük olduğu bölümlerde, marjinal değişimin daha yüksek olduğu aralıkları baz alarak DGB kümelenmesinin yeniden gözden geçirilmesi daha sağlıklı analizlerin yapılmasına katkı sağlayacaktır. Bunun yanında, mevcut durum için, DGB'lerin sınır değerlerinde bulunan illerin iklim verileri, belirli periyotlarla güncellenebilir. Güncelleme sonucu yapılan analizler ile bu illerin DGB'leri yeniden gözden geçirilebilir ve gerekli bulunduğu komşu DGB'lere geçişleri yapılabilir.

Hesaplanan SYDG - $Q_{yıl}$ değerleri, 79 ilin 77'sinde UYDS - $Q_{yıl}$ değerlerinin altında kalmaktadır. Ayrıca, tüm DGB'lerde SYDG - $Q_{yıl}$ değeri, UYDS - $Q_{yıl}$ verisinden daha düşük birer en küçük, en büyük ve ortalama $Q_{yıl}$ değerine sahiptir (bk. Tablo 3). UYDS ve SYDG verilerine göre yapılan hesaplamalarda, $Q_{yıl}$ değerleri arasında ciddi farklılıkların olması, iki sebepten kaynaklanabilir:

- Derece-gün hesaplamasında, SYDG verisinde günlük dış sıcaklık verisi dikkate alınırken UYDS verilerinde aylık ortalama dış sıcaklık verisinin kullanılması, ve/ya,
- SYDG verisi, 2007-2015 yıllarına ait dış sıcaklık verisini esas alırken; UYDS verisinin 1954-2015 yıllarına ait dış sıcaklık verisini dikkate alması.



Şekil 7. Örnek bina için hesaplanan YGF değerleri (Isıtma eşiği 15 °C); ①-⑤: TS 825/13 DGB'leri, O: Osmaniye, A: Aydın, B: Bayburt, Bn: Bingöl, Ş: Şırnak.

Figure 7. Insulation safety factor values of the case building (Heating threshold is 15 °C); ①-⑤: TS 825/13 DDRs, O: Osmaniye, A: Aydın, B: Bayburt, Bn: Bingöl, Ş: Şırnak.

Tablo 3. Örnek bina UYDS – $Q_{yıl}$ ve SYDG – $Q_{yıl}$ değerlerine ilişkin istatistiksel veriler (Isıtma eşiği 15 °C).

Table 3. The statistical results for $LTOT - Q_{yıl}$ and $ROT - Q_{yıl}$ values of the case building (Heating threshold is 15 °C).

| (Isıtma eşiği 15°C) | DGB | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|-------|-------|-----------|------|------|-------|-------|--|
| | TS 825/08 | | | | TS 825/13 | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| TS825 – $Q_{yıl}$ (MWh) | 31.5 | 67.2 | 95.6 | 129.2 | 31.5 | 67.2 | 95.6 | 129.2 | 168.5 | |
| UYDS – $Q_{yıl}$ (MWh) | | | | | | | | | | |
| En yüksek değer | 30.6 | 68.2 | 96.1 | 180.6 | 27.8 | 68.2 | 96.1 | 137.3 | 180.6 | |
| En düşük değer | 19.1 | 37.6 | 65.5 | 95.8 | 19.1 | 27.8 | 65.5 | 95.8 | 160.1 | |
| Ortalama | 25.3 | 51.3 | 81.5 | 126.2 | 23.7 | 50.0 | 81.5 | 111.1 | 167.8 | |
| Standart sapma | 4.3 | 8.4 | 9.0 | 28.3 | 4.0 | 9.7 | 9.0 | 12.3 | 9.2 | |
| Varyasyon katsayısı (%) | 16.9 | 16.4 | 11.0 | 22.4 | 16.7 | 19.4 | 11.0 | 11.1 | 5.5 | |
| SYDG – $Q_{yıl}$ (MWh) | | | | | | | | | | |
| En yüksek değer | 27.5 | 60.4 | 92.00 | 163.9 | 23.7 | 60.4 | 92.0 | 125.4 | 163.9 | |
| En düşük değer | 12.4 | 30.6 | 58.9 | 88.6 | 12.4 | 23.6 | 58.9 | 88.6 | 148.3 | |
| Ortalama | 21.1 | 45.2 | 75.3 | 116.9 | 19.3 | 44.0 | 75.3 | 102.7 | 156.3 | |
| Standart sapma | 4.9 | 8.3 | 8.2 | 26.5 | 4.5 | 9.3 | 8.2 | 11.1 | 6.4 | |
| Varyasyon katsayısı (%) | 23.4 | 18.3 | 10.9 | 22.6 | 23.4 | 21.1 | 10.9 | 10.9 | 4.1 | |

