Bartın Orman Fakültesi Dergisi | Journal of Bartin Faculty of Forestry
2025, 27(2): 210 – 222 | DOI: 10.24011/barofd.1655392

Orman Yollarında Çelik Boru Menfez Uygulaması (Yalıköy Orman İşletme Şefliği Örneği)

Ceyda Hicaz[1], Tolga Öztürk[1,*]

[1] İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Makale Tarihçesi
Gönderim: 11.03.2025
Kabul: 04.07.2025
Yayım: 30.08.2025

Araştırma Makalesi

Öz – Orman yollarının uzun süreli hizmet verebilmesi için drenaj yapılarının eksiksiz yapılması, suyun yol yüzeyinden ve çevresinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Drenaj yapılarının planlanması, seçimi, konumlandırılması ve inşa edilmesi bu açıdan çok önemlidir. Bu çalışma, İstanbul Çatalca Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Yalıköy Orman İşletme Şefliği alanları içerisinde yer alan bir orman yolu üzerinde yapılmıştır. Bu yol üzerinde drenaj için çelik boru menfezler yapılmış ve bu menfezlerin teknik özellikleri, planlanması, yapımı ve konumlandırılması gibi tüm konular detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada üç adet 80 cm, bir adet 150 cm, bir adet 160 cm ve bir adet 170 cm çapında 6 adet çelik boru menfez kullanılmıştır. Menfezlerin uzunlukları 7 ile 15 metre arasında değişiklik göstermiştir. Güzergah boyunca toplam 72 m menfez kullanılmış olup, bu menfezlerin toplam maliyeti 13.04,.00 USD olarak belirlenmiştir. Bu menfezlerin üç adedi dere geçişlerinde ve diğer üç adedi ise kenar hendeklerindeki suyun yolun karşısına geçirmekte kullanılmıştır. Talbot yöntemi ile menfezlerin hesaplanan kesit alanlarının menfez havzası için yeterli olduğu belirlenmiştir. Menfezler için gerekli kazı alanı boyutları, dolgu malzemesi miktarı ve baş duvar için gerekli olan taş malzeme gibi tüm teknik detaylar incelenmiştir. Çelik boru menfezlerin orman yolunda kullanılmasının diğer drenaj yapılarına göre sağladığı avantajlar ve dezavantajlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler *– Drenaj yapıları, menfez, maliyet, orman yolu, kesit alanı*

Application of Steel Pipe Culverts on Forest Roads (Yalıköy Forest Management Directorate Application Example)

[1] Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Istanbul, Türkiye

Article History
Received: 11.03.2025
Accepted: 04.07.2025
Published: 30.08.2025

Research Article

Abstract – In order for forest roads to provide long-term service, drainage structures must be properly designed and constructed to effectively remove water from the road surface and its surroundings. The planning, selection, positioning, and construction of these drainage structures are therefore of critical importance. This study was conducted on a forest road within the Yalıköy Forest Management Directorate under the Istanbul Forest Regional Directorate. For drainage purposes, steel pipe culverts were installed along this road and all aspects—including technical specifications, planning, construction, and positioning—were examined in detail. Six steel pipe culverts were used: three with a diameter of 80 cm, and one each with diameters of 150 cm, 160 cm, and 170 cm. The lengths of the culverts ranged from 7 to 15 meters, with a total of 72 meters of culvert installed along the road. The total cost of these culverts was calculated as $13,045.00 USD. Three culverts were used for stream crossings, while the other three served to convey water from roadside ditches across the road. The cross-sectional areas of the culverts, calculated using the Talbot method, were found to be adequate for the drainage basins. Technical details such as the dimensions of the required excavation areas, the amount of backfill material, and the stone material needed for headwalls were thoroughly analyzed. Additionally, the advantages and disadvantages of using steel pipe culverts on forest roads, compared to other types of drainage structures, were evaluated.

Keywords *– Drainage structures, culvert, cost, forest road, cross section area*

[1] sandi2016joud@gmail.com
[1,*] tozturk@iuc.edu.tr
*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Yollar, insanların, eşyaların ve malzemelerin bir yerden başka bir yere taşınmasını sağlayan hayati yapılardır (Dube ve McCalmon, 2004). Ormanlık alanlara ulaşımı sağlayan orman yolları ağaçlandırma, üretim, koruma, yangınlarla mücadele, silvikültür ve sosyal aktiviteler gibi tüm ormancılık çalışmaları için çok önemlidir. Orman yollarının kaliteli olması ormancılık faaliyetlerinin sorunsuz bir şekilde yapılabilmesi için gereklidir (Akay, 2005). Orman yollarını olumsuz olarak etkileyen en önemli faktör suyun yol yüzeyinde ve çevresinde bulunmasıdır (FAO, 2011). Orman yolu üzerinde eğime bağlı olarak boyuna hareket eden ve yüzeyden uzaklaştırılmayan su sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Orman yolu üzerinde olumsuz etki yaratan suyun hareketini engellemek ve yol yüzeyinden en kısa sürede uzaklaştırmak için çeşitli drenaj sistemleri uygulanmaktadır (Luce ve Beverley, 2001).

Drenaj işlemi, yüzeye ve çevresine gelen yağış suyunun bulunduğu yerden uzaklaştırılması ve kontrol edilmesi işlemidir. Drenaj, yol kaplamasının trafik ve çevre etkilerine dayanma kabiliyetini belirlemede önemli bir özelliktir. Drenaj tasarımı suyu toplayan, taşıyan ve ortadan kaldıran tesislerin hazırlanmasını içermektedir. Yeterli drenaj yolun hizmet verme kabiliyetini ve kullanım ömrünü etkilediği için drenaj yapılarının tasarımı çok önemlidir (O'Flaherty, 2002). Drenajın iyi bir şekilde yapılması orman yolları için büyük bir gereklilik olan bakım ve onarım çalışmalarının maliyetlerini de azaltmış olacaktır.

