

# KONUT BİNALARI ENERJİ SERTİFİKASYONUNDA ISITMA VE SOĞUTMA ENERJİSİ İHTİYACININ BİNA PARAMETRELERİNE DUYARLILIK ANALİZİ: BEP-TR HESAPLAMA METODOLOJİSİ İLE DEĞERLENDİRME

Burcu Çiğdem ÇELİK  
A. Zerrin YILMAZ  
Stefano P. CORGNATI

## ÖZET

Türkiye’de binalara enerji kimlik belgesi vermek üzere, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’nın 5 Aralık 2008 yılında çıkarmış olduğu, 27075 sayılı “Binalarda Enerji Performansı” Yönetmeliği uyarınca geliştirilen ulusal hesaplama yöntemi BEP-TR’de önerilen algoritma, mevcut binalar için basitleştirilmiş bir akış izlemektedir. Bu çalışmada, BEP-TR Ulusal Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi’nin mevcut konut binaları üzerinden parametrik analizi yapılarak konut binalarının enerji ihtiyacının parametrelere duyarlılığı test edilmiştir. Yapı bileşeni ısı geçirgenlik değerleri, mekan hava değişim katsayıları gibi, enerji kimlik belgesi uzmanları tarafından mevcut binalarda yapılan kabullerin bina ısıtma ve soğutma net enerji ihtiyacına ve dolayısıyla enerji sınıfına etki hassasiyetleri, Türkiye’nin iklim bölgelerini temsil eden beş farklı il için BEP-TR ile hesaplanmıştır. Bu çalışma ile elde edilen sonuçların, farklı iklim bölgeleri ve bina parametreleri için yapılacak kabullerin optimizasyonu üzerine bir yöntem oluşturulması hedeflenmektedir. Aynı zamanda bu tür çalışmalar ve kazanılan bulgu ve deneyimlerin, “mevcut binaların bina enerji sertifikasyonu için şuan BEP-TR içerisinde geçerli olan basitleştirilmiş algoritma akışına daha sadeleştirme yapılabilir mi” sorusuna cevap olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** BEP-TR, Bina Enerji Performansı Sertifikasyonu, Konut Binaları, Binalarda Isıtma ve Soğutma Enerji İhtiyacı, Parametrik Hassasiyet Analiz.

## ABSTRACT

In this research, BEP-TR National Building Energy Performance Calculation Methodology is investigated to make a parametrical analyse on residential buildings. Besides the comparison of the sensitivity of the opaque and transparent component parameters, the sensitivity of these parameters on building heating and cooling energy need within different climate conditions are also investigated. By this study it is aimed to obtain experiences for the certification system of Turkey, and also to obtain the sensitivity of the parameters on which there may be done some assumptions by certificate experts especially for existing buildings. Through the discovered results, it is also thought to define a simplified methodology for existing buildings.

**Key Words:** BEP-TR, Building Energy Performance Certification, Residential Buildings, Heating and Cooling Energy Demand of Buildings, Parametric Sensitivity Analyses.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde toplam enerji tüketiminin yaklaşık %60'ını endüstri, tarım ve ulaşım temsil etmekteyken kalan %40 nihai enerji tüketimi binalara aittir. Binalardaki enerji tüketiminin yaklaşık %45'ini konut binalarının temsil etmekte olduğu bilinmektedir. Bu değerler, konut binalarının, enerji korunumu stratejilerinde büyük yer tutmakta olduğunu ortaya koymaktadır.


Binalarda enerji tüketimi, bina kullanıcıları için gerekli konfor değerlerini sağlayacak ısıtma, soğutma, havalandırma ihtiyaçları ile aydınlatma enerji tüketimini etkileyen bina parametrelerine dayanmaktadır. Sürdürülebilir bir tasarım için, bina enerji ihtiyacını ortaya koyan bu parametrelerin belirlenmesi ve kontrol edilmesi öncelikli önem taşımaktadır.

2002 yılında yayımlanmış olan 2002/91/EC EPBD Avrupa Birliği Direktifi, binalarda enerji tüketimini azaltacak çalışma ve hareketleri ortaya koymaktadır. EPBD Direktifinde de belirtildiği gibi, binalardaki toplam nihai bina enerji tüketiminin %40'ından fazlasını temsil eden konut binalarının hızla artması, enerji tüketimi ve buna bağlı olarak CO<sub>2</sub> salımını da hızla artırmaktadır [1]. Bugün, tüm Avrupa Birliği ülkeleri ulusal bina enerji performans sertifikasyon sistemlerini, EPBD Avrupa Birliği direktifine göre, oluşturmakta ve geliştirmektedirler. Türkiye'de konu ile ilgili, bina enerji performansı sertifikasyonu için yeni bir düzenleme oluşturmak amacıyla 2008 yılı Aralık ayında "Bina Enerji Performansı Yönetmeliği" ulusal hesaplama modeli sürecini tanımlamak amacı ile yayınlanmış [2], ulusal hesap metodu BEP-TR ise Aralık 2009'da tamamlanarak 7 Aralık 2010 tarihli Resmi gazetede yayınlanmıştır [3]. Türkiye'deki tüm mevcut binaların 2017 yılı sonuna kadar BEP-TR kullanılarak kimlik belgesi alması zorunludur. Birçok mimari bilgisine ulaşamayacak bu binalar için bazı parametrelerin değerini tahmin etmek için bu parametrik duyarlılık analizini yapıp yöntem içerisinde mevcut binalar için basitleştirilmiş algoritma akışının daha basitleştirilmesi yolları araştırılmaktadır.

## 2. BİNA ENERJİ PERFORMANSI SERTİFİKASYONU VE BEP-TR ULUSAL BİNA ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİ

Türkiye 2003 yılında Birleşmiş Milletler UNFCCC Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni ve 2009 yılında Kyoto Protokolü'nü imzalamış ve Avrupa Birliği Direktifi'nin öngörmüş olduğu hareket ve düzenlemelerle birlikte 2008 yılında, binalarda enerji tüketiminin kontrol altına alınması için binaların enerji performansı üzerinden sertifikalandırılması ile ilgili gerekli çalışmalara başlamıştır. Bu çalışmalar altında 2008 Aralık ayında yayınlanmış olan Bina Enerji Performansı Yönetmeliği, Aralık 2010'da resmi gazetede yayınlanmış BEP-TR Ulusal Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi eki ile birlikte yer almaktadır.

