

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ARKEOLOJİ ANABİLİM DALI
ARKEOLOJİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİR'DEKİ SU KEMERLERİNİN
YAPIM TEKNİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Bekir Koray TARHAN

Danışman
Doç. Dr. Ali Kazım ÖZ

İZMİR-2020

TEZ ONAY SAYFASI



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İzmir’deki Su Kemerlerinin Yapım Tekniği Açısından İncelenmesi” adlı çalışmanın, tarafımdan akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

...../06/2020

Bekir Koray TARHAN

ÖZET

Yüksel Lisans Tezi

İzmir’deki Su Kemerlerinin Yapım Tekniği Açısından İncelenmesi

Bekir Koray TARHAN

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Arkeoloji Anabilim Dalı

Arkeoloji Programı

Bu çalışmada bir Roma dönemi su yapısı olan su kemerleri; yapım teknikleri, malzemeleri, inşasında kullanılan aletler açısından İzmir özelinde incelenmiştir. Kent yaşamının en hayati yapı elemanlarından olan su yapıları bir kentte yaşayan insanların su ihtiyaçlarını sağlamada başat etkindir. Antik dönem kentleri su kaynaklarına mümkün olan en yakın yerlere kurulmuştur. Ancak Roma dönemiyle birlikte kentlerin büyümesi ve gelişmesi kentlerdeki su ihtiyacını da artırmıştır. Kentlerde artan su ihtiyacını karşılamak amacıyla uzak mesafelerdeki kaynaklardan su getirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle uzak kaynaklardan kentlere uzanan su yolları inşa edilmiş ve bu su yollarının üzerine çeşitli engelleri aşmak için kemerler, tüneller gibi yapılar inşa edilmiştir. Bu yapılar Roma dönemine ait mühendislik gelişiminin bir yansıması olmuştur. Bu çalışmada bu yapılardan su kemerlerine dair yapım yöntemleri ile ilgili teknikler farklı kaynaklardan derlenerek İzmir’deki su kemerlerinin yapım ve kullanım süreçleri irdelenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su Kemerleri, Su yolu, İzmir, Su Kaynağı, Su Yapıları, Su Temini, Tünel, Kanal.

ABSTRACT
Master's Thesis
Investigation of Aqueducts in İzmir in terms of Construction Technique
Bekir Koray TARHAN

Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Archaeology
Archaeology Program

In this research, the Aqueducts in İzmir which are a water structure of Roman period, are investigated in terms of construction techniques, materials and tools. Water structures, which are one of the most vital building elements of urban life, are the main factors in providing the water needs of people living in a city. Ancient cities were established as close as possible to water resources. However, with the Roman period, the growth and development of the cities increased the need for water in the cities. In order to meet the increasing water demand in the cities, water was needed to be brought from sources at long distances. For this reason, waterways extending from distant sources to cities were built and structures such as arches and tunnels were built on these waterways to overcome various obstacles. These structures were a reflection of the engineering development of the Roman period. In this research, the techniques related to the construction methods of aqueducts from these structures have been compiled from different sources and the construction and usage processes of aqueducts in İzmir have been studied.

Keywords: İzmir, Aqueduct, Water Supply, Water Structures, Tunnel, Water Canal, Arch.

**İZMİR'DEKİ SU KEMERLERİNİN
YAPIM TEKNİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii

GİRİŞ	1
-------	---

**BİRİNCİ BÖLÜM
SU YAPILARI**

1.1	ROMA DÖNEMİ SU YAPILARI	2
1,2	ROMA DÖNEMİ BARAJLARI	3
1.3	ROMA DÖNEMİ SARNIÇLARI	5
1.4	ROMA DÖNEMİ HAMAMLARI	6
1.5	ROMA DÖNEMİ ÇEŞMELERİ	8
1.6	ROMA DÖNEMİ SU YOLLARI	9
1.6.1	Suyun Temin Edilmesi	13
1.6.2	Suyun Arıtılması	15
1.6.3	Suyun İletilmesi	18
1.6.4	Kullanılan Aletler	23
1.6.5	Suyun İletilmesinde Kullanılan Yapılar	29
1.6.6	Yöntemler	32
1.6.7	Maliyet	34
1.6.8	İşgücü	35
1.6.9	Suyun Ölçümü	35
1.6.10	Suyun Şehir İçindeki Dağıtımı	38

İKİNCİ BÖLÜM

ROMA DÖNEMİ SU KEMERLERİ

2.1 AMAÇLAR VE UYGULAMALAR	42
2.2 TEMELLER	47
2.3 KOLONLAR	49
2.4 KEMERLER	51
2.5 SU TEMİNİNE GÖRE SU KEMERİ TİPLERİ	55
2.6 MALZEMELER	57
2.7 KOMPOZİSYON	58
2.8 BETON	59
2.9 BORULAR	60
2.9 BAKIM VE ONARIM	61

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

İZMİR'DEKİ SU KEMERLERİ

3.1 GENEL BİLGİLER	63
3.2 KARAPINAR SU YOLU VE KEMERİ	64
3.3 AKPINAR SU YOLU VE KEMERİ	71
3.2.1 Uzundere Su Kemer	74
3.2.2 Karabağlar Su Kemer	75
3.2.3 Bozyaka Su Kemer	76
3.4 OSMANAĞA SU YOLU VE KEMERİ	79
3.5 KANGÖLÜ SU YOLU VE KEMERLERİ	83
SONUÇ	85

KISALTMALAR

cm.	santimetre
km.	kilometre
l.	litre
m.	metre
M.Ö.	Milattan önce
M.S.	Milattan sonra
m²	metrekare
m³	metreküp
mm.	milimetre
s.	saniye

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Roma Hamamı görünüşü	s.7
Şekil 2: Antoninler çeşmesi	s.9
Şekil 3: Roma su yolu örnek kesiti	s.12
Şekil 4: Temizleme odacıkları kesiti	s.16
Şekil 5: Su çökeltim havuzları çalışma prensibi şeması	s.17
Şekil 6: Kemer üzerine yerleştirilmiş su çökeltim havuzu	s.17
Şekil 7: Su yolu sistemi kesiti	s.19
Şekil 8: Kanal çatı tipleri	s.21
Şekil 9: Düşü bacaları çizimi	s.22
Şekil 10: Nimes su kemeri girişindeki regülasyon kutusu	s.23
Şekil 11: Almuñecar su yolu muayene bacası	s.23
Şekil 12: Dioptra rekonstrüksiyonu	s.24
Şekil 13: Korobat rekonstrüksiyonu	s.25
Şekil 14: Groma çizimi	s.26
Şekil 15: Arşimed vidası çizimi	s.28
Şekil 16: Tünel girişi fotoğrafı	s.30
Şekil 17: Su yolu sisteminde tünellerin konumu	s.30
Şekil 18: Patara taş boru sifonu	s.31
Şekil 19: Ters sifon çizimi	s.32
Şekil 20: Roma şehri su yolları debileri	s.37
Şekil 21: Segobriga şehri su deposu	s.38
Şekil 22: Şehir içi su dağıtım şeması	s.39
Şekil 23: Basınç vanası örneği	s.41
Şekil 24: Musluk örneği	s.41
Şekil 25: Segovia su kemeri yazıtı	s.44
Şekil 26: Polo su kemeri	s.45
Şekil 27: Aspensos su yolu basınç azaltma kulesi	s.46
Şekil 28: Alcántara köprüsü	s.48
Şekil 29: Köprü mahmuzu	s.49
Şekil 30: Kemerin kısımları	s.51

Şekil 31: Kemer iskelesi kurmaya yarayan ayak çentikleri	s.52
Şekil 32: Kiriş yuvaları	s.53
Şekil 33: Kenet yerleri	s.54
Şekil 34: Piscina Mirabilis	s.55
Şekil 35: Kurşun boru örnekleri	s.60
Şekil 36: Kemer tamirâtı örneği	s.61
Şekil 37: Su kanalında by-pass örneği	s.62
Şekil 38: 10 payandalı duvar	s.65
Şekil 39: Taş boru örneği	s.66
Şekil 40: Karapınar su yolu hattı	s.68
Şekil 41: Karapınar su yolu boykesiti	s.69
Şekil 42: Akpınar su yolu hattı	s.73
Şekil 43: Uzundere su kemeri	s.74
Şekil 44: Karabağlar su kemeri	s.75
Şekil 45: Bozyaka su kemeri	s.76
Şekil 46: Akpınar su yolu boykesiti	s.78
Şekil 47: Osmanağa su yolu	s.80
Şekil 48: Kızılçullu su kemeri	s.81
Şekil 49: Kangölü Roma dönemi su kemeri	s.84

GİRİŞ

Kent hayatı toplumsal yapının görünüm biçimlerinden biri olarak ortaya çıkar ve birçok toplumsal ilişkiyi de içerisinde barındırır¹. Kent yaşamını anlamaya çalışmak istersek öncelikle kenti oluşturan fiziki kavramları da anlamamız gerekir. Bu bağlamda kente hayat veren en önemli kaynaklardan biri sudur.

Antik Yunan ve Roma dönemine ait yapılan kazılarda halen dakikada 4500 litreye varan miktarlarda su iletebilen sarnıçların varlığı ortaya çıkarılmaktadır². Tabii kentlerde inşa edilmiş su depolama aygıtları olan sarnıçlara veya depolara su getirecek sistemlere de ihtiyaç vardı³. Bu noktada kente su sağlayan su yolları ve su kemerleri bu çalışma kapsamında incelenmiştir.

Su yolları uzak su kaynağından kente su getirmek için kullanılan boru ve kanallardan ibaret iken, su kemerleri; ilk kalıcı örnekleri Roma döneminde verilmiş, üzerinde su kanallarını taşıyan kemerli yapılardır⁴.

Uzaktan su getirme sistemleri inşa edilirken Romalı mühendisler birçok gözlem ve hesap yapmaya ihtiyaç duymuş ve bu hesaplarını yapmak için de groma, dioptra ve korobat gibi aletler kullanmışlardır⁵.

İzmir kenti de tarih boyunca birçok yerleşime ev sahipliği yaparken özellikle Yunan ve Roma dönemlerinde son derece gelişerek bir ticaret limanı haline gelmiş, Pax Romana'nın getirdiği barış ortamı ile de refah düzeyi artarak zengin bir şehre dönüşmüştür⁶. Bu çalışmada İzmir'e su getiren su yolları ve bu su yollarının üzerinde

¹ Yanık, Celalettin. “**Kent Sosyolojisi ve Bölgesel Sabitleme Kavramsallaştırılması**”, Sosyo-Kültürel Farklılık ve Alaşım Mekanları, Ezgi Kitabevi, İstanbul, 2014, s. 39

² Mumford, Lewis. **Tarih Boyunca Kent**, çev. Gürol Koca & Tamer Tosun, Ayrıntı Yayınları, İstanbul, 2013, s. 119

³ Kuban, Doğan. **Çağlar Boyunca Türkiye Sanatının Anahatları**, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul, 2017, s.119

⁴ Hasol, Doğan. **Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü**, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 2002. s.428

⁵ Vitruvius. **Mimarlık Üzerine On Kitap**, çev. Suna Güven, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, İstanbul, 2005, s.177

⁶ Ersoy, Akın. “**Smyrna’dan İzmir’e**”, İzmir Dergisi, Sayı 1, 2009, s.4

yer alan su kemerleri arkeolojik buluntular üzerinden mimari yapım şekilleri açısından incelenmiştir.

Bu çalışmamda gerek kaynaklara ulaşmam gerekse tezime sunduğu öneriler konusunda benden yardımını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Ali Kazım Öz'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam konusunda beni teşvik eden ve önümdeki maddi ve manevi engelleri aşmama yardımcı olan eşim Mimar Işıl Özbay Tarhan'a, tezin birçok kısmındaki mühendislik yaklaşımları ile ilgili olarak danıştığım meslektaşım dost ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.



BİRİNCİ BÖLÜM

SU YAPILARI

1.1 ROMA DÖNEMİ SU YAPILARI

Su, tarih boyunca tüm insanlığın ve tüm kentlerin en temel gereksinimi olurken insanların birlikte yaşamını kolaylaştıran ve bu birlikte yaşam kültürünün kent ve devlet yaşamına dönüşmesini sağlayan etmenlerden biridir. İnsan politik bir canlıdır ve insan bir toplum veya devlet içinde başka insanlarla beraber yaşama gereksinimindedir⁷. Yunan ve Roma kültürü de her şey bir yana bir birlikte yaşam ve bir kent kültürü idi⁸. Kentte veya devletlerde yaşayan vatandaşların o kente veya devlete entegrasyonu da ortak bir siyasi kültüre gösterilecek siyasi bağlılığın güvencesi anlamına gelmektedir⁹. Bu nedenle kentteki vatandaşların kente entegrasyonunu sağlamak ve hayatını kolaylaştırmak gibi birçok amaçla tarihin neredeyse her döneminde ve özellikle Antik Yunan ve Roma dünyasında kentler doğal su kaynaklarına yakın, birçok zaman nehirlerden ve hatta kuyulardan yararlanacak şekilde kurulur ve planlanırdı¹⁰. Öyle ki örneğin Eski Smyrna kent merkezinin M.Ö. 7. yüzyılda yeniden planlanması bulunan bir su kaynağı üzerinde kamuya açık bir çeşme yapımını da içermiştir¹¹.

Roma İmparatorluğu barajları, hamamları, çeşmeleri, sarnıçları ve su yolları ile bir su uygarlığıdır. İmparatorluk kurulduğu tarihten itibaren irili ufaklı birçok şehrine su yolları ile kilometrelerce öteden su getirmiş ve bu suyu gerek çeşmelerde, sarnıçlarda gerekse de hamamlarda halkın kullanımına sunmuştur. Roma İmparatorluğu tarafından inşa edilen bu su yapıları, Roma kentlerinden günümüze dek ulaşan bir medeniyetin kurucusu olmuştur.

Roma İmparatorluğu, bilimin insan hizmeti için uygulanmasında önemli bir örnektir. Roma'nın ileri mühendislik sistemi günümüz mühendislik sisteminin ve

⁷ Störig, H.J. **İlkçağ Felsefesi: Hint Çin Yunan**, Yol Yayınları, İstanbul, 2000, s.299

⁸ Mansel, Arif Müfid. **Ege ve Yunan Tarihi**, Türk Tarih Kurumu, Ankara, 2014, s.528

⁹ Habermas, Jürgen. **Öteki Olmak Ötekiyle Yaşamak**, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul, 2019, s.133

¹⁰ Owens, E.J. **Yunan ve Roma Dünyasında Kent**, çev. Cana Bilsel, Homer Kitabevi ve Yayıncılık, İstanbul, 2000, s. 160

¹¹ Owens, E.J. s.160

topluma hizmet götürülmesini sağlayan yapıların altyapısını oluşturur. Gelişmiş bir karayolu ağı sistemi imparatorluk şehirlerini birbirine bağlar, tarım, endüstri ve halk sağlığı için de su getirilirdi.¹²

Öyle ki kent inşa sürecinin bizatihi kendisi geniş vadilerin bereketine ve üretkenliğine, iyi beslenme kapasitesi yüksek, hayata bütünüyle karışabilen köyün yeniden üretim kapasitesine, su yollarının sistemlerinin trafiğine, yıpratıcı kol emeğinden muaf sınıfların desteklenmesi için gerekli enerjinin ve maddi araçların bolluğuna bağlı olarak gerçekleşirdi¹³.

1.2 ROMA DÖNEMİ BARAJLARI

Günümüzde olduğu gibi Roma dünyasında da su büyük miktarda tarım için kullanıma yönlendirildi. İmparatorluk genelinde sulamaya yönelik kullanılan su için, tarımsal üretimi ve zenginliği çok dikkate değer bir şekilde artıran ve bugüne izleri neredeyse hiç kalmamış barajlar inşa edildi.¹⁴

Barajların Roma Dönemi'ndeki rolü henüz tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Yapılan araştırmalar baraj yapılarının insanların su ihtiyacını karşılamadan çok tarımsal sulama amaçlı kullanıldığını göstermektedir ve sulama tarımsal verimde dramatik bir artış ve yüksek kaliteli tarım ürünlerini bol miktarda üretme imkanı sağlıyordu¹⁵.

Roma İmparatorluğu Akdeniz çevresinde birçok bölgede barajlarla su toplamış ve şehirlerin su ihtiyacını karşılamıştır. Bunlara en erken örneklerden biri İtalya'da yer alan 40 metre gövde yüksekliğine sahip Subiaco barajıdır¹⁶. İspanya'nın Toledo şehrinde yer alan ve Toledo suyolunu besleyen 17 metre yüksekliğinde Alcantrilla barajı M.S. 1.-2. yüzyıllara tarihlenmektedir ve Merida su

¹² Gallo, Isaac Moreno. “**Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas**”, Catalogo de Exposición: AQUARIA. Agua, territorio y paisajes en Aragón, Zaragoza, 2007, s.3

¹³ Mumford, Lewis., s.81

¹⁴ Gallo, Isaac Moreno. “**Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas**”, s.6

¹⁵ Gallo, Isaac Moreno. “**Roman Water Supply Systems**”, Tagungsband des Internationalen Frontinus-Symposiums, Antalya, 2014, s.118

¹⁶ Mays, Larry M., **Ancient Water Technologies**, Springer Dordrecht, London, 2010, s.115

yollarını besleyen 18 metre gövde yüksekliğine sahip Proserpina barajı gibi kargir memba yüzölçümlü dolgu barajlar, 320 metre kret uzunluğuna sahip Esparragallejo barajı, en eski kemer baraj örneği olabilecek Fransa’da yer alan Vallon de Baume barajı Roma Dönemi barajlarına en ilginç örneklerdir¹⁷.

Anadolu’da Aizanoi’yi taşkınlardan koruma amaçlı M.S.1 – 2.yy’da inşa edildiği düşünülen 7 metre gövde yüksekliği ve 80 metre uzunluğu bulunan Çavdarhisar barajı, 1 metre uzunluğunda 0,6-0,7 metre kare kesitli bloklarla ve toprak doldurulmasıyla inşa edilmiştir. Çorum’da yer alan benzer yapıya sahip Örükaya Barajı da 16 metre gövde yüksekliği ve 40 metre kret uzunluğu ile bu döneme ait bir barajdır¹⁸.

Altı milyon metreküp depolama kapasitesi ve 10 metre yüksekliğinde bir gövde duvarı olan Almonacid de la Cuba (Zaragoza) barajının, yedi bin dönümden fazla bir alana sulama yaptığı tahmin edilmektedir¹⁹.

1.3 ROMA DÖNEMİ SARNIÇLARI

Roma şehirlerinde, suların önemli bir kısmı da yüksek yerlerde inşa edilen açık sarnıçlarda toplanıyordu. Şehrin büyüklüğüne göre su yollarıyla getirilen sular 3-4 ayrı sarnıçta toplanır ve depolanırdı²⁰.

Açık sarnıçlar; esas olarak çok büyük bir alanı kaplayan, dörtgen şekilli, açık havuzlar biçimindeki yapılardı. Kalın duvarları, içerideki suyun basıncına karşı koymak amacını taşıyordu ve su geçirmeyen bir harçla sıvanıyordu ve açık sarnıçların daha çok suların içindeki maddelerin çökeltilmesi için biriktirildiği büyük havuzlar olduğu da düşünülmektedir²¹. Çok büyük bir alanı kaplayan açık

¹⁷ Mays, Larry M., s.117

¹⁸ Mays, Larry M., s.118

¹⁹ Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems”, s.119

²⁰ Ocak, Seçil Gül. **Batı Anadolu Roma Dönemi Örnekleriyle Su Kemerleri Künkleri Ve Sarnıçları Üzerine Bir Araştırma Ve Uygulama Çalışması**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir, 2009, s.7

²¹ Güngör, Selim Sani. “Tarihi Yarımada’daki Roma ve Bizans Dönemi Sarnıçları”, Strateji ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, Sayı 2, 2017, s.40

sarnıçların, kentin daha seyrek nüfuslu bölgelerinde kapalı sarnıçları beslemek ve toprakların sulanması için kullanıldıkları anlaşılmaktadır²².

Sarnıçlar kentteki saraylara, halkın kullandığı hamamlara, çeşmelere su sağlamak için yapılmışlardı ve bu işlevlerini uzun bir dönem daha sürdürmüşlerdi. Sarnıçların halkın günlük su kullanımına katkı yapmasının yanında, kuşatma sırasında su ihtiyacı için bir tür “ihtiyat deposu” olarak da işlev gördükleri kabul edilmektedir²³.

Sarnıçların tabanı, su sızmasına önlem amacıyla tuğla döşeli yapıldı ve köşeleri de yine sızıntıları önlemek için yuvarlak olarak yapılır veya bu biçimde takviye edilirdi. Kapalı sarnıçların duvarları tonoz seviyesine kadar yine su geçirmez, pembe renkte, kalın bir sıva ile kaplanıyordu²⁴.

1.4 ROMA DÖNEMİ HAMAMLARI

Hamam, Yunan mimarisinde gelişmemiş bir yapıda iken Romalılar hamamları kentin ortak olarak kullandığı gymnasium, kütüphane gibi büyük mimari kompozisyonlu yapılar haline getirmişlerdir²⁵. Romalılar kent halkının mutluluğunu ve sağlığını sağlamada dinlenme ve eğlence olanaklarını artırmanın öneminin farkına vardılar ve oyunlar, gösteriler, dinlenme ve eğlenme amaçlı donanımlar Romalılaşmış kent yaşamının bir özelliği haline dönüştü²⁶. Kentte yaşayanların önde gelenleri oyunlar düzenlemekte ve oyun ve dinlenme amaçlı yapılar yaptırma konusunda bir yarış içerisine girdiler. Amfitiyatro ve hamam yapıları da bu dönemde gittikçe popüler yapılar haline geldiler²⁷. Doğudaki kentlerde ise hamamlar

²² Güngör, Selim Sani., s.41

²³ Heper, Orhan Salih. “Açık ve Kapalı Sarnıçlar”,

<https://plastiksudeposu.wordpress.com/2018/07/11/acik-ve-kapali-sarniclar/>, (16/05/2020)

²⁴ Heper, Orhan Salih. Açık ve Kapalı Sarnıçlar

²⁵ Kuban, Doğan. s.47

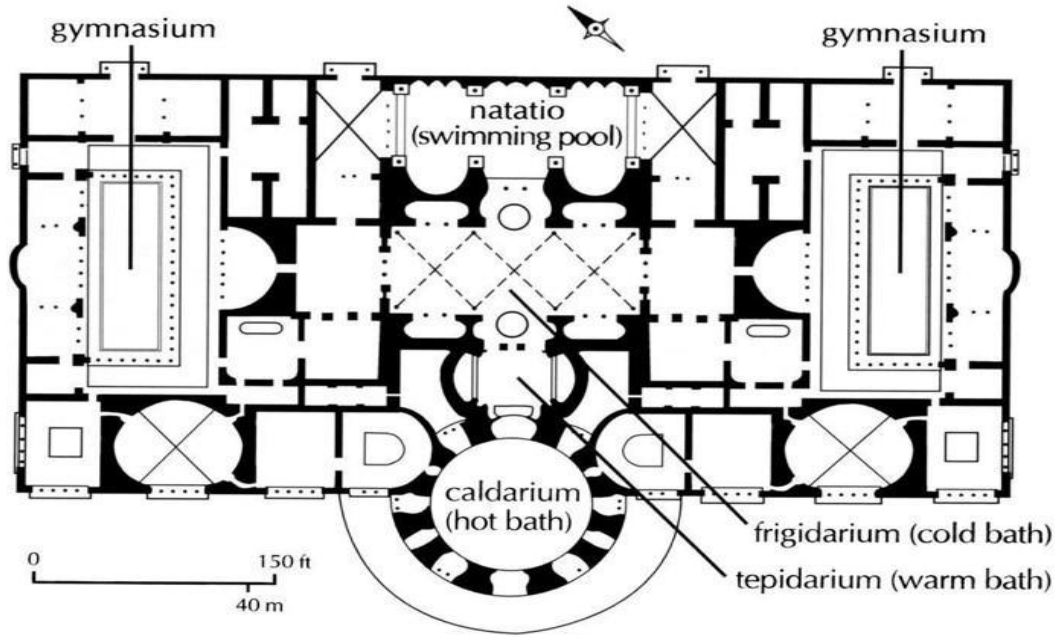
²⁶ Owens, E.J. s.157

²⁷ Owens, E.J. s.157

gymnasium yapıları ile birlikte inşa edilmekte ve hatta bazen gymnasium'ların yerini almaktaydı²⁸.

Hamamların Roma inşaat teknolojisine büyük katkıları olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Betonun ilk kullanıldığı alanlar hamamlar olduğu gibi beton teknolojisinin en yeni ve yenilikçi uygulamaları hamam yapılarında görülür²⁹. Öyle ki; kemer ve tonoz uygulamalarının ilk uygulandığı yapılardan biri hamamlardır³⁰. Roma inşaat teknolojisinde belirgin ilerleme meydana geldiği dönemler de hamam yapılarının daha fazla inşa edildiği dönemlere rast gelmektedir³¹. Bu şekilde hamamlar ve gelişen inşaat teknikleri birbirini izlemiştir. Yeni inşaat teknikleri ve fikirlerin uygulama alanı bulması ve uygulanması da yeni düşünce ve stillerin mimarlıkta kabul görmesine vesile olmuştur.

Şekil 1 ³² : Roma hamamı görünüşü



Kaynak: Yıldız, M. "Roma İmparatorluğu'nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü"

²⁸ Owens, E.J. s.157

²⁹Yıldız, M. "Roma İmparatorluğu'nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü", <https://worldarkeoloji.blogspot.com/2017/11/roma-imparatorlugunda-hamamlar-ve.html>, (03/05/2020)

³⁰ Dirlik, Nil. "Antik Dönemde Kemer ve Tonoz", Tarih Okulu Dergisi, Sayı 32, 2017, ss. 815-846, s.825

³¹ Yıldız, M. "Roma İmparatorluğu'nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü"

³² Yıldız, M. "Roma İmparatorluğu'nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü"

Hamamların geniş, sütunlu iç mekanları Roma icadı tonozlarla bütünleşmiştir. Büyük dikey yükseklikleri ve oldukça geniş açıklıkları tonoz örtülü sütun dizileriyle bir uçtan bir uca geçmişlerdir. Hamamlar konusunda Roma'nın teknolojisi ve Yunan mimarisinin estetiği birbiriyle sentezlenmiş en önemli eserlerini de M.S. 3-4. yüzyıllarda Diocletianus hamamı, Trier hamamı gibi örneklerle vermiştir³³.

M.Ö. 2. yüzyılın sonlarında ısıtma teknolojisinde yaşanan gelişmeler ile Roma hamamları daha da gelişmiştir. Hypocaust adı verilen bu sistem, hamam zemini altında ınsal ısıtma prensibine dayanıyordu³⁴. Bu sistem daha önce Olimpia gibi merkezlerde de kullanılmıştı ancak sistemsel olarak hamam yapısına uygun hale getirilmesi ve hamam içerisinde ideal ısı dağılımına uygun kullanımının patenti Roma'ya aittir denebilir³⁵.

Her ne kadar hamamlar temelde bir temizlenme ve yıkanma mekanı olsa da aynı zamanda sosyalleşme faaliyetlerinden biri sayılırdı. Hamamlarda sanatsal aktiviteler, şarap, müzik ve dansı içeren etkinlikleri gözlemlemek ve icra etmek amaçlı vatandaşlar hamamlara gelir ve bundan haz duyarlardı³⁶.

