

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARİDE BİRLEŞİP AYRIŞABİLEN TASARIM
YÖNTEMİ (BAT) VE ÜRETİM SİSTEMATİĞİ
MODELLERİ**

Mimar M. Aydın AVUNDUK

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Birgül Çolakoğlu (YTÜ)

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı	2
1.3 Çalışmanın Yöntemi	2
2. SÖKÜLEBİLİR TASARIM VE GERİ DÖNÜŞÜM	3
2.1 Sökülebilir Tasarımın Tarihi	4
2.2 Sökülebilir Tasarım ve İlkeleri	9
2.3 Sürdürülebilir İnşaat Uygulamalarına Yönelik Sökülebilir Tasarım	15
2.4 Atık Yönetimi	16
2.5 Geri Dönüşüm Hiyerarşileri	18
2.6 Yeniden Üretim Sistemi	20
2.7 YÜS'de Sürdürülebilirlik ve Ürün Tasarımı	23
2.8 YÜS İçerisinde Ürün Tasarımının Yeri ve Sürdürülebilir Tasarım	24
3. BİRLEŞİP AYRIŞABİLEN TASARIM YÖNTEMİ	27
3.1 Kapsam ve Tanımlar	27
3.2 BAT İlkeleri ve Analiz Düzeyleri	27
3.3 BAT'ın Uygulanması ve Değerlendirilmesi	29
3.4 Birleşim - Adaptasyon	30
3.5 Ayrışım - Söküm	31
3.6 BAT'ın Yapı Tasarımına Sistemik Yaklaşımı	32
3.7 Maliyetler ve Getiriler	35
4. BAT ÖRNEĞİ : MOD - HEXA SÖK TAK RAF SİSTEMİ	36
4.1 Mod- Hexa Sök-Tak Raf Sisteminin Ana Fikri ve Amacı	37
4.2 Problem Tanımı ve Ürün Geliştirme Aşaması	38
4.3 Mod-Hexa Sök-Tak Raf Sistemi, Parametrik Tasarım Yöntemlerinin Kullanımı	42
5. BAT ÖRNEĞİ : SPFS SİSTEMİ (SHADING PANEL FACADE SYSTEM)	45
5.1 SPFS Sistemi Ana Fikri ve Amacı	45
5.2 SPFS Sistemi Problem Tanımı	46
5.3 SPFS Sistemi Ürün Geliştirme ve Sonuç Ürün Aşaması	47

6.	SONUÇ.....	52
	KAYNAKLAR.....	53
	İNTERNET KAYNAKLARI.....	55
	EKLER	56
	Ek 1 Mod-Hexa Projesine Ait Yerleşim Geliştirilmesine İlişkin RhinoScript Kodu.....	57
	Ek 2 SPFS Projesine Ait Cephe Sistemi Detay Çizimleri	64
	ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMA LİSTESİ

BAT	Birleşip Ayrışabilen Tasarım
BOM	Bilgisayar Ortamında Mimarlık
DFD/A	Design For Disassembly and Adaptability
DHS	Doğrusal Hayat Süreci
GJ	Gigajuole
HDD	Hayat Döngüsü Değerlendirmesi
IBM	International Business Machines
IFD	Industrial, Flexible and Dismantled Buildings
LCA	Life Cycle Assessment
LEED	Leadership in Energy and Enviromental Design
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PCS	Panel Cephe Sistemi
SPFS	Shading Panel Facade System
SPSD	Sustainable Product and Service Development
SÜHG	Sürdürülebilir Ürün ve Hizmet Geliştirme
UMO	Umumi Mimarlık Ofisi
UNEP	United Nations Enviroment Programme
YÜS	Yeniden Üretim Sistemi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Dünya Geneli Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı [1].....	3
Şekil 2.2 Crystal Palace Çizimleri ve 1934'deki Durumu [2]	5
Şekil 2.3 Nissen Kulübesi - Buckminster Fuller [3].....	6
Şekil 2.4 Dymaxion - Buckminster Fuller [4]	6
Şekil 2.5 Capsule House - Metabolism [5].....	7
Şekil 2.6 IBM Pavyonu 1985 Expo - Renzo Piano [6].....	7
Şekil 2.7 XX_Box - Hitoshi Abe [7]	8
Şekil 2.8 Sökülebilir Tasarım İlkeleri ve Geri Dönüşüm İlişkileri (Crowther, 2005).....	14
Şekil 2.9 Yapay Çevremizdeki Olası Dört Yeniden Yapılanma Modeli.....	16
Şekil 2.10 Yaygın Olarak Benimsenmiş Beşikten Mezara Malzeme Akışı. (Craven, 1994)...	17
Şekil 2.11 Olumsuz Etkileri Gösteren Yaygın İnşaat Uygulamalarına Dayalı HDD Matrisi ..	17
Şekil 2.12 Baskın Hizmet Ömrü Senaryosu ve Alternatif Senaryolar	19
Şekil 2.13 Yeniden Üretim Sitemi (Ferrer, 2003)	21
Şekil 2.14 Ürün/Tasarım Hayat Döngüsü Aşamaları (Maxell, 2003)	21
Şekil 2.15 Sürdürülebilir Tasarım ve Ürün Piramidi.....	25
Şekil 2.16 Sürdürülebilir Tasarım ve Ürün Geliştirme Süreci (Maxell, 2003)	25
Şekil 2.17 Sürdürülebilirliği En Uygun Hale Getirebilmek İçin Ölçütler	26
Şekil 3.1 Hayat Döngüsü Aşamalarında Sürdürülebilir Tasarım Yaklaşımları	33
Şekil 3.2 Bina Katmanları Yaşam Süreçleri	34
Şekil 4.1 Basit ve Karmaşık Geometrik Formlar	37
Şekil 4.2 Basit ve Kompleks Geometrik Formların Temel BAT ilkeleri ile ilişkisi.	37
Şekil 4.3 Oluşturulan Grid Formları.....	38
Şekil 4.4 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi Ana Eleman Ölçülendirilmesi	39
Şekil 4.5 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi A Tipi Birleşim Yöntemi.....	40
Şekil 4.6 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi B Tipi Birleşim Yöntemi.....	40
Şekil 4.7 Mod-Hexa Sök-Tak Raf Sistemi Ürün Konfigürasyonu.....	41
Şekil 4.8 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi Masa ve Sandalye Kullanımı.....	41
Şekil 4.9 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi Raf Sistemi,Oluşturulan Gelişim Şemaları	43
Şekil 4.10 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi, Script Tarafından Geliştirilmiş Nihai Ürün.....	44
Şekil 4.11 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi, Ürünlerin Bir Arada Kullanımı	44
Şekil 5.1 SPFS (Shading Panel Facade System) Fonksiyon Şeması	45

Şekil 5.2 Günümüz İnşaat Uygulamalarında Kullanılan Panjur Sistemleri [10].....	46
Şekil 5.3 Kinetik Cephe Sistemleri Hoberman Associates/Buro Happold [11].....	47
Şekil 5.4 SPFS Sistemi Konut-Ofis Uygulamaları Sistem Kesiti	48
Şekil 5.5 SPFS Sistemi Panel Hareket Şeması	49
Şekil 5.6 SPFS Sistemi Konut Yapısı Kullanımı	50
Şekil 5.7 SPFS Sistemi Ofis Yapısı Kullanımı	50
Şekil 5.8 SPFS Sistemi Üst-Örtü Kullanımı.....	51

ÖNSÖZ

Birleşip Ayrışabilen Tasarım yönteminin fonksiyonellik, yeniden kullanım ve geri dönüştürme konularında hesaplamalı tasarım vasıtasıyla faydalarını inceleyen bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Yüksek Lisans Programı'nda yürütülmüştür.

Tez çalışmamın gelişiminde, her türlü bilgisini, kaynağını ve zamanını benimle paylaşan ve çalışmamın oluşumunda en önemli katkı sahibi, değerli hocam Doç. Dr. Birgül Çolakoğlu'na;

Yüksek lisans eğitimimdeki katkılarından dolayı BOM'daki tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma;

Bir dönem birlikte çalıştığım ve mimari gelişimimde büyük katkıları olan sayın mimar Yaşar Marulyalı, sayın mimar Levent Aksüt ve UMO Mimarlıktaki çalışma arkadaşlarıma;

Aynı zamanda amcam, sayın mimar Acar Avunduk ve Avunduk Mimarlıktaki çalışma arkadaşlarıma;

Tezin yazım aşamasında yaşadığım tüm zorluklarımı ve sıkıntılarımı benimle paylaşan ev arkadaşlarıma;

Yardımlarını esirgemeyen meslektaşım Merve Dönmez'e;

Bu süreç boyunca hep yanımda olan, gerek akademik gerekse profesyonel ortamlarda birlikte çalışmaktan keyif aldığım ortağım mimar Arman Yaşa'ya;

Ve bugüne kadar her konuda arkamda olan, maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan babam mimar Ahmet Avunduk, annem Sevil Avunduk ve ağabeyim Sinan Avunduk'a sonsuz teşekkürler.

Ağustos 2010

Mimar M.Aydın AVUNDUK

ÖZET

Konvansiyonel tasarım, genel olarak inşaat maliyetlerini kısa dönem ekonomik performansını optimize edecek şekilde yapım-üretim safhasına odaklanmış bir araçtır. Günümüzde artan çevre kirliliği ve atık organizasyonsuzluğu tasarımcıların konvansiyonel tasarım yöntemlerinden, sürdürülebilir tasarım yöntemlerine yönelmelerini sağlamıştır. Sürdürülebilir mimarlık kavramının içerisinde incelenen BAT (Birleşip Ayrışabilen Tasarım) gibi yöntemler modern inşaat sanayinde yaygın olarak kullanılan yöntemler değildir. Malzeme ve bileşen geri kazanımını ön planda tutan bu yöntemler, ilk yatırım maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda ekonomik açıdan karsız olmalarına rağmen, değişen ihtiyaçlar doğrultusunda, müdahale edilebilir olmaları sayesinde bakım-onarım ve renovasyon maliyetlerini minimumda tutan çevreye duyarlı yapılar üretmeyi hedeflemiştir.

Çalışma iki ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde Sökülebilir Tasarım ve Geri Dönüşüm kavramlarıyla, BAT yöntemlerinin bugüne kadar yapılmış olan çalışmalar doğrultusunda analizi yapılmıştır. İkinci bölümde ise elde edilen sonuçlar ve analizler vasıtasıyla, adaptasyon, uyarlanabilirlik ve basitlik gibi temel BAT ilkelerinin ışığında, ürün ve yapı ölçeğinde geliştirilen projelerle BAT yönteminin uygulanabilirliği hakkında fikirler sunmuştur.

Sonuç olarak, tez kapsamında geliştirilen BAT yönteminin uygulanması, değerlendirilmesi ve yapı tasarımına yönelik sistematik yaklaşımı bu alanda yapılacak araştırma ve değerlendirme çalışmalarında olumlu katkılarda bulunabilir. Yazar tarafından geliştirilen her iki projede, profesyonel mimarlık çalışmalarında kullanılabilecek birer yöntem önerisi niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler : Birleşip ayrışabilen tasarım, dönüştürülebilirlik, tekrar kullanım, geri dönüşüm, esneklik, adaptasyon, söküm

ABSTRACT

Conventional design is usually a tool which focuses on the manufacture- production phase to optimize the short term economic performance of construction costs. Ever growing environmental pollution and lack of waste management have today compelled the designers to give up conventional design methods and switch to sustainable techniques. Methods like BAT (Turkish Abbreviation: Mountable-Demountable Design), which are investigated in scope of the sustainable architecture concept, are not widely applied in the present-day construction industry. Although these methods, which prioritize component and material reusability, are economically not profitable due to initial investment costs, they aimed to produce environment friendly buildings with minimized maintenance and renovation costs owing to their flexibility on the changing needs.

This thesis consists of two main sections. In the first section, design for disassembly, reusability concept and BAT methods were analyzed with respect to the studies conducted till today. In the second section, ideas have been introduced on the applicability of BAT method through projects developed on product and construction scale; by using the obtained results and analysis, and with the aid of fundamental BAT principles like adaptability, applicability and simplicity.

To conclude, the implementation and evaluation of BAT method and its systematic approach to construction design can contribute to the research and development activities which will be done in this field. Both projects developed by the author qualify to be a method proposal that can be used in professional architectural studies.

Key words : Design for disassembly, transformability, re-use, recycle, flexibility, adaptability , dismantling

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Mekan sürekli olarak varlığını sarmalayan boşluktur. Biçim ve nesneleri görerek mekanın içindeki ve dışarıdan gelen etkileri hissederiz. Onun görsel biçimi, ışık kalitesi, boyutları ve ölçeği tamamen toplam biçimin elemanları tarafından tanımlanan sınırlarına bağlıdır. Mekan çevrenmekle ve biçimini oluşturan elemanlarla mimari oluşum kazanır. Zaman boyutu devreye girdiğinde mekanın biçimini oluşturan elemanlar anlam kazanmaya başlarlar. Fonksiyonlara yönelik olan bu elemanların birer ömürleri vardır ve bu süreç tamamlandığında mekan ifadesizleşmeye başlar. Mekanın kullanıcılarına yönelik olarak tasarlanmış olan fonksiyonlar zaman içerisinde şekil değiştirme ihtiyacı duyabilir. Mekanı oluşturan alt elemanların çeşitli eleman gruplarından oluşan, bir araya gelip ayrışabilen, birleşip farklı formlar elde edilebilen parçalardan olması, yaratılacak olan mekanın esnek, serbest, değişebilen ve yenilenebilen bir tasarım ürünü olmasını etkin kılmıştır.

Sürdürülebilir mimarlık kavramının içerisinde incelenen BAT (Birleşip Ayrışabilen Tasarım) yaygın olarak her sektörde kendisine yer bulmaktadır. Sanayi günümüzde çevresel ve ekonomik faktörleri göz önünde bulundurarak yaşam döngüsü sürecine yönelik üretimler yapmaktadır. Yapı sektörünün dışında özellikle endüstri ürünlerinde bu düşünce işleyişi çok yaygın olarak kullanılmaktadır. BAT yöntemiyle üretilen elemanlar çeşitli alt elemanların bir araya gelmesinden oluşup farklı fiziksel ortam ve koşullarda yeniden değerlendirme ve değişebilme gibi özelliklere sahiptirler.

Günümüz inşaat yöntemleri, özellikle maliyet ve yapım-üretim safhalarına yoğunlaşmış, ekonomik kaygıların yüksek olduğu bir ortam içerisinde uygulanmaktadır. Tasarlanan binalar kullanım ömürleri dolduğunda, geri dönüşüm, değerlendirme ve değiştirilebilme gibi özelliklerden yoksun bir şekilde üretilmektedir. Yapılar hammadde, malzeme ve bileşenlerden meydana gelmiş ürünler olarak tanımlanmasa da çoğu tasarımcı ve malzeme üreticisi yapıların ilişkilendirilmiş bir bütün olduğu üzerinde birleşmektedirler. Bu anlayış yapıları oluşturan ürünlerin kendi içleri içersinde farklılaşmalarını, bakım-onarım ve renovasyon gibi değişim gerektiren konularda uygulama kolaylığı ve alternatif sonuç ürünler oluşturmaya amaçlar.

Yapıların, birden çok ürünün bir araya gelmesinden ve bu ürünlerin çeşitli şartlar doğrultusunda farklı fonksiyonlara hizmet edebileceğini ifade etmeyi amaçlayan bu çalışmada, uygulanan projelerle profesyonel mimarlık çalışmalarında kullanılabilecek ürünlere dair bir yöntem önerisi oluşturulması hedeflenmiştir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Tez çalışması kapsamında sökülebilir tasarım ve geri dönüşüm ile BAT yöntemlerinin mimarlık alanında günümüze kadar yapılmış olan çalışmalar incelenmiş, mimaride dönüştürülebilir yapım sistemleri araştırılıp, bu sistemlere ait örnekler ve çalışmalar derlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, adaptasyon uyurlanabilirlik ve basitlik gibi temel BAT ilkelerinin ışığında, ürün ve yapı ölçeğinde geliştirilen projelerle, dönüştürülebilir ve tekrar kullanılabilir sistemlerin uygulanabilirliği hakkında fikirler sunulmuştur.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Çalışma sökülebilir tasarım ve BAT yöntemlerinin araştırması sonucu elde edilen bilgiler doğrultusunda, BAT yönteminin tekrar kullanım ve geri dönüşüm gibi kavramlardaki avantajlarının ifade edildiği adapte olabilen, değişebilen, farklı bir fonksiyonda yeniden kullanılabilen, benzer nitelikte iki farklı örnek ile incelenmiştir. Örneklerden ilki olan Mod-Hexa Sök-Tak Raf Sistemi projesiyle, istenen duruma göre uyum sağlayabilen ve minimum eleman sayısı ile çalışan bir sistem tasarımı tanımlanmıştır. Sistem temel alınarak kural setlerinin kullanılan program diline aktarılması sağlanmış ve kullanıcının ihtiyacını karşılayacak ölçüde çeşitli ürün alternatifleri elde edilmiştir. Daha sonra bu ürünler demonte edilerek farklı konfigürasyonlarla başka ürünler haline dönüştürülmüştür. Bir diğer örnek ise SPFS (Shading Panel Facade System) - PCS (Panel Cephe Sistemi) projesiyle, uygulanmış-uygulanacak yapılar için kullanılabilecek esneklikte tasarlanmış ikinci bir cephe sistemi oluşturulmuştur. Sistem farklı ebatlardaki cephe ölçülerine adapte olabilecek şekilde, sökülüp-takılabilirlik, birleşip-ayrışabilirlik, tekrar kullanılabilirlik ve geri dönüştürülebilirlik gibi ilkeleri ön planda tutularak tasarlanmıştır.

2. SÖKÜLEBİLİR TASARIM VE GERİ DÖNÜŞÜM

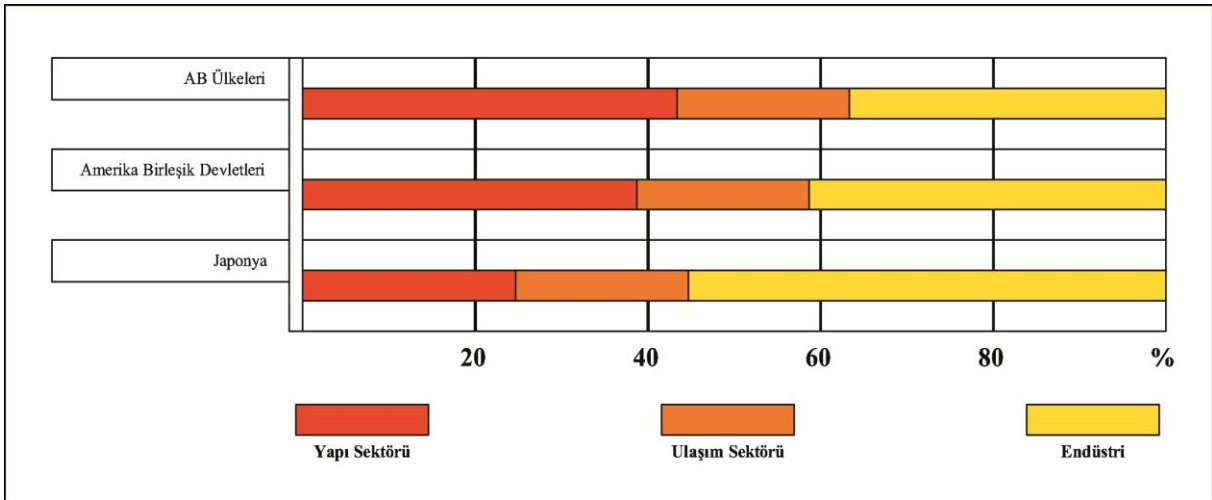
Günümüzde istenmeyen veya ömrü dolmuş yapılara olan yaklaşım şöyledir; değerli malzemeler çıkartılır, geride kalanlar ise yıkılıp moloza dönüştürülerek inşaat atığı haline getirilir.

Çoğu tasarımcı tasarımlarını sonsuza kadar ayakta kalacak şekilde günümüzden birer heykel olarak görmektedir. Gerçekte ise, pek az bina büyük bir yenileme veya tamamen yıkım yaşamadan uzun süre ayakta kalmaktadır.

Kalıcılığın yoksunluğu, bina eskimesinden fiziksel yıpranmalardan ve kültürel değişimden kaynaklanmaktadır. Otuz yıl önce tasarlanıp inşa edilen binalar günümüz toplumunun gereksinimlerine cevap verememektedir.

Hızla değişen ekonomik, toplum ve yaşam dinamikleri yapıların yeniden kullanım için uyarlanmasına, değiştirilmek için yıkılmasına neden olur ve nihayetinde büyük miktarlarda malzeme ve bileşen atık haline dönüşür. Diğer bir taraftan yapı sektörü için üretilen her birim imalatın enerji tüketimi açısından ne kadar fazla olduğu ve bunun çok büyük boyutlarda çevre kirliliğine yol açtığı aşikardır. (Sev , 2009)

Sökülebilir tasarım stratejisi endüstriyel tasarım ve ürün tasarımında derinlemesine incelenmiştir ve günümüzde de pek çok otomobil ve bilgisayar ilerde bileşen ve malzeme geri kazanımına imkân verecek şekilde sökülebilecek biçimde tasarlanmaktadır. Benzer stratejiler inşaat sektöründe malzeme ve yapı elemanlarının yeniden kullanılması teşvik edecek şekilde denenmektedir.



Şekil 2.1 Dünya Geneli Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (Sev, 2009) [1]

2.1 Sökülebilir Tasarımın Tarihi

Malzeme, bileşen veya bütün yapının tekrar kullanılması veya geri dönüştürülmesi amacıyla söküm için tasarlanmış pek çok tarihi ve güncel örnek mevcuttur. Bu örneklerin incelemesi, günümüze ışık tutacak bilgileri açığa çıkaracaktır. Bu örnekler içerisinde en ilkel olanı çadırdır. Geçmişte göçebe toplulukların kullandığı bu tanımlı mekan günümüzde, geçici barınma ihtiyaçlarını karşılayan en yaygın araçtır. Çadırların tarihi ve biçimleri, yapı bileşenlerinin taşınma değiştirilme ve bakım için nasıl sökülebilir olabileceğine dair açık bir örnektir. Çadırlar genelde farklı basınç çerçeveleri ve gerilme membranları kullanarak kullanıcı tarafından kolayca ve hızlıca sökülebilecek bir yapı teşkil ederler. Bileşen hafifliği ve ebatları tasarımın önemli unsurları arasındadır.