BEP-TR, bina ısıtma ve soğutma net enerji ihtiyacının hesaplanması, aydınlatma yüklerinin belirlenmesi ve bina net enerji ihtiyacını karşılayacak mekanik sistemler ile birlikte enerji tüketim değerinin hesaplanması olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

BEP-TR Ulusal Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi'nde yer alan bina net enerji ihtiyacı belirlenmesi metodu, EN 13790 standardında yer alan, yarı dinamik bir metod olan basit saatlik dinamik hesaplama yöntemine dayanmaktadır. Bu metod, binanın saatlik ısı davranışını belirlemede, direnç-kapasite modelini kullanmaktadır. Direnç-kapasite yöntemi, her hesap saat adımı için,  ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacını, saatlik iç ortam hava sıcaklığı üzerinden hesaplamaktadır [4].

BEP-TR bina net enerji ihtiyacı hesaplama yöntemi, bina düzeyindeki ısı dengenin hesaplanmasında, bina bileşenlerine ait sıcaklık farkı ile ısı geçiş katsayılarını, bina ve yapı bileşenleri özelliklerine bağlı olan havalandırma ile ısı geçiş katsayılarını, iç ortamda yer alan cihaz, insan ve diğer kaynaklardan elde edilen iç kazanç değerleri ile yapının opak ve saydam bileşenlerinden elde edilen güneş kazançlarını hesaba katmaktadır.

Toplam sıcaklık farkı ile ısı geçiş katsayısı, (1) eşitliğinde verildiği gibi, opak ve saydam yüzeylerin ısı geçirgenlik değerleri ile alanları çarpımlarının toplamı ile elde edilmektedir [3].

$$H_{01} = \sum_{i=1}^n (U_{\text{op},i} \cdot A_{\text{op},i}) + \sum_{i=2}^n (U_{\text{win},i} \cdot A_{\text{win},i}) \quad (\text{W/K}) \quad (1)$$

Bina enerji ihtiyacını etkileyen toplam havalandırma ile ısı geçiş katsayısı, yalnızca doğal havalandırma ve infiltrasyon etkileri üzerinden hesaplanmaktadır. Havalandırmanın mekanik sistem ile yapılması durumunda bina ısıl dengesini değiştirecek hesaplamalar, bina enerji tüketiminin belirlendiği aşamada yapılır. Toplam havalandırma ile ısı geçiş katsayısı  $H_{ve}$ , (2) eşitliğinde verildiği gibi W/K cinsinden elde edilir [3].

$$H_{ve} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_{k=1}^n (D_{ve,k} \cdot Q_{ve,k/m}) \quad (\text{W/K}) \quad (2)$$

BEP-TR hesaplama yönteminde iç kazançlar, negatif kazançlar dahil olmak üzere, insanlardan ve cihazlardan kazanılan duyulur ve gizli ısı kazançları ile sıcak su kullanımına bağlı ısı kazançları ve aydınlatma sisteminden kazanılan ısı miktarının toplamı ile elde edilmektedir. Hesaplanan toplam iç kazanç miktarı W cinsinden belirlenir, eşitlik (3)'te belirtildiği gibi  $\Phi_{\text{int}}$  ile ifade edilir [3].

$$\Phi_{\text{int}} = \Phi_{\text{int,gen,D}} + \Phi_{\text{int,gen,M}} + \Phi_{\text{int,App,lat}} + \Phi_{\text{int,Oc,lat}} + \Phi_{\text{int,W}} + \Phi_{\text{int,Ig}} \quad (\text{W}) \quad (3)$$

Hesaplama yönteminde güneş kazançları ile oluşan toplam ısı akısı, her hesap saat adımı için, W cinsinden belirlenir. Güneş enerjisi kazançları, opak ve saydam bileşenlerden olmak üzere iki düzeyde incelenmektedir. Bina elemanından güneş kazançlarını ifade eden ısı miktarı,  $\phi_{\text{sol}}$  "W" watt cinsinden eşitlik (4)'te verildiği gibi hesaplanmaktadır [3].

$$\phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} \cdot A_{\text{sol},k} \cdot I_{\text{sol},k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k} \quad (\text{W}) \quad (4)$$

$F_{\text{sh,ob},k}$  : k yüzeyinin etkin güneş toplama alanının dış engellerden gölgelenme faktörü

$A_{\text{sol},k}$  : değerlendirilmekte olan zon veya binada verilen bir yön ve eğim açısındaki k yüzeyinin etkin toplama alanı, m<sup>2</sup>

$I_{\text{sol},k}$  : verilen yön ve eğim açısındaki k yüzeyinin toplama alanının metrekaresi başına gelen toplam güneş ışınımı, W/m<sup>2</sup>

$F_{r,k}$  : k bina elemanı ve gökyüzü arasındaki ışımsal biçim faktörü

$\Phi_{r,k}$  : k bina elemanından gökyüzüne ısı ışınımı ile ısı kaybı miktarı, W

Yapıya ait yukarıda verilen değerler ile, belirlenen miktardaki ısıtma veya soğutma yükü enerji ihtiyacı ile iç ortam hava sıcaklığı ve operatif sıcaklıklar belirlenir. Yöntem, EN ISO 13790 'da tanımlanan Crank-Nicholson yöntemini temel almaktadır [2]. Bu yöntem, başlangıç ısıtma-soğutma yükü için bir değer atanıp seçilen zaman aralıklarıyla yakınsama yapılması esasına dayanmaktadır.

$$\theta_{\text{air}} = \frac{(H_{\text{tr,js}} \cdot \theta_s) + (H_{\text{ve}} \cdot \theta_{\text{sup}}) + \Phi_{\text{is}} + \Phi_{\text{HC,nd}}}{H_{\text{tr,js}} + H_{\text{ve}}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (5)$$

Eşitlik (5) te  $\theta_{\text{air}}$  iç ortam sıcaklığını,  $H_{\text{tr,js}}$  sıcaklık farkı ile ısı geçiş katsayılarını,  $\theta_s$  yüzey sıcaklığını,  $H_{\text{ve}}$  havalandırma ile ısı geçiş katsayısını,  $\theta_{\text{sup}}$  iç ortam set sıcaklık değerini,  $\Phi_{\text{is}}$  iç kazanç ve güneş kazançlarından oluşan ısı akısı miktarını,  $\Phi_{\text{HC,nd}}$  ise iç ortama verilen enerji miktarını temsil etmektedir.

