

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK ENERJİ PERFORMANSLI KONUT YAPILARI İÇİN BIM TABANLI
BİR AÇIK KAYNAK BİLGİ SİSTEMİ MODELİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Onur SAVAŞKAN

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK ENERJİ PERFORMANSLI KONUT YAPILARI İÇİN BIM TABANLI
BİR AÇIK KAYNAK BİLGİ SİSTEMİ MODELİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mustafa Onur SAVAŞKAN
523121009**

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ozan Önder ÖZENER

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **523121009** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mustafa Onur SAVAŞKAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YÜKSEK ENERJİ PERFORMANSLI KONUT YAPILARI İÇİN BIM TABANLI BİR AÇIK KAYNAK BİLGİ SİSTEMİ MODELİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Ozan Önder ÖZENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Ragıp AKBAŞ**
Özyeğin Üniversitesi

Öğr. Gör. Dr. Hakan Tong
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **4 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **27 Mayıs 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Günceli takip etme merakım ile bu çalışmaya da konu olan alanlara oluşan ilgim beni farklı arayışlara itmişti. Bir proje stüdyosunda aldığımız karar ile hayatıma giren bu konular mesleki kariyerime yön vermekle kalmamış beni bu çalışmaları yapmaya da sürüklemiştir.

Dolayısıyla öncelikle; benim bu kararı almamda önemli rol oynayan ve öğrenim hayatım süresince beni yönlendiren, desteği ve olumlu yaklaşımlarıyla bu tezin hazırlanmasına önemli katkı sağlayan, tez danışmanım Yard. Doç. Dr. Ozan Önder Özener'e,

Yalnızca bu çalışma için değil tüm hayatım boyunca karşılıksız desteklerini esirgemeyen babam Prof. Dr. Temel Savaşkan'a;

Yanımda olduğunu her zaman hissettiren annem Gülden Savaşkan'a;

Benden hiçbir yardımı esirgemeyen, sabır ve anlayışlarıyla bana destek olan dostlarıma,

Sonsuz teşekkürler.

Mayıs 2015

Mustafa Onur SAVAŞKAN
Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ve ENERJİ.....	5
2.1 Türkiye’de Enerji Kullanımı	6
2.2 Enerji Kullanımında Yapı Sektöründeki Durum	7
2.3 Mimari ve Sürdürülebilirlik	8
3. MİMARLIK VE GELİŞEN SAYISAL TEKNOLOJİLER.....	11
3.1 Mimari Tasarım Süreci	11
3.2 Sayısal Teknolojilerin Mimarlık Pratiğine Etkileri	13
3.3 Bilgisayar Destekli Tasarım Araçları ve Gelişim Süreçleri	13
4. BİNA BİLGİ MODELLEME – BIM	15
4.1 BIM kavramı	16
4.2 Geleneksel CAD / BIM Karşılaştırması	19
4.2.1 Nesne – çizgi kavramı.....	20
4.2.2 Gelişim süreçleri	22
4.2.3 İşbirliği	23
4.3 BIM ve Sürdürülebilirlik	24
4.3.1 Veri - potansiyel.....	24
4.3.2 Analiz kolaylığı.....	25
4.3.3 Alternatif üretme	27
4.3.4 Hata tespiti	27
4.3.5 Eklentiler ile artırılabilir yetenek	28
4.4 Performans Öncelikli Yapı Tasarım Sürecine BIM ve Simülasyon Odaklı Bir Yaklaşım	30
4.5 BIM Sistemlerinin Adaptasyonu	38
5. MODEL.....	41
5.1 Model İşleyişi	42
5.2 Örnek Model Uygulaması	50
5.3 Değerlendirme	57
6. SONUÇLAR	61
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	83

KISALTMALAR

CAD	: Computer Aided Design, (Bilgisayar Destekli Tasarım)
2D	: İki Boyutlu
3D	: Üç Boyutlu
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
MTI	: Massachusetts Institute of Technology
ENIAC	: Electronic Numerical Integrator and Computer
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
ETKB	: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
LEED	: Leadership in Energy & Environmental Design
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
AIA	: Amerikan Mimarlar Enstitüsü
BIM	: Building Information Modelling
4D	: Dört Boyutlu
DWG	: 2 veya 3 Boyutlu Dizayn Datası Saklayan Dosya Formatı
DXF	: 2 veya 3 Boyutlu Dizayn Datası Değişimine Yarayan Format
IFC	: Industry Foundation Classes
API	: Uygulama Programlama Arayüzü
gbXML	: BIM Modelinde saklanan bina verisinin analiz araçlarına ulaşımını sağlayan açık şema
XML	: Genişletilebilir işaretleme dili
IPD	: Entegre Proje Teslimi
WAN	: Wide Area Network
FIATECH	: Amerikan İnşaat Sektöründe Teknoloji Konsorsiyumu
NIBS	: Amerikan Ulusal Yapı Bilimleri Enstitüsü
AGC	: Association of General Contractors
PV	: Fotovoltaik Panel

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Autodesk Revit yazılımında örnek kapı metrajı listesi.....	21
Çizelge 5.1 : Örnek mahal metrajı.....	56
Çizelge A.1 : Zemin katta 5 oda, 1.katta 2 oda	70
Çizelge A.2 : Zemin katta 4 oda, 1.katta 3 oda	71
Çizelge A.3 : Zemin katta 3 oda, 1.katta 2 oda	72
Çizelge B.1 : Saydamlık oranı: %20, ısıtma ve soğutma	73
Çizelge B.2 : Saydamlık oranı: %15, ısıtma ve soğutma	74
Çizelge B.3 : Saydamlık oranı: %15, ısıtma ve (ortak hacimler hariç) soğutma.....	75
Çizelge D.1 : Yürünemeyen çakıl kaplı teras çatı	77
Çizelge D.2 : Hafif bitkilendirilmiş yeşil çatı.....	78
Çizelge E.1 : 13.5cm Delikli tuğla ve ısı yalıtımı olmayan dış duvar.....	79
Çizelge E.2 : 13.5cm Delikli tuğla ve 2cm taş yünü panelli dış duvar	80
Çizelge E.3 : 20cm Gazbeton ve ısı yalıtımı olmayan dış duvar.....	81
Çizelge E.4 : 20cm Gazbeton ve 5cm XPS ısı yalıtımlı dış duvar	82

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: 1982 - 2013 yılları arasında dünya geneli enerji tüketiminin grafiksel gösterimi (BP Statistical Review of World Energy, 2014).	5
Şekil 2.2	: 1990-2011 yılları dünya enerji arzı ve 2035 yılı projeksiyonu (Dünya Enerji Konseyi – Türk Milli Komitesi, 2013).	6
Şekil 2.3	: 2012 Türkiye birincil enerji arzında kaynakların payı (ETKB Genel Enerji Dengesi, 2012).	7
Şekil 2.4	: Diyarbakır güneş evi.	9
Şekil 3.1	: Mimari tasarımda kavramsal tasarım ve maddeleştirme ilişkilerinin şematik gösterimi (Schwenck ve Sariyildiz).	12
Şekil 3.2	: Mimari tasarım süreci aşamaları (AIA).	12
Şekil 3.3	: Bilgisayar destekli tasarım araçlarının performans - gelişmişlik düzeylerinin grafiksel gösterimi.	14
Şekil 4.1	: BIM'in temelleri (Autodesk).	16
Şekil 4.2	: BIM sistemi ile oluşturulan bir sanal bina ve elde edilen verilerin gösterimi (Graphisoft).	17
Şekil 4.3	: En yaygın BIM yazılımlarından biri olan Autodesk Revit arayüzü.	18
Şekil 4.4	: Farklı disiplinlerin birlikte çalışabilirliğinin şematik gösterimi.	19
Şekil 4.5	: Autodesk Autocad ile iki boyutlu bir çizim ekranı.	20
Şekil 4.6	: Autodesk Revit yazılımında nesne ile saklanan grafik ve grafik olmayan bilgi örneği.	21
Şekil 4.7	: Autodesk Revit yazılımında "Family" ve "Type" kavramı.	22
Şekil 4.8	: BIM ve 2D CAD ile projelerin gelişim süreçlerinin karşılaştırılmaları (Graphisoft).	23
Şekil 4.9	: BIM işbirliği diyagramı (Deprocess).	24
Şekil 4.10	: Tasarım süreçleri boyunca elde edilebilir veri ve iyileştirme potansiyeli eğrilerinin karşılaştırması.	25
Şekil 4.11	: Autodesk Revit yazılımında gün ışığı analizi (Autodesk).	26
Şekil 4.12	: Enerji modellemesi diyagramı(Autodesk).	26
Şekil 4.13	: Farklı tasarım alternatifleri ve değerlendirilmesi (Dowhower J.).	27
Şekil 4.14	: Autodesk Revit yazılımında üretilen model üzerinde çakışma tespiti. ..	28
Şekil 4.15	: Autodesk Revit Tally™ eklentisi (Kieran Timberlake).	29
Şekil 4.16	: (A) Destek yazılım ile işleyen tasarım süreci (Harputlugil, 2009). (B)BIM sistemleri ile işleyen tasarım süreci.	31
Şekil 4.17	: IES'in Autodesk Revit eklentisiyle analiz verisi sağlayan araçlar.	32
Şekil 4.18	: Farklı bir yazılım ile enerji analizi süreç diyagramı (IESVE).	32
Şekil 4.19	: Autodesk Revit yazılımı enerji analizi araçları.	32
Şekil 4.20	: Autodesk Revit yazılımı enerji analizi sonuç ekranı.	33
Şekil 4.21	: CAD ile BIM yaklaşımları farklılığını gösteren MacLeamy eğrisi (MacLeamy, 2004).	34

Şekil 4.22 : Geleneksel yöntemler ile disiplinlerin tasarım sürecine katılımlarının şematik gösterimi.	35
Şekil 4.23 : BIM sistemleri ile üretilen modele farklı disiplinlerin katılımına ilişkin şematik gösterim.	35
Şekil 4.24 : BIM sistemleri ortak çalışma şeması.	36
Şekil 4.25 : Geleneksel yaklaşımda süreç.	37
Şekil 4.26 : BIM sistemleri ile süreç.	37
Şekil 5.1 : Açık kaynak oluşum modeli.	42
Şekil 5.2 : BIM sistemleri tabanlı model akış diyagramı.	44
Şekil 5.3 : Autodesk Revit malzeme editörü.	47
Şekil 5.4 : Autodesk Revit çatı sistemi katmanlaşması ve özellikleri.	48
Şekil 5.5 : Autodesk Revit nesne oluşturma ve temel şablonlar.	49
Şekil 5.6 : Autodesk Revit pencere nesnesi tip parametreleri.	49
Şekil 5.7 : Sunulan farklı tohum modellerden yapılan seçim.	51
Şekil 5.8 : Tohum projenin ilk durum kat planları.	51
Şekil 5.9 : Gölge çalışmaları.	51
Şekil 5.10 : Model üzerinde yer alan güneş kırıcılarından yapılan seçim.	53
Şekil 5.11 : Simüle edilen iki çatı tipinin katmanlaşmalarını gösteren kesitleri.	54
Şekil 5.12 : Simülasyonda denenilen farklı dış duvar katmanlaşmaları.	54
Şekil 5.13 : Diğer ekiplerin Autodesk Revit modeli üzerindeki çalışması 3D görünümü.	56
Şekil 5.14 : Tohum model üzerinde yapılan değişiklikler sonrası oluşan kat planları.	56
Şekil C.1 : Işık yoğunluğu analizi	76

YÜKSEK ENERJİ PERFORMANSLI KONUT YAPILARI İÇİN BIM TABANLI BİR AÇIK KAYNAK BİLGİ SİSTEMİ MODELİ

ÖZET

Ülkemizin enerji bağımlılığı yüksek bir ülke olması ve üretilen enerjinin oldukça büyük bir bölümünün binalarda kullanılması önemli bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Konutların da enerji tüketimi bu sorunun içerisinde büyük bir pay sahibidir. Bu durumun sonucu olarak son yıllarda gerek devlet inisiyatifleri gerekse özel sektörde enerji verimliliği yüksek yapı inşası ve işletilmesi üzerine olan ilgi hızla artmaktadır.

Günümüz koşulları ile bu tür yapıların yapılması tasarımdan uygulamaya kadar bina yaşam döngüsünün her aşamasında farklı uzmanlıkları ve teknolojik kabiliyetleri gerektirmektedir. Uzmanlıkların ve danışmanlıkların maliyetlerinin yüksek ve az oluşu enerji verimliliği yüksek yapı tasarımı ve inşaatı konusunda ciddi bir engel oluşturmaktadır.

Bina Bilgi Modellemesi (BIM), temel anlamda entegre tasarım ve proje teslim süreçlerini destekleyebilen ve mevcut bilgi teknolojilerine göre karşılaştırıldığında belirgin avantajlar sunan bir teknoloji, metodoloji ve süreçler bütünü olarak algılanmaktadır. Enerji verimliliği yüksek bina tasarımı konusunda kullanılan ve geçtiğimiz yıllarda oldukça yaygınlaşan BIM sistemleri, parametrik bileşenleri, otomasyon ve simülasyon özellikleri ile uyarlanabilirlik bakımından önemli avantajları içermektedir.

Enerji verimliliği yüksek bina tasarımı ve yapımı konusunda açık kaynak yaklaşımlarının BIM yöntemleri ile birleştirilmesi, tüm bu süreçlerin yönetimi açısından büyük potansiyeller içermektedir. BIM tabanlı bir açık kaynak bilgi sistemi sayesinde özellikle küçük ölçekli mimarlık büroları ile geleneksel anlayışta iş modellerine sahip küçük ölçekli inşaat firmalarının bu önemli konuda bilgi ve uzmanlığa bilgi teknolojileri yardımı ile ulaşılabilir hale getirilmesi mümkündür. Önerilen model, enerji verimliliği yüksek konut binaları için önceden hazırlanmış, uyarlanabilir prototip BIM modellerinin geliştirilmesini, açık kaynak sistem altyapısının oluşturulmasını ve sınırlanmış örnek olay çalışmaları ile BIM tabanlı açık kaynak sistemlerinin potansiyellerinin değerlendirilmesini içermektedir.

Bu çalışmada Autodesk Revit ana platform olarak kullanılmıştır. Geliştirilmiş olan süreç çalışmasında prototip ve türev tohum BIM modelleri yine Autodesk Revit yazılımının Green Building Studio analiz araçları ile simüle edilerek belirlenen kriterler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu simülasyonlarda BIM modellerinde verilen tasarım senaryolarına yönelik yapılan modifikasyonlar ile sonuçların değişimi ve uygunlukları incelenmiştir. Önerilen model, enerji verimliliği yüksek konut binaları için önceden hazırlanmış, uyarlanabilir prototip BIM modellerinin geliştirilmesini, açık kaynak sistem altyapısının oluşturulmasını ve sınırlanmış örnek olay çalışmaları ile BIM tabanlı açık kaynak sistemlerinin potansiyellerinin değerlendirilmesini içermektedir.

Yapılan çalışma ve sonuçları ülkemizdeki inşaat faaliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturan konut yapılarında modifikasyon ve uyarlanabilir tohum BIM modellerin hazırlanmasını ve kullanımının mümkün olduğunu göstermektedir. Sonuçlar son derece basit ve net şekilde hazırlanmış bu modellerin ve beraberinde sağlanacak ön simülasyon ve maliyet verilerinin yüksek verimli bina tasarımı ve üretimi konusundaki uzmanlık ihtiyacını azaltması ve iş modellerinin değişmesi açısından yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: BIM, Bina Bilgi Modellemesi, Yapı Bilgi Sistemi, Parametrik Tasarım, Bina Performansı, Bina Enerji Analizi, Dizayn Değişkenleri, Açık Kaynak.

A BIM BASED OPEN SOURCE SYSTEM MODEL FOR HIGH ENERGY PERFORMANCE RESIDENTIAL BUILDINGS

SUMMARY

The vast use of energy in buildings coupled with the energy dependency of Turkey emerge as a significant challenge. Existing residential buildings have large portion in total energy use. The interest for high energy performance building design and construction is evermore increasing in both public and private sectors.

The design, construction and management of high performance buildings require an advanced level of various expertise and technological capabilities in every phase of the building lifecycle. The lack of enough expertise and consultation and increased expenses put serious barriers for achieving industry-wide adoption of performance centric building design and construction.

Building Information Modeling (BIM) is perceived as a combination of technology, methods and process which supports integrated design and project delivery processes. BIM possess significant advantages over existing information technologies in the AEC. BIM use is becoming more popular in high performance building design with its distinctive features like parametric building components, automation and simulation and increased adaptability and components generation.

Novel approaches combining BIM methods with open source systems have potentials to transform the traditional business models and processes for high performance building design and construction. this may increase the accesability to required expertise, knowledge and know-how especially by the small-size AEC firms. The proposed model in this study includes the development of pre-designed prototypical BIM models-seed models, creation of open source system structure and further evaluation of its deployment with carefully devised case studies.

This study utilized Autodesk Revit as tshe main BIM platform. All seed-BIM models were created and further simulated using Green Building Studio with a criteria framework for high performance building features.

Keywords: BIM, Building Information Modelling, Parametric Design, Building Performance, Building Energy Analysis, Design Variance, Open Source.

1. GİRİŞ

Teknolojideki gelişmeler gün geçtikçe hayatın her alanına hızlı şekilde girmekte ve yaşamı değiştirmektedir. Günlük yaşantıya olan etkilerinin yanında tüm sektörlerde de yeni araç veya yöntemler kazandırarak pek çok işlemi kolaylaştırmaktadır. Özellikle bilgisayarlar her alanda ve her düzeyde büyük rol almaktadırlar. Bilgisayar tabanlı donanımsal veya daha sıklıkla yazılım alanındaki yenilikleri kapsayan alan bilişim teknolojileri veya bir diğer deyiş ile enformasyon teknolojileri olarak adlandırılmaktadır. Artık içinde bulunduğumuz ve bilgi çağı olarak da adlandırabileceğimiz bu dönemde, sözü edilen teknolojilerin yaşantımıza etkisi yadığanamayacak seviyeye ulaşmıştır. Daha önceki yıllarda daha kısıtlı ve genel problemlerin çözümünde kullanılan bilgisayarlar çağımızda çok daha değişik ve karmaşık fonksiyonları gerçekleştirebilecek, farklı veriler üretebilecek durumdadırlar. Bilgi üretim hızının çok yükseldiği ve bilgiye ulaşımın çok kolaylaştığı günümüzde özellikle iletişim, veri yönetimi ve tasarım gibi alanlarda son yıllarda pek çok yeni alışkanlıklar edinilmiştir.

Bilişim teknolojilerinin gelişimi yapı sektörüne de pek çok yenilikler kazandırmış ve yoğun bir değişim sağlamıştır. Artık bugüne bakıldığında bilgisayar destekli tasarım araçları yapı endüstrisinin tamamen benimsediği, proje ve proje süreçlerini doğrudan etkilemekte olan araçlardır. Geçmişte özellikle tasarım alanında zorluk ve kısıtlamalar ile yapılan işlemler, günümüzde çok daha rahat, hızlı ve kaliteli bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Hatta bugün gelişen teknolojiler bu sayısal teknolojileri birer tasarım aracı olmaktan çıkarıp adeta birer tasarım ortamına dönüştürmüşlerdir. Mimar ve mühendisler bu değişimin sunduğu yeni araçları tanımaya, keşfetmeye ve vaat ettiği olanakları tasarım süreçlerine adapte etmeye çalışmaktadırlar. Bu adaptasyon ve yeni araçların sağladığı iş düzeni, iş verimliliği, yüksek kontrol ve koordinasyon olanakları ve analiz imkanları gibi potansiyellerin kavranması yeni teknolojilerin neler sunabileceğinin anlaşılması ve verimli olarak kullanabilmesi bakımından önem arz etmektedir.

Gelişen bu teknolojilerin yapı sektöründe kullanımı, artık çok önemli kavram haline gelen *sürdürülebilirlik* ilkeleri doğrultusunda *sürdürülebilir yapılar* tasarlanmasında da büyük rol oynamaktadır. Dünyada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı, iş veya konut amaçlı kullanılan binalardaki konfor şartlarının yerine getirilmesi için harcanmaktadır. Dünyada bina şartlandırılması için harcanan enerji aynı zamanda büyük miktarda karbon emisyonunun atmosfere verilmesine yol açmaktadır. Bu durum toplam enerji tüketiminin azaltılması ve mevcut enerji kullanımlarının daha verimli olan yollarla gerçekleştirilmesinin gereğini beraberinde getirmektedir (Eskin, 2011).

Dolayısıyla bu teknolojilerin tasarım sürecinin ilk evrelerinden itibaren doğru metodolojilerle kullanılması, binaların daha enerji verimli şekilde, daha tutarlı, hatasız ve etkin üretilibilmeleri bakımından büyük önem arz etmektedir.

Bu tezin ana amacı BIM tohum modelleri kullanılarak sürdürülebilir ve yüksek performanslı bina tasarımı olgusunun yaygın bir süreç modeli üzerinden dönüşebilme olanaklarının araştırılmasıdır. Tez temel anlamda teknoloji odaklı bir literatür incelemesini ve tezin konusunu oluşturan BIM modelleri ve yüksek performanslı konut tasarımı konularında bir “örnek olay uygulamasını” içermektedir. Tezin odaklanma alanı ise Türk mimarlık ve inşaat sektörü olarak belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak kalitatif yöntemler çerçevesinde oluşturulan tez çalışmasında simülasyonların değerlendirilmesi ve raporlanması açısından destekleyici betimleyici istatistik teknikleri kullanılmıştır.

Tez çerçevesi bu bağlamda sürdürülebilirlik ve enerji odaklı tasarım konularındaki kritik uzmanlıkların jenerik BIM tohum modelleri üzerine ön yüklendiği (frontloading) bir prototip süreç modelini önermektedir. Oluşturulan BIM tohum modelleri ve farklı deneysel simülasyonlar bu modelin uygulanabilirliği ve kullanım uygunluğu üzerine bir “*kavramsal kanıt-proof of concept*” niteliğindedir. Oluşturulan tohum modelleri ve yapılan çerçeve çalışması, açık kaynak yaklaşımlı BIM modellerinin uzmanlığa ulaşımı kısıtlı olan mimarlar ve yapı sektörü profesyonelleri tarafından kullanılmasının verimliliği artırma ve iş modellerini değiştirme potansiyeline işaret etmektedir.

Tez çalışmasının ana fikrini ve kavramsal çerçevesini tanımlaması açısından ortaya koyulan rehber hipotez “Parametrik BIM yaklaşımları ile hazırlanmış tohum BIM modelleri yüksek performanslı konut tasarımı ve üretimi açısından önemli potansiyeller içermektedir” şeklinde özetlenebilir.

Yapılan tez çalışması BIM ve yüksek enerji performanslı konut tasarımı bağlamında aşağıdaki temel araştırma sorularına yanıt vermektedir.

- i. Parametrik tohum BIM modelleri yüksek enerji performanslı konut tasarımı açısından ne tür potansiyellere sahiptir ?
- ii. Yüksek enerji performanslı konut tasarımı ve üretimi için önerilebilecek bir BIM odaklı kavramsal süreç modelinin bileşenleri nelerdir ?
- iii. Yüksek enerji performanslı konut tasarımı konusunda BIM yöntemlerinin bilinen temel avantajlarının ötesinde verim alınabilmesi ne şekilde gerçekleştirilebilir ?

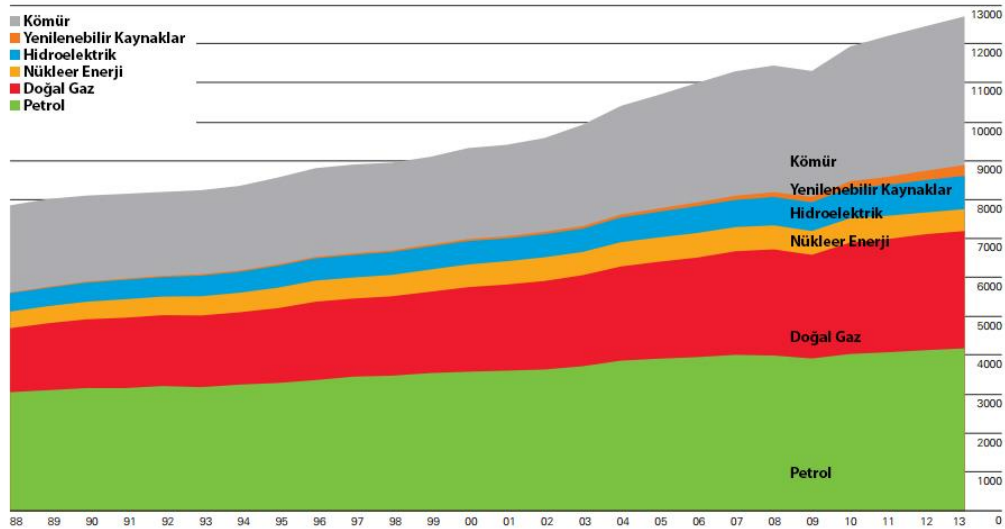
Yapılan çalışmada tez kapsamındaki literatürde bulunan kavramsal modeller derinlemesine incelenmiş, BIM yöntemleri ve yazılımlarının potansiyel ve avantajları çerçevesinde Türk inşaat sektörü odaklı bir prototip-kavramsal süreç modeli sentezlenmiştir. Hazırlanan modeller ve analizler bu modeli destekleyen kavramsal kanıtlar olarak sunulmakta ve yukarıda verilen araştırma sorularına referans vermektedir.

Yapılan tüm inceleme, araştırma ve uygulama çalışmalarından çıkan süreç verileri kavramsal olarak değerlendirilmekte ve Türk mimarlık ve inşaat sektörü odaklı bir irdeleme ve değerlendirme sonulmaktadır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ve ENERJİ

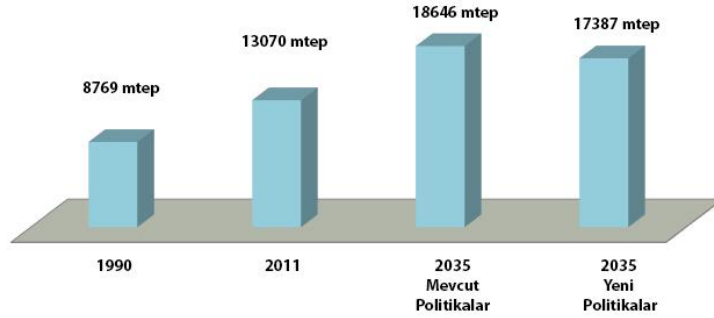
Enerji, geçmişten günümüze insanoğlunun üzerinde önemle durduğu hatta uğruna savaştığı bir kavramdır. Kaynakları hızla tükenmekte olan dünyamızda, özellikle endüstri devrimi sonrası yükselmekte olan popülasyon, üretim, yapılaşma, artan konfor standartları ve gelişen teknolojiler gibi pek çok neden ihtiyaç duyulan enerji miktarının hızla artmasına neden olmaktadır. Bu talep artışı da bazı doğal dengelerin bozulmalarına yol açmaktadır. Özellikle 70’li yıllarda yaşanan enerji krizi kullanılan fosil yakıtların çevre dostu olmadığını ve alternatif enerji kaynaklarının öneminin anlaşılmasını sağlamıştır (Dikmen, 2011). Dolayısıyla günümüzde üzerinde durulan en önemli konulardan biri de fosil yakıtların üretim ve tüketim süreçlerinde atmosfere yayılan karbon emisyonlarının yol açtığı küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileridir (Dünya Enerji Konseyi – Türk Milli Komitesi, 2008). Londra merkezli çok uluslu bir şirket olan BP tarafından 2014 yılında hazırlanan “Dünya’da enerjinin istatistiksel incelemesi” adlı raporda 1982 – 2013 yılları arasında dünya genelindeki enerji tüketimine ilişkin grafiksel gösterim Şekil 2.1’deki gibi verilmiştir.

Dünya Enerji Tüketimi
Milyon ton benzin eşdeğeri



Şekil 2.1 : 1982 - 2013 yılları arasında dünya geneli enerji tüketiminin grafiksel gösterimi (BP Statistical Review of World Energy, 2014).

