

YÜKSEK PERFORMANSLI BİNA TASARIMINDA BİR SÜREÇ İYİLEŞTİRME YÖNTEMİ OLARAK HASSASİYET ANALİZİ

Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

ÖZET

Performansa dayalı tasarımda, kararların alınmasında etkili olabilecek parametrelerin belirlenmesi, tasarımcının kararlarını kolaylaştırmada önemli rol oynamaktadır. Tasarım seçeneklerini çoğaltan ve kararı zorlaştıran pek çok parametrenin içerisinde, bina bütünündeki performansı doğrudan ve önemli ölçüde etkileyen parametrelerin belirlenmesi, bir dizi hassaslık ölçümü ile mümkün olabilmektedir. Parametrelerin belirli sınır koşullar içindeki değerlerinin sonuç performansta meydana getirdiği sapmalar, parametrenin etkinliğinin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında performansın tanımı, sürdürülebilir mimarlık hedefinin önemli bir bileşeni olan “enerji etkinliği” üzerinden yapılmaktadır. Hassasiyet analizinin kullanımı, hem iklim ve bölgesel bağlamdaki diğer faktörlerin tasarım süreci başında bina performansı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesiyle, hem de kullanım sürecinde kullanıcı davranışının etkinliğinin tanımlanmasıyla örneklenmektedir. Sonuç tartışma, yapı elde etme sürecinin farklı aşamalarında, etken parametrelerin ortaya çıkartılabilmesi ve hassasiyetinin belirlenmesi ile performansa dayalı yüksek hedeflerin gerçekleştirilebilmesi üzerine odaklanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek performanslı bina, yapı elde etme süreci, hassasiyet analizi

ABSTRACT

In performance based design, descriptions of parameters that are effective on design decisions have an essential role during design process. Among many various parameters that multiply design alternatives and complicate decisions, finding out the ones which effect directly and influentially whole building performance is only possible with sensitivity analysis. Deviation of the values of parameters occurred at the end performance is used to determine effect of that parameter.

In this study, the definition of performance is limited with “energy efficiency” which is the basic element of sustainability. By using sensitivity analysis, not only evaluating the climatic and other regional factors that effects building performance, but also definition of occupant behaviour effect is exemplified. In the result discussion, it is noted that in building process, definition of sensitive parameters will bring high performance building target by itself.

Key Words: High performance building, building process, sensitivity analysis

1. GİRİŞ

Performansa dayalı tasarım aslında yeni bir kavram değildir. Bu konuya ilişkin bilinen en eski referans olarak, MÖ 1780’de yazılmış olan Hammurabi kurallarını göstermek mümkündür. Hammurabi “eğer birisi başka biri için bir ev yapar ve bunu doğru inşa etmezse ve bu yapı yıkılır ve sahibini öldürürse, yapıyı yapan da öldürülmelidir.” demektedir. Bir başka deyişle o dönemde de, yüksek dayanıma ve güvenliğe dayalı performansa öncelikli önem verilmektedir.

Milattan önce birinci yüzyılda Roma mimarı Vitruvius, performansa yönelik olarak üç temel gereklilik sıralamaktadır; Dayanıklılık, Kullanışlılık, Güzellik. Bu temel gereksinimler, bugünün karmaşık toplumu için bile, bina performans hedeflerinin belirlenmesinde başlangıç noktasını oluşturmaktadır.

Literatüre bakıldığında, binaların performans karakteristiğini tanımlayan çeşitli terminolojilerin kullanıldığı görülmektedir. Yüksek performans elde edebilme bağlamında farklı tanımlamalar yapılabilmektedir. En sık rastlanılan terimler ise, “yeşil bina”, “sürdürülebilir bina” ve yüksek performanslı bina” olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada yüksek performanslı binanın performans tanımı, sürdürülebilir mimarlık hedefinin önemli bir bileşeni olan “enerji etkinliği” üzerinden yapılmaktadır. Yöntem olarak kullanılan hassasiyet analizi ile hem tasarım sürecinin başından itibaren süreç içerisinde, hem de kullanıcı etkileşimine dayalı kullanım evresinde enerji performansının iyileştirilme yolları araştırılmaktadır.

