



BIM ve Sürdürülebilir Yapım Bütünleşme: IFC–Tabanlı Bir Model Öneri

BIM and Sustainable Construction Integration: An IFC-Based Model

Bahriye İLHAN, Hakan YAMAN

ÖZ

Bina Enformasyonu Modellemesi (BIM) ve sürdürülebilirlik yapım sektöründe güncel ve gelişmekte olan iki önemli kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilir BIM son yıllarda ortaya çıkan bir gereklilik olmasına karşın, işlevsel bir birleşmenin önünde bir takım engeller bulunmaktadır. Halbuki, söz konusu iki kavramın bütünleşmesi sürdürülebilir yapım üzerinde büyük bir etkiye ve öneme sahiptir. Bu çalışma, BIM ve sürdürülebilir yapım bütünleşmesi için önerilen IFC (Industry Foundation Classes)–tabanlı modelin altyapısının kurgulanmasına odaklanmaktadır. Modelin temel amacı, sürdürülebilir yapıya ilişkin standartlar ile BIM bütünleşmesi arasındaki mevcut boşluğun, sürdürülebilir verilerin BIM aracılığıyla tasarım sürecine dâhil edilerek doldurulmasıdır. Yeşil bina sertifikasyonu almak üzere dokümantasyon oluşumunu kolaylaştırmak hedeflenmektedir. Bu bağlamda, öncelikle IFC veri standardında, yeşil bina sertifikasyonu için gerekli olan verilerin BIM projelerine aktarılmasına olanak sağlayan özellik setlerinin geliştirilmesine değinilmektedir. Özellik setlerinin geliştirilmesi süreci, yeşil bina değerlendirme sistemlerinin temel kategori alanlarının ve kriterlerin incelenmesi, IFC şeması için olası kategorilerin belirlenmesi, özellik setlerinin geliştirilmesi ve ilgili verilerin elde edilmesini kapsamaktadır. Daha sonra, yeşil malzeme veritabanına erişim; bu veritabanında yer alan malzemelerin BIM yazılımları aracılığıyla oluşturulan projelerde kullanılmalarına olanak sağlayan yeşil malzeme kütüphanesinin yaratılması ve şablon dosya oluşturulması ele alınmaktadır. Önerilen model altyapısının son adımı olarak, proje verilerini IFC formatından alarak yeşil bina değerlendirme sisteminin ölçütlerine göre gerekli hesaplamaları yapan değerlendirme aracı sunulmaktadır. Son olarak, modelin uygulanabilirliği geleceğe dönük çalışmalar açısından irdelenmektedir.

Anahtar sözcükler: Bina enformasyon modellemesi; BIM; bütünleşme; IFC; sürdürülebilirlik.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) and sustainability are the two current and emerging movements in the architecture, engineering and construction (AEC) industry. Even though the importance of Green BIM is recognised, there are some barriers to a functional inclusion such as lack of measured sustainable strategies' direct access into BIM. Their integration has a great impact on sustainable construction. Accordingly, this study focuses on setting up a substructure of the Industry Foundation Classes (IFC)–based model for BIM and sustainability integration. The main purpose is to fill the gap of BIM integration with standards of sustainable construction by providing a guideline for the design team to address the sustainable features of the project during the design stage. It provides an integrated platform to work on and facilitates the green documentation generation for getting green building certification. Firstly, the property sets are developed in the IFC structure in order to designate the green properties into BIM projects. This process includes the investigation of major categories and criteria of the Green Building Assessment Systems, determination of the possible categories for IFC schema, creation of the property sets and acquisition of the related data. Following this, the green materials database and library are created to get the sustainable data for the assessment. Next, the BIM model is generated based on the green materials. The assessment tool for the data calculation is presented as the last process of the basis for the integrated model. Finally, the applicability of the model is discussed for future studies.

Keywords: Building information modeling; BIM; integration; IFC; sustainability.

Istanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Istanbul, Turkey.

Başvuru tarihi: 21 Kasım 2014 (Article arrival date: November 21, 2014) - **Kabul tarihi:** 28 Eylül 2015 (Accepted for publication: September 28, 2015)

İletişim (Correspondence): Bahriye İLHAN. e-posta (e-mail): ilhanba@itu.edu.tr

© 2015 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2015 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Giriş

Mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründe en önemli gelişmelerden biri olan Bina Enformasyon Modellemesi (BIM), farklı araçları ve süreçleri tasarıma dâhil ederek proje verilerinin sayısal ortamda yönetilmesine olanak sağlayan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. İki boyutlu geleneksel bilgisayar destekli tasarım ve çizim sistemlerinden farklı olarak BIM, yapıyı oluşturan her bir elemana ait özellik ve parametreler için veritabanı depolama mekanizmalarını da içeren üç boyutlu bir gösterim sağlamaktadır.¹ Bir diğer deyişle BIM, yapıyı oluşturan elemanları temel almakta ve elemanların birbirleriyle olan ilişkilerini modellemektedir.² BIM, daha iyi bir görselleştirme ve proje bütünleşme olanağı sağlamasının yanı sıra, işbirliği gereksinimi, daha kaliteli çıktıların oluşturulması, proje risklerinin azaltılması, eşgüdüm eksikliği nedeniyle oluşabilecek süre kaybı, maliyetin en aza indirilmesi ve çevreye daha az zararlı binaların üretilmesi amacıyla geliştirilmiştir.³

