

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ ETKİN TASARIMDA BİR ARAKESİT:
TOPRAK ÖRTÜLÜ YAPILAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevda ÖZTÜRK SARI

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Peyzaj Mimarlığı Programı

AĞUSTOS 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ ETKİN TASARIMDA BİR ARAKESİT:
TOPRAK ÖRTÜLÜ YAPILAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sevda ÖZTÜRK SARI
(502101606)**

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Peyzaj Mimarlığı Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yasin Çağatay SEÇKİN

AĞUSTOS 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502101606 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sevda ÖZTÜRK SARI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ENERJİ ETKİN TASARIMDA BİR ARAKESİT: TOPRAK ÖRTÜLÜ YAPILAR**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Yasin Çağatay SEÇKİN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. HAYRİYE EŞBAH TUNÇAY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Tolga SAYIN
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : **3 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **5 Ağustos 2013**

Eşime, anneme ve babama,

ÖNSÖZ

Hayatımın her noktasında varlığını ve desteğini hissettiğim, bana her konuda sonsuz yardımlarını ve inancını eksik etmeyen, bu tez sürecinde de sonsuz sabır ve fedakarlık gösteren sevgili eşim Mehmet SARI'ya,

Tüm hayatım boyunca kararlarımı saygı gösteren, hayatımın her anında beni destekleyen, sonsuz inanan ve her zaman yanımda olan sevgili annem Satı ÖZTÜRK ve babam Sadık ÖZTÜRK'e,

Yüksek lisans ve tez çalışmam boyunca sağladığı tüm destek, tüm bilgi ve deneyimi ile yaptığı akademik ve manevi yardımları, iyi niyeti ve nezaketinden ötürü tez hocam Yasin Çağatay SEÇKİN'e,

Üniversite hayatına adım attığım ilk andan itibaren bana sonsuz emeği geçmiş olan, her türlü kendimi geliştirmemde beni destekleyen ve hayatımın her alanında yıllardır çekinmeden kendisine danışabildiğim, sayesinde Peyzaj Mimarı olduğum çok değerli hocam M. Emin BARIŞ'a,

İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki yüksek lisans eğitimim süresince destek ve bilgilerini eksik etmeyen, hoşgörüsü, sevecenliği ve desteği için Sayın Hayriye Eşbah TUNÇAY'a,

Her konuda sonuna kadar yanımda hissettiğim, yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen canım dostlarım İrem ÇİÇEK ve Gonca GENÇ'e,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım. İyi ki varsınız.

Ağustos 2013

Sevda ÖZTÜRK SARI
(Peyzaj Mimarı)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı ve Tezin Amacı	3
1.2 Tezin Kapsam ve Yöntemi	3
1. YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ ETKİN TASARIM.....	9
2.1 Sürdürülebilir ve Yenilenebilir Enerji.....	9
2.2 Enerji Etkin Tasarım	9
2.3 Enerji Etkin Tasarım Parametreleri.....	11
2.3.1 Konum.....	11
2.3.2 Yön.....	12
2.3.3 Form	12
2.3.4 Yapı Kabuğu	13
2.4 Eko-Yapı	14
2.5 Enerji Etkin Peyzaj Tasarımı.....	15
3. TOPRAK ÖRTÜLÜ YAPILAR	27
3.1 Tarihçe.....	42
3.2 Yapım Yöntemleri ve Prensipler	52
3.2.1 Alan Planlama	52
3.2.1.1 Topografya.....	53
3.2.1.2 Taban suyu seviyesi.....	53
3.2.1.3 İklim.....	54
3.2.1.4 Yön	55
3.2.1.5 Toprak.....	57
3.2.2 Bitkilendirme	60
3.2.2.1 Toprak örtülü çatı bitkilendirmesi	60
3.2.2.2 Yapı dışındaki bitkilendirmenin formu ile yapı arasındaki ilişki	63
3.2.3 İzolasyon [Toprak ve Drenaj]	64
3.3 Yapı Malzeme ve Elemanları	67
3.4 Toprak Örtülü Yapıları Değerlendirmede Kullanılan Kriterler	70
4. ÖRNEK İNCELEMELERİ	73
4.1 Solar Hemicycle (Jacobs Evi II).....	74
4.2 Cherry Hill Ofis.....	79
4.3 Solaria.....	84
4.4 Raven Rocks.....	86
4.5 Sidwell Evi	90
4.6 ASLA Ana Merkez.....	94
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	101
KAYNAKÇA	103

EKLER.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	117

KISALTMALAR

EREC	: The Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse
DOE	: U.S. Department of Energy
NCSC	: North Carolina Solar Center
ASLA	: American Society of Landscape Architects
FLL	: The German Landscape Research, Development and Construction Society
NREL	: The National Renewable Energy Laboratory
RCGB	: Rutgers Center for Green Building
SEAV	: Sustainable Energy Authority Victoria
SNMAH	: The Smithsonian's National Museum of American History

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Amaçlar ve Uygun Peyzaj Tipleri.....	19
Çizelge 3.1 : Deney Alanının İklim Koşulları.....	31
Çizelge 3.2 : Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerji Kazanımları	32
Çizelge 3.3 : Malzemelere göre R değerleri	37
Çizelge 3.4 : Tarih Boyunca Toprak Örtülü Yapı Tipleri	51
Çizelge 3.5 : Toprak cinsleri ve özellikleri.....	59
Çizelge 3.6 : Çözümlerin temel fonksiyonlarından analiz.....	69
Çizelge 5.1 : Sürdürülebilir Alanlar Girişimi Kapsamında Örneklerin İncelenmesi	111

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Yöntem Şeması.....	4
Şekil 2.1: Toprak örtülü yapıların değişik aşamalarındaki ısı kayıpları	14
Şekil 2.2: Rüzgâr yönlendirici çalı kullanımı	16
Şekil 2.3: Kuzey yönündeki yaprak döken ağaçlar yazın gölge sağlamaktadır	17
Şekil 2.4: Engelleme ile yansıma kontrolü	18
Şekil 2.5: Alçak boylu çalılar ve yerörtücü bitkiler yansımayı azaltabilir	18
Şekil 2.6: Rüzgârın hızını düşürmeye yarayan ve rüzgarı filtreleyen, herdem yeşil bitkilerle oluşturulmuş rüzgâr perdesi	19
Şekil 2.7: Etkili bir çevre düzenleme ile birlikte enerji etkinliği sağlanabilmektedir	20
Şekil 2.8: Ekosistem Servisleri	23
Şekil 2.9: Farklı Alan Kullanımları için Yüzey Akış Sayı Eğrileri	24
Şekil 2.10: Kriterler üzerinde yapı bulunan ya da bulunmayan tüm alanlarda uygulanabilmektedir	25
Şekil 3.1: Yeni Zellanda'daki toprak örtülü yapı örneği	27
Şekil 3.2: Modern bir avlu plan örneği	33
Şekil 3.3: Cepheden Gelişen Plan Tipli Bir Yapı	34
Şekil 3.4: Serbest Gelişen Plan Tipli Bir Yapı.	34
Şekil 3.5: Toprak örtülü yapı duvar ve çatı detayına bir örnek	40
Şekil 3.6: (a) Mağara örneği - Tarihi Göreme Milli Parkı. (b) Mağara yaşamı	43
Şekil 3.7: Kerpiç yapılara örnek - Antik Dönemde İslam Öncesi İran Mimarisi ...	44
Şekil 3.8: (a) Skogaa Çiftlik Müzesi, (b) İskandinav tipi çim çatıların yapısı	45
Şekil 3.9: Geleneksel İskandinav Tipi Çim Çatı Kesitleri	45
Şekil 3.10: Amerikan tipi çim yapılara örnek - John Bakken'in Amerikan tipi çim evi (sod house), Milton, North Dakota	46
Şekil 3.11: (a) <i>Hobbit Hole</i> , (b) <i>Hobbit Evi</i>	47
Şekil 3.12: Solar Hemicycle	48
Şekil 3.13: (a) Rockwell Evi'ne bodrum kat ekleme çalışması, (b) Bodrum katlar..	48
Şekil 3.14: (a) Modern dönem yeşil çatı örneği - New Providence Wharf, Londra, (b) <i>Protan PROGREEN Biodiverse Çatı Sistemi</i>	50
Şekil 3.15: Alan planlama öncesinde iyi bir analiz yapılmalıdır	52
Şekil 3.16: Yüksek taban suyu ile karşılaşıldığında yeniden yönlendirme bir çözüm olabilir	54
Şekil 3.17: Toprak tanımlama – Çakıl, kum, silt, kil	59
Şekil 3.18: Toprak örtülü çatı örneği - Malcolm Wells'in Cherry Hill Ofisi	61
Şekil 3.19: Yıllık Pasif Isı Depolama	64
Şekil 3.20: Drenaj Teknikleri	66
Şekil 3.21: Yapı Malzeme ve Elemanları – Ahşap strüktür, Ağır ahşap strüktür, Betonarme strüktür, Takviyeli betonarme strüktür	68
Şekil 4.1: Solar Hemicycle Plan ve Kesit ...	74
Şekil 4.2: Solar Hemicycle	75
Şekil 4.3: Solar Hemicycle'in Güney Cephesindeki Hava Sirkülasyonu	76

Şekil 4.4: Zaman İçinde Solar Hemicycle Giriş.	78
Şekil 4.5: Solar Hemicycle Görünüş.....	78
Şekil 4.6: İlkbahar ekinoksunda gün doğumundan batımına yapıya nüfuz eden güneşin açıları.	78
Şekil 4.7: Cherry Hill Ofis'in Otoyollara ve Çevredeki Yapılara Göre Konumu.	79
Şekil 4.8: Ofisin Alan İçerisindeki Görünüşü.....	79
Şekil 4.9: Cherry Hill Ofis Dış Görünüş.....	80
Şekil 4.10: Cherry Hill Ofis Avlu.	80
Şekil 4.11: (a) Cherry Hill Ofis'in Sorun-Çözüm Analiz Eskizi, (b) Cherry Hill Ofis Plan	81
Şekil 4.12: Ofisin İkinci Yapısının Çatısından Alan Görüşü.....	81
Şekil 4.13: Ofis Yapısı Üzerindeki Vejetasyon	82
Şekil 4.14: Cherry Hill Ofis Batı Cephe Kesiti	83
Şekil 4.15: Cherry Hill Ofis Doğu Cephe Kesiti.	83
Şekil 4.16: Solaria Enine Yapısal Kesit.	84
Şekil 4.17: Solaria'nın Güneş Enerjisiyle Isıtma Sistemi.....	85
Şekil 4.18: Solaria Güneş Kollektörleri.....	86
Şekil 4.19: Locust Hill Yerleşim Planı	87
Şekil 4.20: Raven Rocks Koruma Alanı	87
Şekil 4.21: Locust Hill On ve Arka Cephe	88
Şekil 4.22: Locust Hill Mevcut Durum ve Konumu.....	88
Şekil 4.23: Locust Hill Pasif Enerji Depolama Durumu.	88
Şekil 4.24: Locust Hill Mevcut Durum.	89
Şekil 4.25: Locust Hill Mevcut Durum.	90
Şekil 4.26: Sidwell Evi.	91
Şekil 4.27: Sidwell Evi Sera Kısmı ile Güneş Kollektörleri.....	93
Şekil 4.28: Sidwell Evi ve Çatısı	93
Şekil 4.29: Görüşme Gerçekleştirilen Raven Rocks Sakinleri	93
Şekil 4.30: ASLA Merkez Binası'nın Çatısı'nın öncesi ve sonrası	94
Şekil 4.31: Çatının tabanını kaplayan metal ızgara.	95
Şekil 4.32: ASLA Merkez Bina'sının çatı planı.	96
Şekil 4.33: ASLA Merkez Bina'sının çatı görünüşü	96
Şekil 4.34: Çatının diğer yapılara göre konumu.	97

ENERJİ ETKİN TASARIMDA BİR ARAKESİT: TOPRAK ÖRTÜLÜ YAPILAR

ÖZET

Bugün hızla azalan kaynakların yetersiz hale gelme durumuna cevaben ortaya atılmış olan sürdürülebilirlik kavramı gereği, yaşamımızın her alanında gelecek nesillerin mirasına dokunmadan kendini hayat boyu sürdürebilecek tasarımlar yapılması öncelikler arasında yer almaktadır. Buradan hareketle, yapılar da bu anlayışta inşa edilmeye başlanmış, ekoloji ve mimarlığın bir araya geldiği ekolojik mimarlık kavramı ortaya çıkmıştır. Ekolojik mimarlıkla birlikte, pasif solar enerjiden yararlanan enerji etkin yapılar insan yaşamına girmiş, geçmişte varolan örneklerden bazıları modernize edilmiştir. Bunlardan biri de toprak örtülü yapılardır. Bu yapılar canlılığın başlangıcından bugüne varolmuş, enerji kriziyle birlikte yeniden gündeme gelerek modern dönem yorumları ortaya çıkmıştır. Birçok yapıya göre nispeten daha sürdürülebilir olduğu düşünülen bu yapılar, geçmişten bugüne kullanılmakta olan örneklerle araştırma kapsamında incelenmiştir.

Bu tezin amacı, tarihten bugüne toprak örtülü yapıların geçirdiği evreleri, bulunduğu dönem ile birlikte inceleyerek kronolojik bir gelişim diyagramı ortaya çıkarmak ve incelenen örnekler ile literatür çalışmalarından edinilen verilerden yararlanarak toprak örtülü yapıların sürdürülebilirlik açısından yeşil çatılar için yol gösterici kriterlerini ortaya koymaktır.

Tezin giriş bölümünde ekolojik mimarlık kavramına ve enerji etkin yapılar arasından niçin toprak örtülü yapıların seçildiği konusuna açıklık getirilmiştir. İkinci bölümde, yenilenebilir enerji ve enerji etkin tasarım kavramlarına değinilmiş, konunun anahtar kelimelerinin tanımları yapılarak enerji etkin tasarımın parametreleri ve enerji etkinliğin peyzajda yorumlanması üzerinde durulmuştur. Bu yorumlama, ‘Sürdürülebilir Alanlar Girişimi’ performans kriterleri kapsamında gerçekleştirilmiştir. Üçüncü bölümde tezin ana konusunu oluşturan toprak örtülü yapılar derinlemesine incelenmiş, toprak örtülü yapıların tarihsel gelişimi bölgeler bazında ele alınarak yapım yöntemleri ve prensipleri ile malzemeleri belli bir sıra ile açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ise derlenen bilgiler ışığında seçilen örnekler incelenmiştir. Aynı zamanda yerinde incelenmiş örneklerin kullanıcıları ile de görüşmeler yapılmış ve uygulamada eksiklikler olup olmadığı belirlenmeye çalışılarak, literatürdeki bilgilerin doğruluğu da test edilmiştir. Beşinci ve son bölümde de, bugün aynı mantıkla kendini savunan fakat uygulamada ve sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında oldukça ayrı bir noktada duran sanayi ürünü modern çatı bahçeleri ile toprak örtülü yapılar çeşitli yönlerden tartışılmıştır.

Çalışmanın sonucunda, bugün kentsel yeşil sistemin önemli bir parçası haline gelmiş olan yeşil çatıların düşünüldüğü kadar sürdürülebilir olmadığı anlaşılmıştır. Aynı mantıkla daha önceleri ortaya konulmuş toprak örtülü yapıların ise “Sürdürülebilir Alanlar Girişimi” kriterleri kapsamında değerlendirilmesi ile, çatı bahçelerinden daha sürdürülebilir ve ekolojik olduğu görülmüştür. Fakat bu yapıların da yoğun kent

dokusu ile entegre olmasının bir hayli zor olmaktadır. Bu sebeple, yeşil çatı sistemlerinin üzerine gidilerek, yeşil çatı endüstrisindeki eksiklerin toprak örtülü yapı sistemlerinin deneyimlerinden faydalanılarak giderilmesi en doğrusudur. Bunun yanı sıra, yeşil çatı sistemleri revize edilerek, yeni ve sürdürülebilir, her bölge için ayrı tasarlanmış yerel ve daha doğal sistemler geliştirilebilir.

AN ENERGY EFFICIENT DESIGN INTERSECTION: EARTH-SHELTERED STRUCTURES

SUMMARY

After oil crises and rapid urbanization, the supply of fossil fuels is shrinking. Access to fossil fuels, which have been the primary source of energy, is becoming both limited and expensive. However, dependency on these scarce energy resources has increased with the development of technology. In order to avoid a situation where the demand is greater than the supply, the concept of sustainability was introduced. This concept means to produce lifelong, self-maintaining designs in every area of life. In terms of economic, ecologic, and social sustainability, these designs should not touch the heritage of the future generations. Structures have emerged using this perception and concept of ecological architecture, which combines ecology and architecture. Ecologic architecture focuses on designs in harmony with nature, minimum damage to the natural resources when creating an artificial environment, minimum usage of resources and recycled plans and designs. Moreover, buildings built in this design make an effort to use renewable energies as much as possible like sun, water and wind energy. Along with ecological architecture, energy efficient structures that take advantage of passive solar energy have started to become popular. One of these energy efficient structure examples is the earth-sheltered house.

Earth-sheltered houses have existed since the beginning of human life and have come to the forefront with modern term reviews after the energy crisis. These structures, assumed to be more sustainable than other structures, were examined and compared to similar examples and roof gardens in the past and present. Generally these structures were covered, which created the occurrence of a good thermal mass of the soil. At the same time, they generate new ecosystems in cities or sometimes continue the topography that is located in.

With the synchronized growth of technology and urbanization, the use of green spaces on buildings has regained importance and are now called roof gardens. These systems use the same logic used in the sheltered houses, but they have some features that are not suitable for criteria sustainability. When the logic of the emergence of roof gardens is compared to FLL Guidelines, some disagreements are observed. However, it has become an important part of the urban green system. So, the question was asked what can be done to make roof gardens more sustainable? The origin of the subject was examined in order to find more natural and sustainable version of the roof gardens.

The aim of this thesis is to present the historical evolution of soil covered structures as the basis for green roof and construction industry; and to reveal the guiding criteria for green roofs in terms of sustainability. Furthermore, we hope to create a guide book/reference. Construction techniques and the logic behind green roofs and earth-sheltered structures are examined and compared. And consequently, it is intended to be a guide to current green roof applications.

The methodology of this thesis relies on an academic and popular literature review, correlation and interviews. Thus, these methods were followed respectively: A literature review was made about ecologic architecture, renewable energy, energy efficient design, eco-structure, energy efficient landscape design and earth-sheltered structures in detail. Furthermore, earth-sheltered structures have been investigated throughout history and analyzed based on layers. So, the criteria which are related to earth-sheltered structures and sustainability were determined and structures were evaluated according to these criteria. These criteria were matched with “The Sustainable Sites Initiative” parameters. So, earth-sheltered structure samples which are still available to use and additionally one of roof garden sample were examined and correlated according to “The Sustainable Sites Initiative” criteria and interviews with users during visits. By blending all of these studies, the conclusion was reached.

In the introduction, the definition of the problem, the aim, scope and method of the study are explained in detail. The concept of ecological architecture and earth-sheltered structures and the viewpoint of Malcolm Wells, who is one of earth-sheltered structures pioneers, are described. The reason why earth-sheltered houses are selected from energy efficient structures and also the importance and the reasons for the selection of the selected samples are explained. There is also an explanation of the questions asked during a site visit and an examination of how those questions were prepared. Additionally, a schema is added at the end of this section as a summary of method.

In the second chapter, renewable energy and energy efficient design concepts from past to present are explained. Parameters of energy efficient design such as location, direction, form and building envelope are described. The heat losses of earth-sheltered structures at various stages are also shown according to the building envelope. Then, a brief overview of eco-structures is provided. As a conclusion of this chapter, energy efficient landscape design is described as the main task of landscape for these type of structures. Earth-sheltered structures use soil and vegetation layer, which are the most important materials of landscape for the purpose of energy efficiency; keeping in mind the type, shape and height of plants, direction and velocity of wind, direction and angle of sun, and amount of radiation can be arranged. Starting from this point, selection of the right plants and how they should be positioned in a right way were explained. Interpretation of energy efficiency in landscape is focused on in more detail by defining keywords. This interpretation results from performance criteria of “Sustainable Sites Initiative”. Its guiding principles and application areas are identified in this chapter. Initiative discusses the sustainability on landscape basis and it has a very detailed scoring system. Analyzed samples were therefore rated in this scoring system and provided based on the numerical data of the comparison.

In the third chapter, earth sheltered structures, which are the main subject of the thesis, are examined in depth. Plan types, advantages, disadvantages, components, construction methods, principals and materials of these structures are described in a certain sequence. Then, the history of earth-sheltered structures was described by considering their historical development based on location. Starting from caves to adobe structures and from there to the transition to earth-sheltered and then green roofs. This sequence is shown with a table. Construction methods and principals are explained in three parts respectively: Site planning which consists of topography, ground water table, climate, orientation and soil, planting and insulation. As mentioned in the previous section, planting is the most important factor that brings

together earth-sheltered structures with the landscape design. So, planting has been divided into two parts in this chapter as earth-covered roof planting and external planting. Vegetation, which covers the structure envelope, uses for energy efficiency and thermal mass. And also external planting is used to improve energy efficiency. Vegetation and external planting are explained separately because they maximize together the energy efficiency of the structure in different way. Subsequently, insulation, soil and drainage are explained in detail according to materials. Also building materials and elements are described briefly. At the end of this chapter, the criteria used to evaluate the earth-sheltered structures were described according to “Sustainable Sites Initiative” criteria. Analyzed samples were rated using the chart that consists of “Sustainable Sites Initiative” criteria. The criteria contributed to the idea, which was concluded as a result of the study. The table is given in Appendix B.

In the fourth chapter, six examples were examined in the light of collected information. Four of these examples are designed by Malcolm Wells, one is designed by Frank Lloyd Wright and the last one is a roof garden is designed by Michael Van Valkenburgh Inc. Three of them (first earth-sheltered office of Malcolm Wells’ in Cherry Hill, Locust Hill and Sidwell House in Raven Rocks) were analyzed where they are located and interviews were conducted with the owners of these structures. So the accuracy of the information in the literature was tested by determining whether or not there were deficiencies in the application. Information about the other three samples (Solar Hemisphere, Solaria and ASLA Headquarter) collected from reports, books and articles. The common feature of all these samples is that they are still in use and located in the USA. The reason is that the modern era interpretation of earth-sheltered structures are seen frequently, also the best-known examples, designed by pioneers of earth-sheltered structures are in the USA. Additionally, the structures that have benefited from the soil by starting from shelters in ‘Homestead Act’ era to basements in World War II era and to Lithospheric Living Spaces can be viewed respectively in this country.

In the fifth and the last chapter, earth sheltered houses and modern roof gardens were discussed in light of various aspects. Studies have shown that roof gardens’ systems are industrial products and seem quite different in terms of materials and application from earth-sheltered structures when viewed from sustainability perspective. But earth-sheltered structures, which derived from the soil covered Scandinavian-type structures, maintain the continuation of the ecosystem materials. The construction of these structures, by combining thermal mass feature of soil and local-sustainable materials, makes a major contribution to the idea of these structures’ being more sustainable when compared to conventional structures and modern green roofs. They are more accessible because of the local and economic materials.

In conclusion, roof gardens, which have become an important part of the urban green network, are likely to become more natural and sustainable. Even though fully covered earth-sheltered structures are difficult to integrated with the intense urban fabric, the green roof industry can take advantage of the experience of these types of building types. Green roof system can be revised and new sustainable local systems which are suitable for each region can be developed with the natural systems.

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, buna paralel olarak yaşanan hızlı kentleşme ve ekolojinin hızla tahribatı sonucu insanların yaşam kalitesi gittikçe gerilemiş, yeme, içme ve barınma gibi temel ihtiyaçlara ulaşımında zorluklar yaşanmaya başlamıştır. Ekolojik alanların tahribatı ile birlikte özellikle büyük yerleşimlerde, insanlar doğa ile ilişkiyi sadece ortak kullanımlı rekreasyona açık alanlar aracılığı ile sağlayabilmiştir. Çoğunlukla da rekreasyon ihtiyaçlarını kent dışındaki alanlarda ya da çimlere basmanın yasak olduğu parklarda gidermeye çalışmışlardır. Bunların yanı sıra, tarım alanlarının yerleşime açılması ile üretim alanlarının azalması, besine ulaşımı zorlaştırmış, uzun mesafelerden getirilen bu yiyeceklerin maliyeti artmıştır. Yapı bloklarıyla çevrelenmiş sağlıklı çevrelerde yaşama imkânı bulabilen insanlar için, enerji maliyeti de bir diğer önemli gider grubunu oluşturmaktadır. Bu bağlamda yapı-çevre arakesitinde bütün bu sorunlara çözüm bulmak ve kent içindeki yeşil alan ya da enerji değeri yüksek potansiyel alanları değerlendirmeye yönelik olarak ekolojik mimarlık ortaya çıkmıştır.

Ekolojik mimarlıkta asıl olan, mimarlığın çevreye zarar vermeksizin çevreden maksimum yarar sağlamasıdır. Bu da doğayı tahrip etmeden, doğaya saygılı yapay malzemeyi minimum seviyede kullanarak, sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanan yapılar ile mümkün olabilmektedir. Ekoloji ile mimarlığın kesiştiği bu noktada, yapı üstü yeşil alanlar önem kazanmaktadır. Fakat bugün popüler olan yeşil çatıların bu tanıma uymayan birtakım yönleri bulunmaktadır.

İlk insandan bu yana mağaralarda başlayan konut anlayışı, sert iklimlerden korunma amacıyla toprağın oyularak içerisine konut inşasıyla devam etmiştir. Ardından zemin kazılarak yapı oturtulmuş ve toprağın iyi bir termal kütle oluşundan ötürü çıkan toprak yine yapının çevresine ve çatısına serilmiştir. Dünya genelinde bu şekilde gelenekselleşmiş birçok yapı tipi bulunmaktadır. Fakat bu toprak örtülü yapılar, hem İskandinavya'dan ABD'ye, Kanada'dan İngiltere'nin kuzeyine kadar bugünün koşullarında alışlagelmiş konut anlayışına adapte edilebilir olması, hem de 30-40 yıllık örneklerinin bugün hala yaşanılabilir seviyede bulunması nedenleriyle incelenebilir durumdadırlar.

Toprak örtülü yapılar, ait oldukları yerin iklimsel özelliklerini dikkate alan, aynı zamanda enerji etkinliğini gözetken ve doğal çevreyi ön planda tutan bir anlayışa sahiptir. Bugünün sağlıklı çevre koşulları ve kentleşmesi göz önüne alındığında, peyzajın yapı ile etkin bir şekilde birleşimi noktasında olan toprak örtülü yapıların vejetasyon ile kaplı duvar ve çatıları, peyzaj ve enerji korunumu açısından büyük önem taşımaktadır.

1970’lerde, ABD’de yaşanan enerji krizi ile birlikte yer altı yapılarının kente adapte edilmesiyle ortaya çıkan ve toprağın enerji tutuş özelliğinden yararlanılarak tasarlanmış bu yapıların mantığı esasında oldukça basittir. Topografyaya ve doğaya saygılı, toprağı tek yalıtım malzemesi olarak görmeyen fakat yapının iç sıcaklığını dengeleyen bir kapasitör olarak kullanan yapılardır.

Modern dönem toprak örtülü yapı öncülerinden Malcolm Wells, asfalt topluluğu olarak nitelendirdiği bugünün kentlerine, bu tarz yapıların yeşil bir alternatif olduğu görüşünü savunmuştur. 11 yıllık mimari uygulama kariyerinin ardından, doğaya asfalt ve betondan daha az zarar veren bir şeylerin olabileceğini düşünmüş ve cevabı yine çevresinde bulmuştur: toprak. Frank Lloyd Wright’ın 1943’te tasarladığı Solar Hemicycle da, 1959 yılında Wells’i oldukça etkilemiş ve bu noktada yol gösterici olmuştur. Ayrıca 1960’ların çevre bilinciyle birlikte, toprak yüzeyinin ölü binalar ve asfalt yerine canlı bitkiler için olduğunu düşünmeye başladığını ifade etmiştir. Toprak örtülü yapıları, ne yerin altına açılan bir çukur ne de karanlık bir dehliz olmadığını, su yalıtımı güçlü, izolasyonu iyi bir şekilde yapılmış toprak ve yerel bitkiler ile kaplanmış bir yapı olarak tanımlamıştır. Geleneksel tarzdaki yapıların ise üzerinde bulunduğu alana ve toprağa zarar verdiğini, yaşayan çatıların ve duvarların ise ölü alanları canlandırdığını belirtmektedir (Wells, 2000).

Yüzyıllar boyunca, topraktan birçok sebeple fayda sağlanmıştır. Öyle ki toprak, karınca yuvalarından, ibadethanelere, askeri barınaklardan evlere kadar birçok canlı tarafından farklı sebeplerle kullanılmıştır. 1863’te kullanıma giren dünyanın en eski yeraltı ulaşım sistemi Londra Metrosu buna en iyi örnek olarak gösterilebilir (PolyOne Corporation, 2009). ABD’de temelleri atılan toprak örtülü yapılar, tamamı yeraltında olsun ya da olmasın toprağın enerji tutuşunun yüksek olması dolayısıyla maksimum enerji tasarrufu sağlaması açısından enerji krizinden sonra tasarımcıların modernize ederek ortaya koyduğu çözümlerden biridir. Bu yapıların enerji etkinliği; konumuna, yönüne, toprakla kaplı alan miktarına ve tasarımına varıncaya dek birçok

değişkene bağlıdır. Başarı sağlanması için bu değişkenlerin doğru bir biçimde uygulanması gerekmektedir.

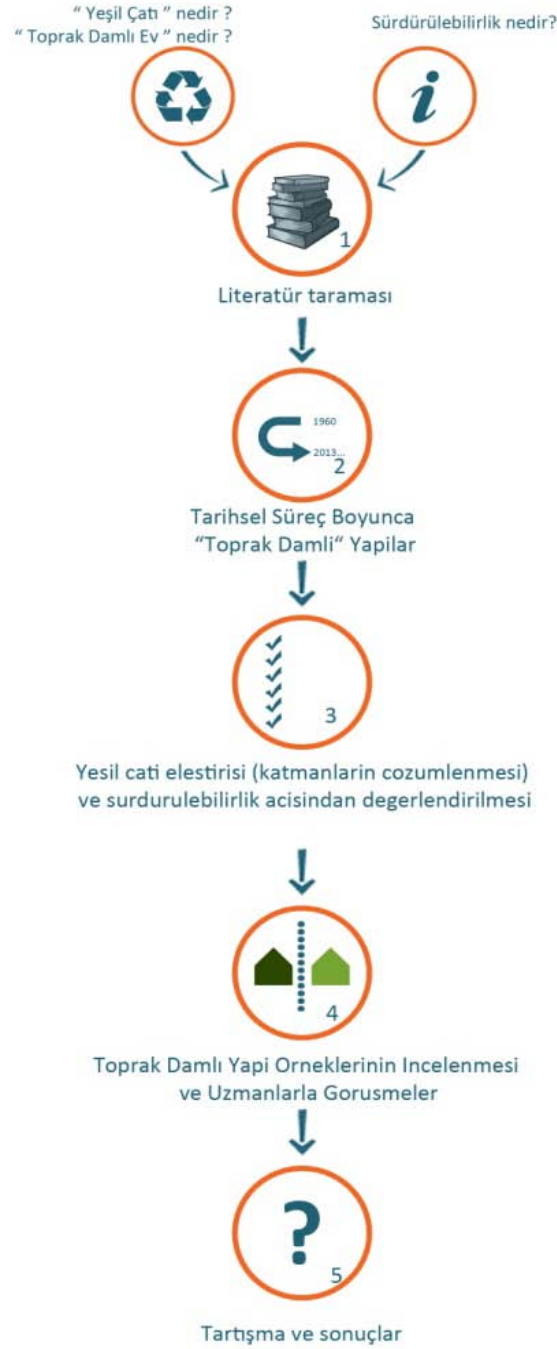
1.1 Problemin Tanımı ve Tezin Amacı

Hızlı kentleşme ve buna bağlı olarak yeşil alanların azalması sonucu insanlar alternatif yöntemlere yönelmiştir. Bugün popülaritesi her geçen gün artan yapı üstü bahçeleri modern dönemde yeniden gündeme gelmiştir. Babil'in Asma Bahçeleri'ne kadar uzanan bu sistemler, günümüzde 'Çatı bahçeleri' ya da 'Yeşil Çatılar' adıyla anılmaktadır. Kökeninde yerde kaybedilenin yukarıda kazanılması gibi bir mantığı bulunan bu sistemler, incelendiğinde ve sürdürülebilirlik süzgecinden geçirilerek, gerek malzemelerinin tek tip ve sentetik oluşu, gerekse de maliyet, kısa ömür gibi nedenlerle sürdürülebilirlik kriterleriyle bir takım uyumsuzluklar bulunmaktadır. Buradan hareketle, dünyanın birçok yerinde, enerji tutuşunun yanısıra, olağanüstü iklim şartlarına karşı yapıyı ve insan konforunu koruması açısından oldukça efektif olarak kullanılan toprağın, yapı ile farklı birleşimleri araştırılmış ve sürdürülebilirliğe en uygun olan uygulamalardan biri olarak toprak örtülü yapılar ile karşılaşılmıştır. Uygulanmış örnekler incelendiğinde, gerek kullanılan malzemenin kökeni, gerek maliyeti, gerekse de peyzaja ve ekolojiye katkısı açısından birçok noktada farklılıklar söz konusu olmaktadır. Fakat bu tarz yapıların, modern yorumlarının yeni yeni ortaya çıktığı 1970'lerde yakaladığı popülariteyi hızlı şehirleşmeyle birlikte yavaş yavaş kaybetmesi ile bugün bu yapılar birçok kişi tarafından bilinmemektedir. Bu tezin amacı, bu tarz uygulamaların yapım yöntemleri ve prensipleri araştırılarak yeşil çatılara alternatif olup olamayacağı ve nerelere uygun olabileceği konusunda bir rehber kaynak oluşturulması ve de bu yapıların sürdürülebilirliğinin tartışılmasıdır.

1.2 Tezin Kapsam ve Yöntemi

Amaçlar doğrultusunda, sırasıyla konuya ilişkin ekolojik mimarlık, yenilenebilir enerji, enerji etkin tasarım, eko-yapı, enerji etkin peyzaj tasarımı ve toprak örtülü yapılar ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırmasını takiben "Sürdürülebilir Alanlar Girişimi" kriterleri çerçevesinde değerlendirmeler yapılmıştır. Son olarak da seçilen örnekler gerek literatür gerek yerinde ziyaretler aracılığıyla incelenmiştir. Yerinde ziyaretler sırasında kullanıcılarla gerçekleştirilen

görüşmeler ile kullanım boyutu da araştırma kapsamına dâhil edilmiştir. Tüm bu veriler birbirleriyle ilişkilendirilerek değerlendirilmiş ve çalışma tamamlanmıştır.



Şekil 1.1: Yöntem Şeması.

Şekil 1.1’de de gösterildiği gibi, çalışmanın yöntemi aşağıda açıklanmaktadır:

1. Literatür Araştırması

Yerel ve uluslararası literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Yerel literatürde bu konu ile ilgili kısıtlı bilgiye ulaşılmıştır. Yurt dışı kaynaklarında, özellikle ABD’de 1970’li yıllara ait birçok yayın tespit edilmiştir. Akımın öncülerinin ortaya koyduğu çalışmaların, başlangıçta büyük ilgi gördüğü anlaşılmıştır. Literatürlerdeki bilgiler genelde yapıların genel özellikleri ve uygulama kriterleri bazındadır. Daha çok mimarlık ve inşaat mühendisliği açısından ele alınmış olan bu konuya, peyzaj mimarlığı açısından yaklaşım ise oldukça kısıtlı ve neredeyse yok denecek kadar azdır. Elde edilen verilerle, toprak örtülü yapılara ilişkin olabildiğince kapsamlı teorik bir altyapı oluşturulmuştur.

2. Toprak Örtülü Yapılar İçin Kriterlerin Belirlenmesi

Sürdürülebilir Alanlar Girişimi parametreleri temel alınarak, genel sürdürülebilirlik kriterleri doğrultusunda konu incelenmiştir. Bu kriterler çerçevesinde, literatür taraması ve görüşmelerden de elde edilen bilgiler ışığında toprak örtülü yapıların değerlendirilmesi mümkün olmuştur.

3. Örnek İncelemeleri

Başlangıçta gerçekleştirilen araştırmalar, potansiyel örneklerin belirlenmesinde büyük rol oynamıştır. Yapılar belirlenirken, ilk çıktığı dönemi yansıması, enerji etkinliğini ön planda tutması, akımın öncüleri tarafından tasarlanmış olması ve yol gösterici nitelikte olması gibi özellikler belirleyici olmuştur. Ayrıca bulundukları iklime gösterdikleri uyum da seçim kriterleri arasındadır. Örnekler genel olarak ABD’den seçilmiştir. Bunun nedeni de, ABD’nin 1970’lerden bu yana toprak örtülü yapılara verdiği önemden kaynaklanmaktadır. Ayrıca literatür taraması sırasında karşılaşılan örneklerin çoğu ABD’de bulunmaktadır. Aşağıdaki kriterler, bu örneklerin seçiminde ana belirleyicilerdir:

- Konum: Toprak örtülü yapıların iklime karşı etkisinin net bir şekilde hissedilmesi açısından, ABD’de, soğuk iklimin yaşamı en fazla etkilediği bölge olan kuzeyde olması
- Uyum: Hem görsel hem de fiziksel açıdan peyzaja katkı sağlaması ve doğal peyzajdan zarar vermeden faydalanması
- Tasarımcı: Öncelikle bu akımın öncülerinin yapmış olduğu binalar seçilmiştir. Böyle bir akımı ortaya koyarken ne düşündüklerini tam olarak yapılarına

yansıtmış olmalarının yanı sıra, aynı zamanda da zamanla yapılmış değişikliklerin gözlemlenerek yaşam kalitesine uyan ve uymayan yönlerin daha sağlıklı gözleminin yapılabilmesi sağlanmıştır.

- **Yapı Özellikleri:** Örneklerin tipik bir toprak örtülü yapıda olması beklenen özelliklerin birçoğuna uygun olması: enerji etkinliği, yağmur suyu yönetimi, ekolojiye katkı, estetik gibi...