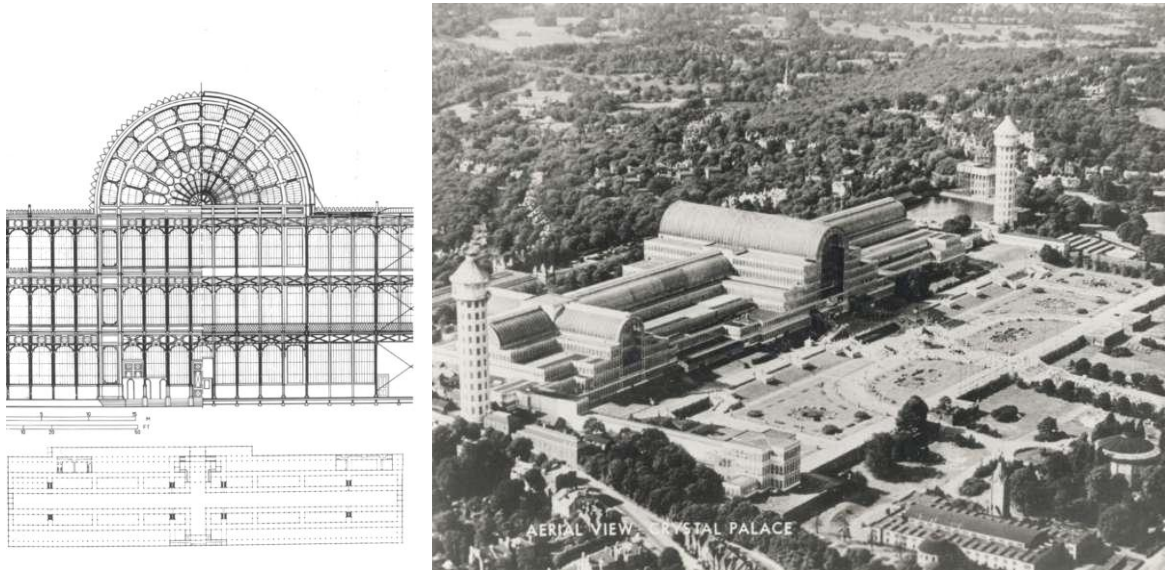
Uzak geçmişte, “kalıcı” binalarda ahşap malzemeler buna benzer şekilde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Avrupa’da, Orta Çağda uygun inşaat kerestesinin azlığı, büyük elemanların tekrar kullanımına yol açmıştır. O zamanın yaygın uygulamasındaki kirişlerin büyük ahşap mahyalarla birleştirilmesi, yapılara artık ihtiyaç kalmadığında sökülerek malzemenin yeniden kullanılmasına olanak sağlamıştır.

Japonya’daki geleneksel ahşap ev mimarisinde, benzer bir birleştirme tekniği kullanılarak ileride üzerinde değişiklik yapılabilecek bağlantılar üretilmiştir. Bu sistemde, yükleri karşılamak için ana iskelet oluşturulmuş, sonrasında ise ikinci bir çerçeve ile mekânsal gereksinimler sağlanmıştır. Böylece, taşıyıcı çerçeveye müdahalede bulunulmadan ve diğer teknolojilerin aksine malzeme sarfına yol açmadan, yaşayanların değişen ihtiyaçlarına göre mekan ikinci çerçevede düzenlenmektedir. (Itoh, 1972)

Ahşap evlerdeki söküm teknolojisi on dokuzuncu yüzyıl’da İngiltere’de doruk noktasına ulaşmıştır. İngiltere o dönemde dünyanın her tarafındaki sömürgelerine ön üretimli ev ve binalar ihraç etmektedir. Ön üretim tekniği sayesinde işgücü ve uygun malzemelerin bulunamadığı yerlerde yüksek kaliteli binalar kurulmuştur.

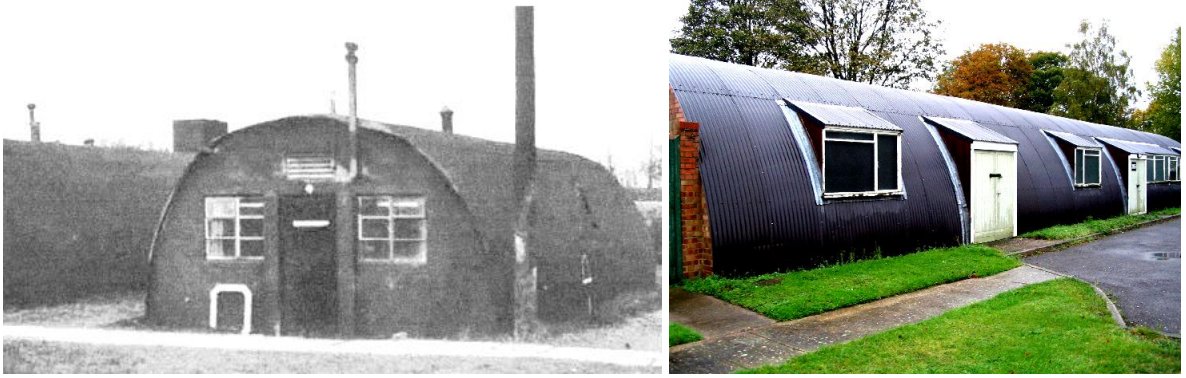
1837 yılında John Manning tarafından tasarlanan taşınabilir kulübeler birden dört odalıya kadar değişen standartlara sahiptir. Teslimattan birkaç saat sonra yaşamaya hazır olan bu kulübeler sahibinin isteğine göre defalarca parçalara ayrılıp taşınabilir ve ardından da tekrar birleştirilebilecek şekilde tasarlanmışlardır. (Herbert, 1978). Kulübeler değişik bölme panellerini tutabilecek şekilde oyulmuş ahşap dikmelerden oluşmuştur. Paneller tek bir anahtar ile kurulup sökülebilen az sayıda civata ve dikme ile birbirlerine bağlanmıştır.

1851’de yılında tasarlanan ve üretilen Crystal Palace (Şekil 2.2) sökülebilen ilk endüstrileşmiş yapı örneği olarak kabul edilmektedir. Paxton tarafından tasarlanan binanın tamamı taşıyıcı bir ızgaradan oluşmaktadır. Bir sistemler bütünü olarak Crystal Palace'ın elemanları arasındaki ilişkiler ve bu elemanların bir araya getirme ve sökölme kuralları çok net olarak tanımlanmıştır. Bina kolayca sökülerek başka bir alanda genişletilerek kurulmuştur. (Peter, 1996) Bu binada geliştirilen açık inşaat sistemi (Open System) standart parçalar üzerinde çok az değişiklik ile binanın değiştirilebilmesini sağlamıştır.



Şekil 2.2 Crystal Palace Çizimleri ve 1934'deki Durumu [2]

Savaş zamanlarında söküm için tasarlanmış binalar yeniden kullanılmak üzere çeşitli söküm örnekleri teşkil etmektedir. Yaygın olarak kullanılmış örneklerden bir diğeri Nissen kulübesidir. (Şekil 2.3) Dalgalı metal plakalar ve ahşaptan oluşan bu kesik varil görünümlü barınak, dört kişi tarafından, sadece bir anahtar kullanılarak dört saatten az bir sürede kurulabilmektedir. (Mallory ve Ottar , 1973) Az sayıda basit ve değişik bileşenin, kolayca temin edilebilen aletlerle kurulumu sayesinde imalat süresi ve yeniden kullanabilme özellikleri çok gelişmiştir.



Şekil 2.3 Nissen Kulübesi - Buckminster Fuller [3]

Diğer bir örnek ise Buckminster Fuller tarafından gerçekleştirilmiştir. Fuller mühimmat fabrikalarının seri üretim teknolojilerini kullanarak, geçici taşınabilir binalar tasarlamıştır. Savaşın sonra, Fuller bu teknolojiyi ön üretimli binalar üretmek için kullanmayı hedeflenmiştir. Ardından bu fikir Dymaxion (Şekil 2.4) evlerinin üreticisi tarafından bakımı yapılan, tamir edilen, gerektiğinde yedek parça hizmetiyle değiştirilen ve nihayetinde de geri dönüştürülen bir ürün gibi kullanıcılara kiralanmasını önermiştir (McHale, 1962). Dymaxion ev modeli hiçbir zaman tamamen geliştirilmemiştir, ancak Fuller'in Wichita evleri benzer ilkelerle inşa edilmiştir. Her bir parçası beş kilogramdan hafif ve tamamı standart parçalardan üretilecek şekilde planlanmıştır (Kronenburg, 1995).



Şekil 2.4 Dymaxion - Buckminster Fuller [4]

Cedric Price, Archigram üyeleri ve Japon Metabolism hareketinin üyeleri sökülebilir yapı tasarımı üzerinde çalışmışlardır. Bu mimarlar, binanın kalan kısmına müdahalede bulunmadan binanın bir kısmının bağlantısının kesilip değiştirilmesine olanak veren planlar geliştirmişlerdir. Archigram tarafından hazırlanan Plug-in City gibi pek çoğu, en sık bakım veya değiştirme gerektirecek binalara en kolay erişim sağlayacak şekilde kullanım hiyerarşisine göre düzenlenmiştir (Cook, 1972). Bu fikirlerin pek çoğu çizim tahtasından öteye gidemese de, Uluslararası Japon Expo 1970’de bu fikirlerin bazılarının denenme fırsatı olmuştur. (Takara Pavyon ve Capsule House) (Şekil 2.5) Geleneksel Japon ahşap evleri gibi, bu binalar bütüne müdahale etmeden parçaların sökülmesine olanak veriyorlardı.



Şekil 2.5 Capsule House - Metabolism [5]

Sökülüp birleştirilebilen endüstrileşmiş yapılar bağlamında 1985 yılında Renzo Piano tarafından tasarlanan IBM pavyonu (Şekil 2.6) dönemi içinde çığır açan yapılardan olmuştur. Yapı çok hafif olmasının yanı sıra rahatlıkla sökülebilip tekrar kurulabilen bir sisteme sahiptir. Uluslararası Japon Expo 1985 'de fuarın ardından, yapı Avrupa'nın önde gelen şehirlerinde, Roma, Londra, Milano ve Lyon gibi tanıtım ve reklam amacıyla tekrar kurulmuştur.



Şekil 2.6 IBM Pavyonu 1985 Expo - Renzo Piano [6]

1997 yılında Hitoshi Abe tarafından tasarlanan fuar ve dekor standı sistemi, yapı iskelesinden yapılmış bir strüktürle, betonarme kalıplar için kullanılan kontrplak levhalardan üretilmiştir. İsmi XX-Box (Şekil 2.7) olan bu sistemin kolay ve ucuza uygulanmasının dışında piyasada bulunan inşaat malzemeleri ile üretilebilmesi yapının geri dönüştürülebilme ve yeniden kullanılması adına önemli kolaylıklar sağlamıştır.



Şekil 2.7 XX_Box - Hitoshi Abe [7]

Günümüzdeki malzeme yeniden kullanımına olan ilginin ışığında bu stratejiler büyük potansiyel vaat etmektedir. Yeni ve geleneksel inşaat fikirleri arasında köprü olacak olan yenilikçi fikirlerin gelişimini desteklemek adına Hollanda hükümeti IFD (industrial, flexible and dismantled buildings) projesini başlatmıştır. IFD endüstriyel, esnek ve sökülebilir binalar tasarlamaya yönelik çalışmalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu kavram, inşaatları sistemleştirerek inşaat sürecinin sanayileşmesine katkıda bulunmalı, esneklik katarak yapı hizmet ömrünü arttırmalı ve yapı elemanlarını sökerek yapı elemanlarının ömrünü arttırmayı hedeflemiştir. Söküm bu araştırma'nın dayanak noktasıdır. (Durmisevic, 2002) Söküm, ürün, malzeme ve bina seviyesinde değiştirilebilirlik, geri dönüşüm, yeniden kullanım, tamir ve bina dönüşümünün ön şartıdır. Söküm sadece yapının uzun ömürlü olması ve atık azaltılması ile değil; aynı zamanda basit ve daha hızlı inşa, yeniden inşa süreci, gürültü ve tozun azaltılması, daha az hammadde kullanımı, kolay kalite kontrol ve sera etkisine meydan veren fazla enerji tüketiminin önüne geçilmesiyle ilgilidir.

Bu stratejiler, sökülebilir tasarımı düşünürken birer başlangıç noktasıdır. Her inşaat projesi kendine özgüdür ve her zaman geçerli evrensel stratejiler olmayacaktır. Bu stratejilerin bazıları çevresel olarak sürdürülebilir olan bazı stratejilerle tamamen ters olabilir. (Durmisevic, 2002) Çevresel performansımızı arttırmaya yönelik her çaba gibi, sökülebilir tasarım da projeyi etkileyebilecek tüm çevresel etkenlerle bütünsel olarak ele alınmalıdır.

2.2 Sökülebilir Tasarım ve İlkeleri

Mevcut binalardaki güncel sökülebilirlik uygulamaları, bileşen ve malzemelerin başarılı bir şekilde yeniden kazanılmasının önünde bazı teknik engellerin olduğunu göstermektedir. Bu sorunların aslında nihai amacı bir yapı elde etmek olan ve bu amacı tek yönlü bir yol olarak gören inşaat anlayışından kaynaklanmaktadır. (Crowther, 2000) Böylesi doğrusal bir görüş, hizmet ömrünün sonuna ulaşan bir binanın yaşam sonu seçeneklerini önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Yapay çevremize ve barındırdığı malzemelere daha döngüsel bir yaklaşım, söküm işlemini binanın tasarım aşamasında dikkate alınması gereken bir başlık olarak görmektedir. Böylesi bir yaklaşım, sökülebilir tasarım yaklaşımı olarak ifade edilebilir.

Sökülebilir yapı tasarımında iki faktör rol oynamaktadır. Birincisi, neden, ne ve ne zaman söküm yapılacağıdır, ikincisi ise nasıl sökülebilir tasarım yapılabileceğiyle ilgilidir. Bir yapının ileride sökülme üzere tasarlanması kararına etki eden üç ana başlık vardır.

Bunlar ;

- Çevresel olarak sürdürülebilen bütünsel bir inşaat modeli
- Yapının, farklı hizmet ömürlerine sahip çeşitli katmanlardan oluşması
- Farklı yaşam-sonu senaryolarının çeşitli sonuçlarını dikkate alan bir geri dönüşüm hiyerarşisi

Çevresel olarak sürdürülebilir inşaat modeli, zamana bağlı bina katmanları ve geri dönüşüm hiyerarşisi konuları sökülebilir tasarım sürecini yönetmeye yardımcı olmaları açısından gereklidir. Bu konular, aslında nasıl sökülebilir tasarım yapabileceğimizi anlatmamaktadırlar. Sökülebilir bina tasarımı yaygın olarak kullanılsa da, tasarımsal veya başka yöntemlerle sökülen önemli bina örnekleri mevcuttur ve bunlar böylesi bir sökümün teknik detayları hakkında bilgi verebilirler.

Çoğu konsept araştırması ve gerçekleştirilmiş olan projeler, sökülebilir tasarım sorunlarına ve çözümlerinde genel bir mantık açığa çıkarmaktadır. Yaygın yaklaşımlar, tasarıma rehberlik edecek ilkeleri açığa koyup, yapı tasarımcıları ve mimarlar için bir tasarım rehberi veya tasarım teknikleri olarak kullanılabilir.

Geri dönüştürülmüş ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı – Her düzeyde geri dönüşüme olanak verebilmek için, geri dönüştürülmüş malzeme kullanımını arttırmak sanayiye ve hükümeti geri dönüşüm teknolojilerini geliştirmek ve geri dönüşüm pazarını büyütmek için hareketlendirecektir.

Malzeme çeşidini asgari tutmak – bu söküm sırasındaki ayırım işlemlerini kolaylaştıracak, değişik geri dönüşüm noktalarına olan taşımayı azaltacak ve her malzeme daha büyük miktarlarda toplanacaktır.

Toksik zararlı malzemelerden kaçınmak – geri dönüşüm için ayrılan malzemelerin kirletilme olasılığını ve doğabilecek sağlık risklerini azaltacaktır.

Kompozit malzeme kullanımından kaçınmak ve aynı malzemeden bölünmeyen alt-sistemler kurmak – böylece yüksek miktarda bir tip malzemeye, ayrışması zor olan küçük miktarda malzeme tarafından kirletilmesinin önüne geçilmiş olacaktır.

Malzemelere farklı ikinci bir son kat uygulamaktan kaçınmak – böylesi kaplamalar, alt malzemeye de bulaşarak geri dönüşümü zorlaştırırlar. Mümkün olduğunca uygun yüzeyi kendiliğinden sağlayan malzemeler veya mekanik olarak ayrılabilen kaplamalar kullanılmalıdır.

Değişik malzeme türlerini ayırt edecek standart ve kalıcı işaretler kullanmak –plastikler gibi pek çok malzeme kolayca ayırt edilememektedir ve bu yüzden bulaşmayan ve sökülemeyen bir işaretle ileride geri dönüşüm için malzeme ayırımında yardımcı olacak şekilde işaretlenmelidir.

Değişik türde bileşen sayısını asgaride tutmak – bu malzemeleri ayırma sürecini basitleştirmek kullanılacak sökme yöntemleri sayısını azaltır. Ayrıca, az çeşit malzemenin çok miktarda bulunmasına yol açacağı için, yeniden kullanımı daha cazip hale getirecektir.

Kimyasal yerine mekanik bağlantılar kullanmak – fazla güç kullanmadan malzeme ve bileşenlerin ayrılabilmesini sağlamaktadır, malzemelerin birbirine bulaşmasını azaltacak ve bileşenlerin hasar görmesini engelleyecektir.

Kapalı bir sistem yerine yapı elemanların birbiriyle değişime imkân verdiği ve tek amaçlı parçalardan kaçınılan açık yapı sistemi kullanmak – bina oturumunda önemli değişiklik olmadan farklılıklar yaratılmasına imkân verecektir.

Modüler tasarım kullanmak – boyutsal ve işlevsel olarak başka sistemlerle uyumlu olan bileşenler kullanımı. Modüler koordinasyon kurulumda olduğu gibi söküm sürecinde de standardizasyon ve sökülen bileşenlere daha geniş bir pazar sunmak gibi avantajlar sağlamaktadır.

Yaygın alet ve edevat kullanımına uygun, standart ve düşük teknoloji inşaat teknikleri kullanmak – özel teknolojiler kullanıcı için söküm işlemini zorlaştırıp tercihi azaltmaktadır. Sınırlı alanlarda uygulanan özel teknolojiler binanın söküleceği dönemde tamamen kullanımdan kalkmış olabilir.

Strüktürü duvar (bölme, kaplama) ve tesisatlardan ayrı tutmak – paralel söküm ile binanın bazı bölüm veya sistemleri geri kalanlarına etki etmeden sökülebilir. Çoğu inşaat sistemi taşıyıcı duvarlar veya taşıyıcı iskelet ve dolgu olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İskelet-dolgu sistemi ikisi arasında sökümüne en yakın olan sistemdir.

Tüm parça ve birleşme noktalarına erişim sağlamak – kolay erişim, kolay söküm sağlamaktadır.

Bileşenleri ve malzemeleri planlanan taşıma yöntemlerine uygun ebatlarda tasarlamak – kurulum, söküm, taşıma, yeniden işleme ve yeniden kurulum sırasında değişik taşıma süreçlerine olanak verilmelidir. Eğer yapı sökülüp yeniden kurulacak ise yapı elemanların taşınabilme özelliklerine dikkat edilmelidir.

Kurulum ve söküm sırasında bileşenlerin taşınmasına ve konuşlandırılmasına olanak sağlamak – taşımak veya kaldırmak için ekipmanların birleşme noktalarına sabitleme aletleri gerekebilir. Bu kavram günümüz inşaat sürecinde pek dikkate alınmamaktadır. Zira günümüzde yapı elemanlarının bir kere, sadece kurulum sırasında taşınacağı kabul edilmektedir.

Kurulum ve söküm sırasında manevra için gerçekçi toleranslar bırakmak – çoklu kurulum-söküm süreci, tek sefer kurulum veya üretim süreçlerinden daha büyük toleranslar gerekebilir.

Bağlantı elemanları ve bileşenleri birden fazla kullanıma uygun şekilde tasarlamak – malzeme ve bileşenler üzerinde çoklu kurulum ve söküm sırasında oluşabilecek kalıcı hasar veya zedelenmeleri engellemek için, bağlantı elemanlarının bu çoklu işlemlere dayanabilir nitelikte olması gerekmektedir.

Sıralı söküm yerine paralel söküme uygun tasarım yapmak – diğer malzeme veya bileşenlerden bağımsız olarak bileşen ve malzemelerin sökülebilmesi gerekmektedir. Bunun mümkün olmadığı yerlerde ise, en çok kullanılabilecek veya en kıymetli elemanların erişilebilir yerlere konuşlandırılması gerekmektedir.

Bileşen tiplerini kalıcı şekilde belirtmek – malzeme bilgileri ve toplam bina sistem bilgileri ile birlikte, uluslararası standartlarda elektronik olarak okunabilecek bir şekilde bileşen tipleri belirtilmelidir.

Taşıyıcı ızgara kullanımı – malzeme tipine en müsait ve kaplamaları ileride tekrar kullanmaya uygun kurulum yapılabilmesi adına malzeme seçimi ile uyumlu taşıyıcı aralıkları seçilmelidir. Bu daha çok standart ebatta malzeme anlamına gelecektir ve malzeme verimliliğini arttıracaktır.

Ön üretim ve seri üretim kullanmak – bileşen kalitesi ve uyumu üzerinde daha iyi bir hâkimiyet ve şantiyede yapılacak çalışmaları azaltmak için bu ilke benimsenmelidir. Prefabrike bileşen kullanımı şantiye çalışmalarını azaltarak kurulum ve sonrasında da söküm işlemlerini kolaylaştıracaktır.

Hafif malzeme ve bileşenler kullanmak – taşımayı kolaylaştırıp hızlandıracaktır, böylece söküm ve tekrar kullanımı daha cazip bir hale getirecektir. Bunun dışında düzenli bakım ve parça değişimi için sökümü de mümkün kılacaktır.

Söküm noktalarını kalıcı olarak işaretlemek – diğer tasarım öğeleriyle vakit kaybetmemek ve binayı teşkil eden sistemler hakkında bilgi sahibi olmayı sağlamaktadır. Söküm noktalarını işaretlerken, talimatlar halinde söküm işlemlerini belirtmekte gerekebilir.

