

KOMPLEKS BİNALARIN ENERJİ SERTİFİKASYONU AÇISINDAN ANALİZLERİ: STANDART VE DETAYLI SİMULASYON ARAÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Gözde GALİ
Stefano P. CORGNATI
A. Zerrin YILMAZ

ÖZET

Bu çalışmada, kompleks binaların enerji performans seviyelerini hesaplamada basit saatlik hesaplama metodu ve detaylı dinamik hesaplama metodunun etkinlikleri incelenmiştir. Kompleks binalar söz konusu olduğunda, bina zonlarının ısı davranışlarında etkili iç kazançlar açısından en yüksek değerlere sahip zonlar bulunabileceğinden, enerji performansları problem teşkil eden sağlık binaları üzerine inceleme yapılmıştır. Örnek proje olarak uluslararası bir simülasyon aracı olan Energy Plus veri tabanında yer alan örnek hastane projesi seçilmiştir. Kompleks binalarda her zon ayrı bir ısı yük temsil edeceğinden, projede yer alan her zon ayrı ayrı incelenmiş ve bu çalışmada Ameliyat Odası ile ilgili sonuçlara yer verilmiştir. Ayrıca Ameliyat Odası ve Hasta Odası girdi verileri, Energy Plus ve BEP-tr'nin sınır koşullarını karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Çalışma ile ilgili daha detaylı bilgi bu konuda hazırlanmış Y.Lisans tezinde almaktadır [1].

Anahtar Kelimeler: Bina enerji performansı, BEP-tr, Energy Plus, Sağlık Binaları

ABSTRACT

In this study, the effects of simple hourly calculation methodology and detailed dynamic calculation methodology on energy performance calculations of complex buildings are investigated. Since the subject is complex buildings, the investigations are done for one of the most problematic buildings which are healthcare buildings. The energy performance calculation of healthcare buildings is an important problem because of their high internal gain levels influencing significantly the thermal behavior of the building zones. The Benchmark Hospital Project in internationally recognized simulation tool Energy Plus is chosen as the case study building. In complex buildings each zone has a different heating and cooling loads, for this reason each thermal zone in the project is analyzed separately. In this study, the results of the Operating Room are investigated. In addition, to compare the boundary conditions of Energy Plus and BEP-tr, the Operating Room and the Patient Room input data are discussed. More detailed information about this study can be obtained from the master thesis [1].

Key Words: Building energy performance, BEP-tr, Energy Plus, Healthcare Buildings

1. GİRİŞ

Binaların enerji sertifikasyonu, kaynakların sürdürülebilirliği açısından en önemli konulardan biridir. Bu konudaki araştırmaların geneli, binaların ve bina bileşenlerinin enerji performansları hakkındadır.

Bina enerji performansı, binanın standart kullanımı ile ilişkili farklı ihtiyaçları karşılamak üzere konfor şartlarını sağlamak için harcanan enerji miktarıdır ve ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhi sıcak su ve aydınlatma başlıklarını içerir. Binaların tasarımı, kaynakların korunması ve çevresel koruma açısından öngörülen enerji performansına ulaşılabilmesi açısından çok büyük önem taşır, fakat bu binaları uygun bir yol ile tasarlayabilmek ve/veya sertifikalandırmak için bir hesaplama yöntemi ihtiyacı vardır. Binaların enerji tüketim oranları, uygun algoritmalar ile yazılmış simülasyon programları tarafından hesaplanabilir ve bu hesaplar doğrultusunda bir binanın enerji performans değeri sertifika üzerindeki enerji performans değerlerini gösteren skalada belirlenebilir ve bina sistemleri iyileştirilerek skala üzerinde daha iyi bir değere taşınabilir.

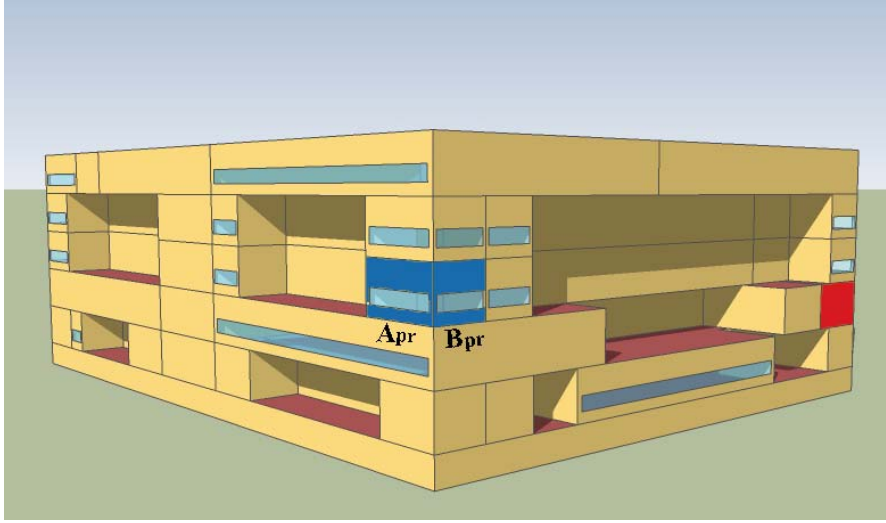
Günümüzde yaklaşık her ülkenin, konut binaları için, enerji performans sınıfını belirleyebilmek için gelişmiş enerji simülasyon araçları ve hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. En büyük problem, konut dışı binaların enerji performans hesapları ve buna uygun tasarımlarıdır. Bu çalışmanın odak noktası sağlık binalarıdır. Hastane binalarının tasarım, yapım ve bakımı komplike ve riskli olduğundan, bu binaların tasarım aşamasının en başlarından işleme kadarki tüm süreçte önemli bir mimarlık, ürün ve servis bilgisi gerektirir. Ulusal, bölgesel ve yerel enerji planlamalarına ek olarak, hastane binalarında çoğunluğunu hastaların oluşturduğu kullanıcılar için yüksek oranda enerji performansı önemli bir ihtiyaçtır [2].