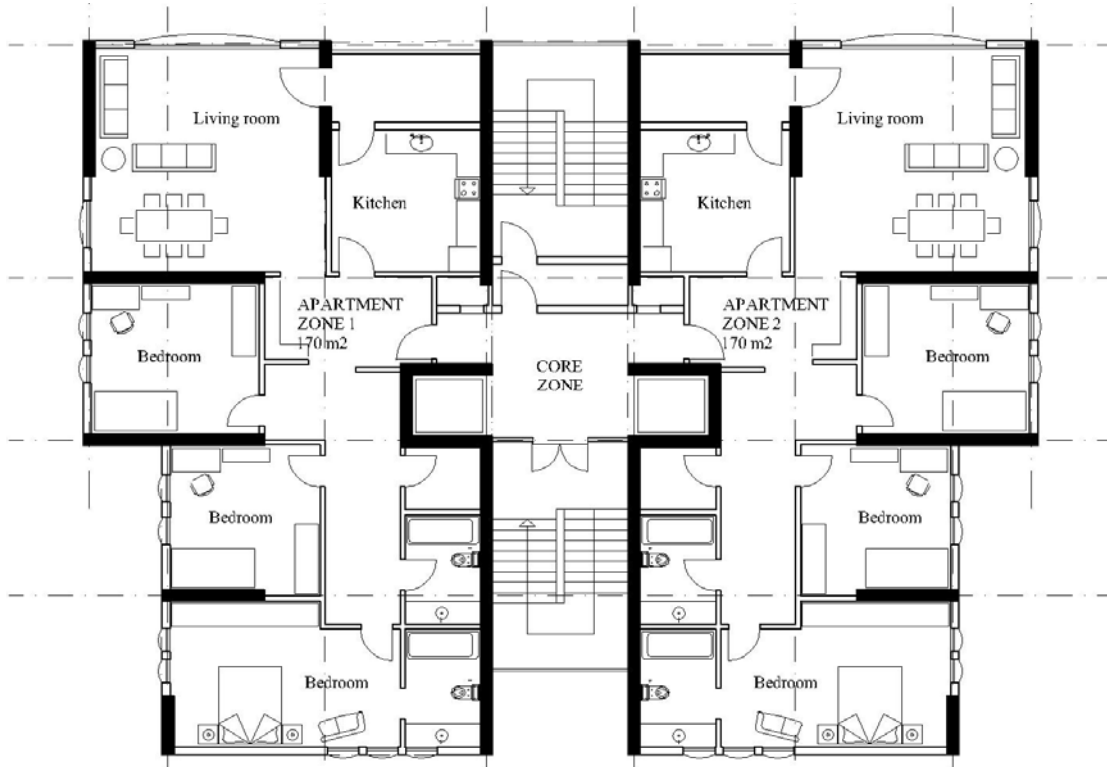
### 3. ÇALIŞMA KAPSAMI VE ÖRNEK BİNA

Bu çalışmada, Türkiye'de enerji sertifikasyonu üzerine yapılan çalışmalar incelenmiş ve BEP-TR hesaplama yöntem üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmayla amaçlanan, BEP-TR metodolojisinin

parametrik analizini yaparak mevcut binaların enerji sertifikasyonunda yapılan varsayımların ve varsayımı yapılan bina parametrelerinin bina enerji performansına etkisini ölçmektir [5]. Mevcut binaların enerji sertifikasyonunda karşılaşılabilecek, bina bileşenleri yapı malzemeleri ve katmanlaşma detayları, mekan hava değişim katsayıları ve infiltrasyon değerleri gibi, özellikle projesi olmayan binalarda elde edilmesi mümkün olmayan veya iş yükü ve maliyet gerektiren bina parametrelerine ait bilgilerin elde edilmesine dair sorunlar ve bu parametrelerin bina enerji kimlik belgesi uzmanları tarafından varsayım yapılarak değerlendirilmesi yöntemi, bu parametreler üzerinde bir analiz çalışması yapılması gerekliliğini ve devamında elde edilen bulgular üzerinden metodoloji ve kabul edilecek parametrik değer aralıkları üzerinde optimize edilmiş sadeleştirmeler yapılması gerekliliğini doğurmaktadır. Bu kapsamda yapılması gereken çalışmaların başında, ele alınması gereken parametrelerin ortaya konması, bu parametrelerin değer aralıklarının belirlenmesi ve bu değer aralıkları üzerinden farklı senaryolar aracılığı ile bina ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacı üzerindeki etkilerinin test edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, bina enerji performansına etki eden parametrelerin bina ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacı üzerindeki hassasiyet analizlerinin yapılmasını kapsamaktadır. Parametrik hassasiyet analizi çalışması kapsamında, bir apartman binası seçilmiş ve bu apartman binası üzerinden, bina enerji sertifikasyonu sırasında, enerji kimlik belgesi uzmanları tarafından varsayımı yapılacak parametreler belirlenmiştir. Belirlenen bu parametrelerin etkilerinin ve elde edilen sonuçların, özellikle mevcut binalar için izlenecek basitleştirilmiş hesap algoritma akışına daha gerçekçi bir yaklaşım getirilmesi için gerekliliği göz önünde bulundurulmuştur.

Örnek çalışmada incelenen apartman binasının kat planı Şekil 1. de verilmiştir. Binada her bir apartman dairesi 15 m<sup>2</sup>'lik mutfak ve 36 m<sup>2</sup>'lik salon ile iki banyo ve üç yatak odasından oluşan 170 m<sup>2</sup>'lik plana sahiptir. Yaşama alanları, salon ve mutfak bölgesi güneye yönlendirilmiş, yatak odalarının bulunduğu alanlar ise doğu ve batı yönlerine bakmaktadır.