İlk olarak, TS 825 aylık ortalama dış sıcaklık verisi, ayın bütün günlerini özdeş kabul etmektedir. Dolayısıyla, aylık ortalama dış sıcaklığı ısıtma eşiğinin altında olduğu durumlarda, günlük ortalama dış sıcaklığı ısıtma eşiğinin üstünde olan illerde, SYDG verisine göre ısıtma yapılmazken UYDS verisinde ısıtma olduğu farz edilmektedir. Bu durum TS 825 yaklaşımının, aylık derece-gün sayısını daha yüksek hesaplamasına yol açabilmektedir. Örneğin, bir il için, Ekim ayının 29 gününde ortalama 12 °C ile

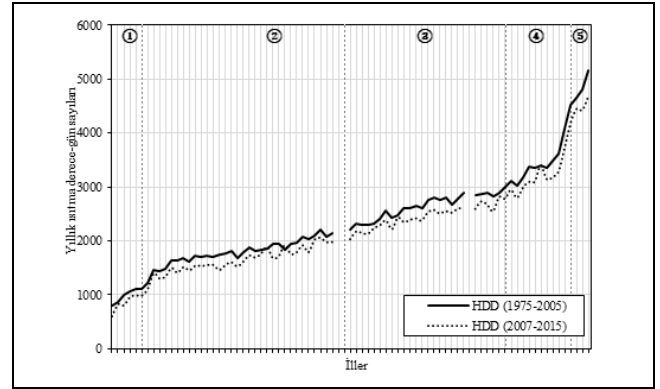
dış sıcaklık verisinin ısıtma eşiğinin altında kaldığını ve sadece bir günde ortalama dış sıcaklığın 18 °C olduğunu farz edelim. TS 825 yaklaşımına göre aylık ortalama dış sıcaklığı 12.2 °C ve aylık derece-gün sayısı 204'tür. Günlük dış sıcaklık verisine göre ise aylık derece-gün sayısı 203 olarak hesaplanacaktır. Bu durumda, TS 825 yaklaşımı, derece-gün sayısını 1 birim arttırmış ve ısıtma enerji ihtiyacı az da olsa yüksek hesaplanmıştır. Öte yandan, bu durumun tam tersi olarak, aylık

ortalama veriye göre ısıtma gerektirmeyen durumlarda, günlük veriler ısıtma ihtiyacı olduğunu da ortaya koyabilmektedir. Bu yaklaşımların, en çok fark yarattığı durumlar, aylık ortalama dış sıcaklığın ısıtma eşiğine çok yakın olduğu vakalardır. Örneğin, Nisan ayı için günlük veriye göre hesaplanan derece-gün sayısı sabitken, aylık ortalama dış sıcaklık verisine göre Nisan ayı ortalama sıcaklığının 14.9 °C'den 15.1 °C'ye çıkması, dış sıcaklık ortalamasında 0.2 °C değerinde bir yükseliş sağlayıp, aylık derece-gün sayısında ise 123 (4.1x30) birimlik bir düşüşe yol açmaktadır. Dolayısıyla bu değerlendirmeler, aylık ortalama dış sıcaklık verisine göre yapılan analizlerin, günlük verilerle yapılan analizlere göre sapmalara daha meyilli olduğunu göstermektedir.