Roma hamamları vatandaşlar için suyun önemi hakkında bilgi verir. M.S. 200 yılında İmparator Caracalla döneminde bu hamamlar aynı anda 1600 kişinin kullanabileceği bir kapasiteye ulaşırken bu miktar İmparator Diocletianus döneminde M.S.280 yılında 3000 kişiye kadar ulaşmıştır³⁷. Bu da Roma vatandaşları için hijyenin ne kadar önemli olduğunu işaret etmektedir. 20.yy'a kadar da dünyada benzeri bir sağlık beklentisine yaklaşılammıştır³⁸.

1.5 ROMA DÖNEMİ ÇEŞMELERİ

Antik dönemde su yapılarını görünür kılmak ve halkın bu yolla beğenisini kazanmanın en görünür yolu kent merkezine inşa edilecek büyük çeşme yapıları olsa

³³ Yıldız, M. "Roma İmparatorluğu'nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü"

³⁴ Yıldız, M. "Roma İmparatorluğu'nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü"

³⁵ Yıldız, M. "Roma İmparatorluğu'nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü"

³⁶ Yıldız, M. "Roma İmparatorluğu'nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü"

³⁷ Gallo, Isaac Moreno. "Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas", s.1

³⁸ Gallo, Isaac Moreno. "Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas", s.1

gerektir. Yunan tiranlarının birçoğu hem bir kamu hizmeti olarak hem de şehrin güzelliğine katkıda bulunmak amacıyla çeşme yapıları inşa etmişlerdir³⁹.

Roma çeşmeleri genellikle şehrin kamusal ve merkezi alanlarında inşa edilen ve kamusal kullanımı amaçlayan su yapılarıdır ve her şeyin ötesinde çeşmeler bir bakıma görsel bir sunum aracıdır⁴⁰. Roma şehirlerinde hayat insanların yaya olarak gezinti yapabilmesi üzerine kuruluydu ve çeşmeler de buna uygun olarak şehirlerde insanların görüş alanlarına en uygun ve rotaları açısından da merkezi yerlere konumlandırılırdı. Çeşmeler hem Akdeniz gibi sıcak bir iklimde yaşayan insanların ihtiyaçlarını karşılama amaçlı hem de bir çeşit kent mobilyası işlevi gören yapılar olmuşlardır ve bu nedenle Roma kentlerinde en az bir çeşme yer alırdı⁴¹.

Şekil 2 ⁴²:Antoninler çeşmesi



Kaynak: <https://arkeofili.com/sagalassos-antik-kentinde-2000-yillik-cesme-bulundu/>

Şehrin merkezi noktalarında yer alan çeşmelere sular borular yardımıyla sarnıçlardan getirilir ve su terazileri yardımıyla basınçları ayarlanarak halkın kullanımına sunulurdu.

³⁹ Owens, E.J., s.160

⁴⁰ Uğurlu, Nur Banu. **The Roman Nymphaea In The Cities Of Asia Minor**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ortadoğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2004, s.2

⁴¹ Uğurlu, Nur Banu., s.4

⁴² <https://arkeofili.com/sagalassos-antik-kentinde-2000-yillik-cesme-bulundu/>

1.6 ROMA DÖNEMİ SU YOLLARI

Roma dünyasında şehirlerin su ile beslenmesi politika ve sağlıkla ilgili bir meseleydi. Şehre su getirecek yapılar şehre inşa edilecek başka birçok yapıdan öncelikli durumdaydı.

Antik dönemde kentler genellikle su kaynaklarına yakın yerlere kurulurlardı. Ancak artan nüfusla birlikte kentler büyümüş ve suya olan ihtiyaç artmış, şehirler su kaynaklarından uzaklara da konumlanmaya başlamıştır. Su kaynaklarından uzaklaşan kentler için su temini önemli bir konu haline gelmiştir.

Su yolu taşımacılığı gelişmeden önce her köy kendi içine kapalı bir dünyada yaşardı ve sadece fiziksel sınırlarla çevrelenmiş olmasına ek olarak kendi içine gömülmüş, uyuşuk bir yalıtılmışlık içindeydi⁴³. Suyun şehirlere iletilmesi sadece sağlık ve politika açısından değil bu açıdan da önemlidir.

Antik Yunan uygarlığı suyu kentlere ulaştırmakta etkin bir yol izlemişti ve gerektiğinde su yollarını kullanarak suyu bir yerden bir yere götürme konusunda hazırlıklıydılar ve bu konuda yeterli teknolojik altyapıya da sahiptiler⁴⁴. Samos'taki Eupalinos su yolu ve tüneli buna bir örnektir⁴⁵. Tiran Peisistaratos da pişmiş topraktan imal edilmiş borular yardımıyla İlissos Çayı'ndan Atina agorasının güneydoğu köşesinde inşa edilmiş bir çeşme yapısına su getirtmişti⁴⁶. M.Ö. 5. yüzyılda Akragas kenti bir yer altı su yolu sistemi ile donatılırken, Syracuse'ya su getiren su yollarının uzunluğu 17 kilometreye ulaşmakta, Olynthos kentinde ise kente 11 kilometre uzaktan bir yer altı tüneli içerisine döşenmiş pişmiş toprak künklerle su taşınmaktaydı⁴⁷.

Başka birçok Yunan kentinin de kurulmuş olduğu arazi su getirilmesine yardımcı olmaktaydı ki buna yaklaşık 5 kilometre uzaktan su getirilen ve kent

⁴³ Mumford, Lewis., s.31

⁴⁴ Owens, E.J. s.160

⁴⁵ Owens, E.J. s.160

⁴⁶ Owens, E.J. s.160

⁴⁷ Owens, E.J. s.161

girişindeki rezervuarlarda biriktirilerek sonrasında şehir içindeki çeşmelerine su dağıtılan Priene örneği verilebilir⁴⁸.

Roma medeniyeti öncesi Yunan dünyasındaki en önemli su iletim sistemlerinden biri Pergamon'daki sistemdi. 2. Eumenes dönemine kadar su kuyularına ve sarnıçlarına muhtaç olan kent sakinleri, 2. Eumenes'in kenti genişletmesi ve bir su getirme sistemi inşa etmesi sonucu çevre topraklardan kentin üzerindeki rezervuarlara basınç ile su ileten ve buradan da 2 kemer vasıtasıyla kente su dağıtan bir sisteme sahip olmuştu ve bu su kaynağı da kentteki gymnasium'lara, halka açık çeşme yapılarına ve kent içerisindeki başka birçok noktaya su dağıtıyordu⁴⁹.

Yine Pergamon'da M.S. 2. yüzyılda inşa edildiği sanılan ve bugün de varlığını koruyan, Bergama deresi üzerinde yer alan biri 196 metre diğeri 183 metre uzunluğunda, genişlikleri 9 metre ve yükseklikleri 7,5 metre olan iki adet tünelin varlığı bilinmektedir⁵⁰.

Ancak tüm bu gelişmelere karşın Yunan dünyasındaki siyasal istikrarsızlık sebebiyle – dışarıdaki su kaynakları yabancılar tarafından kesilebilirdi- birçok Yunan kenti, kente dışarıdan uzak mesafelerden su getirilmesi konusunda ürkek ve isteksiz davranışlar içerisindeydi⁵¹. Suyun su kemerleri ve su yollarıyla getirildiği Pergamon'da dahi sarnıç ve kuyuların bakım ve temizliğinin kanunla korunması bu konudaki endişeye en iyi örnektir⁵². Su sistemlerinde eklenti ve yenilemeler Klasik ve Helenistik dönemler boyunca sürdü.

Roma medeniyetinde ise gerek Romalı mühendislerin üstün hidrolik bilgisi gerekse Pax Romana'nın sağladığı güven ve barış ortamı kentlere çok uzak mesafelerden su getirilmesine imkan sağlamış ve su yolları ve su kemerleri kent

⁴⁸ Owens, E.J. s.161

⁴⁹ Owens, E.J. s.161

⁵⁰ Alkan, Ahmet., **Tarihi Su Tünellerinin Hidrolik ve Hidrolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi Açısından Çevlik Tüneli**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1988, s.26

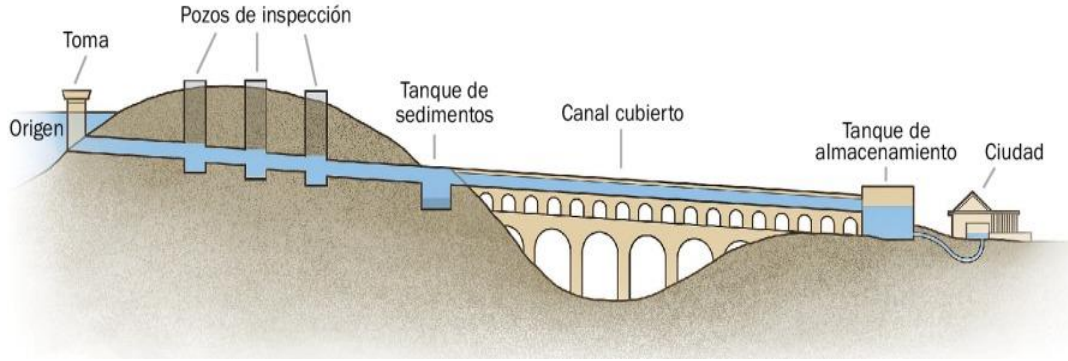
⁵¹ Owens, E.J. s.161

⁵² Owens, E.J. s.161

planlamasının bir kolu haline gelmiştir⁵³. Romalı mühendisler tarafından birçok Roma şehrine uzaklardaki su kaynaklarından, kanallar, tüneller, kemerler, sifonların kullanıldığı bir yapı sistemiyle su getirilmiştir. Öyle ki M.S. 1. yüzyılda Roma kentine dokuz su kemeriyle 19 kilometre ile 80 kilometre arasında değişen mesafelerden su getirilmekte, Gallia'da Forum Iulii'ye su temin edilmesini sağlayan su yolu 40 kilometrelik bir uzaklığı kat etmekte, Nemausus'a su sağlayan su yolu 50 kilometre uzaktan su getirmekte, Kartaca'ya su getiren iletim sistemi ise toplam 130 kilometre öteden su getirmekteydi⁵⁴.

M.Ö. 312 yılında ilk su yolu Roma kent merkezine mükemmel kalitede su getiriyordu. Bu devrin sonunda Roma şehir merkezine günde yaklaşık bir milyar metreküp su getiren 10 adet su yolu inşa edilmiş olacaktı. Bu devasa miktardaki su tedarikinin yarısı umumi tuvalet ve banyolar ve diğer yarısı da 2 milyon nüfuslu şehrin diğer ihtiyaçları için karşılanıyordu. Kişi başı 250 metreküpe denk düşen bu su miktarı New York ve Londra gibi günümüz modern şehirlerinin kişi başı günlük su tüketiminden fazladır⁵⁵.

Şekil 3⁵⁶ Roma Su yolu örnek kesiti



Kaynak: <https://www.jw.org/es/biblioteca/revistas/g201411/acueductos-romanos> ingenier%C3%ADa/

Ancak zamanla şehirlerin nüfusları artmış ve daha çok suya ihtiyaç duyulmuştur. Bu da daha uzak mesafelerden su getirilmesi anlamına gelmektedir. Suyu uzak mesafelerdeki kaynaklardan şehre taşıyabilmek için öncelikle su

⁵³ Owens, E.J. s.161

⁵⁴ Owens, E.J. s.162

⁵⁵ Gallo, Isaac Moreno. "Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas", s.4

⁵⁶ <https://www.jw.org/es/biblioteca/revistas/g201411/acueductos-romanos> ingenier%C3%ADa/

kaynağına ulaşmak ve su kaynağı ile şehrin yüksekliği arasındaki farkı bilmek gerekliydi. Su kaynağının kotu potansiyel enerji yardımıyla su taşınabilmesi için şehrin kotundan daha yukarıda olmalıdır. Su kaynağındaki su yatağı öncelikle taşımaya uygun hale getirilir ve bir depo inşa edilirdi. Su, kaynağından borular vasıtasıyla alınır ve her yüz ayakta bir inçin dörtte birinden az olmayacak şekilde bir eğimle kente getirilirdi⁵⁷.

Eğer su kaynağı ile kent arasında tepeler yer alıyorsa tüneller kazılarak su yine aynı eğimle tepenin altından geçirilirdi. Ancak su kaynağı ile kentin arasındaki mesafenin ve iki yükselti arasındaki vadi boyunun uzadığı durumlarda veya iki tepe arasındaki mesafenin belli bir eğimle geçilmesinin gerekli görüldüğü durumlarda su kemerleri inşa edilir ve su kanalının bu kemerlerin üzerinden belli bir eğimle geçmesi sağlanırdı.

Su yollarının gözetim, bakım ve onarımı için görevli kişiler vardı. Kanunlar su hırsızlığı, su yoluna zarar verilmesi gibi konularda verilecek cezaları ve ekonomik yaptırımları açıkça ortaya koyuyordu⁵⁸.

1.6.1 Suyun Temin Edilmesi

Roma Cumhuriyeti veya Roma İmparatorluğu coğrafyasında kullanılacak su kaynağı her zaman temiz, sabit ve bol değildi. Bunun için araştırmalar ampirik bir bilime dönüşmüştür. Su kaynağı; şelaleler, akarsular veya göller gibi açık kaynaklar olduğunda mühendis sadece suyun kalitesini belirlemekle yükümlüydü. Vitruvius suyun kalitesini belirleyecek mühendise sadece suyun berraklığı ve tadına değil o suyu içen çevredeki hayvan veya insanların sağlık durumlarına da dikkat etmesini önerir⁵⁹. Toprak ve kaya türleri bu konuda iyi göstergelerdir. Örneğin kil genelde suyu bünyesine aldığı için ve geçirimsiz bir yapıya sahip olduğu için su bulunması açısından zayıf bir kaynaktır⁶⁰.

⁵⁷ Vitruvius s.180

⁵⁸ Vitruvius s.179

⁵⁹ Vitruvius s.178

⁶⁰ Dembskey, Evan James. **The Aqueducts of Ancient Rome**. (Unpublished Postgraduate Thesis). Art Faculty of University of South Africa, Pretoria, 2009. s.55

Birçok su kaynağı yerin altındaydı ve aranıp tespit edilmesi gerekiyordu. Vitruvius su arama çalışmalarında mühendisler için toprak tipini, yüzey bitki örtüsünü ve yüzey oluşumlarını incelemeyi tavsiye eder. Suyu seven bitkilerin varlığı zeminin yakınında su varlığına dair önemli bir işarettir⁶¹.

Su bulunduğundan sonra suyun ihtiyaç duyulan yere yönlendirilmesi gerekiyordu. Ancak bazı zeminler inşaat işleri için fazla gevşektir veya o bölgede su ihtiyacı fazla değildir. Dolayısıyla su yolunun doğru yere konumlandırılması için optimum yerin seçilmesi gerekir. Bu da imalat maliyetlerini düşürecek ve su kullanımının verimliliğini artıracaktır. Ayrıca iyi bir su kaynağı ve şehirdeki insan sayısı şehre yapılacak su yolu sayısını da belirlerdi.

Frontinus'un metinlerinde Roma'daki suyun kalitesi ve lezzetinin ne kadar önemli olduğunu ve bu konunun bir devlet meselesi olarak kabul edildiğini görüyoruz ve aynı şekilde, bu metinlerde, suyun en iyisini elde etmek veya yeterli kalitede olmayan suların kullanılacağı alanların tespitindeki tekniklerin çoğunu buluyoruz⁶².

Romalılar için en iyi su en berrak, tadı en güzel, en soğuk ve en yüksek kottan temin edildi. Romalılar, bu nitelikleri her ne pahasına olursa olsun korumak, su kanallarının üzerini örtmek ve güneş ışınlarından korumak, suyun hızını azaltarak ve yabancı malzemelerle temasını ortadan kaldırarak bu malzemelerin suyun içinde sürüklenmesini önlemekte ısrar ettiler.

Diğer klasik metinlerde de Romalı teknisyenlerin halkın sağlığını korumak için gerçekleştirdiği bu uygulamalardan bahsetmektedir. Vitruvius 8. Kitabında şöyle bahseder:

“Su arayanlar farklı yörelerin özelliklerini de incelemelidirler, çünkü suyun bulunduğu yerler iyice belirgindir. Kilde kaynaklar az ve zayıf olup derin değildir. Tadı pek iyi sayılmaz. İnce çakılda, miktarı az olmakla beraber daha derinde bulunabilir; ancak çamurlu olup tatlı değildir. Kara toprakta, kış fırtınalarında toplanarak sen ve sağlam zeminlere çöken hafif sızıntılar ve damlalar bulunur. Bunların tadı en iyisidir. Çakıllı arazide bulunan damarlar orta derecede olup pek güvenilmezler. Bunlar da çok tatlıdır. Kaba çakılda ve kırmızı kumda kaynak daha sürekli ve dayanıklı olup tadı

⁶¹ Dembskey, Evan James. s.56

⁶² Frontinus, **De Aquaeductu Urbis Romae**, Çev. Margaret Phillips, Libraries of the University of Toronto, Toronto, 1988. s. 27

da iyidir. Kırmızı tüfte, yarıklardan aşağıya akarak kaybolmadığı zaman bol ve iyidir. Dağ yamaçlarında ve lavda bol miktarda bulunur, daha soğuk ve daha sağlıklıdır. Düz yörelerdeki kaynakları tuzlu, ağır, ılık ve kötüdür; fakat dağlardan İnerek yeraltına akan ve bir ovanın ortasında fışkıran kaynaklar ağaç gölgesiyle konmuyorlarsa, tadları dağ kaynaklarıyla aynıdır”⁶³

Su kaynaklarının yasal korunması ile ilgili bilgi ve kısıtlamalar mil taşları üzerine yazılır ve oradan okunabilirdi.⁶⁴

Barajlar, durgun sular gibi suyun sıhhi fonksiyonu için yeterli kalitede olmazlar. Yeterli kalitede olduğu durumlarda ise bunun Roma ampirik yöntemlere dayanan Roma metotlarıyla ölçümü yapılamazdı. Bunun yanında suyun çok uzaklardan getirildiği durumlarda suyun depolanarak kullanılması sonucu halk sağlığı için bir tehdit oluşturma ihtimali bulunmaktaydı. Bu nedenle temin edilen suyun düzgün bir şekilde arıtılması gerekmektedir.

1.6.2 Suyun Arıtılması

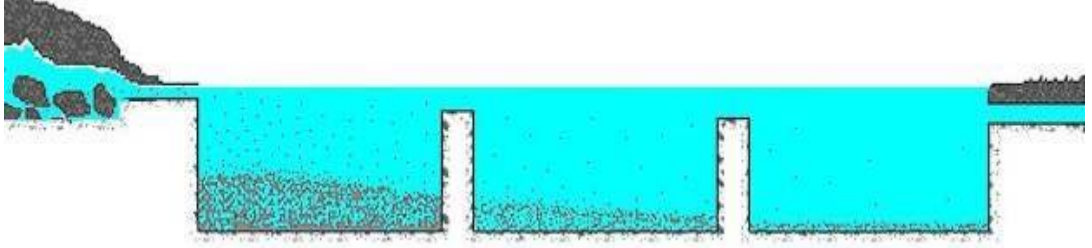
Romalıların kullandığı su ilk temin edilme aşamasında mükemmele yakındı. Bu faktör titizlikle araştırılarak her zaman çok iyi kalitede su temin edildi. Suyu bakteriyel ve kimyasal açıdan arıtma imkanları yoktu ve çok uzak mesafeden getirilecek suların kirli olmaması için çok titizlik gösterilirdi. Bu nedenle en başta kaliteli su arayışı ve su iletilirken kanal sisteminde bozulmaya uğramama çabası en temel yöntemdi ve başarılı da oldu. Bununla birlikte suyun içerisinde mineral açısından kirlilik sıklıkla gözlenen bir durumdu. Bu mineraller çoğu zaman kaynağın kendisinden, bazen de su iletim sisteminden suya karışırdı. Bu nedenle kanalda erozyon meydana getirebilecek yüksek eğimden kaçınılırdı. Kaynak ve varış noktası arasındaki kot farkından bağımsız olarak eğimi belirleyen en önemli faktör buydu. Galerinin kazıldığı kaya, su kemerlerindeki su yalıtım kaplamaları veya bir şekilde suya dışarıdan gelebilecek toprak türevi malzemeler suyun kirlenmesine yol açardı. Bu nedenle kanallar üzerinde suyun hızını azaltacak ve içindeki malzemelerin

⁶³ Vitruvius s.169

⁶⁴ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.2

çökmesini sağlayacak odacıklar oluşturuldu ve bu odacıklar sayesinde mineraller dibe çöküyor ve suyun temizlenmesi sağlanıyordu.⁶⁵

Şekil 4 ⁶⁶ : Temizleme odacıkları kesiti.



Kaynak: Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.24

Yaygın inanın aksine Romalıların inşa etmiş olduğu devasa su depoları suyu depolamak için değil arıtma için işlev görüyordu. Bu su depolarına gelen su deponun bir tarafından girer diğer tarafından arıtılarak dağıtıma çıkardı. Suyun depoda arıtılması için toplam bekleme süresi bazen birkaç gün alırdı ve zamanla içleri çamurla dolar ve temizlenmesi gerekirdi⁶⁷.

Bu temizleme havuzları gerektiğinde kaynağın çıkış noktasına da inşa edilmiş ve bu sayede iletimin en başından itibaren temizlenme sağlanmıştır. Birçok durumda da suyun şehre varış noktasına yerleştirilmişler ve suyun depolanmadan önce temizlenmesini sağlamışlardır⁶⁸.

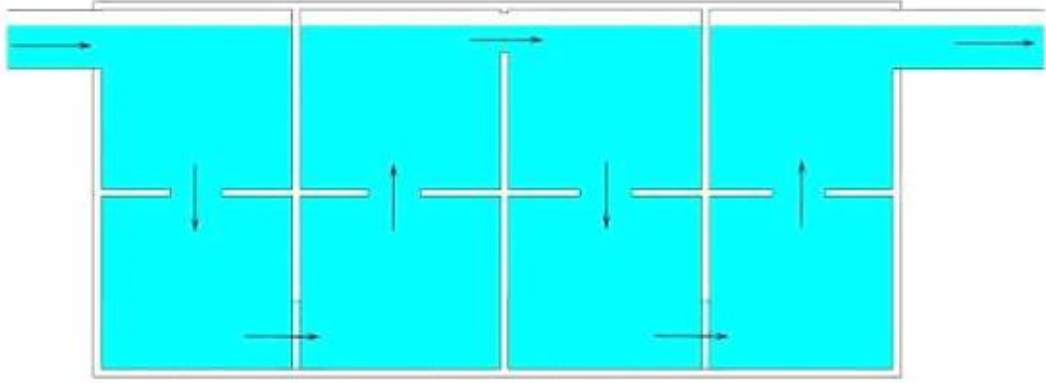
⁶⁵ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.20

⁶⁶ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.24

⁶⁷ Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems”, Tagungsband des Internationalen Frontinus-Symposiums, Antalya, 2014, s 118

⁶⁸ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.21

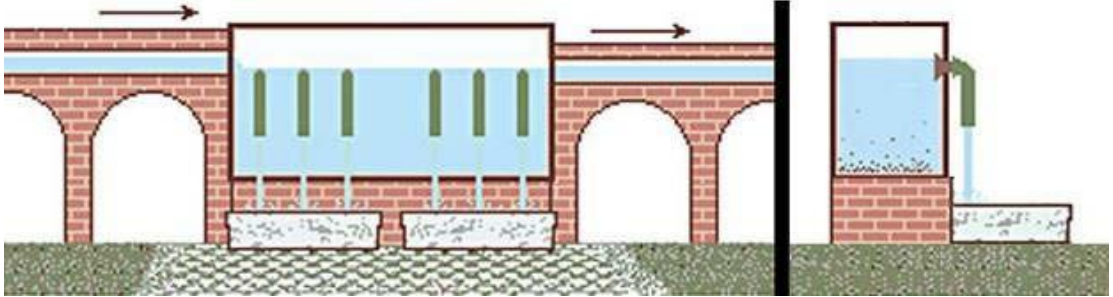
Şekil 5⁶⁹: Su çökeltim havuzları çalışma prensibi şeması



Kaynak: Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.21

Bu havuzların yeterli olmadığı durumlarda su iletim hattı üzerindeki su kemeri gibi yapıların üzerine de havuzlar yerleştirilir ve böylece havuzların hem suyu temizleme hem de yavaşlatma etkisinden faydalanılabildi⁷⁰.

Şekil 6⁷¹: Kemer üzerine yerleştirilmiş su çökeltim havuzu



Kaynak: Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.22

Su, kaynağından alınır depolama merkezilerin ulaşır ve orada temizlenir, oradan borular yardımıyla şehirdeki çeşmelere iletilirdi. Kullanımın yoğun olmadığı saatlerde bu işle ilgili kişiler tarafından vanalar kapatılarak suyun akması engellenirdi.

⁶⁹ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.21

⁷⁰ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.22

⁷¹ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.22

Geceleri su dağıtım şebekesinin dolusavakları tam kapasite ile çalışıyordu. Bu noktada kanalın su seviyesi düşük tüketim oranı nedeniyle belli seviyeleri aştığında kanaldan doğrudan olarak kanalizasyona su gönderilirdi. Bununla birlikte şehirde yer alan çok sayıda çeşme de bu rolü yerine getirirdi.

1.6.3 Suyun İletilmesi

Vitruvius suyun kalite kontrolünün, yönlendirilmesinin ve dağıtımının yanı sıra yeterli kalite ve miktarda su temin etme ihtiyacının da şehrin gelişimindeki önemini açıkça vurgular⁷². Frontinus M.S. 97 yılında Roma sularının yönetimi görevine getirildi. Frontinus'un yazdıklarından şehirlere su iletiminin önemi, detaylı yasal prosedürleri ve teknik bilgileri öğrenebiliyoruz⁷³.

Su iletim sistemlerinde Romalılar su tekniği ve mühendislikteki hakimiyetlerini gösterdiler. Öyle ki bazı durumlarda çok uzun su getirme sistemlerinde dahi çok ufak eğimlerle suyu kaynaktan hedefe ulaştırmayı başardılar. Kanalların inşasındaki eğimin ne kanal yüzeyini erozyona uğratacak kadar fazla ne de kanalda kireç tabakalanması meydana getirecek kadar az olması hedeflenirdi. Eğimin yanlış verildiği durumlarda su kemerinin yüzeyi kireçle kaplanır ve suyun akış oranını düşürürdü⁷⁴.

Yaşlı Plinius “Su kanalları mümkün olduğunca sağlam olmalı ve eğimi 30 metre uzunlukta 0,64 cm’den az olmamalı” demiştir⁷⁵. Bu da kilometrede 20 cm’lik bir düşüşe ve dolayısıyla %0,02’lik bir eğime tekabül eder.