Şekil 1. Örnek Apartman Binası Kat Planı

Bina opak bileşenleri ısı geçiş katsayıları, mevcut binalardaki opak bileşen katmanlaşmasının tespitindeki varsayımlar göz önüne alınarak, değişken bir parametre olarak belirlenmiştir. Opak yapı

bileşeninde yalıtım olması, olmaması durumu ve yalıtım kalınlığının değişmesi olasılıkları ile Tablo 1.'de verilen üç tip duvar kesiti oluşturulmuştur.

**Tablo 1.** Bina Bilgileri, Opak Bileşen Değişken Parametreleri

Duvar Tipi	Duvar Katmanlaşması	Opak bileşen ısı geçirgenlik katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)
W01	Sıva (3cm)+ Tuğla Duvar (19cm) + Sıva (3cm)	1.02
W02	Sıva (3cm) + Yalıtım (5cm) + Tuğla Duvar (19cm) + Sıva (3cm)	0.37
W03	Sıva (3cm) + Yalıtım (3cm) + Tuğla Duvar (19cm) + Sıva (3cm)	0.6

Saydam bileşenler ile ilgili değişken parametreler, bileşenlerin ısı geçiş katsayıları ve gölgeleme katsayıları üzerinedir. Saydam bileşenler ile ilgili denenen üç tip pencere sistemi Tablo 2.'de açıklanmıştır.

**Tablo 2.** Bina Bilgileri, Saydam Bileşen Değişken Parametreleri

Cam Tipi	Pencere Cam Katmanlaşması	Saydam bileşen ısı geçirgenlik katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Saydam bileşen gölgeleme katsayısı SHGC	Tvis
GL1	4 mm tek cam	5.70	0.82	0.88
GL2	4 mm ısı cam + 12 mm hava + 4 mm ısı cam	2.90	0.75	0.80
GL3	4 mm Low-E ısı cam + 12 mm hava + 4 mm Low-E ısı cam	1.60	0.59	0.64

Diğer bir değişken parametre, doğal havalandırma ve infiltrasyon etkilerini kapsayan havalandırma ile ısı geçiş katsayısının belirlenmesinde kullanılan hava değişim katsayısıdır.  $Ach^{-1}$  olarak belirtilen bu değer hacim içerisinde bir saatte gerçekleşen hava değişim oranını vermektedir. BEP-TR hesaplama yönteminde belirtilen hesap parametrelerindeki farklı kabuller ile belirlenen  $ach^{-1}$  değer aralığı konutlar için 0,5 - 0,8 olarak hesaplanmıştır. Ele alınan parametrik değer aralığı üçe bölünerek, varsayılacak  $ach^{-1}$  değerleri 0.5, 0.65 ve 0.8 olarak kabul edilmiştir.

Bu parametreler doğrultusunda, öncelikle örnek bina referans bina olarak modellenmiş ve diğer parametrik veriler sırası ile değiştirilerek, bina ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacındaki değişimler tespit edilmiştir.

Modelleme, apartman binasındaki bir daire üzerinden gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar, Türkiye'deki farklı iklim bölgelerini temsil edecek 5 farklı il için çalıştırılmıştır. İklim bölgelerinin açıklamaları ve seçilen iller Tablo 3.de verilmiştir.

**Tablo 3.** Çalışma kapsamında Türkiye'deki iklim bölgelerine göre seçilen iller

İklim Bölgesi	İl	Isıtma Derece-Gün Bölgesi (TS 825)
Ilman –nemli iklim bölgesi	İstanbul	II. Bölge
Ilman – kuru iklim bölgesi	Ankara	III. Bölge
Soğuk iklim bölgesi	Erzurum	IV. Bölge
Sıcak – kuru iklim bölgesi	Mardin	II. Bölge
Sıcak – nemli iklim bölgesi	Muğla	I. Bölge

Binanın mekanik sistem ile 24 saat boyunca ısıtılıp soğutulduğu kabul edilmiştir. Bina net enerji ihtiyacını hesaplama yöntemi doğrultusunda, iç ortam sıcaklığının termostat kontrolü ile otomasyon tarafından kontrol edildiği varsayılmaktadır. İç ortam ayar sıcaklıkları ısıtma için 20°C, soğutma için 26°C alınmaktadır.

Her bir apartman zonunda ortalama 5 kişinin yaşadığı kabul edilmiştir. Kullanıcı zaman çizelgesine bağlı kullanıcı yoğunluğu ve iç kazanç değerleri BEP-TR'de yer alan iç kazanç çizelgesi üzerinden hesaplanmıştır.

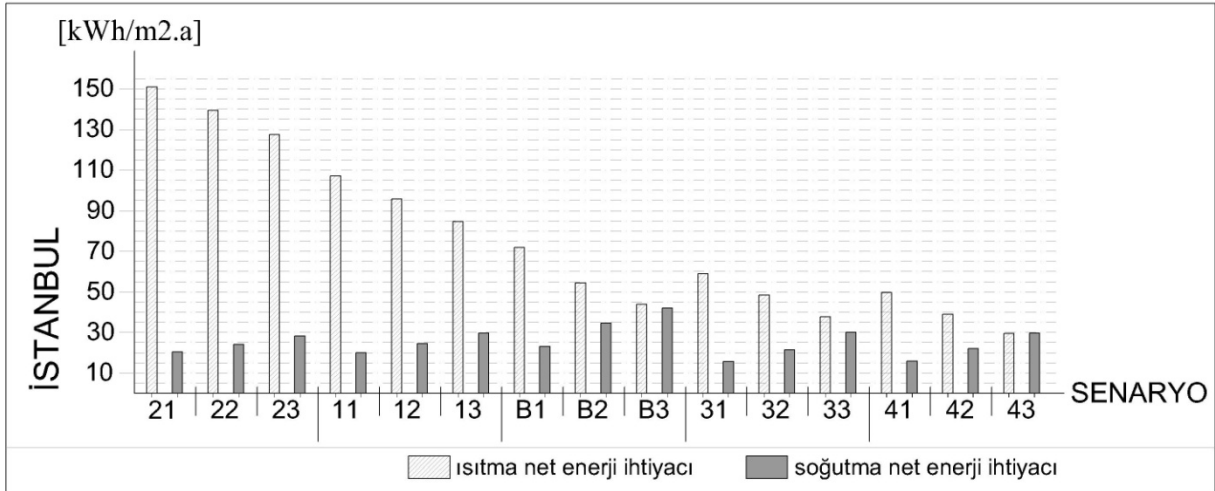
Değişken tüm parametreler ile bir simülasyon senaryo listesi oluşturulmuş ve Tablo 4.'de verildiği gibi her bir il için 15 farklı simülasyon çalıştırılmıştır.

