

Saatin Öyküsü

"Saatleri saptamayı ilk bulan insana Tanrı bildiğini yapsın! Benim bu dileğim, güneş saatini yapıp buraya koyarak günlerimi dilimleyip bölen için de geçerli. Ben çocukken karnım güneş saatiydi; şimdikinden daha kesin ve daha güvenli. Acıkınca bilirdim ki yemek saatiydi. Ama şimdi tok olsam bile, eğer saat derse ki yemek vakti geldi, kimse hayır demiyor eğer Güneş izin vermezse. Kentin çoğu aç açına sokaklarda, hadi yemek saati geldi diye Güneş'in o çomaktan düşen gölgesi izin vermezse." [Plautus (M.Ö. ? -184)]



INSANOĞLU BAŞLANGIÇTAN bu yana zaman denilen anlaşılması zor kavramla uğraşmış, yıldızlara ve güneşe bakarak zamanı anlamaya ve hesaplamaya çalışmıştır. İlk başta insanlar için sadece yağmurun, karın, soğğun, sıcaklığın zamanını bilmek yetiyor, mevsimler insanların hayatlarını yönetip, hasat zamanını, göç zamanını, barınma zamanını söylüyorlardı. Gittikçe daha küçük zaman birimlerine ihtiyaç duyan insan, yılı aylara ve haftalara bölmeye başlamışlardır. Zamanın ge-

çişinin en belirgin göstergesi olan gün, güneş doğunca başlıyor ve çalışma süresi aydınlık zamanı kaplıyordu. İnsanların geceyi gündüze benzer kılma çabaları, günü daha küçük zaman birimlerine ayırmayı gerektiriyordu. Dakika ve saniyeler daha çağdaş dönemlerin ürünü olmakla birlikte, insanlar günü birkaç bölüme ayırmaya çalışmışlar ve gittikçe daha küçük zaman dilimlerine ihtiyaç duymuşlardır. Daha küçük zaman birimlerinin tarihi takvimle paralellik gösterir. Yılı ilk olarak birimlere bölen Sümerler, günü

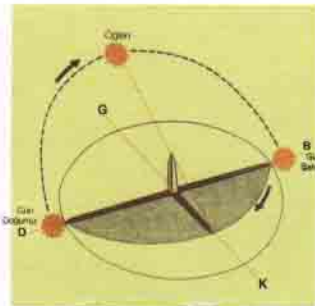
de ilk bölenler olmuşlar ve zamanı ölçmeye başlamışlardır. Mısırlılarla devam eden bu çabalar Yunanlılar ve Romalılarla iyice gelişmiştir.

Güneş Saatleri

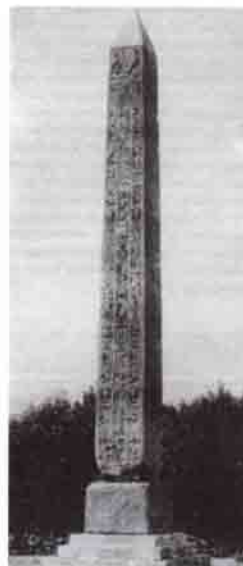
Zamanı ölçmek için ilk çabalar güneş saatiyle başlamıştır. Bu ilk saatler, yüzyıllar boyunca zamanın ölçülmesi için kullanılan en yaygın araç olmuşlardır. Güneş saatleri, özel olarak hazırlanmış bir milin gölgesinin, Güneş'in görünen hareketine uygun ola-



M.Ö 8. yüzyıldan önce yapılmış taşınabilir bir güneş saati. Saat, kısa parçanın gölgesinin sap üzerindeki skalaya düşmesi için güneşe doğru tutuluyordu.



Obelisklerde güneş doğudan batıya doğru ilerledikçe, gölgesi etrafındaki oval alanda zıt yönde ilerliyor. Oluşan üç gölge, güneşin doğuşunu, öğlen vaktini ve batışını gösteriyor. Obeliskler ayrıca tarla parselasyonunda kullanılıyordu.



M.Ö. 2. veya 1. yüzyıl Hellenistik çağa ait, Güney Anadolu'da Selefkiye'de bulunup, İstanbul Arkeoloji Müzesi'ne taşınmış güneş saati. Yarım küre biçimindeki saatte sabahdan akşama kadar süren vakit 12 eşit dilime ayrılmış. Üzerinde sayı yerine Hellenistik harfler kullanılmış.

rak yine özel olarak hazırlanmış mermer, taş veya madeni bir zemin (kadran) üzerindeki hareketine göre zamanın ölçülmesine yarayan araçlardır. Saat, güneşin oluşturduğu gölgeyi ölçer. Bu yüzden güneş saatleri ancak bol güneşli ülkelerde ve gündüzleri kullanılabilir.

Saat sisteminin gelişmesi tamamıyla dinî sebepler yüzündendi. Mısır dilinde saat anlamına gelen "wnwt" aynı zamanda rahiplerin yaptığı dini görev anlamına da geliyordu. Gündüz saatleri, Güneş Tanrısı Ra'nın ilerleyişine göre ölçülüyordu ve rahipler güneşin yolunu izlemek için değişik şekillerde yapılmış güneş saatleri kullanıyorlardı.

M.Ö. 3500'lerde yapılmaya başlanan ve ilk zaman ölçme aracı sayılabilecek obeliskler, aynı zamanda tarla parselasyonunda da kullanılıyorlardı. Uzun, yukarı doğru incelen dörtgen yapının üst sivrisi kare biçimindeki düzlemin ortasında değil kenara kaymış olarak yapılıyordu. Hareket eden gölge, günü ikiye bölerek zamanı gösteriyordu. Yılın değişik zamanlarında gölge uzunlukları işaretlenip en uzun ve en kısa olanı bulunuyor ve böylece yılın en kısa ve en uzun günü de belirlenebiliyordu.