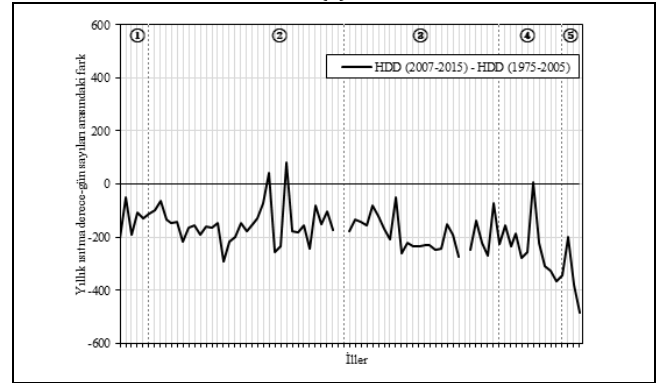
Karşılaştırılan UYDS ve SYDG verileri hem farklı yıl aralıklarını esas almakta hem de veriler günlük ve aylık olarak farklılık göstermektedir. Yukarıda özetlenen analiz farklarının hangi etkilerden kaynaklandığının araştırılması amacıyla, tipik bir meteorolojik yıla ait saatlik dış sıcaklık verisi ele alınarak, saatlik, günlük ve aylık ortalama dış sıcaklık verisi hesaplanmıştır. Bu veriler, EnergyPlus programından alınmış ve Ankara, İstanbul ve İzmir illeri için hesaplanmıştır. Elde edilen dış sıcaklık verileri ile her il için üç farklı $Q_{yıl}$ değeri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur. Analiz sonucuna göre, aylık ortalama dış sıcaklık verisine göre hesaplanan $Q_{yıl}$ değeri, günlük ortalama dış sıcaklık verisi ile hesaplanan $Q_{yıl}$ değerinden az da olsa yüksektir. Bununla beraber, her bir il için, üç veri tipi ile hesaplanan $Q_{yıl}$ değerleri sıralandığında, sıralamanın illere göre farklılık gösterdiği de görülmektedir. Dolayısıyla, dış sıcaklık verisi olarak aylık ortalama dış sıcaklık verisi yerine günlük ortalama dış sıcaklık verisinin kullanılmasının etkisi oldukça sınırlıdır. Öte yandan, üç il için EnergyPlus verisi ile hesaplanan $Q_{yıl}$ değerleri, İstanbul'a ait $TS\ 825 - Q_{yıl}$ değeri dışındaki tüm $TS\ 825 - Q_{yıl}$, UYDS - $Q_{yıl}$ ve SYDG - $Q_{yıl}$ hesaplamalarında muadillerinden daha yüksektir. Bu durumun oluşmasında, EnergyPlus programının saatlik dış sıcaklık verisinin, 1982-1994 yılları dış sıcaklık verileri arasından seçilmesinin etkin bir rolü olabilir [32].

İkinci olarak, UYDS verileri 1954-2015 arası zaman dilimini dikkate alırken; SYDG 2007-2015 yıllarına ait ortalama verileri esas almaktadır. Dolayısıyla, dikkate alınan zaman dilimindeki farklılık, küresel ısınma olgusuyla beraber değerlendirildiğinde ortalama dış sıcaklıkta görülen artış, son zamanlarda ısıtma için ihtiyaç duyulan enerji miktarını azaltmış olabilir [19]. Bu çıkarımın doğruluğu, farklı zaman dilimlerine ((a) 1975-2005 ve (b) 2007-2015) ait yıllık ortalama ısıtma derece-gün sayısını baz alan il bazlı veriler kıyaslanarak analiz edilmiştir. Hesaplamalarda, iç denge sıcaklığı ve ısıtma eşiği 18 °C alınmıştır [33]. Analiz sonuçları (Şekil 8), çıkarımı doğrulamakta ve illerin çoğunda, son yıllara ait ısıtma derece-

gün sayılarında kayda değer düşüşler (ortalama 180 derece-gün) olduğunu göstermektedir. Bu durum, küresel ısınma olgusunu desteklemekle birlikte dönemsel bir iklim etkisinden de kaynaklanabilir. İllerin dış sıcaklık verisinin zamana bağlı değişim göstermesi, ısıtma enerji gereksinimi hesaplamasında dikkate alınacak DGB verisinin önemini bir kat daha arttırmaktadır. DGB verisi, binanın erken tasarım sürecindeki ısı yalıtım detayını etkilemekte ve yalıtım tasarımı da binanın yaşam döngüsü bina ısıtma performansını etkilemektedir. Dolayısıyla, analizlerde dikkate alınan DGB dış sıcaklık verisinin binanın yaşam döngüsünü kapsayacak zaman dilimine de projeksiyon yapması, optimum yalıtım tasarımının yapılmasına katkı sağlayacaktır.