Yol çalışmaları esnasında uygun bir drenajın sağlanması yolun planlaması ve sıfır hattının aplikasyonu ile başlar (OGM, 2008). Yetersiz drenajlı alanlardan, büyük dere akımlarından ve gereksiz dere geçişlerinden kaçınan bir yol sıfır hattı drenaj sorunlarını büyük ölçüde azaltacaktır. Yeterli drenajın sağlanması, standardı yüksek veya düşük tüm karayollarının konumu ve geometrik tasarımında önemli bir faktördür. Maliyet açısından bakıldığında yol inşaat maliyetinin %25'ini drenaj yapıları oluşturmaktadır (Wyatt ve Macari, 2000).

Orman yollarında yüzeysel ve yüzey altı sularının uzaklaştırılması drenaj çalışmalarını oluşturur. Bu drenaj çalışmalarında kenar hendekleri, yol yüzeyine eğim verilmesi gibi yol yapım çalışmalarında göz önüne alınan tedbirler yanında inşa edilerek oluşturulan çeşitli yapılarda bulunmaktadır. Orman yollarında kullanılan drenaj yapıları; menfezler, büzler, kasisler ve köprülerdir. Özellikle yol ile dere yataklarının karşılaştığı yerlerde bu yapılardan biri mutlaka yapılmalıdır. Aynı zamanda, yol kenar hendeklerinde biriken suların da mutlaka belirli mesafelerle yol çevresinden uzaklaştırılması gerekmektedir (Bayoğlu, 1997; Öztürk ve Hasdemir, 2021).

Bir menfezin yapılması için karar verirken bitki örtüsü (Jordan-Lopez vd., 2008), bitki türü, alanın hidrolojisi ve topoğrafyası (Dube vd., 2004; Akbari Mazdi vd., 2009), akarsu debisi (Ghahraman, 2009), akarsu uzunlukları ve balık geçiş noktaları (Asce vd., 2002), orman yolunun geometrik standartları (Schiess vd., 2004; Fu vd., 2010), yol güzergâhı boyunca menfez aralıklarının tayini (FAO, 1998; Brinker, 1995) gibi faktörler etken olmaktadır. Menfez kurulumu için dört adım sırasıyla yapılmalıdır. Bunlar: menfez kurulumunun planlanması ve yer seçimi, doğal dere akışının bozulmaması, menfez temellerinin dere akışına uygun bir şekilde hazırlanması ve menfezin yerine yerleştirilmesidir (Nasiri ve Askari, 2020).

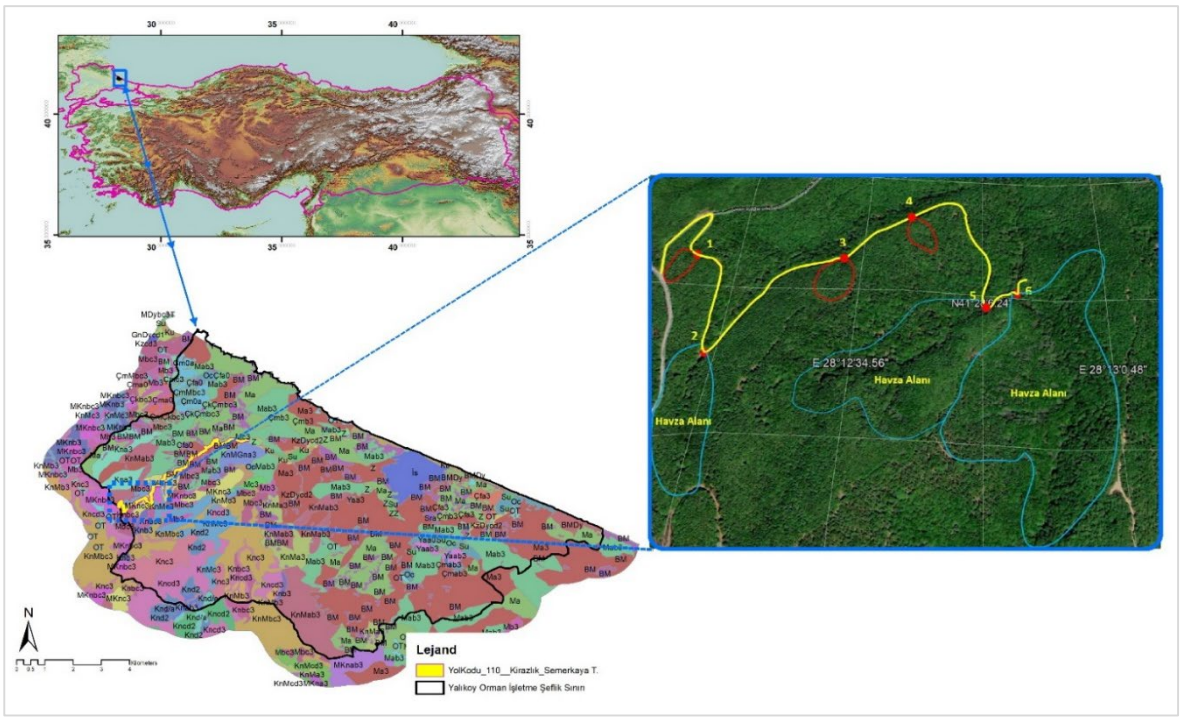
Günümüzde coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla orman yol ağlarının planlanması yanında yol güzergâhı üzerinde konumlandırılacak drenaj yapılarının da yer ve kesitleri belirlenmektedir (Alidokht vd., 2015). Orman yollarında drenaj koşullarının iyileştirilmesi ve yol güzergahında kullanılacak en uygun drenaj yapısının belirlenmesi için bilgisayar programları ve Talbot yöntemi gibi ampirik formüllerle çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda uygun drenaj yapısının belirlenmesi yanında mevcut drenaj yapılarının uygunluğu da araştırılmıştır (Akbari Mazdi vd., 2009; Hosseinpour Asli, 2018; Nasiri ve Askari, 2020).