Enerji sertifikasyonu için basitleştirilmiş hesaplama algoritmaları kompleks bir binaya uygulandığında, binanın her bir ısıtma bölgesinin karakterize edilmesindeki güçlüklerden dolayı bir çok varsayım yapılmasıyla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu varsayımlar, binanın ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı sonuçları üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olabilirler. Kompleks bir binada, genel olarak kullanıcılar, ekipmanlar ve aydınlatmadan oluşan iç kazanç faktörleri her ısıtma bölgesi için farklıdır. Bunun yanında her ısıtma bölgesinin çalışma takvimi farklı olacağından bu faktörlerin etkileri program doğrultusunda da değişiklik gösterir. Aynı ısıtma bölgesi, bina bileşenleri açısından da farklılık gösterebilir. Bu nedenle, kompleks bir binada her bölge özel olarak değerlendirilmelidir. Bu çalışmada, örnek bir hastane binasına ait ısıtma bölgelerinin değerlendirilmesi adım adım yapılmıştır.

Bu çalışmadaki asıl amaç, Türkiye'nin ulusal enerji performansı hesaplama yöntemi, Bina Enerji Performansı Türkiye'nin (BEP-tr) değerlendirilmesidir. Bu simülasyon aracı 'Basit Saatlik Dinamik Hesaplama Metodu'nu baz alır [3]. BEP-tr algoritması temel olarak konut ve ofis binaları için tatmin edici bir düzeyde çalışmaktadır. Bu aracın çalışma metodunu anlamak ve aracı kompleks binalar için geliştirmek üzere, BEP-tr'nin detaylı bir simülasyon aracı ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla, uluslararası anlamda geçerliliği olan ve 'Detaylı Dinamik Hesaplama Metodu'nu baz alan simülasyon aracı Energy Plus, ikinci bilgisayar tabanlı araç olarak kullanılmıştır.

2. ARAŞTIRMA METODU VE ÖRNEK ÇALIŞMANIN TANIMLANMASI

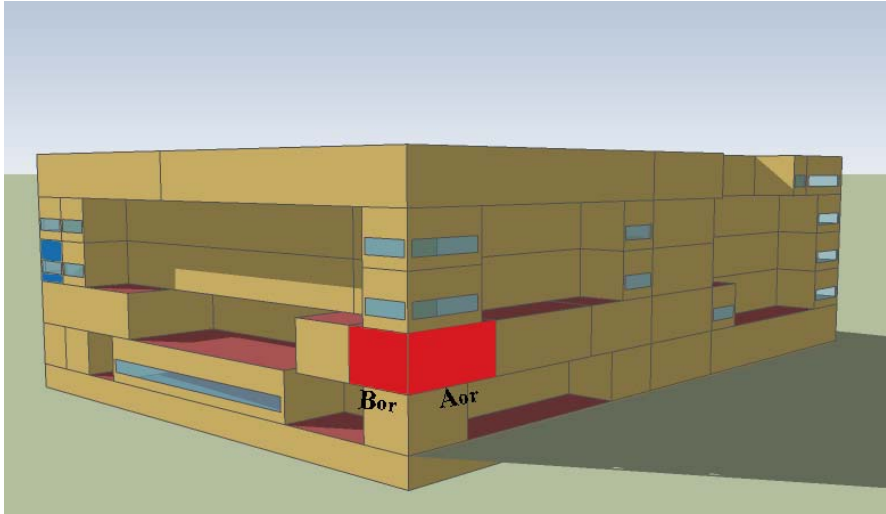
Çalışmanın ilk adımı olarak, iki simülasyon aracının çalışma metodları arasındaki farkı tanımlayabilmek için her ikisinin sınır koşulları değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu amaçla üzerinde çalışılmak üzere, Energy Plus'ta yer alan belirli bir hastane binası örneği seçilmiştir. Hastane binaları kompleks binalar oldukları için her ısıtma bölgesi ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Başlangıç olarak, binanın ikinci katında yer alan ve Kuzey ve Doğu'ya dış cepheleri bulunan Ameliyat Odası ile binanın üçüncü katında yer alan ve Güney ve Doğu'ya dış cepheleri bulunan Hasta Odası, üzerinde çalışılacak örnek ısıtma bölgeleri olarak seçilmiştir. Ameliyat Odası'nda hijyenik koşulların gereği olarak herhangi saydam bir yüzey bulunmamaktadır, bu durum güneş kazançları açısından fark yaratmaktadır [4]. Resimde yer alan mavi kısım Hasta Odası, kırmızı kısım ise Ameliyat Odasıdır.



Apr = 7.6m
Bpr = 4.6m
Hpr = 4.27m
Areapr = 34.96m²
Vpr = 149.3m³

Apr = A kenarı uzunluğu
Bpr = B kenarı uzunluğu
Hpr = kat yüksekliği
Areapr = Hasta Odası taban alanı
Vpr = Hasta Odası hacmi

Şekil 1. Örnek Hastane modeli-Hasta Odası



Aor = 9.2m
Bor = 6.1m
Hor = 4.27m
Areaor = 56.12m²
Vor = 239.63m³

Aor = A kenarı uzunluğu
Bor = B kenarı uzunluğu
Hor = kat yüksekliği
Areaor = Ameliyathane taban alanı
Vor = Ameliyathane hacmi

Şekil 2. Örnek Hastane modeli-Ameliyathane Odası

Tablo 1. Ameliyat ve Hasta Odaları için Opak Bina Bileşenleri

Dış Duvar Katmanları	Malzeme	Kalınlık (d)-m	İletkenlik (λ)-W/m-K
	1 IN Sıva	0.025	0.69
	8 IN güçlendirilmiş beton	0.20	1.31
	Konut dışı duvar yalıtımı	0.05	0.05
	½ IN Alçı	0.0127	0.16
İç Duvar Katmanları	½ IN Alçı panel	0.0127	0.16
	½ IN Alçı panel	0.0127	0.16
Döşeme Katmanları	Halı		
	MAT-CC05 4 güçlendirilmiş beton	0.10	1.31

