

Güzelhisar Deresi'nin Aliğa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı

İrşad BAYIRHAN¹
Selçuk NAS²

ÖZ

Türkiye'nin en büyük organize sanayi bölgesi olan Aliğa Organize Sanayi Bölgesi'nin hammaddeye ve pazara yakınlığını ile lojistik avantajları; bölgenin Ege Denizi'ne bağlantısını sağlayan Güzelhisar Deresi'nin iç suyolu kanalı olarak planlanması düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada Güzelhisar Deresi'nin, Aliğa Organize Sanayi Bölgesi'ne yönelik; iç suyolu taşımacılığı için tasarlanması, elverişliliğinin analiz edilmesi ve bölgenin bu anlamda planlanması amaçlanmıştır. Güzelhisar Deresi'nde yapılması düşünülen kanalın, teknik tasarımı çerçevesinde; uluslararası standartlar göz önüne alınarak suyolu sınıfı belirlenmiş ve seçilen kanal enkesitine göre dere ıslahı gerçekleştirilerek, referans gemi tespitinde bulunulmuştur. Referans seçilen gemi ebatları doğrultusunda suyolunun ulaştırma mühendisliği açısından tasarımı ve ilgili mühendislik yapıları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç suyolu taşımacılığı, kanal, suyolu elemanları.

ABSTRACT

The Design of Güzelhisar River as Inland Waterway for Aliaga Organized Industrial Zone

Logistic advantages of closeness to raw materials and markets of the Aliaga Organized Industrial Zone which is the biggest zone of organized industry in Turkey; instigated the idea of planning of the Güzelhisar River as an inland waterway which would connect the region to the Aegian Sea. In this study; the design of an inland waterway, its analysis in view of suitability of the existing Güzelhisar River, for the purpose of access from the sea to the Aliaga Organized Industrial Zone is proposed. The technical design of the considered passageway of the Güzelhisar River was investigated regarding waterway class properties in international standards, channel cross section was designed in view of the selected vessel sizes. Related engineering structures and desing of the waterway in compliance with terms of transportation engineering is proposed.

Keywords: Inland waterway transportation, channel, waterway elements.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 17.02.2016 günü ulaşmıştır. 18.04.2017 günü yayımlanmak üzere kabul edilmiştir.
- 31 Mart 2018 gününe kadar tartışmaya açıktır.

• DOI: 10.18400/tekderg.346896

1 İstanbul Gelişim Üniversitesi, Deniz ve Liman İşletmeciliği, İstanbul - ibayirhan@gelisim.edu.tr

2 Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, İzmir - snas@deu.edu.tr

1. GİRİŞ

Türkiye, nehirlerden yararlanma potansiyelleri bakımından önemli bir coğrafyaya sahiptir. Ülkedeki nehirlerden turizm, balıkçılık ve spor gibi pek çok rekreasyonel alanda yararlanılmaktadır. Ancak, akarsu rejimlerinin genel olarak ulaşım için uygun olmaması, bugüne kadar aktif kullanılmamalarının esas nedenidir. Yakın geçmişte, ülke içindeki seyir olanaklarının incelenmesi, bunlardan bazılarının ıslah edilip iç su yolu olarak kullanılması ve böylece ülke taşıma hizmetlerine bir katkıda bulunabilmesi amacıyla çeşitli fizibilite yapılmıştır. Bugün Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki Atatürk, Karakaya ve Keban Barajlarının değişik kesimlerinde feribotlarla geçişler yapılmaktadır. Van Gölü'nde ise Van-Tatvan tren feribotlarıyla küçük boyutlu ulaşım hizmeti verilmektedir.

Türkiye'de ülke içi yüklerin büyük bir kısmı karayolu ile taşınmaktadır. Bu yüklerin bir bölümü, denizyolu, demiryolu ve iç su yolu gibi diğer taşıma modlarına aktarılsa trafik yoğunluğu azalmış olacaktır. Bu durumda, sadece ekonomik yönden değil, trafikteki can ve mal emniyeti yönünden de önemli bir adım atılmış olacaktır [1]. Diğer taraftan, su yolu taşımacılığı diğer modlara nazaran, daha ekonomik olmasının yanı sıra aynı zamanda daha ekolojiktir. Bu sebeplerle, iç sularımızın aktif kullanılmaması, ülkemiz açısından üzerinde düşünülmesi ve çalışma yapılması gereken çok önemli bir husustur. İç suların taşımacılığa kazandırılması ile birlikte, su yoluna yakın bölgelerde, ülke ekonomisinde ve sosyal yaşamda büyük bir kalkınma ve gelişme yaşanması muhtemeldir [2].

Tüm bu gerekçelerle ve farkındalıklarla, Türkiye'nin en büyük organize sanayi bölgesi olan Aliğa Organize Sanayi Bölgesi'nin (ALOSBİ) hammaddeye ve pazara yakınlığını ile lojistik avantajları; bölgenin Ege Denizi'ne bağlantısını sağlayan Güzelhisar Deresi'nin iç su yolu kanalı olarak planlanması düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Gerek Güzelhisar Deresi'nin coğrafi konumu gerekse "Ağır Sanayi Bölgesi" Aliğa/Aliğa limanları ile ALOSBI arasındaki yük hareketleri, bölge için Güzelhisar Deresi'nin İç Suyolu Kanalı olarak tasarımı çalışmasının oluşturulmasındaki temel nedenlerdir.

2. BÖLGENİN TANIMI

Aliğa, petro-kimya sanayinin kurulmasıyla birlikte 15-20 yıl içinde bir sanayi kentine dönüşmüştür. 1960'lı yılların başına kadar tarımsal yoğunluklu ekonomik etkinliğe sahip olan Aliğa, 1961 Anayasası uyarınca, "Ağır Sanayi Bölgesi" olarak kabul edilince, 1970'lerden itibaren sanayi yoğunluklu ekonomiye dayalı bir karakter kazanmaya başlamıştır. Makro ölçekteki kamu yatırımları olan PETKİM ve TÜPRAŞ gibi dev sanayi kuruluşlarının bölgede kurulmasıyla başlayan sanayileşme hızını arttırarak devam etmiştir. Nemrut Limanının kuzeyine yerleşen, Türkiye'nin en büyük petrokimya endüstrisi, Petrol Ofisi ve çeşitli sıvılaştırılmış gaz depo ve dolun tesisleri; güneyinde irili-ufaklı ark ocakları ve demir çelik fabrikalarının kurulması Aliğa'nın bir sanayi kentine dönüşmesini sağlamıştır [3] [4].

Güzelhisar Deresi'nin yakınında olması nedeniyle su gereksinimi duyan kimya sektörü Aliğa'da, demir-çelik ve haddehane tesisleri Nemrut Körfezi'nde kurulmuştur. Güzelhisar Deresi üzerinde kurulmuş olan Güzelhisar Barajı daha çok petro-kimya tesislerine hizmet vermektedir. Güzelhisar Deresi, Aliğa ilçe sınırları içinde akan tek deredir. Yunt dağlarından doğup ve yaz-kış kurumadan akmaktadır. Güzelhisar Deresi, Kocaçay ve Sirce çayının birleşmesi ile bu adı almıştır. Yaklaşık 565 km²'lik drenaj alanı olan Güzelhisar

Deresinin uzunluğu kollarıyla beraber 70 km civarındadır. Ortalama debisi 3,71 m³/sn., maksimum debisi ise 5,7 m³/sn. olarak ölçülmüştür. Topografik olarak ise kabaca üçgeni andıran Güzelhisar Havzası, batıdan Çandarlı Körfezi ve Aliğa Koyu ile sınırlanmaktadır [4].



Şekil 1. Güzelhisar Deresi [5]

Güzelhisar dere hattı üzerinde kurulmuş olan, ALOSBI ise hammaddeye ve pazara yakınlığını sağlayan bu lojistik avantajları sayesinde, yerel sanayi sektörlerine paralel olarak; demir-çelik, makine, otomotiv, gıda, mobilya, plastik, ısıtma-soğutma, madeni yapı elemanları ve enerji sektörlerinde ağırlıklı kuruluşlara ev sahipliği yapmaktadır. Bunun yanında, bölgenin %40'ını kapsayan alanın Kimya İhtisas Bölgesi ilan edilmesi, ALOSBI'yi kimya sektörünün de önemli bir merkezi haline getirmiştir. Kimya sektörü için hammadde üreten dev kuruluşlara yakınlığı ile kimya havzasının merkezinde yer alan ALOSBI bu anlamda büyük bir öneme sahiptir [6].

Türkiye toplamında ton/yük elleçlemesi içerisinde; İzmit, BOTAŞ ve Ambarlı limanlarının ardından Aliğa Limanları dördüncü sıraya yerleşmiştir. ALOSBI, bu çerçevede stratejik önemini yanı sıra; Aliğa Limanları, İzmir-Çanakkale Otoyolu ve İzmir-Bandırma Demiryolunun kesişim noktasında yer alan bir lojistik merkez kimliğiyle ön plana çıkmaktadır [6]. ALOSBI, Çandarlı Limanı'na 14, Aliğa limanlarına 9 km mesafede bulunmaktadır. Çandarlı'ya kadar uzanan çevreyolu, TCDD'nin yakın gelecekte bölgedeki yük taşımacılığına yönelik planlamaları, İzmir-İstanbul Otoyolu projesinin Aliğa'ya bağlantısı ve Türkiye'deki demir-çeliğin yüzde 58'i üreten Aliğa'nın artan ticaret hacmi bölgenin stratejik açıdan önemini ortaya koymaktadır [7].

3. ÇALIŞMANIN METODOLOJİSİ

3.1. Literatür Taraması ve Verilerin Elde Edilmesi

Güzelhisar Deresi'nin iç su yolu kanalı olarak planlaması ve tasarımına yönelik yapılan araştırmada genel olarak ikincil kaynak araştırması yapılmıştır. İlk olarak "İç Suyolu Taşımacılığı" başlığı ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Daha sonra çalışmanın ana konusu olan "Kanal Tasarımı" başlığı ile ilgili taramalar gerçekleştirilmiştir. İç su yolu tasarım

Güzelhisar Deresi'nin Aliğa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı

süreçleri ve karakteristikleri incelendikten sonra; belirlenen akış diyagramına ve seçilen su yolu sınıfına göre, referans gemiler tespit edilmeye çalışılmıştır. Tasarım çevresini sosyo-ekonomik ve fiziksel yönleriyle tanımlayan çalışmalar derlenmiştir.

Güzelhisar Deresi'ne yönelik özellikle su yolu derinlik ve ebatları ve su yolu hattına dair güzergah bilgileri için ise birincil kaynak araştırması olan nitel veri toplama yöntemi benimsenmiş ve yapılandırılmış görüşme yöntemi ile DSİ İzmir 2. Bölge Müdürlüğü yetkilileri ile yüz yüze görüşmeler yapılmıştır.

