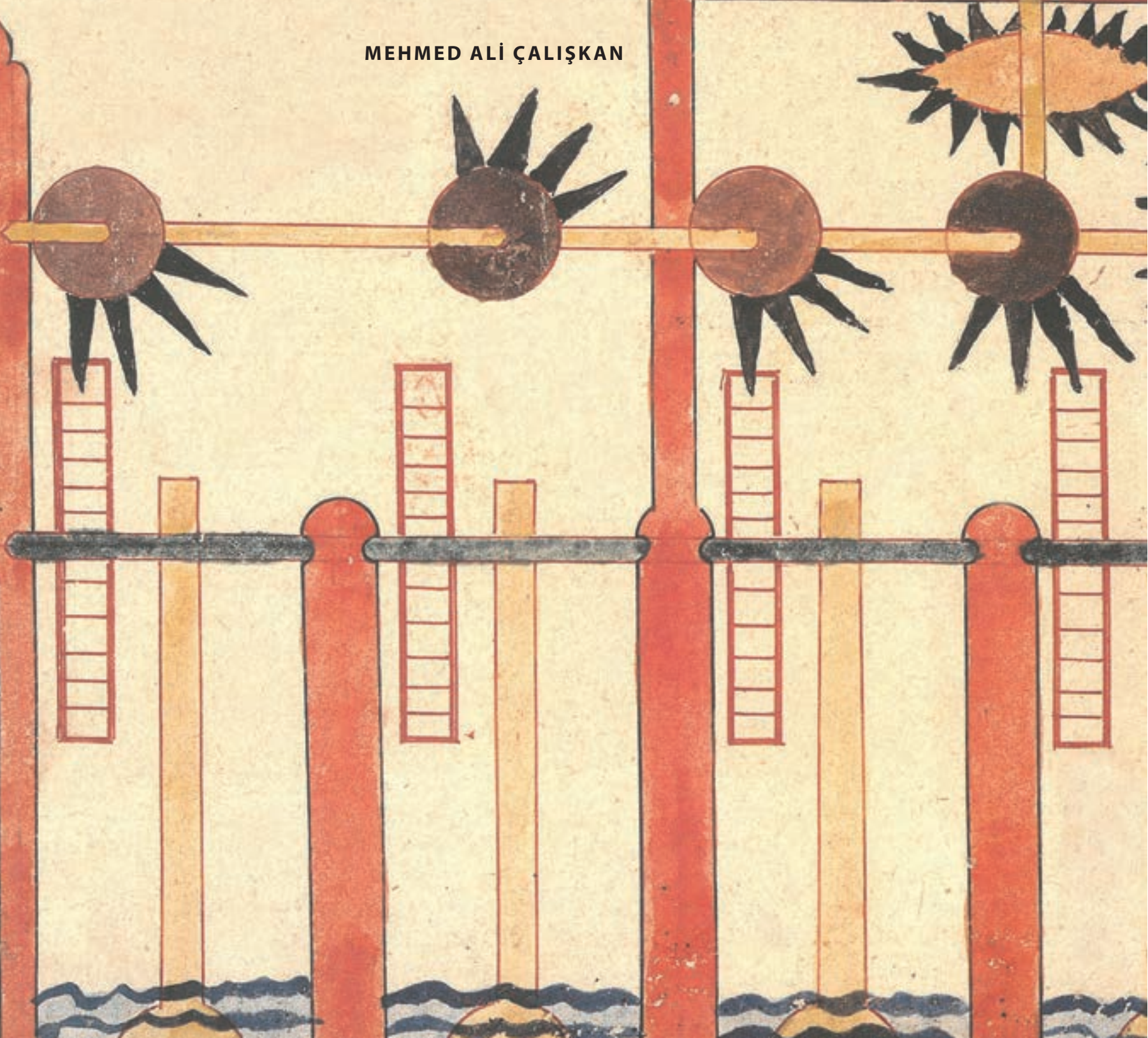


Dâhî bir Artuklu mühendisi *Cezerî*

MEHMED ALİ ÇALIŞKAN



1 Cezerî'nin aynı anda iki havuza farklı fazlarda su yönlendiren mekanizması. İkinci fazda havuzlardaki suyun davranışı yer değiştirecektir.

A

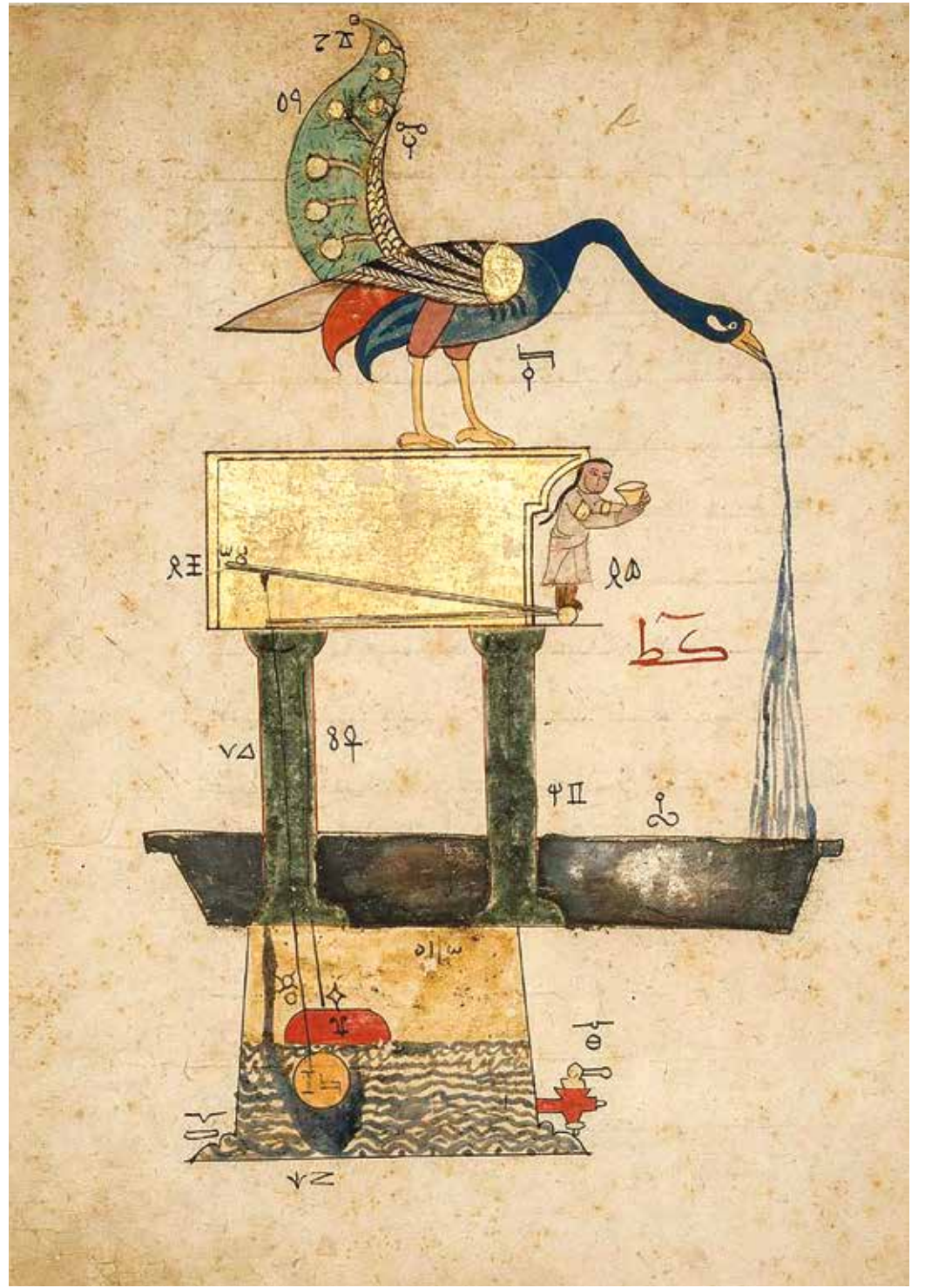
NADOLU'da 1200'lü yıllarda hüküm süren Artuklu Beyliği'nde yaşamış bir bilim adamının su

