

Ktesibios'un Su Saatinin Bilim Tarihi ve Mekanik Açısından Değerlendirilmesi

İsmail YAKIT¹ Recep KÜLCÜ^{2,*}

¹Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Felsefe Bölümü, Antalya.

^{2,*}Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Isparta

recepkulcu@sdu.edu.tr.

ÖZET

Ktesibios, Ctesibius veya Tesibius adlarıyla tanınmaktadır. M.Ö. 285-222 yılları arasında İskenderiye'de yaşamış Yunan matematikçi ve mucittir. Ktesibios İskenderiye mekanik okulunda Heron'un hocasıdır. Ktesibios'un yazıları ve icat ettiği sistemlerden hiçbirisi günümüze kadar ulaşmamıştır. Onun icatları konusundaki bilgileri Vitruvius ve İskenderiyeli Heron'dan almaktayız. Ancak onun temellendirdiği bilimsel bilgilerin mühendislik uygulamalarını kendisinden sonra yaşamış olan, İskenderiyeli Heron, Bizanslı Philon ve Artuklu döneminde yaşayan ve sarayın başmühendisi El-Cezeri'de görmekteyiz. Ktesibios ilk makalesini, basınçlı hava ve havanın pompalarda kullanımı üzerine yazmıştır. En önemli buluşları, su saatlerinde sabit akışı sağlayan valf sistemi ve bu sisteme sahip su saatleridir.

Ktesibios'un anıtsal bir su saatinin çizimi John Farey (1791–1851) tarafından yapılmıştır. Bu çizimde saatin yapısı ve işleyişiyle ilgili bazı görüntüler sunulmuştur. Ancak resimde mekanizmaların nasıl çalıştıkları konusunda yeteri kadar bilgi verilmemiştir. Bilimsel kaynaklarda da Ktesibios'un saatinin çalışma prensiplerine yönelik açıklamalar bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, Ktesibios'un su saati, John Farey tarafından yapılmış çizim kullanılarak incelenmiştir. Saatte kullanılan teknoloji değerlendirilmiş ve John Farey tarafından yapılan çizimde eksik olan kısımlar tahmin edilmeye çalışılmıştır. İncelemeler sonucunda Ktesibios'un su saatinin yeni görselleri çizilmiştir. Yapılan değerlendirmeler ile Ktesibios'un su saatinin, bilim tarihi ve mekanik açısından önemi ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ktesibios, bilim tarihi, su saati.

Evaluation of Ctesibius's Clepsydra in Terms of History of Science and Mechanics

ABSTRACT

Ctesibius or Ktesibios or Tesibius (285–222 BC) was Greek inventor and mathematician. He lived in Alexandria. He was the teacher of Hero of Alexandria. Ctesibius' writings have not survived, No works by him exist, and the only references are by ancient historians. His inventions are known only from references to them by Vitruvius and Hero of Alexandria, but he laid the foundations for the engineering tradition that culminated in the works of Hero of Alexandria, of Philo of Byzantium and El-Cezeri.

He wrote the first treatises on the science of compressed air and its uses in pumps. His most famous invention, however, was an improvement of the clepsydra, or water clock, in which water dripping at a constant rate raised a float that held a pointer to mark the passage of the hours.

A monumental Clepsydra built by Ctesibius was illustrated by John Farey (1791–1851). Some mechanisms of clepsydra were illustrated in this picture. But working mechanisms of

clepsydra and some mechanisms were not illustrated. There aren't any study about working mechanisms of this clepsydra in the scientific area.

In this study, Ctesibius's clepsydra was investigated using illustration drawn by John Farey. Technology of clepsydra were evaluated and incomplete mechanisms were predicted. As a results, new illustrations were drawn and worth of Ctesibius's clepsydra was stated in terms of history of science and mechanics

Keywords: Ctesibius, history of science, clepsydra.

GİRİŞ

İlkçağ teknolojilerinin en önemli temaları tarım makineleri, savaş aletleri ve zaman ölçümünde kullanılan teknolojilerdir. Zaman ölçüm teknolojileri insanların günlük işlerinin planlanması, ibadet zamanlarının belirlenmesi, vergi dönemlerinin hesaplanması ve tarımsal işlerin zamanının belirlenmesi gibi amaçlarla kullanılmaktaydı. Bu dönemde zaman ölçümünde saatler ve takvimler ön plana çıkmaktadır. İlkçağ uygarlıklarında zaman ölçümünde güneş saatleri ve su saatleri kullanılmaktaydı. Güneş saatlerinin tasarımı ve yapımı zor ancak kurulduktan sonra çalıştırılması kolaydı. Çünkü bu saatlerin çalışması için herhangi bir insana ihtiyaç duyulmazdı. Ancak bu saatler güneşin olduğu gün ve saatlerde kullanılabilirdi. Antik dönem uygarlıklarında geceleri zamanı belirlemek için su saati kullanılırdı.