Güneş saatlerinin bir başka çeşidi de T şeklindeki saatlerdir. T biçiminde birbirine bağlanmış iki çubuktan oluşan bu saatlerde, kısa çubuğun gölgesi uzun sapın üzerindeki numaralara düşüyordu. Sabahları doğuya doğru, öğleden sonraları ise batıya doğru tutulan saatte, 1'den 10'a kadar sayılar kullanılıyordu. Taşınabilen ilk zaman



İstanbul Kandilli Rasathanesi'nde bulunan türünün tek örneği silindirik güneş saati,(solda). Zamanın ipin gölgesine göre gösteren güneş saati.

aracı olan bu saat, M.Ö. 1500'lerde kullanılmaya başlanmıştır. Bu alet, günü 10 parçaya ve sabah ile akşam olmak üzere iki 'alacakaranlık saatleri'ne bölüyordu. T biçimindeki güneş saatlerinde, günün ilk ve son saatlerinde gölgenin sonsuza kadar uzaması ve kadran üzerinde izlenememesi sorun yaratıyordu.

Güneş saati tasarımındaki en büyük gelişme, gündüz saatlerini eşit dilimlere ayırabilmeyi sağlayan yarım küre biçimidir. M.Ö. 300 yıllarında Keldani, astronom Berossus'un bulduğu bu tip saatlerde yarımküre içbükey olarak yerleştiriliyordu. Herhangi bir günde gölgenin yarımküre üzerinde izlediği yol, Güneş'in gökyüzünde izlediği yörüngenin kopyası oluyordu.

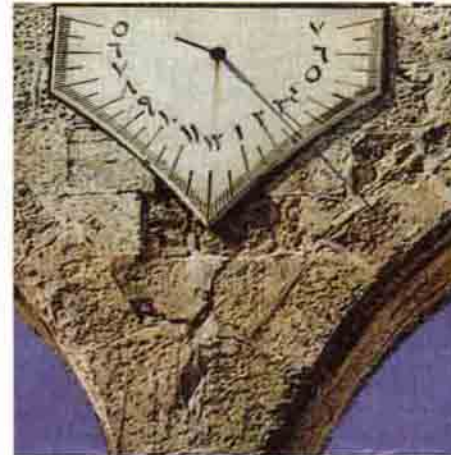
12 eşit bölüme ayrılmış yarımküre üzerinde yörüngeler çizilip, her mevsimle ilişkili saat başları birer eğri ile birleştiriliyordu.

Sümerlerle başlayıp Mısırlılar ve Babillilerle devam eden güneş saatleri Yunanlılarla daha da geliştirilmiştir. Romalılar ilk güneş saatlerini M.Ö. 1. yüzyılda yapmışlardır. Mimar Vitruvius'un belirttiğine göre, Roma'da çok yaygın olarak kullanılan saatlerin 13 değişik türü bulunuyordu.

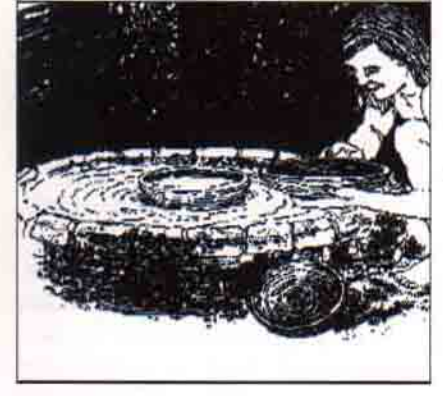
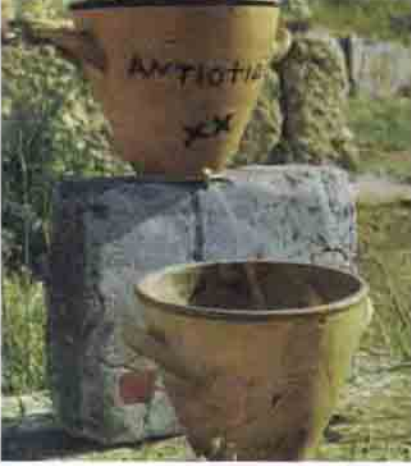
O dönemin usta matematikçileri olan Araplar daha yaratıcıydılar. Saatçiliğe çok önem veren Araplar güneş saatlerinin birçok ilkesini geliştirmişlerdir. Arapların ünlü düşünürlerinden Abu'l Hasan, eşit saatlerle hesaplama sistemini bularak, 13. yüzyılın başlarında horoloji tarihinin en önemli adımlarından birini atmıştır.

İlk çağlarda çabuk gelişme gösteren güneş saatleri ortaçağ boyunca, 5-16. yüzyıllar arasında pek ilerlemedi. Ancak, 1500-1800 yılları arasında astronomiye paralel olarak hem çeşit hem de kullanılabilirlik açısından gelişmişlerdir.

En ayrıntılı ve hassas güneş saatleri İslâm güneş saatleridir. İslâmiyet'te namaz vakitlerini bilme isteği güneş saatlerini buna göre ayarlama zorunluluğu getirmiştir. Öğle namazı bir cismin gölgesinin en kısa olmasıyla başlar, gölge o cismin iki misli olduğunda, ikindi na-



Amasya Orduevi bahçesindeki güneş saati.(solda) 691 yılında Emevi halifesi Abdülmelik tarafından yaptırılan Kudüs Ömeriye Camisi'nde bulunan güneş saati, sabah beşten akşam yediye kadar olan saatleri gösteriyor(ortadaki resim). 10. yüzyılda İngiltere'de altın ve gümüşten yapılmış taşınabilir güneş saati. Altın çivi ikişer ayı gösteren üç delikten birine takılıyor. Çivinin gölgesi, günün dört bölümünü gösteren alt taraftaki noktalar üzerine düşüyor.