Yapı elemanları, malzemeleri, taşıyıcı sistemler, kurulum ve söküm süreçleri hakkındaki tüm bilgileri saklamak – binaların inşa edildiği şeklindeki projeler (as-built projects), geri kullanım olanaklarını içeren belgeler de dâhil yapı hakkındaki en güncel bilgileri muhafaza etmek için çaba sarf edilmelidir. Böyle bilgilerin mevcut olması binanın yeniden konumlandırma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm ihtimalini arttırmaktadır.

Yıpranan parçaların asgari sayıda kullanımı – değiştirilmesi gereken parça sayısını azaltmak, yeniden üretim sürecinden çıkartılması gereken malzemeleri azaltarak süreci daha verimli hale getirecektir.

Kimyasal bağlantıları olan birleşimlerde bağlanan malzemelerden daha düşük mukavemette bağlantı elemanları hazırlamak – söküm sırasında bileşenler yerine bağlantının kırılabilmesi için, bağlantının bileşenlerden daha düşük mukavemette olması gerekmektedir.

Standart inşaat uygulamalarıyla uyumlu kurulum teknolojileri kullanımı – özel teknikler sökümü zorlaştırır ve söküm seçeneğini daha az cazip hale getirmektedir.

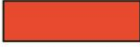
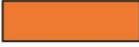
Bileşenlerin beklenen hizmet ömürlerine göre bir söküm hiyerarşisi ile hazırlanması – kısa hizmet ömrüne sahip malzemeleri erişilmesi daha kolay yerlere koyarak söküm süreci daha verimli hale getirilebilir.

Bütün halde sonsuz olasılığa izin veren, standart parçalar kullanımı – böylece fazla inşaat işi çıkmadan bina üzerinde küçük değişiklikler yapılabilir.

Asgari sayıda değişik bileşen türü kullanımı – daha az çeşit bileşen daha az değişik söküm süreci anlamına gelir, aynı zamanda söküm sürecinde standartlaşma anlamına gelir, bu da yer değiştirme seçeneğini daha cazip kılmaktadır.

Söküm noktalarını kalıcı olarak işaretlemek – diğer tasarım öğeleriyle vakit kaybetmeyi engeller ve binayı teşkil eden sistemler hakkında bilgi sahibi olmayı sağlar.

Sökülebilir tasarım ilkeleri listesinden, bazı maddelerin pek çok kez birbirine aykırı kaldığı görülmektedir. Örneğin, değişik malzeme tiplerini asgaride tutma ilkesi her zaman hafif malzeme ve bileşen kullanma ilkesi ile uyumlu olmamaktadır. Buna benzer durumlarda, her ilkenin getirileri karşılaştırılmalı ve daha geniş konuların ışığında karar verilmelidir. İlkeler, ileride söküm için nasıl tasarım yapılacağı konusunda rehberlik etmektedir, ancak belirtildiği gibi, daha geniş konular ne, nerede, ne zaman gibi söküm hakkındaki soruları yanıtlamamaktadır. Konuların daha iyi anlaşılmasının bir getirisi de, değişik hizmet ömrü sonu senaryolarında hangi ilkelerin daha gerekli olacağını anlatmaktır. Sökülebilir Tasarım İlkeleri ve Geri Dönüşüm İlişkileri (Crowther 2005) (Şekil 2.8), geri dönüşüm zincirinde her ilkenin dört farklı senaryo halinde ne kadar faydalı olduğunu gözler önüne sermektedir. Bu da geri dönüşüm seviyelerine göre, yapı tasarımında hangi ilkelerin daha uygun olduğunu görmemize yardımcı olacaktır.

	Tasarım İlkesi	Malzeme Geri Dönüşümü	Bileşen Tekrar Üretimi	Bileşen Tekrar Kullanımı	Yapı Yer Değişimi
1	Geri Dönüştürülmüş veya Dönüştürülebilir Malzeme Kullanımı				
2	Farklı Malzeme Sayısını Minimumda Tutma				
3	Toksik ve Tehlikeli Maddelerden Uzak Durma				
4	Aynı Malzemeden Oluşan Alt Bileşenlere Ayrılabilen Bileşenler Hazırlama				
5	Malzeme Yüzeylerine İkinci Bir Malzeme Uygulanması				
6	Malzeme Türlerinin Belirlenmesini Sağlama				
7	Farklı Bileşen Sayısını Minimumda Tutma				
8	Mekanik Montaj Kullanımı				
9	Açık Bina Sistemi Kullanımı				
10	Modüler Tasarım Kullanımı				
11	Yaygın Araç Gereç Kullanımı				
12	Paralel Söküm İçin Taşıyıcı Strüktürle Kabuğun Aynı Tasarlanması				
13	Tüm Söküm Bölümlerinin ve Parçalarının Ulaşılabilir Olması				
14	İmkanlar Doğrusunda Taşınabilir Büyüklükte Bileşen Üretimi				
15	Bileşenlerin Üretildiği Yerden Nakliyesi ve Yerleştirilmesi Kolaylığı				
16	Birleşim ve Ayrışım İçin Toleranslar Saplanması				
17	Birleşim Sayısını Minimumda Tutma				
18	Farklı Birleşim Sayısını Minimumda Tutma				
19	Tasarlanan Birleşim Elemanlarının Tekrar Etmesi				
20	Çapraz Söküme Uygunluk				
21	Bileşen Türlerinin Belirlenmesini Sağlama				
22	Standart Strüktür Aksı Kullanımı				
23	Seri Üretim ve Prefabrikasyon Kullanımı				
24	Hafifleştirilmiş Malzeme ve Bileşen Kullanımı				
25	Söküm Noktalarının Belirlenmesi				
26	Yedek Parça Sağlanması				
27	Yapı Malzemelerinin ve Bileşenlerinin Dökümanlarının Saklanması				
Hiyerarşik Geri Dönüşüm Seviyesi Alaka Lejandı					
 Çok Alakalı  Alakalı  Az Alakalı					

Şekil 2.8 Sökülebilir Tasarım İlkeleri ve Geri Dönüşüm İlişkileri (Crowther, 2005)

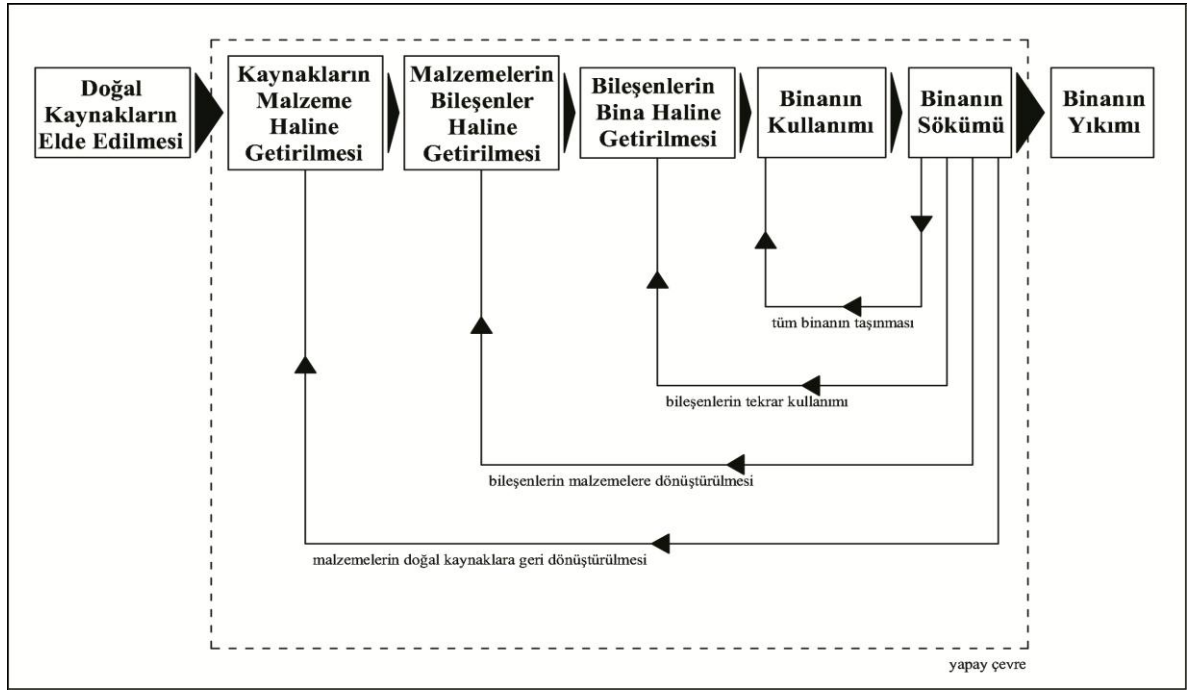
2.3 Sürdürülebilir İnşaat Uygulamalarına Yönelik Sökülebilir Tasarım

Sökülebilir tasarım girişiminde bulunmadan önce, yapay çevre ve küresel çevre üzerindeki etkiler anlaşılmalıdır. Sökülebilir tasarım yapmanın malzeme israfı, enerji sarfıyatı gibi konularda kazanımlar sağlamasının yanında, başlangıçta yüksek enerji tüketimi ve fazla toksik madde kullanımı gibi olumsuz etkiler oluşabilir. Bunlar daha küçük bir etki bırakacak olsa da, incelenmelidirler. Bu süreci yönetmek için sökülebilir tasarımı sürdürülebilir inşaat resminin neresinde ne işe yaradığını anlatan bir model gerekmektedir. Aslında atık olarak değerlendirdiğimiz yığının yoğun bir potansiyeli vardır ve bu göz önünde bulundurulduğunda kaynak kullanımına tek yaklaşım olarak beşikten mezara anlayışı tek seçenek değildir. Atık olarak emekli edilmeden önce malzemelerin, bileşenlerin ve hatta bütün yapının birden fazla yaşam sürmesi mümkündür. Yapay çevremizde temelde 4 yeniden yapılanma olasılığı vardır. (Crowther, 2000) (Şekil 2.9)

- Bütün bir yapının taşınıp yeniden kullanılması – yapının sınırlı bir zaman için ihtiyaç duyulduğu hallerde, başka bir yere aynı veya benzer bir amaç için taşınmasıyla olmaktadır.
- Bileşenlerin yeni bir yapıda veya aynı yapının farklı bir yerinde tekrar kullanılması – standart tasarımlı kaplama veya dolgu malzemeleri için geçerli olabilir.
- Malzeme ve bileşenlerin yeni bileşen yapımında kullanılması - halen iyi durumda olan malzeme ve bileşenlerin yeni yapı elemanları imalatında kullanılması.
- Malzemelerin başka malzemelerin üretimi için geri dönüştürülmesi – bu malzeme üretiminde yeni hammadde yerine geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması.

Hayat döngüsü değerlendirmesinin kullanımı ile alternatif senaryonun çevre üzerindeki etkilerine bakılabilir. Ortaya çıkan olumsuz etkiler, yapı kullanımı sırasında oluşmaktadır. Sökülebilir tasarım, kaynak israfı, tür ve yaşam alanı kaybını önemli ölçüde azaltabilir, enerji tüketimi ve kirlilik üretimini düşürebilir, sosyal ve insan sağlığı konularına olumlu katkılarda bulunabilir. (Deller, 2004)

Bu etkilerin kapsamı ulaşılan geri kullanım oranına bağlıdır. Örneğin bütün yapının tekrar kullanılması senaryosu enerji sarfıyatını ve kaynak israfını önemli ölçüde azaltacaktır, öte yandan malzeme geri dönüşümü kaynak tüketimini azaltsa da yeniden işlenme ve üretim sırasında önemli enerji gereksinimleri doğuracaktır.



Şekil 2.9 Yapay Çevremizdeki Olası Dört Yeniden Yapılanma Modeli (Crowther, 2000)

2.4 Atık Yönetimi

Günümüzde dünya üzerinde üretilen yıllık milyonlarca ton katı katığın üçte biri kadarını inşaat molozu teşkil etmektedir. Buna karşın inşaat atığı geri dönüşümü, kağıt ve plastik maddelerin dönüşümüne oranla çok kısıtlıdır (Craven, 1994). Konut yıkımı atıklarının geri dönüşümü ve tekrar kullanılmasına dayalı büyük bir sektör bulunmaktadır. Ancak yapı elemanlarının yapının geri kalanından ayrılmasının güç olması, geri kullanım oranlarının düşük olmasının en büyük sebeplerinden birisidir. Bu güçlük, süreci elverişsiz hale getirmekle birlikte, ekonomik olarak uygulanamaz kılmaktadır. Geriye kalan yıkım seçeneği de malzemelerin çoğunu kirlenmiş, kırılmış ve sadece toprağa serilmeye uygun halde dolgu malzemesi olarak kullanmaya imkan vermektedir. Geleneksel inşa yöntemi tek yönlü bir süreç olarak görülebilir. Bu sürecin bazı önemli adımları vardır. Hammaddeler doğal ortamlarından çıkartılırlar ve kullanılabilir malzemeler haline getirilecek şekilde işlenirler. Ardından bu malzemeler yapı elemanları üretiminde kullanılırlar ve bileşenleri oluştururlar, bileşenler bir araya gelerek yapıyı teşkil ederler ve yapı kullanılır. (Craven, 1994) Süreç içerisinde gerektiğinde yapı onarılır ve ileride onarılamayacak hale geldiğinde yapı yıkılır, sonuç olarak kullanılan malzemeler atık olarak elden çıkartılır. Beşikten mezara kadar olarak adlandırılan bu süreç Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10 Yaygın Olarak Benimsenmiş Beşikten Mezara Malzeme Akışı. (Craven, 1994)

Bu senaryo ve neden olduğu yüksek atık oranı, HDD (Hayat Döngüsü Değerlendirme) matrisi ile açıklanabilir. Bu matris, çeşitli hayat evrelerine karşın olası çevresel etkileri ortaya koymaktadır (Şekil 2.10'da gösterilen evreler). Genel bir bina projesinin yaygın olarak kullanılan yöntemler ile inşasının pek çok evresinde çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşmaktadır. Bu olası etkiler ve tehditleri minimumda tutmak adına hayat evrelerinin hangi adımlarında hangi tehditlere karşı daha duyarlı olunması gerektiği HDD matrisinde (Şekil 2.11) gösterilerek endişe kaynağı olan alanlar olarak tespit edilebilir.

Adımlar	Olumsuz Etkiler ve Olası Tehditler					
	Enerji Kullanımı	Kaynak Tüketimi	Atık ve Kirlenme	Doğal Ortam ve Canlı Tür Kaybı	İnsan Sağlığı	Sosyal Gereklilikler
Hammadde Çıkarımı	■	■		■		
Malzeme Üretimi	■		■		■	
Bileşen Haline Dönüştürülmesi	■		■		■	
Yapı Elemanlarının Biraraya Getirilmesi	■					■
Yapı Kullanımı	■					■
Yıkım	■					■
Atıkların İslah Edilmesi			■		■	

Şekil 2.11 Olumsuz Etkileri Gösteren Yaygın İnşaat Uygulamalarına Dayalı HDD Matrisi

2.5 Geri Dönüşüm Hiyerarşileri

Sanayileşmiş toplumlarda yaygın işlem biçimi tek kullanım ve ortadan kaldırmaya dayalıdır. Malzemeler doğal ortamlarından çıkartılır, işlenir, üretilirler, bir defa kullanılırlar ve ortadan kaldırılırlar. Doğal ortamlarına geri atılarak kirliliğe, kaynak israfına, doğal ortam kaybına ve aşırı enerji ziyanına neden olurlar. Geri dönüşüm anlamında iki esas işlem biçimi vardır bunlardan birincisi DHS'dir.(Doğrusal Hayat Süreci) DHS yukarıdaki bölümlerde de bahsedilen beşikten mezara anlayışı gibidir. (Durmisevic, 2006) İnşaat sektöründe baskın olarak kullanılan işlem biçimi olmasının dışında, bir süreç olmasından ötürü hiçbir dönüşüm içermemektedir. Bu süreç, malzemelerin inşa ettiğimiz çevremizden geçerken şu safhalardan geçtiğini açıklamaktadır; çıkartma, işleme, üretme, kurulum, kullanım, yıkım ve atım. (Şekil 2.10)

Bir diğer anlayış ise HDD'dir. (Hayat Döngüsü Değerlendirmesi) - LCA (Life Cycle Assesment) Doğrusal hayat süreci uygulanabilecek tek yöntem değildir ve malzeme yaşantısını bu basamaklardan kurtarıp istenmeyen malzeme, bileşen veya bütün yapının geri dönüştürülebildiği, tekrar kullanılabilirdiği gerçek bir hayat döngüsüne oturtmak mümkündür. Uygun sökülme stratejileri ile böylesi bir geri dönüşüm değişik yollarla olabilir.

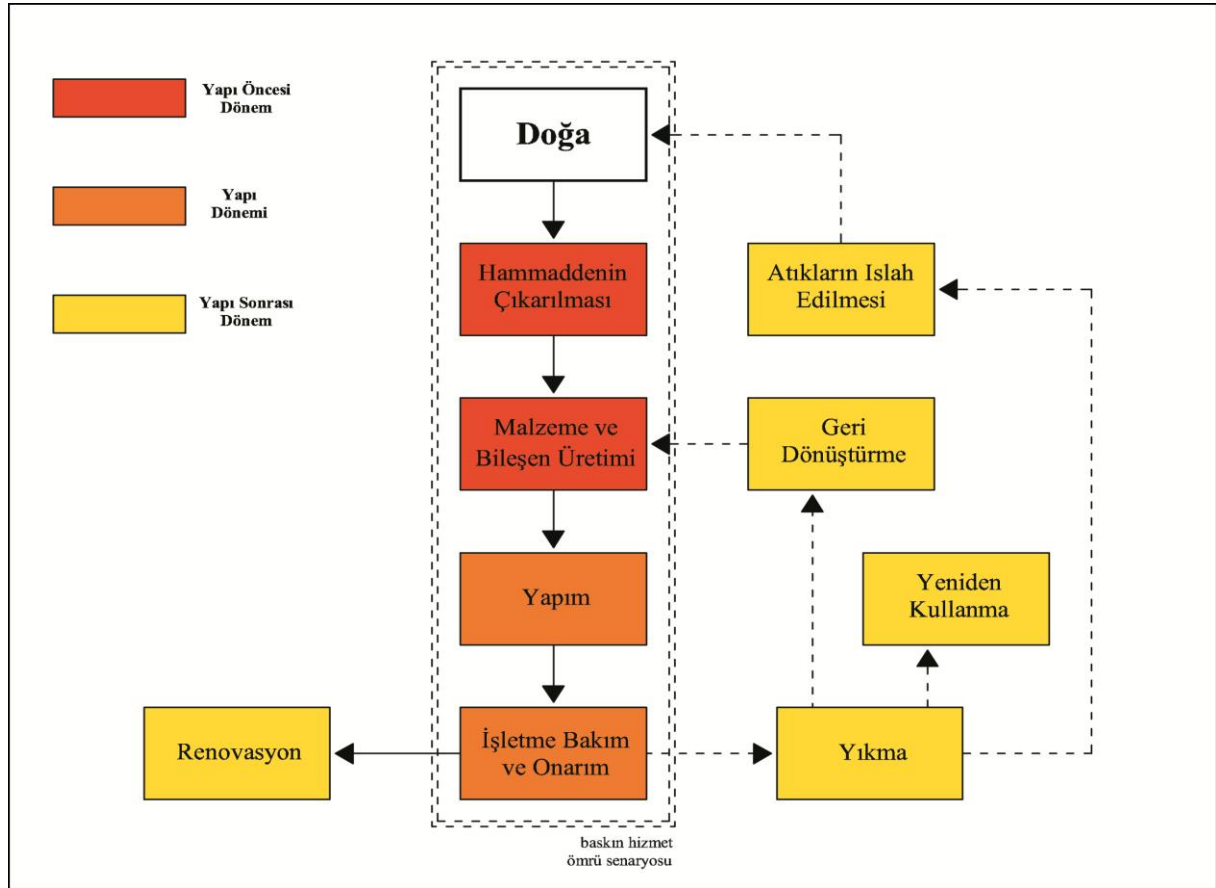
Değişik sonuçlar doğuracak farklı geri dönüşüm senaryoları olduğu görülmektedir. Yapı sökülme sürecinin teknik sonuçları dikkate alındığında, dört değişik ölçekli sonuç mümkündür. Bunlar:

- Yapının tamamının yeniden kullanılması
- Yeni bir yapı üretimi
- Yeni yapı bileşenlerinin üretilmesi
- Yeni yapı malzemeleri üretilmesi

Bunlar da dört farklı hayat-sonu senaryosu ortaya çıkarmaktadır:

- Yapının yeniden kullanılması veya taşınması
- Bileşenin yeniden kullanılması veya başka bir yapıya aktarılması
- Yeni yapı bileşeni imalatında malzemelerin yeniden kullanılması
- Malzemelerin yeni yapı malzemelerine geri dönüşümü (aşağıya dönüşüm)

Sökülebilir tasarım yapay çevremize uygulanırsa, bina ömründeki yıkım süreci yerini söküme bırakabilir. Yüksek miktarda atık üreten yıkım senaryosu Şekil 2.12'de görülmektedir. (Crowther, 2005) Atık miktarı, tamamen ortadan kalkmasa da elde edilebilecek önemli düşüşler de şekilde görülmektedir.



Şekil 2.12 Baskın Hizmet Ömrü Senaryosu ve Alternatif Senaryolar (Crowther, 2005)

Bu senaryoların bazıları çevre açısından bakıldığında diğerlerinden çok daha kabul edilebilirdir. Yapı elemanlarının tekrardan kullanımı, geri dönüşümün ihtiyaç duyacağı ek enerji ve kaynak girdisini ortadan kaldırmaktadır. Enerji üretiminin çevreye mal olduğu, özellikle de en yaygın kullanılan enerji üretim yöntemlerin çevre düşmanı (fosil yakıt yakma) olduğu bir toplumda, enerji girdisini azaltacak her yöntem çevre dostudur. Örneğin binalar malzeme geri dönüşümü yerine yapı elemanlarının tekrar kullanılması esasına göre tasarlanabilir. Uygulamada, yapıların gerekli senaryolara cevap verebilecek şekilde tasarlanması, ileride ihtiyaç duyulacak olan sökümden uzun süreler önce verilebilecek en isabetli karardır.