ABD genelinde, özellikle birçoğu İkinci Dünya Savaşı sırasında inşa edilmiş birçok toprakaltı yapı bulunmaktadır. Bu sebeple projelerin seçiminde tanınmış projeler olması, profesyonel olması ve iyi planlanmış [tasarlanmış] olmasına da dikkat edilmiştir:

- **Solar Hemicycle (Jacobs Evi II);** Malcolm Wells'in de kendisinden ve tasarımlarından oldukça etkilendiği önemli bir mimar olan Frank Lloyd Wright'ın önemli eserlerinden biri olması ve özgün yapı formu,
- **Solaria;** Özgün yapı formu ve Malcolm Wells'in ilk eğimli toprak çatı denemesi olması,
- **Cherry Hill Office;** Enerji etkinliğini toprak katmanı ve yapının şekli itibarıyla sağlaması, hem de bu fikrin babası Malcolm Wells'in ilk ve en bilinen çalışmalarından biri olması sebebiyle,
- **Locusthill;** Tüm planları Malcolm Wells tarafından tamamlanmış ve halen yapım aşamasındaki kompleksin en büyük yapısı,
- **Sidwell House;** Malcolm Wells'in toprak üstü konut çalışmalarının başarılı bir örneği olan bu yapı, bir tarafı tamamen toprak ile kaplı iken diğer tarafı tamamen toprak üstünde kalmış olan ekolojik bir konut olması sebebiyle seçilmişlerdir.
- **ASLA Ana Merkez;** Tüm bu toprak örtülü yapıların karşılaştırılması amacıyla, en profesyonel tasarımlardan biri olan ASLA Merkez Binası seçilmiştir. Seçilmesinin diğer bir sebebi ise, performansının sürekli ölçülmesi ve takip edilmesidir. Böylece yeşil çatıların performans ve uygunluk derecesi net bir şekilde ortaya konulabilecek ve daha doğru puanlanabilecektir.

İlk araştırmalarla birlikte, olası görüşme başlıkları da tanımlanmıştır:

- Tarihi [geçmişi]
- Tasarım+Tasarımı etkileyen faktörler

- Uygulama
- Yönetim+Kullanım

Bu başlıklar tüm görüşmelerde temel alınmış, bu başlıklara göre sorular oluşturulmuştur. Sorular görüşme yapılan kişilerin eğitim ve yapı üzerindeki rolüne göre düzenlenmiştir. Sorular kullanıcılara yüz yüze ve e-mail yoluyla olmak üzere iki şekilde yöneltilmiştir. Soruların tam listesi Ek A’da gösterilmiştir.

Bilgiler, ziyaret ve görüşmelere ek olarak özellikle örnek inceleme süreci, ilgili web siteleri, tasarım firmalarına ait web siteleri, gazete yazıları, basılmış kitap, yayın, tez, rapor ve planlar ile desteklenmiştir.

4. Sonuç ve Tartışma

Literatür taraması, kriter belirlenmesi ve örnek projelerin incelenmesinin ardından, araştırmanın her aşamasında elde edilen veriler analiz edilerek Türkiye için referans bir yayın ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ ETKİN TASARIM

2.1 Sürdürülebilir ve Yenilenebilir Enerji

Fosil yakıtlardan enerji elde edilmesinde, çevre ve insan sağlığı açısından büyük zararlar meydana gelmektedir. Bu tip enerji kaynakları, sosyal ve ekonomik açıdan da oldukça maliyetlidir. Bu durum insanları alternatif çözümler aramaya sevk etmiş, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynakları gündeme gelmiştir.

Çevreye saygılı enerji için, enerji sistemlerinin yenilenebilir ve kaynaklarının ise sürdürülebilir olması gerekmektedir (Aykal ve diğerleri, 2009). Yenilenebilir enerji, Tanay Sıtkı Uyar tarafından “doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak tanımlanmıştır (Uyar, 2006). Sürdürülebilir kaynaklar ise, ekonomik, ekolojik ve sosyal açılardan kullanıcıya ve çevreye yük bindirmeyen ve aynı zamanda yenilenebilir özelliği olan kaynaklardır. Buradan hareketle, doğaya saygılı biçimde üretilip tüketilen bu kaynaklar aktif bir biçimde insan hayatına girmiş ve yapılardan günlük hayatta kullanılan birçok ekipmana kadar kullanılmaya başlanmıştır.

2.2 Enerji Etkin Tasarım

“Enerji” kelimesi, 1973’teki petrol ambargosu ile birlikte daha büyük anlam kazanmıştır. Yüksek fiyatlar ile birlikte anılan “enerji”, ulaşılması güç bir olguya dönüşmüş ve küresel enerjinin sınırsız olmadığı gerçeği anlaşılmıştır. Önceleri dikkate alınmayan ısınma vb. enerji ihtiyaçları, bu krizle birlikte, konfordan taviz verecek derecede kısıntıya gitmeyi gerektiren bir hal almıştır. Bu enerji kısıntısı, tüm Dünya’yı kısa sürede İkinci Dünya Savaşı günlerine geriletmiştir. Enerji fiyatlarındaki hızlı artışla birlikte insanlar nasıl basit barınaklar yapılabileceğinin peşine düşmüşler ve ısı yalıtımı vb. detayların iyileştirilmesine yönelik arayış içine girmişlerdir. Bunların yanı sıra tüm ısınma alışkanlıkları değişmiş ve daha etkili su ısıtıcılar, sobalar, ocaklar kullanılmaya başlanmıştır. Elde edilen ısıyı korumak için yapılarda iki ve üç camlı kullanımlara gidilmiştir (DeBord ve Dunbar, 1985).

Aynı yıllarda, ABD’de enerji tüketimi artırılmaksızın, gayri safi milli hâsıla içinde %35’lik bir enerji tüketim bedeli artışı yaşanmıştır (Rosenfeld ve Hafemeister, 1988). Ardından bazı eyaletler, yönetmeliklerinde, çevreyi ve eldeki enerji kaynaklarını korumak adına birtakım düzenlemelerle duruma müdahale etme yoluna gitmişlerdir. Kaliforniya, bu eyaletlerden birisidir. Kaliforniya Enerji Komisyonu, yeni konut ve ticari yapıların asgari enerji etkinliği standartlarını karşılayacak nitelikte enerji kanunları geliştirmiştir (California Energy Commission, 2005). Sonraki yıllarda, Kaliforniya’nın kişi başına enerji tüketimi sabit kalırken, ABD’nin ulusal enerji tüketimi iki katına çıkmıştır (Zehner, 2012). Kaliforniya Enerji Komisyonu’nun raporunda belirtildiği üzere, stratejisinin bir parçası olarak Kaliforniya, yeni enerji kaynaklarına yönelik bir “yükleme sırası” yürürlüğe koymuştur. Buna göre, ilk sırada enerji etkinliği, ikinci sırada elektrik sağlayıcılar, son sırada ise yeni fosil yakıtlı santraller gelmektedir (2005). Kaliforniya’nın bu yönetmeliklerinin etkilerinin görülmesinin ardından, Dünya’nın diğer bölgelerinde de, birtakım tedbirler alınmaya çalışılmış fakat tam bir kararlılık sergilenemediğinden çok başarılı örnekler ortaya çıkamamıştır.

Tüm bu tedbirlere rağmen beklenen iyileşme sağlanamamış, başka arayışlar başlamıştır. Doğanın, yapıların enerji etkinliği üzerinde müthiş bir etkiye sahip olduğu fark edilmiştir. Yeni yapılar, doğanın bu özelliklerinden maksimum yararlanmaya uygun olacak şekilde tasarlanmaya, mevcut yapılar ise revize edilmeye başlanmıştır. Bu değişikliklerle birlikte yapıların konstrüksiyon ve tasarımında aktif-solar, pasif-solar, toprak örtülü ve diğer enerji etkin doğa tabanlı yapı tipleri ön plana çıkmış ve doğanın sonsuz ve herkese eşit miktarda sunmakta olduğu kaynakların kullanımı gündeme gelmiştir (DeBord ve Dunbar, 1985).

Bugün, binalarda kullanılan enerjinin toplam enerji içerisindeki payı yaklaşık %40 civarındadır. Bu durum binalarda enerji tasarrufunun ve yönetiminin ne kadar önemli olduğunun göstergesidir. Türkiye’de de, benzer biçimde, enerjinin yaklaşık %37’si binalarda kullanılmaktadır. Binalarda tüketilen enerjinin büyük kısmı (%70-90) ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmakta iken, geriye kalan kısım (%20-30) ise aydınlatma ve elektrikli cihazlarda kullanılmaktadır (Yelmen ve Çakır, 2011).

Yapı sanayisinin kendi içerisinde de durumu fazla değişmemekle birlikte, Dünya Gayrisafi Milli Hâsılası’nın %10’unu, doğal kaynakların %50’sini ve enerjinin de %40’ını tüketmektedir (Özçuhadar, 2007). Bu tüketim oranlarına bağlı olarak,

yapılar için harcanan enerji tüketiminin azaltılması ve doğal kaynakların korunması açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve dolayısıyla, enerji etkin tasarımlar daha da önem kazanmaktadır.

Bu tasarımların yapı üzerinde doğru bir şekilde uygulanması için ekolojik mimarlık kriterleri de önemli bir rol oynamaktadır. Ekolojik mimarlık, doğa ile uyumlu tasarımları, yapay çevre oluşturulurken doğal kaynakların minimum zarar görmesini (Bauministerium Nordrhein-Westfallen, 1992), kaynakların minimum kullanımını ve geri dönüşümlü plan ve tasarımları hedeflemektedir. Ekolojik mimarlık, güneş, su ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerjileri olabildiğince kullanmaya gayret etmektedir (Karaman, 1995).

2.3 Enerji Etkin Tasarım Parametreleri

Yapılarda kullanılan enerji, Dünya kullanılan toplam enerjisinin yarısına yakın (%45-50) kısmını oluşturmaktadır (Yılmaz, 2006). Gerek tasarım gerekse de kullanım aşamalarında harcanan enerji miktarı, enerji etkin tasarım parametrelerinin doğru bir biçimde uygulanışına bağlıdır. Yapılar tarafından harcanan enerjinin miktarını ve buna bağlı olarak maliyetini en aza indirmek, yapma çevre değişkenlerinin –bir başka deyişle tasarım parametrelerinin- performansı ile doğru orantılıdır (Zeren, Berköz ve diğerleri, 1987). Bu parametreler;

2.3.1 Konum

Yapının konumu, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemlilerinden biri olan güneşin ısınım miktarını, havanın nem, sıcaklık ve hareket durumunu belirleyen en önemli faktörlerden biri olması ile birlikte yapının mikroklimatik koşullarını da belirleyen bir parametredir. Tüm bunların doğru ayarlanmasıyla, yapının enerji etkinliği uygun bir şekilde sağlanabilir.

Yapının diğer yapı ve engellere göre konumu ise, yapının güneş enerjisinden elde edeceği toplam enerji miktarını, çevresindeki hava akış hızını ve tipini etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Bu enerji kaynaklarından yararlanma miktarı, diğer yapı ve engellerin yüksekliği, yapıya olan uzaklığı ve alan içerisindeki konumlandırılış durumuna göre farklılık göstermektedir (Bayazıt ve diğerleri, 1992).

Ekolojik tasarımın en önemli ölçütlerinden biri de, topografyaya en az miktarda zarar verecek şekilde yapıyı konumlandırmaktır. Aynı zamanda uygulandığı alanın toprak altı ve toprak üstü değerlerine de minimum zarar veren tasarımlar olması gerekmektedir.

2.3.2 Yön

Güneşten elde edilen ısı enerjisi miktarı, yapının duvarlarının baktığı yön ile doğrudan ilişkilidir. Aynı zamanda yapının rüzgâr alma durumunu, ısı kaybı miktarını ve doğal havalandırma olanağını da etkilemesi sebebiyle en önemli yapma çevre değişkenlerinden birisidir.

Yapı kabuğunun güneşten aldığı ısıyı iç mekâna vermesi suretiyle iç mekândaki iklimsel konfor ve ortalama ışımsal sıcaklık gibi çevresel değişken değerleri değişim göstermektedir. Bu sebeple farklı yönlere bakan yüzeylerin etkilendiği güneş ışınlam şiddetinde de farklılıklar görülmektedir (Yılmaz, 1988).

Ayrıca yapının, bulunduğu iklim bölgesinin koşullarına uygun olarak gerektiği zamanlarda güneş ve rüzgârdan maksimum yararlanacak, gerektiği zamanlarda ise korunacak şekilde yönlendirilmesi gerekmektedir. Mekân organizasyonu da yönlendirilmesine göre gerçekleştirilmelidir (Yılmaz, 2006).

Pasif enerji kullanımının maksimum düzeyde olması için, yapının ön cephesinin güney yönüne bakması, yapının yaz güneşinden etkilenme miktarını azaltırken, kış güneşinden etkilenme miktarını ise maksimuma çıkarır (DeBord ve Dunbar, 1985).

2.3.3 Form

Yapı formu, yapının boyutlarını ve yapı kabuğunun alanını belirlemesinin yanında, bunlara bağlı olarak kabuktan sızan ısı miktarını ve içerideki mikroklimadaki değişimleri etkileyen, yapı enerji performansını belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir.

Farklı iklimsel karaktere sahip bölgelerdeki geleneksel yapıları tasarımlarda, sahip olduğu önem açıkça görülebilmektedir. Soğuk bölgelerde, ısınlam sızmasını en az seviyeye indirmek, dolayısıyla da yapı kabuğunun alanını minimumda tutmak için kompakt formlar, sıcak ve kuru bölgelerde ısı alımının az olması için kompakt ve avlu formlar, sıcak ve nemli bölgelerde doğal havalandırma koşullarından maksimum derecede yararlanmayı sağlayacak uzun cephesi hâkim rüzgâr yönüne

gelecek şekilde konumlandırılmış ince uzun formlu yapılar ve ılıman bölgelerde ise soğuk iklim bölgelerindekinden daha esnek olsa da kompakt formlu yapılar enerji etkinliği için uygundur (Yılmaz, 2006).

Höyük biçimli yapılar güneş ısısından maksimumda fayda sağlamak açısından önemli bir yöntemdir. Sabah ve akşam güneşinin verdiği ısıyı düz bir yapıya oranla daha etkili ve daha uzun süre kullanabilmektedirler. Toprağın ısıyı emen yapısı sayesinde gün batımındaki ısı tutularak gün batımından sonraki birkaç saat daha bu ısı kullanılabilir (Baum ve diğerleri, 1980).

Bütün mevsimlerde, kuzey-güney eksenini boyunca uzanmış tüm yapılar, kare formlu bir yapıya oranla daha az enerji etkinliğine sahiptir. En ideal form doğu-batı ekseninde uzanmış yapılar iken, etkinliği en az form ise NNE ya da ENE yönünde yönlendirilmiş olan kare formlu yapılardır (Baum ve diğerleri, 1980).

2.3.4 Yapı kabuğu

Yapıyı koruyucu kabuk olarak da nitelendirebileceğimiz yapı kabuğu, sadece dış duvarlarla sınırlı kalmayıp, pencereler, çatı ve yapının temelini de kapsamaktadır.

Yapı kabuğundan içeri veya dışarı sızan toplam ısı miktarına bağlı olarak, iç mekân iklimsel koşulları, ısıtma ve soğutma yüklerinde değişim göstermektedir.

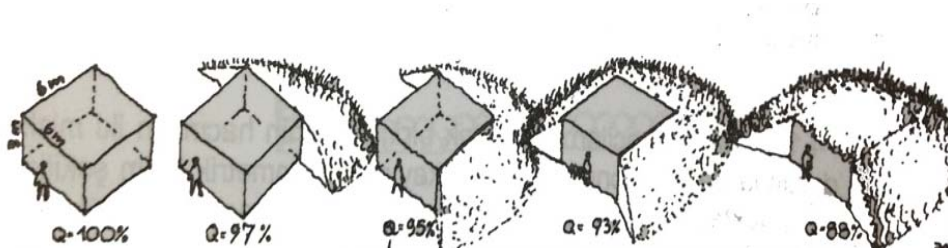
Bina kabuğundaki ısı akışını tanımlayan faktörler;

- Sıcaklık farkları
- Yapı dış kabuğunun alanı
- Kabuk dış yüzey alanının ısı transfer değerleridir (Yalkı, 2010).

Yapı kabuğunu oluşturan elemanlar, değişen çevre koşullarına, değişken cevaplar verebilmektedir. Bu sebeple yapı kabuğu üzerinde iyi bir yalıtım uygulanmalıdır. Bununla birlikte, yapının havalandırmasını da göz ardı etmemek ve kirli havayı dışarıya vermek için hava çıkışları da düşünülmelidir.

Yapı üzerinde enerji etkinliğini artırmak adına yapılabilecek bir diğer uygulama ise güney cephede geniş, kuzey cephede ise mümkün olduğunca az pencere açıklığı vermek ile yapı içerisindeki mekân organizasyonunu buna uygun biçimde ele almaktır. Bununla birlikte, yapı kabuğunda tavsiye edilen açıklık miktarı %40 ile sınırlandırılmaktadır (Tönük, 2001).

Cephe ve çatıların yeşillendirilmesi ya da toprakla kaplanması da bir diğer enerji etkin uygulamadır. Sıcak iklim kuşağından soğuk iklim kuşağına her bölgenin yerel özelliklerine uygun şekilde uygulanabilmektedirler. Eski medeniyetlerden günümüze teknolojinin de etkisiyle değişerek gelmiş olan bu tarz uygulamalar, günümüzde son olarak çatı bahçesi kavramında vücut bulmaktadır. Fakat son dönemdeki uygulamalardansa önceki dönem uygulamalarının, yerel malzeme kullanımı ve daha basit uygulamalar ile yapıldığından, daha sürdürülebilir olduğu ortaya çıkmaktadır. Toprağın enerji tutuş özelliğinden dolayı içeride hapsolmuş sıcak ya da soğuk hava dışarıya sızamamakta ve böylece yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilmiş enerjiler daha uzun süre etkinliğini koruyabilmektedirler. Her ne kadar toprak kendi başına yalıtım sağlayamasa da, iç mekân sıcaklığını dengelemesiyle enerji korunumu konusunda oldukça etkindir. Toprağın bu etkisi Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Toprak örtülü yapıların değişik aşamalarındaki ısı kayıpları (Tönük, 2001).

Kuzey yönlü duvarlar hariç, yapıların dış duvarları mevsim değişimlerine oldukça duyarlıdır ve buna bağlı olarak ısınırlar. Düşey bahçe tekniği ya da sarılıcı bitkiler yardımıyla cephelerin yeşillendirilmesiyle, yapraklar duvarı perdelemekte ve arada kalan hava tabakası yaz mevsiminde tampon etkisi yaparak dıştaki sıcak havanın içeri nüfuz etmesini önlemektedir. Aynı şekilde kış mevsiminde de ısınan iç havanın dışarı sızmasını önleyerek ısıtıcı bir etki yaptığı söylenebilir. Bu amaçla yaprak döken bitkilerin kullanılması ise, yaprak dökme zamanı olan kış mevsimlerinde, yapıya ihtiyacı olan güneş ısısından yararlanma imkânı vermesi açısından önemlidir. Yapı kabuğunun soğuk mevsimlerde ısınmasıyla pasif enerji kullanımı da kolaylaşmaktadır. (Tönük, 2001).

2.4 Eko-Yapı

Eko-yapı, uzun ismiyle ekolojik yapılar, doğaya saygılı ve bir o kadar da doğanın sunduğu sonsuz miktardaki ve hiç tükenmeyen kaynakları maksimum düzeyde

kullanarak ondan en üst düzeyde fayda sağlamaya yönelik kendi kendine yetebilen enerji etkin yapılardır. Diğer bir deyişle; doğal ya da doğaya saygılı yapay malzemeler kullanılarak inşa edilmiş, olabildiğince yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji elde eden ve bu enerjiyi de minimumda kullanan, mevcut topografya ve yeşil dokuya saygılı bir şekilde konumlandırılmış, sürdürülebilir yapılardır.

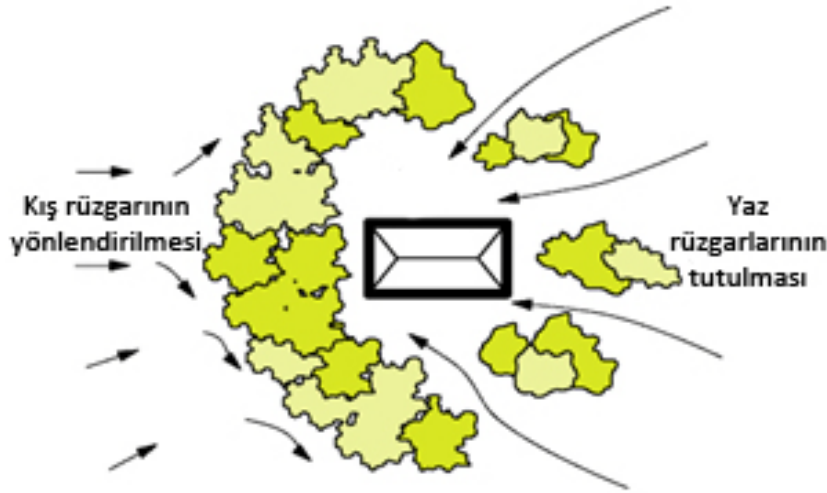
Ekolojik yapıların bir diğer sahip olması gereken özellik de hafif strüktür kullanarak ölü yüklerin azaltılması olduğundan, hafif ve doğaya saygılı malzemelerle inşa edilmelilerdir.

2.5 Enerji Etkin Peyzaj Tasarımı

Sayırsız çevresel faktörler yapının enerji verimliliğini etkilemektedir. Vejetasyon, güneş, rüzgâr ve toprak genel olarak çevreyi etkileyen faktörlerdir ve vejetasyon aynı zamanda, toprak örtülü peyzajlar tartışmasının önemli bir parçası, her peyzaj tipi için de temel tasarım elemanıdır.

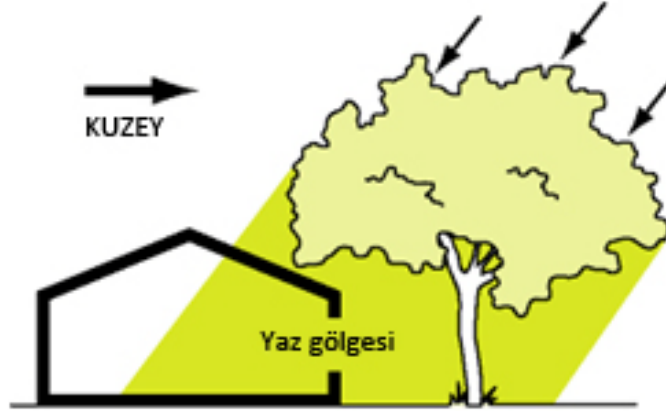
Bir alanda var olan bitkiler geçmiş ve gelecek toprak kullanımını tanımlamak için kullanılabilen ve mikro habitatın tanımlanmasına yardımcı olmaktadır. Bitkiler güneşin, toprağın, suyun ve diğer çevresel ve kültürel etkilerin niteliği ve niceliği tarafından kontrol edilen en uygun habitata sahip olduğundan, belli bir alandaki mevcut bitkilerin varlığı alanda yapılabilecek yapı hakkında ipuçları verebilmektedir. Örneğin açık, güneşli, çimli bir alandaki bol miktarda bulunan *Cirsium lanceolatum* yakın tarihteki ağır otlatmayı göstermektedir. Ormanlık bir bölgede, otlatma yoğunlukla *Ribes missouriense* gibi dikenli bitkilerin aşırı baskınlığı ile gösterilmektedir. İnsanlar tarafından ya da doğal süreç tarafından dağıtılan topraklar bol miktarda bulunan *Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida* ve *Rumex crispus* tarafından tanımlanabilir. Bazı bitkilerin varlığı belli toprak şartlarını ve bileşimini önerebilmektedir. Çeşitli *Plantago sp.*'ler genel olarak yaya ya da araç trafiğinin sıkılaştırdığı topraklarda bulunmakta, kuzeydoğu eyaletlerinde *Aquilegia canadensis* yoğunlukla topraktaki ya da substrattaki yüksek nitelikli kireçtaşı varlığı ile ilişkilendirilmektedir. *Cercis canadensis* yoğunlukla dolomit ile birlikte bulunmaktadır. Kaktüsler kuru bir alanı gösterirken, aynı şekilde, su kamışı ise ıslak ve bataklıkvari bir alanı göstermektedir (DeBord ve Dunbar, 1985).

Peyzaj düzenlemesi, çevreye ve topluma getirmiş olduğu diğer iyileştirmelerin yanı sıra, enerji kazanımı ve ısıtma-soğutma amacıyla yapılan harcamaları azaltma açısından da uzun vadede yapılabilecek en iyi yatırımdır. Doğru yapılmış bir peyzaj düzenlemesi, kışın ısıtan güneş ışınlarını yapıya yönlendirirken, sert rüzgârları ve istenmeyen esintileri farklı yönlerde yönlendirmekte ve yazın şiddetli güneş ışınlarını da engellemektedir. Bu özelliği ile yıl boyu yapıların harcadığı enerji miktarında düşüş sağlayabilmekte ve enerji etkinliğine büyük katkılar sağlayabilmektedir. Aynı zamanda iç mekân hava kalitesini de arttırmaktadır. Yapı kabuğuna yapılan bitkilendirme müdahaleleri ile ise, ekstra termal kütle ve yalıtım sağlanması mümkündür.



Şekil 2.2: Rüzgâr yönlendirici çalı kullanımı (SEAV, 2002).

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi yoğun herdemyeşil ağaçlar istenmeyen kış rüzgârının soğuk etkisinden yapıları koruyabilirken, asfaltlanmış yollar yerine çim gibi yer örtücü bitkiler kullanıldığında yaz sıcaklığının etkileri azaltılabilmektedir (DeBord ve Dunbar, 1985). Bunun yanı sıra, doğru seçilmiş ve yerleştirilmiş yaprak döken ağaçlar, yaz mevsiminde maksimum, kış mevsiminde ise minimum gölge sağlama özelliği sayesinde, klima kullanım miktarının azalmasını sağlamaktadır. Geniş yaprak döken ağaçlar arzu edilen kış güneşinin çıplak dallarından geçip gitmesine izin verirken, bir alanı ya da yapıyı kızgın yaz güneşinde gölgelendirebilmektedir (Şekil 2.3). Olgun yaprak döken bir ağacın yaz aylarında güneşi engelleme oranı yaklaşık %60-90 arasındadır. Yine aynı özelliklerdeki bir ağacın dallarının ve ince dallarının engelleme oranı ise %30-%50 arasında değişmektedir (Minnesota Department of Commerce, 2011).



Şekil 2.3: Kuzey yönündeki yaprak döken ağaçlar yazın gölge sağlamaktadır (SEAV, 2002).

Ağaçlar, rüzgârı filtre etmek ve yönlendirmek konusunda ideal rüzgâr kırıcılarıdır. Rüzgâr perdeleri, genel olarak yaklaşık bu sistemi oluşturan ağaçların boylarının on katı uzunluğunda bir alana uzanmaktadır.

Yapılara gölge sağlamak ve sert kış rüzgârlarından yapıyı korumak için uygulanabilecek en etkili ve bir o kadar da az maliyetli estetik ve ekolojik açıdan oldukça zengin rüzgar perdesi, ağaçlar ile yapılmaktadır.

Amerika Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'na (2005) göre, dikkatli yapılmış bir peyzaj düzenlemesi ile konutlarda ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan elektrikten %25 oranında tasarruf etmek mümkündür. Amerika Enerji Bakanlığı'nın geliştirmiş olduğu bilgisayar modellerinin öngördüğü üzere, sadece üç ağacın doğru yerleştirilmesinin ortalama bir konuta sağladığı yıllık enerji maliyet kazancı 100\$ - 250\$ arasında olmaktadır (Judi ve Chee, 2009). Amerika Enerji Departmanı'nda yapılan araştırmalar da göstermiştir ki, stratejik olarak yerleştirilmiş gölge ağaçları, havalandırma masrafında %25'in üzerinde tasarruf sağlayabilmektedir (NREL, 1995). Bunun yanı sıra, bir rüzgâr siperi yıllık yakıt faturalarında %10-%20 den fazla düşüşe sebep olabilmektedir.

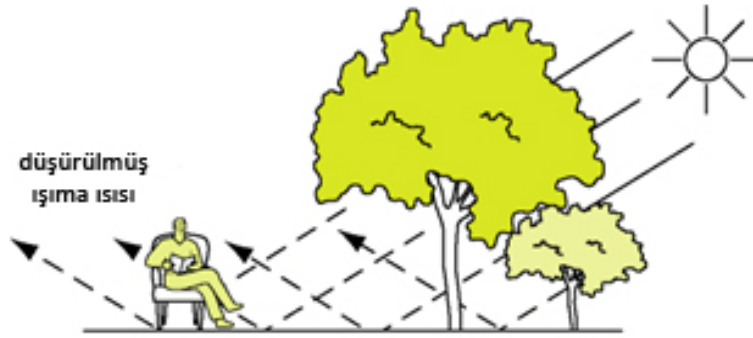
Bitkilerin, alanda büyüklükleri ya da şekillerine göre farklı işlevleri vardır:

- Küçük ağaçlar ($\dots < 7,5\text{m}$) : Evin içerisine giren direk güneş ışıklarını önlemede kullanılırlar.
- Orta boylu ağaçlar ($7,5\text{m} < \dots < 12,2\text{m}$) : Ekstra gölge sağlarlar. Genelde konuttan 3-4 metre uzaklığa dikilmelidir.
- Büyük ağaçlar ($12,2 < \dots$) : Bu ağaçlar konut bölgeleri için pek uygun değildir (Judi ve Chee, 2009).

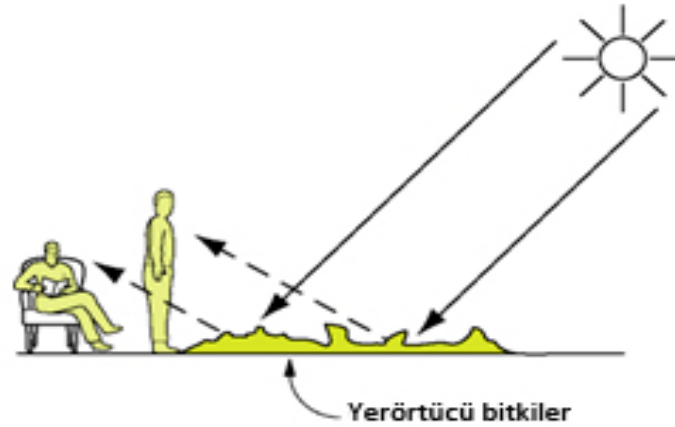
Bunların yanı sıra, oval ve yuvarlak taçlı ağaçlar büyük miktarlarda dikildiğinde oldukça etkili olurken, piramit formlu olanlar ise gölge amacıyla dikildiğinde en az etkileyendir.

Enerji etkin yapılarda yapı içerisindeki konforu etkileyen, fazla ısıyı azaltmakta ihtiyaç duyulan enerji miktarını düşürmek için birtakım yöntemler uygulanabilir:

- Yapı doğrudan ağaç, çalı ya da sarılıcı bitkiler yardımıyla gölgelendirilebilir,
- Yapının etrafındaki ısıyı düşürmek için çevresi gölgelendirilebilir,
- Evin içerisine yansıyan güneş ışınlarını ve çevresindeki zemin sıcaklığını azaltmak amacıyla Şekil 2.4'te gösterildiği şekilde yüksek boylu bitkiler ve Şekil 2.5'te gösterildiği gibi yer örtücü bitkiler kullanılabilir (Reid, 2001).

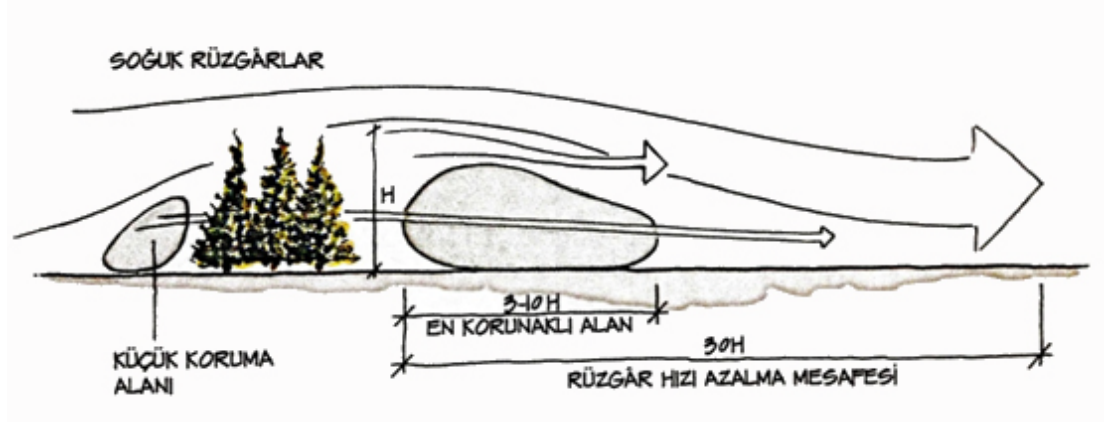


Şekil 2.4: Engelleme ile yansımaya kontrol (SEAV, 2002).



Şekil 2.5: Alçak boylu çalılar ve yerörtücü bitkiler yansımayı azaltabilir (SEAV, 2002).

- Rüzgâr perdeleri oluşturularak rüzgâr istenilen şekilde filtre edilebilir ve ya yönlendirilebilir. Şekil 2.6'da örnek bir uygulama görülmektedir.



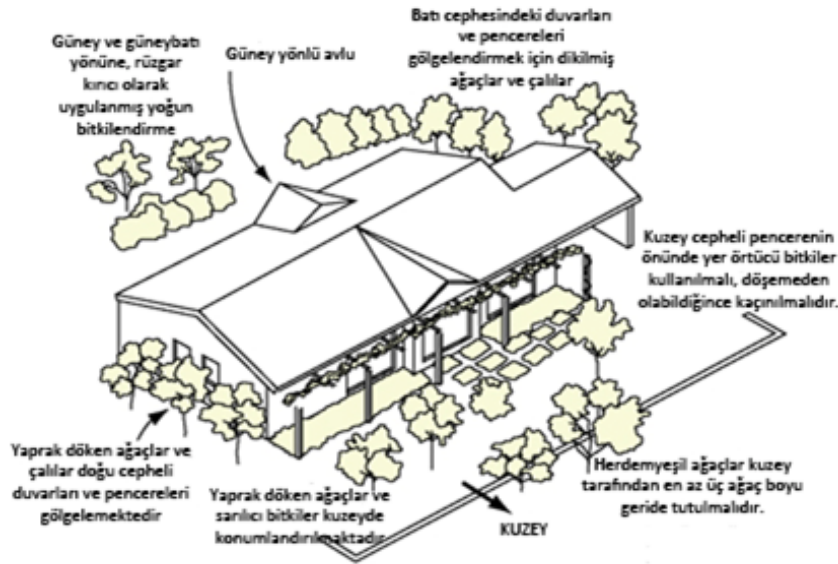
Şekil 2.6: Rüzgârın hızını düşürmeye yarayan ve rüzgarı filtreleyen, herdemyeşil bitkilerle oluşturulmuş rüzgâr perdesi (Seçkin ve diğerleri, 2011).

Çizelge 2.1: Amaçlar ve Uygun Peyzaj Tipleri (RCGB, 2011).

Amaç	Peyzaj Tipi
Yaz güneşinden kazanılan ısıнын azaltılması amacıyla yapıyı gölgelendirme	Yaprak döken ağaçlar, yapının güneydoğu, güney ve güneybatısına dikilir. Daha kısa yaprak döken ağaçlar akşam güneşinin rahatsız edici etkisini azaltmak adına, yapının batı kısmına dikilmelidir. Ya da çardaklar, pergolalar ve uzun boylu yıllık bitki yatakları, yaz dönemindeki ısı alımının en büyük sorun olduğu batı cephesindeki pencereleri gölgeleme amacıyla kullanılabilir.
Ortam sıcaklığını daha serin hale getirmek amacıyla sert yüzeyleri gölgelendirme	Çalılar ve yer örtücü bitkiler, kaldırımlar ve diğer döşemeli alanları gölgelendirmek amacıyla kullanılabilir.
Kış döneminde ısı kayıplarını önleme	Çalı ve sarılıcı bitkiler yapının yakınına dikilmelidir (en az 1 adım uzağa).
Rüzgâr perdesi oluşturma	Yoğun herdemyeşil ağaçlar ile alçak taçlı çalılar yapının kuzey ve kuzeybatısına dikilir. Yapının kuzey ve kuzeybatısına topraktan siper yapılabilir. İdeal rüzgâr kırıcı ağaç, herdemyeşil yoğun ve yerden dallanan ve en az korunan yapının iki katı boya sahip olmalıdır.

Özetlemek gerekirse, enerji etkinliği sağlanması için yapının,

- doğu ve batı yönlerinin gölgelendirilmesi,
- güney yönündeki pencerelerin gölgelendirilmesinden kaçılması,
- rüzgâr perdeleri oluşturulması,
- ağaç taçlarının arttırılması gerekmektedir –özellikle yaz aylarında maksimum fayda sağlama amaçlı, seçilen ağaçların taç büyüklükleri olabildiğince büyük ve kış ayları için de dallarının seyrek olmasında fayda vardır- (Minnesota Department of Commerce, 2011). Bitkilendirmenin sağladığı bu özellikler amaçlarla eşleştirilmesi Çizelge 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.7: Etkili bir çevre düzenleme ile birlikte enerji etkinliği sağlanabilmektedir (SEAV, 2002).

Peyzajın bu özelliğinden maksimum düzeyde faydalanmak için, peyzajın doğru konumlandırılması ve bölgesel iklim özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Ayrıca bölgenin yıl boyu güneşlenme süreleri ve doğrultuları da bilinmelidir. Genel olarak aşağıdaki bilgilerin bilinmesinde ise fayda vardır:

- “Kışın güneş ışınları, yaz mevsimindekine göre daha az yoğunluklu ve daha güneye doğrudur.
- Güneş düşük açılı olduğunda, uzun gölgeler yatay, kısa gölgeler ise dikey yönlü olur. Güneş daha yüksek açılara ulaştığında ise, yatay gölgeler kısa, dikey gölgeler ise uzundur” (Reid, 2001).

Şekil 2.7’de peyzajın doğru konumlandırılması ile enerji etkinliği arttırılmış bir yapı örneği görülmektedir.

Tüm bu bilgilerin yanı sıra, yapının planlama aşamasından kullanım sürecine kadarki aşamada bilinmesi gerekli ipuçları ve bakım kriterleri aşağıda maddelenmiştir.

