



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MİMARİ YAPILARDA BİYOMİMETİK
TASARIM İLE SU TOPLAMA YÖNTEMLERİ:
KONYA İLİ SERA ÇALIŞMASI

Ahmet Fazıl BAYRAKCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

MAYIS-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmet Fazıl BAYRAKCI tarafından hazırlanan “Mimari Yapılarda Biyomimetik Tasarım İle Su Toplama Yöntemleri: Konya İli Sera Çalışması” adlı tez çalışması 08/05/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Fatih CANAN
Konya Teknik Üniversitesi

Danışman

Prof. Dr. Fatih CANAN
Konya Teknik Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Bilgehan ÇAKMAK YILMAZ
Konya Teknik Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Havva Ülgen BEKİŞOĞLU
Aksaray Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ahmet Fazıl BAYRAKCI

Tarih: 08.05.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARİ YAPILARDA BİYOMİMETİK TASARIM İLE SU TOPLAMA YÖNTEMLERİ: KONYA İLİ SERA ÇALIŞMASI

Ahmet Fazıl BAYRAKCI

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Fatih CANAN

2024, 70 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Fatih CANAN

Doç. Dr. Bilgehan ÇAKMAK YILMAZ

Doç. Dr. Havva Ülgen BEKİŞOĞLU

Su, alternatif bulunmayan, sınırlı ve stratejik bir yaşam kaynağıdır ve canlılar için yaşamsal bir gerekliliktir. Ancak, küresel ısınma, kirlilik, iklim değişikliği gibi sebeplerle su kaynakları geri dönüşümü mümkün olmayan şekilde tükenmeye başlamıştır. Bu nedenle, insanlık suyun sınırlı olduğu gerçeğiyle yüzleşmiş, suyun sürdürülebilir şekilde kazanımı önemli bir konu haline gelmiştir. Yapılarda suyun kazanımı ve etkin kullanımı için kaynak arayışları gündeme gelmiştir. Bu çalışmada, suyun sürdürülebilir şekilde kullanımına katkı sağlamak amacıyla yapılar aracılığıyla su hasadı konusuna odaklanılmıştır. Öncelikle geleneksel yöntemlerle yapılan su hasat yöntemleri araştırılmıştır. Biyomimetik yaklaşımların mimarideki potansiyelleri anlamak amacıyla doğada su elde etmeyi başaran canlılar incelenmiştir. Biyomimetik tasarım prensipleri doğrultusunda su yönetimi stratejilerinin yapı tasarımlarına nasıl aktarılacağı incelenmiştir. Özellikle, canlılardan ilham alınarak geliştirilen su yönetimi stratejilerinin mimari kabuk tasarımlarına nasıl aktarılacağı örnekler üzerinden araştırılmıştır. Canlıların su yönetimi stratejileri ile bina kabukları arasındaki fonksiyonel benzerlikler belirlenmiş ve bu fonksiyonların yapı tasarımlarına nasıl entegre edilebileceği üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada, biyomimetik tasarım örneği olan hidropanellerin kullanılmasıyla su potansiyelinin artırılacağı görülmüştür. Yapıların su toplama yöntemlerinin geliştirilmesi için doğadan ilham almanın, özellikle havadan su elde etme potansiyellerinin ortaya çıkarılmasında etkili bir yöntem olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, yapı tasarımı süreçlerinin multidisipliner bir yaklaşımla yürütülmesi, doğanın çözüm önerilerinin araştırılması ve biyomimetik tasarım prensipleri doğrultusunda doğadan alınan öğretilerin yapı tasarımına entegre edilmesi önemli bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyomimetik tasarım, mimari kabuk tasarımı, su hasadı, yağmur suyu hasadı

ABSTRACT

MS

WATER COLLECTION METHODS WITH BIOMIMETIC DESIGN IN ARCHITECTURAL BUILDINGS: GREENHOUSE STUDY IN KONYA

Ahmet Fazıl BAYRAKCI

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Architecture**

Advisor: Prof. Dr. Fatih CANAN

2024, 70 Pages

Jury

Prof. Dr. Fatih CANAN

Assoc. Prof. Dr. Bilgehan ÇAKMAK YILMAZ

Assoc. Prof. Dr. Havva Ülgen BEKİŞOĞLU

Water is a limited and strategic source of life that has no alternative and is a vital necessity for living things. However, due to reasons such as global warming, pollution and climate change, water resources have started to deplete irreversibly. For this reason, humanity has faced the fact that water is limited and sustainable water recovery has become an important issue. The search for resources for the recovery and efficient use of water in buildings has come to the agenda. This study focuses on water harvesting through buildings in order to contribute to the sustainable use of water. First of all, traditional water harvesting methods were investigated. In order to understand the potential of biomimetic approaches in architecture, the creatures in nature that are able to harvest water are analyzed. In line with biomimetic design principles, how to transfer water management strategies to building designs is examined. In particular, how water management strategies inspired by living things can be transferred to architectural shell designs is investigated through examples. Functional similarities between the water management strategies of living things and building shells are identified and how these functions can be integrated into building designs is emphasized. In this study, it has been seen that water potential can be increased by using hydropanels, an example of biomimetic design. Taking inspiration from nature to improve the water harvesting methods of buildings has been found to be an effective method, especially in revealing the potential of water harvesting from air. In this context, it was found important to carry out building design processes with a multidisciplinary approach, to investigate nature's solution proposals and to integrate the teachings from nature into building design in line with biomimetic design principles.

Keywords: Biomimetic design, architectural shell design, water harvesting, rainwater harvesting

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi, deneyim ve yönlendirmeleri ile araştırmama yön verip, yol gösteren, katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen, anlayışlı yaklaşımıyla çalışmalarım konusunda beni her zaman cesaretlendiren çok kıymetli danışmanım Sn. Prof. Dr. Fatih CANAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca varlığı ile bana güç veren, maddi manevi emek ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen canım anneme, babama ve pozitif enerjileriyle her zaman bana destek olan akademideki yol arkadaşlarıma en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Ahmet Fazıl BAYRAKCI
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı	2
1.2. Tezin Önemi	2
1.3. Tezin Kapsamı	4
1.4. Materyal ve Yöntem	4
2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE	8
2.1. Biyomimetik tasarım nedir ve nasıl çalışır?	8
2.2. Mimarlık alanında biyomimetik tasarım	8
2.3. Su Hasadı Yöntemleri.....	11
2.3.1.Atmosferik Su Hasadı.....	12
2.3.2.Denizden Tatlı Su Hasadı (Tuzdan Arındırma Yöntemi).....	12
2.3.3.Yeraltı Suyu Hasadı.....	13
2.3.4.Yağmur Suyu Hasadı.....	13
3. DOĞA ESİNLİ SU TOPLAMA STRATEJİLERİ.....	22
3.1. Doğadaki Canlıların Su Yönetimi Stratejileri	22
3.1.1.Namib Çöl Böceği (Stenocara).....	23
3.1.2.Molok Kertenkelesi (Moloch Horridus).....	24
3.1.3. Örümcek Ağı	25
3.1.4. Diken İnciri Kaktüsü (<i>Opuntia Microdasys</i>).....	26
3.1.5. Çöl Devesi Burun Yapısı.....	27
3.1.6. Muz Salyangozu	28
3.2. Mimari Yapılarda Biyomimetik Tasarım ile Yenilikçi Su Toplama Yaklaşımları	32
3.2.1. Deniz Suyu Serası (in Oman).....	32

3.2.2. Namib Böceği Prototip Projesi.....	33
3.2.3. Muz Salyangozu Prototip Projesi	35
3.2.4. Warka Su Kulesi (Etiyopya).....	37
3.2.5. Sahra Orman Projesi.....	39
3.2.6. Çeşitli Nem Toplayıcı Yüzey Tasarımları.....	41
4. ALAN ÇALIŞMASI	51
5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	61
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	64
KAYNAKLAR.....	66



1. GİRİŞ

Son dönemdeki iklim değişikliği ile birlikte, dünya nüfusunun büyük bir bölümü su kaynaklarına erişimde zorluk çekmekte ve yüksek su stresi yaşamaktadır. Özellikle artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte küresel iklim değişikliğinin su kaynaklarına olan olumsuz etkisi, su kaynaklarının dünya genelinde eşit dağılmamış olması su sorununu daha da ağırlaştırmaktadır. Bu sebeple, suyun kullanımı ve dağıtımındaki dengelere daha fazla önem verilmeli ve kaynakların verimli bir şekilde yönetilmesi için yeni stratejiler geliştirilmelidir. Gelecek nesiller için mevcut su kaynaklarının korunması ve alternatif su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Su tüketiminin önemli bir kısmı dünya genelindeki kentsel alanlarda gerçekleşmekte ve bu bağlamda mimari tasarımda su kazancı sağlayan stratejilere olan ilgi artmaktadır.

İnsanlık, geçmişten günümüze, tatlı su kaynaklarına yakın yerlere göç etmiş ve hayatta kalabilmek için suya erişmeye çalışmıştır. Özellikle kurak bölgelerdeki sınırlı su kaynaklarını etkin bir şekilde kullanarak bu ihtiyacı karşılamışlardır. Başlangıçta temel ihtiyaçları karşılamak için geliştirilen yağmur suyu toplama yöntemleri, günümüzde artan su talebi ve kıtlığına karşı bir çözüm olarak su kaynaklarının sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Literatürde birçok farklı yağmur suyu toplama yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler, topoğrafya, arazi kullanımı, yağış miktarı ve talep gibi parametrelere bağlı olarak farklılık gösterir ve uygulandıkları alana özgüdür. Ayrıca, bu yöntemler geniş bir maliyet aralığına ve teknolojik seviyeye sahiptir (Mbua, 2013).

Su kaynaklarının sürdürülebilirliği, günümüzdeki bir sorun olarak değil, tarih boyunca var olan bir mesele olarak görülmelidir. Özellikle yağmur suyu hasadı, su temini için en yaygın ve sürdürülebilir yöntemlerden biri olarak hem geçmişte hem de günümüzde önemli bir rol oynamıştır. Yapılarda yağmur suyu hasadı, çeşitli toplumlar tarafından benimsenmiş ve kullanılmıştır. Farklı kültürlerde, yağmur suyu hasadı, su kaynaklarının yetersiz olduğu dönemlerde evsel ve tarımsal ihtiyaçları karşılamanın etkili bir yolunu oluşturmuştur (Mbua, 2013). Özellikle kurak veya yarı kurak iklimlerde bulunan bölgelerde, tarıma dayalı yaşamı sürdüren topluluklar arasında yağmur suyu hasadı uygulamaları yaygın olarak görülmüştür (Nachshon, 2016).

1.1. Tezin Amacı

Su, yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olup, tüm canlılar için hayati öneme sahiptir. İnsanlık, su kaynağıyla olan ilişkisini tarih boyunca sürdürmüş ve su, toplumların yerleşim düzeni, sosyal yapıları, kültürleri ve ekonomileri üzerinde belirleyici bir rol oynamıştır. Bugün bile, suyun varlığı ekonomik, endüstriyel, gıda üretimi, toplumsal refah ve sosyal dinamikler açısından kalkınmanın temelini oluşturur. Dolayısıyla, yaşamın sürdürülebilirliği için yeterli miktarda ve kaliteli suya sahip olmak kritik önem taşır ve suyun eksikliği, çözülmesi gereken en önemli çevresel sorunlardan biridir (Aslan D. , 2019).

Küresel ısınma, kirlilik ve artan nüfus gibi faktörler, suya olan talebi artırmış ve mevcut su kaynaklarının hızla azalmasına yol açmıştır. Bu durum, insanların suyun sınırlı olduğunu kabul etmelerine neden olmuş ve suyun sürdürülebilirliği önemli bir konu haline gelmiştir. Tarım ve gıda üretimindeki zorluklar da bu durumu desteklemiş ve geleneksel su hasat yöntemlerine alternatif su yönetim stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir.

Suyun sürdürülebilir kullanımı için alternatif arayışlar doğrultusunda, yapılarda suyun etkin kullanımı ile ilgili problemlerin çözümüne ve sürdürülebilirliğine bir katkı olarak, çeşitli su hasadı yöntemleri açısından, biyomimetik yaklaşımlarla tasarlanan yapıların sahip olduğu potansiyelin fark edilmesi ve bu konuda olası tasarım üretim yöntemlerinin ortaya konulması çalışmanın ilk amaçları arasındadır. Yapıların su hasadı konusunda önemli ara yüzler olduğu, bu süreçte tasarımcıların biyomimetik çözümlerden faydalanabileceği ve bundan sonra bu konudaki araştırmacılar için alternatif öneriler sunulmuştur.

1.2. Tezin Önemi

İklim değişikliği, uygarlığımızın bugün karşı karşıya olduğu en büyük sorunlardan birisidir. İklim değişikliğinin etkileri giderek daha somut hale geldikçe, en büyük belirtilerden biri olan kuraklık dünyanın belirli bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Yaşamı sürdürmek için gerekli olan ekosistemdeki bozulmalar (toprak özelliklerinde, bitki örtüsünde veya iklimde değişiklikler) çölleşmeyi tetiklemektedir.

Çölleşmenin özellikle iklim değişikliğine ivme kazandıran ana sorun olarak ele alınmaması ve ekosistemlerin mevcut istikrarsızlığının devam etmesi, uygarlığın bağlı

olduğu ekosistem hizmetlerini tehdit altına alabilir. Ekosistemdeki aksaklıklar tarımda verimin düşmesi, artan orman yangın riskleri, şiddetli hava koşulları ve en önemlisi tatlı su kaynaklarının kıtlığının artması gibi sonuçlar doğurabilir. Yakın gelecekte, yeraltı su seviyeleri ve rezervuarların verimliliği tehdit oluşturacak noktalara geldikçe, su krizi telafi edilemeyecek bir boyuta gelebilir. Mevcut su politikalarının ve altyapısının dikkatli bir şekilde gözden geçirilmesi ve temel tüketim konularının da ele alınması gerekmektedir.

İnsanların temel barınma ihtiyacını karşılamak için inşaat faaliyetlerinin yürütülmesinde tüketilen su miktarı, su kaynakları kullanımının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu durum inşaat faaliyetlerinin her aşamasında su yönetiminin en verimli bir şekilde yürütülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Su yönetimi ile ilgili sürdürülebilirlik çalışmalarında, enerji üretim ve kullanımında, malzeme ve yapı çevre üretiminde, doğaya uyumlu, kullandığı kaynaklar ve oluşturduğu atıklar ile çevreye zarar vermeyen stratejilerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu hususta sürdürülebilir stratejilerin ötesinde rejeneratif (yenileyici) tasarımlar, “doğa esinli” yöntemler ile bir çözüm kaynağı olarak görülmektedir. Doğadan esinlenmenin ötesinde bir kavram olan biyomimetik, yeni teknolojiler ve tasarımlar geliştirmek için doğadaki canlılardan en etkin fikirler öğrenmek anlamına gelmektedir (Pohl, 2015).

Söz konusu su yönetimi kavramı üzerine suyun elde edilmesi, kullanılması, taşınması ve korunması için alternatif çözüm arayışları doğadaki canlılar analiz edilerek insanoğlunun mekân üretimine ilham kaynağı olmaktadır. Özellikle de bir binanın dış ortam ile etkileşime geçtiği yapı kabuğu tasarımlarında biyomimetik tasarım oldukça önem kazanmaktadır. Gün ışığından yararlanma, ısı ve su transferi gibi yapı fiziklerini içeren konularda dış çevre koşulları ve iç ortam konforu arasında yapı kabuğu sınırlayıcı bir filtre görevi görmektedir. Bir yönden oksijen, karbondioksit, su, ışık, ısı enerjisi gibi faktörlerin geçişi yapı yüzeylerinden gerçekleşmektedir. Bu yüzden yapı kabuğunun bağlama uygun koşullara adaptasyonu, önemli ölçüde su kazancı ve tasarrufu potansiyeli barındırır. Yapı yüzey tasarımları sadece su hasat etmek için değil, aynı zamanda su talebini karşılamak için gerekli olan enerji ihtiyacını sağlayabilmede de potansiyel barındırmaktadır. Çünkü enerji üretiminin fosil yakıtlardan değil yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi ekolojik tasarım çerçevesinde suyun sürdürülebilirliği kadar önem arz etmektedir.

1.3. Tezin Kapsamı

Dünya genelindeki su kaynakları tüketiminin önemli bir kısmı, insanların temel barınma ihtiyacını karşılamak için gerekli olan inşaat ve konut faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu durum yapılı çevrelerde su yönetimi stratejilerini geliştirme taleplerini artırmaktadır. Bu sebeple su tüketiminde büyük bir payı olan “yapılı çevreler” için suyun verimli bir şekilde elde edilmesi, kullanılması, taşınması ve korunması için alternatif çözüm arayışları başlamıştır. Bu çalışma kapsamında mevcut su kaynaklarını korumak ve gelecek nesiller için devamlılığını sağlamak adına yapılar aracılığı ile sürdürülebilir su elde edebilme yöntemleri araştırılmıştır. Bu doğrultuda doğayı bir kılavuz gibi gören “biomimikri” kavramı aracılığı ile doğadaki canlıların su elde etme stratejileri incelenerek, mimari tasarımda biyomimikrinin bir çözüm sunup-sunmayacağı sorgulanmıştır. Bu amaçla ilk olarak, su yönetimi konusunda dikkat çeken ve suyu en verimli şekilde idame ettiren canlılar araştırılmış, bu canlıların su yönetimi sağlayan özellikleri ve mekanizmaları açıklanmıştır. Bu mekanizmalar detaylı bir şekilde analiz edilip, biyo-bilgili tasarım çözümlerinin mimari tasarımda nasıl uygulanabileceği araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Çıkarımlar doğrultusunda, doğadaki canlıların su yönetimi stratejilerinin özellikle yapı kabuk yüzeyi tasarımlarında ilham kaynağı olabileceği, mimari yapıların yüzey tasarımlarında yenilikçi çözümler önerebileceği saptanmıştır. Fakat canlı morfolojisi ve biyoloji hakkında sınırlı bilgiye sahip tasarımcılar için araştırılan canlı mekanizmalarının mimaride karşılığının olup olmayacağı irdelenmelidir.

Bu çalışmada doğadaki canlıların “su yönetimi” sağlayan özellikleri ve mekanizmalarının neler olduğunu ve yapı tasarımına nasıl uyarlanabileceği/uygulanabileceği sorularının yanıtlarını biyomimetik tasarım çerçevesinde aramaktır. Bu amaçla öncelikle “biyomimikri” ve “yapı kabuk yüzeyi” tasarımında doğadan öğrenme yaklaşımları irdelenmiş daha sonra su yönetimi sağlama stratejileriyle öne çıkan canlılar araştırılarak, bu canlıların su yönetimini sağlayan mekanizmaları ve özellikleri analiz edilmiştir.

1.4. Materyal ve Yöntem

Öncelikle mimarlık alanında ilk olarak Janine Benyus tarafından 'Biomimicry: Innovation Inspired by Nature' (1997) adlı kitabında ortaya atılan biyomimikri kavramı ve “Biyomimetik Tasarımın” ne olduğu ve biyomimetik tasarım sürecinin nasıl işlediğine

dair bilgilere yer verilmiş, literatür araştırmasıyla mimaride biyomimetik tasarımla su yönetimi üzerine uygulamalar pekiştirilerek biyomimetik bilim ve mimarlık ilişkisine genel bir çerçeve çizilmiştir.

Daha önce su yetersizliği sorununa çözüm getirme amacıyla, su kaynaklarının kısıldığı bölgelerde su ihtiyacının nasıl karşılandığı incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, yağmur suyunun geçmişten günümüze su ihtiyacını karşılamak için etkili bir kaynak olduğu ve bu amaçla çeşitli yağmur suyu hasadı yöntemlerinin geliştirildiği belirlenmiştir. Bu doğrultuda, çeşitli coğrafyalarda kullanılan geleneksel yağmur suyu hasadı yöntemleri incelenerek sınıflandırıldı ve örneklerle açıklanmıştır. Ardından, modern çözümler arasında yapıların su tüketimindeki rolü göz önünde bulundurularak, su yetersizliği sorununa getirilen çözümler araştırılmıştır. Farklı amaçlar için tasarlanmış mimari yapılar seçilerek suyun etkin bir şekilde kullanılması için tasarlanmış stratejiler ve su hasat yöntemleri analiz edilmiştir. Bu yapılar, sürdürülebilirlik ve su verimliliği amacıyla inşa edilmiş veya tasarlanmış olup su hasadı için çeşitli mimari tasarım kararları alınmıştır. Belirli bir fonksiyona sahip olmayan, çeşitli büyüklüklerde yapılar tercih edilmiş ve bu şekilde su hasadının yapılar aracılığıyla hangi yöntemlerle gerçekleştirilebileceği değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, yapılar için kullanılan su hasadı yöntemleri, mimari yüzeylerin niteliğine bağlı olarak sınıflandırılmış ve binalarda su hasadının nasıl yapılabileceği belirlenmiştir.

Sonraki bölümde, doğadaki canlıların suyu etkin kullanma stratejileri detaylı bir şekilde incelenmiş ve elde edilen bilgilerin biyomimetik tasarım yoluyla yapıların tasarımına nasıl aktarılabilirliği üzerine düşünülmüştür. Bu tasarımlar, suyun etkin kullanımı açısından incelenmiş ve bu stratejilerin getirebileceği yenilikler ve farklılıklar ele alınmıştır. Değerlendirme bölümünde, binalarda suyun etkin kullanımı için geliştirilen biyomimetik yaklaşımlar karşılaştırılarak, bu yaklaşımların su kaynaklarının korunmasına, binaların su tüketiminin azaltılmasına, elde edilen suyun kalitesine ve güvenilirliğine, yöntemlerin uygulanabilirliğine ve devamlılığına nasıl katkı sağlayabileceği üzerine tartışılmıştır.

Bilindiği üzere, su tüm canlılar için hayati bir öneme sahiptir. Doğadaki canlılar, suya yağmur, sis, çiy gibi çeşitli kaynaklardan erişebilirler. Bu kaynaklar, su hasadı için önemli olan su buharını içerir. Özellikle kurak ve yağışsız bölgelerde, havadaki su buharı canlılar için kritik bir su kaynağı haline gelir. Bu bağlamda, canlıların su toplama, koruma ve kullanma stratejileri üzerine yapılan araştırmalar, uzun yıllardır birçok bilim insanı

tarafından incelenmiş ve literatürde çeşitli çalışmalara yer verilmiştir. Lloyd (1905) Özellikle Namib Çöl Böceğinden (Stenocara) esinlenerek tasarlanan hidropaneller, yapıların çatılarında konumlandırılarak güneşten elde ettiği enerji ile havadan nemi yoğuşturan bir mekanizmaya sahiptir. Yoğuşturulan nem basit filtreleme metodları ile yapı kullanıcıları için içme suyuna dönüştürülmektedir. Cihazın bulunduğu ortam koşulları nem, sıcaklık vb. çevresel faktörler hasat edilen su miktarını etkilemektedir. Havanın açık olması, bağıl nemin yüksek olması ve cihazın üzerindeki güneş panellerinin maksimum düzeyde enerji üretmesi, havadan hasat edilen su miktarını pozitif yönde etkilemektedir.

Havadan su hasat etmek için tasarlanan hidropaneller, özellikle temiz içme suyuna erişimde güçlük çeken hane kullanıcıları için düşünülmüş, buna bağlı olarak kurak iklimin egemen olduğu coğrafyalarda kullanılmaya başlanmıştır. Kurak iklimlerde temiz içme suyu temininin yanında, sulamaya bağlı olarak tarımsal faaliyetlerdeki aksaklıklar da insanoğlunun yaşam konforunu etkilemektedir. Tarımsal sulamadaki aksaklıklar sonucunda oluşan gıda krizlerini önlemek için de hidropanellerin kullanılması öngörülmektedir. Bunun sonucunda tarım faaliyetlerin yürütüldüğü seralara hidropanellerin yerleştirilmesi ve seradaki ürünlerin su ihtiyacını karşılanması önerilmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda, alan çalışması için Türkiye'nin "tahıl ambarı" olarak ifade edilen İç Anadolu Bölgesinde bulunan Konya ili seçilmiştir. Verimli topraklara sahip olan ilin ana geçim kaynakları arasında tarım ve hayvancılık yer almaktadır. Konya ilinde yetiştirilen başlıca ürünler arasında, buğday ve arpa gelmektedir. Türkiye'nin tahıl ihtiyacının karşılanması yönünden Konya ilindeki tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği önemlidir. Son yıllardaki yer altı su seviyelerindeki ciddi düşüşler tarımda sulamada aksaklıklara neden olmuştur. Bu durum, tarımla uğraşan insanları su yetersizliğe bağlı olarak daha verimli ve alternatif sulama arayışına itmektedir.