2. HASSASİYET ANALİZİNE DAYALI YÖNTEM

En genel tanımı ile hassasiyet analizi, bir modelin çıktısındaki değişimin nasıl paylaşıldığı üzerine yapılan çalışmaları kapsar. Hassasiyet analizinde, araştırılmak istenen süreci karakterize edecek bir dizi eşitlik, girdi faktörü, parametre ve değişken tanımlanarak bir matematik model kurgulanmaktadır. Girdi, genellikle ölçüm hataları, bilgi eksikliği, etken mekanizmaların eksik ya da yanlış anlaşılması gibi pek çok belirsizlik kaynağı ile karşı karşıyadır. Bu belirsizlik, modelin tepkisinin ya da çıktısının güvenilirliğine sınır getirmektedir.

Hassasiyet analizini (sensitivity analysis) belirsizlik analizi (uncertainty analysis) olarak da tanımlamak mümkün gibi görünse de, aslında belirsizlik analizinde esas olan, analiz girdilerindeki belirsizlikten türeyen sonuçlardaki belirsizliğin tespit edilmesidir. Hassasiyet analizinde ise, tekil belirsiz analiz girdilerinin sonuçlarındaki belirsizlik üzerindeki etkisinin (katkısının) tespit edilmesidir [1].

Avrupa Komisyonu çalışma raporu olan genişletilmiş etki değerlendirmesi el kitabında [2] hassasiyet analizi, “iyi bir hassasiyet analizi, anahtar parametreler ve bunların etkileşiminin olası tüm değer aralıklarını analiz edebilmeli, anahtar parametrelerdeki değişimin tepkideki değişimi nasıl etkilediğini değerlendirebilmelidir.” diye tanımlanmaktadır.

Hassasiyet analizini gerçekleştirebilmek için birkaç uygulama vardır. Bunlardan en yaygın olanı, örneklem tabanlıdır (sampling based). Rastgele örneklem (Random sampling), önem örneklem (importance sampling) ve Latin hypercube örneklem gibi çeşitli örneklem stratejileri vardır. Genel olarak örnekleme dayalı hassasiyet analizinde model, girdi faktörlerinin dağılımına dayalı örneklenen değerlerin kombinasyonu ile tekrar ederek yürütülmektedir. Diğer yöntemlerde ise modelden bağımsız olarak, model çıktısının değişen ayrışmasına dayalıdır. Literatürde hassasiyet analizinin bina ısı modellerine uygulanmasına yönelik çeşitli örnekler bulunabilir [3-8].

Avrupa Komisyonu Joint Research Center (JRC) hassasiyet analizi yöntemlerinin ideal özelliklerini şöyle sıralamaktadır [2];

1. **Girdi:** Girdinin etkisi, girdi değişim aralığının etkisini ve onun olasılık yoğunluk fonksiyonunun (probability density function) biçimini birleştirebilmelidir.
2. **Girdi faktörlerinin değişimi:** Bir faktörün etkisi değerlendirilirken diğerlerinin değişime uğramasına izin vermelidir.
3. **Modelin bağımsızlığı:** Sadece lineer bir model değil, non-lineer bir model için de hassasiyet analizi gerçekleştirebilmek için model bağımsız kılınmalıdır. Buradaki sorun, özellikle iki faktörün ayrı ayrı tekil etkilerinin toplamından, bir arada değişimlerinin farklı bir sonuç doğurmasıyla belirginleşmektedir.
4. **Faktör gruplaması:** Sonuçların yorumlanabilmesini kolaylaştırabilmek için tekil faktörlere bile gruplanmış faktörler olarak davranabilmesi gerekir. Kimse hassasiyet sonuçlarını yoğun tablolar içinden anlamaya çalışmak istemez.

Bu özelliklerin hangi analiz yöntemi ile sağlanabildiği Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Hassasiyet Analizi Yöntemlerinin Karşılaştırılması [2].