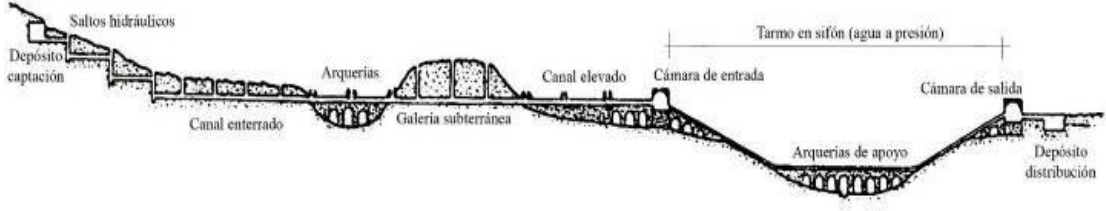
⁷² Vitruvius s.170

⁷³ Frontinus. s. 52

⁷⁴ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.14

⁷⁵ Dembskey, Evan James. s.58

Şekil 7⁷⁶: Su yolu sistemi kesiti



Kaynak: Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.27

Su iletim hattının sonunda depolama ve dağıtım depoları yer alırdı. Bu depolar çok büyük bir depo, küçük ve birbirine eklenmiş depolar veya her iki formu da içeren depolar şeklinde inşa edilebilirdi. Bazen deponun büyüklüğü bizzat kendisinin büyük bir mühendislik işi olarak ortaya çıkmasını sağlardı. Kartaca örneği her biri 7,4m x 102m ölçülerinde birbirine paralel 15 su deposuyla bu konuda örnek teşkil etmektedir⁷⁷. Yaklaşık 60.000m³ su depolayan devasa bir yapı.

Elimizdeki bulgular, gerek malzeme seçimi, gerekse mühendislik bilgisi açısından Romalıların su yolu ve su kemerleri inşasında mükemmel sonuçlara ulaştığıdır. Bu su kemerleri ve su yapıları 300-400 yıl boyunca yüksek verimle çalıştı ve gelişmiş bir medeniyetin hayatta kalmasına olanak sağladı. Bu su yapılarının var olmasını sağlayan şey de bilimdi.

Topoğrafik teknikte modern olarak ele aldığımız optik aletler için bile, bu kanalların birkaç on kilometrelik birçok kez seviyelendirme işlemleri oldukça zor işlemlerdir⁷⁸.

Biraz uzun bir su hendeği inşa etmenin günümüzde bile zor ve tekrarlanan ölçme işlemlerine muhtaç olduğu bilinmektedir. Kısa mesafelerde kotlar almak hataya yol açmamak için son derece dikkatli davranmak ve sonuçlardan emin olmak için tekrar tekrar ölçüm almak gereklidir. Eğer bu durumu Nîmes su kemeri gibi 50 km’den daha uzun ve çeşmelerin su deposundan 12 metre daha yüksekte olduğu bir

⁷⁶ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.27

⁷⁷ Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems”. s.120

⁷⁸ Gallo, Isaac Moreno. “**Topografía Romana**”, Congreso de las Obras Públicas Romanas, Tarragona, 2004, s.12

su kemeri üzerinde değerlendirecek olursak, topoğrafların ne kadar zor bir iş başarmış olduğunu anlarız.

Temel olarak su yolları ve kemerlerini projelendirmeden ve ödenek ayırmadan önce şu sorular sorulur⁷⁹:

-Su kaynağının kotunun varış noktasındaki şehir kotundan yüksekte olduğunu nasıl bilebiliriz?

-Buradan hareketle çekeceğimiz hattın eğiminin ve kotunun nasıl şekilleneceğini nasıl bilebiliriz?

-Suyun % 0,02 eğimle hareket ettirileceği bilinerek bu eğimin sürekli olarak korunduğundan nasıl emin olabiliriz?

- Su bu küçük eğimle iletilirken hattı kireçle kaplanmaması için ne yapılması gerekir?

Ve mühendisler risk alıp bu su yolunu inşa etmeye karar verdikten sonra da şu sorunları çözmek gerekirdi:

-Su yolu düşük bir eğimle coğrafi yapıdan kaynaklanabilecek inşai sorunlar yaşanmadan inşa edilmeliydi.

-Su yolu üzerine çökeltim hazneleri veya su hızını ayarlayabilmek için havuzlar inşa etmek gerekliydi

-Su yolları, su kemerleri veya su kuleleri gibi devasa yapıların bir birleşiminden meydana gelecekti. Ve bunun düzgün hesaplanıp inşa edilmesi gerekliydi. Bu sayede su kemeri en az 300 yıl boyunca tam bir verimlilikle işlev görürdü⁸⁰.

Su, kaynağında elde edildikten sonra kanallarla şehre getirilirdi. Suyun şehre olan yolculuğu mühendislerin karşılaştığı topoğrafik engellerin durumuna göre bazen tünellerden, bazen kemerlerden, bazen sifonlardan geçer ve şehrin depolarına ulaşırdı. Kanalların suyu götürme aşamasında çeşitli yapısal ve işlevsel özellikleri vardı ve Romalı mühendisler hepsinin üzerinde de çok fazla çalışmıştı.

⁷⁹ Gallo, Isaac Moreno. "Topografía Romana", Congreso de las Obras Públicas Romanas, Tarragona, 2004, s.15

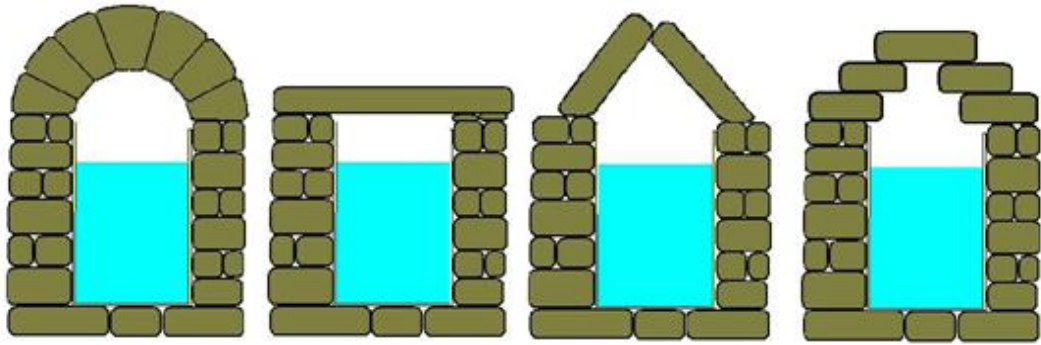
⁸⁰ Gallo, Isaac Moreno. "Topografía Romana", Congreso de las Obras Públicas Romanas, Tarragona, 2004, s.16

Şehir dışındaki kanalların çoğu specus, canalis veya rives olarak adlandırılan ve hepsi kapalı olarak yapılan kanallardır. Uzun formlu alt kenarı kısa yan kenarı uzun bir dikdörtgen biçimindedir. Kanalların üzeri de 4 tip şekilde kapatılırdı⁸¹:

- 1- Kemer
- 2- Düz lento çatılı
- 3- Sivri
- 4- Yalancı kemer

Bu çatı tipleri arasında en çok kullanılanı kemerli olandı. Düz çatılı olan kanallar daha çok drenaj kanalları ve menhollerde kullanılırdı. Yalancı kemerler inşa etmesi kolay kemerlerdi ancak gerek estetik kaygılarla gerekse sızdırmazlık konusunda yeterli olmaması sebebiyle çok fazla tercih edilmedi⁸².

Şekil 8⁸³: Kanal çatı tipleri



Kemer tip çatılı

Düz lento çatılı

Sivri çatılı

Yalancı Kemer çatılı

Kaynak: Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.27

Şehre su getiren su kanalları da şehir içinde su dağıtımını yapan su kanalları da değişik formlara sahipti. Bunlar 4 çeşitti;

- 1-Yeraltı
- 2- Açık
- 3- Köprü/kemer üstü

⁸¹ De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, Las Técnicas y las Construcciones en La Ingeniería Romana, Córdoba, 2010. s.250

⁸² De la Peña Olivas, José Manuel. s.250

⁸³ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.27

4- Yarım duvar üzeri

Bunlardan en sık karşılaşılanı yeraltı olanlardı. Frontinus'un belirttiğine göre Roma şehrine su getiren kanalların %86,7'si yeraltı, açık kanallar %1,1 ve Köprü/kemer üstü olanlar %12,2 kadarını oluşturmaktaydı⁸⁴.

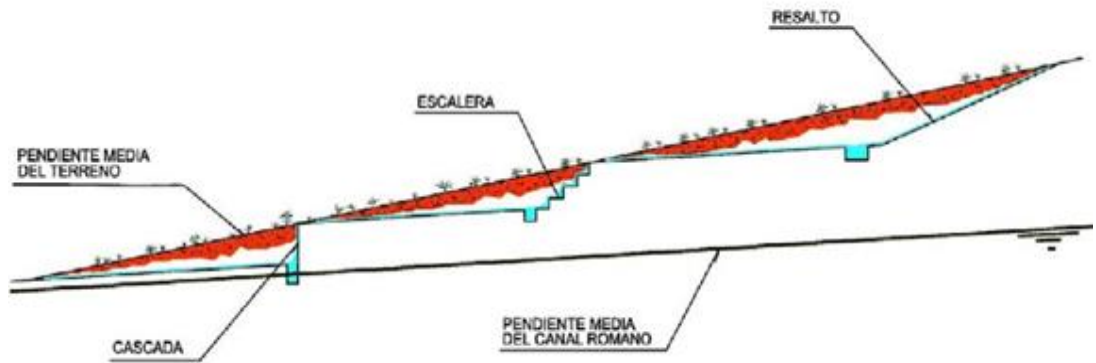
Romalılar değişik nedenlerden dolayı kanalların üzerini kapatmak istemişlerdi. Bu sebepler suyun kirlenmesini önlemek, herhangi bir saldırı anında su kaynaklarının korunmasını sağlamak ve özellikle şehir içindeki su dağıtımında suyu yer kaybı yaşamadan kolayca dağıtmaktı.

Köprü/kemer şeklinde olan kanallar en gözle görünür ve bu sebeple en bilinen örneklerdir. Suyu iletmeye hem görsellik katmak hem de vadileri geçmek için kullanılan bir yöntemdi.

Açık kanallar ve yarım duvar üzeri taşımalar ise suyun yamaç kenarından rahatlıkla götürülebileceği ve bundan başka da bir yöntemin işletilemediği yerlerde uygulanırdı⁸⁵.

Su kanalı hatlar boyunca çeşitli amaçlarla farklı ekipman ve malzemeler kullanılır, veya inşa edilirdi. Hidrolik yük değişimi için kuyular ve düşü bacaları, debi regülasyonu için dolusavaklar ve yönlendiriciler kullanılırdı.

Şekil 9⁸⁶: Düşü bacaları çizimi



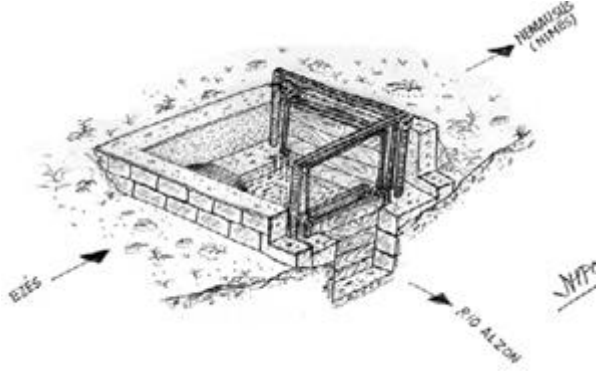
Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. "Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua", s.252

⁸⁴ Frontinus s. 48

⁸⁵ De la Peña Olivas, José Manuel. s.265

⁸⁶ De la Peña Olivas, José Manuel. s.252

Şekil 10⁸⁷: Nimes su kemeri girişinde yer alan regülasyon kutusu.



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.254

Şekil 11⁸⁸: Almuñecar su yoluna ait muayene bacası.



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.256

1.6.4 Kullanılan aletler

Yeryüzünün küreselliğinin suyun dengelenmesi üzerindeki etkisi, en azından Arşimet tarafından varsayılmıştı ve bu yana, kesin olarak biliniyordu. Tesviye çalışmasında uzun görsellerin kullanılmasının etkisi ve neden oldukları hata zaten biliniyordu.

⁸⁷ De la Peña Olivas, José Manuel. s.254

⁸⁸ De la Peña Olivas, José Manuel. s.256

Genellikle onlarca kilometre uzunluğundaki bu kanallar için yapılan tesviye işleri o zamanlarda oldukça zordu. Dahası, modern zamanların optik topoğrafik enstrümanları düşünüldüğünde de aynı derecede zor olurdu. Bu bilgiye ek olarak, su kemerinin projesi ve inşası için kot verilerinin toplanmasına ve gerekli ayarlama çalışmalarının gerçekleştirilmesine izin vermek için hassas aletler gereklidir.

Suyu dengelemek için kullanılan çeşitli aletler vardı. Diopttranın tesviye amacıyla kullanıldığı biliniyor, ancak hassas bir tesviye için bir korobatlar kullanıldı. Yapıya açı vermek veya parselizasyon yapmak için ise Groma kullanılırdı⁸⁹.

Birkaç klasik metin dışında dioptra ve korobati çok fazla tanımlayan olmamıştır. Oysa hem dioptra hem de korobati günümüz teodolitlerine benzetmek mümkündür.

Şekil 12⁹⁰: Dioptra rekonstrüksiyonu



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.258

⁸⁹ Gallo, Isaac Moreno. “Topografía Romana”, s.18

⁹⁰ De la Peña Olivas, José Manuel. s.258

Şekil 13⁹¹: Korobat rekonstrüksiyonu



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.260

Korobatlar zeminin eğimini ölçmek için yanlarında ağırlıklar bulunan ve merkezde suyun yönünü tespit etmek için bir kanal bulunan ahşap banklardı. Çoğunlukla su yolları ve kemerlerini dengelemek için kullanılırlardı. Dioptra ise üst kısmı vidalarla döndürülerek ayarlanan, su kemerinin açısını belirleyen açıölçer benzeri bir aletti. Vitruvius bu aleti su kanalları, su yolları ve su kemerlerini dengeleme amaçlı önermektedir. Günümüzde kullanılan teodolite benzetilebilir. Tünel inşaatlarında veya korobatin bulunmadığı yerlerde kullanılırdı⁹².

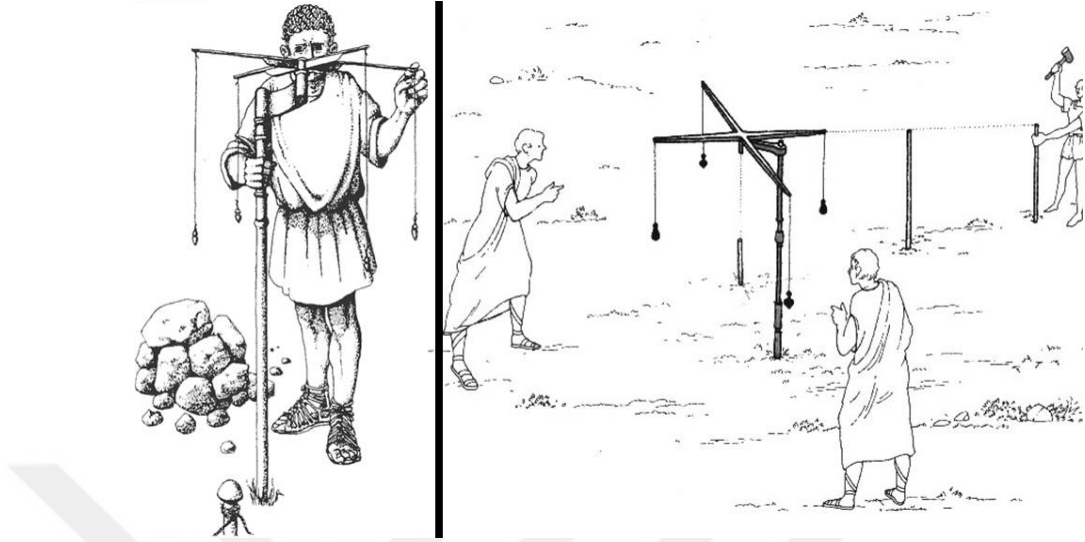
Dönemin bir diğer önemli ölçme cihazı groma idi. Hem askeri hem sivil ölçümlerde kullanılırdı. Esas olarak bir haritalandırma ölçüm aleti olan groma zemine paralel, ahşaptan bir artı şeklinde parça ve bu parçaya dik olarak tutunup zemine uzanan yine ahşap veya metal bir çubuktan meydana gelirdi. Groma ile zeminin hem kotu hesaplanır hem de açı verme becerisi ile parselizasyon yapılırdı. Groma ile ölçüm iki kişi ile yapılırdı. Ölçümü yapan kişinin kendisinden 100 adım kadar uzakta duran ve elinde bir çubuk tutan biri olurdu. Ölçümü yapan kişi karşısındaki çubuğu baz alarak ve o kişiyi hareket ettirerek parselde gerekli açılandırmayı yapardı⁹³.

⁹¹ De la Peña Olivas, José Manuel s.260

⁹² Dembskey, Evan James. s.40

⁹³ Dembskey, Evan James. s.42

Şekil 14⁹⁴: Groma çizimi



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.262

Roma su yolu veya su kemeri inşaatlarında en önemli problemlerden biri yüksek ağırlıkları hareket ettirebilmektir. Örneğin taş ocağından çıkarılan ağır bir taş bloğun yerinden kaldırılıp götürülmesi ve uygulama alanında yerine yerleştirilmesi büyük bir problemdir. Bu taşıma işlemi için manivela veya vinç benzeri birçok ekipman kullanıldığı muhakkaktır. Romalılar ağırlık ve moment ilişkisinde hakimdiler ve bunu ağırlıkları daha az kuvvetle taşıma işlemlerinde kullandılar.

Suyun zeminden çıkarılması ve pompalanması işlemleri tarımsal kullanım ve şehir içi su kullanımı açısından elzem olmuştur. Vitruvius bu gibi alet ve makineleri kitaplarında açıklamıştır. Öyle ki benzeri makineler kullanılarak suyun enerjisi yardımıyla mısırın öğütülüp un elde edilmesini bile anlatmıştır⁹⁵. Vitruvius’un bahsettiği su kaldırma makinelerinden ilki Tympanum’dur. Bu alet uçlarında demir halkaların bulunduğu, ekseninde metal bir dingilin yer aldığı ve ekseninin çevresinde dingili 8 eşit bölüme ayıran birbirine birleştirilmiş tahtalardan oluşan bir tympanum’un bulunduğu bir alettir. Tympanum’un yüzeyinde 6 inçlik açıklıklar bırakacak şekilde tahtalar çakılır. Bu kısımlar suyun girmesi içindir. Bu makine insan

⁹⁴ De la Peña Olivas, José Manuel. s.262

⁹⁵ Vitruvius s.213

gücüyle çalışırdı. Buradan çıkan su da tuzlaların ve bahçe sulama işlemlerinin gereksinimini karşılardı⁹⁶.

Su daha yüksek bir noktaya çıkarılmak istendiğinde ise bir dingil üzerine gerekli yüksekliğe çıkarılabilecek büyüklükte bir tekerlek yapılarak tekerleğin çevresine kovalar yerleştirilirdi. Böylece tekerlek insan gücüyle döndürüldüğünde kovalar da aşağıdan aldığı suyu yukarıya çıkaracaktır⁹⁷. Ancak su daha da yüksek bir kota çıkarılmak istendiğinde bu kez yeterli uzunlukta bir metal zincir dingilin çevresine geçirilir ve üzerine tunç kovalar yerleştirilerek su çıkartılırdı⁹⁸.

Ostia forumunda, Pompeii'nin sıcak su kaynaklarında bu tarz su yükseltme makinelerinin kullanıldığı vakıadır ancak en net ve en iyi korunmuş örnek Rio Tinto'dadır. Bu da Bronzdan yapılmış ve insan gücü tarafından hareket ettirilen aks hariç, tamamen ahşapla yapılmış entegre bir kova tekerleğidir. Çapı 4.20 m'dir ve su tablasından su yükseltmek için kullanılmıştır⁹⁹.

Zincir kullanarak su çıkarmanın da arkeolojik kanıtları bulunmuştur. Herculaneum Hamamları'nda, su 8.25 m derinliğinde ve 2.25 m çapında bir kuyu dibinden su yükseltilmiştir¹⁰⁰. İtalya'daki Cosa limanında, orada yapılan arkeolojik kazı, manuel dişli bir kova zinciri kullanarak bir su kaldırma makinesinin varlığını doğruladı¹⁰¹. 13m derindeki bir su kaynağından günlük 127.000 litre su taşıyan bir su kemerinin deposuna su yükseltiliyordu.

Aynı şekilde suyu aşağıdaki bir kottan yukarıdaki bir kota taşımak için aletler üretmişlerdir. Vitruvius'un da bahsetmiş olduğu Arşimed vidası böyle bir alettir. Arşimed vidası suyu yükseltmek için kullanılan bir tür pompadır. Silindirin içine sıkıştırılmış bir çeşit vida şeklindedir. 37° açıyla suyu yükselteceği yere yerleştirilir. Rüzgar gülü veya el yordamıyla çalıştırılarak suyu vida kanatlarıyla yukarı taşır¹⁰².

⁹⁶ Vitruvius s.213

⁹⁷ Vitruvius s.213

⁹⁸ Vitruvius s.213

⁹⁹ Ugalde, Txomin. “**Máquinas de Elevación de Agua En La Minería Romana**”, Las Técnicas y las Construcciones en La Ingeniería Romana, Córdoba, 2010, s.331

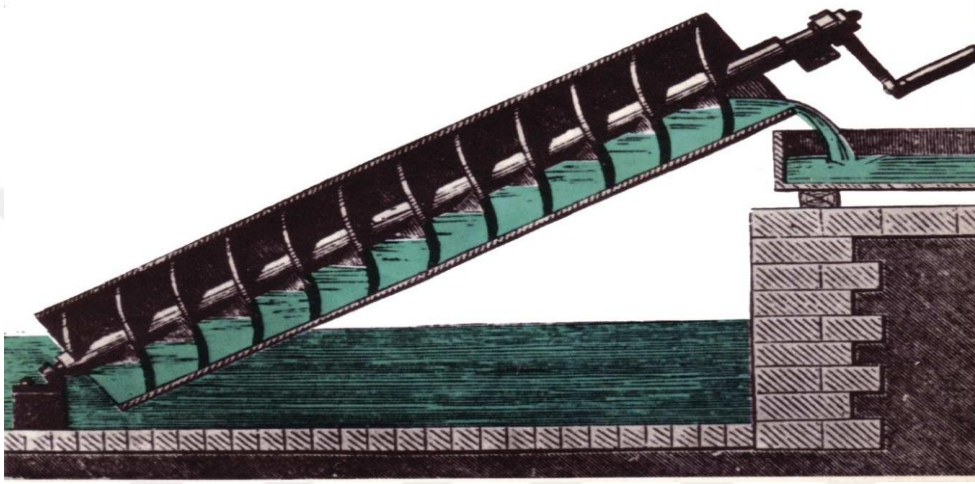
¹⁰⁰ Ugalde, Txomin. s.332

¹⁰¹ Ugalde, Txomin. s.332

¹⁰² Ugalde, Txomin. s.332

Eksenine, uzunluğunun 1/8'ine ulaşana kadar üst üste binen çıtalardan yapılmış bir helisel kanat yerleştirilirdi. 2.6m uzunluğundaki bir Arşimed vidası 2.5m alt kotta yer alan suyu yüzeye çıkarabilirdi¹⁰³. Landels, 37° açı ile yerleştirilen 2.4 m uzunluğunda bir vidanın suyu 1.6 m yüksekliğe 10.000 l/s akış hızıyla yükseltebileceğini değerlendirmiştir¹⁰⁴.

Şekil 15¹⁰⁵: Arşimed vidası çizimi



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.262

Başka bir makine de Ktesibios makinesi olarak adlandırılan aletti. Bronzdan yapılmış, elle çalışan, pistonlu bir su kaldırma mekanizmasıdır. Su giriş ve çıkış boruları ile tabanda karşılık gelen yuvaları ile iletişim kuran iki pistondan oluşur. İki borunun her birinde suyun sadece bir yönde sirkülasyonuna izin veren valfler yerleştirilir. Kapların çıkışı, suyu dışarıya çıkardığı kanyona doğru tek bir kanaldan yapılır. Bu makine sahip olduğu pistonlarla kayda değer bir basınç üretti ancak su azalan bir debi ile akardı¹⁰⁶.

¹⁰³ Ugalde, Txomin. s.333

¹⁰⁴ Landels, John Gray. **Eski Yunan ve Roma’da Mühendislik**, Çev. Barış Bıçakçı, Tübitak Yayınları, Ankara, 2000. s.77

¹⁰⁵ De la Peña Olivas, José Manuel. s.262

¹⁰⁶ Ugalde, Txomin. s.334

1.6.5 Suyun iletilmesinde kullanılan yapılar

Su, kaynağından şehre götürülürken arazide birçok engelle karşılaşılırdı. Bu engeller çoğu zaman tepeler ve vadiler olurdu. Romalı mühendisler su yollarını ilerletirken maliyetin en az olacağı, suyun en az kirleneceği bir güzergahı izlemeyi tercih ederdi. Bu da bazen ufak veya büyük tepeleri tünel kazarak geçmeyi gerektirebilirdi.

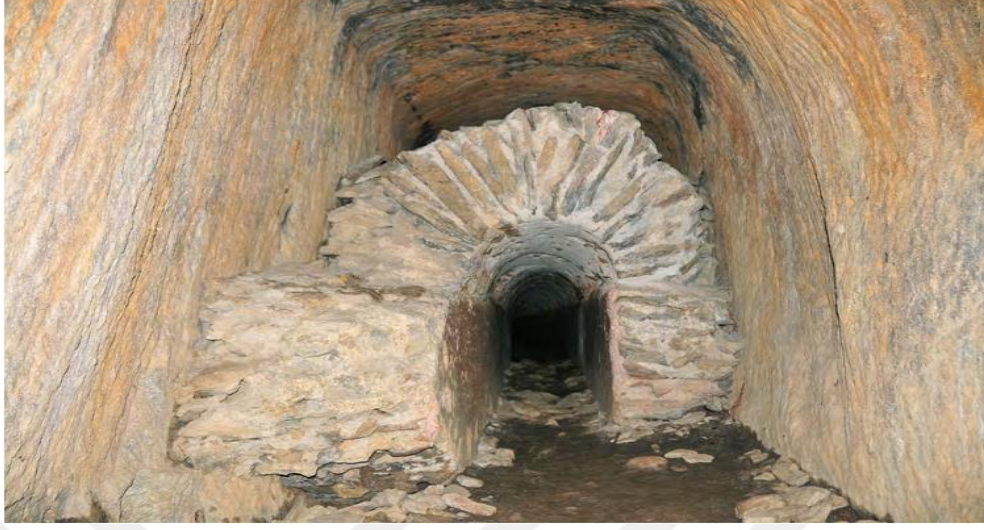
Tünel açılmaya karar verilen yerde öncelikle tünelin güzergahı belirlenirdi. Sonrasında kazı işlemine başlanır ve suyun iletileceği eğime de uygun olan bir eğimle tünel zemini ayarlanırdı.

Bazı durumlarda tüneller aç-kapa yöntemiyle yapılır ve yapay bir tünel oluşturulurdu. Hangi metot kullanılmış olursa olsun bu tüneller/kanallar içine bir insanın girip hareket edebileceği boyutlarda olmalıdır. Tüm bunlara ek olarak tünellerin/kanalların zemininin su geçirmeyen bir malzeme ile kaplanması gerekirdi¹⁰⁷.

Tünellerin üzerine muayene bacaları/menholer açılarak olası bir tıkanıklık veya arıza durumunda kolayca tamir edilmesi amaçlanırdı. Ayrıca tünelin havalandırılması, çekül ve halatlar aracılığıyla inşa sırasında hizalamanın yapılması, kanalın yüzeydeki hizalamasının işaretlenmesi için de kullanılırlardı. Aynı zamanda bakım işlemini kolaylaştırmak için hat boyunca eşit aralıklarla yerleştirilmişlerdir.