1970'li yıllarda ortaya çıkan BIM kavramı akademisyenler tarafından çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır.⁴ Yapım sektöründe ve yapım ile ilgili akademik çalışmalarda tasarım ve yapım bütünleşmesinin önemi 2000'li yılların başından itibaren fark edilmekte ve BIM teknolojisinin değeri anlaşılmaktadır. Autodesk, Bentley ve Graphisoft gibi bilgisayar-destekli tasarım (CAD) uygulama sağlayıcıları tarafından da desteklenerek çeşitli BIM yazılımları geliştirilmektedir. Ayrıca, BIM'in⁵ ve IFC (Industry Foundation Classes) veri standardının⁶ tasarım süreçlerinde önemli gelişmeler sağlayacağı ve işbirliğini kolaylaştıracağı yaygın olarak kabul edilmektedir.⁷ BIM, yapıyı tanımlayan tüm verilerin tutulduğu bir sayısal proje veritabanı üstünden çalışmakta; tasarım, yapım ve yapım sonrası işletme süreci boyunca üretilen tüm veriler bütünleşik bir proje veritabanında saklanarak yönetilmektedir. Tasarım ve görselleştirmenin yanında, performans analizine, planlamaya, programlamaya, yapım ile ilgili belgelerin hazırlanmasına, süre ve maliyete ilişkin verilerin sağlanması konusundaki gereksinimlerden dolayı BIM, yapı üretim sürecinin temelinde yer almaya başlamıştır.⁸

Diğer yandan, sürdürülebilirlik kavramına ilginin artışı, inşaat sektörünü de bir takım hızlı değişim ve gelişmelere zorlamaktadır. Tüm dünyada çeşitli politika, kanun ve düzenlemelerle; daha sürdürülebilir projeler

ortaya çıkarmak üzere inşaat sektörünün ürün ve süreçler açısından sürdürülebilir yenilikleri benimsemesi talep edilmektedir.⁹ Çevreye en az zararlı binalara olan talep artmakta ve sürdürülebilir binalar ekonomik açıdan uygulanabilir olarak nitelendirilmektedir.¹⁰ Tüm bu nedenlerle, sektörde sürdürülebilir veriler için teknolojik yeniliklerin benimsenmesi tartışılmaya başlanmıştır. Ayrıca, sürdürülebilir yapım pazarına yönelik ürünlerin son 10 yıldaki hızlı gelişimi, tasarım ve yapım süreçlerinde BIM kullanımını teşvik etmektedir.

Sürdürülebilirlik ve BIM kavramlarının bütünleşmesi sürdürülebilir yapım üzerinde büyük bir etkiye ve öneme sahiptir. Diğer yandan; yükselen bir eğilim olarak sürdürülebilir BIM ile ilgili gerek akademik gerekse uygulamaya yönelik çalışmaların daha sürdürülebilir çıktılar elde etmek üzere giderek arttığı da görülmektedir. Her ne kadar sürdürülebilir BIM'in önemi literatürde kabul görmüş olsa da, işlevsel araç eksikliği ve mevcut araçların karmaşıklığı gibi nedenler sürdürülebilir yapımda BIM'in yaygın olarak kabul edilmesinin ve akademik gelişmelerin uygulamaya yansımalarının önünde engeller oluşturmaktadır.¹¹ Ancak, BIM ve sürdürülebilir yapım pazarı bütünleşmesinin bir gereksinim olduğu da açıktır.

Sürdürülebilirlikle ilgili kararların çoğu bina üretim sürecinin tasarım aşamasında verildiği için, sürdürülebilir verilerin BIM aracılığıyla söz konusu sürece dâhil edilmesi kritik öneme sahiptir. Mevcut durumda, sürdürülebilir verilerin doğrudan BIM modellerine aktarımının söz konusu olmaması nedeniyle, bütünleşme büyük uğraş ve zaman gerektirdiğinden, sürdürülebilir verilerin çoğu tasarım sonrası süreç olarak kalmaktadır. Bu çalışmada, sürdürülebilir yapıya ilişkin standartlar ile BIM bütünleşmesi arasındaki söz konusu boşluğun, IFC veri modeli kullanarak doldurulması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, önerilen IFC tabanlı yaklaşımın, yeşil bina sertifikasyonu almak üzere dokümantasyon oluşumunu kolaylaştırması hedeflenmektedir. Bütünleşik BIM – sürdürülebilir veri modeli çözümü, bir araştırma problemi olarak ele alındığında, çözüme ulaşmak üzere aşağıda belirtilen alt süreçler kolaylıkla tanımlanabilir: (1) IFC standardında özellik setlerinin geliştirilmesi, (2) yeşil malzeme veritabanı ve kütüphanesinin oluşturulması, (3) BIM modelinin üretilmesi ve IFC formatında saklanması ve (4) yeşil dokümantasyon için verilerin hesaplanması. Bu çalışmada, söz konusu bütünleşik BIM – sürdürülebilir veri modeline ilişkin alt süreçler sırasıyla ele alınmakta ve modelin işlerliğine yönelik örnekler sunulmaktadır.

¹ Zyskowski ve Valentine, 2009, s. 29. ⁵ buildingSMART, 2008.

² İlhan ve Yaman, 2012, s. 759. ⁶ Liebich vd., 2007.

³ Yaman ve İlhan, 2010, s. 963. ⁷ Howard ve Bjork, 2007; Kiviniemi vd., 2008.

⁴ Eastman, 1999; Eastman vd., 2011; Kymmell, 2008. ⁸ Yaman ve İlhan, 2010, s. 963.

⁹ Hellstrom, 2007; Steurer ve Hammetner, 2011. ¹⁰ Azhar, 2010; Azhar vd., 2011.

¹¹ Krygiel ve Nies, 2008, s. 10.

