

Değişen İklim Koşullarında Çatı Kaplama Malzemelerinin Verimliliğinin İncelenmesi - Safranbolu Örneği

İbrahim Bektaş*¹, Ahmet Emre DİNÇER², Zübeyde Özlem PARLAK BİÇER³

*¹Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

(Alınış / Received: 31.07.2017, Kabul / Accepted: 26.12.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 29.12.2017)

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği,

Çatılar, Çatı
Kaplama
Malzemeleri, Yağış
Toplama, Safranbolu

Öz: İnsanoğlu sürekli gelişme isteğindedir. Bu istek doğrultusunda teknoloji ve sanayide ilerlemeler sağlanmıştır. Ancak, bu gelişmeler doğanın iç dengesini değiştiren yapay etkileşimleri ortaya çıkarmıştır. Bu etkilerin en önemlisi iklim değişikliğidir. İklim değişikliği, yağış şekillerini değiştirmekte, yağış frekanslarını ve kalitesini bozmakta, kuraklığa neden olarak su kaynaklarını azaltmaktadır. Bu durumun yanı sıra kentlerdeki aşırı yapılaşma da su geçirgen alanları azaltarak, su kaynaklarının beslenmesini engellemektedir. Tüm bu sorunlar yaşamın devamı için en önemli kaynak olan suyun verimli kullanımının önemini daha da artırmaktadır. Dolayısıyla bu durum için çeşitli çözüm önerilerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Mimari anlamda çözüm önerisi olarak yapı formunda özellikle yağışların yapıyla ilk temas ettiği alan olan çatılarda seçeneklerin üretilmesi (malzeme tercihi, form arayışı vb.) ve su depolama alanlarının oluşturulması önemlidir.

Bu çalışma kapsamında Karabük ili Safranbolu ilçesinde seçilen bölgede yer alan yapıların çatıları, yağış toplama alanları, mevcut ve alternatif çatı kaplama malzemeleri toplanabilecek yağış suyu miktarı açısından irdelenmiştir. Ayrıca bu malzemeler maliyet açısından da değerlendirilmiştir. Elde edilen bu verilerle çatı kaplama malzemeleri verimliliğinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun sonucunda konuyla ilgili genel değerlendirme yapılarak çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Investigation of Efficiency of Roofing Materials in Changing Climatic Conditions- Safranbolu Example

Keywords

Climate change,

Roofs, Roofing
Materials, Rain Water
Collection, Safranbolu

Abstract: Humankind have been desire to development continuously. Thanks to the desire progress has been made in technology and industry. However, these developments have revealed artificial interactions that effect on the internal balance of nature. The most important of these effects is climate change. Climate change modifies precipitation patterns, disrupts precipitation frequencies and quality, and reduces water resources due to drought. In addition to this situation, over-construction in cities also reduces the water-permeable areas and prevents the feeding of water resources. All these problems further increase the importance of efficient use of water, which is the most important resource for the sustainability of life. Therefore, there is a need for the development of various solution proposals for this situation.

In architectural sense, it is important to create options (choice of material, search for form, etc.) especially on roofs which are areas rainfall first contact with the structure and water storage areas in the building form.

Within the scope of this study, the roofs, precipitation areas, existing and alternative roofing materials of the buildings located in the chosen region in Karabük-Safranbolu province were examined in terms of the amount of precipitation water to be collected. In addition, these materials have also been evaluated in terms of cost. The efficiency of roofing materials was compared by these obtained data. As a result of this, solution proposals are made by making general evaluations about the subject.

1. Giriş

Doğal yaşam döngüsü artan, değişen ve gelişen insan faaliyetleri sonucu değişime uğramaktadır. Özellikle sanayi devrimi ile birlikte doğaya salınan gaz miktarındaki artış, küresel ölçekte ısınmayı artırarak iklim değişikliğini meydana getirmektedir. Ortaya çıkan bu değişiklik ise doğal kaynakları olumsuz etkileyerek kaynakların azalıp tükenmesine neden olmaktadır. Etkilenen doğal kaynaklardan birisi de su kaynaklarıdır. Günümüzdeki nüfus artışı, kentleşme ve iklim değişikliği su kaynakları üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadırlar [1].

BM 2014 Nüfus raporuna göre Dünya nüfusu 7 milyarı geçerken, bu sayının 2050 yılında 9,5 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir [2]. Bu artış su kaynaklarını iki şekilde etkilemektedir. Birinci etkisi kişi başına düşen su oranındaki düşüş ve su kaynaklarının daha hızlı tüketilmesidir. İkinci etkisi ise artan nüfusun barınma ihtiyacının karşılanması için yapılaşmanın artmasına bağlı olarak kentleşmenin yaygınlaşması ile su geçirimsiz alanların çoğalması sebebiyle su kaynaklarının beslenememesidir.

Su kaynaklarını etkileyen en büyük faktör iklim değişikliğidir. İklim değişikliği; karşılaştırabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğinin yanında doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucu iklimde oluşan değişimlerdir [3]. Bu değişiklik su kaynaklarını iki yönden etkilemektedir. Bunların ilki sıcaklıkların yükselmesi ile su kaynaklarındaki buharlaşmanın artması ve hızlanmasıdır. Diğer ise bölgesel olarak yağış miktarlarının azalarak kuraklık ya da şiddetli yağışlar nedeniyle sel olaylarının meydana gelmesi ve yağış aralıklarında düzensizlikler oluşmasıdır. Bu durum uluslararası çalışma yapan kuruluşların (IPCC, Dünya Bankası vb.) raporlarında da belirtilmektedir.

İklim değişikliğinin en büyük etkilerinden olan sera gazı salımları tamamen durdurulsa dahi atmosferde bulunan gaz miktarı Dünyayı daha da ısıtacaktır. Bu nedenle değişikliğe uyum sağlamak için salınan sera gazı miktarının düşürülmesinin yanında gerekli ek önlemlerin alınması bir zorunluluk haline gelmektedir [1]. Yenilenebilir ve doğal enerji kaynaklarının daha verimli ve tasarruflu kullanımı ile salınan sera gazı miktarının düşürülmesi bunlar arasındadır. Bu çerçevede kaynakların daha verimli kullanımı ve kaynak tasarrufu açısından yağış sularının yapı ölçeğinde toplanarak değerlendirilmesi uyum çalışmalarından birini oluşturmaktadır.

Yapılaşmanın olmadığı alanlarda su kendiliğinden doğaya döner. Bu alanlarda yağış sularının %50'si toprak tarafından emilmekte ve %40'ı buharlaşarak atmosfere geri dönmektedir. Sadece %10'luk kısmı yüzey akıntısı haline gelmektedir. Yapılaşmanın meydana geldiği alanlarda ise yağışların %55'i yüzey suyu akıntısı haline gelmektedir [4]. Buradaki en büyük etken yapılaşmanın artması ile birlikte su emici alanların azalmasıdır. Gerekli önlemlerin (alt yapı yetersizliği ve arıtma tesislerinin yaygınlaşmaması vb.) alınmaması da bu problemi tetiklemektedir.

Sonuçta yaşamsal süreç içerisinde insan nüfusu artarken mevcut su miktarının değişmemiş olması kişi başına düşen su tüketim oranını azaltmıştır. Azalan su tüketim oranına ek olarak su kaynaklarının tam olarak beslenememesi ve kullanılmayan su miktarının artması su stresinin oluşmasına sebep olmaktadır.

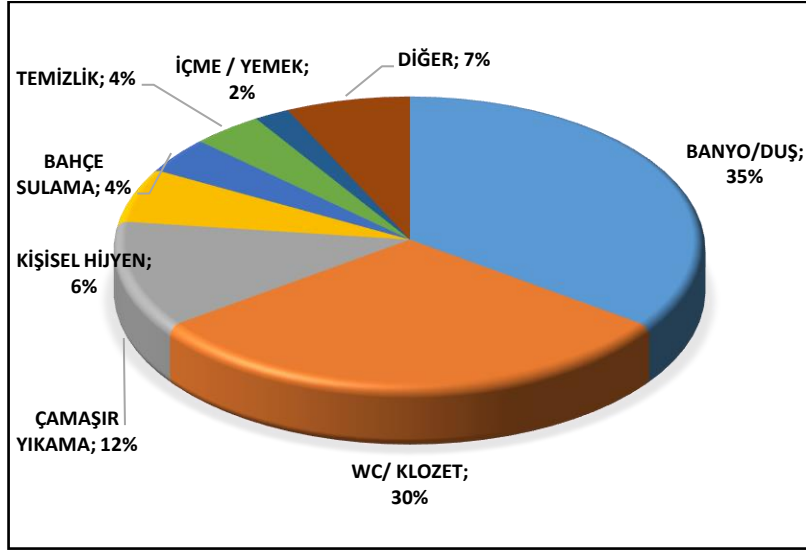
Yapılan bu çalışmada, iklim değişikliği ile daha önemli bir hale gelen su kaynaklarının tasarruflu kullanımı amacıyla çatı yüzeylerinden toplanabilecek olan yağış sularına çatı kaplama malzemelerinin etkisi araştırılmaktadır.

2. Yağış Toplama Sistemlerinin Önemi

Dünyanın birçok bölgesinde temiz kullanım suyu tedariki her zaman kolay olmamaktadır. Bunun için zaman zaman yüksek maliyetli yatırımlar (barajlar, su tünelleri, deniz suyu arıtım tesisleri vb.) gerekmektedir. Bu durum, yağışların azaldığı ve iklim değişikliğinin sonucu olarak artan kuraklık olaylarının yaşandığı zamanlarda daha zor bir hale gelmektedir.