¹⁰⁷ Dembskey, Evan James. s.49

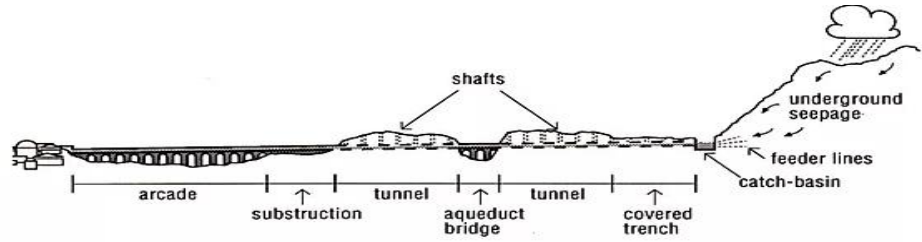
Şekil 16¹⁰⁸: Tünel girişi başlangıcı



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.270

Günümüzde bile tüneli birkaç kilometre götürebilmek zor bir iştir. Roma dünyasında Albarracin tüneli gibi 5 kilometre uzunluğu, 60m derinlikte menholleri olan tünellerin varlığını biliyoruz. Bu uzunluk ancak 5,64 km uzunluğa sahip, İmparator Claudius zamanında yapılmış olan ve İtalya’daki Fucino gölünü boşaltmaya yarayan tünel ile karşılaştırılabilir. Aix-en-Provence su kemerine su getiren hattın üzerinde 7 km uzunluğunda olan ve 120m derinliğinde menholleri olan bir tünelin varlığını da biliyoruz¹⁰⁹.

Şekil 17¹¹⁰: Su yolu sisteminde tünellerin konumu



Kaynak: <https://www.thebyzantinelegacy.com/aqueducts>

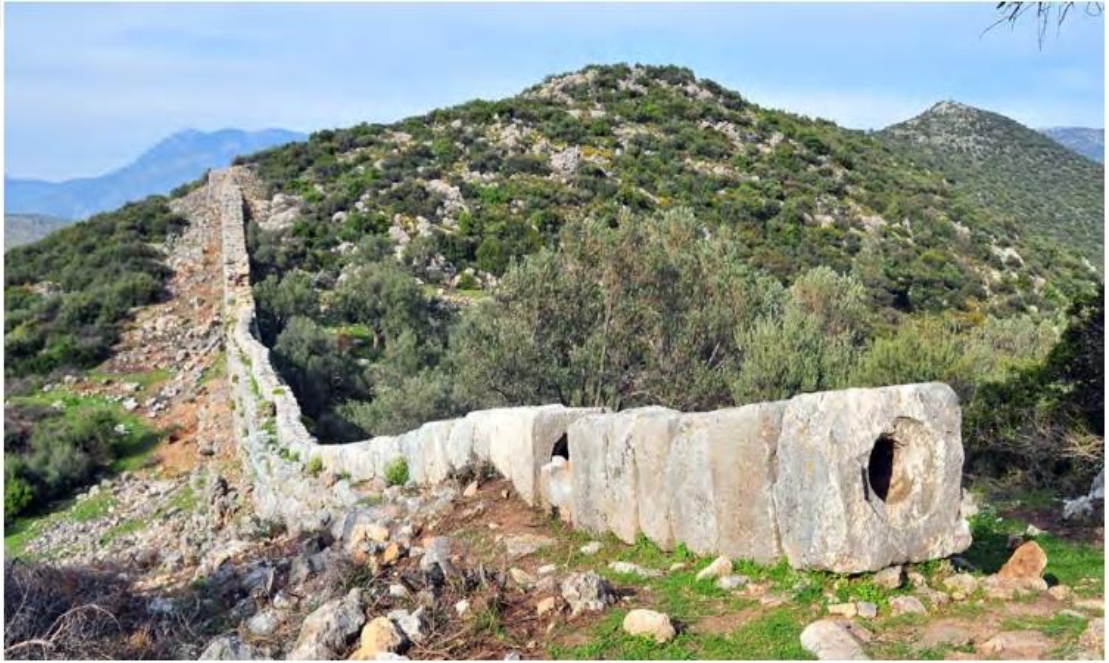
¹⁰⁸ De la Peña Olivas, José Manuel s.270

¹⁰⁹ Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems s.121

¹¹⁰ <https://www.thebyzantinelegacy.com/aqueducts>

Su akış oranının düşük olduğu yerlerde su basıncını artırmak için boru sistemleri kurulurdu. Borular seramik, kurşun veya taştan yapıldı. Bazen tüm sistem basınçlı borularla oluşturulurdu. Gereken yerlerde sifonlar kuruldu. Romalılar basınç karşısında hareket etmemeleri için boruları zemine sabitleyecek çeşitli duvarcılık işlerine de hakimdiler. Kurşun borular yıllar içerisinde İmparatorluğun zayıflaması ve ekonomik gücünü kaybetmesi nedeniyle yağmalandı. Elimizde çok fazla örneği kalmadı. Lyon’da bulunan Gier su kemerine su getiren 4 dev sifona ait binlerce ton kurşun borudan iz kalmamıştır¹¹¹.

Şekil 18¹¹²: Patara taş boru sifonu



Kaynak: Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems, s.120

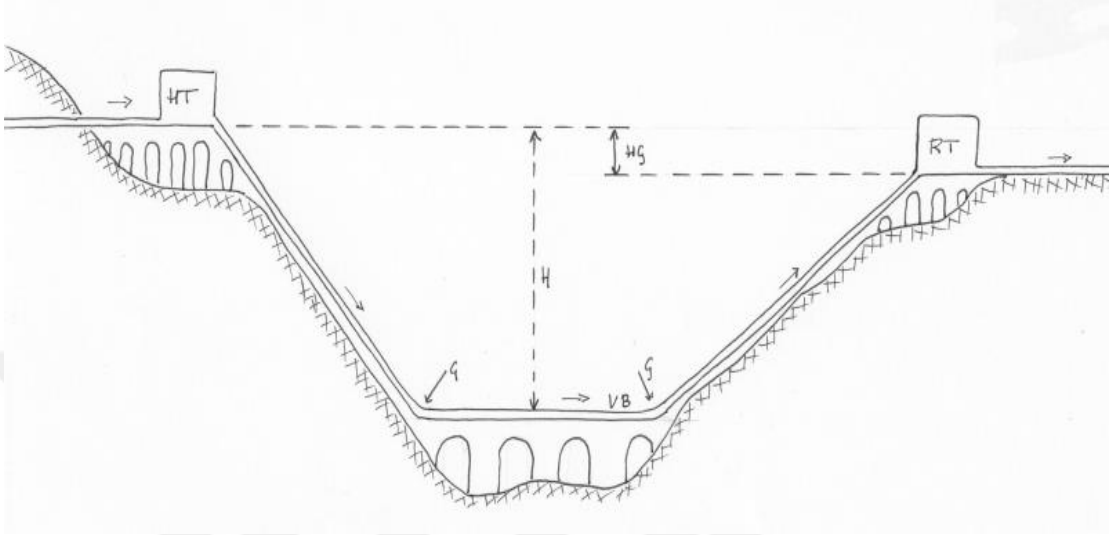
Romalılar vadileri aşmak için bazı durumlarda ters sifon uygulamasından yararlanmıştır. Ters sifon uygulaması; suyu vadinin yüksek bir kotundan daha alçaktaki bir kotta yer alan kısmına yerçekiminin yarattığı potansiyel enerji yardımıyla iletmeye yarayan bir sistemdir. Ters sifon imalatı bazen taş borularla ama

¹¹¹ Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems s.121

¹¹² Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems, s.120

çoğunlukla kurşun borularla uygulanmıştır. Bunun sebebi taş veya kurşun boruların basınç karşısında daha dayanıklı olmasıdır.

Şekil 19¹¹³: Ters sifon çizimi



Kaynak: <http://www.romanaqueducts.info/siphons/siphons.htm>

1.6.6 Yöntemler

Roma İmparatorluğu'nda yolların, köprülerin ve su kemerlerinin yapımı için dört şey gerekiyordu: Temel kararları alacak otoriteler, teknik uzmanlar, uygun malzeme ve işi yapacak işçiler.

Birçok antik su yolu yer çekimine bağlı çalışırdı. Bu da bu çeşit imalatlarda pompa veya bu görevi yapacak bir aygıt kullanmaları anlamına gelir. Su yolunda suyun membasının mansaptan daha yüksek kotta olması sağlanarak suyun, eğimin kazandırdığı potansiyel enerji vasıtasıyla hareket etmesi sağlanırdı. Bu da arazi ölçümüyle ilgili detaylı bir ölçüm bilgisi gerektirirdi. Yukarıda bahsedilen groma korobat ve dioptra araçları bu ölçümlerde kullanılırdı. Su kemerlerinin inşasında kemerlerle birlikte kanallar, tüneller, basit borular da kullanılmıştır. Groma, korobat ve dioptra aletleri bu tünel, kanal ve boruların ölçümlendirme ve yerleştirilme işlemlerinde de kullanılmıştır.

¹¹³ <http://www.romanaqueducts.info/siphons/siphons.htm>

Suyu getiren tünellerin yer altındaki derinliği su kemerinin uzunluğu boyunca sabit, sığ bir eğim sağlayacak şekilde değişmiştir. Tüneller boyunca belli aralıklarla muayene bacaları oluşturulmuştur. Bu muayene bacalarının genişliği içerisine bir işçinin gireceği kadar olacak şekilde ayarlanırdı. Tünelde herhangi bir tıkanma veya arıza olması durumunda işçi muayene bacasından girip gerekli temizlik veya kontrolleri yapardı. Tünellerin inşa edilme sebebi su yolları için optimal ulaşımın sağlanmasıydı. Su bazen şehre doğrudan en kısa yoldan değil optimum faydayı sağlayacak yollardan şehre taşınırdı. Tüneller bu işlem esnasında gerekli görülen yerlerde yükseklikleri aşmak için inşa edilirdi¹¹⁴.

Zamanla Romalı mühendisler vadiler ve ovalar arasındaki kanalları desteklemek amacıyla su kemerleri yapmakta daha cesur hale geldiler. Öyle ki bazı su kemerlerinin en üst kotu zemin kotundan 27 m yüksektedir. Bazı durumlarda yine vadileri aşma amacıyla kapalı borularla ters sifon uygulamaları yapılmıştır. Ters sifon uygulamasının amacı suyun akış hızı ve basıncını frenleyerek uygulamanın mansap kısmına zarar vermesini engellemektir. Bu uygulamada en önemli husus suyun borudaki sürtünme ve hız kaybını iyi hesaplamaktır. Buna uygun olarak boru çapı ve dayanımı hesaplanırdı.

Su yollarının ve kemerlerinin eğimi çok önemli bir faktördü. Suyun uygun bir hızda gitmesi istenirdi. Yavaş bir akım hızı daha az tamirata gerek duyuracak ve tortuların kanalda birikmesi için daha çok zaman gerekecekti. Hızlı bir su akımı ise kanalı daha temiz tutacak ancak daha çok tamirat gerektirecekti. Tüm bir su kemeri için tek bir eğim yoktu. Bir tünel su kemerinden daha dik bir eğime sahip olurdu, bu da onu daha temiz tutardı. Aynı zamanda bir tünelin bir kanaldan daha az tamirata ihtiyacı vardı. Akım hızı artar, ama momentum artmazdı. Vitruvius %0,5, Plinius %0,02 eğimleri önermektedir¹¹⁵.

Su kemerlerinin ve su yollarının uzunluğu adımla ölçülürdü. Bir Roma adımı 1,482m veya yaklaşık 4 feet olarak tanımlanabilir. Milia parsus olarak adlandırılan 1 Roma mili de 1000 adımdan ibaretti. Yaklaşık 1,482 km veya 0,92 millik bir uzunluğu belirtirdi.

¹¹⁴ Dembskey, Evan James.s.47

¹¹⁵ Dembskey, Evan James.s.50

1.6.7 Maliyet

Roma su kemerlerinin üretimi için maddi kaynak savaş ganimetleri veya zengin vatandaşların desteğinden sağlanırdı. İmparatorluk döneminde de fethedilen topraklardan alınan vergiler önemli bir maddi kaynak yaratmıştı. Talan yöntemiyle elde edilen gelir de önemli bir kaynaktı. Roma su kemerleri ve su yolları kazanç sağlayan bir meta olarak düşünülmez, toplum faydası amaçlanırdı.

Su kemerlerinin inşaatları devletin finans işlemlerinde değişikliğe sebep oldu. Roma devletinin ilk gümüş sikkeleri M.Ö.310 yılında Campania’da basıldı. Gümüş sikkeler muhtemelen Via Appia’nın inşaatında kullanılmıştı ancak Aqua Appia’nın inşaatında da kullanıldı¹¹⁶. Anio Vetus su kemeri de Pirus savaşının ganimetlerinden gelen parayla inşa edilmiştir. Bu yöntem cumhuriyet dönemi boyunca bozulmadan kalmıştır. İmparatorluk yönetimine geçince imparator kamusal işlerin sorumluluğunu üstlendi ve bu tür işlerin yapım maliyetlerini karşıladı. İmparatorluk döneminde imparatorun bütçesine ek olarak bazı özel bağışlar ve vergilendirme yöntemi de kullanılmıştır.

Tüm bunların dışında Vitruvius olarak adlandırılan bir inşa yöntemi de vardı. Bu yöntemde zengin vatandaşlar kendi arazileri için bireysel olarak su yolu ve su kemeri yaptırırdı. Bu daha çok ufak yerleşim yerlerinde kullanılan bir yöntemdi. Roma şehir merkezinde pek kullanılan bir yöntem değildi. Cumhuriyet döneminde su yolları ve su kemerlerinden gelen suyun özel kullanımda yer alması gibi bir durum yoktu, özel kullanıma sadece artan sular verilirdi¹¹⁷.

Frontinus’a göre örneğin Aqua Marcia 180 milyon sestere mal olmuştu. 91km uzunluğundaki Aqua Marcia’nın her kilometresi için yaklaşık 2 milyon sester harcanmıştır. Bunun yanı sıra maliyet ve işin süresi işteki zorluklar ve yapılacak tünel, köprü, sifonlar, zemin iyileştirmesi gibi işlere göre değişirdi. Frontinus’a göre Aqua Marcia kilometre başına 2 milyon sester, Aqua Claudia ve Aqua Anio Novus ise kilometre başına 2,2 milyon sestere mal olmuştu¹¹⁸.

¹¹⁶ Dembskey, Evan James.s.52

¹¹⁷ Dembskey, Evan James.s.52

¹¹⁸ Frontinus s.56

1.6.8 İş Gücü

Tarihçiler su yolu, veya su kemeri gibi büyük projelerin hangi işgücü ile tamamlandığından tam emin olmamakla birlikte bazı tarihçiler iş gücünün büyük kısmının ordunun oluşturduğunu, bunun yanında kölelerin de kullanıldığını düşünmektedir¹¹⁹. Sıradan yurttaşların da bu inşaat işlerinde kullanıldığı vakıadır. Örneğin Cumhuriyet dönemi Roma'da yurttaşların şehrin etrafında Servian Suru olarak bilinen yeni bir sur inşa etmek için seferber edildiği bilinmektedir¹²⁰.

Bunların yanında ihale ve buna benzer metotlarla yapılan işlere dair kanıtlar da bulunmaktadır. Birçok Roma yapısı yarı vasıflı iş gücü ve seri üretim ilkesine dayanıyordu. Bu da modüler tasarım yardımıyla tekrar tekrar kemer ve sütunlar yapılmasına olanak sağlıyordu. Bu da Roma'nın inşa sürecini basitleştirdi ve yöneticilerin kapsamlı bir eğitim olmadan yönetimlerini sürdürmesine izin verdi. İş gücünün verimli kullanılmadığı inşa işlemlerinde yapım maliyetleri artmıştır. Ancak her iki durumda da su yolları ve su kemerlerinin yapımı, gerekli yerlere su getirilmesinin kolaylaşmasını sağlayarak tarımsal üretimdeki verimi artırmıştır¹²¹.

Su yolu ve su kemerlerinin imalatında hünerli işçilerin yanı sıra yetenekli ve hünerli mühendislerin de başarıları söz konusudur. Hünerli olmak aynı zamanda kişisel bakımdan iyi eğitilmiş olmak anlamına geleceğinden dönemin mühendislerinin alanında iyi eğitilmiş olduğunu söylemek mümkündür¹²².

1.6.9 Suyun ölçümü

Günümüzdeki uygulamanın aksine Romalılar suyun miktarını akıştaki debi üzerinden değil bir tip birim olarak ele aldıkları ve “quinaria” denilen boru bölümüyle ölçtüler. Bazı araştırmacılar bu sistemi debiye çevirmek istedi ve bazı

¹¹⁹ Dembskey, Evan James.s.52

¹²⁰ Faulkner, Neil. **Roma: Kartalların İmparatorluğu**, Çev. Çağdaş Sümer, Yordam Kitap, İstanbul, 2017, s.79

¹²¹ Dembskey, Evan James.s.54

¹²² Sennett, Richard. Zanaatkar, Ayrıntı Yayınları, İstanbul, 2013 s.35

değerler verdiler. Örneğin Egea 40,6m³/gün, diğer bazı araştırmacılar da 41m³/gün olarak değerler verdi¹²³. Gerçek şu ki, Romalıların kendileri sadece bölümleri karşılaştırdılar ve quinaría'ya eşdeğer debinin kesin bir dönüşümü gerçekliğe uymayacaktır. Frontinus'a göre "quinaría" adını bir parmağın 5/4 çapından almıştır¹²⁴.

Vitruvius, quinaría'dan hiçbir zaman bahsetmez. Quinaría'nın bir ölçü birimi olarak hesaplamasını yapacak olursak;

$$1 \text{ parmak} = 1/16 \text{ ayak} = 29,6/16 \text{ cm} = 1,85 \text{ cm}$$

$$1 \text{ quinaría} = 3,14 \times (5/4 \times 1,85)^{2/4} = 4,19 \text{ cm}^2 \text{ olduğunu buluruz.}$$

Bu birimler arası dönüşümler kesinlik vermemekle birlikte yaklaşık sonuçlara dair genel bir fikir verir. Bu nedenle genişliği a, tavan yüksekliği H ve su yüksekliği L olan bir kanalda ıslak yüzey:

$$S = a.L \text{ ile gösterilir.}$$

Quinaría ile hesaplanmış bu yüzey alanı m²'ye dönüştürülmek istenirse:

$$S(m^2) = [S(q) \times 4,19] / 10.000 \text{ formülü uygulanır.}$$

Her bir borudaki debiyi belirlemede kanallar için Manning formülü uygulanır:

$$Q = \frac{S}{n} R_H^{\frac{2}{3}} \sqrt{I_0}$$

Formüldeki n kanallar için Manning katsayısı olan 0,013'tür. S ıslak yüzey, R_H hidrolik yarıçap, $[S/(a + 2L) = S a / (2S + a^2)]$ ve I₀ da kanalın eğimidir.

Islak yüzeye ve kanalın genişliğine bağlı olarak bu formül quinaría'yı debiye dönüştürecek formül olmalıdır:

$$Q = \frac{\sqrt{I_0}}{n} \left(\frac{S a}{2S + a^2} \right)^{\frac{2}{3}} S = A \frac{\sqrt{I_0}}{n}$$

Bu formül quinaría'yı m³/s'ye dönüştürmek için kullanılabilir ancak net bir dönüşüm sağlamaz. Net bir dönüşüm sağlanabilmesi için eğimin de bilinmesi gerekir. Ancak eğim ile ilgili olarak bazı hidrolik ve tarihsel teknik nüanslar uygulanmalıdır. Eğim her zaman için suyun kaynağı ile varış noktası arasındaki kot

¹²³ Egea Vivancos, Alejandro. "Ingeniería hidráulica en Cartago Nova: las tuberías de plomo", Mastia 1, Vol 5, 2002, ss. 167-170 s.168

¹²⁴ Frontinus s.68

farkından ibaret değildir. Kanal içinde çıkıntılar, ve akıntı hızının 0,5 m/s'den az olması dikkate alınmalıdır. Kanallar için Vitruvius kanalların olabildiğince sağlam olması ve her yüz ayaklık mesafede çeyrek inçten az olmaması gerektiğini belirtmiştir¹²⁵. Bu da;

$$I_0 = \frac{1}{4} \text{ inç} / 100 \text{ ayak} = 0,635 / 2960 = \% 0,021 \text{ eğime tekabül etmektedir.}$$

Plinius da eğimin yüz ayak uzunlukta çeyrek inç olması gerektiğini belirtmiştir¹²⁶.

Şekil 20¹²⁷: Roma şehri su yolları debileri

ROMA ŞEHİRİ SU YOLLARINDA QUINARIA ÖLÇÜSÜNE GÖRE DEBİ ORANLARI	
SU YOLU	DEBİ (l/s)
Apia	0'172
Anio Viejo	0'210
Marcia	0'196
Tépula	0'133
Julia	0'156
Virgen	0'192
Alsietina	0'130
Claudia	0'210
Anio Novus	0'211

Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.264

¹²⁵ Vitruvius s.179

¹²⁶ De la Peña Olivas, José Manuel s.254

¹²⁷ De la Peña Olivas, José Manuel s.254

Dolaşımdaki suyun hesaplanmasına dair bir örnek Napoli bölgesine su temin eden Serino su yolu üzerinden hesaplanabilir. De Feo tarafından örneklenen 0,85m genişliğinde ve 1,75m yüksekliğinde, etkin su yüksekliği 1,70m olan bir kanal örneğinde Manning uygulamasını ele alırsak; S ıslak yüzey, h su tabakası derinliği, R_H ıslak yarıçap tarafından bölünen yüzeye eşit olan hidrolik yarıçap, n kanallar için 0,013 değerinde olan Manning sayısı ve I_0 da Vitruvius’a göre %0,021 olan kanal eğimidir¹²⁸. Buradan yola çıkarak ve sistemin %100 verimle çalıştığını varsayarak formülü uygulamaya koyduğumuzda;

$$S = a \times L = 0,85 \times 1,70 = 1,445 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{1,445}{0,013} \times 0,4875 \times 0,01449 = 0,784 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bu da günlük 67776 m³/gün debiye tekabül eder.

Bu tarz sistemlerde alınan su yüksekliği normal şartlar altında kanal yüksekliğinin %80’i kadar olurdu. Yeni bir hesap yaparsak;

$$Q = \frac{1,156}{0,013} \times 0,4715 \times 0,01449 = 0,6075 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bu da günlük 52488 m³/gün debiye tekabül eder.

1.6.10 Suyun Şehir İçindeki Dağıtımı

Roma kentlerine uzak mesafelerden getirilen su şehir girişlerinde depolanırdı. Bu depolarda su hem tekrar bir temizlik aşamasından geçer hem de şehir içi dağıtım için yönlendirilirdi.

¹²⁸ De Feo, G. “Historical development of Augustan Acueduct in Suthern Italy: twenty centurias of work from Serino to Naples”, Water Society & Technology, Vol 7, 2007, s 132

Şekil 21¹²⁹: Segobriga şehri su deposu



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.266

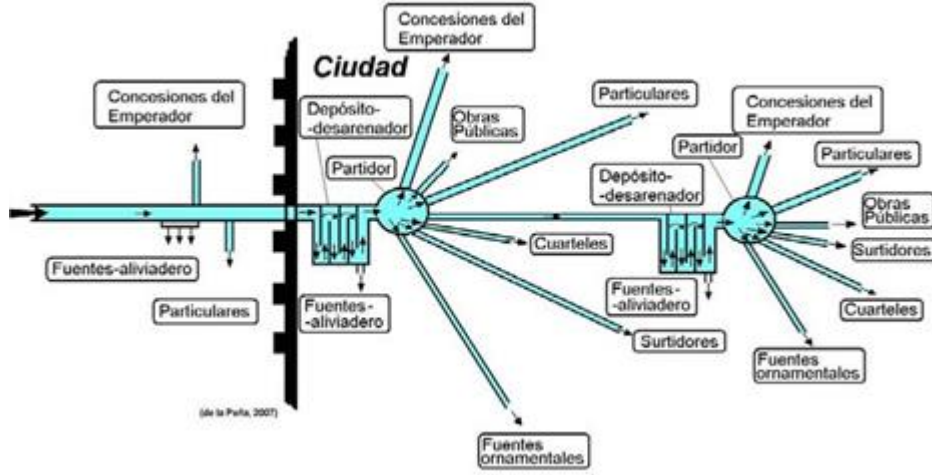
Yukarıdaki şekilde bize doğru bakan delik dağıtım borusunun gireceği deliktir. Su depoları şehirlerin en yüksek kotuna yerleştirilir ve buradan su dağıtımı yapılırdı.

Roma şehrine getirilen suyun dağıtımı için oluşturulan tipolojiden ilki şehre yer altından kanalla suyu sokmaktı. Su dağıtım şeması özellikle kamu yararı göz önüne alınarak çeşmeleri ön plana almak üzerineydi¹³⁰. Zaman içinde su temini arttıkça su sıcak su kaplıcalarına ve kışlalara yönlendirildi. Bir süre sonra soylu sınıfı da kendi evlerine su getirmeye başladılar. Ana kanaldan alınan su öncelikle çeşmeler ve kamu yapıları olmak üzere kaplıcalar, kışlalar ve tuvaletlere, artarsa da soylulara ve imtiyazlı kişilere dağıtılırdı.

¹²⁹ De la Peña Olivas, José Manuel s.266

¹³⁰ Martinez, Santiago Feijoo. “**Las Presas y el Agua Potable en Epoca Romana**”, Congreso de las Obras Públicas Romanas, Astorga, 2016. s.148

Şekil 22¹³¹: Şehir içi su dağıtım şeması



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. "Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua", s.268

Su şehrin girişine getirildiğinde şehirdeki su dağıtımını için tüm borulama tipolojisi değişir ve şehrin tüm noktalarına dağıtımına uygun hale getirilirdi. Aynı zamanda esas amaç mümkün olan en az hat sayısı ile mümkün olan en çok noktaya su iletilmesiydi. Normal olarak şehre su dağıtımını için şehre olabilecek en üst noktadan girilmeye çalışılırdı. Yine de şehre suyun girişi ve dağıtılması açısından zamanla 3 ayrı tip giriş yöntemi oluşmuştur¹³²:

- Kot seviyesinden giriş: Roma'da en çok görülen zemin kotu seviyesinden giriş

- Yükseltilmiş giriş: Su şehir kotundan daha alçak bir kotla giriş yapacak olursa giriş kotu duvarlar vs. yardımıyla yükseltilirdi. En iyi örnekleri Cosa, Almuñecar ve Segóbriga'da görülmektedir.

- Sifonla giriş: Su şehre giriş kotuna sifon yardımıyla yükseltilirdi. En tipik örneği Cádiz'de görülmektedir.

Vitruvius şehir içindeki su dağıtımında iki ayrı tip borulama yapılabileceğinden bahseder: kil borular ve kurşun borular¹³³. Günümüze ulaşan şehir içi su dağıtım uygulamalarında ise dört çeşit borulama görürüz:

¹³¹ De la Peña Olivas, José Manuel. s.268

¹³² Martinez, Santiago Feijoo. s.150

¹³³ Vitruvius s.178

Toprak borular: Basınç altında veya serbest yüzeyde çalışabilen borular

Kurşun borular: Her zaman yüksek basınçta kullanılan, çeşitli et kalınlıklarına veya çaplara sahip olan borulardır.

Taş borular: Sürekli basınç altında çalışan ve şehir içindeki uygulamalarda genelde bir depodan diğer depoya su götürmede kullanılan borulardır.