ALOSBİ için Güzelhisar Deresi'nin iç su yolu kanalı olarak planlaması ve tasarımı için gerekli tüm dokümanlar sağlanamamış ancak topoğrafik veriler için DSİ'den temin edilen 1/250 000 ölçekli havza topoğrafya haritası ve dere civarını gösteren uydu haritalarına göre çalışma yapılmıştır. Çalışmada ayrıca, Güzelhisar Havzası mansap bölgesi üzerinde önemli birimleri gösteren DSİ'nin bilgisayar ortamında Güzelhisar Kanal Tasarımına yönelik olarak hazırlanmış bir harita kullanılmıştır. Akarsuya ait hidrolik ve hidrolojik veriler için öncelikle Güzelhisar rasat verileri araştırılmıştır. Bu amaçla Bayramlıkuyu akım-ölçüm istasyonunun en son 1973 yılına ait verilerine ulaşılmıştır. Ancak bu çalışmada DSİ'nin yayımlanmamış verilerine göre elde edilen güncel debi verileri kullanılmıştır. Ayrıca akarsuyun rejimi, derinlik, boyut ve genel coğrafik bilgileri için ve Güzelhisar Barajı'na ait veriler DSİ 2. Bölge Müdürlüğü'nden sağlanan veriler kullanılmıştır.

3.2. Kanal Tasarım Süreci ve Yöntemi

Kanal tasarım sürecinde, incelenen genel yaklaşımlar ilk önce su yolu için arzulanan sınıfının belirlenmesini önermektedir. İç su yolu taşımacılığında bu sınıflar için temel referans ECMT (European Conference of Ministers of Transport) tarafından standart kabul edilen muhtelif ebatlardır. Ardından, su yolu sınıfına uygun taşıma araçları seçilmektedir. Su yolu profilinin belirlenmesi ise: normal, dar, yüksek hacimli veya tek şeritli profil olarak, su yolu boyutlarına ve beklenen trafik hacmine bağlıdır. Hidrolik parametrelerin tanımlanması etabı, uygulama alanı tasarımında doğru seçimi yapmak için özellikle önemlidir. Su yolu kesitleri, loklar, köprüler, limanlar gibi diğer ayrıntıların seçilmesi bir sonraki adımdır. Su yolu elemanlarına göre ve seyir emniyetinin sağlanması amacıyla uygun marka ve işaretleri kullanılması gerekmektedir.

Genel yaklaşımlarda öngörülen tasarım süreçleri, ilk önce referans geminin belirlenmesi doğrultusunda olsa da, aslında bu yaklaşımların yeni bir yapay kanal yapımı için daha sağlıklı işleyeceği söylenilebilir. Bir akarsuyun seyir olanakları tespiti ile ilgili bir çalışma yapıldığında ise, ilk olarak su mühendisliği temelinde akarsuyun seyre yönelik elverişliliğin ölçülmesi ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Bu husus; debi, akış hızı ve kesit alanları gibi temel parametrelerin, teknik analizin başında ele alınması gereğini ortaya çıkarmaktadır. Bu anlamda, akarsu havzasına ait genel topografik bilgiler, hidrolik ve hidrolojik veriler; gelecekte yapılması düşünülen tesislerin, akarsu rejimi üzerinde etkisi bakımından özellikle önem kazanmaktadır.

Kanal tasarım sürecinde genellikle bir basamağı tamamlayarak diğer basamağa sorunuz olarak geçmek mümkün olmamaktadır. Karşılan problemler bir önceki basamağa dönmeyi ya da faaliyetleri bir sonraki basamağı düşünerek yapmayı gerekli kılmaktadır. Bu nedenle araştırma sürecinde bir yo-yo yaklaşımı kullanılmıştır.

Güzelhisar Kanal tasarım sürecinde genel olarak Rijkswaterstaat'ın (RWS) [8] oluşturduğu akış diyagramı referans alınmış olsa da, daha önce seyire yönelik ıslahı yapılmamış olan bu su yoluna yönelik akarsu ıslah faaliyetleri esas alınmış, gemi tespiti belirlenen su yolu alt yapısına göre seçilmiştir. Ardından bir yo-yo yaklaşımı ile tespit edilen maksimum gemi draftına göre kanal en kesiti ele alınmıştır.

3.3. Kullanılan Parametreler

İç suyollarının ECMT temelinde, uluslararası ve bölgesel yaklaşımlarla ayrılmış olduğu sınıfların bir derlemesi Tablo 1'de maksimum boyutlar bazında özetlenmiştir [9]. Tablo verileri bu çalışma için orijinal ECMT tablosundan farklı olarak RWS'nin [8] ve PIANC'ın [10] (Permanent International Association of Navigation Congresses) bu alanda yaptığı çalışmalar ile revize edilerek oluşturulmuştur.

Tablo 1. İç Suyolu Sınıflandırması ve Gemi Boyutları

Suyolu Sınıfı	Gemiler, Barçlar ve Konvoylar			
	Uzunluk (m.)	En (m.)	Draft (m.)	Tonaj (t.)
I	38.50	5.05	1.80 - 2.20	250 - 400
II	50 - 55	6.60	2.50	4.00 - 650
III	67 - 80	8.20	2.50	650 - 1000
IV	80 - 85	9.50	2.50 - 2.80	1000 - 1500
Va	95 - 110	11.40	2.50 - 4.50	1500 - 3000
Vb	172 - 185	11.40	2.50 - 4.50	3200 - 6000

Tablo 1'de orijinal ECMT şablonunda yer alan gemiler, barçlar ve konvoylar için uzunluk, en, draft ve tonaj bilgileri belirtilmiştir. Suyolu sınıfı gemilerin özellikle yatay boyutları ile belirlenmektedir. Tablo 1'de bir su yolu sınıflandırılması için; belirli bir standart sınıfta, referans geminin en küçük boyutlarının alt sınırı yer almaktadır. Referans geminin en büyük boyutları ise su yolları ve mühendislik yapılarının tasarlanması için temel olarak kullanılmaktadır.

Özellikle daha önce seyir için ıslahı yapılmamış olan Güzelhisar Deresi'nde draft, yerel koşullara her şeyden daha çok bağlıdır. Bunun yanında bahsi geçen diğer husus -yatay boyutlar- referans gemi eni doğrultusunda en uygun su yolu sınıfı ve profilinin tespit edilebilmesi için yüzey ve taban genişliğidir. Suyolu sınıf ve profilleri için verilen trapez enkesitin referans derinlik ve genişlik standartları Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2'de yer alan " W_t " yüzey genişliği, " W_d " taban genişliğidir. Derinlik sütununda ilk rakamlar CVB [11] (Waterway Management Authorities Committee) yönergelerine ve ikinci rakamlar RWS [8] güncel verilerine göre maksimum draft ölçülerine dayanmaktadır. Yeni su yolları inşası veya mevcut olanların genişletilmesi söz konusu olduğu zaman, ikinci değerlerin baz alınması önerilmektedir.

Tablo 2. Minimum Suyolu Profilleri

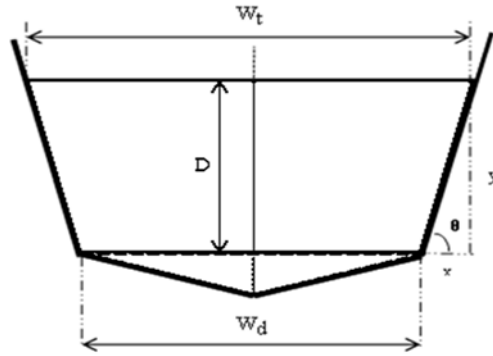
Profil	Sınıf	Minimum Suyolu Profili (m)		
		Derinlik D	Genişlik	
			W_t	W_d
Normal	I	3.1 - 3.5	20.4	10.2
	II	3.5 - 3.6	26.4	13.2
	III	3.5 - 3.8	32.8	16.4
	IV	3.9 - 4.2	38	19
	Va - Vb	4.9 - 5.6	46	22.8
Dar	I	2.9 - 3.3	15.3	10.2
	II	3.3 - 3.4	19.8	13.2
	III	3.3 - 3.5	24.6	16.4
	IV	3.6 - 3.9	28.5	19
	Va - Vb	4.6 - 5.2	34	22.8
Tek Şeritli	I	2.9 - 3.3	10.2	5.1
	II	3.3 - 3.4	13.2	6.6
	III	3.3 - 3.5	16.4	8.2
	IV	3.6 - 3.9	19	9.5
	Va - Vb	4.6 - 5.2	22.8	11.4

Suyolu derinliği için yapılan araştırmalarda Eloit ve diğerleri [12], RWS [8], PIANC [13] ve UBAK/UKİ [14] etütleri (Ulaştırma Bakanlığı Ulaştırma Koordinasyonu İdaresi) yaklaşımları baz alınarak, yapılan inceleme sonucunda su yolu profillerine göre birbirine yakın referans aralıkları tespit edilmiştir. Buna göre: normal profilde düşük su seviyesine göre, su yolu derinliği (D) referans geminin yüklüken (T) ve hareketsiz iken draftının en az 1,4 katı olmalıdır. Suyolunun dar veya tek şeritli profiline sahip olan yerlerinde, bu faktör 1,3 kat olarak geçerlidir. Her zaman mevcut olması gereken bu derinlik, su yolu bakımı veya tarama ile beklenen siltasyon düzeyine ve tarama sıklığına bağlı olarak, burada belirtilen su yolu derinliğe eşit veya daha büyük olması gerektiği anlamına gelir. Diğer taraftan, seyir halindeki geminin, su yolunun tabanına önemli bir etki yapmaması için, geminin suya en fazla batan kısmının tabandan en az d=50 cm yüksekte bulunması istenir. Seyir hızlarının küçük ve yatağın devamlı olarak bakımlı tutulması halinde, Avrupa'da bazı su yollarında d=30 cm ye müsaade edilmiş bulunmaktadır.

Suyolu genişliği için incelenen yaklaşımlarda ise [15], [8], [11], [13], [14], [12]; genel olarak su yolu genişliği belirlenirken karşılaşan iki geminin yan yana geçebilmeleri için hızlarını azaltma ve manevra yapma durumlarına göz önüne alınmıştır. Bu sebeple normal ya da dar su yolu profil alt düzleminde, genişlik (W_d); gemi eninin (B), en az iki katı olmalıdır. Tek şerit profili olduğu yerlerde taban genişliğinin, en azından referans geminin enine eşit olması gerekmektedir. Yüzey düzlemine göre genişlik (W_t), sırasıyla normal, dar ve tek şeritli profiller için; referans gemi eninin, en az 4, 3 ve 2 katı genişliğine sahip olması

gerekmektedir. Buradaki W_d taban genişliği su yolu enkesitinin en derin noktasının genişliği olmasından ziyade; çeşitli şekillerde var olabilen kanal ve nehir vadi tabanı kesitlerinin, trapez ya da dörtgen kabul edilen taban genişliğidir.