Geri dönüşüm hiyerarşisini anlamak, herhangi bir ömür sonu senaryosunda hangi birimlerin geri dönüştürüleceği sorusuna cevap vermeye yardımcı olur. Sökülebilir tasarımı bina veya bileşen ölçeğinde uygulamak her zaman uygun olmayabilir. Belli bir projedeki kendi enerjisini kendi üretme gereksinimi veya toksik maddelerden yoksun tasarım prensibi sökülebilir tasarım ihtiyacından daha ağır basabilir.

2.6 Yeniden Üretim Sistemi

YÜS (Yeniden Üretim Sistemi), yararlılığını yitirmiş bir takım ürünlerin ayrıştırmak, tamir etmek, yenisi ile değiştirmek sureti ile tekrar kullanılabilir duruma getirilmesi veya yeni ürün özellikleri ile donatılmasıdır. (Fleischmann, 1997)

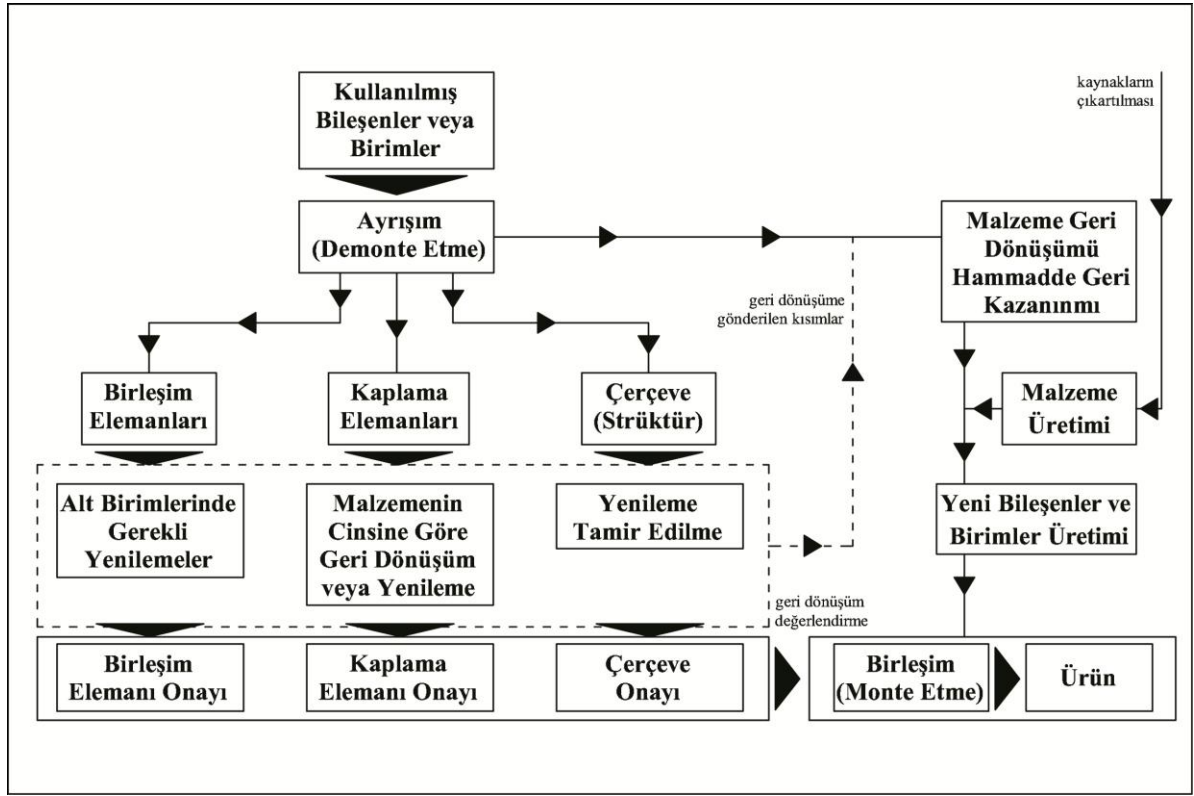
YÜS demonte edilebilir ürünler oluşturup, bu ürünlerin değiştirilebilir parçalarının bir havuz içerisinde toplanması, üretim ve kullanım aşamalarında yıpranmış parçaların değiştirilerek yeniden montajının sağlanmasını içeren bir sistem olarak tanımlanabilir. Örneğin, otomobil endüstrisi. (Bras, 1999)

Buna göre YÜS üç temel aşamada gerçekleşir (Yüksel, 2004) :

- Ayrıştırma: Ürünlerin tamamen bileşenlerine ayrılması
- Yeniden Üretim: Ürün ve parçaların yeni ürünler için gerekli niteliklere kavuşturulmak üzere işlenmesi
- Yeniden montaj: Yeniden üretilen parçaların ve gerektiğinde yeni parçaların monte edilerek sonuç ürün haline getirilmesi

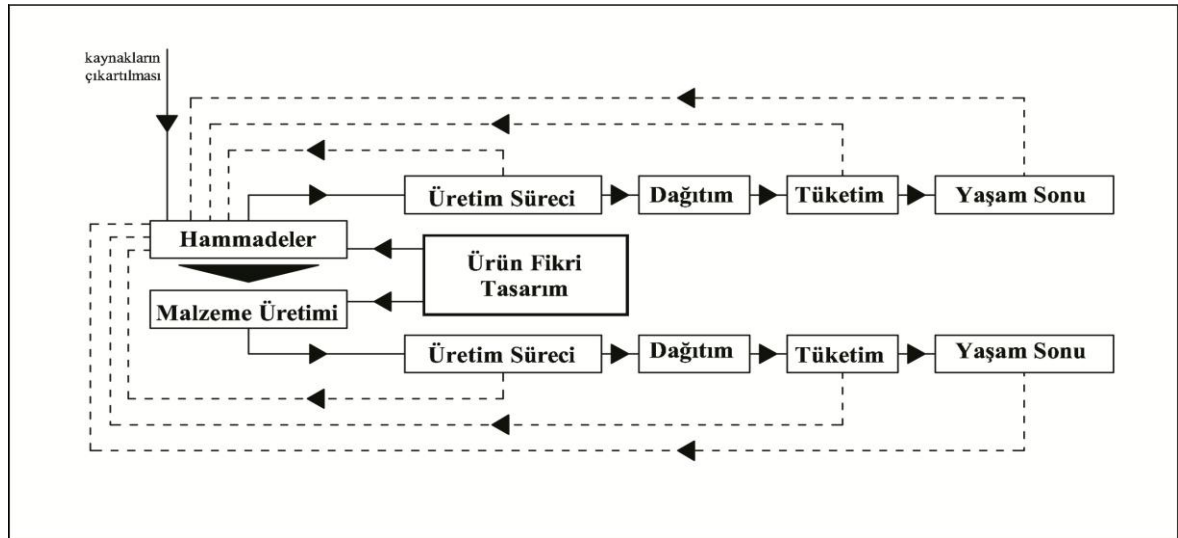
Bir ürünün "Yeniden Üretilmiş Ürün" olarak kabul edilebilmesi için şu koşulların karşılanması gereklidir (Gözlü, 2004) :

- Ana parçaların kullanılmış bir üründen alınmış olması.
- Kullanılmış ürün/parçaların tekrar kullanılabilecek seviyeye kadar sökülmesi.
- Kullanılmış ürün/ parçalarının temizlenmiş olması.
- Hasarlı parçaların işlevsel olarak nitelikli bir duruma gelinceye dek onarılmış ya da yeniden üretilmiş iyi durumdaki parçalarla yer değiştirilmiş olması.
- Ürünün yeniden monte edilmiş olması ve yeni bir ürün olarak iş görür olması.



Şekil 2.13 Yeniden Üretim Sitemi (Ferrer, 2003)

Şekil 2.13 'de, bir ürünün yaşam döngüsünde içerisinde YÜS'e girdi oluşturabilecek olan aşamalar genel olarak gösterilmiştir. Buna göre üretim surecinden, tüketim sürecine hatta ürünün kullanım ömrünün tamamlanmasına kadar yine YÜS'e tabi tutulacak olan veriler elde edilebilmektedir.



Şekil 2.14 Ürün/Tasarım Hayat Döngüsü Aşamaları (Maxell, 2003)

Ürünün yeniden kullanımı ya da YÜS yoluyla, tasarımın/ürünün geometrik şeklinde bir değişiklik olmamasından ve orijinal yaşam döngüsü ile aynı kullanım amacıyla ya da ikincil amaçlarla kullanılmasından dolayı, çevresel etki üzerinde büyük kazanımlar sağlanabilmektedir. Genel olarak YÜS'ün sağlayacağı yararlar şu şekilde özetlenebilir (Bras, 1999):

- Enerji tasarrufu: Tamamen yeni bir ürün üretmek için gerekli enerji girdisinin, YÜS ile ürün üretmek için gerekli enerji miktarından dört ila beş kat fazla olduğu tahmin edilmektedir. Enerji tasarrufu iki yönüyle ele alınabilir. Birincisi, ürünün üretilmiş halinde fazla bir değişiklik yapılması gerekmeyeceğinden, üretimde kullanılmış enerjiden sağlanacak tasarruf değerinin artması söz konusu olacaktır. İkincil olarak da materyallerin geri dönüştürülmesi için gerekli olacak enerji, YÜS için gerekecek enerjiden daha fazla olacağı için alternatif maliyet kazancı.
- Materyal geri kazanımı: Üründe kullanılmış materyallerin geri kazanımı.
- İşgücünün geri kazanımı: Ürünün toplam kullanım ömrünün artmasından dolayı, bu ürünü üretmek için kullanılmış olan işgücünden tasarruf edilmesi.
- Üretilmiş parçalardaki katma değer geri kazanımı.
- Yoğun emek harcanan bir faaliyet olmasından dolayı yeni iş olanakları yaratma imkanı.
- Katı atıkların azaltılması.
- Malların satış fiyatlarında düşüş sağlanması ve buna bağlı olarak yaşam standardının artması: Toplamda kullanılan kaynak miktarı göreceli olarak azaltılmış, elde edilen ürün miktarı arttırılmış olacağından ötürü, birim ürün fiyatlarını aşağıya çekebilecektir. YÜS işletmelerin ortalama maliyetlerinde % 20 civarında bir tasarruf sağladığı tahmin edilmektedir (Aydın 2004).
- Düşük fiyat bir rekabet piyasası oluşturur, sonuç ürün kalitesinde artma meydana gelir. (Aydın, 2004)

- Geri dönüşüme oranla daha büyük bir katma değer payının geri kazanılması: Geri dönüşümdeki kayıplar YÜS'de söz konusu olmayacağından, harcanması gereken kaynak miktarı daha az olduğundan ve de çoğunlukla elde edilen ürünün ekonomik değeri geri dönüşümle kazanılmış ürüne kıyasla daha yüksek olduğundan geri kazanılan katma değer daha yüksektir.

YÜS önündeki olası engeller ise şu şekilde sıralanabilir (Yüksel, 2004), (Bras, 1999) :

- Kullanılmış olan her türlü ürün yada parçaya karşı oluşmuş olan önyargı.
- Eski parçalarla oluşturulabilecek kısıtlı tasarımlar.
- Yeni parçaları eski olanlarla değiştirmeyi güçleştiren tasarım değişiklikleri

Elde edilecek ürünün ne denli kaliteli ya da kalitesiz olabileceğini varsayım metotlarıyla öngörmek ancak ürünün tasarım aşamasında sürdürülebilirlik koşullarını da tasarıma dahil etmek ve yeni ürünleri buna bağlı olarak geliştirmekle mümkündür. Bu noktada sürdürülebilir tasarım ve buna bağlı olarak da sökülebilir tasarım ve BAT (Birleşip Ayrışabilen Tasarım) yöntemi devreye girmektedir.

2.7 YÜS'de Sürdürülebilirlik ve Ürün Tasarımı

Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan "Ortak Geleceğimiz" (UNEP Global Environment Outlook) adını taşıyan yayında sürdürülebilirlik "mevcut durumdaki gereksinimleri karşılarken, gelecek kuşakların gereksinimlerini de karşılama yetisini koruyan gelişim" olarak tanımlanmıştır. (Reijnders, 2000)

Mimari tasarım ve dolaylı olarak ürün tasarımı açısından ele alındığında ise sürdürülebilirlik kavramı, tasarım sonucu ortaya çıkan ürünün yukarıdaki tanımda verilmiş olan gereklilikleri yerine getirmesi üzerine kurulmuştur. Özellikle YÜS göz önünde bulundurulduğunda, ürün bileşenlerinin tekrar üretim hattına girmesi söz konusu olmaktadır. Buradaki başlıca sorunlardan biri, değişen ürün serileri için de yeniden üretilmiş parçaların kullanılabilirliğinin sağlanmasıdır. Bu koşul sağlanmadığı sürece tam bir sürdürülebilir ürün tasarımı oluşturulamamış olacaktır.

Üretilen ürünlerin tüketici beklentilerini karşılayıp karşılayamayacağı, çevreye olumlu veya olumsuz etkilerinin ne olacağı, ve üretim maliyetlerinin ne olacağı tasarım aşamasında büyük ölçüde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ürün tasarımı aşaması, ürünün pazar başarısını doğrudan etkileyen en önemli faktör olarak görülebilir. Bu aşamada, tasarlanmakta olan

ürünün YÜS'e uygun olarak ve hatta gelecekteki tasarımlara girdi teşkil edebilecek şekilde Sökülebilir Tasarım veya BAT sistemine uygun ortaya konması hem çevre sorunlarının önlenmesinde, hem de üretim işletmelerinin girdi maliyetlerinde tasarruf sağlamasında etkili olacaktır.

2.8 YÜS İçerisinde Ürün Tasarımının Yeri ve Sürdürülebilir Tasarım

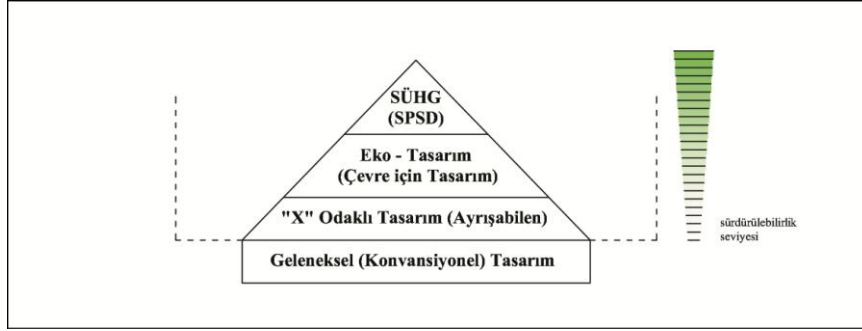
YÜS'ün önündeki en büyük engellerden biri ürün tasarımı olmaktadır. Ürünlerin tasarımı aşamasında, kullanım ömrü sonunda nasıl geri dönüşümlerin sağlanacağı göz önünde bulundurulmalıdır. (Gözlü, 2004)

Ürünleri oluşturan bileşenlerin YÜS'e girdi oluşturmaları, bu bileşenlerin geliştirilecek yeni ürünlerde de kullanılabilir özellikte olmasını gerektirecektir. (Maxell, 2003) Bu gereklilik de tasarımların sürdürülebilirliği kavramını ortaya çıkaracaktır. Şekil 2.14' de kesikli çizgi ile gösterilmiş olan fiziksel ürün akışlarının dışında, bu oluşum içerisine aynı noktalardan "ürün fikri ve tasarım" sürecine bilgi akışının eklenmesi de düşünülebilir. Buradaki bilgi akışının içeriği, tasarım aşamasında ürün serileri değişirken, yeni tasarımın mümkün olduğunca önceki ürün serilerinde kullanılmış olan parçalarla (ürünün kendisi kullanılarak) gerçekleştirilmesi yönündeki özellikler olmalıdır.

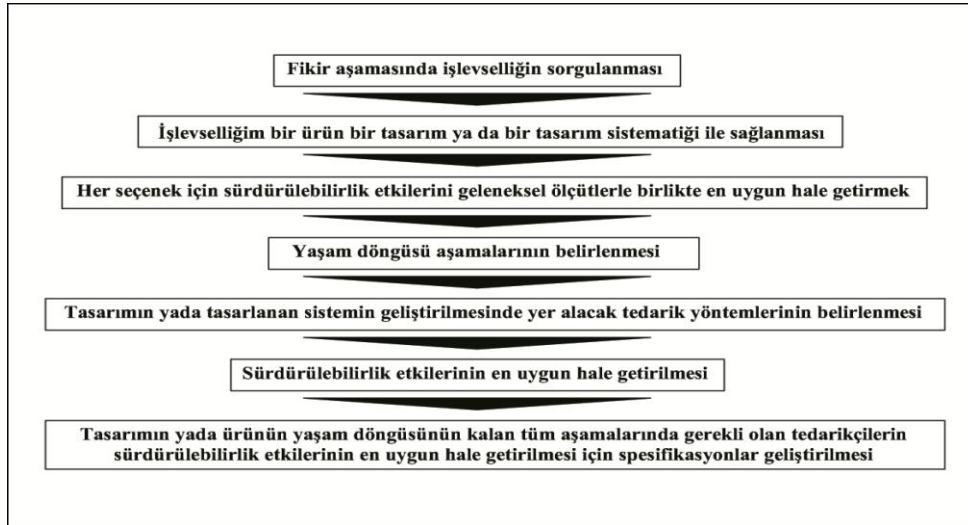
Sürdürülebilir ürün geliştirme yöntemlerinden bazıları şunlardır :

- "X" odaklı tasarım: Bu yaklaşımlarda ürün tasarımında belirli alanlara odaklanan alt aşamalar söz konusudur. "Demonte odaklı tasarım", "Geri dönüşüm odaklı tasarım"
- Eko-tasarım: Endüstride kullanılan sürdürülebilir ürün geliştirme yaklaşımları ana fikir noktası olarak ürünlerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma noktasında odaklanmıştır. Bu yaklaşım "eko-tasarım" ya da "çevre için tasarım" olarak bilinmektedir ve doğrudan doğruya ürün-çevre ilişkileri temelinde bir tasarım çerçevesi çizmektedir.
- SÜHG (Sürdürülebilir Ürün ve Hizmet Geliştirme) - (Sustainable Product and Service Development - SPSPD) : SÜHG yaklaşımı hem eko-tasarım hem de belirli bir amaca yönelik tasarım kavramlarını birleştiren özel bir yapıdır. İki yaklaşımın bir arada kullanılmaması, ürün ve/veya hizmetin çevre açısından yaratabileceği bazı olumsuz etkileri ortadan kaldırırken, sürdürülebilirliği yüksek bir ürün-hizmet üretme

fırsatlarının gözden kaçırılması gibi bir duruma yol açabilecektir. SÜHG yönteminin en önemli özelliği ürün-hizmet sistemi seçeneklerini de değerlendirmeye alarak fiziksel ürün ihtiyacını mümkün olan en düşük düzeye indirmeye çalışmasıdır. Şekil 2.15 'de SÜHG yöntemi ve diğer tasarım yöntemlerinin sürdürülebilirlik kavramı ile ilişkisi görülmektedir. Şekil 2.16 'da ise SÜHG yöntemiyle diğer tasarım yöntemlerinin temel uygulama adımları gösterilmektedir.

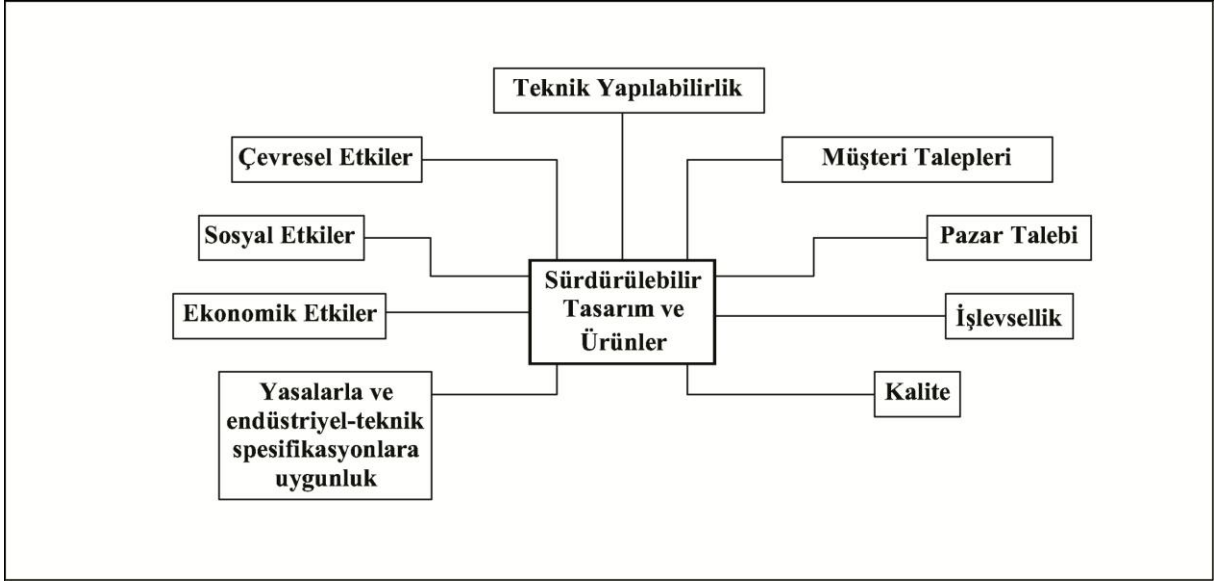


Şekil 2.15 Sürdürülebilir Tasarım ve Ürün Piramidi (Bras, 1999)



Şekil 2.16 Sürdürülebilir Tasarım ve Ürün Geliştirme Süreci (Maxell, 2003)

Sözü geçen sürdürülebilirlik faktör ve süreçlerinin geleneksel tasarım ölçütleri ile birlikte ele alınması, tasarım süreci sonunda ürünün istenen işlevselliği sağlayabilmesi için kaçınılmaz olarak göz önünde bulundurulacak noktalardır. Buna bağlı olarak sürdürülebilir bir ürün veya hizmet tasarımında dikkate alınması gereken ölçütler Şekil 2.17'de görsel olarak verilmiştir.



