

# Binalarda Enerji Simulasyonları İçin Veri Toplama Listeleri Aracılığıyla Veri Yönetimi Modelinin Oluşturulması

Meltem BAYRAKTAR  
Tobias SCHULZE  
Prof. Dr. Zerrin YILMAZ

## ÖZET

*Binaların enerji, ekonomi ve sürdürülebilirlik bakış açılarından gösterdikleri performans küresel ısınmanın gittikçe önem kazandığı ve de konvansiyonel yakıtların tükenmesi riskiyle karşı karşıya olduğumuz günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Tasarım aşamasından başlayarak işletme dönemi boyunca yani binanın tüm yaşam dönemi göz önüne alındığında enerji, çevresel ve ekonomik açılardan etkinliğinin belirlenmesinde artık bilgisayar tabanlı simulasyon programlarından yararlanılmaktadır. Simulasyon projelerinin hazırlanması ve uygulanması aşamasında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri gerekli verilerin toplanması ve simulasyon için hazır hale getirilmesidir. Simulasyon için ilk adım olan bu faaliyet öncelikle ihtiyaç duyulan verilerin belirlenmesi, mevcut ve erişilebilir olup olmadığının araştırılması, verilerin belirli bir sistematikte toplanması, gruplanması, doğruluğunun kontrol edilmesi gibi temel aşamaları kapsar. Oldukça zaman alan ve hata yapmaya çok fazla olanak veren bu adımda kullanılacak sistematik bir yöntem simulasyonun tamamlanması ve sonuçların elde edilmesine çok daha çabuk varılmasını sağlayacak ayrıca bu alanda fazla tecrübesi olmayan kullanıcılar ya da yeni başlayanlar için de yol gösterici olacaktır.*

*Bu bildiri de binaların performanslarının belirlenmesi için yapılacak simulasyon çalışmalarının temelleri anlatılmakta ve gerekli verilerin kısa sürede ve az bir hata payıyla toplanması ve düzenlenmesi için kullanılacak bir yaklaşım hazırlanan veri toplama listeleri üzerinden açıklanmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** Binalarda enerji verimliliği, tüm bina enerji simulasyonları, veri toplama, veri listeleri, veri yönetimi

## 1. GİRİŞ

Binaların enerji, ekonomi ve sürdürülebilirlik bakış açılarından gösterdikleri performans, küresel ısınmanın gittikçe önem kazandığı ve konvansiyonel yakıtların tükenmesi riskiyle karşı karşıya olduğumuz günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Avrupa ülkelerinde birincil enerji kaynaklarının %40'ı binalar tarafından tüketilmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından 2008 yılında yürütülen bir araştırma, mevcut binalarda yaklaşık %30 oranında maliyet etkin enerji tasarrufu yapabilme potansiyelinin olduğunu ortaya koymuştur [1]. Türkiye için bakıldığı zaman da benzer bir tablo ile karşılaşılmakta-

## Abstract:

Buildings are one of the most significant energy consumers and the performance of buildings has become a key issue in today's world because of a possible energy shortage in the future and also global warming. Nowadays computer based building energy simulation tools has been recognized and widely used for energy calculations. One of the major issues in computer based simulation projects is collection and analysis of input data. As the first step of simulation process this activity includes the determination of the types of data required, identification of available data sources, gathering of data, rationalisation of data and validation. This step takes considerably a long time and and it is not always easy to avoid mistakes. A methodical approach is required to identify and collate required data in appropriate sequence quickly.

In the present study a method which will support practitioners to identify their data requirements rapidly during simulation process is explained through reference data collection forms which are also prepared in the context of the study.

## Key Words:

Building energy efficiency, whole building energy simulations, data collection, data list, data management

## Makale

dır. Endüstrileşme, kentselleşme ve hızlı nüfus artışı gibi nedenlerle enerjiye olan talebin her geçen gün arttığı göz önüne alındığında, artan talebi karşılamada mevcut binalarda yapılacak enerji verimliliği çalışmaları büyük enerji tasarrufları vaat etmektedir. Yine, yeni yapılacak binaların enerji kriterleri göz önüne alınarak tasarlanması, az enerji tüketirken en üst düzeyde kullanıcı konforunu sağlayacak, sağlıklı yaşam alanları sunacaktır. Binaların tüm yaşam dönemi düşünüldüğünde enerji tüketimi en büyük maliyete sahip kalemlerden biridir ve enerji kullanımında yapılacak iyileştirmeler binanın yaşam dönemi masraflarının da büyük ölçüde azalmasını sağlayarak ülke ekonomisine önemli katkılarda bulunacaktır.

Binaların enerji açısından gösterdikleri performans, binanın mimarisi, inşaatı, bina kabuğunun ısıl özellikleri, ısıtma soğutma ve havalandırma sistemlerinin özellikleri, iç ve dış iklim şartları ve kullanıcı davranışları gibi pek çok unsura bağlıdır. Binanın gerçek performansının belirlenebilmesi için bu unsurlar göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılması gerekmektedir. Günümüzde hesaplamaların yapılmasında bilgisayar tabanlı bina enerji simülasyon programlarından yararlanılmaktadır. Gittikçe popülerlik kazanan bu programlar, binaların ısısal davranışları hakkında detaylı bilgi verebilmekte ve optimum çözümler elde edebilmek adına tasarıma müdahale edebilmeyi sağlamaktadır [2].