Şekil 2’de Güzelhisar Kanal için seçilen trapez enkesit görülmektedir. Güzelhisar Deresi için hesaplamalarda bu trapez enkesit göz önünde tutulacaktır. Minimum seyir seviyesindeki trapez en kesitin yüzölçümü "A", referans geminin batmış kısmının yüzölçümü 'f' ise $n=A/f$ oranına göre "n" su yolunun enkesit katsayısıdır [14].



Şekil 2. Seçilen Trapez Enkesit

Suyolunda bir geminin diğer bir geminin yanından geçebilmesi için "n" ye en az iki değerinin verilmesi gerektiği öngörülmektedir. Bu katsayı küçüldükçe, seyir halindeki gemilerin yamaçlara ve tabanlara olan sürüklenme etkisi artan değerler alır. Bu nedenle, yüzey genişliğinin; enkesit yamaç eğimi "m" ise $W_{tmin}=W_{dmin}+2m.D$ formülü sağlaması gerekmektedir. Şekil 2’de belirtilen trapez enkesit için şu denklemler kullanılacaktır:

$$A - \text{trapez enkesit alanı (m}^2\text{)} \rightarrow A = (W_t + W_d) \cdot D \cdot 1/2 \quad (1)$$

$$m - \text{trapez enkesitin eğimi (m)} \rightarrow m = \tan\theta = \Delta y/\Delta x \rightarrow y=D \text{ ve } x=W_d/2 \text{ için}$$

$$m = 2 \cdot D / W_d \quad (2)$$

Bu şekilde belirlenen trapezin alanı, doğal akarsularda ortalama hızın (V) değeri olan 1 ile 2 m/sn. ile çarpılarak, minimum seyir seviyesinde, su yolundan geçmesi gereken "Q" debisi için bir fikir edinilebilir:

$$Q - \text{seyir kesitinden geçen debi (m}^3\text{/sn.)} \rightarrow Q = V \cdot A \quad (3)$$

Ancak hem seyir emniyeti açısından hem de ekonomik bir taşımacılık gerçekleştirilebilmesi için iç suyollarında boyuna akım en kesit üzerinde ortalama olarak 0,5 m/sn.’den büyük olmamalıdır [8].

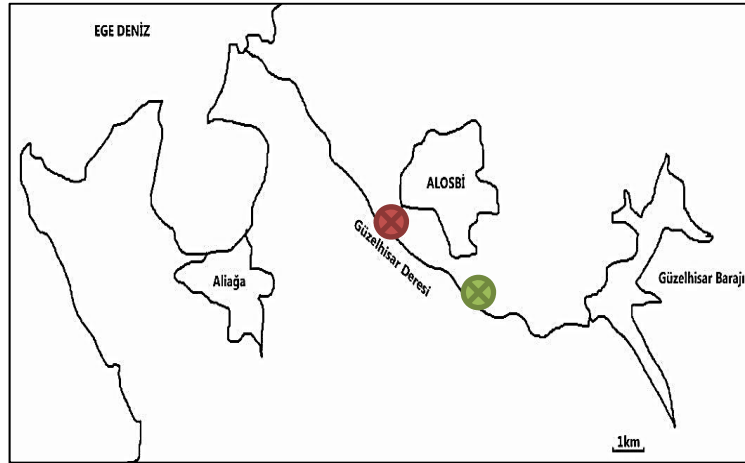
Güzelhisar Deresi'nin Aliğa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı

Planlanan suyolunda dönüşler için ise kanal kıvrımlarında kıvrım eğrisi yarıçapı (R) ve kıvrım açısı (α) değerlerine göre minimum genişlik artışının sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla [15], [8], [13], [14], [16] çeşitli yaklaşımlar ele alınarak, Güzelhisar Deresi için "L" referans gemi uzunluğu iken normal profilde $R=6L$, dar ve tek şeritli profilde $R=4L$ ve $\alpha \leq 30^\circ$ olarak alınacaktır. Tasarımda, görünürlük ve seyir konforu açısından, suyolu kıvrımları iç kısımları üzerine genişletilmektedir. Düz bölüm ve dönüş genişliği arasındaki geçiş, suyolu eksenine göre 1/20 tanjant oranında, kademeli olmalıdır. Dönüş öncesinde ve sonrasında suyolunun, 1,5.L uzunluğunda düz bir bölümü olması gerekmektedir. Gemi dönüş alanları için RWS [8], OCDI [16] (The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan) ve IMO [17] (International Maritime Organization) verileri incelenerek, Güzelhisar suyolu altyapısına göre dönüş manevrasına uygun basen genişliği veya ayrı bir dönüş alanı sağlanacaktır.

Güzelhisar'ın yukarıda belirtilen şartları sağlaması halinde, temelde suyolu olarak kullanılma şartlarını sağladığı söylenebilir. Bu şartların doğal olarak yerine gelmemesi halinde, ilgili işlah çalışmaları belirlenmeli ve seyir için gereken minimum su derinliği sağlanmalıdır.

4. GÜZELHİSAR KANAL TASARIMI

Güzelhisar Deresi'nin iç suyolu kanalı olarak tasarımı için gerekli tüm dokümanlar sağlanamamıştır. Bu nedenle hesaplamalarda ve ölçümlerde kullanılan rakamlar yaklaşık değerlerdir. Elde edilen az sayıda veriler, uygun kabullerle tamamlanarak bir tasarım ve planlama yapılmasına çalışılmıştır. Bu nedenle bulunan sonuçların değerlendirilmesinde, bu faktörün daima göz önünde tutulması gerekecektir.



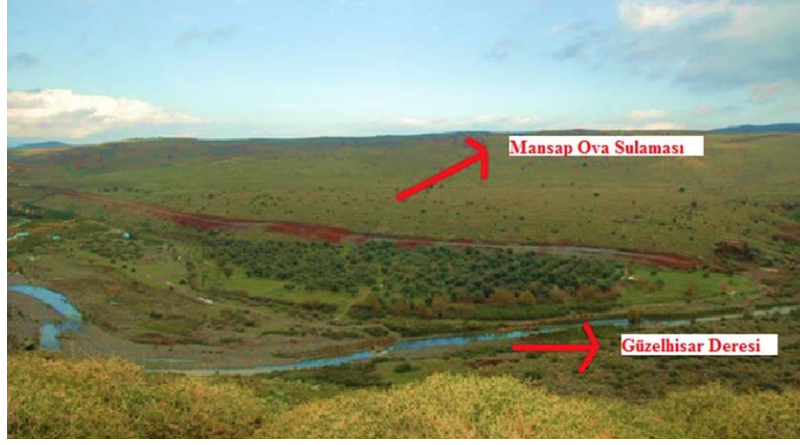
Şekil 3. Tasarımı Planlanan Alan

Şekil 3'de Güzelhisar Deresi çevresinin kuşbakışı görünümü düzleme aktarılmıştır. Haritada barajdan denize doğru; Güneydoğu-Kuzeybatı uzantısında kuş uçuşu yaklaşık 15 km olan

Güzelhisar Deresi'nin Aliağa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı

taşımacılığı için belirtilen tüm bu lokal özelliklerin yanında ele alınması gereken en önemli noktalardan biri de Güzelhisar Barajı'dır.

450 km² yağış alanına sahip Güzelhisar Barajı'nın yılda gelen ortalama potansiyel su miktarı 109 milyon m³'dür. Barajın dere tabanı yükseltisi 12,5 m talveg kotu 86 m ve baraj gölü normal su yükseltisi 107 m'dir [18], [19]. Güzelhisar Barajı içme suyu, sulama ve özellikle için endüstri suyu sağlaması amacıyla yapılmıştır. Şekil 5'de görüldüğü gibi 2012 yılında faaliyete geçen mansap sulama projesi ile tarım alanlarına barajdan direkt olarak su transferi gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle Güzelhisar Deresi'nden beslenen büyük bir tarım alanı için suyolunun eskisi kadar etkisi olmadığını söylemek mümkündür. İlk başlarda kanal tasarımı için potansiyel problemlerden biri olarak sayılacak bu faktörün, yerini sulama projesine bırakması; akarsuyun iç suyolu taşımacılığına yönelik kullanılması adına büyük bir avantaj olarak yorumlanabilir.



Şekil 5. Güzelhisar Mansap Ovaları Sulama Sistemi

DSİ'nin mevcut ölçümlerine göre Güzelhisar deresinin yazın en sığ yerinde 2–3 metre aralığında bir derinlik olduğu belirtilmektedir. Tablo 2'ye göre, tasarımı planlanan Güzelhisar Deresi için minimum derinlik sınıf I suyolu ve tek şeritli profil olması durumunda dahi D=2,9–3,3 metre aralığında olmalıdır. Ancak derenin 15 km batısında yer alan Güzelhisar barajı ile havza içerisindeki su miktarını kontrol etmek ve/veya yatak tabanında gerekli dip taraması yapmak, derinlik kıstasına daha geniş bir çerçeveden bakılmasına olanak sağlar. Bu durumda suyolu sınıfı ve profili için daha çok seçenek mümkün olabilmektedir.

Ana hatları ile tarif edilen mansap akarsu hattı ve çevresinin seyire yönelik ıslahı bu bilgiler ışığında ele alınmaktadır. Havzanın topoğrafya haritasına göre kıvrımlı bir yatakta 15 km kadar akarak denize dökülen derede, kıvrımlar, dere içerisinde gözlenen kara çıkıntıları ve ada kayaların, yok edilerek su formuna dahil edileceği düşünülmüştür. Şu halde derenin ıslahı ile yeni uzunluğunun 14 km'ye indirilebileceği anlaşılmıştır.

Dere yatağındaki yüzey genişlikleri, hat boyunca oldukça istikrarsız boyutları ile dikkat çekmektedir. Dere ağzından, Güzelhisar'ın bir kolu olan Kunduz Çayı ayırımına kadar yüzey genişliklerinin yer yer 160 m ye kadar ulaştığı görülmektedir. ikinci nokta olarak bahsi geçen

eski ocak alanı; sığ bir havuz olarak, dere ağzı dışındaki en geniş alanı oluşturmaktadır. 1 km'lik hat boyunca yüzey eninin 300 m'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir.