Araştırmanın Arka Planı

Yükselen bir eğilim olarak sürdürülebilir BIM'in, daha fazla sürdürülebilir çıktı elde etmek üzere günümüzde birçok çalışmada ele alındığı görülmektedir.¹² McGraw_Hill yayınevi tarafından 2010 yılı "Sürdürülebilir BIM Raporu" için İnternet üzerinden gerçekleştirilen bir anket çalışması yapılmıştır. Söz konusu çalışmada, sektörde BIM araçlarını kullanan profesyonelleri hedef alınmış ve BIM'in, sürdürülebilirlik ve bina performans hedeflerinin gerçekleştirilmesinde ne ölçüde katkıda bulunduğunu ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Sonuçlar, BIM'in sürdürülebilir yapı için gerekli bir araç olduğunu ve yakın gelecekte sürdürülebilir pazarda geniş bir kullanıma sahip olacağını göstermiştir. Yayınlanan raporda, sürdürülebilir BIM'in gelişebilmesi için önemli olan alanlar şu şekilde sıralanmıştır: Yazılım bütünleşmesi, farklı bina sistemlerinden elde edilen bütünleşik çıktılar, modelleme standartları, küçük ölçekli projelerde BIM kullanımının artırılması, bina performansı, bütünleşik tasarım için BIM kullanımı. Diğer yandan, bir Avrupa Birliği projesi olan STAND-INN¹³ sürdürülebilir yapımda daha etkili iş süreçleri için IFC ve performans bazlı standartlara dayalı yeni imalat süreçleri konusunu ele almaktadır. Çalışmanın temel amacı, açık standartların iş süreçleri ile bütünleşmesini kolaylaştırmaktır. Wu ve Issa (2011) çalışmalarında; LEED dokümantasyonu ve yönetimi için BIM'i temel alan web tabanlı bir hizmet sunmaktadır. Azhar vd., (2011) ise çalışmalarında, LEED sertifikasyonu için yapılması gereken analizlerde BIM araçlarını kullanan bir takım yöntemler sunarken; Bank vd., (2010), sürdürülebilir tasarım için karar verme çerçevesi ile BIM bütünleşmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Diğer yandan, sürdürülebilirlik açısından IFC incelendiğinde, yeni sürüm olan IFC4'ün çevresel etki göstergeleri ve çevresel etki değerlerini belirten iki özellik setine sahip olduğu görülmektedir. Söz konusu özellikler, projede kullanılan yapı elemanlarına özgü olmayıp, projenin genel anlamda çevresel etkisini anlamaya yönelik yenilenebilir enerji tüketimi, bina kullanım süresi ve su tüketimi gibi enformasyonu barındırmaktadır.

Bu çalışmada, literatürde kabul görmüş fakat çeşitli engellerden dolayı tam bir bütünleşmeden söz edilemeyen BIM ve sürdürülebilir yapı pazarının bütünleşmesi konusuna ilişkin mevcut boşluğu doldurmak üzere bütünleşmeye olanak sağlayan ve BIM aracılığıyla yeşil bina sertifikasyonu almayı kolaylaştırmayı hedefleyen modelin tanıtılması amaçlanmaktadır.

Sürdürülebilirlik ve Yeşil Bina Değerlendirme Sistemleri

Sürdürülebilirlik, son yirmi yılda birçok sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de sık kullanılan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.¹⁴ Yeşil bina tasarımı ve yapımı, 1990'lı yılların başında Bina Araştırma Kurumu (Building Research Establishment – BRE), Amerikan Mimarlar Enstitüsü'nün (American Institute of Architects – AIA) oluşturduğu Çevre Komitesi (Committee on the Environment – COTE) ve Amerikan Yeşil Bina Konseyi (US Green Building Council – USGBC) oluşumları ile başlamıştır.¹⁵

Küresel ısınma, kirlilik ve enerji kaynaklarının hızlı tüketimi gibi diğer faktörler dikkate alındığında, sürdürülebilirlik bugünün inşaat sektöründe giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir çözümler; araştırma kurumları, hükümetler ve kâr amacı gütmeyen diğer kuruluşlar dâhil olmak üzere çeşitli paydaşlar tarafından tartışılmaktadır.¹⁶

Bu bağlamda, sürdürülebilirliğe artan talep de göz önüne alındığında, kriterlere dayalı olarak geliştirilen yeşil bina değerlendirme sistemleri sürdürülebilir projelerin yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde dünya çapında geliştirilmiş ve kullanılmakta olan 34'ten fazla yeşil bina değerlendirme sistemi bulunmaktadır.¹⁷ Bunlardan CASBEE, GBTool, BREEAM, Green Globes, CEEQUAL ve LEED, dünya çapında kabul gören ve yaygın olarak kullanılan araçlardır.¹⁸ Söz konusu değerlendirme sistemlerinin çoğunda ana kriter benzer olup bina; enerji tüketimi, su verimliliği, malzeme kullanımı ve iç mekân kalitesi açısından değerlendirilmektedir.¹⁹

Bu bölümde, Türkiye'deki yaygın kullanımları nedeniyle "BRE Çevresel Değerlendirme Sistemi" (BREEAM) ve "Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik" (LEED) yeşil bina değerlendirme sistemleri özetle tanıtılmaktadır.

BREEAM

BREEAM, bir binanın çevresel performansını ölçmek için bir araç olarak İngiltere'de BRE tarafından geliştirilen en eski yeşil bina değerlendirme sistemidir. Sürdürülebilirlikle ilgili geniş kapsamlı konuları içermekte, tasarımcı ve proje geliştiricilerin, binaların çevresel yeterliliklerini müşterilerine veya diğer katılımcılara gösterebilmelerine olanak sağlamaktadır.²⁰ İlk sürümü ofis binaları ile sınırlı iken, zamanla geliştirilerek mevcut binalar da dâhil olmak üzere çeşitli bina tipleri için

¹² Azhar vd., 2011; Bank vd., 2010; Haagenrud vd., 2008; Krygiel ve Nies, 2008; Lee vd., 2011; McGRAW_HILL Construction, 2010; Wu ve Issa, 2011 ve Zhao, 2011.

¹³ Haagenrud vd., 2008.

¹⁴ İlhan ve Yaman, 2012, s. 759.

¹⁵ Krygiel ve Nies, 2008, s. 6.