Konya'da çeşitli üretim tesisleri bulunan Konya Şeker, kurduğu klimalı ultra modern seralarında üretim sürecinde kullandığı atık sıcak suyu değerlendirmektedir. Bu yatırım sayesinde seracılık faaliyetlerini sıfır enerji maliyetiyle yürütmeye çalışmaktadır. Şimdilik 60 dekarlık alanda kurulu, proje tamamlandığında 120 dekara ulaşacak seralarında ekolojik tarıma uygun şekilde üretilen ürünler yakın çevrede bulunan illere ulaştırılmaktadır.

Alan çalışması için seçilen Konya Şeker seralarında sulama için gerekli su talebini karşılamak adına, geleneksel yağmur suyu hasat yöntemi ve hidropaneller kullanılarak havadan suyun hasat edilmesi yöntemi karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiştir. Konya ilinde yıllık yağış miktarı baz alınarak, mevcutta bulunan sera çatı alanı ile geleneksel yağmur suyu toplama sistemleri kullanılarak ne kadar yağmur suyu (m³,galon) toplanabileceği hesaplanmıştır. Buna ek olarak aynı çatı alanına yerleştirilen hidropanellerin havadan suyun hasat edilmesi ile ne kadar yağmur suyu (m³,galon) toplayabileceği hesap edilmiştir. Hidropanellerin toplayabileceği su miktarı Konya ilinin bir senelik hava durumu ve iklimine bağlı olup, cihazın su toplama verimliliği grafiklerine bakılarak ortalama değerler üzerinden hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda Konya ilinde hidropanellerin kullanımı ve geleneksel yöntemler ile su toplama yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde biyomimetik tasarım ve mimarlık disiplini ile olan ilişkisi incelenecek olup, literatürde öne çıkan geleneksel yapılarda su hasadı yöntemleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Doğadan su elde etme yöntemleri incelenmiş ve özellikle yağmur suyu hasadı konusu örnekler üzerinden detaylı incelenmiştir.

2.1. Biyomimetik tasarım nedir ve nasıl çalışır?

Literatürde, Yunanca "bios" (yaşam) ve "mimesis" (taklit etmek) kelimelerinden türetilen "biyomimetik", doğadaki sistemleri inceleyen ve bu sistemleri, modelleri, süreçleri veya stratejileri taklit ederek ilişkili problemleri çözmek için üretilen yeni bir bilim dalıdır. Benyus (1997), doğanın uzun bir evrimsel süreç boyunca kendini geliştirdiğini ve deneme-yanılma yoluyla değiştiğini vurgulamaktadır. Hayvanlar, bitkiler ve diğer canlı organizmalar, hayatta kalma stratejilerini, işlevsel olanı ve önemli olanı evrimsel süreç içinde öğrenmişlerdir. Bu nedenle, doğa çevremizdeki sürdürülebilir yaşamın bilgisiyle dolu bir öğretmendir ve biyomimetik, bu bilgiden yararlanmak için yeni bir yaklaşımdır (Rao, 2014).

"Biyomimetik" terimi, biyolojiden kopyalama, uyarlama veya türetme anlamlarını içerir ve "biyomimikri", "biyonik", "biognosis", "biyomimesis", "biyoloji esinli tasarım" gibi farklı kelimelerle kullanılsa da benzer anlamları taşımaktadır. Bu kavram, yeni bir bilim dalı olarak tanınsa da aslında insanlar, tarih boyunca doğadan ilham almışlardır. Leonardo da Vinci, kuşları inceleyerek uçan makineler tasarlamış ve çizimleri diğer tasarımcılara ilham vermiştir. Aristoteles, sanatın doğayı taklit etmek olduğunu ve mimarlığın doğadan ilham alarak doğayı taklit etmesi gerektiğini belirtmiştir. Aristoteles, doğanın amacını tanımlama ve yöntemlerini taklit etme aşamalarını ifade etmek için "imitasyon" terimini kullanmıştır (Vincent, 2006).

2.2. Mimarlık alanında biyomimetik tasarım

İlham kaynağı “doğa” olan biyomimetik terimi, bir yaklaşım, yöntem, araç, disiplin veya strateji olarak “doğanın en iyi fikirlerinden öğrenerek tasarlama” anlamına gelen düşünce sistemidir. Bu terim, sadece doğanın taklidini değil, aynı zamanda güncel

teknolojilerin uygulamaları ile sorunların anlaşılmasına yardımcı olmak için doğal ilkelerin kavranmasını ifade etmektedir (Pohl, 2015).

İnsanların doğa ile olan ilişkileri birçok sosyal ve toplumsal fikirler üzerine inşa edilmiştir. Doğadan ilham alma süreci 20.yy'ın ortalarına kadar genel anlamda biçimsel olarak ilerlerken, bu tarihten sonra teknoloji faktörü ile beraber yalnızca bir çeşit öykünme ve süs aracı olmaktan çıkıp, ortaya çıkış ve dönüşümde de kullanılmaya başlanmıştır. Teknoloji faktörü ile beraber daha endüstriyel bir hal alan coğrafyalar, ciddi ekoloji sorunları yaşamaya başlamış ve bu durum insanları doğanın muhteşem çözümlerini keşfetmeye yöneltmiştir. Doğadan esinlenmeler sadece sonuç odaklı değil, aynı zamanda sonuca götüren süreçte de tasarım sürecine katkı sağlamıştır.

Mimarlık tarihine bakıldığında, doğadan esinlenmenin uzun bir geçmişi olduğu görülmektedir. Mimarlıkta doğadan esinlenmenin kökeni, barınma ihtiyacıyla birlikte çok eski çağlara kadar uzanmaktadır. İnsanlar, barınma gereksinimiyle birlikte doğadaki oluşumları gözlemlemiş ve bu gözlemlere dayanarak ilk bina yapma tekniklerini geliştirmişlerdir (Arslan Selçuk, 2007). Antik çağlarda tasarlanan yapılar incelendiğinde, doğada görülen biçim ve yapıların sıklıkla taklit edildiği görülmektedir. Örneğin, Yunan ve Roma tapınaklarının temel yapısal elemanı olan sütunlar, ağaçların yük taşıyan gövdelerinin davranışlarından esinlenerek geliştirilmiştir. Tapınakların süslemelerinde ise çeşitli ağaçlara veya bitkilere benzetilen motifler sıkça kullanılmıştır (Aslan D. , 2019).

Ortaçağ döneminde ortaya çıkan gotik mimarlık akımında, doğadan esinlenen mimari unsurlar göze çarpmaktadır. Özellikle dönemin anıtsal yapıları olan kiliselerin tasarımlarında doğa esintilerine sıkça rastlanır. Kilise mimarisinin en belirgin öğelerinden biri olan yelpaze tonozları, ağaç dallarının formundan ve yapısından ilham alınarak tasarlanmıştır (Aziz M.S., 2015).

Rönesans'ın başlangıcıyla birlikte, 15. yüzyılda insan ve doğa, sanat ve mimarlık alanlarında öne çıkmıştır. Doğal formlar ve benzeşimler, özellikle sanat ve mimarlıkta daha sık kullanılmıştır. Bu dönemin mimarları, doğadaki oranları inceleyerek işlerini şekillendirmiş ve kendilerini doğanın bir parçası olarak görmüştür (Yeşilyurt, 2008). Ünlü sanatçı Leonardo Da Vinci'nin yaşamı boyunca insan anatomisi ve doğal çevreyi inceleyerek icatlar yapmaya çalıştığı bilinmektedir. Da Vinci'nin doğaya dair gözlemleri ve çalışmaları, sonraki dönemlerde pek çok mucide ve tasarımcıya ilham vermiştir

(Gruber, 2011). Öte yandan, dönemin mimarlarından Fillipo Brunelleschi de doğayı inceleyerek çalışmalar yapmış ve Floransa Katedrali için daha hafif ve sağlam bir kubbe tasarlamak için yumurta kabuğunun formundan ve dayanımından ilham almıştır. (Nkandu, 2018).

17. ve 18. yüzyılda Barok ve Rokoko dönemlerinde mimari tasarımlarda, doğadaki organik şekillerden, eğri çizgilerden ve bitki formlarından ilham alındığı gözlemlenmektedir (Rian, 2014). Bu akımların devamında ortaya çıkan Art Nouveau tarzında ise simetrik olmayan, dalgalı ve serbest çizgiler ön plandadır. Çiçek tomurcukları, böcek kanatları ve asma dalları gibi doğal formlar, sanatçıların esin kaynağı olmuştur. Organik, kıvrımlı ve ritmik çizgiler, yapıları süsleme ve yapısal öğelerle birleştirme yolunda kullanılmıştır (Gertik, 2012). Art Nouveau'nun önde gelen isimlerinden İspanyol mimar Antoni Gaudi, doğanın her estetik ve yapısal öğesinin mimarlıkta bir karşılığı olduğunu savunmuş ve tasarımlarında doğadan esinlenmiştir. Canlıların morfolojik özelliklerini analiz ederek, mimari eserlerine doğal form ve yapıları entegre etmiştir (Rian, 2014). Gaudi'nin eserlerinde organik süslemeler sadece estetik değil, aynı zamanda işlevsel olarak da kullanılmıştır. Ünlü mimarlık tarihçisi Ching, Gaudi'nin tasarımlarında formun işlevle ilişkisine dikkat çekmiştir. Gaudi'nin bu anlayışı, Sagrada Familia Katedrali gibi eserlerinde açıkça görülebilir. Geleneksel sütunlar yerine ağaç formunu taklit eden dikey yapı elemanları, iç mekânda bir orman atmosferi yaratırken, aynı zamanda yapısal olarak da destek sağlamıştır. Ağaç dallarını andıran bu yapı elemanları, yükleri eşit şekilde dağıtarak yapıya dayanıklılık kazandırmıştır (Orman, 2013).

Sanayi Devrimi ile birlikte, 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren mimarlıkta doğadan esinlenme hareketi önemli bir değişim ve dönüşüm geçirmiştir. Önceleri, doğaya yönelik ilgi ve esinlenme genellikle biçim ve yapısal arayışlarla sınırlıyken, endüstriyel gelişmeler ve yeni yapı malzemeleri ile birlikte bu hareket farklı alanlara yayılarak evrimleşmiştir. Doğanın, hem biçim hem de fonksiyon açısından taklit edilmesi dönemin önemli bir özelliği haline gelmiştir (Gertik, 2012).

20. yüzyılın başlarından itibaren, mimarlık hızlı bir değişim ve gelişim sürecine girmiştir. Bu dönemde ortaya çıkan çeşitli akımlar, yeni teknolojiler ve malzemelerle birlikte mimariye yeni olanaklar sunmuş, tasarım alanında yeni ufuklar açılmıştır. Özellikle görsel odaklı yaklaşımların etkisiyle, ifadesel bir tasarım anlayışı benimsenmiş ve mimaride heykelsi öğeler öne çıkmıştır. Birçok mimar, kitlelerin beklentilerini

karşılama amacıyla mimari yapıları aynı zamanda sembolik ifade araçları olarak kullanmaya başlamıştır. Doğal formların ilham kaynağı olarak kullanıldığı bir biçimde, form odaklı düşünen mimarlar, tasarımlarında doğadan esinlenmişlerdir.

Günümüzde biyomimetik tasarım örneklerini incelediğimizde, tasarımın daha önceden belirlenen parametreler üzerinden planlandığını görülmektedir. Bu parametreler için gerekli veriler işlenerek, tasarım ortaya çıkmaktadır. Örneğin, güneş enerjisini verimli kullanan bir yapı tasarlamak için güneş ışınlarıyla ilgili veriler toplanır. Bu veriler yardımıyla, doğadan esinlenerek gerekli solar sistem yapıya entegre edilmektedir. Bu aşamalarda verilerin değerlendirilmesi ve tasarımın şekillenmesi için bilgisayar ortamında(parametrik tasarım) alternatifler üretilebilmektedir. Doğadaki canlı davranışlarının incelenmesi ve verilerin tasarım sürecine aktarılmasında parametrik tasarım oldukça önem kazanmıştır. Bu sayede güncel mimarlık ürünlerinde biyomimetik tasarım sadece görsel esinlenmenin ötesine geçmiş, tasarımda “model, kılavuz, ölçü” olma nitelikleri dikkate alınmaya başlanmıştır. Canlıların somut örneklerinin yanı sıra doğanın yöntemlerini ve işleyişlerini daha kapsamlı inceleyerek, işlenebilir hale getirmiştir.

Pek çok disipline ilham kaynağı olan doğa, mimari tasarım için de pek çok potansiyel barındırmaktadır. Doğa, doğru sorular ve yöntemler ile gözlemlenerek, talepler doğrultusunda, günümüz sorunlarına mimari tasarım aracılığı ile yapı elemanlarının üretimine cevap verecek potansiyeli barındırmaktadır. Bilim ve teknoloji sayesinde geliştirilmeye devam edilen biyomimetik tasarım, doğanın sadece görsel olarak taklit edilmesinden öte canlıların hayatta kalma stratejileri ve problemlere karşı davranışlarını incelemektedir.

2.3. Su Hasadı Yöntemleri

Bu bölümde doğadan su elde etme yöntemleri incelenmiş ve özellikle yağmur suyu hasadı konusu üzerinde detaylı bir literatür araştırması yapılmıştır. Özellikle su kıtlığı yaşayan coğrafyalarda yağmur suyu toplanarak suya erişiminin nasıl tedarik edildiği ve bu çözümlerin sürdürülebilirliği üzerinde durulmuştur. Tarih boyunca kullanılan ve mevcut kullanılan geleneksel yağmur suyu hasadı yöntemleri ve modern yağmur suyu hasadı yöntemleri araştırılarak öne çıkan örnekleriyle beraber sunulmuştur. Literatürde yapıları çevrelerde farklı su hasadı yöntemlerinin yer aldığı görülmektedir. Bu

yöntemleri; yağmur suyu hasadı, sis hasadı, nem hasadı (atmosferik su üretimi), deniz suyunun arıtımı ve yeraltı suyu hasadı olarak sıralamak mümkündür. Fakat mimari tasarım olanakları göz önüne alındığında yağmur suyu hasadının yapılarda karşılığının daha fazla olması sebebi ile bu konu üzerinde daha çok durulmuştur.

2.3.1. Atmosferik Su Hasadı

Atmosferik su hasadı kurak iklimler için alternatif bir seçenektir. Bu uygulamanın kullanım bulduğu yerlere iyi bir örnek olan Atacama Çölü, kurak bir toprak olmasına rağmen içinden geçen Atlantik havasından dolayı su hasadına elverişlidir (Kidron, 1999). Bu yörelerde sis olayları yaygındır, ancak havadaki nemi çıkarmak için sis ağlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Sis ağları gibi cihazlar, esasen su moleküllerini havadan çekip ortak bir rezervuara toplamayı amaçlayan bir ağıdır (Park, 2013). Toplanan miktarlar mevsimsel olarak değişmekle birlikte genellikle verimlidir. Güney Amerika'da Dr. Cristian Sau tarafından kullanılan özel bir sis toplama cihazı olan Fog Hive'ın günde 1,4 L/m² topladığı bilinmektedir (Suau, 2011). İsrail ve Suudi Arabistan'ın bazı bölümleri gibi, Atacama Çölü'nden çok Mojave'ye benzeyen çöl bölgelerinde sis toplayıcı geliştiren proje ekiplerinin bazı örnekleri vardır, ancak bu çalışmalar bağıl nemin fazla olduğu yüksek rakımlarda test edilmektedir (Gandhidasan, 2012). Bu cihazların verimi, sis toplama odaklı geliştirilen liflerin boyutuna ve malzemesinin kimyasına oldukça bağlıdır ve su kaynağı eksikliklerini hafifletmek için alternatif bir yöntem olarak görülmektedir.

2.3.2. Denizden Tatlı Su Hasadı (Tuzdan Arındırma Yöntemi)

Son yıllarda tuzdan arındırma yöntemi, özellikle kalıcı kuraklığın çok yoğun bir şekilde hissedildiği Kaliforniya'da önemli miktarda ilgi görmektedir. Suyu tuzdan arındırma işlemi yüksek miktarda enerji girdisi gerektirse de, şu anda yapım aşamasında olan tuzdan arındırma tesislerinin çoğunun Kaliforniya'da kıyı boyunca inşa edildiği göz önüne alındığında, üretebileceği su miktarı kayda değer görülmektedir (Kelkar, 2003).

Ülkenin Teksas gibi diğer bazı bölgeleri, daha az ön enerji girdisi gerektiren acı su kaynaklarından içilebilir su elde etmek amacıyla tuzdan arındırma tesisleri inşa etmiştir. Bu teknolojinin sürdürülebilirliği tartışılmakla beraber, bu teknolojinin maliyetleri, kuraklık koşullarından mustarip tüm bölge ve ülkeler için alternatif bir seçenek haline getirmeyebilir (Kelkar, 2003).

Ek olarak, tüm çölleşmiş bölgelerde, bol miktarda deniz suyuna erişim ve tuzdan arındırmayı üstlenecek altyapıyı inşa etmek için gerekli sermaye bulunmamaktadır. Ayrıca, tuzdan arındırma ile ilgili adımlarda, önemli miktarda toksin ve atık madde ortaya çıkmaktadır ve bu da başka bir sorun oluşturmaktadır. Sermaye maliyetlerini karşılayabilen toplumlardaki tüketiciler için bile üretilen suyun maliyeti, ithal su için ödenen oranlardan çok daha yüksektir. Örneğin San Diego, suyunun yaklaşık %90'ını ithal etmektedir. California'da yeni inşa edilen Claude Lewis Tuzdan Arındırma Tesisi, günde yaklaşık 50 milyon galon içme suyu üretmektedir (Bradshaw, 2016). Tuzdan arındırma teknolojisi, devam eden kuraklıklar ve kamusal su arzındaki devam eden talepler karşısında büyük miktarlarda tatlı su üretiminde önemli bir yere sahiptir. Tuzdan arındırmanın en etkili teknoloji olmayacağı bilinse de ve bu bölgelere alternatif bir tatlı su erişimi sunmaktır. Yine de, doğası gereği çoğunlukla pasif olan ve çok çeşitli bölgelerde uygulanabilen bu su üretim yöntemi, su arzı eksikliklerini telafi etmek için sürdürülemez yeraltı su kaynaklarına başvurmaktan kaçınmak için alternatif bir yol olmaktadır.

2.3.3.Yeraltı Suyu Hasadı

Yeraltı suyunu temin etme, özellikle Güneybatı'da su eksikliklerini telafi etmek için en sık kullanılan yöntemdir. Bununla birlikte yeraltı suyu, diğer su kütlelerinden çok daha yavaş bir oranda dolmakta ve mevcut yeraltı suyu miktarının tam olarak bilinmesi, detaylı araştırma ve analizler olmadan ölçülmesi de zordur. Bu nedenle, bir akiferin ne zaman tükeneceğini tahmin etmek zordur (McKinsey, 2009). Yeraltı suyunun çıkarılması ve kullanılabilmesi, her zaman başarılı olamayan kuyular ve pompaların inşasıyla oldukça maliyetli hale gelebilmektedir. Yeraltı suyunun yağış miktarlarına göre döngüsel olarak kendini şarj edip etmeyeceği ve bilinçsiz kullanımlar sonucunda yeraltı su seviyelerinin gerilemesi insanoğlunun yeraltı sularına güvenmemesine sebep olmaktadır.

2.3.4.Yağmur Suyu Hasadı

Yağmur suyu hasadı, su kaynaklarının kıt veya düşük kaliteli hale geldiği durumlarda evsel, endüstri, tarım ve çevresel amaçlarla talebi karşılamak için çatılar veya diğer kentsel yapılar gibi alanlardan toplanması olarak tanımlanmaktadır (Aladenola, 2009). Bu işlem eski uygarlıklar tarafından tarımsal sulama ve içme suyu kaynağı olarak

kullanılmış ve bu uygarlıkların yarı kurak bölgelerde gelişmesini sağlamıştır. Günümüzde yağmur suyu hasadı batı ABD bölgeleri ve bazı Afrika ülkeleri gibi su kısıtlı yerlerde içme suyu, evsel su ve sulama için kullanılmaktadır (Ling, 2014). Ayrıca, yağmur suyunu düşük su drenajı olan bölgelerden uzağa yönlendirerek kentsel taşkın kontrolünün sağlanmasında kullanılmaktadır.

Yağmur suyunun toplanması ve kullanılması, belediye ve yeraltı sularının kullanımını azaltabilir. Çatılardan toplanan yağmur suyu, yollar gibi diğer geçirimsiz yüzeylerden toplanan yağmur suyundan nispeten daha temiz olduğundan, çatılar yerleşim alanlarındaki potansiyeli yüksek alanlardır. Yağmur suyu düşerken temizdir, ancak havadaki zararlı maddeler ve suyun toplandığı yüzey kirleticileri içerir, bu nedenle bu suyu depolamadan önce gerekli arıtma ve filtrasyon sisteminin kurulması gereklidir. Hasat edilen yağmur suyu esas olarak sulama ve evsel ihtiyaçlar için kullanılmaktadır (Ling, 2014).

(Hamid, 2011)'e göre yağmur suyunu toplamak için 6 basamak gereklidir:

- I. Havza alanı
- II. Oluklar ve iniş boruları
- III. Filtreleme sistemi
- IV. Depolama sistemi
- V. Teslimat sistemi
- VI. Arıtma sistemi

Çatı gibi bir yüzeyden toplanabilecek yağmur suyu miktarı, çatının büyüklüğüne ve dokusuna bağlıdır. Ayrıca, toplama yüzeyinin malzemesine bağlı olarak yüzeyde bulunabilecek kirleticiler yağmur suyunun kalitesini etkilemektedir (Ling, 2014).

Oluklar ve iniş boruları, yağmur suyunu toplama yüzeylerinden depolama sistemine yönlendirilmektedir. Filtrasyon sisteminin amacı, yüzeylerden su ile birlikte gelen atıkların depolama sisteminin borularına akışını engellemektir. Farklı boyutlar içeren elekler takılarak ilk filtreleme gerçekleştirilebilir. Yağmur suyunun ilk akışı, toz, polen, yapraklar, böcekler, kuş dışkısı ve diğer kalıntıları içerebilen son yağış olayından bu yana toplama yüzeyinde toplanan materyali içermektedir (Ling, 2014).

Depolama sistemi genellikle yağmur suyu toplama sisteminin en büyük yatırım gerektiren kısmını oluşturur. Bu nedenle, mümkün olan en düşük maliyetle optimum depolama kapasitesi ve yapısal dayanıklılık sağlamak için dikkatli bir analiz gerektirir. Depolama rezervuarları yüzey ve yer altı depolama tankları olmak üzere iki kategoriye ayrılır (Worm, 2006). Su deposu, cam elyafı, polipropilen, beton veya metal içeren birçok farklı malzemeden yapılabilir. Sarnıçlar alg oluşumunu engelleyecek şekilde yapılmalı ve sivrisinek üremesini önlemek için perdelenmelidir. Ayrıca depolanan suyun temizliğini sağlamak için düzenli olarak bakım yapılmalıdır (Ling, 2014).

Yapılı Çevrelerde Geleneksel Yağmur Suyu Toplama Yöntemleri

Tarih boyunca su ihtiyacının karşılanmasında geleneksel yağmur suyu hasadı yöntemleri hayati rol oynamıştır. Bu yöntemler yağış miktarına, arazinin yapısına, toprağın türüne, bölgelerin jeolojisine ve topografyasına bağlı olarak geliştirilmiş ve su toplamanın yanı sıra suyu depolamak ve muhafaza etmek için de kullanılmıştır (Upadhyay, 2009). Daha basit tekniklere dayalı sistemlerden karmaşık endüstriyel tekniklere dayalı sistemlere kadar çok sayıda su toplama tekniği geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Aşağıda, ilk çağlardan bu yana yağmur suyu, yeraltı suyu ve yüzey sularının toplanması için çeşitli coğrafyalarda kullanılan bazı tipik geleneksel teknikler ve su toplamaya yönelik yaklaşımlar yer almaktadır.