Suyolu hattı üzerinde çok farklı ebatlarda gözlemlenen yüzey genişlikleri, derenin 3,71 m³/sn. olan ortalama debisi ve derinliği göz önüne alındığında derenin; tüm sınıf ve profil standartlarına kendiliğinden haiz olmadığını söylemek mümkündür. Diğer taraftan uluslararası trafiği olan bir suyolunda minimum sınıf IV niteliklerini taşıma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu nedenle tasarımda; yük hareketlerine göre çevresindeki büyük limanlara besleme yapması planlanan bu kanalında maksimum sınıf III bir suyolunun yeterli olacağı düşünülmüştür. Bu dayanak ile özellikle sınıf III'ün üzerindeki bir seviyede hangi profil olursa olsun suyolunun ıslah ve yapı maliyetinin ekonomik olmayacağı düşünülmektedir. Bu temel ile Tablo 2 ışığında sınıf III'e kadar olan suyolu profillerinin gereklilikleri ve aranan standartları; minimum seyir kesit alanı (A), trapez olarak düşünülen enine kesitin eğimi (m) ve ihtiyaç duyulan debi (Q) miktarı Tablo 3'de hesaplanmıştır.

Tablo 3. Sınıf ve Profillerin; Kesit Alanı (A), Trapez Eğimi (m) ve Debi (Q) Değerleri

Sınıf	$A = (W_t + W_d) \cdot D \cdot 1/2$	$m = 2 \cdot D / W_d$	$Q = V \cdot A$
Normal Profil			
I	$A = (20,4+10,2) \cdot 3,5 \cdot 1/2 = 53,55$	$m = 2 \cdot 3,5 / 10,2 = 0,68$	$Q = 0,5 \cdot 53,55 = 26,77$
II	$A = (26,4+13,2) \cdot 3,6 \cdot 1/2 = 71,28$	$m = 2 \cdot 3,6 / 13,2 = 0,54$	$Q = 0,5 \cdot 71,28 = 35,64$
III	$A = (32,8+16,4) \cdot 3,8 \cdot 1/2 = 93,48$	$m = 2 \cdot 3,8 / 16,4 = 0,46$	$Q = 0,5 \cdot 93,48 = 46,74$
Dar Profil			
I	$A = (15,3+10,2) \cdot 3,3 \cdot 1/2 = 42,07$	$m = 2 \cdot 3,3 / 10,2 = 0,64$	$Q = 0,5 \cdot 42,07 = 21,03$
II	$A = (19,8+13,2) \cdot 3,4 \cdot 1/2 = 56,1$	$m = 2 \cdot 3,4 / 13,2 = 0,51$	$Q = 0,5 \cdot 56,1 = 28,05$
III	$A = (24,6+16,4) \cdot 3,5 \cdot 1/2 = 71,75$	$m = 2 \cdot 3,5 / 16,4 = 0,42$	$Q = 0,5 \cdot 71,75 = 35,87$
Tek Şerit Profil			
I	$A = (10,2+5,1) \cdot 3,3 \cdot 1/2 = 25,24$	$m = 2 \cdot 3,3 / 5,1 = 1,29$	$Q = 0,5 \cdot 25,24 = 12,62$
II	$A = (13,2+6,6) \cdot 3,4 \cdot 1/2 = 31,96$	$m = 2 \cdot 3,4 / 6,6 = 1,03$	$Q = 0,5 \cdot 31,96 = 15,98$
III	$A = (16,4+8,2) \cdot 3,5 \cdot 1/2 = 43,05$	$m = 2 \cdot 3,5 / 8,2 = 0,85$	$Q = 0,5 \cdot 43,05 = 21,51$

Minimum seyir kesitin alanı, standart şevlere göre alındığı varsayılarak referans ebatların oluşturduğu belli bir 'm' ile gerekli debi hesaplanmıştır. Birim kesitlerde ihtiyaç duyulan debinin bulunabilmesi için, verilen yüzey-taban genişlikleri ve minimum derinlik temelinde, söz konusu kesitte akış hızı (V), tavsiye edilen; 0,5 m/sn. değerinde alınmıştır.

Tablo 3'de bulunan değerlerin, I, II ve III suyolu sınıfları ve normal, dar ve tek şeritli profil; derinlik ve genişlik referansları ile birlikte gösterimi Tablo 4'de yer almaktadır. Tablo 4 incelendiğinde 3,71 m³/sn. ortalama debi, 5,7 m³/sn. maksimum debiye sahip Güzelhisar'ın, sınıf I ve tek şeritli profilde dahi debisini minimum iki katına çıkarması gerektiği anlaşılmıştır.

Güzelhisar Deresi'nin Aliğa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı

Tablo 4. Suyolu Sınıf I, II ve III Gereklilikleri

Profil	Sınıf	Minimum Suyolu Profili (m)			A Seyir Enkesit Alanı (m ²)	m Trapez Enkesitin Eğimi (m)	Q Seyir kesitinden geçen Q ₀ debisi (m ³ /sn.)
		Derinlik D	Genişlik				
			W _t	W _d			
Normal	I	3.1-3.5	20.4	10.2	53,55	0,68	26,77
	II	3.5-3.6	26.4	13.2	71,28	0,54	35,64
	III	3.5-3.8	32.8	16.4	93,48	0,46	46,74
Dar	I	2.9-3.3	15.3	10.2	42,07	0,64	21,03
	II	3.3-3.4	19.8	13.2	56,1	0,51	28,05
	III	3.3-3.5	24.6	16.4	71,75	0,42	35,87
Tek Şeritli	I	2.9-3.3	10.2	5.1	25,24	1,29	12,62
	II	3.3-3.4	13.2	6.6	31,96	1,03	15,98
	III	3.3-3.5	16.4	8.2	43,05	0,85	21,51

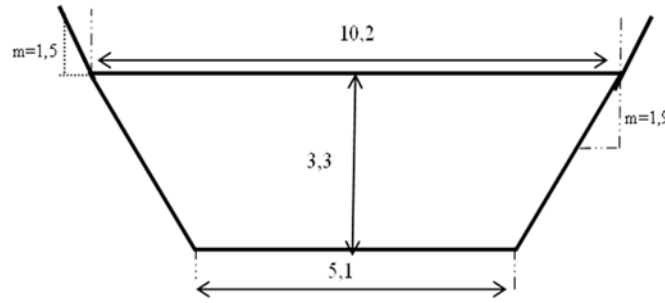
Mevcut durumun çözümüne yönelik ilk aşama suyolu sınıfının belirlenerek Güzelhisar'ın çevresel şartları ve teknik olanakları ile gerekli olan debinin sağlanması mümkün olup olmadığının araştırılmasıdır. Yük hareketinin tek bir noktadan sağlanacağı (ALOSBİ) Güzelhisar'ın sınıf I suyolu olarak boyutlandırılması ekonomik bakımdan daha uygun olacaktır. Güzelhisar böyle bir profil tasarımında, kanal debisinin artırılmasına yönelik bir çok seçenek için elverişlidir. Ancak bu çalışmada çevresel bir unsur olan Güzelhisar Barajının kullanımı ve deniz ulaştırma yapıları ile debinin sabitliğinin sağlanması yönünde bir çözüm ele alınmıştır. Çalışmada kullanılan veriler yatağın gerekli ıslahı ve barajın elverişli kullanımı ile seyir açısından ihtiyaç duyulan debiyi sağlayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla teknik tasarım suyolu sınıfının belirlenmesinden sonraki aşama, debinin artırılmasında birinci öncelik olan baraj potansiyelinin kullanımını ve deniz ulaştırma yapılarının istenilen debinin korunmasını sağlamaktır. DSİ'den temin edilen gölet karakteristikleri formu verilerine göre 2015 yılında Güzelhisar barajının geçmiş on yılları baz alınarak hesaplanan aktif hacmi 145 hm³'tür, ve ortalama içme ve kullanma suyu 57,40 hm³/yıl olarak belirtilmiştir. Bu durumda barajdan faydalanılabilme imkanı bu çapta bir taşımacılık için uygun görülmektedir. Ancak suyolunda kaydedilen ortalama debi Q=3,71 m³/sn. olduğundan, Güzelhisar Barajının bir düzenleme haznesi olarak planlanıp çalıştırılması halinde bile hesaplanan Q=12,62 m³/sn. debisini yılın her gününde sağlayamayacağı düşünülmelidir. Bu durumda gerekli su derinliğini sağlamak amacı ile kabartma tesislerinin ve bunların aşılması; bir su seviyesinden gelen gemilerinin diğer bir seviyeye nakli için lokların (eklüz) inşası zorunlu olmaktadır. Bu sayede tüm seviyelerde eşit bir derinliğe erişilebilme olanağı mevcuttur.

Lok odası için gerekli olan su miktarı havuzun uzunluğu ve genişliği ile orantılıdır. Diğer bir faktör olarak ise loktan geçmesi beklenen gemilerin sayısı ve boyutlarıdır. Bu amaçla suyolunun trafik hareketine göre bir lokun derinlik, genişlik ve uzunluğuna yönelik genel denklemlerde sınıf I ve tek şeritli profil referans alınacaktır. Suyolundaki bu tür yapıların

gemilerin ortalama hızlarını düşüreceği ve suyolunun kapasitesini azaltacağı göz önünde tutularak lokların sayısını çoğaltmaktan kaçınılmalıdır. Buna karşılık suyun kabartılmasının sedde yüksekliklerini arttıracığı ve maliyeti yükselteceği göz önünde tutularak, 14 km'lik hat boyunca yalnızca bir lokun kurulması tespitinde yarar görülmüştür.

Özetle Güzelhisar Barajının güncel durumunun debi kontrolünde, bir ulaştırma yapısı olan gemi asansörü (lok) yapısının kanal ağzına yakın bir noktada kurulması ile gerekli olan derinliğe erişilebileceği anlaşılmaktadır. Bu varsayımlarla $Q=12,62 \text{ m}^3/\text{sn}$. iken derinlik $D=3,3 \text{ m}$ 'ye ulaşacak ve kabartıcı tesisler çalıştırıldığında bütün kesitlerde hemen hemen sabit bir derinlik elde edilecektir.

Bu düşünce ile Şekil 6'da suyolundan geçebilecek bu debiyi $0,5 \text{ m}/\text{sn}$. bir akış hızı ile geçirecek yatağın şekli araştırılmıştır. Bunun için $m=1,9 \text{ m}$, $W_d=5,1 \text{ m}$ ve $W_t=10,2 \text{ m}$ alınarak minimum seyir enine kesiti belirlendikten sonra bu kesit, akarsuyun ıslah edilmemiş yatağındaki minimum su seviyesi ile çakışması istenmiştir. Akarsuyun gerçek enkesitleri belirlenememiş olduğundan ıslah çalışmasının yatakta bu yönde, belirlenen en kesit modelinde olması istenmektedir. Şekil 6'da görüldüğü gibi seddelerin su ile temasta olan yüzeylerinde $m=1,9 \text{ m}$ hava ile temasta olan bölümlerinde $m=1,5 \text{ m}$ alınmıştır. Tarım alanları için taşkın seddeleri akarsu yatağının iki yanında da mevcuttur.