	1. Girdi	2. Girdi faktörlerinin değişimi	3. Modelin bağımsızlığı	4. Faktör gruplaması
Kısıtlı yöntemler	H	H	H	E
Monte-Carlo yöntemi (örnekleme dayalı)	E	E	E	H
Görüntüleme yöntemleri	E/H	E	E	E
Değişkene dayalı yöntemler	E	E	E	E
				E: Evet H: Hayır

2.1. Hassasiyet Katsayısı

Hassasiyet genel bir tanımlamadır. Eğer bir A parametresi, bir başka B parametresinde bir değişime neden oluyorsa ve her ikisi de ölçülebiliyorsa, A'ya göre B'nin hassasiyeti belirlenebilir. Basit olarak, hassasiyet analizinin amacı, girdideki değişimlere bağlı olarak, çıktıdaki nicel değişimleri karşılaştırmaktır. Hassasiyetin ölçümü için, matematikte genellikle hassasiyet katsayısı kullanılmaktadır. Ekonomi alanında ise, esneklik kavramı, hassasiyet ölçümü için uygulanmaktadır. Isıl sistemler ve bina performans simülasyonu için, etki katsayısı (EK) (influence coefficient-IC) kullanılmakta ve aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır [5]:

$$EK (IC) = \frac{\text{Çıktıdaki değişim}}{\text{Girdideki değişim}} = \frac{\partial \text{çıktı}}{\partial \text{girdi}} \cong \frac{\Delta \text{çıktı}}{\Delta \text{girdi}} \quad (1)$$

Bir başka deyişle,

$$EK (IC) = \frac{\Delta \text{Sonuç}}{\Delta \text{Parametreler}} \quad (2)$$

İlgili parametre taban modelden türetilerek değiştirilmekte ve sonuçtaki değişim, parametredeki değişime bölünerek sonuç elde edilmektedir. Bu yöntemin simülasyona uygulanmasında izlenen yol Spitler [3] tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmektedir;

- Taban modelin simülasyonu,
- İlgili parametrelerin belirlenmesi ve referans değerlerinin elde edilmesi,
- İlgili parametrenin uygun düzeyde değiştirilmesiyle girdinin farklılaştırılması, (Parametredeki değişim aralığı, sonuçta önemli değişiklikler oluşturabilecek kadar geniş olmalıdır.)
- Etki katsayısı belirlemeye yönelik olarak sonuçtaki değişimin parametredeki değişime bölünmesi.

Etki katsayısı, eğer parametre sadece bir kez değiştirilecek ise, aşağıdaki formül bağlamında çözülebilir.

$$EK (IC) = \frac{Ç_1 - Ç_2}{G_1 - G_2} \quad (3)$$

Burada $Ç_1$ ve $Ç_2$ çıktı değişkenleri, G_1 ve G_2 girdi değişkenlerini göstermektedir. Ancak birden çok parametrenin girdi değişkeni olarak kabul edildiği ve değerlendirmeye alındığı durumda, etki katsayısı, regresyon doğrusunun eğimi ile belirlenir. Eğer girdi ve çıktı parametreleri arasındaki ilişki doğrusal değil ise, burada hassasiyetin her noktada değişkenlik gösterdiği bilinmelidir.

Regresyon analizi, bir değişkenin bağımsız kılınması ve diğer değişkenin buna bağımlı değişim çizgisinin belirlenmesidir. Sonuçta ortaya çıkan, iki değişken arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir eşitliktir. Bağımsız değişken (x) ile bağımlı değişken (y)'nin regresyon analizi sonucu ortaya çıkan eşitliğinde, "b" eğimi, "a" ise doğrunun y-aksını kestiği noktayı göstermektedir.

$$y = bx + a \quad (4)$$

Regresyon analizi sonucu elde edilen R^2 değeri, regresyon eğrisinin x ile y arasındaki ilişkiye ne kadar uyduğunu göstermektedir. R^2 değeri, 1.00 ya da 1.00'e çok yakın değerler aldığıında, x ile y arasındaki ilişkinin regresyon eğrisine tam olarak oturtulabildiği sonucuna varılmaktadır. Değer sıfıra doğru yaklaştıkça, ilişki belirsizleşmekte ve daha fazla analiz ile değerlendirme yapmak gerekmektedir.

3. HASSASİYET ANALİZİNE DAYALI PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında hassasiyet analizi ile iklim, bina tipi, kullanım düzeni, kullanıcı ve bölgesel bağlamdaki diğer faktörlerin bina enerji performansı üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere kullanılmaktadır. Enerji simülasyon modellerinde hassasiyet değerlendirmesi için genellikle bir dizi parametre ve bunların değerleri belirlenmekte ve modele eklenmektedir. Girdi değerlerindeki farklılığa bağlı olarak çıktıdaki değişimin hangi boyutta gerçekleştiğini görmek için simüle edilmiş model, enerji tüketimi karşılaştırma tabanı olarak kullanılmaktadır. Buradan elde edilen sonuca bağlı olarak “hassas” parametrelerin belirlenmesi söz konusudur. “Hassas parametreler”, girdi olan değeri değiştikçe, çıktıda etkin değişime neden olan parametreler olarak tanımlanabilir. Girdi değerleri değişse bile, çıktıda önemli değişime neden olmayan parametreler ise, “dirençli (robust) parametreler” olarak tanımlanmaktadır.