Bu araştırmanın amacı, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü orman yollarında ilk defa yapılan çelik boru menfezlerin sürdürülebilir bir yol drenaj sistemi oluşturmak için planlama ve yapım aşamalarını detaylı bir şekilde incelemektir. Çalışmada yol güzergâhı boyunca farklı noktalarda uygulanacak olan çelik boru menfezlerin boyutlarının ve kesitlerinin doğruluğu, konumlandırılmaları ve yapım teknikleri ayrıntılı bir şekilde ortaya konmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma Alanı

Araştırma amacıyla İstanbul ili Çatalca Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Yalıköy Orman İşletme Şefliği belirlenmiştir. Yalıköy Orman İşletme Şefliği Ekvatora göre 41°25′15″ - 41°31′33″ kuzey enlemleri ile Greenwich'e göre 28°11′33″ - 28°21′32″ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1) (Anonim, 2025). Şeflik sınırları içerisinde yer alan 110 kot nolu orman yolu araştırma alanı olarak seçilmiştir. Orman yolunun toplam uzunluğu 2,5 km olup, yol uzun süredir kullanılmayan büyük onarım ihtiyacı olan bir yoldur. Orman yolu çevresi doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) meşcerelerinden oluşmaktadır. Çalışma, 2021 yılı mayıs ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında yamaç eğimleri %25-50 arasında olup, orman yolunun eğimi %2-5 arasında farklılık göstermektedir.



Şekil 1. Araştırma alanı

2.2. Yöntem

Çalışmaya konu olan orman yolu üzerindeki menfez yerleri, kesit alanları ve tipleri Orman Bölge Müdürlüğü Makine ve İkmal Şube Müdürlüğü tarafından belirlenmiştir. Orman yolu güzergâhında kullanılacak menfezlerin kesit alanları belirlenirken Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğünden havza verileri alınmıştır. Yapılan bu çalışmada, öncelikle uzun süredir kullanılmayan 110 kot nolu orman yolunun mevcut durumu incelenmiştir. Drenaj yapılarının yapılması gereken noktaların konumları kontrol edildikten sonra bu noktalarda planlanan drenaj yapılarının boyutlarının doğruluğunun incelenmesi açısından ArcMAP ArcHydro modülü ile havza alanları bulunmuştur (Öztürk ve İnan, 2010). Bu alanlara göre ilk yaklaşım formülü olan Tablot Yöntemi ile drenaj yapılarının kesit alanlarının doğruluğu belirlenmiştir. Bunun yanında, drenaj yapılarının uzunlukları ve konumlandırılmaları açısından çeşitli ölçümler yapılmıştır.

$$S = 5{,}791\ x\ C\ .x\sqrt[4]{A^3} \qquad (2.1)$$

Burada;

S = Hidrolik sanat yapısının enkesit alanı (m^2)

C = Talbot katsayısı
A = Havza alanı (km^2)

Bu formül, drenaj yapılarının kesit alanlarının son ve kesin boyutların belirlenmesinde ilk yaklaşım amacıyla kullanılmaktadır. Talbot katsayısı (C) (Tablo 1) bölgenin topoğrafik yapısına ve üzerindeki orman yapısına bağlı olarak değişmektedir (Öztürk ve Hasdemir, 2021).

Dere yatağından yola doğru gelecek maksimum debiyi karşılayabilecek drenaj yapısı için uygun, çevre zararı az olan ve ekonomik boyutun belirlenmesi amacıyla, öncelikle bu drenaj yapısının kesit büyüklüğünün belirlenmesi gerekmektedir. Drenaj yapısının kesitinin ortaya konmasında Talbot formülü ilk yaklaşım olarak kullanılmaktadır (Özçelik, 1982). Bu formül;

Tablo 1
Havzanın genel özelliklerine göre akım katsayıları

Zemin cins ve özellikleri	Akım katsayısı (C)
Su sızdırmaz yüzeyler	0,90 – 0,95
Dik ve çıplak yüzeyler	0,80 – 0,90
Dalgalı ve çıplak yüzeyler	0,60 – 0,80
Düz ve çıplak yüzeyler	0,50 – 0,70
Dalgalı meralar	0,40 – 0,65
Yaprağını döken ormanlar	0,35 – 0,60
İğne yapraklı ormanlar	0,25 – 0,50
Meyve bahçeleri	0,15 – 0,40
Vadi içi tarım alanları	0,10 – 0,30

Bu çalışmada, Talbot formülü yardımıyla menfezlerin yapılacağı alanlarda gerekli olan kesit alanları tekrar hesaplanmış ve bu alanlarda yapılan drenaj yapılarının Orman Bölge Müdürlüğü Makine ve İkmal Şube Müdürlüğü tarafından belirlenen kesit alanları ve menfez boyutları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda yol güzergâhında kullanılan çelik menfezlerin orman alanları için uygunluğu, çevresel etkileri, yapım süreçleri bakımından uygunluğu gibi konular değerlendirilerek çeşitli öneriler getirilmiştir.

3. Bulgular

Çalışma için seçilen orman yolu B tipi olarak inşa edilmiştir. Fakat yol uzun süredir ormancılık çalışmaları için kullanılmadığından ve yol üzerinde araç geçişi olmadığından yolun mevcut durumda büyük onarım ihtiyacı bulunmaktadır. Geçen zaman içerisinde yol güzergâhı yüzeysel suların etkileri nedeniyle büyük bir deformasyona uğramıştır. Kenar hendekleri kapanmış, yol yüzeyinde büyük yarıklar oluşmuş ve özellikle dere geçişlerinde yol tamamen çöküntüye uğramıştır. Yol çevresindeki otsu bitkiler ve ağaçlar zaman içerisinde büyüyerek yolun birçok yerinin tamamen kapanmasına neden olmuştur. Bu çalışmada 110 kot nolu yol güzergâhı boyunca altı adet menfez yapım yeri belirlenmiştir. Menfezlerden üç tanesi kenar hendeklerde biriken suların yolun karşı tarafına aktarılması için planlanmıştır. Diğer üç menfez ise yolun dereler ile karşılaştığı bölgelerde yapılarak derelerin yolun karşı tarafına geçebilmesi için planlanmıştır.