Tablo 2. Hasta Odası için Saydam Bina Bileşenleri

Pencere Katmanları	Malzeme	U-factor-W/m ² K	SHGC
	ASHRAE sabit pencere	3.23	0.39

Çalışmada iki adım yer almaktadır. İlk adım Ameliyat Odası ve Hasta Odası olmak üzere iki zon aracılığı ile Energy Plus ve BEP-tr simülasyon programlarının sınır koşullarının karşılaştırılmasıdır. İkinci adım ise, tek bir zon üzerinden iki simülasyon programında aynı sınır koşulları kullanılarak testler yapılmasıyla simülasyon araçları arasındaki hesaplama yöntemi farklarının tespit edilmesidir. İkinci adım doğrultusunda, İstanbul'da olduğu kabul edilen hastane için 3 temel senaryo bulunmaktadır. Bu senaryoların amacı 'hastane iç ortam koşulları'nın özgün karakteri ile ilişkili olarak, iç sıcaklık ayar değerleri, havalandırma-hava debisi ve kullanıcılar, aydınlatma ve ekipmanlardan iç kazançlar gibi sınır koşullarının tanımlanmasıdır. Bu parametrelerin ve her senaryo için sınır koşullarında değişiklik yapılarak bu koşulların ısıtma ve soğutma ihtiyaçları üzerindeki etkileri test edilir. Her senaryo testinin sonucunda, "Yıllık Zon Hissedilir Isıtma ve Soğutma Gereksinimleri" kWh/m²-yıl cinsinden hesaplanmıştır. Bunun yanında, her senaryo için grafik diyagramlar 'W' zaman cinsinden tüm bir yılı kapsayacak şekilde elde edilmiştir.

Çalışmada 3 ana gruptan oluşan, toplam 8 senaryo vardır. Bu senaryolar Tablo 3'te görülebilir.

Tablo 3. Araştırma Metodu

Değişen Parametreler	Senaryo Tanımı
Saatlik hava değişim değeri= 0 h ⁻¹ Birinci Araştırma Grubu Tablo 7	Energy Plus'ta test
	BEP-tr'de test
	Güneş kazançları "0" alınarak BEP-tr'de test
Saatlik hava değişim değeri= 3 h ⁻¹ İkinci Araştırma Grubu Tablo 8	Energy Plus'ta test
	BEP-tr'de test
	Güneş kazançları "0" alınarak BEP-tr'de test
$\Phi_m = (A_m/A_{tot}) * (0.5 * \Phi_{int} + \Phi_{sol}) \longrightarrow$ $\Phi_m = (A_m/A_{tot}) * (0.7 * \Phi_{int} + \Phi_{sol})$ Üçüncü Araştırma Grubu Tablo 9	Saatlik hava değişim değeri= 0 h ⁻¹
	Saatlik hava değişim değeri= 3 h ⁻¹

Bu senaryoların seçilme nedenleri dördüncü bölümde "Programların Çalışma Yöntemlerine Ait Bulgular" kısmında açıklanmaktadır. Energy Plus ve BEP-tr simülasyon araçları ile gerçekleştirilen bu testlerin sonucunda, her parametrenin mekan enerji tüketimi üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Daha sonra, aynı senaryolar için Energy Plus ve BEP-tr sonuçları ve hesaplama yöntemleri arasındaki farklar gözlemlenmiştir. Ayrıca, BEP-tr'de hastaneler için eksik olan veriler belirlenmiştir.

3. ENERGY PLUS VE BEP-TR GİRDİ VERİLERİNE AİT BULGULAR

Bu ilk adımda iki programın veritabanlarından elde edilen bulgular ile sınır koşulları incelenmiş ve aradaki farklılıklar vurgulanmıştır.

Energy Plus ve BEP-tr'nin Ameliyat Odaları ve Hasta Odaları için öngördükleri sınır koşulları birbirlerinden çok farklıdır. Bu fark, enerji performansı test sonuçlarını etkilemektedir ve BEP-tr'nin öngördüğü bazı sınır verilerinin değişmesi gerekmektedir. Ayrıca, ısıtma ve soğutma ayar sıcaklıkları ve mekanların çalışma programları BEP-tr içinde yer almayan önemli bir gereksinimdir. Energy Plus ile kıyaslandığında, BEP-tr'de farklı ve eksik olan veriler özet olarak Ameliyat Odaları için Tablo 4 ve Hasta Odaları için Tablo 5'teki gibidir. BEP-tr'de bu tür veri tabanlarının ve sınır koşullarının EN (Avrupa Normlarına) dayandırıldığı bilinmektedir. Dolayısı ile bu konuda ya Avrupa normlarının iyileştirilmesi ya da BEP-tr için veri tabanının ve sınır koşullarının ulusal koşullar için yeniden geliştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 4. Ameliyat Odası veri analizi – BEP-tr

Ameliyat Odası	
Eksik Veriler	Farklı Veriler
Çalışma program başlangıç ve bitiş saatleri	phi_int_Oc_sen_i_unit= insanlardan metrekare başına hissedilebilir ısı kazancı
q_p = kişi başına temiz hava ihtiyacı, $m^3 / p.h$	phi_int_Oc_lat_i_unit= insanlardan metrekare başına gizli ısı kazancı
q_m = metrekare başına temiz hava ihtiyacı, $m^3 / m^2.h$	phi_int_App_i_unit= ekipmanlardan metrekare başına iç kazanç
q_v = hacimsel hava debisi	theta_int_h_set= ısıtma ayar sıcaklık değeri
	theta_int_c_set= soğutma ayar sıcaklık değeri

Tablo 5. Hasta Odası veri analizi – BEP-tr

Hasta Odası	
Eksik Veriler	Farklı Veriler
phi_int_Oc_sen_i_unit= insanlardan metrekare başına hissedilebilir ısı kazancı	q_p = kişi başına temiz hava ihtiyacı, $m^3 / p.h$
phi_int_Oc_lat_i_unit= insanlardan metrekare başına gizli ısı kazancı	theta_int_h_set= ısıtma ayar sıcaklık değeri
phi_int_App_i_unit= ekipmanlardan metrekare başına iç kazanç	theta_int_c_set= soğutma ayar sıcaklık değeri
q_m = metrekare başına temiz hava ihtiyacı, $m^3 / m^2.h$	
q_v = hacimsel hava debisi	

Bu durum doğrultusunda testlerin gerçekleştirildiği ikinci adımda, BEP-tr'de yer alan test grubu sınır koşulları, ameliyat odaları için Energy Plus verileri [5] kullanılıp değiştirilerek BEP-tr'de test edildi. Bu duruma etki eden nedenlerden biri de Ameliyat Odaları ve Hasta Odaları hava debisi verilerinin EN'de ve dolayısı ile BEP-tr'de eksik olmasıdır. Tablo 6'dan görülebileceği gibi Hasta Odalarında iç kazanç girdileri de eksiktir. İleriki incelemelerde, BEP-tr girdileri kullanılarak da Energy Plus'ta testler yapılmıştır. Fakat çalışmanın bu aşamasında veri farklarını belirleyebilmek ve iki aracın çalışma metodlarını karşılaştırabilmek amacıyla girdi verileri aynı ve tam olmalıdır, bu amaçla testlerde Energy Plus'a ait sınır koşulları ve BEP-tr'ye ait iklim verileri ve çalışma takvimleri kullanılmıştır.