Su saatlerinde, iç bölümünde saati gösterecek bir ölçekle donatılmış bir kap su ile doldurulur ve alt kısmındaki delikten su akardı. Bu saatin, M.Ö. 2000-1900 yılları arasında hüküm sürmüş bulunan XII. Firavun sülâlesi hükümdarlarından birinci Ammenemes tarafından bulunduğu sanılmaktadır (Çağatay, 1978: 131).

Güneş saatlerinde olduğu gibi su saatlerinin de Eski Yunanlılara geçişi doğudan yani Mezopotamya ve Mısırdan olmuştur. Eski Yunanlılar bu zaman aygıtlarına klepsdra (Yunanca su hırsızı) derlerdi. Antik çağda yapılan ilk klepsdralar yıldızların doğuşu ve batışını beklediği için doğuş saati olarak da adlandırılırdı (Curtius, 1975: 616).

İlk klepsdralarda en önemli sorun su basıncının ayarlanmasıydı. Gece gündüz sürelerinin farklılığına göre su akışının hızı ayarlanmalıydı. Su basıncı sorunu dipleri boyunlarından geniş modellerle bir nebze giderilmiştir. Diğer sorun ise ilk zamanlarda kabın içine konan cetvel gibi su seviyesini ölçen aletlerle, her ayın geceleri ayrı ayrı seviye çizgileri işaretlenerek 12' şer saatlik aralıklar tespit edilerek giderilmeye çalışılmıştır (Saraç, 1971: 77). Ayrıca klepsdralar bütün yılın tam zamanlarını vermezdi. Farklı mevsimlere göre değişen saat uzunluklarını ayarlayabilmek için kabın içi kısa günlerde mum gibi bir madde ile kaplanır ve günler uzamaya başladıkça bu madde yavaş yavaş çıkartılıp suyun akış hızı ayarlanırdı. Klepsdra üzerine kapatılan bir kapak ile suyun akışı durdurulur, kapak açıldığında su akmaya dolayısıyla da saat çalışmaya başlardı (Demiralp, 2015:2).

Su saati yahut etimolojik anlamı "su hırsızı" olan "klepsydra", M.Ö. 5. yüzyıl sonundan, M.Ö. 4. yüzyılın sonuna dek Atina'nın mahkeme salonlarında, davacının ve davalının konuşma sürelerini belirlemek için kullanılmıştı. Elimizdeki edebî tanıklıklar; aygıtın hem nasıl işlediğini hem de adlî süreçteki önemini göstermesi açısından çok değerlidir. Başka bir deyişle; tıpkı Sokrates'in savunmasında sarf ettiği sözler gibi, adlî su saati hakkında da yazılı kaynaklara başvurmak durumundayız (Curtius, 1975: 616).

Su Saatlerinin Çalışma Prensipleri

Su saatleri bir kap içerisindeki suyu tahliye kanalından belirli bir sürede boşalması prensibine dayanmaktadır. Su saatleri küçük ölçekli yapılabildikleri gibi anıtsal ve büyük ölçekte yapılmış su saatleri de bulunmaktadır.



Şekil 1: Küçük Ölçekli Su Saati (Atina, M.Ö. 5. Yüzyıl) (Saattarihi, 2015;1)

Şekil 1’de küçük ölçekli bir su saatinin orijinaline uygun kopyası gösterilmiştir. Su doldurulan kapların altı deliktir ve kap içerisine doldurulan su sabit bir sürede boşalmaktadır. Boşalma süresi kabın hacmine ve çıkış deliğinin çapına göre değişmektedir.