Çalışmaya konu olan yol araç geçişine izin veremediği için ilk olarak büyük onarım çalışmaları yapılmıştır (Şekil 2). Bu kapsamda bir buldozer yardımıyla yol güzergâhı boyunca heyelanlar nedeniyle çöken ve yıkılan bölümler doldurulmuş, dere geçişleri yeniden düzenlenerek yol güzergâhı tamamen düzeltilmiştir. Daha sonra bir ekskavatör yardımıyla yolun kazı şevleri ve kenar hendekleri standartlara uygun hale getirilmiştir. Kurplar genişletilerek büyük araçların geçişine uygun bir şekilde hazırlanmıştır.



Şekil 2. 110 kot nolu yolun ilk durumu

Bu çalışmalardan sonra yol güzergâhına çok yakın durumda bulunan bitki örtüsü ve ağaçlar yolun her iki yönüne üçer metre olmak üzere kesilerek uzaklaştırılmıştır. Böylece yolun güneş alması ve bir araç yolu özelliği kazanması sağlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Buldozer ile yol sathının düzeltilmesi

Büyük onarım çalışmalar ve çevresel temizlik tamamlandıktan sonra, sıra ile menfez yerlerinin açılmasına ve çelik boru menfezlerin yerlerine yerleştirilmesi aşamasına geçilmiştir. Drenaj çalışmaları için kullanılan çelik boru menfezlerin çapları 80, 150, 160 ve 170 cm olarak belirlenmiştir. Bu menfezlerden 80 cm çapında olanlar kenar hendeklerinde toplanan suyun akıtılması için, büyük boyutlu olan diğer menfezler ise dere geçişlerinde kullanılmıştır. Çelik menfezlerin teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2
Çelik menfez teknik özellikleri (URL-1)

Açıklama	Özellik
Tanımlama	Sıcak daldırmayla sürekli kaplanan çelik yassı ürün
Boru çapları (mm)	Ø1700, Ø1600, Ø1500, Ø800
Çelik sınıfı	S250GD
Standart	EN10346
Akma noktası	250 mpa
Çekme noktası	330 mpa
Uzama	%19
Kaplama	Her iki tarafa 600 gr/ m² çinko kaplama

Yol güzergâhı boyunca devamlı su taşıyan üç adet dere geçişi bulunmaktadır. Bu dere geçişlerinde kullanılacak olan çelik boru menfezlerin uzunluğu ilk çalışmalarda 10 m olarak planlanmıştır. Büyük onarım çalışmalarından sonra kurpların standartlarının arttırılması ve geniş kurplar inşa edilmesinden sonra menfez uzunlukları tekrar güncellenmiştir. Bu güncellemeye göre dere geçişlerindeki menfezlerin uzunlukları 15 m'ye çıkarılmıştır. İlk planlamalarda 10 m uzunluğa göre fabrikada imal edilen menfezler 5 m daha uzatılmıştır. Bu amaçla çelik menfezlerin uç kısmına 5 m uzunluğunda yeni parçalar kaynak ve kelepçeler yardımıyla ilave edilmiştir. Menfezlerin yapı ve boyutsal özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3
Çelik menfezlerin yapısal ve boyutsal özellikleri

No	Çap (mm)	Malzeme Sınıfı	Uzunluk (m)	Hidrolik kesit (m^2)	Plaka kalınlığı (mm)	Yapı ağırlığı (kg)
1	Ø 800	HC800	7	0,50	1,5	247,50
2	Ø 1500	HC1500	15	1,77	2,0	1344,75
3	Ø 800	HC800	10	0,50	1,5	353,70
4	Ø 800	HC800	10	0,50	1,5	353,70
5	Ø 1600	HC1600	15	2,01	2,0	1434,45
6	Ø 1700	HC1700	15	2,27	2.0	1524,25

Çelik boru menfezlerin yerleştirildikleri yerlerdeki kazı genişlikleri, derinlikleri ve uzunlukları çelik menfezin çapının büyüklüğüne ve menfez uzunluklarına göre belirlenmiştir. Menfez yerleri bir ekskavatör yardımıyla kazılarak oluşturulmuştur. Çelik menfezlerin yerleştirilmesi için yapılan kazı miktarları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4
Çelik menfez boyutları ve kazı miktarları

No	Menfez uzunluğu (m)	Menfez çapı (cm)	Kazı (m)			Kazı hacmi (m^3)
			Genişliği	Derinliği	Uzunluğu	
1	7	80	3,20	2,70	9,0	77,76
2	15	150	4,50	3,00	15,0	202,50
3	10	80	3,30	2,30	9,5	72,11
4	10	80	3,20	2,30	6,0	44,16
5	15	160	4,50	3,00	15,5	209,25
6	15	170	4,50	3,00	15,5	209,25

Orman yollarında drenaj yapılarının yerlerine yerleştirilirken göz önüne alınan ilk kural olan dere yataklarının değiştirilmemesi bu çalışmada da uygulanmıştır. Dere yataklarına yerleştirilen menfezler dere akış yönüne ve derenin yatak şekline göre belirlenmiş, dere yatağının şekli değiştirilmemiştir. Yol güzergâhı boyunca kazı şevlerinden ve yol yüzeyinden gelerek kenar hendeklerinde toplanan suların yolun karşı tarafına drene edilebilmesi için çelik menfezler yol eksenine yaklaşık 30° açıyla yerleştirilmişlerdir.

Çelik menfezlerin yerlerine yerleştirilmeleri çalışmalarında öncelikle kazı alanının taban kısmı ekskavatör yardımıyla düzgün bir şekilde düzeltilmiştir. Daha sonra menfezin oturacağı kısmın altına 20 cm yüksekliğinde dolgu malzemesi (0,25'lik dolgu malzemesi) serilmiştir. Menfez altı dolgu tabakası serilip düzeltildikten sonra çelik menfezler bir ekskavatör yardımıyla yerlerine indirilmiştir. Bu aşamada iki işçi menfezin konumlandırılmasına yardımcı olmuş ve bu işlem esnasında menfezlerin yerlerinde sabit durabilmesi için yan taraflarına dolgular yapılmıştır. Daha sonra menfezlerin üst ve yan kısımları yol yüzeyine kadar 30 cm'lik