Simülasyon projelerinin hazırlanması ve uygulanması aşamasında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri gerekli verilerin toplanması ve simülasyon için hazır hale getirilmesidir [3]. Simülasyon için ilk adım olan bu faaliyet öncelikle ihtiyaç duyulan verilerin belirlenmesi, mevcut ve erişilebilir olup olmadığının araştırılması, verilerin belirli bir sistematiğe toplanması, gruplanması, doğruluğunun kontrol edilmesi gibi temel aşamaları kapsar. Oldukça zaman alan ve hata yapmaya çok fazla olanak veren bu adımda kullanılacak sistematik bir yöntem simülasyonun tamamlanması ve sonuçların elde edilmesine çok daha çabuk varılmasını sağlayacak ve kullanılan simülasyon aracına aşina olmayan kişilerin hata yapma olasılığını da azaltacaktır. Bu nedenle bu

çalışmada binaların enerji, çevresel ve ekonomik performanslarının belirlenmesi için yapılacak simülasyon çalışmalarında gerekli verilerin kısa sürede ve az bir hata payıyla toplanması ve düzenlenmesi için kullanılacak bir yaklaşım yine çalışma kapsamında geliştirilen veri toplama listeleri üzerinden anlatılmaktadır. Veri listelerini oluşturulmasının amacı simülasyon kullanıcılarını bu alanda desteklemek ve uygulama çalışmalarında sonuca daha çabuk varmalarına yardımcı olmaktır.

## 2. BİNA ENERJİ SİMULASYONLARI

### 2.1 Tarihi Gelişimi

1960'ların ilk yarısına kadar binaların enerji performanslarının değerlendirilmesinde yalnızca el ile hesaplama yöntemleri mevcuttu. Isıtma yüklerinin hesaplanmasında genel olarak derece-gün hesabı kullanılıyordu. Ayrıca geleneksel ve daha detaylı olan bina yönetimi de hem ısıtma hem soğutma yüklerinin hesaplanmasında kullanılmaktaydı. Bilgisayar ile hesaplama yapabilmenin kısıtlı ve pahalı olduğu dönemlerde bu yöntemler yararlı olmalarına rağmen, bina malzemelerinin ısı depolama kapasiteleri, güneşten ısı kazanımları, sızdırmazlık değerleri gibi pek çok önemli parametreyi ihmal ettiklerinden ve basitleştirilmiş yöntemler olduklarından dolayı binanın toplam performansının hesaplanmasında yetersiz kalıyorlardı. Bu nedenlerle son elli yılda bilgisayar teknolojisinin de ilerlemesine paralel olarak pek çok üniversite, enstitü ve şirketler tarafından bu kısıtlamaları kaldıracak çok çeşitli bilgisayar tabanlı bina enerji simülasyon programları geliştirildi. Bu programlar genel amaçlı hesaplama yapanlardan özel noktalara odaklanana kadar çok geniş bir yelpazede görülmektedir. İlk dinamik hesaplama yapabilen simülasyon programları 1960'larda geliştirilmeye başlandı. Günümüzde artık oldukça hassas duyarlılıklarla ve çok çeşitli parametreleri göz önüne alarak ve sistem etkileşimlerini hesaba katarak farklı durumları simule edebilen programlar mevcuttur [4].

### 2.2 Tüm Bina Enerji Analizi Araçları

Binaların ısıl performanslarının hesaplanması temelde iki nedenle yapılmaktadır. Birincisi, binanın toplam enerji ihtiyacının belirlenmesi; ikincisi ise bina-

da kullanılacak mekanik sistemlerin boyutlandırılmasıdır. Bu iki çeşit hesaplamayı bir arada yapabilen ve bina içinde ve binayı çevreleyen ortamdaki değişimleri izleyerek kısa zaman adımlarıyla hesaba katabilen programlar tüm bina enerji analizi araçları olarak anılmaktadır ve bu araçlar yüksek duyarlılıklarla ve detaylarla hesaplamalar yapabilmektedirler [5].

Programlar, binayı ve binanın enerjisiyi nasıl kullandığını tarif eden ve sürekli etkileşim halinde olan kompleks denklemlerin bilgisayar ortamında bir araya getirilmiş halidir. Binanın da bir sistem olarak tasarlanmasını ve gerekli çözümlerin geliştirilmesini mümkün kılarlar. Yapılması planlanan bir binanın enerji standartlarını sağlayıp sağlamayacağını tasarım aşamasında ortaya koyarak farklı stratejilerin geliştirilerek bina henüz yapılmadan denenmesine veya mevcut binalar için en uygun enerji tasarrufu alternatiflerinin araştırılmasına olanak tanır. Böylelikle ihtiyaca cevap veren projeler geliştirilebilir. Tüm bina enerji simülasyonları araçları, mimarlar ve mühendisler arasındaki iletişimi güçlendirir ve farklı ekiplerin bir arada çalışmalarına yardımcı olur. Amerika Birleşik Devletlerinde ve Avrupa ülkelerinde tasarım sürecinin kabul gören bir parçası haline gelmişlerdir [5]. Sadece tasarımla da sınırlı kalmayıp enerji sağlayıcı firmalar, enerji danışmanlık firmaları, araştırmacılar ve enerji politikalarını yürüten kurumlar tarafından da sıklıkla kullanılmaktadırlar. Böylelikle tasarım ekiplerinin desteklenmesinin yanında yeni teknolojilerin ve ürünlerin simülasyon yoluyla verimliliklerini ve sistem uyumlarını belirlemek ve yaygınlaştırılmalarına yardımcı olmak, çevresel etkileri belirlemek, bina biliminin gelişmesine katkıda bulunmak gibi amaçlarla da kullanılırlar. Tüm bina enerji analizi araçları özel amaçlı diğer simülasyon programlarıyla da veri değişimi yaparak birlikte çalışabilir ve daha kesin sonuçlar üretilebilir [6].

Yapılan hesaplamalar sonucunda temelde, binanın enerjiye olan gereksinimi, seçilecek mekanik sistemlerin büyüklüğü, iç hava kalitesi, konfor değerleri ve binanın tüm yaşam dönemi göz önüne alındığında enerji, çevresel ve ekonomik açılarından etkinliğini belirlenebilir. Gelecekteki enerji ihtiyacının belirlen-

mesi ve en etkin şekilde karşılanması için bina sistemleri içinde optimizasyon çalışmaları yapılabilir.