(a)



(b)

*: Çankırı, Karabük ve Şırnak için HDD verisi mevcut değildir.

Şekil 8. 1975-2005 ve 2007-2015 aralıkları için; (a): Ortalama yıllık ısıtma derece-gün sayıları. (b): Ortalama yıllık ısıtma derece-gün sayıları arasındaki fark (Isıtma eşiği 18 °C). ①-⑤: TS 825/13 DGB'leri.

Figure 8. (a): Average annual degree-days; (b): Difference between average annual heating degree-days of cities for the the 1975-2005 and 2007-2015 intervals (Heating threshold is 18 °C), ①-⑤: TS 825/13 DDRs.

Tablo 4. Dış sıcaklık veri tipinin $Q_{yıl}$ hesaplamalarına etkisi.

Table 4. The effect of outdoor temperature data type on Q_{year} calculations.

| (Isıtma eşiği 15 °C) | $Q_{yıl}$ (MWh) | | |
|-------------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| | Ankara- $Q_{yıl}$ | İstanbul- $Q_{yıl}$ | İzmir- $Q_{yıl}$ |
| Dış sıcaklık verisi tipi | | | |
| Aylık dış sıcaklık ortalaması | 106.5 | 51.9 | 35.4 |
| Günlük derece-gün sayısı | 106.1 | 51.3 | 34.3 |
| Saatlik derece-gün sayısı | 108.0 | 51.6 | 34.1 |

5 Sonuç ve öneriler

TS 825 "Isı Yalıtımı Kuralları" standardı, ülkemizi derece-gün bölgelerine ayırarak daha az veri ile kolay ve pratik bina ısıtma enerji gereksinimi hesaplaması ve yalıtım tasarımı yapılmasını sağlamaktadır. Ancak bu bölge kümelenme yaklaşımı, bazı eksiklikleri de beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada, farklı dış sıcaklık veri tiplerinin ve ısıtma eşiği sıcaklığı seçiminin, binanın ısıtma enerji gereksinimi hesaplarına etkisi 81 il için incelenmiş ve sonuçlar doğrultusunda TS 825 standardında yer alan DGB'lerin geçerliliği tartışılmıştır. Analiz sonuçları, standarda ait DGB dış sıcaklık verisinin, il bazlı UYDS verisine göre ağırlıklı olarak ısıtma enerji gereksinimini yüksek hesapladığını göstermektedir. Dolayısıyla, binanın ısıtma enerji gereksiniminin belirli bir seviyeye düşürülmesinin hedeflendiği durumlarda, standartta kullanılan dış sıcaklık verisi bir yalıtım güvenlik faktörü oluşturmakta ve daha fazla yalıtımı teşvik etmektedir. Öte yandan, TS 825/08'e göre 81 ilin 7'sinde, $UYDS - Q_{yıl}$ değeri TS 825 - $Q_{yıl}$ değerinden daha büyüktür. Bir diğer ifade ile bu illerde YGF değeri 1'in altındadır. Bununla beraber, diğer illere göre daha düşük YGF değerine sahip çatı illeri için TS 825/13'te 5. DGB'nin oluşturulması sonuçları oldukça iyileştirmiştir. Ancak, TS 825/13'teki bir diğer değişim olan Aydın ve Osmaniye ilinin 1. DGB'den 2. DGB'ye aktarılması, analiz sonuçlarıyla desteklenmemektedir. Bunlara ek olarak, TS 825 - $Q_{yıl}$ ve $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinin kıyaslanmasında, bazı illere ait $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinin, o ilin bulunduğu DGB'den daha ılıman iklime sahip DGB'ye ait TS 825 - $Q_{yıl}$ değerinden ve bu DGB'de yer alan bazı illerin $UYDS - Q_{yıl}$ değerinden bile daha düşük olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, DGB'lerin etkinliğini arttırmak için DGB kümelenmesi yeniden gözden geçirilmelisinde fayda olduğu ortaya çıkmaktadır.