tabakalar halinde doldurularak sıkıştırılmıştır (Şekil 4). Kutu menfez, tabliyeli menfez, plak menfez gibi betonarme şeklinde yapılan menfezlerde temel ve gövdenin oluşturulmasında kalıpların çakılması, çelik kafesin hazırlanması ve beton dökümünün gerçekleştirilmesi, kalıpların sökülmesi ve dolgu işlemlerinin yapılması ile kıyaslandığında çelik boru menfezlerin yerlerine yerleştirilmesi çok kısa zamanda gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmalardan sonra çelik menfezlerin giriş ve çıkış taraflarında bulunan baş duvarların yapımına geçilmiştir. Baş duvarlar harçlı taş duvar şeklinde yapılmıştır. Baş duvarlar yol dolgusunu koruması amacıyla yapılmıştır. Yol güzergâhı boyunca tüm drenaj yapılarının yapım çalışmaları tamamlandıktan sonra yol üzerine malzeme serilerek üst yapı çalışmaları tamamlanmıştır (Şekil 5). Üst yapı çalışmaları tamamlandıktan sonra 110 kot nolu orman yolu tamamen ulaşıma açık hale getirilmiştir.



Şekil 4. Menfez yerlerinin açılması ve menfezin yerleştirilmesi



Şekil 5. Menfez baş duvarlarının yapılması ve üst yapı çalışmaları

Çelik boru menfezler için inşa edilen baş duvarların boyutları Tablo 5'te, baş duvarlar için kullanılan taş hacmi ve ayrıca menfezlerin üzerinde yapılmış olan dolgu miktarı Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5
Baş duvarın boyutları ve kullanılan taş hacimleri

	Baş duvar (Giriş) (cm)			Baş duvar (Çıkış) (cm)		
No	Uzunluğu	Genişliği	Yüksekliği	Uzunluğu	Genişliği	Yüksekliği
1	340	40	190	420	40	180
2	480	40	250	580	40	280
3	340	40	180	270	40	180
4	420	50	180	470	50	210
5	710	50	280	550	50	280
6	530	50	310	490	50	270

Tablo 6
Çelik menfez üzerine yapılan toprak dolgu miktarı

No	Baş Duvar Hacimleri (m^3)		Toplam Dolgu Hacmi (m^3)
	Giriş	Çıkış	
1	3,14	3,80	74,22
2	4,80	6,50	175,95
3	2,45	1,95	67,05
4	3,78	4,94	39,11
5	9,94	7,70	179,10
6	8,13	6,62	175.,20

Bu çalışma da çelik boru menfezlerin yapım çalışmalarının izlenmesi yanında diğer bir çalışma bölümü ise uygulanan menfezlerin kesit alanlarının doğru bir şekilde belirlenip belirlenmediği sorusuna cevap bulmaktır. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Makine ve İkmal Şube Müdürlüğü tarafından belirlenen kesit alanları tarafımızdan tekrar belirlenerek Talbot yöntemiyle incelenmiş ve yol üzerinde kullanılan çelik menfezlerin su toplama havza alanlarına uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Öncelikle orman yolu güzergâhı üzerinde çelik menfezlerin bulunduğu alanlardaki havzaların alansal büyüklükleri belirlenmiş ve daha sonra Talbot formülü ile kesit alanları hesap edilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7
Çatalca 110 kot nolu yoldaki menfezlerin seçimi

No	Havza Alanı (km^2)	Gerekli Kesit Alanı (m^2)	Talbot Kat-sayısı (C)	OGM Kesit Alanı (m^2)	OGM Menfez Tercihi (cm)	Açıklama
1	0,024	0,212	0,60	0,502	80	Uygun
2	0,132	0,761	0,60	1,766	150	Uygun
3	0,026	0,225	0,60	0,502	80	Uygun
4	0,027	0,230	0,60	0,502	80	Uygun
5	0,282	1,345	0,60	2,009	160	Uygun
6	0,509	2,094	0,60	2,269	170	Uygun

Talbot formülünde kullanılmak üzere C katsayısı araştırma alanının topoğrafik yapısına göre 0,60 alınmıştır. Yolun içerisinde bulunduğu alanlar yapraklı meşcerelerden oluşmaktadır. Tablo 7 incelendiğinde Talbot formülüne göre belirlenen kesit alanları arazide uygulanan çelik menfezlerin kesit alanlarına uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Orman yollarında çelik menfezlerin uzun süreli kullanımında periyodik bakımların ve kontrollerin mutlaka yapılması gerekmektedir. Özellikle baş duvarların kontrolleri, bunun yanında, menfez üzerindeki dolgunun zamanla azalması menfez üzerindeki yükün artmasına neden olacağından dolguların da kontrol edilerek imkân dâhilinde dolgu takviyesi yapılmalıdır.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında, zaman içerisinde doğa olaylarından dolayı işlevini yitirmiş olan bu orman yoluna büyük onarım, çelik boru menfezler ve üst yapı çalışmaları sonucunda işlevsellik kazandırılmıştır. Orman yolu üzeri ve çevresindeki suların uzaklaştırılması yolun uzun süreli kullanım olanağını arttırmıştır. Orman yollarında büyük onarım çalışmalarından sonra yapılan drenaj yapıları üretim ve sosyal amaçla kullanılan yolların daha güvenilir olmasını sağlamaktadır (Nunamaker vd., 2007; Anonim, 2011). Bu çalışmada kullanılan çelik menfezlerin boyutları 7-15 m arasında, çelik kalınlıkları ise 1,5 – 2,0 mm arasında değişiklik göstermiştir. Gillies (2003) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada drenaj için çelik menfezler 2,7 m çapında, 7 m boyunda ve 3,5 mm kalınlığında seçilmiştir. Çelik menfezlerin iç çapları büyüdükçe çeliğin kalınlığı da artmaktadır.