Bronz borular: Sadece küçük bölümlerde (musluk vb.) kullanıldılar¹³⁴.

Boru ve kanal setinde, hem çıkış akışını kontrol etmek hem de saptmalar ve kesimler için ve ayrıca boruların ve cihazların basıncını düzenlemek veya basınçlı borulardan hava çıkarmak için kullanılan bir dizi düzenleme cihazı vardı. Bunlar hem boru girişinde, hem çıkışında veya tüm boru tesisatı boyunca gerekli yerlerde kullanılabilirlerdi. Bu cihazlar; musluklar, hava tahliye sistemleri, basınç valfleri ve borulardır.

Roma mühendisliği boru hatlarında istenmeyen hava basınçları oluşacağını biliyordu. Bu nedenle boru hatlarına bu havayı dışarı atmak amacıyla ekipmanlar yerleştirdiler¹³⁵

Şekil 23¹³⁶: Basınç vanası örneği



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.272

¹³⁴ Martinez, Santiago Feijoo. s.151

¹³⁵ Martinez, Santiago Feijoo. s.151

¹³⁶ De la Peña Olivas, José Manuel s.272

Şekil 24¹³⁷: Musluk örneği



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.274

¹³⁷ De la Peña Olivas, José Manuel s.274

İKİNCİ BÖLÜM

ROMA DÖNEMİ SU KEMERLERİ

2.1 AMAÇLAR VE UYGULAMALAR

Kentlerin su ihtiyacını karşılamak tarihin her döneminde önemli bir sorun olagelmıştır. Kanallar ve su yollarıyla su iletim sistemleri nasıl ki yüzyıllar boyunca bu amaç için kullanılmış ise bu sistemin bir parçası olan su kemerleri de yüzyıllar boyunca kullanılmıştır. Öyle ki; antik dönemde başlayan bu kullanım 19. yüzyıla kadar devam etmiştir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde büyük bir temiz su donanımına sahip ilk kent New York'tur ve bu su 1842 yılında açılan Croton su rezervi ve su kemeri sistemi ile iletilmektedir¹³⁸.

Antik dönemde suyu bir yerden bir yere taşımak için kesme taş kanallar, kurşun borular veya pişmiş toprak borular kullanılırdı. Ancak yükselti arası açıklıkları aşmak için su kemerleri veya sifonlar kullanılırdı. Su kemeri suya potansiyel enerji kazandırmak veya belli mesafeleri aşmak için çeşitli yapı elemanlarıyla yükseltilmiş üzeri açık su kanallarına verilen addır. Bu yapılar antik dönem ve sonrasında şehirlere uzak mesafelerden su getirilmesinde önemli rol oynamışlardır.

Kemerler taş, kerpiç veya ahşap parçalardan yay şeklinde örülen ve iki duvar veya ayağı birbirine bağlayarak kendi yükü ve taşıdığı yükün basıncını onlara aktaran, geniş açıklıkları geçmek amaçlı inşa edilen yapı elemanlarıdır¹³⁹.

Kemerler geniş açıklıkları geçmek için özellikle su kemeri ve köprü imalatlarında kullanılmıştır. Günümüz şartlarında kirişlerle geçilebilecek yerleri geçmekte kullanılan elemanlardı. Ancak günümüz kirişleri gibi çekme kuvvetlerini değil, yapısı itibarıyla sadece basınç kuvvetlerini taşıyan bir yapı elemanıdır.

Su kemerlerinin ilk örneklerinde suyun sadece kendi potansiyel enerjisinden faydalanılırken mühendislik teknolojisi ve bilgisinde gerçekleşen gelişmeler sonrası bulun ters sifon yöntemiyle birlikte çok daha uzak mesafelere ve yükseklik farkı

¹³⁸ Mumford, Lewis s.582

¹³⁹ Hasol, Doğan. s.252

daha az gözetilerek su götürülmesi sağlanmıştır. Bu teknoloji Ephesos, Methymna, Magnesia, Philadelphia, Blaundos, Patara, Smyrna, Prymnessos, Tralleis, Trapezopolis, Apameia, Akmonia, Laodikeia ve Pergamon gibi şehirlere su getirilmesinde uygulanmıştır¹⁴⁰.

Romalıların kaç tane su kemeri inşa ettiğini tahmin etmek zordur. Roma'da M.Ö. 312- M.S. 226 yıllarında inşa edilen 11 su kemeri ana su kemerleri olarak bilinir. Bu su kemerlerine toplam 448-502km uzunluğundaki su yollarıyla su taşınırdı. En kısa su yolu olan Appia su yolu 16km uzunluğunda, en uzun olan Marcia su yolu 91km uzunluğundadır. Bunların Roma kent merkezine günde toplam 1.127.220 m³ su getirdiği tahmin edilmektedir¹⁴¹.

Kemerin hangi durumlarda hangi yükseklikte inşa edileceği veya sahip olacağı göz sayısı, sahip olacağı kolon sayısı gibi bilgilere antik kaynaklarda ulaşamamaktadır. Her kemerin, inşa edileceği bölgede elde bulunan malzeme miktarı ve çeşidine göre inşa edildiği düşünülmektedir¹⁴².

Su kemerlerinin nasıl inşa edildiği hususu konusunda tam anlamıyla bilgi elimizde olmamakla birlikte gerek edebi metinler gerekse kalıntılardan gelen bilgiler ve bunlarda yer alan boşlukların mantık süzgecinden geçirilerek doldurulması sonucu bir fikre ulaşılmıştır. Metin olarak ulaşılabilir kaynaklar Vitruvius ve Frontinus'la sınırlıdır. Edebi olmayan kaynaklar ise bazı yazıtlar, paralar ve su kemerlerinin ve su yollarının kendileridir. Frontinus o dönemin mühendisi olarak adlandırılabilir konumda biriydi. Şehirdeki insanların sağlığının şehrin su yönetiminin verimli sağlanmasına dayandığını anlatırdı. Roma'da curator aquarium görevinde bulunmuştur¹⁴³. Roma su kemerleri ile ilgili olarak nümizmatik kaynaklar da çok az olmakla birlikte elde edilen sikkeler tarihleme açısından faydalı olmaktadır¹⁴⁴.

¹⁴⁰ Mays, Larry M. s.15

¹⁴¹ De la Peña Olivas, José Manuel. “**Alcance y el Organización de las Obras Públicas en el Imperio Romano**”, Nuevos Elementos de Ingeniería Romana, Astorga, 2006, s.346

¹⁴² Fuentes, Manuel Duran. **La Construcción de Puentes Romanos en Hispania**, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, 2005 s.48

¹⁴³ Fuentes, Manuel Duran. s.49

¹⁴⁴ Dembskey, Evan James. s.38

Yönetici sınıfı kamu yapılarının inşası vasıtasıyla toplum nezdinde büyük bir hayranlık ve saygı elde ediyordu ve bu yapılar arasında su tedarik yapıları ilk sırayı alıyordu.

Su kemerlerinin halk üzerindeki halka fayda sağlayıcı etkisi o dönemde yöneticiler için en iyi reklam yapma yöntemlerinden biriydi ve sonraki yıllarda da yazıtlarda yer alacak bu inşa eylemini gerçekleştirmekten kaçınmazlardı¹⁴⁵. O dönemki yapı açılış eylemlerinin günümüzdeki büyük açılışlara benzerliği de az değildir. Segovia su kemerinin alınlık kısmında da şu şekilde bir yazı yer almaktadır:

Şekil 25¹⁴⁶: Segovia su kemeri yazıtı



Kaynak: <http://www.traianvs.net/textos/segovia.html>

TI CLAVDIVS PONT MAX VIII COS III TRIBVNICIA PTESTATE VIII
IMPPPP OMNIVM FECIT

(CLAUDIUS 8 KEZ EN YÜKSEK RAHİP 3 KEZ KONSÜL 8 KEZ HALKIN DEVLETTEKİ GÜCÜ OLAN İMPARATOR TARAFINDAN YAPILMIŞTIR.)

Kaynağından varış noktasındaki dağıtıma veya depolanmasına kadar su iletim işleri teknik olarak çoğu zaman son derece karmaşık ve her zaman maliyetliydi. Ancak bu çalışmalar görünür kılınmadığında çoğu zaman halkın takdirinden uzak kalırdı.

'M.Ö. 4. yüzyılın en ünlü figürlerinden birinin mezar taşı "Appius Claudius Caecus. Gaius'un oğlu, censor, iki kez konsül, diktatör, üç kez interreks, iki kez preator, iki kez aedilis curulis, quaestor ve üçkez askeri tribün. Samnitlere ait pek çok kasabayı ele geçirdi ve Sabin ve Etrüsklerden oluşan bir orduyu bozguna uğrattı. Kral Pyrrhus ile yapılmak üzere olan barışı engelledi. Censorluğu sırasında Appia yolunu açtırdı ve Roma için bir su kemeri inşa ettirdi" diye bildiriyordu. Elde edilen makamlar,

¹⁴⁵ Fuentes, Manuel Duran. s.52

¹⁴⁶ <http://www.traianvs.net/textos/segovia.html>

kazanılan zaferler, inşa edilen anıtlar: Bunlar büyük bir adamın itibarının simgeleri olarak teşhir edilmiştir. ' ¹⁴⁷

Belki de bu nedenlerden dolayı bu çalışmaları görünür kılmak halka reklam yapmak için gerekliydi. Büyük kemerlerin yerine eşit derecede etkili ve inşa edilmesi daha ucuz olan borular vasıtasıyla oluşturulacak sifonların kullanılabileceği birçok durum vardır. Ancak sifonla geçilmeye uygun kot farkı bulunan bir vadiyi daha ihtişamlı olduğu için su kemeri ile geçmeyi tercih etmişlerdir¹⁴⁸.



Kaynak: Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.24

Segovia, Tarragona veya Pont de Gard de Nîmes'deki dev ve pahalı kemerlerin çoğu, diğer boru hattı iletim biçimlerine dayanan inşaat ve bakım faaliyetlerini içeren ekonomik bir çalışmaya direnmeyecektir. Buna bir örnek, Lyon'da, biri 2660 metre uzunluğunda ve 122 metre yüksekliğinde olmak üzere dört

¹⁴⁷ Faulkner, Neil. s.77

¹⁴⁸ Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems”, s.121

¹⁴⁹ Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, s.24

büyük sifonun kurulduğu Gier su kemerinin, ömrü boyunca oldukça verimli bir çalışma göstermesidir¹⁵⁰.

Kemerlere dair ciddi bakım sorunları Frontinus'un da gözünden kaçmamıştır:

Zamanın ve mevsimsel su kemerleri üzerinde yıpratıcı etkisi olduğunu ve bu nedenle, ilgili onarımların hızlı bir şekilde yapılması gerektiğini, don veya ısı değişiminden zemin altındaki yapı elemanları az hasar görecektir olsa da üstyapı elemanlarının etkilenebileceğini söylemiştir¹⁵¹. Bu durum günümüzde Segovia su kemerinde yapılan incelemelerde çevresel etkiler veya doğa olayları sebebiyle meydana gelen hasarların gözlenmiş olmasıyla teyit edilmiştir¹⁵².

Belki de kurşun borunun zeminden geçirilmesi ile elde edilen çözüm yeterince karlı değildi ve bu yüzden bunun yerine gösteriş tercih edildi: Bu anlayışın zirve noktası 1670m kotundan ilerleyen su kemerinden taş boru sisteminin geçirilmesi idi¹⁵³.

¹⁵⁰ De la Peña Olivas, José Manuel. s.348

¹⁵¹ Frontinus. s.48

¹⁵² Jurado, Francisco. "El Acueducto Romano de Segovia", Obra Publica, Vol 57, 2001, s.6

¹⁵³ De la Peña Olivas, José Manuel. s.349

Şekil 27¹⁵⁴: Aspendos su yolu basınç azaltma kulesi



Kaynak: <http://www.romanaqueducts.info/aquasite/aspendos/foto10.html>

2.2 TEMELLER

Roma mühendisleri kemeri iyi zemine bir yere yerleştirmeye çalıştılar, ancak her zaman bunda başarılı olamadılar. Genellikle alüvyon zeminlerden kaçınıp kayalık zemin arayışında oldular. Zeminin yeterli taşıma kapasitesine veya onu zayıflamaya karşı dirençli hale getiren temel kompaktlığına sahip olmadığı durumlarda, kemerin çökme riski oluşurdu ve bazen de çökerdi. Romalılar tarafından inşa edilmiş en büyük köprülerden biri olan Narni'deki Augustus köprüsünün kemerinin de dört gözünün üçü zayıf zemin nedeniyle yıkılmıştır¹⁵⁵. Bazen kemerler sadece zeminin zayıflığından değil akarsuyun şiddetinden kaynaklı da yıkılabiliyordu. Kemerlerin bu sebeplerle yıkılmasını engellemek için zemini betonla desteklemeye ve taşıma kapasitesinin artırmaya gayret ettiler¹⁵⁶.

¹⁵⁴ <http://www.romanaqueducts.info/aquasite/aspendos/foto10.html>

¹⁵⁵ Fuentes, Manuel Duran. s.49

¹⁵⁶ Fuentes, Manuel Duran. s.49

Vitruvius inşa edilecek yapılarda öncelikle sağlam bir zemin bulunmasını ve bulunduktan sonra yapının boyutuna göre en uygun derinliğe kadar inilmesini ve dolayısıyla mümkün olan en sağlam temelin yapılmasını önerir. Eğer uygun zemin bulunamazsa zemine zeytin, meşe vb gibi ağaçlardan imal edilmiş kazıklar yerleştirilirdi¹⁵⁷.

Bir nehrin ortasına kolon yerleştirmek için de çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Daha önce Şam'lı Apollodoros'un da Tuna nehri üzerinde yapmış olduğu gibi nehrin akış yönünü değiştirmek için yeni dere yatakları kazılırdı veya bazen de nehrin suyunu hem engellemek hem de biriktirmek amacıyla ufak barajlar kurulurdu. Bazen de Pont du Gard su kemerinde görüldüğü gibi temel sert kayalık zeminin bulunduğu yöne doğru genişletilerek bölgeye oturtulacak kolonların sağlam zeminde olması amaçlanırdı¹⁵⁸.

Romalı mühendisler zeminin taşıma kapasitesini belirlemek için metal bir çubuk kullanırlardı. Bu metal çubuğu zemine sokarak sağlam zemine kadar ilerlemesini sağlarlardı. Metal vasıtasıyla sağlam zemine ulaştıklarını anladıklarında o derinliğe kadar kazı yaparlardı. Nehrin su kotu çok yüksek değilse temel kazıları sonrası imalat işlerinde batardolar kullanılmıştır. Örneğin İmparator Traianus döneminde Tagus nehrini geçmek için yaptırılan Alcántara köprüsünün 2 kolonunda bu işlem kullanılmıştır¹⁵⁹.

¹⁵⁷ Vitruvius. s.63

¹⁵⁸ Fuentes, Manuel Duran. s.59

¹⁵⁹ Fuentes, Manuel Duran. s.60

Şekil 28¹⁶⁰. Alcántara köprüsü



Kaynak:https://en.wikipedia.org/wiki/Alc%C3%A1ntara_Bridge#/media/File:El_puente_de_Alc%C3%A1ntara,_C%C3%A1ceres.jpg

Tabii böyle bir batardoyu içinde çalışılır hale getirmek için Arşimed vidası gibi makine ve ekipmanları kullanmak gerekiyordu. Sağlam zemine ulaşıldıktan sonra temel platformunu oluşturmak amacıyla zemin beton tabakası ile kaplanırdı. Temel doğrudan kaya üzerine yapıldığında ise, Alcántara köprüsünün üçüncü kolonunun tabanında görüldüğü gibi tek bir yatay düzlem oyularak hazırlanırdı¹⁶¹.

2.3 KOLONLAR

Kolonlar Kemer ve köprü uygulamalarında üstyapının basınç yükünü temele ileten yapı elemanlarıdır. Roma Dönemi kemerlerinde geçilecek vadi genişliğinde göre kolon boyutu ve seçimi yapılırdı. Eğer dar bir vadiden geçiyorsa tek bir kemer ve iki adet kolonla vadi geçilirdi. Ancak daha geniş bir vadiden geçiliyorsa kemer sayısının ve buna mukabil kolon sayısının da artırılması gerekirdi. Kemer ve köprü uygulamalarında kolonlar kenar kolonlar ve orta kolonlar olmak üzere ikiye ayrılır. Kenar kolonlar kemerin veya köprünün geçilecek açıklığının her iki yanındaki kara

¹⁶⁰https://en.wikipedia.org/wiki/Alc%C3%A1ntara_Bridge#/media/File:El_puente_de_Alc%C3%A1ntara,_C%C3%A1ceres.jpg

¹⁶¹ Fuentes, Manuel Duran. s.60

parçasına tutunan kısmı, orta kolonlar ise geçilecek açıklığın içine oturan kolonlara verilen isimdir¹⁶². Orta kolonlar kemerlerin her iki tarafından gelen yükü taşımak zorundayken kenar kolonlar tek taraftan gelen yükü taşımak zorundadır. Hem kenar kolonlar hem de orta kolonlar için ihtiyaç duyulduğunda destek duvarları yapılmıştır. Bu destek duvarları kolonun her iki yüzünde veya tek yüzünde olabilmektedir¹⁶³.

Orta kolonların inşa işlemi sırasında taşıyacağı her iki yandaki iki kemerin de aynı anda inşa edilmesi genel bir yaklaşımdı. Böylece kolona ters yüklerin gelmesi engellenmiş olurdu. Bu inşa metotları hakkındaki bilgiler ve yaklaşımlar orta kolonların kalınlığının azaltılmasına imkan verdi. Yine orta kolonların suya temas ettiği yerlerde, suyun akış yönündeki kısmına köprü mahmuzu denilen üçgen veya dairesel bir duvar örgüsü yapılırdı¹⁶⁴. Bunun amacı da suyu yararak suyun kolona zarar vermesini önlemektir.

Şekil 29¹⁶⁵: Köprü mahmuzu



Kaynak: Fuentes, Manuel Duran. La Construcción de Puentes Romanos en Hispania, s.69

¹⁶² Polat, Zekeriya, “Depreme Dayanıklı Köprü Mühendisliği’nde Kavramsal Tasarım”

”http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d9b6dba48419869_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=15, (03/05/2020)

¹⁶³ Polat, Zekeriya, “Depreme Dayanıklı Köprü Mühendisliği’nde Kavramsal

¹⁶⁴ Fuentes, Manuel Duran. s.68

¹⁶⁵ Fuentes, Manuel Duran. s.69

Kenar kolonların genişliği genellikle kemerin genişliği kadar olurdu ancak bazı durumlarda dikey veya yatay yönde daha geniştir. Bazen de kenar kolonların etrafına kalın destek duvarları örülürdü. Kolon yükseklikleri arazi ve kemerin istenilen yüksekliğine göre değişirdi. Roma coğrafyasında 1 m yükseklikte kolon olarak dahi görülemeyecek yüksekliklerden 27 m yüksekliklere kadar çeşitli ölçülerde kolonlar görülmüştür¹⁶⁶.

2.4 KEMERLER

Yukarıda da bahsedildiği gibi kemerler hem geniş açıklıkları kolayca geçmek hem de bunu yaparken bir gösteriş malzemesi olmak hem de uzun yıllar kullanılabilir özelliklere sahip olmak zorundaydı.

Başlarda yarım daireye yakın şekilde yapılan kemer imalatları zaman ilerledikçe hem malzemeden tasarruf etmek hem de daha estetik bir görünüme ulaşma amacıyla daha yayvan hale getirilmiştir. Yarım daireye yakın şekilli bir kemerin kalınlığı, geçtiği açıklığın 1/18'i iken yayvan bir kemer yaklaşık 144°'lik bir açılma ile geçtiği açıklığın 1/35 kalınlığına sahiptir. Ayrıca kemerin yayvanlığı arttıkça kenar kolonların boyutları da artmaktadır¹⁶⁷. İnşa edilen kemerlerin açıklıkları çok fazla olmamalıdır. Bu nedenle kemer açıklıkları genellikle 30m'yi geçmez¹⁶⁸.

Kemerleri oluşturan yapı elemanlarının belli isimleri vardır. Bunlardan kemeri oluşturan taş parçalarına kemer taşı, kemerin birleşim noktasındaki taş kilit taşı, her iki yanda zemine yaslandığı kısma üzengi yatağı ve yaslanmasını sağlayan taş da üzengi taşı denir. Kemer cepheden gördüğümüz kısmına kemer alını, kemer yüzeyinin iç kısmına kemer altı, kemer yüzeyinin dış kısmına kemer sırtı adı verilir¹⁶⁹.

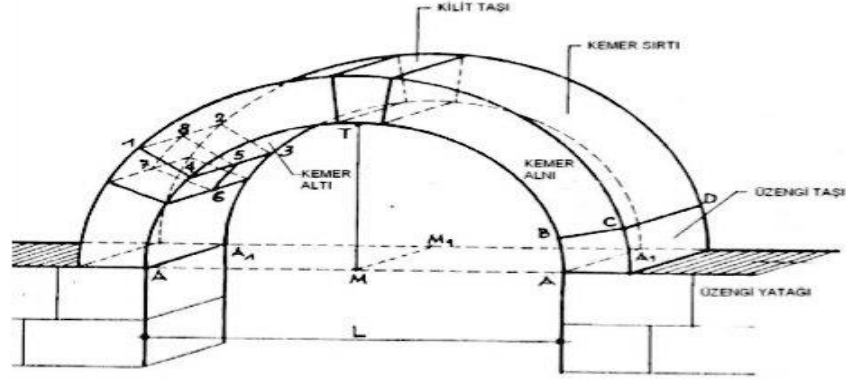
¹⁶⁶ Fuentes, Manuel Duran. s.70

¹⁶⁷ Fuentes, Manuel Duran. s.72

¹⁶⁸ Fuentes, Manuel Duran. s.74

¹⁶⁹ Hasol, Doğan. s.255

Şekil 30¹⁷⁰: Kemerin kısımları



Kaynak: <https://pbs.twimg.com/media/DYA4ergW4AAhiiK?format=jpg&name=small>

Kemer taşları genellikle kilit taşına uyumlu olacak şekilde ve kilit taşının her iki yönünde bulunan kemer taşları birbirine simetrik olacak şekilde seçilir ve imal edilirdi¹⁷¹. Bazen de kemer alnına süslemeler eklemek için kullanılan kemer taşlarında çeşitli oyuklar bırakılırdı. Kemerin sağlamlığını artırmak için kemer taşlarının üst üste iki sıra dizildiği durumlar da gözlenmiştir. Kilit taşı genellikle kemer taşları ile aynı malzemeden olur. Bazen birkaç cm öne çıkarılarak alın kısmına çeşitli şekiller yapılırdı¹⁷².

Kemer inşaatlarında taş bloklar kullanılırdı. Bu nedenle kemerlerin yeri seçilirken taş ocaklarına yakın olması koşulu aranılırdı. Taş ocağındaki taş blokların çıkarılması kayalara çarptırılarak açılmalarını sağlayan metal kamalar yardımıyla yapılırdı. Aynı zamanda oluklar içine sokulan ve şişmeleri için nemlendirilerek taşların birbirinden ayrılmalarını sağlayan kuru kamalar da kullanılmıştır¹⁷³. Taşların kaba haliyle, yarı işlenmiş veya tam işlenmiş haliyle mi taşındığı hala tam aydınlatılmamıştır. Fakat hakim görüş taşların taşıma sırasında herhangi bir zarar görmemesi ancak bir miktar da işlenmiş olması amacıyla yarı işlenmiş olarak

¹⁷⁰ <https://pbs.twimg.com/media/DYA4ergW4AAhiiK?format=jpg&name=small>

¹⁷¹ Fuentes, Manuel Duran. s.73

¹⁷² Fuentes, Manuel Duran. s.74

¹⁷³ Bingöl, Orhan. **Arkeolojik Mimaride Taş**, Homer Kitabevi, İstanbul, 2004

taşındığıdır. Tuğla gibi malzemeler en yakın üretim yerinden getirilirken, beton üretimi için gerekli agrega kaynağı ise kemerin yapılacağı yere en yakın olan nehirdir. Kemer inşaatının her aşamasında ise groma, korobat ve dioptra gibi aletlerin kullanılacağı muhakkaktır. Kemerleri oluşturabilmek için ise her iki kolon ayağına oturan ahşap iskeleler kurulurdu.

Şekil 31¹⁷⁴: Kemer iskelesi kurmaya yarayan ayak çentikleri



Kaynak: Fuentes, Manuel Duran. La Construcción de Puentes Romanos en Hispania, s.71

İskelenin kurulabilmesi için kolon yüzeylerinde kiriş yuvaları bulunması gerekirdi. İskele kurulmasında gerekli olan ahşap kirişler her iki yönde bu yuvalara oturtulur ve diğer ahşap elemanların da bu kirişlerin üzerine oturtulması sağlanarak iskele kurulması işleminin aşamaları devam ettirilirdi.

¹⁷⁴ Fuentes, Manuel Duran s.71

Şekil 32¹⁷⁵: Kiriş yuvaları



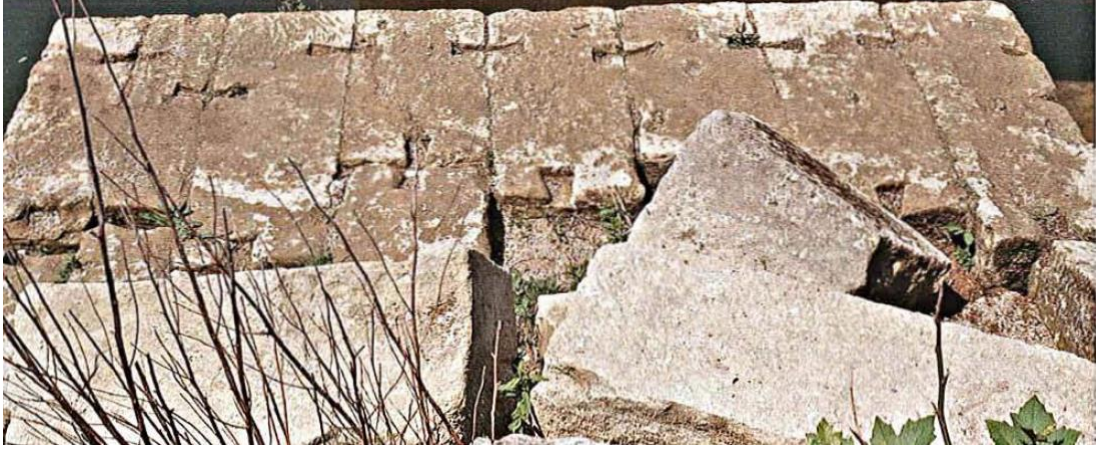
Kaynak:https://www.northernarchitecture.us/romanesque-architecture/images/2976_26_90.jpg

Kolonlardaki veya kemerlerdeki taşların birbirine kenetlenmesi için ise metal kentler kullanılırdı. Taşlarda kenetin yerleştirileceği yer kenet biçiminde oyularak kenet yerleştirilir ve hareket etmemesi için de etrafı kurşun akıtılarak kaplanırdı¹⁷⁶.