**Tablo 4.** Simülasyon Senaryoları

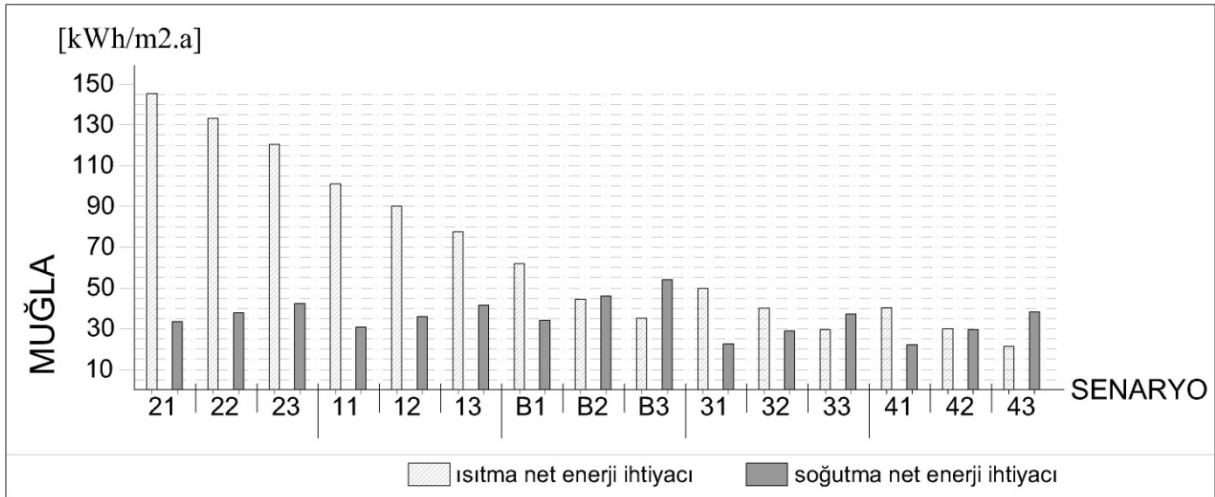
İklim koşulu	Örnek tipi	Opak bileşen ısı geçirgenlik katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Saydam bileşen ısı geçirgenlik katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Saydam bileşen gölgeleme katsayısı SHGC	Hava değişim sayısı ach <sup>-1</sup>	
	2. Örnek	21	1.02	5.70	0.82	0.80
	2. Örnek	22	1.02	5.70	0.82	0.65
	2. Örnek	23	1.02	5.70	0.82	0.50
	1. Örnek	11	0.60	5.70	0.82	0.80
	1. Örnek	12	0.60	5.70	0.82	0.65
İstanbul,	1. Örnek	13	0.60	5.70	0.82	0.50
Ankara,	Referans Bina	B1	0.60	2.80	0.75	0.80
Erzurum	Referans Bina	B2	0.60	2.80	0.75	0.65
Muğla,	Referans Bina	B3	0.60	2.80	0.75	0.50
Mardin	3. Örnek	31	0.60	1.60	0.59	0.80
	3. Örnek	32	0.60	1.60	0.59	0.65
	3. Örnek	33	0.60	1.60	0.59	0.50
	4. Örnek	41	0.37	1.60	0.70	0.80
	4. Örnek	42	0.37	1.60	0.70	0.65
	4. Örnek	43	0.37	1.60	0.70	0.50

#### 4. BULGULAR

Oluşturulan senaryoların sonuçları göstermektedir ki, amaçlanan basitleştirilmiş algoritma akışı için ele alınması gereken parametre değerleri, öncelikli olarak farklı iklim bölgeleri için farklılıklar gösterecektir. Bu nedenle öncelikli olarak benzer senaryoların farklı iklim bölgelerindeki sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te karşılaştırma için İstanbul, Muğla ve Erzurum illerinin yıllık ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçları kWh/m<sup>2</sup>.yıl cinsinden verilmiştir.



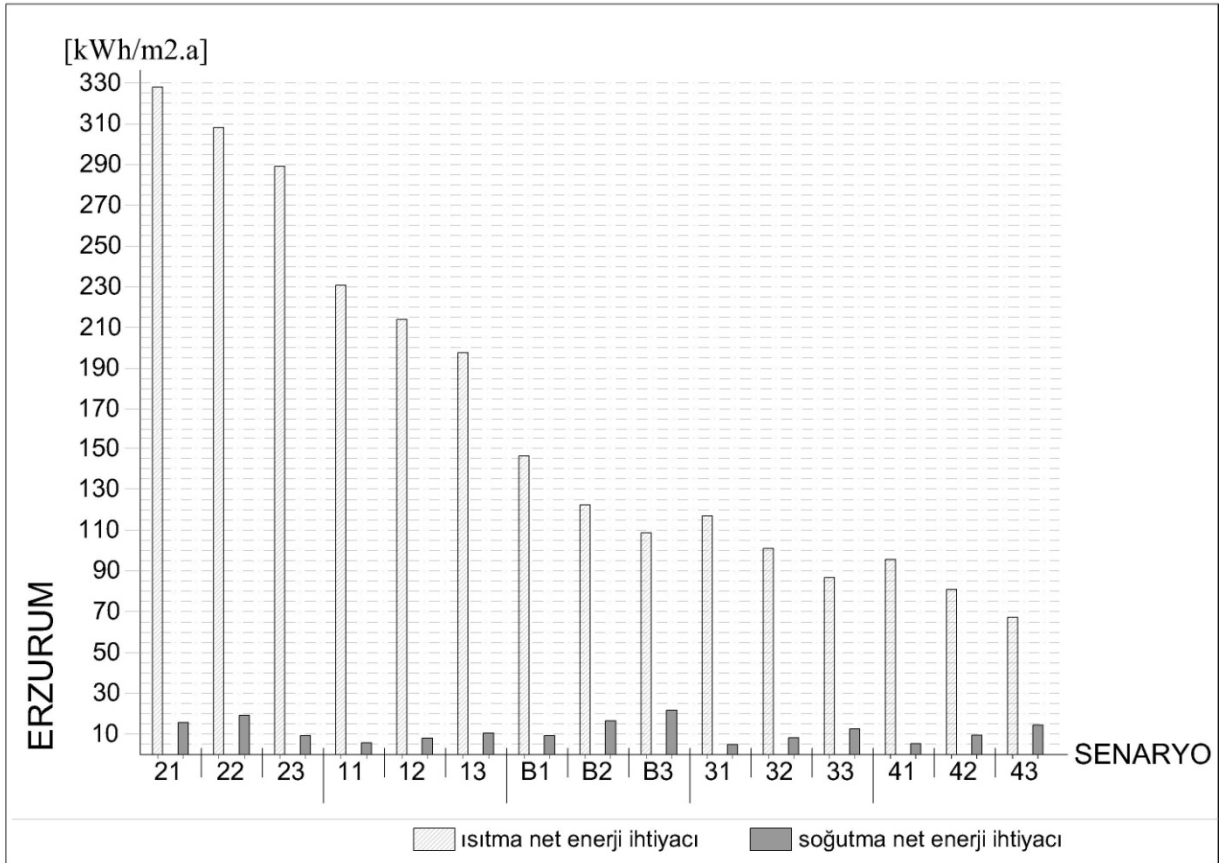
Şekil 2. İstanbul İli İçin Yıllık Enerji İhtiyacı Analizi (kWh/m<sup>2</sup>.yıl)