Mevsimsel farklılıklar, $UYDS - Q_{ay}$ değerlerinin TS 825 /08 - Q_{ay} (Şekil 5a) ve TS 825 /13 - Q_{ay} (Şekil 5b) değerlerinin mevsimlere uyarlanıp kıyaslanmasıyla incelenmiştir. Beklendiği üzere özellikle kış aylarında aynı DGB içerisinde yer alan iller için hesaplanan $UYDS - Q_{ay}$ değerlerine ait dağılım genişliği artmaktadır. Bununla birlikte, mevsimsel geçişlerin olduğu bahar dönemlerinde ise dağılım genişliği azalmakta, yaz döneminde çoğu ilimizde hiç ısıtma yapılmamaktadır. DGB'lerin derecesi yükseldikçe iklim sertleşmekte; dolayısıyla, hesaplanan Q_{ay} değerleri artmakta ve ısıtma zaman aralığı genişlemektedir. Isıtma eşik sıcaklığı seçimi, $Q_{yıl}$ hesaplamalarını etkileyen bir parametre olmasına karşın, bu çalışmada, ısıtma eşiğinin 19°C'den 15°C'ye düşürülmesinin $UYDS - Q_{yıl}$ değerlerinde dikkat çekecek bir düşüşe sebep olmadığı görülmüştür. Bu durum, ülkemizin bulunduğu iklim kuşağında herhangi bir ilimizde, ortalama aylık dış sıcaklık değerinin geniş bir zaman diliminde 15 °C ile 19 °C arasında bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

Derece-gün sayısının hesaplanmasında günlük ortalama dış sıcaklık verisi yerine aylık ortalama dış sıcaklık verisinin kullanılması, $Q_{yıl}$ hesaplamalarında yanılsamalara olan meyili arttırmaktadır. Ancak, Ankara, İstanbul ve İzmir illeri için yapılan analizde, bu iki dış sıcaklık verisine göre hesaplanan $Q_{yıl}$ değerleri arasındaki farkın düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, mevcut analizlere göre, aylık ortalama dış sıcaklık verisinin kullanılmasının hesaplamalardaki sapmaya etkisi sınırlıdır.

İklim verisinin güncelliği, ısıtma enerjisi hesaplamalarındaki sapmaların azalmasına en önemli katkıyı sunmaktadır. Yapılan analize göre, hesaplamalar için dikkate alınan zaman dilimindeki değişim, küresel ısınmadan ya da dönemsel ısınmadan kaynaklı olarak, illerin büyük çoğunluğuna ait yıllık derece-gün sayısını azaltmış ve ısıtma enerji gereksinimini düşürmüştür. Öte yandan, dış sıcaklık verisinin güncelliğini sağlamak için geniş bir zaman dilimine ait verinin kullanılması kısa dönemli görülebilecek aykırı değerlerin etkisini azaltacaktır. Bununla beraber, DGB'lere ait dış sıcaklık verisinin, dış sıcaklık verisindeki geçmiş ve yakın dönemdeki trendler göz önüne alınarak binanın yaşam döngüsü boyunca etki edecek iklim koşullarının tahminiyle yeniden güncellenmesi ve bu verilere bağlı olarak standartta belirtilen ısı yalıtım limitlerinin güncellenmesi, binanın yaşam döngüsü ısıtma performansının etkinliğine katkı sunacaktır.

