

Ktesibios'un Su Saatinde Gündüz-Gece Fonksiyonun Keşfi

Recep KÜLCÜ^{1,2}

¹Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe ABD, Antalya

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta,
recepkulcu@isparta.edu.tr

ÖZET

İskenderiye mekanik okulu, Mezopotamya'da gelişen praxis ile Antik Yunan'da gelişen theorianın kesiştiği, birleştiği ve mühendisliğin doğduğu okuldu. Bu okulun kurucusu Ktesibios'tur. Ktesibios'tan sonra okulun başına öğrencisi İskenderiyeli Heron ondan sonra da Bizanslı Philon geçmiştir. İskenderiye mekanik okulunda gelişen mühendislik bilgisi günümüz biliminin şekillenmesine önemli katkılar sağlamıştır.

Ktesibios hidrolik konusundaki çalışmalarıyla bilim tarihine adını yazdırmıştır. Çalışmalarının önemli bir kısmını su saatleri oluşturmaktadır. Su saatleri gece de çalışabilme özellikleriyle, dönemin güneş saatlerine göre önemli bir avantaja sahiptir. Ktesibios tarafından tasarlanıp üretilen anıtsal su saati günümüze kadar kalmasa da 19. yy'da John Farey tarafından yapılmış bir çizimi bulunmaktadır.

Bu çalışmada, Ktesibios'un tasarlayıp ürettiği anıtsal su saatinin, John Farey tarafından yapılmış çizimi mekanik olarak analiz edilmiş ve daha önceden fark edilmemiş bir fonksiyonu ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır. Çizimde, saatin çalışmasında sürekliliği sağlayan mekanik bir sistem görülmektedir. Ancak saat sisteminde kullanılan dişli çarklar analiz edildiğinde, saat kaidesinin kendi ekseninde 360° dönme hareketi yaptığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında bu hareketin, üzerinde 12 saatlik işaretler bulunan kadranı döndürerek, gece ve gündüz fonksiyonları sağladığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ktesibios, Su Saati, Zaman, Bilim Tarihi.

Discovery of Day-Night Function of Ctesibius's Water Clock

ABSTRACT

Alexandria's mechanical school was the school where praxis developed in Mesopotamia and the theoria that developed in Ancient Greece intersected, converged and born of engineering. The founder of this school is Ctesibios. After Ctesibios, he was succeeded by Heron of Alexandria, then by Byzantine Philon. The engineering knowledge developed at the mechanical school of Alexandria made important contributions to the shaping of modern science.

Ctesibios has written his name in the history of science with his works on hydraulics. Water hours constitute an important part of their work. Water hours have a significant advantage over the sundials. The monumental water clock designed and produced by Ctesibios has a drawing made by John Farey in the nineteenth century, although it has not survived until today.

In this study, the technical drawing of the monumental water clock designed and produced by Ctesibios by John Farey was analyzed mechanically and an unrecognized function was tried to be revealed. The drawing shows a mechanical system that provides continuity in the clock operation. However, when the gears used in the clock system were analyzed, it was found that the clock base made 360 ° rotation in its axis. In this study, it was concluded that this movement provided the day and night functions by rotating the dial with 12 hour markings on it.

Keywords: Ctesibios, Water Clock, Time, History of Science.