Su saatlerinde su dışarı aktıkça, ya da bir kaptan diğerine aktıkça; başka bir türünde ise dibindeki delikten içine büyük kaptan su doldukça geçen zaman belirleniyor.

mazı başlamış olur. Bu iş için caminin avlusuna bir sopa dikilir. Cismin gölgesinin mevsimlere göre tespit edilmesi ve namaz vakitlerinin buna göre işaretlenmesiyle gelişmiş bir yatay güneş saati elde edilir. Bilinen en eski İslâm güneş saati 868-901 yılları arasında Mısır'da hüküm süren Tolu-noğlu Ahmed'in Fustat'ta yaptırdığı camide bulunmaktadır.

Güneş saatlerinde zamanın uzunluğu bir mevsimden ötekine değişiyordu. Mısırlılar günü 24 parçaya bölmüş olsalar da bu şimdikinden farklıydı. Güneşin doğumundan batımına kadar geçen zamanı ona bölüyorlardı, ancak bu birimler yazları daha uzun oluyordu. Geçen yıllarla ve her mevsim kayan gün doğumlarıyla gündüz ve gece saatleri tamamen değişiyordu.

Daha sonraları gündüz ve gece süreleri 12 saat uzunlukta hesaplanmış olsa da, bu yine mevsimden mevsime değişmekteydi. Güneş saati karmaşık bir sistemdi ve çok esnekti. Daha basit sistemlere ve akşam saatlerini izlemeye duyulan ihtiyaç, değişik arayışlar getirdi ve insanlar zamanı ölçebilmek için gökyüzüyle ilişkisi olmayan başka araçlara yöneldiler.

Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde Zaman ve Frekans Ölçümleri

Hüseyin Uğur
Doç. Dr. UME Müdürü

Yedi temel SI biriminden biri olan zaman birimi saniye günümüzde 10^{-16} hassasiyetle, en doğru ölçülebilen birimdir. Bu nedenle, diğer birimlerin ölçüm doğruluklarını arttırmak için zaman ve frekans ölçümlerinden yararlanılmaktadır. Diğer taraftan, gelişen teknolojiyle birlikte doğru zaman bilgisine olan ihtiyacı karşılamak ve havacılık, uzay ve savunma sistemlerinde özel önem taşıyan zaman koruma sistemlerini iyileştirmek için teknoloji geliştirmiş ülkeler zaman ve frekans sistemlerini kurarak, geliştirilmesi için yapılan çalışmalarını desteklemektedirler.

Tübitak'a bağlı Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Zaman ve Frekans Laboratuvarı, Ulusal zaman ve frekans standardı sisteminin oluşturulması ve geliştirilmesi, uluslararası izlenebilirliği sağlanması ve ayrıca konuyla ilgili endüstriyel hizmetlerin gerçekleştirilmesi amacıyla kurulmuştur.

Günümüzde Koordine Evrensel Zaman (UTC) adı altında oluşturulan zaman ölçeği, genel olarak Evrensel Zaman (UT) ve Uluslararası Atomik Zaman (TAI) ölçeklerinin birleştirilmesiyle elde edilir. UTI yerkürenin kendi etrafında dönüş süresine bağlıdır ve dünya rasathanelerinin katkılarıyla Uluslararası Yerküre Dönüş Servisi (IERS) tarafından oluşturulur. TAI ise atomik saatleri esas alır ve Uluslararası Ölçüm ve Ağırlıklar Bürosu (BIPM) tarafından TAI klübüne üye metroloji merkezlerinin referans saatlerinin katkılarıyla oluşturulur. UME Zaman ve Frekans Laboratuvarı da mevcut iki adet Cs atomik saati ve bir adet GPS uydusuyla, Eylül 1994 tarihinden itibaren TAI klübü üyesidir ve UTC zaman skalasının oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Yerküre etrafında zaman ve konum belirlemek amacıyla 6 farklı yörüngede toplam 24 adet GPS uydusu dolmaktadır. Bu uydularda bulunan ato-

mik saatler ABD'de bulunan özel istasyon US-NO'dan gönderilen zaman sinyalleri ile eş zamanlı olarak çalışarak sürekli olarak yerküreye zaman sinyalleri göndermektedirler. UME ve diğer TAI klübü üyesi zaman ve frekans laboratuvarları ise, uydusuyla elde ettikleri bu zaman sinyallerini kullanarak, uydulardaki saatlerle laboratuvarındaki referans saatler arasındaki zaman farkını belirli bir programa göre devamlı ölçmektedirler. UME referans ve ikinci saat arasındaki zaman farkı ise bilgisayar kontrollü zaman aralığı sayıcısıyla ölçülmektedir. Sonuçlar internet aracılığıyla her hafta BIPM'e gönderilerek TAI klübü üyelerinin referans saatleriyle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda, saatlerin doğruluk ve kararlılıklarına göre hangi ağırlıklı ortalamaya TAI'nin oluşmasına katkıda bulunduğu belirtilir, ayrıca her saatin oluşan UTC zamanından olan fark hesaplanır. Ölçüm ve hesaplamalara göre UME referans saati UTC'ye göre günde 1.67 ns, ikinci saat ise 13 ns kayma göstermektedirler. Bu ise referans saatin doğruluğunun 1.67 ns/1 gün = 1.9×10^{-16} , ikinci saatin doğruluğunun ise 1.5×10^{-11} olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, UME Zaman ve Frekans laboratuvarı uluslararası izlenebilirliğini ve karşılaştırmaları BIPM üzerinden sağlamanın yanısıra, uydusu ve internet aracılığıyla referans saatinin PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt Almanya Metroloji Enstitüsü) referans saati ile doğrudan karşılaştırmaktadır.