- Alanı mikroklimatik açıdan daha iyi anlamak ve doğru peyzaj organizasyonunu gerçekleştirmek için, güneşin rotasının belirlendiği bir harita çıkarmak doğru olabilir.
- Bir peyzaj planı oluşturulmalı.
- Bitki köklerinin yapının temeline zarar vermemesi amacıyla, bitkiler yapıya belli bir mesafeden başlayarak dikilmelidir. Orta boy ve büyük ağaçlar, evden en az 6 metre uzağa dikilmelidir.
- Yerel bitki kullanımı ön planda tutulmalıdır.
- Kullanılan ağaç olgun taç genişliğine ulaşana kadar gölgeleme amaçlı geçici önlemler alınmalıdır. Örneğin çit örgü üzerine sarılmış sarılıcı bitkiler ile klima ünitesine gölge sağlanabilir ve bu ünitenin serin salması sağlanabilmektedir.

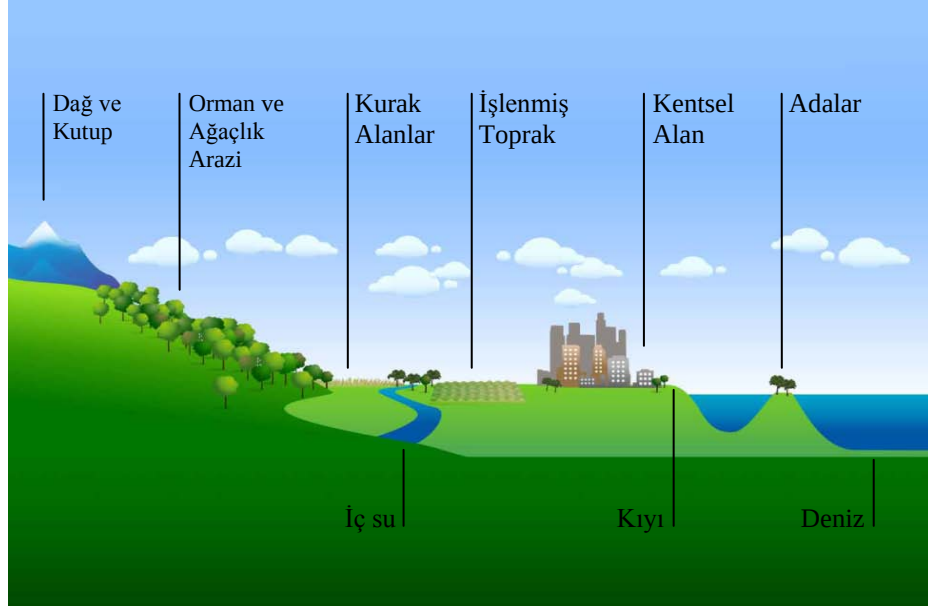
Bitkiler ile oluşturulmuş bu gölgeleme ve rüzgâr perdesi oluşturma çalışmalarının yararları (RCGB, 2011);

- Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarlarının çalışmasına göre, gölgeleme yoluyla 3-6°F soğumaya sebep olan peyzaj elemanı, yapı için gerekli olan enerji yükünü %9-%20 arasında azaltabilmektedir.
- Gölgelendirilmiş bir havalandırma ünitesi verimliliği %10’dan fazla arttırabilmektedir (NREL, 1995).
- Rüzgâr kırıcılar, yapı çevresindeki mikroklimayı korumak suretiyle ısıtma maliyetlerinde %25’in üzerinde tasarruf sağlayabilmektedir (Walker ve Newman, 2009).
- Sıcak ve soğuk binalara enerji talebi azalmasıyla, enerji üretiminden karbondioksit emisyonu etkin bir şekilde azalmaktadır.

- Rüzgâr perdeleri, yapı yakınındaki rüzgârları yavaşlatarak ısı kaybını önlemektedirler.
- Yapının herhangi bir duvarını korunaklı hale getirmek amacıyla, çalılar ya da sarılıcı bitkiler ile doğrudan gelen rüzgârlara karşı bir rüzgâr perdesi oluşturulabilmektedir.
- Toprak örtülü yapılar, konumlandırıldıkları alan itibariyle, rüzgâr kırıcı olarak doğal yeryüzü şekillerinden faydalanabilmektedir.
- Vejetasyon ile kaplanmış çatılar, ekstra termal kütle ve terleme-buharlaştırma (evapotranspirasyon) etkileri ile daha serin yapılar oluşturabilmektedir.
- Geçirimli döşemeler ve gölge alanlar oluşturmak ile döşemeli alanların azaltılması ısı adası etkisinin azaltılmasına sebep olmaktadır.

Tüm bunlara ek olarak, doğru tasarlanmış bir peyzajı test etmek adına 2005 yılında ortaya koyulmuş “Sürdürülebilir Alan Girişimi” başlatılmıştır. Bu girişimin ana fikri olarak sürdürülebilirlik; “tasarım, konstrüksiyon, işletmeler ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden mevcut ihtiyaçların karşılanmasını sağlayan bakım uygulamaları” olarak tanımlanmıştır (ASLA; the Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009). Sürdürülebilir alan gelişimi ve yönetimi için performans kriterlerini içeren tanımlar ve formülleri bünyesinde bulunduran bir rehber niteliğindedir. Bu kriterler alanın sürdürülebilirliğini korumak ya da restore etmek adına tasarlanmıştır. Sebebi ise, ancak sağlıklı ekosistemlerin insanlar ve diğer canlılar yararına ürünler ve servisler (Şekil 2.8) oluşturabileceği düşüncesidir (Daily, 1997). Genel manada tek bir alan bazında sürdürülebilir peyzaj uygulamalarını tanımlamasına ya da ölçümlemesine karşın, daha büyük ölçekli proje ya da planlar konusunda da, bunu karşılayacak bir aracı olmasa da bilgi verebilmektedir (ASLA; the Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009).

Girişim, alan sürdürülebilirliği için gerekli olan bağımsız bir araç sağlamak kadar, var olan yeşil binaları ve peyzaj kullanımlarını da iyileştirmeyi amaçlar.

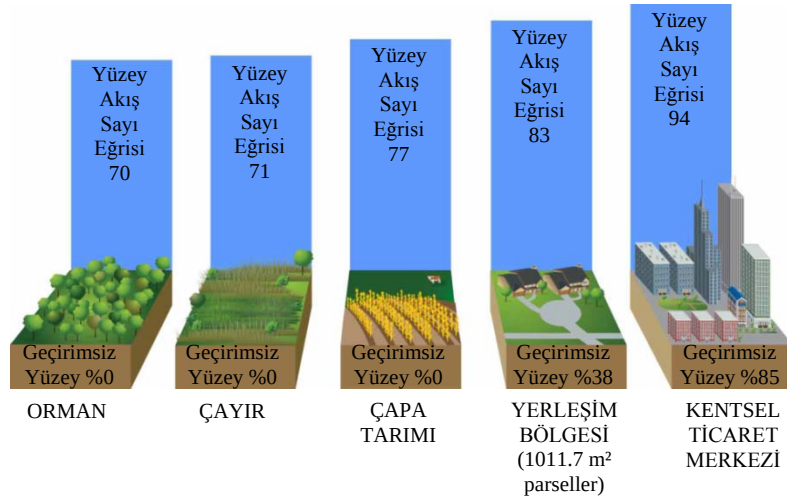


Şekil 2.8: Ekosistem Servisleri(ASLA; The Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009).

Sürdürülebilir Bir Alan için Yol Gösterici  lkeler (ASLA; the Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009);

- Alanın Zarar Görmemesi: Alanda, onu çevreleyen çevrenin zarar göreceği bir değişiklik yapılmamalıdır. Önceden zarar görmüş alanlardaki proje teşvikleri ya da gelişme, sürdürülebilir tasarım aracılığıyla yeniden oluşturulmuş ekosistem servisleri için bir fırsat sunmaktadır.
-  htiyatlılık  lkesi: İnsan ve  evre sağlığına zarar verebilecek riskli durumlara karşı dikkatli olunmalıdır. Bazı eylemler geri dönüşümsüz sonuçlara sebep olabilmektedir. Bir dizi alternatif incelendikten sonra, müdahale etmemek dâhil, etkilenen tüm tarafların yarar ve zararları açıkça ortaya konulmalıdır.
- Doğa ve Kültür ile Birlikte Tasarım: Yerel, bölgesel, küresel bağlamda saygılı, ekonomik, çevresel ve kültürel açıdan duyarlı tasarımlar oluşturulmalı ve uygulanmalıdır.
- Koruma, Korunma ve Yeniden Olu turulmanın Karar Verme Hiyerar sisinin Kullanımı: Mevcut  evresel özelliklerin korunarak kaynakların sürdürülebilir bir şekilde muhafaza edilerek, kayıp olan veya zarar gören ekosistem özelliklerinin yeniden üretilmesi ile ekosistem servislerinin yararlarının en üst düzeye çıkarılması ve taklit edilmesi

- Nesiller Arası Eşitlik Amacıyla Yenileyici Sistemler Sağlamak: Yenilenebilir kaynaklara sahip ve yenilenebilir sistemler tarafından desteklenen sürdürülebilir bir çevre ile gelecek nesillerin desteklenmesi.
- Bir Yaşam Sürecine Destek: Varsayımları ve değerleri sürekli yeniden değerlendirmek suretiyle demografik ve çevresel değişikliklere uyum sağlamak.
- Bir Düşünce Yaklaşım Sistemleri Kullanımı: Bir ekosistemdeki ilişkilerin değerini anlamak ve ekosistem servislerini yansıtan ve sürdürülebilir kılan bir yaklaşımın kullanımı; doğal süreçler ve insan aktiviteleri arasındaki gerekli ve bütünleyici ilişkinin yeniden kurulması.
- İşbirlikçi ve Etnik Bir Yaklaşım Kullanımı: İş arkadaşları, müşteriler, üreticiler ve kullanıcılar arasındaki doğrudan ve açık iletişimi etik sorumluluk içeren uzun vadeli sürdürülebilirlik ile bağlamak için teşvik edilmesi.
- Liderlik ve Araştırma Bütünlüğünün Korunması: Şeffaf ve katılımcı liderliğin desteklenmesi, teknik itina isteyen araştırmaların geliştirilmesi ve yeni buluşlarla temiz, istikrarlı ve zamanlı bir şekilde iletişime geçilmesi.
- Çevre Yönetiminin Geliştirilmesi: Alan gelişimi ve yönetiminin her haliyle, bir çevre yönetim etiği teşvik edilmeli – sağlıklı ekosistemlerin şimdiki ve gelecek kuşakların yaşam kalitesini arttıracakı düşüncesinde duyarlı bir yönetim bilinci geliştirilmesi.



Şekil 2.9: Farklı Alan Kullanımları için Yüzey Akış Sayı Eğrileri(ASLA; The Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009).

Kurallar ve Performans Testleri, alanın sürdürülebilirliğini ölçmek adına bir dizi önkoşul ve krediyi kapsamaktadır. Değerlendirmeler ülke çapında alan temelli, denkleştirici bölgesel farklılıklar ve farklı alan tiplerine (Şekil 2.9) özgü

varyasyonlar, kentsel ya da kırsal, hâlihazırda gelişmiş ya da gelişmemiş olsun, uygulanmaktadır. Kriterler, mevcut alanlardaki büyük yenileme çalışmalarını içeren projeleri kapsadığı gibi, yeni inşaat alanları için de geçerlidir (ASLA; the Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009).

Kriterler üzerinde yapı bulunan ya da bulunmayan tüm alanlarda uygulanabilmekte, fakat bunlarla sınırlı kalmamaktadır:

- Açık alanlar, yerel, bölgesel ve ulusal parklar, tampon bölgeler, altyapı tünelleri ve yol için ayrılacak olan arazi parçaları,
- Endüstriyel, yapıları bünyesinde bulunduran alanlar, çok sayıda dükkânın ve ofisin bulunduğu açık alanlar, askeri kompleksler, havaalanları, botanik bahçeleri, sokaklar ve plazalar, konut ve ticari gelişimler ile kamu ve özel kampüsleri de içermektedir.

Bu ölçütler, bir alanın potansiyel bileşenleri olarak besin üretimi, topluluk bahçeleri ve yenilenebilir peyzajları teşvik etmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Kriterler üzerinde yapı bulunan ya da bulunmayan tüm alanlarda uygulanabilmektedir(ASLA; The Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009).

3. TOPRAK ÖRTÜLÜ YAPILAR

Hızlı kentleşme, ekolojik sıkıntılar ve günlük yaşam maliyetlerinin artışı gibi sebeplerle ilk canlıdan bu yana farklı biçimlerde işlenmiş olan toprak örtülü yapılar yeniden gündeme gelmiş ve farklı uygulama biçimleri geliştirilmiştir.

Toprak örtülü yapılar, bodrum kat ya da *split foyer* (yapı girişinin sokak/cadde kotundan altta kaldığı ve girişin merdivenle sağlandığı düşük girişli yapılar) düşüncesini bir adım daha öne alır ve yapıyı toprak ile örter. Zorunlu olmamakla birlikte, aktif ve pasif enerjiyi en etkili biçimde kullanabilecek biçimde tasarlanan bu yapıları diğer yapılardan ayıran ve öne geçiren, bu enerjilerden elde edilen doğal enerjinin yapıyı örten toprak tabakası sayesinde daha uzun süre korunuyor oluşudur. Pasif enerji ile birlikte yapı güney cepheli gelişmekte, bu yöndeki camları maksimize ederken diğer yönlerde bakan camlar minimize edilmekte, böylece doğrudan güneş enerjisi yakalanmaktadır. Aktif enerji çerçevesinde ise güneş enerjisini yakalama, depolama ve dağıtma gibi karmaşık mekanik yöntemler kullanılmaktadır. Bu tarz yapılara özellikle Amerika, İngiltere ve Yeni Zelanda'da (Şekil 3.1) fazlaca rastlanmaktadır.



Şekil 3.1: Yeni Zelanda'daki toprak örtülü yapı örneği (Url-1).

Toprak örtülü evler için toprak karakteri, alandaki su durumu, arazinin yapısı, kanalizasyon durumu, bölgedeki bitki örtüsü, alan hakkındaki yasal düzenlemeler, alanın fiyatı, büyüklüğü ve komşu yapılar alanla ilgili adaptasyonlardan bazılarıdır. Planın konumu ve ulaşılabilirliği bölgenin seçiminde önem arz etmektedir. Aksi takdirde servislerin taşınması ile oluşan ya da kente ulaşım sırasındaki enerji tüketimi oldukça fazla olacağından, toprak örtülü yapıların yararlarından tam olarak istifade edilemeyecektir. Bunun için de yapı diğer konut alanlarına yakın olmalıdır (Jannadi ve Ghazi, 1998).

Tüm bunların yanı sıra, bu yapılar ile ilgili birçok psikolojik etki üzerinde durulmakta, halk arasında bu yapılara karşı negatif bir bakış bulunmaktadır. Bunun üzerine, Paulus (1976) referans noktası olarak Mehrabian ve Russel'a ait modellerini kullanarak toprak örtülü evlerin potansiyel etkilerini açıklamaktadır. Bu model çevrenin, kişilerin davranışını etkileyen etkilerini ortaya koymaktadır. Mehrabian ve Russel'a ait olan araştırma şunu göstermektedir: çevreye verilen üç adet temel hissi cevap vardır: Mutluluk, uyarılma, hakimiyet (Jannadi ve Ghazi, 1998).

Mutluluk, birisinin mutluluğu, tatminliği, umutlu olması derecesini işaret etmektedir. Uyarılma genellikle birisinin heyecan derecesini kastetmektedir. Hakimiyet ya da baskınlık ise kişinin çevre üzerindeki etkisi ya da kontrolünü ima etmektedir (Paulus, 1976) Mehrabian ve Russel'in çalışması bu faktörlerin göreceli olarak bağımsız olduğunu ortaya koymuştur (Jannadi ve Ghazi, 1998).

Çoğu durumda toprak örtülü yapılar tercih konusudur. Yapılan araştırmalarla, okullarda daha başarılı eğitim ortamları oluşturduğu belirtilmiştir. Ofis koşullarında, büyük bir toprak üstü ofisten farksız şekilde çalışanları etkilemiştir. Bazı durumlarda ise açıklık ve günışığı, birçok toprak üstü ofise oranla toprak örtülü ofisleri çalışanlar için daha çekici hale getirmektedir (Boyer, 1982).

Paulus toprak örtülü binaları tanımlayan dört tane özellik oluşturmuş ve psikolojik etkilerini incelemiştir (Jannadi ve Ghazi, 1998):

- 1- Toprak örtü: Binaların üstündeki toprağın ve doğal bahçelerin varlığı üç temel hissi uyandıran bazı pozitif etkilere sahiptir.
- 2- Yer altı: Eşsiz olma ve enerji koruma toprak örtülü evlerde yaşayanların mutluluk seviyelerini artırmaktadır. Mutluluk ifadesi yer altında bulunan sakinlerin neden olduğu negatif reaksiyonlardan dolayı tahmin edilmesi zor

bir ifadedir. Uyarılma hissi de okul ve ofisler gibi sosyal çevrelerde makul bir seviyede olduğu için tahmin edilmesi zor olan bir ifadedir. Ayrıca, baskınlık hissi sakinlerin; insanlığın, çevrenin taleplerinin üstesinde gelmesi hakkındaki başarılı girişimlerine maruz kalması nedeniyle yer altı binalarında yaşayan insanlar tarafından artırılır.

- 3- Pencereleler: Pencerelelerin varlığı baskınlık hissini arttırmaktadır. Araştırmalar göstermiştir ki, pencere eksikliği negatif duygusal cevaplara neden olmakta ve bilgi hızını azaltmaktadır. Bu nedenle mutluluk ve uyarılma hissi de azalmaktadır.
- 4- Ses: bu yapıların açık olan bir avantajı da seste olan azalmadır. Bu azalma sakinler arasında mutluluk, uyarılma ve baskınlık (egemenlik) hissini artıran psikolojik bir etkidir.

Toprak örtülü yapılar, doğrudan yer altı yapıları,kısmî toprak örtülü yapılar, iki katlı yapı ve bodrum kat olarak 4'e ayrılmaktadır.

Yeraltı yapıları: Tüm yapının tamamen yerin altında inşa edildiği toprak örtülü yapılarıdır. Tüm bina yer altına gömülmek suretiyle, sadece giriş yolu yüzeyle bağlantı sağlamaktadır. Toprak ile kaplanmış yapılar, Amerika Enerji Departmanı'na göre, 15-20 cm kalınlığında çim kaplı bir tabakadan, 2.7 metre yüksekliğinde doldurulmuş katmanlara kadar çeşitli yüksekliklerde olabilmektedir (1997). Aynı zamanda yer altı yapıların, belirli koşullar altında, benzer bir toprak üstü yapı ile karşılaştırıldığında enerji ihtiyacı %50 oranında az olmaktadır (Eckert, 1976). Bodrum katlı yapıların insan yaşayışına asla uymadığı görüşünü savunan Mike Oehler'e göre, yer altı yapılar ile bodrum katlı yapılar birbirinden mutlak suretle ayrılması gereken iki farklı tarzda ve farklı kullanımda yapıdır ve bodrum katların aksine yer altı yapılar insan yaşayışına son derece uygun, birçok fayda sağlayan sağlıklı ortamlardır. Havasız, rutubetli ve karanlık bodrum katların aksine yer altı yapılar son derece aydınlık, ferah ve sakin ekolojik yapılarıdır. (Oehler, 1997).

Yer altı yapılarının konumlandırılmasındaki en önemli parametrelerden biri, kayaların parçalanmasıyla doğal olarak oluşan ve yeraltındaki açıklıklardan sızan, fazla miktarda olduğunda kanserojen etkisi bulunan radon gazı varlığıdır. Radon gazı radyoaktif bir gazdır ve kapalı mekânda tutulması halinde oldukça tehlikeli seviyelere ulaşabilmektedir. Bu gaz kokusuz olması sebebiyle, özel ölçüm teknikleri ile varlığı ve miktarı belirlenebilmektedir (Roy, 2009). Bu gazın tamamen

uzaklaştırılması imkânsız, makul miktarlara getirilmesi de uzun ve masraflı teknikler gerektirdiğinden yer altı yapılarının planlanması aşamasında bu tehlike göz önünde bulundurulmalı ve projeler buna göre netleştirilmelidir.

Kısmî Toprak Örtülü Yapılar: Eğimli alana inşa edilmekte ve tepe ya da sonradan alana ilave edilmiş toprak ile yapı örtülmektedir. En az enerji koruyucu olan toprak örtülü yapı tipidir (Jannadi ve Ghazi, 1998). Zemin üstü olabildiği gibi, bir ya da iki cephesi toprak tabakasıyla kaplı, kısmen yeraltı yapısı olarak da inşa edilebilmektedir.

Yüksek su tablası, genleşen killi topraklar, kaya tabakaları ve ya düz kırsal alanlar gibi kısıtlamalar, setlenmiş yapılar ile bertaraf edilebilmektedir. Yamaç alanlar, bir dizi orta dereceli tasarımlara esneklik sağlamaktadır. Kısmi bir kazı ile yamaç alanlara özellikle de toprak örtülü konut inşası oldukça popülerdir (Boyer, 1982).

İki Katlı Toprak Örtülü Yapılar: Düz ya da hafif eğimli alanlarda tek katlı yapılar daha uygun iken, daha eğimli alanlarda iki katlı yapılar da uygun olabilmektedir. Özellikle de eğimin yönü enerji etkinliğine uygun olacak şekilde ise, iki katlı yapılar enerji açısından daha elverişli olmaktadır. Bu tarz yapılar, ilk katta artan yatay toprak basıncı sebebiyle nispeten daha büyük temeller ve daha kalın taşıyıcı duvarlar gerektirmektedir (Baum ve diğerleri, 1980).

Bodrum Katlı Yapılar: Sıradan bir toprak üstü yapının altında inşa edilen ve tamamen toprakla kaplı olmasından dolayı toprak örtülü yapı sınıfına sokulabilecek yapılardır. Ortalama bir yeraltı yapı olarak kullanmak için birçok eklenti yapılması gerekmektedir. Düzenli bir ışık alımına sahip, aydınlık, rutubetsiz ve hava alan bir mekân oluşturmak amacıyla ilave su yalıtımı, drenaj, havalandırma ve yerleşim/plan stratejileri oluşturulmalıdır. Ancak bunlardan sonra tam anlamıyla yaşanabilir bir mekân haline getirilebilmektedir. Bunlar aynı zamanda ilave masraflar olarak da yapı sahiplerine yansımaktadır. Bu akımın öncülerinden biri olan Mike Oehler ise, bodrum katların insan habitatına uygun şekilde tasarlanamayacağını, bu alanların sadece fazla eşya deposu amacıyla tasarlandığı görüşünü savunmaktadır (Oehler, 1997).

Toprak örtülü yapılar, geleneksel yapılara göre -özellikle de peyzajın doğal güzelliklerinin ve enerjinin korunumu noktasında- oldukça önemli avantajlara

sahiptir. Bu tarz yapıların en az %50'sinin dış kabuğu toprak ile kaplıdır (Jannadi ve Ghazi, 1998).

2009 yılında Polonya'da yapılan bir araştırmada, simülasyon yöntemi ile Polonya iklim koşullarında toprak örtüsü ve yapı kabuğunun kalınlığının ısı yalıtımına etkisi baz alınarak, güney cephe toprak örtülü yapıların ısıtma ve soğutma için harcadıkları enerji miktarı, geleneksel yapılar ile karşılaştırılmıştır. Araştırma alanının iklimsel koşulları Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1: Deney Alanının İklim Koşulları (Staniec ve Nowak, 2009).

Enlem (K)	52°25'
Boylam (D)	16°49'
En yüksek hava sıcaklığı	+ 35,6°C
Yıllık hava sıcaklığı	+ 9,8°C
En düşük hava sıcaklığı	- 16,0°C
Yıllık direkt güneş radyasyonu	1 865 [Wh/m ²]
Yıllık difüz güneş radyasyonu	1 679 [Wh/m ²]
Yıllık toplam güneş radyasyonu	2 692 [Wh/m ²]
Yıllık hava nemi	78 %
Yıllık rüzgâr hızı	3,3 [m/s]
Yıllık bulut örtüsü	0,61 [-]

Tek katlı yapının çatısı da dâhil olmak üzere dört tarafı toprak ile örtülmüş, sadece güney cephe açıkta bırakılmıştır ve bu cephenin de %60'ı cam ile kaplıdır. Yapılar aynı boyutlarda ve izolasyon kalınlıkları da aynı miktardadır. Ayrıca her ikisinin güney cephesinde aynı oranda cam bulunmaktadır. Birkaç farklı toprak kalınlığında simülasyon gerçekleştirilmiştir: 0,5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m, 2.5 m. Deney alanındaki iklim değerleri ise aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. İç mekânda ise ısıtma soğutma sistemleri yapıların iç mekân sıcaklığı eşitlenene kadar çalıştırılmakta sonrasında durdurulmaktadır. Mevsimsel olarak en yüksek ve düşük sıcaklıklar belirlenmiş olup, iç mekân sıcaklıkları bunları aştığında sistemler devreye girmektedir: kış sıcaklıkları 19 °C - 22 °C, yaz sıcaklıkları ise 20 °C - 24 °C'dir. Sonuç olarak, sadece kış mevsiminde olmak üzere, toprak örtülü yapılarda ısı kayıpları toprak üstü olanlara göre daha azdır. Yaz mevsiminde ise tam tersi şekilde ısı kayıpları toprak örtülü yapılarda daha fazla gözlenmektedir (Staniec ve Nowak, 2009). Bunun sebebi ise

toprak ısısının dış ortam ısını birkaç hafta geriden takip ediyor oluşudur. Geriden gelen toprak ısı yapıyı da o ısıya eşitlemeye çalışmakta ve bu sırada da dış ortamla etkileşimini kesmektedir. Bu sayede de yapının iç konforu artmaktadır.

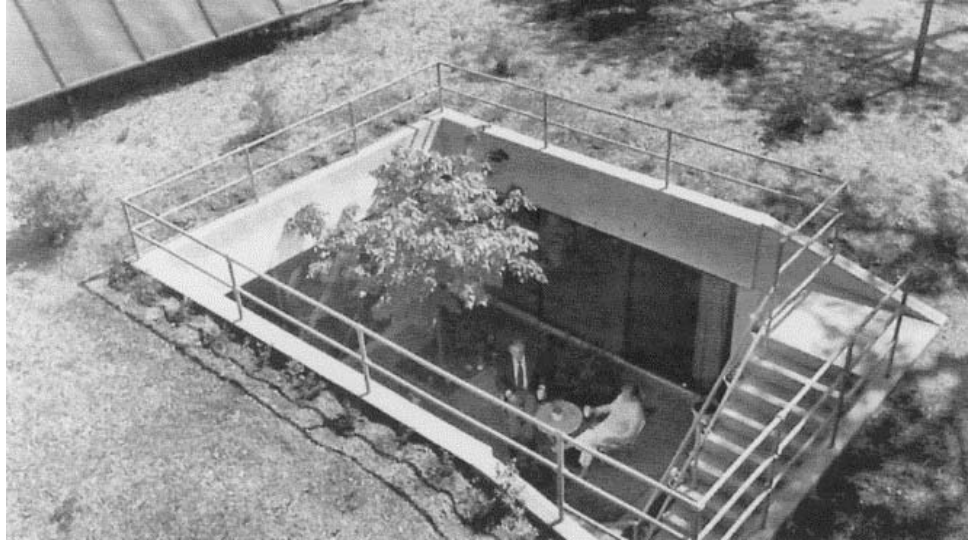
Çizelge 3.2: Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerji Kazanımları (Staniec ve Nowak, 2009).

Toprak Örtü Kalınlığı	Isı Yalıtım Kalınlığı			
	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Isıtma Enerji Kazancı (%)				
0.5 m	24	23	24	24
1 m	31	28	27	27
1.5 m	36	32	31	30
2 m	41	36	34	33
2.5 m	44	40	37	34
Soğutma Enerji Kazancı (%)				
Hepsi	52	36	20	15

Araştırmanın sonucunda, artan ısı yalıtım kalınlıkları ile birlikte, toprağın etkisi azalmakta ve bu iki yapı arasında bir fark olmamaktadır (Çizelge 3.2). Soğutma yükleri için, toprak örtü kalınlığı çok önemli bir etkiye sahip değildir. Artan ısı yalıtım kalınlıklarıyla birlikte, her iki yapı da soğutma için daha fazla enerji harcamaktadır. Bu sebeple daha ince ısı yalıtım tabakaları, toprak üstü yapılarla kıyaslandığında, toprak örtülü yapılarda soğutma amaçlı kullanılan enerjide daha büyük kazançlar sağlamaktadır. Çünkü ısı yalıtımı yapıyı bir mont gibi sarmakta ve yapının toprakla ilişkisini kesmektedir. 0.5 m toprak ile kaplı güney cepheye bakan toprak örtülü yapılar, kendi kalınlığına sahip toprak üstü bir yapı ile karşılaştırıldığında %25 oranında daha az enerji tüketimi yapmaktadır. Her 0.5 m toprak kalınlığı, ısı yükünü daha da azalttığı gibi, soğutma yükünü de belirgin biçimde etkilemektedir. Özet olarak, toprak örtülü yapılar yıllık ısıtma ve soğutma enerji tüketimi konusunda toprak üstü yapılardan daha iyi performans göstermişlerdir (Staniec ve Nowak, 2009).

Tüm bu yapı çeşitleri, genel olarak 3 farklı plan temel alınarak gerçekleştirilmektedir (NREL, 1997):

- **Avlulu Plan Tipi:** Tamamen yeraltında planlanmış tasarımlarda yapının ortasında ve de merkezinde bir açıklık olarak avlunun yer aldığı planlardır. Ortadaki avluya bakan tüm yüzeyler camla kaplı olup, avlu açıklık hissi vermektedir. Bu avlu gün ışığını tamamen alarak, bu kısma bakan camlara bu ışığı eşit bir biçimde yaymaktadır. Bu şekilde ışığı, güneş ısını, açık bir alana bakışı da tüm odalar eşit şekilde kullanabilmektedir. Bu plan tipi, yeterince güneş ışığı sağlamasına ek olarak enerji koruyucu tasarım da sağlamaktadır. Aynı zamanda doğal havalandırma da bu tarz yapıların bir diğer avantajıdır. Bu yapılar genelde 90 cm civarında ya da daha az bir toprak ile kaplanmış olmalıdır. Toprak tabakasının daha derin olmasının enerji etkinliği açısından bir faydası yoktur. Atrium planlı yapılar kış rüzgârından koruma, gürültüyü engelleme ve özel bir açık mekân oluşturma açısından avantajlı olsa da, pencere yönlerinin belli bir yönde değil de atriumun çevresinde olma zorunluluğundan ötürü güneş ısından yaralanma bazı zamanlarda, bazı pencereler için sınırlı olabilmektedir. Avlunun drenajı ve toplanan karın uzaklaştırılması ise yapının planlama aşamasında dikkate alınması ve çözülmesi gereken hususlardır. Şekil 3.2’de modern bir avlu plan örneği görülmektedir.



Şekil 3.2: Modern bir avlu plan örneği – John Barnard’ın Cape Cod’daki Ekoloji Evi (Harris ve Al-Temeemi, 2004).

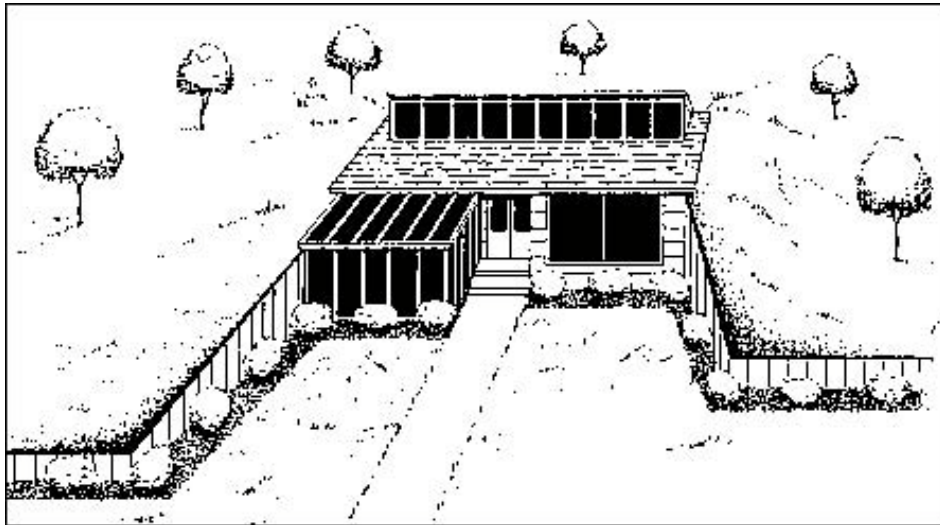
- **Cepheden Gelişen Plan Tipi:** Güney cephesi cam ile kaplanmış ve girişi de yine bu cepheden sağlanmakta olan planlardır. Bu tarz planlar toprak örtülü yapılar için daha gelenekseldir. Yapının sadece tek tarafını açıkta bırakan ve diğer cepheler ile çatısının da toprak ile kaplandığı yapı tipidir. Açıkta kalan cephe genellikle güney cephe olmakta ve böylece güneş ışığının yapıya aydınlık ve ısı vermesine olanak

sağlanmaktadır. Bu şekilde tasarlanmış bir yapı tüm toprak korunaklı yapı çeşitleri arasında inşası en az masraflı ve basit plan olarak sayılabilir. Şekil 3.3'te bu plan tipine örnek gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Cepheden Gelişen Plan Tipli Bir Yapı (NREL, 1997).

- **Serbest Gelişen Plan Tipi:** Toprak örtülü yapıların bir diğer geleneksel planı da Serbest Gelişen Plan Tipli Yapılar'dır (Şekil 3.4). İçeri sızmalar şeklinde, cephe plana göre daha geride uygulanmaktadırlar. Tamamen ya da kısmen zemin üstü, güney olmayan cephedeki duvarların ise korunarak setlendiği yapılardır. Sadece pencere ve duvarlar dışında yapı tamamen toprak tabakası ile örtülmektedir. Genelde zemin kotunda tasarlanan bu yapılar çapraz havalandırmaya ve doğal aydınlatmaya tek cepheli yapılardan daha fazla izin vermektedir.



Şekil 3.4: Serbest Gelişen Plan Tipli Bir Yapı (NREL, 1997).

Toprak örtülü yapıların avantajları:

- Daha az duyarlı: Dış mekândaki olağanüstü hava koşullarının etkilerine karşı hassasiyeti daha azdır. Çünkü iç mekândaki sıcaklık, toprağın ısıyı sabit tutması sonucu standart yapılara oranla daha stabildir. Bu sebeple yazları daha serin, kışları ise daha sıcaktır.
- Daha az dış mekân bakımı: Standart yapılara göre daha az dış cephesi olması ve birtakım sistemlerin toprak örtülü yapıların yapısal öğeleri arasında hâlihazırda bulunması.
- Peyzaja uyum: Standart yapılara göre toprak örtülü evler alanın peyzajıyla daha uyumlu bir birliktelik yakalayabilmekte ve aynı zamanda doğal peyzajın korunmasını sağlayabilmektedirler.
- Daha az masraflı: Yapının ekstra koruma ihtiyacı olmamasından ötürü ilave masraflar da ortadan kalkarak daha az masraf sağlanmaktadır.
- Enerji etkinliği: Bu tarz yapıların ana faktörüdür. Uygun bir tasarım ile birlikte, yapıda kullanılan ısıtma ve soğutma enerjileri toplamının %80 oranında azaltılması mümkündür (Boyer, 1982). Pasif enerjiyi etkin olarak kullanabilen bu yapılar, konforluluk, sakinlik, hava koşullarına dayanıklılık gibi enerji etkinliği açısından önemli birçok özelliğe de sahiptir. Toprak örtülü bir yapının enerji korunumunun temelinde toprak kaplamanın yapı ile rüzgârın ilişkisini kesmesi sebebiyle infiltrasyonu minimuma indirmesi ve dış ortamdaki hava ile yapının bağlantısını kesme suretiyle de ısı iletimi problemlerini azaltması bulunmaktadır.
- Estetik: Toprak örtülü bir yapının estetik analizi, yapının alanla ilişkisini, iklime tepsini ve yapısal sistemin sağlamlığı ve verimliliğini içermelidir.
- Güven hissi: Mimari alanın kişi üzerinde oluşturduğu duygu ya da ruh hali de dikkate alınmalıdır. Toprak örtülü yapılar, toprakla çevrelendiğinden, muazzam bir güven hissi vermektedir.
- Sessizlik: Toprak örtülü yapıların iç mekânları, yapıyı kaplayan toprak tabakasının dış mekândaki sesi azaltması sayesinde oldukça sessiz olmaktadır. Bazı titremeler iletilebilmekte, fakat birçok ses yapıya ulaşana kadar toprak tarafından absorbe edilmektedir.

- Koruma: Çoğu toprak örtülü yapı beton, beton blok ya da taştan inşa edildiği için, yanmaya ve çürümeye dayanıklıdır. Bunların yanısıra eğer uygun bir şekilde yapılmışsa haşerelere karşı da geleneksel yapılara göre daha dayanıklı olma eğilimindedirler. Dahası fırtına zararları yapı teknikleri gereği ve toprak örtülü olması sebebiyle daha az olasıdır.

Fazla miktarlardaki toprak yükleri nedeniyle, toprak örtülü yapıların yapısal ve iskelet destek sistemi etkin ve güçlü olmalıdır. Her bir yapısal sistem kendine has avantajlar sunmaktadır ve genellikle toprak durumu ve alanın eğim derecesi gibi belirli alan özelliklerini karşılayacak nitelikte seçilmektedir.

Düşük profilli toprak örtülü yapılar, bulundukları alana hâkim olmak yerine, alanın topografyasıyla bütünleşerek onunla doğal bir uyum sağlamaktadır. Böylece alana zarar vermeden ve alanın kalitesini bozmadan uygulanabilmektedirler. Çim, çalılar ve diğer yeşillikler gibi doğal güzellikleri korumaktadırlar. Toprak örtülü yapılar, aynı derecede bakımlı çimenlikler ya da yabani yer örtücü bitkiler tarafından tamamlanabilmektedirler (Baum ve diğerleri, 1980).

Toprak Örtülü Yapıların dezavantajları ise;

- Başlangıç maliyeti: Başlangıç masrafları %20 civarında fazlalık gösterebilmektedir (NREL, 1997).
- Yapının yapım aşamasından başlayarak tüm ömrü boyunca sürecek olan rutubetten korunma amaçlı bakım ihtiyacı, standart yapılara göre daha üst seviyede olmaktadır.
- Tasarım kısıtları: Yapı inşa edildikten sonra, ilave yapılması oldukça zordur. Örneğin daha sonra bir garaj ilave edilmesi istendiğinde, oldukça fazla tasarım sorunları ortaya çıkabilir ve bunların çözümü de oldukça maliyetli olabilmektedir.