Bu raporun verileri dikkate alındığında geçen 25 yıllık süreçte kaynak tüketiminde neredeyse 1,5 kat gibi önemli bir artışın meydana geldiği görülmektedir. Her geçen gün artmakta olan bu enerji ihtiyacı ve oluşturduğu tehditler, mevcut kaynakları çok daha değerli hale getirmektedir. Bu nedenle, enerji kullanımı konularında yeni yaklaşımların geliştirilmesi bir gereklilik halini almıştır. Bu yeni yaklaşımlar ile mevcut gidişatın dışına çıkılabileceği düşünülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın oluşturduğu senaryolarda mevcut politikalar ile gelecek yıllarda devam edilmesi halinde 2035 yılı için toplam enerji arzında 2011 yılına göre %43 oranında bir artış beklenmektedir. Bununla birlikte geliştirilen yeni politikalar senaryosunda ise bu artışın %33 seviyesinde kalabileceği öngörülmektedir (Dünya Enerji Konseyi – Türk Milli Komitesi, 2013). 1990 – 2011 yılları dünya enerji arzı ve 2035 yılı projeksiyonu Şekil 2.2'de verilmektedir.

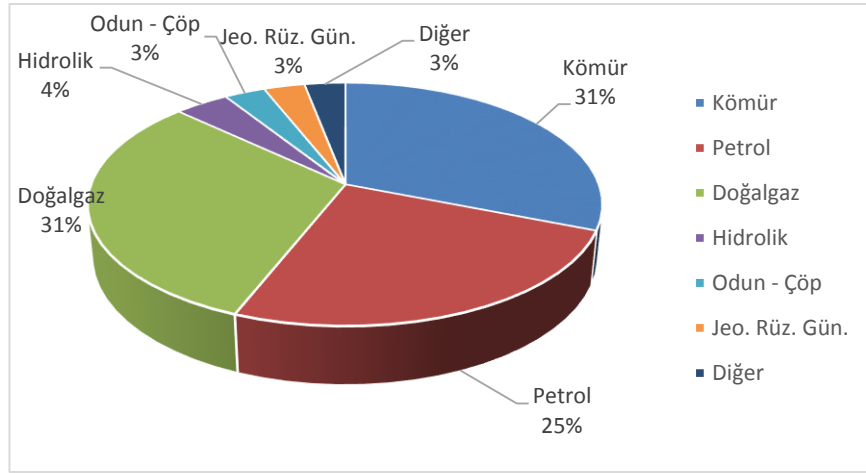


Şekil 2.2 : 1990-2011 yılları dünya enerji arzı ve 2035 yılı projeksiyonu (Dünya Enerji Konseyi – Türk Milli Komitesi, 2013).

2.1 Türkiye’de Enerji Kullanımı

Pek çok gelişmiş ülkede olduğu gibi Türkiye’de de yapılan bu çalışmalar paralelinde bazı politikalar geliştirilmektedir. Ülkemizin enerji bağımlılığı yüksek bir ülke olması ve üretilen enerjinin oldukça büyük bir bölümünün binalarda kullanılması dikkat edilmesi gereken bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği raporunda (2008) ülkemizin sahip olmadığı, özellikle doğalgaz gibi kaynaklara yöneliminin yoğunlaşmasını ve bu kaynakların uluslararası güçlerce yönetiliyor oluşunu Türkiye için önemli bir problem olarak değerlendirmektedir. Dolayısıyla bu noktada ülkemizde enerji verimliliği hususunda farklı önlemlerin, ülke kaynakları ve çıkarları doğrultusunda ele alınarak değerlendirilmesinin bir gereklilik olduğu ortaya çıkmaktadır. Yine aynı raporda Türkiye’nin günümüze dek enerji ihtiyacının yeni

enerji arzı ile karşılanmasına yönelik bir politika izlendiği ve kayıpların veya bazı sektörlerde %50'nin de üzerine çıkabilecek olan tasarruf imkânlarının sürekli olarak göz ardı edildiği ifade edilmektedir. Ayrıca 2012 verileri dikkate alındığında Türkiye'de tüketilen temel birincil enerji kaynaklarının doğalgaz, kömür, petrol ve hidroelektrik olduğu görülmektedir. Tüketilen bu enerjinin %88'i fosil yakıtlardan, ve yalnızca %13'ü gibi küçük bir oranı da yenilenebilir kaynaklardan sağlanmaktadır (ETKB, 2012). Türkiye için birincil enerji arzında kaynakların payı Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3 : 2012 Türkiye birincil enerji arzında kaynakların payı (ETKB Genel Enerji Dengesi, 2012).

Bu veriler, ülkemizde enerjinin yeterince verimli kullanılmadığını göstermekte ve dolayısıyla ülkemizdeki tüketim alışkanlıklarının iyileştirilmesi ve israfların önlenmesine yönelik tedbirlerin alınmasının zorunlu hale geldiğini göstermektedir.

2.2 Enerji Kullanımında Yapı Sektöründeki Durum

Tüm yapılar yaşam döngüleri boyunca doğal enerji kaynaklarını tüketmekte, insan ve diğer tüm canlı türleri için önem arz eden havaya, toprağa ve suya zarar vermekte ve bu zararlarından dolayı ekosistem içindeki doğal döngüyü geri dönüşü olmayacak şekilde etkilemektedir (Dikmen, 2011). Dolayısıyla yapı sektörü, diğer pek çok alanda olduğu gibi bu yenilikçi yaklaşımlara uyum sağlamaya çalışmaktadır. Başta sürdürülebilirlik olmak üzere yeşil binalar, pasif yapılar, güneş mimarisi, yeşil mimari, çevre ve kaynak kullanımlarının daha verimli hale getirilmesi gibi pek çok terim de bu süreçlerde hem uygulama hem de yasal düzenlemelerde karşımıza çıkmaktadır.

2007 – 2008 Türkiye Enerji Raporu’nda, ülkemizdeki sektörel enerji tüketimindeki en büyük payın %39 gibi bir oranla sanayi ve üretim alanlarına ait olduğu görülmektedir. Ancak bunu takip eden dilim içerisinde binalar hiç de azımsanmayacak %30 gibi bir oran ile yer almaktadır (Dünya Enerji Konseyi – Türk Milli Komitesi, 2008). Konutların enerji tüketimi de bu dilim içerisinde büyük bir yer tutmaktadır.

Esasında binalar, enerji tasarrufu potansiyelinin en yüksek olduğu alan olarak düşünülmektedir. Özyurt (2009) Enerji verimliliği, binaların enerji performansı ve Türkiye’deki durum adlı çalışmasında, özellikle binaların enerji performansı ile bağlantılı yapılacak düzenlemelerin bu binaların enerji tüketim değerlerini %50 oranında tasarrufa dönüştürmenin mümkün olabileceğini ileri sürmektedir.

Tüm bunlar göz önüne alındığında performansı yüksek yapı üretiminin en önemli yararları doğal kaynakların kullanımının azaltılması, düşük maliyetler, kullanıcı sağlığı ve konforu ve çevresel tahribatın azaltılması olarak düşünülebilir. Dolayısıyla yapılar özelinde enerji verimliliği üzerine çalışmaların yapılması ve bu çalışmaların neticesinde binaların daha sürdürülebilir şekillerde üretilmesi hem insan sağlığı hem çevre hem de ekonomi açısından önem taşımaktadır.

2.3 Mimari ve Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı, çevre ve enerji sorunlarının disiplinlerarası bir yaklaşımla ele alınmasının gerekli olduğuna işaret etmektedir. Ancak günümüzde gelinen noktada mimari planlama ve tasarımın enerji verimliliği için önemi anlaşılmıştır. Ayrıca son dönemlerde yapılaşma oranında meydana gelen yoğun artış ve dolayısıyla oluşan küresel tehditler sürdürülebilirlik kavramının mimari üzerindeki etkisini oldukça artırmaktadır. Amaçlanan yapının sürdürülebilir olması; tüm yaşam döngüsünün doğru kurgulanması, çevre ile kurulacak ilişki, enerji – su kullanımı, malzeme tercihi gibi etmenlerle birlikte tasarım aşamasında alınacak kararlarla mümkün olduğundan mimarın sürdürülebilir bir yapı tasarlanmasındaki rolü çok büyüktür.

Kapsamlı bir tanımda sürdürülebilir mimarlık kavramı; içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde, kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümü olarak tanımlanmaktadır (Sev, 2009).

Yapılarda öngörülen tasarruf potansiyelinin büyük bir kısmı ancak doğru mimari kararlarla mümkün olabilmektedir.

Günümüzde de mimaride bu bilinç oluşmaya başlamış ve pek çok tasarım bu çizgide şekillenmiştir. Bu yönde yapıların hem tasarım hem de inşasında uygulanan bazı standartlarda geliştirilerek, bu yaklaşımlar desteklenmektedir. LEED, BREEAM gibi dünyada yaygın şekilde kabul görmüş, güvenilir ve geçerli olan bu yapı değerlendirme sistemleri, yol gösterici olmanın yanı sıra yapılara saygınlık kazandırmakta ve dolayısıyla değerinin artmasına yol açmaktadır. Ayrıca bu sertifikasyon sistemleri, toplumda ve sektörde yeterince önemli bir konuma ulaşamamış olan sürdürülebilirlik kaygısının yayılması ve popülerleşmesinde de önemli rol oynamaktadırlar.

Ülkemizde de “Yenilenebilir enerji kaynakları kanunu”, “Enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin yönetmelik taslağı”, “Binalarda enerji performans yönetmeliği taslağı” gibi yönetmelik ve yasa taslaklarıyla yapıların enerji kullanımı konusu üzerinde devlet inisiyatiflerince de bazı çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca birçok üniversite ve kamu kuruluşunca da hem araştırma hem de uygulamalarla bu konu desteklenmektedir. Bu hususta ülkemizde örnek oluşturabilecek ilk yapılardan olan “Diyarbakır Güneş Evi” Şekil 2.4’te yer almaktadır.



Şekil 2.4 : Diyarbakır güneş evi.

Mimari-sürdürülebilirlik ilişkisinde önemli bir nokta da gelişen teknolojilerdir. Büyük yatırımlar olarak değerlendirilebilen yapılar için henüz tasarım aşamasında fizibilite ve optimizasyon çalışmalarına olanak sağlayan sistemler önemini her geçen gün arttırmaktadır. Mimari açıdan en önemli karar yardımcıları, hedeflenen performans

kriterlerinin sağlanıp sağlanmadığını test etme olanağı sunan bilgisayar destekli simülasyonlar olmaktadır. Bu simülasyonlar, yapının performansı ile ilgili endişeleri önceden öngörerek, düzeltebilme olanağı sağlamakta ve sonradan karşılaşılabilecek problemlerin büyük ölçüde giderilebilmesine olanak sağlamaktadır.

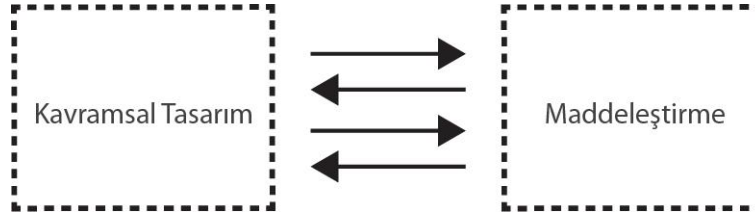
Mimari tasarım süreçlerine bakıldığında günümüzde işlev ve estetik kaygılarının enerji etkinliği ve performans gibi kriterlerin önünde değerlendirildiği görölmektedir. Hatta teknolojik gelişmelerin ışığında artık süreçlere dahil olan pek çok destekte yalnızca bu amaçlarla kullanılmaktadır. Mimarinin enerji etkinliği ve performans gibi kaygıların ulaşılmak istenen öncelikli amaçlar arasına dahil edilmesi insan hayatında önemi giderek artan enerji ve mevcut kaynaklarımızın doğru ve etkin kullanımı için, yaşanabilir bir gelecek için yadsınamaz bir rol oynamaktadır.

3. MİMARLIK VE GELİŞEN SAYISAL TEKNOLOJİLER

Günümüzde mimarlık sektörü bilgisayarların getirdiği yeniliklere en çok adapte olmuş alanlardan biri olarak kabul edilebilir. Özellikle 90'lı yıllarda daha ulaşılabilir hale gelen bilgisayarlar, hem yazılım hem de donanımsal olarak güçlenerek, bilginin üretim ve yayılma biçimlerinin değişmesine yol açmıştır. Mimarlık özelinde bu durum ilk olarak büyük bir emek ve hassasiyet gerektiren geleneksel el ile çizim alışkanlığından uzaklaşmaya başlanması ile kendini göstermiştir. Geçen süreçte bu güçlenme ile sayısal teknolojiler yalnızca tasarlanana temsil aracı olmaktan uzaklaşıp, tasarlamayı destekleyen bir konuma gelmiştir. Değişen bu alışkanlıklar ve yeni olanaklar tasarım süreçlerini etkilemiş ve bu süreçleri değişime zorlamıştır.

3.1 Mimari Tasarım Süreci

Mimari tasarım süreci, tasarımcının problem ile karşılaştığı ilk andan başlayarak, bu problemin çözümüne yönelik denemeleri gerçekleştirdiği ve sonunda uygun çözümü geliştirerek sonlandığı işlemlerin bütünü olarak düşünülebilir. Her ne kadar bu süreçler tasarımcının kişisel kararlarına göre şekillenmekte olsa da bazı genellemeler yapmak mümkündür. Schwenck ve Sariyildiz (1997), bu süreci “kavramsal tasarım” ve “maddeleştirme” olarak iki ana başlık altında ele almaktadır. Yalnız bu ayrımın mantıksal bir çerçevede var olduğunu, pratikte bu iki ana başlığın da birbirleriyle fazlaca ilişkide olduğunu ve birbirlerini beslediklerini belirtmişlerdir. Kavramsal tasarımda form, biçim ve farklı işlevlerin birbirleriyle ilişkileri ele alınırken, maddeleştirme başlığı altında formun yerini yapım bileşenleri ve malzeme almaktadır. Mimari tasarımda kavramsal tasarım ve maddeleştirme ilişkilerinin şematik gösterimi Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Mimari tasarımda kavramsal tasarım ve maddeleştirme ilişkilerinin şematik gösterimi (Schwenck ve Sariyildiz).

Bu genel ayrım dışında sürecin işleyişini Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) beş alt başlıkta toplamaktadır. Şematik tasarım ile başlayan süreç, tasarım geliştirme evresi, uygulama dökümleri üretilmesi, maliyet ve ödeme planları oluşturulması ile devam etmekte ve en son yapım ve yapım yönetimi süreçleri ile son bulmaktadır. Mimari tasarım süreci aşamaları Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Mimari tasarım süreci aşamaları (AIA)

Günümüzde bu süreçlere yeni kaygılar da eklenmiştir. Bina performansı, daha sürdürülebilir bir mimari gibi yaklaşımlar günümüzde gereklilik boyutundadır. Enerji tüketiminde büyük bir pay sahibi olan yapı sektörü için, yüksek enerji tasarruf potansiyeli barındırması günümüzde performans kavramının önemini arttırmaktadır. Bu kaygılar süreçlerde farklılıklara yol açabilmektedirler.

3.2 Sayısal Teknolojilerin Mimarlık Pratiğine Etkileri

Tasarımda bilgisayar, 1980'ler ve öncesinde bazı öğelerin yerini doldurabilecek güçte görülmezken daha sonraları tasarımın gerçekleştiği bir *ortam* ve son olarak tasarım sürecinde tasarımcıyla birbirlerinin eksiklerini tamamlayan *ortak* olarak tanımlanmaktadır (Akın ve Anadol, 1993). Bugün mimarlık firmalarının neredeyse tamamı hem tasarım hem de projelendirme süreçlerine bilgisayarları adapte etmiş durumdadırlar.

Genel olarak bilgisayarlar tasarım, projelendirme, sunum, üretim ve proje yönetimi gibi amaçlarla, yani AIA'nın süreç değerlendirmesinde belirtilen tasarım, dokümantasyon, uygulama ve koordinasyon adımlarının tümü için mimarlık ofislerinde kullanılmaktadırlar. Özellikle tasarım ve projelendirme aşamalarında *Bilgisayar Destekli Tasarım*¹ (CAD) mimarlık ofisleri için günümüzde en yaygın kullanım amacı olarak göze çarpmaktadır. Mimarlar geleneksel yöntemler ile pek mümkün olmayan hassasiyette çizimler oluşturabilmeleri, bu çizimler üzerinde değişiklik yapabilmeleri, bunlar üzerinden çeşitli simülasyonlar yardımı ile tasarımı görüntüleyebilmeleri hatta pek çok performans koşulunu test edebilmeleri gibi avantajlarından ötürü bu araçları fazlaca benimsemektedirler.

Tasarım aşamalarında sağladığı avantajların yanında, sayısal teknolojiler mühendislik yüklerini de büyük ölçüde hafifletmektedirler. Bilgisayarların süreçlere bu şekilde dâhil oluşu kaliteyi ve üretkenliği arttırmakta ve zaman açısından büyük avantajlar sağlamaktadır.

3.3 Bilgisayar Destekli Tasarım Araçları ve Gelişim Süreçleri

Tasarım ve üretim mühendisliğinde bilgisayar kullanımı 1946'da ENIAC (Electronical Numerical Integrator and Computer) ve onu izleyen bilgisayarların ortaya çıkmalarına dayandırılabilir. Ancak *Bilgisayar Destekli Tasarım* terimi 1950'li yılların sonundan itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Akademik düzeyde ilk CAD sistemi 1963 yılında Masachusetts Institute of Technology (MIT) üniversitesinde yapılan bir doktora tezi ile ortaya çıkmıştır (Aydoğan, 2006). Ancak CAD

¹ Bilgisayar Destekli Tasarım – Computer Aided Design (CAD), Mimari tasarımların bilgisayar kullanılarak veya bilgisayar yardımı ile yapılması.

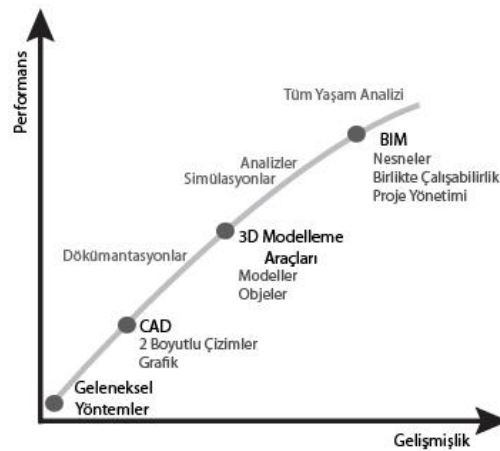
teknolojisinin yaygınlaşması ve sektörde kabulü 80’li yılların ortalarına rastlamaktadır (Mitchell, 1990). O dönemde pek çok farklı yazılım da pazara adım atmıştır. Ancak halen piyasadaki en yaygın kullanıma sahip yazılım AutoCAD, o dönemde büyük bir kabul görmüştür.

Bu dönemde ortaya çıkan pek çok yazılım, kullanıcıların çizim ve teknik resim gibi 2 boyutta (2D) ihtiyaçlarını karşılamıştır. Bunun sonucu olarak özellikle mühendislik sektörlerinde ve bazı mimarlık bürolarında CAD kullanımı başlamıştır.

2 boyutta başlayan bu süreç daha sonra 3 boyutlu modelleme ile gelişim göstermiştir. Tasarımların 3. boyutta yükselmeleri, mimarlıkta büyük bir kullanım alanına sahip olmuştur. Tasarımı kütesel olarak görmenin ötesinde renkli hatta dokulu şekilde görme imkânı sağlamaları kullanımlarının hızlıca artmasına neden olmuştur.

Bu gelişim ile orantılı olarak, farklı sektörlerde kendi spesifik sorunlarını gidermeye yönelik yazılım talebi oluşmuştur. Yapı sektöründe de bazı sorunların üstesinden gelinebilmesi için pek çok yardımcı yazılımlar ortaya çıkmıştır. Özel ihtiyaçlara cevap veren bu yazılımlar, bir yazılım ile birlikte çalışabildiği gibi kendi başlarına da çalışabilmektedirler.

Bilgisayar destekli tasarım endüstrisi sürekli gelişmeye ve yenilikler sunmaya devam etmektedir. Mimarlık ve yapı sektöründe, yalnız 2D grafik ifadeler ile başlayan sistemlerden günümüze kadar büyük değişimler yaşanmıştır. Son olarak, Bina bilgi modelleme sistemleri, sağladığı avantajlar nedeniyle sektörde kabul edilebilir hale gelmiştir. Bilgisayar destekli tasarım araçları için performans-gelişmişlik düzeyi ilişkisinin grafiksel gösterimi Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3 : Bilgisayar destekli tasarım araçlarının performans - gelişmişlik düzeylerinin grafiksel gösterimi.

4. BİNA BİLGİ MODELLEME – BIM

Geleneksel yöntemlerin ve bilgisayar destekli tasarım araçlarının eksiklikleri günümüzde *Bina Bilgi Modellemesi (BIM)*² kavramının öne çıkmasına neden olmuştur. Bina Bilgi Modellemesi (BIM), temel anlamda entegre tasarım ve proje teslim süreçlerini destekleyebilen ve mevcut bilgi teknolojileri ile karşılaştırıldığında belirgin avantajlar sunan bir teknoloji, metodoloji ve süreçler bütünü olarak algılanmaktadır (Kymmell 2008; Clayton vd. 2009).

Esasında çokta yeni bir kavram olmamakla beraber BIM teknolojileri ve yazılım araçları, yazılım firmalarının destekleri ve özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa devletlerinin teşvikleriyle, öncelikle mimarlık ve inşaat sektörünün ilgili disiplinlerince son derece hızlı bir şekilde benimsenmektedir (Eastman, 2008). Bu ilgi temelinde; (i) tasarım, tedarik, inşaat ve bina yönetimi süreçlerinin standart, güvenilir, ve kapsamlı bilgi ile entegre edilmesi, (ii) proje paydaşları arasındaki eş işliğin artırılması ve Entegre Proje Teslim (IPD) uygulamaların BIM sistemleri odağında sürdürülmesi, (iii) sürdürülebilirlik temelinde düşük enerji harcayan yüksek performanslı yeşil binaların tasarımı ve inşasında BIM temelli benzetimlerin kullanımı, (iv) bina yaşam döngüsündeki önemli bilgileri erken aşamada elde ederek tüm süreçte kullanılması dolayısı ile proje üretim ve bina maliyetlerinin düşürülmesi ve bina performanslarının artırılması unsurları öne çıkmaktadır. BIM kullanımı ayrıca 4D görselleştirmeler, hızlı dokümantasyon ve sistem çakışmalarının önceden tespiti gibi direk uygulamaları içermektedir.

² Bina Bilgi Modellemesi – Building Information Modelling. Yazı devamında “BIM” olarak kullanılacaktır.

4.1 BIM kavramı

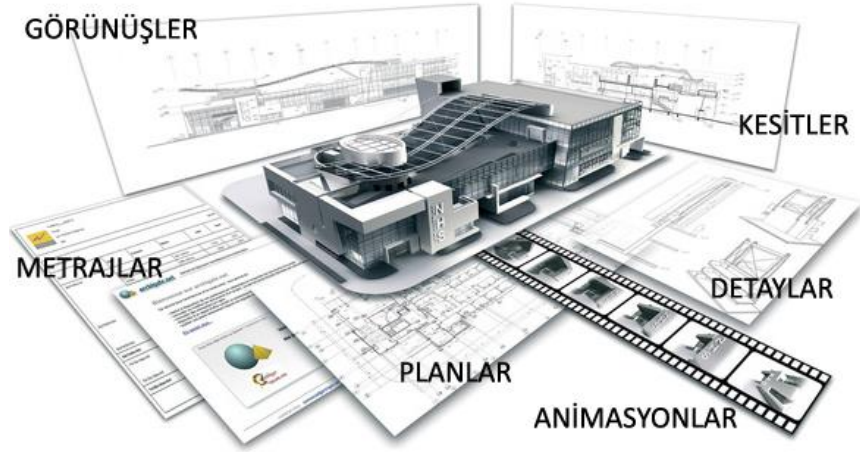
BIM için yapı tasarım ve uygulama süreçlerinde tutarlı, işlenebilir, koordine veri yaratan ve parametrik çalışma özelliği sayesinde karar alma süreçlerine etki eden, yüksek kalitede uygulama çizimleri üretebilen, metraj maliyet kontrolünü sağlayan ve bina performansı konularında tasarımı test etmeye olanak sağlayan bir mimari tasarım sürecidir. (Krygiel ve Nies, 2008).

Bir başka tanımda ise, BIM geometri biçim gibi grafik veya grafik olmayan maliyet, malzeme fiziksel çevre verileri gibi bina ile ilgili verilerden üç boyutlu bir model meydana getirerek, bu modelin farklı disiplinlerden katılımcılar tarafından ortak kullanımını sağlayan bir çalışma yöntemi olarak ifade edilmektedir (Ofloğlu, 2014). BIM'in temellerinin şematik gösterimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



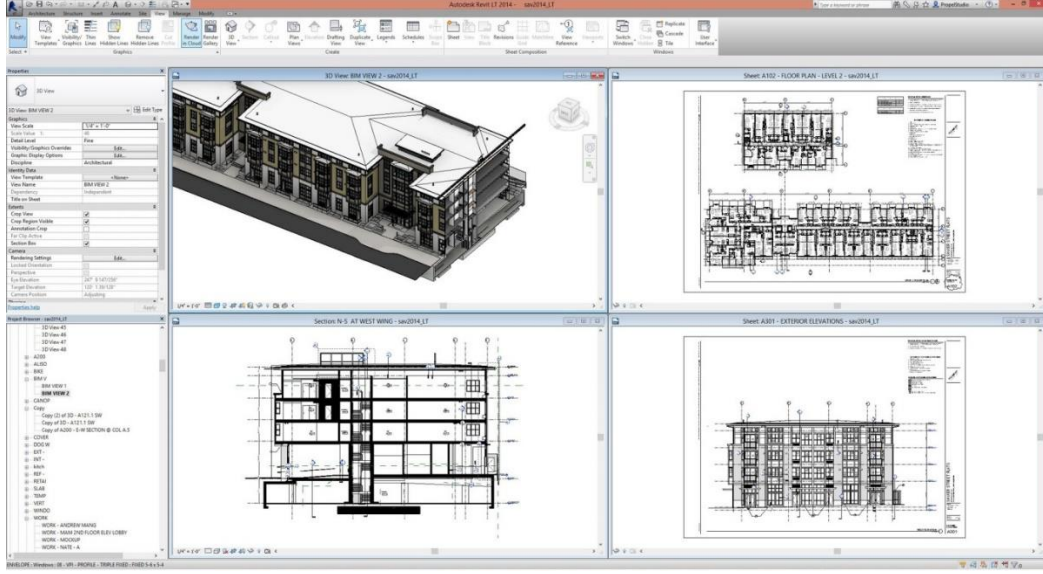
Şekil 4.1 : BIM'in temelleri (Autodesk).

Tanımlarda da belirtildiği gibi BIM bilgisayar destekli bir tasarım aracı değil, yeni ve kapsamlı bilgiye dayalı yapım sürecidir (Shourangiz ve diğ, 2011). Yalnızca bir veri saklayıcı olmanın ötesinde *nesne* tabanlı bir tasarım anlayışı sunmaktadır. Bu nesne tabanlı sistem, duvar, kolon, kapı pencere gibi bina elemanlarının gerçek görev ve davranışları ile model üzerinde yer almasına olanak sağlamakta ve bunların birbirleri ile ilişkilendirilmelerini mümkün kılmaktadır (Babič ve diğ, 2010). Ayrıca modelin tüm verileri ile oluşturulmasına olanak sağlaması nedeniyle, ihtiyaç duyulan metrajlar, maliyet analizleri veya gerekli diğer dokümanları oluşturarak tüm aşamalarda projenin kontrolünü kolaylaştırmaktadır. BIM sistemi ile oluşturulan bir sanal bina ve bu binadan elde edilen verilerin gösterimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 : BIM sistemi ile oluşturulan bir sanal bina ve elde edilen verilerin gösterimi (Graphisoft).