UYDS ve SYDG verileriyle yapılan incelemede, mevcut DGB kümelenmesinde, bazı DGB'ler arası geçişlerde, $Q_{yıl}$ değerleri arasındaki değişimin oldukça küçük olduğu görülmektedir. Bu değişim aralığını arttırmak için, iki veri için de $Q_{yıl}$ değerleri ayrı ayrı sıralanmış ve buna göre potansiyel DGB sınırları belirlenmiştir. Sonuçlar, bazı illere ait verilerin, iki dış sıcaklık verisi içinde potansiyel sınır değeri olabileceğini gösterirken, bazı illerin verileri ise sadece bir veri tipinde DGB olma potansiyeline sahiptir. Yani, DGB'lerin sınırını belirleyecek olan iller kullanılan dış sıcaklık verisine göre farklılık göstermektedir. Bundan dolayı, öncelikle dikkate alınacak iklim verisinin belirlenmesi ve daha sonra potansiyel sınır verilerinin oluşturulması daha etkin bir sonuç verecektir. Bunun yanında, mevcut analizlere göre, sınır olma potansiyeline sahip il sayısı mevcut DGB sayısından daha fazladır. Yani, derece-gün bölge sayısı koşullara göre arttırılabilir. Derece-gün bölge sayısının arttırılması, mevcut yalıtım güvenlik faktörü değerini azaltacaktır. Ancak, bu DGB'lere ait binalar için azami ısıtma enerji tüketiminin azaltılması ve bina elemanlarının ısıl geçirgenlik direncinin arttırılması, binanın ısı yalıtım tasarımını iyileştirecektir.

Bu çalışmada, TS 825 standardında belirtilen hesaplama yöntemine göre dış sıcaklık verisinin bina ısıtma enerji ihtiyacına olan etkisi incelenmiştir. İleriki çalışmalarda, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ısıtma enerjisi gereksinimi hesaplamalarında dikkate alınarak, iklim verisinin çalışma kapsamı dışında tutulan ısıtma enerji kazancına, özellikle güneş enerjisi kaynaklı enerji kazancına etkisinin tartışılması planlanmaktadır.

6 Conclusion and recommendations

The TS 825 "Thermal Insulation Rules in Buildings" standard clusters Turkish provinces/counties into degree-day regions (DDR) considering the climate conditions to provide easy and practical building heating energy requirement calculation and insulation design with less data. However, this regional clustering approach brings along some shortcomings. In this study, the effect of different outdoor temperature data types and heating threshold temperature selection on the heating energy requirement calculations of a building was examined for 81 provinces and the validity of the DDRs given in the TS825 standard was discussed in line with the results. The analysis results show that the outdoor temperature data of DDRs provided in the standard predominantly calculates the heating

energy requirement ($TS\ 825 - Q_{year}$) of the building in the province higher than the energy amount ($LTOT - Q_{year}$) calculated using the provincial long-term outdoor temperature data (LTOT). Therefore, in cases where it is aimed to reduce the heating energy requirement of the building to a certain level, the outdoor temperature data used in the standard provides an insulation safety factor and incentivizes more insulation for the buildings. On the other hand, according to TS 825/08, in 7 of 81 provinces, $LTOT - Q_{year}$ values are greater than $TS\ 825 - Q_{year}$ values of the case building. In other words, the insulation safety factor ISF value in these provinces is below 1. However, the formation of the 5th DDR in TS 825/13, has improved the results considerably for the roof provinces having lower ISF values compared to other provinces. Hence, the calculated energy requirement difference between the provincial and standard outdoor temperature data for these provinces is quite reduced. Nevertheless, another update in TS 825/13, that transfers Aydın and Osmaniye provinces from the 1st DDR to 2nd DDR is not supported by the analyses results provided in this study. In addition, the comparison of the results shows that the value of $LTOT - Q_{year}$ of some provinces in the DDR is even lower than the $TS\ 825 - Q_{year}$ value of the DDR with warmer conditions than the DDR the provinces are clustered in. Therefore, it appears that it is beneficial to review the DDR clustering in order to increase the efficiency of DDRs in practice.

Seasonal variations were analyzed by adapting and comparing the $LTOT - Q_{month}$ values of the provinces in the same DDR with $TS\ 825 - Q_{month}$ of the DDR in the standard. As expected, the distribution width of $LTOT - Q_{month}$ values calculated for the provinces within the same DDR increases especially in the winter period. Besides that, in the spring periods where there are seasonal transitions, the range decreases and, no heating is required for most of the provinces in the summer periods. Moreover, the higher the degree of DDR, the harsher the climate conditions; hence the calculated values of Q_{month} increase and the heating time interval expands. Although the selection of heating threshold temperature is a parameter that affects Q_{year} calculations, in this study, it was observed that the reduction of the heating threshold from 19°C to 15°C did not cause a remarkable decrease in the values of $LTOT - Q_{year}$. This is related with the climate zone of Turkey where the average monthly outdoor temperature is not between 15°C and 19°C over a wide period of time in any province.