BIPM TAI klübünün 14 Ocak 1997 tarihinde yayınladığı bildiriye göre UTC ve TAI zaman ölçekleri, BIPM TAI klübüne üye 25 ülkenin 48 laboratuvarında çalışmakta olan yaklaşık 277 atomik saatin zaman verileri alınarak oluşturulmaktadır. Ortalamaya katılan tüm saatlerin toplam ağırlık değeri 349148.88 olarak belirtilmiştir. Her iki UME saati 2500 üzerinden 2500 puan olarak toplam 5000 ortalama ağırlık değeriyle TAI zamanının oluşmasında % 1.43 pay ile katılmaktadır. TAI zaman ölçeğinin

oluşumundaki katkının, Ulusal zaman ve frekans ölçümlerindeki güvenilirliğin ve endüstriyel hizmetlerin artırılması amacıyla, UME mikrodalga zaman ve frekans sisteminde üçüncü Cs atomik saatinin ve ikinci GPS uydusu alıcısının devreye sokulması planlanmaktadır.

Bilim ve teknolojiye gelişmeler çok daha yüksek doğruluk ve kararlılığa sahip frekans standartlarının yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Dünyanın gelişmiş ülkelerinin metroloji merkezlerinde olduğu gibi, UME'de de atomların lazerlerle pompalanması ve soğutulması hızlarının azaltılması prensibine göre, primer atomik fiziksel saatlerin oluşturulması ile ilgili çalışmalar başlatılmıştır. Atomik fiziksel saatin de oluşturulmasında kullanılacak çeşitli dış kavite diyet lazerler kurulmuş ve 1×10^{-17} den iyi kararlılıkla Cs ve Rb atomlarının enerji geçişlerinde kullanılmıştır.

UME Cs atomik saatinde elde edilen doğru zaman bilgisi Zaman Dağıtım Sistemi, bilgisayar ve modern aracılığıyla telefon hattına verilerle isteyen kurum ve kuruluşların hizmetine sunulmaktadır. Doğruluğu saniyenin binde biri olan bu zaman bilgisine ulaşabilmek için ilgili kuruluşun bir telefon hattı, modem, bilgisayar bağlantı sistemi ve UME tarafından verilecek olan bilgisayar programını kullanması yeterli olacaktır. Söz konusu program çalıştırıldığında bir dakikayı aşmayan bir zaman süresince kullanıcı bilgisayarı ile UME Zaman Dağıtım Sistemi arasında zaman alışverişi gerçekleşir ve kullanıcı bilgisayarı UME Cs saatine (<1 ms doğrulukla) senkronize olur. Bunun sonucunda kullanıcı bilgisayarının monitöründe doğru zaman bilgisi saat, dakika, saniye ve milisaniye olarak görülür. Ayrıca, kaynağı kullanıcı bilgisayarının iç saati olan 1 PPS (Pulse per second Saniyede bir atma) elde etmek de mümkündür. Kullanıcı istediği takdirde bu sinyali kullanarak başka cihazları da senkronize edebilir.

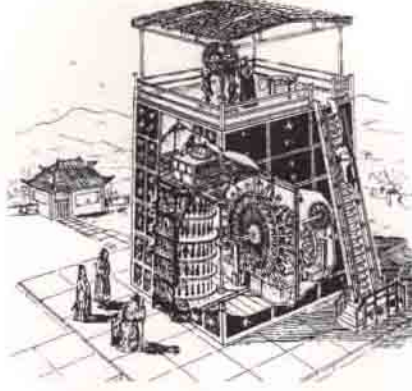
Su Saatleri

Güneş saatleri kadar eskiye dayanan ancak, tam zamanı bilinmese de ilk tipleri Mısır'da bulunan su saatleri, dibinde delik olan bir kovanın boşalması ve dolmasıyla zamanı gösterir. Bu saatler, zamana yeni bir bakış şeklini olanaklı kılmıştır. Güneş saatleri belirli bir zamanı gösterirken, su saatleri ne kadar zaman geçtiğini de gösteriyordu. Bu yüzden su saatinin icadı zaman ölçümünün gerçek başlangıcı sayılabilir.

Su saatlerine su hırsızı anlamına gelen "klepsydra" deniyordu. Bu saatleri, ilk olarak Mısırlılar icat etmiş olsalar da, Yunanlılar geliştirmişlerdir. Su saatleri yüzyıllar boyunca mekanik saatlerin bulunmasına kadar kullanılmıştır. Tek çanakdan oluşan su saatlerinde, içi su dolu ve altında bir delik olan çanağın içinden dışarı su boşaldıkça içindeki işaretler zamanın geçişini gösterir. Bu tip saatler daha çok duruşmalarda avukatların konuşma sürelerini belirlemede kullanılmıştır. Birkaç çanakdan oluşan türlerde ise, su bir çanakdan diğerine doluyordu.

Su saatlerinin başka bir çeşidi de dibinde delik olan metal bir kaptan oluşuyor. İçi su dolu böyle bir kap daha geniş bir kabın içine konduğunda yavaş yavaş doluyor ve dibe batıyor. Mısır'dan başka, İngiltere ve Seylan'da da bulunmuş olan bu tip su saatleri, günümüzde hâlâ Kuzey Afrika'da bazı yörelerde kullanılmaktadır. Su saatleri popülerleştikçe daha çok özenilerek yapılmaya başlanmış ve karmaşık mekanizmalar üretilmiştir.