Şekil 2: Büyük Ölçekli Su Saati (Rodos, M.Ö. 50) (Theodossiou, 2010: 163)

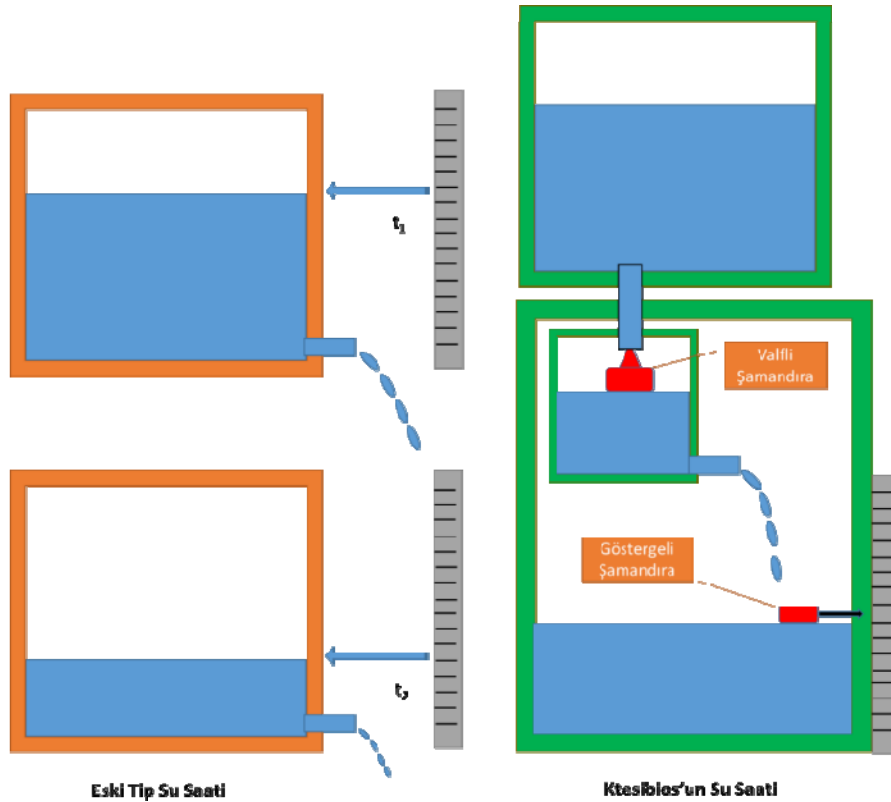
Şekil 2’de Rodosta bulunan büyük ölçekli bir su saatinin kalıntıları gösterilmiştir. Çalışma prensibi küçük ölçekli olanla aynıdır, büyük hazne içerisindeki suyun tahliye kanalından boşalma süresini kullanarak zaman ölçümünü gerçekleştirmektedir.

Ktesibios’un Su Saatlerine Yaptığı Katkıları

Su saatlerinde, su akışının kaptaki seviyeye bağlı olarak değişen basınç nedeniyle sabit olmamasından dolayı sorunlar yaşanmaktaydı. Saatte eşit sürelerin saptanması sorununa ilk kez ve gerçek çözüm getiren bilim adamı İskenderiye mekanik okulundan Ktesibios (M.Ö. 285-222) olmuştur. Ktesibios, basma tulumba, su orgu ve su saatinin mucididir. Su saatlerinde suyun akış hızını belirleyen deliğin çapı, suyun eşit hızla akmasının sağlanması bakımından önemlidir. Deliğin çapının zamanla büyümesi veya küçülmesi saatin zamanı doğru ölçmemesine neden olur. Ktesibios, bu sorunu deliği camdan veya altından yapmak suretiyle engellemiştir. Diğer bir sorun da su seviyesinin sabit tutulamamasıdır. Eğer kaptaki su

seviyesi düzenli olarak sabitlenemezse, kaptaki su miktarı değiştiğinde akış hızı da değişecektir (Topdemir, 2011: 89).

Ktesibios bu sorunu da çözmüştür. Bu nedenle Ktesibios'un çalışmalarından en fazla dikkat çeken su saatlerinin zamanı ölçme özelliklerini geliştirerek iyileştirmesi olmuştur. Su saatleri aslında çok eskiden beri kullanılıyordu. Fakat zamanı doğru ölçmede ciddi sorunları vardı. Eski tip su saatlerinde karşılaşılan en önemli güçlük, geçen sürenin belirlenmesini sağlayan delikli kaptan akan su miktarının akış hızının sabit tutulamamasıydı. Ktesibios, bu sorunu gidermek amacıyla bir musluktan sürekli su akışını sağlayarak ilk güvenilir su saatini yapmayı başardı. Böylece, su saatleri kullanılarak eşit sürelerin belirlenmesi mümkün oldu ve zaman denetim altına alınabildi (Topdemir, 2011: 89).