Çok yönlü kullanılabilen veri yapısı sayesinde BIM sistemleri verilerin kolayca dönüştürülmesini desteklemektedir. Verilerin rahatça dönüştürülmesi ilk olarak tasarım süreçlerinde kullanılmak istenen veya gereken farklı yazılımlar ile ilişkiyi kuvvetlendirmekte ve tasarımın istenilen yönde şekillenmesine olanak sağlamaktadır. Tasarım aşamalarının dışında, daha ileri süreçlerde üretilen modelin farklı yönlerden test edilmesine olanak sağlayacak verilerin üretilmesinde de kolaylık sağlamaktadır. Özellikle henüz BIM sistemleri ile çalışmayan proje katılımcıları veya bu sistemler dışında kendi alanlarında daha spesifik yazılımların yardımına ihtiyaç duyan profesyoneller tarafından talep edilen verilerin üretilmesi ve bu verilerin karşılıklı olarak sorunsuz ve hızlı bir şekilde aktarılması tüm süreçleri çok olumlu yönde etkilemektedir. Yaygın yazılımlardan biri olan Autodesk Revit'in arayüzü Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : En yaygın BIM yazılımlarından biri olan Autodesk Revit arayüzü.

Bunlarla birlikte BIM yaklaşımında temel amaç, bina tasarım ve yapım sürecine katılanlar arasında ortak bir dil oluşturmaktır (Ofloğlu, 2009). Bu sistemler ile oluşturulan üç boyutlu model, tüm yapım firmalarınca tasarım, projelendirme, uygulama ve hatta kullanım süreçleri de dâhil olmak üzere tüm yaşam döngüsü için kullanılabilmekte ve bu da yapım süreçlerinin geleneksel işleyişine tamamen yeni bir yaklaşım kazandırmaktadır. BIM yaklaşımının farklı disiplinlerin çalışmalarını aynı model üzerinden yürütmelerine imkan sağlaması, karşılaşılan pek çok zorlu iş süreçlerinde olumlu yönde bir etki yapmaktadır. Projenin ilk ortaya çıkış sürecinden uygulanma aşamasına kadar süren olan bu birlikte tasarlama yaklaşımı planlama ve uygulama aşamaları için bir öngörü oluşturarak risklerin en aza indirgenmesine yardımcı olmakta, gerekli revizyonların gecikmeden yapılmasına olanak tanımakta, daha tutarlı bir temsil ve dokümantasyon sağlamakta ve süreç ilerledikçe daha da artan olan koordinasyon sorunlarını en aza indirmektedir. Farklı disiplinlerin BIM sayesinde birlikte çalışabilirliklerine ilişkin şematik gösterim Şekil 4.4'te verilmiştir.

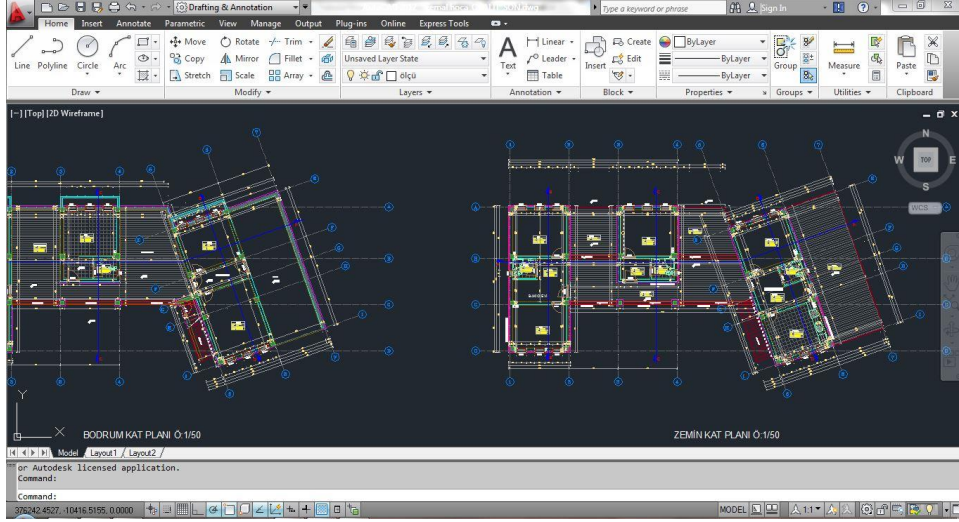


Şekil 4.4 : Farklı disiplinlerin birlikte çalışabilirliğinin şematik gösterimi.

Birlikte çalışabilirliği arttıran ve veri kontrolünü güçlendiren en önemli unsurlardan biri de bu sistemlerin kullanmakta olduğu ortak veri standartlarıdır. DXF ve DWG gibi çok sıklıkla kullanılan standartların nesne tabanlı çalışan bu sistemler için yeter olması nedeni ile yeni standartları oluşturulması gerekli hale gelmiştir (Ofloğlu, 2009). Bu nedenle farklı disiplin ve uygulamalar arası minimum kayıpla veri değişimine izin vermek üzere STEP ve IFC adlı uluslararası iki standart geliştirilmiştir. Önde gelen tüm BIM yazılımcıları bu ortak veri standartlarını yazılım ürünlerine adapte etmişleridir.

4.2 Geleneksel CAD / BIM Karşılaştırması

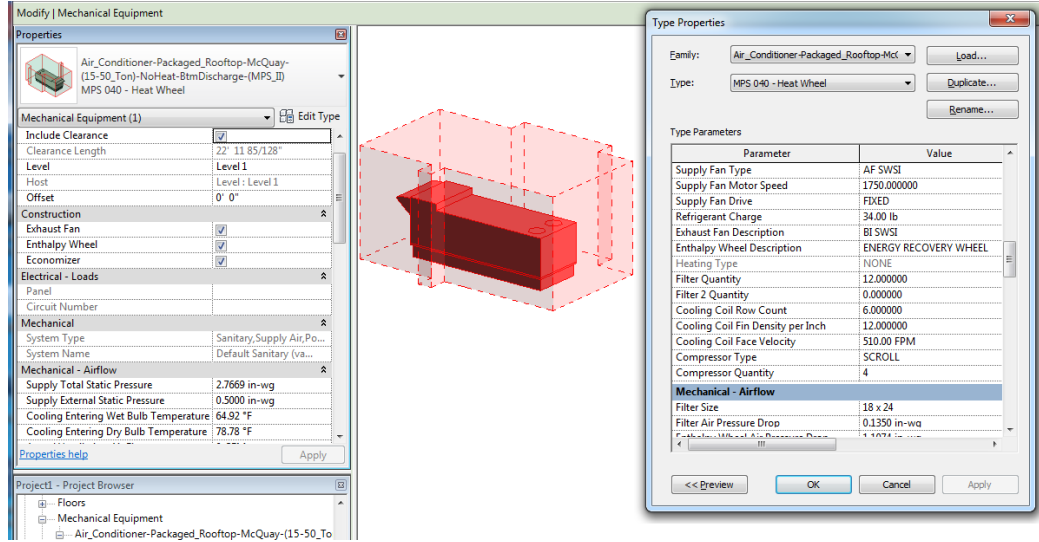
Günümüzde en yaygın olarak kullanılan bilgisayar destekli tasarım araçları geleneksel CAD sistemleri olarak adlandırılan geometrik tabanlı çizim araçlarıdır. Bu yöntemlerle gerçekleştirilen çizim ve tasarım işlemlerine geometrik modelleme denilmektedir. Bu modelleme yazılımında varlıklar, nokta, çizgi, dikdörtgen, çember yay, elips, poligon, spline eğrileri veya yazı şeklinde grafik olarak temsil edilmektedir (Ofloğlu, 2009). En yaygın kullanıma sahip olan Autodesk Autocad yazılımının çizim ekranı Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5 : Autodesk Autocad ile iki boyutlu bir çizim ekranı.

4.2.1 Nesne – çizgi kavramı

Bu yazılımlar genellikle arkada çalışan çizgi tipi, yazı stili ve katmalar gibi proje bilgilerini barındıran bir veritabanı üzerinde kullanıcı ile etkileşimi oluşturan geometrik şekiller üzerinden çalışmaktadır. Bu geometrik şekillere veya şekillerin bir araya geliş biçimlerine duvar veya kolon gibi çeşitli anlamlar yüklenerek mimari öğeleri temsil etmeleri sağlanır. Dolayısıyla her mimari temsil ayrıca modellenmektedir. Ancak BIM ile tasarım yaklaşımı ile üretilen projeler önceden de belirtildiği gibi bu temsilleri nesneler kullanarak yapmaktadırlar. Bu nesneler çok farklı çeşit ve içerikteki bilgileri saklayabilmektedirler. Bu bilgiler plan, kesit, görünüş gibi grafik temsilleri sağlayabildiği gibi grafik olmayan malzeme özellikleri ve maliyet gibi bilgileri de saklayarak birbirleri ile ilişkilendirmektedir. Autodesk Revit yazılımında saklanan grafik ve grafik olmayan verilerin gösterimi Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6 : Autodesk Revit yazılımında nesne ile saklanan grafik ve grafik olmayan bilgi örneği.

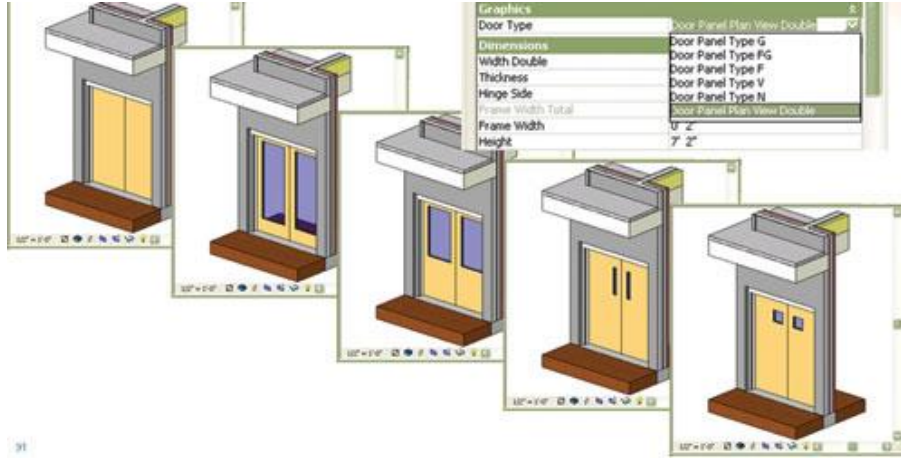
Dolayısıyla geleneksel CAD yazılımlarından elde etme imkânı bulunmayan verilerin elde edilmesi sürecinde, bu nesneler elemanların gerçek bilgileri ile çalışmaları sayesinde sürece büyük bir katkı sağlamaktadır. İstenildiğinde bu veriler metraj listelerinde olduğu gibi çeşitli tablolar halinde döküm olarak alınabilir. Ayrıca tek bir veritabanı üzerinde çalışıldığı için, modelde veya tablolar üzerinde yapılan tüm değişiklikler birbirlerini etkilemektedir. Grafik tabanlı sistemlerde bileşenlerin birbirleriyle ilişkileri ve bu ilişkilerin yazılım tarafından kontrolü çok temel düzeyde kalmaktadır. Autodesk Revit yazılımındaki bir model üzerinden elde edilen örnek bir kapı metrajı Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 : Autodesk Revit yazılımında örnek kapı metrajı listesi.

Door Schedule			
Level	Family and Type	Count	Cost
1st Floor	M_Double-Glass 1: 1830 x 213	2	700.00
1st Floor	M_Overhead-Rolling: 2435 x 19	1	475.00
1st Floor	M_Single-Flush: 0762 x 2134m	4	540.00
1st Floor	M_Single-Flush: 0813 x 2134m	2	300.00
1st Floor	M_Single-Flush: 0864 x 2134m	1	150.00
2nd Floor	M_Double-Glass 1: 1830 x 213	1	350.00
2nd Floor	M_Single-Flush: 0762 x 2134m	2	270.00
2nd Floor	M_Single-Flush: 0864 x 2134m	3	450.00
Grand total: 16		16	3235.00

Diğer taraftan BIM parametrik veritabanı ile oluşturulan bu nesneler üzerinde bazı değişikliklerin kolayca uygulanmasına imkân tanınmaktadır. Bu grafik ve grafik olmayan veriler üzerindeki değişiklikler nesne içerisine de farklı kaydedilerek nesneler

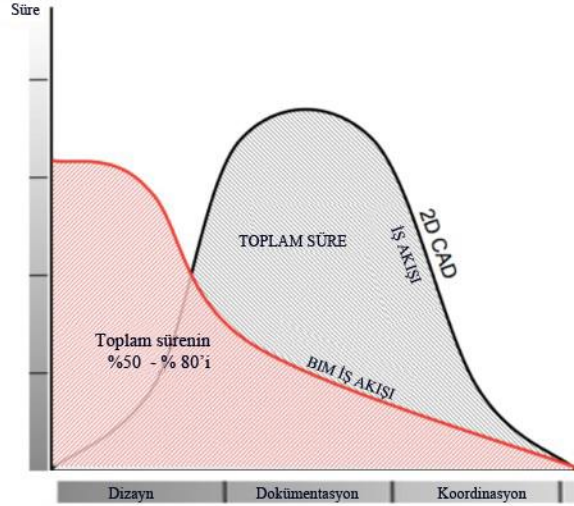
üzerindeki küçük değişikliklerin saklanması sağlanmaktadır. Nesnelerin Autodesk Revit yazılımı üzerinde “Family” ve “Type” kavramları ile çalışması Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Bu özellikler tasarlama sürecinde yapılacak değişikliklerin çok hızlanmasına imkân tanımaktadır.



Şekil 4.7 : Autodesk Revit yazılımında "Family" ve "Type" kavramı.

4.2.2 Gelişim süreçleri

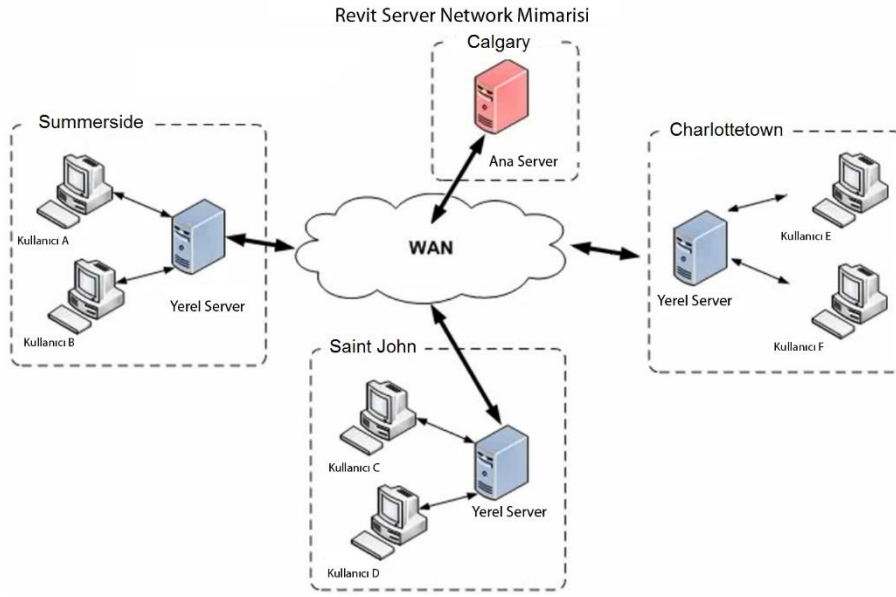
Söz konusu parametrik çalışma prensibine dayalı sistem, tasarımların gelişme süreçlerine daha fazla odaklanılmasını sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında tasarlama süreçlerinin, diğer metotlardaki süreçlere göre daha yoğun geçtiği görülmektedir. Bu yoğun tasarlama süreci ileriki süreçlerde dökümantasyon ve koordinasyon süreçlerine de altlık oluşturduğundan o süreçlerinde hızlanmasını sağlamaktadır. Geleneksel sistemler ve BIM yaklaşımı süreçlerin de zaman karşılaştırılması Şekil 4.8’de gösterilmektedir. Projelerin birçok farklı temsillerinin üretilmesi, gerekli analizler ve tabloların oluşturulması gibi dökümantasyon süreçleri geleneksel sistemler ile çalışırken en çok zaman kaybının yaşandığı evreler olmaktadır. Ayrıca üretilen projelerin, tasarım sürecinden itibaren doğru parametreler ile şekillenmesi ileride yapılacak revizyonların model üzerine işleme süreçlerini çok kolaylaştırmaktadır.



Şekil 4.8 : BIM ve 2D CAD ile projelerin gelişim süreçlerinin karşılaştırılmaları (Graphisoft).

4.2.3 İşbirliği

BIM yaklaşımı projelerin gelişme süreçlerinde birden çok ve disiplinler arası katılımcının aynı anda katkıda bulunabilmelerine olanak sağlamaktadır. Bu katılım bir ofis içerisinde yerel bir ağ üzerinden olabileceği gibi coğrafik olarak farklı alanlarda bulunan katılımcıların da telekomünikasyon ağları üzerinden aynı anda birlikte çalışmalarını mümkün kılmaktadır. Farklı disiplinlerin eşzamanlı olarak içerik görüntüleme ve üretebilmeleri yapım süreçlerinde koordinasyon sorunlarının büyük bir kısmını ortadan kaldırmaktadır. BIM sistemleri ile işbirliğinin nasıl sağlandığını gösteren diyagram Şekil 4.9’da verilmiştir.



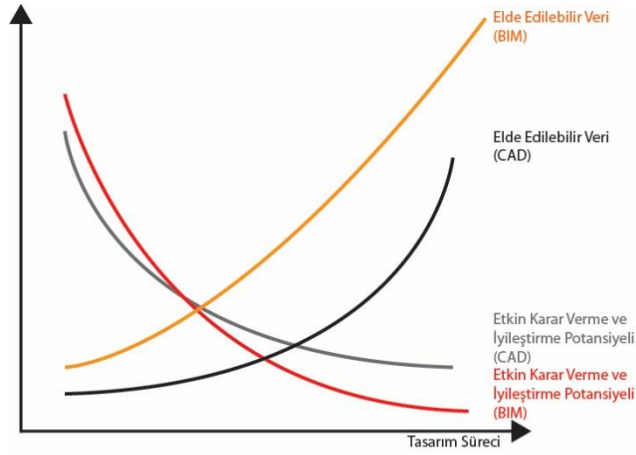
Şekil 4.9 : BIM işbirliği diyagramı (Deprocess).

4.3 BIM ve Sürdürülebilirlik

BIM sistemlerinin sağladığı bazı kolaylık ve yenilikler, süreçlere farklı yaklaşımları veya daha başarılı sonuçların elde edilmesine imkan sağlamaktadır.

4.3.1 Veri - potansiyel

BIM süreçlerine geleneksel yöntemlerden farklı bir yaklaşım ile başlandığı için tasarım süreci içerisinde oluşan veri yoğunluğu ve bu yoğunluğu değerlendirip tasarımı iyileştirme potansiyelleri değişmektedir. Dolayısıyla geleneksel yöntemlerin veri sağlayamadığı ilk aşamalardan itibaren tasarımların değerlendirilmelerine olanak sağlayacak veri sağlamaktadır. Ayrıca yapılan analizler bu aşamalarda model üzerine rahatça işlenerek, mimari projenin gelişmesi sağlanır. Tasarım süreçleri boyunca elde edilebilir veri ve iyileştirme potansiyeli karşılaştırması Şekil 4.10’ da gösterilmiştir.

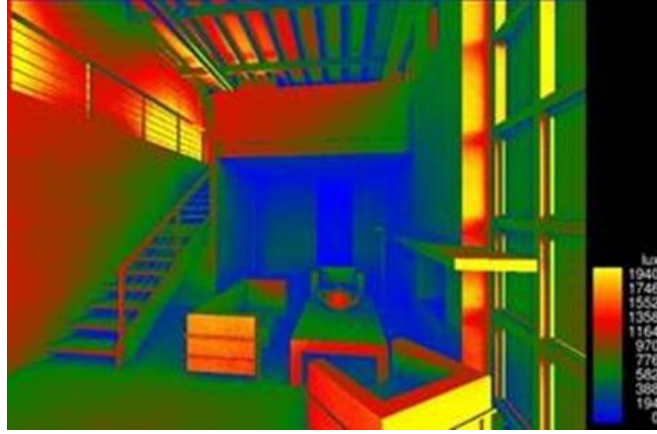


Şekil 4.10 : Tasarım süreçleri boyunca elde edilebilir veri ve iyileştirme potansiyeli eğrilerinin karşılaştırması.

4.3.2 Analiz kolaylığı

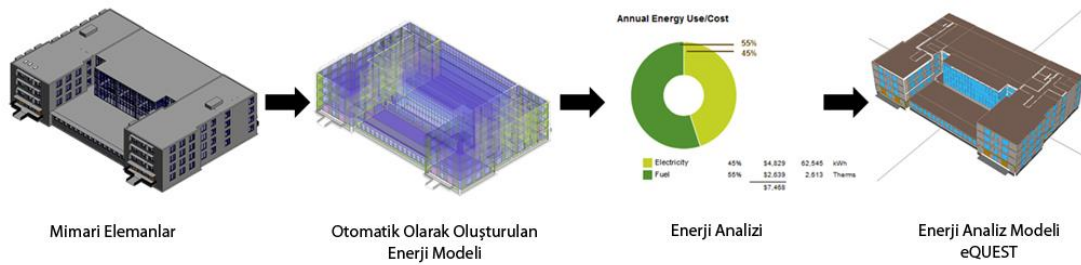
Tasarım sürecinin başında alınan kararlar, kaynakların verimli kullanımı hususunda çok önemli sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenle henüz kavramsal tasarım aşmasında bazı analizlerin kolayca yapılabilmesi önemli bir üstünlük veya avantaj oluşturmaktadır. BIM sistemleri ile binanın sanal olarak bir modeli inşa edildiğinden ötürü optimum yerleşim (yön, form), gölge, gün ışığı, aydınlatma, rüzgar ve akustik gibi bazı faktörlere ilişkin analizlerin yapılabilmesi için gerekli veriyi sağlayabilmektedir. Tasarım sürecine etkisi olan tüm katılımcılar bu sayede kararların doğruluğunu sınavarak çalışmalara katkıda bulunabilmektedir.

Analiz sonuçlarının anlaşılır olarak, basit görsel geribildirimler ile yansıtılması da yalnızca profesyonellerin değil, tasarım sürecine katkısı olan tüm ekip çalışanlarının bu bilgileri kolayca okuması ve yorumlamasını sağlamaktadır. Ayrıca pek çok sonucun zaten oluşan model görüntüsü ile birlikte aynı yazılım içerisinde gerçek zamanlı olarak görüntüleniyor olması daha kolay ve daha hızlı müdahale imkânı sunmaktadır. Örnek bir analiz olarak Revit yazılımında gün ışığı analizi Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : Autodesk Revit yazılımında gün ışığı analizi (Autodesk).

Daha önceden de belirtildiği gibi, BIM sistemleri tasarlanan yapıyı, grafik ve grafik olmayan tüm bilgileriyle oluşturulan veritabanı ile temsil eder. Dolayısıyla tasarlanan ürün yalnızca bir grafik olarak gösterilmenin ötesinde, sanal olarak inşa edilmiş bir bina olmaktadır. Bu sanal yapının daha sürdürülebilir bir yapı olarak inşa edilebilmesi için gereken test ve analizlerin yapılacağı farklı yazılımlara ortak veri standartlarında gereken veriyi sağlamaktadır. Bu sayede tasarım sürecinden uygulama hatta işletim aşamalarında dahi, üretilecek yapının enerji tüketim değerlerinin görüntülenebilme olanağı oluşur. BIM modeli ile üretilen enerji modeli ve değerlendirmeleri örneği Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

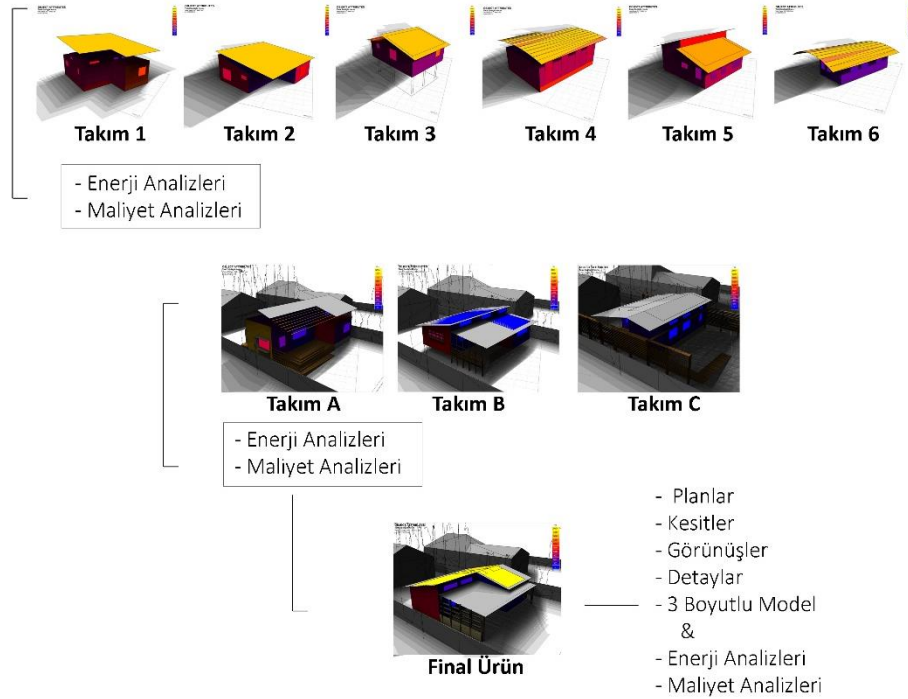


Şekil 4.12 : Enerji modellemesi diyagramı(Autodesk).

Farklı yazılımlar kullanarak yürütülen olan süreçlerde, bu test ve analizler için yeni bir model oluşturulması ve simülasyonların üretilmesi gerekmektedir. Bu da uzmanlık bilgisi ve çok fazla müdahale gerektirmektedir. Bunlar hem maliyet hem de zaman kaybı olarak bu süreçleri oldukça etkilemektedir. Ancak BIM sistemleri veritabanları üzerindeki verinin, mevcut analiz araçlarının desteklediği formatlara dönüşümüne izin vermekte ve bu da mimar ve mühendislere büyük bir kolaylık sağlamaktadır.

4.3.3 Alternatif üretme

Yukarıda sözü edilen analiz kolaylıklarını pek çok BIM yazılımı, aynı model üzerinde farklı tasarım alternatiflerinin üretilmesine izin vererek yani tek bir vakaya farklı yaklaşımların denenmesine olanak sağlayarak kullanırmaktadır. Bu da süreç içerisinde tasarımcının aynı altyapı üzerinde çokça deneme yapabilmesine olanak sağlamakta ve üretilen modellerin değerlendirilerek en doğru çözüm için uygun modelin seçilmesine yardımcı olmaktadır. BIM modeli üzerinde üretilen farklı tasarım alternatifleri ve değerlendirilmesi süreci Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



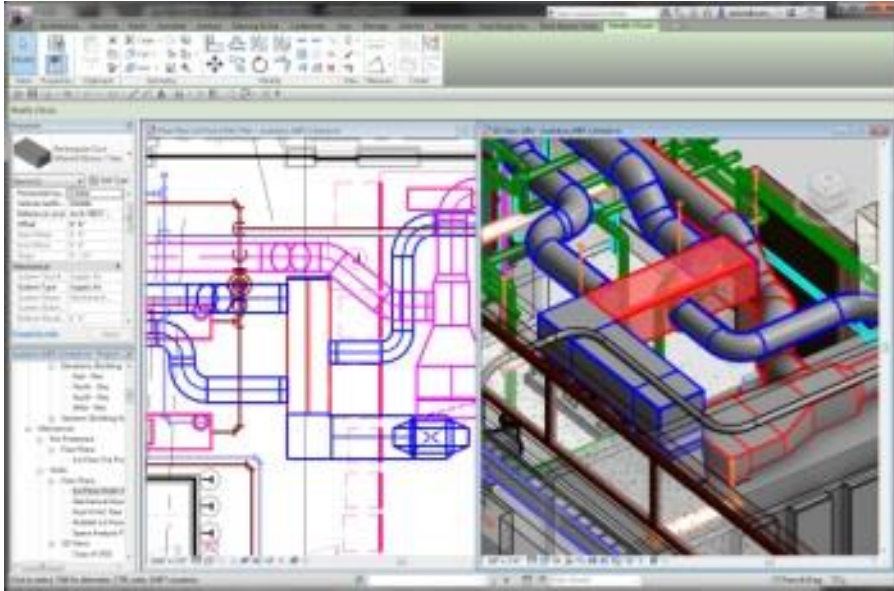
Şekil 4.13 : Farklı tasarım alternatifleri ve değerlendirilmesi (Dowhower J.).