Şekil 3. Muğla İli İçin Yıllık Enerji İhtiyacı Analizi (kWh/m<sup>2</sup>.yıl).

Şekil 2.'de İstanbul ili için verilen 15 senaryonun sonuçları, B1 senaryosundan 11 senaryosuna geçişte ısıtma enerji ihtiyacında %50 artış olduğunu ve yine 11 numaralı senaryodan 21 numaralı senaryoya geçildiğinde %50'lik bir artış olduğunu göstermektedir. Bu artış oranı 41 numaralı senaryodan 31 numaralı senaryoya geçildiğinde %10'a, 31 numaralı senaryodan B1 senaryosuna geçişte ise %20'ye düşmektedir. Soğutma yüklerinde ise yalnızca B1 senaryosundan 31 numaralı senaryoya geçişte belirgin bir azalma gözlemlenmiştir, bu azalma %30 oranındadır.

Soğutma enerji ihtiyacının ısıtma enerji ihtiyacından daha yüksek olduğu Muğla ili için çalıştırılan simülasyonlar senaryoları, B1 senaryosundan 11 senaryosuna geçişte ısıtma enerji ihtiyacında %61 artış olduğunu, 11 numaralı senaryodan 21 numaralı senaryoya geçildiğinde ise %30'luk bir artış olduğunu göstermektedir. Bu artış oranı 41 numaralı senaryodan 31 numaralı senaryoya geçildiğinde %22,5, 31 numaralı senaryodan B1 senaryosuna geçişte ise %26 olmaktadır. Soğutma yüklerinde ise B1 senaryosundan 31 numaralı senaryoya geçişte, yine camların gölgeleme katsayılarının değişmesi durumunda belirginlik göstermektedir. Değişim soğutma yüklerini %35 azalması yönündedir. Değerlendirilen verilere ait grafik Şekil 3.'de verildiği gibidir.



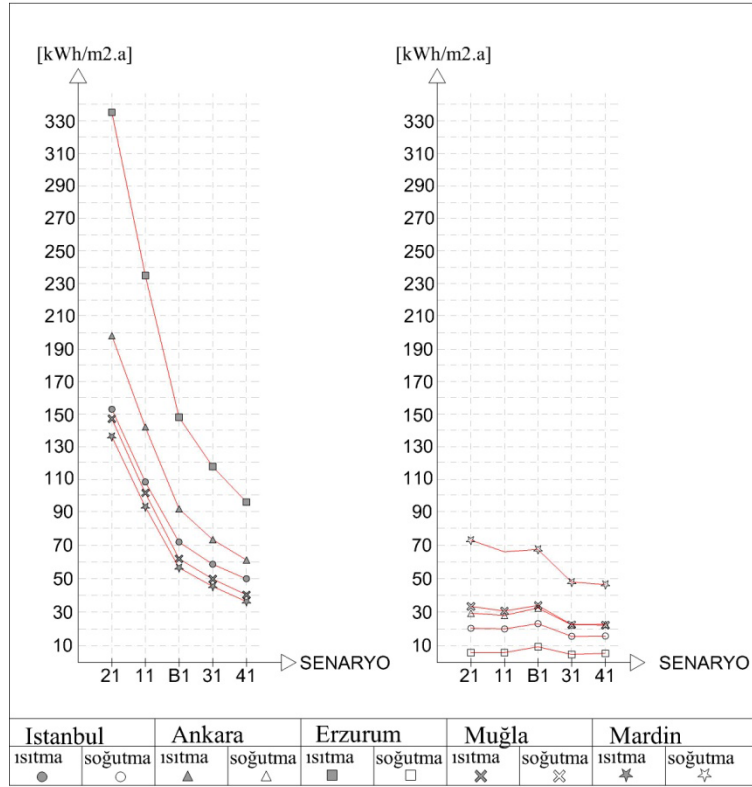
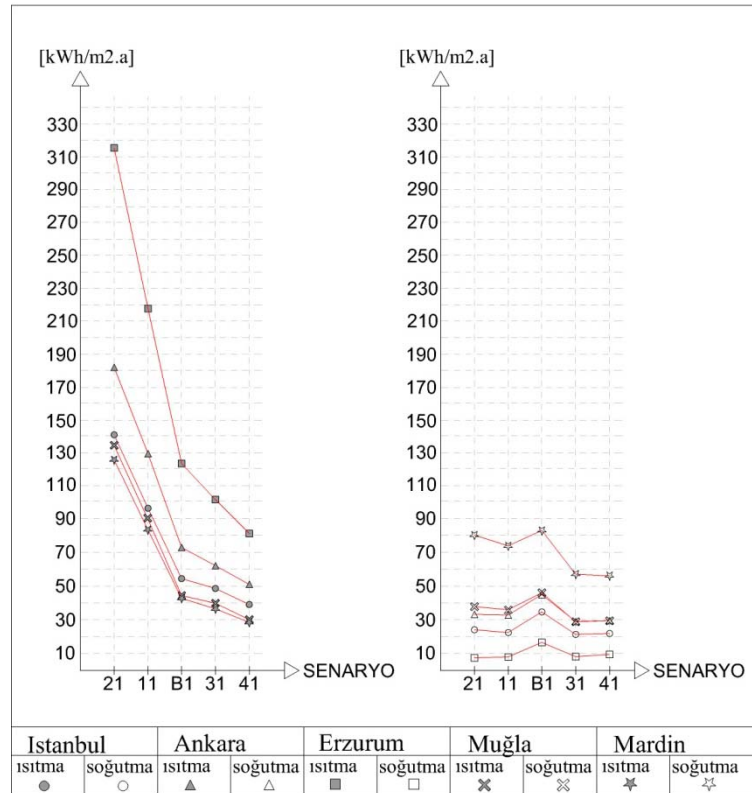
**Şekil 4.** Erzurum İli İçin Yıllık Enerji İhtiyacı Analizi (kWh/m<sup>2</sup>.yıl).