¹⁷⁵ https://www.northernarchitecture.us/romanesque-architecture/images/2976_26_90.jpg

¹⁷⁶ Fuentes, Manuel Duran s.93

Şekil 33¹⁷⁷: Kenet yerleri



Kaynak: Fuentes, Manuel Duran. La Construcción de Puentes Romanos en Hispania, s.73

2.5 SU TEMİNİNE GÖRE SU KEMERİ TİPLERİ

Bir su kemerine ait detayları açıklamadan önce yer ve su ihtiyacına göre 3 tip su kemeri inşa edildiğini söylememiz gerekir¹⁷⁸;

- Tek su kemeri
- Su kemeri grubu
- Paylaşımlı su kemeri

Tek su kemeri en sık karşılaşılan ve Roma su kemeri dediğimizde aklımıza ilk gelen yapı tipidir. Su kemeri grubuna verilecek en iyi örnek ise Roma şehrine ait 11 su kemerinden oluşan su kemerleri grubudur. Şehirlere su kemeri grubunun inşa edilmesinin sebebi şehrin su ihtiyacının fazla olması ve bu nedenle farklı kaynaklardan su getirilmesidir. Su kemeri türlerinin son örneği olan Paylaşımlı su kemerleri ise bir bölgeye su götürülmesi için inşa edilirdi. Buna da en güzel örnek Napoli körfezine su götüren Serino su kemeridir. Serino su kemeri rotası, imparatorluğun en etkileyici yollarından biridir ve bu rotayı inşa edebilmek için bölgedeki dağların çoğunda tünel açılmıştır¹⁷⁹.

¹⁷⁷ Fuentes, Manuel Duran. s.73

¹⁷⁸ De la Peña Olivas, José Manuel. s.260

¹⁷⁹ De la Peña Olivas, José Manuel. s.261

Şekil 34¹⁸⁰: Serino su yolu hattı.



Kaynak: https://www.researchgate.net/figure/Location-of-Cumae-along-the-route-of-the-Augustan-aqueduct-from-Serino-to-Miseno_fig1_294422726

Ağın merkez noktalarından biri Puzzoli’de olan bu dağıtım ağının farklı şehirlerde dağıtım depoları yer alırdı. Bunların en ünlüsü Miseno’da yer alan Piscina Mirabilis’ti¹⁸¹.

Şekil 34¹⁸²: Piscina Mirabilis



Kaynak: www.wikipedia.com/piscinamirabilis

¹⁸⁰https://www.researchgate.net/figure/Location-of-Cumae-along-the-route-of-the-Augustan-aqueduct-from-Serino-to-Miseno_fig1_294422726

¹⁸¹ De Feo, G. s.133

¹⁸² www.wikipedia.com/piscinamirabilis

Serino su yolu suyu deniz seviyesinden 366 metre yükseklikte yer alan Acquaro-Pelosi su kaynağından alırdı. Bu su yolu, diğer şehirlerin yanı sıra Napoli, Pompeii ve Herculaneum'a su tedarik etti¹⁸³. Toplamda, su yolu yaklaşık 145 km uzunluğundaydı ve Bayas ve Cumas yakınında bulunan Campano su yolu eklenmiş ve 155 km'nin üzerine çıkmıştı. Yedi ayrı dalı vardı ve bu dallardan Serino ile Napoli arasındaki uzunluğu 78 km, Napoli ile Miseno arasındaki uzunluğu 18 km. idi¹⁸⁴.

2.6 MALZEMELER

Su kemeri imalatlarında kesme taş, tuğla ve kaplama malzemelerine ihtiyaç duyulur. Taş olarak ana eleman kireçtaşı olmakla birlikte bunun yanında kumtaşı, serpantin, bazalt ve granit de kullanılmıştır. Yapılarda kullanılan malzemeler ve kullanım şekilleri o yapının davranışını ifade eder.

Anadolu'da bu dönem yapılarında bol bulunması sebebiyle birçok yerde mermer kullanılmıştır. Günümüzde Çavdarhisar Çayı olarak adlandırdığımız çayı geçmek için inşa edilmiş kemerlerde mermer malzeme kullanılmıştır¹⁸⁵. Mermerin yanı sıra granit de dayanıklılığı, sertliği ve göreceli kesme ve şekillendirme kolaylığı nedeniyle birçok yerde kemer yapımında tercih edilmiştir. Kireçtaşı hem taş haliyle hem de beton üretiminde ihtiyaç duyulan agrega karışımında kullanılmıştır¹⁸⁶.

Ocaktan çıkarılan büyük taşları kullanılacağı yere taşımak büyük bir sorundu. Ahşap, taştan daha az dayanıklı olmasına rağmen, yapılarda kullanımı, çalışması ve montajı kolay olan bol bir malzemedir. Bu özellikleriyle ahşap hem taşıma işlerinde hem de imalat aşamasında kazık ve kalıp olarak kullanılmıştır.

Kesme taş parçalarını birleştirmek için çoğu zaman kurşun kullanılırdı. Taşlarda içerisine zıvana veya kenet yerleştirilecek kanallar açılır ve bu kanallar yan yana gelecek şekilde bir araya getirilir, yan yana getirilen iki taşın birleştirilebilmesi

¹⁸³ De Feo, G. s.134

¹⁸⁴ De Feo, G. s.134

¹⁸⁵ Fuentes, Manuel Duran. s.99

¹⁸⁶ Fuentes, Manuel Duran. s.52

amacıyla kanallara metal elemanlar yerleştirilirdi¹⁸⁷. Yerleştirilen metal elemanların söz konusu kanallara sıkıca oturması için erimiş kurşun dökülerek kenedin kurşunla kaplanması sağlanırdı.

Vitruvius kullanılan taşlarla ilgili olarak kitabında Tivoli yakınındaki traverten taşının kullanımından bahseder¹⁸⁸. Traverten taşlar hem taşıyıcı eleman olarak hem de kaplama elemanı olarak kullanılırdı. Vitruvius bu malzemenin güçlü bir malzeme olduğunu ama yangına karşı hassasiyetinin de zayıf olduğunu belirtir¹⁸⁹.

İnşaatlarda kullanılan tuğlalar ise iki tipti. Fırınlanmış veya güneşte kurutulmuş olarak üretilirdi. Vitruvius kitabında tuğlalardan ve tuğlaların üretiminden de bahseder. Doğru tuğla üretimi için kil dikkatlice seçilmeli ve iki yıl boyunca havaya temastan uzak tutulmalıdır. Roma yapılarında tuğlalar genelde sarı veya kırmızı, bazen de kahverengi renkte olurdu¹⁹⁰.

Ancak köprü ve kemer uygulamalarında tuğla kullanımına suya olan hassasiyeti sebebiyle dikkat edilmesi gerekliydi. Bu nedenle birçok yerde tuğlaların yüzeyi granit gibi doğal taşlarla kaplanmıştır¹⁹¹.

2.7 KOMPOZİSYON

Kemerlerin, binaların yerine getirmesi gereken üç klasik Vitruvius gereksinimine göre tasarlandığı sıklıkla gözlenir: firmitas, utilitas, venustas, yani sağlamlık, fayda ve güzellik¹⁹².

Yapının tasarımındaki ana konsept simetriydi ancak sadece bizim şu anda bildiğimiz simetri değil, yapının her iki yönünde yapıyı oluşturan parçaların arasındaki ilişki ve uyumu ele alan bir simetriydi¹⁹³. Roma kemer uygulamaları

¹⁸⁷ Bingöl, Orhan. s.95

¹⁸⁸ Vitruvius.s.35

¹⁸⁹ Vitruvius.s.35

¹⁹⁰ Vitruvius.s.36

¹⁹¹ Fuentes, Manuel Duran. s.53

¹⁹² Fuentes, Manuel Duran. s.57

¹⁹³ Vitruvius.s.10

incelendiğinde yapıyı inşa eden mimarın biçimsel simetriye veya ana unsurlar arasındaki ölçüsel armoniye dayanan farklı kompozisyonları amaçladığı görülebilir.

Romalı mimarların tasarım konusundaki yaklaşımı çoğu zaman estetik olarak onaylanmış tipolojileri veya kanıtlanmış işlevselliğe sahip tasarımlara uygulamaya yönelikti. Ancak Nicomedia su kemerinde görüldüğü gibi bazı durumlarda bu anlayıştan ve güç ve ihtişam gösterisinden uzak, devşirme malzemelerin kullanıldığı bir tasarım da yapıldı¹⁹⁴. Tek veya daha çok açıklıklı kemer yapılması seçilen tasarıma, arazinin topografyası, vadinin şekli, eğimin yüksekliği gibi birçok faktöre bağlıydı.

Tüm kemer tasarımlarında da ise göz ardı edilemeyecek en önemli hususlardan biri zeminden su geçişini engelleyecek bir tasarımdan kaçınmaktı. Kemerin herhangi bir noktası vadiden geçecek veya geçmekte olan suya engel teşkil etmemeliydi. Romalı mühendisler kemer inşasında 18.yüzyıldaki meslektaşlarıyla aynı problemleri çözmeye çalışıyorlardı¹⁹⁵. Bunlar kemerin açıklığı, kaç açıklıklı olacağı, destek duvarları gibi detaylardı. Bir kemerin farklı bölümleri ayrı ayrı analiz edilirse, Roma mühendisliğinin bazen karşılaştığı karmaşık inşaat sorunlarını çözmek için geliştirmek zorunda olduğu farklı çözümleri anlamak mümkündür.

2.8 BETON

Beton Cumhuriyet dönemi sonlarında icat edilen ve Roma inşaat malzemelerini en çok zenginleştiren malzemelerdendi. Vezüv yanardağı yakınlarında Puteloi yakınında yararlı özelliklere sahip kırmızımsı bir volkanik toprak bulundu bu malzeme kum ve su ile karıştırıldığında su altında kullanıma dahi uygun dayanımda bir malzemeye dönüşüyordu¹⁹⁶. Bu malzemeye Puteloanus adı verildi ve Portland çimentosu bulunana kadar inşaat işlerinde kullanıldı. Kireç de kireçtaşının fırında yakılıp üzerine su dökülmesiyle elde edilirdi. Vitruvius da en beyaz taşların bu

¹⁹⁴ Aksoy, Taner. **Nikomedea(İzmit) Su Yolları**, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2015. s.90

¹⁹⁵ Fuentes, Manuel Duran. s.61

¹⁹⁶ Fuentes, Manuel Duran. s.70

işlemede kullanılmasını önerirdi¹⁹⁷. Kireç, havaya maruz kaldığında sertleşen malzemedir ve kirecin bu özelliğinden yararlanılmıştır. Bu bilgiler Roma'ya Antik Yunan'dan geçmişti. Romalılar bu bilgileri beton üretiminde kullandı¹⁹⁸.

Betonun bir inşa malzemesi olarak kullanılması M.Ö. 1.yy sonlarında rastlar. Birçok su kemerinde beton kullanıldı. Bununla birlikte birçok su yolu veya su kemerinin geçen yıllar içerisinde eskimesi sonucu ortaya çıkan güçlendirme gerekliliğinde bu yapıların güçlendirilmesi veya tamir edilmesi için kullanılmıştır.

2.9 BORULAR

Su iletimi sisteminde kanalların çoğu yer altından kapalı bir şekilde ilerlemektedir. Bu da suyun kalitesi ve tazeliğini korumak içindir. Öyle ki su kemerler vasıtasıyla toprak üstünden gitmek durumunda kaldığında bile su borularının üzeri kapalıdır.

Kapalı boru sistemi ve kayaların kazılmasıyla oluşturulan galeri sistemleri büyük debili su akımlarında sıklıkla kullanılırdı. Ancak düşük debili yerlerde daha çok taş, seramik veya kurşundan imal edilen borular kullanılırdı¹⁹⁹.

Sifonlar her zaman borularla inşa edildi. Dayanmaları gereken su basıncına göre üretim teknikleri vardı. Bu teknik unsurlar, düşünülenin aksine, şehirlere su arzında son derece yaygındı. Kurşun borular daha kaliteli olması sebebiyle daha çok basıncı kaldırabilmesi sebebiyle sifon sistemlerinde daha sık kullanılırdı²⁰⁰.

Tubuli adı verilen terracota borular su kemeri inşaatlarında en çok kullanılan elemanlardandı. Ancak sadece düşük basınçlı uygulamalar için uygundular. Ufak su kemerleri ve şehir içi su dağıtım sistemlerinde kullanıldılar. Her bir boru parçasının uzunluğu 40-70 cm ve iç çapı yaklaşık 15 cm olurdu. İç içe geçip bağlanabilmeleri için borunun bir ucu diğerinden geniş veya dar olurdu ve birleşim noktalarını

¹⁹⁷ Vitruvius.s.31

¹⁹⁸ Dembskey, Evan James. s.63

¹⁹⁹ Gallo, Isaac Moreno. "Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas", s.12

²⁰⁰ Egea Vivancos, Alejandro s.169

kapatmak ve su kaçağını engellemek için de sıva kullanılırdı²⁰¹. Borulardan bazılarının üzerinde içinin temizlenmesine yarayan ufak kapakçıklar yer alırdı.

Terracota boruların yanı sıra fistula adı verilen metal borular da kullanılırdı. Bazen bronz da kullanılmış ancak maliyeti azaltmak amacıyla sonradan kurşun boruya geçiş yapılmıştır. Vitruvius da zehirlenme ihtimaline karşı toprak boru kullanılmasını önerirdi²⁰². Ayrıca kurşunla çalışmanın kurşun borudan geçen su içmekten daha zararlı olduğunu da bilmiyordu. Bunlara ek olarak sıradan bir duvarcı ustası toprak borularla ilgili işleri yapabilirken kurşun borular için bu işte nitelikli ustalar gerekirdi. Aynı zamanda Vitruvius kurşun boruların toprak borulardan daha pahalı olduğunu da vurgulamıştır²⁰³.

Şekil 35²⁰⁴: Kurşun boru örnekleri



Kaynak: De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, s.275

2.10 BAKIM VE ONARIM

Roma dönemi kamu yapıları konusunda iki ayrı bakış açısı mevcuttur. Birinci bakış açısı Romalıların bu yapıları sonsuza kadar kullanılabilecek verimlilik, sağlamlık ve kapasitede üretmiş olması, diğer yaklaşım ise Romalıların bu yapıları

²⁰¹ Dembskey, Evan James. s.64

²⁰² Vitruvius.s.181

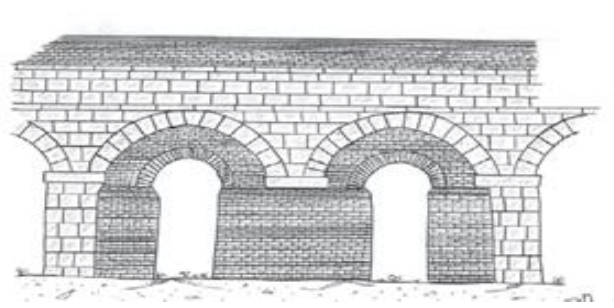
²⁰³ Vitruvius.s.181

²⁰⁴ De la Peña Olivas, José Manuel. s.275

her dönemin yapım tekniği ve ihtiyaçlarına göre güncelleyebiliyor olması. Tabii ki bu iki bakış açısından biri kesin olarak doğrudur demek zordur. Kamu yapılarının ömürleri ve yapım maliyetleri de hesaplanırken gelecekte ihtiyaç duyacağı bakımların maliyetleri de hesaplanmalıdır.

Su kemerlerinin zamanla yıpranması, hoyratça kullanılması, mevsimsel hasarlar veya yapım tekniğindeki kusurlar gibi nedenlerle onarımı gerekebilir. Dolayısıyla su iletim hatlarında onarıma neden olan durumlar 3'e ayrılabilir: 1) Doğal 2) Yanlış kullanım 3) Teknik. Bunlardan seçenek inşa işleminin eksik/hatalı yapılması ve yapının aşırı yüklenmesini de kapsar. En sık görülen onarım türleri: Yapılarda; sütun ve kemerlerin –Aqua Claudia ve Aqua Anio Novus örneklerinde görüldüğü gibi- güçlendirilmesi ve Almuñecar su yolu örneğinde görüldüğü gibi kanalların onarılmasıdır²⁰⁵.

Şekil 36²⁰⁶: Kemer tamirâtı örneği



Kaynak: Fuentes, Manuel Duran. La Construcción de Puentes Romanos en Hispania, s.75

Frontinus tamirat yapılacağı zaman kanal hattına bir iskele kurularak çıkılmasını ve kurşun borularla yeni bir by-pass hattı oluşturulmasını önermiştir²⁰⁷. Onarım işlemlerinin su talebinin en fazla olduğu yaz mevsiminde yapılmamasını, yapılacak işlem için en uygun mevsimin ilkbahar veya sonbahar olduğunu söylemiş ve kısa süre içerisinde onarımın bitirilmesini önermiştir²⁰⁸.

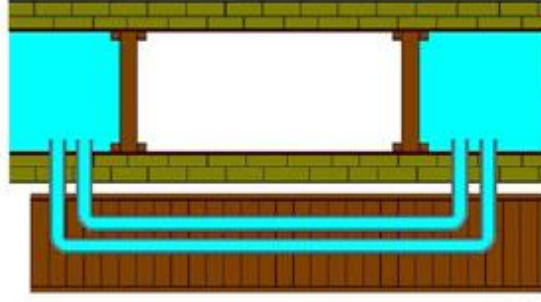
²⁰⁵ De la Peña Olivas, José Manuel. s.278

²⁰⁶ Fuentes, Manuel Duran. s.75

²⁰⁷ Frontinus. s.341

²⁰⁸ Frontinus. s.342

Şekil 37²⁰⁹: Su kanalında by-pass örneği



Kaynak: Fuentes, Manuel Duran. La Construcción de Puentes Romanos en Hispania, s.77

²⁰⁹ Fuentes, Manuel Duran s.77

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

İZMİR'DEKİ SU KEMERLERİ

3.1 GENEL BİLGİLER

İzmir ve çevresine dair yazılı kaynaklar, kültürel ve arkeolojik kalıntılar, İzmir şehrinin ve bölgenin zengin bir kültürel mirasa sahip olduğunu göstermektedir. İzmir gerek deniz kıyısında konumlanması, gerekse birçok kültürün bir arada yaşadığı bir şehir olmasıyla tarihin her döneminde önemli bir şehir olmuştur.

Roma İmparatorluğu döneminde de İzmir şehri ve çevresi birçok imparator tarafından ziyaret edilen ve önem gösterilen bir yer olmuştur²¹⁰. Gerek bu gibi özellikleri gerekse önemli bir liman kenti olmasından dolayı İzmir'in kent nüfusu zaman içinde artmış ve buna paralel olarak su ihtiyacı da artmıştır. Daha önce kuyularla temin edilen su artık yeterli gelmemiş ve diğer birçok Roma kentinde de görüldüğü gibi su yolları ve su kemerleri inşa etme ihtiyacı doğmuştur. Bu minvalde kente yeni su kaynakları kazandırmak için ciddi yatırımlar yapılmış, Halkapınar ve Pınarbaşı bölgesinden gelen su yolları kentin aşağı kısmının su ihtiyacını karşılarken Buca ve Gaziemir bölgesinden gelen su yolları da hem kentin yukarı kısmına hem de aşağı kısmına su temini sağlamıştır²¹¹.

İzmir'e su getiren su yolları ile ilgili olarak ilk çalışmayı 19.yy sonlarında Georg Weber yapmış ve bunları haritalandırmıştır. İzmir'e su getiren başlıca su yolları şunlardır²¹²:

İzmirin doğusundan, Nif dağının güney yamaçlarında, Arapderenin en üst kesimlerindeki Karapınarın sularını Kadifekaleye (Pagus dağı) ileten, Melez çayını taşborulu ters sifonla geçen antik "Karapınar su yolu";

²¹⁰ Van Tilborg, Sjef. **Reading John in Ephesus**, EJ Brill, Leiden, 1996. s.142

²¹¹ Öz, Ali Kazım. **"İzmir'de Yeni Bir Keşif: Kangölü Su Kemerleri"**, Ege Mimarlık, 2019, Nisan, s.43

²¹² Öziş, Ünal, Yalçın Özdemir, Akın Kosova, Abdullah Çördük. **"İzmir'in Tarihi Su Getirme Sistemleri"**, İzmir Su Kongresi, İzmir, 1999, ss.45-56

İzmirin güneyinden, Kısıkköy yakınındaki Akpınarın sularını, Bayramyeri yakınında, eskiden değirmenlerin bulunduğu kesimin yakınındaki, Zeus Akraios tapınağına kadar ileten antik "Akpınar su yolu";

İzmirin güneydoğusundan, Bucanın doğusundaki Kanlıgöl - Kaynaklar yöresi sularını, Melez çayını yüksek su kemeriyle aşarak, Kadifekalenin doğu eteklerinden dolaşarak ileten antik ve daha sonraki dönemlerde de kısmen yararlanılmış olan "Buca su yolları";

İzmirin güneyinden, Kozağaç yöresi pınar sularını, Melez çayını yüksek su kemeriyle aşarak ileten, muhtemelen Osmanlı döneminde "Osmanağa su yolu" olarak da yararlanılmış olunan "Kozağaç su yolu".

Bu çalışmada yukarıda anılan su yollarından Karapınar su yolu, Akpınar su yolu, Osmanağa su yolu ve bunların üzerlerindeki su kemerleri incelenecektir.

3.2 KARAPINAR SU YOLU VE KEMERİ

Her ne kadar Pococke ve Chandler gibi yazarlar İzmir'deki su yollarından bahsetmiş olsa da günümüzde İzmir'in su yolları üzerindeki çalışmalar Georg Weber'in çalışmalarını esas alır²¹³. Georg Weber kent henüz bugünkü yapılaşma şekline bürünmeden önce yaptığı çalışmalarda Antik Smyrna'nın ilk su iletim hattını Karapınar su yolu olarak belirlemiştir²¹⁴.

Karapınar su yolunun kaynağı Nif dağıdır²¹⁵. Weber bu su yoluna dair kalıntılara günümüzde Ufuk Mahallesi olarak adlandırılan bölgede ulaşmıştır²¹⁶. Weber, deniz seviyesinden 166 metre yüksekte olan bu alanda 2 metre kalınlığında, 4,5 metre yüksekliğinde ve 3 metre uzunluğunda bir duvar keşfetmiştir²¹⁷.

²¹³ Weber, Georg. **İzmir'in Su Yolları**, Çev. İlhan Pınar, İzmir Büyükşehir Belediyesi Kent Kitaplığı, İzmir, 2011. s.12

²¹⁴ Weber, Georg. s.13

²¹⁵ Kosova, Akın. **Historical long-distance water conveyance systems to İzmir**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1999. s.12

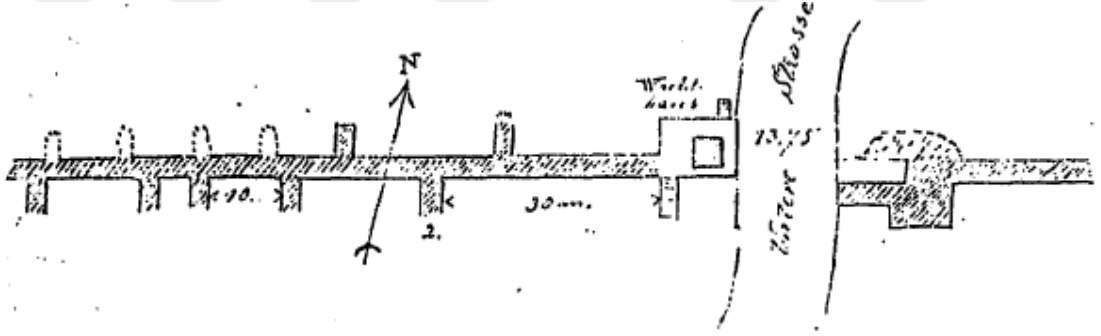
²¹⁶ Alatepeli, Sarp. **Smyrna Su Yapıları**, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2016, s.71

²¹⁷ Weber, Georg. s.14

Bu kalıntıların batısından itibaren bugünkü Çamlık ve Mehtap Mahallelerinin arasında kalan alanda kalan 161 metre kotunda yer alan tepeye 115 metre uzunluğunda, 4,5 metre yüksekliğinde, 2 metre eninde bir duvar ile ulaşılmaktadır²¹⁸. Duvar kendi içinde kemere sahiptir ve buradaki kemerin bulunduğu yerin genişliği yaklaşık 10 metre olmakla birlikte, kemer temelsiz olarak zeminden itibaren duvar örülerek inşa edilmiştir ve ayrıca kemerin yüksekliği 4,5 metre, açıklığı 3,7 metre, duvar kalınlığı 2 metre, duvarı oluşturan taşların boyutları 45-50 cm civarında olup kemerin kilit taşı da bir hayli kaba bir şekilde işlenmiştir²¹⁹. Bölgede üst kısmı yuvarlak, kırmızı trakit taşından yapılmış ve birçoğu devşirme malzeme olarak evlerde kullanılmış borular bulunmaktadır²²⁰.

Tepeden batı yönüne doğru ilerlendiğinde günümüzde Gürçeşme Caddesi olarak kullanılan yol 88 metre kotunda karşımıza çıkar²²¹. Weber doğu yamaçtan batı yamacına kadar uzanan mesafenin 140 metre uzunluğunda, 4,9 metre yüksekliğinde, geride 10 adet payandası kalmış olan ve her payandasının 2 metre genişliğinde olduğu tahmin edilen bir duvarla aşıldığını belirtmiştir²²².

Şekil 38²²³: 10 payandalı duvar



Kaynak: Weber, Georg. İzmir'in Su Yolları, s.18

²¹⁸ Alatepeli, Sarp, s.71

²¹⁹ Weber, Georg, s.14

²²⁰ Weber, Georg, s.14

²²¹ Alatepeli, Sarp, s.73

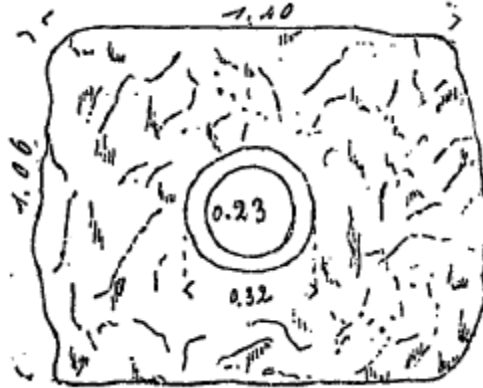
²²² Weber, Georg, s.18

²²³ Weber, Georg, s.18

Su yolları, zemindeki engeller ve taşıma sırasındaki güçlükler sebebiyle zaman zaman sert dönüşler içermektedir. Bu dönüşleri geçebilmek için sağlam boru sistemlerine ve en önemlisi de sağlam malzemelere ihtiyaç duyulurdu ve bu nedenle Karapınar su yolunda da dönüş dirseklerini güçlendirmek amacıyla taş borular kullanılmıştır²²⁴. Vitruvius 8. kitabında karın düzeyinin köşeleri ve dirseğin olduğu yerde ortası delikli kırmızı tuf taşı kullanılmasını önermiştir²²⁵. Ancak Weber Karapınar su yolundaki dirsek ve dönüş kısımlarında kırmızı tuf taşından daha sağlam olduğu bilinen ve bu bölgede de temin edilmesi daha kolay olan trakit taşı kullanıldığını belirtmektedir²²⁶.

Aynı bölgede yüzey araştırmalarına devam eden Weber, toprak borular ve daha çok taş borular keşfetmiştir ve bu borulardan bazılarının dış yüzeyleri köşeli ve düz iken bazılarının dış yüzeyleri kırıktır veya düz olmayan şekildedir²²⁷.