M.Ö. 250'de Arşimet, yaptığı su saatine dişliler ekleyerek gezegenleri ve ayın yörüngesini de göstermiştir. Daha gelişmiş su saatleri M.Ö. 100 ve M.S. 500 yılları arasında Yunan ve Romalı horolog ve astronomlar tarafından yapılmıştır. Bu saatlerde damlama deliğinin aşınmasını ya da tıkanmasını



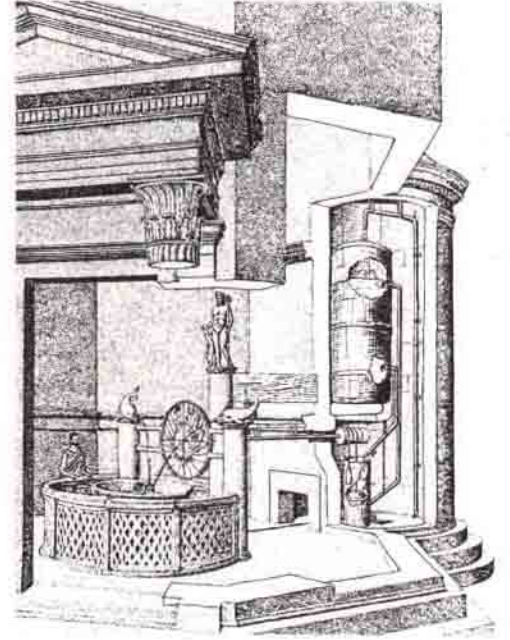
M.S. 1088'de Çin'de Su Sung'un yaptırdığı mekanik dev saat kulesi Yunanlı astronom Andronikos'un M.S. 1. yüzyılda yaptığı Rüzgâr Kulesi'nde mekanik klepsydranın yanında güneş saati, yel değirmeni, bir su tankı ve bazı bilimsel araştırmaların yapılmasına yarayacak düzenekler bulunuyor, (sağda).

önlemek için delik değerli taşlardan yapılabiliyordu. Su basıncı düzenlenerek akış sabit kılınıyordu. Bazı su saatleri zil çalan, çakıl taşı fırlatan mekanizmalarla donatılmıştı. Hatta bazılarında kapılar açılıp insan figürleri çıkıyor ve bunlar saati haber vermek üzere zil çalıyorlardı.

M.S. 200 ve 1300 arasında Uzak Doğu'da mekanik göksel su saati yapımı gelişmişti. 3. yüzyıl Çin klepsydraları astronomiyle ilgili konuları gösteren değişik mekanizmaları içeriyordu. En karmaşık saat kulelerinden birisi



Zamanın geleneksel sembolü kum saatlerinin, camcılık becerisi geliştikçe şekilleri değişmiş ve kumun doldurulduğu ağız da eritilerek kapatılmış ve kumun nemlenerek akışın zorlaşmasının önüne geçilmiştir.



Çin'de Su Sung'un M.S. 1088'de yaptırdığı dev saat kulesidir. Yedi-sekiz metrelik kulede gündüz ve gece her saat başında iki parlak bronz top yine bronzdan yapılmış iki şahinin ağzından bir bronz kabın içine düşüyordu. Kabın dibindeki delik, bronz topun yeniden yerine dönmesini sağlıyordu. Şahinlerin üstünde de günün her saati için bir dizi kapı ve daha yukarıda da yanmamış durumda birer lamba duruyordu. Her saat başında bronz toplar düştükçe bir çan çalıyor ve biten saatin kapısı kapanıyordu. Toplar gece saatlerini belirtmek üzere düştüğünde ise o saatin lambası yanıyordu.

Yunanlı astronom Andronikos'un M.S. 1.yy'da yaptığı Rüzgâr Kulesi, klasik antik çağdan sağlam kalan ender binalardandır. Sekizgen biçimindeki yapıda, mekanik klepsydranın yanında güneş saati, yel değirmeni ve bazı bilimsel araştırmaların yapılmasına yarayacak düzenlemeler ve bir su tankı bulunuyordu.

Su saatleri de sadeliklerine rağmen sorunluydular. Soğuk bölgelerde suyun akışkanlığının azalması, deliğin tıkanması, suyun sabit akmaması gibi sorunlar vardı. Bütün bunlara rağmen su saatleri yüzyıllarca kullanılmıştır.

Kum Saatleri

Kum saatleri zamanın geleneksel sembolüdür. Saatin ilk tasarımı olan yumurta biçiminde cam kaptan akan kum yüzyıllar boyunca sabit kalmıştır. Saatlerde kumun yanında, zaman za-

man pudra haline getirilmiş yumurta kabuğu, civa ya da ince toz siyah mermer de kullanılmıştır. Kum saati, Avrupa'da ilk kez 8. yüzyılda bir papazın buluşuyla kullanılmaya başlamıştır. Camcılık becerisi geliştikçe, kumun doldurulduğu ağız da eritilerek kapatılmış ve nemlenerek akışın zorlaşmasının önüne geçilmiştir.

16. yüzyıldan günümüze bu saatler sürekli zamanı ölçmek için değil, belirli bir sürenin başlangıcını ve bitişini göstermek için kullanılmıştır; kiliselerde dua süresi, gemilerde tayfaların nöbet süresi ya da gemilerin hızlarının belirlenmesi.