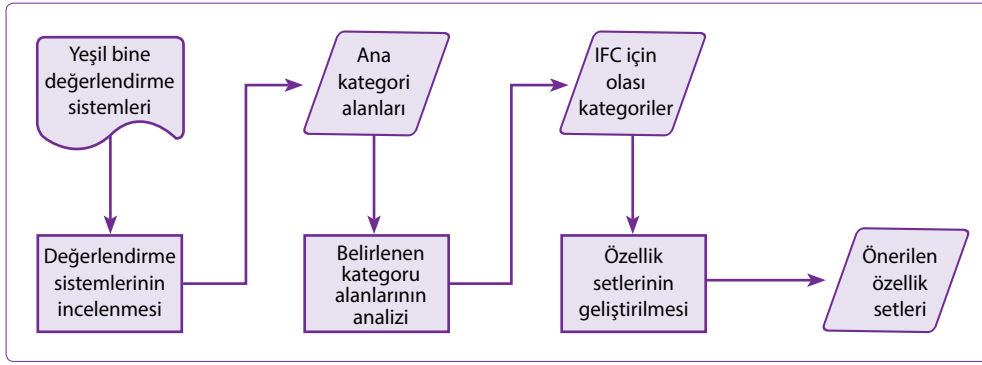
¹⁶ İlhan ve Yaman, 2012, s. 760.

¹⁷ Fowler ve Roach, 2006.

¹⁸ Krygiel ve Nies, 2008, s. 16.

¹⁹ WorldGBC, 2010.

²⁰ BREEAM, 2010.



Şekil 1. Özellik seti belirleme süreci.

kullanılır hale getirilmiştir. Değerlendirme sisteminde yer alan başlıca kategoriler; Yönetim, Sağlık ve Refah, Enerji, Ulaşım, Su, Malzeme, Atık, Arazi Kullanımı ve Ekoloji, Kirlilik ve Yenilik olarak sıralanmaktadır. Her bir kategoriye ait krediler performansa dayalı olarak belirlendikten sonra, ağırlıklandırma ile toplam puana göre binanın sertifika derecesi belirlenmektedir. Söz konusu derecelendirme, toplam puana bağlı olarak, Geçer (%30), İyi (%45), Çok İyi (%55), Mükemmel (%70) ve Seçkin (%85) şeklinde yapılmaktadır.

LEED

LEED, ölçüm standartları aracılığıyla sürdürülebilir binaların üretilmesi amacıyla yönelik olarak, 1998 yılında USGBC tarafından geliştirilmiştir.²¹ Başlangıçta yeni yapılar için tanıtılan sistem, zaman içinde ticari yapılar, mevcut binalar, konutlar ve okullar gibi çeşitli bina tiplerini de kapsayacak şekilde geliştirilmiştir. LEED değerlendirme sisteminde binalar, çevresel performansa ait kategoriler ve yenilikçi stratejilerden alınan krediler aracılığıyla değerlendirilmektedir.²² Söz konusu kategoriler, Sürdürülebilir Araziler, Su Etkililiği, Enerji ve Atmosfer, Malzemeler ve Kaynaklar, İç Mekân Çevresel Kalitesi ve Yenilik ve Tasarım'dır. Sertifikalandırma düzeyleri ise, her bir kategoriden alınan puanların toplanmasıyla elde edilmektedir. LEED düzeyleri, Sertifikalı (40–49 puan), Gümüş (50–59 puan), Altın (60–79 puan) ve Platin (80 ve üzeri puan) olmak üzere dört grupta toplanmaktadır.

LEED ve BREEAM arasındaki en önemli fark sertifikalandırma sürecine ilişkindir. BREEAM'de değerlendirme işlemini üstlenerek BRE'ye rapor veren yetkilendirilmiş kişilerin (değerlendiricilerin) olması gerekirken, LEED sisteminde bağımsız bir denetlemeden söz edilebilmektedir.²³

Bütünleşik BIM – Sürdürülebilir Veri Modeli

Önerilen model, IFC model şemasını kullanarak, sürdürülebilir yapıya ilişkin standartlarla BIM bütünleşmesini sağlamayı amaçlamaktadır. IFC tabanlı bir yaklaşım geliştirilerek, yeşil bina sertifikasyonu almak üzere yeşil dokümantasyon oluşumunun kolaylaştırılması hedeflenmektedir. Model, BIM'e veri sağlayan; IFC tabanlı özellik setleri, yeşil malzeme veritabanı ve yeşil malzeme kütüphanesi olmak üzere üç ana modül ve BIM modeline ait IFC formatından gerekli verileri dikkate alarak hesaplamaların yapıldığı ve ilgili belgelerin çıktı olarak sunulduğu bir yazılım uygulaması içermektedir. Söz konusu uygulama web-tabanlı hizmet veren bir uygulama olabileceği gibi, masaüstü bir uygulama olarak da ele alınabilir. Çalışmanın bu kısmında, söz konusu modele ilişkin alt süreçler sırasıyla tartışılmaktadır: (1) IFC standardında özellik setlerinin geliştirilmesi, (2) yeşil malzeme veritabanı ve kütüphanesinin oluşturulması, (3) BIM modelinin üretilmesi ve IFC formatında saklanması ve (4) yeşil dokümantasyon için verilerin hesaplanması.

Özellik Setleri

Bütünleşik BIM – sürdürülebilir veri modelinin ilk adımı olan IFC-tabanlı özellik setlerini etkin bir şekilde belirleyebilmek için izlenen süreç Şekil 1'de görülmektedir.

BREEAM Senaryosu

Türkiye'deki kullanım alanının yaygınlığı ve literatürde BREEAM – BIM bütünleşme çalışmaları açısından eksiklik olması nedeniyle, modelin kurgulanmasında BREEAM değerlendirme sistemi esas alınmaktadır. Bu nedenle, Türkiye'de kullanılan BREEAM Europe Commercial 2009 Assessor Manual incelenmiştir.