Bu çalışmada 3 adet menfez dere geçişlerinde diğer üç adedi ise kenar hendeklerinde biriken suların yolun karşı tarafına geçirilmesi amacıyla yol güzergâhına açılı bir şekilde (30°) yerleştirilmiştir. Dere geçişlerinde ise suyun akış yönü değiştirilmeden çelik boru menfezler konumlandırılmıştır. Vasileios vd. (2020) yaptıkları çalışmada kenar hendekler için düşünülen menfezlerin mutlaka yol güzergâhına belirli bir açı ile yerleştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Dere geçişlerinde ise mümkün olduğunda dere akış çizgisine bağlı kalınmalı ve özellikle dere geçişlerinde balık popülasyonlarının menfez içerisinde akım yönüne göre hareketini sağlamak için bu kurala uygun davranmak gerektiği belirtilmiştir (Keller ve Sherar, 2003). Gillies (2004) British Columbia'da yaptığı diğer bir çalışmada ise; dere yataklarının korunması amacıyla yuvarlak ve elips çelik menfezler kullanılmıştır. Bu çalışmada menfez boyutları 11-33 m arasında değişiklik göstermiştir. Çelik menfezler uzatılabilmek için kelepçeler kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında çelik menfezlerin kazı alanına yerleştirilmesi sırasında dolgu malzemesi ile menfez altına yatak yapılması ve dolgunun tabakalar halinde serilerek sıkıştırılması yapılmıştır. Menfezlerin yerleştirilmesi sırasında dolgunun iyi bir şekilde yapılması, dolgu yapılırken menfezin sağa-sola hareketini kısıtlayabilmek için tabakalar halinde yapılması menfez stabilitesi için çok önemlidir (Wilson, 1996; Anonim, 2018).

Bu çalışmada orman yolu üzerinde inşa edilen çelik menfezlerin kesit alanları 0,502 m^2 ve 2,269 m^2 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca Talbot formülü ile hesaplanan kesit alanları 0,212 m^2 ve 2,094 m^2 olarak hesaplanmıştır. Bu kesit alanları havza büyüklüklerine ve havzadan gelebilecek su miktarına göre drenaj yapısının işlevselliğini tam olarak sağlamaktadır. Çalışkan ve Acar (2003) tarafından Yeşiltepe Orman İşletme Şefliği ormanlarında yapılan çalışma sonucunda kesit alanı olarak 1 m^2'den küçük kesit alanı olan yerlerde dairesel kesitli büz veya küçük menfez, kesit alanı 1 – 2 m^2 aralığında olan alanlarda sepetkulplu büz veya kasis, kesit alanı 2 – 8 m^2 arasında olan alanlarda büyük menfez veya büzlü kasis ve kesit alanı 8 m^2'den büyük olan alanlarda köprülerin kullanılmasını uygun görmüştür. Öztürk (2020) tarafından İstanbul Belgrad Ormanı'nda yapılan diğer çalışmada, bir orman yolu üzerinde planlanan ve inşa edilen 7 adet kutu menfezin kesit alanlarının ve konumlandırılmalarının hatalı olması nedeniyle 5 adet menfezin işlevini 2 – 3 yıl içerisinde tamamen yitirdiği belirlenmiştir. Bu durum drenaj yapılarının çok kısa sürede işlevini yitirmesi yanında işletmenin ekonomik kaybı olarak da zarara neden olmaktadır.

Bu çalışmada havza alanlarının belirlenmesinde ArcMAP ArcHydro modülü kullanılarak belirlenmiştir. Buradan elde edilen havza alanları değerleri ile Talbot ilk yaklaşım formülü kullanılarak menfezler için gerekli kesit alanları bulunmuştur. Helvey ve Kochenderfer (1988) yılında Amerika Appalachians bölgesinde yapılan bir çalışmada Talbot yöntemiyle menfez kesit alanlarını belirlenmişlerdir. Çalışmada 45 cm çapa sahip menfezlerin kullanılmasının 60 cm çapında menfez kullanımına göre maliyeti %37 azalttığını tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada, Eskandari ve Hosseini (2013)'in İran'ın Darabkola bölgesinde yaptıkları bir çalışmada ArcGIS 9.1 ve ArcView 3.1 programlarını kullanarak orman yolu üzerinde gerekli olan menfez boyutlarını ve tiplerini belirlemişlerdir.

Günümüzde drenaj yapılarının özellikle konumlandırılması çalışmalarında ve kesit alanlarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Teknolojisi ve farklı programlar kullanılarak günümüzde drenaj yapılarının kesit alanlarının belirlenmesinde ve konumlandırma çalışmaların da kullanılmaktadır (Scandari ve Hosseini, 2011; Eskandri ve Hosseini, 2013).

Bu çalışma kapsamında yapılan altı adet menfezin yaklaşık maliyeti TCMB 15 Şubat 2021 tarihindeki USD döviz kuruna (URL-2) göre (1 USD = 6,9954 TL) 13045,00 USD'dır. Galvanizli çelik menfezlerin maliyeti aynı kur miktarıyla 7385,00 USD olarak belirlenmiştir. Araştırma alanında bulunan yol üzerinde toplam 72 metre çelik boru menfez kullanıldığı düşünüldüğünde ortalama bir metre menfezin maliyeti 103 USD olarak bulunmuştur (15+15+15+10+10+7 = 72 m; 7385/72 = 103 USD). Gillies (2003) tarafından yapılan çalışmada 2,7 m çapında çelik bir menfezin bir metresinin maliyeti 705 USD olarak belirlenmiştir. Gillies (2003) tarafından yapılan çalışmada çelik menfezin çapının bu çalışmada kullanılan menfezlerden büyük olması çelik menfezin metre maliyetini arttırmaktadır.

Çelik boru menfezlerin yerlerine yerleştirilmesi inşa zamanı bakımından diğer betonarme menfezlere görece daha az zaman almaktadır. Drenaj yapısının yapımı aşamalarında baş duvarların yapımı harçlı taş olduğu için işçilik bakımından en fazla süreyi kapsamıştır. Çelik menfezlerin inşası sırasında çelik boru menfezin stabilitesini arttıran ve aynı zamanda yol dolgusunu koruyan baş duvarlar yerine yapımı daha kolay olan büyük boyutlu taş ve kayalardan oluşan kuru pereler daha fazla tercih edilmektedir (Anonim, 2011; Anonim, 2010). Çalışma alanında dere geçişleri için kullanılan büyük boyutlu çelik boru menfezler su geçişi yanından balık geçişlerine ve dere içerisinde yaşayan diğer canlılarında yolun altından rahatlıkla geçişini sağlayabilecektir. Derelerde balık ve diğer canlıların geçişlerinin yollar tarafından kesintiye uğratılmaması amacıyla birçok drenaj yapısı büyük çelik boru menfezler şeklinde inşa edilmektedir. Bu çelik menfezler yuvarlak olabildiği gibi, büyük boyutlu olanlar elips şeklinde de yapılmaktadır (Chen, 2021; Merril ve Casaday, 2001).