Şekil 39²²⁸: Taş boru örneği



Kaynak: Weber, Georg. İzmir'in Su Yolları, s.22

Karapınar su yolu hattı 112 metre kotundaki Kokluca bölgesine uzanır. Günümüzde Lale Mahallesi ile Çaldıran Mahallesi arasında yer alan bu alandan

²²⁴ Alatepeli, Sarp, s.74

²²⁵ Vitruvius, s.180

²²⁶ Weber, Georg. s.18

²²⁷ Weber, Georg. s.20

²²⁸ Weber, Georg. s.22

Yeşildere'yi geçmek için kullanılan yöntem ters sifon uygulamasıdır ve buradaki kot seviyesinden ters sifonla alınan su, tepeden aşağıya dik bir şekilde inerek tahmini yüksekliği 5 metre olan iki adet kemer tarafından taşınan köprü aracılığıyla karşıya iletilmiş, Kadifekale'nin 184 metre yüksekliğindeki kotuna kadar çıkarılmıştır²²⁹. Yeşildere'nin deniz seviyesinden yüksekliğinin 25 metre olduğu ve kemerin yüksekliğinin de 5 metre olduğu kabul edilerek geçiş yerindeki yüksekliğin 30 metre civarında olacağı hesaplanacak olup, bu da taş boruların 155 metre mertebesinde çok yüksek bir basıncı taşıması anlamına gelmektedir²³⁰. Su basıncının kapalı boru sistemlerinde her 10 metrelik düşüş için 1 kg/cm²'lik bir basınç oluşturduğu bilinmektedir ve 155 metrelik bir düşüşün meydana geldiği Karapınar su yolu hattında taş boru sistemine yüklenecek basınç 155 metrelik düşüşte 15 sefer 10 metrelik düşüş meydana geleceğinden 15kg/cm²'den fazla basınç meydana getirecektir²³¹. Bu da kurulan bu sistemin ne kadar başarılı olduğunu göstermektedir. Böyle bir basıncın künkler tarafından karşılanabilmesi için dirseklerde trakit borular kullanılmış olması ihtimali yüksektir²³².

²²⁹ Alatepeli, Sarp, s.75

²³⁰ Alatepeli, Sarp, s.76

²³¹ Landels, John Gray. s.46

²³² Alatepeli, Sarp, s.76

Şekil 40²³³: Karapınar su yolu hattı



Kaynak: Kosova, Akın. Historical long-distance water conveyance systems to İzmir, s.56

Akın Kosova yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında Yeşildere'yi geçişte kullanılan ters sifon sisteminin debisini hesaplamıştır²³⁴. Bu hesaba göre:

Ters sifon sisteminin başlangıç kotu 188,8 metre ve varış noktasındaki kotu 183,9 metredir. Bu iki yükseklik arasındaki efektif yükseklik farkı;

$$H = 188,8 - 183,9 = 4,9 \text{ metredir.}$$

Ters sifonun 3,3 kilometre uzunluğunda olduğunu ele aldığımızda eğim;

$$J = 4,9/3300 = 0,015 \text{ olarak hesaplanacaktır.}$$

Yapılan hesaplamada kullanılan borunun pürüzlülüğü (ks) 3 mm olarak, boru çapı da 0,17 metre olarak öngörülmüştür. Buradan hareketle borudaki bağlı pürüzlülük;

$$rs = 3/170 = 0,018 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

²³³ Kosova, Akın. s.56

²³⁴ Kosova, Akın. s.59

Suyun hattaki ilk hızı $v' = 1 \text{ m}^2/\text{s}$ ve kinematik viskozitesi de $\nu = 1,3 \times 10^{-6}$ olarak ele alındığında sistemdeki Reynold katsayısı;

$$Re = 1 \times 0,17 / 1,3 \times 10^{-6} = 1,3 \times 10^5 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

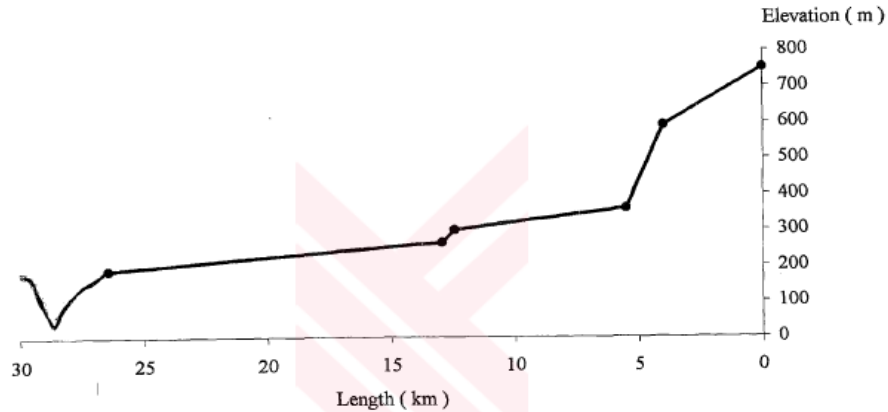
Hesaplama da sürtünme faktörü $\lambda = 0,05$ olarak ele alınmıştır. Tüm bu değerlerden hareketle sistemdeki suyun hızı;

$$V = (0,0015 \times 0,17 \times 2 \times 9,8 / 0,05)^{1/2} = 0,32 \text{ m/s olarak bulunmuştur.}$$

Bu veriler kullanıldığında sistemdeki suyun debisi;

$$Q = 0,32 \times 3,14 \times 0,172 / 4 = 0,075 \text{ m}^3/\text{s} = 7,5 \text{ l/s olarak bulunmuştur.}$$

Şekil 41²³⁵: Karapınar su yolu boykesiti



Kaynak: Kosova, Akın. Historical long-distance water conveyance systems to İzmir, s.57

Boy kesitte de görüldüğü gibi su Karapınar su hattı Karapınar su kaynağında 750 metre kotundan başlayıp 590 metre kotuna 4 kilometre boyunca %4 eğimle, 590 metre kotundan 360 metre kotuna 1,5 kilometre boyunca %15 eğimle, 360 metre kotundan 300 metre kotuna 6,9 kilometre boyunca %0,87 eğimle, 300 metre

²³⁵ Kosova, Akın. s.57

kotundan 265 metre kotuna 0,53 kilometre boyunca %6 eğimle, 265 metre kotundan 188,8 metre kotuna 13,5 kilometre boyunca %0,56 eğimle götürülmüş ve sonrasında 3,3 kilometre uzunluğundaki bir ters sifonla tamamlanmıştır²³⁶.

Prof. Dr. Forscheimer de bu noktaya dikkat çekmekte ve Weber'e

“İzmir'in taştan su yolu hattını birlikte incelerken böyle bir hattın –yanılmıyorsa 200 metreden- oluşacak basınca dayanması konusundaki kuşkularımı dile getirmişt看. Her ne kadar kesin bir sonuca ulaşmamış olsanız da bu hattın böyle bir basınca dayanacağını bize gösterdiniz²³⁷”

diyerek İzmir'de kullanılan bu sistemin başarısını dile getirmiştir.

Karapınar su yolu hattının debisi de Akın Kosova tarafından hesaplanmıştır²³⁸. Bu hattın en düşük eğime sahip olan kısmı 0,0056 eğime sahip olan kısımdır. Pişmiş toprak borular için farklı çapta borular sistemde yer alsa da hesaplamada 0,21 metre çapındaki pişmiş toprak boru ele alınmıştır. Buradan da boruya ait hidrolik yarıçap $0,21/4 = 0,525$ olarak bulunur. Boru iç pürüzlülük katsayısı hesaplamada $n=0,02$ olarak alınmıştır. Buradan hattaki su hızı;

$$V = \frac{1}{0,02} \times 0,525^{\frac{2}{3}} \times 0,0056^{\frac{1}{2}} = 0,53 \text{ m/s}$$

Olarak bulunmaktadır. Buradan hareketle hattaki suyun debisi ise;

$$Q = 0,53 \times 3,14 \times 0,21^2 / 4 = 0,018 \text{ m}^3/\text{s} = 18 \text{ l/s} \text{ olarak bulunmaktadır.}$$

3.3 AKPINAR SU YOLU VE KEMERİ

Antik Smyrna kentine su ileten bu sisteme dair yazılı kanıtlar iki adet yazıtta görölmektedir. Yazıtların birinde İmparator Traianus'un babasının bu bölgede vali iken Smyrna kent merkezine su getirecek bu su yolunu inşa ettirdiğini öğreniyoruz.

²³⁶ Kosova, Akın. s.58

²³⁷ Weber, Georg.. s.29

²³⁸ Kosova, Akın. s.58

Diğer bir yazıtta ise bir su yolunun dönemin bir valisi tarafından onarıldığını öğreniyoruz²³⁹.

Günümüz Kısık Köyü yakınında Tahtalı Çayı yakınlarında yerel halkın Akpınar olarak adlandırdığı bir su kaynağı bulunmaktadır. Akpınar su kaynağı 130 metre kotunda yer almaktadır. Bu su kaynağı çok düşük bir eğimle yaklaşık 17 kilometre götürülerek 75 metre kotundan ve tahminen eskiden Zeus tapınağının bulunduğu yerden şehre dağıtım yapmaktadır²⁴⁰. Su kaynağı Tahtalıçay vadisi ve Buca ovasını birbirinden ayıran bir dağ sırasının yamacında yer alır. Su, betona yerleştirilmiş moloz taşından duvarları olan kubbeli bir depoda toplanır²⁴¹.

Bölgede daha fazla su toplayabilmek adına bölgede birkaç tünel ve galeri açılarak yamaçtaki suyun toplanmaya çalışıldığı bilinmektedir²⁴². Bu işlemde de Vitruvius'un anlatılarının etkili olduğu muhakkaktır. Vitruvius 8. kitabında su kaynağı bulma belirtileri olan yerlerde bir kuyu kazılmasını, su kaynağının bulunduğu durumlarda da çevrede başka kuyular ve kanallar kazılarak yer altı suyunun tek bir yerde toplanmasını tavsiye etmiştir²⁴³.

Akpınar suyu deposunda toplandıktan sonra iletim hattına yöneltilir. 188 metre kotundaki Kocatarla tepesini geçerek yaklaşık 2 kilometrelik bir mesafe sonunda 130 metre kotunda yer alan Kemer boğazına ulaşır²⁴⁴.

Su kemeri düz bir duvar şeklinde ilerlemektedir. Yaklaşık 160m uzunluğunda ve 1.80m kalınlığında, 3 metre yüksekliğindedir²⁴⁵. Ortada derenin geçişine izin veren ana kemer ve yanlarda bunun yamaçlara yaslanan kısımları yer almaktadır. Yapı malzemesi olarak kireçlenmiş taşlar, kaba işlenmiş büyük blok taşlar yer

²³⁹ Ersoy, Akın, Sarp Alatepeli. “İzmir’de Eski Su Kemerleri ve Su Yolları”, <https://www.izmirdergisi.com/tr/dergi-arsivi/59-35inci-sayi/166-izmir-de-eski-su-kemerleri-ve-su-yollari>, (03/05/2020)

²⁴⁰ Kosova, Akın. s.35

²⁴¹ Kosova, Akın. s.35

²⁴² Alatepeli, Sarp, s.93

²⁴³ Vitruvius, s.70

²⁴⁴ Alatepeli, Sarp, s.94

²⁴⁵ Kosova, Akın. s.35

almaktadır. Kemerin iç kısmında bir miktar tuğla örgüsü bulunmaktadır. Kemerin üzerindeki su kanalına dair herhangi bir kalıntı yer almamaktadır²⁴⁶.

Su buradan da devam ederek kuzaybatı yönüne ve eşyükselti eğrilerini takip ederek günümüz Gaziemir Tren İstasyonu civarına ulaşır²⁴⁷. Kanalın kuzeyinde kalan zemin kanaldan 1 metre daha yüksekte olduğu için kanal burada yerin altına indirilir ve yer altından geçirilir²⁴⁸. Gaziemir'i geçerek kuzeybatı yönünde devam eden su hattı güneybatı – kuzeydoğu yönelimli tepelerin bulunduğu alana doğru yönelir²⁴⁹. Burada başka bir kemer yer alır. Devekaşıntısı Deresi olarak adlandırılan derenin üzerinde yer alan kemer 110 metre kotunda yer almaktadır²⁵⁰. Kemerin kalıntıları kemerin 135 metre uzunluğunda olduğunu, duvarlarının 2 metre kalınlıkta olduğunu ve yüksekliğinin 12 metre olduğunu işaret etmektedir²⁵¹. Kemerin belirleyici özelliği, üzerinde yer alan 0,80 metre genişliğindeki kemere harçla tutturulmuş olan su kanalıdır²⁵².

Weber Kemerin sol tarafında düzenli aralıklarla yivleri olan büyük taş bloklardan inşa edilmiş bir destek duvarı duvar bulunduğunu tespit etmiştir²⁵³. Yine kemeri şiddetli yağmurlardan korumak için inşa edildiği tahmin edilen çaprazlama duran başka bir duvar parçası daha bulunmaktadır. Bu duvarın çeşitli boyutlarda büyük taş bloklardan oluşmakta olduğu ve en üstte bulunan taş blok üzerinde çeşitli kabartmalar yer aldığı Weber tarafından tespit edilmiştir²⁵⁴.

Hat buradan kuzeye devam eder. Kuzeyde İkitaş tepesinin yamacını takip eden hat, Aktepe Mahallesi'ni dolaşarak İkitaş tepesi ile Şamlı tepe arasında yer alan Uzundere'ye uzanır²⁵⁵. Bu iki tepe arasında bugün de görmemizin mümkün olduğu Uzundere Su Kemerini yer alır.

²⁴⁶ Weber, Georg.. s.31

²⁴⁷ Alatepeli, Sarp, s.95

²⁴⁸ Kosova, Akın. s.36

²⁴⁹ Kosova, Akın. s.37

²⁵⁰ Kosova, Akın. s.37

²⁵¹ Alatepeli, Sarp, s.96

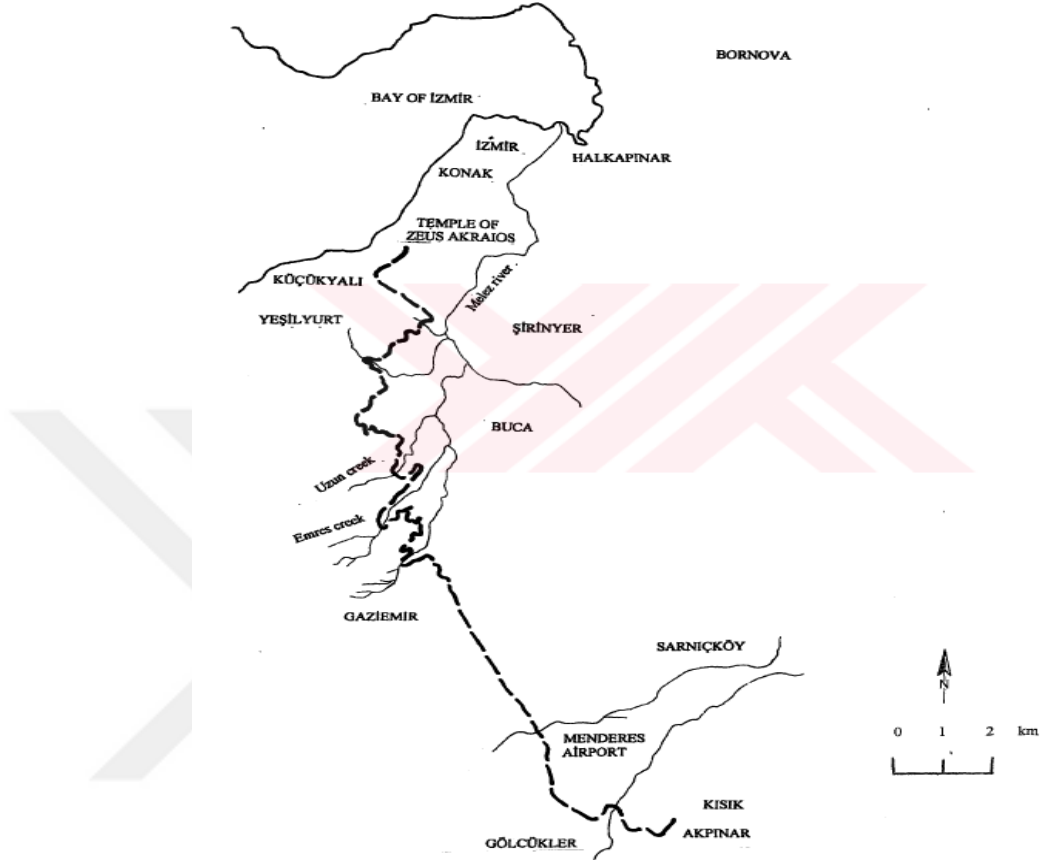
²⁵² Weber, Georg.. s.33

²⁵³ Weber, Georg.. s.34

²⁵⁴ Weber, Georg.. s.34

²⁵⁵ Alatepeli, Sarp, s.97

Şekil 42²⁵⁶: Akpınar su yolu hattı



Kaynak: Kosova, Akın. Historical long-distance water conveyance systems to İzmir, s.61

3.3.1 Uzundere Su Kemerı

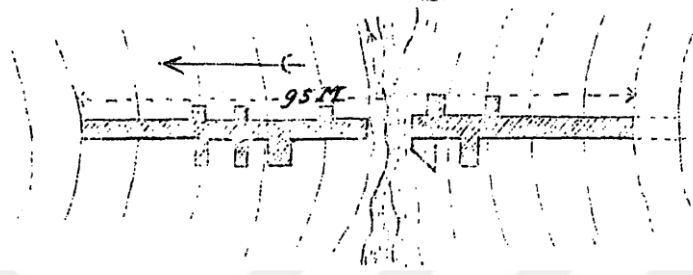
Weber'in de tasvir ettiği yapı, kaynağından buraya kadar Akpınar Su Yolu'na ait en görkemli yapıdır²⁵⁷. Çok katlı olarak betimlenen yapının inşasında güzel işçiliğe sahip kesme taşlar kullanılmıştır. Weber, derenin sağ kıyısında 4-5 metrelik bir yükseklikte kemer tonozunun alt bölümünün görüldüğünü, kemerin batı yönündeki kalıntılarda kemerli payanda kalıntılarını tespit etmiş ve bunların da 0,94m x 0,72m boyutlarında düzenli blok taşlardan yapıldığını ancak kireçle

²⁵⁶ Kosova, Akın s.61

²⁵⁷ Alatepeli, Sarp, s.97

tutturulmadığını belirtmiştir²⁵⁸. Plandan da anlaşılacağı üzere 95 m uzunluğundaki Uzundere Su Kemerı hem doğu hem de batı yönlerinden payandalarla desteklenmiştir ve bu da yapının iki katlı oluşunu kanıtlayan başka bir veridir²⁵⁹.

Şekil 43²⁶⁰: Uzundere su kemerı



Kaynak: Weber, Georg. İzmir'in Su Yolları, s.34

Bir Roma yapısı olduğunu düşünürsek kemerin dış yüzünün yukarıdaki bölümlerde de belirtildiği gibi tuğla ya da kesme taşlarla kaplı olduğunu düşünebiliriz. Yine daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi Roma dönemi kemerleri dere yataklarında derenin akış yönündeki aşındırıcı etkisini azaltmak için dere içindeki kolonlarda mahmuz şeklinde çıkıntılar inşa edilirdi²⁶¹. Weber'in çiziminde de Uzundere su kemerinin batı yüzündeki kolonlarında bu mahmuzların yer aldığı görülmektedir. Bu kemerin üstünde yer alması beklenen kanal ile ilgili elimizde herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Weber aktarımlarında kanal yüksekliğinin deniz seviyesinden 100 metre kadar yukarıda olması gerektiğinden bahseder²⁶². Uzundere su kemerinin geçiş yaptığı bölge, kanalın takip etmesi gereken eğim nedeniyle 105 ile 110 metre arasında olmalıdır. Uzundere'nin deniz seviyesinden en az yüksek olan noktası da yaklaşık 83 metre olduğundan Uzundere su kemerinin yaklaşık 22 metre yüksekliğinde olduğu söylenebilir²⁶³.

²⁵⁸ Weber, Georg.. s.34

²⁵⁹ Alatepeli, Sarp, s.97

²⁶⁰ Weber, Georg.. s.34

²⁶¹ Fuentes, Manuel Duran. s.69

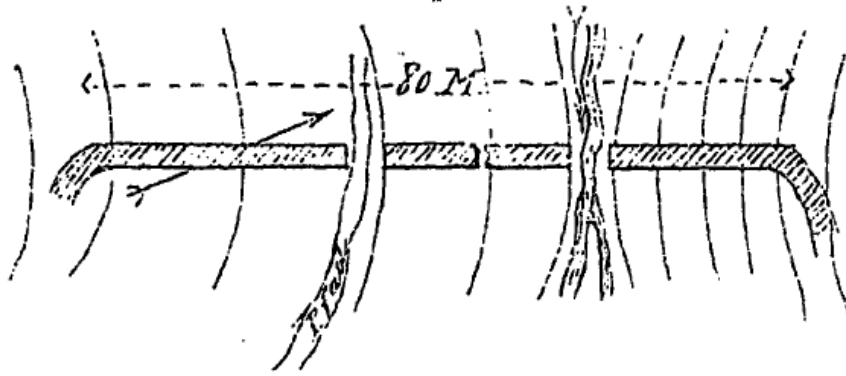
²⁶² Weber, Georg.. s.35

²⁶³ Alatepeli, Sarp, s.98

3.3.2 Karabağlar Su Kemerı

Hat bu noktadan itibaren batıya ilerler ve Şamlı Tepe ile günümüz Günaltay Mahallesi'nin bulunduğu yükselti arasındaki vadiyi bir kemer ile geçer. Halen kalıntıları görülebilen su kemerinin denizden 90 metre yüksekte, 70 metre uzunluğunda ve 2,4 metre eninde olduğu Weber tarafından tespit edilmiş, ayrıca kemerin kaplamasını kaybetmiş olduğu ve birkaç kemer taşından ibaret kalıntıların bulunduğu da aktarılmıştır²⁶⁴. Bulunduğu konum itibariyle Karabağlar Su Kemerı olarak adlandırılabilcek kemerin maksimum yüksekliği 14 metre civarındadır²⁶⁵.

Şekil 44: Karabağlar su kemerı



Kaynak: Weber, Georg. İzmir'in Su Yolları, s.35

3.3.3 Bozyaka Su Kemerı

Karabağlar Su Kemerı'nden itibaren hat kuzeye doğru ilerleyerek günümüz Çalığışu Mahallesi'nin kuzeybatısına ulaşır²⁶⁶. Burada Melez Vadisi'nden kentin güneyinde yer alan platoya çıkan yaklaşık 160 metre genişliğindeki tepenin sırtlarında sistemin son kemerı yer almaktadır²⁶⁷. Weber kemerde yer alan her iki duvar ayağının 5 metre yükseklikte olmasından yola çıkarak hattaki su yolunun deniz

²⁶⁴ Weber, Georg.. s.35

²⁶⁵ Alatepeli, Sarp, s.98

²⁶⁶ Alatepeli, Sarp, s.99

²⁶⁷ Weber, Georg.. s.35

seviyesinden yüksekliğinin 85 metre civarında olması gerektiği sonucuna varmıştır²⁶⁸. Her iki yamaçta kalıntıları bulunan duvarların kalınlıkları 2 metredir.

Kemerin kuzey ucundaki duvarı travertenle kaplıdır ve 11 metre genişliğindeki yolun üzerinde büyük ihtimalle eskiden büyük bir kemerin bulunduğu düşünülmektedir²⁶⁹. Yapının iki katlı olduğu düşünülmekte ancak buna dair kesin kanıtlar bulunmamasıyla birlikte yakınlarda bulunan 2.2 metre uzunluğunda 0,63 metre genişliğinde ve 0,3 metre kalınlığındaki mermer plakanın yapının saçak silmesini oluşturduğu ve güney yönden kente girecek insanlar için ihtişamlı bir görünüşün amaçlandığı düşünülmektedir²⁷⁰.

Şekil 45²⁷¹: Bozyaka su kemeri



Kaynak: Weber, Georg. İzmir'in Su Yolları, s.35

Akpınar su yolu buradan itibaren hedefini Zeus Akraios Tapınağı'na yöneltir ve Zafertepe'nin güney yamacını kuzey yönünde takip eder²⁷². Weber bu kısımdan 200 metre sonra 4 metre uzunluğunda ve su yoluyla aynı hizada bulunan cephesi traverten kaplı bir istinat duvarı bulmuştur²⁷³

Akpınar su yolu sisteminde Karapınar su yolu sistemindeki gibi yüksek basınçlı bir ters sifon sistemi ve künk hatları üzerinden ilerleyen bir sistem kullanılmak yerine sadece su yolları üzerinden ilerlenen yeni bir sisteme geçiş yapılmıştır. Birçok kereler bu tercihin sebebinin Roma Dönemi algısı üzerinden

²⁶⁸ Weber, Georg.. s.35

²⁶⁹ Weber, Georg.. s.35

²⁷⁰ Alatepeli, Sarp, s.99

²⁷¹ Weber, Georg.. s.35

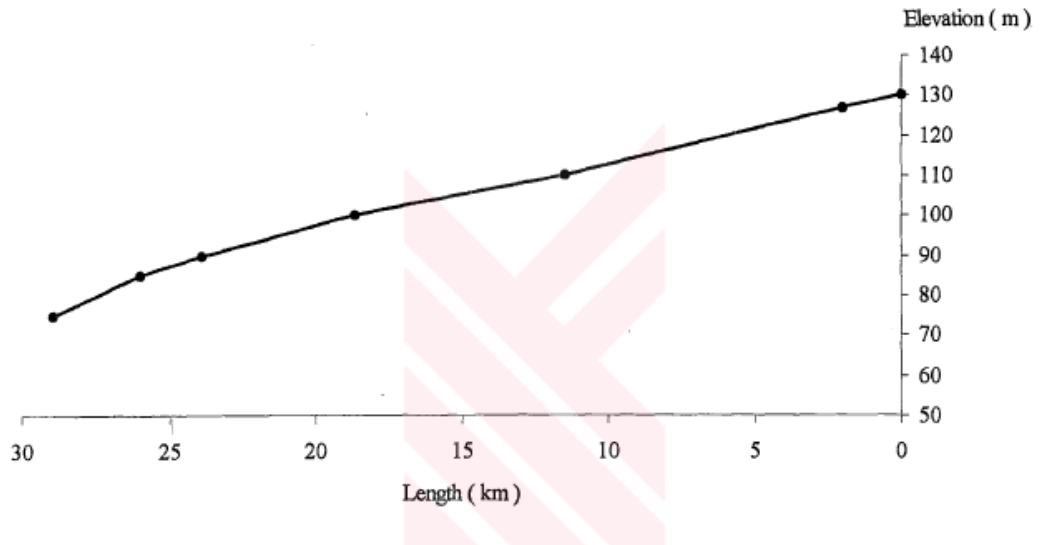
²⁷² Alatepeli, Sarp, s.100

²⁷³ Weber, Georg.. s.36

cevaplandığı görülse de Hodge cevabın ne mühendislik ne de hidrolik sistemlerde aranmaması gerektiğini, en önemli belirleyici etkenin ekonomi olduğunu belirtmektedir²⁷⁴.

Su yolunda kullanılan kanalların yükseklik ve enleri değişkenlik göstermekte birlikte var olan kalıntılar ışığında 0,90 metre yüksekliğinde oldukları düşünülmelidir²⁷⁵. Kanallara uygulanan su geçirimsiz harç işlemleri kanalın tüm çeperine değil çoğu zaman sadece suyun geçeceği maksimum yüksekliğe kadar uygulanırdı²⁷⁶. Bu harcın amacı geçirimsizliği sağlamak, bakım ve onarım maliyetlerini düşürmektir ancak Hodge sürtünmenin azalması ve daha pürüzsüz bir yüzey yaratılmasının amaçlandığını da söylemektedir²⁷⁷.