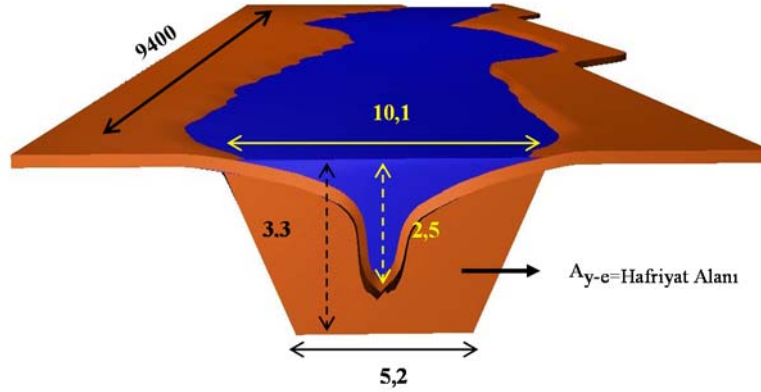
Şekil 6. Güzelhisar Kanal için Tespit Edilen Enkesit Modeli

Ancak mecraya yönelik yapılması planlanan bu seddelerin, ana drenaj kanalının kıyı koruma yapısı niteliği taşıması ön görülmüştür. Ayrıca mevcut taşkın seddeleri hat üzerindeki bazı kısımlarda suyolundan oldukça uzaktadır. Bu nedenle tasarımda 1-1,5 metrelik bir sedde yüksekliği uygun görülmüştür.

Güzelhisar Deresi'nin iç suyolu tasarımına yönelik bu bilgilerle; öncelikle mevcut yatağın, bölüm başında belirlenen seyir hattının ikinci noktası olarak sığ havuz alanına kadar ıslah edilmesi gerekmektedir. Bu nokta Şekil 3'de yeşil renkle belirtilen kısımdır. Buna göre Şekil 7'de derenin ıslah edilmemiş mevcut yatağı ile planlanan enkesit profili çakıştırılmış ve 9400 metrelik yatak hattı boyunca çıkarılması gereken hafriyat hacmi belirlenmiştir. Mevcut yatağın enkesitleri belirlenememişse de en küçük yüzey eni $W_t=10 \text{ m}$ olduğu bilinmekte ve derinliğin ortalama $D=2,5 \text{ m}$ alınması ile ortalama debi $Q=3,71 \text{ m}^3/\text{sn}$. bir yatak modeli çıkartmak mümkündür. $Q=V.A$ debi formülüne göre; tabii akarsularda ortalama hızın değeri olan 1-2 m/sn. aralığından bir değer alınarak yatağın kesit alanı (A) için yaklaşık bir değer bulunabilir. Ancak $3,71 \text{ m}^3/\text{sn}$. değeri için matematiksel modelde hız (V) büyüdükçe vadi

Güzelhisar Deresi'nin Aliğa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı

kesiti keskinleşerek çok küçük m² değerinde bir alan ortaya çıkacak, gerçekte akarsuyun bu hızda şimdiye kadar yapması gereken sedimentasyon yok sayılmış olacaktır.



Şekil 7. Tespit Edilen Enkesit Modeli ve Eski Yatak

Çünkü fiziksel olarak böyle bir hızda yatak tabanının formunu tamamen koruduğunu varsaymak gerçekten uzak olacaktır. Bu nedenle akarsu ortalama hız değerinin en küçük eşiği olan 1 m/sn. ilk değer olarak formülde yer almalıdır. Bunun yanında 0,5 m/sn. öngörülen tahmin doğrultusunda ikinci hız değeri olarak yer alacak ve bulunan "A" sayılarının ortalaması yaklaşık bir değerle mevcut yatağın kesit alanı olarak kabul edilecektir. Bunun nedeni Güzelhisar Deresi'nde gözlemlenen; 2-3 m aralığındaki minimum derinlik ve 10 m minimum su hattı yüzey genişliğindeki bir kesitten yaklaşık olarak 0,5-1 m/sn. aralığındaki bir hız değerinin daha gerçekçi bulunarak tahminlenmesidir. Buna göre eski yatak enkesit alanı $V = 1$ m/sn. için;

$$A = Q / V \rightarrow A = 3,71 / 1 = 3,71 \text{ m}^2 \quad (4)$$

$$\text{ve } V = 0,5 \text{ m/sn. için; } A = 3,71 / 0,5 = 7,42 \text{ m}^2 \quad (5)$$

A ortalama değeri için ise;

$$(3,71 + 7,42) / 2 = 5,565 \text{ m}^2 \text{ 'dir.} \quad (6)$$

Bu durumda mevcut yatağın ortalama kesit alanı; $A=5,565 \text{ m}^2$ değerindedir. Hesaplamalarda bulunan mevcut enkesit alanı eski yatak enkesiti atfıyla "A_e" ifadesiyle simgelenmiştir. Planlanan enkesit alanı ise Tablo 4'de belirtildiği gibi $A=25,24 \text{ m}^2$ değerinde alınmış ve yeni yatak kesiti "A_y" olarak simgelenmiştir. Şekil 19'da karşılaştırılan bu iki kesit alanı için ortaya çıkan fark, birim kesitlerden çıkarılması gereken hafriyat miktarıdır. 9400 m uzunluktaki hat için bir hacim hesabı yapmak gerekirse:

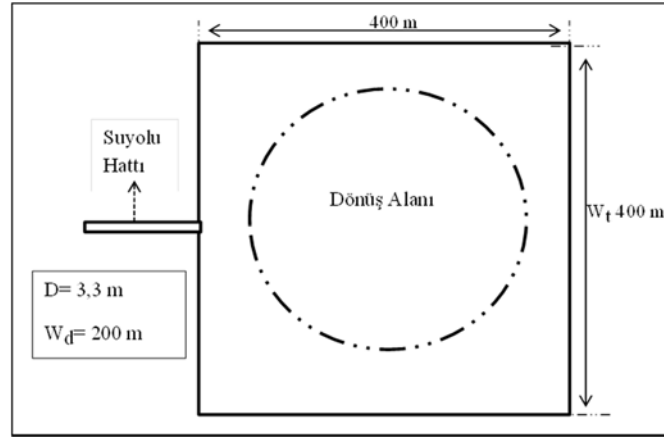
$$A_y - A_e = 25,24 - 5,565 = 19,675 \text{ m}^2 \quad (7)$$

$$A_{y-c} \cdot \ell = 19,675 \cdot 9400 = 184\,945 \approx 185\,000 \text{ m}^3 \quad (8)$$

Bu rakam belirlenen uzunlukta yapılacak tarama ve drenaj çalışmalarında çıkarılması gereken toprak miktarıdır. Tasarımın bu aşamasından sonra 9400 m uzunlukta gelinen havuz alanı bir dönme sahası olarak ve ikinci iskele noktası olarak düşünülmüştür.

İç suyollarında gemi dönüş alanı olarak kullanılan sahalar genellikle 1000 m'yi geçmemektedir. Söz konusu alan ise birinci nokta olarak tabir edilen yola en yakın kısımdan iskele sahasına kadar yaklaşık bu uzunluk mesafesindedir. Ayrıca dairesel dönüş manevrasına imkan verebilecek formda tasarlanan alanın "R" manevra çapına göre $R > 5L$ bağıntısına uygun olması gerekmektedir. Burada "L" referans gemi uzunluğudur. Belirlenen enkesit alanında bu suyolundan geçebilecek en uzun gemi boyu, sınıf I suyolundaki birleşik üniteler göz önüne alındığında $L=80$ m olmalıdır. Bu durumda $R > 400$ m olmalıdır ve tasarımda dönme alanı için ihtiyaç duyulan maksimum genişlik olarak 400 m'lik bir kesit alanı planlanacaktır. Dönüş alanı olarak düşünülen bu bölge eski kum ocaklarına yakınlığı ile oldukça geniş bir yüzölçümüne sahiptir. Deniz-Baraj yönünde hattın 9400-9800. metreleri arasında olması planlanan bu sahanın seçilen en kesitine göre planı Şekil 8'deki gibidir.

Aşağıdaki matematiksel işlemlerde Şekil 8'deki gibi boyutlara sahip bir sahanın kesit alanı hesaplanmıştır. Bulunan alandan eski kesit alanı çıkartılarak 400 m için yeni kesitin toplam hacmiyle farkı bulunmuş ve bu alandan çıkarılacak hafriyat hesaplanmıştır.



Şekil 8. Gemi Dönüş Alanı Plan Görünümü

$$A_y = (400 + 200) \cdot 3,3 \cdot 1/2 = 990 \text{ m}^2 \quad (9)$$

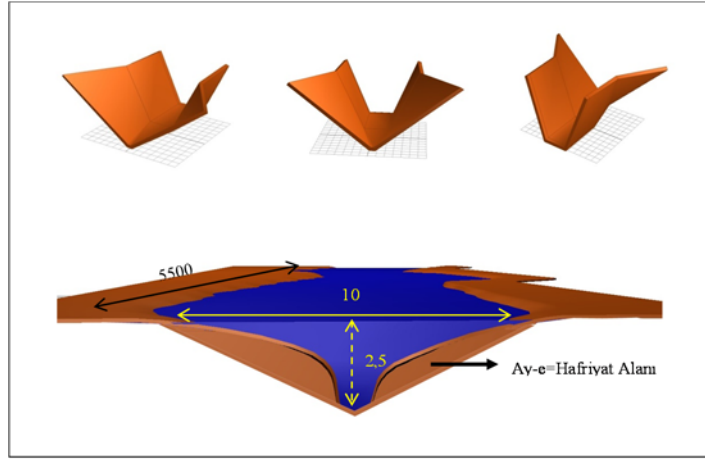
$$A_{y-c} \cdot \ell = (990 - 5,565) \cdot 400 = 393\,774 \approx 393\,800 \text{ m}^3 \quad (10)$$

Güzelhisar Deresi'nin Aliğa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı

Baraj mansap alanının kalan 5200 m²'lik hattında ise seyir yapılmayacağı varsayılarak, ortalama debiyi sağlayacak daha ekonomik bir kesit seçilmesi öngörülmüştür. Oluşacak kesit değişikliği için ise iki kesiti birbirine bağlayan bir geçiş yapısı (rakortman) uygun görülmüştür. Seçilen bu kesitin daha ekonomik olması aslında daha küçük bir alanın taranması imkanını ihtiva eder. Bu durumda "A" sayısındaki düşüş ortalama debiyi kaldırabilmesi adına "V" akış hızının artmasına sebep olacaktır buda hidrolik anlamda su yolu dengesini bozabilir. Her ne kadar dönüş alanına kadar olan bölümde bir genişlikten bahsedilse de kesitleri birbirine bağlayan geçiş yapısında uygun dirençlerin kullanılması hızın istenen seviyede tutulması için daha doğru bir tercih olacaktır. Bunun yanında direnç yapılı bir çözüm ile su yolu formunun seyire yönelik hesaplandığı ölçüde devam ettirmek de maliyet açısından kıyaslanması gereken diğer bir yoldur.