5. Öneriler

Bu çalışmanın ışığında sırasıyla aşağıdaki bazı öneriler getirilmiştir;

- Drenaj yapılarının planlanmasında bilgisayar teknolojisi ve programları kullanılarak havza alanlarının, havzadaki yağış miktarına göre drenaj yapılarının kesit alanlarının belirlenmesi gibi farklı çalışmalar daha hızlı ve daha doğru yapılabilir.
- Çelik menfezlerin giriş ve çıkış noktalarında kuru pere gibi yapıların kullanımı yol dolgusunun akmasını önleyecektir. Harçlıtaş veya beton baş duvar yapımına mümkün olduğunca yer vermeye gerek yoktur.
- Çelik menfezlerin periyodik kontrollerinin ve bakımların yapılması gerekmektedir. Menfez için kullanılan çelik yapıda oluşabilecek bir deformasyon veya baş duvarlarda ve dolguda oluşabilecek değişiklikler önceden tespit edilerek önlemler alınmalıdır.
- Orman yollarında özellikle üretim sahalarında acil ve hızlı yapılması gereken yerlerde çelik menfezler tercih edilebilir. İnşaatın ve bakımın kolay olması bu menfezlerde bir avantaj olarak görülebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Ceyda Hicaz'ın İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Merkezinde yaptığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Yazar Katkıları

Ceyda Hicaz: Veri toplama, veri analizi yapmıştır.

Tolga Öztürk: Veri toplama, veri analizi yapmış, düzenleme ve makaleyi yazmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

Akay, A.E. (2005). Applying the decision support system,TRACER, to forest road design. *Western Journal of Applied Forestry*, 20(3): 184-191. Erişim adresi: https://academic.oup.com/wjaf/article-abstract/20/3/184/4717997?redirectedFrom=fulltext

Akbari Mazdi, R.A., Lotfalian, M., Ghanbarpour, M.R. (2009). Determination of culverts diameter in forest roads. *J. of Wood & Forest Science and Technology*, 16(1): 89-103. https://jwfst.gau.ac.ir/article_495_c5a55738ea85f67e591e0f1e43e6c4ff.pdf?lang=en

Alidokht, M., Rafatnia, N., Naghdi, R., Shataie, S. (2015). Designing of forest roads network with an emphasis on drainage structures and construction standards (Case study: Shafarood Forest Northern Iran). *Bulletin of Applied and Research Science*, 5(1): 104-112. Erişim adresi: file:///C:/Users/90532/Downloads/13.pdf

Anonim, (2010). *Manual on Introduction to Forest Roads and Considerations for Reduced Impact Logging*. Forestry Training Centre Incorporated, Germany. Erişim adresi: https://www.www-.afri-bary.com/works/manual-on-introduction-to-forest-roads-ver-2010/read

Anonim, (2011). *Colorado Forest Road Field Handbook*. Colorado State Forest Service, USA. Erişim adresi: https://static.colostate.edu/client-files/csfs/pdfs/csfs-frst-rd-hndbk-www.pdf

Anonim, (2018). *Culvert Replacement and Maintenance*. Pacific Southwest Eldorado National Forest, USDA Service. USA. Erişim adresi: https://www.fs.usda.gov/projects/eldorado/landmanagement/

Anonim, (2025). Yalıköy Orman işletme Şefliği Amenajman Planı, İstanbul.

Asce, S.A.E., Rajaratnam, N., Asce, F., Katopodis, C., Asce, M. (2002). Generalized study of hydraulics culvert fishways. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128: 10-18. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/228608373_Generalized_Study_of_Hydraulics_of_Culvert_Fishways

Bayoğlu, S. (1997). *Orman Yolları*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No.497, İstanbul.

Brinker, R.W. (1995). *Forest Road and Construction Associated Water Divers on Devises*. Alabama Cooperatives Extension System, pp 1-27. Erişim adresi: https://www.aces.edu/blog/topics/forestry/forest-roads-and-construction-of-associated-water-diversion-devices/

Chen, H.V. (2021). Potential of small culverts as wildlife passages on forest roads. *Sustainability*, 13: 1-9. Erişim adresi: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7224

Çalışkan, E., H.H. Acar., (2003). Orman yollarında hidrolik sanat yapılarının incelenmesi. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2): 137-143. Erişim adresi: https://ofd.artvin.edu.tr/tr/download/article-file/25617

Dube, K., Megahan, W.F., McCalmon, M. (2004). *Washington Road Surface Erosion Model*. State of Washington Department of Natural Resources, USA, pp 1-155. Erişim adresi: https://www.dnr.wa.gov/washington-road-surface-erosion-model

Eskandri, S., Hosseini, S. (2013). Assessment of drainage system standarts of forest roads in Iran Using GIS. *Pol.J.Environ.Stud*., 22(3): 675-682. Erişim adresi: https://www.pjoes.com/pdf-89021-22880?filename=22880.pdf

FAO, (2011). *Drainage Design (Chapter 4.)*. Forestry Department, FAO Publish, Rome. Erişim adresi: https://www.fao.org/4/t0099e/t0099e04.htm

FAO, (1998). *A Manual for the Planning, Design and Construction of Forest Roads in Steep Terrain*. FAO Publish, Rome, pp 1-149. Erişim adresi: https://www.scribd.com/document/129785329/A-Manual-for-the-Planning-Design-and-Construction-of-Forest-Roads-in-Steep-Terrain

Fu, B.H., Newham, L.T.H., Ramos-Scharron, C.E. (2010). A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads. *Environmental Modelling & Software*, 25: 1-14. Erişim adresi: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815209001832

Ghahraman, B. (2009). *A Guide for Estimating Runoff*. Guide of number 519, Tehran, Program and Budget Organization Press, pp 1-148. Erişim adresi: https://ijswr.ut.ac.ir/author.index?vol=0&lang=en