mühendisliğindeki ilginç mahâretleri, günümüz tarihçilerini ve bilim insanlarını şaşkınlığa düşürmüştü; dâhice fikirlerle icat ettiği orijinal, şık ve eğlenceli su âletleri, kendisinden sonraki mücidlere de ilham kaynağı olmuştur.

BİR ARTUKLU MÜHENDİSİ CEZERİ

Artuklular; Hasankeyf, Mardin ve Harput olmak üzere üç ayrı merkezde, XIII. ve XV. yüzyıllar arasında birbirleriyle ilişkili ama bağımsız üç beylik hâlinde yaklaşık 300 yıl hüküm sürdüler. Selahaddin Eyyûbi'nin 1183 yılında Diyarbakır'ı (Amed) Artukluların yardımıyla fethedip yönetimini Hasankeyf Artuklu Beyi Nureddin Muhammed'e vermesiyle, Hasankeyf Artukluları Amed'e taşındılar ve beyliğin bu kolu yıkılana kadar bu şehirde hüküm sürdüler. Artuklular savaşlar, kaybedilen ve kazanılan şehirler, güç kaybı ve güç kazanımı gibi med cezirli bir siyâsî hayâtın ortasında olmalarına rağmen sanat, bilim ve mîmarlıkta Anadolu'da zamânının ötesinde bir birikimin oluşmasına katkıda bulundular. Diyarbakır'a taşınan Artuklu beyi Nureddin Muhammed'in sarayı bir sanat eseri idi; sarayın bilinen son kalıntıları, 1961 yılında Oktay Aslanapa tarafından Diyarbakır kale içinde yapılan kazıda ortaya çıkarılmıştı.

Cezerî, Artuklu sarayında çalışan bir mühendis idi. Hasankeyf Artuklularından üç beye, Nureddin Muhammed ve onun oğulları Kutbüddin II. Sökmen ile Nâsirüddin Mahmud'a 1180 ve 1206 yılları arasında en az 26 yıl hizmet etti. Dolayısıyla beyliğin hem Hasankeyf (3 yıl) hem Diyarbakır (23 yıl) zamânında sarayın başmühendisiydi.



Kendisi hakkında edindiğimiz bütün bilgiler, kendi yazdığı *Kitâbü'l-Hiyel* adlı ünlü mühendislik eserinin girişindeki açıklamalar ile sınırlıdır. Cezerî hakkında, bu kitap dışında başka hiçbir târihî belgede henüz keşfedilmiş kesin bir bilgi yoktur.

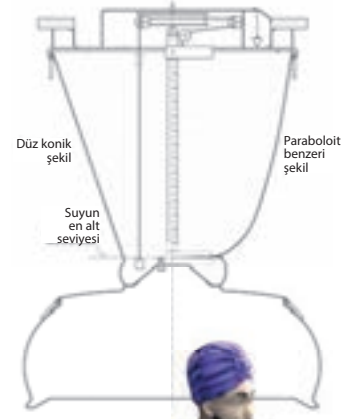
Buradaki bilgilerden yola çıkarak Cezerî'nin XII. yüzyılın sonu ve XIII. yüzyılın başlarında yaşadığını, Artuklu hükümdarlarına sarayda başmühendis olarak hizmet ettiğini biliyoruz. Doğum yeri, etnik kökeni, doğum yılı ve ölüm yılı hakkında elimizde bir

2 Cezerî; el yüz yıkamak veya abdest almak için yaptığı tavus kuşu formunu bu otomatik lavaboda da kullanır. Hizmetli tavus kuşunu aracın en üstüne koyarken kuyruğunun üzerindeki tutamağı etrafa belli etmeden biraz çevirmektedir. Bir süre sonra kendiliğinden tavus kuşunun gagasından su akmaya başlayacaktır. Bu arada Cezerî'nin köşk adını verdiği kapalı bölmenin iki kapısından biri açılmakta ve içinden bir çocuk çıkarak elindeki sabun kabını uzatmaktadır. Tavus kuşunun gagasından akan su tükenmek üzereyken köşkün ikinci kapısı açılmakta ve içinden başka bir çocuk çıkarak havlu uzatmaktadır.

3 Cezerî'nin bir çok âletinde kullandığı tarceharlara bir örnek. Su alarak yavaşça batmasıyla bir tür zamanlama düzeneğidir.



4 Cezerî'nin kayıkçılı su saati. Batarak süreyi ölçmesi bakımından bir tür tarcehardır. Sürenin sonunda, tam batma esnâsında düdük sesi çıkarır.