Birinci çözüm için su yolunun akış hızının bu doğrultuda daha fazla olduğu düşünülerek, başta belirtilen alt eşik $V=1$ m/sn. olarak kabul edilmiştir. Bu durumda $12,62$ m³ istenen debi için $A=12,62$ m² olarak bulunmaktadır. Söz konusu alan için, su yolunun minimum 10 m olan yüzey eni ve 2,5 m ortalama derinliği düşünüldüğünde; daha çok küçültmenin ekonomik olmayacağı sonucuna varılabilir. Bulunan bu "A" değerini verebilecek optimal enkesit eski yatağın bilinen ebatları doğrultusunda üçgen olmalı ve geçiş yapısı, trapezi üçgene bağlayan formda olmalıdır. Şekil 9'da optimal üçgen enkesit ve eski yatak kesitleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca yeni kesiti su yoluna bağlayan geçiş yapısının örneği gösterilmiştir. Bu doğrultuda çıkarılması gereken hafriyat; 36 700 m³ olarak bulunmuştur:

$$A_{y-e} \cdot \ell = (12,62 - 5,565) \cdot 5200 = 36\ 686 \approx 36\ 700 \text{ m}^3 \quad (11)$$



Şekil 9. Model Geçiş Yapısı ve Üçgen Enkesit

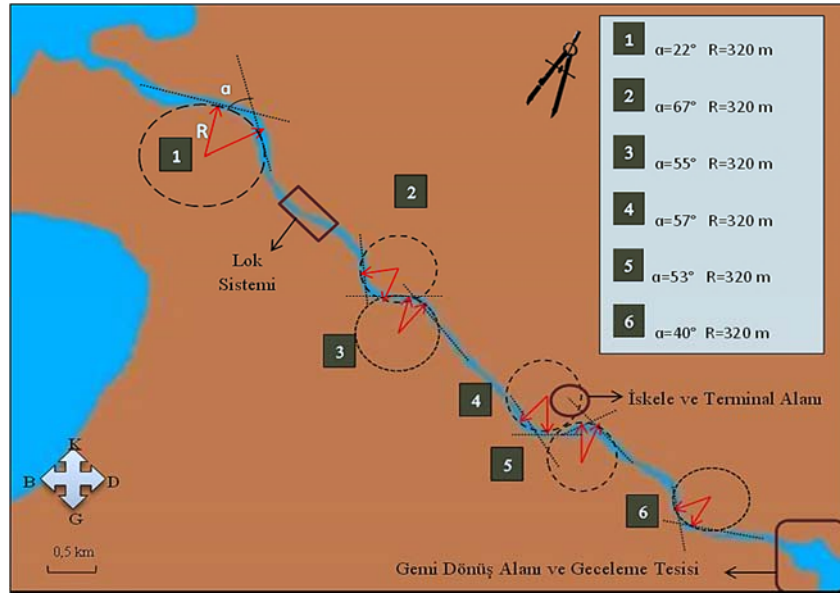
İkinci çözüm için yapılan hesaplama ise yine ilk hatta taranması gereken alan ile aynı şekilde bir enkesitle, aşağıdaki gibidir:

$$A_{y-e} \cdot \ell = 19,675 \cdot 5200 = 102\,310 \text{ m}^3 \quad (12)$$

Bu çözümde ana seyir hattı için hesaplanan $A_{y-e}=19,675 \text{ m}^3$, baraja kadar kalan hattın suyolu uzunluğu ile çarpılarak, tarama ile çıkartılması gereken hafriyat miktarı bulunmuştur. Bu iki çözümün kıyaslanması için birinci miktarın tarama maliyeti ile geçiş yapısının maliyeti toplanarak, ikinci çözümdeki tarama maliyeti ile kıyaslanmalıdır.

Akarsu hattında planlanan bu ıslah faaliyetlerine ek olarak, tasarımın başında bahsi geçen; düz bölüm ve kanal kıvrımları arasındaki dönüşler, tespit edilen suyolu sınıfı doğrultusunda yeniden ele alınmalıdır. Kıvrımlı bir yatakta 15 km kadar akarak denize dökülen derede, düz bölümler ve kıvrımların arasındaki toplam 6 dönüş kademeli geçiş konforuna yönelik olarak düzenlenmelidir. Tespit edilen sınıf I suyolu ve tek şerit profil için kıvrım eğrisi yarıçapları; $R=4L$ ve kıvrım açıları; $\alpha \leq 30^\circ$ olarak alınmıştır. Tasarım kanalından geçmesi beklenen en uzun gemi uzunluğu $L=80 \text{ m}$ 'dir. Bu durumda $R=320^\circ$ olarak alınmıştır. Şekil 22'de Güzelhisar kanal dönüşleri söz konusu 6 dönüş noktasında ele alınmış ve şekil üzerinde tasarımı planlanan lok, iskele ve gemi dönüş alanlarına da konumsal olarak yer verilmiştir. Buna göre 1. dönüş noktası dışındaki diğer 5 dönüş noktasında α açısı 30° 'nin üzerindedir.

Gerçekte ıslah planı öncesinde 15 km'lik suyolunun, 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı noktalarında yapılacağı varsayılan kanal düzenlemelerinin toplam ölçüsü yaklaşık olarak 650 metredir. Yaklaşık 350 metrelik kara çıkıntıları ve ada kayalar ile toplamda elde edilen 1 km'lik uzunluk suyolu hattını 14 km'ye indirmekte ve bulunan bu değer tasarımın başında bulunan genel biçimlendirme tahmini ile örtüşmektedir.



Şekil 10. Güzelhisar Kanal Dönüşleri

Güzelhisar Deresi'nin Aliğa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı

Tasarımda, görünürlük ve seyir konforu açısından, su yolu kıvrımları kanalın iç kısımları üzerine genişletilmektedir. Düz bölüm ve dönüş genişliği arasındaki geçiş, su yolu eksenine göre 1/20 tanjant oranında, kademeli olarak (yaklaşık 5°) genişlemekte ve dönüş öncesinde ve sonrasında su yolunun, 1,5L uzunluğunda düz bir bölümü her dönüş noktasında halihazırda sağlanmaktadır.

5. REFERANS GEMİNİN BELİRLENMESİ

Güzelhisar kanal tasarımında varılan sonuç itibarıyla, sınıf I su yolu ve tek şeritli profilin daha uygun olacağı düşünülmüş ve gerekli altyapı analizi bu doğrultuda yapılmıştır. Dolayısıyla su yolu sınıfı seçildikten sonra, referans gemi, itilir barçlar ve birleşik üniteler de bu doğrultuda tanımlanmalıdır. Bu gemi, su yolunun ulaştırma mühendisliği açısından tasarımını ve ilgili mühendislik yapılarını belirler [8]. Kanal ıslahı için minimum gereklilikler ve tip enkesit seçildikten sonraki yapısal tasarım; referans gemi ile ilgili gerekliliklerin doğurduğu ihtiyaç veya kombinasyonu ile belirlenmiştir.

Güzelhisar Deresi'nin 3,3 m derinliğe ve 10,2 m yüzey genişliğine sahip olması istenmiştir. Bu durumda, referans gemi boyutları doğrultusunda Tablo 5; Güzelhisar'da kullanılması mümkün olan standart gemilerin maksimum boyutlarını, yüklü draftları ve yük kapasitelerini göstermektedir [8], [9], [10], [20].

Sınıf I su yolları için yapılan bu derleme ile Güzelhisar Deresi iç su yolu taşımacılığında kullanılması gereken gemilerin tasarımı için, belirtilen referanslarla hareket etmek mümkündür.

Tablo 5. Güzelhisar Kanalına Yönelik Referans Gemiler

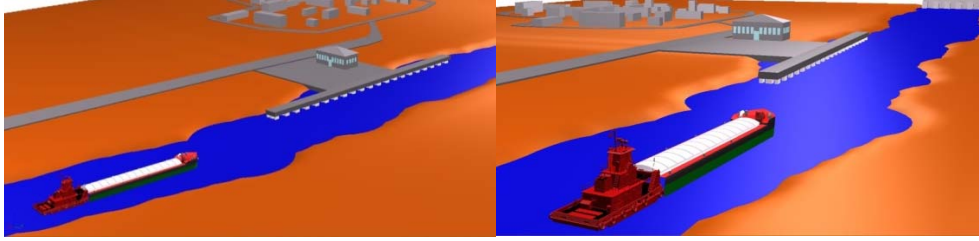
Filo Tipi	Tanımı	En (m)	Boy (m)	Yüklü Draft (m)	Kargo Kapasitesi (Ton)
Yük Gemileri (Barç Gemiler)	Gross Finow	4,7	41	1,4	180
	Finowmax	4,6	40	1,7	240
	Gross Finow (2)	5,1	41	1,75	270
	Finowmax (2)	5,05	38,5	2,2	300-400
	Peniche Barç (Spits ya da Freycinet)	5,05	38,5	2,5	365-400
İtilir-Çekilir Barçlar	Bir barç (önde veya arkada)	5,2	55	1,9	400
Birleşik Üniteler	İki Peniche barç Uzun (Birbirine bağlı iki Peniche)	5,05	80	2,5	900

Kullanılacak gemi bizzat Tablo 5'deki referanslardan olabileceği gibi, benzer boyutlarda aynı tip ya da Sınıf I tek şeritli profil kanal özellikleri temelinde yeni bir tasarım da olabilir.

6. TASARIMDA DİĞER SUYOLU ELEMANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Her iç su yolu, içinde bulunduğu mevcut ulaştırma sisteminin bir parçasını oluşturur. Bu nedenle iç su yolu taşımacılığına yönelik planlanan bir kanal, boyutları ve sunduğu hizmet düzeyleri ile kendisine en yakın ulaştırma modu ile koordine edilmelidir [8].