GİRİŞ

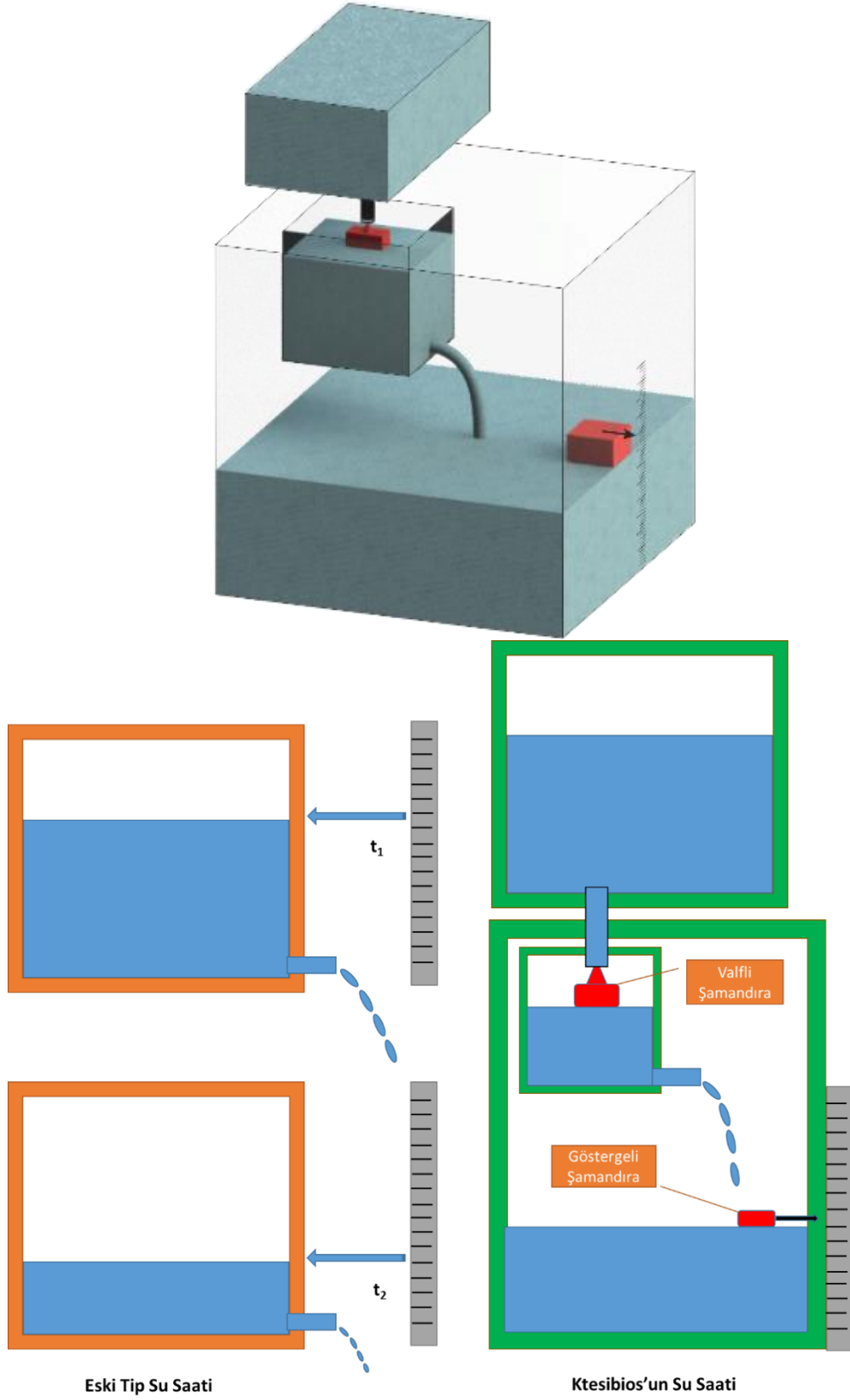
İlkçağ uygarlıklarında zaman ölçümünde güneş saatleri ve su saatleri kullanılmaktaydı. Güneş saatlerinin tasarımı ve yapımı zor ancak kurulduktan sonra çalıştırılması kolaydı. Çünkü bu saatlerin çalışması için herhangi bir insana ihtiyaç duyulmazdı. Ancak bu saatler güneşin olduğu gün ve saatlerde kullanılabilirdi. Antik dönem uygarlıklarında geceleri ve güneş ışığının doğrudan girmedığı kapalı ortamlarda 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; Allen, 1996; Theodossiou vd., 2010).

Ktesibios, M.Ö. 285-222 yılları arasında İskenderiye’de yaşamış Yunan matematikçi ve mekanikçidir. Ktesibios İskenderiye mekanik okulunda Heron’un hocasıdır. Ktesibios’un yazıları ve geliştirdiği sistemlerden hiçbirisi günümüze kadar ulaşmamıştır. Onun geliştirmiş olduğu mekanik sistemler ile ilgili 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 (Yakit ve Külcü, 2016).