4.3.4 Hata tespiti

BIM sistemleri projenin planlanması ve uygulanması için bir öngörü sunmakta ve proje ile ilgili risklerin azalmasına etki etmektedir. Model oluşum süreçlerinde birçok katılımcı girdisi gerekmekte dolayısıyla sürecin dinamik bir şekilde ilerlemesi ve detaylanması sağlanmaktadır (Ofloğlu, 2009). Farklı disiplinlerle ilişkiyi de daha sağlıklı şekilde koordine edebildiği için bu sistemler bina modellerinin daha doğru ve koordineli bir şekilde oluşturulmasını ve denetlenmesini sağlamaktadır. Güvenilir ve gerçeğe daha yakın verileri sayesinde BIM sistemleri tasarım aşamasından bina

kullanım ve işletilmesine kadar tüm süreçlerde var olarak daha sağlıklı binaların tasarlanıp uygulanmasına yardımcı olmaktadır.

BIM tabanlı oluşturulan sanal model geleneksel iki boyutlu tasarım araçları ile fark edilmesi çok güç olan bazı sorunları ve çakışmaları kolayca ortaya çıkararak erken aşamada tespit edilmesini sağlamaktadır. Şekil 4.14'te Autodesk Revit üzerinde çakışma tespitinin nasıl yapıldığına ilişkin bir örnek verilmiştir. Bu sayede yalnızca tasarım aşamasında değil, üretim sürecinde de karşılaşılabilecek sorunlar daha önceden öngörülerek, çözümlenmek üzere gerekli ekip üyelerine bildirilebilmektedir. Bu durum da sözü edilen teknolojiler sayesinde gereksiz malzeme kullanımı ile işgücü ve zaman kayıplarının önemli ölçüde azaltması anlamına gelmektedir.



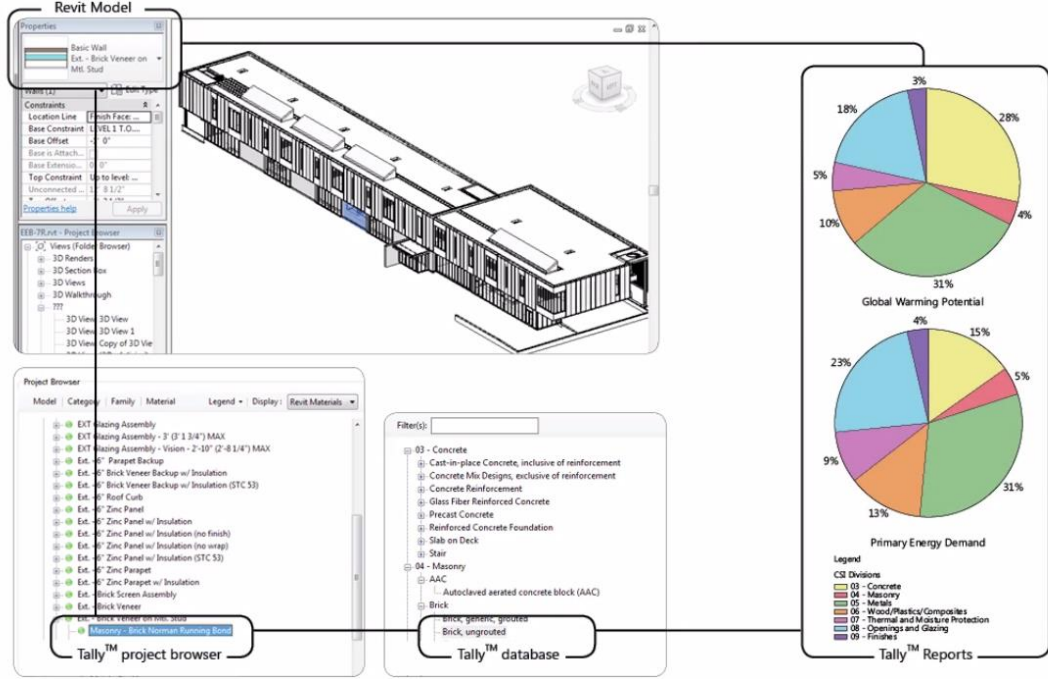
Şekil 4.14 : Autodesk Revit yazılımında üretilen model üzerinde çakışma tespiti.

4.3.5 Eklentiler ile artırılabilir yetenek

Tüm bunların dışında BIM sistemleri genellikle kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamaları veya bazı sorunlara daha pratik çözümler getirebilmeleri nedeniyle yazılımlar için *plug-in*³ geliştirilmesinin önünü açmış ve desteklemektedirler. Pek çok sebeple kullanılan bu yazılım eklentileri özellikle yazılımın boyutunu büyütmeden, gereklilik ölçüsünde ekleme yapılmasını sağlanması hem de farklı yazılımcıların bu

³ Plug-in - kendi başına çalışabilen bir program için, genellikle özel bir alanda duyulan gereklilik üzerine geliştirilen, programa yeni özellikler ekleyen yazılımdır. Plug-in'ler ana programdan bağımsız çalışamaz.

yazılımları genişletmelerine imkân tanınması nedenleriyle başvurulanan bir yöntemdir. Belli programlama dilleri yardımıyla bu yazılımlar üzerinde çalışacak bazı küçük eklentiler yapılarak BIM yazılımlarına pek çok yeni özellik kazandırılabilir. Bu küçük eklentiler projelendirme sürecine doğrudan etki ederek daha sürdürülebilir tasarımların oluşmasında tasarımcıya kolaylık sağlayabilir. Autodesk Revit yazılımı üzerinde çalışan malzeme düzeyinde tüm yaşam döngüsü analizi için kullanılan Tally™ Eklentisi şekil 4.15’ te gösterilmiştir.



Şekil 4.15 : Autodesk Revit Tally™ eklentisi (Kieran Timberlake).

Örnek olarak Autodesk Revit, Uygulama Programlama Arayüzü⁴ (API) için olanak sağlamaktadır. Bu eklentiler, yapıyı daha önceden zor olan kompleks geometrik modellerin üretilmesine yardım edebildiği gibi analiz yazılımlarına daha kesin veriler, tasarımların doğruluğu için denetim ve kontroller veya sunumlar için gereken çıktıların daha zengin hallerini tasarlanan sanal bina modelinden kolayca sağlayabilmektedir (Booth ve diğ, 2013).

⁴ Uygulama Programlama Arayüzü – Application Programming Interface (API): Bir yazılıma farklı becerilerin eklenmesini sağlayacak geliştirilmelerin üretilmesi ve kullanılabilmesi için oluşturulmuş ortam.

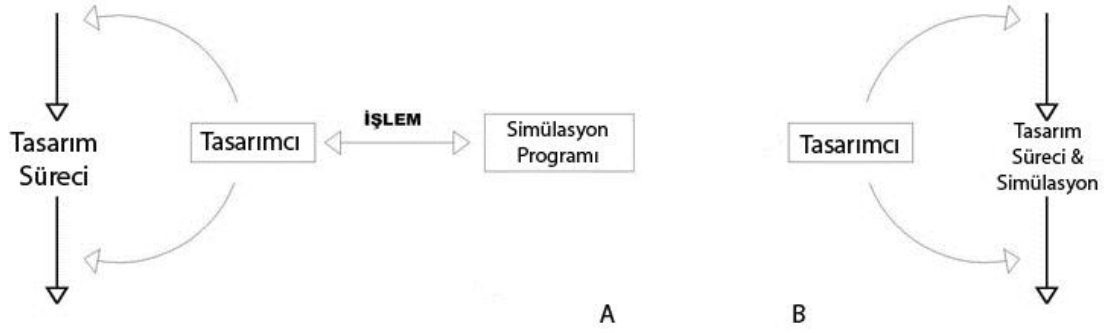
4.4 Performans Öncelikli Yapı Tasarım Sürecine BIM ve Simülasyon Odaklı Bir Yaklaşım

Bilgisayar destekli yaklaşımlar ile tasarımların daha ilk evrelerinden itibaren performans ekseninde ele alınması, enerji etkinliği ve çevre duyarlılığı ön planda olacak şekilde doğru kararlar ve seçimlerle yapılmasını sağlayacak simülasyonlardan söz etmek mümkündür. Bina form, boyut, yönlenme ve alt sistemlerinin tüm bina performansına olan etkisini analiz edebilen bu yardımcı sistemler ile elde edilecek bilgiler ışığında alınacak tasarım kararlarının, mimari tasarım süreçlerinin daha etkin şekilde yönetilmesini sağladığı açıktır.

Ancak halen bu yaklaşımların neden mimari tasarım süreçlerine tam olarak entegre olamadığı düşünüldüğünde; (i) genellikle tasarımcıların performans simülasyonlarını oluşturacak bilgi ve tecrübeye sahip olmayışları, (ii) mevcut tasarım sürecinde erken aşamalarda tasarımın yeterli bilgiyi sunamıyor oluşu, (iii) performans analizlerinin çoğunlukla tasarım süreci dışından uzmanlarca oluşturulmasının getirdiği ek maliyet ve (iv) erken aşamalarda bilgiler olgunlaşmadığı ve yeterli bilgi projelerden sağlanamadığı için simülasyonların mimari tasarım sürecinin ardından oluşturulma anlayışı gibi nedenler görülmektedir (Schlueter ve Thesseling, 2009).

Tasarım ve uygulama aşamaları bir bütün olarak ele alındığında, zamanın önemli bir faktör olarak sürece katıldığını, pek çok farklı disiplinin ve uzmanın sürece dâhil olduğunu dolayısıyla koordinasyon eksikliklerinin görüldüğünü, tasarım sürecindeki eksiklik ve revizyonların proje geliştirme sürecini hantallaştırdıklarını ve proje ile uygulama arasında farklılıklar oluşabildiğini veya hatalı uygulamaların yapılabildiğini dolayısıyla da tüm bunların zaman ve maliyet kayıplarına yol açtığını söylemek mümkündür.

Tasarım uzmanlarının günümüzde bu kayıpları azaltmak ve inşa edilecek olan yapının performans öncelikli şekilde tasarlanması sürecinin daha verimli şekilde yönetilmesini sağlamak için geleneksel yöntemler ile ilerlettikleri süreçler yerine, tasarlama ve yapım yönetimi süreçlerinde BIM sistemleri gibi daha yenilikçi uygulamalara yönelmeleri onlara pek çok avantaj sağlamaktadır. Destek yazılımlar ve BIM sistemleri ile işleyen tasarım süreçleri Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16 : (A) Destek yazılım ile işleyen tasarım süreci (Harputlugil, 2009).
(B) BIM sistemleri ile işleyen tasarım süreci.

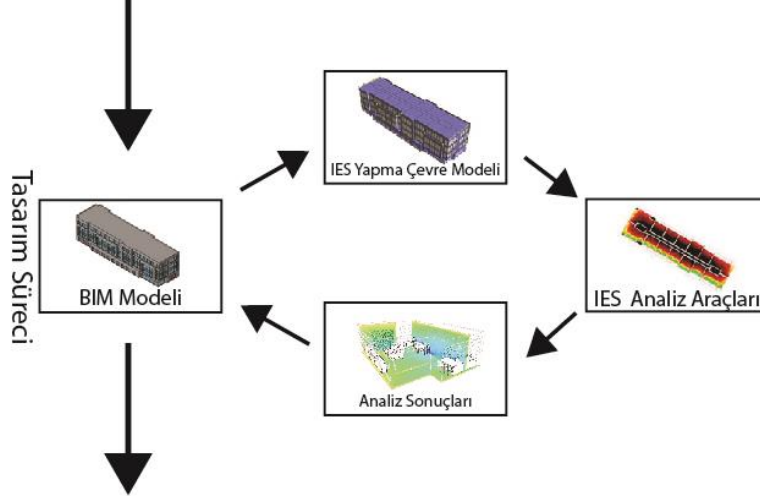
Performans öncelikli tasarımlar için kullanılacak olan verilerin, BIM modeliyle doğrudan oluşturulması, değerlendirilebilmesi veya farklı formatlara dönüştürülebilmesi çok önemlidir. Dönüştürerek farklı bir yazılım desteğine başvurulacak olan süreçler için sağlanacak ortak veriler, uluslararası bir işbirliği olan “gbXML” formatı ile sağlanmaktadır. Bu format piyasada yaygın olarak BIM yazılımı üreten Autodesk, Cadsoft, Bentley gibi firmalar tarafından kabul edilmekte ve desteklenmektedir. “XML” şeması temel olarak farklı analiz araçlarının tasarım süreçlerinde daha etkili rol alabilmeleri ve disiplinler arası birlikteliğin geliştirilmesi için kurulmuştur. Şuanda dünyada bir standart haline gelmiş olan bu format çok farklı değişik analizlere veri sağlayabilmektedir.

Bu noktada yalnızca BIM yazılımları üreten üreticiler değil, çeşitli analiz yazılımlarının üreticileri de bu konuya hassasiyet göstermekte ve desteklemektedirler. Üretilen sanal bina modeli üzerinden, destekledikleri gbXML gibi bir ortak dosya formatı veya kendi destekledikleri formatlarda çıktı üretilmesini sağlayarak, kendi yazılımları üzerinden analiz yapılmasını kolaylaştırmayı hedeflemektedirler. Yapılan analizler sonucunda, beklenen performans ölçütlerinin karşılanması için gerekli değişikliklerin tekrar BIM üzerindeki sanal bina modeli üzerinde yapılarak, analiz süreci tekrar işletilebilir.

Piyasadaki BIM yazılımları, genellikle bu ortak formatları destekleyerek üretkenliği artırırsalar bile, birçok yazılım üreticisi, yazılımlarının içine entegre edilmiş kendi analiz araçlarını da kullanıcılara sunmaktadırlar. Bu analiz araçlarına veri sağlayan IES’in Autodesk Revit eklentisi Şekil 4.17’de ve bu eklentinin ortaya çıkardığı analiz süreci Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

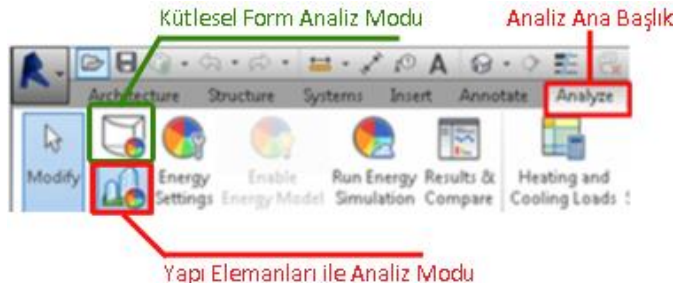


Şekil 4.17 : IES'in Autodesk Revit eklentisiyle analiz verisi sağlayan araçlar.



Şekil 4.18 : Farklı bir yazılım ile enerji analizi süreç diyagramı (IESVE).

Bu analiz araçları tasarımla ilgili basit bazı ön değerlendirmeler yapabildiği gibi, bahsedilen ortak gbXML dosya formatını kullanan daha detaylı analizlere de izin vermektedirler. Ancak çok karmaşık mühendislik ve uzman bilgisi gerektiren konulara özel yazılımlar detayında ve netliğinde sonuç alınamasa da bu yazılımlar iyi birer karar destek sistemi olarak tasarım süreçlerine dâhil olmaktadır. Autodesk Revit yazılımının kendi içerisinde sağladığı enerji analiz araçları Şekil 4.19'da ve bu analiz araçlarından elde edilen sonuçlar ise Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.19 : Autodesk Revit yazılımı enerji analizi araçları.



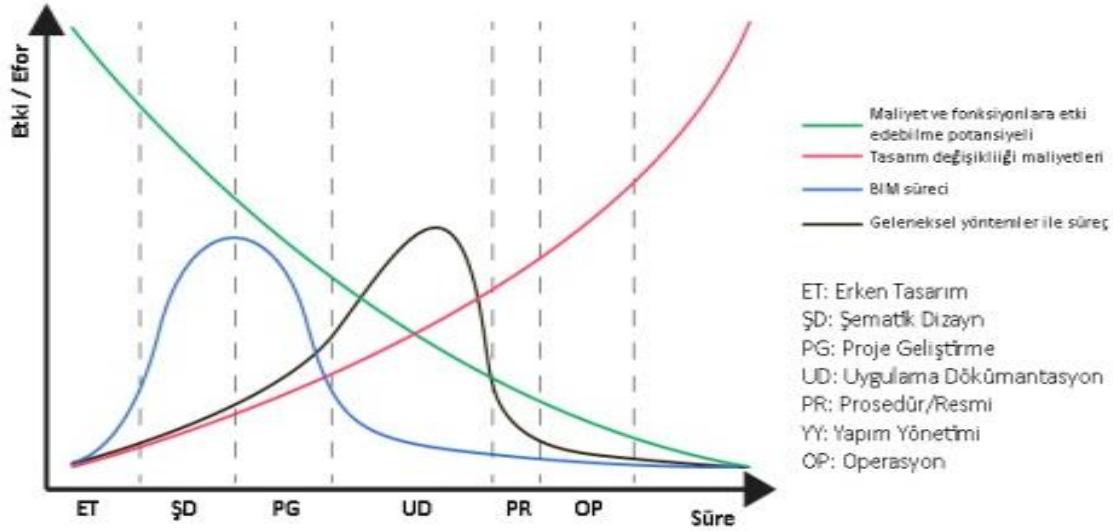
Şekil 4.20 : Autodesk Revit yazılımı enerji analizi sonuç ekranı.

BIM sistemlerinin performans öncelikli yapı tasarım süreçlerinde bu analizlere veri sağlayarak problemin çözümüne katkıda bulunmalarının yanı sıra, bu sistemler ile üretilen projeler parametrik veritabanları sayesinde, tüm tasarım süreci boyunca daha etkin şekilde model üzerinde değişiklikler yapılmasına izin vermektedir. Özellikle LEED, BREEAM gibi sertifikasyon süreçlerinde tasarımlar üzerinde pek çok değişiklik yapılması gerekebilmektedir. Tasarımların aranan şartları yerine getirememesi, süreç içerisinde değişen bazı gereklilikler veya yine süreçte yapılan hataların oluşturduğu zararları tutarlı ve koordine bir şekilde en az kayıpla düzeltme imkânı sunmaktadırlar.

Her ne kadar değişikliklere imkân sağlasa da, hedeflenen şartlara yaklaşmak büyük ölçüde mimari tasarımın ilk evrelerinde alınacak doğru kararlar ile daha olanaklı hale gelir. Bu anlayışla günümüzde kullanılan bilgisayar destekli tasarım araçları ile BIM sistemlerinin süreçleri karşılaştırıldığında, BIM sistemlerinin *Entegre Proje Teslimi*⁵(IPD) özelliklerinin sunduğu avantajlar sayesinde tasarlama süreçlerinde ve özellikle tasarımın ilk aşamalarına daha fazla emek harcandığını söylemek

⁵ Entegre Proje Teslimi – Integrated Project Delivery (IPD)

mümkündür. Dolayısıyla dokümantasyon ve koordinasyon gibi aşamalarda sarfedilen emek ve harcanan zaman, tasarımın daha etkin bir biçimde gerçekleştirilmesi için kullanılabilir. Geleneksel yöntemlerle BIM süreçlerinin karşılaştırılmasındaki etki/efor – zaman grafiği Şekil 4.21’de gösterilmiştir.

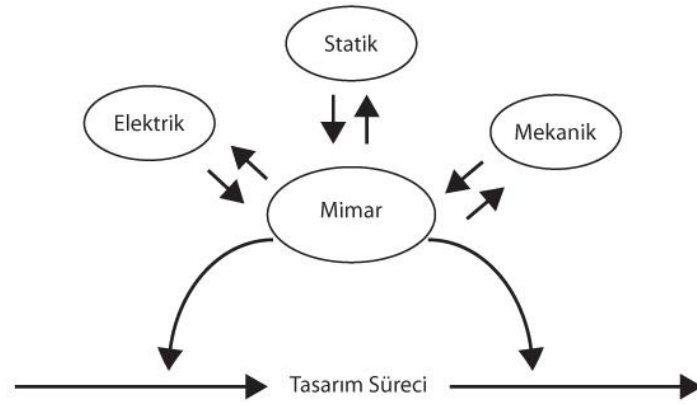


Şekil 4.21 : CAD ile BIM yaklaşımları farklılığını gösteren MacLeamy eğrisi (MacLeamy, 2004).

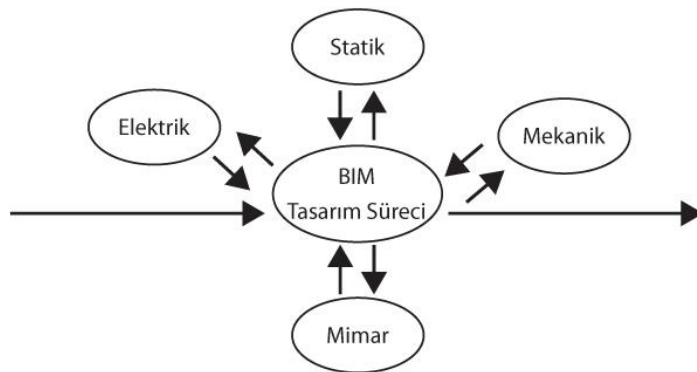
Bu etkin kullanım, tasarım süreçlerinde potansiyeli son derece yüksek olarak kabul edilen ilk adımlarda yapılacak geri dönüşler için de sürecin daha etkin biçimde işlemlerini sağlamaktadır. Bu geri dönüşler ile daha fazla deneme yapılabilmesi, tasarımın istenilen hedefe yaklaşması bakımından önemlidir. Eğer tasarıma ilişkin sorunlar sonuç aşamalarına doğru keşfedilirse, yapılabilecek iyileştirmeler sınırlı bir perspektifte ve daha yüksek maliyetlerle mümkün olabilmektedir (Harputlugil, 2009). Bu nedenle BIM sistemlerinin tasarım süreçlerine sağladığı yoğunlaşma olanağı, süreç ilerledikçe güçleşen ve maliyeti yükselten tasarıma etki edebilme kapasiteleri düşünüldüğünde performans öncelikli tasarım anlayışı sürecine olumlu katkı sağlayabilecek potansiyel barındırmaktadır.

BIM sistemlerinin projenin planlanması için bir öngörü sunması ve proje ile ilgili risklerin azalmasına etki etmesinin dışında kavramsal tasarım aşaması sonrasında projelerin daha detaylandırılmalarıyla birlikte öteki disiplinlerin de süreçte rolü artmaktadır. Binanın farklı sistemleri için verilecek birçok kararda mimarın tek başına karar alması pek mümkün olmadığından, birçok konuda uzmanlık bilgisi

gerektirmektedir. Dolayısıyla model oluşum süreçlerinde birçok katılımcı girdisi gerekmektedir. BIM sistemleri bu konuda da işbirliğine izin vererek, bu sürecin dinamik bir şekilde ilerlemesini ve detaylanmasını sağlanmaktadır (Ofloğlu, 2009). Farklı disiplinlerle ilişkiyi de daha sağlıklı şekilde koordine edebildiği için bu sistemler bina modellerinin daha doğru ve koordine şekilde yaratılmasını ve denetlenmesini sağlamaktadır. Güvenilir ve gerçeğe daha yakın verileri ile tasarım aşamasından bina kullanım ve işletilmesine kadar BIM sistemleri tüm süreçlerde var olarak daha sağlıklı binaların tasarlanıp uygulanmasına yardımcı olmaktadır. Geleneksel yöntemlerde disiplinlerin katılımı şekil 4.22’dr, BIM süreçlerinde disiplinlerin katılımı ise şekil 4.23’te gösterilmiştir.



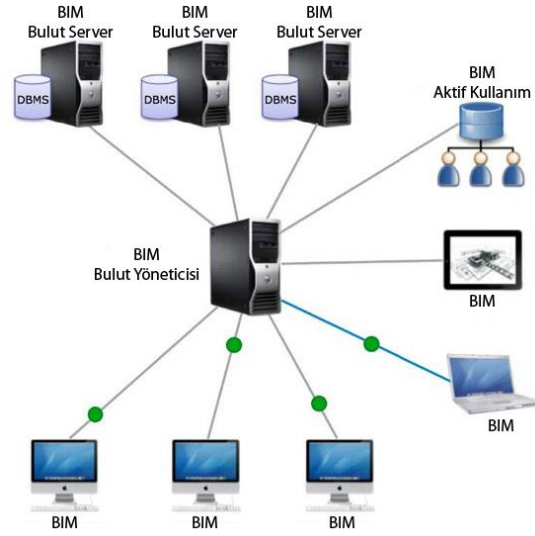
Şekil 4.22 : Geleneksel yöntemler ile disiplinlerin tasarım sürecine katılımlarının şematik gösterimi.



Şekil 4.23 : BIM sistemleri ile üretilen modele farklı disiplinlerin katılımına ilişkin şematik gösterim.

Bu koordinasyon ve işbirliği, BIM sistemlerinin desteklediği birden çok katılımcının süreçte eşzamanlı olarak yer alma ve katkıda bulunabilmelerine olanak sağlayan

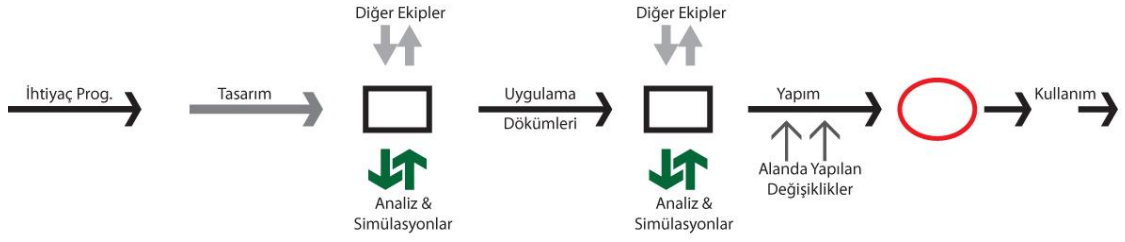
*sunucular*⁶ ile mümkün olmaktadır. Bu katılım bir ofis içerisinde yerel bir ağ üzerinden olabileceği gibi coğrafik olarak farklı alanlarda bulunan katılımcıların da telekomünikasyon ağları üzerinden aynı anda birlikte çalışmalarını mümkün kılmaktadır. Farklı disiplinlerin eşzamanlı olarak içerik görüntüleme ve üretebilmeleri yapım süreçlerinde tamamen mimarın üzerinde olan disiplinler arası koordinasyon yükünü üstlenerek, doğacak sorunlarının büyük bir kısmını ortadan kaldırmaktadır. BIM sistemleri üzerinden sağlanan ortak çalışma ortamının şematik gösterimi Şekil 4.24'te verilmiştir.



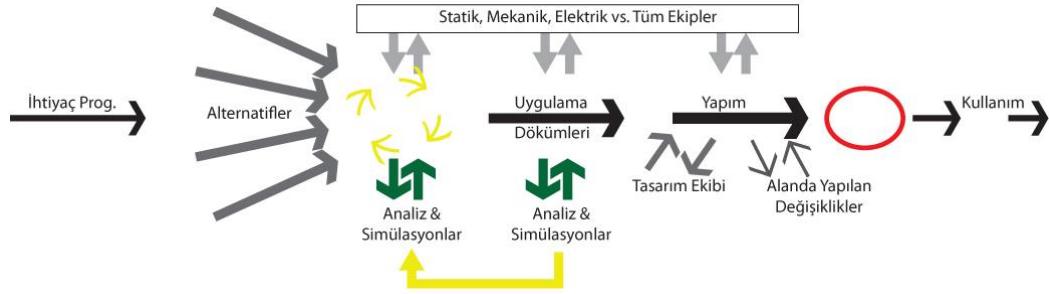
Şekil 4.24 : BIM sistemleri ortak çalışma şeması.