Şekil 2.17 Sürdürülebilirliği En Uygun Hale Getirebilmek İçin Ölçütler (Maxell, 2003)

3. BİRLEŞİP AYRIŞABİLEN TASARIM YÖNTEMİ

3.1 Kapsam ve Tanımlar

BAT (Birleşip Ayrışabilen Tasarım) - (Design for Disassembly and Adaptability - DFD/A) yöntemi, yenileme, yeni fonksiyon kazandırma, fonksiyon değiştirme veya yıkım halinde işletme, bakım ve kaynakların kurtarılması (yeniden kullanılabilmesi, geri dönüştürülebilmesi) adına sistem ve parçalarının ayrılabilir olması ve aynı zamanda hizmet ettiği süre zarfında ve gelecekte yapı hizmet ömrünü arttırmak amacıyla birden fazla kullanıma imkân veren bir sistem bütünüdür. Nihai amaç, sürekli olarak kullanımda olan, atıl kalmayan ürünler tasarlayabilmektir. BAT'ın yapı dokusu konusundaki amacı, kaynakları daha etkin kullanarak, kaynak çıkartılması, işlenmesi ve üretiminin çevre üzerindeki etkisini azaltmaktır. Örneğin, betonarme bir elemanın her bir metreküpü için yapılan bir araştırmanın bulgularına göre, yeniden kullanılabilir ön üretimli beton kullanımında (Morisson Hershfield Engineering, 2009), [8] :

- 1.23 GJ enerji tasarrufu.
- CO2 üretiminde 147 kg azalma,
- Su salınımlarında %50 azalma [yeni, sıfırdan üretime kıyasla]
- Hava salınımlarında %50 azalma [yeni, sıfırdan üretime kıyasla] sağlanmaktadır.

3.2 BAT İlkeleri ve Analiz Düzeyleri

Sökümün detayları yapıdan yapıya ve bina elemanları arasında değişiklik gösterse de, BAT yöntemi konusunda tüm tasarım seçenekleri için geçerli bazı ilkeler vardır. Bu ilkeler ikiye ayrılabilir: birleşim ile ilgili olanlar ve ayrışım ile ilgili olanlar. Birleşme ile ilgili olanlar genellikle kullanım alanlarının verimli kullanılması, ayrışma ile ilgili olanlar ise malzeme seçimiyle ilgilidir. (Crowther, 2005) Birleşim ilkeleri, yapının uzun vadede kullanımını etkilerler ve şu maddelerden oluşurlar:

- Değişkenlik,
- Dönüştürülebilirlik,
- Genişletilebilirlik.

Ayrışma ilkeleri de yapı ömrünün sonunda sökülebilen, yenilenebilen veya çevreci başka bir amaç için kullanılabilir yapı donanımları için geçerlidir.

- Erişilebilirlik
- Söküm enformasyonu
- Dayanıklılık
- Açık veya geri çevrilebilir bağlantılar
- Bağımsızlık
- Geri dönüştürülebilir malzemeler
- Tamir edilebilme imkânı olan malzemeler
- Yeniden üretilebilirlik
- Yeniden kullanılabilirlik
- Basitlik

BAT yöntemi uygulamasında yapı tasarım sürecinin incelemesi gereken beş temel seviye vardır. İncelenen bu seviyeler yapının BAT'a uygunluğu yada uygun olması için neler yapılması gerektiğini ifade edebilecek öğelerden oluşmaktadır. Bunlar; sistemler, elemanlar, öğeler veya takımlar, alt-elemanlar ve malzemelerdir.

Sistemler: Bu düzeydeki analiz, genelde zaman içerisinde değişen gereksinimlere uyum sağlayabilen yapılara uygulanır. Özellikle günümüz Avrupa'sında, modüler binalar bütün halinde tamamen sökülebilmekte, taşınabilmekte ve yeniden kullanılabilir.

Elemanlar: Bu düzeydeki analizler standartlaştırılmış ölçülere kolayca uyarlanabilecek panelli elemanlar üzerine veya ana bir yapı parçası üzerinde odaklanır (çatı, temel, duvar veya asma kat gibi).

Öge veya Takımlar: Bu düzeydeki analizler, taşıyıcı olmayan alt elaman gruplarından birkaçının üzerinde yoğunlaşırlar. Bu katmanlar veya sistemler iyileştirme, tamir ve değiştirmeye uygun şekilde tasarlanmalıdır. Bu eleman grupları veya takımlarına örnek olarak halı, altlık ve yapıştırıcıdan oluşan bir halı sistemi gösterilebilir.

Alt-elemanlar: Alt-elemanların analizi, elemanı daha küçük parçalara bölerek inceler. Örnek olarak, ısıtma veya soğutma sistemini teşkil eden kanal sistemleri, temiz ve atık su tesisatları gibi.

Malzemeler: Bu düzeydeki analizler ise, yukarıda bulunan diğer 4 ögenin kendi içlerindeki ayrışabilen en sadeleşmiş halleri olarak ifade edilebilir. Sonuç olarak bu malzemeler ya yeniden kullanılabilir ya da geri dönüşüm sürecinde başka ürün üretimlerine katkıda bulunabilir.

3.3 BAT'ın Uygulanması ve Değerlendirilmesi

BAT ilke ve yöntemlerini uygularken, geleneksel olmayan kullanım uygulamaları da değerlendirmelidir. BAT'ın Birleşim ilkelerinden değişkenlik ve dönüştürülebilirlik ele alındığında ortaya çıkan mekan ve kullanım ihtiyaçları, ekonomik kriterler göz önünde bulundurulduğunda, pazar ihtiyaçlarına cevap adına eski seri imalat yöntemlerine göre her anlamda avantajlıdır. Günümüzde bilgisayar destekli üretim araçları vasıtasıyla, kişiselleştirilmiş seri üretim yöntemine dönüşen tasarım ve ürün pazarı sayesinde, birbirine benzeyen ancak geometrik ölçüleri farklı olan elemanların tasarımlarının kısa sürede üretilmesi sağlanmaktadır. (Durmisevic, 2006) Bu ihtiyaç doğrultusunda ortaya çıkan parametrik tasarım yöntemlerinin de kullanımıyla, tasarım aşamasında sonuç ürüne referans verebilecek çok sayıda alternatif elde edilebilir. CAD-CAM sistemleri vasıtasıyla parametrik olarak tasarlanmış her ürün, müdahale edilebilir parametrelerin değiştirilmesi sonucu, farklı varyasyonlarda sonuç ürünler elde etmemizi sağlamaktadır. Bu yöntem bir konut tasarımı içerisinde kullanıldığında ise oluşabilecek senaryolara göre farklı çözümler üretilebilir ve bu ileride değişecek olan çözümlere göre, malzemeler, bileşenler ve ürünler tasarlanabilir. Örneğin, ortalama bir aile biriminin yaşam safhalarında değişik ihtiyaçlarını karşılayacak yeni bir konut tasarımına yeni evli bir çiftin taşındığını ve bir aile oluşturduğunu varsayalım. Çocuklar büyüyüp evden ayrıldıklarında çift emekli olur ve toplam kullanım alanı onlara fazla gelmektedir. Onlar da evin içinde daha küçük bir birime taşınırlar veya aynı evde boş kalan kısımları kiraya verirler. Ancak bu senaryoyu kendi haline bırakarak izlemenin yanında BAT yöntemi sayesinde önceden tasarlanabilecek senaryolar ve bu senaryoları oluşturmak için gerekli olan dönüşümler ve elemanlar tespit edilebilir.

Ürünlerin BAT yönteminin hedeflerini karşılayıp karşılamadıklarını tespit etmek için bir model geliştirilebilir. Seçenekler, yukarıda adı geçen 13 ilkenin her birine, belirli bir sayısal değer ile derecelendirme yapılarak değerlendirilebilir. Dikkate alınan ilkeye göre çeşitli değerlendirme düzeyleri kullanılmalıdır, aynı zamanda nesnel ve ölçülebilir olmaları gerekmektedir. Bu yöntemden verim alabilmek için, tasarımcıların ve yapıları onaylayanların objektif bir şekilde düşünmeleri yeterlidir.

3.4 Birleşim - Adaptasyon

Değişkenlik, dönüştürülebilirlik ve genişletilebilirlik ilkeleri birbirleriyle ilişkilidir ve çoğunlukla mekân düzenlenmesi ve programlanması yapıların taşıyıcı sistemlerini etkiler. BAT'ı sökülebilir tasarım yönteminden ayıran en önemli özelliği budur. Örneğin aynı ebatta kesilmiş iki ahşap levhamız olduğunu düşünelim. Bu levhaları bir duvar üzerinde iki yardımcı ayak elemanı ve bir takım vida ile birlikte basit bir raf bileşeni olarak kullanalım. Sökülebilir tasarım bize sadece bu raf sisteminin alt-elamanlar seviyesine kadar inmemizi ve ardından başka bir mekanda aynı konfigürasyonu yeni maliyetler çıkartmadan aynı fonksiyonla kurmamızı sağlar. BAT yöntemi raf sistemini oluşturan alt elemanlara herhangi bir müdahalede bulunmadan sadece önceden düşünülmüş sistematik detaylar sayesinde bize elimizde olan mevcut alt-elemanların birleşiminden farklı bir fonksiyona cevap veren yada aynı fonksiyona farklı bir formla cevap veren bir ürün yaratmamızı sağlamaktadır. Bu konuya bina ölçeğinde bakacak olursak, bir jimnastik salonunun ve halk tiyatrosunun mekânsal gereksinimleri birbiriyle epey uyushmaktadır ve tasarım aşamasında akustik, ışıklandırma, sahne, geçici koltuklar ve programlamaya dikkat edildiğinde, tek bir mekân dönüşümlü olarak her iki amaca da hizmet edebilir. Sonuç olarak yapılar için düşünülen bütçelerin birleşmesiyle, bütünleşik bir tasarım unsuru içerisinde daha işlevsel daha kaliteli bir uygulama elde edilebilir.

Değişkenlik, toplam bina oturumunun veya kat alanının yüzde kaçının mekân özelliklerinde bir değişikliğe gerek duymadan günlük, haftalık veya aylık olarak birden fazla amaç için kullanıldığı ile ölçülmektedir. Öte yandan dönüştürülebilirlik ise, gelecekte, kullanıcı gereksinimlerinin değişmesi halinde mekânın bir kullanımdan bir başka kullanıma uygun hale dönüştürülmesi ile ilgilidir. Dönüştürülebilirlik, taşıyıcı olmayan öğeler üzerinde ufak değişiklikler ile mekânın bir başka kullanım amacına uygun hale getirilmesini öngörür ve bina tasarımının ilk aşamasında büyük önem taşır. Bina tasarımının ilk aşamasında göz önünde bulundurulması gereken ilkeler şunlardır:

- Taşıyıcı sistem elemanları (strüktür) farklı dolgu yöntemlerine uygun olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Geniş açıklıklar sağlayan kolon ve kiriş tasarımları iç taşıyıcı eleman sayısını azaltmaktadır. Bölme ve kabuk (cephe, çatı) elemanlarının sökümü sırasında kolaylık ve aynı zamanda iç donanım tasarımında esneklik sağlamaktadır.
- Söküm sırasında manevralara imkân verebilmek için gerçekçi toleranslar bırakılmalıdır. Söküm süreci, üretim veya ilk kurulumdan daha büyük tolerans gerektirebilir.
- Yapı, en geniş iç tasarım, donanım ve bina uyarlanması yelpazesini barındırabilecek şekilde tasarlanmalı ve dolayısıyla da en esnek taşıyıcı sistem ve kat arası yüksekliğe sahip olmalıdır.
- Şantiye çalışmalarını azaltmak ve kalite ve tutarlılık üzerinde daha iyi hâkimiyet sağlamak amacıyla daha fazla prefabrike veya seri üretilmiş eleman veya bileşenler kullanılmalıdır.
- Dönüştürülebilirlik, yapının değişik kullanım amaçlarına kolayca uyarlanabilen alanlarının oranı ile ölçülebilir.

Genişletilebilirlik, yatay (bir veya daha fazla dış duvarın söküm için tasarlanmasını gerektirir) veya dikey (temelin ve üst yapının ileride daha fazla yükü kaldırabilecek şekilde tasarlanmasını gerektirir) olarak dikkate alınabilir. Yatay Dikey genişletilebilirlik eklenebilecek kat veya toplam kullanım alanı ile yatay genişletilebilirlik ise ileride oluşabilecek senaryolar dahilinde yapı oturumu göz önünde bulundurularak uyarlanabilir.

3.5 Ayrışım - Söküm

Birleşim ilkelerinin stratejik işlevsel gereksinimlerle ilgili olduğu gibi, ayrışım ilkeleri ise daha çok malzeme seçimi ve yapı elemanları tasarımı ile ilgilidir. Yapı bileşenlerinin farklı bakım aralıkları ve hizmet ömürleri vardır. Ekonomik ve verimli bakım ve değiştirme olanağı sağlamak için, tüm bileşenlerin (özellikle de kısa hizmet ömürlü bileşenlerin) erişimi kolay olmalıdır. Bu bileşenlerin bağımsız olmaları bu süreç sırasındaki hasarları azaltacaktır. Değişik tasarım yaklaşımlarının erişim ve bağımsızlıkları ‘Erişilemez’ den ‘Kolay Erişilebilir’ değerleri alan sıralı sayısal bir ölçekle değerlendirilebilir. Ayrıca bu tasarım içinde yaratılacak olan farklı konfigürasyonlarında kısıtlanmaması anlamına gelmektedir.

BAT yaklaşımından azami ölçüde faydalanabilmek için, söküme olanak veren tasarım öğeleri teknik özelliklerde ve uygulama projesi çizimlerinde açıkça belirtilmelidir ve bu bilgiler de "yapıldığı-gibi" (as-built) projelere ve söküm kılavuzu gibi kolay erişilebilen ve güncellenebilen ortamlara aktarılmalıdır. Talimatlar arasında belirli bileşenlerin sökümüne ilişkin talimatlar ve malzemelerin tekrar kullanılabilirliği ve geri dönüştürülebilirliği yada farklı bir tasarım elde edilebileceği hakkında bilgiler de bulunmalıdır.

Seçilen malzemeler dayanıklı, toksik olmayan, kendinden kaplamalı ve üretim kaynaklarının açıkça belirtilmiş olması gerekmektedir. Bu yapıyı kullananların ileride yenileme, geri dönüştürme tekrar kullanma, farklı fonksiyonlarda kullanma sırasında ihtiyaç duyduğu bilgileri edinmelerini sağlayacaktır. LEED (Leadership in Energy and Enviromental Design) veya diğer standartların da belirttiği gibi dayanıklılık gibi unsurlar sayısal ölçekler ile değerlendirilebilir. [9] Bağlantı tasarımı yapı bileşenlerinin sökülebilir tasarlanmasında önemli bir etkidir. Erişilebilen, yıpranmaya dayanıklı ve geri alınabilir (kaynak ve çivi yerine vida ve cıvatalar gibi) bağlantılar tercih edilmelidir.

Bu ilkelerin pek çoğu bileşenlerin daha fazla oranda ön üretimli veya atölyede üretilmesiyle, daha az oranda şantiyede üretim yapılmasıyla alakalıdır. Kontrollü şartlar altında üretim yapmak, atıkları azaltırken aynı zamanda bileşenlerin kalitesini ve tutarlılığını arttırmakta birlikte daha hızlı ve verimli imalatlara olanak vermektedir.(Knaack, 2010) Böylece şantiyede imalatların sırayla ilerlemesi yerine, çok noktada aynı anda değişik imalatlar yapılabilmektedir.

3.6 BAT'ın Yapı Tasarımına Sistemik Yaklaşımı

Geleneksel olarak tasarım, inşaat maliyetlerini ve kısa dönem performansını optimize ederek yapım safhasına odaklanmıştır. Ancak değişen ekonomiler, inşaat sektörünün özelleşmesi ve çevre bilinci gibi yeni beliren şartlar doğrultusunda yapı sektörü yeni yaklaşımlar ve uygulamalar talep etmektedir. BAT yapı imalatının her aşamasında, sonuç ürünü farklı varyasyonlar olarak tasarlama hedefi olan bir sistemdir. Bu yapıların proje ve uygulama maliyetlerini ilk etapta arttırsa da, süreç zarfında elde edilen geri kazanımlar sayesinde yüksek ekonomik getirileri olacaktır. (Schittich, 2007)

Binaları ve bileşenlerini mümkün olan en uzun süre boyunca hayat döngülerinde tutabilmek için, mevcut bina sistemlerini nasıl değiştirebileceğimizi düşünmeli ve benzer şekilde, nasıl ileride değiştirilebilecek bina sistemleri tasarlayabileceğimizi hedeflemeliyiz.

Geçtiğimiz yıllar boyunca binaların teknik ve işlevsel hizmet ömürleri ortalama 50 yıl olarak belirlenmişti. Bugün, pek çok binanın 15 yıl içerisinde, daha 50-75 yıllık ömürleri var iken yeni binalara yer açmak için yıkıldığını görmekteyiz. Bunun nedeni pazar odaklı ekonomi, değişen iş ve hayat şartlarıdır. Dolayısıyla işlevsel hizmet ömrü giderek kısaltılmakta ve bu da yatırımın geri dönüş süresini giderek kısaltmaya zorlamaktadır. Bu açıdan bakıldığında, teknik hizmet ömrünün kısaltılması olası senaryolar arasında değildir çünkü bu sermaye yatırımını yok edecektir.

Bu, yapı ömrünün diğer safhalarına en önemli etkiyi gösterecek olan tasarım aşamasına (yapı ömrünün ilk aşaması) daha sistematik bir yaklaşımda bulunmak anlamına gelmektedir. Böylesi bir gelişme, uygun maliyetli ve yüksek performanslı yapılar için yapı tasarımını etkileyecek disiplinler arası takım çalışması (uyuşan-eş zamanlı mühendislik) için bir çerçeve oluşturacaktır.

Bunun yanında BAT yöntemi yapıların teknik, işlevsel ve ekonomik ömürlerini eşitlemek için kullanılabilecek bir strateji olabilir. Böylesi binalardan kolayca fayda sağlanabilir ve yüksek hizmet standartları korunabilir, bu da yapay çevremizin kalitesine katkıda bulunacaktır. (Durmisevic, 2006)

Bileşenlerine geri ayrılabilen dinamik bir yapı tasarlarlarken, malzemelerin yapım ve kullanımıyla ilgili bakış açıları tasarımın en başından dâhil edilmelidir. Aşağıdaki tabloda, hayat döngüsü aşamalarında sürdürülebilir tasarım yaklaşımları tanımlanmıştır. (Durmisevic, 2006) (Şekil 3.1) BAT yapı özelliklerini hayat döngüsünün her safhasında yapı ve bileşen ömrünü uzatmak için optimize eden, başarılı bir tasarım kavramı olarak kabul edilmektedir.

Yaşam Döngüsü Evresi	Tasarım	Üretim	Nakliye	Birleşim (Montaj)	İşletme (Kullanım)	Ayrışım (Demontaj)
Stratejiler	Bina Kullanımı İçin Farklı Senaryo Üretimi Binanın Bütün Yaşam Döngüsü Sınırları İçin Optimizasyon Eğilimleri (Uyumlu) Mühendislik	Geri Dönüştürülmüş Dönüştürülebilir Malzeme Kullanımı Hafif Malzeme Kullanımı Üretiminde Az Enerji Harcanmış Malzeme Kullanımı	Yoğunlu Az Hafif Malzeme Kullanımı	Kuru Birleşimli Elemanlar Kullanımı Paralel Birleşim Kullanımı	Düşük Enerji Kullanımı Uzun Süreli Bakım Gerektirmeyen Tasarım Prensipli Yaklaşımı	Düşük Enerji Kullanımı
Düşünülmesi Gereken Başlıklar	Emek (Doğuşken) Yapı Çevresel Yükümlülükler Zamanında ve Doğru Karar Verme İnşa Süresi	Kaynak Tüketimi Enerji Kullanımı Çevresel Yükümlülükler	Çevresel Yükümlülükler	Üretim Süreci Kaynak Tüketimi Çevresel Yükümlülükler	Kaynak Tüketimi Çevresel Yükümlülükler	Kaynak Tüketimi Çevresel Yükümlülükler

Şekil 3.1 Hayat Döngüsü Aşamalarında Sürdürülebilir Tasarım Yaklaşımları

BAT'da karşılaşılan en büyük engel bina üzerinde sürekli geçici gerilim yaratan “kesilen değişim katmanlarıdır” (Brand, 1994). Modern bir binanın ortalama ömrü 75 yıldır. Ancak hizmet ömürleri önemli parçaların yenileme, tamiri zor olması ve kullanım şeklinin belirsizliği nedeniyle tahmin edilemezdir. Bina katmanları ve ortalama yaşam süreçleri Şekil 3.2'de görülmektedir.

Yapı Katmanı	Yapı Alanı	Strüktür	Yapı Kabuğu	Teknik Servisler	Planlama	Kullanıcı
Katman Ömrü Yıl	Sınırsız	30 - 300	20	7 - 15	3-30	Değişken

Şekil 3.2 Bina Katmanları Yaşam Süreçleri (Brand, 1994)

Yapılarda dönüşümü kısıtlayan, mekân planları gibi hızla dönüşen esnek olan kriterler değil, yapı konumu veya yapı strüktürü gibi daha atıl olan kriterlerdir. Atıl ve esnek olan bu kriterler sürekli çatışma halindedir. (Kibert, 2000) Yapay çevre için malzeme döngüsü düşünüldüğü zaman, bağlantılarda değişik hizmet ömürlü malzemelerin bir araya getirilmesinin esas sorunu oluşturduğu görülmektedir. Binalardaki bu gibi değişkenlik sorunlarını yönetmedeki ilk adım atıl ve esnek kriterlere göre tasarlanmış bileşenlerin ayrılması gerekmektedir. (Kibert, 2000)

Buna bağlı olarak tasarım stratejisinin, yeniden kullanım ve geri dönüşümü sağlayacak sökülebilir arabirimlerin bakım ve değişimine imkân veren hiyerarşik düzeni oluşturmaya odaklanması gerekmektedir. Böylesi bir tasarım stratejisi, yapı, ürün ve malzeme seviyelerinin tümüne uygulanmalıdır. Bina düzeyinde sökülebilirlik, yeni gereksinimlere cevap verebilen dönüştürülebilir yapılar üretecektir, ürün düzeyinde sökülebilirlik yeniden kullanılabilir bileşenler ve yarı ürünler doğuracaktır ve malzeme seviyesinde sökülebilirlik malzeme geri dönüşümü teşvik edecektir.

Bunlarla ilgili bazı tasarım ilkeleri şöyledir:

- Yapının sabit ve oynar kısımları arasına boşluk teşkil edilmelidir
- Ayır inşaat sistemleri kullanarak değişik hizmet ömürlerine sahip elemanlar ayrılmalıdır.
- Ömrü kısa bileşenlere erişim sağlanmalıdır.
- İleride kolay değişikliklerde bulunabilmek için kapalı yerine açık sistemler kullanılmalıdır

- Yapı bağlantılarını malzeme cinsi, performansı, hizmet ömrü ve kurulum sırasına göre optimize edilmelidir.
- Kolay söküm için asgari sayıda bağlantı kullanılmalıdır.
- Her bileşeni ayrı tutarak bileşenlerin başka sistemlere karışmasını engellenmelidir.
- Islak birleşimden kaçınılmalıdır.
- Diğer parçaları etkilemeden belli parçaların sökümü yapılabilmesi adına paralel kurulum yapılmalıdır.