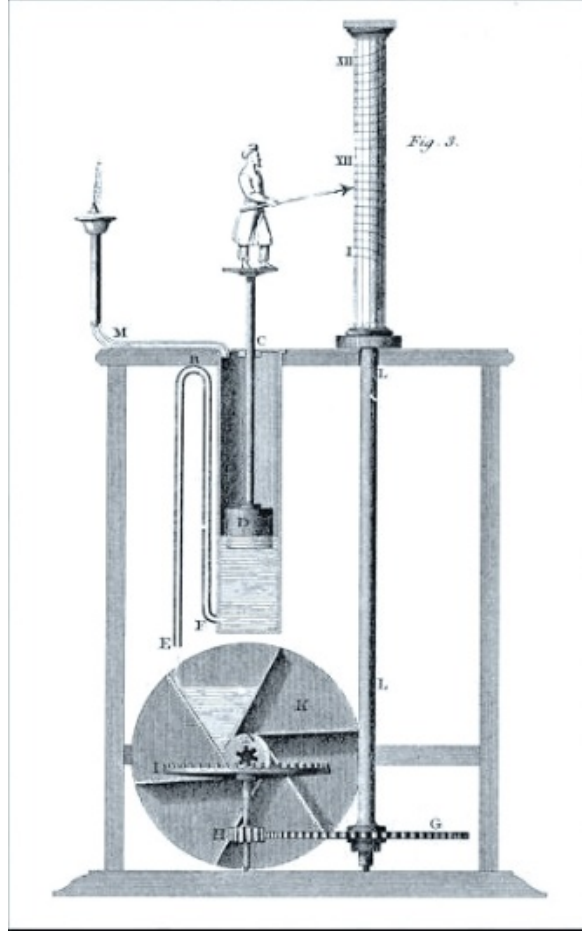


Şekil 3: Ktesibios'un Geliştirdiği Su Saati ve 3D Modeli

Şekil 3'de Ktesibios öncesindeki saatlerin çalışma prensibi ve Ktesibios bu saatlerdeki soruna getirdiği çözüm gösterilmiştir. Eski tip su saatlerinde suyun akış hızı kaptaki su miktarı fazlayken daha hızlı, su miktarı azaldığında daha yavaş oluyordu. Şekil 3'de soldaki kaplarda t_1 ve t_2 seviyelerindeki suların akış hızları aynı olmadığından, zaman ölçümünde hatalar meydana gelmekteydi. Ktesibiosun su saatinde en üstteki kaptan alttaki kaba su akışı sağlanmaktadır. Ancak valfli şamandıranın olduğu kaptaki su seviyesi yükseldiğinde valf, su akışını kısmakta veya durdurmaktadır. Böylece valfli şamandıranın bulunduğu kaptaki su seviyesi sabit kalmaktadır. Su seviyesi sabit kaldığından bu kabın altındaki kanaldan çıkan suyun miktarı da sabit olmaktadır. Bu sistemde göstergeli şamandıranın bulunduğu kaba akan su miktarı daima sabit kalmaktadır ve zamanın daha doğru ölçülmesi sağlanmaktadır.

Ktesibios tarafından su saatleri konusunda geliştirilmiş başka bir tasarımda Şekil 4'de gösterilmiştir. Kaynaklarda sadece çizim olarak bulunan ve detaylı bilgi verilmeyen saatin 3D modeli çizilerek daha kolay anlaşılması sağlanmıştır. Bu saatte su silindirik bir hazne içerisine

doldurulmuş ve suyun tahliyesi U şeklindeki bir boruyla yapılmıştır. Çapı sabit olan bu boru suyu alt kısımdaki çarklı sisteme aktarmakta ve sistem kadranın döndürülmesini sağlamaktadır.