BIM sistemleri tasarım sürecinin merkezine yerleşip, süreçlerin başından sonuna kadar işbirliği ve koordinasyon sağlamaktadır. Bu koordinasyon avantajı ile projelerin olgunlaşma süreçlerinde etkin kararlar alınmasını desteklemektedir. Geleneksel yaklaşım ve BIM sistemine ait mimari süreçlerin şematik gösterimleri, sırasıyla Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da verilmiştir.

⁶ Sunucu – Bu sunucular bir ofis içerisinde “yerel ağ” ile sağlanabilmekte iken, coğrafik olarak birbirinden ayrı mekânlarda ise internet üzerinden işlemlerin yapılmasını sağlayacak “WAN – wide area network” sunucuları kullanılmaktadır.



Şekil 4.25 : Geleneksel yaklaşımda süreç.



Şekil 4.26 : BIM sistemleri ile süreç.

Tasarlama ve yapım süreçlerinin ardından, hazırlanmış olan BIM modeli tesis kullanım, işletim, onarım ve yıkım aşamalarında da kullanılabilir. İklimlendirme (HVAC) ve elektrik sistemlerinin düzgün işletimi, güvenlik sistemleri kurulumu, acil durum tahliye planları hazırlanması ve emlak – mekân kaynağı yönetimi gibi olası işletim kullanımları olduğu gibi yeniden işlevlendirme, performans geliştirimi, yıkım ve malzeme geri dönüşümü süreçlerinde de kullanımları mümkündür (Ofloğlu, 2014b).

Ancak BIM sistemleriyle işletilen süreçlerde, erken aşamalarda olan analiz ve geri dönüşlerin kolaylığının, tasarımın ileri süreçlerinde de aynı şekilde olduğunu söylemek güçtür. Tasarım, tüm verileri ile ortaya çıkan sanal bir yapı mantığında inşa edildiğinden ileriki süreçlerde olası geri dönüşler, tasarımcılar ve bu modele katkı yapacak tüm profesyoneller için daha büyük zorluklara ve kayıplara yol açmaktadır. Dolayısıyla BIM sistemleri üzerinden devam etmesi kararlaştırılmış yapım süreçlerinde, karar alma süreçlerinin tasarım daha erken aşamalarda iken tamamlanması, projelerin minimum kayıp ve istenilene yakın şekilde oluşmalarına katkı sağlamaktadır.

Sözü edilen avantajlar sayesinde BIM sistemleri performans öncelikli bina tasarımı konularında, tasarımcıya ve sürece dâhil olan tüm ekiplere büyük kolaylıklar

sunduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca sağladığı koordinasyon sistemi ile daha etkin bir biçimde süreçlerin yönetilmesini desteklemektedir. Her geçen gün gelişmekte olan bu teknolojilerin gelecekte de tüm yapı sektörüne yeni özellikleri ile kolaylıklar sağlayacağı ve daha etkin projelerin oluşumunu destekleyeceği söylenebilir.

4.5 BIM Sistemlerinin Adaptasyonu

Son yıllarda yayınlanan gerek bilimsel gerekse sektörel çalışmalar, inşaat sektörü içerisindeki farklı proje paydaşlarının BIM teknolojileri ve süreçlerinden elde ettikleri katma değer, iş modellerinin değişimi, organizasyonel dönüşüm ve bilgi standardizasyonu konuları üzerine yoğunlaşmaktadır. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde çeşitli mesleki kuruluşların BIM teknolojileri ve iş modellerine adaptasyonu konusundaki etkinlikleri artmaktadır. Amerikan inşaat sektöründeki teknoloji konsorsiyumu olan FIATECH önde gelen inşaat ve teknoloji firmalarının katılımı ile oluşturulan “Teknoloji Yol Haritasının” 9 numaralı bileşeninde BIM teknolojileri eş işlerlik, bilgi-etkin süreçler ve işgücü konusunda kritik teknoloji olarak tanımlanmaktadır (FIATECH, 2009). Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) ise 2007 Entegre Proje Teslim rehberinde BIM teknolojilerini entegrasyon ve verimliliği yüksek tasarım süreçleri için en uygun teknoloji olarak vermektedir (AIA, 2007). ABD'nin en büyük işvereni konumundaki federal GSA kurumu, tüm federal binalarda alan ölçümleme ve değerlendirmeleri için zorunlu BIM kullanımı getirmiş ve teknolojinin kullanılması konusunda kendi iç standartlarını oluşturmuştur. Amerikan Ulusal Yapı Bilimleri Enstitüsü (National Institute of Building Science - NIBS) liderliğinde hazırlanan ulusal BIM standardı birçok mesleki kurum, firma temsilcisi, teknoloji sağlayıcıları ve akademisyenlerin katkıları ile geliştirilmektedir (NIBS, 2009). Bu bağlamda değerlendirildiğinde özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa'daki inşaat sektörlerinin süreç odaklı bilgi teknolojileri kabiliyetlerinin hızla artmasının küresel anlamdaki rekabet düzeyini de belirgin olarak etkilemesi beklenmektedir.

Günümüzde BIM sistemleri için oluşturulmuş yazılımlarının sayısı gittikçe artmaktadır. Bunlara örnek olarak Autodesk Revit Suite, Graphisoft ArchiCAD, Constructor, Bentley AECOsim Building Designer, Autodesk Navisworks, Tekla Structures ve Nemetschek Allplan verilebilir. Ayrıca, bu yazılımlar konusunda danışmanlık hizmeti ve eğitim veren yeni firmalar geçtiğimiz seneler içerisinde ortaya çıkmışlardır. BIM teknolojilerinin adaptasyonu süreci ile ilgili literatürde yer alan

akademik çalışmalarda vurgulandığı üzere yeni teknolojilerden maksimum katma değerin sağlanması, bu teknolojilerin, eski süreçlerin ve iş modellerinin desteklenmesi yerine yeni ve inovasyon tabanlı iş modellerinin merkezine yerleştirilmesine bağlıdır (Kalay 2006; Clayton 2009). Özellikle yüksek performanslı ve enerji verimliliği yüksek binaların tasarımı ve yapımı konuları entegre proje teslimi ve BIM ile doğrudan ilişkilidir (Krygiel ve Nies, 2008).

5. MODEL

Tez için önerilen bu yaklaşım teorik temellerini “Dairesel Entegrasyon Modeli (Fischer ve Kunz, 1993), yine aynı çalışmanın bir uzantısı olan CircleX Entegrasyon Modeli (Özener, 2009) ve SeedBIM (Clayton ve diğ, 2012) adlı çalışmalardan almaktadır. Temel olarak bina odaklı verinin farklı disiplinler ekseninde üretimi ve bu verinin devingen bir süreç içerisinde kullanılmasına dayanan Dairesel Entegrasyon ve CircleX modelleri organizasyonel ve teknolojik anlamda iki farklı katmandaki eş işlerlik ve veri paylaşımının sürekliliği konularını vurgulamaktadır. Bu modellerde koordinasyon ve güvenilir verinin üretilmesi ve kullanımı yüksek uzmanlık gerektiren projelerde ulaşılabilir BIM modellerinin tüm proje sürecini kolaylaştıran bir nitelikte kullanımı ön plandadır. SeedBIM makalesinde ise Clayton(2012), küçük ve orta ölçekli konut, ticaret binaları gibi projelerde yazılım ve üretim teknolojileri sınırlı küçük büroların ve firmaların jenerik BIM modellerini hazır olarak alıp bu modellerin temel özelliklerin korunarak parametreler üzerinde değiştirilmesi ve dönüştürülmesine dayanan bir iş modelinin uygulanabilirliğini tartışmaktadır. Tez kapsamındaki model bu çalışmaların veri üretimi, paylaşımı ve koordinasyon yaklaşımlarını ve BIM odaklı yeni iş modeli önerilerini referans almaktadır.

Bunlarla birlikte, günümüzde geline nokta yapı sektöründe tüm bu terimler dışında sürdürülebilirlik terimi de kaçınılmaz bir hal almıştır. Bu önemli durum, yapım aşamasında ve öncesinde mimar ve mühendislerin projelerini bu kaygıları da göz önünde bulundurarak daha sürdürülebilir şekilde geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Sürdürülebilir bir tasarım, çevresel etkiler ve ekonomi olmak üzere iki ana başlık üzerinde oluşmaktadır. Her ne kadar önemli bir konu olsa da sürdürülebilirlik, ancak hem uygulanabilirlik hem de maliyetler açısından fizibil olması durumunda beklenen katkıyı sağlayabilir. Yerleşim, mimari tasarım, strüktürel kararlar, bina alt sistemleri gibi yapılacak yapı hakkındaki tüm kararların doğru şekilde ve hassas olarak alınmasını gerektirmektedir.

5.1 Model İşleyişi

Bu kararların alınması büyük bir uzmanlık ve teknoloji kullanımı gerektirmektedir. Bu teknoloji ve uzmanlığa erişim günümüzde kısmen kısıtlı veya maliyetli olabilmektedir. Zaten mevcut tamamlanmış veya yakın gelecekte tamamlanacak olan ve sürdürülebilirlik kaygısı bulunan projelerin de bu nedenle çok düşük bir oranda kaldığı, genellikle de büyük şehirlerde ve butik olarak ortaya çıktığı söylenebilir. Bu çalışmada önerilen modelin de öncelikli kaygısı bu dağılımın daha dengeli hale getirilmesidir. Bunun için söz konusu modelde teknoloji ve uzmanlığın daha ulaşılabilir hale gelmesi, bedelsiz olarak sunulması, uyarlanabilir bir yapıda kullanıcıya ulaştırılması, katılım sağlanabilmesi ve güncel kalabilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle bu model *Açık Kaynak*⁷ ilkelerine göre tasarlanmıştır. Bu açık kaynak oluşum modeli Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Bu sayede *Know-how*⁸ paylaşımının yükselmesi ve yapılacak olan yapının önceden test edilmiş, yüksek verimli ve pek çok detay çözümünün tamamlanmış olarak sunulması amaçlanmıştır.



Şekil 5.1 : Açık kaynak oluşum modeli.

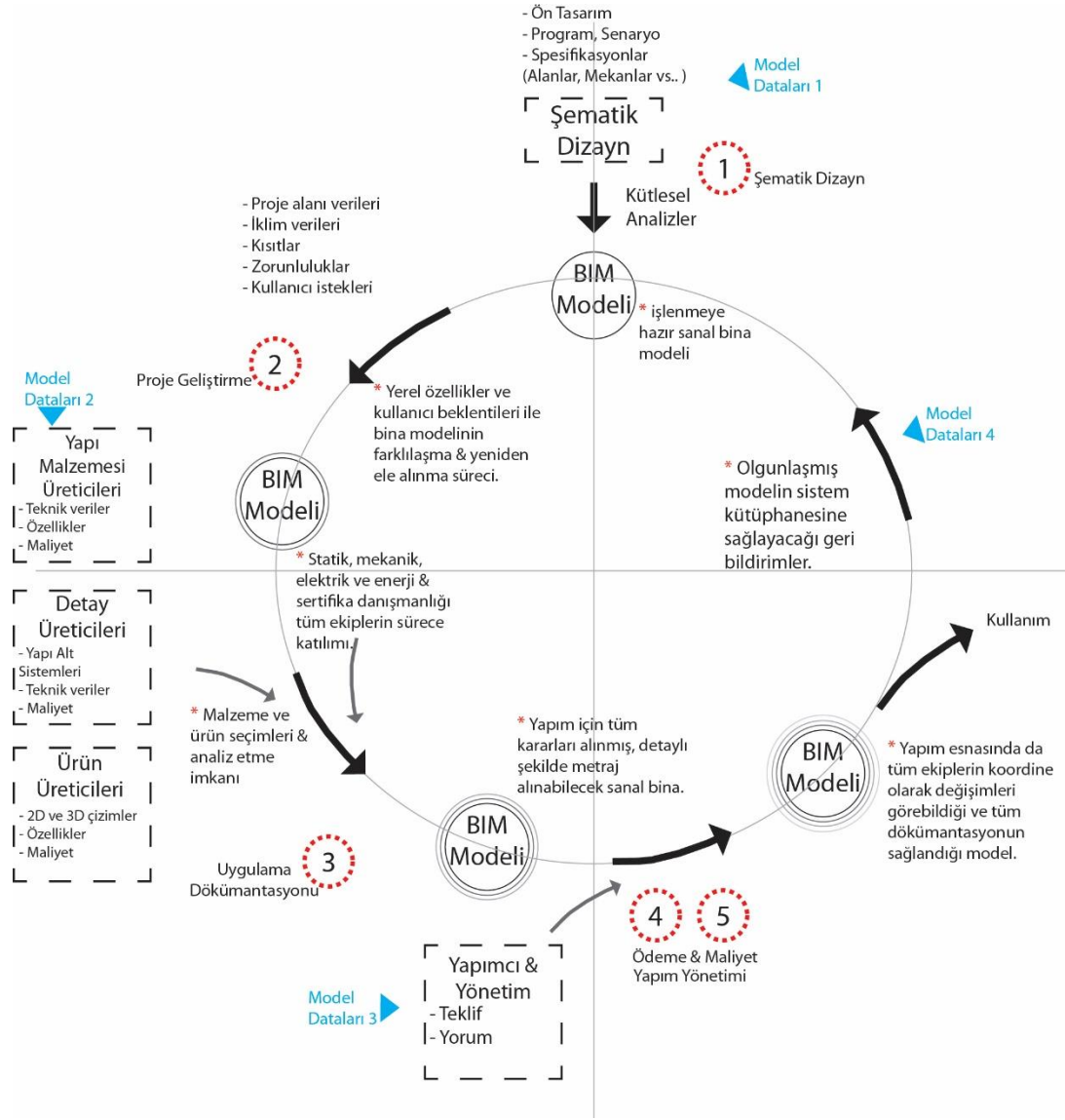
Daha önceki bölümlerde önerilen BIM ve simülasyon odaklı süreçte, girdilerin oluşumu açıklanmıştır. Süreçte BIM sistemlerinin tercih edilmesinin esas nedeninin, ilk aşamada oluşturulan değiştirilebilir tohum modelde(ilk iş) oluşan analiz ve geri dönüşlerin yapımın tüm aşamalarında sağladığı kolaylığı olarak özetlenebilir. Ayrıca oluşturulacak olan türev modellerde çevresel veriler, maliyetler ve kullanıcı istekleri

⁷ Açık Kaynak – İngilizcesi Open Source. Son ürünün tasarım ve uygulama detayları için erişimi ve ücretsiz yeniden dağıtımı teşvik eden bir felsefe veya pragmatik yöntem biçimidir.

⁸ Know-how – Tam karşılığı olmamakla birlikte, bir şeyi yapabilme bilgi olarak ifade edilebilir.

nedenleri ile tohum modelde yapılacak değişikliklerin işlenmesi sürecinde de BIM sistemleri farklı kolaylıklar sunmaktadırlar.

Bu modellerin benimsenmesinde yatırımcıların da büyük rolü vardır. Yatırımcılar tasarım, yapım ve satın alma gibi tüm aşamalarda kendilerine servis sağlayacak kişi ve kuruluşları seçebilmektedirler. Ancak ne yazık ki yatırımcıların pek çoğu servis sağlayıcıların mevcut sunmakta olduğu hizmeti benimsemekte, teslim süreçlerinin kontrolü ve değişimi potansiyelini algılayamamaktadırlar. Pek çoğu da BIM süreçlerinden elde edilebilecek avantajlardan habersizdirler (Eastman ve diğ, 2011). Tüm bu avantajları ile BIM sistemleri tabanlı izlenecek bir akış modeli oluşturulmaktadır. Bu akış şeması Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



Şekil 5.2 : BIM sistemleri tabanlı model akış diyagramı.

Önerilen modelde öncelikli olarak, farklı mimarların katkısıyla oluşturulmuş veya geri bildirimlerden de beslenebilen geliştirilmeye açık ön tasarımları barındıran bir veri tabanından kullanıcının seçim yapması beklenmektedir. Tasarım kütüphanesinde hazır bulunan bu ön tasarım şemaları uzmanlarca oluşturulmuş, daha önceden farklı yönlerden denenmiş veya uygulanmış olabilirler. Bu şematik tasarımların hazır olarak kullanıcı ve mimarlara sunulmasındaki amaç, sürecin ilk aşamalarındaki yükü mümkün olduğunca aşağı çekerek hız kazanmak ve bu konudaki deneyimlerden maksimum düzeyde yararlanmaktır. Yapılacak seçim ile bu ön tasarımın detaylandırılarak şekil alacağı işlemlerin yapılması için bir BIM tabanlı modele dönüşmüş şekli tasarım ekibi ve kullanıcıya sunulmaktadır.

Öncelikli olarak bu ilk oluşum BIM modeli uygulama aşamasında dikkat edilmesi gereken yasal kısıtlar ve zorunluluklar ile şekillendirilmek üzere yatırımcının seçeceği ve çalışmayı sürdürecektir olan yerel mimarların ve teknik ekiplerin hatta performans beklentilerine uygun olarak danışmanların çalışmalarına ve yorumlarına olanak sağlamaktadır. Yasal zorunluluklar tasarım, fabrikasyon, analiz ve üretim çizimleri sağlayan, finanse eden ve koordinasyonun doğruluğundan sorumlu olan kişiler için sorun oluşturmaktadır. Bu sorunların projelendirme süreçlerinde BIM kullanan ekipler tarafından ele alınması gerekmektedir. Yatırımcılar da BIM süreçleri ve avantajları hakkında ne kadar bilgilendirilirse, operasyonlar, altyapı ve sonraki yenilikleri destekleyen bir yapım modeline olan ihtiyacı görebilecekleridir. AIA ve AGC⁹ gibi profesyonel meslek kuruluşları da BIM teknolojileri kullanımında ortaya çıkan sorunları karşılamak için sözleşmeye dayalı yönergeler geliştirmektedirler (Eastman ve diğ, 2011).

Yasal yaptırımların dışında bu elde edilen model üzerinde yapılacak çalışmalar ile mimari tasarım süreçlerinde “kavramsal tasarımın” yerini “maddeleşmeye” bırakması beklenmektedir. Bu ele alınacak olan ilk oluşum BIM modelinin, projenin yapılması planlanan alanın özellikleri, iklim verileri ve kullanıcı istekleri ve beklenen nitelikler gibi etmenler ile performans kaygısı da göz önüne alınarak şekillendirilmesi beklenmektedir. Bu safhadan sonra proje artık AIA’nın mimari tasarım süreçlerinden ilki olan şematik tasarım aşamasından çıkarak yapım ile ilgili kararların alındığı proje geliştirilme aşamasına gelmektedir. Bu süreçte mimarların yanı sıra yapımcı, statik, ısıtma ve havalandırma, mekanik ve elektrik ekiplerinin hatta daha büyük projelerde yapım yöneticiler ve peyzaj mimarları gibi diğer teknik ekiplerin de projeyi BIM modeli üzerinden takip etmeleri ve gerekli çalışmaları projeye işlemeleri beklenmektedir. Geleneksel süreçlerde genellikle bazı büyük kararların alınmasından sonra görülen bu katılımın, önerilen süreçte erkenden sağlanabilmesi olası hataları, geri dönüşleri ve geç kalınan modifikasyonları engelleyebilir.

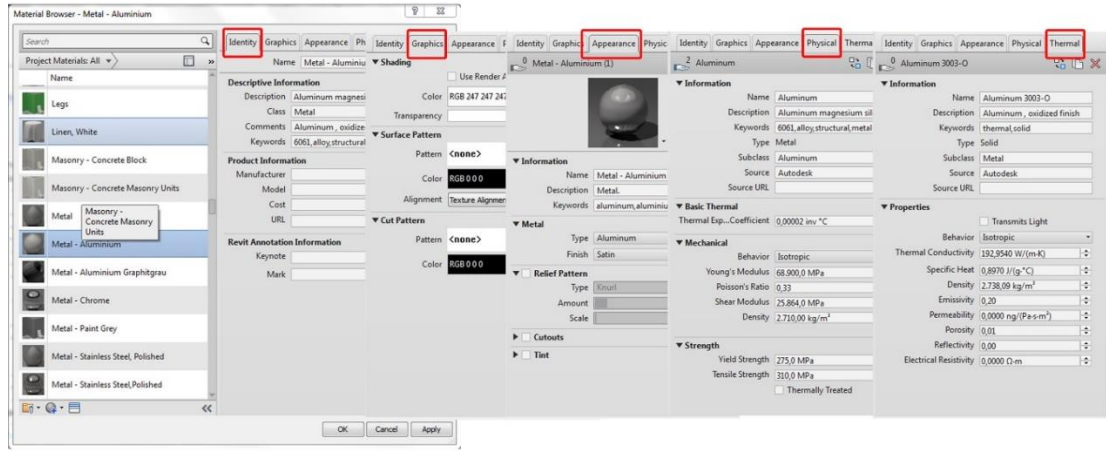
Burada bir diğer önemli husus, projeyi yürütecek mimari ve diğer teknik ekiplerin yapılacak malzeme, ürün vb. seçimlerini sistem üzerinde daha önceden ürün özelinde beklenen verileri tanımlanmış modeller veya nesnelerle hızlıca yapabilmeleridir.

⁹ AGC – Association of General Contractors

Önerilen bu süreç modelinde, ürün özelinde beklenen veriler değişkenlik gösterebilmektedir. Dolayısıyla amacına uygun olarak ürün, malzeme ve detay gibi seçim alternatiflerine ait verilerin üreticiler tarafından beklenen olgunlukta ve hassasiyette girilmesi beklenmektedir. Bu girdilere örnek olarak; bir malzeme verisinde ısı iletim katsayısı, yangın dayanım süresi ve uygulandığındaki bitiş görünüşü gibi termal ve fiziksel özellikleri beklenmekte iken, bir pencere nesnesi ele alındığında boyutlar, kullanılan malzemeler ve cam çeşidi gibi daha farklı verileri taşınması beklenmektedir. Bu hızlı seçme sistemi ile yapılan seçimlerin hızlıca denenmesine BIM sistemleri kendi içinde olanak sağlamaktadır. Bu da daha verimli kararların alınmasının önünü açmaktadır.

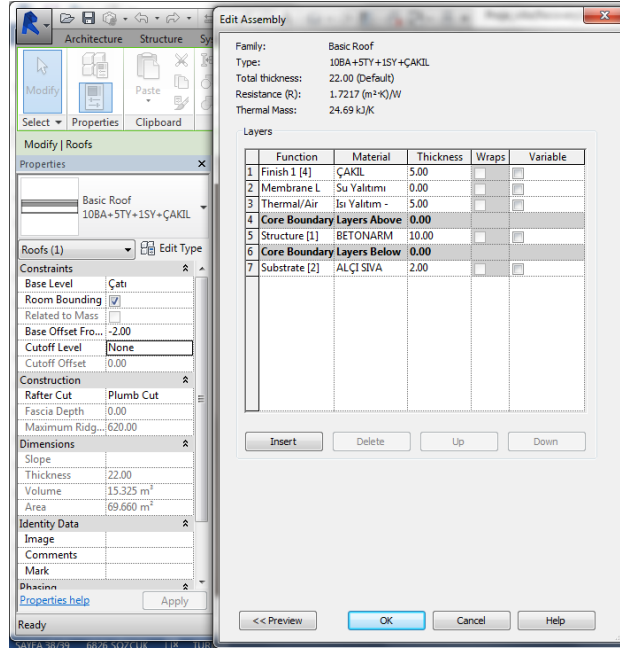
Bu hızlı seçimi sağlayacak verilerin temelini malzeme seçimi oluşturmaktadır. Yapı malzemeleri strüktürel ve bitiş ürünleri olarak enerji tasarrufu sağlamak, fazla nemi temizlemek ve zararlı çevresel etkenlere karşı korunmak için bina sistemleriyle verimli bir ilişki kurmalı ve bina tasarımında istenen niteliklere uygun işlev göstermelidir. Bu uygun işlevler ile malzemelerin tüm yaşam döngüsündeki maliyeti; yapım, düzenli bakımı, temizlik ve tamir başlığı altında değerlendirilmelidir. Malzemelerin değerlendirileceği tüm bu verilerinin oluşturulması esnasında Autodesk Revit platformunda beş ana nitelik altında verilerin girişi beklenmektedir. Bu bağlamda, önce malzemenin kimliğini oluşturacak olan genel bir tanıtım bilgisi sunulması beklenmektedir. Bu açıklamalara ek olarak üretici bilgisi, marka model bilgisi, malzeme ile ilgili daha fazla bilgiye ulaşılabilen internet adresi ve maliyeti gibi bilgiler verilmelidir. Diğer taraftan, grafik özelliklerine ait parametrelerinin doğru biçimde girilmesi, üretim çizimlerinin dokümantasyonun daha hatasız ve anlaşılabilir olarak üretilmesini sağlayacaktır. Malzemenin dış görünüş özelliklerinin de gerçeğe yakın olarak girilmesi, model üzerinden alınacak üç boyutlu görsellerde gerçekçi sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. Malzemenin fiziksel ve termal özelliklerinin de doğru ve gerçekçi şekilde girilmeleri, model üzerinden yapılacak olan çeşitli testlerin

gerçek sonuçlar oluşturmalarını sağlayacaktır. Malzeme oluşturulurken beklenen teknik veriler Autodesk Revit platformu malzeme editörü Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



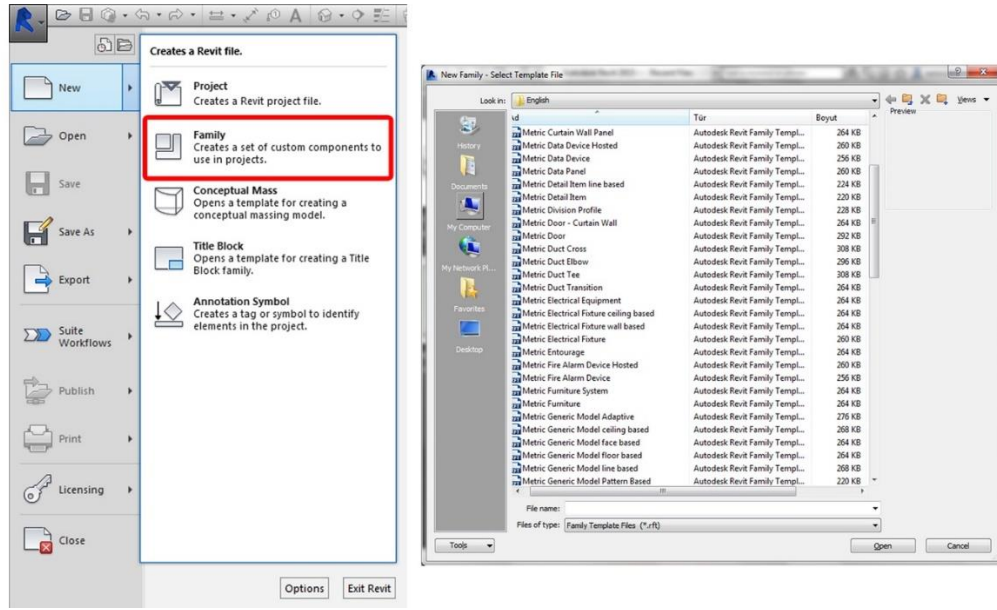
Şekil 5.3 : Autodesk Revit malzeme editörü.

Farklı malzemelerin ve ürünlerin birleşimi ile yapı elemanları veya farklı yapı sistemleri oluşturulmaktadır. Yapı performansı öncelikli tasarımların oluşturulmasında en önemli hususlardan biri aktif stratejilerin yerini pasif stratejilerin almasıdır. Yapılara konfor ve güvenlik sağlayacak olan bu sistemlerin her birinin yapının genel ekosistemine uyumlu şekilde katkı yapması istenmektedir. Dolayısıyla sistemler oluşturulurken daha genel bir perspektifte birbirlerinden kopuk olmayan bir sistemler bütünü olarak ele alınmaları önemlidir. Efektif bir sistem oluşturulurken farklı yapı bileşenlerinin birbirleri ve çevre ile olan ilişkilerinin belirlenmesi en temel işlemlerden biri olarak değerlendirilir. Dolayısıyla bu bileşenlerin hem mimari temsiller için kullanılacak olan grafiksel özelliklerinin hem de yapılacak olan fiziksel ve termal denemelerin gerçeğe yakın davranışlar göstermeleri için hem malzeme verilerinin hem de kendi spesifik verilerinin doğru şekilde girilmiş olması çok önemlidir. Autodesk Revit ile oluşturulan bir çatı sistemi ve özellikleri Şekil 5.4'te gösterilmiştir.