Su saatlerinde 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 sabit debili su saatinin mucididir. Su saatlerinde suyun akış hızını belirleyen çıkış kanalının çapı, suyun eşit hızla akmasının sağlanması bakımından önemlidir. Su çıkış kanalının çapının zamanla büyümesi veya küçülmesi saatin zamanı doğru ölçmemesine neden olur. Ktesibios, bu sorunu çıkış kanalını 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).

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).

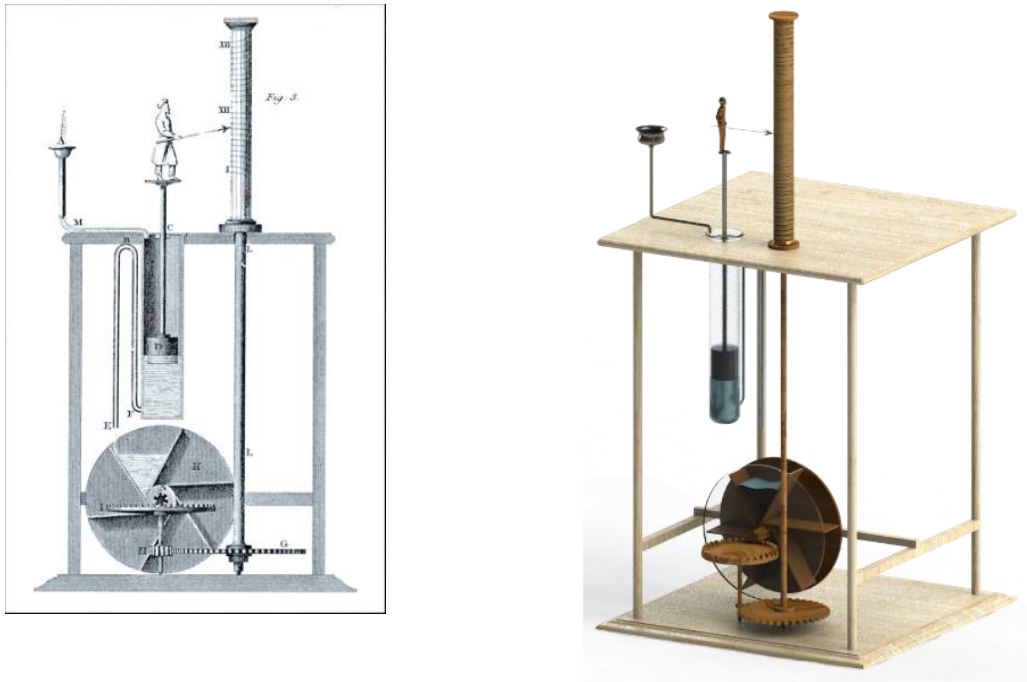


Şekil 1. Ktesibios'un geliştirdiği su saati ve 3D modeli

Şekil 1’de Ktesibios öncesindeki saatlerin çalışma prensibi ve Ktesibios bu saatlerdeki soruna getirdiği çözüm gösterilmiştir. Eski tip su saatlerinde akan suyun debisi; kaptaki su miktarı fazlayken yüksek, su miktarı azaldığında daha düşük oluyordu. Şekil 1’de soldaki kaplarda t_1 ve t_2 seviyelerindeki suların akış hızları aynı olmadığından, zaman ölçümünde hatalar meydana gelmekteydi. Ktesibios’un 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 debisi de sabit olmaktadır. Bu sistemde göstergeli şamandıranın bulunduğu kaba akan suyun debisi daima sabit kalmaktadır ve zamanın daha doğru ölçülmesi sağlanmaktadır.