Şekil 46²⁷⁸: Akpınar su yolu boykesiti



Kaynak: Kosova, Akın. Historical long-distance water conveyance systems to İzmir, s.62

²⁷⁴ Hodge, A. Trevor. **Roman aqueducts and water supply**, Gerald Duckworth, London, 2005.

s.151'den aktaran Sarp Alatepeli s.101

²⁷⁵ Alatepeli, Sarp, s.101

²⁷⁶ Alatepeli, Sarp, s.102

²⁷⁷ Hodge, A. Trevor. Roman aqueducts and water supply, Gerald Duckworth, London, 2005.

s.152'den aktaran Sarp Alatepeli s.102

²⁷⁸ Kosova, Akın. s.62

Akpınar su yolu toplam uzunluğu olan yaklaşık 29 kilometre boyunca 130 metre kotundan 75 metre kotuna inış yapar. Boy kesitte de görüldüğü üzere Akpınar su kaynağında başlayan hat 130 metre kotundan 127 metre kotuna 2 kilometre boyunca %0,15 eğimle, 127 metre kotundan 110 metre kotuna 9,49 kilometre boyunca %0,18 eğimle, 110 metre kotundan 100 metre kotuna 7,16 kilometre boyunca %0,14 eğimle, 100 metre kotundan 90 metre kotuna 5,19 kilometre boyunca %0,19 eğimle, 90 metre kotundan 85 metre kotuna 2,11 kilometre boyunca %0,24 eğimle ve 85 metre kotundan 75 metre kotuna 3 kilometre boyunca %0,33 eğimle ilerler²⁷⁹.

Akın Kosova yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında Akpınar su iletim hattındaki debiyi hesaplamıştır²⁸⁰. Hattaki kanallarda minimum eğim %0,14'tür. Yaptığı hesapta boru iç pürüzlülük katsayısını 0,025 ve kanal derinliğini de 0,4 metre olarak ele almış ve bu rakamlar doğrultusunda suyun hızını;

$$V = \frac{1}{0,025} \times \left(\frac{0,4^2}{3 \times 0,4} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0,0014^{\frac{1}{2}} = 0,39 \text{ m/s}$$

olarak hesaplamıştır. Buradan hareketle de Akpınar su hattındaki debi;

$$Q = 0,39 \times 0,4^2 = 0,062 \text{ m}^3/\text{s} = 62 \text{ l/s} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

3.4 OSMANAĞA SU YOLU VE KEMERLERİ

Osmanağa su yolu ve su kemerleri İzmir'deki dönemin yapıları arasında en ilgi çekici olan yapılardandır. Birçok kaynakta Kızılçullu su yolu ve su kemerleri olarak geçen yapılar Osmanlı döneminde de onarılmış ve kullanılmış olması sebebiyle Osmanağa ismini de almıştır.

62 metre rakımda yer alan Osmanağa su yolunun kaynakları Buca ovasından almakta ve açık köşeli bir havuzda tutulmaktadır²⁸¹. Depodan sonra taş plaklarla

²⁷⁹ Kosova, Akın. s.60

²⁸⁰ Kosova, Akın. s.61

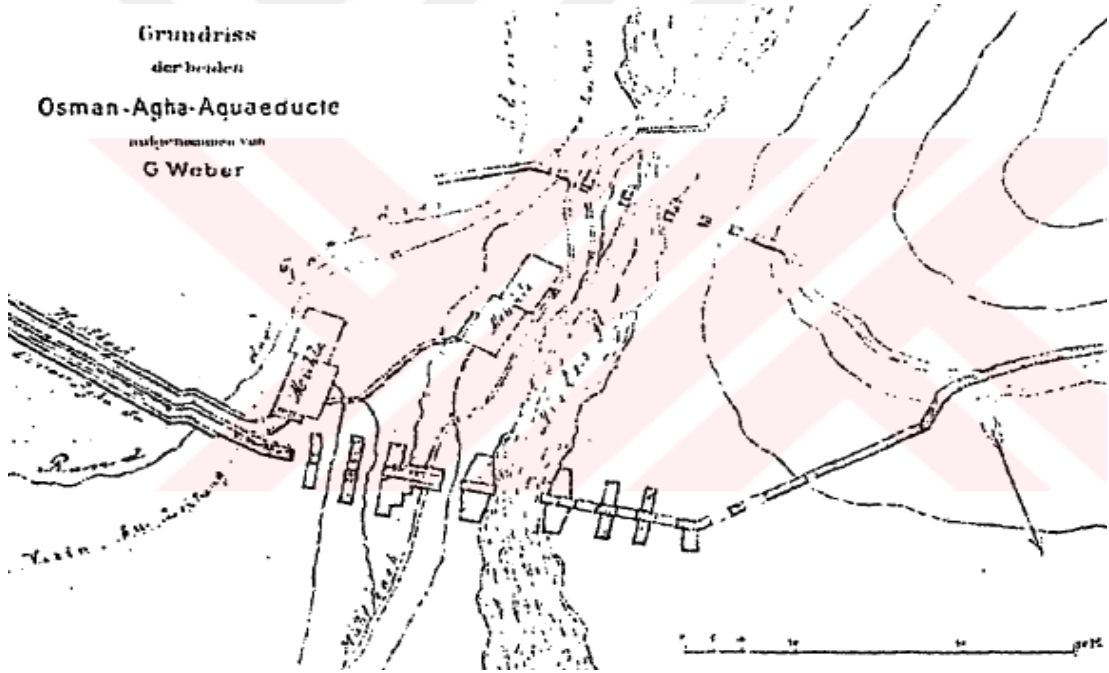
²⁸¹ Weber, Georg.. s.42

örtülü bir kanal, suyu 1,5 metre derinlikte, tarlalardan ve tren yollarının altından su kemerine ulaştırmaktadır²⁸².

Su yolu Melez'in sol kıyısındaki tepenin yanından geniş bir kavisle Pagos'u dolanmakta ve kentten 55 metre kadar daha yüksek rakıma ulaşmaktadır ve 1809 yılındaki kemerin yenilenme çalışmaları sırasında saç ve çinkoyla kaplı kanal büyütülüp derinleştirilirken antik toprak su yolu gün ışığına çıkarılarak hattın Bizans öncesi bir döneme ait olduğu kanıtlanmıştır²⁸³. Bu boru hattının 0,55 metre genişliğe, 0,245 metre iç çapa sahip olup duvar kalınlıklarının 3-4 cm olduğu Weber tarafından tespit edilmiştir²⁸⁴.

Weber'in su kemerinin bulunduğu yere dair bahsettiği kısımlar bugün Şirinyer Tren İstasyonu'nun güneyindeki Şirinyer Parkı'na denk gelmekte olup hattın ana kaynağından buraya kadar su yolunun kat ettiği mesafe 1 kilometredir²⁸⁵.

Şekil 47²⁸⁶: Osmanağa su yolu



Kaynak: Weber, Georg. İzmir'in Su Yolları, s.42

²⁸² Weber, Georg.. s.42

²⁸³ Weber, Georg.. s.42

²⁸⁴ Weber, Georg.. s.42

²⁸⁵ Alatepeli, Sarp, s.108

²⁸⁶ Weber, Georg.. s.42

Osmanağa su kemeri 21 metre yüksekliğinde, 120 metre uzunluğunda, iki katlı bir su kemeri olup kırık bir hatla vadiyi aşmakta, alt kat sırasında iki kemerle vadi geçilirken üst kat olarak adlandırılabilen kısımda 14 kemer sırası yer almaktadır²⁸⁷.

Yapının bu derece yüksek olması beraberinde denge problemlerini getireceğinden dolayı yapıyı inşa eden mühendisler iki katlı bir kemer uygulaması tercih ederek payandaların şakülünden kayma ihtimalini azaltmak istemişlerdir²⁸⁸. Kemer yapısının yüksekliğinin getirmiş olduğu su etkisi sebebiyle devrilme riski gibi handikaplar da bulunuyordu. Bu handikapları aşmak için yapı inşa edilirken çeşitli düzenlemelere gidilmiş ve kemer açıklıkları düşük tutulmaya çalışılmıştır. Sadece merkezde yer alan, dereyi geçen kemer 10 metre genişliğindedir ve kemeri hem doğu yönünde hem batı yönünde destekleyen 4,5 metre yüksekliğinde payandalar yer almaktadır²⁸⁹.

Şekil 48²⁹⁰: Kızılçullu su kemeri



Kaynak: <http://arkeolojigezginleri.blogspot.com/2014/08/kizilcullu-su-kemerleri.html>

²⁸⁷ Weber, Georg.. s.43

²⁸⁸ Alatepeli, Sarp, s.110

²⁸⁹ Alatepeli, Sarp, s.110

²⁹⁰ <http://arkeolojigezginleri.blogspot.com/2014/08/kizilcullu-su-kemerleri.html>

Osmanağa su kemerinde dere yatağına oturan kolonlar ve bu kolonların iç duvar yüzey örgüsünün düzgün işlenmiş taşlarla yapılmış olması yapının M.Ö. 1. yy'a ait olduğunu işaret etmektedir²⁹¹. Yapıda genel itibariyle kireç harçla bağlanmış moloz taşlar kullanılmıştır. M.Ö. 1. yüzyıla kadar bu tarz büyük inşa işlerinde kare şekli verilmiş büyük moloz taşlar kullanıldı ancak bu durum yapı maliyetini artırırken kemer ayaklarındaki yükün dengelenmesini güçleştiriyordu²⁹². M.Ö. 1. yüzyılın sonlarından itibaren ise moloz taşının kireç harcıyla bağlanarak bu tarz büyük inşaat projelerinde daha fazla kullanıldığı bilinmektedir.

Kemerin bir diğer önemli özelliği merkezdeki kemeri destekleyen payandalardır. Bu payandalar kemerin her iki yanında da bulunmakta olup taban genişlikleri 4,5 metreyi, uzunlukları ise 5,56 metreyi bulmaktadır²⁹³. İlk inşa edildiği dönemde genişliklerinin 2 metre, uzunluklarının ise 2,55 metre olduğu düşünülen bu payandalar temelden yukarı doğru incelenerek yükselmektedir²⁹⁴.

Osmanağa su yolu ile ilgili çok fazla kalıntı bulunmadığı için hat üzerindeki kot farklarını ve dolayısıyla en yüksek ve düşük eğimli noktalarını hesaplama imkanı bulunmamaktadır. Ancak Plinius'un da önermiş olduğu %0,02'lik bir eğimle ilerlediğini varsayarak bir debi hesabı yapabiliriz.²⁹⁵. Önceki kısımda hattın bir kısmında 0,245m iç çapa sahip boru tespit edildiğini belirtmiştik. Buradan hidrolik yarı çapı $0,245/4 = 0,061$ olarak buluruz. İç pürüzlülük katsayısını $n = 0,025$ olarak alırsak suyun akış hızı:

$$V = \frac{1}{0,025} \times 0,061^{\frac{2}{3}} \times 0,0002^{\frac{1}{2}} = 0,088 \text{ m/s}$$

olarak bulunurken debisi de;

²⁹¹ Alatepeli, Sarp, s.110

²⁹² Hodge, A. Trevor. Roman aqueducts and water supply, Gerald Duckworth, London, 2005. s.129'dan aktaran Sarp Alatepeli s.95

²⁹³ Alatepeli, Sarp, s.110

²⁹⁴ Alatepeli, Sarp, s.112

²⁹⁵ Dembskey, Evan James. s.50

$$Q=0,088 \times 3,14 \times \frac{0,245^2}{4} = 0,004 \text{ m}^3/\text{s} = 4 \text{ l/s}$$

Olarak bulunur. Buradan hareketle Osmanağa su yolunun günlük debisini de 345 m³/gün olarak buluruz.

3.5 KANGÖLÜ SU YOLU VE KEMERLERİ

M.Ö. 8.yy.'daki Ionia kolonizasyon döneminden itibaren Buca ve çevresinde yer alan su kaynaklarının aktif olarak kullanıldığı bilinmektedir²⁹⁶. Bu bölgedeki bilinen en iyi korunmuş su kaynağı ve hatları Kangölü su yolu hattında yer almaktadır²⁹⁷. Kangölü su yolu hattı Nif dağı ve Tahtalı platosu yakınlarındaki Dereköy mevkiinden başlayarak Osmanağa su kemerlerine kadar yaklaşık 8 kilometre boyunca devam eden bir su yolu hattıdır²⁹⁸. 170 metre rakımında başlayıp su dinlendirme ve depolama sarnıçlarında depolanan su 50 metre kadar kapalı kanal sistemi ile ilerletildikten sonra iki adet su kemerine ulaşır²⁹⁹. Bölgede yer alan iki adet sarnıçtan birinin ölçüleri 1,36 x 7.8 metre, diğer sarnıç ise 2,05 x 4,05 metre ölçülerindedir³⁰⁰.

Su kemerlerinden ilki Osmanlı dönemine tarihlenmekte olup dere yatağını 4,95 metre genişlik ve 1,75 metre yükseklikle geçen kemerin üst kısmında 0,51 metre genişliğinde ve 0,43 metre derinliğinde bir kanal yer almaktadır³⁰¹. Su kanalı hattı güney istikametinde 290 metre boyunca ve %5 eğimle devam etmektedir. Bu mesafenin sonunda bölgedeki ikinci su kemerine rastlanmaktadır³⁰².

²⁹⁶ Öz, Ali Kazım. s.43

²⁹⁷ Öz, Ali Kazım. s.43

²⁹⁸ Öz, Ali Kazım. s.43

²⁹⁹ Öz, Ali Kazım. s.43

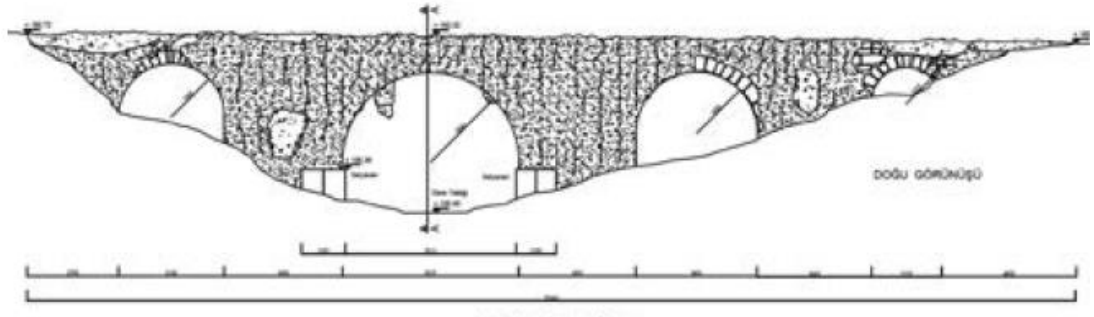
³⁰⁰ Öz, Ali Kazım, Muammer İreç. “Buca Survey: 2016-2017 Yılları Mimari Tespit Çalışması”, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı 36. Araştırma Sonuçları Toplantısı 1. Cilt, Çanakkale, 07-11/05/2018, s.138

³⁰¹ Öz, Ali Kazım. s.44

³⁰² Öz, Ali Kazım. s.44

Hattaki bu ikinci su kemeri mimari özellikler ve çevrede bulunan seramik örneklerinden dolayı Roma dönemine tarihlenmektedir³⁰³. Kemer açıklığı 31,41 metre, dere yatağından en yüksek kısmı 4,42 metre ve genişliği de 1,62 metre olup Kemerin üzerinde 0,51 genişliğinde ve 0,43 metre derinliğinde açık bir kanal mevcuttur. Kemerler düzgün kesme taşlar ile inşa edilmiş olmasına rağmen yapının diğer kısımları Roma dönemi moloz taş duvar tekniğinde inşa edilmiştir³⁰⁴. Bunlara ek olarak yapının boyutları, yapıda kullanılan malzemeler, yapım tekniğinde kullanılan asimetrik kemer açıklıkları ile yapıya en yakın örnekler Efes Aristion Su yolu üzerindeki Pranga ve Çingene su kemerleri ile Bergama'ya su taşıyan Roma dönemi su kemerleridir³⁰⁵. Kemerin orta gözünün genişliği 5,27 metre, zeminden yüksekliği 3,12 metre, diğer gözlerin genişlikleri ise 3,62, 3,18 ve 2,10 metre olarak değişiklik göstermektedir³⁰⁶. Kemerin üzerinde yer aldığı dere yatağının her iki tarafında kemere ait mahmuzlar görülmekte olup kemerin bazı yerlerinde 20 santimetreye varan kalın karbonat tabakası tespit edilmiştir³⁰⁷.

Şekil 49³⁰⁸: Kangölü Roma dönemi su kemeri



Kaynak: Öz, Ali Kazım. "İzmir'de Yeni Bir Keşif: Kangölü Su Kemerleri", Ege Mimarlık, 2019, Nisan, s.45

³⁰³ Öz, Ali Kazım, Muammer İreç. s.139

³⁰⁴ Öz, Ali Kazım, Muammer İreç. s.139

³⁰⁵ Öz, Ali Kazım. s.45

³⁰⁶ Öz, Ali Kazım. s.44

³⁰⁷ Öz, Ali Kazım. s.44

³⁰⁸ Öz, Ali Kazım. s.45

Su yolu bu noktadan itibaren Buca istikametine doğru yaklaşık 560 metre boyunca devam etmektedir. Kangölü su yolu boyunca hem açık kanal hem de pişmiş toprak kanal uygulaması kullanılmıştır³⁰⁹.



³⁰⁹ Öz, Ali Kazım. s.45

SONUÇ

Yapmış olduğumuz bu çalışmada öncelikle tarihteki kent imgesi tanımlanmış ve kente dair başlıca ihtiyaçlardan olan suyun önemi vurgulanmıştır. Bu saikle Roma dönemi yapıları olan sarnıçlar, çeşmeler ve hamamlarla ilgili bilgiler sunulmuş ve son olarak su kente su ileten su yolları ve su kemerleri incelenmiştir.

Su yolları ve su kemerlerinde inşa metotları; kullanılan malzemeler, işgücü, kullanılan aletler gibi veriler ışığında ortaya koyulmuştur. İnşa edilen su yapılarının su getirme amacının yanında yönetimin halka sahip olduğu gücü yansıtmada da kullandığı görülmüştür. Roma dönemi ölçü birimlerinden *quinaria*'nın günümüz ölçü birimleri olan m³ ve litreye dönüştürülme hesapları incelenmiştir. Gerek arkeoloji, gerek mimari, gerekse mühendislik bilimi gözüyle incelendiğinde Roma dönemi su yolları ve su kemerlerinin günümüz su iletim hatlarına temel oluşturduğu ve hatta kentlerin konforunu ve sağlık altyapısını sağlamada neredeyse eşdeğer öneme sahip olduğu kanısına varılmıştır.

İzmir kentinin tarihteki önemi ve gelişimine değinilerek kente su temin edilen çeşitli su kaynakları ile İzmir kent merkezini besleyen su yolları ve onların birer parçası olan su kemerlerine de kentin konforunu ve sağlık altyapısını sağlama görevi açısından incelenmiştir. İzmir'e su getiren su yollarından dört tanesi; Karapınar, Akpınar, Osmanağa ve Kangölü su yolları seçilerek incelenmiştir. Bu su yollarının yapısal özellikleri ile Roma dönemi su yapılarının yapısal özellikleri örtüştürülmüş, Karapınar ve Akpınar su yollarının boykesitleri ve kat ettikleri mesafeler görülmüş, yine bu su yollarının taşıdığı suların debi hesapları incelenerek şehre taşınan su hakkında genel bir kanıya varılırken elde bulunan yaklaşık veriler yardımıyla Osmanağa su yolunun debisi hesaplanarak 4 l/s olduğu bulunmuştur. Karapınar su yolu üzerindeki ters sifon sistemi ile ilgili daha önceki çalışmalarda yapılan hesaplar incelenerek ters sifon sisteminde kullanılan boru malzemelerinin hangi nedenlerle seçildiği tespit edilmiştir.

Çalışmamızın gerek mühendislik, gerek mimarlık, gerekse de arkeoloji bilimleri adına ileriki dönemlerde yapılacak çalışmalarda faydalanılacağı bir kaynak olacağı umut edilmektedir.

KAYNAKÇA

Aksoy, Taner. **Nikomedeia(İzmit) Su Yolları**, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2015

Alatepeli, Sarp. **Smyrna Su Yapıları**, (Yayınlanmamış doktora tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2016

Alkan, Ahmet. **Tarihi Su Tünellerinin Hidrolik ve Hidrolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi Açısından Çevlik Tüneli**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1988

Bingöl, Orhan. **Arkeolojik Mimaride Taş**, Homer Kitabevi, İstanbul, 2004

De Feo, G. “Historical development of Augustan Acueduct in Suthern Italy: twenty centurias of work from Serino to Naples”, **Water Society & Technology**, Vol 7, 2007, ss 131-138

De la Peña Olivas, José Manuel. “Alcance y el Organización de las Obras Públicas en el Imperio Romano”, **Nuevos Elementos de Ingeniería Romana**, Astorga, 2006, ss.343-376

De la Peña Olivas, José Manuel. “Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua”, **Las Técnicas y las Construcciones en La Ingeniería Romana**, Córdoba, 2010, ss 249-281

Dembskey, Evan James. (2009). **The Acqueducts of Ancient Rome**. (Unpublished Postgraduate Thesis). Pretoria: Art Faculty of University of South Africa

Dirlik, Nil. “Antik Dönemde Kemer ve Tonož”, **Tarih Okulu Dergisi**, Sayı 32, 2017, ss. 815-846

Egea Vivancos, Alejandro. “Ingeniería hidráulica en Cartago Nova: las tuberías de plomo”, **Mastia 1**, Vol 5, 2002, ss. 167-170

Ersoy, Akın, Sarp Alatepeli. “İzmir’de Eski Su Kemerleri ve Su Yolları”,
<https://www.izmirdergisi.com/tr/dergi-arsivi/59-35inci-sayi/166-izmir-de-eski-su-kemerleri-ve-su-yollari>, (03/05/2020)

Ersoy, Akın. “Smyrna’dan İzmir’e”, **İzmir Dergisi**, Sayı 1, 2009, ss.32-46

Faulkner, Neil. **Roma: Kartalların İmparatorluğu**, Çev. Çağdaş Sümer, Yordam Kitap, İstanbul, 2017

Frontinus, **De Aquaeductu Urbis Romae**, Çev. Margaret Phillips, Libraries of the Universtiy of Toronto, Toronto, 1988.

Fuentes, Manuel Duran. **La Construcción de Puentes Romanos en Hispania**, Xunta de Galicia, Santiagao de Compostela, 2005

Gallo, Isaac Moreno. “Libratio Aquarium: El Arte Romano de Suministrar Aguas”, **Catalogo de Exposición: AQUARIA. Agua, territorio y paisajes en Aragón**, Zaragoza, 2007, ss. 1-29

Gallo, Isaac Moreno. “Roman Water Supply Systems”, **Tagungsband des Internationalen Frontinus-Symposiums**, Antalya, 2014, ss 117-125

Güngör, Selim Sani. “Tarihi Yarımada’daki roma ve Bizans Dönemi Sarnıçları”, **Strateji ve Sosyal Araştırmalar Dergisi**, Sayı 2, 2017, ss. 38-72

Habermas, Jürgen. **Öteki Olmak Ötekiyle Yaşamak**, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul, 2019.

Hasol, Doğan. **Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü**, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 2002

Heper, Orhan Salih. “Açık ve Kapalı Sarnıçlar”,
<https://plastiksudeposu.wordpress.com/2018/07/11/acik-ve-kapali-sarniclar/>,
(16/05/2020)

Jurado, Francisco. “El Acueducto Romano de Segovia”, **Obra Publica**, Vol 57, 2001, ss.1-19

Kosova, Akın. **Historical long-distance water conveyance systems to İzmir**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1999.

Kuban, Doğan. **Çağlar Boyunca Türkiye Sanatının Anahatları**, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul, 2017

Landels, John Gray. **Eski Yunan ve Roma’da Mühendislik**, Çev. Barış Bıçakçı, Tübitak Yayınları, Ankara, 2000

Mansel, Arif Müfid. **Ege ve Yunan Tarihi**, Türk Tarih Kurumu, Ankara, 2014

Martinez, Santiago Feijoo. “Las Presas y el Agua Potable en Epoca Romana”, **Congreso de las Obras Públicas Romanas**, Astorga, 2016

Mays, Larry M. **Ancient Water Technologies**, Springer Dordrecht Heidelberg, London, 2010

Moreno, Isaac Gallo. “Topografía Romana”, **Congreso de las Obras Públicas Romanas**, Tarragona, 2004

Mumford, Lewis. **Tarih Boyunca Kent**, çev. Gürol Koca & Tamer Tosun, Ayrıntı Yayınları, İstanbul, 2013

Ocak, Seçil Gül. **Batı Anadolu Roma Dönemi Örnekleriyle Su Kemerleri Künkleri Ve Sarnıçları Üzerine Bir Araştırma Ve Uygulama Çalışması**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir, 2009

Owens, E.J. **Yunan ve Roma Dünyasında Kent**, çev. Cana Bilsel, Homer Kitabevi ve Yayıncılık, İstanbul, 2000

Öz, Ali Kazım, Muammer İreç. “Buca Survey: 2016-2017 Yılları Mimari Tespit Çalışması”, **T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı 36. Araştırma Sonuçları Toplantısı 1. Cilt**, Çanakkale, 07-11/05/2018, s.

Öz, Ali Kazım. “İzmir’de Yeni Bir Keşif: Kangölü Su Kemerleri”, **Ege Mimarlık**, 2019, Nisan, ss. 42-47

Öziş, Ünal, Yalçın Özdemir, Akın Kosova, Abdullah Çördük. “İzmir’in Tarihi Su Getirme Sistemleri”, **İzmir Su Kongresi**, İzmir, 1999, ss.45-56

Polat, Zekeriya, “**Depreme Dayanıklı Köprü Mühendisliği’nde Kavramsal Tasarım**”http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d9b6dba48419869_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=15, (03/05/2020)

Sennett, Richard. **Zanaatkar**, Ayrıntı Yayınları, İstanbul, 2013

Störig, H.J. **İlkçağ Felsefesi: Hint Çin Yunan**, Yol Yayınları, İstanbul, 2000

Ugalde, Txomin. “Máquinas de Elevación de Agua En La Minería Romana”, **Las Técnicas y las Construcciones en La Ingeniería Romana**, Córdoba, 2010, ss 327-345

Uğurlu, Nur Banu. **The Roman Nymphaea In The Cities Of Asia Minor**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ortadoğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2004

Van Tilborg, Sjef. **Reading John in Ephesus**, EJ Brill, Leiden, 1996

Vitruvius. **Mimarlık Üzerine On Kitap**, çev. Suna Güven, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, İstanbul, 2005

Weber, Georg. **İzmir’in Su Yolları**, Çev. İlhan Pınar, İzmir Büyükşehir Belediyesi Kent Kitaplığı, İzmir, 2011

Yanık, Celalettin. “Kent Sosyolojisi ve Bölgesel Sabitleme Kavramsallaştırılması”, **Sosyo-Kültürel Farklılık ve Alışım Mekanları**, Ezgi Kitabevi, İstanbul, 2014, ss. 39-58.

Yıldız. M. “Roma İmparatorluğu’nda Hamamlar ve Yıkanma Kültürü”, <https://worldarkeoloji.blogspot.com/2017/11/roma-imparatorlugunda-hamamlar-ve.html>, (03/05/2020)