Hamby [9], Saltelli [10], Heiselberg vd. [11], Hansen [12] tarafından yapılan çalışmalarda belirtildiği gibi hassasiyet analizi çok farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Tablo 2). Ancak hassasiyet analizinin literatürde en yaygın sınıflandırılma biçimi “kısıtlı (local)” ve “kapsamlı (global)” hassasiyet analizidir [10-12]. Bu çalışma çerçevesinde kullanılan yöntem olan Monte-Carlo yöntemi “kapsamlı” hassasiyet analizi olarak kabul edilmiştir. İki analiz yönteminin karşılaştırması Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Kısıtlı Hassasiyet Analizi İle Kapsamlı Hassasiyet Analizi Karşılaştırması

Kısıtlı Hassasiyet Analizi	Kapsamlı Hassasiyet Analizi
<ul style="list-style-type: none"> * Her defasında bir değişim * Daha basit * Hassasiyet derecelendirmesi bağımlı * Parametreler bağımsız kabul edilir 	<ul style="list-style-type: none"> * Rastgele örneklem seçimi * Çeşitli düzeyde karmaşık * Hassasiyet analizi daha bağımsız ancak, girdi verisi çeşitlenmediği sürece yine bağımlı * Parametreler arasındaki olası korelasyonlara ait bilgi de verir

Bu çalışma kapsamında hem kısıtlı, hem de kapsamlı hassasiyet analizi uygulanmış olup, çalışmanın akışını yönlendiren basamaklar aşağıda sıralanmaktadır:

Kısıtlı hassasiyet analizi

- Taban modelin tanımı, kalibrasyonu ve simülasyonu
- Göz önünde bulundurulacak parametrelerin belirlenmesi
- Belirlenen parametrelerin taban değerlerinin tanımlanması
- Seçilen parametrelerin her defasında bir değer olmak üzere taban değerlere göre değiştirilmesi. Burada önemli olan değer aralığının sonuçta önemli bir değişiklik yaratacak kadar geniş tutulmasına dikkat edilmesidir.
- Simülasyon sonuçlarındaki değişimin ilgili çıktıdaki etkisinin analizi

Kapsamlı hassasiyet analizi

- Kısıtlı hassasiyet analizi ile elde edilen sonuçlardan yola çıkarak parametreler ve değerleri bazında öncelik sıralamasının gerçekleştirilmesi
- Seçilen parametre ve değerleri bağlamında Latin hypercube örnekleme dayalı örneklem listesinin belirlenmesi ve simülasyonu
- Simülasyon sonuçlarının Monte Carlo yöntemine dayalı kapsamlı hassasiyet analizinin gerçekleştirilmesi
- Elde edilen sonuçlara göre “hassas” ve “dirençli” parametrelerin sınıflandırılması

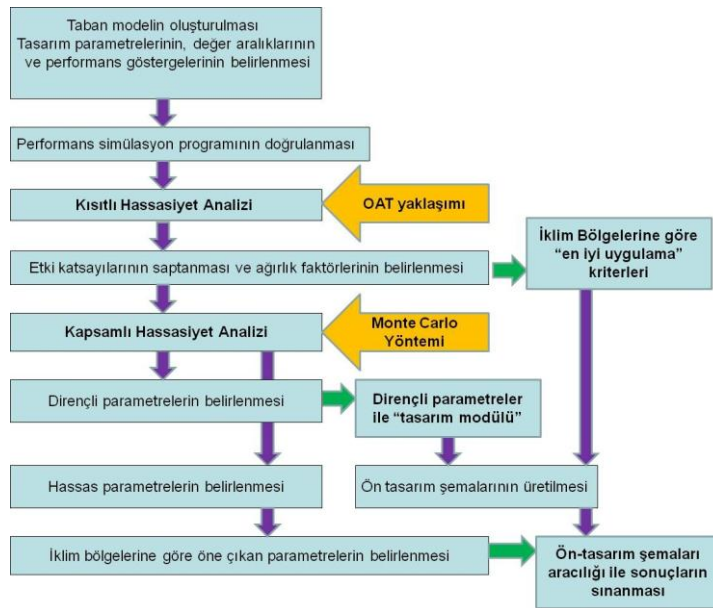
- Dirençli parametreler yardımıyla örnek şemalar tasarlanması ve her bir şemanın farklı iklim bölgeleri özelinde etkinliğinin sınanması.