Bu bağlamda, mevcut su kaynaklarına destek olarak geçmiş çağlardan beri uygulanan yapı içerisinde yağış sularının toplanması yaklaşımı önemli bir yere sahiptir. Toplanan yağış sularının yapı içerisinde değerlendirilmesi hem ekonomik ölçüde tasarruf yapılmasını sağlamakta hem de suyun bilinçli kullanımını sağlayarak kaynakların kullanım ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca, kentsel ölçekte alt yapı sistemlerinin yüklerini azaltarak olası sel felaketlerinin önlenmesine yardımcı olmaktadır.

Yapılarda su; ev temizliği, yangın söndürme, çamaşır yıkama, bahçe sulama, havuz doldurma, tuvalet yıkama, araç yıkama, ısıtma sistemi gibi ikincil kullanım ve yemek pişirme, banyo-duş, kişisel hijyen gibi birincil kullanım olmak üzere iki farklı amaçla değerlendirilmektedir.



Şekil 1. Yapılarda su kullanım oranları [11].

Bu kapsamda yağış suyunun yapısal ölçekte kullanımına bakıldığında; bir evde yağış sularının içme suyu kalitesinde artılmadan değerlendirildiğinde %56 tasarruf sağlanabilmektedir. Suyun genel olarak ikincil amaçla kullanıldığı kamu (okul, idari, hastane, karakol vb.) yapılarında su tasarrufunda %100'e yakın bir oranda tasarruf elde edilebilmektedir [4].

3. Çatılardan Yağış Suyunun Toplanması ve Hesabı

Yağış suları kullanım amacına göre toprak yüzeyinde göletler oluşturularak, eğimli arazilerde konkav teraslar meydana getirilerek toplanabilmektedir. Bu basit toplama yöntemlerinin dışında, daha geniş kapsamlı kullanım amacıyla, yağış sularının toplanmasında çatı yüzeyleri de kullanılmaktadır. Ancak çatı yüzeyine düşen yağış sularının %100 verim ile depolanması mümkün olamamaktadır [5]. Bunun sebeplerini fiziksel çevre parametreleri ve yapay çevre parametreleri olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür.

Fiziksel çevre parametreleri; doğanın kendi iç olaylarında meydana gelen ve insan eliyle herhangi bir şekilde değiştirilemeyen unsurlardır. Bölgesel iklim özelliklerine göre bu parametreler yağış miktarı, süresi, sıklığı ile rüzgâr yönü ve hızıdır. Çatı alanı büyük olsa dahi eğer yağış miktarı düşük olursa yeterli seviyede su toplanamayacağı için sistem verimli olamayacaktır [5].

Yapay çevre parametreleri; tasarımcı ve yapıyı inşa eden kişiler tarafından, imar yönetmelikleri kapsamında, yapının inşa edileceği çevrenin özellikleri dikkate alınarak belirlenen kararlardır. Bunlar; çatıların yönelimi, çatı formu ve su toplama alanı, eğim oranı, saçaklar, yağmur olukları ve çatı kaplama malzemeleridir.

Çatılara düşen yağış miktarının hepsinin depolanması mümkün olmamaktadır. Ayrıca, bu alanlardan elde edilecek yağış suyu miktarı toplama havzasının genişliğine, çatı kaplama malzemelerinin özelliğine, suları toplayarak depolama alanına iletecek sisteme ve en önemlisi yağış miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir [5].

Yağış sularının depolanmasında en fazla verimi alabilmek için toplama alanlarına düşen yağış suyu miktarı hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamada yağış sularının yatay düzlemde düşeceği alan, çatı malzemelerinin çeşitli unsurlara göre belirlenmiş akış kat sayısı ve yüzeye düşen yağış miktarı kullanılmaktadır. Bu bağlamda genel olarak çatı yüzeylerinden elde edilecek su miktarını belirlemede kullanılan denklem;

$$Q = c \times i \times A \quad (1).$$

olarak belirlenmektedir. Burada [5];

Q : m³/süre ya da lt/süre sonunda elde edilen su miktarı,

c : Yağışın akışa dönüştürülme katsayısı,

i : mm/saat 'te m² ye düşen yağış miktarı,

A : yatay düzlemde çatıların kapladığı m² alandır.

Akış katsayısı “c”, birim zamanda yağış toplama alanından iletim kanallarına varan su miktarı ile bu bölgeye düşen maksimum yağış miktarı arasındaki orandır. Bu oran 0-1 arasındadır ve belirli etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Bunlar [5];

- Çatı kaplama malzemesi,
- Yüzey sıcaklığı, buharlaşma durumu,
- Damlaların çatı yüzeyinden sıçraması,
- Rüzgâr-yağmur etkileşimi gibi etmenlerdir.

Toplanacak su miktarını belirlemede kullanılan “c” katsayısı, tüm malzemeler için dış ortam koşulları aynı olduğu varsayıldığında su emme oranı, pürüzlülük, yıpranmışlık gibi durumlara göre değişiklik göstermektedir.

Tablo 1. Malzeme Türüne Göre Akış Katsayısı [5,8].

Malzeme	Su Emme Oranı	Akış Katsayısı (c)
Kil Esaslı Malzemeler	% 13	Yıpranmış Eski: 0,75 Yıpranmamış Eski:0,80 Yeni: 0,90
Çimento Esaslı Malzemeler	% 3-17	Yıpranmış Eski: 0,60 Yıpranmamış Eski:0,70 Yeni: 0,80
Metal Malzemeler	%0	Dalgalı Eski: 0,70 Dalgasız Eski: 0,75 Dalgalı Yeni: 0,85 Dalgasız Yeni: 0,90
Bitüm Esaslı Malzemeler	%0-20	Yıpranmış Eski: 0,70 Yıpranmamış Eski:0,75 Yeni: 0,80
Polimer Malzemeler	%0-0,8	Yıpranmış Eski: 0,80 Yıpranmamış Eski:0,85

		Yeni: 0,90
Cam Malzemeler	%0	0,90
Doğal Taş Malzeme	%3	Yıpranmış Eski: 0,20 Yıpranmamış Eski:0,35 Yeni: 0,50
Bitkisel Malzemeler	%15-150	0,05-0,10

4. Yağış Suları Toplama Hesabı: Safranbolu Örneği

Karadeniz Bölgesinin batısında yer alan Karabük iline bağlı bir ilçe olan Safranbolu, kültür varlıkları sayesinde UNESCO World Heritage City (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization / Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü Dünya Miras Şehirleri) listesinde yer alan bir kenttir. Birçok tarihi ve doğal güzelliklere sahip olan şehir engebeli bir arazi yapısı üzerine kurulmuştur [6].

Safranbolu, antik dönemlere dayanan tarihi bir geçmişe sahiptir. Birçok medeniyete Hristiyan ve Müslüman halka ev sahipliği yapan Safranbolu su yapıları açısından zenginlik gösterir. Yaklaşık 2000 geleneksel evin yer aldığı Safranbolu'da ayrıca çok sayıda tarihi çeşme bulunur [7]. Ayrıca Hristiyan halkın yaşadığı Kıranköy bölgesindeki geleneksel evlerin bazılarında sarnıçlar yer alır. Bunun bir örneği Sarnıçlı Konaktır. Konağın bodrum katında, merdivenin hemen dibinde, dışarıya açılan bir kapısı da olan üstü tam kapatılmamış bir sarnıç yer almaktadır.



Şekil 2. Sarnıçlı Konak sarnıcı [10].

Sarnıcın üstünün açık olması sayesinde yapı içerisinde kolaylıkla su alınırken, aynı zamanda dışarıya açılan kapı sayesinde dış ortamın su ihtiyacı karşılanabilmektedir.

4.1. Seçilen Alanda Toplanabilecek Yağış Suyu Hesabı

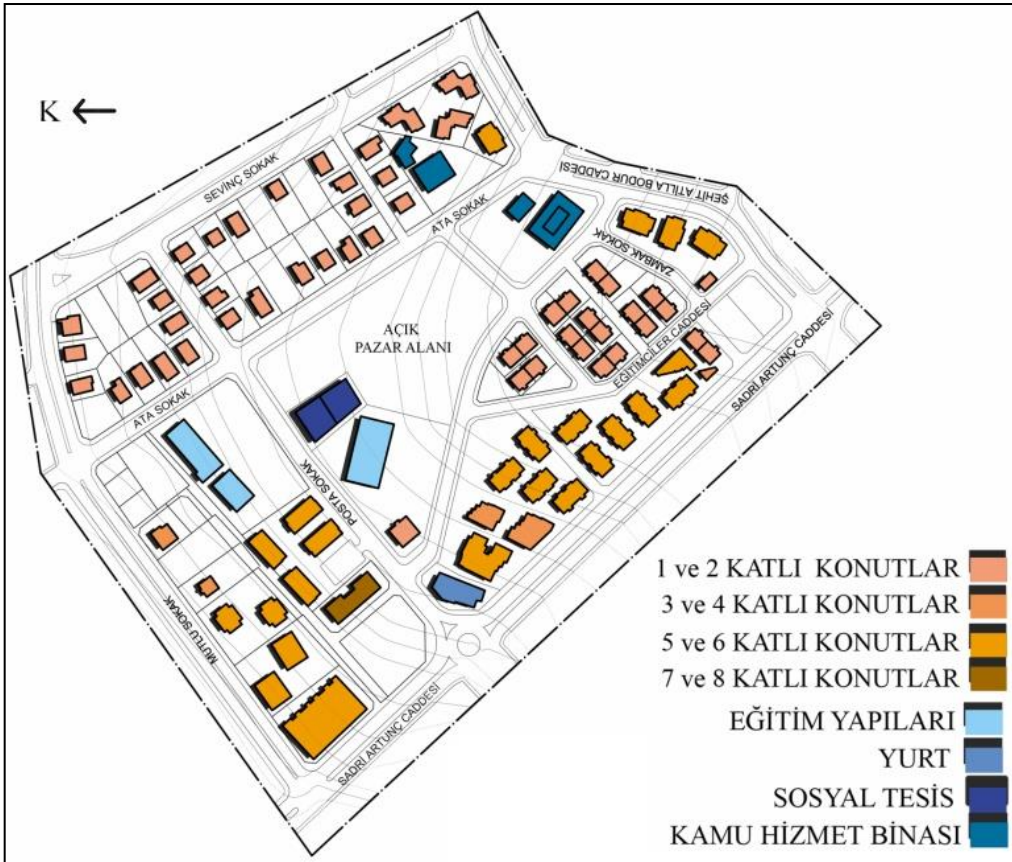
Safranbolu geleneksel yapılarında bulunan su toplama ve depolama sistemlerinden hareketle yeni yerleşim alanlarında yağış sularının toplanmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışma kapsamında Safranbolu