### 2.3 Simülasyon Araçları

Günümüzde tüm bina performansını hesaplamada kullanılan bilimsel olarak kabul görmüş çok çeşitli simülasyon araçları mevcuttur. Bu bölümde en yaygın olarak kullanılan 3 simülasyon aracı hakkında genel bilgi verilecektir.

#### 2.3.1 TRNSYS

TRNSYS, Wisconsin ve Colorado Üniversitelerinin güneş enerjisi laboratuvarları tarafından ortak olarak termal sistemlerin dinamik performansını hesaplayabilmek için geliştirilmiş bir araçtır. 1975 yılında ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kendisi de bir termal sistem olan bina ile çevresi ve aktif sistemler arasındaki etkileşimi hesaplamak için kullanılır. Programın modüler bir yapısı vardır ve her bir sistem bileşeni bir FORTRAN altprogramı olarak ifade edilmiştir. Bu sayede esnek yapıya sahip programların başında gelir ve farklı enerji sistemlerini farklı detaylarla tanımlamaya olanak tanır. Sistemleri ifade eden Fortran alt programlarının bir araya getirildiği ve birbirleriyle ilişkilendirildiği grafiksel bir arayüze sahiptir. Oldukça zengin bina malzemeleri, bina modelleri, standart HVAC ekipmanları, yenilenebilir enerji teknolojileri ve gelişmekte olan teknolojilere dair kütüphaneye sahiptir. Binalar basit tek zonlu modellerden çok zonlu karmaşık modellere kadar geniş bir aralıkta tanımlanabilir. Programı kullanabilmek için bu alanda belli bir uzmanlık gerekir [7].

#### 2.3.2 EnergyPlus

EnergyPlus A.B.D Enerji Bakanlığı tarafından desteklenerek, geliştirilen ve günümüzde de oldukça yaygın kullanılan bir araçtır. Esas olarak sadece bir simülasyon aracı olup girdi ve çıktılar basit metin dosyalarıdır. Gerçek anlamda geliştirilmiş bir kullanıcı ara yüzüne sahip değildir fakat ticari şirketlerce geliştirilen ara yüzleri mevcuttur. Oldukça yüksek bir hesaplama kapasitesine sahiptir. Bir saatten kısa zaman adımlarıyla hassas hesaplamalar yapabilir. Isı dengesi temelli çok zonlu durumları simule edebilir. Binanın enerji profillerinin yanında son eklenen özelliklerle birlikte çok zonlu durumlar için hava

## Makale

akışı, yakıt pilleri ve elektrik enerjisi simülasyonu, dağıtılmış enerji sistemleri, su kullanımı gibi durumlar da modellenebilmektedir. Program resmi sitesinden herhangi bir ücret ödenmeden indirilebilir. Program kullanıcılara sunulduğu 2001 yılından beri 46.000 kopyası siteden indirilmiştir [7].

### 2.3.3 ECOTECH

ECOTECH, Cardiff Üniversitesi tarafından geliştirilmiş ve Autodesk firmasına ait ticari bir programdır. Görsel özellikleri gelişmiştir. 3 boyutlu bina modelleme ara yüzünü güneş, termal, aydınlatma, akustik, ve maliyet analizi fonksiyonlarıyla birleştirir. Genel olarak mimarların kullanımı için tasarlanmıştır. Özellikle binanın konsept olarak tasarım aşamasında enerji ve çevresel performans yönünden geliştirilmesine olanak sağlayacak özelliklere sahiptir. Tasarımcıların gerçekten düşük enerji binaları tasarlamalarına yardımcı olan ve kolaylaştıran bütünsel bir yaklaşıma sahiptir. Diğer bina enerji analizi programlarıyla iş birliği içinde çalışabilir. Dünya çapında 2000'den fazla lisanslı kullanıcıya sahiptir ve Avustralya, Amerika ve İngilterede 60 dan fazla üniversitede öğretilmektedir [7].

## 3. TÜM BİNA ENERJİ ANALİZLERİ İÇİN GEREKLİ VERİLERİN TOPLANMASI VE YÖNETİMİ

Binalarda enerji tüketim değerleri ve binanın toplam çevresel performansı binanın tasarımıyla başlayan pek çok parametreye bağlıdır. Simülasyon araçları bu parametrelerin bir araya getirildiği ve matematiksel olarak sistemler arasında bir bağlantının sağlandığı ve anlık değişimlere binanın verdiği tepkilerin gözlemlendiği sanal ortamlardır. Simülasyon araçları kullanılırken unutulmaması gereken, simüle edilen modelin kati bir şekilde verilen girdilere göre çalıştığı ve yine girdilere tepki verdiğiidir. Bu nedenle girdilerin tam ve doğru olması ve de gerçek durumu yansıtması, güvenilir sonuçlar elde edebilmek açısından çok önemlidir. Girdiler her zaman kullanıcının kontrolindedir [8]. Pek çok simülasyon aracı kullanıcısı, girdilerin toplanmasının ve simülasyon için hazırlanmasının, analizlerin üçten birinden fazla olmak üzere oldukça uzun zaman aldığını söylemektedir [3]. Bu işlemin bu denli uzun sürmesinin sebe-

bi, binanın kendisinin ve çevresiyle olan dinamik etkileşiminin karmaşık yapısından kaynaklanmaktadır.