5 Cezerî'nin bir çok âletinde kullandığı tarceharlara bir örnek. Su alarak yavaşça batmasıyla bir tür zamanlama düzeneğidir.



bilgi yok. Cezerî hakkında edinilen bu sınırlı bilgi hâricinde üretilen bütün bilgiler târîh yazımı açısından delilleri olmayan yakıştırmalardır. Tek bildiğimiz *Kitâbü'l-Hiyel* adlı bir mühendislik kitabının yazarı olan ve kitabında îzah ettiği âletleri tasarlayıp îmal eden, Artuklu Beyliği'ne bağlı son derece dâhî bir mühendis olmasıdır. Dolayısıyla Cezerî bir Artuklu mühendisidir.

KITÂBÜ'L-HİYEL

Cezerî'nin, tam adı "Kitâb câmi' beyn 'ilm ve 'amel en-nâfi' fi sinâa'ti'l-hiyel" olan eseri, kitap sonundaki "Hiyel" kelimesine atıfla kısaca *Kitâbü'l-Hiyel* olarak anılır. *Kitâbü'l-Hiyel* dönemin bilim dili Arapça ile yazılmıştır. Kitapta 50 adet araç veya makinenin tasarımları görsellerle

desteklenerek açıklanmaktadır. Cezerî, esâsen araçları sarayda kullanılmak üzere üretirken hükümdârın isteği üzerine ürettiği eserleri kendinden sonraki nesillere bırakabilmek için bir kitap yazmıştır. Dolayısıyla kitap hayal ürünü âletleri değil, gerçekten îmal edilip test edilmiş ve çalıştırılmış âletlerin îzâhını içeren bir mühendislik kitabıdır.

Kitapta, su ile çalışan saatler, robotlar, kan alma cihazları, mumlu saatler, kilit ve kapılar, fiskiyeler, sulama ve su yükseltme mekanizmalarından oluşan 50 âlet yer almaktadır. Kitabın Cezerî tarafından yazılan ilk versiyonu günümüze kadar gelmemiş olsa da birbirlerinden küçük farklara sâhip 17 adet el yazma nüshası dünyanın çeşitli müze ve kütüphânelerinde bulunmak-

tadır. Kitap üzerinde günümüze kadar yerli ve yabancı birçok bilim târîhçisi ve mühendis çalışmıştır. Eilhard Wiedemann, kitap hakkında 1910'lu yıllarda Almanca yayımlar yapmış, Donald Hill 1974 yılında kitabı İngilizceye çevirmiş ve kitabın sonuna birkaç âletle ilgili teknik açıklamalar koymuştur. Ülkemizde ise kitap ve içinde yer alan âletlerle ilgili İbrahim Hakkı Konyalı (1951), Kazım Çeçen (1981) ve Atilla Bir gibi birçok bilim adamımız makâleler yazmıştır. Nihâyet kitabın bütün araçlarını tam detaylı bir şekilde, metin ve görselleri analiz ederek modern mühendislik bilgisine açık olarak îzah eden son çalışma 2015 yılında Durmuş Çalışkan tarafından yapılmıştır. Yaklaşık 15 yıllık bir çalışmanın ardından *Cezerî'nin Olağanüstü Eserleri*

adıylı basılan bu yayında, Şükran ve İhsan Fazlıoğlu'nun çevirdiği orijinal metne ek olarak, Çalışkan tarafından bütün araçların tasarımları çözüle- rek mühendislik îzahları yapılmış ve Cezerî'nin makinelerinde karanlıkta kalan bir husus bırakılmamıştır.

CEZERİ VE SU MÜHENDİSLİĞİ

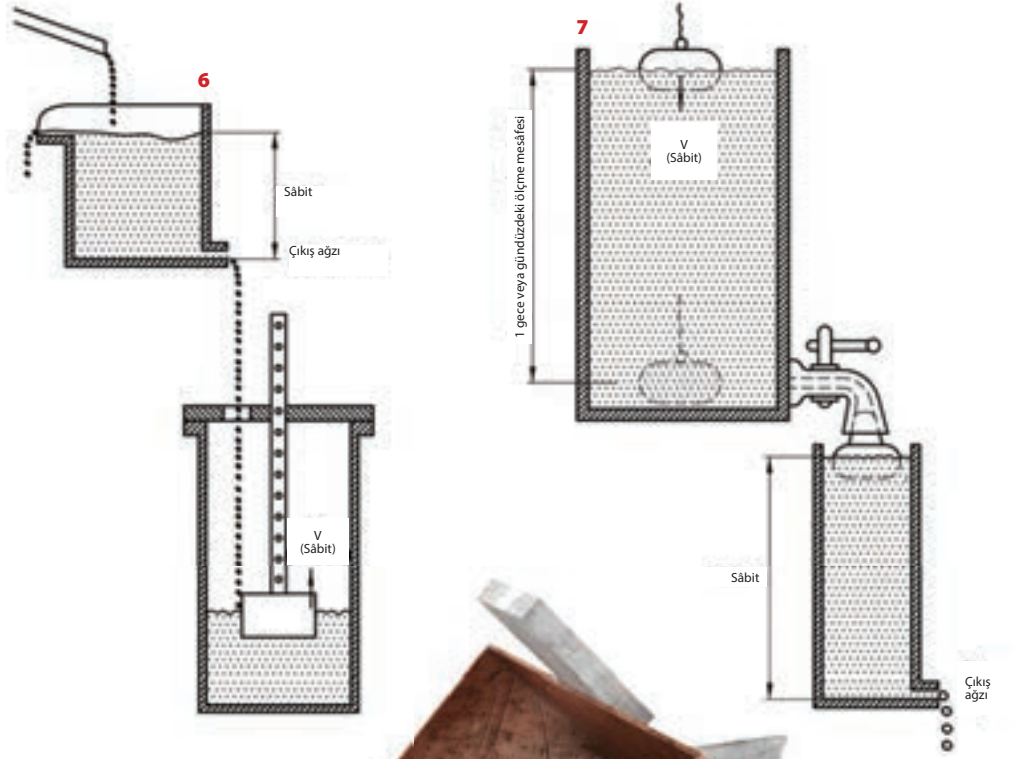
Cezerî'nin geliştirdiği 50 âlet içeri- sinde, kan ölçüm cihazları, mumlu saatler, içecek otomatları, kilitler ve kapıları dışarıda bıraktığımızda kalan 25'ten fazla düzenek, su mekanizması bulunmaktadır. Cezerî'nin su saatle- ri, abdest otomatları, fiskeiyeler ve su yükseltme düzenekleri gibi araçlarında olağanüstü incelikte su mühendisliği kullanılmıştır. Yazımızın bu bölü- münde Cezerî'nin su tekniklerini fonksiyonları açısından gruplayarak mühendisliğinin detaylarını vermeye çalışacağız ve devâmında onun suyun kullanımında bir şâhser sayılacak olan Anıt Su Saati'nin detaylı bir anlatımına yer vereceğiz.