Her bir kategori, değerlendirme ölçütü özellikleri oluşturacak şekilde bir özellik seti olarak tanımlanmıştır. Buna göre önerilen özellik setleri Pset_BRManagement, Pset_BR HealthandWellBeing, Pset_BREnergy,

²¹ USGBC, 2011.

²³ İlhan ve Yaman, 2013, s. 97.

²² Krygiel ve Nies, 2008, s. 22.

IFC2x3 Property Set Definition Reference

PropertySet Definition:

PropertySet Name	Pset_BRMaterials
Applicable Entities	IfcProject
Applicable Type Value	
Definition	Material properties for BREEAM Certification

Property Definitions:

Name	Property Type	Data Type	Definition
Mat 1_Materials Specification (Major Building Elements)	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Identifies if the construction materials are Green Guide to Specification (= TRUE) or Other Materials Assessment Tools (= FALSE)
Mat 2_Hard Landscaping and Boundary Protection	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Identifies if there is a natural boundary protection (= TRUE) or not (= FALSE) and the materials for boundary protection and external hard surfaces are Green Guide to Specification (= TRUE) or Other Materials Assessment Tools (= FALSE)
Mat 3_Re-Use of Facade	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Identifies if existing building facades are in-situ reused (= TRUE) or not (= FALSE)
Mat 4_Re-Use of Structure	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Identifies if existing structures that previously occupied the site are reused (= TRUE) or not (= FALSE)
Mat 5_ Responsible Sourcing of Materials	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Identifies if sourced materials are used for key (main) building elements (= TRUE) or not (= FALSE)
Mat 6_Insulation	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Identifies if the thermal insulation is Green Guide to Specification and has been responsibly sourced (= TRUE) or not (= FALSE)
Mat 7_Designing for Robustness	IfcPropertySingleValue	IfcBoolean	Identifies if there are adequate protection of exposed parts of the building and landscape (= TRUE) or not (= FALSE)

Copyright (c) 2000 - 2007 International Alliance for Interoperability

Şekil 2. Malzeme özellik seti (Pset_BRMaterials.xml).

Pset_BRTransport, Pset_BRWater, Pset_BRMaterials, Pset_BRWaste, Pset_BRLandUseandEcology, Pset_BRPollution, Pset_BRInnovation olarak sıralanmaktadır.

Önerilen Özellik Seti – “Malzeme” Örneği

Bu çalışma kapsamında önerilen özellik seti BREEAM Europe Commercial 2009’un “Malzeme” kategorisi ile sınırlıdır. BREEAM değerlendirme sisteminin rakamsal olarak en hesaplanabilir ve algoritma oluşturulabilir kategorisi olduğu için malzeme kategorisi ele alınmaktadır. Özellik seti, genel IFC mimarisinin ana katmanındaki IfcArchitectureDomain için geliştirilmiş olup, IfcProject varlığı için geçerlidir. Önerilen Pset_BRMaterials Şekil 2’de görülmektedir.

Pset_BRMaterials özellik seti yedi özellikten oluşmakta ve her bir özelliğe ait veri türü IfcBoolean olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, her bir özelliğe ait tanım da soru formatında geliştirilmiştir. Söz konusu özelliklere verilecek cevaplar doğrultusunda BREEAM kuralları çerçevesinde her bir değerlendirme ölçütü için gerekli hesaplamalar yapılmaktadır.

Yeşil Malzeme Veritabanı

Bu bölümde, BREEAM sertifikasyonu için gerekli hesaplamaların yapılabilmesine olanak sağlayan yeşil malzeme veritabanı tartışılmaktadır. Söz konusu veritabanının oluşturulması amacıyla, BREEAM tarafından geliştirilen ve sertifikasyon için gerekli olan puanlama

sisteminin bir parçası olan Yeşil Rehber Kitabı (<http://www.bre.co.uk/greenguide>) kullanılmıştır. Rehber, çeşitli bina tiplerinde kullanılan 1500’den fazla malzeme tanımı (şartnamesi) içermektedir. Bina tipleri, ofis binaları gibi büyük ticari yapılar ile, perakende ticaret yapıları, eğitim binaları, sağlık yapıları, konutlar ve endüstriyel yapılar olarak sıralanmaktadır. Diğer yandan malzemeler ve bileşenler ise, mimara ya da teknik şartname hazırlayıcısına seçme ve karşılaştırma olanağı sunacak şekilde eleman bazlı düzenlenmiştir. Söz konusu elemanlar, dış duvarlar, iç duvarlar ve bölmeler, çatı, temel katı, üst katlar, pencereler, yalıtım, çevre düzenleme ve döşeme kaplamalarından oluşmaktadır. Her bir malzemeye ilişkin sürdürülebilir veri ise A+’dan E’ye kadar olan bir sıralama sistemine göre gösterilmektedir. Burada, A+ belirtilen malzemeler, en iyi çevresel performans ve en az çevresel etkiye sahip iken, E derecesini alan bir malzemede ise tam tersi bir durum söz konusudur. Tablo 1’de, oluşturulan yeşil malzeme veritabanına ait küçük bir bölüm görülmektedir.