Tablo 6. Energy Plus [6] ve BEP-tr verilerinin karşılaştırması

Sınır Koşulları	Energy Plus				BEP-tr			
$Q_{mekan} = (Q_{TR} + Q_{havala} - Q_{solar} + Q_{iç kazançlar}) - (Q_{solar} + Q_{iç kazançlar})$	Ameliyat Odası	Birim	Hasta Odası	Birim	Ameliyat Odası	Birim	Hasta Odası	Birim
U Değeri								
$U_{op,stand}$	0.7	W/m ² K	0.7	W/m ² K	0.7	W/m ² K	0.7	W/m ² K
U_{win}	No win.		3.24	W/m ² K	No		---	W/m ² K
Havalandırma								
Zon başına hava debisi	0.2	m ³ /s	0.08	m ³ /s				
Zon başına hava debisi (kişi başına)	240	m ³ /ph	144	m ³ /ph	---	m ³ /ph	30	m ³ /ph
Saatlik Hava Değişim değeri	3	m ³ /h	1.93	m ³ /h	---	m ³ /ph	---	m ³ /ph
İç Kazançlar								
Kullanıcılar (hissedilebilir ısı kazancı)	91 4.86	W/p W/m ²	80.34 6.89	W/p W/m ²	10.69	W/m ²	---	W/m ²
Kullanıcılar (gizli ısı kazancı)	29 1.6	W/p W/m ²	39.7 3.4	W/p W/m ²	5.35	W/m ²	---	W/m ²
TOPLAM	360	W	240.0 8	W	900.16	W	---	W
Max kişi sayısı	3		2		7.5		---	
Aydınlatma başına (m ²)	23.67	W/m ²	7.53	W/m ²	---	W/m ²	---	W/m ²
TOPLAM	1328.36	W	263.2 5	W	---	W	---	W
Ekipmanlar başına (m ²)	43.04	W/m ²	21.52	W/m ²	0.92	W/m ²	---	W/m ²
TOPLAM	2415.40	W	752.3 4	W	51.63	W	---	W
Sıcaklık ayar noktası								
Isıtma sıcaklık ayar noktası	18.3	°C	21.1	°C	20	°C	24	°C
Soğutma sıcaklık ayar noktası	18.3-22.2	°C	22.2	°C	26	°C	24	°C

BEP-tr henüz web tabanlı bir simülasyon aracı değildir, bu nedenle yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını hesaplamak üzere öncelikle veri girişi için özel "excel" tabloları tamamlanmalıdır, ardından BEP-tr testleri için özel yazılmış olan kodlarla Matlab programında bu tablolar test edilmelidir. BEP-tr testleri için takip edilecek adımlar aşağıdaki gibidir, adımlar hakkında daha detaylı bilgi ilgili tezde yer almaktadır [1].

BEP-tr içerisinde her bina fonksiyonu için hazır değerler vardır. Fonksiyonlar Konut (1), Ofis (2), Kompleks Binalar (3) olarak gruplanmıştır. Örnek çalışma bir sağlık binası üzerinde olduğundan fonksiyon 3 seçilmelidir. Fakat fonksiyon 3 yetersiz kaldığından fonksiyon 1 seçilerek, Matlab kodlarında ve excel tablolarında bu durum için gerekli değişiklikler yapılmıştır.

BEP-tr çeşitli bina fonksiyonları için sınır koşullarına ait değerleri bulundurmaktadır ama incelemelerden de görüldüğü gibi sağlık binaları için birçok eksik veri bulunmaktadır. Bazı bulunan veriler ise, sağlık binalarına ait standartların uygun gördüğü veriler doğrultusunda olması gerekenden farklıdır. Bu nedenle, ikinci adımı oluşturan testlerde başlangıç olarak Kullanıcılar, Ekipmanlar,

Aydınlatma ve Havalandırma girdileri için Energy Plus verileri kullanılmıştır [5]. Sıcaklık ayar noktaları bu bildiride yer verilen değerlendirmelerde, 20 °C sabit olacak şekilde alınmıştır. Bu veriler koşulları sağlamak açısından çeşitli dokümanlarda değiştirilmiştir.

4. PROGRAMLARIN ÇALIŞMA YÖNTEMLERİNE AİT BULGULAR

Bu çalışmada, Tablo 3'te görülen araştırma metoduna ait analizlerin yalnızca Ameliyat Odası'na ait sonuçlarına yer verilmiştir. Diğer zonlara ait sonuçlar ve detaylı bilgiler ilgili Y.Lisans tezinde yer almaktadır [1]. Özet olarak, testlerin başlangıcında, veri girişlerinde iki simülasyon aracının ve iki farklı zonun sınır koşulları karşılaştırılmıştır. İkinci adım olarak da, testlerin gerçekleştirilmesiyle elde edilen sonuçlar doğrultusunda iki programın algoritmaları arasında incelemeler yapılarak çalışma metotları karşılaştırılmıştır.