3.1. Tasarım Sürecinde Değerlendirme Örneği

Tasarım sürecinin erken evrelerinde kararı verilen ve sonraki adımlara değişmez veri olarak aktarılan parametrelerden bazıları, sonuç performansı önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, tasarım sürecinin başlangıcından itibaren her adımında, karar sürecinin performans analizleri ile desteklenmesi, sonuçta elde edilen binanın performans etkinliğini pekiştirecektir.

Bir tez çalışması kapsamında yapılan analizde [13], ilköğretim okul binalarının tip projelerinin her iklim ve bölge için uygulanamayacağı, ancak tasarım süreci başından itibaren enerji performansında etkin olmayan, dirençli parametrelerin belirlenmesi ile tip modüllerin oluşturulması ve tasarımın bu modüller temel alınarak şekillendirilmesi hipoteziyle yola çıkılmıştır. Bu noktada “dirençli” parametrelerin belirlenmesi için hassasiyet analizi yöntemine başvurulmuştur.

Basitleştirilmiş bir şema tanımlanması ile model kurgusuna başlanmaktadır. Basit şema, model kurgusu için gerekli olan verileri sağlamak üzere tasarlanan bir “taban model” (base case)’dir. Hassasiyet analizi için gerekli olan girdi değişkenleri (tasarım parametreleri) ve çıktı değişkenlerinin (performans göstergeleri) belirlenmesinin ardından, veri elde etmek üzere kullanılacak olan bina simülasyon programına model doğrulaması uygulanmıştır. Bu yolla hazır hale getirilen programda girdi verisi olarak kullanılmak üzere taban modele (base case) ait referans değerleri ve hassasiyet analizinde kullanılmak üzere, parametrelere ait değer aralıkları belirlenmiştir. Hassasiyet analizi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiş, birinci aşamada elde edilen sonuçlar, etki katsayılarının saptanması ve yapı bileşenlerinin iklim bölgelerine göre enerji performansının optimizasyonuna yönelik yönlendirici kriterlerin belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu adımda, Türkiye’nin dört iklim bölgesinden seçilen dört il için ayrı ayrı değerlendirilme yapılmaktadır. Elde edilen veriler, ikinci aşamada çoklu değişkene dayalı hassasiyet analizi ile “hassas” ve “dirençli” parametreler saptanmıştır. Bu parametreler ışığında tasarlanan “dirençli parametrelere dayalı ön-tasarım modülü” performans bazlı yaklaşımın da ilk adımını oluşturmaktadır. Önerilen yaklaşım modelinin sınanması için, bu modül farklı kombinasyonlarda bir araya getirilerek, iklim bölgeleri bazında şekillendirilen senaryolar bağlamında performans başarıları analiz edilmiştir. Şekil 1’de öneri model sürecine ait, basitleştirilmiş akış şeması aktarılmaktadır.



Şekil 1. Öneri Model Akış Şeması [13].

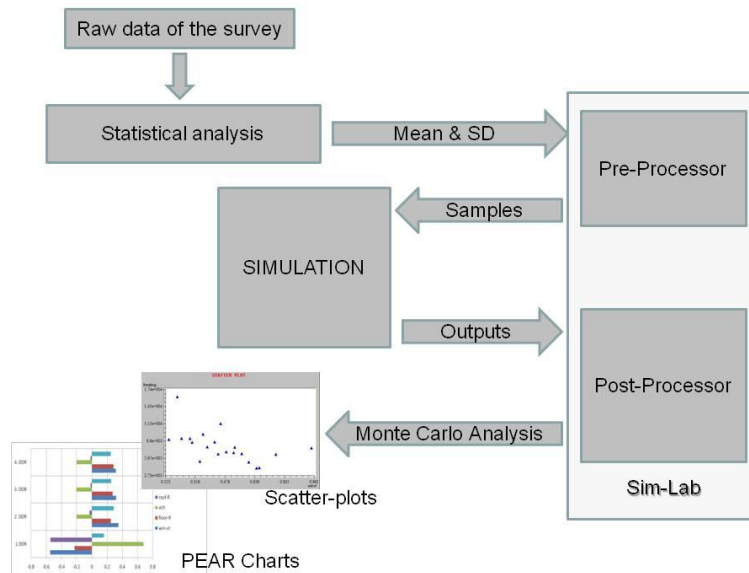
3.2. Kullanım Sürecinde Değerlendirme Örneği