Belirli sayıda kulaç aralıklarıyla düğüm atılmış ve ucuna bir kütük bağlanmış bir ip denize atılıyor ve bir gemici kum saatiyle belirli zaman dilimleri içinde kaç düğümün suya girdiğini sayıyordu. Eğer belirlenen sürede beş düğüm inmişse, geminin hızı beş deniz mili oluyordu. 19. yüzyıl sonuna kadar yelkenli gemilerde hız belirlemek için bu yöntem kullanılmıştır. Soğuk iklimlerde su saatine göre daha yaygın kullanımı olduğu halde, kum saati gün boyunca zaman ölçümü için çok uygun bir gereç değildi. Bunun için, ya çok büyük yapılması, ya da başında her an birinin beklemesi gerekiyordu. Bazı kum saatlerinde bulunan kadradaki gösterge, saatin her başaşağı edilişinde bir saat ileri alınıyordu. Yine de, kum saati uzun bir dönem boyunca küçük zaman aralıklarının ölçülmesinde başarıyla kullanılmıştır.

Bugün hâlâ ahçılar yumurta kaynatırken kum saati kullanıyorlar.

Ateş Saati

Zamanın ölçülmesi için değişik yöntem arayışlarıyla yapılan birçok deneme arasında ateş saati de bulunuyor. Petrol lambasının alevi ile çalışan saat mekanizmasında, tüketilen yağın bölmeli bir saydam kapta izlenmesi ya da kısalan mumun gölgesinin, arkadaki bir cetvel üzerindeki boyuna göre saatler belirleniyordu.



Şimdiye kadar yapılmış saatlerin belki de en basiti olan, Kral Alfred tarafından tasarlanmış bu ateş saati, üstündeki ölçekte mum yandıkça geçen süreyi gösteriyor.

Çin, Japonya, ve Kore'de zaman ölçülmesi için ateş kullanımı değişik bir nitelik kazanmıştır. Bu ülkelerde özellikle tapnaklarda ödağacı ve benzeri kokulu nesnelere dövülerek toz haline getiriliyor ve sonra da sıkıştırılarak saydam bir tüp içine yerleştiriliyordu. Zaman ölçümü tüp içinde ateşin ulaştığı yere göre yapılıyordu.



Ağırlıkla çalışan ilk mekanik saatlerden. Kısa aralıklarla duran ve inen ağırlık, saat mekanizmasını günün uzunluğuna ya da kısalığına bağlı olmaktan kurtarıyor.

Değişik türleri olan ateş saatleri alarm saati olarak bile kullanılıyordu. İstenen saat yerine iple bağlanan iki küçük ağırlık, alev ipi koparınca bakır bir yüzeye düşüp ses çıkarıyordu.

Kral Alfred'in buluşu olan mum saati belki de bütün zaman ölçme araçlarının en basit olanıdır. Bu saat eşit aralıklara bölünmüş bir mumdan oluşuyor. Mum yandıkça zamanın geçişi ölçülebiliyor.

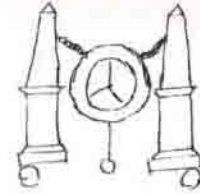
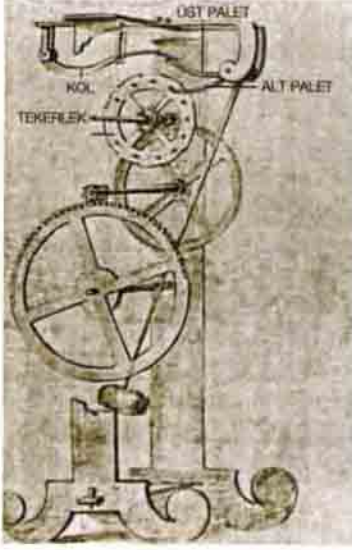
Ateş saatlerinin de doğruluğu her zaman şüpheliydi. Yine de, bütün zaman ölçme araçları gibi kendi sınırları içinde bir amaca hizmet etmişlerdir.

Mekanik Saatler

Zamanın mekanik olarak ölçülmesi yönündeki ilk adımlar din adamlarından gelmiştir. Keşişler dua etmek için kesin saati bilmek zorundaydılar. İlk mekanik saatler, saati göstermek değil duyurmak üzere yapılmışlardı. Bu saatler birer ağırlığa bağlı olarak çalışıyorlardı ve belirli zaman aralıkları ile gonga vuran tokmaklarla donatılmışlardı. Daha önceki yüzyıllarda, eski saat sistemlerinin sesli birer uyarı vermesini sağlama çabaları olumlu sonuçlanmamıştı. Geçen süreyi ufak taş parçacıkları atarak ya da düdük öttürerek belirten karmaşık mekanizmalar üretilmişti.

Güneş saati, su saati ve kum saati, değişik şekillerde süreyi göstermek amacıyla yönelikti. Mekanik saat ise manastır hayatında belli bir mekanik işlevi yerine getirmek, bir çekiç aracılığıyla ses üretmek ve böylece belirli zaman aralıklarını belirtmek amacıyla gütmekeydi. O dönemlerde saatlerin çan çalması gerektiğine inanılıyordu. İngilizcede saat anlamına gelen "clock" kelimesi Latince "clocca"dan gelmektedir ve çan anlamındadır. Ancak, daha sonra bu kelime bütün saatleri tanımlamaya başlamıştır.

Mekanik saatler için bulunan mekanizma, ağırlığın asılı olduğu ipi ya da zinciri kısa aralıklarla tutan ve bırakan bir vargel düzenidir ve



Thomas Jefferson tarafından 1790'da tasarlanmış, obelisk saati ilk saatlere gönderme yapıyor.