ilçesinde belirli bir alan tanımlanmıştır. İlçe merkezine 700 metrelik mesafede, merkezi konumdaki bu alan içerisinde kamu ve şahsa ait farklı işlevlerde yapılar bulunmaktadır.



Şekil 3. Safranbolu arazi çalışma alanı [12]

Seçilen alanın merkeze yakın olması, az ve çok katlı yapıların bulunması, kamu hizmet binaları (ilköğretim, yüksekokul atölyeleri, emniyet birimleri vb.) ve bazı kamu kurumlarının sosyal tesislerinin (Öğretmenevi ve Belediye Nikah Salonu) yer alması toplanabilecek yağış sularının depolanabileceği farklı alanların varlığı ve yapılarda kullanılan çatı kaplama malzemelerinin çeşitliliği gibi özellikler çalışma bölgesinin seçiminde etkili olmuştur.

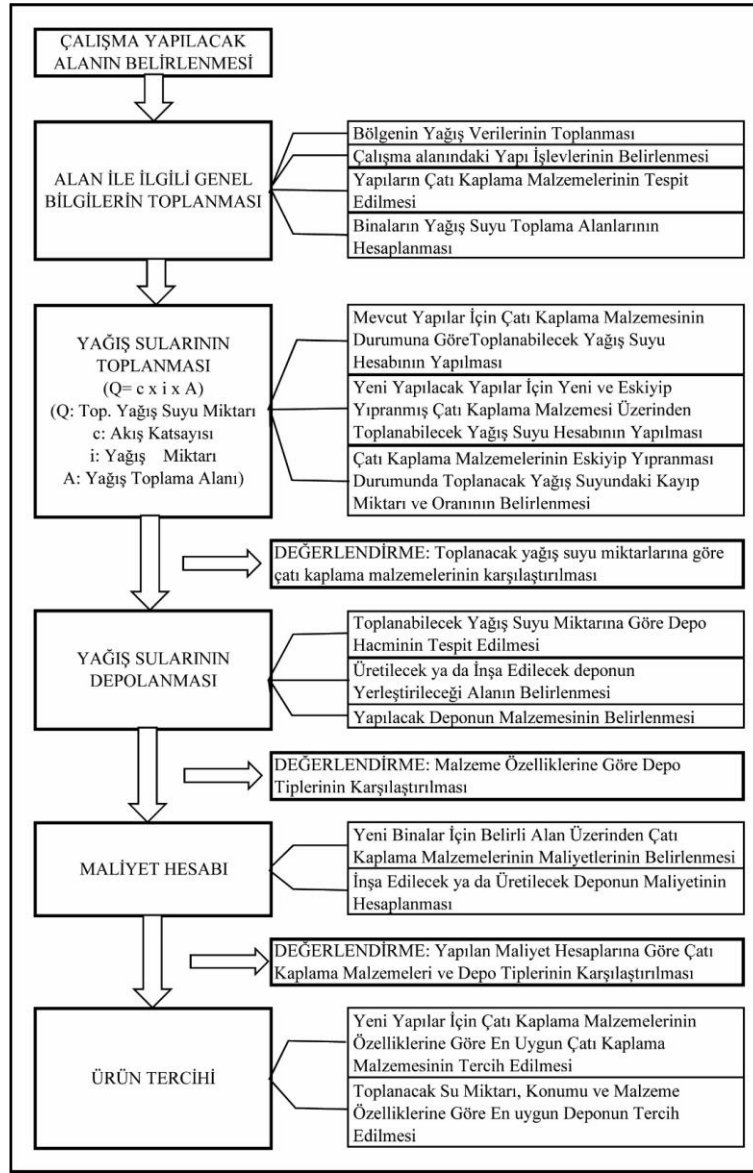


Şekil 4. Safranbolu çalışma alanı içerisindeki yapı işlevleri [10].



Şekil 5. Safranbolu çalışma alanındaki çatı kaplama malzemeleri. [10].

Yağış suyu toplanmasına yönelik arazi çalışması birkaç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamaların ana başlıkları binalarda yağış sularının toplanması, yağış sularının depolanma durumları ile maliyetlerinin hesaplanması ve ürün tercihi şeklindedir.



Şekil 6. Çalışma aşamaları [10].

Alan çalışmasının ilk aşaması olan mevcut yapılardan yağış sularının toplanması ile ilgili olarak, bölgede bulunan binaların çatı kaplama malzemeleri ve bu malzemeler yerine kullanılacak diğer çatı kaplama malzemeleri üzerinden ayrı ayrı toplanabilecek yağış suyu hesapları yapılmıştır. Bu işlem yapılırken Karabük ili yağış verilerinin son 10 yıldaki (2005-2014) en yüksek, ortalama ve en düşük yağış miktarları kullanılmıştır.

Tablo 2. Karabük ili 2005-2014 yılları arası en yüksek, ortalama ve en düşük yağış verileri [9].

BİRİM/AY (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EN YÜKSEK	103,80	87,40	80,80	95,60	85,00	110,70	60,80	29,00	109,40	108,20	43,60	84,10
ORTALAMA	42,14	31,90	51,99	52,07	46,06	60,02	23,22	11,20	43,42	48,18	20,61	41,24
EN DÜŞÜK	16,40	3,40	25,00	1,20	11,80	17,40	4,40	0,20	1,00	9,60	2,40	21,60

Ayrıca, seçilen bölgede yer alan yapıların mevcut çatı kaplama malzemeleri eski ama yıpranmamıştır. Bu durum dikkate alınarak mevcut kaplama malzemesi için ve bu kaplama malzemesi yerine eski ama yıpranmamış haliyle kullanılacak diğer çatı kaplama malzemeleri için ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır. Yapılan hesap sonucunda toplanacak yağış suyu miktarı üzerinden çatı kaplama malzemelerinin etkileri değerlendirilmiştir.

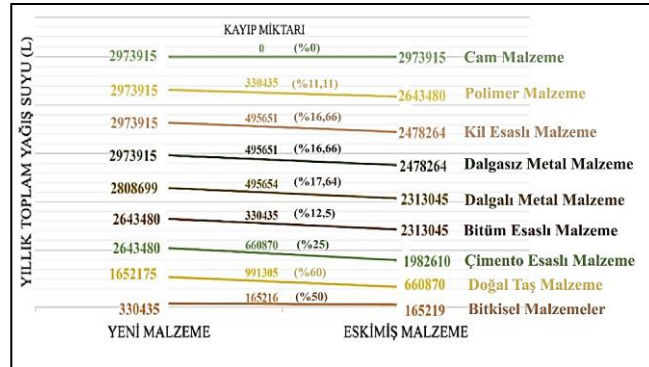
Değerlendirme sonuçlarına göre, toplanacak yağış suyu miktarını “olumsuz” yönden en çok etkileyen çatı kaplama malzemesinden en az etkileyene doğru sıralanışı bitkisel malzemeler, doğal taş, çimento esaslı malzeme-dalgalı metal, dalgasız metal- bitümlü örtü, kil esaslı malzeme, polimer malzeme ve cam malzeme şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bir başka deyişle yağış suyunun toplanmasına en az kayıpla katkı sağlayanın cam malzemeler olduğu görülmüştür.

Seçilen bölgede mevcut yapılarla birlikte ayrıca bir açık pazar alanı bulunmaktadır. Haftada bir kurulan pazar yeri dışında haftanın diğer günleri bu alan, Safranbolu-Üniversite arasında hizmet veren minibüslerin bekleme yeri olarak kullanılmaktadır. Yağış suyunun toplanması açısından bu alanın değerlendirilebileceği düşünülerek alan üzerinde bir üst örtü oluşturulması varsayılmıştır. Bu şekilde kapalı pazar alanına dönüştürülmesi halinde toplanabilecek yağış suyu miktarı ayrıca hesaplanmıştır.

Yapı inşa yönetmelikleri çerçevesinde mevcut alanda çekme mesafeleri içerisinde toplanacak yağış sularının depolanacağı alan ile birlikte bir üst örtü oluşturulmuştur.Oluşturulan alanda kullanılacak çatı kaplama malzemelerinin yeni ve zamanla yıpranarak eskimiş olma durumlarına göre toplanabilecek yağış suyu miktarı hesaplanarak karşılaştırılmaları yapılmıştır.