ZAMANLAMA

Cezerî'nin âletlerinin önemli bir kısmı, zamânı ölçmek üzere kullanılan su saatleridir. Bu saatlerin sâdece bir kısmında su, enerji kaynağı olarak kullanılırken, hepsinde su akışı za- manlama mekanizması olarak kulla- nılmaktadır. Bir nehre baktığımızda akan suda zamânın akışını görürüz, bu açıdan su ile zaman arasında çok kadim bir ilişki vardır. Cezerî'nin zamanlama mekanizmaları, sâdece zamânı ölçmek için değil, belirli mekanik eylemleri çeşitli aralıklarla gerçekleştirmek için de kullanılmıştır. Cezerî'nin âletleri içine zaman mefhûmunu şu üç yolla yerleştirmiştir: batan bir kabın batma süresini esas alarak, dolu bir su depo- sunun boşalma süresini esas alarak ve son olarak boş bir kabın dolma süresini esas alarak. Şimdi bu zamanlama tek- niklerinin detaylarını inceleyelim.

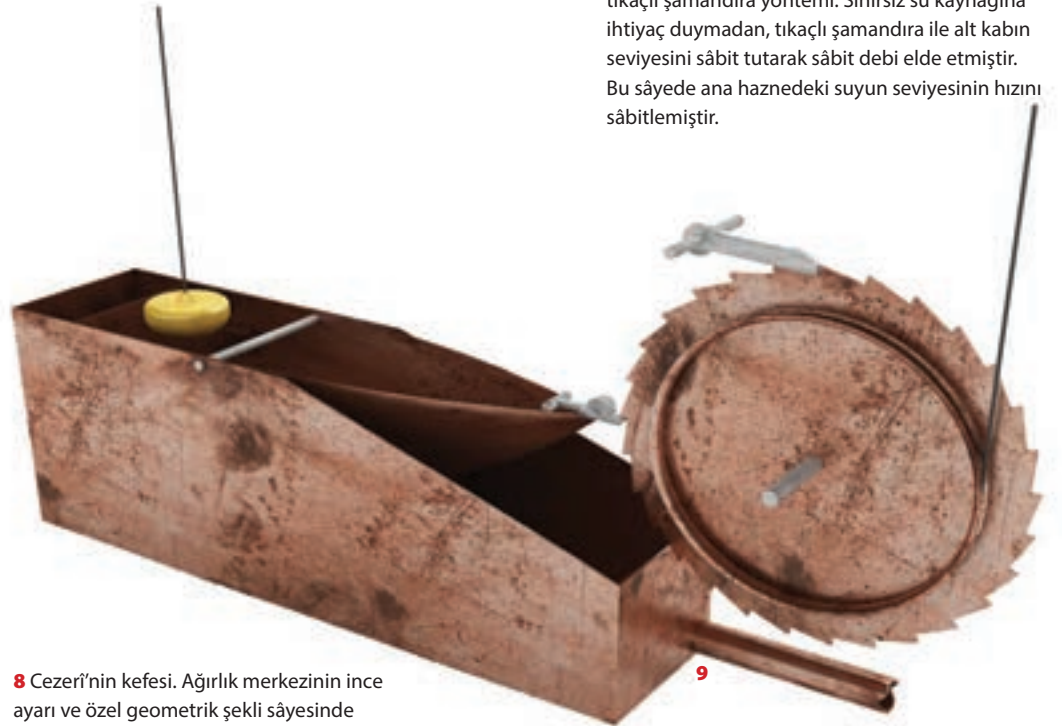
BATAN KAPLAR TEKİNİĞİ - TARCEHAR

Cezerî, bir kısım âletlerinde süreyi ölçebilmek için bir su haznesi veya havuzunda yüzen bir kap tasarlamış- tır. Bu tip kaplara "tarcehar" adını vermektedir. Tarceharlar genellikle



6 Yunan Ctesibios'un boşalan kaptaki suyun debisini sâbitlemek için geliştirdiği yöntemin şeması. Aşağıya kaba dolan suyun debisi sâbitlendiği için yükselen şamandıranın hızı da sâbittir.

7 Cezerî'nin Ctesibios'un sisteminden daha gelişmiş tıkaçlı şamandıra yöntemi. Sınırsız su kaynağına ihtiyaç duymadan, tıkaçlı şamandıra ile alt kabın seviyesini sâbit tutarak sâbit debi elde etmiştir. Bu sâyede ana haznedeki suyun seviyesinin hızını sâbitlemiştir.



8 Cezerî'nin kefesı. Ağırlık merkezinin ince ayarı ve özel geometrik şekli sâyesinde tam dolduğu zaman devrilir, suyu boşaltır ve tekrar dolmaya başlar.

9 Cezerî'nin kefesinin gelişmiş bir kullanımı. Kefe her dolumunda çarkı bir tırnak daha çevirerek bir zaman kadrânını harekete ettirmektedir.



10

10 İçecek sunan çocuk robotunda Cezerî, içeceği kefedte biriktiren iki sunum arasında bir zaman kazanmaktadır. Kefe dolunca devrilir ve içeceği bardağa dökecek balığa iletir.

11 Çocuklu otomatik lavabo, Cezerî'nin abdest alıran özel otomatlarından birisidir.

12 İçecek sunan bir otomat örneği. Sıvı hem mekanik hem pnömatik (hava) hareketine neden olmaktadır.