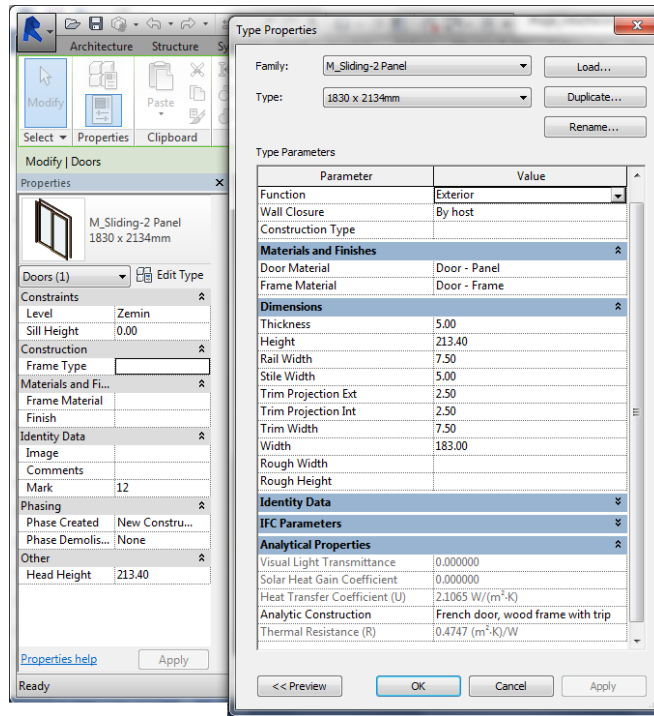


Şekil 5.4 : Autodesk Revit çatı sistemi katmanlaşması ve özellikleri.

Yapılacak ürün girişleri de *nesneler* ile olmaktadır. Bu nesnelere ait gereken parametreler işlevlerine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle oluşturulacak olan nesnelerin işlevine uygun şablonlar üzerinde oluşturulması önemlidir. Autodesk Revit platformunda nesne oluşturma ve temel şablonlardan seçim işlemi Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Bu temel şablonların yetersiz kaldığı ürün grupları için farklı şablonlar oluşturulabildiği gibi şablonların sunduğu parametrelerin yetersiz görülmesi durumunda kullanıcılar ek olarak yeni parametreler de ekleyebilmektedir. Örnek olarak pencere nesnesi tip parametreleri Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.5 : Autodesk Revit nesne oluşturma ve temel şablonlar.



Şekil 5.6 : Autodesk Revit pencere nesnesi tip parametreleri.

Yapılacak tüm seçimlerin ve düzenlemelerin ardından oluşan detaylı BIM modeli sayesinde uygulama dokümantasyonu işlemlerinde de bu önerilen model üzerinde bulunan bileşenlerin seçimleri hız kazanmaktadır. Özellikle büyük ölçekteki projelerde, çizimlerin tekrarlayan bilgilerinin oluşturulması ve işlenmesi büyük bir

sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle görselleştirmeler ve tasarım detaylarının dokümantasyonunu oluşturmak için iletişimin sağlam şekilde sağlandığı büyük bir takıma ihtiyaç duyulmaktadır (Kymmell, 2008). Bileşen verilerinin doğru ve etkin bir şekilde girilmesi durumunda tüm metrajlar, maliyet analizleri ve yapım çizimleri kolayca elde edilmekte ve tüm bu bilgiler ışığında üretime kolayca başlanabilmektedir. Önerilen model; üzerinde çalışmakta olan ekiplerin yanı sıra, yapım firmalarının da devam etmekte olan sürece dâhil olabilmelerini, metrajları ve analizleri görebilmelerini, yorum yapabilmelerini hatta istenildiği takdirde teklif sunabilmelerini amaçlanmaktadır.

Yapımcı firmaların seçiminin ardından geçilen üretim aşamasında da Şekil 4.27’de belirtildiği gibi BIM sistemleri ile ilerleyen sürece ait çalışmalarda gerek mimari gerekse diğer ekipler sürece kolayca dâhil olabilmektedirler. BIM sistemleri ile çalışmaya adapte olabilmiş firmalar tüm tasarım ve yapım aşamalarında koordinasyonu üst düzeyde sağlayarak en etkin şekilde bilgiye ulaşabilmektedirler (Eastman ve diğ., 2011). Bu birlikte çalışabilirlik alışılmışın aksine coğrafi olarak farklı bölgelerden dahi koordine bir şekilde sağlanabildiğinden, üretim aşamasında ortaya çıkan sorunların uzmanlarınca çözüme kavuşturulmasına olanak sağlamaktadır.

Ayrıca geliştirilen detaylandırılmış BIM modellerinin de tekrardan veri tabanına dönüşü ile sağlanan geri bildirimler, yapılacak olan yeni projelerin pek çok yönden önünü açmakta ve bir değerlendirme sağlamaktadır. Bu değerlendirmeler ışığında daha sağlıklı üretimler gerçekleştirilebilmektedir.

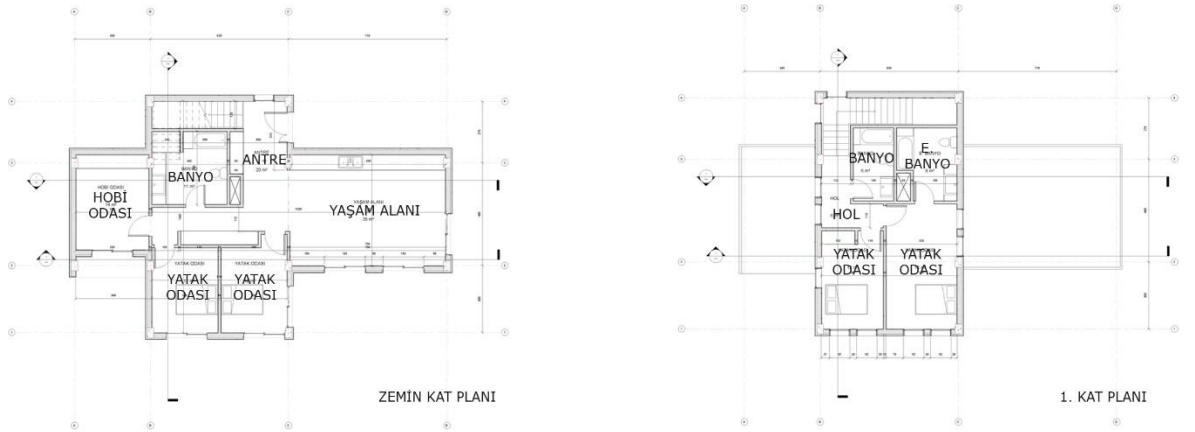
5.2 Örnek Model Uygulaması

Müşteri istekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda şekillenecek olan süreçte örnek bir müşteri beklentisi ile süreç işletilmeye başlandı. Senaryoda İstanbul ilinde 4 adet oda, bir yaşam alanı ve kapalı bir mutfak beklentisi olan genellikle tatil ve benzeri amaçlarla kullanılacak müstakil bir konut bulunmaktadır. Yılın genellikle belli dönemlerinde kullanılacak olması nedeniyle minimum seviyede bakım gerektirm ve bu sınırlı kullanım dönemlerindeki kullanım giderlerinin düşünüleceği bir yapı beklenmektedir. İhtiyaçların tam olarak olgunlaştırılmasının ardından süreç modelinin sunduğu şekillendirilmeye açık tohum BIM modellerinden seçim yapılmıştır. Model üzerinde bulunan farklı tohum projelerden yapılan seçim Şekil 5.7’de, bu tohum

projenin ilk durum kat planları Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Edinilen tohum BIM modelinin geliştirilmesi sürecinde Autodesk Revit platformu seçilmiştir.

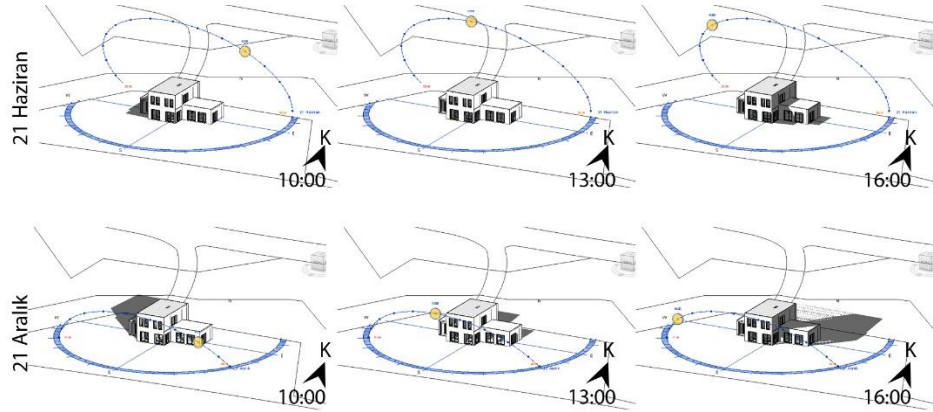


Şekil 5.7 : Sunulan farklı tohum modellerden yapılan seçim.



Şekil 5.8 : Tohum projenin ilk durum kat planları.

Öncelikli olarak projenin yer alması düşünülen arsanın özellikleri değerlendirilerek projenin yönlenmesi sağlandı. İstanbul’da yer alan arsa bağımsız bir noktada bulunmaktadır. Yapının yaşam alanları arsanın güneydeki manzara yönüne hâkim olacak şekilde konumlanması sağlanmıştır. Yerleştirildikten sonra güneş ve gölge çalışması yapılarak binanın günlük aydınlık ve gölge alanları gözlemlenmiştir. Bu gölge çalışmalarına ilişkin gösterimler Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 : Gölge çalışmaları.

Seçim sonrasında elde edilen tohum proje pek çok açıdan ihtiyaçlar ve istenilenlere uyum göstermektedir. Tam olarak adapte edilebilmesi için tohum BIM modeli üzerinde beklenen senaryoya uygun bazı değişiklikler yapıldı. Plan düzleminde öncelikli olarak, edinilen modelde beklentilerin aksine bir açık mutfak ve ekstra olarak bir hobi odası yer almaktadır. Bu hususta Autodesk Revit programının kendi analiz imkânları ile yapı kütlesel analizlerle denenerek projenin kütle konumlanması ve saydıamlık oranları için bir n çalışma yapıldı. Yapılan ilk kütlesel analizde saydıamlık oranları sabit tutularak, tohum modelle gelen hobi odasının korunup dördüncü odanın bir seçenekte zemin kata, bir seçenekte st kata eklendiği kütleler ve hobi odasının dnştrldği kütleler denendi. Bu simülasyonların ardından toplam tüketim değerleri karşılaştırıldığında hobi odasının dönüştürülerek oda olarak kullanılacağı seçenek ne çıkmıştır. Bu simülasyonların karşılaştırılma tablosu Ek.A’da sunulmaktadır. Analizle alınan karar sonrası bu oda iptal edilerek misafir kullanımı için istenen yatak odasına, odanın yerine de uygun biçimde mutfak yerleştirildi. Gölge analizlerinin de yardımı ile mutfak ve yaşam alanının keşişiminde bir veranda oluşturularak kullanıcıların bahçeyi daha rahat kullanabilmeleri amaçlanmıştır. Bu değişimler sonrasında yapının yeni düzenine uyumlu olacak şekilde saydam yüzeylerin yerleşimi ve sirkülasyon yeniden düzenlendi.

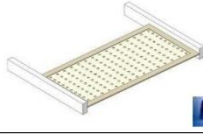
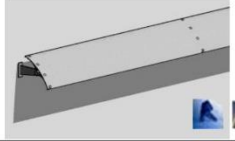
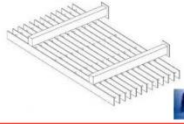
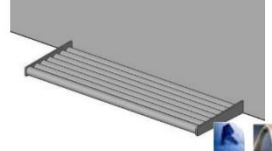
Yapılan bu değişiklikler üzerine de kütlesel simülasyonlar ile farklı saydıamlık değerleri denenmiştir. Bu deneme için de %40, %20 ve %15 saydıamlık oranları karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirme sonrası yapıların toplam tüketim değerleri sırasıyla 884, 675, 626 MJ/sm/yıl olarak elde edilmiştir. Bu simülasyonlar sonrası elde edilen tüm veriler Ek.B’de gösterilmiştir.

Bunun için kütlesel analizler yerine yapı elemanları ile ışık yoğunluğu analizi simülasyonları oluşturulmuştur. Bu doğrultuda %15 saydıamlık oranı ile yapılan ışık yoğunluğu analizi ile elde edilen sonuçlarda gerekli konfor şartlarının sağlandığı ancak güneş kontrolünün gerekmekte olduğunu gösteren değerler verdiği saptanmıştır. Bu analizin tüm sonuçları EK.C’de gösterilmektedir. Özellikle doğu ve batı güneşinde konfor şartlarının üzerine çıkan değerlerin dengelenmesine çalışılmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak yaşam alanı üzerindeki çatı genişletilerek saçak etkisi yaratılmıştır. Doğu cephesinde konumlanmış büyük pencere tipi iptal edilerek kuzey cephesinde çapraz havalandırmayı da destekleyecek kk tipte pencereler ilave edilmiştir. st katta da yatak odalarının güney cephesine yatay güneş kontrol

elemanları eklenmiştir. Doğu ve batı cephesinde oluşan fazla değerlerin de dikey güneş kırıcılar ile kontrol altına alınması sağlanmıştır.

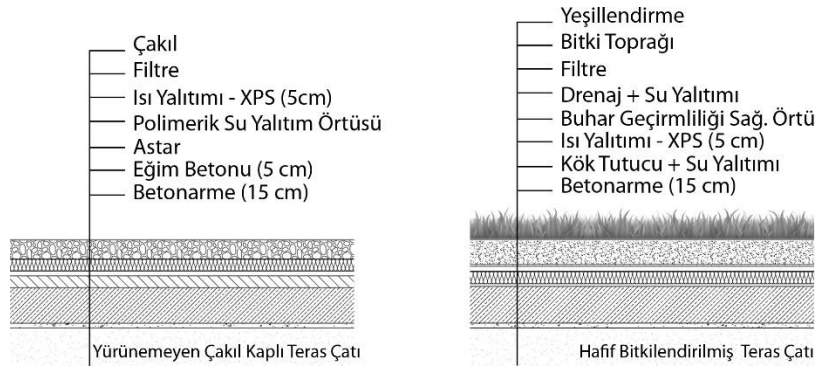
Bu seçimler, model üzerinde bulunan ve önceden üreticiler tarafından tanımlanmış güneş kırıcı yapı elemanları arasından yapılmıştır. Model üzerinde bulunan farklı özelliklerdeki kırıcılardan aranan niteliklerde olanlar seçilerek BIM modeli içerisine alınmış ve yapıya entegre edilmiştir. Bu seçim aslında yürütülen modelin fonksiyonlarından birini örneklemektedir. Pek çok farklı ürün daha önce üretici veya farklı kullanıcılar tarafından oluşturulmuş ve farklı kullanıcıların kullanımına açılmıştır. Geliştirilen tohum BIM modelleri için sürece dâhil olan profesyonellere bu model üzerindeki alternatifler büyük bir hız ve tutarlılık sunmaktadır. Seçim yapılan ürünler Şekil 5.10’da gösterilmektedir.

Objeler / Objects >>Güneş Kırıcılar / Sun Shaders

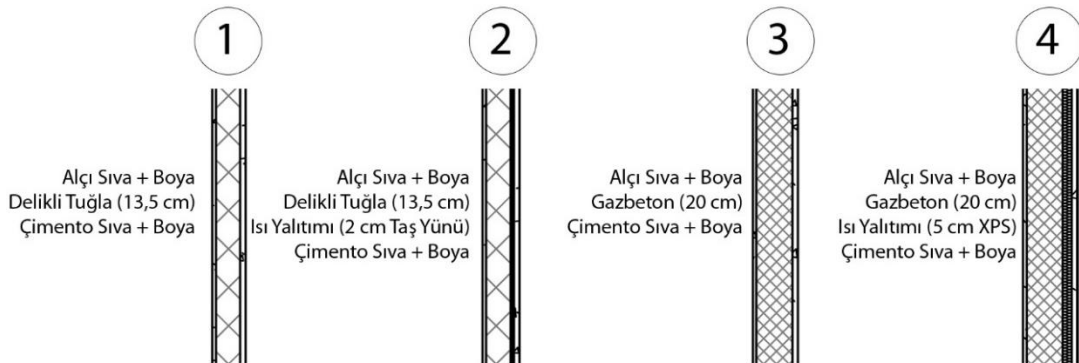
Ürün Görseli	Ürün Bilgisi	Ürün Görseli	Ürün Bilgisi
	Üretici BDF Model Ver.Sh Boyutlar		Üretici COLT Model Louvre Boyutlar
	Üretici BDF Model Soleil Boyutlar		Üretici COLT Model Elisse Boyutlar
	Üretici ecolore Model Al Boyutlar		Üretici SCHÜCO Model T1 Boyutlar
	Üretici LouvreSystems Model LS.0052 Boyutlar		Üretici SCHÜCO Model Tr2 Boyutlar
	Üretici LouvreSystems Model LS.00432 Boyutlar		Üretici ÇUHADAROĞLU Model PN 45 Boyutlar

Şekil 5.10 : Model üzerinde yer alan güneş kırıcılardan yapılan seçim.

Yerleşimin ve plan düzleminde alınan kararların ardından yapının farklı yapı sistemleri ve elemanları ile performansı denendi. Bu analizler ilk olarak model üzerinde önceden tanımlanmış farklı malzeme ve elemanların seçilerek bina kabuğunda yine Autocad Revit platformu üzerinde yapıldı. Bu çalışmada 4 farklı dış duvar tipi ile 2 farklı çatı katmanlaşması üzerinden denemeler yapıldı. Denenen dış duvarlar “2 cm alçı sıva + boya, 13,5 cm delikli tuğla, 3 cm çimento sıva + boya”, “2 cm alçı sıva + boya, 13,5 cm delikli tuğla, 2 cm panel taşıyıcı, 3 cm çimento sıva + boya”, “2 cm alçı sıva + boya, 20 cm gazbeton, 3 cm çimento sıva + boya”, “2 cm alçı sıva + boya, 20 cm gazbeton, 5 cm XPS, 3 cm çimento sıva + boya” olarak seçildi. Çatı katmanlaşmasında ise gezilemeyen çakıl teras çatı ile hafif bitkilendirilmiş yeşil çatılar denendi. Bu iki çatının sistem katmanlaşmaları Şekil 5.11’de verilmiştir. Dış duvarların katmanlaşması ise Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Yapılan çatı simülasyonları sonuçları da Ek.D’de ve dış duvarlar ile ilgili sonuçlar Ek.E’de gösterilmektedir.



Şekil 5.11 : Simule edilen iki çatı tipinin katmanlaşmalarını gösteren kesitleri.

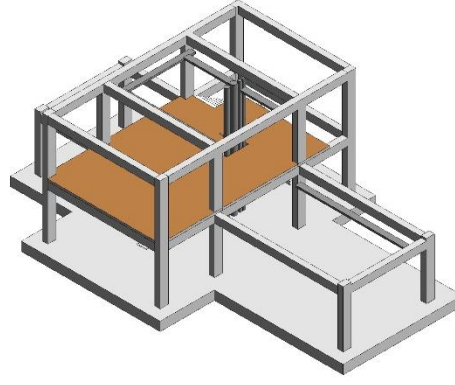


Şekil 5.12 : Simülasyonda denenen farklı dış duvar katmanlaşmaları.

Yapılan simülasyonlarda çatı analizlerinden elde edilen değerler iki sistemin birbirinden çok farklı olmadığını göstermektedir. Bu nedenle gerek kullanım ve yapım kolaylığı gerekse maliyet açılarından bu iki sistemin karma şekilde kullanılmasına karar verilmiştir. Yapının tek katlı ola bölümlerinin üzerinde yeşil, iki katlı bölümünün üzerinde ise yürünemeyen teras çatı uygulanması düşünülmüştür. Dış duvarlar için yapılan analizlerde ise, sınanan tipler arasından 4 numaralı duvar tipinin en etkin sonuçları verdiği görülmüştür. Bu sonuçların ardından seçimler BIM modeli üzerine işlenerek modelde yapı kabuğu şekillendirilmiştir. Bu analizlerin sonucunda yapı kabuğunda daha sağlıklı biçimde alınması gereken kararların bir bölümü alınmıştır. Bu model üzerinden benzer süreçler işletilerek farklı yapı elemanlarının da seçimi kolaylaştırılabilmektedir.

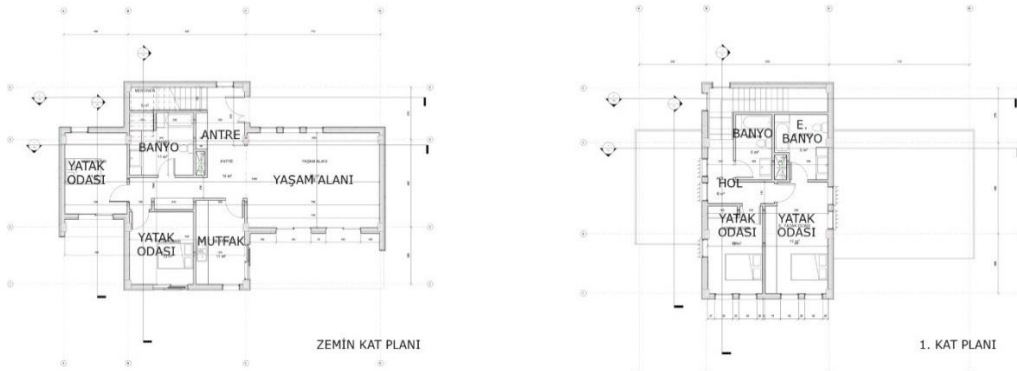
Bunlarla beraber, henüz kütleli analizlerde de görülen, yapının yer aldığı konum ve kütleli özellikleri itibari ile kendi enerjisini üretebilecek bir potansiyel sunduğudur. Simülasyon sonuçlarında okunan yapının yüksek verimli bir fotovoltaik panel (PV) ile yıllık 39,344 kWh gibi bir değerde enerji üretebileceğidir. Ancak rüzgâr enerjisinin kullanımı ile üretilecek enerjinin 2,191 kWh/yıl gibi bir değerle PV panellerle üretilen enerji miktarından çok daha düşük kaldığı görülmektedir. Ayrıca, bu iki yöntem birlikte kullanıldığında yapının enerji ihtiyacının büyük oranda karşıladığı görülmektedir. Bu potansiyeller değerlendirilerek yapının çatısına PV panel uygulanması kararlaştırılmıştır. Bu uygulama için yapının gölge analizleri değerlendirildiğinde iki katlı kütleli çatısı ile yaşam alanının üzerinde bulunan çatının ışık toplama oranının nispeten yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla kullanılacak olan PV panellerin bu alanlara yerleşimin daha verimli olacağına karar verilmiştir.

Bu kararlarla beraber süreç içerisinde bulunan statik, mekanik gibi diğer ekiplerde kararlardan eş zamanlı şekilde haberdar olarak, kendi analizleri ve değerlendirmelerini BIM modeline işlemektedirler. Ekiplerin yaptığı değişiklikler tüm projeye ve dolayısıyla elde edilecek dokümantasyona da otomatik olarak işlenmektedir. Alınan kararlar sonrası statik ve mekanik kararların Autodesk Revit modeli üzerinde işlenmiş hali Şekil 5.13'te görülmektedir.



Şekil 5.13 : Diğer ekiplerin Autodesk Revit modeli üzerindeki çalışması 3D görünümü.

Yapılan tüm bu değişiklikler ve alınan kararlar ardından BIM modeli pek çok yönden olgunlaşmıştır. Model bu durumda uygulama için gerekli olan plan, kesit, görünüşler gibi çizim dökümlerinin yanında istenilen metrajları ve görselleştirmeler için gereken üç boyutlu modeli de sunmaktadır. Müdahaleler sonrasında oluşan kat planları Şekil 5.14’te örnek mahal metrajı ise Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.14 : Tohum model üzerinde yapılan değişiklikler sonrası oluşan kat planları.

Çizelge 5.1 : Örnek mahal metrajı.

<Mahal Metrajı>						
A	B	C	D	E	F	G
Number	Name	Level	Area	Wall Finish	Base Finish	Ceiling Finish
1	YAŞAM ALANI	Zemin	35 m²	Sıva + Boya	Lamine parke	Sıva + Boya
2	MUTFAK	Zemin	11 m²	Seramik	Sıva + Boya	Sıva + Boya
3	ANTRE	Zemin	19 m²	Sıva + Boya	Lamine parke	Sıva + Boya
4	BANYO	Zemin	11 m²	Seramik	Seramik	Sıva + Boya
5	YATAK ODASI	Zemin	14 m²	Sıva + Boya	Lamine parke	Sıva + Boya
6	YATAK ODASI	Zemin	13 m²	Sıva + Boya	Lamine parke	Sıva + Boya
7	MERDİVEN	Zemin	5 m²	Sıva + Boya	Lamine parke	Sıva + Boya
8	E. BANYO	Kat 1	8 m²	Seramik	Seramik	Sıva + Boya
9	BANYO	Kat 1	6 m²	Seramik	Seramik	Sıva + Boya
10	E. YATAK ODASI	Kat 1	17 m²	Sıva + Boya	Lamine parke	Sıva + Boya
11	YATAK ODASI	Kat 1	12 m²	Sıva + Boya	Lamine parke	Sıva + Boya
12	HOL	Kat 1	6 m²	Sıva + Boya	Lamine parke	Sıva + Boya

Bu sağlanan dokümantasyon ile yapım için gereken veriler sağlanabilmiştir. Bu veriler yapımı üstlenecek olan firmaların kendi maliyet analizlerini çıkarmalarına da destek olarak teklif verme süreçlerinde daha az hata payı ile çalışmalarını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, yapım sürecinin başlaması için gerekli olan çizim ve metraj dökümleri de sağlandığından bu sürecin başlaması için engel kalmamaktadır.

Yapılan tüm bu çalışmaların ardından elde edilen yeni türev proje modelin sunduğu veri tabanına eklenerek daha sonra yapılacak benzer çalışmalara yine aynı avantajları sağlamak üzere kullanılmaya açılmıştır.

5.3 Değerlendirme

Yapım süreçleri birden çok uzmanlık alanının katkısı ile ilerlemekte olan süreçlerdir. Dolayısıyla sürece dâhil olan mimarlar, statik danışmanlar gibi tüm ekiplerin süreçlerde birbirlerinden bağımsız olarak üretimde bulunmaları imkânsız olarak nitelendirilebilir. Uzmanlık gerektiren bilgi ve tekniklerin süreçlere doğru katkı sağlaması ve tüm süreçte entegrasyonun artırılması, organizasyonel şemanın ancak doğru şekilde kurulması ve yürütülmesi ile mümkün olabilmektedir. Ancak günümüz pratiklerine bakıldığında beklenen efektif akışın tam olarak sağlanamadığı gözlemlenmektedir. Bu durumun temelinde kullanılan yazılımların yetersizliği yatmaktadır. Uzmanların kullandıkları birbirinden farklı birçok yazılımın hem ekip içi hem de ekipler arası entegrasyonu desteklememesi, ekipler arası iletişimin belirsiz yollarla yapılan geri beslemelerle sağlanması düşünülebilir. Genel iletişimin düzeninin bir strükture oturtulmamış olması, yapılan tavsiyeler, çözüm önerileri ve geri bildirimlerin kayıplarına, tüm ekiplere koordine şekilde ulaşmamasına, haberleşmenin yavaşlamasına veya yoğun iş temposunda uzmanlarınca yeterince önemle değerlendirilmemelerine ve ortaya çıkan veya çıkacak sorunların da geç algılanmalarına neden olabilmektedir (Fischer ve Kunz, 1993). Önerilen modelde BIM sistemleri ile sağlanan en büyük avantajlar burada ortaya çıkmaktadır.