Şekil 7. Safranbolu Perşembe pazarı üst örtü ve yağış suyu depo alanı [10].



Şekil 8. Safranbolu Perşembe pazar alanında yeni ve yıpranıp eskimiş malzemeye göre toplanacak yağış suyu miktarı karşılaştırması [10].

Bu işlem neticesinde malzemenin yeni olması durumunda; cam, polimer, kil esaslı ve dalgasız metal malzemelerin aynı ve en yüksek miktarda yağış suyu topladıkları belirlenmiştir. Diğer çatı kaplama malzemelerinin yağış suyu toplama miktarına göre sıralanışı ise dalgalı metal malzeme, bitüm esaslı – çimento esaslı malzeme, doğal taş malzeme ve bitkisel malzeme şeklinde gerçekleşmiştir. Yıpranıp eskimiş malzemeler olma durumları açısından bir değerlendirme yapıldığında yağış suyu toplama miktarına göre malzemelerin sıralanışı; cam malzeme, polimer malzeme, kil esaslı – dalgasız metal, dalgalı metal – bitüm esaslı malzeme, çimento esaslı malzeme, doğal taş ve bitkisel malzeme şeklinde gerçekleştiği görülmüştür. Bu sıralamada; mevcut yapılardaki eskimiş ama yıpranmamış çatı kaplama malzemeleri sıralamasına göre sadece bitüm esaslı çatı kaplama malzemelerinin yerinde bir değişiklik olmuştur.

Genel olarak malzemelerin eski ve yeni durumları karşılaştırılmasında avantaj sıralamasının kısmen değiştiği tespit edilmiştir. Örneğin; başlangıçta aynı miktarda yağış suyu toplama imkânı sunan bitüm esaslı ve çimento esaslı malzemeler zamanla kayıp oranına ve miktarına göre kendi aralarında yer değiştirmektedir. Aynı şekilde polimer malzemelerin kil esaslı malzemelere ve dalgasız metal malzemelere göre üstünlük sağladığı görülmektedir.

4.2. Seçilen Alanda Toplanabilecek Yağış Sularının Depolanması

Yapılan çalışmanın üçüncü aşamasını, toplanabilecek yağış sularının depolanma koşullarının araştırılması oluşturmaktadır. Çalışma alanında işlev ve kat sayısı bakımından farklı yapıların bulunması nedeniyle bu aşamada çalışma alanındaki binalar, özelliklerine göre belirli gruplara ayrılmıştır. Buna göre depo hacimlerinin, konumlarının ve malzeme (tip) tercihlerinin belirlenmesi ele alınmıştır. Bu bölümde malzeme tercihlerinde, bölgenin iklimsel ve mimari özellikleri dikkate alınarak ahşap ve ferrocement depolar dışında kalan betonarme, tuğla, gaz beton, taş, metal ve polimer depo tipleri değerlendirilmiştir. Bundan başka depo hacimleri, yağış miktarlarının belirsizliği dikkate alınarak farklı çatı kaplama malzemeleri üzerinden hesaplanan aylık en yüksek yağış suyu miktarlarına göre belirlenmiştir.

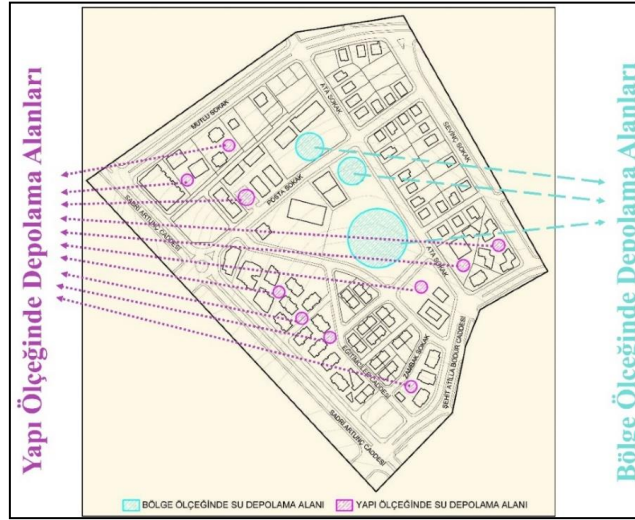
Müstakil olarak tek ya da iki katlı yapılar için toplanabilecek yağış suyu miktarının diğer yapılara göre az olması bu suların daha kolay depolanmasını sağlamaktadır. Bu yapılarda yağış suları yapı içerisinde ve yapı dışında farklı işlevlerde kullanılabilir. Bu yapılar için bahçelerin bulunması yer altında depolama, yapı aralıklarının yakın olması yer üstü yapı bitişiğinde depolama, bazılarında bölgenin eğimli yapısından faydalanarak kısmi bodrum katların oluşturulmuş olması ve çatı aralarının olması sayesinde yapı içinde depolama gibi uygun alanlar bulunmaktadır. Bu alanlarda depolanacak su miktarına göre, depo ölçüleri ve kolay kurulumu açısından polimer türü depolar ya da metal depolar tercih edilebilir. Yapı ölçeğinin küçük olması sayesinde yer üstü yapı bitişiğinde tercih edilecek depolama sistemi yapıya uyumlu olduğu takdirde görüntü kirliliği oluşturmayacaktır. Bu yapıların her biri için yapılan hesaplamalara göre 25 m³'lük yağış suyu depolarının uygun olacağı düşünülmektedir.

Yağış sularının depolanması ve bu sulardan yararlanılması çok katlı tekil konutlarda, toplanabilecek su miktarının yetersizliği ve yapı kullanıcı sayısının fazla olması sebebi ile müstakil konutlara göre az imkân sağlamaktadır. Bu yapılarda yağış suları bahçe sulama, yangın söndürme, araç yıkama ya da merkezi sistem ısıtmada kullanım suyu olarak kullanılabilir. Yapıların yüksek olması sebebiyle yer üstü yapıya bitişik su depolarının kullanılmasının görüntü kirliliği oluşturabileceği düşünülmektedir. Ayrıca çatı arası kullanımı su miktarının fazlalığı nedeniyle yapıya ek yük getirmesi, oluşabilecek sızıntıda müdahale zorluğu gibi nedenlerle elverişli olmayabilir. Bu yapılar için yapı içerisinde varsa bodrum katlarda; yapı dışında ise yer altında depolama daha uygun olacaktır. Yapı içerisinde modüler metal ya da polimer türü depolar kolay kurulum açısından tercih edilebilir. Yer altı depolanmasında deponun yapılacağı otopark alanlarında tuğla, gaz beton ve sert polimer türü depolar, yeşil alan varsa polimer türü depolar ön tercih olmalı ancak toprak kil ise diğer depolar tercih edilmelidir. Bu tipteki yapılar için yapılan hesaplamalara göre 50 m³'lük yağış suyu depolarının uygun olabileceği ön görülmektedir.

Site şeklindeki çok katlı konutlarda yağış suları tekil bina şeklindeki çok katlı konutlarda olduğu gibi kullanılabilir. Ancak diğer yapılara göre daha fazla yağış suyu toplama imkânının oluşu, depo alanlarının hacmini artırmakta ve bu depoların konumlandırılması bakımından tercihleri sınırlandırabilmektedir. Her bir yapı içerisinde depolama alanı oluşturulabileceği gibi yağış suyunun kullanımı bakımından suların site içerisindeki ortak bir alanda depolanması inşa, bakım-onarım ve maliyet açılarından kolaylık sağlayacaktır. Bu yapılarda da otopark alanlarında tuğla, beton ve polimer; yeşil alanlarda toprağın durumuna göre polimer ya da diğer depolar tercih edilebilir. Polimer depoların kullanımı durumunda, depolanacak hacme göre büyük depolar tercih edilebileceği gibi küçük ölçekteki depoların birbirine eklenmesi şekliyle de depolama yapılabilir. Bu çalışma alanında yapılan hesaplamalara göre bu tür yapılar için ise site içerisindeki tüm binaların ortak kullanabileceği 250 m³'lük yağış suyu depolarının uygun olacağı düşünülmektedir.

Yağış sularının en fazla fayda sağlayacağı yapılar genel olarak çeşmelerden akan suların içme suyu olarak tüketilmediği kamu yapılarıdır. Bu yapılarda yağış suları çok katlı konut yapılarındaki gibi kullanılabilir. Depolama şekli ise bölgedeki kamu yapılarının az katlı olmasına rağmen yapı formuna bağlı olarak yağış suyu toplama alanının geniş olması nedeniyle site şeklindeki konutlarda yapılan depolama şekilleri tercih edilebilir. Boyutları bakımından ise, seçilen alandaki yapılarda hacmi 100 m³'lük olan yağış suyu depoları seçilebilir.

Yağış sularının toplanmasında en etkili faktör şüphesiz bölgeye düşecek yağış miktarıdır. Değişiklik gösteren bu faktör nedeniyle yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen depo hacminden fazla suyun çatı yüzeylerinden toplanarak su tahliye kanalları ile şehrin atık su şebekesine verilme ihtimali bulunmaktadır. Bu durumda yapı ölçeğinde su depolamanın yanında bölgede yer alan açık bir alanda yapılabilecek büyük bir depolama alanında bu fazla sular toplanarak geniş ölçekte kullanılabilir.



Şekil 9. Yapı ve bölge ölçeğinde yağış suyu önerilen depolama alanları [10].