Tüm bu avantajlarına bakıldığında, dezavantajlarının daha karşılanabilir olduğu açıkça görülmektedir. Bir süre sonra, sağlamış olduğu enerji tasarrufu sayesinde bu dezavantajlar avantajlarla eşitlenebilmektedir.

Toprak örtülü yapılar yalnızca konut olarak değil, birçok farklı kullanımda karşımıza çıkabilmektedir:

- Konut (ağırlıklı olarak) (ABD)
- Alışveriş merkezi (Japonya ve İsveç)

- Askeri yapılanma (ABD)
- Petrol depolama alanı (Norveç ve İsveç)
- Otopark alanı (Dünyanın birçok yerindeki örnekler)
- Nükleer reaktör (Dünyadaki birkaç örnek)
- Kütüphane gibi diğer yapılar (Urbana, Minnesota üniversitesi, imalat, depo ve Kansas city deki ofisler)
- Ek olarak, yer altı yapılar tehlikeli atıklar sivil savunma binaları ve tüneller.

Toprak örtülü bir yapının başarılı bir şekilde uygulanması için, birtakım yapı bileşenlerinin yerinde olması gerekmektedir (Baum ve diğerleri, 1980):

- a) Hava sızdırmaz girişler: Yapı girişinin, daha az ısı kaybı amacıyla, giriş kapısından en az 90 cm içeride bir kapı ile daha ayrılmasıdır.
- b) Toprak tutucular: Toprağın yapı yüzeyinde sabit kalması ve kaymaması amacıyla birtakım sabitleyiciler uygulanmakta, bu amaçla birçok araç, teknik ve çatı kenar detayları bulunmaktadır.
- c) İzolasyon: Her yapı malzemesinin belli bir R değeri bulunmaktadır ve bu değer malzemenin yalıtım değerini göstermektedir (Çizelge 3.3). İzolasyon malzemeleri, ısı transferine dayanıklılığı açısından ya da R değerine bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. R değeri yükseldikçe, ısı transferi de azalmaktadır.

Çizelge 3.3: Malzemelere göre R değerleri (Baum ve diğerleri, 1980).

Malzeme	Isı Transferine Dayanıklılık (1 cm'de)
Polistiren	R 8.6 - 11.4
Vermikulit	R 5.5
Selüloz ya da Ağaç lifi	R 9.3
Cam elyafı	R 7.8 - 9.3
Polistiren (döküm)	R 9.0
Üre Formaldehid	R 12.7 – 13.9
Üretan	R 15.8

- Polistiren: Sert bir yalıtım, geniş bir uygulama çeşitliliğine uygundur. En önemlisi, beton temel duvarlarının izolasyonunda kullanılmaktadır. Ekstrüde polistiren ve strafor, yüksek yalıtım değerine ve nem soğurumu dayanıklılığına sahiptir. Kalıplanmış polistiren ise düşük R değerine, nem geçişi için ise düşük bir dirence sahiptir. Hızlı tutuşma özelliğinden dolayı, polistiren, ateşe dayanıklı bir malzeme ile kaplanmalıdır. Köpüklenmede kullanılan gazlardan dolayı ekstrüde polistiren yeni iken yüksek yalıtım değerine sahiptir. Yaşla birlikte gazlar kaçmakta ve R değeri azalmaktadır (Baum ve diğerleri, 1980).

Strofor, en çok tavsiye edilen yalıtım malzemesidir. Genel olarak mavi ya da gri renktedir. Beyaz *beadboard* ya da üretan gibi diğer malzemeler, suyu içine çekmekte ve bozulmaktadırlar. Toprak örtülü yapılarda, donma sınırının altında uygulanacak izolasyonun, 5 cm strofor ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Yağmurlu alanlarda, yapının tamamının izolasyonunun yapılması gerekebilmektedir. Isı kaybını önlemek amacıyla, döşeme altındaki zeminde 2,5 cm'lik strofor levhalar kullanılabilir. Ayrıca strofor, bir termal kesici olarak da kullanılabilir.

- Vermikülit: Birçok yalıtım malzemesine göre çok daha az bir R değerine sahiptir. Vermikülit, çatı izolasyonunda ilave R değerine ihtiyaç duyulan durumlarda uygundur. Bu malzeme fazlaca ateşe dayanıklıdır. Blok duvarların R değerini arttırmak amacıyla beton bloklar arasındaki boşlukları doldurmada yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

- Polistiren (döküm) : Saplama duvarların arasına polistiren dökme çubukların kullanımı, cam elyafı yerine tercih edilen bir alternatiftir. Fiyatı cam elyafına göre daha az olan bu malzeme, yüksek bir de R değerine sahiptir. Basınç altında bir saplama duvarında bir şişme olduğunda, çökme ya da büzülme olmaz. Polistiren ve poliüretan, alçı levha ya da dış cephe kaplama malzemeleri ile kaplandığında, Amerika'da hükümet tarafından onaylanmıştır.

- Selüloz ya da Ağaç lifi: Selüloz, kâğıt ya da kâğıt hamuru ürünlerinden yapılmış, yangına dayanım amacıyla kimyasal işlem görmüş dolgu tipi bir yalıtım malzemesidir. Genellikle mevcuttaki binaların saplama duvarlarında yerleştirilmekte ve aynı zamanda çatı izolasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Cam elyafı: Cam elyafı, yeni yapıların duvarlarında yaygın olarak dolgu ya da örtü şeklinde uygulanmaktadır. Çatı izolasyonunda içten şişmeli cam elyafı

fazlaca kullanılmaktadır. Örtü yalıtım bir buhar bariyer desteği ile birlikte bulunabilmektedir. Fakat rutubet problemi olduğunda, yapının iç duvarları ile yalıtım tabakası arasında ayrı bir buhar bariyeri gerekebilmektedir.

- Üre Formaldehid: Çeşitli ticari isimler altında satılan, nispeten yeni, yerinde köpük dolgulu bir yalıtım malzemesidir. Köpük şeklinde olduğundan, küçük açıklıklar ve yarıklardan akabilmektedir. Bu sebeple de mevcuttaki duvarların izolasyonu için idealdir. Bu malzeme aynı zamanda nem emilimine karşı da oldukça dirençli olduğu gibi, kemirgenleri önleme özelliğine de sahiptirler.

- Üretan: En yüksek yalıtım değerine sahip malzemedir. Farklı kalınlıklarda sert levha formları olduğu gibi, duvar ve ye çatı üzerine püskürtme şeklinde uygulanan versiyonları da bulunmaktadır. Üretan kesinlikle tam olarak yangına dayanıklı bir malzeme ile kaplanmalıdır. Yandığı sürece yaydığı duman son derece zehirlidir. Başlangıçta üretan yüksek bir yalıtım değerine sahip iken, yaklaşık 10-15 yıllık bir dönemden sonra azalma eğiliminde olmaktadır.

d) İstinat Duvarları: Toprak örtülü yapılar genellikle kazı, dolgu ve setleme şeklinde toprak işlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu tarz uygulamalar, toprağı stabilize etmek ve dik eğimli alanlarda erozyon riskini azaltmak amacıyla bağımsız istinat duvarlarının kullanımını gerektirmektedir. Toprağı tutan ya da toprak katmanları arasındaki toprağı alıkoyan bir istinat duvarı, duvarın ağırlığına ek olarak, devrilmeye karşı temel üzerinde bulunan toprağın ağırlığını da kullanmaktadır. Bununla birlikte eğer toprağın büyük bir parçası tüm bir kat ya da daha büyük bir istinat duvarı ile destekleniyorsa, o zaman güçlendirilmiş beton ya da beton blok kullanılmalıdır.

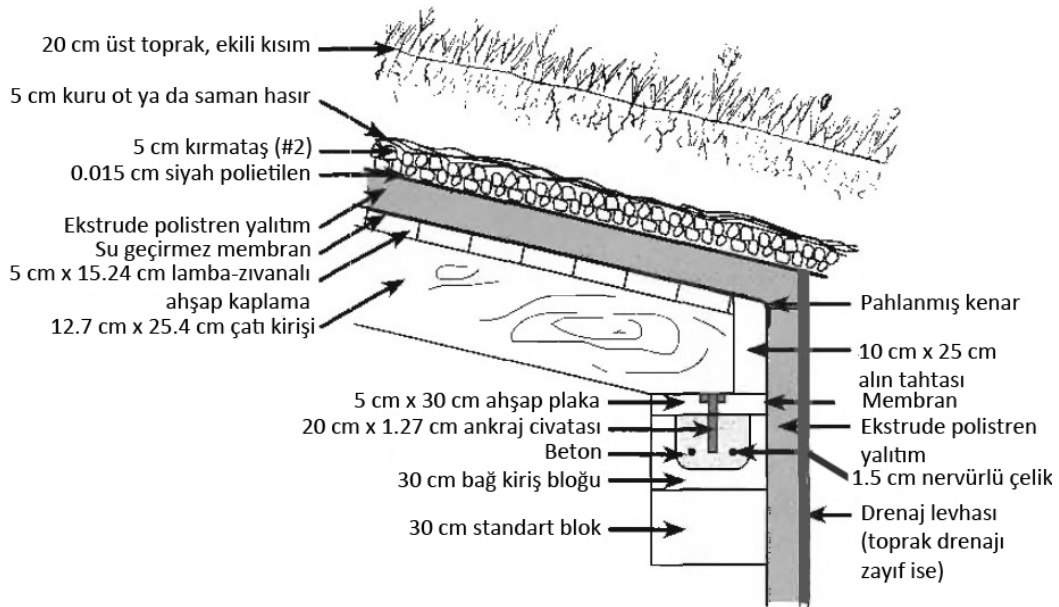
Bunların dışında istinat duvarından çok daha az maliyetli eğim/kademe/seviye değişim teknikleri bulunmaktadır. Bunlar; toprak dolgu, taş kaplama ve takviyeli/desteklenmiş topraktır.

e) Çatı pencereleri (Işıklıklar) : Toprak örtülü yapılarda klasik tipteki pencerelerin yetersiz kaldığı durumlarda gün ışığının yapı içerisine alınmasında tavan pencereleri sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle arka kısımlarda olması düşünülen banyo, koridorlar ve atölyeler gibi odalar çatı pencerelerine daha da fazla ihtiyaç duymaktadırlar. Bu alanların daha etkin kullanımı açısından, tavandaki pencerenin konumunun ve boyutunun iyi ayarlanması gerekmektedir.

f) Pencereleer: Doğal ışık sağlamanın yanı sıra, manzara sunmakta, havalandırmaya izin vermekte ve acil durumlarda çıkış görevi görmektelerdir. Hoş iç mekânlar oluşturmak için gerekli olan pencereler, dış mekânla arada görsel bir iletişim kurarken, dış mekândaki bir takım unsurlardan da korumaktalardır. Kapalı olduğunda, pencerelerin hava sızdırmaz olması, yalıtım değerinin olması ve yoğunlaşmadan arınmış olması gerekmektedir. Enerji bilinciyle ortaya çıkmış olan toprak örtülü yapılarda, güneş enerjisinden maksimum fayda sağlamak için, pencereler güneydoğu, güney ya da güneybatı yönlerinde konumlandırılmalıdır. Çift camlı ya da üç ısıcamlı pencereler, yapıda yalıtım derecesini belirgin biçimde arttırmaktadır. Maliyetinin fazla olmasına karşın, yaşam ömrünün fazlalığı ve bu sürede kazanılan enerji göz önünde bulundurulduğunda, birbirini karşılamaktadır.

g) Su yalıtımı: Toprak örtülü yapılarda su yalıtımı, su sızıntılarından ve su hasarı, renk atma, rutubet gibi benzer problemlerden yapıyı korumak açısından oldukça gereklidir.

Şekil 3.5'te toprak örtülü yapıların çatı ve duvar katmanlarına ilişkin kesit verilmiştir.



Şekil 3.5: Toprak örtülü yapı duvar ve çatı detayına bir örnek (Roy, 2009).

Taban suyu seviyesinin yüksek olduğu taşkın alanlarından kaçınılmalıdır. Bu alanlara yapı inşa edilebilmekte fakat oldukça maliyetli su yalıtımı ve yüzey akışı

kontrolü gerekmektedir. Bunun yanı sıra bu önlemlerin tam bir başarı garantisi de olmayabilmektedir.

Duvarlar doldurulmadan önce, yer altı sularının uzaklaştırılması amacıyla, drenaj borularının tercihen çatı ve temel hizasında kurulması gerekmektedir. Dolgu için, çakıl, kum ya da diğer kendinden drenajlı malzemeler kullanılmalıdır.

Rutubet ve sızıntı, toprak örtülü yapılarda su yalıtım yöntemleri açısından çözülmeye çalışılan başlıca iki problemdir.

Su yalıtımı amacıyla birçok teknik ve geliştirilmiş özel malzeme bulunmaktadır. İşlevselliği kanıtlanmış, kolay uygulanabilen, sızdırmazlığı kanıtlanmış ve son tekniklerle ortaya çıkmış olan malzemelerden birkaçı:

- Bituthene: Polietilen kaplanmış kauçuklanmış asfalta verilen addır. Malzeme sabit bir basınç altında kullanıma uygun olmadığında, Bituthene ile su yalıtımı yapılmış bir çatı, malzeme sabit su basıncı altında kullanım için üretilmediğinden, drenaj için hafif bir eğime sahip olmalıdır. Ayrıca bu membran, ultraviyole ışınların polietilenin bozulmasına sebep olmasından dolayı örtülmelidir.
- Sentetik kauçuk: İyi köprüleme özelliğine sahip kaliteli bir su yalıtım malzemesidir. Membranın bütünlüğü, levhalar ve dolgu sırasında delinmeyi önleyici tedbirler arasındaki dikişlerin sızdırmazlığına bağlıdır.
- Parçalı membranlar: Membran, asfalt katmanlarından ya da düz veya kumaş takviyeli ile dönüşümlü zift katmanlarından oluşmaktadır. Toprak örtülü yapıların su yalıtımında, dört kat minimum olarak kabul edilmektedir. Kumaş, genellikle cam elyafı, bir miktar mekanik güç, çok az da esneklik vermektedir. Eğer beton blok ya da beton duvar içerisinde bir çatlak meydana gelirse, asfalt ya da zift ile yapılmış parçalı bir membran için, boşlukları köprülemek ya da yer altı ısısında yeniden mühürlemek zor olabilmektedir. Bu çeşitteki birtakım sorunlara rağmen, parçalı membranlar toprak örtülü yapılar ve diğer yapılar için de, kullanılabilmekte ve başarılı sonuçlara ulaşılabilmektedir.
- Bentonit: Amerika'nın Güney Dakota, Wyoming ve Kolorado bölgelerinde kolayca bulunan bir kildir. Su ile teması geçtiğinde büyük ölçüde genişlediğinden, karton panellere gömülü bentonitin gelişimi, etkili bir su yalıtım sistemidir. Kil, daha fazla su penetrasyonuna karşı kendisini genişleterek su sızdırmazlığı sağlamaktadır.

Bentonit, bir miktar yeniden mühürleme ve köprüleme yeteneklerine sahiptir. Malzeme doğal olduğunda, zamanla ayrılmayacaktır.

- Bentonize: Bu malzeme, bentonit ile macunumsu çimentonun karışımından oluşmaktadır. Duvar ve çatı yüzeyine bol miktarda püskürtülerek uygulanmaktadır. Mühürleme ve köprüleme özellikleri bentonit ile oldukça benzerdir. Su membran altında kolayca ilerleyemediğinden, sızıntılar bölgeseldir. Gerekli kalınlıkta uygulandığında, bentonize oldukça etkili bir malzemedir.
- Polietilen levha: Bu maliyeti düşük malzeme yaygın olarak, rutubet yalıtımı amacıyla, beton döşeme plağı altında kullanılmaktadır. Buhar iletimine karşı iyi bir bariyerdir. Polietilen, güneş ışığını yansıtmaktadır fakat eğer tamamen yeraltında kapalı ise, bu uzun süreler alabilmektedir. Çatlaklar arasında köprü oluşturma yeteneğine sahiptir. Fakat yapısı gereği, su basıncına dayanıklı değildir.

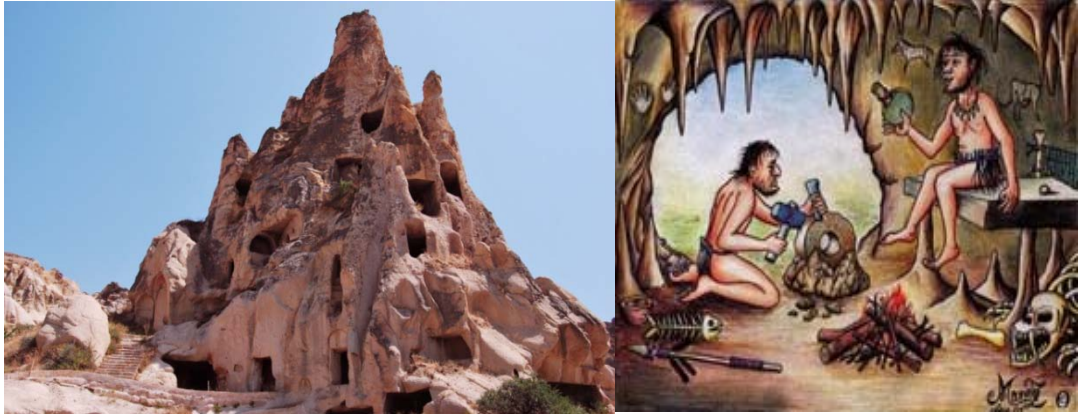
Toprak örtülü yapıların modern zaman yorumcusu Malcolm Wells'in bir yorumu da bu yapıların konumlandırılacağı alanlar üzerinedir. Wells'in ortaya atmış olduğu "Marjinal Alan" fikri, ağaç kesim tarlaları, atık yok etme bölgeleri, yangınla yok olmuş ormanlık alanlar, çakıl ocakları ya da ilgiden yoksun araziler gibi vasıfsız alanların bu tarz yapılarla değerlendirilmesini söylemektedir. Böylece hem maliyeti azaltılabilmekte hem de az bir bakımla bu alanların canlandırılması sağlanabilmektedir. Wells'in ilk toprak örtülü yapısı olan New Jersey'deki ofis binası buna en güzel örneklerden biridir (Roy, 2009).

3.1 Tarihçe

Toprak örtülü yapılar, geçmiş ile geleceğin kesişiminde yer almaktadır. İlk canlıların toprağı delerek oluşturdukları yaşam alanlarından, ilk insanların mağaralarda yaşamaları ile başlayan bu serüven, özellikle kırsal kesimlerdeki iklimsel koşulların zorlukları ve eldeki bir takım yoklukların birleşimiyle oluşan, İskandinav ülkelerindeki 'çim evler' ile Anadolu'daki kerpiç yapılar, Amerika ve İngiltere'deki toprak örtülü yapılar vb. bugün karşılaştığımız ve doğanın hızla tükenen kaynaklarını tasarruflu kullanmak adına özellikle de enerji etkinliği açısından yeniden öne çıkması muhtemel ve hatta çıkmaya başlamış bir yaşam biçimidir.

Yer altında yapı kavramı ya da toprağı barınma amacıyla kullanmak yeni bir fikir değildir. İlkel böceklerden daha yüksek memelilere kadar bu yer altı yaşam teknikleri geliştirilmiştir. İlk insanlar tarafından hayvanlar taklit edilerek geliştirilen bu teknikler, günümüzde yeniden anlaşılmaya çalışılmakta ve günümüz teknoloji, bilgi ve yapısal malzemeleriyle birleştirilmektedir (Baum ve diğerleri, 1980).

Mağaralar (Şekil 3.6(a)), insanlık tarafından doğanın zararlarından korunmak amacıyla barınak olarak, düşmanların saldırısından kaçmak için ise güvenli mekan olarak kullanılmıştır (Baum ve diğerleri, 1980). Bunun dışında yer altı; taş ocakları, madenler ve sondaja ulaşmak için kazılmıştır. Bu yüzeyler daha sonra depolama amacıyla değişikliğe uğramıştır. Yer altı yüzeyleri, aynı zamanda dini ayinler, askeri savunma, ulaşım ve barınma için de fazlaca kullanılmıştır (Jannadi ve Ghazi, 1998).



Şekil 3.6: (a) Mağara örneği - Tarihi Göreme Milli Parkı (Url-2). (b) Mağara yaşamı (Url-3).

Toprak, insan tarafından yerleşim yeri ya da yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. İnsan, sert iklim koşullarından ve tehlikelerden korunma amacıyla toprağı geri dönmüştür. Prehistorik dönemlerde, pek çok farklı tipte barınak kullanılmıştır: Dış mekân barınakları, kayalık konutları (Şekil 3.6(b)), büyük mağaralar ve yer altı odaları. İlk toprak yapılar, yerleşim için kullanılan mağaralardı. Bu mağaralar birçok avantajı olan pratik yaşam alanlarıydı. Birçok mağaranın iç mekân sıcaklığı yıl boyunca neredeyse sabit sıcaklık seviyesindeydi. Aynı zamanda yangın, tornadolar, yıldırım düşmesi gibi doğal afetlere karşı da koruyuculuk sağlamaktaydı. Ortaçağ'da, insan savunma barınakları olarak kullanmak üzere yer altı sığınakları inşa etti. 19. yy'da, farklı malzemelerin temini için taş ocakları kazıldı. Daha sonra bunlar garajlara, depolara dönüştürülmüş ve askeri amaçlar da dâhil olmak üzere başka bir dizi amaç için kullanılmıştır. Yeraltında yaşam fikri ve dolayısıyla toprak örtülü yapıların yapımı bu mağaralar sayesinde ortaya çıkmıştır (Jannadi ve Ghazi, 1998).

Son 35 ila 40 yıldır toprak örtülü yapılar, enerjinin maliyetinin artması ve gelecekte iklimsel, çevresel ve finansal durumların iyiye gitmekten ziyade daha da kötüye gideceği gerçeğinden hareketle insanların ilgisini çekmiştir. 1960'ların başlarında, atom savaşı korkusu ile birkaç yer altı yapısı daha geniş fallout barınaklara (nükleer patlamalardan korunmak amacıyla yapılmış barınaklar) ek olarak inşa edilmiştir. Bunun yanı sıra, geleneksel yapıların doğal çevre üzerine olan negatif etkilerinin olduğuna dair artan bir bilinç bulunmaktaydı. Toprak örtülü yapılar ise bu geleneksel yapıların çevresel ve görsel etkilerini yumuşatmak için bir yol olmuştu (Jannadi ve Ghazi, 1998).

Bu tür toprak örtülü yapıların öncü mimarlarından bazıları; Jay Swayze, Frank Lloyd Wright, Malcolm Wells, Philip Johnson, Don Metz, Michael McGuire ve John Barnard'dır. Bunlardan Malcolm Wells'in amacı, doğaya zarar vermeden inşa etmektir (Jannadi ve Ghazi, 1998).

Kronolojik olarak bakıldığında; M.Ö. 8000'lerde, ilk insan genel olarak mağaralarda yaşamaktaydı. Mağaralar da toprağın ısıyı tutma özelliğinden ötürü bir anlamda toprak örtülü yapılar kategorisinde düşünülmektedir. M.S. 250'lerde ise Roma'da Ostia'nın Forum Hamamları'nda doğrudan güneş enerjisi kazanımı ile radyant ısıtmanın ilk örneklerinin birleşimi görülmüştür. M.S. 800'lerde, Kapadokya'da yumuşak kayalara, toprak örtülü yaşama örnek olacak şekilde arka plan odaları oyulmuştur (DeBord ve Dunbar, 1985). Şekil 3.7'de kerpiç yapılara örnek yerleşim gösterilmektedir.



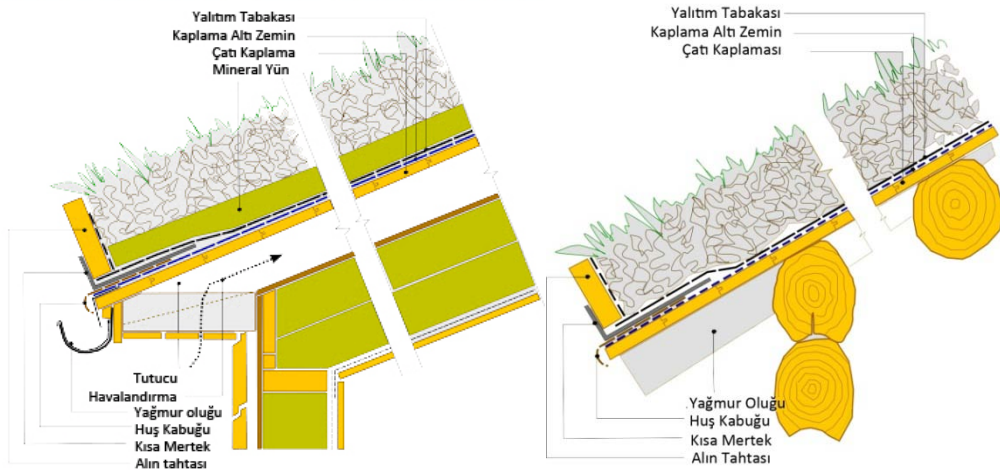
Şekil 3.7: Kerpiç yapılara örnek - Antik Dönemde İslam Öncesi İran Mimarisi (Url-4).

9. yüzyıl yerleşimlerine kadar uzanan ve Viking ve Orta Çağ boyunca konutların çoğunda bulunan İzlanda yerel mimari geleneğindeki İskandinav tipi çim çatılara (*turf roof*) (National Museum of Iceland , 2011) sahip yapılar da toprak örtülü yapı mantığında soğuk iklimin etkilerinden korunmak amacıyla doğal ve yerel

malzemeler ile uygulanmıştır. Şekil 3.8’de bu yapının örnekleri ve yapısı gösterilmiştir. Her ne kadar 19. Yüzyılda bunların yerini özellikle şehirlerde kiremit çatılar aldıysa da, kırsal alanlarda İskandinav tipi çim çatılar 18. yüzyılın başına kadar neredeyse evrensel anlamda kullanılmaktaydı.



Şekil 3.8: (a) Skogaa Çiftlik Müzesi (Url-6). (b) İskandinav tipi çim çatıların yapısı (Url-7).



Şekil 3.9: Geleneksel İskandinav Tipi Çim Çatı Kesitleri (Url-35).

Birçok huş ormanına sahip İzlanda’da, yapı için uygun fazla miktarda çim de bulunmaktaydı. Çim, soğuk kuzey iklimleri için iyi bir yapı malzemesidir ve soğuğa karşı da iyi bir yalıtım sağlamaktadır. Bu malzemeye ulaşmak ve inşa etmek oldukça kolaydır. Geleneksel bir İskandinav çim çatısı, hafif eğimli ahşap çatı kaplamasının üzerinde huş ağacı kabuğunun çeşitli katmanlarının en üstünde çim ile kaplanmaktadır. Huş ağacı kabuğunu yerinde tutmak için, bunun uygulanmasının hemen ardından hızlıca çim yerleştirilmelidir. Uygun çimin iyi bir meradan, özellikle de kumlu toprağa sahip bir alandan alınmış olması tercih edilmektedir. Buna ek olarak doğal olarak yetişmiş derin bir kök sistemine sahip çim arzu edilmektedir. Taşınabilir parçalar halinde kesilmiş çim, bitiş parçasının kalınlığı yarım olacak

şekilde, her biri 30 cm’lik kareler halinde ve 7,5 cm kalınlığındadır. Bu yapıya ait kesitler Şekil 3.9’da betonarme ve ahşap yapı olmak üzere iki farklı şekilde gösterilmektedir. Yaklaşık 15 cm kalınlığındaki toplam kalınlık, kuru yaz günlerinde çimin hayatta kalması için yeterlidir (Url-5).



Şekil 3.10: Amerikan tipi çim yapılara örnek - John Bakken’ın Amerikan tipi çim evi (*sod house*), Milton, North Dakota (Url-9).

Yerel iklime, çevresel kaynak çeşitliliğine ve adada gelişen toplumun gereksinimlerine uyum sağlamış bu yapıların benzerleri, 1800’lü yıllarda ‘Homestead Act’ adıyla bilinen kıra dönüş hareketi ile birlikte Amerika’nın orta bölgesinde ve Kanada sınırında birçok öncü aile tarafından toprak örtülü yapıların başlangıç formlarının örnekleri niteliğinde inşa edilmiştir (Şekil 3.10). Ağaçsız ve düz arazilerde çetin kış ve yaz mevsimi koşullarından korunmak amacıyla alanda en fazla bulunan yerel malzeme olan uzun boylu çayır çimi –diğer bir adı ile ‘Nebraska mermeri’- kullanılarak uygulanan Amerikan tipi çim yapılar (*sod house*), beklenilenin aksine iyi sonuçlar vermiş, yazın soğuk kışın sıcak ortamlar oluşturarak çiftlik sahiplerinin yılın yarısını rahatça burada geçirmesine olanak sağlamıştır (SNMAH, 2013).



Şekil 3.11: (a) *Hobbit Hole* (Url-10). (b) *Hobbit Evi* (Url-11).

1937 yılında yayınlanan *The Hobbit* kitabı ile J.R.R. Tolkien tarafından toprak örtülü yapılara bi kez daha atıfta bulunulmuştur. Bu kitapta çizdiği ‘hobbit’ karakterini İkinci Dünya Savaşı sırasında yazdığı devamı niteliğindeki *Yüzüklerin Efendisi* kitabında hobbitleri daha önemli karakterler olarak ana karakterler arasına dâhil etmiş ve yaşam alanlarından söz ederken, yaşadıkları yer altı toprak örtülü yapılarının tasvirine de geniş yer ayırmıştır. ‘Hobbit delikleri’ ya da ‘Smials’ adını verdiği bu yapıları şu şekilde tasvir etmiştir: “Toprağın derinliğindeki bir çukurda bir hobbit yaşardı. Bu ne kirli pis ıslak bir çukurdu, rutubet kokulu ve solucan dolu, ne de kumlu, kuru, ne yemek için ne de oturmak için içinde hiçbir şey olmayan bir çukurdu. O bir hobbit çukuruydu ve rahatlığın kendisiydi “(Tolkien, 1937).

Günümüzde de ‘Hobbit evi’ adı altında bu ve devamında bulunan tasvire oldukça benzeyen yapıların kullanıcılar tarafından bizzat hayata geçirilmiş versiyonlarını özellikle Yeni Zellanda, Amerika ve İngiltere ve başka birçok ülkede görmek mümkündür (Şekil 3.11).

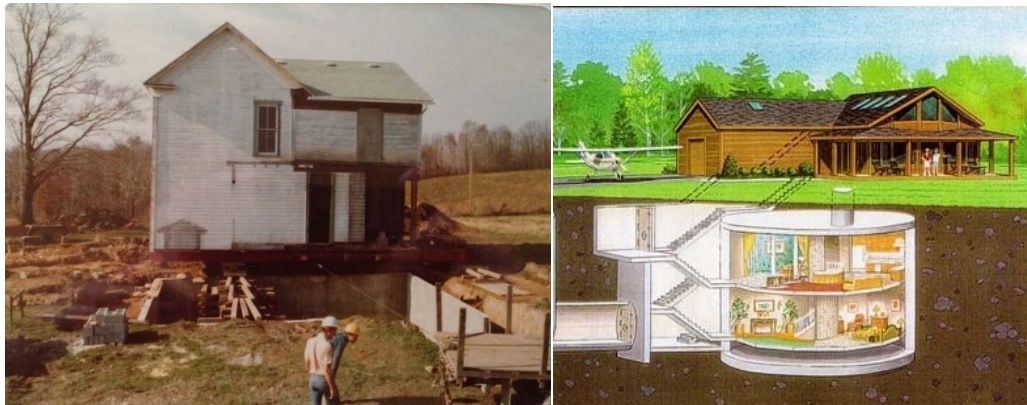
1940’ların başlarındaysa, Frank Lloyd Wright Wisconsin’de *Solar Hemicycle* adında (Şekil 3.12), bölgedeki sert iklimin etkilerini azaltacak toprak örtülü bir yapı inşa etmiştir (DeBord ve Dunbar, 1985).

1945 İkinci Dünya Savaşı sonrası, özellikle savaşa katılmış asker ve yakınları için, güvenli birer sığınak halini almış ve bu sebeple de geçici olarak da olsa o dönemde fazlaca yapımı artmış olan bodrum katlar ortaya çıkmıştır. Mevcut evlerin toprakla örtülü yer altı seviyesinde bulunan ya da sonradan eklenen bu yapılar, bir nev-î toprak örtülü yapı görevi de görmektedir (Şekil 3.13(a)). Fakat bu tip yapılar genelde havasız ve karanlık olduğundan insan yaşamı için pek de uygun değildir. Buradan hareketle, 1949-1951 yılları arasında ‘*House Beautiful Magazine*’ ile Amerika

Mimarlar Enstitüsü'nün, tanımını birlikte ortaya çıkardıkları yaşanabilir bodrum katların diğ er bir adı '*Litosferik Yaşam Alanları*' ortaya çıkmıştır (şekil 3.13(b)). Bu kavram, genellikle göz ardı edilen bodrum katlarının iklim kontrolü d hiline iyileştirilerek, mevcut ya da yeni önerilen yapılardaki konforlu yaşam alanlarına dâhil edilmesini amaçlamıştır. Sonucunda ise her yerde, ahşap panelleri, seramik zemini ve alçak tavanları ile bodrum seviyesinde aile odaları ve oyun odaları ile karşılaşılmaya başlanmıştır. İşte bu düşük kottaki yaşam alanları, esasında toprak örtülü yapılarıdır. 1950'lerdeki Soğuk Savaş dönemi, birçok insanın nükleer atık ve bomba sığınağı gibi farklı tipte toprak örtülü yapılar inşa etmesine sebep olmuştur. Bunlar tamamen yeraltında, penceresiz, atomik bir saldırı anında ailelerin hayatta kalmasını sağlamak amacıyla yapılmış beton kutulardı. Sürekli serin, karanlık ve köhne bir ortam oluşturmaktaydılar (DeBord ve Dunbar, 1985).



şekil 3.12: Solar Hemicycle (Url-12).



şekil 3.13: (a) Rockwell Evi'ne bodrum kat ekleme çalışması. (b) Bodrum katlar (Url-13).

1965 yılında '*Progressive Architecture Magazine*'de Malcolm Wells'in '*Nowhere to Go But Down*' başlıklı makalesinin yayınlanmasıyla, toprak örtülü yapılar ve

bunların yararları bir kez daha gündeme gelmiş ve birçok örnek peşi sıra takip etmiştir. 1973'teki petrol ambargosundan önce, 1960'ların sonu 70'lerin başlarındaki çevre hareketine bir yanıt olarak birçok toprak örtülü yapı inşaa edilmiştir. Peyzaj mimarları öncülüğündeki bazı tasarımcılar, bu yapıların alana entegre edilmekten ziyade, çoğu zaman peyzaja empoze edildiğini düşünmekteydi. Toprak örtülü yapı kavramı, bu inanışa bir cevap niteliğindedir. 1973 petrol ambargosu ile birlikte, bu yapılar birdenbire yeni ve farklı bir mantık kazandı: enerji ve enerji için yapılan harcamaların korunumu (DeBord ve Dunbar, 1985).

1980'lerde Amerika'da, son otuz yılda bodrum katların inşasını önlemek amacıyla yürürlüğe giren imar kanunları ve bina kodları, bu sefer de toprak örtülü yapıların inşasını önlemek için yorumlanmıştır. 1980 senesinde ise, Amerika'nın Wisconsin eyaletinde yer altı yapılarının kendine özgü yapı özelliklerinin tanındığı yeni bir eyalet bina kodu kabul edilmiştir. Bu kod daha geleneksel bina kodlarının ışık ve güvenlik gereksinimlerini ortadan kaldırmamış, fakat bilhassa yer altı yapılarını vurgulayarak toprak örtülü yapılara özel kesin yorumlar getirmiştir (DeBord ve Dunbar, 1985).

Buradan da görüleceği üzere, toprak örtülü yapılar enerji korunumunun öneminin en çok arttığı, insanların geleneksel yapılara alternatifler aramaya başladıkları bir dönem olan petrol ambargosu ile birlikte oldukça popüler olmuştur. Toprağın enerji korunumu üzerine olan etkisi ve bu yapıların enerji etkinliğinin fazla oluşu dolayısıyla enerji maliyetinin düşük olması sebebiyle insanların ilgisini çekmiştir (Roy, 2006).

1973'teki enerji krizi ile birlikte enerji etkin yapılar ve özellikle de toprak örtülü yapılar yeniden gündeme gelmiş, bilinen ve binlerce yıl önce kullanılan temel ilkeler enerji krizi ile birlikte yeniden keşfedilmiş, yeniden uygulanmış ve rafine edilmiştir.

Isı sızmalarının önlenmesi açısından, soğuk arttıkça yapıların duvarları kalınlaşmakta, pencereler ise küçülmektedir. Duvarların ısını tutmaya yarayan bu kalın duvar mantığı ile soğuk iklim bölgeleri başta olmak üzere insanlar yapıların kabuğunu toprak ile örtmüşlerdir. Bu tarz yapılar da tarih boyunca, farklı bölgelerde birçok farklı adla anılmıştır.

Geçmişte sıklıkla yaşam alanı olarak kullanılan mağaralardan itibaren çim yapılar, saman çatılar, toprak örtülü yapılar hepsi geçmişten günümüze toprağın ısıyı sabit tutma prensibini kullanır.

1970'lere bakıldığında, birçok mimar/inşaatçı toprak örtülü yapıların toprak örtülü çatılarına, 45 cm'den 90 cm'e kadar toprak katmanı yerleştirmektedir. Yapıları da bu yüke dayanacak miktarda kuvvetli yapmaktaydılar. Fakat bunlar aynı oranda da pahalı yapılarıdır (Roy, 2009).

1970'lerde, Minnesota Üniversitesi Yer altı Araştırma Merkezi tarafından yapılan bir araştırmaya göre, tamamen yer altında inşa edilmiş setlenmiş bir yapı %90-%95 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 3.14: (a) Modern dönem yeşil çatı örneği - New Providence Wharf, Londra (Zinco, 2013). (b) Protan PROGREEN Biodiverse Çatı Sistemi (Url-14).