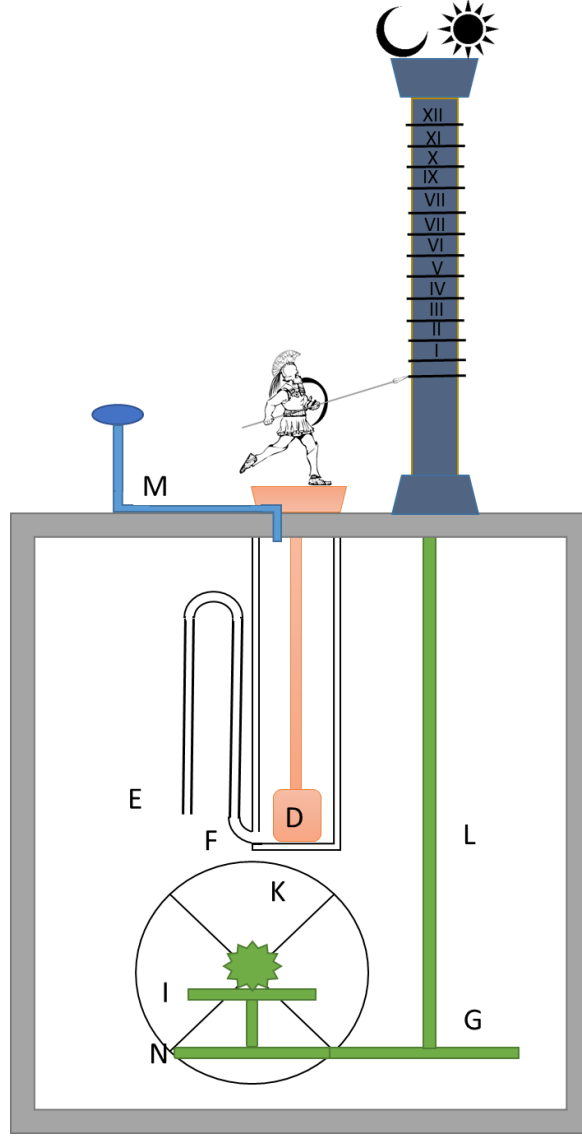
Ktesibios’un anıtsal bir su saatinin çizimi John Farey (1791–1851) tarafından yapılmıştır. Bu çizimde saatin yapısı ve işleyişiyle ilgili bazı görüntüler sunulmuştur. Ancak resimde mekanizmaların nasıl çalıştıkları konusunda yeteri kadar bilgi verilmemiştir. Bu çalışmada Ktesibios’un anıtsal su saati, John Farey’in çizimleri referans alınarak analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde, Ktesibios tarafından tasarlanan sisteminde, su saatine gündüz ve gece saatlerini belirten bir fonksiyonun bulunduğu sonucuna varılmıştır.

John Farey tarafından yapılan Ktesibios’a ait su saatinin çizimi Şekil 2’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.



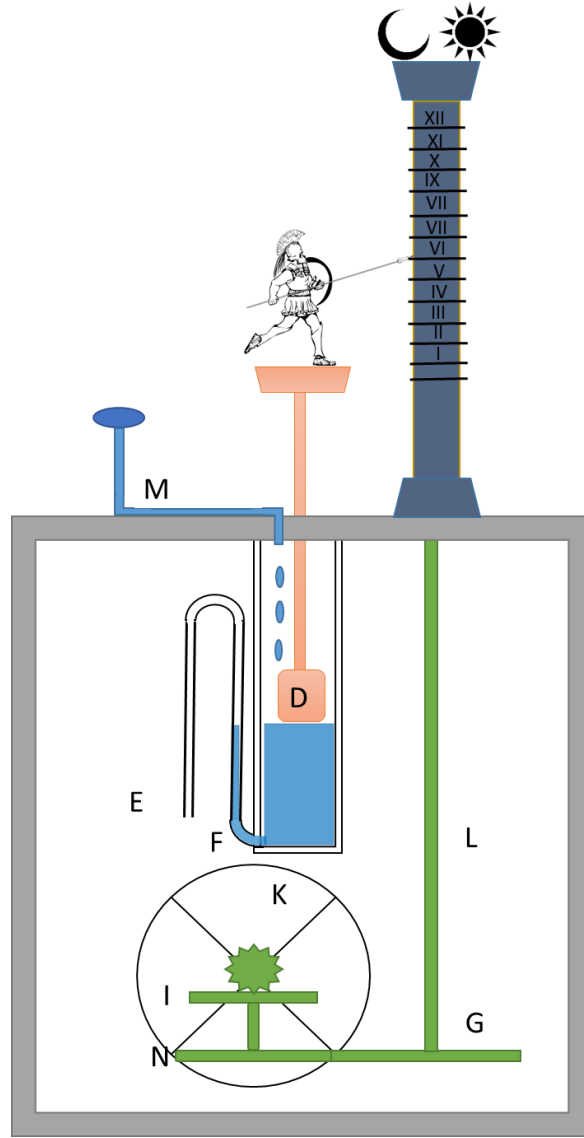
Şekil 2. Ktesibios tarafından geliştirilen anıtsal saat şekli (May, 2010) ve 3D modeli