Çalışma alanında yer alan Perşembe pazarı yeri ve Zati Ağar İlkokulu bahçesi (güvenliğe en üst düzeyde özen gösterilerek) bu amaçla kullanılacak alanlardır. Bu alanlar içerisinde yer altında yapılacak beton ya da polimer depolar ile bu sular itfaiye araçları aracılığıyla yangın söndürmede, belediye tankerleri aracılığıyla yol yapım çalışmaları, minibüs son durağının yanında olması sebebiyle araçları yıkamada ya da parkların sulanması gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Pazar alanı için, olası çatı örtüsü üzerinden toplanabilecek su miktarına göre belirlenen 750 m³'lük bir depo önerilmektedir.

4.3. Seçilen Alanda Çatı Kaplama Malzemeleri ve Yağış Suyu Depoları İçin Maliyet Analizi

Yapı içerisinde ve dışında değişik şekillerde kullanılabilen yağış suları, başlangıç aşamasında pahalı olmasına rağmen uzun vadede tasarruf sağlamaktadır. Bu sebeple yağış sularının depolanması ile ilgili en önemli konulardan birini yatırım maliyeti oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışma alanı içerisinde çatı kaplama

malzemelerinin etkilerinin yanında yağış sularının depolanmasına yönelik çalışmaların uygulanma aşamasında oluşturduğu maliyet belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla pazar alanı bölgesi için üst örtü oluşturulması durumunda kullanılacak çatı kaplama malzemelerinin ve pazar alanı ile birlikte çalışma alanı içerisinde yer alan mevcut yapıların çatılarından toplanacak yağış sularının depolanacağı alanların maliyetleri hesaplanmıştır. Maliyet analizi çalışması yapılırken kullanılan malzemelerin birim fiyatları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2016 yılında belirlemiş olduğu birim fiyatlar kullanılmıştır. Ancak, bu hesaplamalarda bazı malzemelerin birim fiyatları olmadığı için özel poz numaraları oluşturulmuştur. Bu pozlar kullanılacak malzeme ile en yakın olan malzemenin uygulama birim fiyatları temel alınarak belirlenmiştir. Çatı kaplama malzemelerinin yapı inşasına başlangıçta ne kadar etki ettiğinin tespiti için bölgedeki açık pazar alanına bir üst örtü ile kapatılması üzerinden bir değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 7. Safranbolu Perşembe pazarı üst örtü ve yağış suyu depo alanı [10].

Pazar alanı üst örtüsü için maliyet çalışması yapılırken çatı taşıyıcı sistemi hesaba katılmamıştır. Maliyet analizine çatı kaplama malzemeleri (her bir malzeme türünün alt birimleri için ayrı ayrı olacak şekilde) ve su yalıtımı (cam malzemeler haricinde) dâhil edilerek hesaplama yapılmıştır, ancak sadece doğal taş malzemeler için yeterli veri elde edilemediğinden maliyet hesabı yapılamamıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde çatı kaplama malzemelerinin maliyeti belirlenerek en yüksek maliyetli çatı örtüsünün cam kaplama malzemeleriyle; en düşük maliyetli çatı örtüsünün bitkisel malzemeler ile oluşturulduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Çatı kaplama malzemeleri maliyet analizi [10].

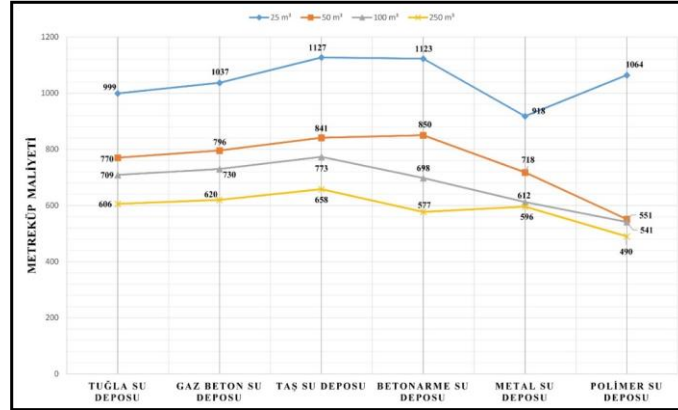
Sıra	MALZEME ADI	GEREKLİ MİKTAR m ²	MALİYET TL		m ² FİYATI TL	
			EN DÜŞÜK	EN YÜKSEK	EN DÜŞÜK	EN YÜKSEK
1	KİL ESASLI MALZEME	7165	403.774	633.913	56	88
2	ÇİMENTO ESASLI MALZEME	7165	471.815	811.391	65	113
3	METAL MALZEME	7165	469.021	1.747.758	65	243
4	BITÜM ESASLI MALZEME	7165	379.458	600.140	53	83
5	POLİMER MALZEME	7165	402.458	703.818	56	98
6	CAM MALZEME	7165	1.416.132	1.953.681	197	272
7	BİTKİSEL MALZEME	7165	334.715	504.325	46	70

Yağış sularının toplanacağı depoların maliyet analizi yapılırken sıhhi tesisat ve elektronik aksamlar hesaba dâhil edilmemiştir. Hesaplamalarda malzemelerin en düşük ve en yüksek birim fiyatları dikkate alınmıştır. Bu çalışmada tuğla, gaz beton, taş ve betonarme yağış suyu depoları toprak seviyesinden 2 metre aşağıdan başlanarak inşa edileceği düşünülmüştür. Ayrıca depoların biçimleri bakımından silindirik ve prizmatik olmak üzere iki ve su yalıtım malzemelerine göre bitümlü örtü, sürme esaslı malzeme ve karışık olmak üzere üç; toplamda bir depo için 6 ayrı şekilde maliyet analizi çalışması yapılmıştır. Yapılan bu analizlerde depo içerisinde seramik ile kaplanması ve kaplanmaması durumu da ayrıca incelenmiştir. Metal ve polimer depoların maliyetleri ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın birim satış fiyatları üzerinden belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalarda yapı malzemesine göre maliyet belirlenerek depolama boyutu arttıkça birim alana düşen maliyetin azaldığı görülmüştür. Depoların şekline göre bir değerlendirme yapıldığında; silindirik şeklindeki depoların prizmatik depolara göre daha az maliyetli olduğu tespit edilmiştir. Malzeme olarak bir değerlendirme yapıldığında ise genel olarak metal depoların en düşük, betonarme depoların ise en yüksek maliyete sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 10 Depo türü ve hacimlerine göre en düşük metreküp maliyeti [10].



Şekil 11. Depo türü ve hacimlerine göre en yüksek metreküp maliyeti [10].

4.4. Seçilen Alanda Çatı Kaplama Malzemeleri ve Depoların Verimliliği

Yağış suyu toplama sistemleri ilk yatırım aşamasında yüksek maliyete sahiptir; ancak toplanan yağış suları zaman, mekân ve iş gücü açısından uzun vadede tasarruf sağlayacaktır. Bu sistemlerin yatırım maliyetlerinin zaman içerisinde geri kazanımı, birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir. Bunlar kent ölçeğinde; yağış miktarı, yağış sularının toplandığı yapının işlevi ve binanın bulunduğu bölgedeki su fiyatlarıdır. Bina ölçeğinde bakıldığında yağış toplama sistemlerinin verimini etkileyen unsurlar uygulandığı binaların koşulları (yeni ve eski olma durumları), çatı kaplama malzemeleri ve depolar olarak gözlenebilir.

Çatılardan kaplama malzemelerinin yeni ve eski olma durumlarına göre farklı miktarlarda yağış suyu toplanması sistem verimliliğini etkileyen en büyük etkenlerdendir. Bu bağlamda en uygun çatı kaplama malzemesinin tercih edilmesi verimi artıracaktır. Ancak çatı kaplama malzemelerinin seçiminde yağış suyu toplanmasına etkileri ve maliyetleri dışında malzemelerin diğer özellikleri de dikkate alınmalıdır.

Tablo 4. Çatı kaplama malzemesi seçiminde dikkat edilmesi gerekli hususlar [10].

Özellikler	ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ							
	Kil Esaslı Malzemeler	Çimento Esaslı Malzemeler	Dalgalı Metal Malzemeler	Dalgasız Metal Malzemeler	Bitüm Esaslı Malzemeler	Polimer Malzemeler	Cam Malzemeler	Bitkisel Malzemeler
Şekil	Düz Alaturka Marsilya Roma Tipi Oluklu	Marsilya Oluklu	Trapez Oluklu	Düz	Düz Trapez Oluklu	Düz Trapez Oluklu	Düz	-
Eğim Oranı*	20%-170%	10%-85%	En az 10%	En az 10%	2%-85%	En az 10%	En az 10%	0%-
Ağırlık (kg/m ²)*	37,5-88	18-48	0,8-25	0,8-25	2,0-18,0	0,8-48	10-	2-
Erime Sıcaklığı (°C)*	1750	1000-1550	150-1400	150-1400	150	80-400	800-1500	-
Yangın Anında Durum*	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zehirli Gaz Oluşturur	Zehirli Gaz Oluşturur	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarır
Gazlarla Etkileşim*	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklıdır	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklıdır	Olumlu ve Olumsuz Etkileşim Vardır	Olumlu ve Olumsuz Etkileşim Vardır	Olumsuz Etkilenebilir	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklıdır	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklıdır	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklıdır
Işık Geçirgenliği*	Işık Geçirmez	Işık Geçirmez	Işık Geçirmez	Işık Geçirmez	Işık Geçirmez	15%-90%	66%-92%	Işık Geçirmez
Işık Yansıtma*	15%	15%	80%-85%	80%-85%	-	10%-85%	8%-34%	-
Su Emme Oranı*	13%	3%-17%	0%	0%	0%-20%	0%-0,8%	0%	15%-150%
Su Akış Katsayısı**	0,75-0,90	0,60-0,80	0,70-0,85	0,75-0,90	0,70-0,80	0,80-0,90	0,9	0,05-0,10
Eskimesi Durumunda Yağış Suyu Kayıp Oranı	16,66%	25%	17,64%	16,66%	12,50%	11,11%	0%	50%
En Düşük Birim Alan Maliyeti (Türk Lirası)	56,00	65,00	65,00	65,00	53,00	56,00	197,00	46,00

* Genç, E.'nin [8] yapmış olduğu çalışmadaki veriler baz alınmıştır.