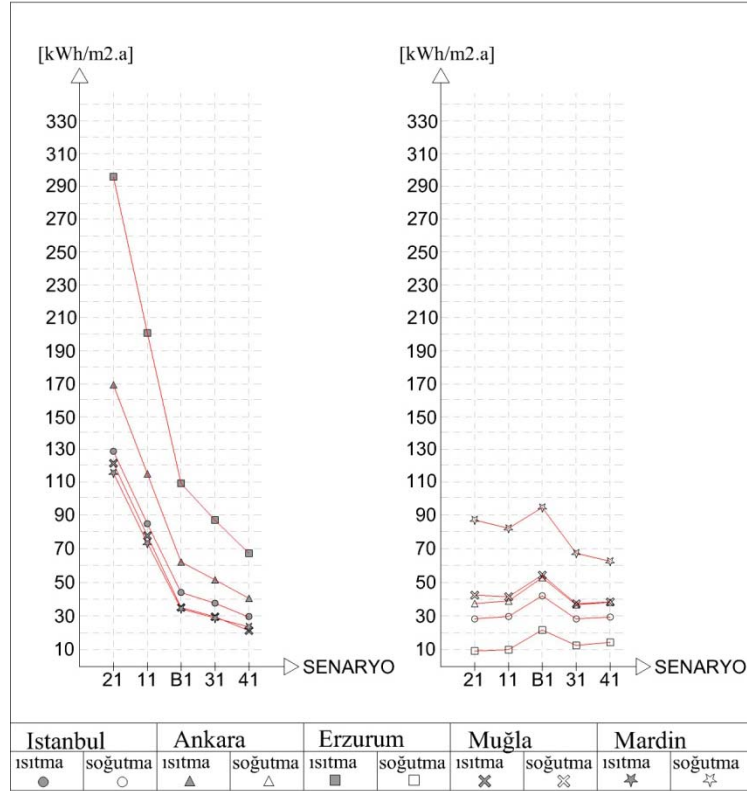
Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, özellikle ısıtma yükleri açısından en baskın olan Erzurum ili ile soğutma yükleri açısından baskın olan Mardin ili arasında yapılan karşılaştırmada, B3 örnek çalışması üzerinden Mardin ili değerlerinden Erzurum ili değerlerine geçildiğinde ısıtma enerji ihtiyacı açısından %160 artış, soğutma enerji ihtiyacı açısından %87 azalma görülmektedir. Ach<sup>-1</sup>'in 0.65 olduğu B2 örnek çalışması üzerinden benzer bir değerlendirme yapıldığında ise, ısıtma enerji ihtiyacındaki artışın %187, soğutma yüklerindeki azalmanın %80 olduğu gözlemlenmiştir. Hava değişim katsayısının daha yüksek olduğu (ach<sup>-1</sup>=0.8) B1 örneğinde ise ısıtma ihtiyacındaki artış %216'ya yükselmekte, soğutma ihtiyacındaki azalma ise %77'ye düşmektedir.

Şekil 5, 6 ve 7'de, simülasyonların çalıştırıldığı 5 il için yıllık ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçları, farklı ach<sup>-1</sup> değerlerine göre ayrılarak verilmiştir.

B1 örneği ile B3 örneği arasındaki karşılaştırmada ise, Mardin'de hava değişim sayısının 0.8'den 0.5'e düşürülmesi ısıtma enerji ihtiyacını %60 azaltırken Erzurum'da bu oran %74 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde Mardin'de hava değişim sayısının 0.8'den 0.5'e düşürülmesi soğutma enerji ihtiyacını %39 azaltırken Erzurum'da bu oran %133 olarak hesaplanmıştır. Erzurum ilindeki soğutma enerji ihtiyacı sonuçlarındaki değişim ortaya koymaktadır ki, enerji ihtiyacı olarak düşük değerlerin elde edildiği durumlarda da, parametrik değerlerle oynanması kWh cinsinden büyük değişiklikler doğurmazken, bu değişikliklerin referans bina ile karşılaştırması % cinsinden büyük sapmalar göstermektedir.



Şekil 5. Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerji İhtiyaç Değerleri (kWh/m<sup>2</sup>.yıl), ach<sup>-1</sup>=0.8Şekil 6. Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerji İhtiyaç Değerleri (kWh/m<sup>2</sup>.yıl), ach<sup>-1</sup>=0.65



Şekil 7. Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerji İhtiyaç Değerleri (kWh/m<sup>2</sup>.yıl), ach<sup>-1</sup>=0.5

Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de veriler, aynı ach<sup>-1</sup> değeri üzerinden, farklı senaryoların ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçlarının ayrı ayrı karşılaştırılması için oluşturulmuştur. Bu grafikler üzerinden yapılan analizler göstermektedir ki, Mardin ve Muğla illerinde daha belirgin olmak üzere, B1 senaryosundan 11 ve 21 senaryolarına geçilirken, hesaba yapılan zonun toplam ısı geçiş katsayısının artması soğutma yüklerini azaltmaktadır. Aynı senaryo geçişlerinde ısıtma yüklerinin artışı da iller arasında farklılık gösterirken en belirgin artış Erzurum ve Ankara illeri sonuçlarında görülmektedir. Soğutma ve ısıtma yüklerindeki U katsayısına bağlı değişimler, ach<sup>-1</sup> değerinin artması ile azalmaktadır. İç ortam hava değişim katsayısının düşük olduğu durumlarda ise diğer parametrelerin hassasiyetinin arttığı gözlemlenmiştir.