Galileo'nun tasarladığı saat mekanizmasının, oğlu Vincenzo tarafından yapılmış çizimi ve saatin daha sonra yapılmış bir modeli Saat sarkacı regülatör olarak kullanıyor. Sarkaç sola sallanınca, üst palet kolu kaldırıyor ve tekerleğin ileri gitmesini sağlıyor. Alt palet yukarı kalkıyor ve tekerleği durduruyor. Bu şekilde kol ve alt palet tekerleği ve saat mekanizmasını düzenli aralıklarla döndürüyor. Galileo'nun ölümünden 50 yıl sonra, onun koyduğu ilkelere göre yapılmış saatlerden biri, (sağda).

tüm modern saatlerin de ortak özelliğidir. Böylece, kısa aralıklarla duran ve inen bir ağırlık, saat mekanizmasını günün uzunluğuna ya da kısalığına bağlı olmaktan kurtarıyordu.

Bu mekanizmanın en eski türü "kamalı" olarak biliniyor. Ucuna ağırlık bağlı iki yanından atlamalı olarak tırnaklarla donatılmış bir metal çubuk ve yatay olarak gidip gelen bir milden oluşan mekanizmada, her gidişte bir tırnak salıveren bir düzen oluşturulmuş ve milin ivmesi de dış ucuna takılmış bir ağırlıkla kontrol edilmiş. Ağırlık uzağa çekilince salınım hızlanıyor, yaklaşılınca da yavaşlıyor. Böylece, başlangıçta dakikaların ve daha sonra da saniyelerin belirlenmesi mümkün oluyor. Mekanik saatlerin içinde en ünlülerinden olan Giovanni di Dondi'nin tasarımı, ağırlıkla işleyen mekanizmaya bağlı sarkaç ve sekteli rakkas dişlisinden oluşuyordu ve saatte kadrana bulunmuyordu.

Gündüz saatlerinin gece saatlerine uymayan saat sistemi, 14. yüzyılda mekanik saatlerin yapılmasına kadar devam et-

miştir. Günümüzde eşit saatler halinde bölünmüş ilk saat, Milan'daki Saint Gottard kilisesi saatidir. Yüzyılın ortasına doğru büyük Avrupa şehirlerinin kulelerinde mekanik saatler görülmeye başlanmış ve gittikçe yayılmıştır. Vargel düzeniyle çalışan bu saatler 300 yıl boyunca devam etmiştir. 1500'lerde Nürnberg'de Peter Hein-

lein'in zembereği bulmasıyla, büyük ağırlıklar kalkarak taşınabilir küçük saatler olanaklı kılınmıştır.

İlk saatlerde kadrana, akrep ve yelkovan bulunmuyordu. Okuma yazma oranının düşük olması, saatlere insanların bakıp anlayacağı yazılar koymak yerine çan sesleri konmasını gerektiriyordu. Süreyi görsel olarak göstermek için saatlere kadrana ilk olarak kullanan ve 1344'te 24 dilimlik saati yapan Dondi'dir.

Saat gelişiminde atılan başka bir büyük adım da sarkacın bulunmasıdır. Kilisede papazın kürsüsünün üzerinde sallanan lambanın salınım zamanının sabit olduğunu farkeden Galileo, sarkacın salınım periyodunun, ağırlığına ya da genişliğine değil, uzunluğuna bağlı olduğunu bulmuştur. Galileo, ölümüne yakın, sarkaçla çalışan bir saat tasarlasa da bunu gerçekleştirememiştir. İlk çalışan sarkaçlı saati 1656'da, Galileo'nun ölümünden 14 yıl sonra, Alman astro-



Balans yayının kullanılmaya başlamasıyla yapılan ilk cep saatlerinden.

yıl sonra, Alman astronom Christian Huygens yapmıştır. Huygens'in saati önceleri günde bir dakikadan az hata veriyordu. İlk olarak sağlanan bu hassaslığı, Huygens çalışmalarıyla hatayı günde 10 saniyeye düşürerek, artırmıştır.

Sarkacın bulunmasıyla ilk defa olarak saatlere dakika ve saniye kolları eklenmiştir. 1670'lerin ortalarında Huygens'in balans yayını geliştirmesi taşınabilir saatlerin gerçek bir cep saati haline getirilebilmesini sağlamıştır. Yay mekanizmasının bulunması, zamanın hem karada hem de denizde aynı doğrulukta ölçülebilmesini sağlamıştır. Balans yayının geliştirilmesi ile gittikçe küçülen saatler cepte ya da kolda taşınabilmeye başlamış, ilk ucuz cep saatleri ABD'de üretilmiş, kol saatleri ise 1890'larda ortaya çıkmıştır. Başlangıçta sadece kadınların kullandığı kol saatleri I. Dünya Savaşı sırasında erkekler arasında da yaygınlaşmıştır.

Zamanı karada ve denizde aynı olarak ölçebilen bu yeni saatlerle zaman birimlerinin hassaslığı sorgulanmaya başlanmıştır. Bir saniyenin uzunluğu neydi? Basit bir hesaplama saniye dakikanın 1/60'ı, dakika saatin 1/60'ı ve saat te günün 24'te biri olduğu için bir saniye ortalama güneş gününün 86 400'de biri olarak ortaya çıkar. 1820'de zaman aralıkları bu hesaba göre standartize edilmiştir.

Kuvars Saatler

1920'lerde kuvars kristalli saatin bulunması, zaman ölçümünde yeni bir çığır başlatmıştır. Enerjisini bir yıl ya da daha uzun ömürlü pilden sağlayan bu saatlerin kurulmasına gerek yoktur. Kuvars saatler, kuvars kristallerinin piezoelektrik özelliğine dayalıdır. Eğer, yapısal simetri merkezi bulunmayan bir kristale elekt-



rik uygularsanız biçimini değiştirir; ve eğer onu sıkıştırır ya da bükerseniz elektrik üretir. Uygun bir elektronik devreye bağlandığında kristal titreşir ve sabit bir frekansta elektronik saati çalıştırabilecek elektrik sinyali üretir.