Tarih Boyunca Yağmur Suyu Toplama Konusunda Yaklaşımlar

Tarih öncesi çağlarda Yunanistan'da yaşadığı bilinen Minos Uygarlığı, Girit ve diğer adalardaki yerleşim bölgelerine suyun toplanması ve taşınması konusunda dikkat çekici teknolojiler geliştirmiştir. Birçok yerleşim yerinde bu teknolojilerin izlerine rastlanmaktadır. Yağmur suyunu toplama yöntemi olarak kanallı taşlardan oluşan yapılar inşa etmişler ve toplanan suyu bu kanallardan geçirerek, sarnıçlara aktarmışlardır. Genellikle dikdörtgen kesitli bu yapılar aynı zamanda çatıların üzerine de inşa edilmiş; Bu yapılar sayesinde yağmur suları toplanıp yakındaki sarnıçlara aktarılmıştır. Helen Adaları'nın kırsal kesimlerinde suyun toplama sistemleriyle sarnıçlara taşınması tekniği halen uygulanmaktadır (Yannopoulos, 2016).

Antik Yunan'da şehirler genellikle en kurak bölgelerde kurulmuştu. Tam olarak nedeni bilinmemekle birlikte, kuru iklimin katarakt ve su kaynaklı hastalıklardan korunmak için daha sağlıklı olduğu tahmin edilmektedir. Su kıtlığı olan bölgelerde kurulan bu şehirlerde, şişe sarnıçları olarak bilinen dar sarnıçlar, uzun, büyük şişe şeklindeki yağmur suyu sarnıçları ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Yunanistan'da birçok kamu ve özel binalarında, dikdörtgen ve dairesel kesitli depolama tanklarına rastlanmıştır (Yannopoulos, 2016).

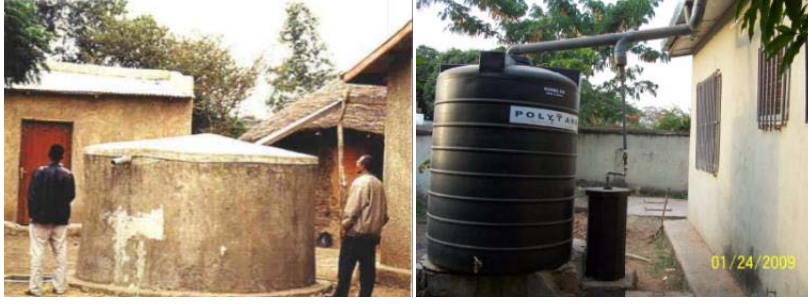
Roma İmparatorluğu döneminde yağmur suyu hasadı; kanallar, su kemerleri gibi çeşitli teknolojilerle birlikte, bilim dallarından biri haline gelmiş ve büyük ilerleme kaydedilmiştir. Roma döneminin görkemli örneklerinden Yerebatan sarnıcı da bu yapının önemli örneklerinden biridir (URL1, 30.04.2024).

Orta Çağ'da Hindistan'da, su kaynaklarını verimli bir şekilde yönetmek için çok sayıda su deposu, basamaklı kuyu, kanal, tank vb. yapılar inşa etmişlerdir. Ayrıca çiftçilere kendi yağmur suyu toplama sistemlerini kurmaya ve kuyularını inşa etmeye teşvik etmek için kredi ve mali yardım destek sağlanmıştır. Ülkenin çeşitli yerlerinde farklı boyutlarda su depoları inşa edilmiştir (URL1, 30.04.2024).

Geleneksel yağmur suyu toplama teknikleri

Çatılar aracılığıyla yağmur suyu toplama yöntemi:

Yağmur suyu toplama sistemleri, dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak kullanılan su temini yöntemlerinden biridir. Bu sistemlerde, çatılar genellikle daha temiz ve su geçirmez yüzeyler olduğu için yağmur suyunu toplamak için tercih edilen yapı yüzeyleridir. Geleneksel bir çatı suyu toplama sisteminde, yağmur suyu çatı yüzeylerine düştükten sonra oluklar aracılığıyla toplanır ve su tanklarına iletilerek depolanır (Şekil 1). Su tankları, yapıların bahçesinde, bodrum katında veya çatısında bulunabilir. Tanklarda biriken yağmur suyu daha sonra içme suyu sağlamak, evsel kullanım, bahçe sulaması ve hayvancılık gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Ancak, çatıların toplama yüzey alanlarının sınırlı olması nedeniyle bu sistem öncelikle içme suyu temini için tercih edilmektedir (Beckers, 2013).



Şekil 1: Etiyopya'da ve Gana'da uygulanan çatı suyu toplama tankları (Barnes, 2009)

Özel yapılar aracılığıyla yağmur suyu toplama yöntemi:

Hindistan ve Pakistan'da mevsimsel muson yağmur suyunu toplamak için büyük bir sarnıç işlevi gören yer altı basamakları özgün bir yağmur suyu toplama yöntemidir (Bradshaw, 2016). Yağmur suyunu toplamak amacıyla geliştirilen bu basamaklı kuyular benzersiz bir su toplama sistemine sahiptir. Kuyunun açık yüzeyi, suyu toplayıp kuyunun altına gönderen bir yağmur suyu borusu gibi davranmaktadır (Şekil 2). Bu yapılar aynı zamanda antik çağlardan beri, özellikle kral ve kraliçelerin onuruna inşa edilen, arkeolojik değeri olan anıtsal yapılardır. Temel ihtiyaçların dışında bazen su sporlarına hizmet ettiği tahmin edilmektedir (Murugesan, 2014).



Şekil 2: Rajasthan'da basamaklı su kuyusu (URL2, 30.04.2024)

Meydanlar, evler ve tarım alanları gibi çeşitli yerlerde inşa edilebilen Tanka, Kund veya Kundi olarak bilinen bu su depolama tankları, kurak bölgelerde yağmurdan içme suyu sağlamak için kullanılan bir yağmur suyu toplama ve muhafaza etme yöntemidir (Şekil 3). Yerel malzemelerle farklı boyutlarda inşa edilebilen bu yapılar hem büyük topluluklar hem de tek haneler için kullanılabilir. Bu yapılarda, yağmur suyunun depoya girişini kolaylaştırmak için zemin kotunda giriş delikleri bulunmaktadır. Yağmur suyunun toplanması sırasında çöplerin kuyuya girmemesi için su girişinin bulunduğu

bölümlerde tel süzgeçlerle ilk filtreleme işlemi yapılmaktadır. Suyun dezenfekte edilmesi için kuyu kenarlarını kireç ve kül ile sıvanmaktadır. Ayrıca çoğu yapıda suyun buharlaşmasını önlemek için kubbe şeklinde bir örtü bulunmaktadır. Bu basit geleneksel yöntemle, yıl boyunca yeterli miktarda su toplanabilir ve depolanabilmektedir (Aslan D. , 2019).



Şekil 3: Tanka Su Tankları (URL3, 30.04.2024)

Yeraltında, yerüstünde veya kısmen yerüstünde bulunan sarnıçlar, yağmur veya yüzey suyunu depolamak için kullanılan yapısal yapılar olarak tanımlanabilir. Tarih boyunca, su kıtlığı veya suya erişimde yaşanan zorluklar, çeşitli yerlerde ve farklı tekniklerle sarnıçların inşa edilmesini zorunlu hale getirmiştir. İlk yerleşimlerden günümüze, yaşam alanlarında, tarım ve hayvancılıkta, ticaret yolları üzerinde sarnıçlar alternatif su kaynağı olarak kullanılmıştır.

Yerel koşullara ve gelişmişlik düzeyine bağlı olarak, sarnıçlar genellikle açık ve kapalı sarnıçlar olarak sınıflandırılır. Açık sarnıçlar, açık hava su toplama ve dağıtım havuzu olarak kullanılmaktadır. Kapalı sarnıçlar, şehir merkezlerinde taşınan veya depolanan suyun hijyenini ve güvenliğini sağlamak amacıyla inşa edilen ve genellikle kamu yapılarının bodrum katında veya ayrı bir yapı olarak yer almaktadır.

Sarnıçların boyutları, kullanım talebine ve su potansiyeline göre değişmektedir. Kentsel yerleşimlerde kullanılan sarnıçlar genellikle "büyük" boyutlarda olup, örnek olarak İstanbul'daki Yerebatan Sarnıcı gösterilebilir (Şekil 4). Mahallelerde, çiftliklerde veya büyük yapı komplekslerinde kullanılan sarnıçlar ise genellikle "orta" boyutlardadır. Örneğin, Ayaş'taki Sarnıçlı Çeşmeler gibi. Bina içlerinde kullanılan sarnıçlar ise genellikle "küçük" ölçeklidir. Ancak, sarnıçların hacmi, içine ne kadar su toplandığına

bağlı olduğundan, sarnıcın boyutu, kullanılabilir su hacmini doğrudan yansıtmayabilir (Kerim, 2018).



Şekil 4: Yerebatan (Basilica) Sarnıcı (URL9, 30.04.2024)

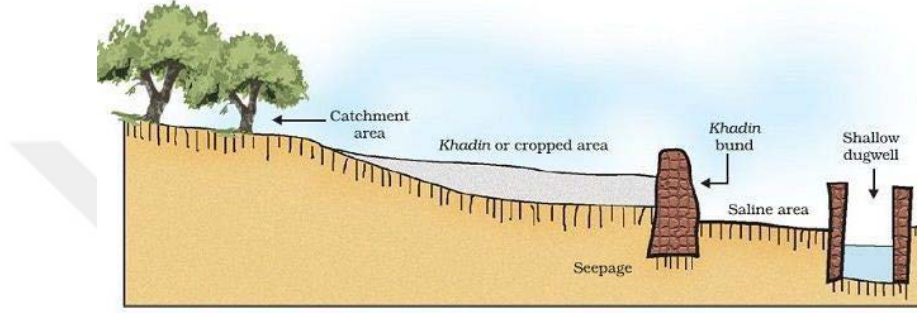
Yapay göletler ya da havuzlar aracılığıyla yağmur suyu toplama:

Yapay göletler ve havuzlar, tarım ve hayvancılık gibi amaçlar için su temin etme amacıyla kullanılan su toplama sistemleridir. Bu sistemlerde, yağmur suları ve yüzey akış suları büyük kapasiteli göletlerde biriktirilir. Hindistan'da oldukça yaygın olan Talai ve Johad adı verilen yağmur suyu göletleri, geleneksel su toplama ve depolama yapılarıdır (Şekil 5). Bu göletler genellikle toprak dolgusu ve yığma duvarlar ile inşa edilmekte ve zeminlerinin su sızmasını engellemek için taşlarla kaplanmaktadır. Köylerden uzak bölgelere inşa edilerek, suyun temiz kalması sağlanmaktadır. Ancak, kentleşme ve sanayileşme nedeniyle bu tür geleneksel su depolama yapıları zamanla kaybolmaya başlamıştır (Murugesan, 2014).



Şekil 5: Talab görünümü, Hindistan (URL10, 30.04.2024)

Batı Hindistan'da kullanılan Khadin sistemi, yağmur suyunun tarımsal faaliyetlerde kullanılması için geliştirilmiş bir su toplama sistemidir (Şekil 6). Khadin sistemi, yağmur suyunun toplandığı alanın tarımsal arazileri sulamak üzere kullanılmasını sağlamaktadır. Bu sistemde, yağmur suyu çeşitli kullanım amaçları için dağıtılmaz, bunun yerine toprağı sulayarak tarımsal faaliyetler için kullanılacak şekilde beslemektedir. Yağmur suyunun toplandığı arazi üzerinde bitki üretimi için kullanım ilkesine dayanmaktadır. Bu sayede, yağmur suyu tarımsal faaliyetler için kullanılabilir hale gelmekte ve tarımsal üretim arttırılmaktadır (Hussain, 2014).



Şekil 6: Yağmur suyu toplama sistemi şematik gösterimi (URL11, 30.04.2024)

Modern Yapılarda Yağmur Suyu Hasadı

Modern yapılar için geliştirilen yağmur suyu hasadı sistemlerine bakıldığında, geleneksel yağmur suyu toplama tekniklerinin modern mimari yaklaşımlara uyarlandığı görülmektedir. Özellikle, sarnıçlardaki yağmur suyu toplama prensibinin günümüz sürdürülebilir mimari projelerinde önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Günümüzde kullanılan yağmur suyu hasadı sistemleri, esasen geliştirilmiş sarnıç modelleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Temel olarak, modern yapılarda yağmur suyu hasadı, bina yüzeylerinden, genellikle çatılardan yağmur suyunun toplanarak çeşitli depolama tanklarında biriktirilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu prensibe göre, farklı mimari özelliklere, bölgesel iklim koşullarına, çevresel faktörlere, kullanıcı ihtiyaçlarına ve diğer değişkenlere bağlı olarak farklı yağmur suyu hasadı konseptleri geliştirilmektedir.

Dünyanın çeşitli ülkelerinde modern yapılarda yağmur suyu toplama sistemlerinin başarılı örnekleri bulunmaktadır. New York'taki Dünya Ticaret Merkezi'nin çatısında yağmur suyu toplanmakta ve çevredeki parkın sulanması, soğutulması için kullanılmaktadır. Bu, bina soğutması için kullanılan enerjiden %25 oranında tasarruf sağlamaktadır. Frankfurt Havalimanı B Terminalinde toplanan yağmur suyu, sulama ve

tuvalet yıkamasında kullanılmaktadır. Almanya'da Marburg Tenis Kortu sağlanan yağmur suyuyla sulanmaktadır. Überlingen'deki Bommer Otomobil Yıkama Tesisinde, araba yıkamak için yağmur suyu kullanılmaktadır. Yağmur suyu, Berlin'deki yirmi beş katlı Sony Center'ın on dört katındaki tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde yüz binlerce evde yağmur suyu depolama sistemlerinin bulunduğu bilinmektedir. Depolanan suların çoğu bahçe sulama ve bitki yetiştirme amaçlı, %20'si ise içme suyu olarak tüketilmektedir . (Aslan D. S., 2018)



3. DOĞA ESİNLİ SU TOPLAMA STRATEJİLERİ

Su kaynaklarının azalmasıyla birlikte, suyun elde edilmesi, korunması ve etkin bir şekilde kullanılması konusundaki endişeler giderek artmaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarına yönelik artan baskılar karşısında, yapıların kendi suyunu kazanabilmesi, muhafaza edebilmesi ve verimli bir şekilde kullanabilmesi için yeni sürdürülebilir stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. Tezin ikinci bölümünde belirtildiği gibi, yağmur suyu hasadı uygulamaları, bu alanda etkili bir çözüm olarak kabul edilmekte ve giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Öte yandan, doğa, suyun elde edilmesi, korunması ve etkili bir şekilde kullanılması için çeşitli stratejilere sahiptir. Birçok organizma, suyu sürdürülebilir bir şekilde elde etmek, kullanmak ve muhafaza etmek için evrimsel olarak uyum sağlamış morfolojik özellikler, davranışsal uyum stratejileri ve özgün yöntemler geliştirmiştir. Bu bölümde, doğadaki canlıların su yönetimi için geliştirdikleri morfolojik özellikler, davranışlar ve yöntemler incelenmiş ve bu stratejilerin biyomimesis bilimi aracılığıyla binalara uygulanmasıyla ortaya çıkan mimari tasarımlar sunulmuştur.

3.1. Doğadaki Canlıların Su Yönetimi Stratejileri

Bilindiği üzere, su yaşamın vazgeçilmez bir kaynağıdır ve doğadaki canlılar, yağmur suyu, sis, çiy gibi çeşitli kaynaklar aracılığıyla suya ulaşabilirler. Yağmur, sis ve çiy, havadaki nem kaynaklarıdır ve bu unsurlar, canlılar için su hasadı açısından büyük bir öneme sahiptir. Özellikle yağışsız ve kurak bölgelerde, havadaki su buharı (sis, çiy) canlılar için kritik bir su kaynağı haline gelmektedir.

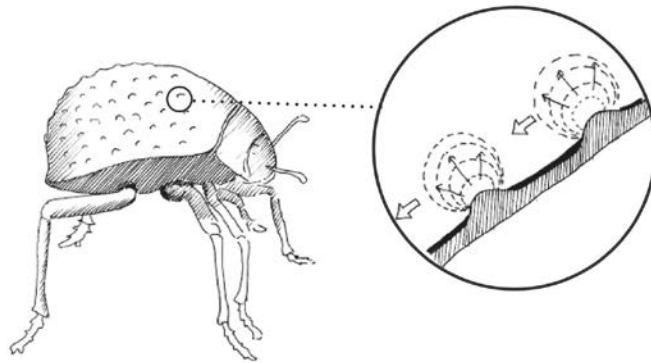
Su yönetimi, canlıların su edinme, koruma ve kullanma stratejilerini içeren önemli bir konudur. Bu konu, uzun yıllar boyunca birçok araştırmacı tarafından ele alınmış ve literatürde çeşitli çalışmalara yer verilmiştir. Örneğin, Lloyd (1905), bitkilerin havadaki su buharını nasıl emebildiğini araştırmış ve özellikle bitkilerin yüzey özelliklerinin bu süreci kolaylaştırdığını belirtmiştir. Stone (1957), yağışların az olduğu kurak ve yarı kurak iklimlerde yaşayan hayvanları ve bitkileri inceleyerek, suyun doğrudan çiy/sis hasadıyla elde edildiği durumları ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Bolwig (1958), Kalahari çölünde yeşil yaprakların en önemli su kaynağı olduğuna işaret etmiş, Namibya

Çölü'nde yaşayan bazı böcek türlerinin ise sisten su elde ederek hayatta kaldığını belirtmiştir.

Bu bağlamda, özellikle kurak ortamlara uyum sağlayan ve üstün su yönetimi stratejileri ile bilinen Namibya çöl böceği, molok kertenkelesi, örümcek ağı, diken inciri kaktüsü, çöl devesi burun yapısı, muz salyangozu vb. doğal organizmaların su yönetimi stratejileri incelenmiştir.

3.1.1. Namib Çöl Böceği (Stenocara)

Namibya sis-baskın böceği (*Onymacris unguicularis*), belki de su toplama becerisi yönünden en özgün örneklerden biridir. Bu böcek, çölde kendi taze suyunu toplama yeteneğini geliştirmiştir. Bu yeteneğini gerçekleştirmek için geceleyin kum tepesinin zirvesine tırmanır ve mat siyah rengi sayesinde gece gökyüzüne ısı yayarak çevresinden biraz daha soğuk hale gelir. Denizden gelen nemli rüzgar estiğinde, su damlacıkları böceğin sırtında yoğunlaşmaya başlamaktadır (Şekil 7). Ardından, güneş doğmadan hemen önce kabuğunu yukarı kaldırır, sırtındaki suyu ağzına aktarır, içer ve günün geri kalanı için kumun altında saklanmaktadır. Bu böceğin adaptasyonunun verimliliği, kabuğunun üzerinde hidrofilik olan bir dizi çıkıntı ve aralarında hidrofobik olan bir balmumu kaplamasıyla daha da artmaktadır. Bu kombinasyonun etkisi ile damlacıklar çıkıntılarda oluştuğunda sıkı küresel bir formda kalmaktadır. Bu nedenle, havadaki nem miktarı az olsa bile, böcek bunu etkili bir şekilde toplamaya devam edebilmektedir. Sınırlı kaynaklara sahip bir ortama dair dikkat çekici bir adaptasyondur ve insanoğlunun yakın zamanda karşılaşacağı zorluklara karşı ilham kaynağı olabilir (Pawlyn, 2019) (Mazzoleni, 2013).



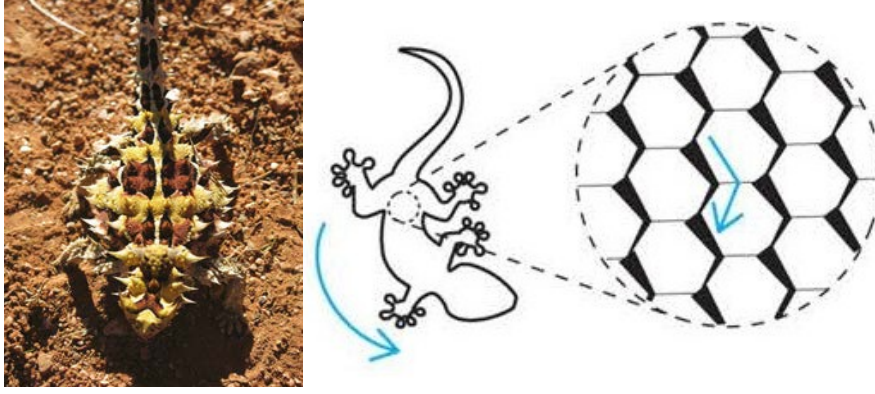
Şekil 7: Namibya çöl böceği ve su hasadı şematik gösterimi (Pawlyn, 2019)

Sis-baskın böceği, biyolog Andrew Parker tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir. Parker, QinetiQ firmasıyla işbirliği yaparak kondensasyonu artırmak amacıyla hidrofilik ve hidrofobik yüzeylerin aynı kombinasyonuna sahip bir plastik türü üretmiştir. 2015 yılında, King Abdullah Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'ndeki bir grup bilim adamı, Onymacris tabanlı su toplama yüzeyi yapma konusunda düşük maliyetli bir yaklaşım geliştirdiklerini iddia etmiş ve bunun homojen hidrofilik veya hidrofobik yüzeylere göre önemli ölçüde daha yüksek sis toplama verimliliği sağladığını belirtmiştir. 2015 yılında, teknoloji start-up şirketi NBD Nanotechnologies, gelişmiş kondensasyon inovasyonlarını daha da geliştirmek için 750.000 dolarlık finansman sağlamıştır. NBD'nin çalışma alanlarından biri, hidrofobik kaplamalarını sis ağlarının etkinliğini artırmak için kullanmaktır. Sis yakalama cihazları, genellikle soğuk okyanus akıntılarının dik arazi şekilleri boyunca ilerlediği Şili ve Kanarya Adaları gibi dünyanın bazı bölgelerinde uzun zamandır kullanılmaktadır. Yükseklik arttıkça yaklaşık olarak her 100 m'de hava sıcaklığı 1 °C düşer, bu da görece nemin arttığı anlamına gelir, bu nedenle bu bölgelerde hava hızla doyma noktasına ulaşmaktadır. Biyomimetik tasarım, bu birikimleri daha da ileri götürerek, teknoloji ile birlikte daha etkin sonuçlar elde etmeye yardımcı olacaktır (Pawlyn, 2019).

3.1.2.Molok Kertenkelesi (Moloch Horridus)

Dikenli şeytan kertenkelesi ya da diğer adıyla Molok kertenkelesi, özellikle Avustralya'nın kurak coğrafyalarında konumlanan özgün bir kertenkele türüdür. Bu benzersiz canlı, suya doğrudan ulaşma şansına sahip olmadığından, su ihtiyacını nemli bölgelerden karşılamak adına özel yeteneklere sahiptir. Molok kertenkelesi, su toplama becerisini temelde iki önemli faktör sayesinde gerçekleştirir: belirli bir vücut duruşu ile entegre edilmiş özel bir davranış ve derinin özgün morfolojisi.

Kertenkele derisi, mikro ölçekte üst üste binmiş bir dizi kılcal kanalın birleşiminden oluşan bal peteği şeklinde bir yapıya sahiptir(Şekil 8). Bu özel yapı, suyun yüzeyden çekilmesi için gereken kuvveti, kapiler etki aracılığıyla elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Aynı zamanda, bu kanalların vücut üzerinde oluşturduğu ağ sistemi, suyun yüzeyden emildikten sonra canlının ağzına kadar etkili bir şekilde taşınmasına olanak tanımaktadır. Bu deri yapısı, verimli bir şekilde su taşınımını sağlamak adına son derece etkili bir hidrofilik yüzey haline dönüşmektedir (Badarnah L. , 2016).



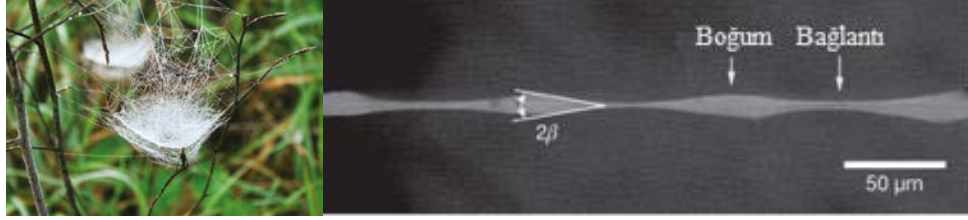
Şekil 8: Molok kertenkelesi ve petek şeklindeki derisinin gösterimi (Bhushan, 2020)

Başka bir deyişle, molok kertenkelesi, su temin etmek adına derisini adeta bir pipet buketi gibi kullanmaktadır. Su toplama süreci, canlının ıslak veya nemli bir yüzeye gelip ağız hareketiyle derideki kapiler olayını tetiklemesiyle başlamaktadır. Kapiler etkisiyle su, yerçekimine karşı güçlü bir emilimle yüzeyden çekilmeye başlamakta ve kanal ağları aracılığıyla canlının ağzına kadar nakledilmektedir. Bu sayede, molok kertenkelesi, suyun sınırlı olduğu ortamlarda dahi yağmur birikintileri, çiğ, nemli kumlar gibi çeşitli kaynaklardan ayakları ve derisi aracılığıyla ihtiyacı olan suya ulaşabilmektedir (Badarnah L. , 2016).