Yeşil Malzeme Kütüphanesi – Autodesk Revit® Örneği

Çalışmanın bu bölümü, Yeşil Rehber Kitabı’nda tanımlanan malzemelerin BIM yazılımları aracılığıyla oluşturulan projelerde kullanılmalarına olanak sağlayan yeşil malzeme kütüphanesini ele almaktadır. Bu çalışma kapsamında BIM yazılımı olarak Autodesk Re-

Tablo 1. Yeşil malzeme veritabanı

Bina tipi	Kategori	Yapı elemanı tipi	Yapı elemanı tanımı	Yapı elemanı numarası	Derece
Konut	Üst katlar	Üst kat inşaatı	Sonradan gerilmeli yerinde dökme betonarme döşeme	807280055	C
Konut Sağlık Ticari Endüstriyel Eğitim	Dış duvarlar	Tuğla, taş ve sandviç duvarlar	Dışta tuğla duvar ve yalıtım, içte gaz beton blok, çimento harç, alçı ve boyalı duvar katmanı	806170028	A+
Konut Sağlık Endüstriyel Ticari Sağlık	İç duvarlar	Kagir bölme duvarlar	İnce derz harçlı, üzeri alçı ve boyalı gaz beton bloklar	809180050	B
Ofis Ticari Endüstriyel Eğitim Konut (yüksek katlı)	Ticari pencereler	Pencereler	Çift camlı, çelik takviyeli PVC-U pencere	831500001	A+

vit® seçilmiş ve Yeşil Rehber Kitabı ve aynı zamanda yeşil malzeme veritabanındaki bilgiler ışığında, yapı elemanlarına ait bir kütüphane oluşturulmuştur. Burada anahtar nokta, oluşturulan her bir yapı elemanının Revit® bünyesinde de kendine özgü eleman numaralarını taşıması ve söz konusu numara ile veritabanı arasında gerekli hesaplamaları yapmak üzere bağlantı kurabilmesidir. Tablo 2’de, oluşturulan yapı elemanlarının Revit® yapısı içindeki sınıflandırmasını görülmektedir.

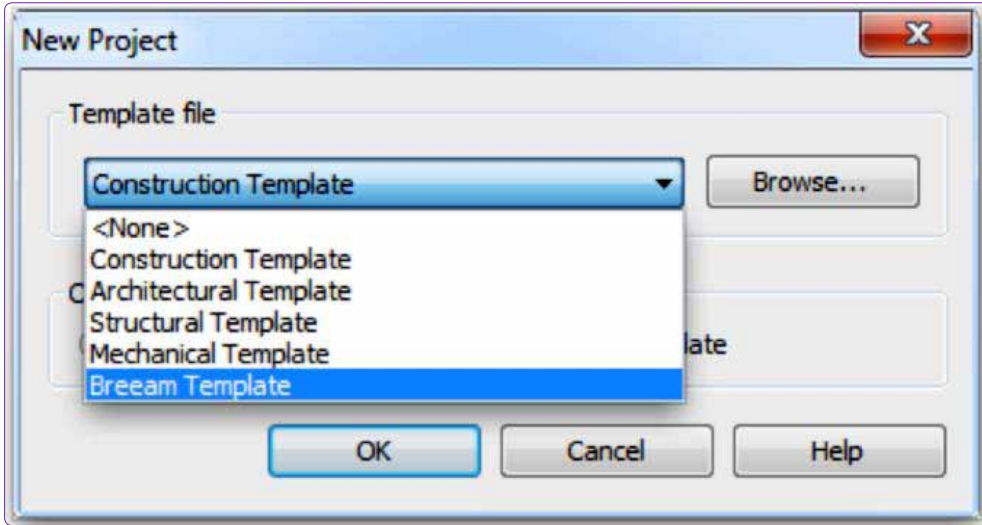
Revit®’te oluşturulan kütüphane şablon dosyası (Breeam Template.rte) olarak kaydedilerek, Revit® içine yerleştirilmiştir. Sürdürülebilirlik açısından değerlendirilecek/hazırlanacak olan yapım projesi, artık söz konusu şablon dosya seçilerek oluşturulmalıdır (Şekil 3).

Örnek Proje – BIM Modeli ve IFC Formatı

BIM ve sürdürülebilirlik bütünleşmesine olanak sağlayan modelin bir sonraki süreci, BIM modelinin

Tablo 2. Yapı elemanları – Revit® kütüphanesi

Yapı Elemanları	Sistem Ailesi/rfa/Katman
Temel Döşemesi	Temel Döşemesi
Üst Kat Döşemesi	Döşeme
Ayırıcı Döşeme	
Çevre Düzenleme – Döşeme	
İç Duvar	Duvar
Dış Duvar	
Ayırıcı Duvar	
Çevre Düzenleme – Sınır Koruma Duvarı	
Konut Pencereleri	.rfa
Ticari Pencereler	
Çatı	Çatı
Yalıtım	Katman
Döşeme Kaplamaları	Katman



Şekil 3. Yeşil malzeme kütüphanesi şablonu – Revit® örneği.



Şekil 4. Örnek proje – 3 boyutlu görünüm.

oluşturulmasıdır. Hazırlanan BREEAM şablon dosyası kullanılarak Autodesk Revit®’te örnek bir proje hazırlanmıştır. Proje iki katlı bir perakende ticari yapı olarak tasarlanmıştır (Şekil 4). Tamamlanan proje daha sonra IFC formatında saklanmaktadır.