Gerekli verilerin gereken biçimlerde ve gereken zamanda elde edilemediği durumlarda simülasyon modelinin oluşturulmasının gecikeceği açıktır. Bazı uygulamalarda görüldüğü gibi hangi çeşit verilerin toplanmasının gerektiğinin bile tespit edilmesi oldukça güç olabilmektedir. İyi bir simülasyon işlemi için her zaman çok detaylı bir model oluşturmak gerekemeyebilir ve böyle durumlarda üst seviyedeki verilerin toplanması daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi yerine simülasyon süresinin uzaması anlamına gelebilir. Bu nedenle öncelikle oluşturulacak modelin detayının belirlenmesi ve ona uygun olarak veri toplama işleminin yapılması gerekmektedir [3]. Bir binanın enerji simülasyonları için hazırlanması, binaya dair geometrik, çevresel ve enerji parametrelerinin araştırılması, ölçülmesi ve kayıt edilmesi gibi adımları içerir. Bu nedenle hangi verinin ne şekilde ve ne için toplanmasının gerektiğinin önceden bilinmesi ve bunun belli bir sistematikte gerçekleştirilmesi oldukça önemli zaman tasarrufu sağlayacaktır ve hata yapma şansını en aza indirecektir. Bu çalışmada simülasyon kullanıcılarını binaları en uygun ve hızlı düzenle simülasyon için hazırlamada desteklemek üzere çeşitli alanlara dair veri toplama listeleri geliştirilmiştir. Veri listeleri genel olarak bu alanda kullanılan simülasyon araçlarının ortak olarak ihtiyaç duyduğu verileri içermektedir.

### 3.1 İklim Verileri

İklimin, binanın hem enerji ve çevresel performansı hem de kullanıcıları üzerinde çok önemli etkileri vardır. Binalarda tüketilen enerji miktarı iklimin etkisinin direk etkisi sonucudur. Binaların dinamik tüm enerji performanslarının hesaplanabilmesi için bir yıllık süreyi kapsayan saatlik tipik iklim verilerine ihtiyaç vardır. Tipik iklim verileri, ölçülmüş gerçek verilerin istatistiksel işlemlerden geçirildikten sonra ortalama olarak iklimi temsil edeceği düşünülerek seçilmiş değerlerden oluşur. Pek çok ulusal organizasyon dünyadaki pek çok bölge için temsilî saatlik iklim verilerini oluşturmak için çalışmaktadır. Bu değerler genel olarak sıcaklık, güneş radyasyonu

ve rüzgâr verileri gibi değişkenleri içermektedir. Veriler farklı biçimlerde mevcuttur ve genel olarak çeşitli organizasyonlardan belli bir bedel karşılığında elde edilebilirler. Tablo 1’de en sık kullanılan biçimler açıklamalarıyla birlikte verilmiştir[9]. Bunların dışında ulusal meteoroloji istasyonlarından da saatlik veriler temin edilerek temsili tipik iklim verileri oluşturulabilir.

Oluşturulan bilgisayar tabanlı bina enerji simülasyon modelinin doğrulanması ve kalibrasyonu için ise kalibrasyonda kullanılacak ölçülen enerji değerlerinin meydana geldiği yıla ait yine saatlik gerçek iklim verilerine ihtiyaç vardır. Bu değerler binanın bulunduğu yere en yakın ve iklimsel olarak benzer özellikler gösteren bir meteoroloji istasyonundan temin edilmiş olmalıdır [5].

Bina enerji simülasyonları için gerekli en temel iklim verilerini içeren saatlik iklim listesi ise Tablo 2’de görülmektedir.

### 3.2 Binaya Dair Bilgiler

Binaya ait bilgiler, binanın kendisini çevreleyen ortamla birlikte 3 boyutlu olarak termal fiziksel ve optik özellikleriyle birlikte tanımlanabilmesi ve binaya hizmet eden sistemlerin modellenmesi için gerekli verileri içerir. Bu veriler çok çeşitli alanlarda ve farklı detaylarda mevcuttur. Eğer çalışma mevcut bir bina için yapılacaksa, en doğru bilgilere ulaşabilmek için simülasyon kullanıcısı tarafından bir saha çalışması yapılması ve bu esnada binanın ve teknik odalarının ziyaret edilmesi şiddetle önerilmektedir. Ayrıca bina veya bina enerji yöneticisiyle yapılacak görüşmeler de pratikte farklı işleyen sistemlerin tanımlanması, gerçek kullanım profillerinin belirlenmesi ve binada yapılan ve planlardan fark edilemeyecek değişikliklerin öğrenilmesi açısından oldukça faydalı olacaktır [10].

#### 3.2.1 Genel Bilgiler

Bu kısımda genel bilgilerin toplanması önerilmektedir. Tablo 3’de belirtilen verilere ek olarak binaya ve

**Tablo 1. Sık Kullanılan İklim Verileri Biçimleri ve Kaynakları**

İsim	Açıklama	Kaynak
TMY2	“Typical Meteorological Year 2” A.B.D deki 239 şehir için saatlik iklim verilerini içerir	<a href="http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/tmy2">http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/tmy2</a>
WYEC2	“Weather Year for Energy Calculations 2” A.B.D ve Kanadadan 77 yerleşimin saatlik iklim verilerini içerir	ASHRAE yayınları <a href="http://www.ashrae.org">http://www.ashrae.org</a>
IWEC	“International Weather for Energy Calculations” A.B.D ve Kanada haricinde dünya genelinde 229 yerleşime ait saatlik iklim verilerini içerir	ASHRAE Yayınları <a href="http://www.ashrae.org">http://www.ashrae.org</a>
EnergyPlus	EnergyPlus ile kullanılmak üzere dünya çapında 550 noktaya ait farklı formatlarda saatlik iklim verilerini içerir	<a href="http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm">http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm</a>
WeatherBank	Dünya genelinde pek çok noktaya ait çeşitli iklim verilerini içerir	<a href="http://www.weatherbank.com/archive.html">http://www.weatherbank.com/archive.html</a>
CIBSE Guide J	Pek çok Avrupa merkezine ait iklim verilerini içerir	<a href="http://www.cibse.org/index.cfm?action=PubDetails&amp;PubID=9&amp;TopSecID=4&amp;S1=y&amp;L1=95&amp;L2=0">http://www.cibse.org/index.cfm?action=PubDetails&amp;PubID=9&amp;TopSecID=4&amp;S1=y&amp;L1=95&amp;L2=0</a>
Meteonorm	Dünya genelinde 2900 noktaya ait saatlik iklim verilerini üretir	<a href="http://www.meteonorm.com">http://www.meteonorm.com</a>
TRNSYS	Dünya genelinde 11 bölgeye ait saatlik iklim verilerini sentetik olarak üretir	<a href="http://sel.me.wisc.edu/trnsys/weather/generate.htm">http://sel.me.wisc.edu/trnsys/weather/generate.htm</a>