Birinci araştırma grubunda infiltrasyon değeri " 0 h^{-1} " ve iç ayar sıcaklık değerleri 20 °C'de sabit alınarak iç kazançların ve güneş kazançlarının Yıllık Isıtma ve Soğutma İhtiyaçları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Daha sonra ikinci araştırma grubunda infiltrasyon değeri " 3 h^{-1} " alınıp, birinci ve ikinci araştırma grubu sonuçları karşılaştırılarak infiltrasyon faktörünün Yıllık Isıtma ve Soğutma İhtiyaçları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

İlk grupta hiçbir havalandırma verisi bulunmamaktadır. Bunun yanında, Ameliyat Odası gibi mekanlarda en büyük iç ısı kazancını kullanılan medikal ekipmanlar ve aydınlatma oluşturmaktadır. Medikal ekipman ve aydınlatmadan oluşacak iç kazançların çok yüksek olduğu ve havalandırmanın olmadığı varsayılan bu grupta Energy Plus ve BEP-tr sonuçları Tablo 7'den görülebilir. Ameliyat Odası'nda hijyenik koşullar nedeniyle saydam yüzey bulunmadığından, güneş kazançları ancak opak yüzeylerden dolayı olarak sağlanmaktadır. Bu nedenle, yüksek çıkan soğutma ihtiyaçlarındaki en büyük etki iç kazançlardan kaynaklanmaktadır. Bu bulgunun doğruluğunun test edilmesi için Senaryo3 oluşturularak güneş kazançlarının " 0 W " olduğu varsayılan testler gerçekleştirilmiştir. Bu testler sonucunda Tablo 7'den de görüleceği gibi, soğutma ihtiyacında bir miktar azalma gözlenmiştir fakat bu azalma oranı çok yüksek olmadığından, daha önce tespit edildiği gibi yüksek soğutma ihtiyaçlarında, en büyük etkinin iç kazançlardan kaynaklandığı anlaşılmıştır.

İkinci araştırma grubunda, Energy Plus veritabanında önerildiği üzere, ameliyat odası için saatlik hava değişim değeri 3 h^{-1} alınarak, ilk grup ile aynı sınır koşullarıyla testler yeniden yapılmıştır. Birinci grup için tartışıldığı gibi iç kazançların ve güneş kazançlarının etkisini görmek açısından bu grupta da saatlik hava değişim değeri ve iç ayar sıcaklık değeri sabit tutulmuştur. Grup içerisinde değerlendirme yapıldığında, birinci gruptaki bulguların aynısına ulaşılmıştır. Güneş kazançları " 0 W " alındığında Yıllık Isıtma ve Soğutma İhtiyaçlarındaki değişim çok az olmaktadır. Bunda, zon cephesinde saydam yüzey bulunmamasının etkisi vardır.

İkinci araştırma grubunda, Tablo 8'den görülebileceği gibi ısıtma değerlerinde bir artış olurken soğutma değerlerinde hissedilir bir düşüş olmuştur. Bu değişimin sebebi, saatlik hava değişim değeridir. Energy Plus sonuçları ile BEP-tr sonuçları arasındaki farkın sebebi ise iki programın hesaplama yöntemlerinin farklı olmasıdır. Birinci ve İkinci araştırma gruplarında Energy Plus senaryo sonuçları karşılaştırıldığında, sonuçların hava değişim değerine uygun doğrultuda olduğu görülür. Ameliyat odasında, birinci araştırma grubunda test edildiği üzere, çok yüksek soğutma gerektiren bir iç kazanç miktarı bulunmaktadır. İkinci grupta, infiltrasyon eklenmesine rağmen bu ısı yükleri dolayısıyla yüksek oranda bir soğutma gerekmektedir ve Energy Plus sonuçları bu değeri sağlamaktadır. BEP-tr sonuçları sınır koşullarının değişimine uygun niteliktedir ancak hesaplama yönteminde yapılan basitleştirmeden kaynaklı olarak Yıllık Isıtma ve Soğutma İhtiyaçları Energy Plus'tan farklı çıkmaktadır. Aslında iki programın da sonuçları aynı eğilimi göstermektedir, ancak farklı yöntemler izlenmesi nedeniyle hassasiyet farkından dolayı değerler farklı çıkmaktadır. Ancak BEP-tr ele alınan bu örnek için soğutma yüklerini azaltma ve ısıtma yüklerini artırma eğilimindedir. Bu durumun Isıtma ve Soğutma ihtiyaçlarında ayrı olmak üzere iki nedeni vardır.

Yıllık Isıtma İhtiyaçları'nın BEP-tr ile hesaplandığında Energy Plus sonuçlarından daha yüksek çıkma sebebi, BEP-tr de binanın dinamik ısı davranışının daha basit bir yaklaşımla hesaba katılmış olmasıdır. Böylece opak bina kabuğundan ısı geçişi ve kabukta ısı depolama etkisi değişmektedir. BEP-tr, Energy Plus'a kıyasla ısı depolama etkisini azaltma eğilimindedir. Bu açıdan, Energy Plus, ısı depolama dinamiklerini daha iyi bir yol ile simüle edebilmektedir. Ayrıca, güneş kazançlarında ışınlım ve taşınımın dolaylı olarak oluşacak fark Energy Plus'ta belirli katsayılarla çarpılarak hesaplanmaktadır, bu durum için BEP-tr'de bir basitleştirmeye gidilmiştir ve EN Standartlarında da yer alan bir şekilde, güneş kazançları (Φ_{sol}) alanlara dağıtılmak üzere "1"den küçük bir değere sahip A_m/A_{tot} değeri ile çarpılarak azaltılmaktadır. Bu durumun da Isıtma İhtiyaçları'nda etkisi detaylı simülasyona göre farklı olmaktadır.