3.7 Maliyetler ve Getiriler

BAT'a ilişkin ilk başta tasarım ve sermaye için fazladan maliyet görülse de, daha detaylı incelemeler bunların artan değer ile karşılanabileceğini gösterir, zira bu binalar:

- Daha az tamir ve iyileştirme masrafı çıkartırlar,
- Etrafındaki malzemelere de zarar vermeden önce yıpranan malzemelerin sökülüp değiştirilmesine imkân verirler,
- Diğer öğelerin ömürlerinin uzamasına katkıda bulunurlar,
- Atık üretimini asgaride tutarlar
- Kaynak kullanımını azamide kaynak geri kazanımını ak tutarak çeşitli çevresel etkileri önemli ölçüde azaltırlar.

İnşa ettiğimiz çevremizin tasarımına uzun vadeli düşünmeyi ve karar verme sürecimize hayat döngüsü değerlendirmesini dâhil etmemiz giderek artmakta olan bir ihtiyaçtır. Bu ihtiyaç, beraberinde önemli tasarım engelleri getirmektedir. (Schittich, 2007)

Bina ve altyapılarımızı daha dayanıklı, esnek ve uyarlanabilir olarak yeniden düşünmemiz gerekmektedir. Tasarım ve inşaat sektörü, malzeme tedarik ve sanayi ile birlikte disiplinler arası bir ortamda, bu engelleri birer kriter olarak düşünmemizi ve bize sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir çözümler üretmemizi sağlayacaktır.

4. BAT ÖRNEĞİ : MOD - HEXA SÖK TAK RAF SİSTEMİ

Üretilen her yapının hem fiziksel hem de fonksiyonel olarak bir ömrü bulunmaktadır. Kullanıcı ihtiyaçlarını sağlamak adına çeşitli malzemeler, bileşenler ve ürünler bir araya getirilerek inşa edilirler. Çevresel faktörler ve geçen zaman doğrultusunda bu malzemeler, bileşenler ve ürünler değişken zaman zarfları içerisinde ömürlerini doldururlar. Ayrıca gelişmemiş toplumlarda, değişen bölgesel faktörlerde yapıların kimlik kayıpları yaşamalarına sebep olurlar. Örneğin konut planlaması yapılmış olan bir bölgenin 20 sene gibi kısa bir süre içerisinde kendini ticari faaliyet gösteren bir bölgeye bırakması gibi. Bu aşamalardan yukarıdaki bölümlerde bahsedilmiştir. Yapılar kullanıcı fonksiyonlarına cevap veremediği takdirde yıkılır ve bulundukları yere yenileri yapılır. Çoğu tasarımcı ve ürün geliştirme uzmanı tarafından yapıların ilişkilendirilmiş bir ürünler bütünü olduğu belirtilmektedir. Ürün kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik maddi veya maddi olmayan unsurların genel adıdır. Bir yapının tümünden gelim metodolojisiyle strüktür, kaplama elemanları (çatı, cephe), tesisat ve tefriş elemanları gibi alt bileşenlerden oluştuğu söylenebilir. Aynı şekilde bu alt bileşenler için, farklı ürünlerin bir araya gelerek oluşturduğu yeni ürünler ifadesi kullanılabilir. Bu bağlamda ürün üretiminden tüme varım metodolojisi kullanılarak, bina ölçeğinde bir ürün tasarımı yapılması yanlış bir ifade olmayacaktır. Değişen kullanıcı ihtiyaçlarına karşı, değişen form ve özelliklere sahip yeni ürünler tasarlamak ve üretmek, günümüz çevre şartları için bir tehdit unsurudur. Üretilecek olan her farklı ürün, enerji tüketimini arttırarak çevreyi kirletmekle birlikte, ekonomik olarak da fayda sağlamayacaktır. Diğer bir taraftan ürünün adaptasyon, uyarlanabilirlik, dönüştürülebilirlik ve basitlik gibi temel kavramlar doğrultusunda tasarlanması, ürünün farklı konfigürasyonlarda yeniden kullanılması ve kolay geri dönüştürülmesini sağlayacaktır. BAT (Birleşip Ayrışabilen Tasarım) yönteminin başlıca ilkeleri olan adaptasyon, uyarlanabilirlik, dönüştürülebilirlik ve basitlik gibi kavramların dışında, ürünlerin herhangi bir zarar görmeden sökölüp-takılabilmeleri, sahip oldukları teknolojik detaylar sayesinde farklı fonksiyonlar için kullanılabilmeleri, ürünlerin imal edilme sürecinde elde edilen enerji ve işgücü kazanımını arttıracak hem de kişiselleştirilmiş seri üretime yakın bir üretim sistemi oluşturacaktır. Tez kapsamında BAT sistemlerinin tasarım sürecini ifade etmeyi hedefleyen Mod-Hexa raf sistemi projesi geliştirilmiştir.

4.1 Mod- Hexa Sök-Tak Raf Sisteminin Ana Fikri ve Amacı

Basit geometrik formlar tasarım ve ürün geliştirme süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüz bilgisayar destekli tasarım yöntemleri dahilinde kullanılan, CAD-CAM araçları ve kişiselleştirilmiş seri üretim sistemleriyle, karmaşık geometrilere sahip formlar da kolaylıkla uygulanabilmektedir. (Şekil 4.1 Basit ve Karmaşık Geometrik Formlar) Çevresel ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurulduğunda, uygulanabilirlik açısından basit geometrik formlar konvansiyonel tasarım ve ürün geliştirme süreçlerinde tercih edilen formlardır.



Şekil 4.1 Basit ve Karmaşık Geometrik Formlar

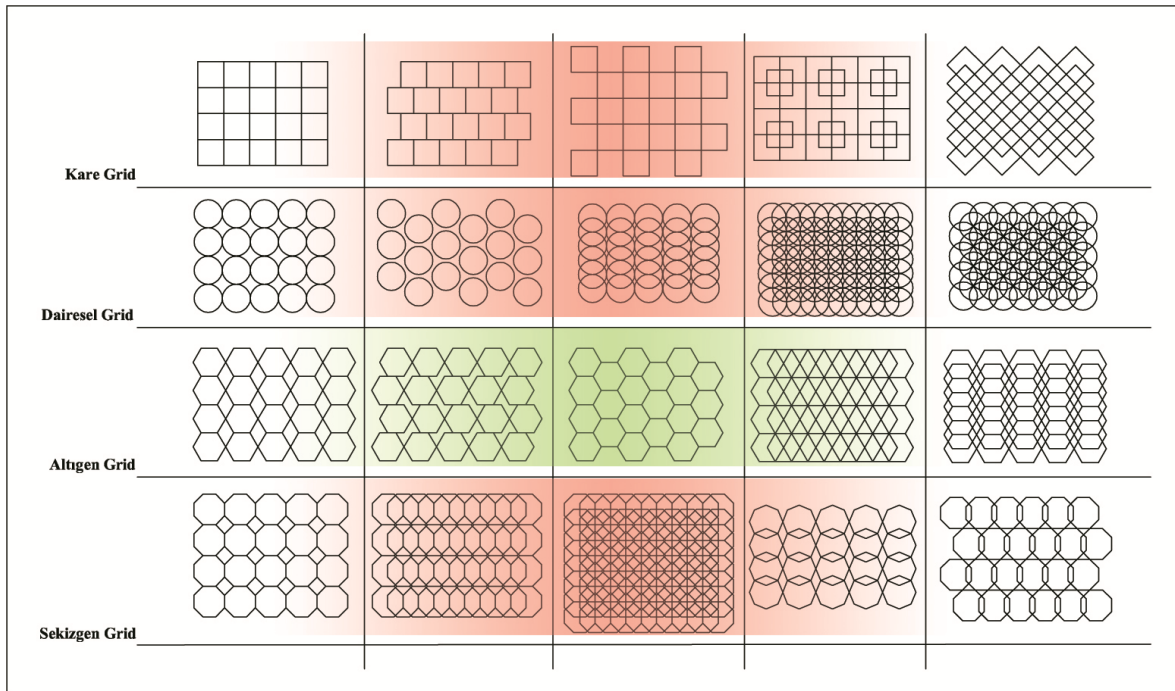
Ancak basit geometrik formlar tasarımcının kısıtlamalar içerisinde kalmasına neden olmaktadır. Şekil 4.2'de BAT'a yönelik sağlanması gereken kriterler doğrultusunda, basit ve karmaşık geometrilerin sahip olduğu değerler sayısal olarak görülmektedir. Mod-Hexa projesinin temel hedefi değişken çevresel koşullara ve fonksiyonlara uyum sağlayabilen, gerektiğinde kolayca sökülüp başka bir yapay çevrede tekrar kurulabilen, zarar görmeden ayrışabilen, basit geometrik formlarla tasarlanmış çevreye duyarlı bir ürün grubu oluşturmaktır.

	Adaptasyon	Basitlik	Uygulanabilirlik	Maliyet	Enerji Tüketimi	Çevresel Faktörler
Basit Geometrik Formlar	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
	• Kısmi Uyumsuzluk	• Basit Formlar	• Alışlagetmiş Uygulama Yöntemleri	• Az Maliyet (kütesel üretim)	• Elde edilen hammadde ve iş gücü kazanımı + azalan enerji tüketimi	• Azalan enerji tüketimi ile
Kompleks Geometrik Formlar	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	• Tam Uyum	• Karmaşık Formlar	• Yeni Uygulama Yöntemleri	• Yüksek Maliyet (kişiselleştirilmiş üretim)	• Aynı üretilen her ürün için artan enerji tüketimi	• Artan enerji tüketimi ile

Şekil 4.2 Basit ve Kompleks Geometrik Formların Temel BAT ilkeleri ile ilişkisi.

4.2 Problem Tanımı ve Ürün Geliştirme Aşaması

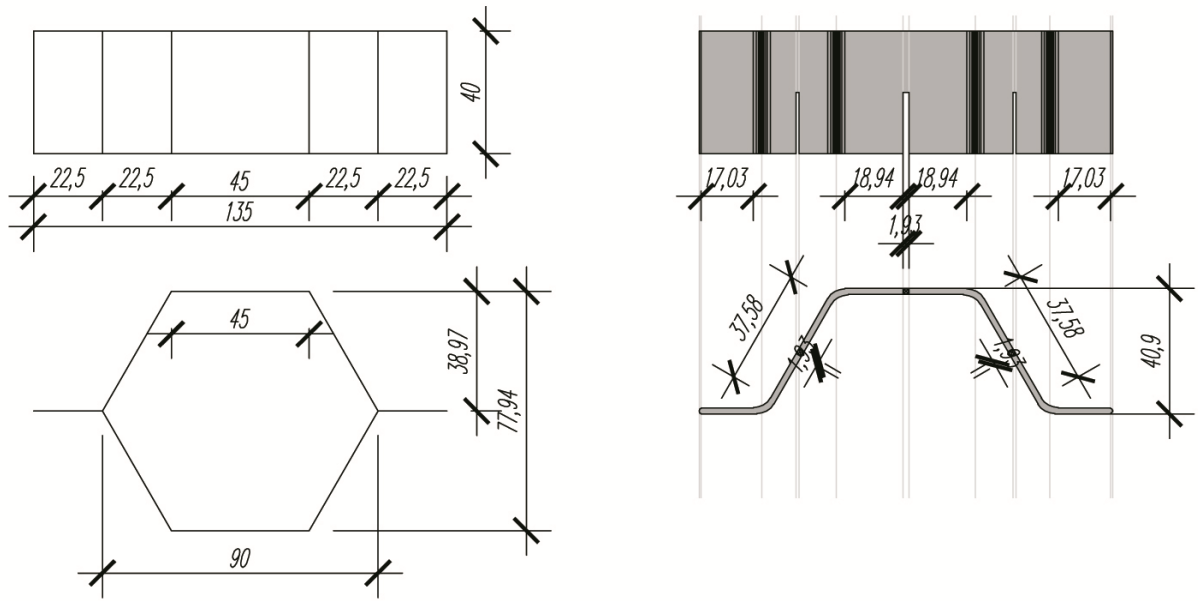
Tez kapsamında Mod-Hexa projesinin amaçlarına yönelik olarak, basit geometriler vasıtasıyla çalışmalar yapılmıştır. Üretilecek olan ürün grubunun, minimum eleman sayısı ile üretilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda ürünün modüler bir sistem gibi hareket etmesi için, ürüne biçimsel operasyonlar (aynalama, öteleme ve döndürme) uygulanmıştır. İlk olarak kare bir grid üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Kare bir formun, biçimsel operasyonlar sonucu elde edilen farklılıkların yetersiz olduğu görülmüştür. Ardından dairesel bir form üzerinde çalışılmıştır. Daire en az çevre ile en çok alanı elde eden bir geometrik şekildir. Ancak daire formunun, biçimsel operasyonların ardından elde edilen sonuçlarında, dairelerin ayrıtları olmadığından farklı konfigürasyonlar elde edilememiştir. Çalışmanın ilerleyen kısmında altıgen ve sekizgen gridler üzerinde çalışılmıştır. Sekizgen form grid olarak kullanıldığında elde edilen sonuçlarda, farklı uygulama alanları tespit edilmiş ve bu alanlar için farklı bir ürün tasarlanmasından kaçınılmıştır. (Şekil 4.3 Oluşturulan Grid Formları) Çalışmanın devam eden kısmı için altıgen form, ürünün biçimsel operasyonlar doğrultusunda çoğaltılması için altlık olarak kullanılacak şekil seçilmiştir.



Şekil 4.3 Oluşturulan Grid Formları

Altıgen bir alanın maksimum kullanımı için en uygun formdur. Bu bağlamda altıgen bir alanın etrafını çevrelediğimizde en az maliyetle üretilmiş en geniş hacim elde edilir.

Elde edilen altıgen grid üzerinde çeşitli form çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar üretilecek olan ürünün kullanımı açısından, uyarlanabilirlik, kullanılabilirlik, strüktür ve ergonomi gibi kriterlere uygunluk açısından bir ebatlama yapılması gerekmektedir. Birden fazla fonksiyona hizmet edecek olan ürünün, hayat döngüsü senaryolarının her birinde talep edilen ihtiyaçları karşılaması beklenmektedir. Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi ana elemanı, ilk etapta bir raf elemanı olarak düşünülmüştür. Diğer bir senaryoda bir sandalye ve üçüncü senaryoda ise bir masa ayağı olması hedeflenmiştir. Elemanın ölçülendirilmesi (Şekil 4.4), her üç ihtiyaca da cevap verebilecek şekilde olmalıdır.

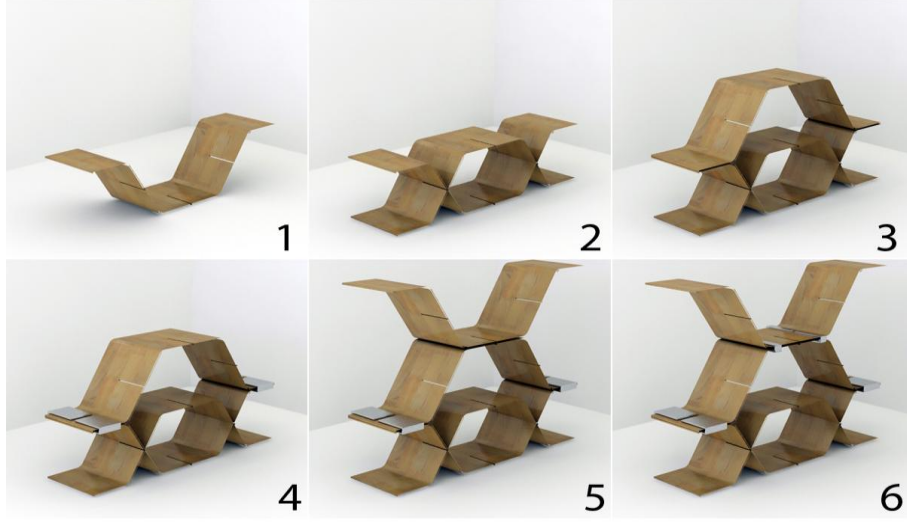


Şekil 4.4 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi Ana Eleman Ölçülendirilmesi

Örneğin raf elemanının derinliği 20 cm ile 50 cm arasında olabilir. Ancak birim elemanın raf fonksiyonunda kullanılan derinlik ebadı, diğer bir senaryodaki sandalye fonksiyonunun oturma kısmı olacağından bu ebat minimum 40 cm olmalıdır. Bu yöntem izlenerek ürün, kullanılacağı tüm senaryolardaki fonksiyonlara uygun olarak ölçülendirilmiş bir nevi optimizasyon sağlanmıştır.

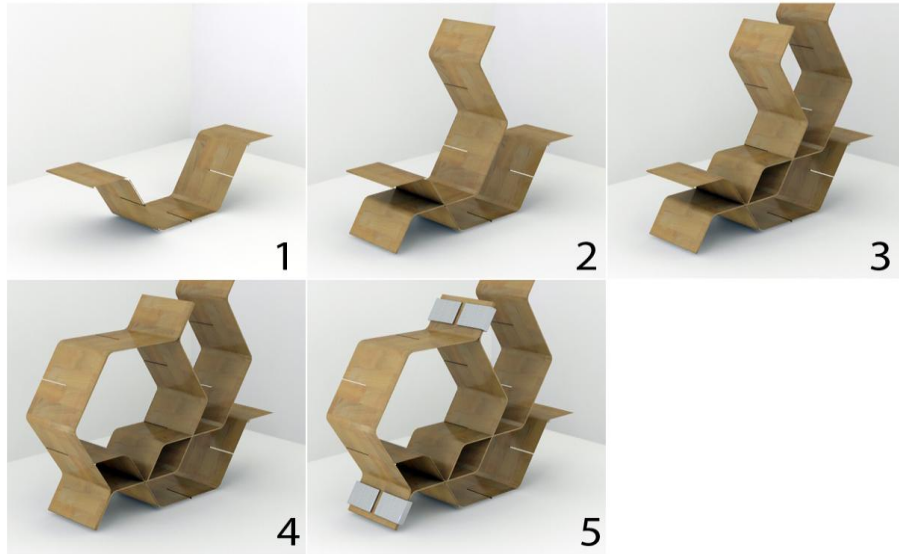
Basitliğin ön planda olduğu bu sistemde ürün, aynalama, döndürme ve öteleme gibi biçimsel operasyonlarla çoğaltılmış ve nihai bir tasarım oluşturması hedeflenmiştir. Ürünün mevcut olarak kullanılan altıgen grid üzerinde iki farklı birleşim yöntemi vardır.

Bu birleşim yöntemlerinin birincisi olan A kuralı ürünün doğrultusunu değiştirmeden, aynalama ve öteleme operasyonlarının uygulanması ile elde edilir. A kuralına uygun şekilde birleştirilen ürün Şekil 4.5'de görülmektedir.



Şekil 4.5 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi A Tipi Birleşim Yöntemi

B kuralı ise A 'dan farklı olarak ürünün yatay ve düşey düzlemde döndürme operasyonunun uygulanmasıyla elde edilmektedir. B kuralına uygun şekilde birleştirilen ürün Şekil 4.6'da görülmektedir. Ürünün sahip olduğu girintiler vasıtasıyla, iki ürün birbirine geçip kenetlenebilmektedir. Bu birleşimlerin dışında ürünün sabitlenmesi amacıyla tasarlanmış bir metal mandal bulunmaktadır.



Şekil 4.6 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi B Tipi Birleşim Yöntemi



Şekil 4.7 Mod-Hexa Sök-Tak Raf Sistemi Ürün Konfigürasyonu

Ürünün diğer senaryolardaki tanımlanan problemler doğrultusundaki fonksiyonlarına yönelik olarak bu birleştirme yöntemleri üzerinde analizler yapılmış ve bu yöntemlerin dışında başka bir birleşim şekline ihtiyaç duyulmadığı gözlemlenmiştir. Ürünün hayat döngüsü senaryoları içinde oluşabileceği nihai ürünler Şekil 4.7 (Mod-Hexa Sök-Tak Raf Sistemi Ürün Konfigürasyonu) ve 4.8'de (Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi Masa ve Sandalye Kullanımı) görülmektedir.