**Makale****Tablo 2. İklim Bilgisi**

Yer						
Verilerin elde edildiği kaynak						
Rüzgar sensörünün zeminden yüksekliği						
Bina zemi altındaki toprak sıcaklığının aylık ortalama değeri						
Saatlik veriler	Direkt Güneş Radyasyonu (kJ/m <sup>2</sup> )	Rüzgar Hızı (m/s)	Rüzgar Yönü	Bağıl Nem (%)	Yağış Miktarı	Dış Hava Sıcaklığı (C <sup>o</sup> )
1	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....	.....	.....	.....

**Tablo 3. Genel Bilgiler**

Binanın adı	.....
Binanın tipi ve binada yapılan işin çeşidi	.....
Binanın yeri/enlemi/boylamı/bulunduğu zaman dilimi/rakımı	.....
Binanın yönü	.....
Bir yıldaki/aydaki toplam kullanılan gün sayısı	.....
Toplam bina kullanıcı sayısı	.....
Tatiller (ay/süre)	.....
Yapım yılı	.....

detaylara ait fotoğrafların çekilmesi ve notların alınması sonradan çözümlene yaparken faydalı olacaktır.

**3.2.2 Binanın Geometrik Özellikleri**

Binaların enerji modellemesi ve simülasyonları binaya ait plan, kesit, görünüş gibi çizimlerin elde edilmesi ve bunlardan binanın ve binaya ait unsurların boyutlarının çıkarılması ile başlar. Tüm katlara ait kat planlarının bulunması modellemenin yapılabilmesi için şarttır. Pencere sistemlerinin, kapı ve açıklıkların boyutlarının, çatı detaylarının belirlenmesi gerekir. Tablo 4'te belirtilen bu veriler daha sonra

hesaplamalar için bina simülasyon ortamında üç boyutlu olarak ifade edilir [4].

**3.2.3 Binanın Çevresi**

Binanın bulunduğu alanın topografyası, alan üzerindeki ve çevresindeki bitki örtüsü ve komşu binalar binaya ulaşan güneş radyasyonu miktarını etkiledikleri ve hakim rüzgarları kestikleri veya yönünü değiştirebildikleri için binanın enerji performansını doğrudan etkilerler [4]. Gerçekçi hesaplamalar yapabilmek için etraftaki engeller de göz önünde bulundurulmalı ve simülasyon ortamına aktarılmalıdır. Tablo 5. gerekli verileri özetlemektedir.

**Tablo 4. Bina Geometrisi**

Planlardan elde edilmiş opak ve şeffaf bileşenlerin konumları ve boyutları	.....
Kat sayısı	.....
Her bir kat için kat planı	.....
Binanın yüksekliği	.....
Her bir kat için döşeme alanı	.....
Tavan yüksekliği	.....
Tüm bina için toplam döşeme alanı	.....
Bina yüzeylerinin eğimi	.....

**Tablo 5. Binanın Çevresi**

Arazi durumu	.....
Komşu binalar ve binayı gölgeleyen diğer nesnelere (yeri ve boyutları)	.....
Nesnelerin yansıtıcılık değeri	.....
Binayı çevreleyen zemin alanının çeşidi	.....
Binayı çevreleyen zemin alanının yansıtıcılık değeri	.....

### 3.2.4 Yapı Malzemelerinin Ayrıntıları

Bina kabuğu duvar, tavan, zemin, pencere, kapı... gibi binayı yani koşullandırılmış mekanı dış ortamdan ayıran ve ısı enerjisinin içeri veya dışarı transferine izin veren bileşenlerdir. İç ve dış ortam ayırıcı olarak enerji tüketimi üzerinde çok büyük etkisi vardır. Tablo 6. da yapı malzemelerinin simülasyonlar için gerekli ve bilinmesi gereken temel özellikleri verilmektedir. Bu özellikler malzeme üreticilerinin yayınladığı ürün kataloglarından, literatürden veya simülasyon programlarının kurulumu ile bilgisayara yüklenen malzeme kütüphanelerinden elde edilebilir.

### 3.2.5 Bina Yüzeylerinin Katmanları

Binayı oluşturan yüzeyler farklı malzemelerin belli bir sıralamayla bir araya getirilmesiyle oluşur. Bir

önceki adımda termal ve optik özellikleri tespit edilen malzemelerin hangi kalınlıklarla ve sıralamayla yüzeyleri meydana getirdikleri belirlenmelidir. Tablo 7 yüzeylerin oluşturulmasında yol gösterici olacaktır.

### 3.2.6 Binanın Zonları

Binada kullanılan mekânlar, ısıtma soğutma ve havalandırma sistemlerinin çalışma özellikleri, mekândaki aktivite durumu, kullanıcı profilleri, iç kazançlardaki farklılıklar gibi etmenlere göre farklı gruplara ayrılırlar. Benzer özellikler gösteren her bir grup olarak isimlendirilir ve her bir zor ayrı bağımsız bir alan olarak simülasyon ortamında ayırt edici özellikleriyle tanımlanmalıdır. Zonlara ait edinilmesi gereken özellikler Tablo 8. de yer almaktadır.