** Doğanönül, Ö.'ün [5] yapmış olduğu çalışmadaki bilgiler baz alınmıştır.

Çatı kaplama malzemeleri gibi yağış suyu depoları da yağış suyu toplama sisteminin verimliliğini etkileyen önemli etmenlerdendir. Depolarda malzeme tercihi sistem verimliliğini hem boyutsal özellikler, geri dönüşüm, modülerlik, taşınabilirlik gibi maliyet yönünden hem de su kalitesine etkisi gibi sağlık yönünden etkilemektedir. Bu nedenle depo tercihi yapılırken malzeme özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 5. Depo seçiminde dikkat edilmesi gerekli hususlar [10].

Özellikler	MALZEMELERİNE GÖRE DEPOLAR					
	Tuğla Depo	Gaz Beton Depo	Taş Depo	Betonarme Depo	Metal Depo	Polimer Depo
Şekil	Silindirik Prizmatik	Silindirik Prizmatik	Silindirik Prizmatik	Silindirik Prizmatik	Silindirik Prizmatik	Silindirik Prizmatik
Depolama Hacmi	İsteğe Bağlı	İsteğe Bağlı	İsteğe Bağlı	İsteğe Bağlı	1,75 m ³ - 172 m ³ (Ekleme Yoluyla Hacim yükseltilebilmektedir)	0,5 m ³ -480 m ³ (Ekleme Yoluyla Hacim yükseltilebilmektedir)
Modülerlik	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	Var
Taşınabilirlik	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet
Malzeme Geri Dönüşümü	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Güçlü	Güçlü
Işık Geçirme	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Tercihe Göre Geçirebilir
Yapı İçerisinde Konumlandırma	Çatı	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Değil	Evet
	Merdiven Altı	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Değil	Evet
	Bodrum	İlk Yapımda Evet Sonradan Uygun Değil	İlk Yapımda Evet Sonradan Uygun Değil	İlk Yapımda Evet Sonradan Uygun Değil	İlk Yapımda Evet Sonradan Uygun Değil	Evet
Yapı Dışında Konumlandırma	Toprak Altı	Evet	Evet	Evet	Evet	(Toprak Cinsine Dikkat Edilmeli)
	Toprak Üstü	Evet	Evet	Evet	Evet	(Güneş Işığı Almayacak Şekilde Yerleştirilmeli)
Birim Hacim Maliyetine Göre Tercih Önceliği (1-2-3-4-5-6)	3	5	4	6	1	2

Yapılan çalışmada yağış suyu toplama sistemlerinin verimliliğine bakıldığında verimlilik, pazar alanının kapatılması durumunda toplanacak yağış suları üzerinden yeni yapılar özelinde; mevcut yapılardan toplanacak yağış sularıyla da eski yapılar özelinde ele alınmıştır. Bu amaçla Safranbolu Belediyesi su hizmet bedelleri üzerinden yıllık olarak verimlilik hesapları yapılmıştır. Yapılan hesaplamaların bir yıllık olmasının temel nedenlerini; çatı kaplama malzemelerindeki yıpranmaların bölgesel fiziki ve yapay etmenlere göre değişiklik göstermesi, iklim değişikliği nedeniyle gelecek yıllarda oluşabilecek yağış miktarlarındaki farklılıklar ve belediye su hizmet bedellerinde oluşacak artış-azalış miktarları oluşturur. Bu bağlamda mevcut durum koşulları çerçevesinde bir yıllık sistem verimliliği değerlendirmesi yapılarak aynı koşulların devam etmesi durumunda sistemin toplam tasarruf süresi belirlenmiştir. Bu hesaplamalar yapılırken pazar alanında hem depo maliyeti hem de depo ve çatı kaplama malzemelerinin toplam maliyetleri ele alınmıştır. Mevcut yapılarda ise çatı kaplama malzemelerinin maliyetleri hesaba katılmamış, sadece depo maliyetinin verimliliği değerlendirilmiştir.

Tablo 6. Yeni çatı kaplama malzemesine göre (pazar alanı için) bir yıllık depo maliyet karşılama oranı ve maliyet karşılama süresi [10].

ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ	DEPO TİPLERİ					
	METAL	TUĞLA	TAŞ	BETONARME	POLİMER	GAZ BETON
POLİMER MALZEMELER	2,11%	1,93%	1,92%	1,92%	1,92%	1,92%
KİL ESASLI MALZEMELER	47,30 YIL	51,81 YIL	52,01 YIL	52,01 YIL	52,13 YIL	52,18 YIL
BİTÜM ESASLI MALZEMELER	1,95%	1,77%	1,76%	1,76%	1,76%	1,76%
DALGASIZ METAL MALZEMELER	51,38 YIL	56,45 YIL	56,67 YIL	56,67 YIL	56,81 YIL	56,87 YIL
DALGALI METAL MALZEMELER	1,92%	1,77%	1,76%	1,76%	1,76%	1,76%
ÇİMENTO ESASLI MALZEMELER	52,05 YIL	56,55 YIL	56,75 YIL	56,75 YIL	56,88 YIL	56,93 YIL
CAM MALZEMELER	1,81%	1,67%	1,66%	1,66%	1,66%	1,66%
BİTKİSEL MALZEMELER	55,11 YIL	59,88 YIL	60,09 YIL	60,09 YIL	60,23 YIL	60,28 YIL
	1,70%	1,57%	1,56%	1,56%	1,56%	1,56%
	58,78 YIL	63,84 YIL	64,07 YIL	64,07 YIL	64,21 YIL	64,27 YIL
	0,84%	0,81%	0,80%	0,80%	0,80%	0,80%
	119,52 YIL	124,02 YIL	124,22 YIL	124,22 YIL	124,35 YIL	124,40 YIL
	0,26%	0,24%	0,24%	0,24%	0,23%	0,23%
	382,33 YIL	422,89 YIL	424,65 YIL	424,65 YIL	425,80 YIL	426,25 YIL

VERİMLİLİK

AZ → ÇOK

Tablo 7. Mevcut yapılardaki çatı kaplama malzemesine göre 25 m³ ve 50 m³ depoların bir yıllık depo maliyetleri karşılama oranı ve maliyet karşılama süreleri [10].

ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ	25 m ³ Müstakil Tek ya da İki Katlı Konut Depo Tipleri						50 m ³ Çok Katlı Tekil Konut Depo Tipleri					
	METAL	TUĞLA	TAŞ	BETONARME	POLİMER	GAZ BETON	METAL	TUĞLA	TAŞ	BETONARME	POLİMER	GAZ BETON
CAM MALZEMELER	1,67%	1,33%	1,18%	1,02%	1,81%	1,28%	2,47%	1,55%	1,55%	1,42%	2,05%	1,51%
	59,92 YIL	75,15 YIL	84,99 YIL	97,78 YIL	55,38 YIL	78,09 YIL	40,48 YIL	64,59 YIL	64,44 YIL	70,60 YIL	48,74 YIL	66,37 YIL
POLİMER MALZEMELER	1,58%	1,26%	1,11%	0,97%	1,71%	1,21%	2,33%	1,46%	1,47%	1,34%	1,94%	1,42%
	63,45 YIL	79,57 YIL	89,99 YIL	103,53 YIL	58,64 YIL	82,69 YIL	42,86 YIL	68,39 YIL	68,23 YIL	74,75 YIL	51,60 YIL	70,27 YIL
KİL ESASLI MALZEMELER	1,48%	1,18%	1,05%	0,91%	1,60%	1,14%	2,20%	1,38%	1,38%	1,26%	1,82%	1,34%
	67,41 YIL	84,55 YIL	95,61 YIL	110,01 YIL	62,30 YIL	87,86 YIL	45,54 YIL	72,66 YIL	72,49 YIL	79,42 YIL	54,83 YIL	74,66 YIL
DALGASIZ METAL MALZEMELER	1,39%	1,11%	0,98%	0,85%	1,50%	1,07%	2,09%	1,31%	1,31%	1,20%	1,74%	1,28%
	71,91 YIL	90,18 YIL	101,99 YIL	117,34 YIL	66,46 YIL	93,71 YIL	47,80 YIL	76,26 YIL	76,09 YIL	83,36 YIL	57,55 YIL	78,36 YIL
DALGALI METAL MALZEMELER	1,30%	1,03%	0,92%	0,80%	1,40%	1,00%	1,92%	1,20%	1,21%	1,10%	1,60%	1,17%
	77,05 YIL	96,63 YIL	109,27 YIL	125,72 YIL	71,21 YIL	100,41 YIL	52,05 YIL	83,04 YIL	82,85 YIL	90,77 YIL	62,66 YIL	85,33 YIL
BİTÜM ESASLI MALZEMELER	1,39%	1,11%	0,98%	0,85%	1,50%	1,07%	2,09%	1,31%	1,31%	1,20%	1,74%	1,28%
	71,91 YIL	90,18 YIL	101,99 YIL	117,34 YIL	66,46 YIL	93,71 YIL	47,80 YIL	76,26 YIL	76,09 YIL	83,36 YIL	57,55 YIL	78,36 YIL
ÇİMENTO ESASLI MALZEMELER	1,30%	1,03%	0,92%	0,80%	1,40%	1,00%	1,92%	1,20%	1,21%	1,10%	1,60%	1,17%
	77,05 YIL	96,63 YIL	109,27 YIL	125,72 YIL	71,21 YIL	100,41 YIL	52,05 YIL	83,04 YIL	82,85 YIL	90,77 YIL	62,66 YIL	85,33 YIL
BİTKİSEL MALZEMELER	0,16%	0,13%	0,11%	0,10%	0,17%	0,12%	0,23%	0,15%	0,15%	0,13%	0,19%	0,14%
	636,45 YIL	798,19 YIL	902,66 YIL	1038,53 YIL	588,22 YIL	829,42 YIL	429,98 YIL	685,97 YIL	684,39 YIL	749,79 YIL	517,65 YIL	704,87 YIL