Gillies, C. (2003). Installation of an embedded pipe culvert: Lewis Lake tributary. FERIC, *Advantage*, 4(30): 1-11. Erişim adresi: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/natural-resource-stewardship/land-based-investment/fish-passage/ad-4-301.pdf

Gillies, C. (2004). Closed-bottom corrugated-steel embedded culverts in British Columbia overview of seven sites. FERIC, *Advantage*, 5(31): 1-19. Erişim adresi: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/natural-resource-stewardship/land-based-investment/fish-passage/ad-5-311.pdf

Helvey, J.D. (1988). Culvert sizes needed for small drainage areas in the central Appalachians. *Northern Journal of Applied Forestry*, 5(2): 123-127. Erişim adresi: https://academic.oup.com/njaf/article-abstract/5/2/123/4802989

Hosseinpour Asli, K., Akbari, H., Lotfalian, M., Shahedi, K., Mohammadi Limaei, S. (2018). Technical assessment of culverts diameter on forest roads (Case study: Degha District, No 35 of Tonekabon Basin).

Forest and Wood Products, 71(3): 210-219. Erişim adresi: https://jfwp.ut.ac.ir/article_68883.html?lang=en

Jordan-Lopez, A., Martinez-Zavala, L., Bellinfante, N. (2008). Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean area. *Sciences Total Environment*, 407: 937-944. Erişim adresi: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969708009984

Keller, G., Sherar, J. (2003). *Culvert Use, Installation and Sizing*. Low-Volume Roads Engineering, Best Management Practies Field Guide, USDA Forest Service, 90, pp 75-90. Erişim adresi: https://www.fs.usda.gov/t-d/programs/forest_mgmt/projects/lowvolroads/ch8.pdf

Luce, C., Beverley, C. (2001). Introduction to special issue on hydrologic and geomorphic effects of forest roads. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 111-113. Erişim adresi: https://www.fs.usda.gov/rm/boise/publications/watershed/rmrs_2001_lucec005.pdf

Merril, B., Casaday, E. (2001). *Field Techniques for Forest and Range Road Removal*. California State Parks Books, USA. Erişim adresi: https://books.google.com.tr/books/about/Field_Techniques_for_Forest_and_Range_Ro.html?id=S8ksAQAAMAAJ&redir_esc=y

Nasiri, M,, Askari, B. (2020). Improving drainage conditions of forest roads using the GIS and forest road simulator. *Journal of Forest Science*, 66: 361-367. Erişim adresi: https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-202009-0002_improving-drainage-conditions-of-forest-roads-using-the-gis-and-forest-road-simulator.php

Nunamaker, C., LeBlanc, J., Nakamura, G. (2007). *Forest Roads*. University of California, Forest Stewarship Series 17, Publication 8247, USA. Erişim adresi: https://escholarship.org/uc/item/7704933m

O'Flaherty, C. (2002). *Surface Drainage For Roads Highways (Chapter 7)*. Oxford Press: Fourth Edition, England. Erişim adresi: https://www.routledge.com/Highways/OFlaherty/p/book/9780750650908?srsltid=AfmBOorsaMHsoCF2F3gxxgaDhfPyFRVj8RvFMRmH7bhV1wZ18w0VmfES

OGM, (2008). *Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı (292 Sayılı Tebliğ)*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Özçelik, N. (1982). *Orman Yolu Sanat Yapıları*. İstanbul, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayın No. 323, İstanbul.

Öztürk, T., İnan, M. (2010). Orman Yollarında Drenaj Yapılarının konumlarının ve Boyutlarının Belirlenmesinde CBS'nin Kullanılması. *III.Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Gebze, Kocaeli. Erişim adresi: http://uzalcbs.org/wp-content/uploads/2016/11/2010_90.pdf

Öztürk, T. (2020). Temporal Change of Drainage Structures in Forest Roads. (Study of Bentler Forest Enterprise 2009-2019). *Eur. J. Forest Eng.*, 6(2): 52-59. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/en/pub/ejfe/issue/56757/721965

Öztürk, T., Hasdemir, M. (2021). *Orman Yolları Sanat Yapıları*. Gece Kitaplığı, İstanbulScandari, S., Hosseini, S. (2011). Evaluation of drainage system of forest roads in İran: Darabkola forest roads. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 3(16): 703-709. Erişim adresi: https://www.internationalscholarsjournals.com/articles/evaluation-of-drainage-system-of-forest-roads-in-iran-darabkola-forest-roads.pdf

Schiess, P., Krogstad, F., Damian, F. (2004). Locating ditch relief culverts to reduce sediment delivery to streams an interactive design tool. *12 th International Mountain Logging Conference*, Vancouver B.C., June 13-16, 2004, pp 15. Erişim adresi: https://www.academia.edu/16640605/Locating_ditch_relief_culverts_to_reduce_sediment_delivery_to_streams_An_interactive_design_tool

Vasileios, G., Sarantis-Angelos, L., Stamatiou, C., Vasileios, D. (2020). Determination of culverts on low-volume roads using GIS and remote sensing. *Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020)*, 26 August 2020, Paphos, Cyprus. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/343898327_Determination_of_culverts_on_low-volume_roads_using_GIS_and_remote_sensing

Wilson, R. (1996). *CSP Culvert Installation at Water Crossing on Forest Access Roads*. Technical Note TN-013, Ontario. Canada. Erişim adresi: https://cspi.ca/wp-content/uploads/2021/04/ONForestryCulvertInstallationGuidelines.pdf

Wyatt, T.R., Macari, E.J. (2000). *Effectiveness of Subsurface Drainage Features Based on Design Adequacy*. TRB National Research Council. Washington USA. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/239438415_Effectiveness_Analysis_of_Subsurface_Drainage_Features_Based_on_Design_Adequacy

URL-1. https://viacon.com.tr/downloads/ (Erişim Tarihi: 10.02.2025)

URL-2.https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Doviz+Kurlari/Gosterge+Niteligindeki+Merkez+Bankasi+Kurlarii/ (Erişim Tarihi:10.02.2025)