Şekil 4: Ktesibos Tarafından Geliştirilen Anıtsal Saat Şekli (Mays, 2010:18)

Ktesibos'un ikinci tasarımıyla ilgili olarak kaynaklarda detaylı bir bilgi verilmemiştir. 19. yüzyılda çizilmiş bir görseli bulunan saatin Şekil 4'de verilen tasarıma göre, alttaki mekanizmanın ikinci bir işlevi daha olmalıdır. John Farey tarafından yapılan bu illüstrasyonda sistem detaylı olarak incelendiğinde çarklı sistemde haznelerin dolmasıyla birlikte dairesel hareketin yapıldığı ve bu dairesel hareketin transmisyon çarklarına iletiildiği görülmektedir. Transmisyon çarklarının kendi içerisindeki çap oranlarına bağlı olarak devri değişen hareket dikey şafta iletilmektedir. Dikey şaftın dönmesiyle üzerinde saat rakamlarının bulunduğu kadran kendi etrafında dönmektedir. Ancak bu dönüş hareketinin saatin rakamsal değişimi ile bir bağlantısı bulunmamaktadır. Sistemde saati gösteren insan figürünün elindeki mızrak ucudur. Bu mızrak ucu, insan figürünün üzerinde durduğu şamandıra altındaki hazneye suyun dolmasıyla yukarıya doğru hareket edecektir. Bu hareket saat XII'de son bulmalıdır. Bu noktadan sonra otomatik bir algılayıcının insan figürü altındaki suyu boşaltarak saati sıfır konumuna getirmesi gerekmektedir. Saatte bulunan çarklı mekanizmanın çalışma prensibi ve görevi konusunda bilimsel bir kaynak bulunmamaktadır. Bu inceleme çalışmasında ilgili

mekanizmanın saatin yeniden sıfır noktasına, bir insana ihtiyaç duyulmadan, getirilmesini sağladığına dair önemli deliklerin olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 5: Ktesibos Tarafından Geliştirilen Anıtsal Saatin 3D Modeli

SONUÇ

Uygarıkların güneş saatlerini geliştirebilmeleri, geçmişte yaptıkları astronomik gözlemlere dayanmaktadır. Bu saatlerin kadrânlarının doğru bir şekilde yapılabilmesi astronomi bilgisinin yanında önemli seviyede coğrafya ve geometri bilgisi de gerektirmektedir. Bu yönüyle güneş saatleri uygarlıkların geçmiş bilgilerinin teknolojik bir ürüne dönüşmeleri açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir. Su saatleri ise güneş saatlerinin kullanılmadığı vakitlerde (gece vs.) ve alanlarda (kapalı alanlar) zaman ölçümü için geliştirilmiştir. Su saatleri günümüz robot teknolojisinin de başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir. Ktesibos tarafından geliştirilen su saatleri ve suyla çalışan diğer donanımlar, mekanizmalara hareket vermekte kullanılmıştır. Ktesibos döneminin su saatlerine önemli bilimsel katkılar sunmuştur. Bunlar saatlerin su akış debilerinin sabitlenmesi ve insansız

kurulmalarını sağlayan mekanizmalardır. Bu sistemlerde kullanılan mekanizmalar günümüzde mekanik ve robotik biliminin temel mekanizmalarını da oluşturmuştur. Bu süreç M.S. 1300'lü yıllarda yaşayan Müslüman bilim adamı El-Cezerî'nin tasarımlarıyla doruk noktasına ulaşmıştır. Geliştirilen mekanizma ve robot teknolojilerinin günümüzdeki örneklerinden farkı, makine gücü yerine su gücünün kullanılmasıdır.

KAYNAKLAR

- Çağatay N. (1978). Eski Çağlardan Bu Yana Zaman Ölçümü ve Takvim, Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi 22(1) 1978.
- Curtius L. (1975). Dictionary of Greek and Roman Antiquities, London, 616.
- Celal Sa. (1971). İyonya Pozitif Bilimi, Yeni zamanlar yayınları, İzmir, 1971.
- Demiralp D. (2015). Sokrates'i idama götüren dava ve bir su saati "klepsydra" öyküsü, http://www.researchgate.net/publication/235428257_sokrates'i_idama_gtren_dava_ve_bir_su_saati_klepsydra_yks adresinden 18 Eylül 2015 tarihinde alınmıştır.
- Saattarihi (2015). <http://www.saattarihi.com/?cat=18&paged=3>, adresinden 18 Eylül 2015 tarihinde alınmıştır.
- Theodossiou, E. (2010). The Large Built Water Clock Of Amphiaræion, Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 10.
- Topdemir H, G. (2011) Antikçağ'da Önemli Bir Okul: İskenderiye Mekanik Okulu, Bilim ve Teknik, Ekim.
- Mays L, W. (2010). Ancient Water Technologies, Springer New York, 2010.