Sert iklimden korunma adına da kullanılan bu yapılar ile oluşturulmuş yerleşim alanlarına en güzel örneklerden biri, yaklaşık on milyon kişinin yaşadığı, Çin'in Honan, Shansi, Konsu ve Shensi bölgelerindeki *Loess Belt*'inde bulunan yer altı atrium planlı yapılarıdır. Bölge halkı, bölgenin sert kış rüzgârlarına karşı toprağın yalıtma özelliğinin avantajlarından faydalanmaktadırlar. Mağara konutlar kolayca kazılmıştır çünkü toprak pekişmemiş yani sağlam olmayan bir topraktır. Bu çiftçilerin birçoğu, yaz aylarında evlerini serin tutmak kış mevsiminde de konfor sağlamak amacıyla konutlarını tarlalarının tam alt kotuna inşa etmişlerdir. Bu yapıların varlığının uzaktan algılanmasındaki tek ipucu alanlar arasındaki küçük baca gövdelerinden kıvrılarak çıkan dumanlardır. Bu şekilde alt kota yapıların yerleşiminin sağlanması ve üst kotun ise tarla olarak kullanılması daha büyük toprak verimliliği sağlamaktadır (Baum ve diğerleri, 1980). Tüm bu inişli çıkışlı duruma rağmen, çim çatılar bugün 'yeşil çatı' başlığında yeniden karşımıza çıkmakta ve modern malzemelere alternatif olarak sunulmaktadır (Şekil 3.14(a)). Her ne kadar çıkış mantığı aynı olsa da, yeşil çatılar geleneksel çim çatılardan bağımsız olarak

geliştirilmektedir. Şekil 3.14(b)'de yeşil çatı sistemlerinin kesitlerine örnek gösterilmektedir.

Çizelge 3.4'te toprak örtülü yapı tiplerinin tarih boyunca geçirdiği evreler gösterilmektedir.

Çizelge 3.4: Tarih Boyunca Toprak Örtülü Yapı Tipleri.

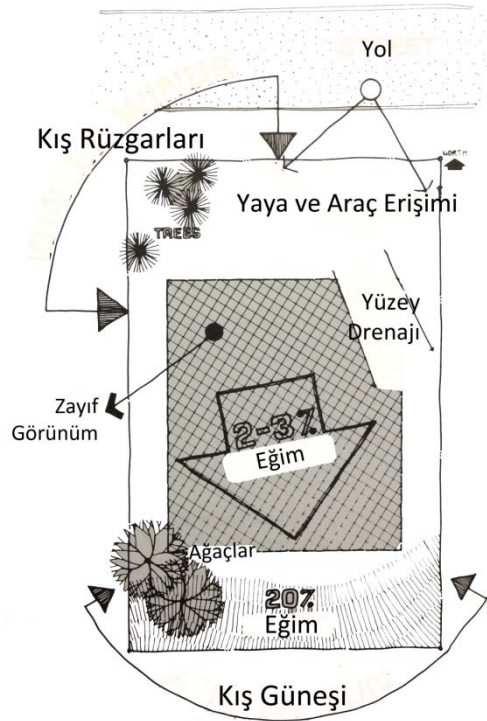
	İsim	Dönem
	Mağara	M.Ö. 8000
	Kerpiç yapı	M.Ö. 2000
	İskandinav Tipi Çim Yapıları (<i>Turf</i> yapı)	9. yy-18. yy
	Amerikan Tipi Çim Yapıları (<i>Sod</i> yapı)	1800'ler
	<i>Hobbit</i> Ev	1937
	<i>Toprak Örtülü Yapı</i>	1940 başları
	Bodrum Katlı Yapılar	1945
	<i>Litosferik</i> Yaşam Alanı	1949-1951
	Modern Dönem Çatı Bahçeleri ve Kat Bahçeleri	1960lar

3.2 Yapım Yöntemleri ve Prensipler

3.2.1 Alan planlama

Alan seçimi ve planlaması, toprak örtülü bir yapının tasarım sürecindeki ilk ve en önemli husustur (Şekil 3.15). Geleneksel yapılarda, enerji etkinliği göz ardı edilerek alan seçimi ve planlama rutin bir prosedür iken, herhangi iyi tasarlanmış enerji etkin bir yapı için alanın yapı üzerindeki ve enerji açısından etkisini anlamak son derece önemlidir. En uygun şekilde tasarlanmış toprak örtülü yapılarda alan, yapılar kadar yaşayanları da korumaktadır (Baum ve diğerleri, 1980).

Toprak örtülü yapılarda, herhangi bir tarz yapının alanda uygun olup olmadığına karar verilirken, esas olarak göz önünde bulundurulması gereken özellikler, yapının konumu, toprak yapısı, taban suyu seviyesi, alanın topografyası, iklimi ve yapı tasarım tercihleridir. Bunlar da doğrudan toprağın mühendislik kapasitesi, yer altı ve yüzey drenajı ve yetiştirme ortamı ile ilişkilidir. Toprağın mühendislik kapasitesi doğrudan yapının tasarımını etkilerken, yer altı drenajı ise yüksek taban suyu ile ilişkilidir.



Şekil 3.15: Alan planlama öncesinde iyi bir analiz yapılmalıdır (DeBord ve Dunbar, 1985).

3.2.1.1 Topografya

Topografya, yüzey yüksekliğindeki farklılıklar ve doğal ve insan yapımı özelliklerin konumlarının da dâhil olduğu alandaki fiziksel yüzey yapılandırmasıdır. Yeryüzü veya yer altı, yeniden düzenlendiğinde ya da örselendiğinde, alandaki durağanlıkta dengesizlikler oluşmakta, genellikle ekolojik sistemler, hızlandırılmış akış ve erozyon ile birlikte problemlere yol açmaktadır (Baum ve diğerleri, 1980). Bu ekolojik sistemler içerisinde, tüm canlılar vejetasyonla bir arada ve bir düzen içerisinde yaşamaktadır. En küçük bir dış etki ile de bu düzen bozulabilmektedir. Bu sebeple toprak örtülü yapıların konumlandırıldığı bölge ve yapacağı etki iyi hesaplanmalı ve doğaya saygılı olması beklenen bu yapıların ekolojisi kötü etkilemesine izin verilmemelidir.

Topografya ve iklim, aynı zamanda, yapının toprakla nasıl kolayca çevrelenebileceğini belirlemede bize yardımcı olmaktadır. Daha hafif eğimli alanlar, dik eğimlere oranla daha fazla kazı işi gerektirmektedir. Düz araziler ise en fazla kazı gerektiren alanlardır. Toprak örtülü yapılar, çoğunlukla toprağın altına inşa edildiklerinden, topografyaya fazla zarar vermeyen, alanın yüzey şekline saygılı yapılardır.

Yüzey akışı, zemin üzerinde ilerleyen yağmur sularının bir parçasıdır. Toprak örtülü yapılar için daha da önemlisi, toprağın içerisine sızarak orada ilerleyen yer altı akışıdır.

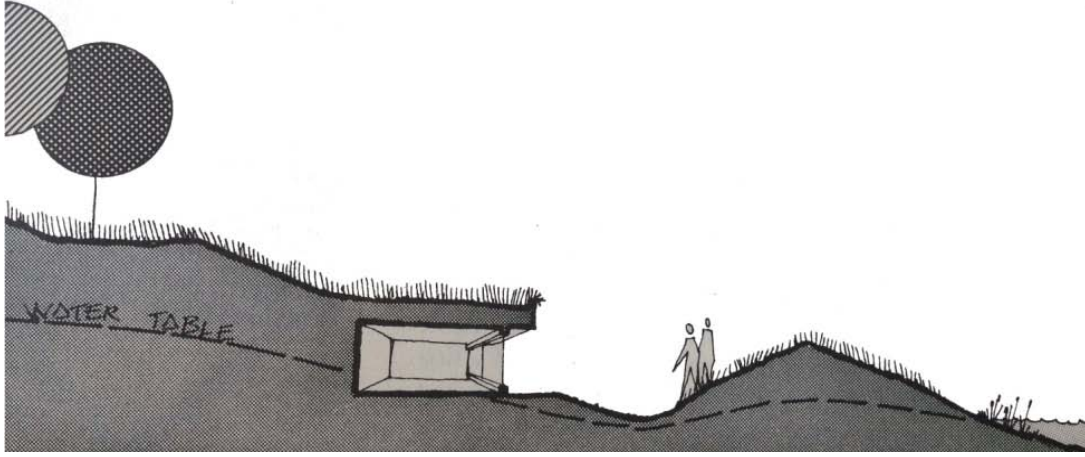
Toprak örtülü yapılar ile ilgili en önemli konu ise yer altı su akışıdır. Bu akışla gelen su, 3 farklı seviyede toprağa nüfuz etmektedir:

- 1) Yüzeye yakın sular; kök sistemi ile tutulur,
- 2) Yarı geçirimli yüzeye nüfuz etmiş su, genellikle kaya ya da kil, yüzey drenaj yolları katmanı boyunca yana doğru hareket eder,
- 3) Su doğrudan taban suyuna doğru ilerler (Baum ve diğerleri, 1980).

3.2.1.2 Taban suyu seviyesi

Taban suyu, toprak parçacıkları arasındaki tüm boşlukların su ile dolu olduğu yer altı seviyesidir. Toprak altındaki derinliği fazlaca değişebildiği gibi, mevsimsel olarak da dalgalanma gösterebilmektedir. Geçirimsiz yer altı malzemeleri, su tablasını ve yerin üzerinde ya da altında suyu hapsedme durumlarını

değiştirebilmektedir. Taban suyu seviyesinin yüksek oluşu, kazı çalışmalarında olduğu gibi, bodrum katları su basması ya da temelde dengesizlik oluşturma gibi sorunlara da sebep olabilmektedir. Yüksek taban suyunun dışarıdan da görülebilen bazı göstergeleri vardır: rengi değişmiş kararmış topraklar, mevcut kuyulardaki su seviyesi ve özellikle de söğüt, kavak ve saz gibi nem seven vejetasyon varlığı bunlara örnek olabilmektedir (Baum ve diğerleri, 1980).



Şekil 3.16: Yüksek taban suyu ile karşılaşıldığında yeniden yönlendirme bir çözüm olabilir (Baum ve diğerleri, 1980).

Yeraltında tasarlanmış bir yapının duvarlarında oluşması muhtemel taban suyundan kaynaklı baskıyı ortadan kaldırmanın en iyi yolu, doğal yollarla suyun yapıdan uzaklaştırıldığı, kolay drene edilebildiği alanların seçilmesidir. Alandaki su toplanma merkezleri belirlenerek yapının konumu ona göre belirlenmelidir. Dönemsel ya da düzenli yüzey akışı kanallarla düzenlenerek yapıdan uzaklaştırılmalıdır (Şekil 3.16). Drenaj sistemleri, suyu yapıdan uzağa çekmek ve yapının dış cephesinin su ile temas içinde kaldığı süreyi ve bunun sıklığını azaltacak şekilde tasarlanmalıdır (NREL, 1997).

3.2.1.3 İklim

Toprak örtülü yapılarda, iklim titizlikle ele alınması gereken konular arasındadır. Güneş, pasif solar ısıtma açısından genellikle maksimum düzeyde, fakat yüzey suyu akış desenleri ve rüzgâr engelleri açısından minimum düzeydedir (Baum ve diğerleri, 1980).

Çalışmalar göstermiştir (NREL, 1997) ki, toprak örtülü yapılar özellikle ekstrem iklim koşulları ve düşük nem koşulları altındaki bölgelerde oldukça uygun maliyetli

olabilmektedir. Bu da toprağın sıcak dönemlerde ısıyı kendi bünyesinde biriktirmesi ve soğuk dönemlerde de bu ısıyı yapıya iletmesi şeklinde açıklanabilmektedir.

Toprak örtülü yapıların çevresini saran toprak, sert iklim sıcaklık dalgalanmalarının etkilerini azaltmaktadır. Kış mevsiminde, 3 metre derinliğindeki toprağın sıcaklığı yaklaşık 7°C olmaktadır. Yapı ise konforlu sıcaklığa(25°C) kavuşması için 18°Cye ısıtıldığında yeterli olmaktadır. İzolasyon doğru bir şekilde uygulandığında, duvarlardan, tavandan ve zeminden ısı transferini bariz bir şekilde azaltmakta ve bu da yapının iç sıcaklığını ayarlamayı kolaylaştırmaktadır (Baum ve diğerleri, 1980).

3.2.1.4 Yön

Yapılar konumlandırılışları dolayısıyla, kış aylarında ısı yakalama özelliğinin yanı sıra, yazları da rahatsız edecek miktardaki ısının girmesini önleyebilmektedirler.

Toprak örtülü yapıların tamamı örtülü olmak zorunda olmasa da, özellikle bazı kapı ve pencerelerin tamamen açıkta olması gerekmektedir. Bu açıklıkların da gruplanmış bir şekilde, doğru yöne bakıyor olması gerekmektedir. Yönelimi etkileyen en önemli faktörler ise, güneş ve rüzgârdır. Bu unsurlar ile bağlantılı uygun bir yönlendirme ile, önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamak da mümkündür (Baum ve diğerleri, 1980).

Uzun ya da ortalama seviyedeki kışların yaşandığı bir bölgede, güney yönlü bir yamaca yapılacak toprak örtülü yapı idealdir. Böylece yapı eğimin içerisine yerleştirilmekte ve güneye bakan pencereler de doğrudan ısıtma için güneş ışığını içeri almaktadır. Ilıman kışlar ve ağırlıklı olarak sıcak yazların hâkim olduğu bölgeler için ise, kuzey yönlü yamaçlar ideal olmaktadır. Bunların yanı sıra, her alan farklı olmakla birlikte, güney cephe yıl boyunca daha fazla güneş ve gün ışığı almasından dolayı enerji etkinliği açısından daha etkili olmaktadır.

Bir yapının enerji etkin olabilmesi için, güneşten maksimum miktarda fayda sağlaması, yani doğal ısı ve ışığı olabildiğince güneşten karşılaması gerekmektedir. Bunun için ise güneşe göre yapının pozisyonunun iyi belirlenmesi gerekmektedir. Güneşin yükseklik ve azimut okumaları ile gün içerisindeki ve mevsimsel olarak saat saat pozisyonu alan için tanımlanabilmektedir (Baum ve diğerleri, 1980).

Güneş açısının doğru bir şekilde ayarlanması ile kış güneşinden de maksimum fayda sağlanabilmekte ve yapının organizasyonu da buna göre ayarlanabilmektedir. Yapının içerisindeki odalar düzenlenirken, hangi odanın günün hangi saatinde güneş ışığından faydalanacağı iyi bir şekilde hesaplanarak yapı ona göre tasarlanabilir.

Yapının şekline ve cephe yönüne bağlı olarak, optimum yönlendirme de alanlara göre değişiklik gösterebilmektedir. 40° kuzey üstü enlemlerde, güney cepheler kış mevsiminde, yaza oranla iki kat daha fazla güneş ışınlarından faydalanabilmektedirler. Doğu ve batı cepheleri ise, yaz mevsiminde, kışa oranla 2,5 kat fazla güneş ışığı almaktadır. 17.5gün ey doğu yönelimli bir cephe, güneşten enerji kazanımını en üst düzeyde tutarken, her yapı için geçerli olan en uzun süre güneşten faydalanmayı da sağlamaktadır (Baum ve diğerleri, 1980).

Mevsimsel iklim döngüleri içinde, farklı hızlarda, yoğunluk ve sıcaklıklarda geniş hacimli rüzgâr, toprak yüzeyi üzerinden hareket eder. Bu rüzgârlar, yaz boyunca pozitif etki sağlarken, kış mevsiminde ise negatif etkilere sebep olabilmektedir. Bu sebeple yapı konumlandırılırken, bu rüzgârların enerji etkinliğine etkisinin iyi belirlenmesi gerekmektedir (Baum ve diğerleri, 1980).

Kuzey ve batı yönündeki cepheler, istenmeyen sert kış karayellerine maruz kalmaktadır ve bu sebeple bu cephenin tampon görevi gören bitkisel rüzgâr perdeleriyle korunması gerekmektedir.

Rüzgâr kesiciler, yapı çevresindeki rüzgârın hızını düşürerek, yapı-dış ortam arasında gerçekleşmesi muhtemel sızma oranlarını azaltabilmektedir. Yapı ile aynı boyda ya da daha fazla boylanmış, yoğun bir büyüme gösteren bitkilerin kullanılması önemlidir. Yapı ile rüzgâr perdesi arasındaki mesafe, yapının boyunun 5 katından fazla olmamalıdır.

Rüzgâr perdesinde, dikilen tür ve dikim yeri dikkatli seçilmelidir. Bu amaçla kullanılan bitkilerden, ibrelili ağaçlar yıl boyu yoğunluklarını koruması sebebiyle yaprak dökenlere oranla daha işlevseldirler. Ayrıca sığ kök sistemleri dolayısıyla da kanalizasyon hatları ve drenaj kanallarına engel teşkil etmemektedirler. Yapraklı ağaçların kök sistemleri, en dışta bulunan dallara kadar uzanmalıdır.

Doğal havalandırma kullanılarak yazın soğutma, alan planlama ve ön tasarım süreçlerinde öncelikli değerlendirme konusudur. Maksimum doğal havalandırma ve soğutma elde etmek için, rüzgârın hızı ve yönü, havalandırmanın konumu ve büyüklüğü ile nem ve sıcaklığın bilinmesi ve tasarımların buna göre düzenlenmesi gerekmektedir.

Kış boyunca, toprak örtülü bir yapıdaki hava enfiltrasyonu minimuma düşürülmelidir. Hava infiltrasyonunun iki temel nedeni bulunmaktadır: yapının

dışındaki alanda pozitif ve negatif basınca sebep olan rüzgâr hareketi ve ikincisi ise yapı içerisinde farklı egzoz mekanizmalarının sebep olduğu negatif basınç (Baum ve diğerleri, 1980).

Yerel topografya ve vejetasyon, hâkim rüzgâr desenlerini önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Bu sebeple yönlendirmenin öncesinde bunlar detaylı bir şekilde incelenerek yapı ona göre konumlandırılmalıdır.

3.2.1.5 Toprak

Toprak yeryüzünün en son katmanını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Toprağın basit materyalleri organik madde ve inorganik madde olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Çeşitli vejetatif örtüler; toprağın nem içeriğinde, organik madde içeriğinde, erozyonda, toprak organizmasında ve farklı toprak serilerine neden olacak sayısız diğer faktörlerde farklılıklar yaratmaktadırlar. Üst toprak derinliği ise besin düzeyi, toprak nemi ve önceki bozulma miktarı, toprağın yetiştirme ortamı olarak hareket etme kabiliyetiyle doğrudan alakalıdır (DeBord ve Dunbar, 1985).

Bir alanın her bölgesindeki toprağın cinsi farklıdır ve bunların genelde renkleri de farklılık göstermektedir. Bu renk, bitkilerin toprak karakterini değiştirme özelliğinden dolayı, üzerinde bulunan vejetasyona göre de değişmektedir. Aynı zamanda bu farklılık, besin maddesindeki sudaki organik maddedeki miktarın değişmesinden dolayı meydana gelmektedir. Güney cepheli eğim aynı alandaki kuzey cepheli eğimde bulunan doğal bitki örtüsünden daha farklı bitki örtüsüne sahiptir. Her bir oryantasyon bu oryantasyonla alakalı belli tahmin edilebilir toprak serisine sahip olma eğilimindedir. Genel olarak iklim de bölgede bulunan vejetasyonu büyük ölçüde etkilemekte ve vejetasyon toprak tipini belirlemeye yardım etmektedir. Yağmur miktarı, buharlaşma oranı ve sıcaklık toprağın nihai halini etkiler (DeBord ve Dunbar, 1985).

(Ana madde+Vejetasyon+Oryantasyon+Nem+İklim)+Zaman====> TOPRAK

Alandaki toprak cinsi de toprak örtülü yapıların başarısındaki kritik noktalardan birisidir. Kum, çakıl gibi taneli yapıda olanlar bu yapılar için diğerlerinden daha uygundur. Bu tarz topraklar yapı malzemelerinin ağırlığını taşımaya uygun şekilde kompakt ve aynı zamanda oldukça da geçirimlidir. Böylece suyu hızlı ve kolay bir biçimde drene edebilme özelliğine sahiptir. Bu konudaki en yetersiz topraklar ise kohezyonlu zemin de denilen kendini tutan zeminlerdir. Islandığında genişleme

özelliği ve zayıf geçirgenliği ile kil, bunlara verilebilecek en güzel örneklerden biridir. Tüm bunlardan dolayı, toprak profesyonel açıdan incelenip yük mukavemeti ortaya konulmadan tasarım gerçekleştirilmemelidir (NREL, 1997).

Herhangi bir ekolojik süreci bozan müdahale, genellikle son derece istenmeyen etkileri olan dengesiz bir sonuca sebep olabilmektedir. Bu sonuçlardan en ön plana çıkanlardan biri de toprak erozyonudur. Toprak erozyonunun derecesi ve ya şiddeti, toprağın karakteri, zeminin eğim ve rüzgâra maruz kalma dereceleri tarafından belirlenmektedir (Baum ve diğerleri, 1980).

Toprak profilleri, farklı fonksiyonlara hizmet eden birçok katman içermektedir. Kaya ve çürümüş bitkilerden oluşmuş organik katman, toprağın su tutma kapasitesine yardımcı olmaktadır. Bitkisel toprak olarak da adlandırılan üst toprak, mineral ve organik maddenin bir karışımı olup, genellikle koyu renklidir ve bitki besinlerini tutmaktadır. Bu katman, fazlaca mineral karışımından oluşmakta ve birçok bitki kök sisteminin altında bulunmaktadır (Baum ve diğerleri, 1980).

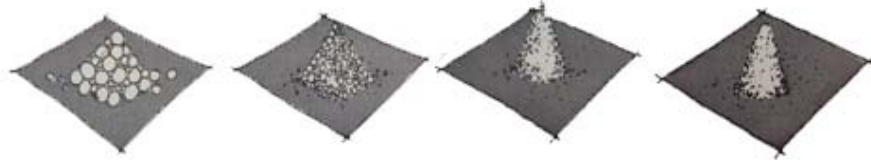
Sızma hızı; vejetasyona, nem miktarına ve topraktaki boşluk hacmi düzeni ile büyüklüğüne bağlıdır. Kumlu topraklar, nispeten küçük boşluk hacimlerine sahip silt ve killere göre, büyük boşluk hacimlerine ve daha yüksek sızma hızına sahiptir (Baum ve diğerleri, 1980).

Toprak parçacıkları, tanecik büyüklüklerine göre tanımlanmakta ve sınıflandırılmaktadır. Başlıca 5 ana gruba ayrılabilir (Baum ve diğerleri, 1980). Şekil 3.17’de bu toprak sınıfları gösterilmektedir.

- Çakıl: Parçacıklarının çapı 2 mm’den büyük iri kum taneleridir.
- Kum: 0.05 mm-2mm çap aralığında, gözle görülebilecek en küçük parçacıklara sahip toprak türüdür.
- Silt: Gözle görülemeyen fakat hissedilebilen ince kumdur. 0.002mm-0.05mm çap aralığındadır.
- Kil: Pürüzsüz ve una benzeyen ya da kuru iken büyük ve kaba, ıslandığında ise plastik ve yapışkan toprak türüdür.

0.002mm ya da daha küçük parçacıklardan oluşmaktadır.

- Organik: Ayrılmış vejetasyon tabakasıdır. Rengi koyu, donuk gri, kahverengi ve siyah renklere sahiptir.



Şekil 3.17: Toprak tanımlama – Çakıl, kum, silt, kil (Baum ve diğerleri, 1980).

Bahsedilen toprak cinslerinin özellikleri Çizelge 3.5’te +: iyi, -: kötü ve 0: nötr şeklinde gösterilmektedir:

Çizelge 3.5: Toprak cinsleri ve Özellikleri (Baum ve diğerleri, 1980).

	Yüklü olduğunda stabilite	Dondugundaki stabilite	Drenaj	Erozyon riski
Temiz Çakıl	+	-	+	0
Siltli/Killi Çakıl	+	0	-	+
Temiz Kum	+	+	+	+
Siltli-Killi Kum	0	-	-	+
Plastik Olmayan Silt	0	-	-	+
Plastik Silt	-	-	-	+
Organik Silt	-	-	-	0
Plastik/ Organik Kil	-	0	-	0
Turba/ Bataklık Toprağı	-	0	0	-

Alanda bulunan toprağın türü ile ilgili kaba bir tanımlama yapmak ve taşıma kapasitesi, geçirimsizliği ve su tutma kapasitesi gibi özelliklerini analiz etmek de mümkündür (Baum ve diğerleri, 1980). Böylece, alanda yapılacak yapının malzeme ve strüktür detayları daha gerçekçi belirlenebilmektedir.

Öncelikle alandaki toprağın durumu tanımlanır, toprağın durumuna göre de yapısal tercihler ve atık bertaraf sistemleri önerilir (Baum ve diğerleri, 1980).

Yüzeyin altındaki toprak sıcaklığı dünyanın her yerinde yaklaşık olarak 13 C°'dir. Toprak ısısındaki değişim, hava sıcaklığındaki ısı farklılıklarından çok daha az olmakta ve derinlere inildikçe bu en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri arasındaki fark azalmaktadır. Aynı gün içerisindeki sıcaklık için geçerli olduğu kadar, aylar arasındaki farklılıklar için de bu durum geçerlidir. Belli derinlikteki en sıcak toprak kayıtları Kasım ayının ilk kısmında meydana gelmektedir. En soğuk kayıtlar ise ilkbaharın başlarında ölçülmektedir. Bunun anlamı şudur ki; toprak örtülü yapıyı saran toprak, güz dönemindeki hava sıcaklığından daha sıcak olabilmektedir. Böylece soğuk havanın etkisini azaltacaktır. İlkbaharın ilk zamanlarında, toprak sıcaklığının hala düşük olduğu zamanlarda, daha sıcak seviyede olan hava sıcaklığı yapıyı daha rahat seviyede tutmak için kullanılabilir (DeBord ve Dunbar, 1985).

3.2.2 Bitkilendirme

Toprak örtülü yapılarda, bitkilendirme yapının enerji etkinliği üzerinde en çok etkisi olan parametrelerden birisidir. Gerek çatı bitkilendirmesi gerekse de yapı çevresinde olup da yapıyı etkileyen bitkilendirme olsun, doğru bir şekilde bilinçli gerçekleştirildiğinde yapıya fazlaca katkı sağlamaktadır.

3.2.2.1 Toprak örtülü çatı bitkilendirmesi

Toprak örtülü çatı, istenilen çatı kaplaması ya da vejetasyonu yetiştirmek için uygun toprak kalınlığına sahip toprak ya da üst toprak/bitkisel toprak tabakasından oluşturulan bir çatı sistemidir.

Toprak kütlesi ve vejetasyon tabakasından dolayı, toprak kaplı çatılar yukarıdan ısı alımını azaltmakta ya da geciktirmektedir.

Tamamen yer altına inşa edilmiş bir yapının enerji kazanımının %95 kadarını toprak ile setlenmiş bir yapı kazanabilmektedir. Buna toprak çatı ya da yaşayan bir çatının ilave edilmesiyle de, yapının 'yeşillendirilmiş' ayak izi ile birlikte daha sağlıklı bir çevre teşvik edilmektedir. Toprak ile örtülmüş duvarlar ve vejetasyon ile kaplı bir çatının birleşimi, yapının doğaya verdiği negatif etkinin minimuma düşmesini sağlamaktadır (Roy, 2006).



Şekil 3.18: Toprak örtülü çatı örneği - Malcolm Wells'in Cherry Hill Ofisi (Wells, 2000).

Toprak örtülü bir yapının çatısının yine toprak ya da bitki katmanı ile örtülmesi zorunlu değildir. Fakat yapılması hem yapının mantığı açısından hem de doğaya katkı açısından uygundur. Bu tarz çatılar günümüz çatı bahçelerinden oldukça farklıdır. Enerji etkinliği kaygısı ile yapılan bu yapıların çatı örtüsü de yine kendisine uygun olarak hafif strüktürlü ekstensif çatı tarzında olmalıdır. Bu çatı örtüsü günümüz çatı bahçelerinden birçok yönden daha basit ve sürdürülebilirdir. Şekil 3.18'de bu şekilde uygulanmış bir çatı örneği gösterilmektedir.

Enerji etkin sürdürülebilir yapılarda yerel bitki kullanımı son derece önemlidir. Onun dışında sedum da genel olarak her türlü iklime rahatça uyabilen türlere sahip, yapraklarında nemi depolayan sukkulent bir bitkidir. Bu sayede su ihtiyacı fazla olmaz ve kurak koşullara dayanabilir. 8 cm toprakta büyüebilmekle birlikte, farklı renkte birçok çeşidi bulunmaktadır. Çimler ve yabani çiçekler 18cm-20cm kalınlığındaki toprağa ihtiyaç duymaktadır. Kurak iklimlerde, kurakçıl bitkilere yer verilmelidir (Roy, 2006).

Zorunlu olmamakla birlikte, yapı kabuğunu kaplayan bu vejetatif örtünün yapıya ve doğaya birçok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajları sıralayacak olursak (Roy, 2009);

- İzolasyon: Toprak, yapıya tek başına yetersiz bir yalıtım sağlamaktadır. Fakat en üstten 8-10 cm'lik katman, bitki köklerinin havalanması sebebiyle az yoğunluğa sahip olup daha iyi bir yalıtım derecesine sahiptir. Sonbaharda çimlerin ve yabani otların yere serilmesiyle daha fazla yalıtım eklenmektedir. Ayrıca bu tarz çatılar diğer tüm çatılardan daha iyi kar tutma özelliğine de sahiptir. Rob Roy'un deneyimlerini paylaştığı kitabında (2009) da değindiği üzere, çatıda 60 cm kalınlığında kar tabakası var iken yapı daha sıcak olmakta ve ısınmak için de daha az enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır.
- Drenaj: Toprak örtülü olmayan sistemlerde, çatı kaplamasına ek olarak suyu hızlı bir şekilde tahliye etmek adına birtakım ilave sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Toprak örtülü çatılarda ise yapımının bir parçası olan drenaj sistemi, bitki ve toprakla da birleşince yavaş ve doğal bir şekilde ve bir miktarı da bitkiler tarafından kullanılmak suretiyle bu sistemlerle tahliye edilmektedir.
- Estetik: Dışarıdan bakıldığında hoş görünmesinin yanı sıra, kent yeşil sisteminin devamı niteliğinde ekosistemler oluşturmaktadır. Özellikle yalnız kır çiçekleri ile bitkilendirilmesinin yanı sıra, birçok farklı sedum çeşidiyle de gayet kullanışlı ve hoş görünümlü bir çatı bitkilendirmesi sağlanabilmektedir.
- Soğutucu Etkisi: Özellikle yaz aylarında güneş ışınlarının yüzey sıcaklığını yükseltmesiyle, çatı kaplamalarında yıpranmalar ve bunların da dışında ısı adası etkisi gerçekleşmektedir. Toprak örtülü çatılarda ise, bitkilerin gölge vermesi, toprak kütlesi ve depolanmış yağmur sularının buharlaşarak verdiği serinlik etkisi gayet hoş ve serin bir ortam oluşturmakta ve ısı adası etkisini de önlemektedir.
- Dayanıklılık: Toprak örtülü yapılar, doğru bir şekilde tasarlandığında ve uygulandığında, çatı örtüsü çok az bir bakıma ihtiyaç duymaktadır. Diğer standart çatılar ise güneşin ultraviyole ışınlarından, rüzgârdan, su erozyonundan ve donma-çözünme çevriminden ötürü zamanla yıpranıp kötüleşebilmektedir. Güneş, rüzgâr ve donma olayları toprak örtülü çatılarda çatı yüzeyine etki edememekte, toprak katmanı sayesinde çatı kaplaması korunmaktadır. Ayrıca su yalıtımında kullanılan membranın da geri dönüşümsüz malzemeden olması dolayısıyla bu tarz çatılar yüz yıl belki daha fazla bir ömre sahip olabilmektedir (Roy, 2009).

- Ekoloji: Ağaç, çalı ya da kök sebzelerin yetiştirilmesi için uygun alan olmasa da, toprak örtülü çatı her türlü bitki ve mikrobiyal yaşamı destekleyebilmektedir. Bunun yanı sıra, kent içerisinde ekolojik basamaklar oluşturmak suretiyle kuşlar ve diğer canlılar için de durak noktaları olabilmektedirler.
- Koruma: Sadece birkaç santimetrelilik bir toprak tabakası, çatıyı diğer çatıların hiçbirinde bulunmayan bir şekilde yangından, radyasyondan, sesten ve daha birçok zararlanmadan koruyabilmektedir. Aynı zamanda toprak kaplı duvarlarla da desteklenmiş toprak örtülü yapılar hortum, kasırga ve depremlerden de yapıyı koruyabilmektedirler.

Tüm bu avantajlar küçük bir toprak tabakasının yapıya katkısını içermektedir. Toprak katmanının kalınlığının iki katına çıkması bu özelliklerin de değerinin ya da geçerliliğinin iki katına çıkacağı anlamına gelmez. Aksine bu iki katına çıkan toprağın yapıya avantajı çok az olmaktadır. Çünkü ısı sızmalarının olduğu açık yüzeyler (camlar, kapılar, vs.) miktar olarak aynı kaldığından bir süre sonra toprak kalınlığının avantajı sabit kalmaktadır. Bu artışın yapıya en büyük etkisi yük açısından olmaktadır. Potansiyel doymuş yük miktarının iki katına çıkması, yapının maliyetinin artmasını da beraberinde getirmektedir (Roy, 2009).

3.2.2.2 Yapı dışındaki bitkilendirmenin formu ile yapı arasındaki ilişki

Yapıyı sadece kaplayan vejetasyon değil, yapıdan bağımsız görünen fakat gölgesi ve diğer avantaj ve dezavantajları ile yapıyı fazlaca etkileyen bir bitkilendirme de söz konusudur. Yapı dışındaki bu bitkilendirme, yapının pasif solar enerjiyi kullanımında birinci derece rol oynamaktadır.

Bitkiler, yeryüzü şekilleri ve mimari elemanlar ile bağlantılı olarak, peyzaj üzerindeki hava akışını ya da yapılar aracılığıyla havalandırmayı pozitif yönde değiştirmek amacıyla kullanılabilir. Temel olarak, bitkiler rüzgâr kontrolünü şu yöntemlerden birini ya da birkaçı ile yapılmış kombinasyonunu kullanarak sağlamaktadırlar: engelleme, kılavuzluk etme, yön değiştirme ve filtreleme. Bitkilendirme yöntemiyle başarılı bir rüzgâr kontrolünün kilit noktası, bitkilerin doğru yerleşimini sağlamaktır. Aynı zamanda bununla birlikte de hatırlanması gereken bir diğer nokta da, bitkilerin canlı bir materyal olarak her zaman aynı boyda, büyüme hızında ve aynı şekilde olamayacağından, her zaman aynı etkisinin devam etmesinin beklenemeyeceğidir.

Su buharı yoğunlaşıp zemine düşerken, bir miktarı da zemine ulaşmadan havada buharlaşır. Ağaçlar da tepe kısmı ile yağışın hızını keserek, yapraklarıyla bu suyun bir miktarını absorbe etmektedir. Bunların yanı sıra, toprak örtüsü ve organik maddeler de yağışın büyük bir miktarını alıkoymakta ve absorbe etmektedir.

3.2.3 İzolasyon [Toprak ve Drenaj]

İzolasyonun malzemesi, yapılışı ve doğru yerleştirilmesi toprak örtülü yapılar için anahtar ölçütlerdendir. Tüm bunların doğru seçilmemesi ve yapı ile toprak katmanı arasındaki bölümün doğru yalıtılmaması, yapının sıcaklığının ayarlanmasını tamamen zorlaştırmakta ve yapının başarısını doğrudan etkilemektedir. Yapılar doğru bir şekilde yalıtıldığında, %25-50 oranında daha az enerji kullanılarak aynı ısı sağlanmaktadır. Alanın iklimi, yalıtımın miktarını ve ne kadar derinlikte uygulanması gerektiğini bize vermektedir.



Şekil 3.19: Yıllık Pasif Isı Depolama (Url-15).

Toprak çok iyi bir yalıtım malzemesi değildir. Toprak katmanının, bitki köklerinin havalandırma sağladığı, ilk birkaç santimetresinde toprak en iyi yalıtım özelliğini gösterir. Toprak derinleştikçe ve sıkışma arttıkça, bu yalıtım özelliği gittikçe daha da azalır. Toprağın asıl avantajı, ısı depolamak için iyi bir kapasitör oluşu yani termal kütle oluşudur. İlk 3 metre ve aşağısındaki toprak tabakası, ısı derecesinin oldukça yavaş değiştiği muhteşem bir termal kütledir. Bu alt yüzey iklimi içerisindeki yapının

ortamı, zemin üzerindeki iklimden farklı olması dolayısıyla daha avantajlı bir durumdadır (Roy, 2009).

Tipik olarak toprak örtülü evler 2-3 metreden daha derine konumlandırılmamaktadır ya da zemin üstü yapılar için duvarları aynı miktarda toprakla örtülmektedir.

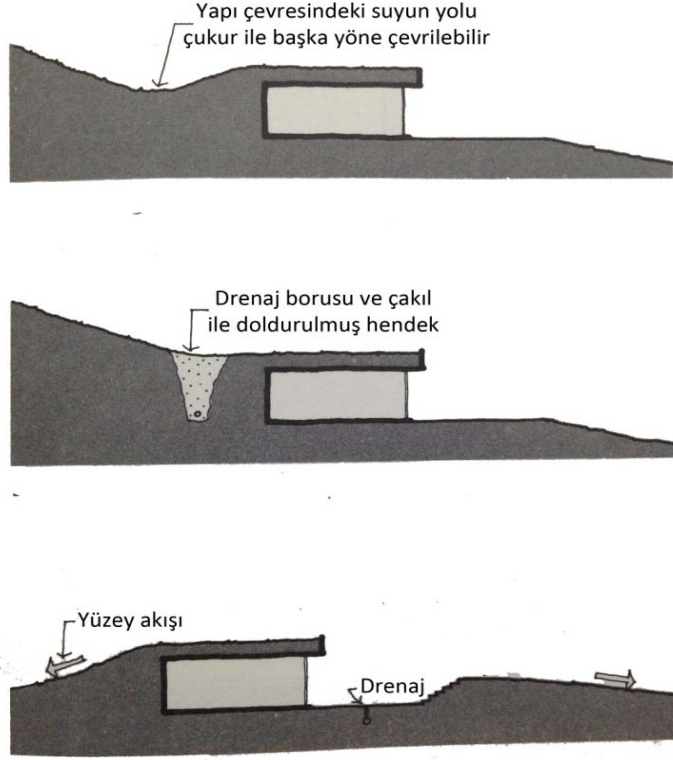
Toprak, iklimatik değişikliklere çok yavaş tepki göstermektedir. Termal gecikme olarak da adlandırılan bu karakteristik, yapının yerleştirilmiş olduğu derinlikteki en düşük toprak sıcaklığı temel alınarak, yaz ve kış mevsimlerinde altı hafta kadar yüzey sıcaklığından geriden gelmesi durumudur (Roy, 2009). Bu sayede yapılar yazın serin, kışın ise görece daha sıcak olarak muhafaza edilebilmekte ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir (Şekil 3.19).