3.1.3. Örümcek Ağı

Örümcek ağları, su toplama kabiliyeti ile tanınmaktadır. Uloborus Walckenaerius gibi bazı örümcek türleri, ördükleri ağ yapısı aracılığıyla atmosferik suyu hasat etme yeteneğine sahiptir. Bu örümcek ağlarındaki düğümler pürüzlü bir yüzeye sahipken, bağlantılar daha düz bir yüzeye sahiptir (Şekil 9). Yüzeyler arasındaki bu pürüzlülük farkı basınç farklılığına neden olmaktadır. Sonuç olarak, hidrofilik özellikteki düğümler tarafından toplanan atmosferik su, bu iki yüzey arasında daha az dirençli olan yüzeye yani düğümlere doğru birleşme eğilimindedir. İlk olarak, ipekte bulunan proteinlerin higroskopik özellikleri, su damlacıklarının yoğunlaşmasına ve silindirik ipek ipliğinin şişmesine neden olmaktadır. Bu silindir daha sonra parçalanır; burada bir sıvı silindiri, yüzey alanını azaltmak için daha küçük damlalara bölünerek, iplik boyunca periyodik olarak yerleştirilmiş düğümlerle bir "ip üzerindeki boncuklar" yapısı oluşturur. Bu ağ yapısının yeniden oluşturulması ve ardından su zerreciklerinin oluşması, örümceğin avantajına olduğuna düşünülmektedir. Bu durum, sadece içme suyu kaynağı sağlamakla

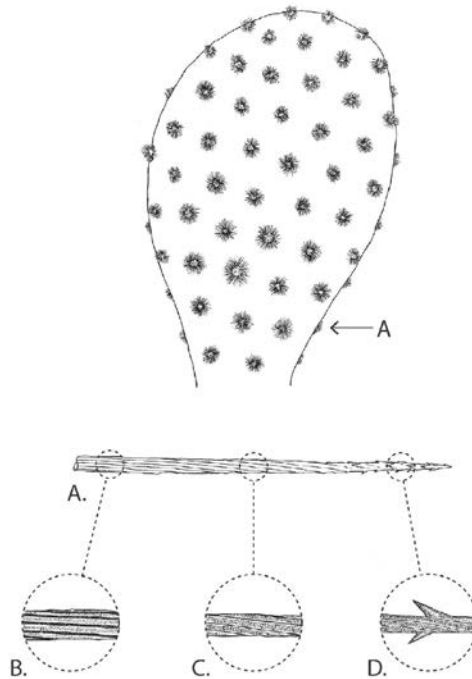
kalmaz, aynı zamanda su ile şişmiş düğümlerin artırılmış yapışkan özelliklere sahip olması nedeniyle avın daha etkili bir şekilde yakalanmasına yol açmaktadır (Zheng, 2010).



Şekil 9: Örümcek ağı ve mikro ölçekte örümcek ağı, boğumlar ve bağlantılar (Zheng, 2010)

3.1.4. Diken İnciri Kaktüsü (*Opuntia Microdasys*)

Kaktüsler, genellikle kurak bölgelerde bulunan sucul olmayan bitkilerdir, su temininde ve su kaybının azaltılmasında çeşitli adaptasyonlara sahiptirler. Özellikle, bazı kaktüs türlerinin sis olaylarını ikincil bir su kaynağı olarak kullanma yetenekleri literatürde belirtilmiştir. Atacama Çölü gibi kurak bölgelerde yaşayan bazı kaktüs türlerinin gece meydana gelen sis olaylarında su topladığı gözlemlenmiştir (Pawlyn, 2019).



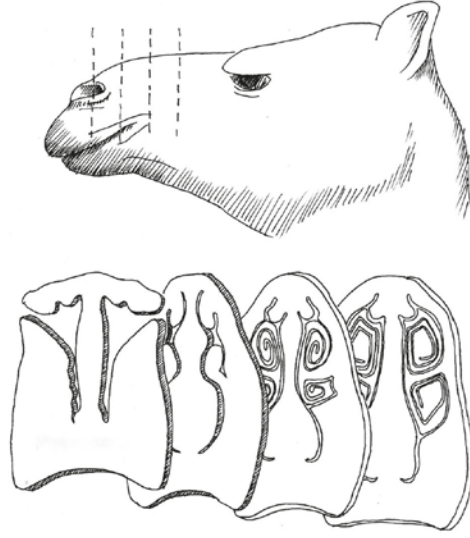
Şekil 10: Diken inciri kaktüsü ve diken yapısının şematik gösterimi (Pawlyn, 2019)

Diken inciri olarak bilinen kaktüs türlerinin de bu yöntemle su topladığı bilinmektedir. Bitki, su temin etme fonksiyonunu gövdesinin özel yapısı sayesinde gerçekleştirmektedir. Gövdedeki konik dikenler ve bu dikenler üzerindeki küçük kancalar şeklindeki tüyler, su toplama sürecine yardımcı olan özelliklerdir (Şekil 10). Sis içinde bulunan su tanecikleri, bu tüylere yapışarak birikmektedir. Tüylerde toplanan ve yeterli büyüklüğe/ağırlığa ulaşan damlalar, omurganın üzerinden kayarak aşağı doğru akmaktadır. Ardından, yüzey enerjisi ve Laplace basınç prensipleri kullanılarak su, bitkinin köklerine yönlendirmektedir. Bu sayede bitki, ihtiyacı olan suyu temin edebilmektedir (Pawlyn, 2019).

3.1.5. Çöl Devesi Burun Yapısı

Kurak koşullarda yaşamaya uyum sağlayan tüm canlılar, su kaybını azaltmanın bir yöntemini bulmuşlardır. Bu genellikle, organizmanın yüzeyinde bir hava katmanı oluşturarak, yalıtım değerlerini artırır ve su kaybını azaltmaktadır. Çölde yaşayan bazı kuşlar siyah tüylerle kaplıdır, bu garip bir strateji gibi görünebilir, ancak tüyler, çoğu güneş ısısının kuşların cildine ulaşmasını engelleyen opak yapılar (canlı olmayan keratin içeren ve UV emici melanin içeren) olup dolayısıyla su kaybını azaltmaktadır. Birçok kaktüs türü ince beyaz filamentlerle kaplıdır, bu filamentler sadece güneşi yansıtmakla kalmaz, aynı zamanda fotosentez için gerekli olan gaz değişimini sağlayabilmek için canlı dokuya olanak sağlar ve nemli havadaki suyu yakalamaya yardımcı olmaktadır. Şemsiye dikenli ağaç (*Vachellia tortilis*), ölü dallarını gövdesinde tutarak gölge sağlar, buharlaşmayı azaltır ve soğutma ihtiyacını azaltmaktadır (Pawlyn, 2019).

Benzer stratejiler, sıcak iklimlerdeki binalarda daha geniş ölçüde kullanılabilir. Gölge sağlayan opak veya yansıtıcı yapı kabukları, su toplayıcı olarak da hizmet edebilir. Yapı kabukları çevresindeki gölgelik miktarını artırmak, yer seviyesinde daha serin bir hava tabakası tutmak ve topraktan buharlaşmayı azaltarak insanlar için konforlu koşullar sağlayabilir.



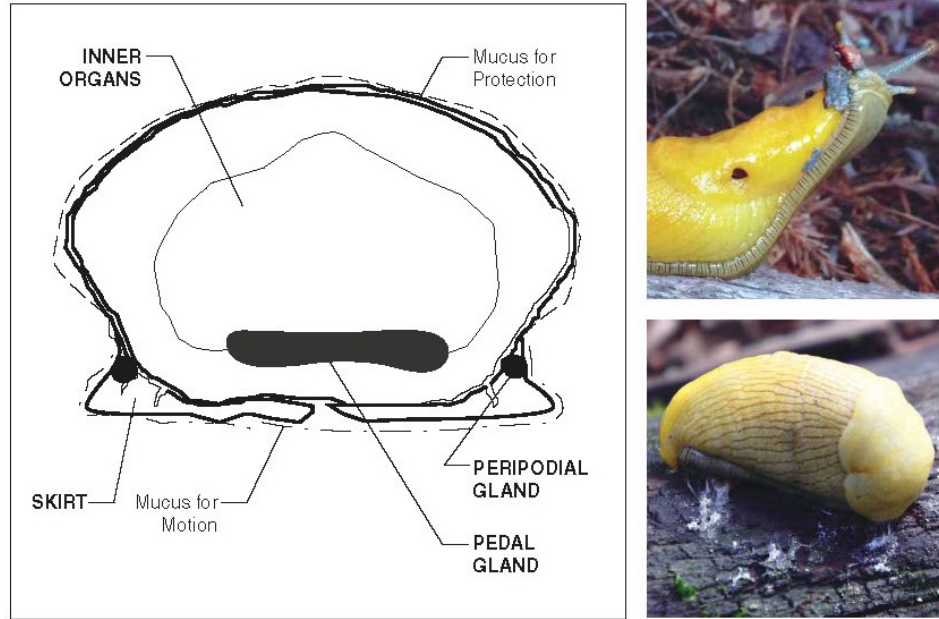
Şekil 11: Deve burun yapısı ve kesitleri (Pawlyn, 2019)

Develerin, süngerimsi kemiklerle kaplı ve yoğun damar dokusuyla kaplanmış karmaşık burun yapıları vardır (Şekil 11). Deve nefes aldığı anda, dokular suyun kuru havaya buharlaşmasıyla soğutulmaktadır. Nefes verildiğinde, akciğerlerden gelen nemli hava bu büyük soğuk yüzey alanından geçer ve nemin büyük bir kısmı geri emilmektedir. Burun içi boşlukların karmaşıklığı, yüzeyler ile hava akımının merkezi arasındaki mesafeyi artırır ve ısı - nem transferi potansiyelini arttırmaktadır. Günün sıcak saatlerinde, belirli miktarda su kaybı kaçınılmazdır. Bu süreçle oluşturulan soğutma, beyine aktarılır ve bu hayati organı devenin geri kalan vücudundan 6 °C daha serin tutar. Develer ve diğer memelilerdeki bu davranış biçimleri, daha iyi su geri kazanımı ısı değiştiricilerinin tasarımına ilham verebilir (Pawlyn, 2019).

3.1.6. Muz Salyangozu

Salyangozlar, toprağın ıslak olduğu yağmur sonrası dönemlerde en aktif oldukları gözlemlenir çünkü bu dönemde zemin nemlidir. Kurak yaz koşullarında ise devrilmiş kütüklerin veya taşların altında bulunan nemli bölgelerde saklanmaktadır. Solunum, gaz alışverişine izin veren, vücut duvarının yoğun damarlanmış dokusu veya manto adı verilen bir yapı aracılığıyla gerçekleşmektedir. Pnömostom adı verilen bir açıklık, havayı manto boşluğuna/akciğere taşıyan bir yapıdır. Bu açıklığın açılıp kapanma hızı, dış sıcaklıklarla, metabolik hızlarla ve hidrasyon seviyeleriyle ilişkilidir. Salyangozlar ayrıca

ciltleri aracılığıyla da solunum yapmakta, bu da salyangoz ile atmosfer arasında pasif gaz alışverişine izin vermektedir. Salyangozun başında, çevresini algılamak için kullanılan dört tentakül bulunur: iki üst optik tentakül ışığı ve hareketi izlerken, iki alt duyu tentakülü ise kimyasalları ayırt eder. Salyangozun ağzı, başın tabanında yer alır ve yiyecekleri kazımak için kullanılan dişsiz dil benzeri bir yapıya sahiptir (Şekil 12), (Mazzoleni, 2013).



Şekil 12: Muz salyangozu kesiti (Mazzoleni, 2013)

Muz salyangozları, nemli bir cilde sahip olabilmek için nemli ortamlarda yaşamaktadırlar. Ayrıca, kurumayı önlemek, nemli bir yüzey üzerinden solunumu kolaylaştırmak, eş bulmak ve çekmek, hareket etmek gibi diğer fonksiyonlara ek olarak, kurumayı önlemek ve solunum yapmak için mukus salgırlar. Salyangozların salgısı, kıvamı nedeniyle yırtıcıları uzaklaştırır ve uyuşturucu etkileri bulunmaktadır (Mazzoleni, 2013).

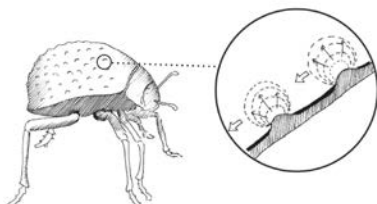
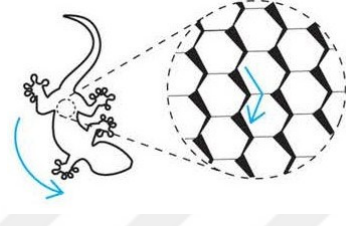
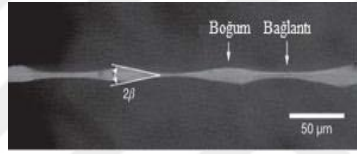
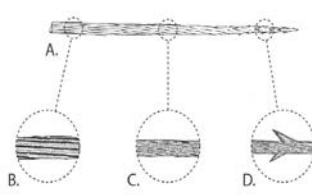
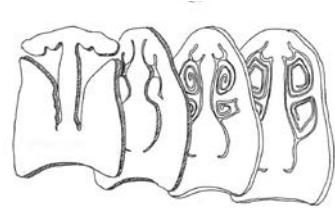
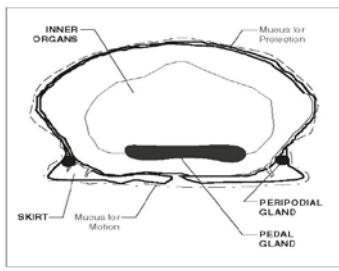
Salyangozlar, farklı işlevleri olan ince ve sıvıdan kalın ve yapışkan olan pek çok türde mukus üretmektedirler. Kalın mukus, salyangozun vücudunu yer yüzeyinden korumakta, kurumayı önlemekte ve hareket etmesine yardımcı olmaktadır. Bu tür mukus, ayak kaslarının kasılmalarıyla birlikte salyangozun ilerlemesine yardımcı olmaktadır. Bir diğer mukus tabakası ise ince ve sıvıdır, ayak merkezinden ayak kenarlarına yayılmaktadır. Mukus, salyangozun dikey yüzeylerden kaymasını engelleyen liflerden

oluşmaktadır. Ayrıca, tiksotropik özelliklere sahiptir, yani salyangoz hareketsiz durduğunda mukus, nispeten sert bir kütleye dönüşmekte, ancak hareket etmeye başladığında mukus sıvılaşmaktadır. Mukus, çevresel ortamdan hızla su molekülleri çeken higroskopik özelliklere sahiptir. Kuru mukus granüllerde bulunur ve gerektiğinde mukus salınırken granüller kırılmaktadır (Mazzoleni, 2013).

Salyangozun karakteristik özellikleri, yapı kabuğu tasarımında ilham verici özellikler taşımaktadır. Örneğin, salyangozun cildinin gözenekli ve geçirgen olması, çevresel ortama göre nem ve sıcaklık değişikliklerine uyum sağlayabilme yeteneği, homeostaz yoluyla çevresiyle dengesini koruma ve iletişim kurma yeteneği vb. davranış yöntemleri, yapıların kabuk sistemi tasarımında veri sağlayabilir.

Yukarıdaki örneklerden görüldüğü gibi suya doğrudan erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde doğadaki canlılar suyu elde edebilmek için çeşitli su hasadı stratejileri geliştirmiştir. Bu anlamda her bir canlı su hasadı stratejileri kapsamında çeşitli yöntemlere, adaptasyonlara, morfolojik özelliklere ve materyal özelliklerine sahiptir. Çizelge 1’de bu canlıların su hasadı stratejileri özetlenmiştir.

Çizelge 1: Doğadaki canlıların su yönetimi stratejileri özet tablosu (Badarnah L. , 2016),(yazar tarafından uyarlanarak geliştirilmiştir).

Organizma	Yöntem	Açıklama
		Hava sıcaklığından görece daha düşük sıcaklığa sahip olan kabuk yüzeyindeki hidrofilik kısımlarda su damlacıkları toplanır, canlının kabuğunda oluşan su damlacıkları uygun açıyla toplanarak canlının ağzına iletilmektedir.
		Kertenkele derisinde bulunan kılcal kanallar ile nemli havadan toplanan su partikülleri, kapiler olay etkisiyle canlının ağzına doğru iletilmektedir.
		Nemli hava içerisindeki su zerrecikleri Laplace basıncı ve yüzey geriliminin etkisiyle özel bir lif yapısına sahip hidrofilik boğumlara doğru çekilir ve bu boğumlarda toplanır.
		Gövdedeki dikenlerin üzerindeki bulunan çengel şeklinli tüycüklerde su partikülleri toplanır, yeterli büyüklüğe ulaştığında gövde üzerine inerek buradan köke doğru yönlendirilmektedir.
		Deve burun içi boşlukların karmaşıklığı, yüzeyler ile hava akımının arasındaki mesafeyi artırır ve ısı - nem transferi potansiyelini artırır, böylece nefes alıp verildiğinde nemin büyük bir kısmı geri emilmektedir.
		Muz salyangozu cildinin gözenekli ve geçirgen olması, çevresel ortama göre nem ve sıcaklık değişikliklerine uyum sağlayabilme özellikleri su yönetimi konusunda ilham alınabilecek davranış modelleri sunmaktadır.

3.2. Mimari Yapılarda Biyomimetik Tasarım ile Yenilikçi Su Toplama

Yaklaşımları

Bugün, su yönetimi dünya çapında çevresel etkilerimizi azaltmak amacıyla tasarım yeniliğinin temel bir parametresi haline gelmiştir. Sürdürülebilirlik için gerekli temel kaynaklara ulaşmakta zorlanan insanlar, çeşitli alanlarda suyun sürdürülebilir şekilde kazanılması ve kullanılması konusunda yeni stratejilerin geliştirilmesi gereğini gündeme getirmiştir. Su tasarrufu stratejileri, düşük akışlı tesisatlardan sulama sistemlerine kadar birçok tasarım ölçeğinde geliştirilebilir. Yanı sıra sarnıçlarda suyun toplanması hem de gri ve siyah suyun yeniden kullanımını ve arıtılmasını içerebilir. Buna ilaven çok eskiden beri yağmur suyu hasadı dünyanın birçok yerinde kullanılmaya devam etmektedir. Öte yandan son birkaç on yılda, doğadan ilham alan yoğunlaşma veya konsantrasyon ile su kazanımı yapabilen yapılar ve mimari yüzeyler geliştirilmektedir. Bu bölümde, geleneksel su toplama yöntemlerinden öte doğadan ilham alarak canlıların su yönetimi stratejileri taklit edilerek geliştirilen mimari tasarımlar incelenecektir.

3.2.1. Deniz Suyu Serası (in Oman)

Deniz Suyu Serası Charlie Paton tarafından icat edilmiştir. Paton su elde etmek için deniz suyunun buharlaşmasını kullanan bir sistem geliştirmiştir. Rüzgar ile seranın önündeki buharlaştırıcılar, mahsuller için serin ve nemli bir yetiştirme ortamı sunmaktadır, içerideki bitkiler ise daha düşük sıcaklıklar ve yüksek nem oranına sahiptir. Seranın arkasında bir ikinci buharlaştırıcı, sıcak deniz suyu ile çatıdaki siyah borular sayesinde sıcaklığı yükseltir ve havanın nemini absorbe etmektedir. Bu sıcak, doymuş hava bir dizi dikey polietilen ön buharlaştırıcılardan gelen soğuk deniz suyu ile desteklenen borudan geçmektedir. Polietilen borular namibya böceğinin kabuğu gibi geniş bir alana eşdeğerdir ve yüzeyde su damlacıkları oluşmaktadır. Biriktirilen su ekinleri sulamak için borulara ve bir tanka aktarılır. Sera bulunduğu yer bağlamında, esasen böceğin su topladığı koşullardadır. Tuzlu su sadece güneş, rüzgar ve az miktarda pompalama enerjisi kullanılarak tatlı suya dönüştürülmektedir. (Pawlyn, 2019)

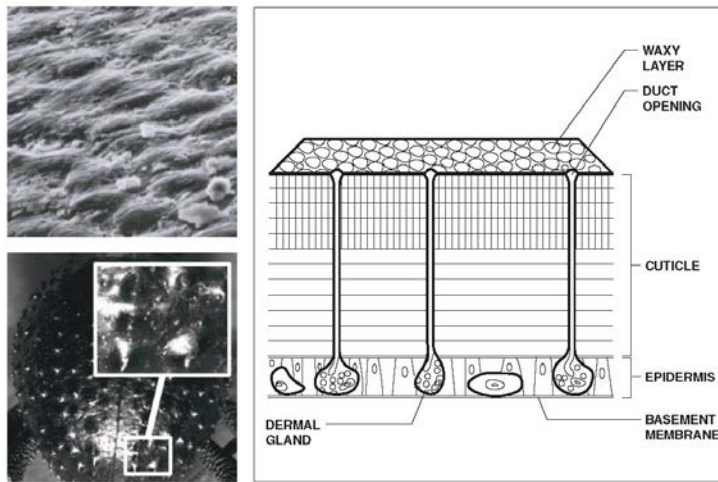


Şekil 13: Deniz Suyu Serası ve bir yıl sonra Deniz Suyu Serası ve çevresi (Pawlyn, 2019)

Dönüştürülen tatlı su seranın içindeki mahsulleri sulamak dışında, sera civarında kullanılarak yakın çevredeki biyoçeşitlilik arttırılmaya çalışılmıştır. Şekil 13’de görüldüğü üzere sera kurulduktan bir yıl sonra yakın çevresinde oluşturduğu flora ile yenileyici (rejeneratif) bir tasarım olduğunu ortaya koymaktadır.

3.2.2. Namib Böceği Prototip Projesi

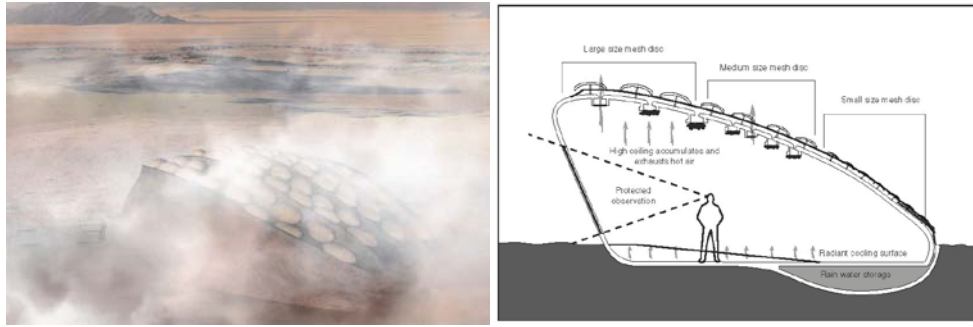
Namib çöl böceğinin tepeleri ve çukurları olan yüzeyi, proje için ilham kaynağı olarak kullanılmıştır. Engebeli yüzeyi mumsuz, hidrofilik ve mumsu, hidrofobik alanlarla gösterilmiştir. Biyolojik olarak doğru olmasa da, su toplama mekanizmasının fiziksel özellikleri tasarıma ilham verebilir. Böcek dış iskeletinin bir kesiti mumsu tabakayı göstermektedir (Şekil 14), (Mazzoleni, 2013).