11

bakırdan îmal edilir ve tabanlarında bulunan ufak bir delikten su alarak gittikçe ağırlaşır, bu sâyede su yüzeyinde yüzer vaziyette olmasına rağmen zaman içinde daha fazla kısmı suya batar. Cezerî, bu yavaş batma sürecini genellikle zamânı ölçmek için kullanır. Örneğin Filli Su Saati'nde filin gövdesindeki havuzda yavaşça batan tarcehar, yarım saatlik süre boyunca alçalarak su yüzeyinde kalmaktadır. Bu alçalma sâyesinde bir zinciri çekerek yarım saatlik bir zaman kadranını homojen olarak çevirir. Tarceharlar tam olarak suyla dolduklarında yüzme kâbiliyetlerini yitirirler ve hızla dibe batarlar. Cezerî, bu hızlı batma ânını da kullanır; tarcehar daha güçlü bir çekme kuvveti üretir veya daha derine battığı için boşluğu daha fazla ikinci bir zinciri harekete geçirebilir.³ Yine Filli Su Saati'nde, tarcehar yüzer vaziyetteki alçalma ile yarım saatlik sürenin eş parçalarını gösterebildiği gibi, bu süre sonunda hızla batarak mekanizmada sesli ve görüntülü bir animasyon gerçekleştirerek sürenin geçtiğini de haber vermiş olur.

Cezerî'nin Kayıkçılı Su Saati de bir havuzda dolaşan kayık şeklinde tasarladığı bir tarcehardır.⁴ Tarcehar, yâni kayık, su alarak yavaşça batar, 1 saatlik süre boyunca bu su alma işlemi devam



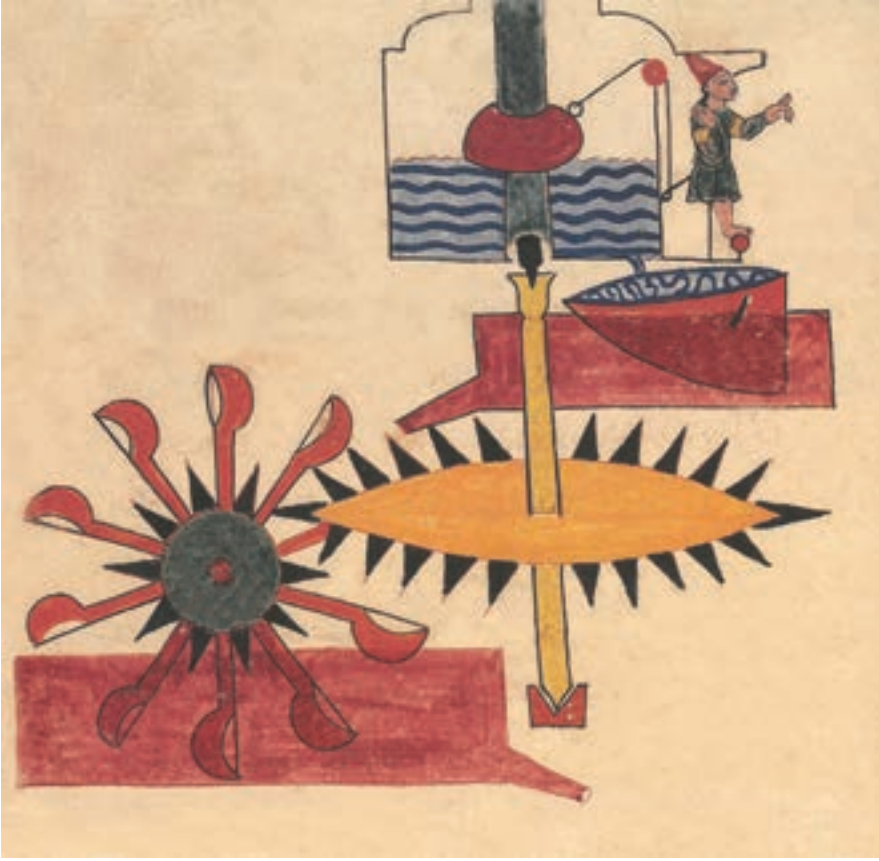
12

eder. Sürenin sonunda kayık tam su alır ve hızla batmaya başlar. Cezerî, tam bu esnâda bir animasyon yarata-bilmek için kayığın içine yerleştirdiği kayıkçının içine, batan kayığa dolan suyun havayı sıkıştıracağı bir boşluk koyar. Sıkışan hava, kayıkçının baş kısmındaki düdüğü çalar, böylelikle söz gelimi havuz kenarında bir saatlik keyif yapan hükümdâra sürenin dolduğu haber verilmiş olur.

Yâni Cezerî'nin tarceharları basit bir batan kap olmakla birlikte birçok gelişmiş mekanik ve pnömatik devre ile birleştirilebilir.

BOŞALAN SU HAZNELERİ TEKNİĞİ - DEBİ REGÜLATÖRLERİ

Zamânı ölçmek için kullanılan bir başka teknik ise bir hazneden boşalan suyu kullanmaktır. Su boşaldıkça haznedeki seviye alçalır ve alçalan seviyeye bağlı olan bir mekanizma bir tür saat kadranını çevirir. Lise fiziği okumuş herkes buradaki meydan okumayı fark edecektir. Suyun seviyesi azaldıkça düşen basınç ($p = h \cdot d$) yüzünden suyun tahliye debisi azalacaktır ve gittikçe azalan debi yüzünden zamanı eşit aralıklarla ölçmek mümkün olmayacaktır. Cezerî, azalan debi problemi-ne yönelik kendinden önce geliştirilen düzeneklerden çok daha ileri seviyede



13 14

13 İçecek sunum âletlerinden Hakem'in bir iç mekanizması.

14 Cezerî'nin öküzlü içecek otomatı. Sıvıları karıştırmadan ana haznede tutar, ve daha sonra istenilen oranda karıştırarak misâfirlere sunar.



debi regülatörleri yapmıştır.

Kâtipli Su Saati adını verdiği âletinde Cezerî, hazneden boşalarak seviyesi azalan su ile zamânı ölçen bir sistem yapmıştır.⁵ Bu sistemde Cezerî'nin icat ettiği yenilikçi yaklaşım, haznenin şeklini parabolik bir hacim olarak önermesidir. Böylelikle suyun debisi gittikçe azalsa da parabolik kesit sayesinde her defasında eşit seviyede seviye azalması için daha az suyun tahliyesi yeterli olmuştur. Yâni azalan debiyle uyumlu olarak seviyeyi düşürecek su miktârını da kesiti dizayn ederek azaltmıştır.