**Tablo 6. Yapı Malzemeleri (İç ve Dış Yüzeyler İçin)**

Opak bileşenler	Malzeme adı
Pürüzlülük	.....
İletkenlik (W/m.K)	.....
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	.....
Özgül Isı (J/kg.K)	.....
Yutuculuk (Isıl/Solar/Görülebilir ışık)	.....
Isıl direnç (m <sup>2</sup> .K/W)	.....
U katsayısı (W/m <sup>2</sup> .K)	.....
<b>Şeffaf bileşenler</b>	.....
Güneş ışığı geçirgenlik değeri	.....
Güneş ışığı yansıtıcılık değeri	.....
Görülebilir ışık geçirgenlik değeri	.....
Görülebilir ışık yansıtıcılık değeri	.....
Isıl iletkenlik (W/m.K)	.....
Pencere sistemindeki kullanılan varsa gazın tipi ve ısı özellikleri	.....

**Tablo 7. Katmanlaşma**

Katmanlar ( dışarıdan içeriye doğru)	Kalınlık (m)
Malzeme 1	.....
Malzeme 2	.....
Malzeme 3	.....

**Makale****Tablo 8. Zon Özellikleri**

Zon adı	.....
Zon içinde yapılan işin çeşidi	.....
Zonun geometrik özellikleri (boyutları)	.....
Zona ait zemin alanı	.....
İç duvarlar ve bölmelerin yüzey alanı	.....
Zonu oluşturan iç ve dış yüzeylerin isimleri	.....
Sızıntı oranı	.....
Kullanıcı sayısı	.....
Kullanıcı profili	.....
Havalandırma oranı	.....
Yaz ve kış zon içi set sıcaklık değerleri	.....

**3.2.7 Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemleri**

Bina içindeki havanın koşullandırılmasını ve kullanıcıların konfor sınırları içinde kalmalarını sağlayan sistemlerdir. Genel olarak sistemin kapasitesi ve çalışma zamanı yanında her bir zon için de çalışma detaylarının belirlenmesi gereklidir. Tablo 9’da belirlenmesi gereken temel girdiler özetlenmiştir.

**3.2.8 Aydınlatma Sistemleri**

Aydınlatma sistemleri, iç mekân aydınlatması ve dış

mekan aydınlatması olarak iki temel grupta ele alınmalıdır. İç mekân aydınlatmasının karakteristikleri zonlara göre ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Aydınlatma sistemlerine dair toplanan veriler hem mekanda oluşan aydınlık düzeyinin hesaplanması ve doğal aydınlatma etkisinin araştırılması hem de aydınlatma sisteminin iç kazançlara olan katkısının hesaplanması açısından önemlidir. Tablo 10 elde edilmesi gereken temel girdileri özetlemektedir.

**Tablo 9. Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemleri**

<b>Isıtma ve soğutma grupları</b>	.....
Modeli ve seri numarası	.....
Çeşidi	.....
Kapasitesi	.....
Yaşı	.....
Çalışma zaman çizelgesi	.....
<b>Hava koşullandırma birimleri</b>	.....
Çalışma karakteristikleri	.....
Fan büyüklükleri ve çeşitleri	.....
Motor büyüklükleri ve verimi	.....
Hava akış hızı ve statik basınç değeri	.....
Kanal sistemlerinin özellikleri	.....
(Varsa) Ekonomizörün özellikleri ve çalışma çizelgesi	.....
Sistemin çalışma çizelgesi (set sıcaklıkları)	.....

**Tablo 10. Aydınlatma Sistemleri**

Zon Adı	.....
Lambaların çeşidi, adetleri ve yerleşimleri	.....
Lamba ve balast karakteristikleri	.....
Tasarım gücü	.....
(Varsa) Armatür grupları hakkında bilgi	.....
Aydınlatma zaman çizelgesi	.....
Aydınlatma kontrol statejileri hakkında bilgi	.....
Doğal aydınlatma kullanımı	.....



### 3.2.9 Gölgeleme Sistemleri

Gölgeleme sistemleri gerektiği durumlarda binaya direk güneş ışığı girişini engellemek için kullanılan sistemlerdir. Yapılacak saha çalışması esnasında Tablo 11’de açıklandığı gibi gölgeleme elemanlarının konumları, boyutları, termal ve optik özellikleriyle birlikte varsa uygulanan kontrol stratejileri hakkında bilgi edinilmelidir.

### 3.2.10 Cihazlar

Bina içinde kullanılan bilgisayar, monitör, elektrikli ısıtıcılar, mutfak aletleri gibi her bir ekipman ısı kazançlara katkıda bulunarak iç hava sıcaklık değerini yükseltecektir. Bu nedenle her zonda yer alan cihazlara dair Tablo 12’de belirtilen veriler toplanmalıdır.

### 3.3 Simulasyon Modelinin Kalibrasyonu

Daha önceki başlıklarda açıklanan veriler toplandıktan sonra simulasyon sürecinin ikinci adımı olan verilerin işlenmesi ve temel bir model oluşturulması işlemi başlar. Kullanılan simulasyon aracının özelliklerine göre veriler gerekli biçimlerde işlenir. Modelin oluşturulmasından sonra yapılması gereken en önemli işlem ise modelin gerçekçiliğini belirlemek yani modelin simulasyonundan elde edilen sonuçları mümkünse ölçülmüş değerlerle karşılaştırılarak modeli kalibre etmektir [5].

Kalibrasyon için kullanılacak iklim verileri daha önce de açıklandığı gibi ölçümün gerçekleştiği zaman dilimine ait olmalıdır. Mümkünse, iklimsel karakteristikleri binanın bulunduğu yerleşimin özelliklerine en benzer olan ölçüm istasyonundan veriler sağlanmalıdır. Eğer binaya özel iklim verileri ölçümü yapılabiliyorsa bu değerlerin kullanılması en uygun olacaktır.

Kalibrasyon için kullanılacak faturalardan elde edilmiş enerji ihtiyacı, mümkün olan durumlarda sensörlerle ölçülmüş iç mekan hava sıcaklıkları gibi değerler birbirini takip eden en az 12 aya ait olmalıdır, mümkün olduğu durumlarda 24 aylık verilerin kullanılması daha kesin sonuçlar verecektir. Çoğunlukla enerji sağlayıcılarından alınan elektrik, doğal gaz veya diğer yakıt faturaları kullanılır. Buradan aylık enerji tüketim değerleri, pik değerler ve tarife değerleri kullanılır. Eğer varsa jeneratör sistemleri de hesaba katılmalıdır.