Şekil 14: Namib çöl böceği dış isketi ve kesiti (Mazzoleni, 2013)

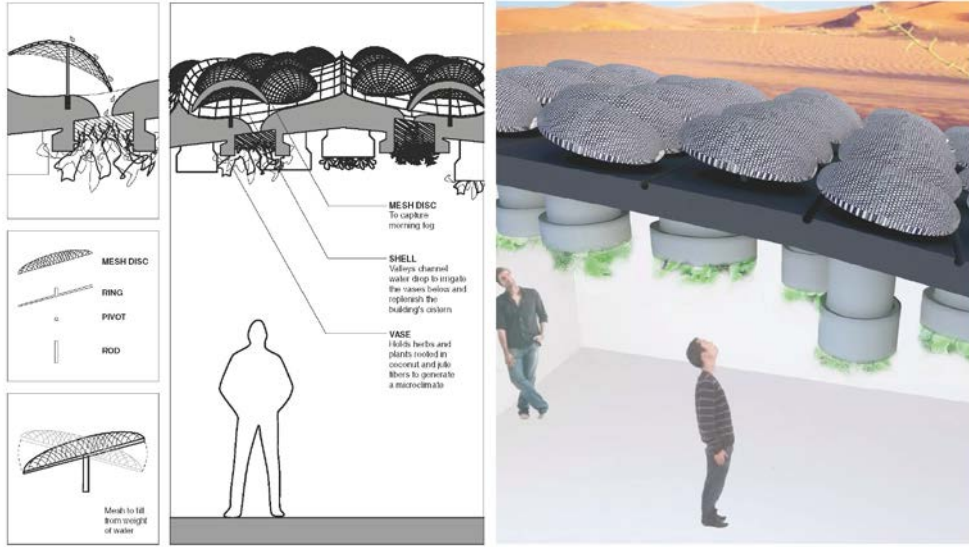
Namib ölü'nde planlanan bu proje, araştırmacılar için geçici bir ön taslak niteliğindedir. Böceklerin su toplama yeteneğinden ilham alınarak, kurak iklim koşullarına sahip bölgelerde, yapının en büyük eğimli çatı veya cephesinin güneydoğuya yönlendirilerek sabah sisine doğru bakması sağlanmıştır. Okyanustan gelen nemli hava, yapının dış kabuğunda yakalanır ve suyu toplamak için binanın iç kısmına yönlendirilir. Yapının kabuk sistemi, su tutmayı optimize etmek için iki farklı katmanın birleşiminden oluşur.

Bina kabuğu, sabah sisinden nemi toplamak amacıyla bir dizi ağ diski kullanmaktadır. Her disk, bir pivot üzerine monte edilmiş olup yeterli su biriktiğinde eğilmektedir (Şekil 16). Toplanan su, oluklu çatı membranı vasıtasıyla aşağı doğru yapının tabanındaki su sarnıcına akıtılmaktadır. Bu su toplama sistemi, kullanıcılar için sadece içme suyu sağlamakla kalmayıp aynı zamanda iç mekan konforunu artırmaya da katkıda bulunmaktadır. Yapının şekli, iklimsel konforu optimize eden hava tabakalaşmasına da olanak tanımaktadır. Çatı disklerinin delikli yapısı, su toplama yeteneği sunarken iç mekan bitkilerine de su sağlamaktadır. Bitkiler, suyun yanı sıra gıda ve aromaterapi ürünlerinin depolanmasına imkan verirken aynı zamanda buharlaşma yoluyla alanın nemlenmesine de katkı sağlamaktadır (Mazzoleni, 2013).



Şekil 15: Tasarlanan yapının kabuk görünümü ve şematik kesit diagramı (Mazzoleni, 2013)

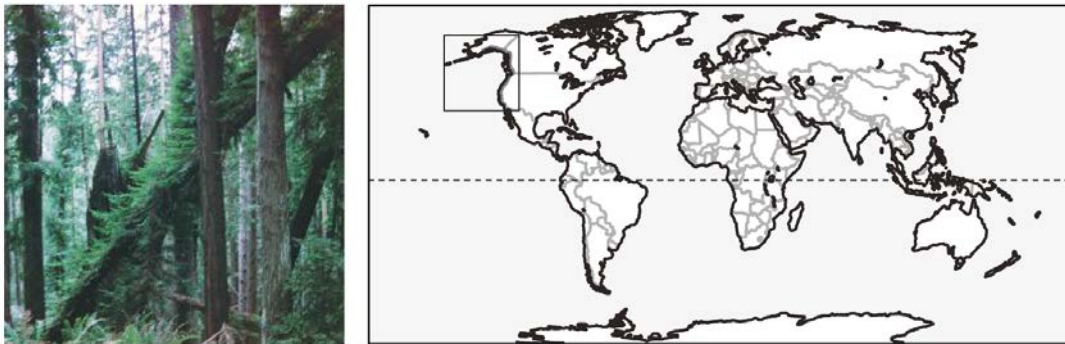
Şemalar, ağ disklerinin bileşenlerini ve nasıl su damlacıklarını topladığını göstermektedir (Şekil 15). Şematik bina kesiti, dış konumu ve disklerin azalan boyutlarını gösterirken iç mekânı da belirleyerek, hafifçe kumun içine gömülerek termal kütesinden faydalanmayı sağlamaktadır (Mazzoleni, 2013).



Şekil 16: Su tutucu göreve sahip hareketli mesh diskler ve sistem detayı (Mazzoleni, 2013)

3.2.3. Muz Salyangozu Prototip Projesi

Bu projenin ilham kaynağı Kaliforniya muz salyangozu (*Ariolimax californicus*), Pasifik sahil yağmur ormanı kuşağının orman tabanlarında yaşamaktadır, sisli ve ormanlık habitatlarda bulunmaktadır. Bu bölgenin iklimi, Pasifik Okyanusu'na yakınlığı nedeniyle Akdeniz iklimine benzer özellikler gösterir. Dolayısıyla, ortalama sıcaklık kış aylarında yaklaşık 15°C (59°F) civarında iken, yaz aylarında yaklaşık 22°C civarındadır (Şekil 17). Bu alandaki ortalama yıllık yağış miktarı yaklaşık olarak 495 mm olup, yağışların çoğu Kasım ve Nisan ayları arasında meydana gelirken, yaz aylarında neredeyse hiç yağış düşmemektedir. Ölçülebilir yağışın görüldüğü ortalama yıllık gün sayısı 70'tir. Monterey Körfezi bölgesinde yazlar genellikle serin ve sisli geçmektedir (Mazzoleni, 2013).

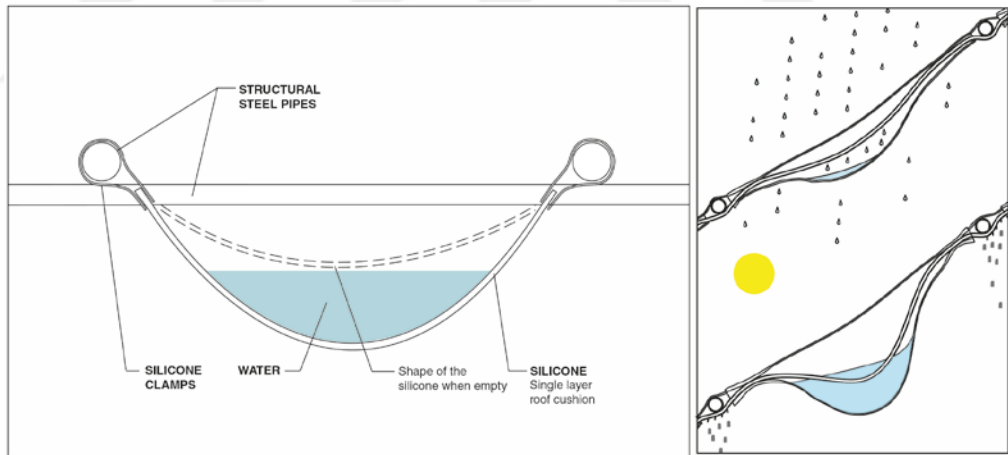


Şekil 17: Muz salyangozu yaşam alanları ve Kaliforniya (Mazzoleni, 2013)

Önerilen yapı nemli bir coğrafya olan Santa Cruz'da yer alan bir sera olup, insanların orman ekosistemlerini gözlemleyip öğrenebilecekleri olanaklar sağlamaktadır. Başlangıçta, salyangozun dört karakteristik özelliği, binanın tasarımıyla ilişkilendirilerek analiz edilmiş ve incelenmiştir:

- 1) Salyangozun cildinin gözenekli ve geçirgen olması;
- 2) Mukusun, salyangozu kurumaya ve avcılara karşı koruma yeteneği;
- 3) Salyangozun çevresel ortama göre nem ve sıcaklık değişikliklerine uyum sağlayabilme yeteneği;
- 4) Salyangozun, homeostaz yoluyla çevresiyle dengesini koruma ve iletişim kurma yeteneği, projenin kabuk sistem tasarımında etkili olan faktörlerdir.

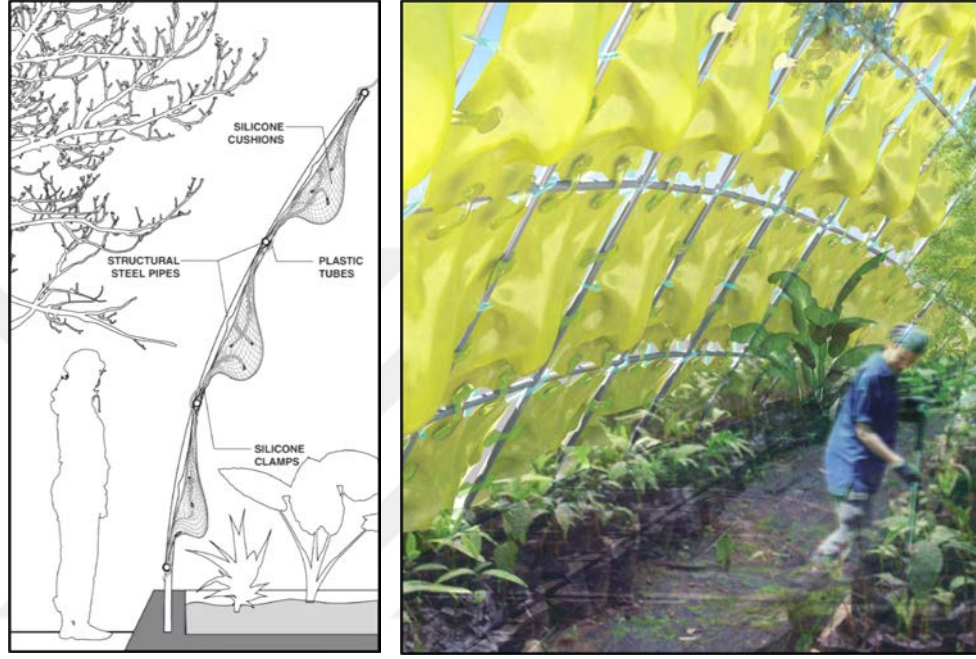
Sera, hava koşullarına göre adapte olabilen bir kabukla donatılmıştır. Bu kabuk, istenildiğinde güneşi, havayı ve yağmur suyunu içeri geçirerek iç ortam parametrelerini ideal değerlerde tutarken diğer taraftan bitki örtüsünü dış etkenlerden korumaktadır (Mazzoleni, 2013).



Şekil 18: Yağmur suyunu toplayan tampon detayları (Mazzoleni, 2013)

Sera kabuk örtüsü, bir çelik ızgara üzerine yerleştirilen tamponların bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Tamponların çoğunluğu, su ile dolu iki katmanlı silikon bir yapıya sahiptir. Fakat çatı tamponları sadece yağmur suyunu toplamak için tek katmanlıdır; dışarıya açıktır ve yağmur suyunun doğrudan sera içine damlamasına olanak tanımaktadır. Bu geçiş, tamponların içinde dokuma plastik boruların bulunduğu ikincil bir yapı aracılığıyla gerçekleşmektedir. Su dalgalanmalarıyla birlikte baloncuklar şişer

veya söner, bu da tamponların kapanmasını veya açılmasını sağlamaktadır. Yağmur yağdığında, tamponlar dolar, ağırlaşır ve aşağı doğru sarkar, yerlerinde tutan kelepçeleri çekerken boşlukları açmaktadır (Şekil 18,19). Bu, yağmurun sera içine akmasına ve bitkileri sulamak için kullanılmasına olanak tanımakta, aşırı akış ise daha fazla sulama için depolanmaktadır. Tamponlardaki su kurudukça ve buharlaştıkça, boşlukları kapatmaktadır (Mazzoleni, 2013).

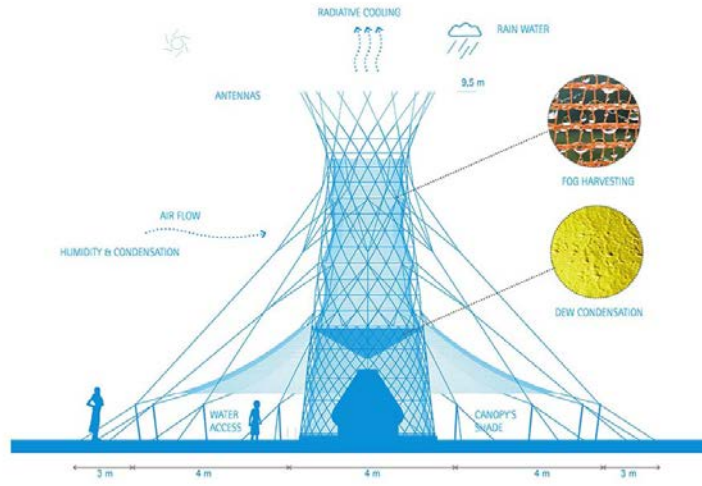


Şekil 19: Sera sistem kesiti ve iç mekan modellemesi (Mazzoleni, 2013)

3.2.4. Warka Su Kulesi (Etiyopya)

Warka Su Kulesi Arturo Vittori ve ekibinin havadaki nemi yoğunlaştırıp, su elde etmek için tasarladığı dikey bir strüktürdür. Etiyopya'da ve yerel halkın temiz içme suyuna erişiminin zor olduğu bir konumda tasarlanan yapı, alternatif bir kaynak olmaktadır. Tasarımcı, Warka Kulesi'ni "sürdürülebilir su toplama ve depolama olanaklarına odaklanan çevre dostu bir felsefe" olarak tanımlamaktadır. Strüktür, basit mühendislik ve inşaat gereksinimleri ile düşük maliyetle inşa edilebilmektedir (URL4, 30.04.2024).

Warka su kulesi, bambu bir çerçeve, geri dönüştürülebilir ağ, ip, kanopi ve su deposu gibi unsurlardan oluşur ve yerel malzemelerle kolayca monte edilebilir. Yapı, sadece yerçekimi, yoğunlaşma ve buharlaşma gibi doğal çevresel prensiplere dayanarak başka bir enerjiye ihtiyaç duymadan su toplayabilmektedir.



Şekil 20: Warka Su Kulesi malzeme ve yüzey detayları (URL4, 30.04.2024)

Warka Kulesi'nin tasarımında doğadan ilham alınmış birçok canlı bulunmaktadır. Yapının formu ve su toplama sistemi, termit karıncalarının yuvalarından, kaktüs dikenlerinden, Namibya çöl böceğinin morfolojik özelliklerinden ve örümcek ağı liflerinin mikro yapısından esinlenilmiştir. Tasarımcılar, daha verimli bir sis hasadı sağlamak amacıyla su toplama kabiliyetini artırmak için özel bir örgü kumaş geliştirmişlerdir. Bu örgü ağ, havada bulunan su taneciklerini yoğunlaştırarak suyun kulenin merkezindeki bir alanda toplanmasını ve depoya aktarılmasını sağlamaktadır (Şekil 20), (URL4, 30.04.2024).



Şekil 21: Warka Su Kulesi ve toplanan suyun sulamada kullanımı (URL4, 30.04.2024)

Yapı, yağışlı zamanlarda yağmur suyunu da toplayabilmekte ve su toplama kapasitesi meteorolojik koşullara bağlı olsa da, havanın yerel sıcaklık ve nem koşullarından bağımsız olarak daima belirli bir miktarda su buharı içerdiği için

sürdürülebilir bir şekilde su toplanabilmektedir. Warka Kulesi, hava durumuna göre günde 50 ila 100 litre arasında su toplayabilmekte ve toplanan su 3000 litrelik bir su tankında depolanarak içme suyu olarak kullanılabilir. Ayrıca, yapı yerel halka su sağlamanın yanı sıra topluluklara sosyal bir alan da sunmaktadır, çeşitli halk toplantıları, eğitimler ve etkinlikler için bir kamusal alan olarak hizmet vermektedir (Aslan D. S., 2018).

3.2.5. Sahra Orman Projesi

Sahara Orman Projesi, dünya çöllerinin geçmişte bol miktarda bitki örtüsü barındırdığı ve çöllerin kenarlarında büyüme sınırlarının her yıl dramatik bir şekilde değiştiği gerçeğinden yola çıkarak, biyomimetik tasarım ve kapalı döngü modellerini kullanarak yenileyici bir tasarım modeli oluşturmaktadır. Proje, tatlı su üretme, güneş enerjisi kullanma, bitki örtüsü oluşturma, topraklarda karbonu tutma, besin döngülerini üretme ve büyük bir insan kitlesine istihdam sağlama gibi bir dizi hedefi ele almaktadır. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, çöllerde yaşam için adaptasyon göstermiş organizmaların incelenmesi ve kanıtlanmış teknolojilerin birleştirilmesi önem arz etmektedir. Özellikle, Namibya'da çöl böceği gibi organizmaların incelenmesi, proje için ilham kaynağı olmuştur (Pawlyn, 2019).

Sahara Orman Projesi, güneş enerjisiyle birlikte tuzlu suyu arıtmak için soğutmalı seralarını merkeze almakta ve bu teknolojiler arasındaki sinerjilerle çölü yeniden yeşillendirme sürecini harekete geçirmektedir. Bu bileşenler bir ekosistem modeline entegre olmaktadır. Sistemi yönlendiren sinerjistik özellikler, bu teknolojilerin işletme sırasında birbirleriyle nasıl işbirliği içinde çalıştığı ve atık döngülerinin sisteme nasıl besin sağlayabileceğine dayanmaktadır. Tuzlu su soğutmalı seralar ve güneş enerjisi, sıcak, güneşli çöllerde verimli bir şekilde enerji üretmektedir. Seralar, konsantre güneş enerji sistemleri (CSP) için gerekli demineralize suyu üretirken, aynı zamanda CSP'ye soğutma sağlar ve güneş paneli yüzeylerini temiz tutar. Bu durum, CSP'nin elektrik üretiminde daha verimli olmasını sağlar. Ayrıca, CSP ve PV panellerinin altında gölgeli bir mikro iklim oluşturularak çeşitli bitkilerin yetişmesine olanak vermektedir. Seralar ayrıca toz birikimini azaltarak CSP ve PV panellerinin verimliliğini arttırmaktadır. Yeni bitki örtüsü toprağı onarmakta ve çölleşmenin azalmasını sağlayarak CSP montajının panellere daha fazla güneş ulaşmasına yardımcı olmaktadır. Son olarak, seralar gıda üretimi ile insanlar için besin ihtiyacını karşılamaya yardımcı olmaktadır (Pawlyn, 2019).



Şekil 22: Sahra Orman Projesi modelleme örneği (Pawlyn, 2019)

Proje ekibi, Yara International ve Katar Gübre Şirketi ile işbirliği yaparak bir Pilot Tesisi tasarladı ve inşa etti. Bu proje, tuzlu suyu arındıran soğutmalı sera sistemleri ve güneş enerjisi gibi teknolojilerin sinerjilerini kullanarak çöl alanlarını yeşillendirmek için kurulmuştur. Projede kullanılan teknolojiler, kullanılan deniz suyu tuzluluğuna göre bir sıra işlemleri takip ederek çalışmaktadır. Örneğin, sera sistemleri tarafından üretilen taze su, tarım sulaması için kullanılmakta ve tuzlu suyun buharlaşması, sera sistemlerini nemlendirip soğutarak bitki yetiştirme koşullarını iyileştirmektedir. Pilot Tesisi, teknolojilerin entegrasyonunu test etmek ve iyileştirmek için önemli bir deneme sahası olmuştur. Sorunların çözümünde biyomimetik yaklaşımlar temel alınmıştır. Örneğin, sera içindeki yüksek nem oranını azaltmak için magnezyum klorür kullanılmaktadır ve deniz borusundaki kireçlenmeyi azaltmak için yapısal çelik tel friz çerçeveleri büyütülmüştür. Bu yaklaşımlar, projenin gelecekteki gelişimini ve sürdürülebilirliğini sağlamak için önemli bir girişim olmuştur. Proje, çeşitli türlerde karbon tutarak ve biyoçeşitliliği artırarak ekosisteme olumlu yönde girdi sağlamaktadır. Gelecekte, daha büyük ölçekli bir projede rejeneratif tasarımın etkisinin daha da belirgin bir şekilde görüleceği tahmin edilmektedir (Pawlyn, 2019).



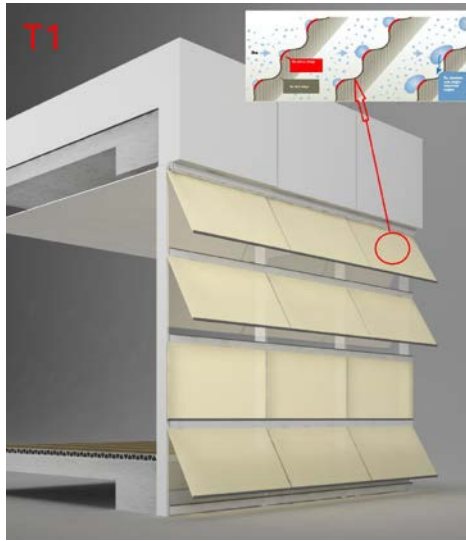
Şekil 23: Katar'daki SFP Pilot Tesisi modellemesi (Pawlyn, 2019)

3.2.6. Çeşitli Nem Toplayıcı Yüzey Tasarımları

Doğadan ilham alan canlıların su yönetimi stratejileri taklit edilerek geliştirilen mimari tasarımlar incelendiğinde, yapıların çevresiyle ilişki kurduğu ilk yapı elemanları kabuk, çatı, cephe yüzeyleri olduğu görülmektedir. Yapı yüzeyleri, dış mekan ile iç mekan arasında tampon görevi gören, su toplamak için geliştirilmeye ve yeniden yorumlanmaya uygun elemanlardır. Özellikle havadan su hasat edebilmek için yapı kabuğunu oluşturan yüzeylerin nasıl davranış göstermesi gerektiği bilinmelidir. Aşağıda incelenecek olan nem toplayıcı yüzey tasarımlarının çalışma prensiplerinin kavranması, yapı kabuğu tasarımı için yol gösterici olacaktır.

Şekil 24’de modellenen sistem, özellikle Girne Dağları eteklerine bakan tarafında kullanılmak üzere planlanmıştır. Bu konumun seçilmesinin temel nedeni, dağ eteklerinde oluşan sis içindeki su zerreciklerinin kolaylıkla toplanabilmesidir. Toplanacak olan su, binanın içerisinde uygun bir konumda, panellere yakın bir yerde depolanacak ve gerektiğinde kullanılabilir.

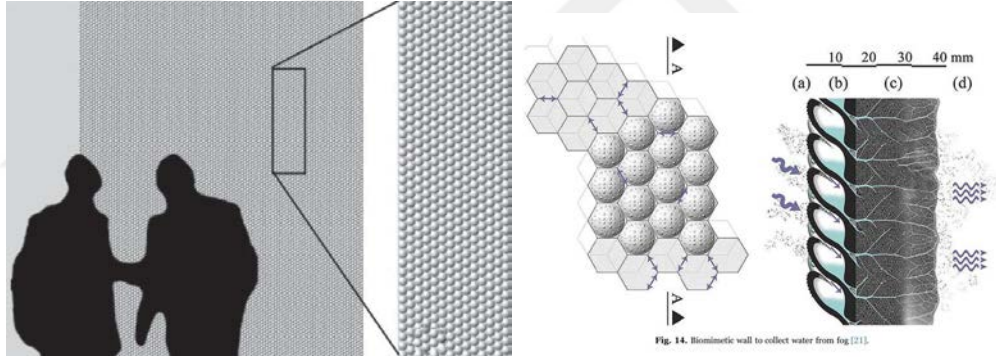
Sistemin belirgin özelliği, sisli havalarda panellerin 45 derece açıya uyarlanabilmesinin yanı sıra yüzeyindeki suyu toplayan ve suyu iki tabaka arasında alarak kanallardan depolara ileten su itici katmanlarla donatılmış olmasıdır. Bu gözenekli yapı ile 1 metre karelik alanda yaklaşık olarak 1 litre su toplama kapasitesi öngörülmektedir. Toplanan su, hijyenik bir ortamda çalışanların ihtiyaçları için depolanacaktır. Su toplama panelleri geliştirildiğinde, önemli miktarda su toplayabileceği öngörülmektedir (Karabetça, 2016).