Şekil 4.8 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi Masa ve Sandalye Kullanımı

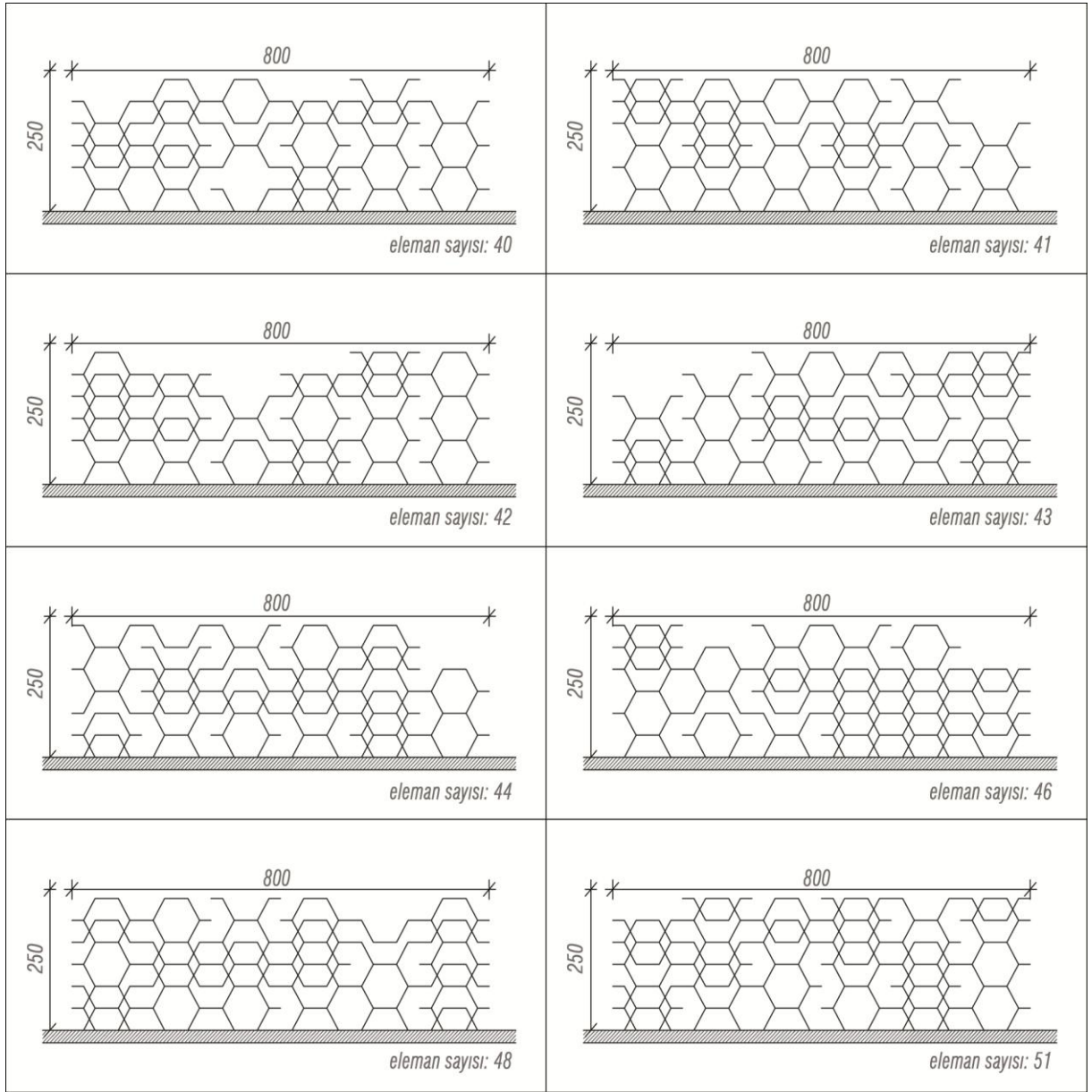
4.3 Mod-Hexa Sök-Tak Raf Sistemi, Parametrik Tasarım Yöntemlerinin Kullanımı

Bir raf sistemi olarak geliştirilen Mod-Hexa çeşitli konfigürasyonlar dahilinde kurulabilmektedir. Farklı senaryolarda farklı fonksiyonlara cevap verebilen bir sistem olmasının dışında, kullanıcı etkileşimli bir program vasıtasıyla parametrik olarak tasarlanan sonuç ürünler hedeflenmiştir.

Kullanıcının ürünü kullanmak istediği hacim ebatlarını belirlemesinin ardından program, kullanıcının ihtiyaç duyacağı raf hacimlerine, toplam raf sayısına, sonuç ürün ölçüleri ve raf adedi değişken parametrelerine göre farklı tasarımlar sunmayı hedeflemiştir.

Sistemin kurulacağı hacmin uzunluk, derinlik ve yükseklik ebatlarının belirlenmesinin ardından, kullanıcının raf içerisine yerleştirmeyi düşündüğü ürünlerin envanterini çıkartması gerekmektedir. Örneğin, bir kullanıcının raf sistemi içerisine yerleştirmeyi düşündüğü eşyalarının kütle olarak %70'inin kitap %10'unun 40cm'den uzun süs eşyaları ve geriye kalan %20'lik kısmının da 10 cm'den kısa eşyalar olduğunu farz edelim. Mevcut kitaplarında %40'ının 20 cm'den küçük, %35'inin 20cm - 40cm arası, geriye kalan %25'lik kısmın ise 40 cm'den büyük kitaplar olduğu varsayımını yapalım. Bu doğrultuda elde edilen, sayısal değerlerin parametrik olarak girilmesinin ardından program önceden tanımlanmış sistemin uygulanacağı hacim ve talep edilen raf hacimleri için en az eleman sayısını göz önünde bulundurarak bir şema oluşturur. Ortaya çıkan konfigürasyon için kaç adet ana eleman ve bağlantı elemanı gerektiğini kullanıcıya bildirilir. Ardından kullanıcı uygun gördüğü takdirde aynı kısıtlamalar dahilinde raf ve birleşim eleman sayısını azaltarak-çoğaltarak başka konfigürasyonlarda elde edebilir.

Tez kapsamı dahilinde hazırlanan bu program Rhinoceros programı içerisinde bulunan RhinoScript kullanılarak geliştirilmiştir. Script yazım sürecinde, A birleşim kuralları kullanılarak birbirinden farklı 7 adet birleşim şekli oluşturulmuştur. Ardından strüktürel ve kullanım esasları göz önünde bulundurularak 7 şeklin birleşim kuralları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kurallar doğrultusunda 2 birleşim şeklinin sürekliliği olmadığı gözlenmiş ve bu birleşimlerin sadece raf sisteminin üst yapılarında kullanılacak şekilde scriptin kodlanması uygun görülmüştür. Yapılan kodlama daha da geliştirilebilir niteliktedir, çalışmanın detayları tezin Ek 1 bölümünden incelenebilir. (Ek-1 Mod-Hexa Projesine Ait Yerleşim Geliştirilmesine İlişkin RhinoScript Kodu)



Şekil 4.9 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi Raf Sistemi, Script Tarafından Oluşturulan Gelişim Şemaları

Yazılmış olan programla çeşitli deneysel çalışmalar yapılmıştır. Örnek olarak, 8 metre uzunluğunda ve 2.50 metre yüksekliğindeki bir alana kurulmuş olan, script tarafından oluşturulan çeşitli gelişim şemaları Şekil 4.9'da (Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi Raf Sistemi, Script Tarafından Oluşturulan Gelişim Şemaları) görülmektedir. Görüldüğü üzere elde edilen tüm konfigürasyonlarda farklı sayıda elemanlar bulunmaktadır. Ardından yazarın ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde bir kurgu hazırlanmış ve çeşitli ürün şemaları elde edilmiştir. Bu şemalardan biri Şekil.4.10'da (Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi, Script Tarafından Geliştirilmiş Sonuç Ürün) görülmektedir.



Şekil 4.10 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi, Script Tarafından Geliştirilmiş Sonuç Ürün



Şekil 4.11 Mod-Hexa Sök-Tak Sistemi, Raf, Masa Ayağı, Sandalye Ürünlerinin Bir Arada Kullanımı

Minimum eleman sayısı kullanımı göz önünde tutularak farklı konfigürasyonlarda birleşip ayrışabilen ve farklı fonksiyonlara hizmet edebilecek bir ürün grubu oluşturulmuştur. Ürün tasarımı sürecinde BAT yöntemleri, ürünün devam edecek olan hayat döngüsü aşamaları göz önünde bulundurularak kullanılmıştır. Sistemin hesaplamalı tasarım yöntemleri kullanılarak uygulanması sağlanmış bu ve benzeri oluşturulabilecek sistemlere bir öneri teşkil etmesi amaçlanmıştır.

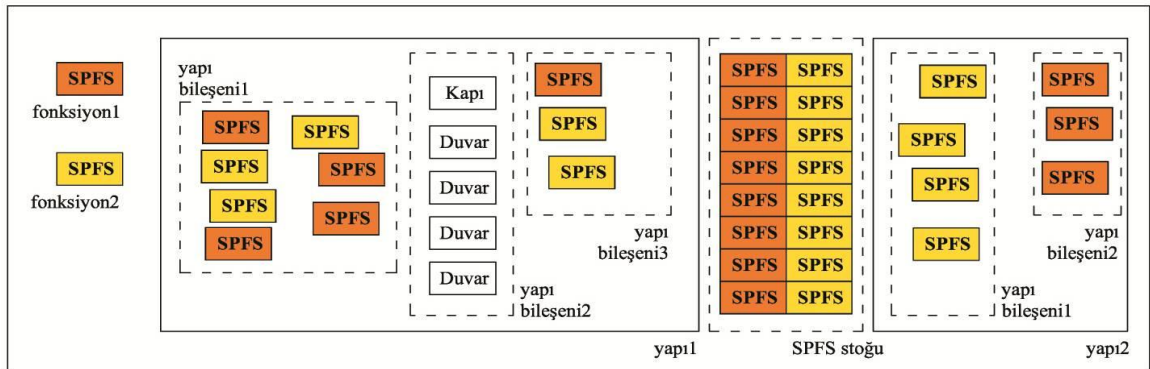
5. BAT ÖRNEĞİ : SPFS SİSTEMİ (SHADING PANEL FACADE SYSTEM)

Geleneksel yapı tasarımı süreçlerinde yapı dönüşümünü engelleyen en etken faktör, yapıyı oluşturan elemanların atıl, sökülemeyen ve adapte olamayan kısıtlamalı parçalardan oluşmasıdır. BAT yöntemleri yapı ölçeğinde incelendiğinde, yapı üretiminde kullanılacak olan ürünlerin basitlik, dönüştürülebilirlik gibi kriterler sağlaması gerektiği görülmektedir.

Tez çalışmasının bu bölümünde BAT yöntemlerine uygun olarak tasarlanmış bir yapı elemanının tasarım süreci ve ürün geliştirme aşaması, adapte olabilir bir cephe sistemi elemanı ile incelenmiştir. Sistem bir cephe elemanı olmasının dışında, önceki bölümlerde belirtilen BAT ilkelerinden birden fazla fonksiyona hizmet edebilmesi adına, açılır-kapanır bir üst örtü olarak kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Birden fazla tanımlı fonksiyona cevap verebilmesi adına, gerek değişen ilişkiler, gerekse BAT kriterleri göz önünde bulundurularak ürün nakliye edilebilirlik, taşınabilirlik ve adapte edilebilirlik gibi hususlar doğrultusunda bir optimizasyon sürecinden geçmiştir. Sürecin tanımlaması ve izlenilmesi gereken yöntemler formal bir dille okuyucuya aktarılmıştır.

5.1 SPFS Sistemi Ana Fikri ve Amacı

SPFS projesinin temel hedefi değişken çevresel koşullar ve fonksiyonlara uyum sağlayabilen, ihtiyaç duyulmadığı takdirde kolayca sökülüp başka bir yapı çevresinde tekrar kullanılabilen zarar görmeden sökülebilen, basit geometrik formlarla tasarlanmış bir yapı elemanı geliştirmektir. Şekil 5.1' SPFS'in fonksiyon şeması görülmektedir.



Şekil 5.1 SPFS (Shading Panel Facade System) Fonksiyon Şeması

Yapı uygulamalarında kullanılan ürünlerin dönüştürülebilirliği, adapte edilebilirliği ve yeniden kullanımın ön planda tutulduğunda, ileride yapılabilecek söküm veya yıkım aşamalarında elde edilecek olan alt-ürünlerin geri dönüştürülebilmesi için herhangi bir

uygulamaya gerek kalmayacaktır. Enerji kazanımı sağlanması sonucu sürdürülebilirlik kalkınmaya büyük katkılarda bulunacaktır.

5.2 SPFS Sistemi Problem Tanımı

Yapının içerisinde barındırdığı alt-elemanlarının analizinin ardından, uyarlanabilirlik ve performansa yönelik bir cephe elemanı yapılması ön görülmüştür. Günümüz inşaat uygulamalarında, aynı fonksiyona (kısmi gölgelendirme) cevap verebilen panjur sistemi bulunmaktadır. Panjur Güneşi ve rüzgârı önlemeye, ışığı azaltmaya yarayan, açılır kapanır dar ve yatay tahtadan, plastikten veya metal gereçlerden yapılmış, pencereye takılan kapatma düzeneğidir. (Şekil 5.1 Günümüz İnşaat Uygulamalarında Kullanılan Panjur Sistemleri)

Özellikle konut uygulamalarında kullanılan panjur, sistemin kurulmak istediği cephe boşluğunda bulunan ebatlara göre hazırlanan bir sistemdir. Panjur uygulanacağı yüzeyin ölçülerinin alınmasının ardından, plastik panjur profilleri ve alüminyum taşıyıcı çerçeve profillerinin uygun şekilde kesilip, birleştirilerek sonuç ürün elde edilir.



Şekil 5.2 Günümüz İnşaat Uygulamalarında Kullanılan Panjur Sistemleri [10]

Yapı üzerinde ileride uygulanabilecek, söküm-yıkım veya renovasyon gibi işlemler sonucu üretilmiş olan ürünün hiçbir vasfı kalmayacaktır. Böylesi bir durumda ürün alt-bileşenlerine ayrıştırılıp geri dönüşüm tesislerine gönderilip, malzeme geri dönüşümü sağlanabilir. Bunun dışında estetik kaygılardan yoksun tasarlanan bu sistemler, yapıların cephelerine yapılan eklentiler olduğundan genel bina karakterlerini etkilememektedir. Yapının kabuğu niteliğinde

olan cephe, binanın strüktür ve malzemesinin ve gününün mimari anlayış ve tekniğinin belirlediği bir yapıya sahip olmalıdır.

Güncel üretim sistemleri malzemeleri ve teknolojileri kullanılarak ışığı, rüzgarı azaltmaya-engellemeye yönelik, üretilmiş farklı cephe sistemleri de bulunmaktadır. Örnek olarak Şekil 5.2'de Hoberman Associates and Buro Happold'un geliştirmiş olduğu kinetik cephe sistemleri görülmektedir. Bu sistemler performans öğelerine yönelik olarak tasarlanmış kinetik sistemlerdir. Cephe elemanları değişen çevresel faktörlerin (gün ışığı, rüzgar) geliş yönleri açıları ve hızları gibi parametreleri algılayıp, durum değerlendirmesi analizlerinin ardından gerekli durum için en verimli forma dönüşebilen sistemlerdir.



Şekil 5.3 Kinetik Cephe Sistemleri Hoberman Associates/Buro Happold [11]

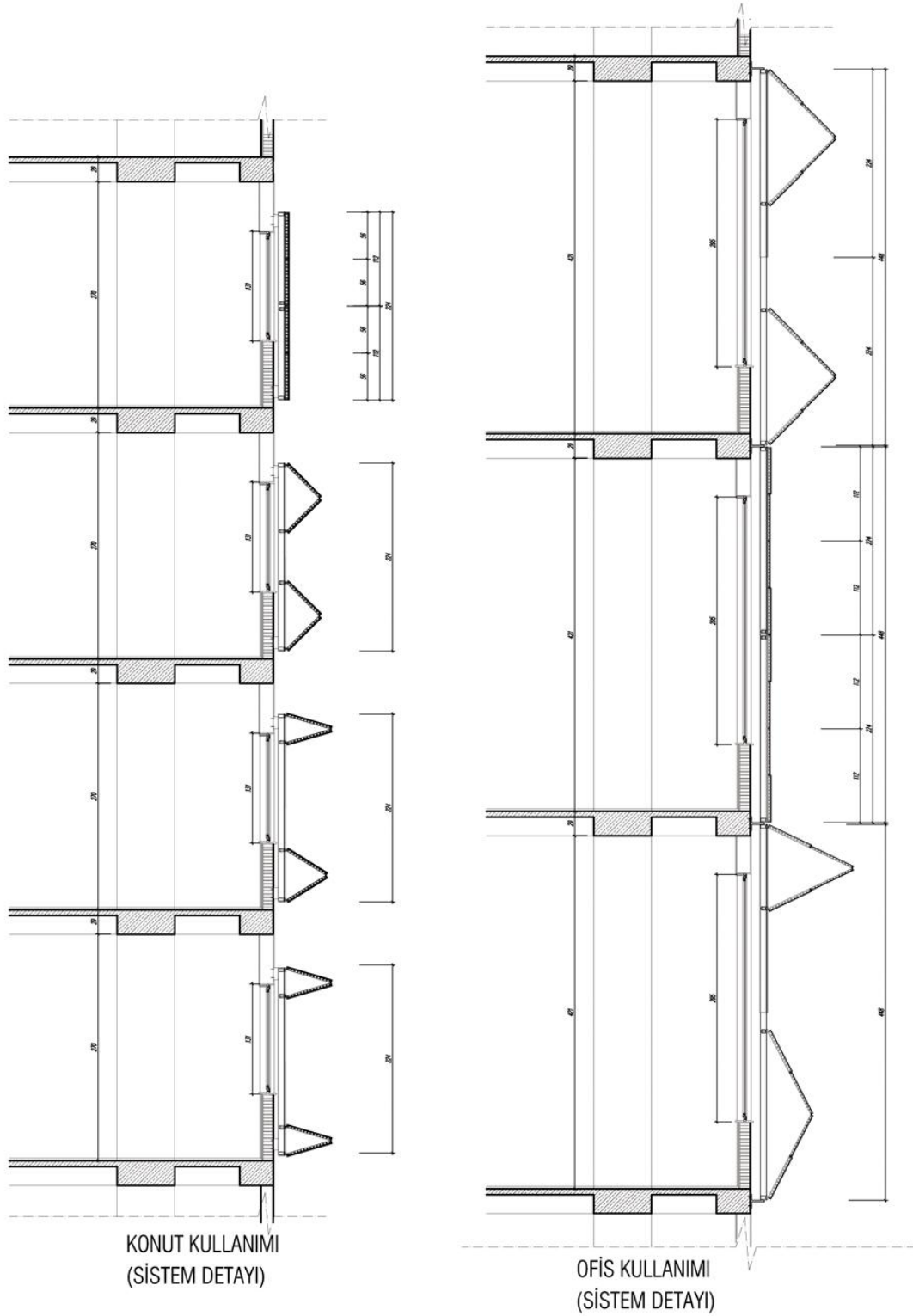
SPFS sistemi anlık değişken çevresel faktörlere adapte olabilen kinetik bir sistem değildir. Sistem doğrultusunda aynı anda birden fazla fonksiyona hizmet eden bir ürün tasarlanması gerekmektedir. Elde edilecek olan enerji ve iş gücü geri kazanımının dışında, kullanım alanı doğrultusunda bir standardizasyon sağlanacak ve üretim maliyetleri azaltacaktır.

5.3 SPFS Sistemi Ürün Geliştirme ve Sonuç Ürün Aşaması

Tez çalışmasının bu aşamasında tasarlanan ürünün gelişim süreci ve elde edilen nihai ürünün kullanım şekli ve alanları hakkında okuyucuya bilgiler verilmiştir.

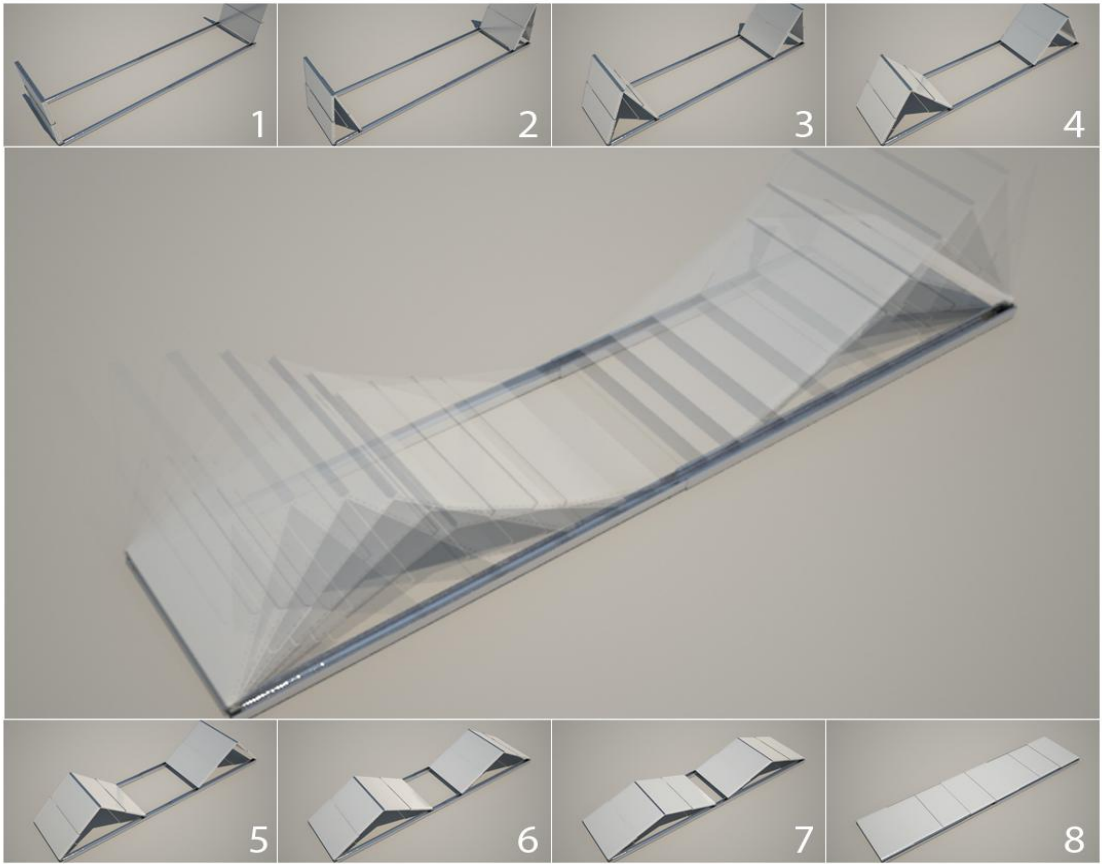
SPFS sistemi uygulanmış, proje aşamasında bulunan her yapı için kullanılabilecek şekilde tasarlanmış, rüzgar ve güneş ışığı gibi çevresel faktörleri kontrol altına almayı amaçlayan bir cephe sistemi elemanıdır. BAT yönteminin adapte edilebilirlik, basitlik ve dönüştürülebilirlik gibi ilkeleri göz önünde bulundurularak, ikinci bir senaryoda bir üst-örtü olabilecek şekilde tasarlanmıştır. Ürün, malzeme ve ölçülendirme anlamında BAT yönteminin, nakliye edilebilirlik ve taşınabilirlik gibi ilkeleri doğrultusunda çeşitli optimizasyon safhalarından geçmiştir. Uyarlanabilirlik açısından, sistem hiçbir bileşen transformasyonu geçirmeden 4.50

m ila 2.25 m aralığında büyüyüp, küçülebilir şekilde tasarlanmıştır. Bu şekilde 4.50m kat yüksekliğine sahip bir yapı ile 3.00 m kat yüksekliğine sahip başka bir yapı üzerinde tek tip ürün kullanımı sağlanmıştır. (Şekil 5.4)



Şekil 5.4 SPFS Sistemi Konut-Ofis Uygulamaları Sistem Kesiti

Ürün içerisinde kayar (tekerlekli) bir eleman bulunduran iki adet taşıyıcı strüktür arasına kurulmuştur. Bu iki strüktür 4.50 m'den 2.25 m'ye hareket sağlayabilecek şekilde teleskopik olarak tasarlanmıştır. SPFS performansa yönelik olarak tasarlanmış bir sistem olduğundan gerektiğinde açılabilir panellere sahiptir. (Şekil 5.5) Paneller strüktürün genişletilmesi halinde büyüyüp, küçülebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bir panel 112 cm ile 56 cm arasındaki istenen ebada getirilip üzerinde bulunan kanalların içerisinde geçiren bir kilit sistemi ile sabitlenmektedir. Çalışmanın detayları Tezin Ek 2 bölümünden incelenebilir. (Ek 2 - SPFS Projesine Ait Cephe Sistemi Detay Çizimleri)



Şekil 5.5 SPFS Sistemi Panel Hareket Şeması

SPFS'in ilk etapta gerekli olmadığı şartlarda fazla malzeme kullanımını arttıran ve bu doğrultuda çevreye zarar veren bir sistem olduğu düşüncesi akla gelebilir. Ancak bir defaya mahsus üretilen bir ürünün hiç bir geri dönüşüm evresi geçirmeden farklı bir yapay çevrede aynı yada farklı bir fonksiyonda yer bulmasıyla maksimum geri dönüşüm ve ürün geri kullanımı sağlanmış olacaktır.(Şekil 5.6, 5.7 ve 5.8'de SPFS'nin farklı kullanım alanları görülmektedir)



Şekil 5.6 SPFS Sistemi Konut Yapısı Kullanımı



Şekil 5.7 SPFS Sistemi Ofis Yapısı Kullanımı



Şekil 5.8 SPFS Sistemi Üst-Örtü Kullanımı

6. SONUÇ

Tez çalışması süresince sürdürülebilirlik, geri dönüşüm ve tekrar kullanım gibi kavramların doğrultusunda Sökülebilir Tasarım ve BAT (Birleşip Ayrışabilen Tasarım) yöntemleri incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda bu sistemlerin, sanayide kendilerine yoğun olarak yer buldukları tespit edilmiştir. Ancak günümüz yaygın inşaat uygulamalarında çekince teşkil eden, yeni sistemler oldukları kanısına saptanmıştır.