Nemlilik oranı, toprak örtülü yapılarda yaz boyunca artabilmektedir. Bu da iç duvarlarda yoğuşmaya sebep olabilmektedir. Duvarların dış cephesine izolasyon uygulanması, toprak ısısının birden düşmesinden duvarı korumaktadır. Bunun yanı sıra, duvar üzerindeki yaz soğutma etkisini azaltmaktadır. Nem problemini çözmede genellikle mekanik klima ya da nem giderici kullanılması gerekmektedir. Dolapların ve diğer kapalı alanların düzenli havalandırılması bu problemi henüz oluşmadan önlemede faydalı olabilmektedir (NREL, 1997).

Drenaj, su yalıtımının en önemli parçasıdır. İzolasyondan önce iyi bir drenaj yapılmalı ve bunu destekleyici bir izolasyon ile yapı sudan korunmalıdır. Şu 3 aşama doğru bir şekilde takip edildiğinde, su hasarı potansiyeli oldukça azalabilir: Alanın doğru seçimi ve alandaki taban suyu miktarının belirlenmesi, evin yüzeyinde ve altındaki drenajın planlanması ve en son da su yalıtımı yapılması. Şekil 3.20’de toprak örtülü yapılarda sıkça kullanılan drenaj teknikleri gösterilmektedir.

Alanın eğimi, alana pozitif yönde drenaj sağlamak suretiyle alandan aldığı suyu yola ya da diğer drenaj sistemlerine aktarmalıdır (DeBord ve Dunbar, 1985).

Piyasadaki ürünlere alternatif olarak, birbirinden tamamen farklı iki çeşit drenaj yöntemi daha bulunmaktadır: kırmataş ve kompozit drenaj kaplama. Her ikisi de işlevseldir. Fakat iki yöntem de 0.015 cm kalınlığında siyah polietilen katman kurulumu gerektirmektedir (Roy, 2009).



Şekil 3.20: Drenaj Teknikleri (University of Minnesota Underground Space Center, 1979).

Genellikle izolasyon, su yalıtım malzemesinin ardından yapının dış cephesine uygulanmaktadır. Böylece ısı üretilmekte, toplanmakta ve toprak örtülü yapının dış kabuğu tarafından absorbe edilmektedir. Duvarın dış kısmında bir yalıtım yapılması durumunda, toprağın yalıtım malzemesi ile temas halinde olmasını sağlamak açısından koruyucu bir levha katman ilave edilmelidir (NREL, 1997).

Kullanımda olan birçok su yalıtım sistemi bulunmaktadır. Bu sistemler içerisinde bugün de aktif olarak kullanılanlar; kauçuklanmış asfalt, plastik ve vulkanize levhalar, sıvı poliüretanlar ve bentonittir (NREL, 1997):

- Rubberized asfalt: Az miktarda sentetik kauçuğun asfaltla bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Levha haline getirilmek istendiğinde, bir polietilen tabaka ile kaplanmaktadır. Doğrudan duvar ya da çatı üzerine uygulanabilmektedir ve uzun bir yaşam süresine sahiptir.
- Plastik ve vulkanize levhalar: Yer altı su yalıtımının en yaygın türleri arasındadır. Plastik levhalar, yüksek yoğunluklu polietilen, klorlu polietilen, polivinil klorür ve klorosülfonik polietilen içermektedir. Uygun vulkanize membranlar ya da sentetik kauçuklar ise, izobütilen izopren, etilen propilen diyen monomeri,

polikloropren ve poliizobütilen içermektedir. Tüm bu malzemeler için, bağlantı yerleri düzgün kapatılmalıdır. Aksi halde sızmalar görülebilmektedir.

- Sıvı poliüretanlar: Genellikle bir membranın zor uygulandığı alanlar için kullanılmaktadır. Poliüretanlar, bazen de yer altı yapıların üzerinde yer alan yalıtım malzemelerini kaplamak amacıyla da kullanılmaktadır. Bu işlem sırasında, hava koşullarının kuru ve nispeten sıcak olması da uygulamanın başarısında önemlidir.
- Bentonit: Bentonit, doğal olarak oluşan genleşen bir kildir. Paneller arasında doğal bir kil formunda, ya da sıvı bir sprej olarak uygulanmaktadır. Paneller duvarlara basitçe çivilenmekte; sprej ise bağlayıcı bir madde ile karıştırıldıktan sonra, yer altı duvarlara uygulanmaktadır. Su molekülleri katmanların arasına sızmaya çalıştığında, müthiş bir hidrostatik basınç oluşur ve kil genleşerek rutubetin ve su sızmalarının yolunu keser. Bu genleşme oluşurken ilk anlarda su sızmaları görülse de, bu önemsenmeyecek kadar küçük olur. Aynı zamanda kendi kendini onarma özelliğine sahip tek membrandır. Birçok firma bentonit kili temel almak suretiyle su yalıtım malzemeleri üretmektedir. Su yalıtımı için doğala en yakın çözüm olması da bu malzemenin seçimini etkilemektedir.

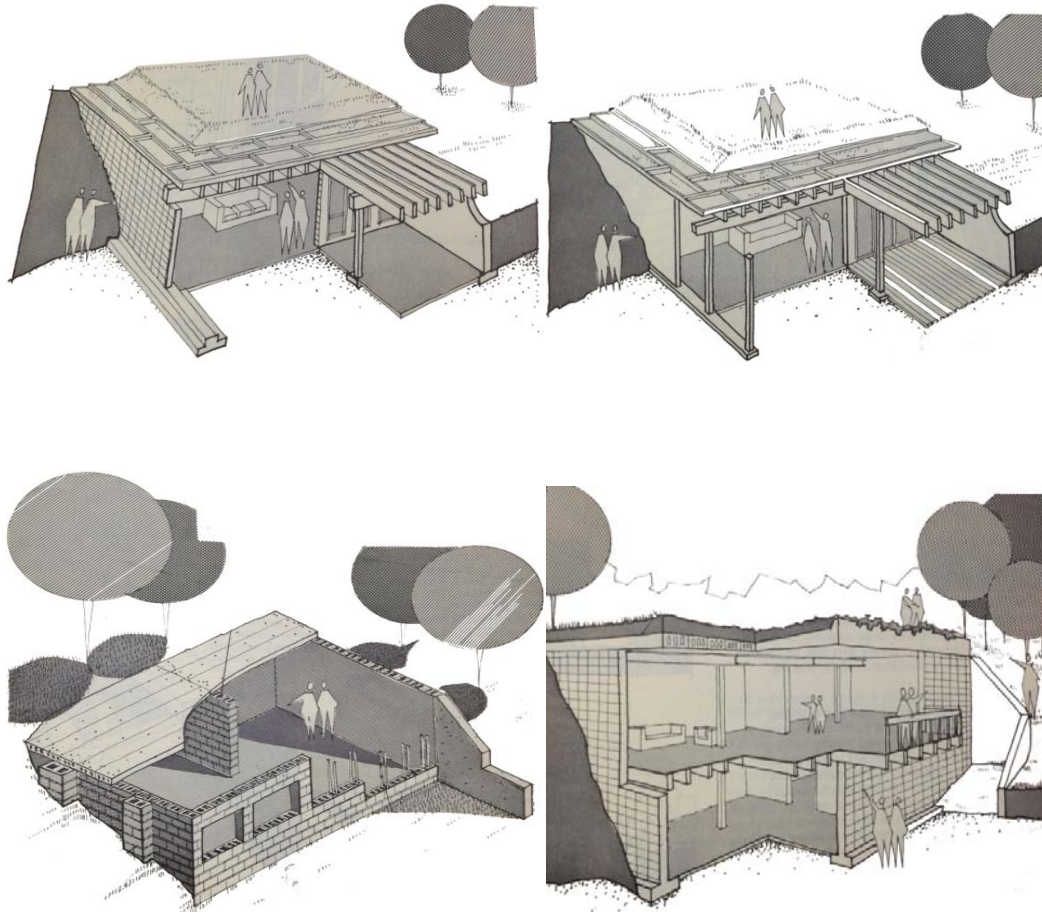
Mükemmel membran, tamamen doğal, düşük gömülü enerjiye sahip, ucuz, uygulaması kolay ve en az 100 yıl sorunsuz servis verebilen bir malzemedir. Rob Roy'un (2009) bu tanıma en çok uyduğunu düşündüğü malzeme ise, İskoçya'nın Orkney Adası'ndaki Neolitik insanların mezar odalarına uyguladıkları ve 5000 yıl boyunca su geçirmez yapısını kaybetmeyen malzemedir. Bu büyük bindirmeli kemer şeklindeki kuru taş yer altı mezarları, ince bir tabaka halinde kaliteli kil ile kaplanmıştır. Yapı su geçirmezliğini Viking dönemine kadar sürdürmüştür.

3.3 Yapı Malzeme ve Elemanları

Konstrüksiyon malzemeleri, alanın karakteristiğine, iklimine, toprak yapısına ve tasarıma bağlı olarak her yapı tipi için farklılık göstermektedir (Şekil 3.21). Malzemeler çevresindeki zeminin nem ve basınca karşı dayanacağı, yalıtım için iyi bir yüzey sağlamak zorundadır. Toprak ıslak ya da donmuş olduğunda, zemindeki ve duvarlardaki basınç da artmaktadır. Basınç aynı zamanda derinlikle de artmaktadır. Bu sebeple beton, betonarme, ahşap ve çelik gibi malzemeler bu tarz yapılar için

uygundur. Taşıma masrafını azaltmak amacıyla, eğer uygun malzeme yerel olarak sağlanabiliyorsa, bunların seçilmesi gerekmektedir (NREL, 1997).

Toprak örtülü bir yapının yapısal sistemleri, zemin üstü emsallerine oranla, toprağın ve kar yükünün yüksek taleplerini karşılayacak nitelikte olması gerektiğinden, çok daha güçlüdür. Güçlü ve etkili yapısal sistemler, kasırga, dolu fırtınası, fırtınalardan dolayı oluşabilecek, yapıdaki eksiklikleri en aza indirmektedir (Baum ve diğerleri, 1980).



Şekil 3.21: Yapı Malzeme ve Elemanları – Ahşap strüktür, Ağır ahşap strüktür, Betonarme strüktür, Takviyeli betonarme strüktür (Baum ve diğerleri, 1980).

Toprak örtülü yapılarda kullanılan en yaygın malzeme ise betondur. Yalnızca güçlü olması değil, uzun ömürlü ve yanmaya dayanıklı olması da betonun seçilmesindeki önemli etkenlerdir. Betonun birçok farklı formu bulunmaktadır.

Beton, basınç altında güçlü, gerilim altında ise kolayca başarısız olabilen bir malzemedir. Çelik, yüksek gerilme kuvvetlerine karşı dahi oldukça dayanıklıdır. Beton-çelik birleşimi ise, ideal bir çatı malzemesi olarak ön gerilmeli ön dökümlü beton plakları ortaya çıkarmaktadır (Baum ve diğerleri, 1980).

Çizelge 3.6’da, toprak örtülü yapılarda ihtiyaç duyulan bazı temel işlevlerin sağlanması amacıyla yapılan uygulamalar ve bunlar için gerekli malzeme ve teknikler gösterilmektedir.

Çizelge 3.6: Çözümlerin temel fonksiyonlarından analiz (Url-11).

Temel işlev	Destek elemanları	Öncelikli tercih	Nedenleri	Gereksinimler	Çözümler
Kuruluk	Su yalıtımı...	Plastik membran ve toprak	-Estetik, Düşük görünürlük ve doğal uyum -Esnek tasarım olanakları -Kolay -Ucuz	-Delinmeye karşı koruma -UV ışınlarından koruma	Samandan sonra sandviç membran ve ağır plastik
Kuruluk	...oturtma çatı,	Yuvarlak odundan yapılmış ahşap çerçeve	-Yenilenebilir, düşük enerjili malzeme. -Biçilmiş keresteden daha düşük gömülü enerji. -Estetik açıdan ilgi çekici -Uygulanabilir.	Kare parçaların entegre edilmesindeki başarı (örneğin, kapı kasaları, vs.)	Diğer parçalar için, yumuşak, kare olmayan materyallerin kullanılması (duvarlar, çatı vs.) Yaratıcı olması
Isıtma	Isı kaynağı ile...	Kütük ocağı	-Yenilenebilir, fosil olmayan yakıt -Bol miktarda yerel kaynak -Açık ateşten daha verimli -Halihazırda biliniyor oluşu	Bacalı şömine	Şömine, ocak ya da baca ve termal depo yapmak için hafriyattan elde edilen taşların kullanılması
Isıtma	...ısıyı tutma/ sızdırmama	Saman balyası yalıtımı	-Ürün tarafından doğal olarak sağlanan düşük gömülü enerji -Esnek tasarım imkanları -Kolay -Ucuz	-Hava koşullarından, hayvanlardan ve yangından koruma -Nefes alınabilir olma	-Samanın toprak üstünde olduğu yerde kireç sıvası kullanma -Samanın yere degecek şekilde ya da yerin altında olduğu yerlerde, hava boşluklarının kullanılması

3.4 Toprak Örtülü Yapıları Değerlendirmede Kullanılan Kriterler

Tüm literatür araştırması ve incelemeler çerçevesinde, değerlendirme kriterleri ortaya konulmuştur. Ortaya konulan kriterler ile Sürdürülebilir Alanlar Girişimi'nin kriterlerinin örtüşmesi sonucunda, puanlama ve değerlendirmenin Girişim'in kriterlerine uygun olarak yapılması uygun görülmüştür.

Sürdürülebilir Alanlar Girişimi'nin puanlama sistemi 51 kredi temel alınarak, 250 puan üzerinden hesaplanmakta ve Girişim'in Yol Gösterici İlkeleri'ni temel almaktadır(ASLA; the Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009).

Peyzajlar, dinamik ve yenilenebilir sistemlerdir. Bitki örtüsü büyür ve olgunlaşır, bakım uygulamaları gelişir ve mücavir alan kullanımlarının zaman içinde değişmesi gibi, bahsedilen alanın çevresiyle ilişkisi de değişir. Bu kapsamda, Girişim'in sertifikasyon sürecinde projeye uygun uzun dönem bakım planlarının da dâhil edilmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir Alanlar Girişimi'nin değerlendirme sistemi ve öngörülen puanlar aşağıda verilmektedir (ASLA; the Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009):

2009 Değerlendirme Sistemi: 250 Puan Toplam

1 yıldız: 100 puan (toplam puanın 40%'ı)

2 yıldız: 125 puan (toplam puanın 50%'si)

3 yıldız: 150 puan (toplam puanın 60%'ı)

4 yıldız: 200 puan (toplam puanın 80%'i)

Bu sisteme göre, puanlama ve kredi ağırlıkları alanın iklim zonunun çeşitliliğine, coğrafik alanlarına ve proje tipine göre –kamusal ya da özel alan olması, yeşil alan, terk edilmiş endüstri bölgesi, greyfield, kentsel alan, banliyö, kırsal alan, ticari, konut, kültürel/tarihi, küçük ya da büyük boyutlu olup olmaması gibi- değişmektedir.

Ön koşullar ve krediler, alan geliştirme süreci temel alınarak oluşturulmuştur (ASLA; the Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden, 2009). Bu kapsamda, toprak örtülü yapıları değerlendirmede gerekli kriterler 9 bölümde incelenmektedir:

1. Yer seçimi: Çeşitli sebeplerle kullanılmayan alanların yeniden değerlendirilmesi, bu alanların mevcut topluluklar içerisinde ya da yakınında olması ve ulaşımın fosil yakıtlara ihtiyaç duymadan sağlanabilir olması ya da bu fosil yakıtlı araçların minimum kullanımına olanak sağlayacak alanların seçimi.

2. Ön tasarım değerlendirme ve planlama: Alan tasarım aşamasında tüm paydaşların ortak çalışması sonucu geliştirilmiş planlamalar.

3. Alan Tasarımı—Su: Peyzajda kullanılan sulama suyunun azaltılabilmesi, sulak alanların korunması ile bozulmuş olanların geri kazanımının teşvik edilmesi, yağmur suyu yönetimi gibi alanda su ile ilgili her türlü sürdürülebilirliği teşvik edici uygulamaya olanak sağlayacak tasarımlar geliştirilmesi.

4. Alan Tasarımı —Toprak ve bitki örtüsü: Tasarım ve uygulama sırasında toprağın ve mevcut bitki örtüsünün korunması ya da rehabilite edilmesi, yerel bitki kullanımı, yapının ısınma-soğuma sırasında harcadığı enerjiyi azaltmak amacıyla bitki örtüsü kullanımı ile kentsel ısı adası etkisinin ve orman yangınlarının azaltılmasına yönelik uygulamaların tasarıma dâhil edilmesi.

5. Alan Tasarımı —Malzeme seçimi: Mevcut yapı, peyzaj ve sert zemin uygulamalarının korunması, kurtarılabilir malzemelerin yeniden kullanımı ile geri dönüşümlü malzeme kullanımı ve sürdürülebilir uygulamaların desteklenmesi.

6. Alan Tasarımı —İnsan sağlığı ve refahı: Adil alan gelişimi ve kullanımı ile sürdürülebilirlik bilinci ve eğitiminin teşviki, tarihi ve kültürel alanların korunması ve bakımı, alanda erişilebilirlik, güvenlik ve yön bulmanın sağlanması, dış mekân fiziksel aktiviteleri için olanak sağlanması, dış mekânlar sağlanması ve ışık kirliliğinin azaltılmasına yönelik tasarımlar geliştirilmesi.

7. Konstrüksiyon: Alandaki mevcut toprak ve bitki örtüsünün yeniden kullanımı, geri dönüştürülmesi ve eğer bozulmuş ise rehabilite edilmesi, bertaraf edilmesi gerekli inşaat ve hafriyat malzemelerinin yönlendirilmesi, inşaat sırasında hava kirleticilere maruz kalmayı en aza indiren tasarımlara yönelme.

8. İşletme ve bakım: Alanın işletme ve bakımı sırasında ortaya çıkmış olan organik maddelerin geri dönüştürülmesi, dış mekân enerji tüketiminin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, yerel hava kirleticilere maruz kalma ile sera gazı oluşumunun en aza indirilmesi ile yakıt tasarruflu araçların kullanımının teşvikini ön gören tasarımların uygulanması.

9. İzleme ve Yenilik: Sürdürülebilir tasarım uygulamalarının performansının izlenmesi ile yenilikçi tasarımlar oluşturulması.

Bu bölümler, sürdürülebilir bir alan elde etmenin henüz tasarım başlamadan önce, uygun bir alan seçimiyle başladığını, etkili ve uygun işletme ve bakım ile de sürdürüğünü göstermektedir. Son bölümde ise, olağanüstü performansı ödüllendiren ve uzun vadeli sürdürülebilirlik bilgilerini geliştirmek amacıyla sürdürülebilir uygulamaları zaman içinde izlemede kullanılan projeleri teşvik etmektedir.

Bu kriterler çerçevesinde, incelenmiş olan toprak örtülü yapı örnekleri tekrar değerlendirilmiştir. Hakkında net bilgilerin bulunmadığı kriterlere “0” puan verilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar tablollaştırılarak Ek B’de gösterilmiş ve araştırmamızın sonucunda çıkan fikre katkı sağlamıştır.

4. ÖRNEK İNCELEMELERİ

“1959 yılında, Tallesin West’te, bu küçük açık hava tiyatrosunda, sıcak çöl güneşinden çıktığımda, yer katmanının altında aniden sakin ve rahat olduğumu fark etmeden önce, Frank Lloyd Wright’ın dehası, bir tasarımı küçük detayların içerisine taşıma kabiliyeti karşısında bir-iki dakikalığına şaşkınlığa düştüm. Mesajı almam sadece 5 yılımı aldı. 1964’te, birden zekice ve orijinal bir fikre kapıldım: yapılar yeraltında olmalı.”

Malcolm Wells.

Wells, 1960’ların çevre bilincinin onu bu çözüme ittiğini ifade etmektedir. Wells’e göre, gerçek ve uygun bir mimarının hedefi, ‘görünmezlik’ olmalıdır. Bu bilinçle inşa edilmeye başlanan modern dönem toprak örtülü yapılar, genel itibarıyla Amerika’da Frank Lloyd Wright öncülüğünde başlamış ve özellikle Malcolm Wells ile daha ön plana çıkmıştır.

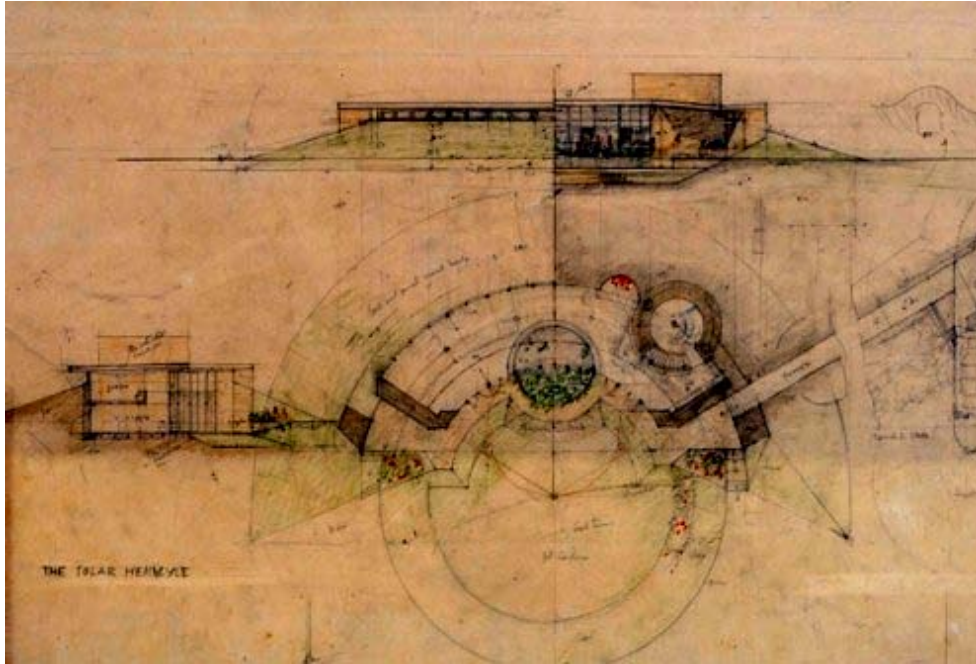
İncelenen örnekler genel olarak ABD’den seçilmiştir. Sebebi ise, toprak örtülü evlerin modern dönem yorumlarına sıkça rastlanması ve Homestead Act döneminden başlayarak İkinci Dünya Savaşı dönemlerindeki bodrum katlara ve ardından gelen Litosferik Yaşam alanlarına düzenli bir sıra ile topraktan faydalanan yapıların gelişiminin izlenmesidir. Bunun yanı sıra bu tarz yapıların hemen her bölgede yaygın olarak görülüyor oluşu ile bu akımın öncülerinin gerçekleştirdikleri çalışmaların ABD’de bulunması da çalışmayı bu bölgeye itmiştir.

İsteyen herkesin, inşaat işi ile ilgili olsun ya da olmasın, kendi toprak örtülü yapısını inşa edebildiği bu ülkede, toprak örtülü yapı örnekleri rastgele değil, bu akımın son dönem öncülerinden Malcolm Wells’in ve onu oldukça etkileyen Frank Lloyd Wright’ın tasarımları üzerinden incelenmiştir. Karşılaştırma amaçlı seçilen son örnek ise bir yeşil çatıdır. Birçok başarılı yeşil çatı tasarlamış olan Michael Van Valkenburgh Ortaklığı A.Ş. tarafından tasarlanan ASLA Merkez Binası, yeşil çatı sisteminin işleyişinin sürekli izlendiği bir örnek oluşu ve incelenen diğer toprak örtülü yapı örnekleri ile hemen hemen aynı bölgede bulunması sebebiyle seçilmiştir.

Bu kapsamda 6 adet yapı incelemeye alınmıştır. Bunlardan 4 tanesi Malcolm Wells imzası taşırken, 1 tanesi ise bu konuda bir öncü olan Frank Lloyd Wright'a aittir. Son örnek olan yeşil çatı projesi ise Michael Van Valkenburgh Ortaklığı A.Ş.'ye aittir. Tüm örneklerin ortak özelliği ise, günümüzde hala kullanılabilir vaziyette olmalarıdır. Örneklerin 3 tanesi yerinde incelenmiş, diğer 3'ü ise literatür taraması ile analiz edilmeye çalışılmıştır.

4.1 Solar Hemicycle (Jacobs Evi II) (1943)

Frank Lloyd Wright'ın 1940'ların başlarında Middleton'ın bir banliyösünde, Madison, Wisconsin'de tasarladığı toprak örtülü bir yapıdır. Madison'un -40°C'lere inen sert kış ikliminin etkilerini en aza indirmek için önceki elli yıl boyunca geliştirilmiş fikirlerin birçoğunu bu yapıda kullanmıştır (DeBord ve Dunbar, 1985). Pasif solar tasarımın öncü yapılarından. Şekil 4.1'de bu yapının plan ve kesitleri gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Solar Hemicycle Plan ve Kesit (Url-16).

Frank Lloyd Wright'ın 'Usonian Evleri'nden ilkidir. Diğer örnekleri de Galesburg, Michigan; Bethesda, Maryland; Tallahassee, Florida; ve Virginia Beach, Virginia'da bulunmaktadır. Bu yapıların tamamı iklimsel koşullar göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Aynı zamanda her biri Usonian yapı tipinin birçok karakteristiğini

bünyesinde barındırmaktadır. Wright'ın teorisinin yerel uygulamasının ifade biçimi, mimaride eğrisel formların kullanımı üzerinedir (Cleary ve Rankin, 1993).

Birçok yapı, bir seferde yalnızca bir cepheden güneşi yakalayabilirken, Usonian Evleri yapı ve konumlandırılışı itibariyle güneşten maksimum fayda sağlayabilmektedir. Bu sayede de gün boyu yapının büyük bölümü iyi şekilde ışık almaktadır.

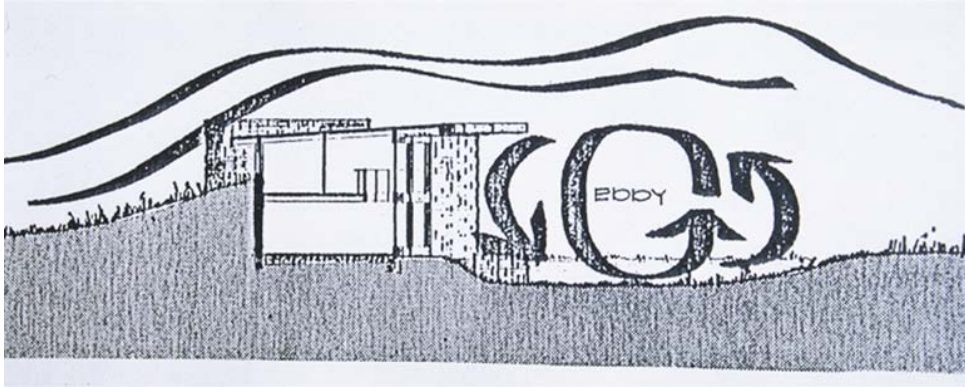


Şekil 4.2: Solar Hemicycle (Url-17).

Yapı, Wisconsin'in olağanüstü iklim koşullarına uygun olarak tasarlanmıştır. Yılın farklı zamanlarındaki güneşin farklı yüksekliklerinden faydalanmak amacıyla yarım daire şeklindedir (Şekil 4.2). Yapının güney cephesi güneşe maruz kalma süresini en üst düzeyde tutmak adına tabandan tavana komple cam ile kaplıdır. Bu camlar, yaz aylarında tamamen açılarak, havalandırma sağlamaktadır. Soğuk rüzgârları engellemek için ise kuzey cephe toprak ile setlenmiştir. Setler, güney cephenin tamamen güneşten faydalanmasına olanak sağlayacak şekilde, yapının güney cephesine doğru eğimli bir şekilde inmektedir (DeBord ve Dunbar, 1985). Bu setlenme yapının üst kısmına kadar ulaşmamaktadır. Yalnızca, setin üst kısmında kuzey cephede bulunan şerit biçiminde sıralanmış pencereler soğuk kuzey rüzgârlarına maruz kalmaktadır.

Birinci kat, güney zemin seviyesinin 45 cm altındadır. 14.6×5.48 m ebatındaki güney cephede bulunan pencerelerden az mesafede uzak; dış alan olarak kullanılan çöküntü alanı bulunmaktadır. Kuzey cephenin setlenmiş olması, yapının yarım daire şeklinde

tasarlanması ve güney tarafındaki çöküntü alanı faktörleri sayesinde, yapının güney tarafında az miktarda kış rüzgârı oluşmaktadır (DeBord ve Dunbar, 1985) (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Solar Hemicycle’ın Güney Cephesindeki Hava Sirkülasyonu (Url-17).

Wright aynı zamanda yaz güneşinin yapıya fazla miktarda nüfuz etmesini önlemek amacıyla çatı çıkıntıları tasarlamıştır. Fakat bunun yanı sıra, bu çatı çıkıntıları düşük açılı kış güneşinin fazla miktarda yapıya ulaşmasına da izin vererek kış aylarında da pasif enerjinin maksimumda kullanımına olanak tanımaktadır. Bu çıkıntılar sayesinde kar ve yağmur yükleri de tutulmakta ve yapıya doğrudan gelişi engellenmektedir.

Kuzeyden yapıya girilmek istendiğinde (Şekil 4.4), ziyaretçileri eğimli bir yoldan güney cephedeki girişe ulaştıran bir tünel bulunmaktadır. Bu cephe, ahşap bir çerçeve içine yerleştirilmiş kalın cam pencerelerden oluşmaktadır. Giriş katın pencereleri dikey dikdörtgen iken, üst katın pencereleri ise daha kare yapılıdır. Çatısı düz olup, geniş bir saçağa sahiptir. Güney cephenin dış çizgisini takip eden dar bir teras sahiptir. Bu teras ilerledikçe geniş bir çöküntü zemine düşmektedir. Bahçe duvarları, çok renkli yer örtücü bitkilerle bitkilendirilmiştir (Cleary ve Rankin, 1993).

Solar Hemicycle, yarım daire planlı, yatay ve dikey olarak iki katlı ve tek bir iç bükey yay şeklinde ve yaklaşık 4 m yüksekliğinde camı ve güneye açılan dairesel bir çöküntü bahçesini ve Wisconsin bozkırlarını kapsayan bir yapıdır (Şekil 4.5). Ön tarafta bulunan çöküntü alan güney cephede bulunan geniş pencerelerden kar ve rüzgârın yönünü değiştiren hava basıncı farklılığını yaratmak amacıyla düz bir berming ile birleşirken; kuzey, doğu ve batı alanları soğuk kuzey rüzgârlarına karşı

evi korumak amacıyla ikinci kattaki asma pencerelerin yüksekliğine doğru setlenir (Sprague, 2001).

İç alt kat kısmı gelen parlak solar enerjinin doğrudan emme ve dönüşümü için beton zemin döşeme içerir. Zemin içine gömülü olan, güneşle ısınan zemine destek sağlayan ek yedek ısıtma için parlak kazan ısıtılmalı sistemdir. Tüm iç duvarlar termal enerji değişimi ve iç sıcaklık istikrarı için düzensiz ve genişletilmiş yüzey alanı sağlayan Wisconsin kireç taşıdır. Isı ve hava dağılımının her tarafta eşit olmasına izin veren, alt katın tüm genişliği boyunca bölünen duvar olmayışıdır. Yaz aylarındaki doğal soğutma, dış mekândaki büyük miktardaki toprak set ve iç mekânı etkileyen termal kütle kadar güney cephedeki cam yüzey üzerinde bulunan gölgelendirme çıkmaları ile de desteklenmektedir (Sprague, 2001).

Yarım daire şeklindeki plan esasında, düz yapılı güneye bakan bir yapıya oranla %8 civarında daha az güneş enerjisi elde etmektedir. Fakat yay biçimindeki plan, soğuk rüzgârları yapının çevresine ve ısı kayıplarını azaltan güneydeki camlardan uzağa yönlendirirken, kuzey duvar için destek sağlamakta ve yapısal maliyetleri azaltmaktadır. İlkbahar ekinoksunda gün doğumundan batımına yapıya nüfuz eden güneşin açıları Şekil 4.6’da gösterilmektedir. Bunun dışında yarım daire şekli, aynı oda içinde ayrı mekânlarda bulunma hissi uyandırırken, yay boyunca iç mekândaki bölünmemiş boşluklarda dahi görsel bir gizlilik sağlamaktadır. Yapı ilk başta, tek parça cam ve set seviyelerinin üzerinde ve tavanda asgari yalıtım ile birlikte günün normuna uygun bir biçimde inşaa edilmiştir. 1980’lerde yapının yeni sahipleri bu camları çift bölmeli camlar ile değiştirmiş, çatıya dış yalıtım ilave ettirmiş ve termal gece perdeleri kurdurtmuştur (Url-17).

Yapının üçüncü ve son sahipleri tarafından dikkatli bir şekilde enerji kullanım kayıtları tutulmuş ve termal yük hesapları ile birleştirilerek yapının pasif solar performansının belirlenmesi sağlanmıştır. Tüm Wisconsin kışı için, yapının pasif solar özellikleri ile fırında kullanılan enerjinin %53’lük kısmından tasarruf edilmesi sağlanmıştır. Aylık tasarruf, ortalama kullanılabilir güneş radyasyonu ile çok yakın bir ortalama denk gelmektedir(Url-17).

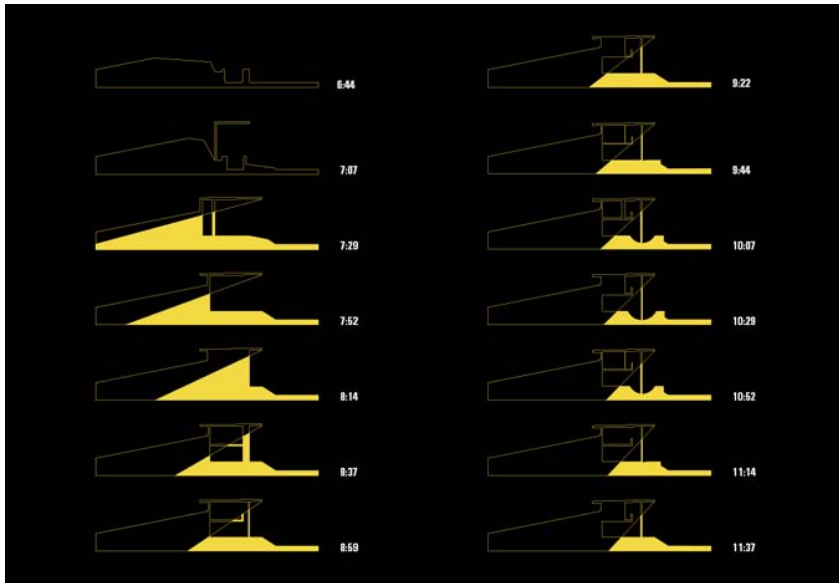
Solar Hemicycle, 1970’lerde ciddi ölçüde tamire muhtaç duruma düşmüştür. 1983 yılında tarihi koruma alanında yapmış olduğu iş ile bir “City-County” Ödülü sahibi William Taylor tarafından restore edilmiştir (Cleary ve Rankin, 1993).



Şekil 4.4: Zaman İçinde Solar Hemicycle Giriş (Url-18), (Url-19).



Şekil 4.5: Solar Hemicycle Görünüş (Url-19).



Şekil 4.6: İlkbahar ekinoksunda gün doğumundan batımına yapıya nüfuz eden güneşin açıları (Url-20).

4.2 Cherry Hill Ofis (1971)

Malcolm Wells'in daha önce bahsedilen “Marjinal alan” mantığı ile yapılmış, aynı zamanda ilk yer altı tasarımı olan Cherry Hill, New Jersey'deki ofis yapısı incelenmiştir. Yapının konumu Şekil 4.7'de gösterilmektedir. Bu ofisin bugünkü yeri, yapılmadan önceleri çöplük/çöp toplama alanı iken, buraya nihai arazi ıslahı projesi olarak günümüzde de varlığını sürdüren ofis yapısı inşa edilmiştir.



Şekil 4.7: Cherry Hill Ofis'in Otoyollara ve Çevredeki Yapılara Göre Konumu.



Şekil 4.8: Ofisin Alan İçerisindeki Görünüşü (Öztürk Sarı, 2013).

Bu örneğin incelenmesinin en önemli sebeplerinden biri, bu tarz yer altı yapılarının ve toprak örtülü yapıların şehrin dışında genelde büyük araziler içinde ya da banliyölerde, küçük yerleşimlerde bulunması olağan iken, New Jersey gibi büyük bir eyaletin en önemli semtlerinden biri olan Cherry Hill'de konut bölgesinde bulunmasıdır (Şekil 4.8). Böylece, istendiğinde bu tarz yapıların şehrin içerisinde de uygulanabileceği ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.9'da yapının dış görünüşü gösterilmektedir.



Şekil 4.9: Cherry Hill Ofis Dış Görünüş (Öztürk Sarı, 2013).



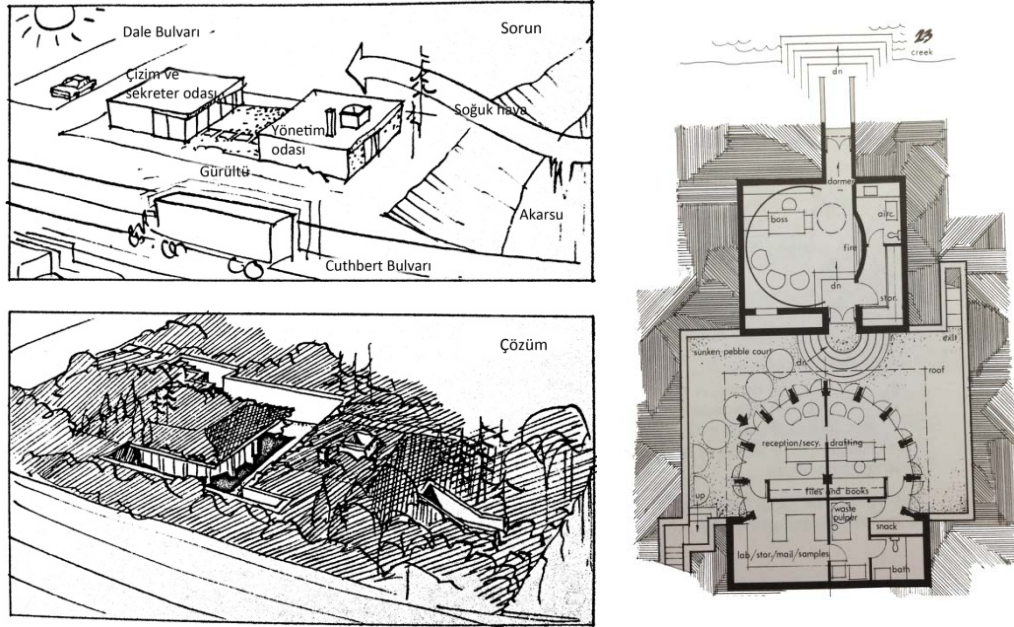
Şekil 4.10: Cherry Hill Ofis Avlu (Öztürk Sarı, 2013).