## 5. SONUÇ

Simülasyonlar İstanbul, Ankara, Erzurum, Muğla ve Mardin illeri için çalıştırılmış, toplam 75 senaryo denenmiştir. Simülasyonlar, Türkiye'nin ulusal hesap yöntemi olan BEP-TR Ulusal Bina Enerji Performansı Hesap Yöntemi algoritması kullanılarak çalıştırılmıştır. Ele alınan örnek apartman binası, mevcut konut stoğu üzerinde bir inceleme yapmak için kullanılmıştır.

Parametrik analiz, bina ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacı sonuçları üzerinden değerlendirilmiştir. Opak ve saydam yapı bileşeni parametrelerinin yanı sıra iç ortam hava değişim katsayıları ve değişken parametrelerin farklı iklim koşullarındaki değişim hassasiyetleri de ele alınmıştır.

Parametrik çalışma sonuçları göstermektedir ki, seçilen parametrelerin ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacındaki hassasiyetleri iklime bağlı değişkenlik gösterdiği gibi, ısıtma ve soğutma ihtiyacındaki mertebeler de değişkenlerin hassasiyetine etki göstermektedir.

Yapılan analiz ve çalışmalar, enerji sertifikasyonunda bina enerji ihtiyaçlarına etki eden parametrelerin incelenmesi ve ortaya çıkabilecek farklı senaryolar üzerinden etki hassasiyetlerinin incelenmesi için genel bir çalışma tablosu ortaya koymaktadır. Konu üzerinde yapılması gereken, parametre sayılarının ve değer aralıklarının artırıldığı daha detaylı çalışmalara yön vermesi amaçlanan bu ön çalışma, BEP-TR hesaplama yönteminin mevcut binalar için basitleştirilmiş yöntemler üzerinden geliştirilmesini ve aynı zamanda referans bina tanımları üzerinden optimize edilmesini amaçlamaktadır. Aynı zamanda bu çalışma, Türkiye'deki mevcut konut stoğuna ait bina envanterinin de hesaba katılması ile daha gerçekçi veriler ile ele alınabilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] DIRECTIVE 2002/91/EC, “Directive of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings”,2002.
- [2] 05.12.2008 RESMİ GAZETE “Bina Enerji Performansı Yönetmeliği”, 2008.
- [3] 07.12.2010 RESMİ GAZETE “,BEP-TR Hesaplama Metodolojisi”,2010.
- [4] EN 13790, 2007: Energy Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling.
- [5] ÇELİK,B. Ç., Assumptions On The Boundry Conditions For Energy Certification Of Existing Buildings: Influence Of The Building Parameters On Energy Class, Yüksek Lisans Tezi

## ÖZGEÇMİŞ

### Burcu Çiğdem ÇELİK

2008 yılı Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi mezunudur. 2008–2010 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi programında yüksek lisansını “Assumptions On The Boundry Conditions For Energy Certification Of Existing Buildings: Influence Of The Building Parameters On Energy Class” konulu tezi ile tamamlamıştır. Tez çalışması sırasında Politecnico di Torino üniversitesi ile, öğrenci değişim programı kapsamında, ortak çalışmalarda bulunmuştur. Ulusal bina enerji performansı hesaplama yöntemi olan BEP-TR çalışmalarında, Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ koordinatörlüğündeki ekipte görev almıştır. Şuanda EKOMİM şirketinde bina enerji performansı ve simülasyonları üzerine çalışmalarına devam etmektedir.

### A. Zerrin YILMAZ

1979 yılından beri İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi'nde görev yapmakta olan, 1983–1984 yılları arasında “Lawrence Berkeley Laboratory Passive Solar Group” ile çalışan ve 1993 yılından beri İTÜ de aynı birimde görevini profesör olarak sürdüren A. Zerrin Yılmaz'ın enerji etkin tasarım, bina fiziği, yeşil bina, bina enerji simülasyonu ve enerji modelleme, iklimsel konfor, binalarda güneş enerjisi kullanımı ve yoğuşma kontrolü konularında ulusal ve uluslar arası 100 den fazla yayını, ikisi halen devam etmekte olan ulusal ve uluslar arası araştırmaları, yürüttüğü yüksek lisans ve doktora tezleri ve bu alanlarda uygulamaları bulunmaktadır. Binalarda enerji erimliliği, yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı ve enerji etkin iyileştirme alanlarında iki AB projesi son araştırmaları arasındadır. Bu alandaki CITYNET AB projesi Avrupa Komisyonu tarafından star projeler arasına alınmıştır. Binalarda Enerji Performansı hesaplama yöntemi araştırmasında BEP-TR ulusal yönteminin Net Enerji İhtiyacının Hesaplanması modülünü Türkiye için geliştiren grubun koordinatörlüğünü yapmıştır.

### Stefano P. CORGNATI

Üniversite öğrenimini Makina Mühendisliği, doktorasını da Enerji Bilimi konularında Onur Listesi'ne girerek tamamlayan Stefano Paolo Corgnati, su an, Politecnico di Torino, Enerji Bilimi Bölümü'nde



çalışmakta ve 1st Faculty of Architecture'da doçent doktor olarak "yapı fiziği" ve "sürdürülebilir yapı tasarımı" derslerini vermektedir. TEBE Araştırma Grubu'nda, "enerji ve binalar" üzerine çalışmaktadır. Birçok bilimsel ve teknik yayını mevcuttur. Yaptığı araştırmalar, 2009 yılında REHVA tarafında "Genç Bilimadamı Ödülü" ile ödüllendirilmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA-ECBCS)'nın Ek 53 "Binalarda Toplam Enerji Kullanımı" isimli araştırma projesinin alt-görev lideridir. "Kapalı Mahallerde İklim Kalite Değerlendirmesi" konusunda REHVA Task Force başkanlığını yapmaktadır. İtalyan Havalandırma Kurumu (AICARR) in yönetim kurulu üyesi ve REHVA/1.Bölge delegesidir.