Azalan debi problemine çözüm olarak geliştirdiği bir diğer yöntem ise "Destur" adını verdiği regülatördür. Destur, Cezerî'nin en kapsamlı eseri olan Anıt Su Saati'nde kullanılmıştır. Cezerî, Yunan mekaniğinde debi problemine yönelik geliştirilen çift kap yöntemini alarak ona, bugün için bile bize oldukça modern bir yaklaşım olarak gelecek bir geri besleme tekniği eklemiştir.

Yunanlı Ctesibios'un çift kap yöntemi şu şekilde çalışır. Zamânı ölçmek için tahliye ettiğimiz suyun debisini sâbit tutmak için suyu ana su haznesinden ayrı olarak araya yerleştirilmiş daha küçük ve su seviyesi sâbit tutulan bir kaptan tahliye ederiz. Ana hazne

veya ana su kaynağı, bu kabı devamlı besler ve seviyesini sâbit tutar. Fazla su üst kısımdan dışarı akar Böylelikle tahliye olan suyun debisi sâbitlenmiştir. Ancak ana hazneden gelen suyun tahliyesi düzensizdir ve sistemden su kaybı olur. Dolayısıyla debi sâbitlenmiştir, sâbit debi ile sistemin çıkışında bir süre mekanizması kurulabilir. Ancak ana haznedeki seviye değişimi, güvenilir bir ölçümleme sunmaz.⁶

Cezerî, ikinci kaptaki suyun seviyesini tıkaçlı bir şamandıra ile sâbitlemiştir. Bu şamandıra, seviyenin istenen değerden az veya çok olmasını kontrol ederek ana hazneden gerektiği kadar suyu ikinci hazneye alır. İkinci hazneden eksilen su, sâbit yükseklik sayesinde sâbit debidedir; dolayısıyla tıkaçlı şamandıra eksilen su kadar üst hazneden su aldığı için üst haznede sâbit debi ile eksilmiş olur. Dolayısıyla bu sistem sayesinde su kaybı olmaz, her iki haznedeki tahliyeler eşit debidedir ve en güzeli, ana haznede su seviyesinin alçalması sâbit bir hızda gerçekleşir. Bu sâyede zaman eşit aralıklarla ölçülmüş olur.⁷

TETİKLEYİCİ KEFELER

Zamânı ölçmenin bir diğer yolu ise bir kaba su doldurup kap içinde artan su seviyesine bağlı bir şamandıra ile

süreyi ölçmek veya kabın dolması için gereken süreyle sistemi ilişkilendirmektir. Cezerî, kefe adını verdiği özel geometriye sâhip bir makine elemanı geliştirmiştir.⁸ Kefe aracılığıyla, çoğunlukla belirli bir süreyi ölçme ve o süre sonunda belirli bir eylem tetiklemesi gerçekleşmektedir.

Cezerî, kefeyi birçok kombinasyonda kullanabildiği gibi en genel çalışma prensibi şu şekilde, kefenin ön kısmı kayık şeklinde arka kısmı ise dikdörtgen prizma şeklindedir. Kefe boş iken arka kısmın ağırlık farkı nedeniyle düz durmaktadır, su aldığı anda ise ön hem kayık kısmının hacim farkı hem de ağırlık merkezinin devrilme eksenine olan mesafesinin uzaması yüzünden kaldırma etkisiyle aşağıya doğru devrilir. Devrilme, kefe tam olarak suyla dolduğunda gerçekleşir. Böylelikle suyun debisi veya kefenin büyüklüğü ile oynanarak istenen dolma süresi elde edilebilir. Süre sonunda kefe devrildiğinde, içindeki suyu boşaltır ve ucundaki bir mekanizma ile bir sistem tetiklemesi gerçekleştirebilir.⁹ Devrilen kefe, içindeki suyu boşalttığı için ağırlık merkezi değişir ve tekrar eski konumuna geri döner. Kefenin bir diğer kullanımı ise belirli miktarda suyu biriktirip belirli bir amaç için kullanmaktır. Örneğin içecek otomatlarında



15 16



bir kişiye yetecek kadar içecek (bir bardak miktârınca) küçük bir kefedede toplanır ve süre sonunda devrilerek otomatın tahliye sistemine ulaştırılır.¹⁰

KULLANMA

Cezerî'nin, suyu günlük hayatta kullanmak için geliştirdiği araçlarda da yine ilginç teknikler geliştirmiştir. Cezerî'de su kullanımı, genellikle abdest alma robot ve otomatları olarak ortaya çıkmıştır. Bu otomatları bir tür otomatik lavabo veya çeşme gibi düşünebiliriz. Çeşme otomatlarında haznede bulunan kullanım suyu, sultânın abdest alması için dışarıya tahliye edilecektir. Ancak bu esnâda aynı su, sistemin çeşitli aksiyonları gerçekleştirebilmesi için iç düzeneklerde de kullanılacaktır.

Örnek olarak sultânın abdest için hazırlık yapmasını sağlayacak kadar süreyi ona tanımak için sesli uyarıya sâhip sifonlu bir ibrik sisteminde suyu biriktirecektir. Biraz sonra sultânın ellerine akacak olan su, burada aynı zamanda havayı sıkıştırarak mekanizmadan düdüğü sesi çıkmasını da sağlamaktadır. Aynı şekilde bu otomatlarda, kişinin kullanımından sonra kirli su deposuna akan su da hâlâ belirli düzeneklerde işe yaramak üzere görevlidir. Örneğin aynı abdest otomatında kirli su haznesinde biriken suyun miktârına göre abdestin bittiği varsayılarak sultâna havlu ve tarak uzatan kol harekete geçmektedir. Bu çerçevede Cezerî'de de, bir kullanım nesnesi olarak bâzı düzeneklerinin amacı olmakla berâber, aynı suyun bir araç olarak düzeneğe hayat verdiğini

belirtmemiz gerekiyor.¹¹

Cezerî'nin içecek otomatlarını da sıvı dinamiği kullanması açısından bir tür su kullanım cihazları olarak düşünebiliriz. Abdest alma otomatlarından farklı olarak bu makinelerde Cezerî, sıvının (su, meyve suyu veya şarap) içecek olarak kullanılmasını sağlayan eğlenceli düzenekler geliştirmiştir. Bu düzeneklerde sıvının mekanik hareketi sayesinde dönen elemanlar veya havayı sıkıştırmasıyla öten düdükle içecek sunumunu eğlenceli hâle getirmiştir.¹²