Şekil 24: Stenocara kanat yapısından esinlenilerek tasarlanmış cephe su toplama sistemi (Karabetça, 2016)

Badarnah ve Kadri (2015) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, çeşitli canlı türlerinin su toplama stratejilerinden ilham alınarak çok katmanlı bir bina kabuğu tasarımı geliştirilmiştir. Bu tasarımda, başta Namibya çöl böceği olmak üzere molok kertenkelesi, çeşitli bitkilerin morfolojik ve yapısal özellikleri adapte edilmiştir. Cephenin en dış katmanı, Namibya çöl böceğinin dikenli sırt kabuğunun hidrofilik ve hidrofobik özelliklerini taklit ederek tasarlanmıştır. Bu dış katman, suyu emerek tutmaktadır (Şekil 25), (Badarnah L. K., 2015).

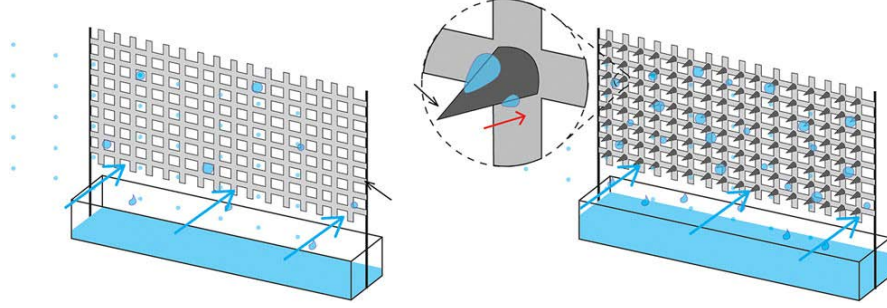
İkinci katman, Molok kertenkelesinin kılcallık yapısını taklit etmekte ve mikro kanallardan oluşmaktadır. Bu sayede, suyun yüzey üzerinde kılcal hareketlerle taşınması ve depo odalarına yönlendirilmesi sağlamaktadır. Depolama odalarının açılıp-kapanmasının kontrolü, şişen ve kuruyan akıllı malzemelerle kontrol edilebilmektedir (stomalar, insan derisi ve bitkilerden esinlenilerek). Bu tasarım, doğadan ilham alarak su toplama ve yönlendirme süreçlerini taklit ederek bina kabuğunun etkin bir şekilde su toplamasını ve yönetmesini sağlamaktadır (Badarnah L. K., 2015).



Şekil 25: Su toplayıcı yüzey tasarımı (Badarnah L. K., 2015)

Brown (2016) doğadaki canlıların su yönetimini inceleyerek, özellikle sisten yoğunlaşma prensibiyle su elde eden canlılara odaklanarak benzer bir prensiple su elde etmek için yüzey tasarımları önermiştir. Bu çalışmada, geleneksel yöntemlerle sis yakalama yapılarının bazı bölgelerde kullanıldığı belirtilmiş ve kaktüslerin su hasadı prensiplerinden esinlenerek yeni bir yüzey tasarlanmıştır (Şekil 26). Önerilen yüzey, polimer ağlardan oluşan geleneksel bir yüzeye kaktüslerden ilham alan elemanlar eklenerek oluşturulmuştur. Bu elemanlar, kaktüslerin gövdelerinde bulunan ve suyu yakalamak için kullanılan konik dikenleri taklit etmektedir. Bu öneriye göre, kaktüslerden esinlenen bu konik yapılar, yüzey alanını artırarak damlacıkların toplanmasını ve

hareketini kolaylaştırarak daha etkili bir su toplama sağlamaktadır. Bu çalışma, su etkin yapı tasarımlarına yeni mimari kararlar getirebilecek doğa esinli su hasadı tekniklerinin geniş bir uygulama potansiyeline işaret etmektedir (Brown, 2016).



Şekil 26: Su toplayıcı yüzey tasarımı (Brown, 2016)

Örnek bir nem toplayıcı ön çalışma: AWG (Atmospheric Water Generator)

Bu araştırma, kurak bölgelerde su toplama yöntemlerini geliştirmek amacıyla yapılan çalışmaların sentezini yapmayı ve bu sentezin sonuçlarını doğrudan bir bina kabuğu sistemine uygulamayı hedeflemektedir. Önceki araştırmalarda, kurak ortamlarda su toplamanın en etkili yolunun kondensasyon olduğu görülmektedir. Kondensasyonun mekanizmalarını inceleyecek ve su toplama yeteneğini artırmak için mimari bir kabuk sistemi üzerinde uygulanabilecek bir yüzey geliştirmeyi amaçlamıştır. Özellikle, yağmur suyu toplamanın mümkün olduğu bölgelerde bu yüzeyin yağmur suyu toplama kapasitesini optimize etmeyi ve yağmur suyu toplamanın izin verilmediği bölgelerde su yoğunlaşmasını kolaylaştırmayı hedeflemektedir. Geliştirilen cihaz, iki farklı deneysel örneğin eş zamanlı olarak değerlendirilmesine imkan tanımakta, çevresel sıcaklık ve nem verilerini kaydedebilmektedir. Bu cihaz, hava kuyuları ve termoelektrik modüllerden oluşan bir sistemdir, su yoğunlaşmasını kolaylaştırmak için tasarlanmıştır (Bradshaw, 2016).

Bu çalışma, atmosferik su üretimi teknolojisinin potansiyelini ve sınırlamalarını ele almaktadır. Araştırma sonuçları, havadaki ısı ile nemin arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Atmosferik su üretiminin, diğer su üretim yöntemlerine göre daha maliyetli ve verimlilik açısından iyileştirmelere ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. Termoelektrik ünitelerin ve ısı yüzeylerinin tasarımı ve boyutlandırılması, teknolojinin etkinliğini artırmak için kritik öneme sahip olduğu görülmüştür. Araştırmada, özellikle kurak bölgelerde atmosferik su üretiminin sınırlamaları vurgulamaktadır. Bu çalışma,

Çalışma ayrıca, termoelektrik AWG sistemlerinin binalara veya diğer yapısal sistemlere entegre edilmesinin potansiyelini de araştırmaktadır (Şekil 29). Ancak, bu tür sistemlerin nemin yapı elemanlarına zarar verme potansiyeline karşı dikkatli bir şekilde tasarlanması gerekmektedir.



Şekil 29: AWG'nin su toplama aracı olarak entegre edilebileceği çatı yapısını gösteren şematik bir kesit örneği (Bradshaw, 2016)

Bu çalışma boyunca, sinerjinin önemli olduğu, diğer bir deyişle, birden fazla amaca hizmet eden sistemlerin kritik bir rol oynadığı savunulmuştur. Detaylı olarak ele alınan termoelektrik yoğunlaşma yöntemi de bu tür bir sistemdir. İncelenen değişkenler ve ölçümler arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılabilmesi için ek araştırmalara ihtiyaç olduğu görülmüştür. Daha fazla inceleme ile, atmosferden suyun yoğunlaştırılması potansiyelini değerlendirmek için daha kesin bir model tasarlanabilir. Ayrıca, az enerji harcanarak su üretme amacıyla diğer fiziksel parametreler de dikkate alınmaya değer görülmüştür. Dünya genelinde, teknolojinin suyu pasif olarak sağlama potansiyeli, temiz suya erişimde önemli paya sahiptir ve teknoloji daha verimli hale getirilirse, bu iklim değişikliği için önemli bir faktör olabileceği görülmüştür (Bradshaw, 2016).

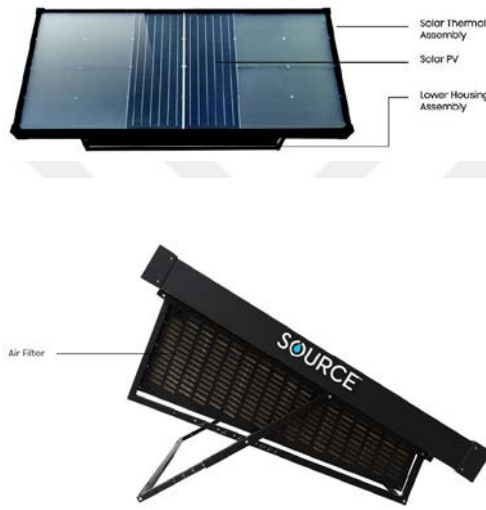
Su Toplayıcı Hidropaneller

Hidropaneller, güneş enerjisini kullanarak havadan temiz, kirletici içermeyen içme suyu üreten yenilenebilir su teknolojisidir. Birden fazla patentli buluş ve mülkiyeti gizli ticari sırlar ile birlikte çalışan bu teknoloji, temiz içme suyunu kolayca erişilebilir bir kaynak haline getirmek için tasarlanmıştır. Bir hidropanel, enerji tüketmeden elektrik bağlantısı ve altyapı gerektirmeden hemen hemen her yerde temiz, güvenli içme suyu üreten bir güneş paneline benzemektedir.

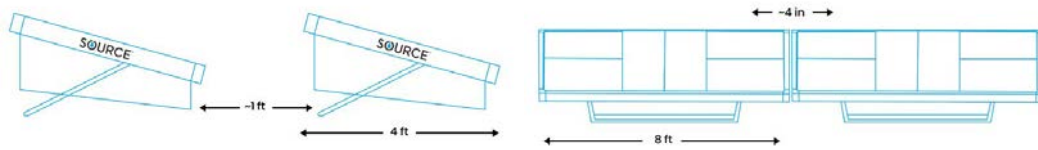
Hidropanellerin çalışma prensibi:

- Güneş enerjisi sayesinde hidro paneller için gerekli enerji sağlanmaktadır.

- Fanlar dış ortamdan havayı iç hazneye çekmektedir.
- Havada bulunan su buharı dış mekana görece daha soğuk yüzeylerden higroskopik (su emici) geçirilmekte ve su buharı suya(sıvı) dönüştürülerek en yakındaki basınçlı bir tanka gönderilmektedir.
- Depolanan tankta bulunan su, tesisat sistemi kurulmuş altyapı ile doğrudan musluktan veya buzdolabından dağıtılmakta ve tüketilebilmektedir (URL5, 30.04.2024).



Şekil 30: Hidropanel ön ve yan görünüşü (URL5, 30.04.2024)

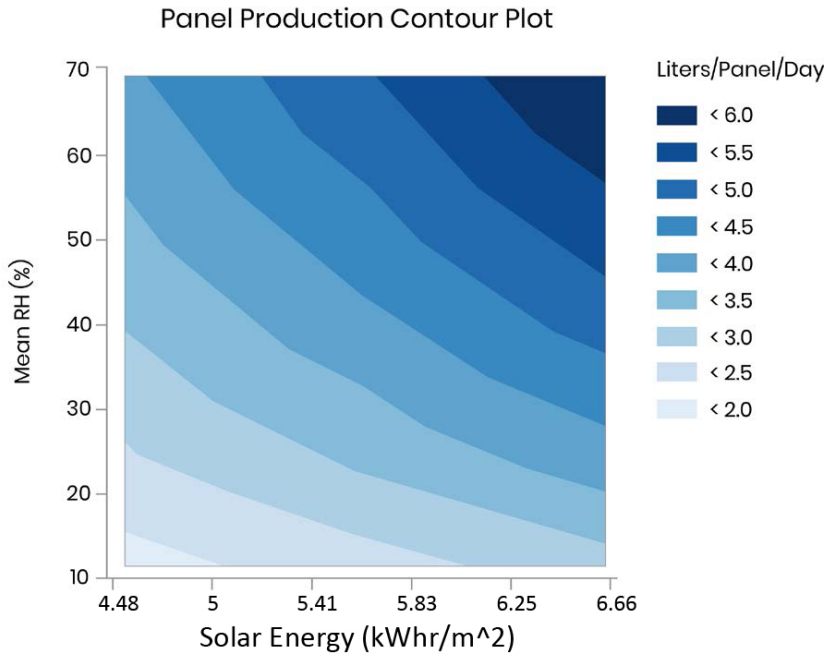


Şekil 31: Hidro panel yerleşim aralıkları ve dizilişleri (URL5, 30.04.2024)

Panellerdeki su üretimi, konumdaki hava durumuna bağlı olarak değişebilmektedir, ancak kurumsal altyapı ile uzaktan optimizasyon teknolojisi geniş bir koşul yelpazesi için optimize edilmiştir. Az ila orta güneşli havalarda ve düşük nemde su üretebilmektedir (URL5, 30.04.2024).

Panellerdeki iki adımlı su üretim süreci, havadaki herhangi bir kirliliğin suya karışmasını önlemektedir. İlk olarak, hava filtresi partikülleri ve diğer kalıntıların panele girmesini engellemektedir. İkinci olarak, patentli malzeme sadece su moleküllerini ayırıştırır ve üretilen su (damıtılmış gibi) havadaki yabancı maddelerden arındırılmaktadır (URL5, 30.04.2024).

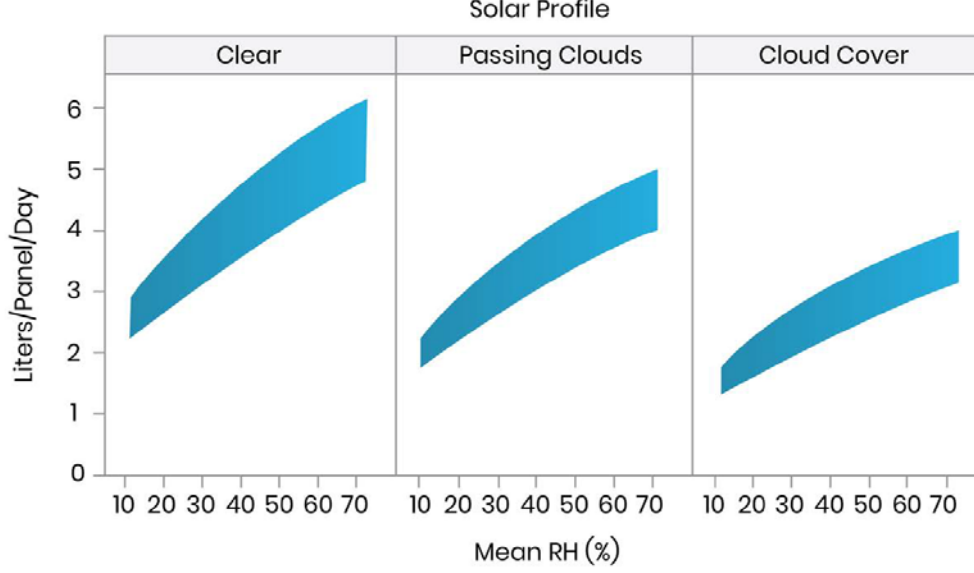
Gereken enerjiyi güneş enerjisinden karşılayan panellerin topladıkları su miktarı, hava durumuna göre değişiklik göstermekte ve güneşin şiddetine göre üretilen enerjiye paralel olarak artmaktadır. Güneş panellerinin çalışma prensibine benzer şekilde enerji üretildiği için verimlilik, panel yüzeyine düşen ve elektriğe dönüştürülen güneş ışığı miktarı ile doğru orantılıdır. (URL5, 30.04.2024)



Şekil 32: Güneş enerjisine bağlı olarak hidro panellerin günlük yaklaşık su (lt) toplama miktarları (URL5, 30.04.2024)

Panellerin çalışma prensibine göre hava sıcaklığından görece daha soğuk yüzeyler oluşturulur ve bu yüzeylere çarpan havadaki su buharı yoğunluğuna bağlı olarak yoğunlaştırulan su miktarı da değişmektedir. Güneş enerjine benzer şekilde havada bulunan nem miktarı, panellerde toplanan su miktarı ile doğru orantılıdır. Verilen tablolarda(Şekil 31,32) yüzdelik(%) olarak gösterilen nem miktarı ortalama bağıl nem olarak adlandırılır. Bağıl nem, havadaki nemin aynı sıcaklıkta havanın taşıyabileceği maksimum neme oranıdır. Ortalama bağıl nem de genellikle bir gün, bir ay veya bir yıl boyunca ölçülen

bağıl nem değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir. Havanın taşıyabileceği nem miktarı sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık arttıkça havanın nem taşıma kapasitesi de artacağından sabit nemde sıcaklık arttıkça bağıl nem miktarı düşmektedir.

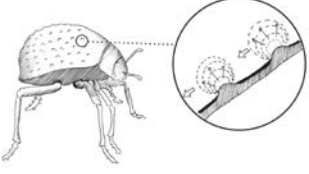
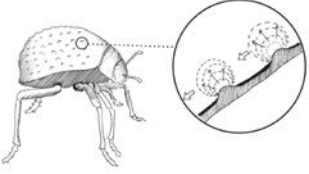
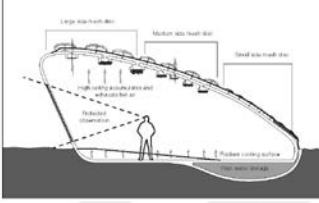
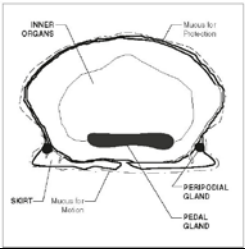
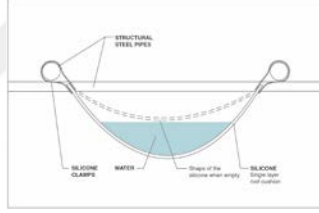
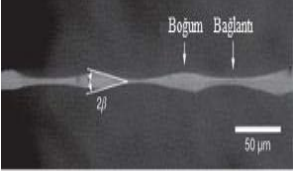
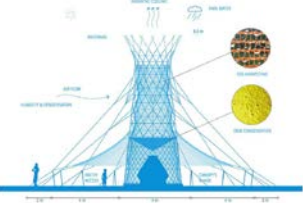
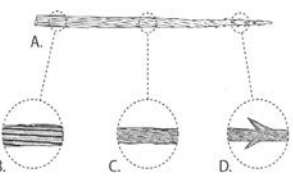
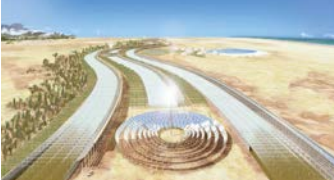


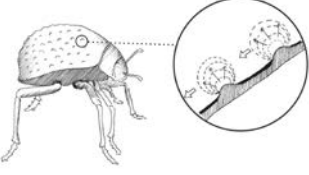
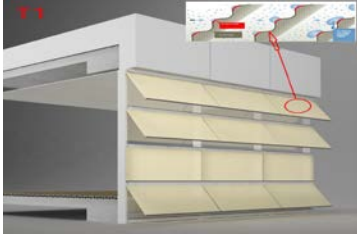
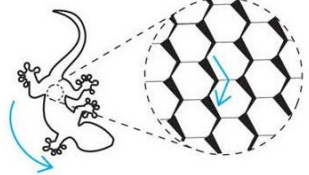
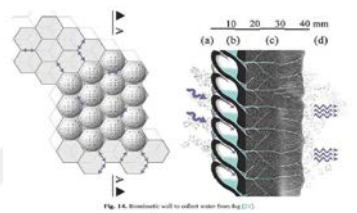
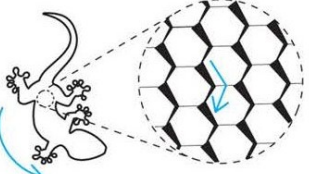
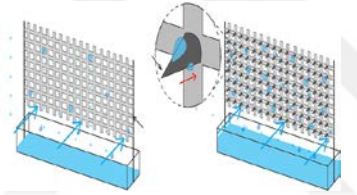
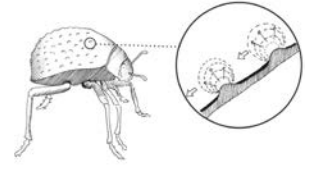
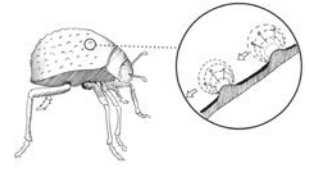
Şekil 33: Hava durumuna göre hidro panellerin günlük yaklaşık su (lt) toplama miktarları (URL5, 30.04.2024)

Yukarıdaki örneklerde, doğadan ilham alan ve su yönetimi konusunda literatürde önde gelen yapılar ve mimari yüzeyler incelenmiştir. İncelenen örneklerde daha çok havadan suyun hasat edilmesi ve su üretimi konusunda alternatif çözümler araştırılmıştır. Canlılara benzer şekilde her yapının veya yüzey tasarımlarının su hasadı stratejileri farklı yöntemlere dayanmaktadır. Bu tasarım farklılıkları, coğrafi özelliklere göre değişiklik göstermektedir. Su hasadı yöntemlerinin iklim verileri ve mimari tasarım kriterleri dikkate alınarak seçilmesi su toplama verimini etkileyecektir.

Çizelge 2’de, canlıların su yönetimi stratejileri taklit edilerek geliştirilen mimari tasarımlar ve çeşitli yüzey tasarımları özetlenmiştir.

Çizelge 2: Biyomimetik tasarım ile yenilikçi su toplama yaklaşımları kapsamında incelenen mimari tasarımlar ve yüzey tasarımları özet tablosu (yazar tarafından geliştirilmiştir).

Proje	Esin Kaynağı	Mimari Tasarıma Yansıması	Tasarımda Uygulama Yöntemi
Deniz Suyu Serası (in Oman)			Hava sıcaklığından görece daha düşük sıcaklığa sahip olan boru yüzeylerinde deniz suyundan gelen nemli hava yoğunlaştırılmakta ve su damlacıkları toplanmaktadır.
Namib Böceği Prototip Projesi			Namib böceğinin kabuk yüzeyindeki çıkıntılardan ve böceğin nemli esen havaya karşı aldığı yönelim açısından esinlenilmiştir.
Muz Salyangozu Prototip Projesi			Muz salyangozunun hava koşullarına göre hücresel davranışları incelenerek, sera için modüler bir kabuk sistemi tasarlanmıştır.
Warka Su Kulesi (Etiyopya)			Yapının formu ve su toplama sistemi, termit karıncalarının yuvalarından, kaktüs dikenlerinden, Namibya çöl böceğinin morfolojik özelliklerinden ve örümcek ağı liflerinin mikro yapısından esinlenmiştir.
Sahra Orman Projesi			Kaktüslerde bulunan ölü dokular sayesinde buharlaşmanın azaltılması prensibinde dayanarak, projede yer alan paneller ile gölgelik alanlar oluşturulması ve buharlaşmanın azaltılması amaçlanmıştır.

Proje	Esin Kaynağı	Mimari Tasarıma Yansıması	Tasarımda Uygulama Yöntemi
Yüzey Tasarımı (Karabetça)			Namib böceğinin kabuk yüzeyindeki çıkıntılardan ve böceğin nemli esen havaya karşı aldığı yönelim açısından esinlenilmiştir.
Yüzey Tasarımı (Badarnah L. K.)			Molok kertenkelesinin su toplayan dikenlerinden esinlenilmiş ve su taşınımı için kertenkelenin deri üzerindeki kılcal damarları taklit edilmiştir.
Yüzey Tasarımı (Brown)			Molok kertenkelesinin su toplayan dikenlerinden esinlenilmiş ve su taşınımı için kertenkelenin deri üzerindeki kılcal damarları taklit edilmiştir.
Yüzey Tasarımı (AWG)			Namib böceğinin davranış prensibine benzer şekilde, hava sıcaklığından görece daha düşük sıcaklığa sahip olan hazne yüzeylerinde nemli hava yoğunlaştırılmakta ve su damlacıkları toplanmaktadır.
Yüzey Tasarımı (Hidropanel)			Namib böceğinin davranış prensibine benzer şekilde, hava sıcaklığından görece daha düşük sıcaklığa sahip olan hazne yüzeylerinde nemli hava yoğunlaştırılmakta ve su damlacıkları toplanmaktadır.

4. ALAN ÇALIŞMASI

Bu çalışmada, Konya ili Çumra ilçesinde yer alan Torku Ultra Isıtmalı Sera çatı yüzeyinden elde edilebilecek yağmur suyu miktarı ve solar paneller aracılığıyla havadan hasat edilen su miktarının karşılaştırılması; kullanım potansiyeli araştırılmıştır.



Şekil 34: Torku Şeker Fabrikası hava fotoğrafı



Şekil 35: Torku Şeker Fabrikası Ultra Isıtmalı Sera hava fotoğrafı

Çumra Şeker Entegre Tesislerinde yer alan Ultra ısıtmalı seralar yaklaşık olarak 40.850 m² alana sahiptir. Üretim tesislerinde esas aldığı enerji tasarrufu, geri dönüşüm, her atık maddeyi bir başka ürünün hammaddesi olarak yeniden kullanma, atık suyun içme suyu kalitesinde arıtılması, tesislerdeki sıcak suyun seralarda değerlendirilmesi gibi sürdürülebilir uygulamaların olması, seraların alan çalışması için tercih edilmesini tutarlı kılmaktadır. Şeker üretim sürecinde ortaya çıkan kondense suyunu, enerji harcayarak soğutmak yerine, üretim sürecinde tekrar kullanılabilmek için seraların ısıtma sisteminde kullanılmıştır. Topraksız seralarda ve ultra klimalı ortamda ileri teknoloji ile tarım ilacı kullanılmadan üretilen ürünler daha organik bir ortamda yetiştirilmektedir (URL6, 30.04.2024).