18×27,5 m²'lik bu küçük alan, devlet otoyolu departmanı tarafından çeşitli kaplama materyalleri için depo alanı olarak kullanılmış, kullanışsız bir alandı. Bir tarafında 6 şeritli otoyol, diğer tarafında ise oldukça kötü, kirletilmiş bir dere vardı (Wells, 1998) (Şekil 4.11(a)).

Bu yapıda ayrıca, toprağın tek başına yeterli bir yalıtım malzemesi olmadığı anlaşılmıştır. Dış kapıya yakın kısımlarda, soğuk havalarda yüzeyde buzlanma olmaktaydı. Eğer yapı güney yönüne baksa ve düzgün şekilde bir yalıtım yapılmış olsaydı yapının kendiliğinden ısıtması çok daha iyi olabilirdi. Fakat yine de aynı boyutlardaki zemin üstü, izolasyonu iyi yapılmış bir yapı ile karşılaştırıldığında, ısınma için daha az yakıt kullanılmakta olduğu görülmüştür (Wells, 1998).

Ofis, birbirinden ayrı iki yapıdan oluşmaktadır. Önceleri açık bir avlu olan ofisin ilk yapısı, sadece 6 m uzaklığındaki kamyon trafiğine rağmen oldukça sessiz, açık bir avlu şeklindedir. Diğer yapının iç odalarında ise, yine aynı şekilde mutlak bir sessizlik hâkimdir (Wells, 1998) (Şekil 4.10), (Şekil 4.11(b)).

Yapı kent içindeki kalabalık ve kaosu aksine, sakinlerine sessiz ve huzurlu bir ortam sağlamasının yanı sıra, yaban hayatı için de güzel bir ortam oluşturmaktadır. Ekolojik bir durak niteliğinde düşünülebilmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.11: (a) Cherry Hill Ofis'in Sorun-Çözüm Analiz Eskizi (Wells, 1998). (b) Cherry Hill Ofis Plan (Wells, 1998).

Malcolm Wells, başka bir alandan üst toprak getirmek yerine, oluşturma'nın mümkün olup olmadığını merak etmiş ve böyle bir olasılığı değerlendirme yolunu seçmiştir. Tuğla ve beton yapı, 1/16" inç levha ile su geçirmez hale gelir gelmez, hafriyat yapıldığı zaman depolanan cansız alt toprak ile yeniden doldurulup kaplandı. Yakındaki bir şehir çöplüğünden tonlarca yaprak getirilerek bu toprağın üzerine serpiştirildi. Bir miktar sarılcı bitki ve *Juniperus* uygulamanın etkisinin görülebilmesi için ekildi fakat alan ağırlıklı olarak yapraklar içinde bırakıldı. Bir sonraki baharda alan, gübre ve bitkisel toprak olmaksızın her türlü yabani ot ve çiçekle kaplanmış yeşil bir alan halini almıştı (Wells, 1991) (Şekil 4.13).



Şekil 4.12: Ofisin İkinci Yapısının Çatısından Alan Görünüşü (Öztürk Sarı, 2013).



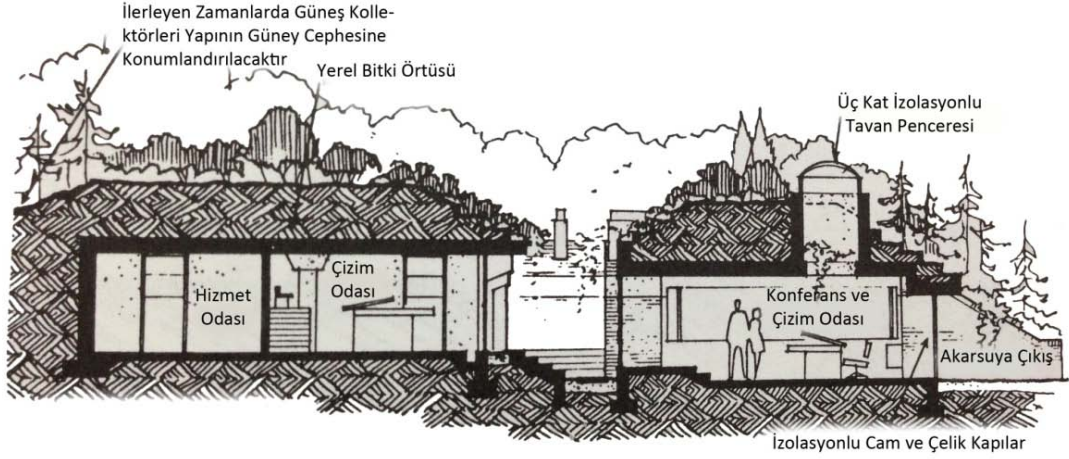
Şekil 4.13: Ofis Yapısı Üzerindeki Vejetasyon (Öztürk Sarı, 2013).

Yapının bugünkü kullanıcıları olan Red Oak Tasarım Ofisi'nin alan notları ve kullanıcılar ile yapılan görüşmenin detayları şu şekildedir:

Çevresindeki yoğun araç trafiğine rağmen oldukça sessiz olduğu gözlemlenen bu yapı, gün ortasında oldukça aydınlıktır. Şehrin merkezinde ve diğer geleneksel tipteki evlerin yanı başında, merdivenden inildiği anda farklı bir ortamda olduğunu hissettirmektedir. Bunun yanı sıra, dışarıdan bakıldığında ilk bakışta yapı fark edilememektedir. Üç sıralı yapı bloğunun yanında duran küçük bir tepecik gibi duran yapı, çevresindeki yabani otların devamını üzerinde bulunan toprak örtülü çatısında bulundurmaktadır. Ayrıca arkasında bulunan derenin etrafındaki doğal bitki örtüsü de çatıda kendisini göstermektedir. Yapının ikinci kısmı olan konferanslara ayrılmış olan daha korunaklı oda, dışarıya açılan bir pencereye sahip olmadığından burada, aydınlatma için ışıklık kullanılmıştır. Bu oda da gayet aydınlık ve ferahdır.

Tasarım ofisi'nin sahibi Stuart Ross'un verdiği bilgilere göre; yapı yaz aylarında dış ortamın aksine oldukça serin iken, bu kış aylarında da değişmemekte ve dış ortam ile aynı seviyelerde seyretmektedir. Yani yapı yaz ve kış tüm yıl boyu oldukça serindir. Fakat buraya oldukça yakında yaşayan sekreterin söylediğine göre, bu yapı kış aylarında hiçbir şekilde geleneksel bir yapıya göre daha soğuk ya da daha karanlık olmamaktadır.

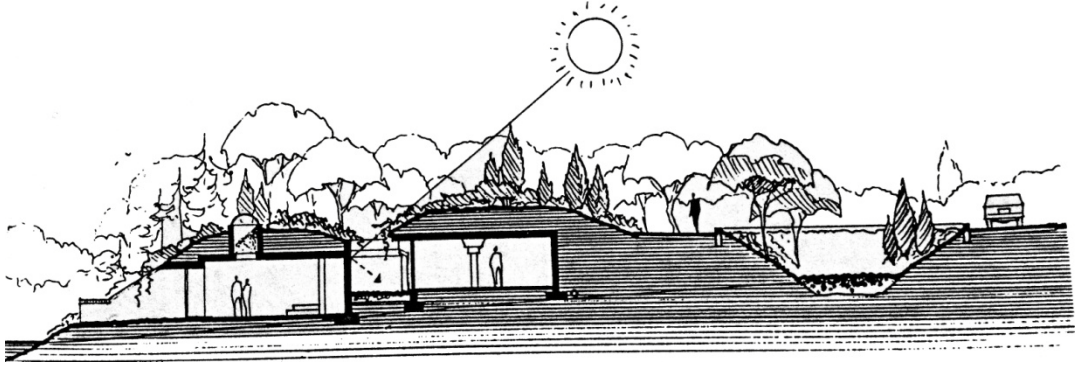
Bu tasarım ofisi yıllardır bu yapı üzerinde herhangi bir restorasyon ya da tadilata ihtiyaç duymazken (özellikle de çatı için), sadece ofis yapısının banyosunda değişiklik yapıldığını belirtmişlerdir. Bunun dışında da herhangi bir tadilattan haberdar değildir.



Şekil 4.14: Cherry Hill Ofis Batı Cephe Kesiti (Wells, 1998).

Yapıda rutubet giderici bir alet kullanılmaktadır. Ayrıca zemine, radyan sıcak su boruları yerleştirilmiş ve bunun yanı sıra isteğe bağlı olarak, doğal gazdan da sıcak su elde edilmektedir.

Yapının yeşil çatısını ise bitki büyütmek için ekstra bir alan olarak görmektedirler. Ayrıca kiremit ve ahşap kaplama olmadığından, toprakla kaplanması dolayısıyla ısı kaybının da olmadığını söylemektedirler. Yağmurlu ve karlı günlerde de çatı ile hiçbir problem yaşanmadığı bu sistemin son derece sorunsuz olduğu eklenmiştir.



Şekil 4.15: Cherry Hill Ofis Doğu Cephe Kesiti (Wells, 1998).

Çatıda kullanılan toprağın alandaki kazıdan arta kalan toprak olduğunu, bitkilerin de doğal floradan olduğunu söyleyen Ross, gün içinde doğal aydınlatmanın muhteşem olduğunu fakat ısıtmanın çok iyi olmadığını belirtmektedir.

Bunların yanı sıra, Ross'un söylediğine göre, New Jersey eyaletinde bu tarz yapıları ve çatıları destekleyici hiçbir düzenleme ve teşvik bulunmamaktadır.

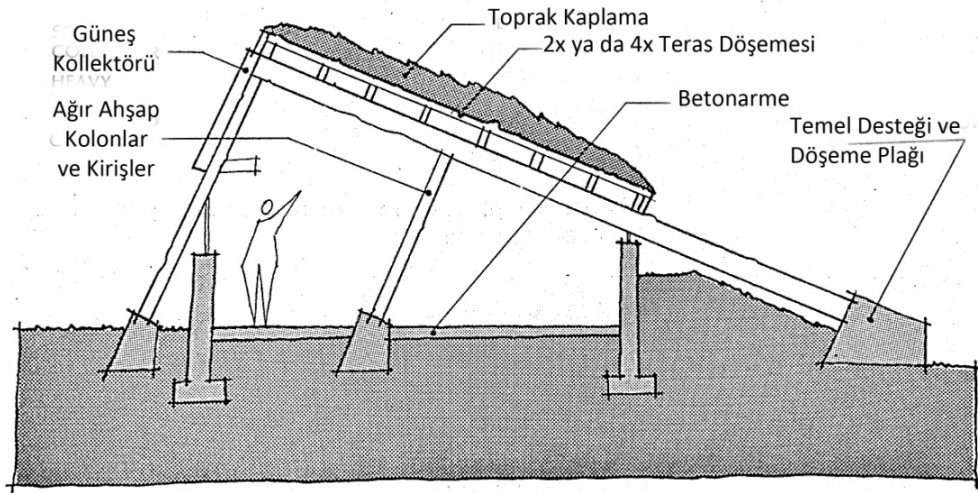
Yapının batı ve doğu cephe kesitleri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te verilmektedir.

4.3 Solaria (1974)

“Bütün kış boyunca... Yapının sahiplerinden duyacağımız bir söz için bekledik. Ocak. Şubat. Mart... Sonunda Bob bizi ziyaret etti ve hepimiz sorduk ‘Evet?’ ‘Hiç harici ısı kaynaklarını kullanmadık.’ Ve böylece ilk gerçek kanıtımıza sahip olmuştuk. Bu kayıtlı koşullar altında, Amerika’nın kuzeydoğusunda dahi, güneş enerjisi ve toprak örtü güçlü bir kombinasyon oluşturmaktadır.” Malcolm Wells (Url-21).

Malcolm Wells tarafından, 1974 yılında New Jersey’de tasarlanmış olan, en ünlü enerji etkin konut tasarımlarından biridir.

Uzun ve dar yapının 4.87m yüksekliğindeki güneye bakan duvarı güneş kollektörlerinden oluşmaktadır. Çatısı 61 cm kalınlığında toprak ile kaplıdır. Kuzeye bakan duvar çoğunlukla gömülüdür (Url-21). Yapının enine yapısal kesiti Şekil 4.16’da gösterilmektedir.



Şekil 4.16: Solaria Enine Yapısal Kesit (Baum ve diğerleri, 1980).

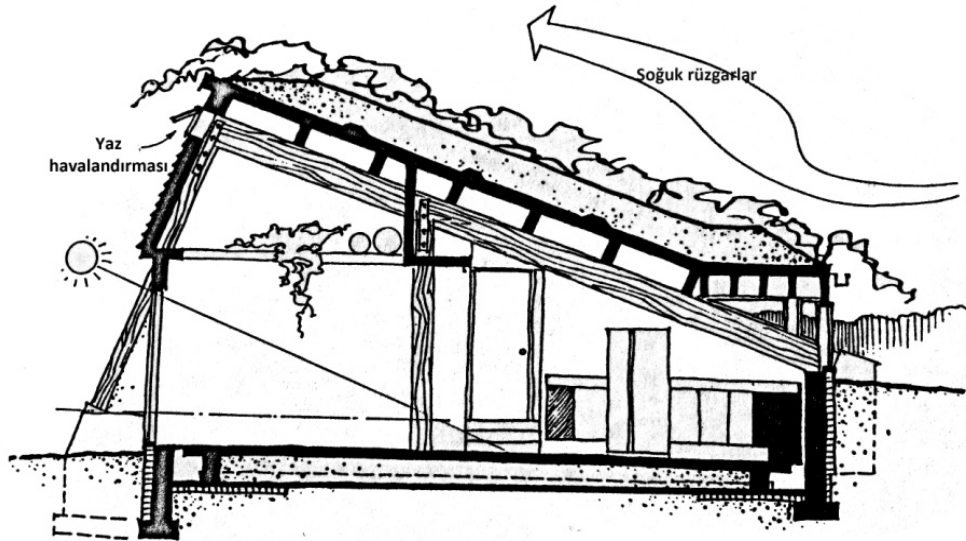
Yapımında, değişik bir tarzda ağır ahşap kullanılmıştır. Bu ağır ahşap taşıyıcı sistemin yapılandırılmasının birçok avantajı bulunmaktadır. Zemin çizgisi, eğimli kolonlar ve ana çatı kirişinden oluşturulmuş olan üçgen formu, yük altında oldukça işlevseldir. Üçgen oldukça dengeli bir formdur. Güney cephenin eğimli olması, güneş kollektörlerinin montajını oldukça kolay hale getirmektedir. Eğim sayesinde kollektörleri yüzeye yatırmada ilave yapılara ya da çerçevelere ihtiyaç duyulmamaktadır. Yapının formu, ilginç iç mekânlar da oluşturmanın yanı sıra, düz

çatılardaki su göllenmeleri gibi potansiyel problemleri de kendiliğinden ortadan kaldırmaktadır (Baum ve diğerleri, 1980).

Yapı sahiplerinin fazla denenmemiş özgün bir yapı istemelerine karşılık uygulanmış bu tasarımın ana çıkış noktası güneş enerjisi ve toprak ile örtülü olmasıdır. Fakat toprak örtüsünden kaynaklı bir takım problemler ortaya çıkmıştır.

Malcolm Wells, daha önce bu derece eğimli bir çatıya hiç toprak yığmadığını, birkaç deneme yapılmadan sonra, kauçuk su yalıtım levhalarının altına yatay bağlantı levhaları eklenerek yığılmış olan toprağın çatıda kalmasının sağlandığını kitabında belirtmiştir (Wells, 1998).

Güneş enerji sistemi için, oldukça basit, Dr. Harry Thomason tarafından bulunmuş olan *trickle-down* paneller kullanılmıştır (Şekil 4.17) (Şekil 4.18). Güneş enerjisi ile çatıdaki toprak örtüsünün sorunsuz bir şekilde çalışması ve hatta enerji harcamalarında belirgin düşüşler görülmesi 10-12 yıl boyunca devam etmiştir. Bu sürenin sonunda, yapıda bazı sızıntılar görülmeye başlanmıştır. Yapı sahipleri, bunu fark ettikleri gibi sızdırmazlığı sağlamak ve yalıtım için her şeyi yapmışlar fakat problemi önleyememişlerdir. Malcolm Wells, suyu kabul eden kalın, sert butil kauçuk levhalar ile ilk ve tek deneyimleri olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4.17: Solaria'nın Güneş Enerjisiyle Isıtma Sistemi (Wells, 1998).

Problemleri ortadan kaldırmak adına her şeyi yapmış olan yapı sakinleri, sonunda bu durumu kabullenmiş ve zor bir karar alarak çatıdaki tüm toprağı boşattırmıştır. Çatı boşaltıldıktan sonra, çatıda kalmış olan butil, çok sonra farkedilebilen böcek larvaları

tarafından delik deşik edilmiş halde bulunmuştur. Yapının tüm çatısı yeniden düzenlenerek, o kadar problemin ardından geleneksel bir çatı ile değiştirilmiştir (Wells, 1998).



Şekil 4.18: Solaria Güneş Kollektörleri (Url-22).

4.4 Raven Rocks (1970 başları)

Ohio’da, Beallsville yakınlarında (Şekil 4.19) 1970’lerin başlarında yapımına başlanan bu kompleks, Bir grup Ohio’lu gönüllünün girişimleriyle Malcolm Wells tarafından hayata geçirilmiştir. Burada kendilerine bir yaşam alanı oluşturmuş olan bu grup, arazi kömür ocakları tarafından satın alınmadan önce, birkaç yüz dönüm doğal orman alanını ve vadiyi kurtarmak adına para kazanmaya, biriktirmeye çabalamışlardır (Wells, 2000). Bu sayede de arazi satılmaktan kurtarılmış ve ekolojik kaygılarla yine bu grup tarafından korumaya alınmıştır (Şekil 4.20). Bugün hala bir eksik kadroyla aynı alanda hayatlarını devam ettirmekte ve yine bu alan için kazanç sağlamaya çalışmaktadırlar. Bu kazancı başlarda sahip oldukları oldukça küçük çaptaki beton şirketinden sağlamaya çalışırken, bu şirketi bir süre sonra kapatmışlar ve yılbaşı ağacı yetiştirip satma işi ile ilgilenmişlerdir. Hala da organik tarımdan elde ettikleri ürünleri satmanın yanı sıra yılbaşı ağacı satışından elde ettikleri gelirler ile geçimlerini sağlayıp aynı zamanda alanda ihtiyaç duyulan eksikleri gidermeye çalışmaktadırlar.



Şekil 4.19: Locust Hill Yerleşim Planı (sağda; derin vadi ve ormanlar).

Alandaki tüm yapılar da dâhil olmak üzere tüm iş yükünü, buranın yerlisi haline gelmiş bu bir grup Ohio'lu, hiç işçi çalıştırmadan kendi imkânlarıyla gerçekleştirmiştir.



Şekil 4.20: Raven Rocks Koruma Alanı (Öztürk Sarı, 2013).

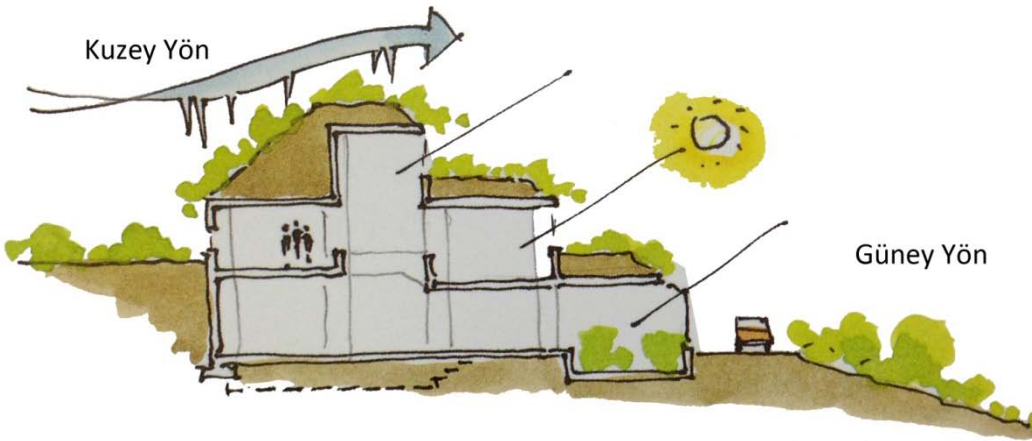
Alandaki en büyük yapı olarak tasarlanan yapı, Malcolm Wells'in de 1998 yılında yayımladığı *Earth Sheltered House - An Architect's Sketchbook* adlı kitabında ustalık eseri olarak tüm bilgisini kullanarak tasarladığını söylediği ve yapımına 1971 senesinde başlanılan **Locust Hill**'dir (Şekil 4.21). Fakat sadece temeli atılmış ve taşıyıcı sistemleri oturtulmuş vaziyette çeşitli sebepler dolayısıyla yarım bırakılmış, uzun bir süre aynı vaziyette kalmıştır. Hala da Şekil 4.22'de gösterildiği gibi aynı vaziyette bekletilmektedir.



Şekil 4.21: Locust Hill Ön ve Arka Cephe (Wells, 2000).



Şekil 4.22: Locust Hill Mevcut Durum ve Konumu (Öztürk Sarı, 2013).



Şekil 4.23: Locust Hill Pasif Enerji Depolama Durumu (Wells, 2000).

Bu yapı sadece bir konut/misafirhane değil, toprak örtülü yapıların avantajlarının tamamının bir göstergesi olarak hareket edebilecek şekilde tasarlanmış çok amaçlı toprak örtülü bir yapıdır. Yapının sahipleri rüzgâr enerjisi ve toprak örtüsünden organik çiftçiliğe ve güneş enerjisine kadar her konuda çok iyi bilgilendirilmiştir (Wells, 2000).

Bu kompleks içerisinde, altı yetişkin için ev tasarlanmış, onun dışında iki sera, konferanslar için ayrılmış bir alan, bir kütüphane ve küçük bir müze, Raven Rocks

Beton için bir iş ofisi, ahşap işleme ve oto tamir atölyeleri, toprağın altına gömülmüş bir soğuk oda ve kiropraktik tedavi odası da bu tasarıma eklenmiştir(Url-23).

Tasarlanan yapıların tamamı yeşil yapı olarak tasarlanmış olup, her birinde katı atıkları gübreye çeviren bio tuvaletler kullanılmaktadır. Bu bio tuvaletler tarafından üretilen gübreler, oldukça zengin içeriklidir. Locust Hill’de, kış mevsiminde, güneye bakan pencerelerden sıcaklık sağlanmaktadır (Şekil 4.23). Yapının her iki ucunda bulunan ek yapılar, pasif termosifonlu güneş enerjili bir duvar kullanılarak tamamlanacaktır. Ek yapılar, bu toprak kaplı yapı için istinat duvarı gereksinimlerini yerine getirirken, yapının bir ucunda tek araçlık oto tamircisi, diğer ucunda ise küçük bir ahşap işleri dükkânı bulunması planlanmıştır. İki sıra konulmuş güneş panelleri, güneş ışığını elektriğe çevirmektedir (Url-23). Raven Rocks’taki tüm yapılar bittikten sonra, bunların peyzajları da yine Malcolm Wells tarafından birkaç yılda oturtulmuştur (Wells, 1998).



Şekil 4.24: Locust Hill Mevcut Durum (Öztürk Sarı, 2013).

Raven Rocks’taki insanlar, hâlihazırda bir şekilde kendi kendilerine yetmeyi başarmışlardır. Bereketli bahçelerinde organik tarım yaparak hem kendilerine oldukça lezzetli yiyecekler sağlarken, geri kalan kısmını da çiftçi pazarında satmaktadırlar. Kendi araç gereçlerinin, cihazlarının tamirini yapabildikleri gibi, hatta bazen imalatını da gerçekleştirmektedirler (Wells, 1998). Yapının mevcut durumu Şekil 4.24’te ve 4.25’te gösterilmektedir.



Şekil 4.25: Locust Hill Mevcut Durum (Wells, 2000).

4.5 Sidwell Evi (1987)

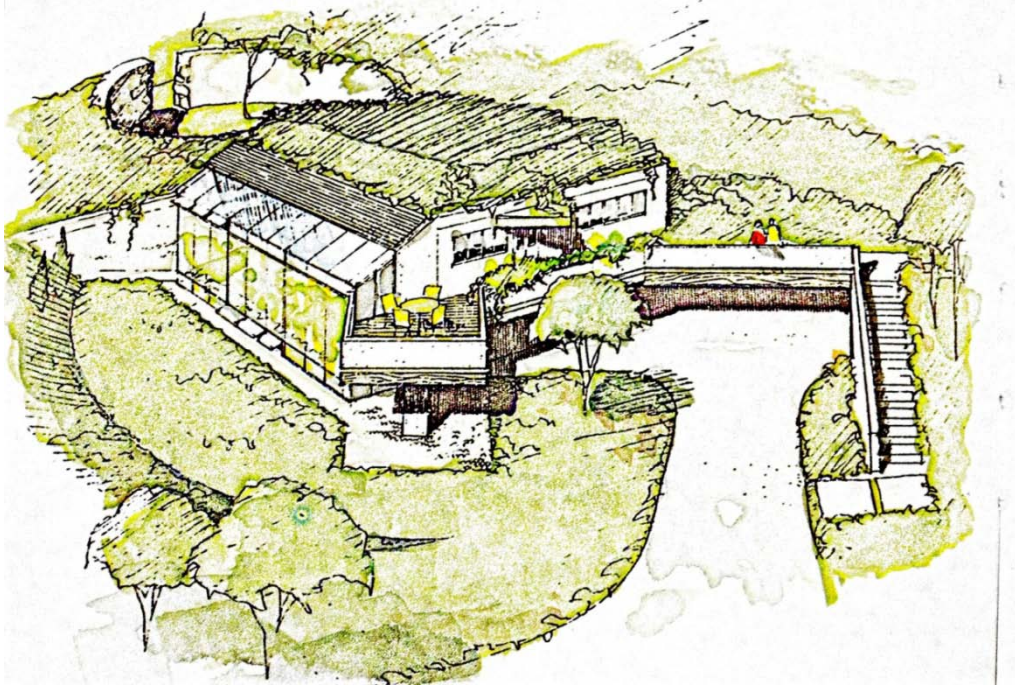
Raven Rocks'taki kompleks dahilinde inşa edilmiş toprak örtülü yapılardan biri de iki katlı pasif güneş enerjili, Mary ve Rich Sidwell'lerin evidir (Şekil 4.26). Yapımına 1987 yılında başlanmış ve yaklaşık iki yılda tamamlanmıştır (Wells, 1998).

Isı, pasif güneş vasıtasıyla, güneş ışığının sera camından geçerek beton yapı içerisinde depolanması şeklinde temin edilmektedir (Şekil 4.27). Kirliliği azaltan katalizör yanma odası çevresinde inşa edilen küçük ve oldukça verimli odun sobası Sidwell evinin ihtiyaç duyacağı yedek ısıyı temin etmektedir. Güney cephedeki pencerelerde bulunan Duraco çerçeveler, sıra dışı bir şekilde yalıtkan vinil çerçeveleri kolay ve hızlıca takıp çıkarılan üç camlı pencereler ile birleştirmektedir. Clivus Multrum bio tuvaletler, su kullanımını %40 oranında düşürmektedir. İkinci kat ve çatı, Flexicore olarak bilinen, yangına dayanıklı, ekonomik ön dökümlü beton plakalardan yapılmıştır. Banyo ve lavabolardan elde edilmiş ısıtılmış gri sular, seradaki dikim yataklarında filtrelenmektedir; bu da fosseptik tanklara olan ihtiyacı ortadan kaldırır ve bitki kökleri için fazladan sıcaklık nem ve gübre sağlar (Url-23).

Sidwell Evi, Şekil 4.28'de de görüldüğü gibi, bir taraftan yüzey üstü yapı olarak iş görürken, diğer taraftan çatı ve duvar örtüsü ile birlikte uzaktan küçük bir tepe olarak algılanmaktadır.

Yapının ilk ve 22 yıllık sahibi Mary ve Rich Sidwell'in verdiği bilgilere göre; 38 cm kalınlığındaki yapı dış duvarı, yarı yarıya iç kısmı dökme beton, dış kısmı ise

izolasyon amacıyla strafordan oluşmaktadır. Bu 18 cm'lik strafor ise dış cephe sıvası ile kaplanmıştır.



Şekil 4.26: Sidwell Evi (Wells, 2000).

Yapının güney cephesine baştan aşağı kaplanmış olan cam sayesinde giriş kısmında bir sera ortamı oluşturulmuştur. Burada kışın güneş ışınlarından elde edilen ısı toplanarak, yapının her iki katına da eşit miktarda iletilmek suretiyle yayılmaktadır. Yaz aylarında da seranın camları ve havalandırmalar açılarak hava sirkülasyonu sağlanmaktadır.

Yaz aylarında güneş açısı daha dik olduğundan, yapının iç kısmında güneş enerjisi iyi bir şekilde kullanılamamaktadır. Bu yüzden de yapının üst kısmına bunları kolayca alabilecek solar paneller yerleştirilmiştir.

Yapının alt katında, kuzey cephede pencere bulunmazken, misafir odası, tuvalet ve bir ahşap atölyesi bulunmaktadır. Aynı zamanda kompost tuvaletin tankı da aşağı katta bulunmaktadır. Bunların yanı sıra, bu katta bulunan havalandırmalarla, temiz hava içeri alınmakta ve içerideki hava da dışarı pompalanmaktadır.

Isınma dâhil tüm ihtiyaçların elektrikle karşılandığı yapıda sadece güneş enerjisi kullanılmaktadır. Güneş enerjisi eldesinde kullanılan panellerden, yapının yıllık enerji ihtiyacının %50'lik kısmı karşılanmaktadır. Kış aylarında güneşin oldukça az

olduğu günlerde ise, odun sobası kullanılmaktadırlar. Yapının sıcaklığı çok yavaş azalıp arttığından, bu sobanın çok az miktarda yanması yeterli olmaktadır. Soğutmak için ise, 2012 yılına kadar hiçbir şey kullanılmaz iken, şimdi ise yazın çok ihtiyaç duyulduğunda ısı pompası kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çok sıcak dönemlerde, evin sıcaklığının değişmemesi için, camlar ve kapılar gibi ısı sızmalarının olabileceği açıklıklar kapalı tutulmakta, geceleri ise temiz havanın içeri girmesi için açılmaktadır.

Yapının inşasından yaklaşık 5 yıl kadar sonra çatının da üzeri tamamen toprakla örtülmüştür. Yaklaşık 17 yıldır, bu çatı örtüsüyle alakalı problem yaşanmamaktadır. Avantajları konusunda ise, yapı kullanıcılarının fikrine göre, çim kaplı olması sessizliği arttırmakta, yapıya tampon görevi görmekte, atık su yönetimi sağlamakta, içinde bulunan doğayı beslemekte, ısı adası oluşumunu önlemekte ve yapıya ilave izolasyon sağlamaktadır. Fakat tüm bunların yanı sıra yapı içerisindeki ısı sabit tutarak ısı sızmalarını en düşük seviyede tutmaktadır. Atmosfer ısısı ile toprak ısısının farklı dönemlerde farklı seviyelerde oluşu da yapıya olumlu yansımaktadır. Ohio koşullarında atmosfer sıcaklığının en düşük olduğu dönem Ocak-Şubat iken, toprak sayesinde yapıya yansması Nisan ayını bulmaktadır. En sıcak dönemi ise Temmuz olmasına karşın toprağın en sıcak olduğu dönem Ekim-Kasım aylarıdır. Bu sayede yapıda ısıtma-soğutma giderleri ve harcanan enerji miktarı da düşmektedir.

Yapının su yalıtımı, zemin altında ve çatıda bulunmaktadır. Çatıda 2 katman halinde su yalıtımı kullanılmıştır. Su yalıtımında, sodyum bentonit ve ağır plastik kullanılmıştır. Betonun üzerine konulan bentonit sayesinde üstte bulunan ve sızdırmazlık sağlayan plastik levha yapıya yapışık hale getirilmektedir. Bunun üzerine 15 cm kalınlığında izolasyon malzemesi serilmiş ve onun üzerine tekrar beton dökülmüştür. En son ise bu betonun üzerine EPDM rubber serilmiştir. 2-3 yıl sonunda da Malcolm Wells'in tasarımında olduğu gibi çatı tamamen toprakla örtülerek kuzey taraftan bakıldığında bir tepeyi andıracak şekilde topografyaya uygun hale getirilmiştir.

Yapı ilk inşa edildiği dönemde, çatının toprakla uzun yıllar örtülmemesinden dolayı, betonun üzerine izolasyon malzemesi serilmiş ve daha sonra en üste yeniden beton dökülerek yalıtımın artırılması amaçlanmıştır. Birkaç sene sonra da bu katmanların üzerine toprak serilmiştir.

Yapının yağmurlu günlerdeki tek problemi 3 katlı cam kullanılmış olan pencereleri ile ilgilidir. Çok yağmur yağdığında bir ya da iki kez pencerelerden sızmalar olmuştur.



Şekil 4.27: Sidwell Evi Sera Kısım ile Güneş Kollektörleri (Öztürk Sarı, 2013).



Şekil 4.28: Sidwell Evi ve Çatısı (Öztürk Sarı, 2013).



Şekil 4.29: Görüşme Gerçekleştirilen Raven Rocks Sakinleri (Öztürk Sarı, 2013).

4.6 ASLA (American Society of Landscape Architects) Ana Merkez (2006)

ABD hükümeti, yağmur suyu akışının ulaşımı sırasında oluşan kirliliği önemli ölçüde azaltmak amacıyla En İyi Yönetim Uygulamaları (BMP) metotlarını ortaya koymuştur. Yeşil çatılar da bu amaçla, isteğe bağlı bir BMP olarak Washington D.C. Metropolitan alanı içerisinde teşvik edilmektedir (Glass, 2007). Buradan hareketle, ASLA'nın Washington D.C.'deki binasının çatısı yeşil çatıların çevresel ve estetik yararlarını göstermek, yerel ve ulusal ölçekte daha yaygın kullanımını teşvik etmek amacıyla çatı bahçesi şeklinde Michael Van Valkenburgh Ortaklığı A.Ş. (MVVA) tarafından 2006 yılında tasarlanmıştır (Şekil 4.30). Yeşil çatıya modern bir yorum katılarak, sert izolasyondan oluşturulmuş ve bir yeşil çatı sistemiyle kaplanmış iki yükseltilmiş tepecik oluşturulmuştur. Bu hafif strüktürlü iki tepecik iki farklı yeşil çatı tipinde tasarlanmıştır: Biri 'extansif' tarzda daha az toprak derinliğine ihtiyaç duyan daha alçak boylu bitkiler, diğeri ise 'yarı-intensif' tarzda daha derin bir toprak taban gerektiren daha uzun boylu bitkiler ile bitkilendirilmiştir. Yarı-intensif sistem ile bitkilendirilmiş daha yüksek tepecik, parapet kenarını geçecek ve yol seviyesinden görülebilecek şekilde yükseltilmiştir. Sosyal kullanım ve ekolojik yararları dengelemek adına, Şekil 4.31'de de görüldüğü gibi, ana merkezi yürüme alanının tabanı ekstensif tarzda bitkilendirilmiş ve üzeri asılı biçimde duran metal bir ızgara ile örtülmüştür (Url-24).



Şekil 4.30: ASLA Merkez Binası'nın Çatısı'nın öncesi ve sonrası (Url-32).

Çatının yağmur suyu tutma, sıcaklık, su kalitesi ve bitki performansı izlenmektedir. Buna ek olarak, ilk büyüme mevsimi boyunca, ışıkölçerler farklı alanlara yerleştirilmiştir ve bir miktar bitki etiketlenmiştir. Ardından da bu bitkinin büyümesi ve büyüme ortamına ilişkin veriler toplanmıştır (Somerville ve Counts, 2007).



Şekil 4.31: Çatının tabanını kaplayan metal ızgara (Url-33) (Url-32).

Çatının toplam alanı yaklaşık 278 m²'dir. Yapının orijinal çatısı, iğne deliği şeklinde küçük sızıntıların oluşmaya başlamış olduğu kauçuklanmış bir membran ile kaplıydı. Aynı zamanda çatının tam ortasında 2'si büyük olmak üzere 5 adet havalandırma ünitesi bulunmaktaydı. Çatıya erişim, duvara monte edilmiş bir merdiven ile kapaklardan ibaretti. Proje kapsamında, mevcut merdiven izleme ve bakım için erişim kolaylığı açısından çatı seviyesine kadar uzatılmıştır. Projenin başlangıcında, çevresel fayda ön planda tutularak maksimum yeşil alan hedeflenmiş, bu hedef doğrultusunda kullanılabilir alan miktarının düşük seviyede olacağı düşünülmüştür. Fakat MVVA'nın geliştirdiği proje kapsamında maksimum yeşil alanın yanı sıra maksimum kullanılabilir mekan ortaya çıkmıştır (Somerville ve Counts, 2007). Çatının planı Şekil 4.32'de, genel görünüşü de Şekil 4.33'de gösterilmektedir.

Çatının tasarımında, iki adet bir yeşil çatı sistemiyle kaplanmış 63.5 cm genişliğinde yükseltilmiş dalga bulunmaktadır. Bunlar, çatı zemininden 15.5 cm ve 13 cm yükseğe çıkmaktadırlar. Bu iki dalga, yükselerek bitkileri göz hizasına getirmekte ve bu sayede de samimi ve yarı kapalı bir ortam oluşturmaktadır. 2:1 eğime sahip dalga formlu strüktürler, teras döşemesine saplanmış yapısal bir çelik iskelet ve ekstrüde polistiren yalıtım katmanlarından oluşmaktadır. Dalgaların kenarları, yalıtımı korumak amacıyla, galvanizli çelik zemin kaplama malzemesiyle kaplanmıştır.