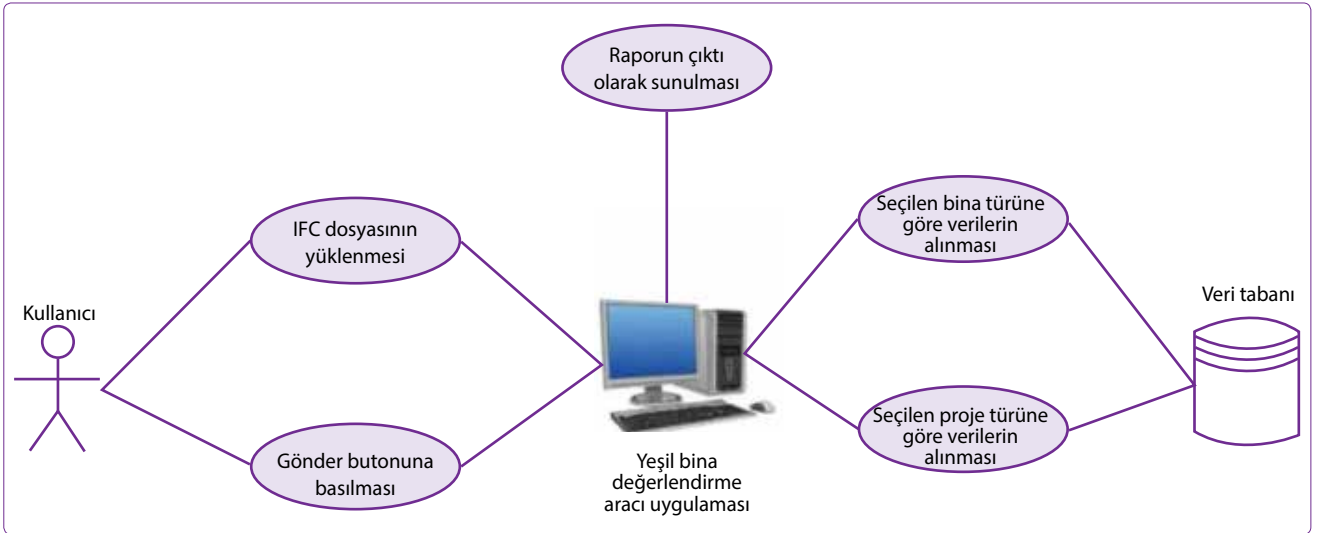
Yeşil Bina Değerlendirme Aracı

Önerilen modelin son adımı olan yeşil dokümantasyonun hazırlanmasına yönelik verilerin hesaplanması sürecinde, “Yeşil Bina Değerlendirme Aracı” olarak adlandırılan bir uygulama önerilmektedir. Söz konusu uygulama, çevrimiçi olabileceği gibi, güvenlik, proje gizliliği vb. gibi birtakım nedenlerden ötürü masaüstü bir uygulama olarak da düşünülebilmektedir. “Yeşil Bina Değerlendirme Aracı”, gerekli verilerin projeden alınarak BREEAM ölçütlerine göre gerekli değerlendirme hesaplamalarının yapıldığı ve puanlama tablosunun çıktı olarak kullanıcıya sunulduğu bir uygulama olarak tasarlanmıştır. Projeye ilişkin tüm verileri içeren IFC formatındaki BIM modeli uygulamanın girdisini

oluşturmaktadır. Şekil 5’te uygulamaya ilişkin olarak, Birleşik Modelleme Dili’nde (UML) hazırlanan kullanım senaryosu görülmektedir.

Şekilde de belirtildiği üzere, IFC dosyasının uygulamaya aktarılmasından sonra, BREEAM’in puan hesaplama kuralları bina ve proje türüne göre farklılık gösterdiğinden, bina ve proje türlerinin belirtilmesi gerekmektedir. Aktarılan veriler ve veritabanında hesaplamaların nasıl yapılacağına dair bilgiler doğrultusunda, uygulamanın puan hesaplamasını yapması ve sonuçları çıktı olarak vermesi beklenmektedir. Önerilen model için geliştirilen uygulama C# programlama dili kullanılarak Visual Studio 2013 tümleşik geliştirme ortamında geliştirilmiştir. Uygulama içerisinde, BIM yazılımından dışarı aktarılan IFC dosyası varlıklarına ayrıştırılarak her bir varlığın özelliklerine kolayca erişilebilmektedir.²⁴

²⁴ İlhan, 2014, s. 96.



Şekil 5. Yeşil bina değerlendirme aracı UML kullanım senaryosu.

Sonuç

BIM'in tek bir modelde birden çok disipline sahip enformasyonu güçlü bir şekilde bünyesinde barındırabilme özelliği sayesinde, sürdürülebilir verilerin BIM modeline eklenmesinin önemi, yeşil bina sertifikasyonlarına artan taleple de doğru orantılı olarak son zamanlarda sıkça tartışılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda, yeşil bina sertifikasyon sürecinde sürdürülebilir verilerle bütünleşik tasarımın özellikle süre ve maliyet açısından olumlu sonuçlar doğurduğu söylenebilmektedir.

BIM – sürdürülebilir veri bütünleşmesine ilişkin önerilen model, yeşil bina sertifikasyonu alması planlanan bir projenin tasarım sürecinin ilk aşamalarından itibaren sürdürülebilir kararların alınmasını sağlamayı ve yeşil dokümantasyon oluşumunu kolaylaştırmayı hedeflemektedir. Model, BIM yazılımları arasında işbirliği ve veri alışverişine olanak sağlayan IFC standardını temel almaktadır. Bu anlamda, öncelikle yeşil bina sertifikasyonu almak için gerekli olan değerlendirme ölçütleri incelenerek, söz konusu ölçütlerin BIM'e nasıl aktarılacağı üzerinde çalışılmıştır. Yeşil bina değerlendirme sistemlerinde puan hesaplamalarında kullanılan kategori ve her bir kategoriye ait ölçütler IFC yapısında özellik seti olarak tanımlanmaktadır. Geliştirilen özellik setleri BIM yazılımına aktarılarak henüz tasarım aşamasının başından itibaren sürdürülebilirlik konusu ile ilgili verilerin modele işlenmesi amaçlanmaktadır. Yeşil bina değerlendirme sistemi açısından çalışmanın kapsamı, gerek Türkiye'deki kullanım yaygınlığı gerekse literatürdeki BIM – sürdürülebilir veri bütünleşmesi ile ilgili çalışmalar dikkate alındığında BREEAM olarak belirlenmiş ve malzeme kategorisi ile sınırlandırılmıştır. Bu anlamda, modeli oluşturan alt süreçlerden ilki olan malzeme kategorisine ait özellik seti sunulmaktadır.