Mekanik sistemlerin işletme durumundaki gerçek enerji tüketim değerlerini bulmak için gerekiyorsa ölçümler yapılabilir. Ölçümlerde veri izleme ve data logger cihazlarından faydalanılabilir. Böylelikle yüklerin değişkenlikleri daha iyi hesaba katılır ve kullanıcı ve sistemlerin zaman çizelgeleri hassasiyet-

**Tablo 11. Gölgeleme Sistemleri**

Gölgeleme elemanının konumu	.....
Ait olduğu zon ve pencere sistemi	.....
Boyutları	.....
Uygulanan kontrol stratejisi	.....
Kullanım zamanı	.....
Gölgeleme elemanının ısı iletkenlik değeri	.....
Gölgeleme elemanının iç ve dış yüzey direkt ve dağınık güneş ışığı geçirgenlik değerleri	.....
Gölgeleme elemanının iç ve dış yüzey direkt ve dağınık güneş ışığı yansıtıcılık değerleri	.....

**Tablo 12. Cihazlar**

Ekipman adı	.....
Ekipmanın ait olduğu zon	.....
Çıkış gücü	.....
Kullanım zaman çizelgesi	.....
Işımayla yaydığı ısı miktarının oranı	.....
İletimle yaydığı ısı miktarının oranı	.....

## Makale

le ölçülür. Ölçümler genel olarak, aydınlatma sistemleri, HVAC sistemleri ve motorları içerir. Bir haftadan birkaç haftaya kadar sürebilen çalışmalar yapılabilir [5].

Gerekli tüm gerçek değerler elde edildikten sonra, binanın bu değerler üzerinden yıllık ve aylık enerji ihtiyacı belirlenmelidir ve simulasyon değerleriyle karşılaştırılmalıdır. Kalibrasyonun amacı toplam ve kategorilere göre ayrılmış enerji tüketim değerlerinin ölçülmüş ve hesaplanmış değerlerini birbirleriyle eşleştirilerek simulasyon modelinde gerçek durumu yansıtacak gerekli ayarlamaların yapılmasıdır. Kalibrasyon işlemine simulasyon sonuçları ile ölçülmüş değerler arasındaki fark kabul edilebilir sınırlara gelene kadar devam edilmelidir. Daha sonra farklı senaryolar hazırlanıp tipik temsili yıllık iklim verileri ile simulasyonlara devam edilmelidir.

### 3.4 Ekonomik Veriler ve Yaşam Dönemi Maliyet Analizleri

Dinamik tüm bina enerji analizleri, söz konusunu binanın yaşam dönemi maliyet analizlerinin yapılmasına da yardımcı olurlar. Saatlik enerji ihtiyacı belirlenen binanın toplam enerji tüketim değerleri ve enerji maliyetleri hesaplanır, yapım maliyetleri ve sistem maliyetleriyle birlikte, enerji tüketim değerlerini iyileştirmek için yapılacak her yatırımın, ya da tasarım aşamasında geliştirilecek her bir senaryonun maliyeti göz önünde bulundurularak geri ödeme süreleri hesaplanır. Simulasyon sonucunda elde edilen veriler yaşam dönemi maliyet analizi yapan diğer araçlara aktarılarak fayda maliyet analizleri yapılabilir. Bu analizler ilk yatırım maliyetleri, yıllık enerji tüketim değerleri, enerji tasarruf oranları, bakım masrafları, gibi unsurları içerir. Hesaplamalar yapılırken binanın tüm yaşam dönemi boyunca enerji

fiyatlarının artacağı da göz önünde bulundurulmalıdır. Binaya ait veriler toplanırken Tablo 13'deki verilerin de elde edilmesi yararlı olacaktır.

### 3.5 Veri Yönetiminin Önemi ve Gelecek İçin Öneriler

Binalarda enerji verimliliği pek çok ülkenin enerji politikalarında önceliğe sahiptir ve çevrenin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında çok önemli bir rolü vardır. Türkiye'de de enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunmasını sağlamak için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasını öngören, Enerji Verimliliği Kanunu'nun ve bunu takiben 05.12.2008'de Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin de bu alandaki çalışmaları ivmelendireceği açıktır. Yurt dışındaki uygulamalara bakıldığında, 4 Ocak 2003 tarihinde yürürlüğe giren, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin Binalarda Enerji Performansı Direktifi de binaların performansının değerlendirilebilmesi için yöntem geliştirmeyi ve binalara enerji sertifikaları vermeyi önermektedir. Binaların performanslarının değerlendirilebilmesi önceki bölümlerde açıklanan verilerin toplanması ve gerekli hesaplamaların yapılabilmesine bağlıdır. Bina endüstrisine yeni bir yön verecek bu sertifikaların en hızlı şekilde ve en doğru biçimde hesaplamalarının yapılabilmesi için binalara ait verilerin işlendiği ve saklandığı bir veri bankasının oluşturulması temel bir adım olacaktır. Binanın tasarım süreciyle hazırlanmasına başlanacak bu veri bankası farklı formatlardaki verileri saklayabilme, gruplama ve gerekli formatlara çevirebilme özelliklerine sahip olmalıdır. Böylelikle ihtiyaç anında hemen verilere ulaşılabilecek ve simulasyonlar için veri bankası aracılığıyla gerekli girdiler sağlanabilecektir.

**Tablo 13. Ekonomik Veriler**

Yapım maliyeti	.....
Binanın ekonomik ömrü	.....
Mekanik sistemlerin ömrü	.....
Elektrik sistemlerin ömrü	.....
Elektrik birim fiyatı	.....
Yakıt birim fiyatı	.....
Su birim fiyatı	.....
Tarife değerleri	.....