Cezerî'nin oldukça karmaşık bir sohbet meclisi âleti olan Hakem (2. Tü-rün 3. Şekli), saatler süren sohbetlerde ortada durarak içinde hareket eden sıvı mârifetiyle çeşitli robotik hareketler gerçekleştiren, vurmali ve nefesli çalgı sesleri üreten muhteşem bir tasarımıdır. Köşk şeklinde tasarlanan âletin taht kısmında sâki oturur ve 20 dakikada bir sıradaki kişiye içecek ikram eder. İkrâmın kime yapılacağını ise köşkün tepesindeki atının mızrağının yönü belirlemektedir. İlerleyen saatlerde köşkün üst kısmındaki kapı açılır ve içinden çıkan insan görünümündeki robot, eliyle sâdece iki kadehlik içecek kaldığını haber verir; bu iki kadeh de tüketilince aynı robot tekrar çıkar ve diğer eliyle artık içecek kalmadığını haber verir.¹³

Cezerî'nin Öküzlü İçecek Otomatı olarak adlandırılan bir diğer düzeneği ise sıvı karıştırma konusunda çok zekîce bir vana sistemi içerir. Sistemin öncelikli görevi, küp içine aynı yerden dökülen farklı renk ve nitelikteki sıvıları karıştırmadan ayrı haznelerde biriktirmektir. İkinci görevi ise geliştiren özel vana sistemiyle ayrı haz-

nelerde bulunan sıvıları kullanıcının istediği oranlarda karıştırarak içecek olarak sunmaktır.¹⁴

Sıvıları birbirine karıştırmadan ayrı hazneler doldurmak için Cezerî, farklı seviyelerde çalışan sifon sistemleri kullanmaktadır. Belirli bir sıvı, kendi haznesini dolduracak kadar küpe döküldüğünde kendi sifonundan kendi haznesine geçmekte, bu hazne dolunca sonraki sıvı zorunlu olarak bir sonraki yükseklikteki sifondan geçip bir sonraki hazneye gitmektedir. Sıvıları karıştıran valf ise çok daha fazla heyecan vericidir. İç içe geçmiş silindirlerden oluşan valf sisteminde, sıvıların çıkış delikleri iç silindirin açılmal konumuna göre farklı açıklıklara sâhip sıvıyı nihâî karışıma istenilen oranda karıştırmış olur. Bu vananın geometrik yapısı dâhice bir mühendislik içermektedir.¹⁵

Cezerî'nin bu ve benzeri birçok otomatında, sistem içinde kullanım amacıyla (temizlik veya içecek) bulunan sıvı aynı zamanda sistemin dinamiğine de kaynaklık eder. Genellikle yüksek bir hazneden alçak bir hazneye inen sıvının potansiyel enerjisinden yararlanan Cezerî, sıvıyı hem dinamik hem zamanlama hem de tüketim amacıyla sisteme dâhil etmiştir.

YÖNLENDİRME VE FAZLAR

Su yönlendirme, özellikle süs havuzlarında (veya bahçe/tarla sulama amaçlı) kullanılan fiskiyelerde önemli bir gerekliliktir. Cezerî'nin fiskiyeleri, kitabında önemli bir yer tutar ve bu araçlar suyu yönlendirme amaçlı olmak

üzere gelişmiş yöntemler içermektedir. Su yönlendirmek için Cezerî genellikle iki fazlı sistemler kullanmıştır; su ilk fazda bir borudan, ikinci fazda ise bir başka borudan ilerlemektedir. Fıskiyelerde genellikle kesintisiz bir su kaynağı kullanılmakta ve bu sûrette su havuzda veya bahçede farklı yerlere yönlendirilebilmektedir. Sûs fıskiyelerinde su bir havuzun göbeğinden fışkırmaktadır. İlk fazda, yâni belirlenen bir süre boyunca su örneğin göbeğin merkezinde dik olarak havaya doğru, ikinci fazda ise merkezin etrafındaki deliklerden etrâfa yay şeklinde fışkırmaktadır.¹⁶

Cezerî'nin su yönlendirme amaçlı fıskiyelerin hepsinde işe yarayabilecek ortak bir teknik ürettiği ek bir yöntemi de vardır. Bu yöntem, kefe veya şamandıra kullanımına ihtiyaç bırakmamakla berâber çok basit bir sistemdir. Kaşıklı yönlendirme sistemi ile Cezerî, kaynak suyu terâzinin düşen tarafından akıtırken bir miktâr ile terâzinin dingil sistemine tutturulmuş çift kaşıklardan birisini doldurur. Kaşık dolana kadar terâzi mevcut fazını korur, daha sonra ağırlaşan kaşık düşer ve sistemi ikinci faza geçirmiş olur. Bu fazda sâdece yön değişmiştir ve şimdi diğer kaşık dolana kadar sistem ikinci fazda kalacaktır. Bu sistem, hem Cezerî'nin fazlı fıskiyelerinde hem de suyun iki ayrı yöne kesintili ve sıralı gönderilmesi gereken her türlü tarımsal ihtiyaçta işe yarayacaktır.¹⁷

YÜKSELTME

Su yükseltme düzenekleri, su kaynakları seviyesinin üstünde kalan tarım alanlarını sulayabilmek için gereken önemli araçlardır. Çok eski medeniyetlerden günümüze kadar kullanılan bu düzenekler çeşitli yöntemleri kullanmaktadır. Günümüzde kullanılan motorlu sistemlerden önce su yükseltme düzenekleri insan, hayvan veya suyun kendi gücüyle çalışıyordu. Cezerî, kendi zamânında kullanılan hayvan gücü ile çalışan tipik su dolaplarını teknik olarak geliştirmiş ve çeşitli su yükseltme metotları icat etmiştir. Cezerî'nin su yükseltme araçlarında, günümüzde mekanikte önemli yere sâhip belirli prensipler de ilk defa icat edilmiştir.



17



18



19

15 Öküzlü içecek otomatının karışım vanası, mükemmel bir mühendislik örneğidir.

16 Cezerî'nin havuz fıskiyelerinde kullandığı yönlendirme mekanizması. Yine kefeli zamanlamaya bağlı olarak terâzi, suyu sırasıyla iki ayrı havuza akıtır.