Yıllık Soğutma İhtiyaçları'nın BEP-tr sonuçlarında, Energy Plus sonuçlarına göre daha düşük çıkmasının sebebi, BEP-tr iç kazançların etkisini analiz ederken ışınlım ve taşınım yoluyla kazançların ayrımını yapmamaktadır ve bir basitleştirme kullanmaktadır. (1) eşitliğinden okunduğu gibi iç kazançların %50'si, (2) eşitliğindeki basitleştirilmiş bir eşitlik kullanılarak oda yüklerine yansıtılmaktadır. Bu EN Standartlarında da adı geçen ve kullanıcıya bırakılmış ve detaylı dinamik yöntemlerde kullanılmayacak olan fakat basitleştirilmiş hesaplama metodlarında kullanılması uygun görülen bir sadeleştirmedir. Böylece BEP-tr, iç kazançların etkisini azaltmaktadır. Bu varsayım, çalışma örneği olan Ameliyathaneler gibi ısı yüklerinin diğer yüklerle oranla çok daha baskın olduğu tipolojilerin tersine, iç kazanç miktarlarının çok yüksek olmadığı "standart binalar" için kullanılan ve kabul edilebilir sonuçlar veren tipik bir varsayımdır. Bu şekildeki bir varsayım iç ısı kaynakları çok yüksek olan mekanları da barındıran kompleks binalar için sonuçları kabul edilebilirlikten uzaklaştırmaktadır.

$$\Phi_m = (A_m/A_{tot}) * (0.5 * \Phi_{int} + \Phi_{sol}) \quad (1)$$

$$Q^{\circ}_{iç \text{ ısı yükü}}(t) = 0.5 * Q^{\circ}_{iç \text{ ısı kazancı}} \quad (2)$$

(1) eşitliğinde Φ_m , iç kazanç ve güneş kazançlarından kabuk kütlesine geçen ısı miktarını Watt cinsinden ifade etmektedir. A_m , hacmi çevreleyen yüzeyler alanını ve A_{tot} , bir zonu çevreleyen tüm iç yüzeylerin alanları toplamını ifade etmektedir. [3]

Yukarıda açıklanan nedenlerle, iç kazançların etkisinin daha uygun sonuçlar vermek üzere ifade edilebilmesi için öneri geliştirilmesi açısından, (1) eşitliğindeki "0.5" katsayısı artırılıp "0.7" girilerek BEP-tr üzerinde yeniden testler yapılmıştır. Üçüncü araştırma grubunu oluşturan bu test sonuçları Tablo 9'da görülmektedir. Yıllık Isıtma İhtiyaçları'nda düşüş olurken, Yıllık Soğutma İhtiyaçları'nda belirgin bir artış olmuştur. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere BEP-tr hesaplama yöntemindeki basitleştirmelerden ileri gelen farklar, algoritmada dinamik modellerin kullandığı katsayılarla yakın şekilde değiştirildiğinde sonuçlar, Energy Plus sonuçlarına yaklaşmaktadır. Bu çalışma, iç kazanç oranları yönünden hastanenin en yüksek değerli zonlarından biri olan Ameliyathanede yapılmış olduğu için Energy Plus ve BEP-tr'de aynı sonuçlara ulaşmak ve katsayıların iç kazançlar üzerindeki farkını hissetmek bir miktar daha zordur. Yine hastanelere ait Hasta Odası gibi iç yükler açısından daha makul zonlarda testler yapıldığında katsayıların kabul edilen durumu ile değiştirildiği durumu arasında daha belirgin farklar olduğu görülebilecektir [1]

Tablo 7. Ameliyat Odası için Birinci Araştırma Grubu Sonuçları [6]

AMELİYAT ODASI	Senaryo1 (E+)	Senaryo2 (BEP-tr)	Senaryo3 (BEP-tr)
Sınır Koşulları	Isıtma ayar sıcaklık değeri	20 °C	20 °C
	Soğutma ayar sıcaklık değeri	20 °C	20 °C
	Hissedilebilir ısı kazancı-insanlardan	4.86 W/m ²	4.86 W/m ²
	İnsanlardan gizli ısı kazancı	1.6 W/m ²	1.6 W/m ²
	Aydınlatmadan iç kazanç değeri	23.67 W/m ²	23.67 W/m ²
Yıllık Enerji Tüketimi	Ekipmanlardan iç kazanç değeri	43.04 W/m ²	43.04 W/m ²
	Dış cephe alan başına hava debisi	0 m ³ /h	0 m ³ /h
	Zon Hissedilebilir Isı Oranı Toplamı	1 kWh/m ²	0 kWh/m ²
	Zon Hissedilebilir Soğutma Oranı Top	571 kWh/m ²	702 kWh/m ²
	Zon Hissedilebilir Isıtma Oranı-Saatlik Diyagram		
Zon Hissedilebilir Soğutma Oranı-Saatlik Diyagram			

Tablo 8. Ameliyat Odası için İkinci Araştırma Grubu Sonuçları [6]

AMELİYAT ODASI	Senaryo1 (E+)	Senaryo2 (BEP-tr)	Senaryo3 (BEP-tr)	
Sınır Koşulları	Isıtma ayar sıcaklık değeri Soğutma ayar sıcaklık değeri Hissedilebilir ısı kazancı-insanlardan Insanlardan gizli ısı kazancı Aydınlatmadan iç kazanç değeri Ekipmanlardan iç kazanç değeri Dış cephe alan başına hava debisi Zon Hissedilebilir Isı Oranı Toplamı Zon Hissedilebilir Soğutma Oranı-Top	20 20 4.86 1.6 23.67 43.04 3 1 387	20 20 4.86 1.6 23.67 43.04 3 3 173	20 20 4.86 1.6 23.67 43.04 3 4 167
Yıllık Enerji Tüketimi				
Zon Hissedilebilir Isıtma Oranı- Aylık Diyagram				
Zon Hissedilebilir Soğutma Oranı- Aylık Diyagram				

Tablo 9. Ameliyat Odası için Üçüncü Araştırma Grubu Sonuçları [6]