Ktesibios’un ikinci tasarımıyla ilgili olarak kaynaklarda detaylı bir bilgi verilmemiştir. 19. yüzyılda çizilmiş bir görseli bulunan saatin Şekil 3’de verilen tasarıma göre, alttaki mekanizmanın ikinci bir işlevi daha olmalıdır. Detaya tam olarak ulaşılamasa da bu işlevin, saatin sıfırlanması, yani haznedeki suyun boşaltılması, olduğu tahmin edilmektedir.



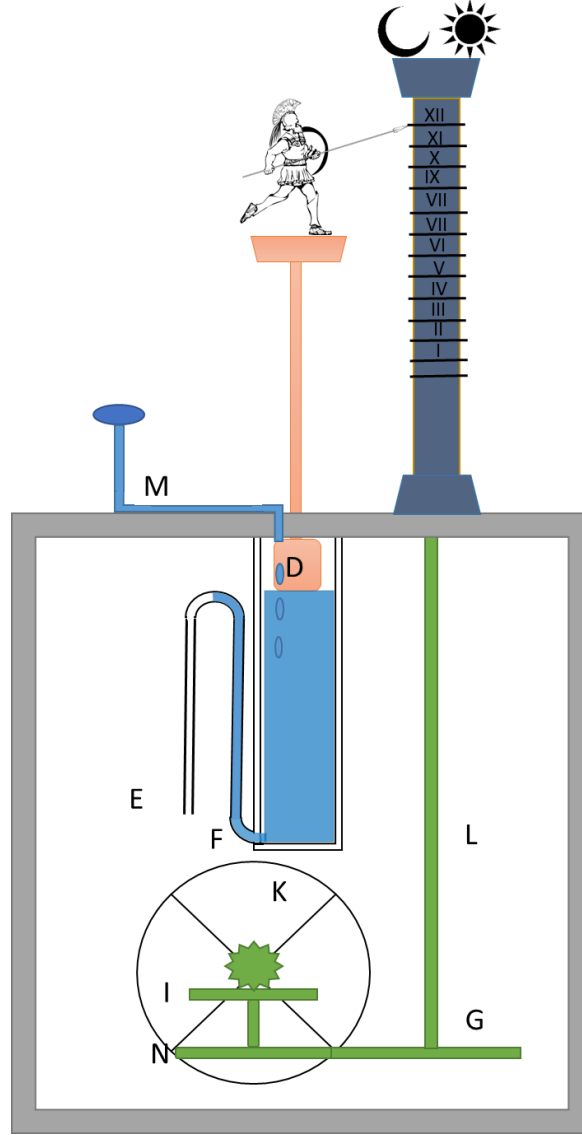
Şekil 3. Ktesibios'un su saati boş konum

Ktesibios'un ikinci tasarımını daha iyi inceleyebilmek amacıyla Şekil 3-8 numaraları arasındaki görseller hazırlanmıştır. Şekil 3 saatin ilk kullanım anını göstermektedir. Henüz saate su gönderilmemiş ve saat boştur ve heykel saat I'in altındaki seviyeyi göstermektedir. Saatin su besleme hattı M, şamandırası D, su tahliye hattı E-F, çark K, dişli sistemleri I, N ve G, şaft L ile gösterilmiştir.