Kuvars kristalinin titreşimleriyle 24 saatlik bir gün milyonda bir saniyelik aksamayla belirlenebiliyordu. Ancak, kuvars kristali elektrik akımının etkisiyle bir süre sonra mekanik özelliklerini değiştirdiği için başlangıçta çok hassas olan saatler birkaç ay sonra geri kalmaya başlarlar. Kuvars saatler hassasiyetleri ve fiyatları ile piyasaya hakim olsalar da, daha hassas ve bu hassaslığı uzun süre koruyabilecek saatlere duyulan ihtiyaç arayışları devam ettirmiştir.

Atom Saatleri

Bilim adamları, atomların çok uzun zaman durağan kalabilen rezonanslara sahip olduklarını anladıkları

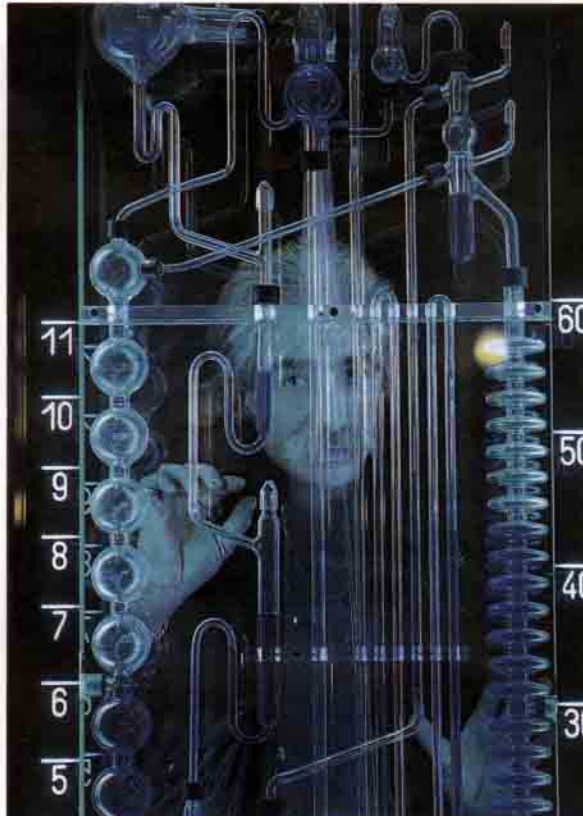
rında, hidrojen veya sezyum atomunun daha hassas saatler için potansiyel birer sarkaç olabileceğini buldular. 1930 ve 40'larda radar ve yüksek frekanslı radyo iletişimleri, atomlarla etkileşime girecek elektromanyetik mikrodalgaların üretilebilmesini olanaklı kılmıştır. 1949'da ABD'de NIST laboratuvarlarında amonyağa dayanan ilk atom saati yapılmıştır. 1957'de ise yine NIST, ilk sezyum atom saatini gerçekleştirmiş ve 1967'de atomun doğal frekansı, yeni uluslararası zaman birimi olarak tanınmıştır. Buna göre, 1965 yılına kadar bir yılın 31 556 925.974 7'de biri olarak kabul edilen saniye sezyum atomunun rezonans frekansının 9 192 631 770 salınımına eşittir. Bu, sezyum atomunun ileri geri titreşim yapması için geçen süreye karşılık gelir.

Şu anda 1/10 trilyonluk hatayla zamanı ölçebilen atom saatleri de geliştiriliyor. NIST laboratuvarlarında yapılmakta olan yeni sezyum atom saati 300 milyon yıl 14. ondalık hane, ABD'de Ulusal Standartlar Enstitüsü'nde üzerinde çalışılan cıva iyonu saati ise 30 milyar yıl boyunca 16. ondalık hane kadar şaşmadan çalışabilecek.

Atom saatinin keşfiyle sağlanan uzun süreli hassaslığın yanında çeşitli olaylar ve süreçler birbiriyle mükemmel bir şekilde senkronize edilebiliyor ve yer tayinleri kesin bir doğrulukla hesaplanabiliyor.

Kesin zamana bağlı modern hayatta her geçen gün daha hassas saatlere ihtiyaç duyuluyor ancak bu hassaslığın sonu nereye varacak, bu bilinmiyor.

Selda Arıt



Fransa'da Bilim ve Endüstri şehri La Villete'de bir müzede bulunan bu su saati 6.44'ü gösteriyor.

Kaynaklar
Bilim Yön Verenler, Galileo Galilei, İnkaynak Kültür ve Sanat Ürünleri, 1996
 Boostin, D.J., *Keşifler ve Buluşlar Tarihi*, Türkiye İş Bankası Kültür Y., 1996
 Çam, N., *Osmanlı Güneş Saatleri*, Kültür Bakanlığı Bilim ve Teknoloji/1, 1990
 Fraser, J. T., Lawrence, N., *The Study of Time*, New York, 1975
 Gimpel, J., *Ortaçağda Endüstri Devrimi*, Tübitak, 1996
 Goudsmit, S. A., Claiborne, R., *Time*, New York, 1966
 Kurz, O., *European Clocks and Watches in the Near East*, London, 1975
 Meyer, W., *İstanbul'daki Güneş Saatleri*
The Anatomy of Time, Rolex Watch Company, Switzerland
<http://www.library.utoronto.on.ca>
<http://www.perseus.tufts.edu>
<http://physics.nist.gov>