**Tablo 8.** Mevcut yapılardaki çatı kaplama malzemesine göre 100 m³ ve 250 m³ depoların bir yıllık depo maliyetleri karşılama oranı ve maliyet karşılama süreleri [10].

ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ	100 m ³ Kamu Yapısı Depo Tipleri						250 m ³ Çok Katlı Site Şeklindeki Konut Depo Tipleri					
	METAL	TUĞLA	TAŞ	BETONARME	POLİMER	GAZ BETON	METAL	TUĞLA	TAŞ	BETONARME	POLİMER	GAZ BETON
CAM MALZEMELER	5,30%	3,31%	3,37%	3,24%	3,87%	3,23%	2,54%	1,64%	1,71%	1,62%	1,62%	1,60%
	18,86 YIL	30,20 YIL	29,70 YIL	30,89 YIL	25,82 YIL	30,93 YIL	39,42 YIL	60,95 YIL	58,63 YIL	61,88 YIL	61,74 YIL	62,37 YIL
POLİMER MALZEMELER	5,01%	3,13%	3,18%	3,06%	3,66%	3,05%	2,40%	1,55%	1,61%	1,53%	1,53%	1,51%
	19,97 YIL	31,98 YIL	31,44 YIL	32,71 YIL	27,34 YIL	32,75 YIL	41,74 YIL	64,53 YIL	62,08 YIL	65,52 YIL	65,37 YIL	66,04 YIL
KİL ESASLI MALZEMELER	4,71%	2,94%	2,99%	2,88%	3,44%	2,87%	2,24%	1,45%	1,51%	1,43%	1,43%	1,42%
	21,23 YIL	34,00 YIL	33,43 YIL	34,77 YIL	29,06 YIL	34,82 YIL	44,59 YIL	68,93 YIL	66,31 YIL	69,99 YIL	69,82 YIL	70,54 YIL
DALGASIZ METAL MALZEMELER	4,42%	2,76%	2,81%	2,70%	3,23%	2,69%	2,11%	1,37%	1,42%	1,35%	1,35%	1,34%
	22,63 YIL	36,24 YIL	35,64 YIL	37,07 YIL	30,98 YIL	37,12 YIL	47,31 YIL	73,13 YIL	70,36 YIL	74,26 YIL	74,09 YIL	74,84 YIL
DALGALI METAL MALZEMELER	4,12%	2,57%	2,62%	2,52%	3,01%	2,51%	1,97%	1,28%	1,33%	1,26%	1,26%	1,25%
	24,25 YIL	38,83 YIL	38,18 YIL	39,72 YIL	33,20 YIL	39,77 YIL	50,69 YIL	78,36 YIL	75,38 YIL	79,57 YIL	79,38 YIL	80,19 YIL
BİTÜM ESASLI MALZEMELER	4,42%	2,76%	2,81%	2,70%	3,23%	2,69%	2,11%	1,37%	1,42%	1,35%	1,35%	1,34%
	22,63 YIL	36,24 YIL	35,64 YIL	37,07 YIL	30,98 YIL	37,12 YIL	47,31 YIL	73,13 YIL	70,36 YIL	74,26 YIL	74,09 YIL	74,84 YIL
ÇİMENTO ESASLI MALZEMELER	4,12%	2,57%	2,62%	2,52%	3,01%	2,51%	1,97%	1,28%	1,33%	1,26%	1,26%	1,25%
	24,25 YIL	38,83 YIL	38,18 YIL	39,72 YIL	33,20 YIL	39,77 YIL	50,69 YIL	78,36 YIL	75,38 YIL	79,57 YIL	79,38 YIL	80,19 YIL
BİTKİSEL MALZEMELER	0,50%	0,31%	0,32%	0,30%	0,36%	0,30%	0,24%	0,15%	0,16%	0,15%	0,15%	0,15%
	200,32 YIL	320,81 YIL	315,43 YIL	328,11 YIL	274,28 YIL	328,56 YIL	418,75 YIL	647,30 YIL	622,71 YIL	657,28 YIL	655,73 YIL	662,42 YIL



Çatı kaplama malzemeleri açısından verimliliğe bakıldığında cam malzemeler yeni binalarda depolarla birlikte yüksek maliyet oluşturması nedeniyle uzun vadede telafi sağlamaktadır. Ancak mevcut cam çatı kaplama malzemesi olan binalarda sadece depo maliyeti dikkate alındığında çok daha kısa sürede verim elde edilebileceği görülmüştür. Mevcut yapılarda cam malzemenin sonra en yüksek verimi sağlayan polimer malzemeler yeni yapılarda maliyetinin düşük olması sayesinde cam malzemenin de önüne geçerek kısa sürede tasarruf sağlamaktadır. En düşük verim bakımından bir değerlendirme yapıldığında ise her iki durum (eski ve yeni yapılarda) için de bitkisel malzemelerin en uzun sürede sistemi telafi edecek malzeme olduğu tespit edilmiştir.

Depolar için bir değerlendirme yapıldığında düşük hacimlerde polimer malzemenin üretilen depolar kısa sürede tasarruf sağlamasına rağmen yüksek hacimlerde bu özelliğini kaybetmektedir. Metal depolar, hacmi az olan depolarda polimer malzemenin sonra verim açısından ikinci sırada yer almaktadır. Bununla birlikte hacim

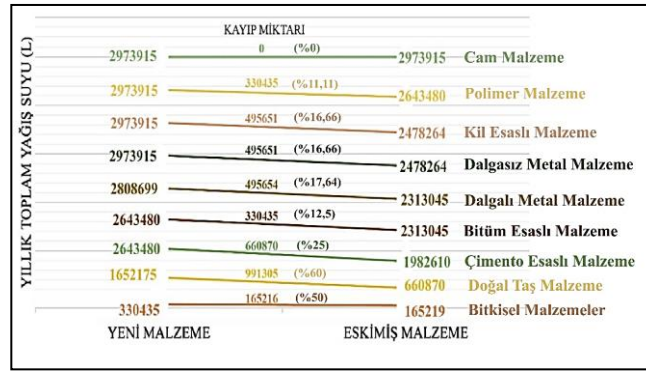
yükseldikçe daha verimli hale gelmektedir. Çalışma sonuçlarına göre tüm kapasiteler içerisinde en uzun sürede tasarruf sağlayan depo tipinin ise betonarme depolar olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda; çatı kaplama malzemeleri ve depo tercihinin göre verimliliğin değiştiği ve genel olarak polimer çatı kaplama malzemeleri ile metal deponun tercih edilmesi durumunda daha kısa sürede verimliliğin sağlanabileceği belirlenmiştir. Ancak bitkisel çatı kaplama malzemeleri ile betonarme depoların tercihi durumunda ise çok daha uzun vadede verim alınacağı görülmüştür. Bu durum çatı kaplama malzemesi ve depo tercihinin önemli ölçütler olduğunu göstermiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal unsurların dışında çatı kaplama malzemeleri de yapısal özellikleriyle yağış sularının toplanmasında etkili olmaktadır. Bu özellikler, suyu bünyesinde kullanma, gözenekli yapısı sayesinde yüksek emme oranına sahip olma, malzeme sertliği dolayısıyla yağış damlalarının çarpıp sıçraması ve ısı tutumu gibi değişkenlerdir. Yapılan alan çalışmalarında kaplama malzemelerinin hammaddelerinden kaynaklanan bu özelliklerine bağlı olarak çatılardan farklı miktarlarda yağış suyu toplandığı ve bu durumun malzemelerin zamana bağlı dayanıklılık durumlarına göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Yapılan alan çalışması sonucunda, çatı kaplama malzemeleri karşılaştırıldığında, malzemelerin zamana bağlı değişim durumlarına rağmen cam malzeme ile kaplı çatılardan en yüksek miktarda; bitkisel malzemelerle kaplı çatılardan ise en düşük miktarda yağış suyu toplandığı görülmüştür.



Şekil 8. Safranbolu Perşembe pazar alanında yeni ve yıpranıp eskimiş malzemeye göre toplanacak yağış suyu miktarı karşılaştırması [10].