## SONUÇ

Enerji sorunu günümüzde çevresel ve ekonomik boyutları nedeniyle tüm dünyada giderek önem kazanmaktadır. Binalar yüksek enerji ihtiyaçları nedeniyle toplam enerji tüketiminde büyük paya sahiptirler. Bu nedenle enerjiyi etkin kullanan çevre dostu binaların tasarlanması günümüzde pek çok ülkenin politikasında öncelik haline gelmiştir. Binalarda enerji verimliliği, tasarımla başlayan ve binanın tipi, yeri, iklim şartları, kullanım saatleri, mevsimsel işletme dönemleri, mekanik sistemlerin çalışma zamanları, bina kabuğunun özellikleri, aydınlatma sistemleri gibi pek çok farklı alandan unsura bağlıdır. Dinamik olarak binanın değişimlere göstereceği tepki tüm bu detaylar göz önünde tutularak hesaplanmalıdır. Günümüzde dinamik olarak binanın performansını hesaplayabilen bilgisayar tabanlı tüm bina enerji analizi araçları mevcuttur. Bu araçlar sayesinde binaya dair gerekli veriler toplanarak binanın sanal ortamda modellenmesi yapılabilmekte ve tasarım ve diğer aşamalarda verilen kararların binanın ilk yapım maliyetleri ve işletme maliyetleri üzerine etkisi daha anlaşılabilir. Binanın enerji tüketim eğilimleri hakkında detaylı bilgi sahibi olunduktan sonra, enerji tüketim değerlerini azaltabilmek için çeşitli optimizasyon stratejileri geliştirilebilmektedir. Mimarları ve mühendislik ekiplerini ortak bir platformda buluşturmayı başaran tüm bina enerji simulasyonu araçları sayesinde ekipler arasında gerçek bir entegrasyon sağlanmaktadır ve erken tasarım döneminden itibaren farklı ekipler bir arada çalışabilmektedir. Tüm bina enerji analizleri günümüzde tasarım sürecinin bir parçası hatta tamamlayıcısı haline gelmiştir. Bunun yanında, enerji sağlayıcı firmalar bina enerji simulasyonları sonundaki verileri kullanarak müşterilerin veya enerji sağladıkları bir yerleşimin enerji profillerini çıkarmak ve gelecekte oluşabilecek talepleri hesaplayarak enerji planlaması yapmak için kullanmaktadır.

Binalarda simülasyon araçları ile yapılacak enerji analizleri sürecinde en önemli adım binaya ve çevresine ait verilerin toplanması, düzenlenmesi ve bilgisayar ortamında işlenmesidir. Yapılacak analizlerden elde edilecek sonuçların güvenilirliği direkt ola-

rak toplanan verilerin doğruluğuna ve tamlığına bağlıdır. Veri toplama genellikle simulasyon işleminin en uzun zaman alan ve yorucu olan kısmıdır. Bu çalışmada tüm bina enerji simulasyonları için ihtiyaç duyulan verilerin belirlenmesi, mevcut ve erişilebilir olup olmadığının araştırılması, verilerin belirli bir sistematikte toplanmasına yönelik bir süreç oluşturulan veri toplama listeleri üzerinden anlatılmıştır. Listelerin veri toplama aşamasında kullanılmasının kullanıcılara yol göstererek karmaşayı azaltacağı ve dolayısıyla simulasyon sürecini kısaltacağı ve daha az hata payıyla verileri işlemeye yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Çalışmada ayrıca gelecekte veri toplama çalışmalarını kolaylaştırmak amacıyla binalarda uygulanacak bir veri bankası sistemi önerilmektedir. Binanın tasarım aşamasıyla başlayacak ve tüm yaşam dönemi boyunca devam edecek veri bankası her türlü veriyi sanal ortamda kayıt altında tutarak ihtiyaç anında kolaylıkla erişimine olanak sağlayacaktır. Binaların istenen performansları gösterebilmesini teşvik etmek ve belli kısıtlamalar getirmek üzere düzenlenen enerji sertifikası çalışmaları için de böyle bir veri bankasının mevcut olması büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] EU 2006, COM(2006)545, "Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential", [ec.europa.eu/energy/action\\_plan\\_energy\\_efficiency/doc/com\\_2006\\_0545\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/action_plan_energy_efficiency/doc/com_2006_0545_en.pdf), Page 5+6.
- [2] AHMAD, H., "Role of Simulation in Energy Efficient Building Design", Environmental Design Solutions
- [3] LIYANAGE, K., PERERA, T., "Design And Development Of A Rapid Data Collection Methodology", Sheffield Hallam University, United Kingdom
- [4] MORBITZER, C., A., "Towards the Integration of Simulation into the Building Design Process" PhD Thesis, Energy System Research Unit Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, 2003
- [5] HAVES, P., SALSBUURY T., CLARIDGE, D., LIU, M., "Use Of Whole Building Simulation In

**Makale**

- On- Line Performance Assessment: Modeling And Implementation Issues” Seventh International IBPSA Conference, Brazil, 2001
- [6] KOKOGIANNAKIS, G., “Assessment of Integrated Simulation in Energy Performance Directive” MSc thesis, Mechanical Engineering Department, University of Strathclyde, Glasgow, 2002
- [7] Building Energy Software Tools Directory, U.S Department of Energy, [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/)
- [8] HENDERSON, H., “The Use of Building Simulation and Design Software in the Building Design Process”, ASHRAE Twin Tiers Annual Spring Symposium, 2005
- [9] Building Simulation Weather Data Resources, GARD Analytics, <http://www.gard.com/weather/index.htm>
- [10] RAMIREZI, R., SEBOLDI, F., MAYERI, T., “A Building Simulation Palooza: The California Ceus Project And Drcuus”, Ninth International IBPSA Conference, Canada, 2005.