Şekil 36: Torku Ultra Isıtmalı Sera iç mekan görüntüsü (URL6, 30.04.2024)



Şekil 37: Torku Ultra Isıtmalı Sera cephesi ve yağmur olukları detayı (Ahmet Fazıl Bayrakçı arşivinden)

Yağmur suyunu toplamak için mevcut serada alt yapı sistemi kurulmuştur. Serada çelik strüktür sistem ile kurulmuş 5'er metre makas açıklıkları, iç mekanda gün ışığının kontrollü sağlanmasına yönelik yapılmıştır. Sadece doğal aydınlatma için değil aynı

zamanda bu açıklıklar yağışla gelen suyun çatı yüzeyinden kolayca yağmur suyu borularına iletilmesini sağlamaktadır.

Araştırmaya yönelik hesaplamalarda kullanılmak üzere seranın çatı alan hesabı yapılmıştır. Çatı yüzeylerinden toplanacak yağmur suyu miktarının hesabı için aşağıdaki “yağmur suyu verimi” formülü kullanılmıştır (TEMA), (URL7, 30.04.2024).

- *Yağmur suyu verimi (m3) = Yağmur toplama alanı x yıllık yağış miktarı x çatı katsayısı x filtre etkinlik katsayısı*
- *Yağmur toplama alanı (m2):* Yağmur suyu düşen çatıların alanını ifade etmektedir.
- *Yıllık yağış miktarı (mm):* Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nce belirlenen toplam yıllık yağış miktarını ifade etmektedir.
- *Çatı katsayısı:* Alman standartları tarafından DIN1989’da 0,8 olarak belirtilen katsayıdır. Çatıya düşen yağmur sularının tamamının geri dönüştürülemeyeceğini ifade etmektedir.
- *Filtre etkinlik katsayısı:* Alman standartları tarafından DIN1989’da belirtilen katsayıdır (0,9). Çatıdan elde edilen yağmur suyunun, görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Suyun bir miktarının buradan geçemeyeceği hesaplanarak verilen bir katsayıdır.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan yağış verilerine göre (ölçüm periyodu: 1929-2023), Konya iline ait ortalama yıllık yağış miktarının 329.7 mm olduğu görülmüştür (Çizelge 3).

Çizelge 3: Konya iline ait aylara göre ortalama (ölçüm periyodu:1929 - 2023) yağış miktarları (URL8, 30.04.2024)

KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	38,1	28,8	29,7	31,8	43,4	26,2	7,6	6,3	13,4	29,6	32,2	42,6	329.7

Formülüne göre hesaplanarak,

$$\text{Yağmur suyu verimi (m3)} = 40.850 \text{ m}^2 \times 0.3297 \text{ m (329.7 mm)} \times 0.8 \times 0.9$$

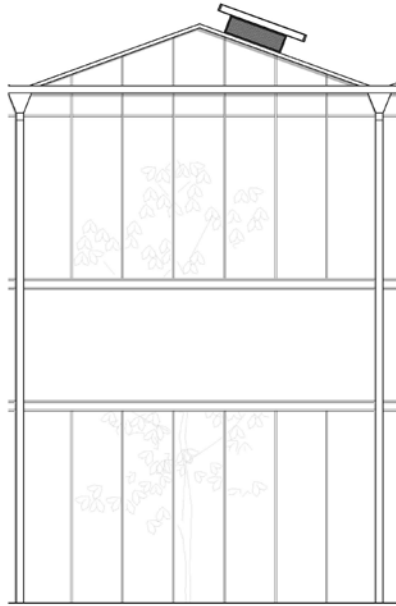
Konya ilinde seçilen alan için yıllık yağmur suyu verimi = 9.697,14 m3 olarak bulunmuştur.

Hidropaneller İle Hasat Edilen Su Miktarı

Hidropaneller suyu yoğuşturmak için gerekli enerjiyi, üzerlerinde bulunan fotovoltaik panel bölmelerinde ürettikleri enerji ile sağlamaktadır. Buna bağlı olarak, hidropaneller güneş enerjisinden maksimum verimi sağlamak üzere konumlandırılmalıdırlar.

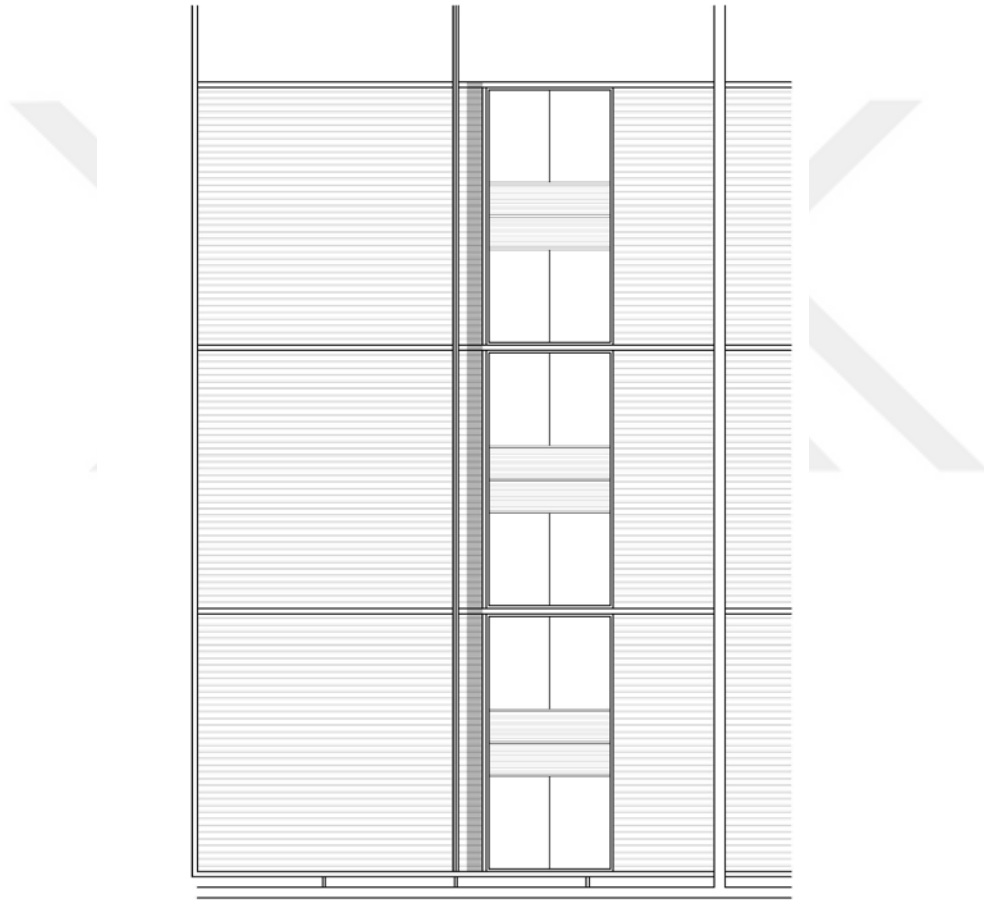
Ultra ısıtmalı sera çatı yüzeylerine hidropaneller yerleştirilerek en verimli şekilde su toplayabilmek için;

- Öncelikle çatı eğiminin güney yönüne bakacak şekilde planlanması,
- Çatı eğiminin ve/veya hidropanellerin yönlenim açılarının güneş enerjisinden maksimum verimi alacak şekilde düzenlenmesi,
- Daha fazla su üretimi sağlayabilmek için en fazla sayıda hidropanel yerleştirilecek şekilde konumlandırma yapılması gerekmektedir.



Şekil 38: Bir makas açıklığı arasında hidropanelin görünüşü (Ahmet Fazıl Bayrakçı arşivinden)

Şekil 38’de görüldüğü üzere her beşik çatı için tek sıralı halinde hidropaneller yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bütün paneller güney cephesine bakacak ve zeminle yaklaşık 20° açı oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir. Hidropanellerde bulunan ayarlanabilir ayaklar ile bu açı, ışığın yönüne göre ayarlanabilir ve verimi arttıracak yönde enerji üretimi sağlanabilmektedir. Ayrıca, seralarda bulunan yağmur suyunu toplamak için kullanılan alt yapı sayesinde hidropanellerden elde edilen sular bu sisteme dahil edilebilmektedir. Sonrasında, depolarda toplanan suların analizleri doğrultusunda, seralarda yetiştirilen ürünlerin sulamasında kullanılabilecektir.



Şekil 39: Bir makas açıklığı arasında hidropanelin üstten görünüşü (Ahmet Fazıl Bayrakçı arşivinden)

Hidropanellerin çalışma prensibine göre, iklime bağlı olarak Konya ili aylık bağıl nem değerleri ve global radyasyon değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre, bir hidropanelin her ay bazında üretebileceği günlük ortalama su miktarı hesaplanmıştır.

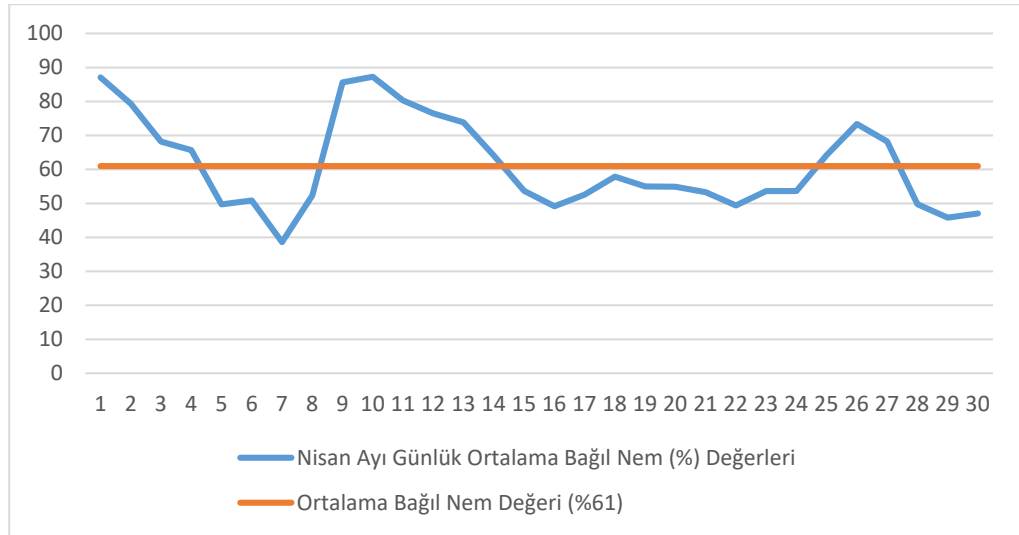
Aylık Ortalama Bağıl Nem(%) Hesaplamaları

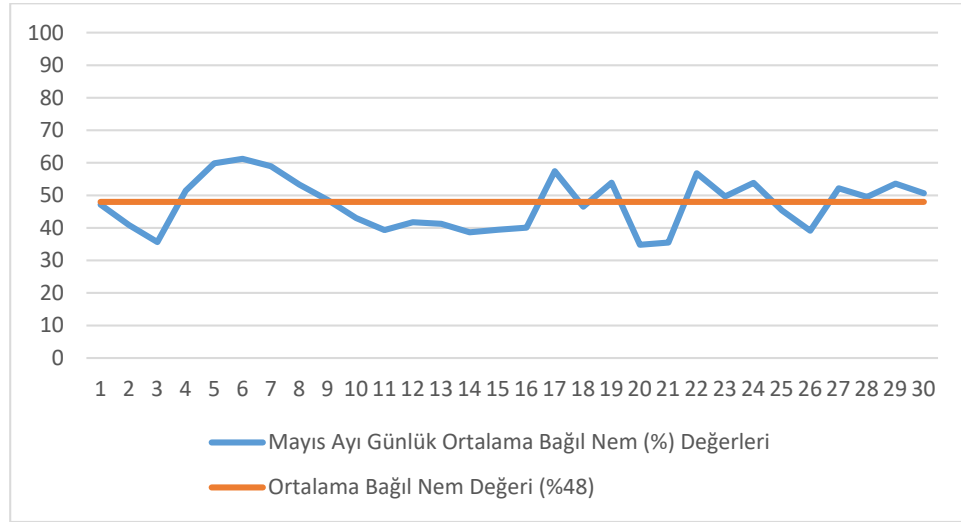
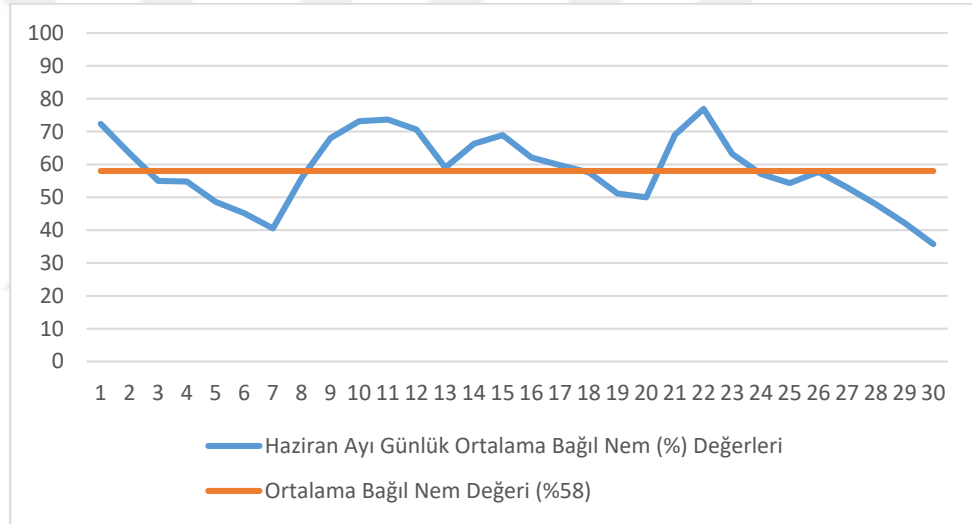
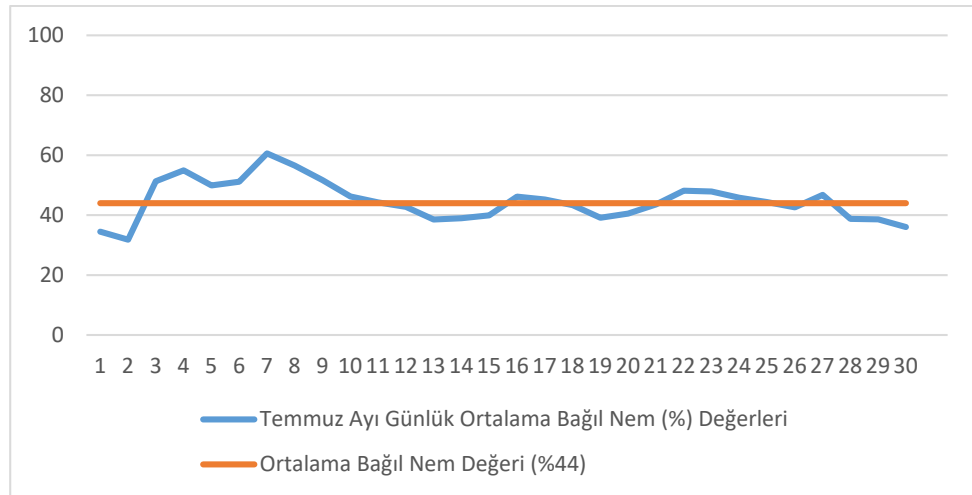
Havadaki nemin doyma noktasına oranı olan bağıl nem, sıcaklığa bağlı olarak yıl boyunca değişmektedir. Sıcaklığın arttığı yaz döneminde ülke genelinde bağıl nem azalırken sıcaklığın düştüğü kış döneminde bağıl nem artmaktadır.

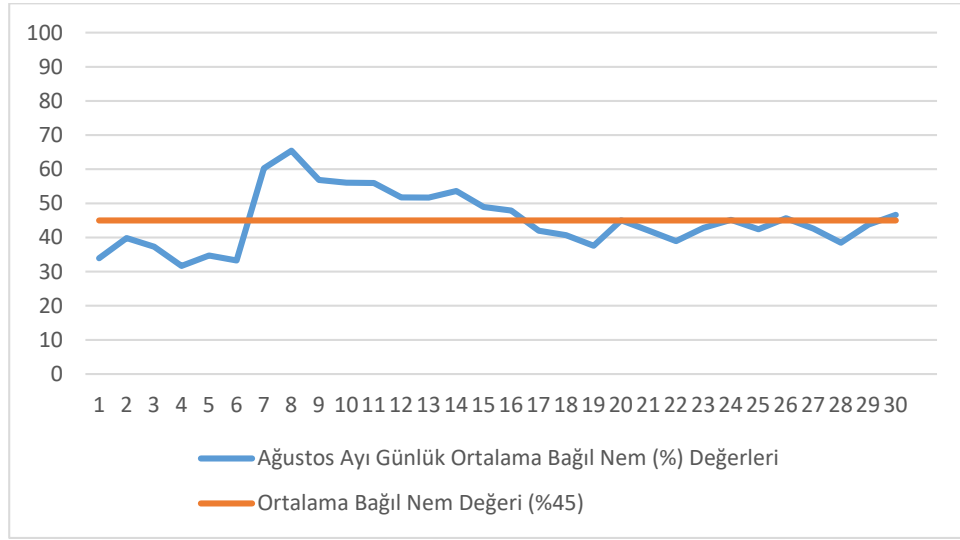
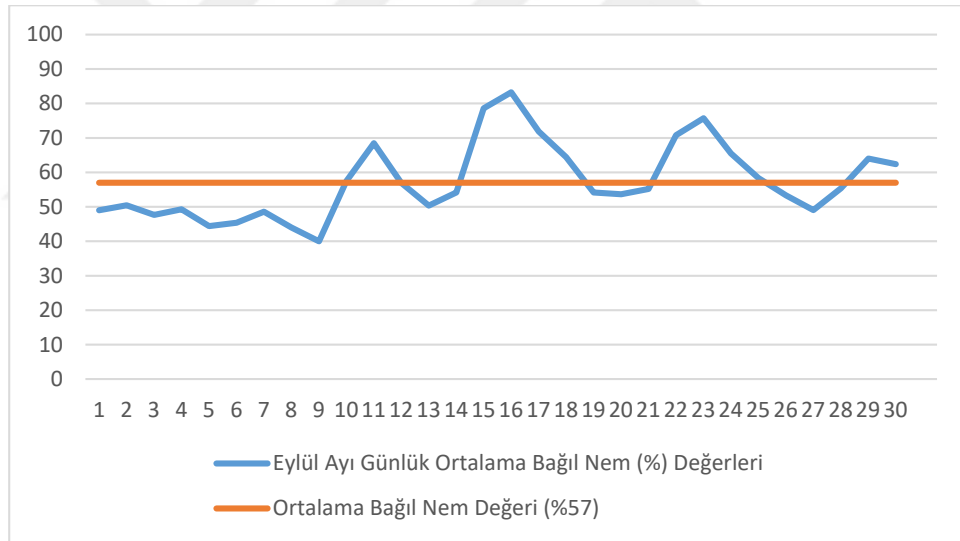
Bağıl nem, havadaki nemin aynı sıcaklıkta havanın taşıyabileceği maksimum neme oranıdır. Ortalama bağıl nem de genellikle bir gün, bir ay veya bir yıl boyunca ölçülen bağıl nem değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir. Havanın taşıyabileceği nem miktarı sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık arttıkça havanın nem taşıma kapasitesi de artacağından sabit nemde sıcaklık arttıkça bağıl nem miktarı düşmektedir.

Konya ve çevresi, ülkemizin en kurak yörelerinden biridir. Yörede soğuk dönemde aylık ortalama sıcaklıklar genelde 5.0 °C'nin altındadır. Temmuz ve ağustos aylarında ise sıcaklık ortalamaları 22.5 °C'nin üzerindedir. Konya'da yıllık yağış tutarı 322.2 mm, yıllık ortalama buharlaşma 1305.0 mm'dir. Bu sıcaklık ve yağış koşulları yörede yarı kurak bir iklime neden olmaktadır. Buna bağlı olarak Konya ilinde, yaz-kış aylarına göre, bağıl nem değerleri dalgalı bir grafik göstermektedir.

Çizelge 4: Konya ili nisan ayı ortalama bağıl nem değeri (MGM, 2024)



Çizelge 5: Konya ili mayıs ayı ortalama bağıl nem değeri (MGM, 2024)**Çizelge 6:** Konya ili haziran ayı ortalama bağıl nem değeri (MGM, 2024)**Çizelge 7:** Konya ili temmuz ayı ortalama bağıl nem değeri (MGM, 2024)

Çizelge 8: Konya ili ağustos ayı ortalama bağıl nem değeri (MGM, 2024)**Çizelge 9:** Konya ili eylül ayı ortalama bağıl nem değeri (MGM, 2024)

Çizelge (4,5,6,7,8,9)'de görüldüğü üzere Konya ili aylık ortalama bağıl nem değerleri ile o ay için global radyasyon değerleri (Çizelge 10) bir hidropanelin ay bazında ortalama bir günde ne kadar su elde edebileceğini bulmakta kullanılmıştır. Grafikler doğrultusunda Konya ili için 6 aylık bir üretimin verimli olacağı tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak bu 6 aylık dönemler üzerinde hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplama yapılan bu aylarda ortalama kapalı gün sayısı ihmal edilecek düzeyde bulunduğu için su üretimine olumsuz bir etki oluşturmaz.

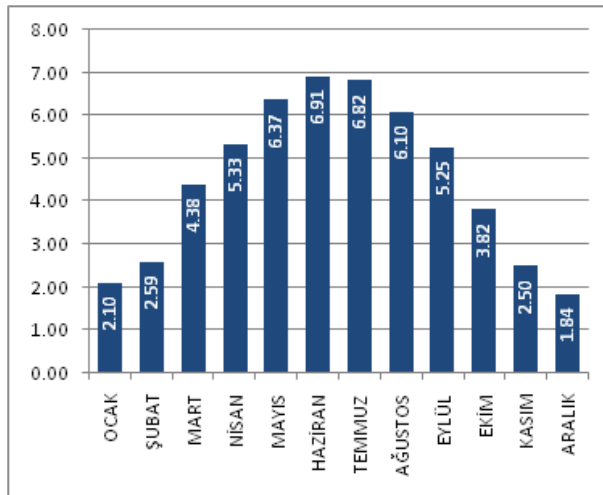
Aylık Global Radyasyon (%) Değerleri

Türkiye'nin coğrafi konumundan kaynaklı güneş enerjisi potansiyeli yüksektir ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre avantajları daha fazladır. Ancak, güneş enerjisinin kullanımıyla ilgili bazı teknolojik ve ekonomik zorluklar bulunmaktadır. Bunlar arasında yüksek kurulum maliyetleri, düşük verim ve kapasite faktörü bulunmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelinmesi durumunda, güneş enerjisi üretimi daha cazip hale gelebilir. Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli açısından avantajlı bir konumda olmasına rağmen, bu potansiyeli henüz tam olarak kullanamamaktadır.

Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde güneş enerjisi verimli bir şekilde kullanılabilir. Güneş enerjisi sistemleri, genellikle binalarda kullanım suyunun ısıtılması ve ihtiyaç halinde ısıtma gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda, ısıtma desteği sağlayan güneş enerji sistemlerinin kullanımı artmaktadır. Güneş enerjisi, yüzme havuzları ve çeşitli tesislerde sıcak su gereksinimini karşılamak, binaların soğutulması, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi gibi farklı alanlarda da giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır (Çanka Kılıç, 2015).

Türkiye İç Anadolu güneş enerjisi potansiyellerini araştıran çalışmalarda Karaman ve Konya yatırım yapılabilirlik düzeyi en yüksek olan şehirler olduğu tespit edilmiştir. Karaman güneş enerjisi bakımından en avantajlı il durumunda olmasına rağmen Konya ili en yüksek kurulu güç oranına sahiptir. Konya ilinin yıllık elektrik üretim değeri 584 kW'tır. Konya güneş enerjisi yatırımlarında Türkiye'nin en fazla yatırım yapılan bölgesi konumundadır (Öztürk, 2023).