Malzeme kategorisine ait yedi ölçüt özellik setinde alt özellik olarak temsil edilmekte ve kullanıcının gireceği bilgiler doğrultusunda puanlama için gerekli ilk aşamayı oluşturmaktadır. Özellik setinin geliştirilmesinden sonra BREEAM'in sunduğu Yeşil Rehber Kitabı'na göre yeşil malzeme veritabanının oluşturulması ve aynı malzemelerin BIM yazılımında kullanılmak üzere kütüphane şeklinde derlenmesi aşamaları gelmektedir. Bu aşamada örnek teşkil etmesi açısından sunulan kütüphane Autodesk Revit® için hazırlanmıştır. Daha sonra, hazırlanan kütüphane şablonu kullanılarak örnek bir proje oluşturulmuştur ve IFC formatında saklanmıştır. Son olarak, verilerin hesaplanması ve yeşil dokümantasyonun elde edilmesi için önerilen uygulama ve kullanım senaryosu sunulmaktadır.

Altyapısının büyük oranda tamamlandığı bütünleşik modelin işlerliğinin gösterilmesi ve test edilmesi için uygulamanın programlama dili kullanılarak yazılması üzerinde çalışılmaktadır. Bu sayede, malzeme kategorisindeki her bir ölçüte ilişkin hesaplamaların yapılması ve BREEAM'e göre alınabilecek krediyi çıktı olarak vermesi planlanmaktadır. Dahası, elde edilen sonuçlara göre yorum yapması ve birtakım önerilerde bulunması düşünülebilir. Örneğin, seçilen malzemelerin derecesine göre karşılaştırmalar yaparak yeni malzeme önerisinde bulunması gibi. Bununla birlikte, diğer BREEAM kategorilerinin de aynı şekilde ele alınarak IFC standardında özellik seti olarak geliştirilmesi ve tüm kategoriler için modelin işlerliğinin sağlanması sonraki çalışmalar olarak düşünülmektedir.

Diğer yandan, Haziran 2013 tarihinde yayınlanan ve Türkiye'deki yeni başvurular için geçerli olacak yaşam döngüsü analizine dayalı BREEAM International New Construction Technical Manual incelenmekte ve BRE-

Kısaltmalar

AEC: Architecture, Engineering and Construction – Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat

AIA: American Institute of Architects – Amerikan Mimarlar Enstitüsü

BIM: Building Information Modeling – Bina Enformasyon Modellemesi

BRE: Building Research Establishment – Bina Araştırma Kurumu

BREEAM: BRE Environmental Assessment Method – BRE Çevresel Değerlendirme Sistemi

CASBEE: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency – Binaların Çevresel Etkinliği için Detaylı Değerlendirme Sistemi

CEEQUAL: Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme – İnşaat Mühendisliği Çevresel Kalite Değerlendirme ve Ödül Şeması

COTE: Committee on the Environment – Çevre Komitesi

GBTool: Green Building Tool – Yeşil Bina Aracı

IFC: Industry Foundation Classes – Endüstri Temel Sınıfları

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design – Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik

USGBC: US Green Building Council – Amerikan Yeşil Bina Konseyi

EAM Europe Commercial 2009 mevcut kategorileri ile karşılaştırıldığında yapılan değişikliklere göre modelin adaptasyonu üzerinde çalışılmaktadır.

Bu çalışma, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilimleri Doktora Programı dahilinde hazırlanan “An IFC-Based Framework for Sustainable Construction” başlıklı doktora tezinin bir parçası olarak hazırlanmış ve İTÜ BAP Fonu tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Bank, L.C., McCarthy, M., Thompson, B.P., Menassa, C.C. (2010) Integrating BIM with System Dynamics as a Decision-Making Framework for Sustainable Building Design and Operation, <http://www.ucdenver.edu/academics/colleges/Engineering/research/CenterSustainableUrbanInfrastructure/LowCarbonCities/Documents/Bank/Integrating%20BIM%20with%20System%20Dynamics%20as%20a%20Decision.pdf> [Erişim tarihi 14 Nisan 2013]

- BRE: Glasgow. (2008) A Discussion Document Comparing International Environmental Assessment Methods for Buildings, http://www.dgbc.nl/images/uploads/rapport_vergelijking.pdf [Erişim tarihi 25 Haziran 2013]
- BREEAM. (2010) BRE Environmental Assessment Method <http://www.breeam.org> [Erişim tarihi 12 Ocak 2013]
- buildingSMART. (2008) Data Model – Industry Foundation Classes (IFC) <http://buildingsmart.com/standards/ifc> [Erişim tarihi 5 Ağustos 2013]
- Fowler, K.M., Rauch, E.M. (2006) Sustainable Building Rating Systems Summary <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs1915.pdf> [Erişim tarihi 9 Eylül 2013]
- Kiviniemi, A., Tarandi, V., Karishøj, R., Bell, H., Karud, O.J. (2008) Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM <http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Bygninger/Erabuild%20BIM%20Report%20January%202008%20-%20Executive%20Summary.pdf> [Erişim tarihi 1 Temmuz 2013]
- Liebich, T., Adachi, Y., Forester, J., Hyvarinen, J., Karstila, K., Wix, J. (2007) Industry Foundation Classes IFC2x Edition 3 Technical Corrigendum 1 <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm> [Erişim tarihi 12 Şubat 2013]
- McGRAW_HILL. (2010) SmartMarket Report, Green BIM. How BIM is Contributing to Green Design and Construction http://images.autodesk.com/adsk/files/mhc_green_bim_smartmarket_report_%282010%29.pdf [Erişim tarihi 22 Ağustos 2013]
- USGBC. (2011) U.S. Green Building Council <http://www.usgbc.org> [Erişim tarihi 15 Haziran 2013]
- WorldGBC. (2010) World Green Building Council, Green Building Rating Systems <http://www.worldgbc.org/green-building-councils/green-building-rating-tools> [Erişim tarihi 5 Mayıs 2013]