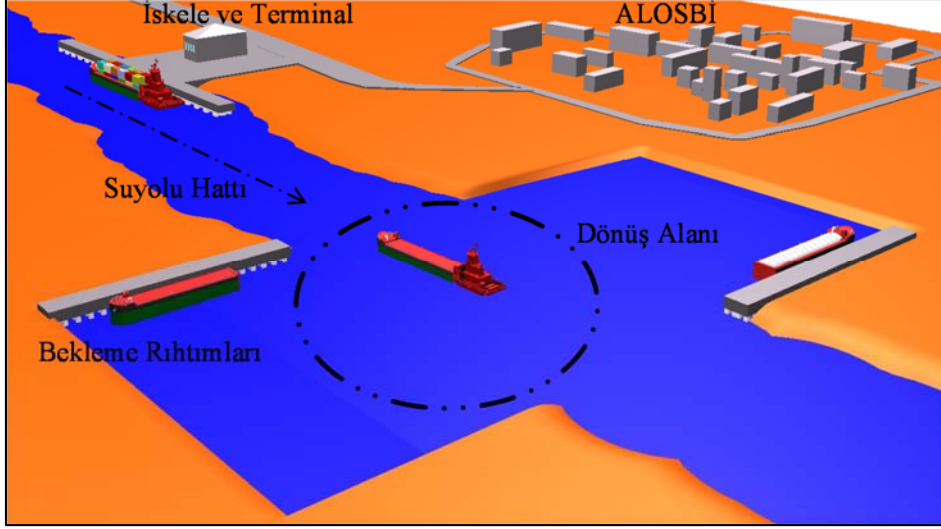
Güzelhisar Deresi'nde planlanan ulaştırma hattı ALOSBI sınırlarına paraleldir. Bu bölge taşıma hattının odak noktasını oluşturmaktadır ve iskele ve terminal olarak kullanılması planlanan bölgedir. Şekil 11'de canlandırılan bu noktanın seçilmesindeki en önemli etken ALOSBI giriş kapısının yakında olması ve karayolu bağlantısının kanala en yakın noktalarından biri olmasıdır. Bunun yanında böyle bir seçim seyir hattını minimumda tutarak daha ekonomik bir taşıma imkanı sağlamaktadır.



Şekil 11. Kanal Üzerinde Planlanan İskele ve Terminal Alanı

Bu noktanın iskele planlamasında uygun yanaşma düzeni ve gemi bağlama yöntemi olarak sürekli rıhtım boyunca bağlanma şekli benimsenmiştir. Mümkün olduğunca minimum bağlanma halatı ile maksimum yüke karşı dayanabilen bir düzen istenmektedir. Kanalda kullanılması muhtemel maksimum gemi boyu 80 metredir. Rıhtım alanı, iki itilir barç ya da bir tek birleşik ünite bağlanacak şekilde 1,2L bir alan uzunluğunda dolayısıyla 100 m olarak planlanmıştır. Rıhtım alanının yanaşma yeri derinliği, kanal derinliği ile aynı yani 3,3 metredir. Şu halde rıhtım kapasitesi de 1000 dwt'dir. Planlanan rıhtım ayakları; sedde yükseklikleri ile paralel olarak, kanal tabanından 5 m yükseklikteki sütunlardan oluşmaktadır. İskele apron genişliğinde OCDI [16] ve DLH'nin [21] de kullandığı değerler baz alınmış; 4,5 metrenin altında bir derinlik ve düşük gemi trafiği göz önünde tutularak 10 m olarak tespit edilmiştir. Geri saha genişliğinin ise minimum 90 m olması gerekmektedir. Bu alan içinde depolama alanı, yük transfer alanı ve hizmet binaları ihtiyaca göre farklı çeşit ve büyüklüklerde yer alabilecektir.

Tasarımda belirlenen diğer su yolu elemanları ise lok sistemi ve gemi dönüş alanıdır. Şekil 12'de tasarım çizimine yer verilen gemi dönüş alanının konumu, yeri ve boyutlandırılması ilişkin planlamaya, önceki kısımda ele alınan kanal tasarımında yer verilmiştir. Gemi dönüş alanı aynı zamanda kanal gemilerinin barınacağı bir geceleme tesisi olarak da kullanılabilir. Dalgadan salınımından izole olan bu alan gemilerin emniyetli bir şekilde bağlanabileceği ve konaklayabileceği bir yer olarak değerlendirilecektir. Bu amaçla dönüş alanının imarında bağlanma yerleri, şamandıralar, işaret ve ışıklandırma sistemleri aynı zamanda geceleme ve konaklama tesisi standartlarında olmalıdır.



Şekil 12. Gemi Dönüş Alanı

Lok tasarımında ise sisteminin türü ve teknik yapısı ile ilgili ayrıca özel bir çalışma yapılmalı ve bu kurulumun yerel koşullara uygun olup olmadığı ayrıca değerlendirilmelidir. Lok, lok odası ve kapılarının boyutlandırılmasında; eşik hasar riski ve gemilerin sorunsuz bir hızla girip çıkabilmesi ihtiyacı göz önünde tutulmaktadır. Ayrıca lok tasarımı ve kurulumunda doğal koşullar inşaat maliyetleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Ancak tasarımın temel faktörleri, loktan geçmesi beklenen gemilerin sayısı ve boyutlarıdır. Bu anlamda tasarımda OCDI'nin [16] belirlemiş olduğu lok uzunluk, derinlik ve genişlik denklemleri kullanılabilir. Güzelhisar kanal derinliği 3,3 m, belirtilen maksimum gemi boyu 80 m ve gemi eni 5,1 metredir. Lokun sahip olması gereken etkin su derinliği, kanal derinliği ile aynı seviyedir. Etkin genişlik hesaplamalarında lok odasında yan yana sıralanan gemi sayısı denklemin değişkenlerinden biridir. Ancak planlanan lok odası için; kanalın tek şerit bir su yolu profilinde ve düşük gemi trafiğine sahip olacağı düşünülerek bu şekilde bir oda sıralamasından kaçınılmıştır. Bu nedenle genişlik hesabında yalnızca en açıklığı göz önünde tutulacaktır. Uzunluk hesaplamasında ise arka arkaya sıralanma değişkeni Güzelhisar Kanal'da iki şekilde mümkün olmalıdır. Ya tespit edilen maksimum gemi uzunluğunda tekli gemi geçişi, ya da bu ebatlarda lok odasını kullanmaya elverişli diğer kombinasyon sıralarıdır. Bu kombinasyonların uzunluğu maksimum gemi boyu 80 m ve boy açıklığı toplamını (yaklaşık 82 m) geçmemelidir. Bu şekilde belirlenen lok odasının ebatları genel olarak 5,3 m genişliğe, 82 m uzunluğa ve 3,3 m derinliğe sahiptir.

Güzelhisar Deresi'nin iç su yolu kanalı olarak tasarımı ve planlamasında ele alınan tüm bu yapısal unsurların yanında, seyir emniyeti açısından su yolu hattı boyunca uygun işaret, marka ve ışıklandırma sistemleri konumlandırılmalıdır. Ayrıca Güzelhisar Kanalı için bir su yolu yönetim otoritesi oluşturulmalı ve detaylı bir nehir bilgi sistemi sağlanmalıdır. Lok mekanizmasına ait kontrol merkezi, su yolu trafiğinin yönetilmesi ve operasyonel süreç yönetiminin sağlanması adına bu tarz bir işletme örgütüne ihtiyaç olacaktır.

7. KANAL MALİ ANALİZİNDE ELE ALINMASI GEREKEN UNSURLAR

Diğer birçok yatırım projesinde olduğu gibi iç su yolu kanalı projelerinde de yatırım kararı, farklı karar verme süreçlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Genel olarak mühendislik maliyetlerin ve faydaların analizi, ulaştırma altyapı projelerinin yatırım açısından değerlendirilmesinde en çok başvurulan yöntemdir.

Güzelhisar Kanal projesinin yaratacağı faydalar incelendiğinde ilk olarak bölgeye yönelik gerçekçi bir sosyo-ekonomik etki değerlendirme çalışması yapılmalıdır. Ancak bu çalışmada yalnızca temel maliyet faktörlerinden olan, inşaat maliyetleri ve araç maliyetlerine yönelik bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Altyapı işletme maliyetleri, aktarma maliyetleri ve diğer dışsal maliyetler bu çalışmada yer almamaktadır. Bu nedenle yapılan maliyet hesaplamasının yalnızca bir avan projeye fikir vermesi amaçlanmıştır.

Maliyet tahminlemede havzanın bazı özellikleri ve mevcut altyapısının, önemli ölçüde maliyet avantajı sağlayacağı görülmüştür:

- Kanal ulaştırma hattı boyunca düşünülen karayolu yerine, ALOSBI'yi İzmir-Çanakkale yoluna bağlayan mevcut yolun kullanımı, yüksek değerde bir yatırım tasarrufu sağlamaktadır.
- Güzelhisar Deresi'nde kanalın her iki yanında da taşkın seddeleri bulunmaktadır.
- Güzelhisar mansap ovalarının sulama sistemleri kanaldan bağımsız olarak, doğrudan baraja bağlı borularla yapılmaktadır. Ayrıca barajın yapılma amacı yalnızca su temininin sağlanmasıdır.
- Planlamada Güzelhisar Kanalı'nın yol açacağı ciddi bir çevresel zarar görülmemektedir. Kanalda mevcut ekosistemin korunması amacıyla fizibilite aşamasında lok sisteminin devamına yalnızca bir balık pasajı imarı da düşünülebilir.
- Dere yatağının ıslahında ve tarama işlerinde elde edilecek büyük miktardaki toprak, kum ve çakıl kanal altyapısının inşaatında kullanılacaktır.

Gemi Maliyetleri: Çalışmanın, Referans Geminin Belirlenmesi kısmında açıklanan muhtelif büyüklük ve tipteki gemiler; Türkiye'deki tersanelerin çoğunda inşa edilebilecek vasıf ve ölçülerdedir. Seçilen gemi sayıları bu aşamada planlamaya dair bir fikir verebilmesi amacıyla 5,2Bx17Lx1,5t ebatlarında 2 adet kıçtan sevk edilen itme botu (römorkör), 2 adet 5,1Bx38,5Lx2,5t ebatlarında tank barç ve 2 adet 5,1Bx38,5Lx2,5t ebatlarında üç ambarlı çok amaçlı barç şeklindedir.

Tarama işleri ve Dere Yatağının Islahı: 15 km lik dere yatağında ada kayalar, kara çıkıntıları ve dönüşler planlandığı şekilde ıslah edilerek 14 km lik yeni seyir hattı oluşmuştur. Genel dere ıslahı maliyet kalemini oluşturan bu giderler, toplam tarama işleri maliyetlerine katılmalıdır. Ardından 9400 m ana su yolu hattı, 400 m dönüş alanı (geceleme tesisi) ve baraja kadar seyir gerçekleşmeyecek olan kalan 5200 m'lik hattın tasarımda belirtilen derinliğe ulaşması amacıyla taranması istenmiştir. Dönme alanından baraja kadar devam edecek olan hatta yönelik iki seçeneğe bir tasarım söz konusudur. Birinci seçenekte su yolu enkesiti anahat düzeninde devam ederken, diğer seçenek; daha ekonomik bir tasarım olacağı öngörüsü ile trapez enkesiti, üçgen enkesite bağlayan bir ara geçiş yapısı (menfez) ve devamında ihtiyaç duyulan debiyi sağlamaya yeterli daha dar bir su yolu sunmaktadır. Birinci seçenekte toplam taranacak alandan çıkarılacak hafriyat miktarı 618 110 m³'tür. İkinci

seçenekte ise toplam 615 500 m³ bir hafriyat alanı ve farklı enkesitleri bağlayan bir ara geçiş platformu maliyete eklenecektir.