AMELİYAT ODASI	Senaryo1 (BEP-tr)			Senaryo2																																																										
Sınır Koşulları	Isıtma ayar sıcaklık değeri	20	°C	Isıtma ayar sıcaklık değeri	20	°C																																																								
	Soğutma ayar sıcaklık değeri	20	°C	Soğutma ayar sıcaklık değeri	20	°C																																																								
	Hissedilebilir ısı kazancı-insanlardan	4.86	W/m ²	Hissedilebilir ısı kazancı-insanlardan	4.86	W/m ²																																																								
	İnsanlardan gizli ısı kazancı	1.6	W/m ²	İnsanlardan gizli ısı kazancı	1.6	W/m ²																																																								
	Aydınlatmadan iç kazanç değeri	23.67	W/m ² (E+)*	Aydınlatmadan iç kazanç değeri	23.67	W/m ² (E+)*																																																								
	Ekipmanlardan iç kazanç değeri	43.04	W/m ²	Ekipmanlardan iç kazanç değeri	43.04	W/m ²																																																								
	Dış cephe alan başına hava debisi	0	m ³ /h	Saatlik Hava Değişim sayısı	3	m ³ /h																																																								
Yıllık Enerji Tüketimi	Zon Hissedilebilir Isı Oranı Toplamı	0	kWh/m ²	Zon Hissedilebilir Isı Oranı Toplamı	0	kWh/m ²																																																								
	Zon Hissedilebilir Soğutma Oranı-Top	782	kWh/m ²	Zon Hissedilebilir Soğutma Oranı-Top	263	kWh/m ²																																																								
Zon Hissedilebilir Isıtma Oranı-Aylık Diyagram	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>HEATING (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>JAN</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>APR</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>MAY</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>JUN</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>JUL</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>AUG</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>SEPT</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>OCT</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>DEC</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>ANNUAL TOTAL</td><td>0.0</td></tr> </tbody> </table>			Month	HEATING (kWh/m ²)	JAN	0.0	FEB	0.0	MAR	0.0	APR	0.0	MAY	0.0	JUN	0.0	JUL	0.0	AUG	0.0	SEPT	0.0	OCT	0.0	NOV	0.0	DEC	0.0	ANNUAL TOTAL	0.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>HEATING (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>JAN</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>APR</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>MAY</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>JUN</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>JUL</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>AUG</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>SEPT</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>OCT</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>DEC</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>ANNUAL TOTAL</td><td>0.0</td></tr> </tbody> </table>			Month	HEATING (kWh/m ²)	JAN	0.0	FEB	0.0	MAR	0.0	APR	0.0	MAY	0.0	JUN	0.0	JUL	0.0	AUG	0.0	SEPT	0.0	OCT	0.0	NOV	0.0	DEC	0.0	ANNUAL TOTAL	0.0
Month	HEATING (kWh/m ²)																																																													
JAN	0.0																																																													
FEB	0.0																																																													
MAR	0.0																																																													
APR	0.0																																																													
MAY	0.0																																																													
JUN	0.0																																																													
JUL	0.0																																																													
AUG	0.0																																																													
SEPT	0.0																																																													
OCT	0.0																																																													
NOV	0.0																																																													
DEC	0.0																																																													
ANNUAL TOTAL	0.0																																																													
Month	HEATING (kWh/m ²)																																																													
JAN	0.0																																																													
FEB	0.0																																																													
MAR	0.0																																																													
APR	0.0																																																													
MAY	0.0																																																													
JUN	0.0																																																													
JUL	0.0																																																													
AUG	0.0																																																													
SEPT	0.0																																																													
OCT	0.0																																																													
NOV	0.0																																																													
DEC	0.0																																																													
ANNUAL TOTAL	0.0																																																													
Zon Hissedilebilir Soğutma Oranı-Aylık Diyagram	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>COOLING (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>JAN</td><td>59.8</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>55.9</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>61.3</td></tr> <tr><td>APR</td><td>62.0</td></tr> <tr><td>MAY</td><td>68.5</td></tr> <tr><td>JUN</td><td>70.0</td></tr> <tr><td>JUL</td><td>73.6</td></tr> <tr><td>AUG</td><td>72.1</td></tr> <tr><td>SEPT</td><td>68.5</td></tr> <tr><td>OCT</td><td>67.4</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>61.6</td></tr> <tr><td>DEC</td><td>62.1</td></tr> <tr><td>ANNUAL TOTAL</td><td>782.0</td></tr> </tbody> </table>			Month	COOLING (kWh/m ²)	JAN	59.8	FEB	55.9	MAR	61.3	APR	62.0	MAY	68.5	JUN	70.0	JUL	73.6	AUG	72.1	SEPT	68.5	OCT	67.4	NOV	61.6	DEC	62.1	ANNUAL TOTAL	782.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>COOLING (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>JAN</td><td>11.6</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>11.0</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>10.9</td></tr> <tr><td>APR</td><td>16.0</td></tr> <tr><td>MAY</td><td>26.5</td></tr> <tr><td>JUN</td><td>33.3</td></tr> <tr><td>JUL</td><td>37.1</td></tr> <tr><td>AUG</td><td>34.2</td></tr> <tr><td>SEPT</td><td>30.8</td></tr> <tr><td>OCT</td><td>24.0</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>15.5</td></tr> <tr><td>DEC</td><td>12.7</td></tr> <tr><td>ANNUAL TOTAL</td><td>263.0</td></tr> </tbody> </table>			Month	COOLING (kWh/m ²)	JAN	11.6	FEB	11.0	MAR	10.9	APR	16.0	MAY	26.5	JUN	33.3	JUL	37.1	AUG	34.2	SEPT	30.8	OCT	24.0	NOV	15.5	DEC	12.7	ANNUAL TOTAL	263.0
Month	COOLING (kWh/m ²)																																																													
JAN	59.8																																																													
FEB	55.9																																																													
MAR	61.3																																																													
APR	62.0																																																													
MAY	68.5																																																													
JUN	70.0																																																													
JUL	73.6																																																													
AUG	72.1																																																													
SEPT	68.5																																																													
OCT	67.4																																																													
NOV	61.6																																																													
DEC	62.1																																																													
ANNUAL TOTAL	782.0																																																													
Month	COOLING (kWh/m ²)																																																													
JAN	11.6																																																													
FEB	11.0																																																													
MAR	10.9																																																													
APR	16.0																																																													
MAY	26.5																																																													
JUN	33.3																																																													
JUL	37.1																																																													
AUG	34.2																																																													
SEPT	30.8																																																													
OCT	24.0																																																													
NOV	15.5																																																													
DEC	12.7																																																													
ANNUAL TOTAL	263.0																																																													

5. SONUÇ

Sonuç olarak, detaylı tam dinamik simülasyon yapabilen Energy Plus ile binaları standart koşullarda karşılaştırarak kimlik belgesi vermek üzere basitleştirilmiş saatlik yarı dinamik BEP-tr hesaplama yöntemleri hem algoritmaları ve hem de kabul ettikleri veriler ve sınır koşulları açısından birbirlerinden fark göstermektedir. BEP-tr, tüm bina tipolojileri için kullanımı öngörülmekle birlikte, konut, eğitim ve ofis binaları için daha uygun, basitleştirilmiş bir enerji sertifikasyon yöntemidir. Ancak kompleks binalar için daha detaylı bir simülasyon aracı gerekmektedir ya da basitleştirilmiş enerji sertifikasyon metodlarında kompleks binalar için bu binalara özgü tüm sorunları göz önüne alabilecek geliştirmeler yapılmalıdır.