Konut kalitesinin iyileştirilmesine yönelik yöntem araştırmasını içeren bu çalışma, konutların enerji korunumuna dayalı fiziksel kalitesinin nasıl iyileştirilebileceğini, “sağlık ve sürdürülebilirlik” bağlamında elde edilecek teknik bilgi üzerinden irdelemektedir.

Bu araştırmada kullanıcı davranışının konutların enerji tüketimi üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. Bu bağlamda, kullanıcı davranışı, mekandaki kişi sayısı, ısıtma sistemi ve havalandırma kontrolü ile tanımlıdır. Konutların renovasyon sürecinde kullanıcı davranışının renovasyon düzeylerini belirlemedeki etkisinin de ortaya çıkartılması amaçlanmaktadır. Anketler ve günlükler yardımıyla elde edilecek verilere dayalı olarak, hangi kullanıcı davranışı modelinin enerji tüketimi üzerinde daha etkin/hassas olduğu, modellerin Monte Carlo Yöntemine dayalı hassasiyet analizi ile belirlenmektedir.

Bu araştırma çerçevesinde davranışa dayalı enerji tüketimini etkileyen faktör olarak dikkate alınan kullanıcı davranışı hassasiyeti, Monte Carlo Yöntemine dayalı analiz edilmektedir. Monte Carlo Yöntemi, olasılık girdilerinin sonuçlarına göre, olası sonuçların dağılımını analiz eden ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Burada girdi değerleri (parametreler) konutta enerji tüketimini etkileyen çeşitli kullanım biçimleridir – örn. ısıtma sisteminin kullanımı, havalandırma system kullanımı, ekipmanların kullanımı ve mekan kullanımı, gibi- Analiz için kullanılacak veri, seçilen bir konut grubu kullanıcıları ile yapılacak detaylı anket çalışması ve günlüklere dayandırılmaktadır. Analiz yönteminin işleyişine dair adımlar aşağıda sıralanmaktadır (Şekil 2):

- İstatistik analiz programına dayalı olarak anket verilerinin işlenmesi (girdi parametrelerinin ortalama ve standart sapma değerlerinin belirlenmesi)
- Sim-Lab [14] ön-işlemci ile Latin-Hypercube örneklemlerinin belirlenmesi (günün her saati için davranış tanımlayan her 24 veriden elde edilen yaklaşık 200-250 örneklem)
- Her bir davranış örneklemini simüle ederek çıktı verilerinin elde edilmesi
- Sim-Lab’da girdi ve çıktı verilerinin birleştirilerek Monte-Carlo analizi sonuçlarının elde edilmesi
- Sonuçların yorumlanması ile parametrelerin “hassas” ve “dirençli” olarak sınıflandırılması.



Şekil 2. Sim-Lab ile Monte Carlo Yöntemi İşleyiş Şeması [15].

Bu yöntemin uygulandığı örnek çalışmada, kullanıcı davranışı için gerekli veri, 1996 yılında kurulmuş olan, Hollanda'daki iki ayrı mahalleden elde edilmiştir. Anket çalışması, 2008 yılında, 319 konutta gerçekleştirilmiştir. Bunlar içinde, farklı bina tipleri bulunmaktadır (bitişik nizam konut, köşe konut, tekil konut, apartman daresi, vb.) Anket ile toplanan veri içerisinde, konut karakteristiği, kullanıcı

karakteristiği, enerji tüketim profili, ısıtma ve havalandırmaya yönelik kullanıcı davranışı kalıpları ve aydınlatma ve elektrikli eşya kullanımı yer almaktadır.