Kıyı Duvarları: Belirlenen enkesit modellerine göre kanalın kıyı duvarlarının inşaat maliyetleri hesaplanırken, toplam metrekareye göre kullanılacak beton ve demir, kalıp, iksa ve işçilik giderleri ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Kıyı duvarları palplanş ve istinat duvarlarını oluşturan yapı unsurları göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Kıyı Duvarları iki taraflı olarak ana hatta 18 800 m ve dönüş alanında 1580 m boyunca sedde yükseklikleri ile beraber kanal tabanından 5 m yükseklikte planlanmıştır. 10 400 m'lik baraja kadar olan kısım için birinci seçenekte ana hat yüksekliğinde 5 m, ikinci seçenekte ise 4 m yüksekliktedir. 153 900 m² ve 143 500 m² değerlerine göre iki seçeneğin tarama işleri ve kıyı duvarlarının toplam maliyetleri karşılaştırılmış ve ikinci seçeneğin daha ekonomik olacağı sonucuna varılmıştır.

Suyolu Elemanları: Tasarımda belirlenen iskele ve terminal alanında, 100 m²'lik bir terminal alanı ve 10 m apron genişliğine sahip, 100 m uzunluğunda bir rıhtım yapılması düşünülmüştür. Dönme alanında yapılacak geceleme tesisi için 100 m uzunluğunda iki adet rıhtım yapılması uygun bulunmuş ve muhtelif ölçülerine göre bu rıhtımların her birinde sedde yüksekliğine paralel olarak 5 m yükseklikte 12 adet sütun üzerine inşasına karar verilmiştir. Geri saha ve rıhtımlarda kullanılacak yapıların beton, hasır, mıcır ve kalıp gibi maliyet kalemleri her bir yapı için ayrı ayrı hesaplanarak toplam giderler oluşturulmalıdır. Lok ünitesinin maliyet hesaplanmasında, tasarımda yer alan muhtelif ebatlar ile elde edilen yaklaşık değerlere göre mekanizmanın beton, çelik ve mekanik aksamalarının maliyetleri araştırılmalıdır. Planlanama yer alan diğer su yolu elemanları, liman ekipmanları, iki katlı prefabrik iskele binası, bağlama yerleri ve dubaları, işaret fenerleri, marka, işaret ve aydınlatmalar için maliyet hesaplamasına da yer verilmelidir. Ayrıca liman ekipmanları içerisinde ilk etapta bir adet mobil vinç ve bir rıhtım kreyini yeterli görülmüştür.

8. SONUÇ

ALOSBİ'nin hammaddeye ve pazara yakınlığını ile lojistik avantajları; bölgenin Ege Denizi'ne bağlantısını sağlayan Güzelhisar Deresi'nin iç su yolu kanalı olarak planlanması düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle çalışma, bir ulaştırma altyapı projesi için öneri mahiyetinde oluşturulmuştur. Araştırma için gerekli tüm dokümanlar sağlanamamıştır. Genel olarak DSİ'den sağlanan akarsuya ait az sayıdaki veriler, uygun kabullerle tamamlanarak bir tasarım ve planlama yapılmasına çalışılmıştır.

Kanal tasarımına yönelik incelenen yaklaşımlarda öngörülen süreçler, ilk önce su yolu sınıfı ve referans geminin belirlenmesi doğrultusundadır. Güzelhisar gibi bir akarsuyun seyir olanakları tespiti ile ilgili bir çalışma yapıldığında ise, ilk olarak akarsuyun seyire yönelik elverişliliğin ölçülmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu çalışmada derenin seyire elverişliliğin analizi araştırma sürecinin ana hattını oluşturmuştur. İkincil husus ise olası müdahaleler ile bir kanal tasarımı yapıp yapılamayacağıdır. Bu noktada Güzelhisar Barajının kullanım müsaitliği gerekli olan debinin sağlanmasına ilham verici bir unsur olmuş, yapılan araştırmalar ile baraj suyunun bir düzenleme haznesi ile eklüzlü (lok) bir çözüme imkan verdiği anlaşılmıştır. Bu sayede her daim sabit bir derinlik sağlanabilecektir. Ardından tespit edilen su yolu sınıfına göre ihtiyaç duyulan debiyi geçirecek kanalın şekli araştırılmıştır.

Güzelhisar kanal tasarımında, uluslararası standartlar göz önüne alınarak sınıf I su yolu ve tek şeritli profilin daha uygun olacağı düşünülmüş ve gerekli altyapı analizi bu doğrultuda

yapılmıştır. Güzelhisar Deresi'nin 3,3 m derinliğe ve 10,2 m yüzey genişliğine sahip olması istenmiştir. Kanalın model enkesiti olarak ise trapez enkesit seçilmiştir. Ardından enkesit yüzölçümü ve eğiminin hesaplanma için gerekli formüller verilmiş ve bu şekilde belirlenen trapezin alanı için, 0,5 m/sn. hız değeri ile çarpılarak suyolundan geçmesi gereken minimum debi miktarı $Q=12,62 \text{ m}^3/\text{sn.}$ olarak bulunmuştur. Söz konusu debinin sağlanması için Güzelhisar Barajının bir düzenleme haznesi olarak planlanıp çalıştırılması ve bir adet lok inşası zorunlu olacaktır. Bu varsayımlarla kabartıcı tesisler çalıştırıldığında bütün kesitlerde hemen hemen sabit bir derinlik elde edilebilmektedir.

Bunun için minimum seyir enine kesiti belirledikten sonra bu kesit, akarsuyun ıslah edilmemiş yatağındaki minimum su seviyesi ile çakışması istenmiştir. Akarsuyun gerçek enkesitleri belirlenememiş olduğundan ıslah çalışmasının yatakta bu yönde, belirlenen enkesit modelinde olması istenmektedir. Bu şekilde kanalın seyir hattı, dönüş alanı ve baraja kadar kalan suyolu hattı belirlenmiştir. Ayrıca Akarsu hattında düz bölüm ve kanal kıvrımları arasındaki dönüşler, tespit edilen suyolu sınıfı doğrultusunda ele alınmıştır. Tasarımda mevcut akarsu yatağının ıslahı bu açıdan ele alınmıştır ve ardından seyir hattı, taşıma araçları ve diğer suyolu elemanları belirlenmiştir. Tercih edilen suyolu sınıfı, referans gemi ve kanal planlaması çerçevesinde Güzelhisar Deresi'nin taşımacılık için kullanılabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Semboller

- A : en kesitin yüzölçümü
- B : referans gemi genişliği
- D : derinlik
- d : draft-taban arası derinlik
- f : geminin batmış kısmının yüzölçümü
- ℓ : uzunluk
- L : gemi tam boyu
- m : yamaç eğimi
- n : suyolu en kesit katsayısı
- R : kıvrım eğrisi (kurp) yarıçapı
- T : yüklü draft
- V : akarsu hızı
- Q : seyir kesitinden geçen debi
- W_d : en kesit taban genişliği
- W_t : en kesit yüzey genişliği
- α : kıvrım açısı

Kaynaklar

- [1] Ağırlioğlu, N., Şaşal, M., Işık, S., ve Saltabaş, L., Aşağı Sakarya Nehrinde İç Su Yolu Taşımacılığı Potansiyeli. Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongre ve Sergisi Sempozyumu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü ve TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası. Ankara. 1-3 Kasım 2001.
- [2] Taşdemir, A. ve Nohut, S., İç Suların Deniz Taşımacılığında Kullanılmasının Tarihi Geçmişi ve Önemi: Fırat Örneği, Gemi ve Deniz Teknolojisi, 195, 42-47, 2013.
- [3] Aliğa Ticaret Odası, Aliğa'nın Ekonomisi ve Aliğa'nın Coğrafi Konumu, ALTO İnternet Sitesi, alto.org.tr, 2009.
- [4] Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB), İzmir İl Koordinasyon Kurulu Aliğa Bölgesi Değerlendirme Raporu, Haziran 2012.
- [5] Eroğlu, İ. ve Bozyiğit, R., Güzelhisar Çayı Havzasında Yapısal Unsurların Jeomorfolojik Birimlere Etkileri, Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi, 32: 169-190, 2011.
- [6] ALOSBI, ALOSBI İnternet Sitesi, alosbi.org.tr, 2015.
- [7] Akkan, A., Liman Yatırımları ile Büyüme Hız Kazanacak, Yeni Asır Gazetesi, 31.08.2013.
- [8] Rijkswaterstaat, Waterway Guidelines 2011, Delft. RWS Centre for Transport and Navigation, 2011.
- [9] ECMT, Resolution No. 92/2 On New Classification Of Inland Waterways, CEMT/CM(92)6/FINAL, European Conference Of Ministers Of Transport, Atina, 1992.
- [10] PIANC, Standardization of Ships and Inland Waterways Dimensions, Brüksel. General Secretariat of PIANC, 1990.
- [11] CVB, Waterway Guidelines, Rotterdam. Directorate-General for Public Works and Water Management, 1996.
- [12] Eloit, K., Verwilligen, J. ve Vantorre, M., Detailed Design for Inland Waterways: the Opportunities of Real-Time Simulation, Smart Rivers 2013 Congress, The World Association For Waterborne Transport Infrastructure, 23-27 Eylül, Maastricht ve Liege, 2013.
- [13] PIANC, Approach Channels: A Guide for Design, Brüksel. General Secretariat of PIANC, 1997.
- [14] UBAK/UKİ ve İTÜ 75/7-UKİ 25302/A1, Aşağı Seyhan Nehrinde Navigasyon Olanaklarının İncelenmesi, Teknik ve Mali Fizibilite Ön Etüdü, 204.093 UKİ 6.099, T.C. Ulaştırma Bakanlığı Ulaştırma Koordinasyonu İdaresi ve İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1976.
- [15] Novak, P., Moffat, A.I.B., Nalluri, C., ve Narayanan, R., Hydraulic Structures. New York. Taylor & Francis, 2005.

- [16] The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, Tokyo. OCDI, 2009.
- [17] IMO, Annex 6: Resolution MSC.137(76) Standards for Ship Maneuverability, MSC 76/23/Add.1, International Maritime Organization, Londra, 2002.
- [18] Devlet Su İşleri, DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, İzmir: İzmir İli İşletmedeki Tesisler, DSİ Resmi İnternet Sitesi, dsi.gov.tr, 2015.
- [19] İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi, Güzelhisar Barajı ve Aliğa İçme Suyu Arıtma Tesisi, İZSU Resmi İnternet Sayfası, izsu.gov.tr, 2015.
- [20] Müller, E., Innovative Transport Vehicles: Rhine; Competitive and Sustainable Growth Programme, European Strategies to Promote Inland Navigation Working Papers, 3(1), 2-51, 2003.
- [21] DLH, Ulaştırma Kıyı Yapıları Master Plan Çalışması Sonuç Raporu, Yüksel Proje, Belde Proje ve T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları Limanlar Ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara, 2010.