Sınır koşulları açısından EN standartlarının verilerini kullanması öngörülen ulusal simülasyon programları, sağlık binaları gibi kompleks binalar için ASHRAE gibi daha spesifik standartlardan yararlanabilirler veya EN standartlarında, bu tür binalar için bir düzenlemeye gidilebilir. Sınır koşullarının bu şekilde eksiksiz tamamlanmasının yanında, dinamik modellerde olduğu gibi detaylı iklim verileri tanımlanarak, gün içerisinde her zonun ayrı çalışma programı tanımlanabilmelidir. Böylelikle, ulusal programlar başka programlara ihtiyaç duymadan veritabanlarındaki bilgileri kullanılabilir.

Bunun yanında, BEP-tr gibi ulusal programlar genel olarak sağlık binalarından daha az iç kazançları olan binaları değerlendirmek üzere daha uygun oldukları için algoritmaları, EN standartları doğrultusunda da “standart binalar” için uygundur. Ancak, kompleks binalar için enerji performans testlerinin BEP-tr’de yapılarak, bu binalara sertifika verilebilmesi için algoritmadaki basitleştirmelerin detaylı modele uygun olarak değiştirilmesi gerekmektedir. Sınır koşullarında ve algoritmalarda yapılabilecek bu düzenlemelerden sonra BEP-tr gibi ulusal programlar, kompleks binaların enerji performans seviyelerinin belirlenmesinde kullanılabilirlerdir.

Öte yandan, sadece Türkiye’de değil, enerji performans seviyelerinin hesaplanmasında ülkelerin genel bir problemi olan kompleks binaların incelenmesi amacıyla kullanılan ulusal bir program yoktur. Günümüzde uluslar arası anlamda kullanılan Energy Plus, TRNSYS, SPR gibi dinamik simülasyon araçlarının bu bağlamda kullanılması öngörülmektedir. Avrupa’da bazı ülkeler bunu uygulamaya geçirmişlerdir ancak bu tür uygulamaların derin uzmanlık gereksiniminden doğan problemlerin çözümünü aramaktadırlar. Ulusal programları kullanarak binaların enerji performans değerlerini inceleyen Enerji Kimlik Belgesi uzmanları dışında, kompleks binaların enerji performans değerlendirmeleri için ulusal bağlamda geçerliliği kabul edilecek bir detaylı dinamik simülasyon programını verimli bir şekilde kullanabilecek uzmanlar yetiştirilerek bu problem bir anlamda çözülebilir. Bu uzman kişilerin yetiştirilmesi ve daha sonradan denetlenmesi için bu konunun uzmanlarının yer aldığı, odalara, Yapı Araştırma Kurumu veya Uluslar arası örneği olan Bina Performans Simülasyonu Dernekleri (IBPSA) gibi kurumlara çok önemli görevler düşmektedir.

Bu çalışmanın konusu olan sağlık binalarının incelenmesinde, sadece simülasyon programlarını kullanabilmek yeterli değildir. Ayrıca her farklı amaçlı sağlık binası için, binada bulunan zonlara ait bilgiye sahip olunması gerekmektedir. Çünkü çalışmada da değinildiği gibi, zonun fonksiyonuna göre kişi sayıları, ekipman çeşitleri, aydınlatma çeşitleri, ayar sıcaklıkları ve havalandırma koşulları değişmektedir. Bu amaçla sağlık binaları konusunda uzman mimar ve mühendislerin, seçilen detaylı simülasyon aracını kullanarak binanın enerji performans değerlendirmelerini yapmaları daha doğru sonuçlar sağlar.

Aynı durum diğer kompleks bina tipolojileri için de geçerlidir. Bu durumda, detaylı simülasyon aracının eğitimi alındıktan sonra ikinci bir adım olarak da, üzerinde uzmanlaşılacak spesifik bina tipolojisine yönelik eğitim alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] GALİ, G., Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, yazım aşamasındadır.
- [2] SINGER, B.C., TSCHUDI, W.F., “High Performance Healthcare Buildings: A Roadmap to Improved Energy Efficiency”, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009.
- [3] 07.12.2010 Resmi Gazete, “BEP-TR Hesaplama Metodolojisi”, 2010.
- [4] T.C. Sağlık Bakanlığı, “Özel Hastaneler Yönetmeliği”, 2006.
- [5] Energy Plus Input Output Reference, “The Encyclopedic Reference to Energy Plus Input and Output”, 2010.
- [6] Energy Plus Engineering Reference, “The Reference to Energy Plus Calculations”, 2010.
- [7] ASHRAE Fundamentals 2005, Chapter 30, “Non-residential Cooling and Heating Calculation Loads”, 2005.
- [8] ASHRAE 90412, “HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics”, 2003.
- [9] DIN 1964-4, “VAC Systems in Buildings and Rooms Used in the Healthcare Sector”, 2008.

ÖZGEÇMİŞ

Gözde GALİ

1986 Adana doğumludur. 2007 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünü bitirmiştir. Bir süre mimarlık ofislerinde çalıştıktan sonra 2009 yılında İTÜ Mimarlık Anabilim Dalı Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yüksek Lisans bölümünde Prof. Dr. A. Zerrin Yılmaz ile çalışmaya başlamıştır. 2009 yılında Ekomim Ekolojik Mimarlık Hizmetleri'nde çalışmaya başlamıştır. 2010 yılında İTÜ-Politecnico di Torino ortak programıyla Yüksek Lisans eğitimine İtalya'da devam etmektedir.

Stefano P. CORGNATI

Üniversite öğrenimini Makina Mühendisliği, doktorasını da Enerji Bilimi konularında Onur Listesi'ne girerek tamamlayan Stefano Paolo Corgnati, şu 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.

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.