Bu çalışma kapsamında, anketten elde edilen davranış verileri aşağıda sıralanmaktadır:

- 1) Mekanda saatlik kullanıcı varlığı değişimi: hafta içi ve hafta sonu
- 2) Saatlik ısıtma davranışı değişimi: hafta içi / Hafta sonu, kış/yaz, termostat ayarları, radyatör ayarları
- 3) Saatlik havalandırma davranışı değişimi: hafta içi / Hafta sonu, kış/yaz, pencerelerin kullanımı, havalandırma ızgaralarının kullanımı, mekanik havalandırmanın saatlik düzenlenmesi

CISBAT 2011 konferansında sunulan örnek çalışmaya göre [16], dört farklı bina tipi için, mekanlarda saatlik kullanıcı varlığı değişimini esas alan parametre üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Yapılan hassasiyet analizi sonuçlarına göre, apartman dairesinde kullanıcı varlığına dayalı ısıtma enerjisi tüketimi en az gerçekleşirken, köşe konutlarda ise en yüksek oranda gerçekleşmektedir. Ayrıca köşe konutlar, kullanıcı davranışına en hassas konut tipi olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, anket ile elde edilen verinin yaklaşık üçte birini oluşturan bitişik nizam evlere ait sonuçlardan yola çıkarak yapılan bir başka çalışmada da, kullanıcı davranışının enerji tüketimi üzerinde ne oranda etkili olduğu, renovasyon öncesi ve sonrası olmak üzere değerlendirmeye alınmıştır. Kullanıcı davranışı olarak saatlik havalandırma davranışı değişimi dikkate alınmış ve renovasyon öncesi ve sonrasında bu davranışın enerji performansı üzerindeki hassasiyeti görülmeye çalışılmıştır. MISBE 2011 konferansında [15] sunulmuş olan bu çalışmanın sonucunda, renovasyon ile kullanıcı davranışının daha “dirençli” hale getirilebildiği görülmüştür. İyileştirilmiş bir yapıda, kullanıcı davranışı, enerji tüketimini daha az oranda etkilemektedir.

SONUÇ

Bina elde etme süreci boyunca, hem tasarım ve yapım aşamalarında hem de kullanım sonrası süreçte bina performansının belirlenmesi ve iyileştirmeye yönelik değerlendirilmesi önem taşır. Performansı doğrudan etkileyen (hassas) parametrelerin belirlenmesi veya görece olarak daha etkisiz (dirençli) parametrelerin ortaya çıkartılması, tasarım, yapım ve kullanım aşamalarında alınan kararlarda etkili olacaktır. Bu çalışmada hem tasarım sürecinde, hem de kullanım sürecindeki etkin parametrelerin belirleneceği bir yöntem olarak hassasiyet analizi ele alınmıştır. Bu yöntem, tasarımcının süreç içinde kararları kendi başına aldığı ve genellikle özel uzmanlık alanlarına ilişkin danışmanlık desteği olmadan tasarımını kişisel deneyimlere dayalı yürüttüğü bir duruma öneri geliştirmek üzere değerlendirilebilir. Burada, binaların içinde bulunduğu iklimsel özellikler, binanın işlevi, kullanım şekil gibi pek çok değişken bağlamında tasarımcının önceden belirli bina tipleri ve iklim koşulları için hazırlanmış bir kılavuz yardımıyla tasarımına yön vermesi sağlanabilir. Ancak, hassasiyet analizine dayalı oluşturulacak böyle bir kılavuzun mutlaka ilgili uzmanlık alanlarının desteğiyle ve süreç başından itibaren disiplinler arası bir ekip çalışması ile gerçekleştirilmesi zorunludur.

KAYNAKLAR

- [1] HELTON, J. C., JOHNSON, J. D., SALLABERRY, C. J., STORLIE, C. B., “Survey of Sampling Based Methods for Uncertainty and Sensitivity Analysis”, Reliability Engineering and System Safety, Volume 91, 1175-1209, 2006.
- [2] EU, European Union, Joint Research Center, “Sensitivity Analysis Methods”, <http://sensitivity-analysis.jrc.ec.europa.eu/methods/index.htm> 2009.
- [3] SPITLER, J. D., FISHER, D. E., ZIETLOW, D. C., “A Primer on the Use of Influence Coefficients in Building Simulation”, Proceedings of Building Simulation’89 Conference, IBPSA, Vancouver, Belgium, 299-304, 1989.
- [4] CORSON G. C., “Input-Output Sensitivity of Building Energy Simulations”, ASHRAE transactions, 98 (Part I), 618-626, 1992.