Çizelge 10: Konya/Çumra ilçesi global radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (GEPA, 2024)



Global radyasyon değeri, Güneş enerjisi potansiyelini ifade eden bir değer olup coğrafi konuma ve iklime göre değişiklik göstermektedir. Konya ili bulunduğu konum itibari ile Türkiye’de Güneş enerjisi potansiyeli en yüksek 2. bölge içinde bulunmaktadır (Aksungur, 2013).

Çizelge 11: Hidropanel grafiğine göre hesaplanan su miktar değerleri (lt)

Aylar	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Ortalama Bağıl Nem (%)	61	48	58	44	45	57
Radyasyon Değeri (KWh/m2-gün)	5.33	6.37	6.91	6.82	6.10	5.25
Günlük Toplanan Su Miktarı (lt)	4.5	5	6	5.5	4.5	4.5

Çizelgeye göre günlük toplanan su miktarı, bir adet hidropanelin verilen grafiğe göre (bkz. Şekil 32) ortalama hesaplanan değeridir. Şekil 32’e göre en düşük radyasyon değeri 4.48 (KWh/m2-gün) verilmiştir ve Konya/Çumra ilçesi radyasyon değerlerine göre sadece 6 aylık su üretiminden bahsetmek mümkündür. Hesaplanan 6 ay için her ay özelinde günlük toplanan su miktarları ile yıllık toplanan su miktarları bulunmuştur.

Bir hidropanelin (her ay için bir gün) günlük topladığı su miktarı (lt)

$$= 4.5+5+6+5.5+4.5+4.5= 30 \text{ lt}$$

Bir hidropanelin yıllık topladığı su miktarı (lt)

$$=30 \times 30= 900 \text{ lt olarak bulunmuştur.}$$

Ultra ısıtılmalı seralara yerleştirilmesi planlanan maksimum hidropanel sayısı

$$=3.268 \text{ adet}$$

Ultra ısıtılmalı seraya yerleştirilecek maximum hidropaneller ile bir yılda toplanacak yaklaşık su miktarı (lt)

$$=3.268 \times 900 =2.941.200 \text{ lt olarak bulunmuştur.}$$

5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışması süresince, su etkin yapıların tasarlanmasında biyomimetik tasarımın rolüne ilişkin örnekler incelenmiş ve biyomimikri biliminin yapısal su yönetimi problemlerine etkili çözümler ve yenilikçi potansiyeller sunduğu belirlenmiştir. Bu bölümde, alan çalışmasından elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve biyomimetik tasarım ilkeleri doğrultusunda yapılan tasarımlarla ortaya konulan yeni su etkin tasarım yöntemleri, bina kabukları, yüzeyler, cephe elemanları, malzemeler gibi yapı elemanları üzerinden çıkarımlar yapılmıştır.

Tez kapsamında, literatür taramasıyla biyomimetik tasarım ve su yönetimi arasındaki ilişki, örnekler üzerinden incelenmiş ve binalar için yeni çözümlere ilham verecek mekanizmalar araştırılmıştır. Doğadaki canlılar incelenirken, geliştirdikleri adaptasyonlar morfolojik ve davranışsal açıdan detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen biyolojik verilerin mimari tasarımda nasıl yorumlandığı örnekler üzerinden ele alınmıştır. Bu örneklerde, canlılardan esinlenen belirli morfolojilerin ve davranışların mimari tasarımda karşılıkları olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm bu yöntemler, su kazanma, muhafaza etme, taşıma ve kaybetme gibi dört temel başlıkta toplanabilmektedir. Biyomimetik bina kabuğu tasarımlarına bakıldığında, canlılardaki bu fonksiyonların binalarda sağlanan su yönetimi fonksiyonlarıyla paralellik gösterdiği görülmüştür. Özellikle, su kazancı sağlayan bir canlının mekanizması yapı kabuğu tasarımına aktarıldığında, yapı su hasadı yapılabilmekte ve ihtiyaç halinde kullanıma hazır şekilde depolayabilmektedir.

Doğada gözlemlenen bir strateji tasarım sürecine dahil edilirken, öncelikle canlının özgün davranış biçimi ya da morfolojik yapısı incelenmektedir. Soyutlanan temel fikir tasarım için parametreler oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında, bu prensiplerin belirlenerek mimari tasarıma nasıl aktarılması gerektiği de değerlendirilmiştir. Örneğin, Namib Çöl Böceği'nin kabuklarındaki tepecikler, kaktüslerdeki dikenler gibi yüzeyden çıkıntı yapan unsurlar benzer amaçlar için adaptasyon sağlamıştır. Başka bir deyişle, benzer morfolojiler havadan su çekebilme özelliğine sahiptir. Bu prensipler mimari tasarıma aktarıldığında, çıkıntı yapan elemanlara sahip mimari kabuklar atmosferik su hasadı yapabilmektedir. Bu çıkarımlar

doğrultusunda, canlıların su yönetimi stratejileri taklit edilerek mimari kabuk tasarımına farklı malzemeler, oranlar ve ölçeklerle aktarılabilmektedir.

Bu doğrultuda temel olarak Namib Çöl Böceği'nin davranış biçiminden esinlenilerek tasarlanan hidropaneller, mimarlıkta kabuk tasarımı için öncü bir çalışma olarak değerlendirilmiştir. Kendi kendine enerji üretilip, suyu yoğunlaştırarak hasat edebilmesi, tıpkı çöl böceğinin sürdürülebilir bir şekilde kendini idame ettirebilmesine örnektir. Benzer şekilde hidropanellerin çalışma prensibi, sıcaklık farkını kullanarak soğuk yüzeylerde su buharını yoğunlaştırmak üzere kurgulanmıştır.

Hidropanellerin sürdürülebilir olması ve mimarlık kabuk/yüzey tasarımları için esnek bir kullanım olanağına sahip olması, alan çalışmasında kullanılmak üzere tercih edilmiştir. Panellerin özellikle su kıtlığı çeken bölgeler için alternatif bir su kaynağı oluşturması ve temiz içme suyu imkanı sağlaması önemli bir faktördür. Sadece içme suyu değil aynı zamanda gıda krizi yaşayan bölgeler için de sulama faaliyetlerinin devam etmesi hayati önem taşımaktadır. İncelenen biyomimetik tasarım örneklerinde de görüldüğü üzere sera tasarımı (kabuk tasarımı) üzerinde oldukça durulmuş, tarım faaliyetlerinin devamlılığı ve gıda sorununa önem verilmiştir.

Türkiye için tahıl ambarı olarak nitelendirilen İç Anadolu Bölgesi, tahıl üretimi ile ulusal düzeyde talepleri karşılamaktadır. Bu bölgelerde, son yıllarda artan kuraklık ile yer altı su seviyeleri giderek düşmektedir. Sulama faaliyetleri için ciddi bir tehdit oluşturmakta ve temel gıda üretiminde aksaklıklara devam olmaktadır. Buna dayanarak İç Anadolu bölgesinde bulunan Konya ilinde çeşitli üretim faaliyetlerinde bulunan Konya Şeker Fabrikası alan çalışması için önemli bir değere sahiptir. Fabrika sahasında bulunan Ultra Isıtmalı Seralar'da temel gıdaların yetiştirilmesi, alan çalışması için bu yeri tutarlı kılmıştır.

İlk olarak sera çatı alanı sınırları içinde, geleneksel bir yöntem olan çatı aracılığı ile yağmur suyu toplama potansiyeli araştırılmıştır. TEMA'nın yayımladığı formüle göre hesaplamalar yapılmıştır.

Yağmur suyu verimi (m³) = Yağmur toplama alanı x yıllık yağış miktarı x çatı katsayısı x filtre etkinlik katsayısı (URL7, 30.04.2024)

Hesaplamalar sonucunda seçilen sera için yıllık yağmur suyu verimi = 9.697,14 m³ olarak bulunmuştur.

Buna ilave olarak sera çatı alanı sınırları içinde hidropaneller kullanarak, bir yılda hasat edilebilecek su potansiyeli araştırılmıştır. Hesaplamalarda, tercih edilen hidropaneller için daha önceden hazırlanmış grafikler ile Konya'ya ait iklimsel veriler kullanılmıştır. Hidropanellerin çalışma prensibine göre, Konya ili için ortalama bağıl nem değeri ve global radyasyon değerlerine bağlı olarak bir hidropanelin hasat edebileceği su miktarı hesaplanmıştır.

Sera çatı yüzeyine yerleştirilecek en fazla sayıda hidropanel ile bir yıl boyunca hasat edilebilecek yaklaşık su miktarı 2.892.180 lt olarak bulunmuştur.

Ultra Isıtmalı Sera'da yapılan araştırma ve hesaplamalar sonucunda, yağmur suyunun kontrollü bir şekilde toplanması ve alt yapı sisteminin genişletilerek depolama hacminin arttırılması, yağmur suyu toplama potansiyeli arttıracaktır. Mevsimlik yağışların yoğun olduğu dönemlerde toplanan suların, kurak mevsimlerde de kullanılabilmesi için yağmur suyu alt yapı sistemlerinin genişletilmesi gerekmektedir. Hidropaneller ile bir yılda hasat edilebilecek su potansiyeli dikkate alındığında yağmur suyu toplamının hem ekonomik hem de ekolojik yönden daha erişilebilir olduğu saptanmıştır.

Konya'nın iklim verileri dikkate alındığında Güneş enerjisi potansiyelinin elverişli olduğu görülmüştür. Fakat hidropanellerin daha verimli enerji üretebilmesi için karasal iklimden görece daha uzun yaz mevsimine sahip akdeniz iklimine sahip bir bölgede yer alması daha fazla su üretimi sağlayacaktır. Sadece güneşlenme süresi değil aynı zamanda bağıl nem değerlerinin de karasal iklime göre akdeniz ikliminde daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bağıl nem değerlerinin yüksek olması hidropaneller ile daha fazla suyun hasat edilebileceği anlamına gelmektedir.

Aynı zamanda, Konya ilinde hidropaneller ile su üretilen aylar (Nisan-...-Eylül) dikkate alındığında, tarım faaliyetlerinin yoğun olduğu aylar olmasından kaynaklı, toplanan suyun depolama ihtiyacı olmadan kullanılabilmesi olumlu bir faktördür. Özellikle bu ayların yaz mevsimine denk gelmesi ve yağış miktarının düşük olması da sulama faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Son yıllarda mimari disiplinde sıkça tartışılan biyomimikri terimi, doğayı bir kılavuz olarak görmektedir. Bu kavramla birlikte, doğa ve mimarlık arasındaki etkileşim, bilimsel ve rasyonel bir yaklaşımla değerlendirilerek, yeniden ele alınmaktadır. Günümüzde, doğadan ilham alma ve öğrenme süreci, bilim ve teknoloji ile birlikte yenilikçi bir tasarım modeli öne sürmekte ve biyomimikri biliminin kapsamında yer almaktadır. Bu ilişki, mimarlık alanında yeni bir yaklaşım olan biyomimetik mimarlık veya biyomimetik tasarım kavramını ortaya çıkarmış, mimari tasarıma özgün boyutlar kazandırmıştır. Biyomimetik tasarımın, teknolojinin gelişimiyle paralel olarak ilerleme kat etmesi ve yeni bir tasarım yaklaşımı olmasına rağmen tasarımcılar tarafından benimsenmekte ve geliştirilmektedir, bu da özgün tasarımların ve çözümlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Bu bağlamda, mevcut su kaynaklarını korumak ve gelecek nesillere sürdürülebilir bir şekilde aktarabilmek adına suyun çeşitli yapılar aracılığıyla elde edilmesine yönelik bir araştırma yürütülmüştür. Doğadan ilham alınarak geliştirilen su elde etme stratejilerinin biyomimetik tasarım prensipleri doğrultusunda yapı tasarımlarına aktarılması, böylelikle kendi suyunu üretebilen ve etkin bir şekilde kullanabilen yapıların tasarlanabilmesini mümkün kılmaktadır.

Tez çalışmasında, biyomimikri bilimi ve mimarlık alanındaki etkileşimler literatür çalışmasıyla incelenmiş, mimarlık ile doğa arasındaki etkileşimin arka planı sunulmuştur. Aynı bölümde, yapısal çevrelerde su hasadı yöntemleri araştırılmış, özellikle yağmur suyu hasadı yöntemi ele alınmış ve tarihsel bir perspektiften günümüze kadar gelen geleneksel ve modern mimari tasarımlar ele alınmıştır.

Tez çalışması boyunca, "Doğadan ilham alınan su hasadı stratejileri, biyomimetik tasarım prensipleri doğrultusunda yapı tasarımlarına aktarılarak, suyun etkin bir şekilde kullanılabilen yapılarla bir araya getirilmesi mümkün müdür ?" sorusuna yanıt aranmış ve örnek tasarımlar doğrultusunda bunun mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışma sonucunda, "Biyomimetik tasarım yöntemleri ile doğadan elde edilen araştırmalar doğrultusunda binalar aracılığı ile alternatif su hasadı yöntemleri geliştirilebilir." hipotezi ışığında elde edilen bilgiler sorgulanmış ve alan çalışması ile desteklenmiştir.

Özellikle modern ve geleneksel yapılarda uygulanan yağmur suyu hasadı sistemlerinin, su ihtiyacının karşılanmasında ve su tüketiminin azaltılmasında önemli katkılar sağladığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen örnekler, su toplama yapılarının acil su ihtiyaçlarını karşılamak için etkili olduğunu ve su tüketimini azalttığını açıkça ortaya koymuştur. Biyomimetik tasarım yaklaşımıyla geliştirilen yapıların su elde etme stratejilerinde ise yağmur suyu hasadı uygulamalarının yanı sıra sis ve nem hasadı gibi yeni yöntemlerin keşfedilmesi ve yapı tasarımında su üretimi alternatiflerinin yeni yöntemlerinin araştırıldığı görülmüştür. Atmosferik su hasadı uygulamalarının özellikle yıllık yağışın düzensiz ve az olduğu iklim bölgelerinde alternatif bir su kaynağı olabileceği görülmüştür.

Biyomimetik yapı örneklerinde, geleneksel ve modern yapılarla karşılaştırıldığında, gelişen teknolojiyle birlikte su yönetim stratejileri daha kapsamlı hale geldiği görülmektedir. Geleneksel ve modern yapı örneklerinde genellikle su hasadı, çatılar ve çatı elemanlarıyla sınırlı kalırken, biyomimetik tasarımlarda cephe elemanları, bina kabukları, strüktürler, duvarlar ve çeşitli yüzeylerin de su hasadı için kullanıldığı görülmüştür. Bu doğrultuda, biyomimetik tasarımlar suyun etkin kullanımında daha geniş olanaklar sunmakta ve su hasadı potansiyelini daha geniş çerçevede sunmaktadır.

Doğadaki canlıların su yönetimi stratejilerinden esinlenerek tasarlanan mimari kabuklar, binaların su tüketimini azaltmakta, mevcut su kaynaklarının korunmasını sağlamakta ve binada gereksinim duyulan suyun kazanılmasına olanak sağlamaktadır. Bahsedilen mimari kabuklar, dünya üzerindeki su kaynaklarının kontrolsüz kullanılması sorununa sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Bu bağlamda, gelecekte su yönetimi stratejilerini sağlamak amacıyla yapılan mimari tasarımların doğa esinli yöntemlerle üretilmesi önemlidir. Sınırlı biyolojik bilgiye sahip olan mimarların biyolojiden mimariye veri aktarımını kolaylaştıracak yöntemlerin ve ara yüzlerin geliştirilmesi, doğadan uygun stratejilerin araştırılmasını teşvik edecek çalışmaları takip etmeleri önemli bir değerdir.

Sonuç olarak, yapıların su toplama yöntemlerinin geliştirilmesi için doğadan ilham almanın, özellikle havadan su elde etme potansiyellerinin ortaya çıkarılmasında etkili bir yöntem olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, yapı tasarımı süreçlerinin multidisipliner bir yaklaşımla yürütülmesi, doğanın çözüm önerilerinin araştırılması ve biyomimetik tasarım prensipleri doğrultusunda doğadan alınan öğretilerin yapı tasarımına entegre edilmesi önemlidir.

KAYNAKLAR

- Aksungur, K. M. (2013). Türkiye'nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi. *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, 3-6.
- Aladenola, O. A. (2009). *Assessing the Potential for Rainwater Harvesting*. Water Resource Management. 24, 2129-2137.
- Arslan Selçuk, S. &. (2007). *Impact of biomimesis in architectural design paradigm; Mimarlık tasarımı paradigmasında biomimesis'in etkisi*.
- Aslan, D. (2019). *Binalar Aracılığıyla Yağmur Suyu Toplama Stratejilerine Biyomimetik Bir Yaklaşım*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi: Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aslan, D. S. (2018). A biomimetic approach to rainwater harvesting strategies through the use of buildings, *Eurasian Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(1), (s. 27-39).
- Aziz M.S., E. s. (2015). *Biomimicry as an approach for bio-inspired structure with the aid of computation*. Alexandria Engineering Journal: (55)1, 707–714.
- Badarnah, L. (2016). Water management lessons from nature for applications to buildings. *Procedia engineering*, 145, 1432-1439.
- Badarnah, L. K. (2015). *A methodology for the generation of biomimetic design concepts*, *Architectural Science Review*. 58(2), 120-133.
- Barnes, D. A. (2009). Assessment of Rainwater Harvesting In Northern Ghana, Master Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering at the Massachusetts Institute of Technology. *Boston*.
- Beckers, B. B. (2013). *Ancient Water Harvesting Methods in the Drylands of the Mediterranean and Western Asia*. *Journal For Ancient Studies*. 2, 145–164.
- Bhushan, B. (2020). Design of water harvesting towers and projections for water collection from fog and condensation. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378(2167), 20190440.
- Bradshaw, A. J. (2016). *"Water Harvesting Methods and the Built Environment: The Role of Architecture in Providing Water Security"*.

- Brown, P. S. (2016). *Bioinspired materials for water supply and management: water collection, water purification and separation of water from oil*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 374(2073), 20160135.
- Çanka Kılıç, F. (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu Ve Üretim Teknolojileri. *Mühendis Ve Makina*, 56(671), 28-40.
- Gandhidasan, P. a. (2012). *Exploring fog water harvesting potential and quality in the asir region, kingdom of saudi arabia*. Pure and Applied Geophysics 169 (5): 1019-36.
- GEPA. (2024). *Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası*. <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/42.aspx>. adresinden alındı
- Gertik, A. (2012). *Biyomimesis Anlayışı ve Bu Bağlamda Günümüz Kuzey Kıbrıs Mimarisi'ne Eleştirel Bir Bakış*. Yüksek Lisans Tezi, Yakın Doğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gruber, P. (2011). *Biomimetics in Architecture - Architecture of Life and Buildings*. Germany: Springer, 14.
- Hamid, T. a. (2011). *Green campus initiative: Introducing RWH system in Kolej Perindu 3 UiTM Malaysia*. 3rd International Symposium and Exhibition in Sustainable Energy Environment (ISESEE), Melaka.
- Helmreich, B. a. (2009). *Opportunities in rainwater harvesting*. Desalination 248 (1): 118-24.
- Hussain, J. H. (2014). *Water resources management: traditional technology and communities as part of the solution. Paper presented at the ICWRS2014*. Bologna, Italy.
- Karabetça, A. R. (2016). *Biyomimikri destekli mekan tasarımı ölçütleri ve bu ölçütlerin örnekler üzerinde incelenmesi*. Doktora Tezi.
- Kelkar, P. S. (2003). *Performance evaluation of reverse osmosis desalination plants for rural water supply in a developing country – A case study*. Environmental Monitoring and Assessment 89 (3): 243-61,.

- Kerim, A. &. (2018). İstanbul'un eski su kaynakları; sarnıçlar. *Türk Hidrolik Dergisi*. 2(2), 1-8.
- Kidron, G. J. (1999). *Altitude dependent dew and fog in the negev desert*. israel: Agricultural and Forest Meteorology 96 (1): 1-8.
- Ling, E. a. (2014). *Rainwater Harvesting Systems*. Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech, Virginia State University. Lecture Notes.
- Mazzoleni, I. (2013). *Architecture follows nature-biomimetic principles for innovative design (Vol. 2)*. Crc Press.
- Mbua, R. L. (2013). *Water Supply in Buea, Cameroon: Analysis and the Possibility of Rainwater Harvesting to stabilize the water demand*. Master Thesis, Von der Fakultät für Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik der Brandenburgischen Technischen Universität, Cottbus.
- McKinsey, C. (2009). *Charting our water future: Economic frameworks to inform decision-making*. 10.4324/9780203132937.
- MGM. (2024). *Konya Meteoroloji Genel Müdürlüğü Dökümanları*, 08.05.2024).
- Murugesan, A. (2014). Traditional Water harvesting systems of Rajasthan. In N. Krishna and A. Singh (Eds.), *Ecological Traditions of India* Environmental Education Centre. Chennai: C.P.R. Environmental Education Centre, 174-183.
- Nachshon, U. L. (2016). *Land Cover Properties and Rain Water Harvesting in Urban Environments*. *Sustainable Cities and Society*. 27, 398-406.
- Nkandu, M. I. (2018). *Biomimicry as an Alternative Approach to Sustainability*. *Architecture Research*, 8(1), 1-11.
- Orman, B. (2013). *Art Nouveau & Gaudí: The Way of Nature*. The Johnson County Community Collage Honors Journal, 4(1), Article 2.
- Öztürk, M. &. (2023). *Güneş enerjisinin İç Anadolu bölgesinde kullanılabilirliği ve sistem analizi*. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(4), 1351-1359.

- Park, K.-C. S. (2013). *Optimal design of permeable fiber network structures for fog harvesting*. *Langmuir : The ACS Journal of Surfaces and Colloids* 29 (43): 13269-77.
- Pawlyn, M. (2019). *Biomimicry in architecture*. Routledge.
- Pohl, G. &. (2015). *Biomimetics for Architecture & Design: Nature-Analogies-Technology*. Springer.
- Rao, R. (2014). *Biomimicry in Architecture*. *International Journal of Advanced Research in Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering and Developing*. 1 (3).
- Rian, M. I. (2014). *Tree-inspired dendriforms and fractal-like branching structures in architecture: A brief historical overview*. *Frontiers of Architectural Research*, 3(3), 298-323.
- Suau, C. (2011). *Fog collection and sustainable architecture in the atacama coast*. *Materials Architecture Design Environment (MADE)* 6 : pp. 31-40.
- Upadhya, M. (2009). *Traditional Techniques for Water Harvesting*. Institute for Social and Environmental Transition- Nepal, Sustainable Mountain Development: p. 56, 24-26.
- URL1. (30.04.2024). <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/rainwater-harvesting-information/history-of-rainwater-harvesting>. adresinden alındı
- URL2. (30.04.2024). <https://www.globetrouper.com/blog/chand-baori-stepwell-in-rajasthan-india/>. adresinden alındı
- URL3. (30.04.2024). <https://rahulghai.blogspot.com/2015/12/water-security-and-entitlements-of.html>. adresinden alındı
- URL4. (30.04.2024). <https://www.arkitera.com/proje/warka-su-toplama-kulesi/>. adresinden alındı
- URL5. (30.04.2024). <https://www.source.co>. adresinden alındı
- URL6. (30.04.2024). <https://torku.com.tr/konya-sekerden-yikamadan-yenen-domates-catalh>. adresinden alındı
- URL7. (30.04.2024). <https://sutema.org/yagmur-hasadi>. adresinden alındı

- URL8. (30.04.2024). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA>. adresinden alındı
- URL9. (30.04.2024). <https://yerebatan.com/> adresinden alındı
- URL10. (30.04.2024). <https://www.omashram.com/projects/rainwater-harvesting-talab> adresinden alındı
- URL11. (30.04.2024). <http://www.rajasthan.gov.in/2014/08/khadin-traditional-water-harvesting.html?m=1> adresinden alındı
- Vincent, J. F. (2006). *Biomimetics: Its Practice and Theory. Journal of The Royal Society Interface*, (3). 471–48.
- Worm, J. a. (2006). *Rainwater harvesting for domestic use*. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen, Netherlands.
- Yannopoulos, S. A.-S. (2016). *Historical development of rainwater harvesting and use in Hellas: A preliminary review*. <https://www.researchgate.net/publication/311782273>, (Last accessed:20.10.2023).
- Yeşilyurt, E. (2008). *Biyoloji Temelli Bilimsel Kuramlar ile Mimari Tasarım İlişkisi*. İstanbul: Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zheng, Y. B. (2010). Directional water collection on wetted spider silk. *Nature*, 463(7281), 640-643.