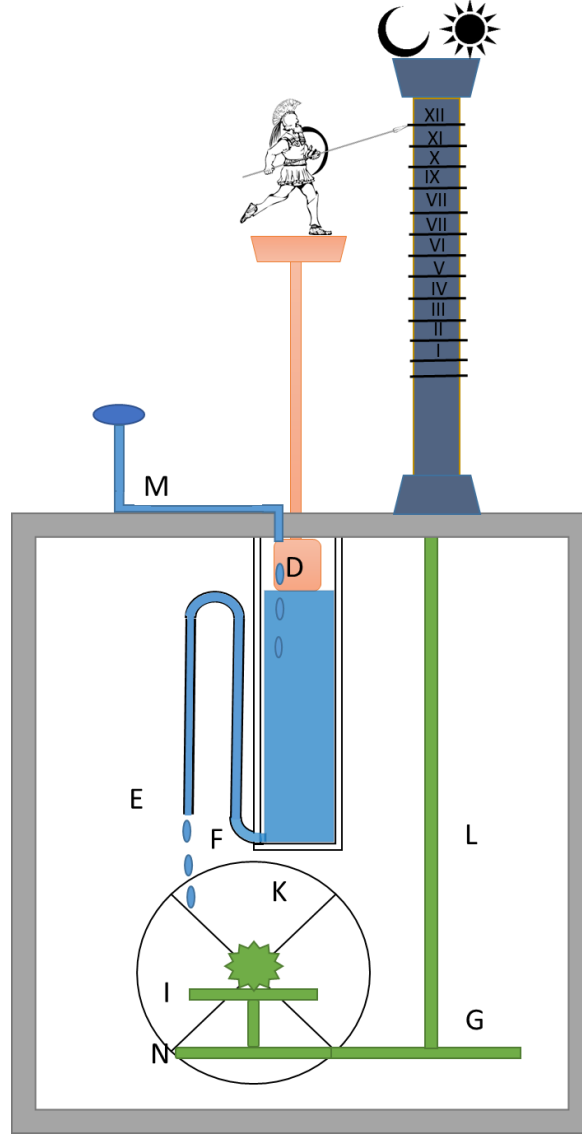
Şekil 4. Ktesibios'un su saati saat VI'yı gösterirken

Şekil 4'de saat VI'yı göstermektedir. M hattından suyun gelmesiyle birlikte su haznesi dolmaya başlamış ve yükselen su seviyesiyle beraber şamandıra ile üzerindeki heykel de yükselmiştir. Bileşik kaplar prensibine göre E-F borusu içerisindeki su seviyesi de su haznesindeki seviye kadar yükselmiştir.



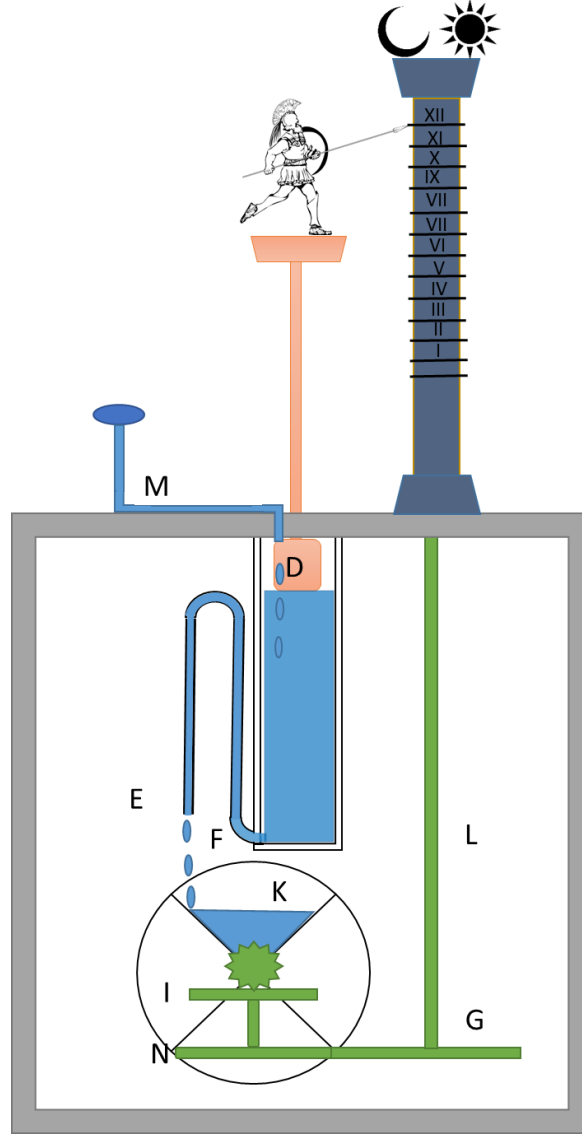
Şekil 5. Su saatinin XII'yi gösterdiği an