- [5] LAM J. C, HUI S. C., “Sensitivity Analysis of Energy Performance of Office Buildings”, Building and Environment, Vol.31 No.1, 27-39, 1996.
- [6] FÜLBRINGER, ROULET, “Confidence of Simulation Results: Put a Sensitivity Analysis Module in Your Model”, Energy and Buildings, Volume 30, 61-71, 1999.
- [7] Mc DONALD, “Assessing the Significance of Design Changes when Simulating Building Performance Including the Effects of Uncertain Input Data”, Proceedings of e-Sim’04, Vancouver, 3-5, 2004.
- [8] WESTPHAL, LAMBERTS, “Building Simulation Calibration Using Sensitivity Analysis”, Proceedings of Building Simulation’05 Conference, IBPSA, Montreal, Canada, 1331-1338, 2005.
- [9] HAMBY, D. M., “A Review of Techniques for Parameter Sensitivity Analysis of Environmental Models”, Environmental Monitoring and Assessment, v.32, 135-154, 1994.
- [10] Saltelli, A., Ratto, M., Tarantola, S., Campolongo, F., (2006), “Sensitivity Analysis Practices: Strategies for Model Based Inference”, Reliability Engineering and System Safety, Volume 91, 1109-1125.
- [11] HEISELBERG, P., BROHUS, H., HESSELHORT, A., RASMUSSEN, H., SEINRE, E., THOMAS, S., “Application of Sensitivity Analysis in Design of Integrated Building Concepts”, 1th Annex 44 Forum, The University of Hong Kong, Hong Kong, China, 24, 2007.
- [12] HANSEN, H. T. R., “Sensitivity Analysis as a Methodical Approach to the Development of Design Strategies for Environmental Sustainable Buildings”, PhD Thesis, Department of Architecture and Design and Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Science and Medicine, Aalborg University, Denmark, 141-199, 2007.
- [13] HARPULUGİL, G. U., An Assessment Model Addressed to Early Phases of Architectural Design Process Prioritized by Energy Performance, PhD thesis (in Turkish), Gazi University, Türkiye, 2009.
- [14] SIMLAB, Simlab version 2.2 manual, <http://simlab.jrc.ec.europa.eu/> 2010.
- [15] BEDİR, M., ULUKAVAK HARPULUGİL, G., ITARD L., “Exploring Robustness of Energy Performance Of Dwellings to Occupant Behaviour: Renovation and Post Occupancy”, CIB International Conference of Management and Innovation for Sustainable Build Environment, MISBE 2011, 20-23 June 2011, Amsterdam, The Netherlands, 2011.
- [16] BEDİR, M., ULUKAVAK HARPULUGİL, G., “Simulating Occupant Behaviour and Energy Performance of Dwellings: A Sensitivity Analysis of Presence Patterns in different Dwelling Types”, CleanTech for Sustainable Buildings-CISBAT 2011, 14-16 September, Lausanne, Switzerland, 2011.

ÖZGEÇMİŞ

Gülsu ULUKAVAK HARPULUGİL

1975 yılında Ankara’da doğdu. 1997 yılında Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü’nde lisans, 2001 yılında yüksek lisans ve 2009 yılında doktora eğitimini tamamladı. 1998-2006 yılları arasında Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmış, 2005 yılı Mart-Eylül ayları arasında altı ay süre ile, TÜBİTAK-NATO-A2 Araştırma Bursu desteği ile, Hollanda Eindhoven Teknik Üniversitesi (TU/e) “Bina Fiziği ve Sistemleri” Bölümü’nde araştırma çalışmasında bulunmuştur. 2006 yılında öğretim görevlisi olarak atandığı Karabük Üniversitesi Safranbolu Fethi Toker Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümü’nde, 2009 yılından bu yana yardımcı doçent doktor olarak görev yapmaktadır. Ekim 2010-Nisan 2011 arasında altı ay süre ile TÜBİTAK Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı’ndan yararlanarak Hollanda Delft Teknik Üniversitesi (TUDelft) OTB Araştırma Enstitüsü’nde çalışmalarda bulunmuştur. Araştırma çalışmalarını, bina performans değerlendirme, bina performans simülasyonları ve bina performansı/ kullanıcı davranışı ilişkileri üzerine devam etmektedir. Evli ve iki çocuk annesidir.