Dalga formları, dalgaların eğimi ve gölgesi sayesinde çatıda çeşitli mikroklimalar ve yetiştirme koşulları oluşturmaktadır. Bu dalgalar aynı zamanda, proje kapsamında yeniden konumlandırılmış olan havalandırma ünitelerini de tamamen gizlemektedir (Somerville ve Counts, 2007).

MVVA dalgaların üst kenarlarına dikilmiş bitkilerin sokaktan da rahatça görünebilir olması için kapsamlı görüş açısı çalışmaları yapmıştır. Bu örnek bir proje olmasından dolayı, görülebilirlik özellikle önemli bir özelliktir (Somerville ve Counts, 2007).



Şekil 4.32: ASLA Merkez Bina'sının çatı planı (Somerville ve Counts, 2007).



Şekil 4.33: ASLA Merkez Bina'sının çatı görünüşü (Url-33).

Dalgaların üzerine yerleştirilmiş bir toprak stabilizasyon sistemi bulunmaktadır. Dalgalar üzerindeki toprak derinlikleri, her alanda çatının yapısal kapasitesine uygun olacak şekilde hesaplanmıştır. Güney dalga, sedum ve hint inciri (prickly pear cactus) dikilmeye müsait olacak şekilde 11.5 cm toprak derinliğine sahiptir. Kuzey dalga ise, kuraklığa dayanıklı çok yıllık bitkiler ve çim türlerinin yanı sıra bazı sedumlara da uygun olacak şekilde daha derin toprak tabakasına (15 cm) sahiptir (Somerville ve Counts, 2007).

Tasarımın diğer bir önemli unsuru da, merkezde bulunan sedumların üzerine örtülmüş olan alüminyum ızgaradır. Bu ızgara, tüm çatı yüzeyinin yeşil ile kaplanmasının sağlanmasının yanı sıra, yapı kullanıcılarının boş vakitlerini değerlendirebilecekleri alanlar sunmaktadır (Şekil 4.34). Bitkilerin ızgara altında büyümeleri performans testleri ile desteklenmiştir. Bu ızgara altındaki büyüme ortamında toprak derinliği yaklaşık 8 cm'dir. Izgara altında büyüyen sedumlar, yaya sirkülasyonunun fazla olduğu bölgelerde, ızgara üzerine gelecek şekilde büyüdüğünde basma ile ezileceğinden ya da kırılacağından, çatıdaki sirkülasyon deseni belirgin bir biçimde görülebilir (Somerville ve Counts, 2007). Fakat bu, her ne kadar her ortamda kolayca büyüyebiliyor olsa da, sedumların sağlığı açısından uygun bir durum değildir.



Şekil 4.34: Çatının diğer yapılara göre konumu (Url-34).

Projede kullanılan yeşil çatı sistemi, çatı membranı, kök tutucu/kök bariyeri, izolasyon/hava bariyeri, su tutma, drenaj/su depolama/havalandırma, filtre kumaşı ve hafif tekstürlü özel toprak karışımlarını içermektedir. Çatı membranı, en az %25 oranında geri dönüştürülmüş malzeme içeren sıcak, sıvı olarak uygulanan, kauçuklanmış asfalttır (Somerville ve Counts, 2007).

Çatı yüzeyinin olabildiğince yeşillendirilmesi amacı doğrultusunda, yeni merdivenin üzerine ve asansör boşluğunun tepesine yoğun bitkilendirme uygulanmıştır. Merdiven strüktürü yaklaşık 30 cm toprakla kaplıdır. Bunun yanı sıra ağırlıklı olarak New Jersey Çayı (*Ceanothus americanus*) ve gül (*Rosa Carolina*) ile bitkilendirilmiştir. Asansör boşluğunun tepesinde yaklaşık 53.5 cm toprak derinliği ile ağırlıklı olarak çeşitli türlerde sumak (*Rhus aromatica*) dikilmiştir. Döşemenin üzerine asılı metal kafes üzerinde ise bir Acem Borusu (*Campsis radicans*) yetiştirilmektedir (Somerville ve Counts, 2007).

Daha fazla toprak derinliğine sahip olan kuzey tepecik üzerindeki ve bitkilere gölge sağlaması ve rutubet kaybettirmemesi sayesinde ızgara kaplı yoğun bitkilendirmenin olduğu alanlardaki bitkiler oldukça sağlıklı bir şekilde büyümektedir. Güney tepecik üzerindeki bitkiler ise daha yüksek sıcaklık, kuşlar tarafından oluşan zararlanmalar ve deney amaçlı kullanım sebebiyle belirgin biçimde daha az sağlıklıdır (Somerville ve Counts, 2007).

Proje 5 farklı açıdan ele alınmıştır (ASLA, 2007):

- Enerji Kazanımı: Mühendislik çalışmaları, yeşil çatının kış boyunca bina enerji kullanımında %10'luk bir azalma sağladığını göstermiştir. Yaz aylarında ise önemsenmeyecek kadar az bir fark oluşturmuştur. Bunu da ilerleyen araştırmalar, yapının aşırı soğutulmasına bağlamaktadır. Araştırmalara göre, bu koşullar altında, yapının yaz aylarında yaklaşık %66 oranında enerji kazanımı sağlaması gerektiği saptanmıştır.
- Su Tutma: Temmuz 2006'dan Mayıs 2007'ye kadar yapılan izlemelerde, yeşil çatı toplam yağış miktarının (yaklaşık 74 cm) %75 kadarını tutmuştur. (Şehir kanalizasyon sisteminin haricinde 104.14 litre su tutulmuştur.) Çatı genel anlamda, her bir 2.5 cm'lik yağışın %100'ünü tutmaktadır. İzleme süresince en ağır yağışlar 16 Mart 2007'de görülmüştür. Bu yağışların %51 kadarı da çatı tarafından tutulmuştur. Büyüme mevsiminde çatı, daha fazla su tutmaktadır.

Yağış miktarının en fazla olduğu ay olan Eylül 2006'da, çatı %79.5 oranında su tutmuştur. Bitkilerin dinlenme dönemi olan Kasım ayında ise, %58.9'luk bit yağmur suyu tutuşu görülmüştür.

- Su Kalitesi: Yeşil çatı, yüzey suyuna azot eklememektedir. Tutulan suyun miktarı dolayısıyla, azot miktarında belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Diğer yeşil çatı araştırmaları temel alındığında, yapı maddelerinin birkaç sene içerisinde düşmesi beklenmektedir. Ağır metaller ise çatı malzemelerinden ya da yerleşik partiküler madde ya da kirleticilerden gelebilir.
- Sıcaklık Farklılıkları: Yeşil çatı, çevredeki yapıların geleneksel çatılarına oranla 32 derece daha soğuktur. Aşırı sıcak günlerde sıcaklık farklılıkları en üst seviyelere çıkmaktadır. Tabi ki bu sıcaklık seviyesi alanlara göre farklı olabilmektedir. Örneğin daha kalın bitki tabakası olan ve daha iyi örtülmüş alanlar daha serindir. Merdiven boşluğunun tepesi, en serin bölgedir. Bunu ızgara altında yoğun bitkilendirmenin uygulandığı kısım takip etmektedir. Çatı üzerindeki en sıcak alan ise, güney terastır. Sıcaklık farklılıkları, gölgelemeye ve aynı zamanda bitkilerin terlemesine de sebep olmaktadır.
- Bitki Performansı: Bitkilerin büyüme dereceleri konumlarına göre önemli ölçüde değişmektedir. Farklı bitki türleri toprak derinliği ve tahmin edilen ısı, ışık ve su durumlarına göre çatının farklı bölgelerine dikilmiştir. Deneysel bir doğal ortam olarak oluşturulmuş çatıda, dikim paleti özellikle geniş tutulmuş ve yeşil çatılarda yaygın olarak kullanılan bitkilerin yanı sıra sıklıkla kullanılmayan türler de dikilmiştir fakat bunlar başarısız olmuştur. Izgaranın altına dikilmiş olan bitkiler ise müthiş bir performans göstermiş ve çok iyi bir şekilde toprağı kaplamışlardır. Çatının büyük bir kısmında dayanıklı sedum türleri (*Sedum album*, *Sedum reflexum*, *Sedum spurium*, and *Sedum sexangulare*) ve diğer sedum türlerinin üzerinde bir performans gösteren (*Sedum lanceolatum* and *Sedum stenopetalatum*) türler kullanılmıştır.

Çatıda izlenen bir diğer değişken ise tutulan yağmur suyunun kalitesi ve miktarıdır. Bunların yanı sıra pH değeri, sıcaklığı ve bileşenleri de bu araştırma kapsamında izlenmiştir. Projenin ana hedefleri olan akışta oluşan azalmanın saptanması ve endişe verici kirleticilerin konsantrasyonlarının belirlenmesi doğrultusunda, iki akış metre

çatıya yerleştirilmiştir. Çatıdan akan sular ise temiz bir konteynırda toplanmaktadır (Glass, 2007).

Bu araştırma kapsamında yapılan analizler sonucu, ASLA yeşil çatısının su tutma ve terleme-buharlaşıma ile akış içerisindeki azot yükünü azaltma performansının iyi olduğu görülmüştür. Zaman içinde, çatı olgunlaştıkça, akış içerisindeki fosfor yoğunluğu azalacağı düşünülmektedir. Yeşil çatılar, Washington D.C. gibi büyük metropol alanlarında yüzey akışı ile taşınan kirleticilerin azaltılması açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Fakat özel tasarımlarda belirli performans ölçütlerinin ölçülmesinde ve doğru tahmin araçları geliştirme noktasında daha kapsamlı ve geniş izleme çalışmaları gerekmektedir (Glass, 2007).

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ekolojik mimarlığın kente yansımalarına bakıldığında, çatı bahçeleri ön plana çıkmaktadır. Yapı üzerine sonradan ilave edilen, bahçe oluşturma fikri çok eski zamanlarda toprağın yapı malzemesi olarak kullanıldığı dönemlere dayanmaktadır. Esasında bu uygulamanın sebebi, yeşil alan oluşturmaktan çok, sert iklim koşullarına dayanımı arttırmaktır. Fakat bugünkü çatı bahçeleri bunun yalnızca estetik ve bir miktar da ekolojik yönü üzerinde duran, sürdürülebilirliği tartışılan sistemlerdir. Bu sistemler, çatının tipine, eğimine ve iklim koşullarına uygun bitkisel materyalle ve istenilen çatı bahçesinin cinsine bağlı olarak ortalama 6 ana katmandan oluşmaktadır. Ve bu katmanların her biri (vejetasyon tabakası hariç), inorganik maddelerden oluşan ve sürdürülebilirlik kriterlerini tam olarak karşılayamayan malzemelerdir. Doğada çözünemeyen, yapay malzemelerden oluşturulan bu sistemler, tek bir noktadan seri üretilerek, yerellik kriterlerine uymayacak bir biçimde servis edilmektedir. Sırf bu sebep bile maliyetlerinin yüksek çıkmasına neden olmaktadır. FLL (Alman Peyzaj Araştırma, Geliştirme ve Yapım Topluluğu) tarafından 2008 tarihli kılavuz kitapçıkta belirtildiği üzere, uygulamada kullanılan malzemelerin garanti süreleri 4 yıl olarak belirtilmiştir. Bu da, bu nitelikteki bir uygulama için oldukça kısa bir ömürdür. Bu kısa ömürlülük dolayısıyla yüksek maliyet anlamına gelmektedir. Tüm bunlar bir araya geldiğinde, bu sistemlerde sürdürülebilirlikten söz etmek oldukça zordur. Bu sebeple, çalışma kapsamında uygulanan bu sistemlerin hem bugünkü konut tipine uyum sağlayabilecek, hem de sürdürülebilirlik değeri daha yüksek olabilecek sistemler araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda, geleneksel yapılardan çim damlı evlerin (*turf* ve *sod* yapıların) bir kademe ilerisinde olan ve geleneksel mimari ile modern teknolojiyi birleştirerek bünyesinde barındırabilen toprak örtülü yapılara ulaşılmıştır. Bu yapıların seçilmesinin nedeni topografyaya, alana ve alandaki vejetasyona olabildiğince az zarar vermesidir. Aynı zamanda bu yapılardaki vejetatif sistemler, yapıyı örten toprak tabakasının etraftaki toprağın devamı şeklindedir. Modern çatı bahçelerinde yapılan yapay yeşillendirmenin aksine, mevcut vejetasyonun devamı niteliğindedir. Bu yapılarda yabancı otlar ve çayır örtüsü, yapının üzerinde ve duvarlarında da devam ederek yapının çevresiyle

bütünleştirilmesini ve belki de tamamlanmış yapıların ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Toprak örtülü yapıların sürdürülebilirliği, ‘Sürdürülebilir alanlar girişimi’ kriterleri ve puanlama sistemine göre ve de çatı bahçeleri örneği üzerinden değerlendirilmiştir. Modern dönem toprak örtülü yapılarının çatı ve duvarlarının incelenmesi nedeniyle, çatı bahçelerinden çok daha sürdürülebilir nitelikte oldukları ortaya çıkmıştır.

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki; *turf house* ve *sod house* mantığından türemiş toprak örtülü yapılar, gerek kullanılan malzeme bazında gerekse uygulama ačíısından, içinde yer aldığı ekosistemin devamını çatıda sürdürmektedir. Yerel ve sürdürülebilir malzemelerle toprağın termal kütle özelliğini birleştirerek inşa edilmesi; bu yapıların geleneksel yapı ve modern çatı bahçelerine göre daha sürdürülebilir olmasına katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra malzemelerin yerel ve ekonomik olması bu yapıları daha ulaşılabilir kılmaktadır. İncelenen örnekler de göstermiştir ki, gerek kırsal yerleşimlerde gerek New Jersey gibi kalabalık bir metropolde dahi bir konut alanında bu yapılar rahatça uygulanabilmektedir. Bu tarz örneklere sıkça rastlanan ABD’de birçok aile bu nitelikteki evlerini kendi imkânlarıyla inşa edebilmektedirler. Kullanılan malzemeler her ne kadar farklılık gösterse de, sürdürülebilir şekillerde uygulama yapmak mümkündür. Ayrıca toprak örtülü yapıların enerji etkinliği de yapılan birçok araştırma ile kanıtlanmış olup, olağanüstü hava koşullarında oldukça tatmin edici sonuçlar alındığı görölmüştür.

Sonuç olarak, kent içerisindeki yeşil alanlardan olan yeşil çatıların hem yeşil hem de sürdürülebilir olma şansı vardır. Tam bir toprak örtülü yapının yoğun kent dokusuyla bütünleşmesi zor olsa da, gelişmeye çalışan yeşil çatı sektörü bu yapı tiplerinin deneyimlerinden istifade edebilir ve yeşil çatı sistemleri yeniden gözden geçirilerek yeni ve sürdürülebilir doğal malzemelerle örnekler geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Alparslan, B., Gültekin, A. B. ve Dikmen, Ç. B.** (2009). *Ekolojik Yapı Tasarım Ölçütlerinin Türkiye'deki Güneş Evleri Kapsamında İncelenmesi*. Karabük, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu.
- Aykal, F. D., Gümüş, B. ve Akça, Y. Ö.** (2009). *Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması*. Diyarbakır, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu.
- ASLA, The Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden** (2009). *The Case for Sustainable Landscapes*, ABD: s.n.
- ASLA, The Lady Bird Johnson Wildflower Center; The United States Botanic Garden,** (2009). *The Sustainable Sites Initiative: Guidelines and Performance Benchmarks 2009*, ABD: s.n.
- Baum, G. T., Boer, A. J., Macintosh, a. J. C. ve Jr.** (1980). *The Earth Shelter Handbook*. Milwaukee: Tech/Data Publications.
- Bauministerium Nordrhein-Westfallen** (1992). *Ökologisches Energiesparendes Bauen. Landesregierung Nordrhein-Westfallen*, p. 32.
- Bayazıt, N., Dulgeroğlu, Y. ve Yılmaz, Z.** (1992). *Toplu Konut Standartları-Mekan, Fiziksel Çevre, Bina Ekonomisi*. İstanbul: Toplu Konut Yapımcıları Derneği, İTÜ Mimarlık Fakültesi.
- Bernstein, S.** (1983). Earth-Sheltered Homes Are Light and Bright. *The Globe and Mail*, 31 Aralık.
- Boyer, L. L.** (1982). Earth Sheltered Structures. *Annual Review of Energy*, Kasım, pp. 201-219.
- Breuning, J. ve Yanders, A. C.** (2008). *Introduction to the FLL Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing*. Maryland, Green Roof Service LLC.
- California Energy Commission** (2005). *Implementing California's Loading Order for Electricity Resources (Staff Report)*, California: s.n.
- Cleary, R. L. ve Rankin, K.** (1993). *Landmarks and Landmark Sites Nomination Form*, Madison: City of Madison Landmarks Commission.
- Daily, G.** (1997). *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Washington DC: Island Press.

- DeBord, D. D. ve Dunbar, T. R.** (1985). *Earth-Sheltered Landscapes*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Eckert, E. R. G.** (1976). The Ground Used as Energy Source, Energy Sink, or for Energy Storage. *Enegy*, Issue 1, pp. 315-323.
- Esin, T. ve Yüksek, İ.** (2009). *Çevre Dostu Ekolojik Yapılar*. Karabük, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu.
- Glass, C. C.** (2007). *Green Roof Water Quality and Quantity Monitoring*, Maryland: ASLA.
- Jannadi, M. O. ve Ghazi, S.** (1998). Forum: Earth-Sheltered Housing: The Way of the Future?. *Journal of Urban Planning and Development*, 124(3), pp. 101 - 114.
- Judi, H. M. ve Chee, S. Y.** (2009). Visualising Energy Efficiency Landscape. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Mayıs, pp. 431-434.
- Harris, D. J. ve Al-Temeemi, A.** (2004). A guideline for assessing the suitability of earth-sheltered mass-housing in hot-arid climates. *Energy and Buildings*, 36(3), pp. 251-260.
- Karaman, A.** (1995). *Planlamaya ve Tasarıma Ekolojik Yaklaşım*. İstanbul, MSÜ Matbaası, p. 259.
- Manioğlu, G.** (2011). Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Kasım-Aralık, pp. 35-47.
- Minnesota Department of Commerce** (2011). *Save Energy with Trees*, Minnesota: s.n.
- Moore, F.** (1993). *Environmental Control Systems*. New York: McGraw-Hill Inc..
- Oehler, M.** (1997). *The \$50 and Up Underground House Book*. Idaho: Mole Publishing Company.
- Onduline Grup** (2007). *Sistem Ondugreen*. İstanbul: Onduline Avrasya A.Ş..
- Özcuhadar, T.** (2007). *Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Özkaya, M.** (1995). *Critical Investigation of Earth Sheltered House As An Alternative Housing Type*. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Öztürk Sarı, S.** (2013). s.l.: s.n.
- PolyOne Corporation** (2009). *Railway Safety Reaches a Pinnacle Underground*, Ohio: PolyOne.

- Reid, L.** (2001). *Energy-Saving Landscaping for Your Passive Solar Home*, North Carolina: North Carolina Solar Center.
- Rosenfeld, A. H. ve Hafemeister, D.** (1988). Energy-efficient buildings. *Scientific American*, 1 Nisan, pp. 78-85.
- Roy, R.** (2006). Earth-Sheltered Homes. *Mother Earth News*, Issue 218, pp. 112-117.
- Roy, R.** (2009). *Earth-Sheltered Houses How to Build an Affordable Underground Home*. 4. baskı dü. Canada: New Society Publishers.
- Rutgers Center for Green Building** (2011). Energy- Efficient Landscaping. The State University of New Jersey, NJ.
- Seçkin, N. P., Seçkin, Y. Ç. Ve Seçkin, Ö.B.** (2011). Sürdürülebilir Peyzaj Tasarımı ve Uygulama İlkeleri. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Seçkin, Y. Ç. ve Seçkin, N. P.** (2012). *Landscaping for Earth Sheltered Housing*. İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi, pp. 217-221.
- Sigurðardóttir, S.** (2008). *Building with Turf*. Langholt: Skagafjörður Historical Museum.
- Somerville, N. C. ve Counts, C.** (2007). *Sustainability with Style: The ASLA Headquarters Green Roof*. Minneapolis, Greening Rooftops for Sustainable Communities.
- Sprague, P.** (2001). National Historic Landmark Nomination. Milwaukee: United States Department of the Interior, National Park Service
- Staniec, M. ve Nowak, H.** (2009). *Analysis of the Energy Performance of Earth-Sheltered Houses with Southern Elevation Exposed*. Wrocław, Eleventh International IBPSA Conference.
- Sturgeon, A. ve Porges, M.** (1997-1998). *The Vital Signs Case Study-Building with Frank Lloyd Wright*. Milwaukee: Wisconsin Üniversitesi.
- Sustainable Ecological Architecture** (2012). SEArch's Portfolio of Earth Sheltered Commisions from 1997 to May 2007. %1 içindeSEArch's *Earth-Sheltering Portfolio*. Norfolk: Sustainable Ecological Architecture ltd., pp. 77-237.
- Sustainable Energy Authority Victoria** (2002). *Landscape Design*, Victoria: s.n.
- The National Renewable Energy Laboratory** (1995). *Landscaping for Energy Efficiency*. Amerika: The Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse.
- The National Renewable Energy Laboratory** (1997). *Earth-Sheltered Houses*. Amerika: The Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse.

- The National Renewable Energy Laboratory** (2000). *Elements of an Energy-Efficient House*. Amerika: The Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse.
- Tolkien, J. R. R.** (1937). *The Hobbit*. İngiltere: George Allen & Unwin Yayıncılık.
- Tönük, S.** (2001). *Bina Tasarımında Ekoloji*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi.
- University of Minnesota Underground Space Center** (1979). *Earth sheltered housing design : guidelines, examples, and references*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Walker, L. ve Newman, S.** (2009). *Landscaping for Energy Conservation*, Colorado: Colorado State University.
- Wells, M.** (1991). Notes from Underground. *The Futurist*, Ocak-Şubat, p. 29.
- Wells, M.** (1998). *The Earth Sheltered House An Architect's Sketchbook*. 1. Baskı dü. Vermont: Chelsea Green Publishing Company.
- Wells, M.** (2000). *Recovering America*. 2. Baskı dü. Massachusetts: s.n
- Yalkı, H.** (2010). *Enerji Etkin Bina Tasarımına Giriş*. Hong Kong: HongKong Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Çevresel Kontrol ders notlarından alıntıdır.
- Yelmen, B. ve Çakır, M. T.** (2011). *Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması*. İstanbul: 2. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı.
- Yılmaz, Z.** (1988). Yeni Toplu Konutların Kullanıcı Konforu Açısından Isısal Performanslarının Değerlendirilmesi. *TUBITAK*, pp. mag-716.
- Yılmaz, Z.** (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Ocak/Şubat, pp. 7-15.
- Zehner, O.** (2012). *Green Illusions: The Dirty Secrets of Clean Energy and the Future of Environmentalism*. Amerika: University of Nebraska Press.
- Zeren, L. ve Berköz, E. v. d.** (1987). *Türkiye'de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma*. İstanbul: İTÜ Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi.
- Zinco** (2013). *Project Report New Providence Wharf, London*, Nürtingen: ZinCo GmbH.
- Url-1** <<http://dornob.com/going-green-underground-eco-retro-earth-house-designs/#axzz2YCJgb4iv>>, alındığı tarih: 20.5.2013.
- Url-2** <<http://churchesingoreme.wordpress.com/page/2/>> alındığı tarih: 02.06.2013.

- Url-3** <<http://blog.milliyet.com.tr/ve-adimiza-insan-diyoruz---/Blog/?BlogNo=22411.05.06>> alındığı tarih: 05.06.2013.
- Url-4** <[http://pesaretabrizi.livejournal.com/.](http://pesaretabrizi.livejournal.com/)> alındığı tarih: 05.06.2013.
- Url-5** <http://en.wikipedia.org/wiki/Sod_roof> alındığı tarih: 05.06.2013.
- Url-6** <http://viaje-diario.blogspot.com/2011_10_01_archive.html> alındığı tarih: 20.06.2013.
- Url-7** <<http://news.psu.edu/story/140733/2003/01/01/research/saga-house>> alındığı tarih: 20.5.2013.
- Url-8** <http://en.wikipedia.org/wiki/Icelandic_turf_house> alındığı tarih: 05.06.2013.
- Url-9** <<http://www.columbia.edu/itc/history/baker/w3630/edit/bakkensod.html>> alındığı tarih: 12.06. 2013.
- Url-10** <<http://focus.tracinglight.com/>> alındığı tarih: 20.04.2013.
- Url-11** <<http://www.beingsomewhere.net/hobbit.htm>> alındığı tarih: 25.5.2013.
- Url-12** <<http://www.planetclaire.org/fllw/sh.html>> alındığı tarih: 23.5.2013.
- Url-13** <<http://pulska.com/153333/Rumah-Untuk-Bertahan-Dari-Perang-Nuklir.html>> alındığı tarih: 20.6.2013.
- Url-14** <<http://www.ribaproductselector.com/Product.aspx?ci=13236&pr=Protan-PROGREEN BiodiverseRoofSystem.>> alındığı tarih: 15.06.2013.
- Url-15** <[http://earthshelters.com/free/chapter-1/.](http://earthshelters.com/free/chapter-1/)> alındığı tarih:10.06.2013.
- Url-16** <<http://fllwfoundation.tumblr.com/post/32740401293/the-solar-hemicycle-design-by-frank-lloyd-wright>> alındığı tarih: 06.05.2013.
- Url-17** <<http://greenarchitecturenotes.com/2011/12/frank-lloyd-wright-and-the-solar-hemicycle-jacobs-ii/>> alındığı tarih: 06.05.2013.
- Url-18** <http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/d_0010/main.shtml> alındığı tarih: 20.05.2013.
- Url-19** <<http://www.dgunning.org/architecture/Wisc/jacobsII.htm.>> alındığı tarih: 20.05.2013.
- Url-20** <<http://www.situstudio.com/works/projects/frank-lloyd-wrightbrfrom-within-outward#>> alındığı tarih: 15.06.2013.
- Url-21** <<http://www.subsurfacebuildings.com/ArchitectoftheInvisible.html.>> alındığı tarih: 15.06.2013.
- Url-22** <<http://www.motherearthnews.com/green-homes/solar-heated-homes-zmaz75jazgoe.aspx#axzz2VEkGFrCy>> alındığı tarih: 20.04.2013.

- Url-23** <<http://www.malcolmwells.com/designs.html>> alındığı tarih: 20.04.2013.
- Url-24** <<http://www.mvvainc.com/project.php?id=16>> alındığı tarih: 10.06.2013.
- Url-25** <<http://freshome.com/2012/12/27/10-bewitching-hobbit-houses-seemingly-inspired-by-tolkiens-fantasy-novels/>> alındığı tarih: 10.06.2013.
- Url-26** <<http://instanthouse.blogspot.com/2011/08/solar-hemicycle-usionian-homes.html>> alındığı tarih: 21.04.2013.
- Url-27** <<http://whc.unesco.org/en/tentativelists/5589/>> alındığı tarih: 10.06.2013.
- Url-28** <<http://whc.unesco.org/en/tentativelists/5589/>> alındığı tarih: 10.04.2013.
- Url-29** <<http://amhistory.si.edu/ourstory/activities/sodhouse/index.html>> alındığı tarih: 10.04.2013.
- Url-30** <<http://en.wikipedia.org/wiki/Hobbit>> alındığı tarih: 10.04.2013.
- Url-31** <http://www.asla.org/uploadedFiles/CMS/Green_Roof/Green_Roof_Water_Monitoring_Report.pdf> alındığı tarih: 08.06.2013.
- Url-32** <<http://www.lafoundation.org/research/landscape-performance-series/case-studies/case-study/152/>> alındığı tarih: 08.06.2013.
- Url-33** <<http://www.asla.org/guide/site.aspx?id=35751>> alındığı tarih: 08.06.2013.
- Url-34** <<http://www.mvvainc.com/project.php?id=16>> alındığı tarih: 08.06.2013.
- Url-35** <<http://learnlearn.net/Historie,religion,kunst/Bya.htm>> alındığı tarih: 08.06.2013.

EKLER

EK A: Görüşmelerde Sorulan Sorular

EK B: Sürdürülebilir Alan Girişimi Kapsamında Örneklerin İncelenmesi Çizelgesi

EK A: Görüşmelerde Sorulan Sorular

1. Yapı inşaa edildiğinden bu yana, herhangi bir restorasyon ya da tamirata maruz kaldı mı?
2. Geleneksel yapılar ile sahip olduğunuz toprak örtülü yapı arasındaki farklılıklardan haberdar mısınız?
3. İçinde bulunduğunuz toprak örtülü yapının avantaj ve dezavantajları nelerdir?
4. Çatının üzerindeki toprak katmanı sizce yapıya ne tür katkılar sağlamaktadır?
5. Bu yapının sürdürülebilir olduğunu düşünüyor musunuz?
6. Sertifika sistemleri hakkında herhangi bir bilginiz var mı? Sizin yapınızın herhangi bir sertifikası var mı ya da alması gerektiğini düşünüyor musunuz?
7. Yapınızın üzerinde bulunan toprak örtüsü ile günümüzde oldukça popüler olan yeşil çatılar arasında herhangi bir fark olduğunu düşünüyor musunuz?
8. Yapının konstrüksiyonunda ya da çatı örtüsünde ne tür malzeme ya da bitki kullanıldığını biliyor musunuz?
9. Kullanılan malzeme ya da bitkilerin yerelliği konusunda bir bilginiz var mı?
10. Yapının içinde, diğer geleneksel yapılara oranla güneşliği ve ısı derecesi nasıldır?
11. Yapım sürecine dair herhangi bir bilginiz var mı?
12. Bulunduğunuz eyaletin toprak örtülü yapılara dair herhangi bir bina kodu ya da yönetmeliği olup olmadığını biliyor musunuz? Buna göre herhangi bir düzenleme yapıldı mı yapım aşamasında?
13. Yağmurlu ya da karlı dönemlerde yapının türü, malzemesi ya da toprak çatısı ile ilgili herhangi bir problem yaşanmakta mı?
14. Bazı eyaletler (New York, vs.) yeşil yapıları destekler nitelikte düzenlemelere sahiptir. Bu anlamda herhangi bir avantajınız oldu mu? (Vergi indirimi gibi).

EK B**Çizelge B.1:** Sürdürülebilir Alan Girişimi Kapsamında Örneklerin İncelenmesi.

	Solar Hemicycle	Cherry Hill Office	Solaria	Locust Hill	Sidwell Evi	ASLA Ana Merkez
1. Alan Seçimi (21)	9	21	11	5	5	11
Yeniden gelişim için terk edilmiş endüstri bölgelerinin ya da greyfield alanların seçimi (5–10)	0	10	0	5	5	0
Mevcut toplulukları içerisinde barındıran alanların seçimi (6)	6	6	6	0	0	6
Motorsuz ulaşım araçlarını ve toplu taşıma araçlarını kullanmayı teşvik eden alanların seçimi (5)	3	5	5	0	0	5
2. Ön Tasarım Değerlendirme ve Planlama (4)	4	4	4	4	4	4
Alan tasarımı kullanıcılar ile diğer paydaşların birlikteliği (4)	4	4	4	4	4	4
3. Alan Tasarımı—Su (44)	14	35	1	24	33	16
Peyzaj sulamasında kullanılan içme suyu miktarının kurulum aşamasındakinden %75 ya da daha fazla azaltılması (2–5)	0	5	0	0	5	2
Sulak alan, nehir kenarı ve sahil şeridi tamponlarının korunması ve yenilenmesi (3–8)	0	8	0	5	5	0
Kaybolmuş akarsu, sulak alan ve sahil şeritlerinin rehabilite edilmesi (2–5)	0	5	0	5	5	0
Alanda yağmur suyu yönetimi (5–10)	10	10	0	10	10	10

Çizelge B.1: (devam) Sürdürülebilir Alan Girişimi Kapsamında Örneklerin İncelenmesi.

Alandaki su kaynakları ve alınan suyun kalitesinin korunması ve geliştirilmesi (3–9)	3	3	0	0	3	3
Bir peyzaj servisi sağlamak amacıyla yağmur suyu özellikleri tasarlamak (1–3)	1	1	1	1	1	1
Su ve diğer kaynakların korunmasında su özelliklerinin sürdürülmesi (1–4)	0	3	0	4	4	0
4. Alan Tasarımı—Toprak ve Vejetasyon (51)	36	49	25	51	51	10
Tasarım ve konstrüksiyonda toprak bozulmasının en aza indirgenmesi (6)	4	4	0	6	6	0
Özel statüde olarak belirlenmiş bitkilerin korunması (5)	0	5	0	5	5	0
Alanda bulunan uygun bitki biyokütlelerinin korunması ya da yeniden sağlığına kavuşturulması (3–8)	5	8	3	8	8	0
Yerel bitkilerin kullanımı (1–4)	4	4	4	4	4	0
Ekolojik alanda bulunan yerel bitki topluluklarının korunması (2–6)	4	6	4	6	6	0
Ekolojik alanda bulunan yerel bitki topluluklarının yeniden sağlığına kavuşturulması (1–5)	2	5	1	5	5	0
Yapının ısınma gereksinimlerinin en aza indirilmesi amacıyla bitki örtüsü kullanımı (2–4)	4	4	3	4	4	2

Çizelge B.1: (devam) Sürdürülebilir Alan Girişimi Kapsamında Örneklerin İncelenmesi.

Yapıyı soğutma gereksinimlerinin en aza indirilmesi amacıyla bitki örtüsü kullanımı (2–5)	5	5	3	5	5	3
Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması(3–5)	5	5	5	5	5	5
Yıkıcı orman yangını riskinin azaltılması (3)	3	3	2	3	3	0
5. Alan Tasarımı— Malzeme Seçimi (36)	15	25	8	24	26	4
Yerinde yapılar, sert zemin ve peyzaj olanaklarının korunması(1–4)	2	4	0	3	4	4
Dekonstrüksiyon ve demontaj için tasarım (1-3)	0	0	0	0	0	0
Kurtarılabılır malzeme ve bitkileri yeniden kullanma (2–4)	3	4	3	4	4	0
Geri dönüştürülebilir içerikteki malzemelerin kullanımı (2–4)	0	3	2	3	3	0
Sertifikalı ahşap kullanımı (1–4)	0	0	0	0	0	0
Bölgesel malzeme kullanımı (2–6)	5	4	0	5	5	0
Düşürülmüş VOC emisyonları ile birlikte, yapıştırıcılar, sızdırmazlık ürünleri, boya ve kaplamaların kullanımı (2)	0	2	0	2	2	0
Bitki üretiminde sürdürülebilir uygulamaların desteklenmesi (3)	2	3	0	3	3	0
Malzeme imalatında sürdürülebilir uygulamaların desteklenmesi (3–6)	3	5	3	4	5	0

Çizelge B.1: (devam) Sürdürülebilir Alan Girişimi Kapsamında Örneklerin İncelenmesi.

6. Alan Tasarımı —İnsan sağlığı ve refahı (32)	28	24	10	29	27	20
Adil alan gelişiminin teşvik edilmesi (1–3)	3	3	1	3	3	0
Adil alan kullanımının teşvik edilmesi (1–4)	3	3	1	3	3	3
Sürdürülebilirlik bilinci ve eğitiminin teşviki (2–4)	2	2	2	4	4	4
Eşsiz tarihi ve kültürel alanların korunması ve bakımı (2–4)	4	2	0	4	4	0
Alanda erişilebilirliğin, güvenliğin ve yön bulmanın en uygun şekilde sağlanması (3)	2	2	2	1	1	3
Dış mekân fiziksel aktiviteleri için olanakların sağlanması (4–5)	5	4	0	5	5	5
Zihinsel yenilenme için sessiz dış mekânlar ve vejetasyon manzaraları sağlanması (3–4)	4	3	2	4	4	2
Sosyal etkileşim için açık alanlar sağlanması (3)	3	3	0	3	2	3
Işık kirliliğinin azaltılması (2)	2	2	2	2	1	0
7. Konstrüksiyon (21)	12	18	6	17	18	0
Önceki oluşumlar tarafından değişikliğe uğramış toprakların yeniden eski haline getirilmesi (2–8)	2	8	0	7	8	0
Bertaraf edilen inşaat ve hafriyat malzemelerinin yönlendirilmesi (3–5)	5	5	3	5	5	0

Çizelge B.1: (devam) Sürdürülebilir Alan Girişimi Kapsamında Örneklerin İncelenmesi.

İnşaat sırasında ortaya çıkmış bitki örtüsü, taş ve toprağın yeniden kullanımı ya da geri dönüştürülmesi (3–5)	5	5	3	5	5	0
İnşaat sırasında yerel hava kirleticilere maruz kalma ve sera gazı emisyonlarının oluşumunu en aza düşürmek (1–3)	0	0	0	0	0	0
8. İşletme ve bakım (23)	11	10	6	14	14	1
Alanın işletme ve bakımı sırasında ortaya çıkmış olan organik maddelerin geri dönüştürülmesi (2–6)	0	0	0	6	6	0
Tüm peyzaj ve dış cephe operasyonlarında dış mekân enerji tüketiminin azaltılması (1–4)	4	3	1	1	1	0
Peyzajın elektrik ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir kaynakların kullanımı (2–3)	3	3	3	3	3	0
Ortamdaki bütün dumanına maruz kalmayı en aza indirme (1–2)	0	0	0	0	0	0
Peyzaj bakım faaliyetleri sırasında yerel hava kirleticilerine maruz kalmayı ve sera gazı oluşumunun en aza indirilmesi (1–4)	4	4	2	4	4	1
Egzoz gazı emisyonunun azaltılması ve yakıt tasarruflu araçların kullanımının teşvik edilmesi (4)	0	0	0	0	0	0

Çizelge B.1: (devam) Sürdürülebilir Alan Girişimi Kapsamında Örneklerin İncelenmesi.

9. İzleme ve Yenilik (18)	13	18	13	6	16	18
Sürdürülebilir tasarım uygulamalarının performansının izlenmesi(10)	5	10	5	0	10	10
Alan tasarımında yenilik (8)	8	8	8	6	6	8
TOPLAM	142**	204****	94	174***	194***	84

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Sevdâ ÖZTÜRK SARI

Doğum Yeri ve Tarihi: 16.05.1987

Adres: Clemson, USA

E-Posta: sevdaozturksari@gmail.com

Lisans: Ankara Üniversitesi

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Öztürk S., Çiçek İ., 2012: SUSTAINABILITY OF GREEN ROOFS AS AN ECOLOGICAL URBAN PATTERN. 49th IFLAWorld Congress, Eylül 2012 CapeTown, South Africa. (Poster Sunum)