Şekil 5'de saatin XII'yi gösterdiği konum gösterilmiştir. Bu seviye saat ölçümünde son noktayı işaret etmektedir. Saat XII'den sonra artık sistemin tekrar başa dönmesi gerekmektedir. Sistem son noktasına geçmesine rağmen M hattından su akışının devam ettiği düşünülmektedir.



Şekil 6. Su Saatinin XII'den Sonraki Durumu

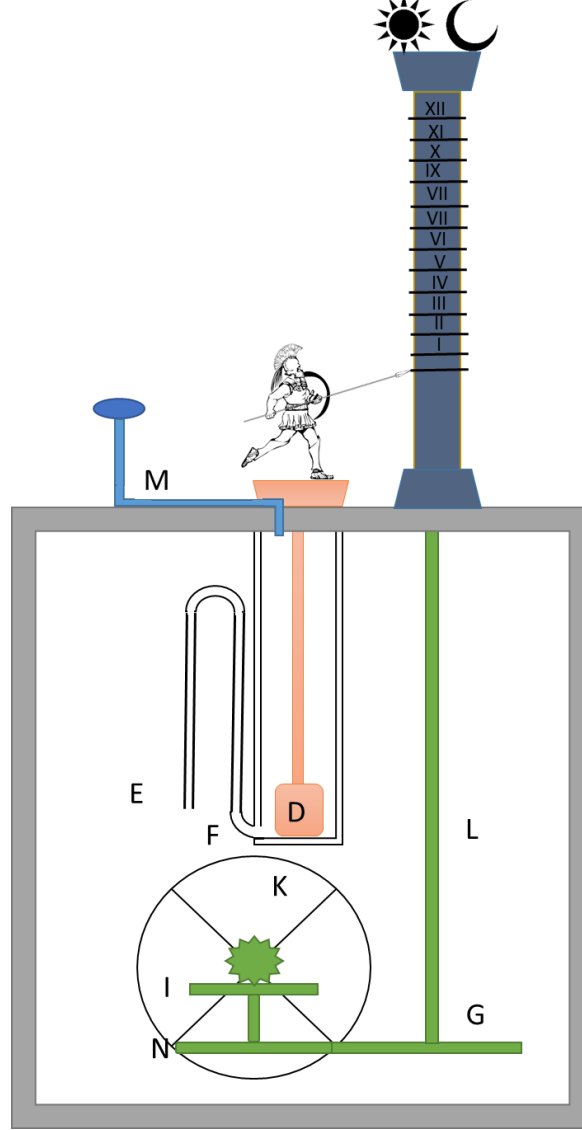
Su seviyesi yükseldikten sonra bileşik kaplar prensibine göre M hattından gelen su E-F borusundan aşağıya tahliye edilmektedir. Bu tahliye işlemi D şamandırasının bulunduğu hazne içerisindeki suyu boşaltamaz, sadece M hattından gelen fazla miktar kadar suyu tahliye edebilir. Bu andan itibaren saatin sabit kalıp M hattından gelen suyun K çarkı içerisindeki hazneleri doldurmaya başladığı düşünülebilir.