Bunların yanında günümüzde belli bir uzmanlık gerektiren yapı üretiminde öncelikle farklı uzmanlık ve kabiliyetlerin maliyetli ve kolay bulunamıyor oluşu geleneksel süreçlerde büyük bir zorluk olarak göze çarpmaktadır. Bu model ile bu uzmanlık ve teknoloji kabiliyetinin dağılımın daha kolay şekilde yalnızca büyük şehirler veya özel projelere değil, tüm alanlarda kolayca erişilebilir olması da amaçlanmaktadır.

Önerilen bu süreç yaklaşımının pek çok farklı kriteri ile daha etkin bir üretime olanak sağlaması söz konusudur. Söz konusu kriterler aşağıda bir sıra dahilinde verilmektedir.

(a)Adaptasyon: Farklı disiplinlerin bir arada çalışması sürecinde farklı yazılımlar kullanılmaktadır. Bu farklı çıktıların bir araya getirilmesi her zaman çok kolay olmayabilmektedir. Piyasada yaygın kullanılan pek çok BIM yazılımı bu farklı ihtiyaçları karşılama hususunda da aşama kaydetmiş durumdadırlar. Bu da farklı yaklaşımların tek bir ortamda toplanarak daha basit ve etkin bir tasarım ve yönetim süreci sunmaktadır. Bunlarla birlikte her ne kadar tam verimle olamasa bile farklı birçok yazılımında çıktıları ile çalışılmasına olanak sağlamaktadır. Bu kolaylık nedeniyle henüz tam yaygınlaşmamış olan BIM yazılımlarının ana portal olarak kullanımının önü daha da açılmaktadır.

(b)Hız: Yaratılan ortam ile henüz projelendirme aşamasında işe elde bir veri ile başlanması sürecin hızlanmasına yol açmaktadır. Ayrıca ortamda verileri girilmiş şekilde bulunan pek çok malzeme ve yapı elemanı gibi seçimler ile projelendirme süreçlerinde yapılacak seçimler hem daha doğru hem de basit şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Diğer taraftan BIM sistemlerinin tüm disiplinlerin bir arada çalışmasına imkan sağlaması nedeniyle süreçlerde büyük bir hız farklılığı yaratılması kaçınılmazdır. Tüm bunların dışında yazılımların sağladığı pek çok veri ile farklı ihtiyaçların karşılanması yönelik diğer yazılımlara duyulan ihtiyaç minimize edilmekte, bu da beklenen çıktıların oluşturulmasında kolaylık sağlamaktadır.

(c)Etkatif Proje Üretimi ve Yönetimi: Tek bir ortam üzerinde buluşması, yapılan değişikliklerin tüm ekiplerce izlenebilmesi gibi gerçekler süreç içerisinde oluşan kayıpların minimum seviyede kalmasını sağlayacak ve iletişimi kuvvetlendirecektir. Bunların yanında tohum proje ile belli bir birikimin en başından itibaren sunuluyor oluşu, çalışılacak olan yerel proje profesyonellerine verilen değişiklik imkanı ile yapının uygulanacak olduğu alan ve iklime tam uyum sağlaması amaçlanmaktadır. Ayrıca analiz ve simülasyonlara dayanan bu süreçlerde üretilen yapıların daha enerji etkin olması sağlanabilmektedir.

(d)Tutarlılık: Şematik tasarım aşamasından yapım süreci sonuna kadar tüm süreçlerde ekipler konunun uzmanlarıncı yapılan değerlendirme ve revizyonları eş zamanlı görebilmektedirler. Ayrıca, BIM yazılımlarının sunduğu avantajlar

dolayısıyla tüm proje dokümanlarının tutarlı şekilde teslim edilmesi daha kolaylaşmaktadır.

(e)Evrimsel Gelişim: Önerilen bu yaklaşımın en önemli özelliği kolayca ve açık kaynak olarak geliştirilebilmesidir. Ayrıca tamamlanan projelerin de geri dönüşleri ile son kullanıcıya daha fazla ve doğru bilgi içeren modeller sunulabilecektir.

6. SONUÇLAR

Önerilen süreç modeli; tasarım, geliştirme, inşa, üretim ve bina yönetimi fazlarını içine alan ve entegre proje teslimi kavramı ile örtüşen bir yaklaşımı ortaya koymaktadır. Model mevcut hali ile açık kaynaklı BIM modelleri üzerine dayanan süreç ve iş modellerinin uygulanabilirliğine ve potansiyeline işaret ederken özellikle enerji verimliliği daha yüksek binaların elde edilmesine yönelik konvansiyonel yöntemlerden daha efektif bir yaklaşım sergilemektedir.

Yapılan bu çalışma kapsamında öncelikli olarak BIM tabanlı işletilecek süreçlerin, günümüzde en yoğun takip edilen süreçlerden farklılıkları ve sunduğu avantajlar belirlenmiştir. Elde edilen daha verimli süreç çerçevesinde önerilen modelin strüktürü ortaya konmuştur. Sonrasında önerilen modelde işletilecek farklı senaryolar için ilk oluşum (prototip) tohum modeller üretilmiştir. Üretilen bu tohum modeller ile üretim model süreci işletilmiştir. Tohum modeller farklı çevresel etmenler altında simüle edilerek elde edilen veriler ile bu tohum modellerin farklılaşmış türevleri oluşturulmuştur. Bu farklılaşma kapsamında, modelden yapılacak tohum bina modelleri dışındaki farklı seçimlerin de altyapısı oluşturularak simülasyonlara bu seçimlerden gelen farklı veriler dahil edilmiştir. Bu türev modellerden de yapı üretimi için gereken sayısal veriler, imalat çizimleri ve metrajlar elde edilebilmiştir.

Bu model gelişmiş ve enerji verimliliği konusunu sektörel ve kamusal anlamda benimsemiş ülkelerdeki yaklaşımları temel alırken yerel problemleri ve yapı sektöründeki engelleri de göz önüne alarak teknoloji odaklı bir çözüm önerisi sunmaktadır. Ülkemizde özellikle büyük ve karmaşık işlevli projelerin tasarlanması sürecinde farklı disiplinlerin ve uzman kişilerin desteklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu farklı disiplinlerin bilgi paylaşımı, proje süreçlerinin bilgisayar ortamlarına taşınmasından beri kolaylaştığı bir gerçektir. Ancak ülkemizde yaygın olarak izlenen geleneksel yöntemlerde görülen problemler ve know-how eksiklikleri farklı arayışları beraberinde getirmektedir. Ülkemizdeki yapı ve inşaat sektöründe ilk yatırım maliyetlerinin işverenler ve yatırımcılar tarafından çok önemsendiği bilinen bir

gerçekdir. Bu durum özellikle küçük ve orta ölçekli sektör firmaları için daha da önemli bir kriter olarak ele alınmaktadır. Yüksek performanslı bina tasarımı konusundaki yasal çerçevelerin teşvik ediciliği yanında pahalı uzmanlıkların ve kritik teknolojilerin de ulaşılabilir olması oldukça önemli bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılacak tohum BIM modellerinin her türlü simülasyon yapmaya hazır ve malzeme modifikasyonları sonrası hızlı metraj ve presizyonu yüksek maliyet hesaplarına hazır olduğu göz önüne alındığında özellikle inşaat, imalat ve tedarik zinciri yönetimi açısından ekonomik avantajları içerdiğinden de bahsedilebilir.

Bu noktada paylaşılabılır ve uyarlanabilir BIM modellerinin daha ulaşılabilir hale gelmesi tüm bu sorunlara yönelik bir çözüm yaklaşımını oluşturmaktadır. Ayrıca BIM temellerine dayanan önerilen model ile performans kaygısı bulunan yapı üretimi için gereken uzmanlık bilgisi, yalnızca büyük bütçeli projelerde yer almaktan çıkıp, daha dengeli bir şekilde dağılımına olanak sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Bu durum özellikle sektörün oldukça büyük bir bölümünü oluşturan küçük ve orta ölçekli mimarlık ve inşaat firmaları için farklı avantajları ve olası iş modeli dönüşümlerini beraberinde getirmektedir.

Açık kaynaklı tohum BIM modellerinin hazırlanması ve uygulanabilirliği konusunda bu tez içerisinde yer alan önerilerin bir aşama öteye taşınarak uygulanabilmesi farklı finansal ve süreç çerçevelerini tartışmaya açmaktadır. Özellikle bu modellerin hazırlanması ve dağıtılması konusundaki uzmanlıkların karşılanması yine önerilen modeldeki paylaşımcı yaklaşıma uygun olarak kar amacı gütmeyen küçük kuruluşlar ve crowdsourcing vb. finansal modeller ile karşılanabilir.

BIM teknolojilerinin ülkemizde kullanımının yaygınlaşması ve mimarlık-inşaat sektörü açısından katma değerinin yükseltilmesi, bu yöntemlerin ve teknolojik araçların konvansiyonel modelleme, görselleme ve dokümantasyon döngüsünün ötesinde gerçek anlamda entegre ve interdisipliner süreçlerin benimsenmesi ile mümkün olacaktır. Ancak bu iş modellerinin yaygınlaşması konusunda ülkemize özgü bir çok farklı engel bulunmaktadır. Teknolojik kabiliyetler, yazılım maliyetleri, personel kalifikasyonu gibi konular bunlar arasında sayılabilir. Ancak yüksek performans odaklı bina tasarımı ve üretimi konusunun enerji bağımlısı olan ülkemiz açısından önemi göz önüne alındığında bu tez kapsamındaki çalışmalar ve benzeri iş modelleri ile bu engellerin aşamalı olarak ortadan kalkabileceği düşünülmelidir.

Bu tez yüksek lisans çalışması sınırları içerisinde genişletilebilecek bir yaklaşımı ortaya koymaktadır. Önerilen model, farklı vaka çalışmaları ve pratik odaklı katılımcı

Çalıştaylar ile dönüştürülebilme veya akademik anlamda öğrencilerin yüksek performanslı bina tasarımı konusundaki bilgilerini artırması için kullanılabilme potansiyelini taşımaktadır. İlerleyen aşamalarda tezin doğal devamı niteliğindeki bu araştırmaların yapılması olanaklıdır.

KAYNAKLAR

- AIA (2007), Integrated Project delivery: A guide, version 1.
- Akın Ö., Anadol Z. (1993), Computer aided facilities management and design (EDRC), Cornegie Mellon University, Pittsburgh.
- Aydoğdu Ü. (2006), Bilgisayar destekli tasarım yazılımlarının stratejik kullanımının değerlendirilmesi, *YL Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Babič N., Prdbreznik P., Rebolj D. (2010), Integration resource production and consturaction using BIM, *Automation in Construction*, 19, pp. 539-543.
- Booth G., Clayton M., ve Kim J. B. (2013), A framework for designing sustainable real estate developments using Quadruple Net Value Analysis and Building Information Modelling, CIB World Congress, Brisbane, Australia.
- Clayton, M.J., Özener, O. Haliburton, J., Berakati, E. (2012) Signature Architecture franchising: Improving average architecture using BIM. Digital Aptitudes: Proceedings of the ACSA 100th Annual Meeting March 1-4, 2012 Boston, MA, pp. 240-249
- Clayton, M.J., Johnson, R.E. Vanegas, J. Özener, O. Nome, C. A. ve Culp, C.E. (2009) Downstream of design: Lifespan costs and benefits of building information modeling. Technical Report. College Station, TX: CRS Center for Leadership and Management in the Design and Construction Industry.
- Dikmen B. (2011), Enerji etkin yapı tasarım ölçütlerinin örneklenmesi, *Journal of Polytechnic Vol:14 No:2*, pp. 121-134
- Dünya Enerji Konseyi Türkiye Milli Komitesi (2008), Türkiye enerji raporu 2007-2008.
- Dünya Enerji Konseyi Türkiye Milli Komitesi (2012), Türkiye enerji verileri 2012.
- Eastman C., Teicholz P., vd, (2011), BIM Handbook: A guide to building information building for owners, managers, designers engineers and contractors, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2012), Genel Enerji Dengesi Raporu, 2012.
- Eskin N. (2009), Konut dışı binaların yıllık enerji ihtiyaçlarının incelenmesi, 9. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi, İzmir.
- Fischer, M., and J. Kunz. (1993), Circle Integration Working Paper 20, Stanford Center for Integrated Facility Engineering, Palo Alto, CA.

- Harputlugil G.** (2009), Enerji performansı öncelikli mimari tasarım sürecinin ilk aşamasında kullanılabilecek tasarıma destek değerlendirme modeli, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kalay, Y. E.** (2006), The impact of information technology on design methods, products and practices. *Design Studies* 27 (3), pp. 357-380.
- Kymmell W.** (2008), Building information modelling – planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations, McGraw Hill Construction.
- Krygiel E. ve Nies B.** (2008), Green BIM: Successful sustainable design with building information modeling, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- MacLeamy P.** (2004), CURT (The Construction Users Roundtable), Collaboration, integrated information and the Project lifecycle in building design, construction and operation, wp-1202.
- Mitchell, W.** (1990), “The Design Studio of The Future” , The Electronic Design Studio: Architectural Knowledge and Media in the Computer Era, W. Mitchell (Der.), Massachusetts.
- Ofluğlu S.** (2014), Yapı bilgi modelleme: gereksinim ve birlikte çalışılabilirlik, *Mimar.ist*, 2014/1 - 49, 10-12.
- Ofluğlu S.** (2014), BIM ve performansa dayalı mimari tasarım, Autodesk yapı tasarımı atölyesi 5, 2014, İstanbul.
- Özener, O.Ö.** (2009), Studio education for integrated practice using building information modeling. College Station, TX: Texas A&M University.
- Özyurt G.** (2009), Enerji verimliliği, binaların enerji performansı ve Türkiye’deki durum, TMH – 457, 32 - 34.
- Schlueter A. ve Thesseling F.** (2009), Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages, *Automation in Construction* 18. 153-163.
- Schwenck, M. ve Sariyildiz S.** (1997), An Integrated Software Environment for the Architectural Design Process. In *Proceedings of the International Conference on Applications of Computer Science and Mathematics in Architecture and Building Science*. Weimar, Germany, 1997.
- Sev, A.** (2009), Sürdürülebilir Mimarlık, İstanbul, YEM Yayınları, İstanbul, P 31.
- Shourangiz E., Mohamad M., vd** (2011), Flexibility of BIM towards design change, *2011 2nd International Conference on Construction and Project Management IPEDR vol.15*, Singapore.
- TMMOB Makina Müh. Odası** (2008), Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği oda raporu
- Dowhower J.** (t.y) Alındığı tarih: 26.05.2014, adres: <http://jdowhower.wordpress.com/chapter-2-methods-methodology/simulations/energy-simulation>
- FIATECH** (2009) Alındığı tarih: 15.04.2014, adres: <http://www.fiatech.org/tech-roadmap>

- Scheer D.** (2013), Illuminance - Learning about Lighting/Daylighting Analysis
Alındığı tarih: 20.04.2014, adres:
<http://autodesk.typepad.com/bpa/2013/04/illuminance-learning-about-lightingdaylighting-analysis-1.html>
- Ofluğlu S.** (2009), Yapı bilgi modelleme: yeni nesil mimari yazılımlar, Alındığı tarih: 15.03.2014 adres: <http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf>
- Url 1** < http://www.aecbytes.com/feature/2014/Graphisoft_BIMcloud.html >
Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 2** < <http://www.iesve.com/software/interoperability/revit> > Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 3** < <http://www.kierantimberlake.com/pages/view/95> > Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 4** < <http://deprocess.org/autodesk-university-2011/> > Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 5** < <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> > Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 6** < <http://www.graphisoft.com/archicad/> > Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 7** < <http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview> > Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 8** < <http://www.nibs.org/> > Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 9** < <http://www.aia.org/> > Alındığı tarih: 26.05.2014
- Url 10** < <http://www.iesve.com/> > Alındığı tarih: 26.05.2014

EKLER

EK A: Kütlesel Hacim Analizleri

EK B: Kütlesel Saydamlık Analizi

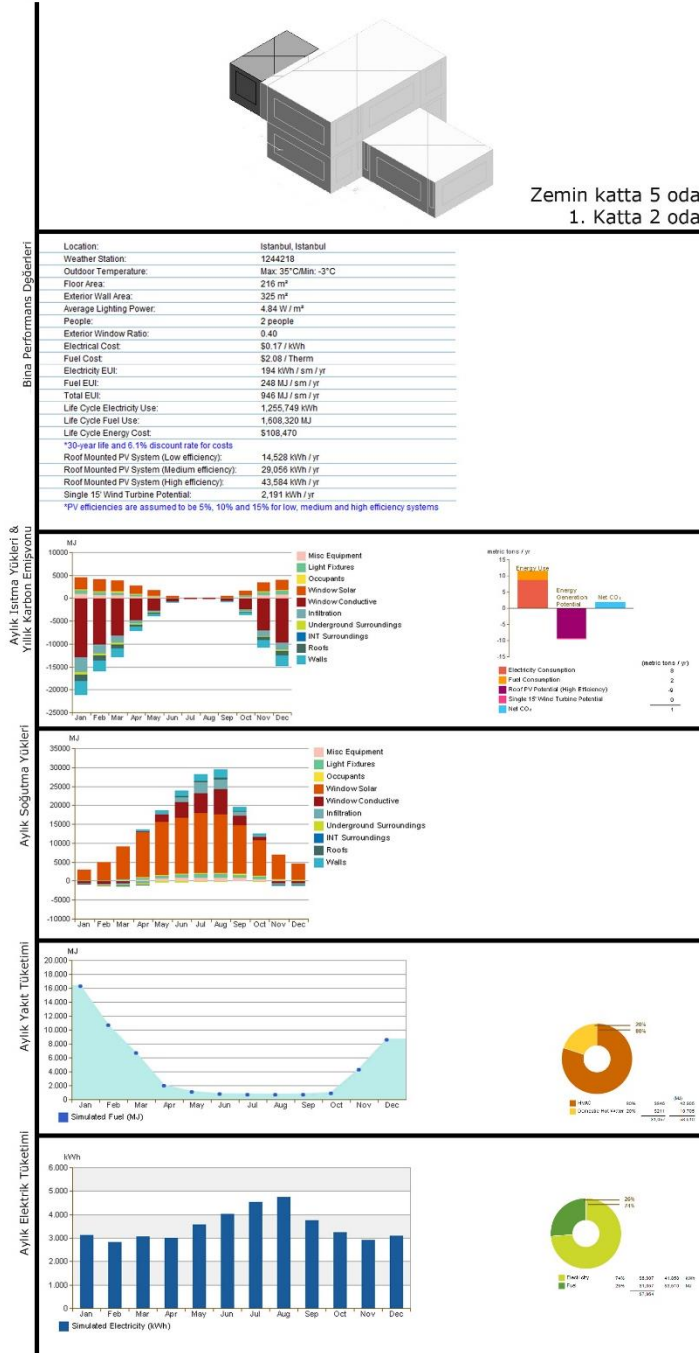
EK C: Işık Yoğunluğu Analizi

EK D: Farklı Çatı Katmanlaşması Denemeleri

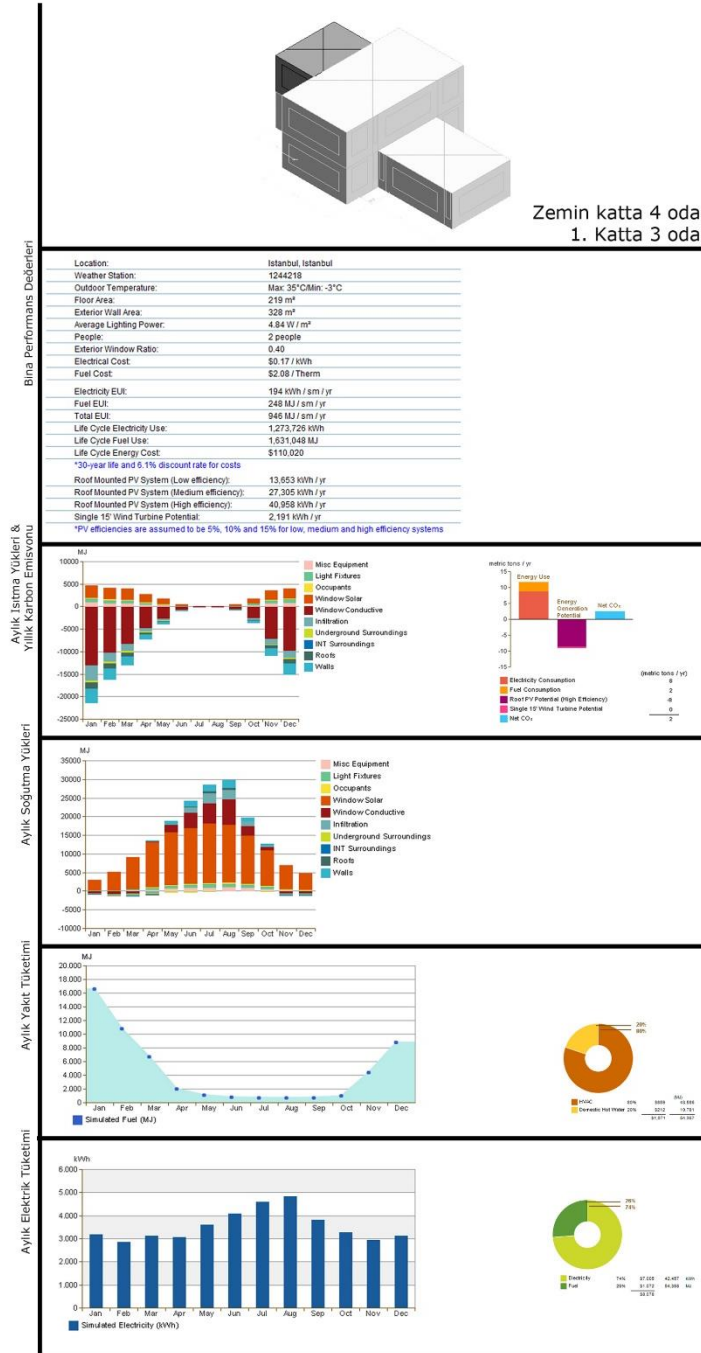
EK E: Farklı Dış Duvar Katmanlaşması Denemeleri

EK A

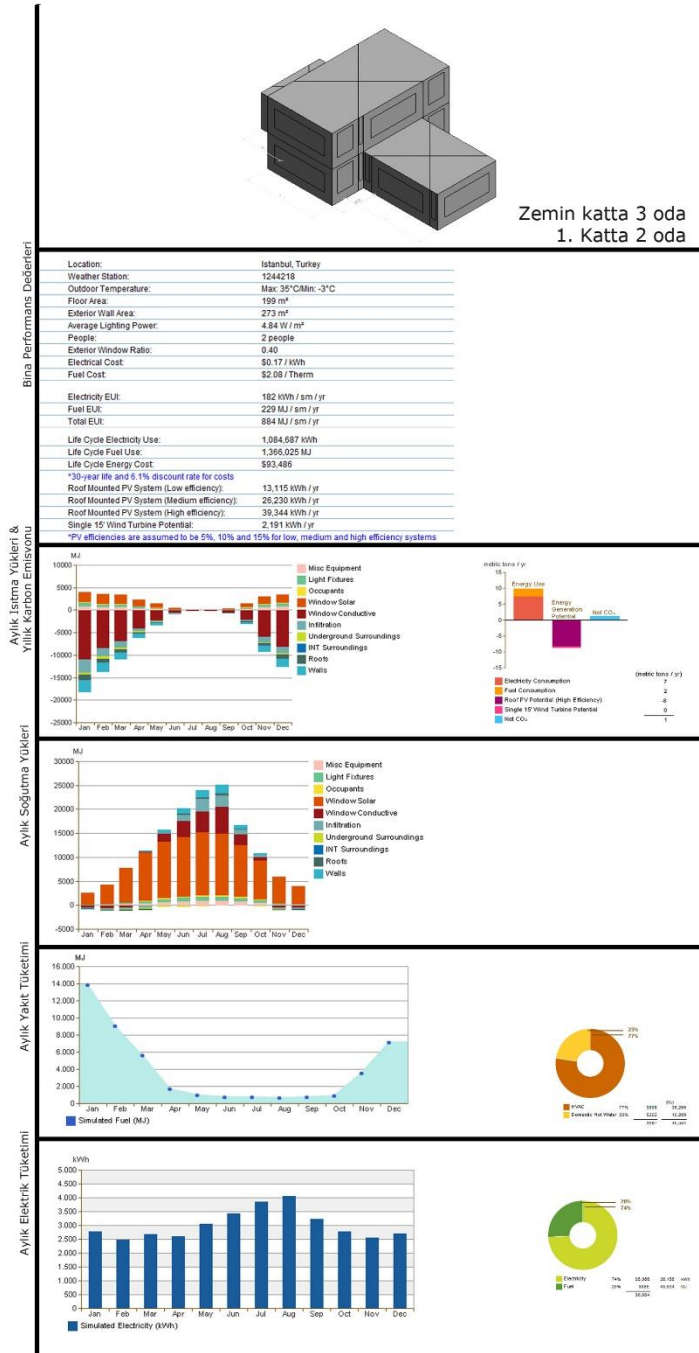
Çizelge A.1 : Zemin katta 5 oda, 1.katta 2 oda