Yapılara belli elemanların bir araya gelmesinden oluşan ilişkilendirilmiş bir bütün olarak bakılması, yapıyı teşkil eden alt birimlerin/elemanların birer ürün olarak ifade edilebilmesini sağlayacaktır. Günlük hayatımızda kullandığımız çoğu ürünün bile tamamen rastlantısal olarak fark ettiğimiz ikinci hatta üçüncü fonksiyonları bulunmaktadır. Bir ürün tasarlanırken sahip olduğu potansiyellerin önceden farkına varılması, ürünün ne şekilde olursa olsun kullanıldığı yapay çevreden çıkarıldığında sahip olduğu doğrusal hayat döngüsü içerisinde nerede ne şekilde yeniden konumlandırılacağı anlamına gelmektedir. Böylesi bir yaklaşım kullanım ömrünü tamamlamamış bir ürün için hiçbir geri dönüşüm işlemine tabi olmadan ürünün yeniden kullanımı anlamına gelmektedir.

Tez çalışması kapsamında yapılmış olan projeler ; (Mod-Hexa Sökülüp-Takılabilir Raf Sistemi ve SPFS-Shading Panel Facade System) BAT ilkelerine uygun, minimum eleman sayısı ile maksimum yeniden kullanımı hedefleyen, adapte edilebilir, birden fazla ihtiyaca cevap verebilen, sürdürülebilir tasarımlardır. Belli bir yapıyı tasarlarlarken o yapı için geçerli olacak tasarım yöntemlerine yardımcı olabilecek bir başlangıç ve birer öneri niteliğindedirler.

Herhangi bir gelecekte BAT stratejisinin etkili olabilmesi için, günümüz inşaat sektörünün, hızla gelişmekte olan geri dönüşüm ve yeniden kullanım sanayisi ile ilişki içerisinde olması gerekmektedir. Her mimari projenin kendine has özellikleri ve beklenen uzun dönem getirilerinin farklı olması, her zaman uygun olacak stratejiler önermeyi zorlaştırmaktadır. Ancak BAT yöntemlerinin hedefleri doğrultusunda oluşturulacak yapı elemanları/ürünler vasıtasıyla elde edilecek enerji ve üretim kazanımları doğrultusunda çevreye daha duyarlı ve ön üretim aşaması gelişmiş bir inşaat endüstrisi elde edilebilir.

KAYNAKLAR

Anink, D., (1996) "Handbook of Sustainable Building" An Environmental Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment

Atkinson, M. (2004), "Prefabrication and the Individual", The MIT Press

Aydın, C., Engin, O., Alaykiran, K., Fıglalı, A., (2004) "Yeniden Kullanım-Üretim Süreci ve Ülkemiz Açısından Önemi" 4. Uluslararası Üretim Araştırmaları Bildirileri Kitabı, Selçuk Üniversitesi

Bras, B. Mcintosh, M.W., (1999) "Product, Process and Organizational Design for Remanufacture" Robotics and Computer-Integrated Manufacturing.

Chini, A. R. (ed), (2001), "Deconstruction and Materials Reuse; Technology, Economic and Policy" , CIB Task

Cook, P., (1972), "Plug-in City "Urban Structures For the Future, Praeger Publishers, New York.

Craven et al. (1994), "Construction Waste and a New Design Methodology"

Crowther, P. (2000), "Developing Guidelines for Designing For Deconstruction" BRE, Watford, England

Crowther, P. (2005), "Design for Disassembly - Themes and Principles", RAIA/BDP Environment Design Guide, QUT, Brisbane.

Deller K., (2004) "How Many Years Will Your Next Building Last" Design for Disassembly notes, Arcade Magazine

Durmisevic, E., (2002), "Systematic Approach to Design of Building's Transformation" TU Delft

Durmisevic, E., (2006), "Transformable Building Structures" TU Delft

Ferrer G. (2003) "Yield information and supplier responsiveness in remanufacturing operations"

Fleischman, M. (1997) "Quantitative Models for Reverse Logistics"

Gözlü, S., Ersoy, M.C., (2004) " Yeniden Üretimin Türkiye'deki sorunları"4. Uluslararası Üretim Araştırmaları Bildirileri Kitabı, Selçuk Üniversitesi

Itoh, T., (1972) "Traditional Domestic Architecture of Japan" , Weatherhill/ Heibonsha, New York

Kibert, (2000), "Integrated Life-Cycle Design" Construction Ecology and Metabolism.

Knaack, U., Chung, K., Hasselbach, R., (2010) "Prefabricated Systems: Principles of Construction"

Mallory, K., Ottar, A., (1973), "The Architecture of War"

Maxell, D., van der Vorst, R., (2003) Developing Sustainable Products and Services"

Reijnders, L., (2000) "A Normative Strategy for Sustainable Resource Choice and Recycling"

Schittich, C., (2007), "Cost Effective Building : Economic Concepts and Constructions"

Sev, A., (2009), "Sürdürülebilir Mimarlık" Yem Yayınları, İstanbul

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] http://www.oecd.org/home/0,2987,en_2649_201185_1_1_1_1_1,00.html (Aralık 2009)
- [2] http://www.commonswikimedia.org/File:The_Crystal_Palace_1934.jpg (Kasım 2009)
- [3] <http://www.buckminsterfuller.com> (Kasım 2009)
- [4] http://www.commonswikimedia.org/File:Dymaxion_house.jpg (Kasım 2009)
- [5] <http://www.kisho.co.jp/page.php/211> (Kasım 2009)
- [6] <http://www.vestaldesign.com/blog/2006/07/renzo-piano-ibm-traveling-pavilion/> (Kasım 2009)
- [7] <http://www.a-slash.jp/buildings> (Kasım 2009)
- [8] <http://www.morrisonhershfield.com/Pages/default.aspx> (Kasım 2009)
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Leadership_in_Energy_and_Environmental_Design (Ocak 2010)
- [10] <http://www.pimapen.com.tr/tr/pimapen/musteri/drmapen/drmapen.asp?a=18&b=0&c=0> (Temmuz 2010)
- [11] <http://www.adaptivebuildings.com/cladding-shading-systems.html> (Temmuz 2010)

EKLER

Ek 1 Mod-Hexa Projesine Ait Yerleşim Geliştirilmesine İlişkin RhinoScript Kodu

Ek 2 SPFS Projesine Ait Cephe Sistemi Detay Çizimleri

Ek 1 Mod-Hexa Projesine Ait Yerleşim Geliştirilmesine İlişkin RhinoScript Kodu

```
' MOD-HEXA script v.1.12
' yazar Mimar M. Aydın AVUNDUK
Option Explicit
'VARIABLES
Dim R
Dim a,b,c,d,e,f
Dim a1,b1,c1,d1,e1,f1
Dim a2,b2,c2,d2,e2,f2
Dim a3,b3,c3,d3,e3,f3
Dim x,y,z
Dim Center
Dim s,t,sx,tx
Dim RAN
Dim i,j
Dim L,H

'DECLARATIONS

R = Rhino.getreal("Enter radius value",45,10,100) 'elemanın capı
L = Rhino.getreal("Enter length",45,10,2000) 'duvar boyu
H = Rhino.getreal("Enter height",45,10,1000) 'duvar yüksekliği

'FUNCTIONS
Function S1 (x,y,z) 'tip1
    Center = Array(x,y,z)
    a= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
    b= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
    c= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
    d= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
    e= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
    f= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)

    a1= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
    b1= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
    c1= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
    d1= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
    e1= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
    f1= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)
```

```
S = Rhino.addPolyline (Array(a,b,c,d,e,f))
```

```
T = Rhino.addPolyline (Array(a1,b1,c1,d1,e1,f1))
```

```
End Function
```

```
Function S2 (x,y,z) 'tip2
```

```
Center = Array(x,y,z)
```

```
a= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
b= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
c= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
```

```
d= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
```

```
e= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
f= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
a1= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
b1= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
c1= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
```

```
d1= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
```

```
e1= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
f1= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
Sx = Rhino.addPolyline (Array(a,b,c,d,e,f))
```

```
Tx = Rhino.addPolyline (Array(a1,b1,c1,d1,e1,f1))
```

```
End Function
```

```
Function S3 (x,y,z) 'tip3
```

```
Center = Array(x,y,z)
```

```
a= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
```

```
b= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
```

```
c= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
d= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
e= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
```

```
f= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)
```

```
a1= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
```

```
b1= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
```

```
c1= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
d1= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```

e1= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
f1= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)

S = Rhino.addPolyline (Array(a,b,c,d,e,f))
T = Rhino.addPolyline (Array(a1,b1,c1,d1,e1,f1))

a2= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
b2= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
c2= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
d2= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
e2= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
f2= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)

a3= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
b3= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
c3= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
d3= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
e3= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
f3= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)

Sx = Rhino.addPolyline (Array(a2,b2,c2,d2,e2,f2))
Tx = Rhino.addPolyline (Array(a3,b3,c3,d3,e3,f3))
End Function

```

Function S4 (x,y,z) 'tip4

```
Center = Array(x,y,z)
```

```

a= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
b= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
c= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
d= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
e= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
f= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)

a1= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
b1= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
c1= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
d1= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
e1= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)

```

```
f1= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)
```

```
S = Rhino.addPolyline (Array(a,b,c,d,e,f))
```

```
T = Rhino.addPolyline (Array(a1,b1,c1,d1,e1,f1))
```

```
a2= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
b2= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
c2= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
```

```
d2= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
```

```
e2= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
f2= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
Sx = Rhino.addPolyline (Array(a2,b2,c2,d2,e2,f2))
```

```
End Function
```

```
Function S5 (x,y,z) 'tip5
```

```
Center = Array(x,y,z)
```

```
a= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
```

```
b= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
```

```
c= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
d= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
e= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
```

```
f= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)
```

```
a1= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
```

```
b1= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
```

```
c1= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
d1= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
e1= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
```

```
f1= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)
```

```
S = Rhino.addPolyline (Array(a,b,c,d,e,f))
```

```
T = Rhino.addPolyline (Array(a1,b1,c1,d1,e1,f1))
```

```
a3= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
b3= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
c3= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
```

```
d3= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
```

```
e3= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
f3= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
Tx = Rhino.addPolyline (Array(a3,b3,c3,d3,e3,f3))
```

End Function

Function S6 (x,y,z) 'tip6

```
Center = Array(x,y,z)
```

```
a1= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
b1= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
c1= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
d1= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
e1= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
f1= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)
```

```
T = Rhino.addPolyline (Array(a1,b1,c1,d1,e1,f1))
```

```
a2= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
b2= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
c2= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
d2= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
e2= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
f2= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
a3= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
b3= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
c3= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
d3= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
e3= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
f3= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
```

```
Sx = Rhino.addPolyline (Array(a2,b2,c2,d2,e2,f2))
```

```
Tx = Rhino.addPolyline (Array(a3,b3,c3,d3,e3,f3))
```

End Function

Function S7 (x,y,z) 'tip7

```
Center = Array(x,y,z)
```

```

a= Array((Center(0)-1.5*R),Center(1),0)
b= Array((Center(0)-1*R),Center(1),0)
c= Array((Center(0)-(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
d= Array((Center(0)+(1*R/2)),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
e= Array((Center(0)+1*R),Center(1),0)
f= Array((Center(0)+1.5*R),Center(1),0)

```

```

S = Rhino.addPolyline (Array(a,b,c,d,e,f))

```

```

a2= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
b2= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
c2= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
d2= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
e2= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)
f2= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)-((R/2)*Sqr(3))),0)

```

```

a3= Array((Center(0)-1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
b3= Array((Center(0)-1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
c3= Array((Center(0)-(1*R/2)),Center(1),0)
d3= Array((Center(0)+(1*R/2)),Center(1),0)
e3= Array((Center(0)+1*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)
f3= Array((Center(0)+1.5*R),(Center(1)+((R/2)*Sqr(3))),0)

```

```

Sx = Rhino.addPolyline (Array(a2,b2,c2,d2,e2,f2))

```

```

Tx = Rhino.addPolyline (Array(a3,b3,c3,d3,e3,f3))

```

```

End Function

```

```

Sub Main 'yerleşim

```

```

For i=0 To L Step (3*R)

```

```

    For j=0 To H Step (R*Sqr(3)) 'boyutlara gore grid konfigurasyonu

```

```

        RAN = (Int((7-1+1)*Rnd+1))

```

```

        Select Case RAN ' tip secimi

```

```

            Case 1

```

```

                S1 i,j,0

```

```

            Case 2

```

S2 i,j,0

Case 3

S3 i,j,0

Case 4

S4 i,j,0

Case 5

S1 i,j,0

Case 6

S2 i,j,0

Case 7

S3 i,j,0

End Select

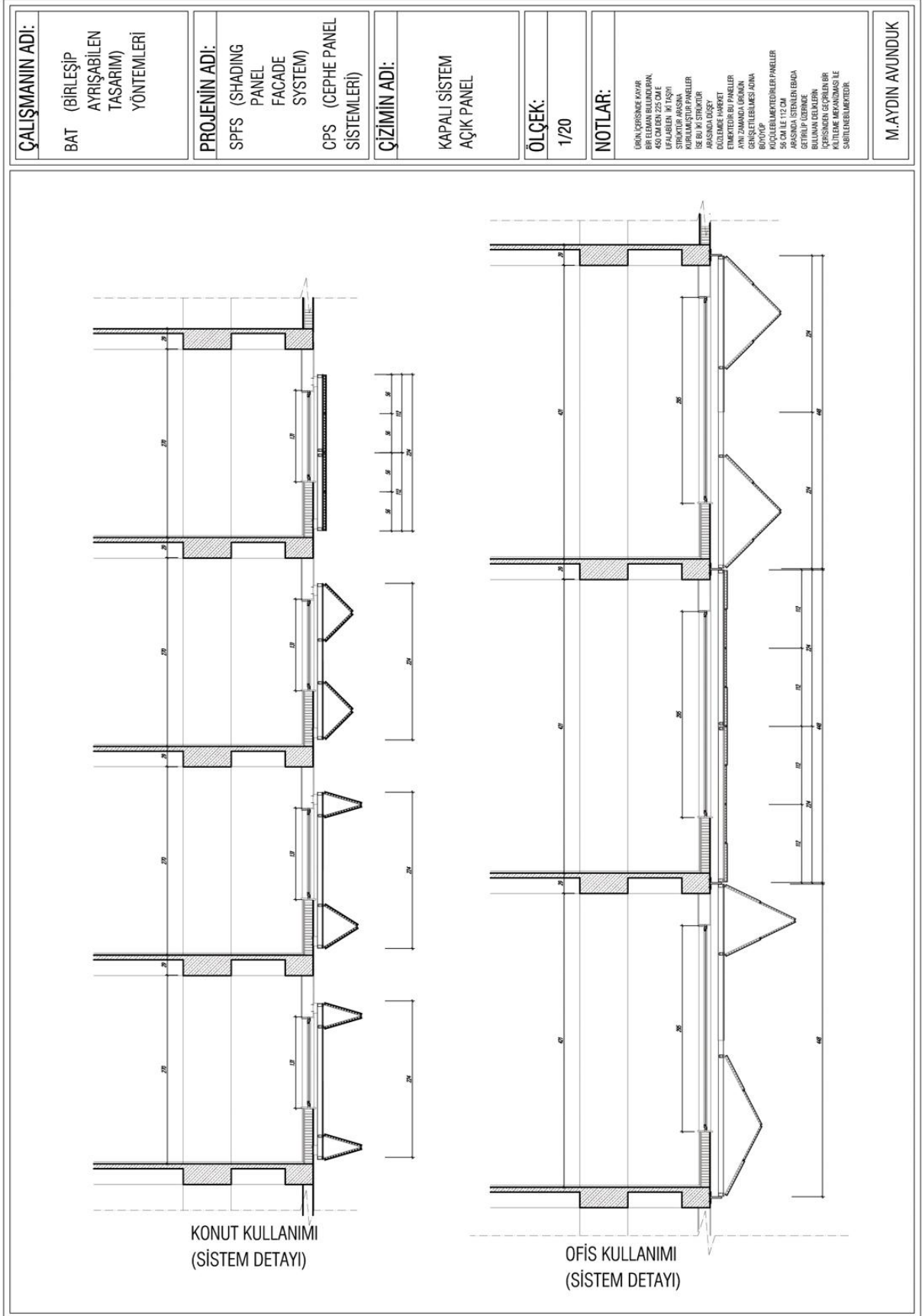
Next

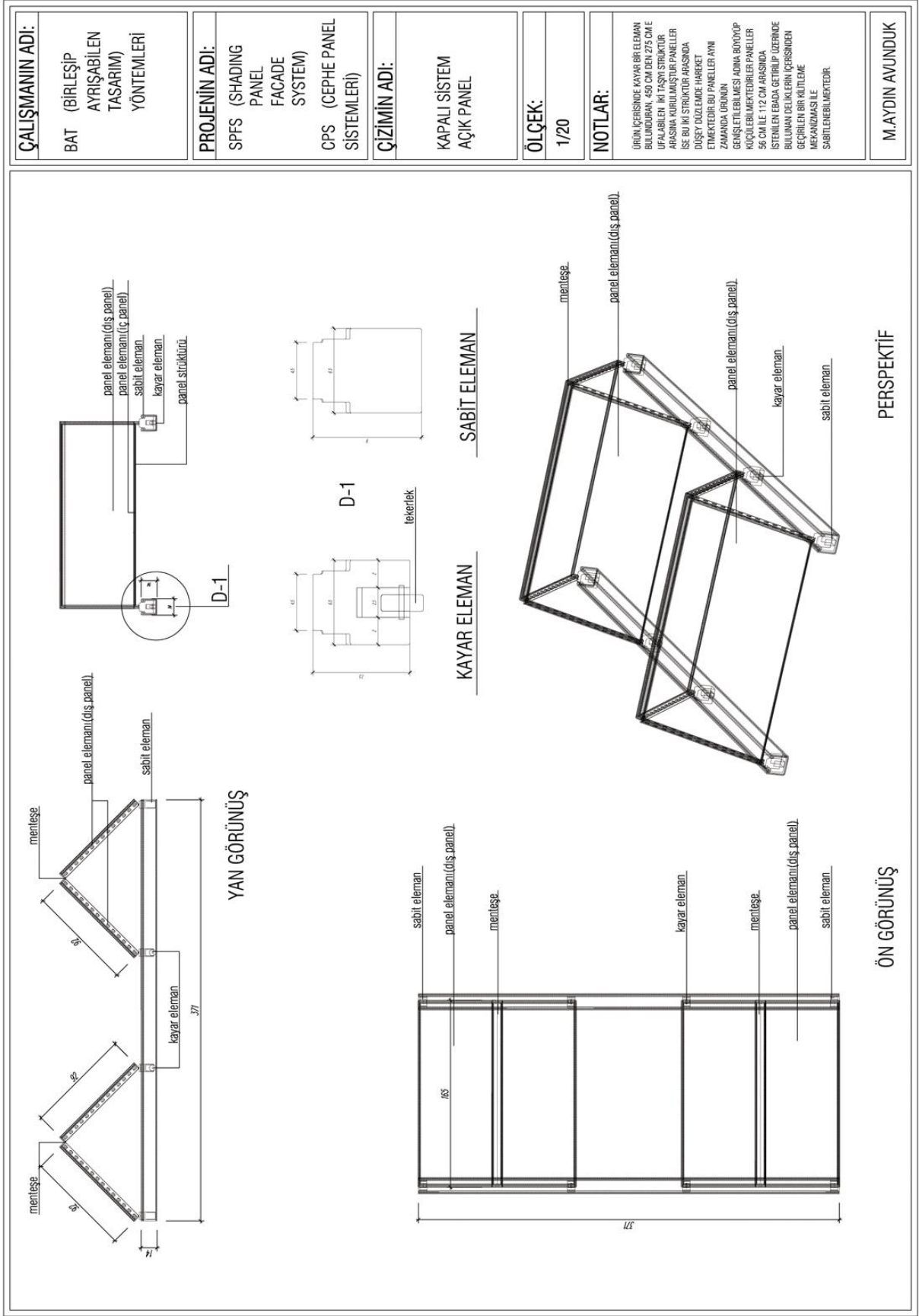
Next

End Sub

Main 'calistirma komutu

Ek 2 SPFS Projesine Ait Cephe Sistemi Detay Çizimleri





ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 23.07.1983

Doğum yeri İstanbul

Lise 1994-2001 İstek Vakfı Özel Bilge Kağan Lisesi

Lisans 2003-2007 Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak.
Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans 2007-2010 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı,
Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

Çalıştığı kurumlar

2006-2007 UMO Mimarlık
2007-2008 Avunduk Mimarlık
2008-devam ediyor A2 Tasarım