Şekil 7. Su saatinde çark mekanizmasının doluşu

Şekil 7’de saatin XII’ye geldikten sonra M hattından gelen suyun K çarkı içerisindeki hazneyi doldurduğu gösterilmiştir. Bu işlem çarkın içerisindeki suyun ağırlığının çarkı döndürecek seviyeye gelmesine kadar devam edecektir. Çark dönme hareketini yaptıktan sonra sistem I, N ve G dişlileri aracılığıyla L şaftını döndürecek, bu hareket aktarımı sonucunda dikey kadran dönecektir. Ancak burada ikinci bir mekanizmaya daha ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü çizimde şamandıra bulunan haznenin suyunun boşaltılmasına yönelik bir mekanizma görülmektedir. Bu noktada Ktesibios’un tasarımında çarklı sistemin ikinci fonksiyonu, şamandıra bulunan haznedeki suyu tahliye eden sistemin açılıp kapanması olmalıdır. Böylece sistem boş konumdan dolu konuma geçene kadar 12 saati gösterecek ve dolu konumda gelen su çarklara aktarılarak onları döndürecek, çarklar da bir mekanizmayı (bir tür valf sistemi olmalı) hareketlendirerek sisteme dolan suyu tahliye ederek saatin ilk konumuna geri dönmesini sağlayacaktır. Bu arada saati gösteren heykelin önündeki kadranı da döndürecek. Kadranın dönüşü saat ile doğrudan ilgili görülmemektedir. Çünkü saati gösteren, şamandıra üzerindeki heykelin elindeki mızraktır. Kadranın dönüşü sistemin kaç kere sıfırlandığını görmek için kullanılıyor olmalıdır. Çarklar arasındaki orana bağlı olarak bu dönüş sistemin her boşalmasında yarım tur gibi olmalıdır. Böylece kadran her 12 saatte yarım tur dönerek saate

bakanlara gündüz veya gece şeklinde saati gösterebilir. Sistemde ark orantılarına bağlı olarak bu durum haftanın kaçıncı günü olduğunun gösterimine kadar geliştirilmiş olabilir. şekil 8’de sistemin kadranı dönerek güneşi göstermiş, çark içindeki su ve şamandıralı hazne içerisindeki su boşalmıştır. Saat ilk konumuna dönmüş fakat ilk ölçüme göre 12 saat geçtiği için gece başlayan ölçüme gündüz ile devam edilmektedir.



şekil 8. Su saatinin başlangıç konuma dönüşü

SONUÇ

Su saati ile ilgili yapılan bu yorumlar kesin olmamakla birlikte doğrudan Ktesibios’un kendi çizimi olmayan kendisinden yüzyıllar sonra yapılmış bir çizim üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ancak bu çizim referans alındığında yapılan analizler, saat mekanizmasında kadranı kendi ekseninde döndüren bir işlevin olması gerektiğine işaret etmektedir. Bu mekanizmanın, çizimde gösterilen sisteme gündüz ve gece fonksiyonlarını kazandırdığı ve saati başlangıç konumuna dndrdğu düşünülmektedir. Ktesibios’un anıtsal saati bir bütünlük içerisinde değerlendirildiğinde, otomatik çalışma mekanizmaları ve hassas ölçeklendirme üniteleriyle, döneminin oldukça ilerisinde olan nitelikleriyle bilim tarihine önemli bir katkı sunduğu ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Allen, G. (1996). "A Schedule of Boundaries: An Exploration, Launched from the Water-Clock, of Athenian Time", *Greece and Rome* 43.2, 1996, 161.
- Çağatay, N. (1978). Eski Çağlardan Bu Yana Zaman Ölçümü ve Takvim, Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi Cilt: 22 Sayı: 1, 1978, s. 108-131.
- Mays, L.W. (2010). *Ancient Water Technologies*, Springer New York, s. 18.
- Theodossiou, E., Katsiotis, M., Manimanis, V. N., Mantarakis, P. (2010). The Large Built Water Clock Of Amphiaraeion, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, Vol. 10, s. 163.
- Topdemir, H.G. (2011). Antikçağ'da Önemli Bir Okul: İskenderiye Mekanik Okulu, *Bilim ve Teknik*, Ekim 2011, s. 89-90.
- Yakıt, İ., Külçü, R. (2016). Ktesibios'un Su Saatinin Bilim Tarihi ve Mekanik Açısından Değerlendirilmesi. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, sayı 2, cilt 1.