Using monthly average outdoor temperature data instead of daily average outdoor temperature data in calculating the number of degree-days increases the divergence of Q_{year} calculations. However, in the analysis conducted for Ankara, Istanbul, and Izmir provinces, it is seen that the difference between Q_{year} values calculated according to these two outdoor temperature data is low. Therefore, according to the current analysis, using monthly average outdoor temperature data has a limited effect on the deviation in the calculations.

The up-to-dateness of climate data provides the most important contribution to reducing deviations in heating energy calculations. According to the analysis, the change in the time period taken into account for the calculations reduced the annual number of degree-days for most of the provinces and reduced the heating energy requirement, due to global warming or periodic warming conditions. On the other hand, using data from a longer time period to keep the outdoor temperature data up-to-date will reduce the effect of short-

term outliers. In addition, updating the outdoor temperature data of the DDRs with the estimation of the climatic conditions that will affect during the life cycle of the building by considering the past and recent trends in the outdoor temperature data, and updating the thermal insulation limits specified in the standard based on these data, will contribute to the efficiency of the building's life cycle heating performance.

The examination made with long-term and recent outdoor temperature data show that although the difference between Q_{year} values of the provinces in the transition zone of the DDRs is quite small for some DDRs, the provinces are clustered in different DDRs. In order to increase this change interval, the Q_{year} values for the two outdoor temperature data are listed separately and the potential DDR limits are determined accordingly. The results show that the data of some provinces may have potential limit values for both outdoor temperature data, while the data of some provinces have the potential to be DDR in only one data type. In other words, the provinces that will determine the boundaries of the DDRs differ according to the outdoor temperature data used. Therefore, deciding first the climate data to be considered and then determining potential boundary data will give more efficient results. In addition, according to the current analysis, the number of provinces that have the potential to be a border is more than the current number of DDRs. That means the number of degree-day zones can be increased according to the conditions at hand. Increasing the number of degree-day zones will decrease the current insulation safety factor values. However, for buildings belonging to these DDRs, reducing the maximum allowable heating energy consumption of the building and increasing the thermal conductivity resistance of the building elements will improve the thermal insulation design.

In this study, the effect of outdoor temperature data on the heating energy requirement of the building was examined according to the calculation method specified in the TS 825 standard. In future studies, it is planned to discuss the effect of climate data on heating energy gain, which is excluded from the scope of this study, especially on energy gain from solar energy, taking into account the results obtained from this study in the heating energy requirement calculations.

7 Kaynaklar

- [1] Enerdata. "World Energy Statistics 2016". <https://yearbook.enerdata.net/> (21.09.2018).
- [2] World Energy Council. "World Energy Resources 2013 Survey". https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf (05.05.2018).
- [3] IPCC. "Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change". Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 2014.
- [4] Panwar NL, Kaushik SC, Kothari S. "Role of renewable energy sources in environmental protection: A review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1513-1524, 2011.
- [5] Dilmac S. "TS 825'in hazırlanma amacı ve uygulanmasında ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesi". *Yatırım Kongresi*, Eskişehir, Türkiye, 23-25 Mart 2001.
- [6] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Çevresel Göstergeler-Sektörlere Göre Nihai Enerji Tüketimi". Ankara, Türkiye, 2017.