Eskiyip yıpranma durumuna göre oluşabilecek kayıp su miktarı en fazla doğal taş malzemedeki; en az ise (cam malzemedeki sonra) bitkisel malzemelerde olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum kayıp su oranı bakımından değerlendirildiğinde ise polimer malzemeler (cam malzemelerden sonra) en az kayıp oranına sahip olduğu; doğal taş malzemelerin ise en fazla kayıp oranına sahip olduğu görülmektedir. Ancak toplanabilecek yağış suyu miktarının en az olduğu malzemenin her durumda bitkisel malzemeler olduğu belirlenmiştir.

Kaynakların verimliliği açısından yağış sularının toplanarak kullanılmasında en uygun çatı kaplama malzemelerinin seçilmesi önemlidir. Ancak bu durumda dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri yapı inşa maliyetidir. Maliyet analizine göre yağış suyunun toplanmasında en az kayıp oluşturan cam malzeme m² başına en pahalı malzeme olurken; suyun toplanmasına en az katkı sağlayan bitkisel malzemeler en uygun fiyata sahiptir. Diğer malzemeler için m² başına en düşük fiyattan en yüksek fiyata göre sıralama; bitüm esaslı malzeme, polimer malzeme-kil esaslı malzeme ve metal malzemeler-çimento esaslı malzemeler şeklindedir. Çatı malzemelerinin tercihinde mimari tasarımın yanında yağış sularının toplanmasıyla ekolojik yönün ve malzemelerin maliyetiyle de ekonomik yönün dikkate alınması gereken parametreler olduğu görülmektedir.

Yağış sularının kullanımı kadar depolanması da önemlidir. Depolarda boyutların belirlenmesi (hacmine göre silindirik, prizmatik), konumlandırılması (çatı araları, merdiven altları, bodrum katlar, bahçe vb.) ve malzeme

seçimi (metal, polimer, tuğla vb.) tasarım parametrelerini oluşturmaktadır. Maliyet de bu parametrelere göre değişmektedir. Çalışma kapsamında yapılan maliyet hesaplamalarına göre genel olarak “silindir” depolar, “prizmatik” depolara göre düşük maliyete sahiptir. Malzeme bakımından değerlendirme yapıldığında “metal” malzemeden ve “polimer” malzemeden imal edilen depolar en uygun maliyete sahiptir. Ancak deponun zorunlu sebeplerden dolayı metal ve polimer malzeme dışındaki malzemelerden inşa edilmesi gerekir ise tuğladan yapılan depolar uygun fiyata sahiptir. Depoların maliyeti ile ilgili tespit edilen önemli bir diğer nokta depo hacminin artmasına karşılık metreküp maliyetinin düşüyor olmasıdır.

Yağış suyu toplama sistemleri ilk yatırımda pahalı uzun vadede tasarruf sağlayacak bir sistemdir. Ancak bu tasarruf süresi iklimsel verilere, yapının yeni ve eski olma durumuna, yapı işlevine, bölgesel su fiyatlarına, çatı kaplama malzemesine ve depolara bağlı olarak değişmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucu oluşturulan çatı kaplama malzemeleri içerisinde cam malzeme yağış suyunun toplanması bakımından verimini kaybetmemesine rağmen maliyetinin yüksek olması nedeniyle verimliliği düşmektedir. Bununla birlikte birim alan maliyeti orta seviyede ve yağış suyu toplanmasına etkisi ise düşük düzeyde olan polimer çatı kaplama malzemeleri verim açısından metal depolarla birlikte tercih edildiğinde, diğer seçeneklere göre kısa sürede verim sağlayacağı görülmektedir. Bunların dışında, birim alan maliyeti en düşük olan bitkisel çatı kaplama malzemeleri betonarme depolarla birlikte tercih edildiğinde yatırım maliyetini diğer çatı kaplama malzemeleri ve depolara göre çok daha uzun sürede telafi edeceği tespit edilmiştir.

Elde edilen bu verilere göre yapıların ilk inşası sırasında (yeni yapı uygulamalarında) kullanım ömrü uzun, bölgenin mevcut doğal ve yapay ortam koşullarına dayanıklı malzemeler tercih edilmelidir. Tercih edilen bu malzemeler aynı zamanda, yağış suyu toplanmasında en az kayıp oluşturmali ve maliyeti düşük olmalıdır. Ayrıca, depoların mümkün olduğunca az maliyetli olması bu sürdürülebilir kaynağın kullanımını ve yaygınlaşmasını hızlandıracaktır.

Kentsel ölçekte değerlendirme yapıldığında kaynakların daha etkin kullanımı ve daha iyi bir çevrede yaşayabilmek amacıyla salınan sera gazları miktarı azaltılmalı, kent planlamaları enerji etkin bir şekilde tasarlanmalı, yeşil alanlar genişletilmelidir. Yağış sularının toplanarak yapı ölçeğinde kullanılması şehir atık su şebekesine verilmekte olan su miktarını azaltacaktır. Bu durumda olası sel felaketlerinin önlenmesi için bir tedbir olmakla birlikte atık su arıtma tesislerinin yüklerini hafifleterek zaman, mekân, iş gücü vb. birçok alanda ve alt yapıların bakım onarım işlerinde tasarrufu destekleyeceği açıktır.

Bina ölçeğinde değerlendirildiğinde; yağış suyunun genel olarak temizlik, wc suyu, bahçe sulama, araç yıkama, yangın söndürme gibi işlevlerde kullanılabilmesi yapılar da toplanarak değerlendirilmesi önemlidir. Bu amaçla; eğitim, sağlık, ulaşım, kamu hizmet kurumları, iş merkezleri, alışveriş merkezleri, oteller, spor tesisleri, fabrikalarda yağış sularının toplanmasına önem verilmelidir. Bu tür yapılar da sular çok fazla arıtma işlemine tabi tutulmadan kullanılabilmesi için planlamalarında sadece depolama alanlarının ayrılması yeterli olacaktır. Suyun hem kullanım hem içme suyu olarak tüketildiği konutlarda yağış suları yeterli arıtma işlemleri yapıldıktan sonra kullanılmalıdır. Bu amaçla planlamalarda arıtma birimlerine yer verilmelidir.

Binalar hâkim rüzgâr yönü dikkate alınarak konumlandırılmalı, yapının mimari tasarım bütünlüğü içerisinde geniş saçaklar oluşturularak su toplama alanı genişletilmeli, su emme oranı düşük çatı kaplama malzemeleri tercih edilmelidir. Toplanan sular yer üstünde depolanacaksa güneş ışığı geçirmeyen malzemelerden yapılacak depolar, yer altında ya da yapı içerisinde toplanacaksa müdahale etme imkânı kolay olan depolar tercih edilmelidir. Mevcut yapılar da yağış sularının depolanması için yapı içerisinde bodrum katlar öncelikli tercih alanları olmalıdır. Eğer bodrum katta alan yoksa ve yapı taşıyıcısına çok büyük bir etki oluşturmayacaksa su depoları çatı arası alanlara kurulabilir. Ancak bu durumda depoların yalıtımı iyi yapılmalıdır. Aksi takdirde su yapıya zarar verecektir.

Yurt dışında pek çok ülkede teşvik kapsamında olan yağış sularının toplanarak yapı içerisinde kullanımı ülkemizde de desteklenmektedir. Ayrıca, bu durum daha da genişletilerek imar yönetmelikleri ile özellikle suyun içme suyu dışında kullanıldığı yapılar da zorunlu hale getirilmeli ve teşvik edilmelidir. Böylelikle kaynaklar daha etkin bir şekilde kullanılarak daha iyi bir ortamda yaşama destek olunabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Silkin, H. 2014. İklim değişikliğine uyum özelinde bazı uygulamaların Türkiye açısından değerlendirilmesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi. 1-4s, Ankara.
- [2] Anonymous (Birleşmiş Milletler). 1994. United Nations concise report on the world population situation in 2014 – Birleşmiş Milletler 2014 dünya nüfus durumu özlü Raporu. Birleşmiş Milletler. 2s, New York.
- [3] Anonymous (Birleşmiş Milletler). 1992. United Nations framework convention on climate change - Birleşmiş Milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi. Birleşmiş Milletler. 3s, New York.
- [4] Kural, A. 2010. Yapı ve yerleşimlerde çevre olumsuz etkilerinin önlenmesi. Ekoyapı Dergisi. 1: 50,54s, İstanbul
- [5] Doğanönül, Ö., Doğanönül, C. 2009. Küçük Ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı. Teknik Yayınevi. 7-10, 33-41, 50-52, 58-62, 72-79s, Ankara,
- [6] Tunçözgür, Ü. 2012. Dünden Bugüne Safranbolu. Safranbolu Belediyesi Kültür yayınları/1. 27, 28s Karabük.
- [7] İnternet: Safranbolu Belediyesi. 2016 “Safranbolu Tarihi”.<http://www.safranbolu-bld.gov.tr/?/safranbolu/safranbolu-tarihi-274>
- [8] Genç, E. 2011. Çatı kaplama ürünlerinin seçiminde ürün bilgilerinin düzenlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi., 12-127s, İstanbul.
- [9] Anonim (Karabük Meteoroloji İl Müdürlüğü). 2015. 2005-2014 Karabük yağış ve sıcaklık verileri. Karabük Meteoroloji İl Müdürlüğü, Karabük
- [10] Bektaş, İ. 2016. Fotoğraf ve çizim arşivi.
- [11] Kantaroğlu, Ö. 2009. Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. 1147-115s İzmir.
- [12] İnternet: Google Haritalar. 2016. Safranbolu Çalışma Alanı Uydu Görüntüleri. <https://www.google.com/maps/@41.2530611,32.6805792,15z>