Çizelge A.2 : Zemin katta 4 oda, 1.katta 3 oda

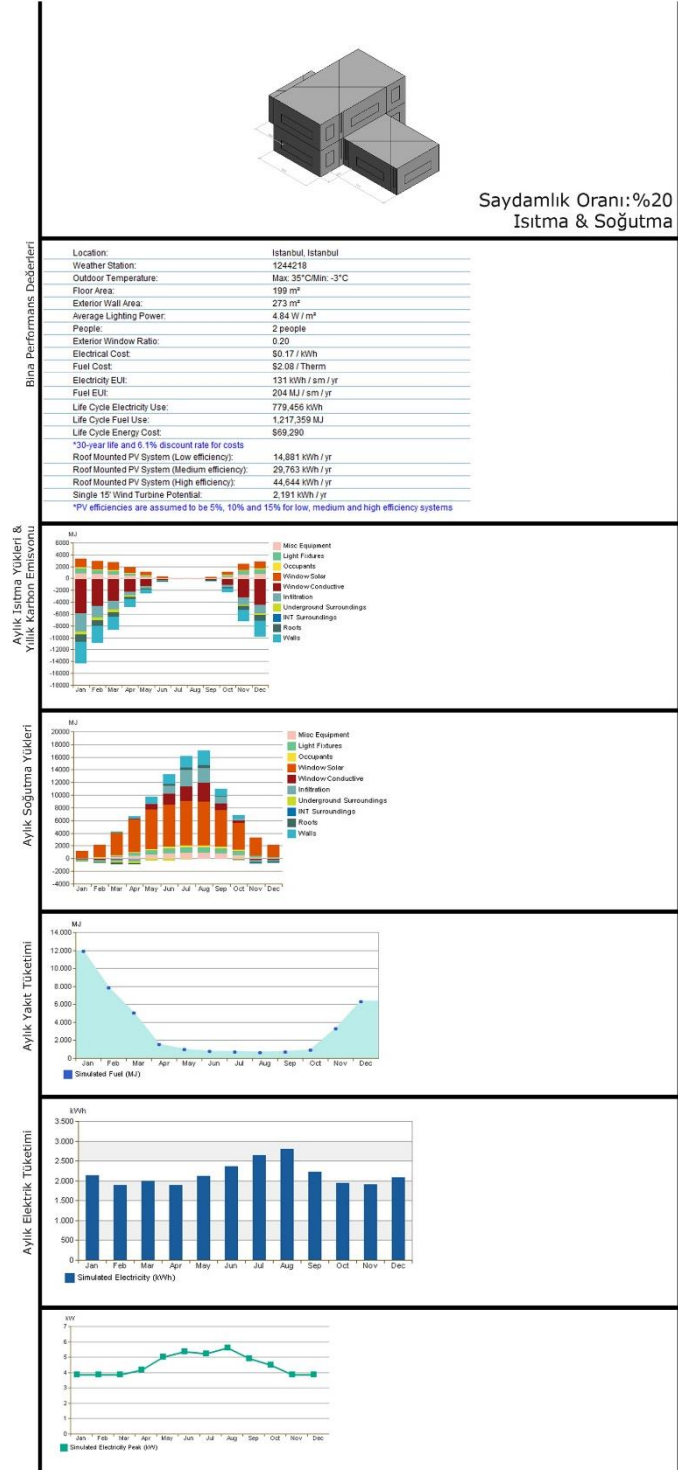


Çizelge A.3 : Zemin katta 3 oda, 1.katta 2 oda



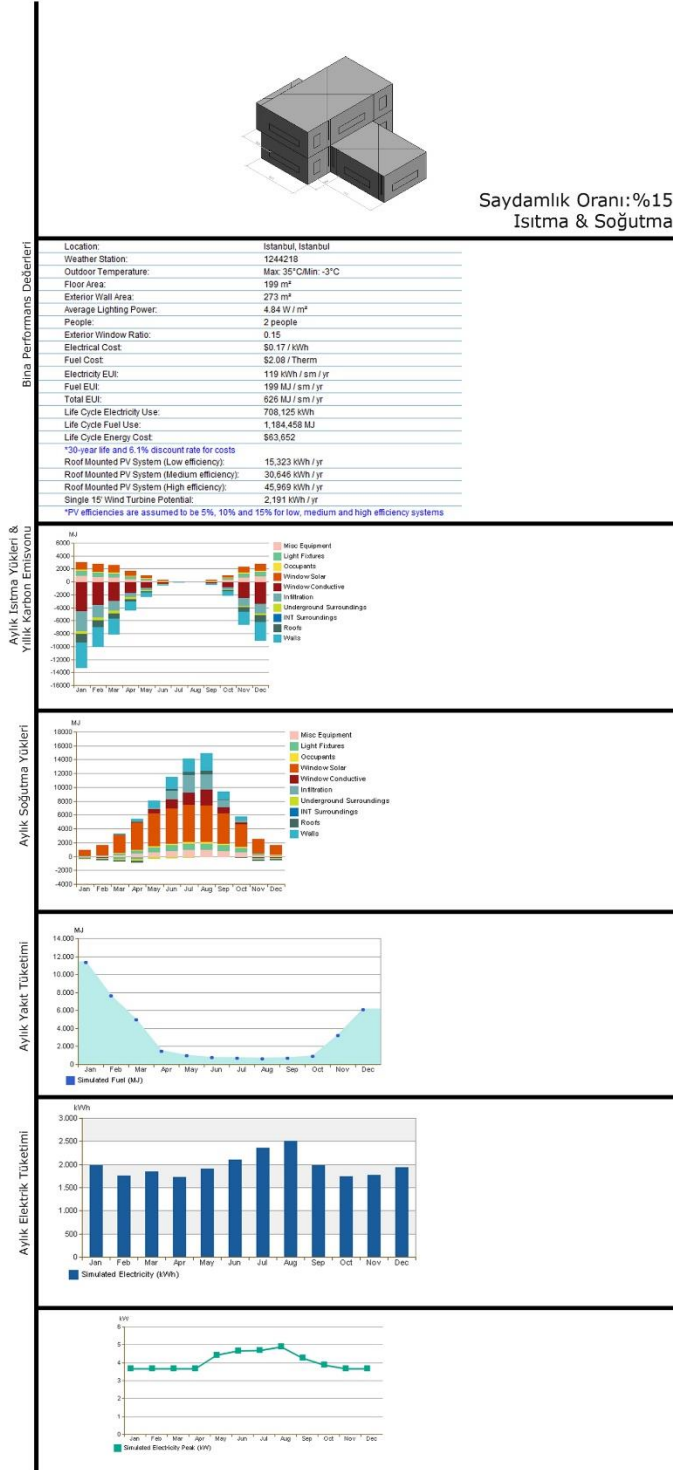
EK B

Çizelge B.1 : Saydamlık oranı: %20, ısıtma ve soğutma



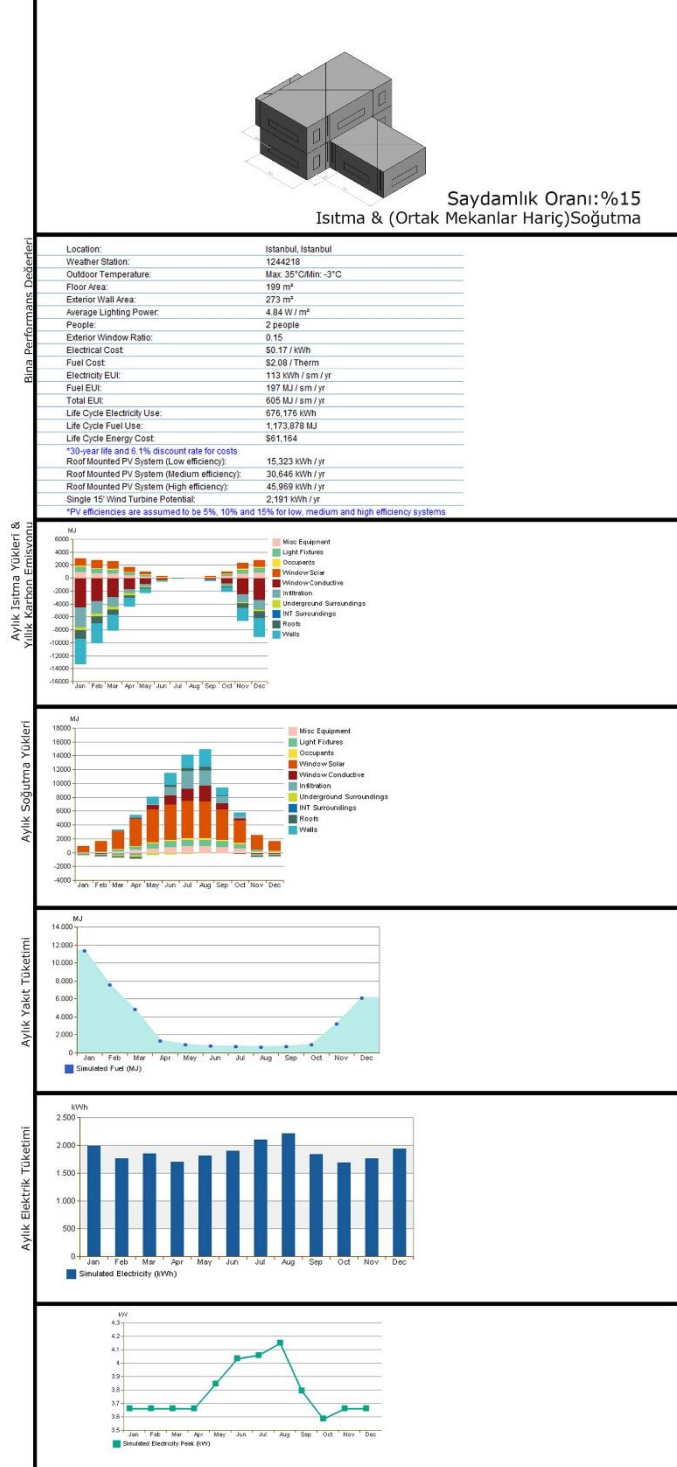
EK B

Çizelge B.2 : Saydamlık oranı: %15, ısıtma ve soğutma



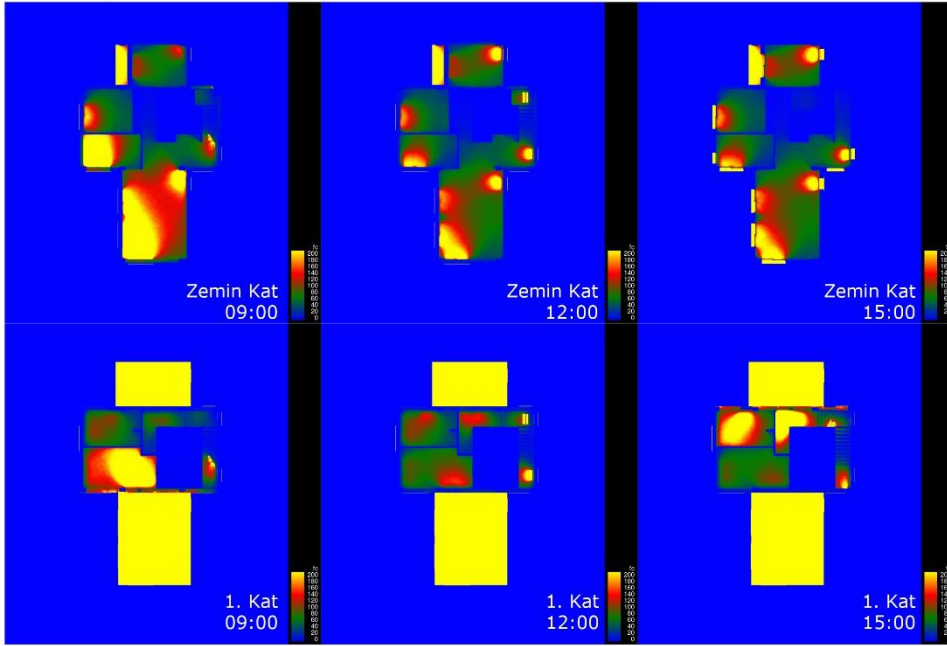
EK B

Çizelge B.3 : Saydamlık oranı: %15, ısıtma ve (ortak hacimler hariç) soğutma

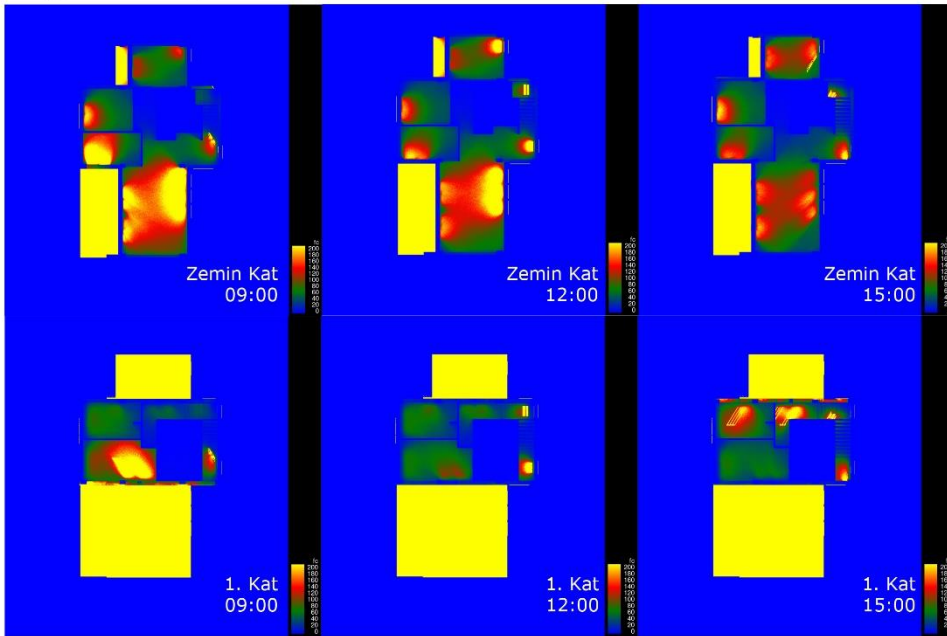


EK C

İlk durum;



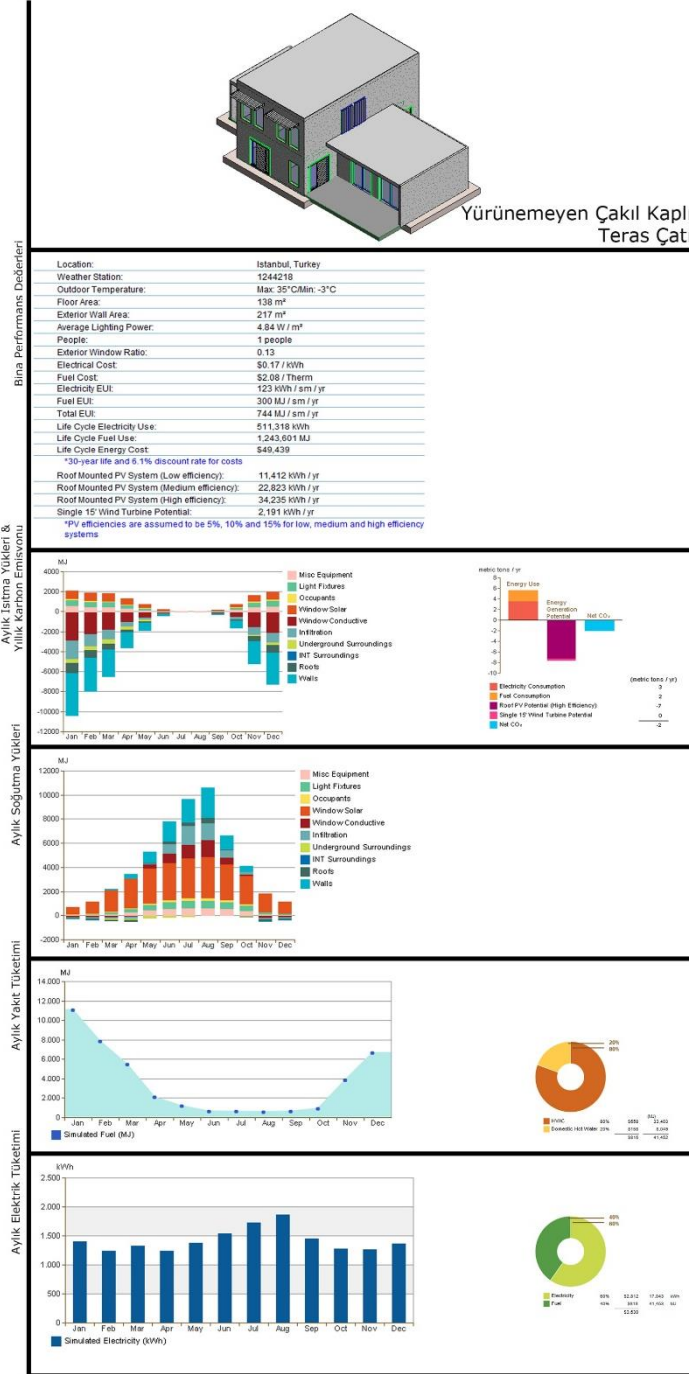
Değişiklikler sonrası;



Şekil C.1 : Işık yoğunluğu analizi

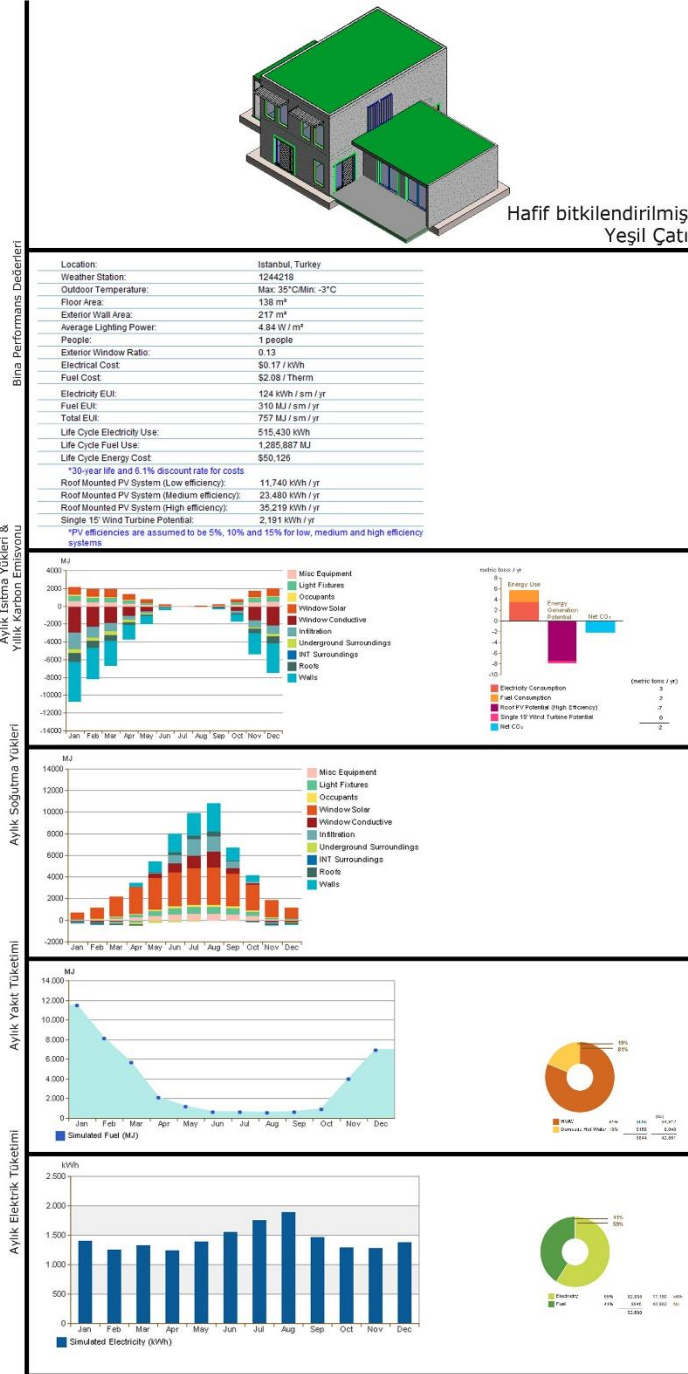
EK D

Çizelge D.1 : Yürünemeyen çakıl kaplı teras çatı



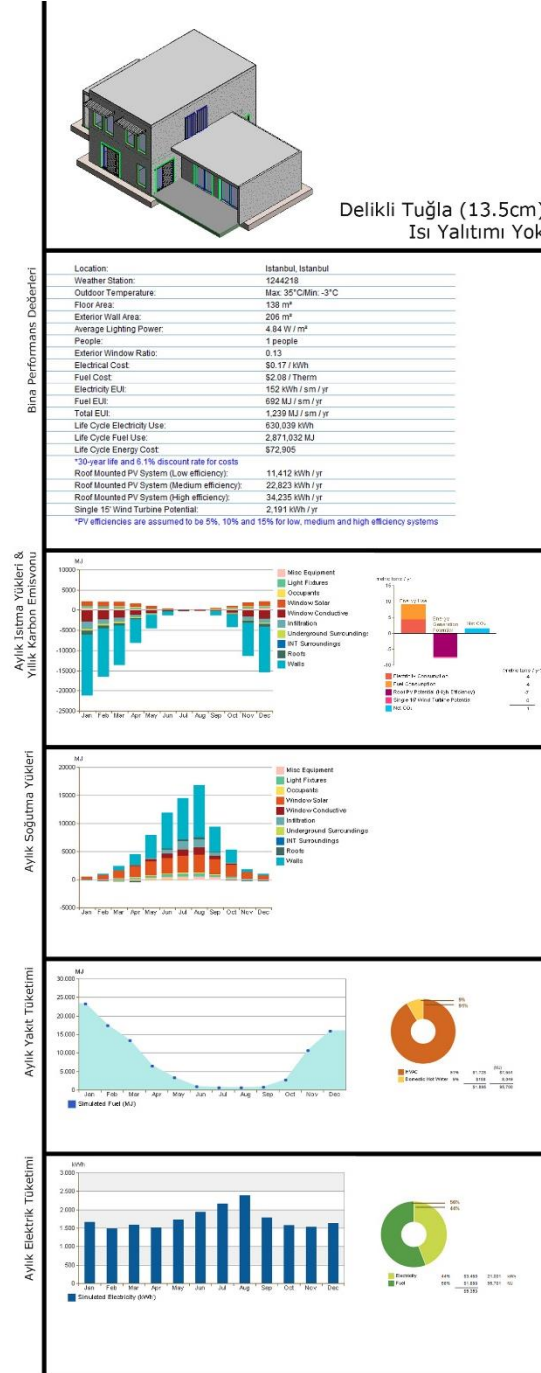
EK D

Çizelge D.2 : Hafif bitkilendirilmiş yeşil çatı



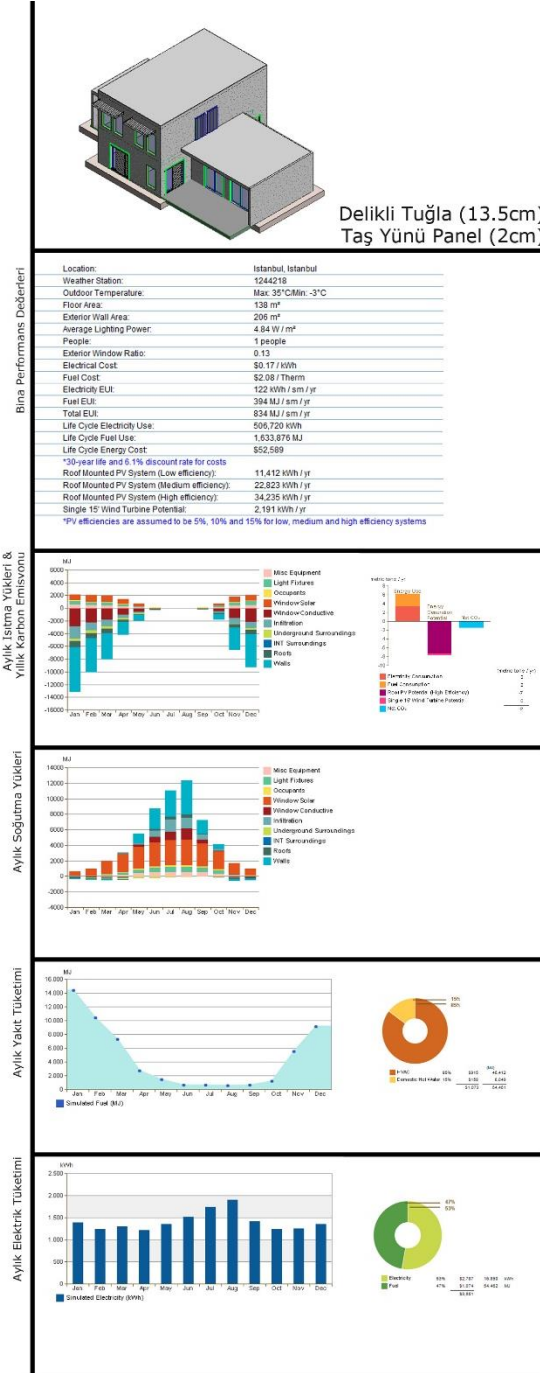
EK E

Çizelge E.1 : 13.5cm Delikli tuğla ve ısı yalıtımı olmayan dış duvar



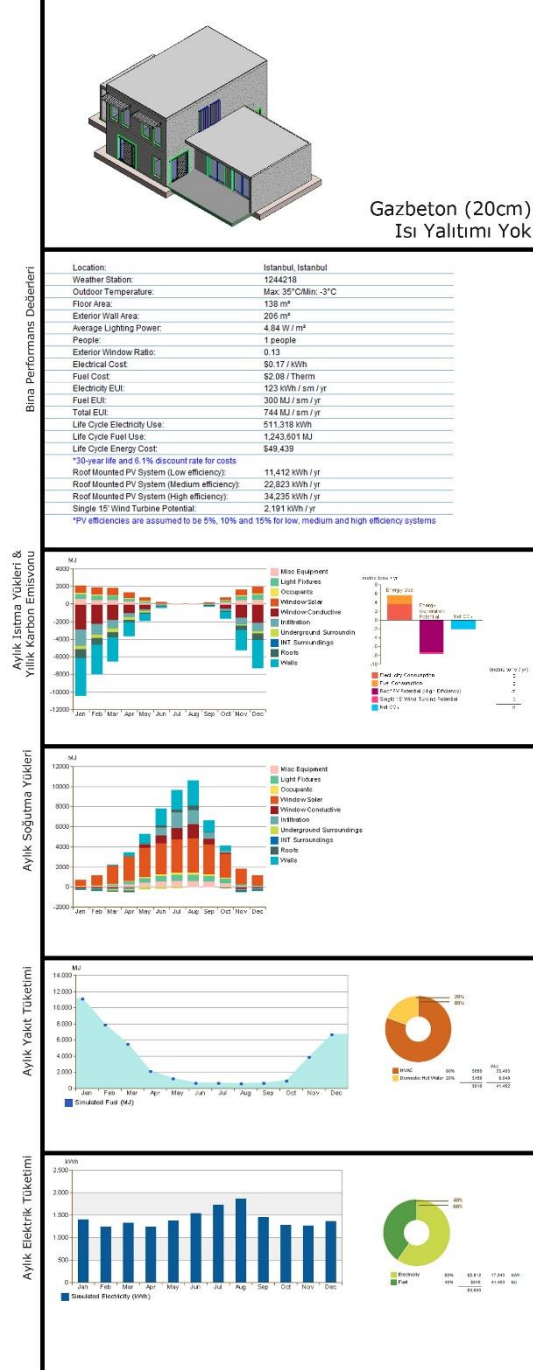
EK E

Çizelge E.2 : 13.5cm Delikli tuğla ve 2cm taş yünü panelli dış duvar



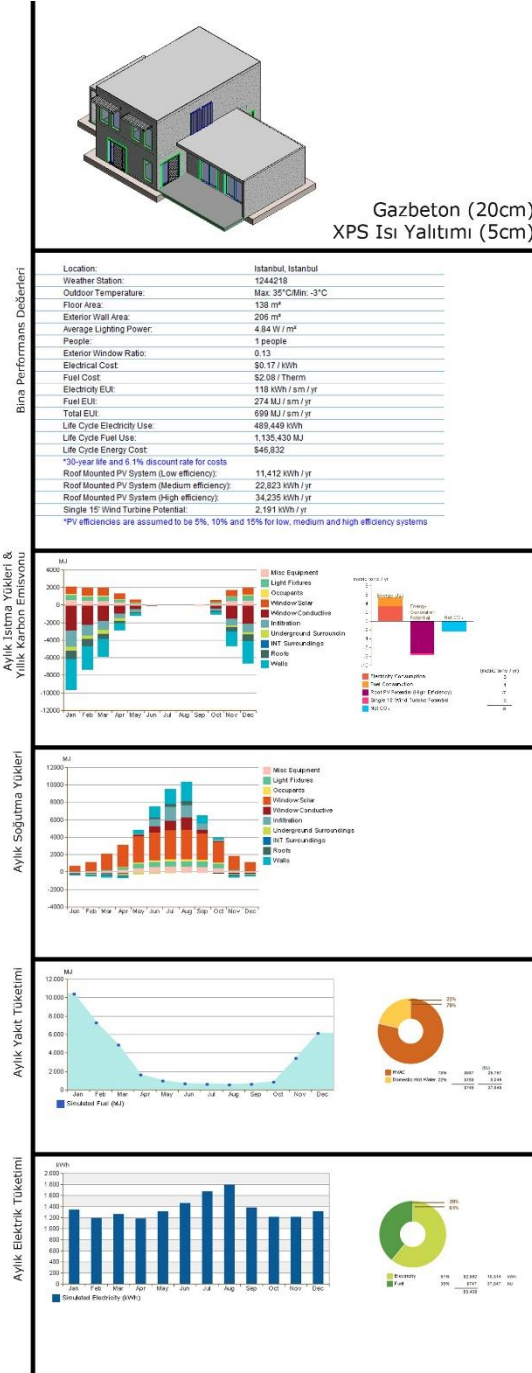
EK E

Çizelge E.3 : 20cm Gazbeton ve ısı yalıtımı olmayan dış duvar



EK E

Çizelge E.4 : 20cm Gazbeton ve 5cm XPS ısı yalıtımlı dış duvar



ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Mustafa Onur SAVAŞKAN

Doğum Yeri ve Tarihi : Trabzon, 27.11.1988

E-Posta : onursavaskan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Dome + Partners - *Mimar* (2012 – 2013)
- Tres Mimarlık – *Mimar* (2013 – 2014)
- Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi – Yapı Fiziği ve Malzemesi Anabilim Dalı - *Araştırma Görevlisi* (2014 -)

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Savaşkan O., Özener O., 2015. Sürdürülebilir yapı üretimi için BIM tabanlı açık kaynak model önerisi. *GreenAge Symposium*, Nisan 15-17, 2015 İstanbul, Turkey.