- [7] Türk Mütcaahhitler Birliği. "İnaaat Sektörü Analiz Raporu: Düşük Büyüme-Orta Demokrasi-Yüksek Risk". Türk Mütcaahhitler Birliği, Ankara, Türkiye, 2014.
- [8] Odyssee Veritabanı. "Final Energy Consumptions of Residential". <http://odyssee.enerdata.net/database> (22.09.2016).
- [9] Türk Standardları Enstitüsü. "TS 825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları". Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2008.
- [10] Oral GK, Akşit ŞF. "TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliđinin Konutlarda Isı Korunumu Açısından Değerlendirilmesi". *Yalıtım Kongresi*, Eskişehir, Türkiye, 23-25 Mart 2001.
- [11] Maniođlu G, Yılmaz Z. "Energy efficient design strategies in the hot dry area of Turkey". *Building and Environment*, 43, 1301-1309, 2008.
- [12] Yılmaz Z. "Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones: Comparison of thermal performance of buildings in temperate-humid and hot-dry climate". *Energy and Buildings*, 39, 306-316, 2007.
- [13] Harputlugil GU. An Assessment Model Addressed to Early Phases of Architectural Design Process Prioritised by Energy Performance. PhD Thesis, Gazi University, Ankara, Turkey, 2009.
- [14] Bulut H, Büyükcalaca O, Yılmaz T. Türkiye için ısıtma ve soğutma derece-gün değerleri. 16. *Ulusal Isı Bilimi ve Tekniđi Kongresi*, Kayseri, Türkiye, 30 Mayıs-2 Haziran 2007.
- [15] Pusat GK, Ekmekci I. "A study on degree-day regions of Turkey". *Energy Efficiency*, 9(2), 525-532, 2016.
- [16] Uçar A and Dumrul MU, "Bir konutun dış duvarları için ısıtma ve soğutma yüklerine göre optimum yalıtım kalınlığın tespiti ve enerji tasarrufu analizi". *European Journal of Science and Technology*, 16, 740-749, 2019.
- [17] Lashof DA, Ahuja DR. "Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming". *Nature*, 344, 529-531, 1990.
- [18] Hansen J, Ruedy R, Sato M, Lo K. "Global surface temperature change". *Reviews of Geophysics*, 48(4), RG4004, 2010. doi:10.1029/2010RG000345.
- [19] Christenson M, Manz H, Gyalistras D. "Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland". *Energy Conversion and Management*, 47(6), 671-686, 2006.
- [20] Wan KKW, Li DHW, Pan W, Lam JC. "Impact of climate change on building energy use in different climate zones and mitigation and adaptation implications". *Applied Energy*, 97, 274-282, 2012.
- [21] Gürsel Dino I, Meral Akgül C. "Impact of climate change on the existing residential building stock in Turkey: An analysis on energy use, greenhouse gas emissions and occupant comfort". *Renewable Energy*, 141, 828-846. 2019.
- [22] Roaf S, Crichton D, Nicol F. *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide*. 2nd Ed. Oxford, United Kingdom, Architectural Press, 2009.
- [23] Meteoroloji Genel Müdürlüğü. "Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri". <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx> (04.07.2018).
- [24] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "43452547-120.00-185657 Sayılı Yazılı Soru Önergesine Cevap Yazısı" <https://www.tbmm.gov.tr/d24/7/7-46141sgc.pdf>. (04.02.2019).
- [25] De Rosa M, Bianco V, Scarpa F, Tagliafico LA. "Heating and cooling building energy demand evaluation: A simplified model and a modified degree days approach". *Applied Energy*, 128, 217-229, 2014.
- [26] Dombayci ÖA. "Degree-days maps of Turkey for various base temperatures". *Energy*, 34, 1807-1812, 2009.
- [27] Quayle RG, Diaz HF. "Heating degree day data applied to residential heating energy consumption". *Journal of Applied Meteorology*, 19(3), 241-246, 1979.
- [28] Roshan GR, Ghanghermeh AA, Attia S. "Determining new threshold temperatures for cooling and heating degree day index of different climatic zones of Iran". *Renewable Energy*, 101, 156-167, 2017.
- [29] Bayram M, Yeşilata B. "Isıtma ve soğutma derece gün sayılarının entegrasyonu". 9. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, Türkiye, 6-9 Mayıs 2009.
- [30] Atmaca U, "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler". *Tesisat Mühendisliği*, 154, 21-35, 2016.
- [31] Eisenhower B, Neill ZO, Fonoberov V, Mezi I. "Uncertainty and sensitivity decomposition of building energy models". *Journal of Building Performance Simulation*, 5(3), 171-184, 2011.
- [32] Roudsari MS, Smith A. "Ladybug: a parametric environmental plugin for Grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design". *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Chambéry, France, 26-28 August 2013.
- [33] Sensoy S, Sagır R, Eken M, Ulupınar Y. "Türkiye Uzun Yıllar Isıtma Ve Soğutma Gün Dereceleri". Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2007.