17 Cezerî'nin basit ama etkili bir su yönlendirme aracı. Dolan kaşık sistemi ikinci faza devirir.

18 Cezerî'nin birçok âletinde kullandığı segment dişliler. Dişlinin sâdece belirli bir kısmı doludur, dolayısıyla sistem bir dolu bir boş olarak farklı zamanlara sâhip iki faz imkânı doğurur. Mekanik târihinde ilk kez Cezerî kullanılmıştır.

19 Cezerî'nin, hayvan gücüyle su yükseltme düzeneği. Segment dişli sayesinde tahrik sâdece kepçe kalkarken verilir, dişli boşaldığında kepçe düşerek suya dalar.



21



22



20

20 Cezerî'nin geliştirdiği krank mili. Mekanik târihinde ilk kez Cezerî'de kullanılmıştır.

21 Cezerî'nin krank mili sistemi ile kuyudan su çıkaran düzeneğinin orijinal çizim minyatürü.

22 Cezerî'nin elevatörlü su yükseltme düzeneği. Sistemi inek çeviriyor zannedilir, ancak gerçek güç aşağıdaki gizli mekanizmadan gelir.

Bunlara krank milini, segmentli çarkları, pistonlu pompayı ve dört silindirli motorun çalışma prensibini örnek verebiliriz.

Cezerî, su yükseltmek için hayvan gücünden veya suyun kendi kuvvetinden istifade etmiştir. Suyu yükseltmek için üç yöntem kullandığını görüyoruz: kepçe, döner kova ve pompa.

KEPÇE YÖNTEMİ - SEGMENT DİŞLİLER VE KRANK MİLİ

Bir milin etrafında dönebilen bir kepçe, alçak seviyedeki suyu hazne kısmına aldıktan sonra yukarıya doğru kalırken kendi kolu üzerindeki oluk vâsıtasıyla milin bulunduğu seviyedeki bir diğer oluğa akıtarak üst seviyeye taşımış olur. Kepçe sisteminde kritik olan husus, kepçenin mil etrafında 90 derecelik bir açıdan daha fazla dönme gerekliliğidir. Çünkü bu, şekilsel olarak sistemin çalışmasını imkânsız kılar. Ancak mile bağlı güç kaynağı, örnek olarak hayvan, devamlı dönecektir ve eğer bir çözüm geliştirilmezse bu devamlı hareket kepçeyi en üst kısma çıktıktan sonra dâiresel dönüşüne devam ederek ters tarafa geçmeye, yâni şeklen imkânsız bir harekete zorlaya-

caktır. Hayvanı durdursak bile kepçe havada asılı kalacaktır.

Cezerî'yi dâhî yapan çözümlerden birisi de segment dişli sistemidir.¹⁸ Yâni mili çeviren dişli sistemi, milin tahrik sistemine sâdece zamânın 1/4'ünde değmektedir. Bu zamânın dışında milin kafes çarkı dişli çarktan kurtularak boşalmakta ve bu sâyede kepçenin ağırlığıyla ters yöne dönerek kepçenin inmesine izin vermektedir. Kepçe suya daldığında, dişli çarkın boş kısmının dönüşü tamamlanmış ve tekrar dişlerin milin kafes çarkına temas zamânı gelmiştir. Bu kenetlenme ile kepçe tekrar 90 derecelik yolculuğuna çıkar, haznesindeki suyu yukarı kaldırıp kanalından boşaltır.¹⁹ Bu dâhîce çözüm Cezerî'ye çok daha gelişmiş sistemleri yapmanın yolunu açmıştır.

Cezerî'nin kepçeli su yükseltme düzeneklerinin bir diğerinde ise bizi şaşırtan tanıdık bir düzenekle karşılaşırız. Bilim târihi kaynaklarında ilk kullanımına ilişkin 1450'li yıllarının verildiği krank milini, 250 yıl önce Cezerî'de görebiliyoruz.²⁰

Krank mili, Cezerî'nin 5. türünün 4. şekli olan kuyudan hayvan gücüyle su çıkarma aracında kullanılmıştır. Modern krank mili, doğrusal kros hareketi dönme hareketine çevirmektedir. Örneğin bir piston ileri giderek bir tekerleği döndürmektedir. Cezerî'nin bu aracında ise krank mili ters amaçla kullanılmıştır. Cezerî'den önce görmediğimiz bu krank sistemi, kepçe hareketini istenen konumlarla sınırlamak için dâhîce düşünülmüş bir çözümdür.²¹

DÖNER KOVA YÖNTEMİ VE KONİK DİŞLİLER

Cezerî'nin araçları arasında suyu döner kova mârifetiyle kaldırdığı tek bir aracı vardır. Bu araç, suyu yükseltmek amacıyla geliştirmiş bir düzenek olmakla beraber Cezerî'nin mizâhî yönünü de gösterir. Dışarıdan sistemi inceleyen kişi, döner kova sisteminin bir inek tarafından çevrildiğini düşünmektedir; oysa inek sâdece bir makettir; sistem, su seviyesinin altına gizlenmiş olan özel bir odada suyun gücüyle dönen bir çarklı düzenek tarafından hareket ettirilmektedir.²²

POMPA YÖNTEMİ - WORTHINGTON TULUMBASI'NIN ATASI

Cezerî'nin su yükseltmek için kullandığı üçüncü bir yöntem emme basma yana pompa yöntemidir. 5. türün 5. şeklinde gördüğümüz bu yöntem, suyun kendi gücünü kullanarak onu 10 metre yüksekliğe pompalayabilen bir sistemdir.²³ Dahası Cezerî, yine mekanik bir fazlama kullanarak çift silindir ile çift etki yaratmış, bir silindir suyu emerken diğeri ile basarak kesintisiz su tedârîki sağlamıştır. Tıpkı önceki bölümde gördüğümüz krank örneğinde olduğu gibi, bu tip dâhîce bir çözüme Cezerî'den önce rastlamıyoruz.²⁴

Emme basma tulumbaları, Avrupa'da XV. yüzyılda görebiliyoruz ve Cezerî'nin bu çift etkili pompasındaki benzer fonksiyonu baz aldığımızda, 1840 yılında Henry R. Worthington tarafından tek silindirle çift etkili buhar pompası olarak geliştirilen pompanın atası olduğunu söyleyebiliriz.

SU MÜHENDİSLİĞİNİN ŞÂHESER ÖRNEĞİ: ANIT SU SAATİ

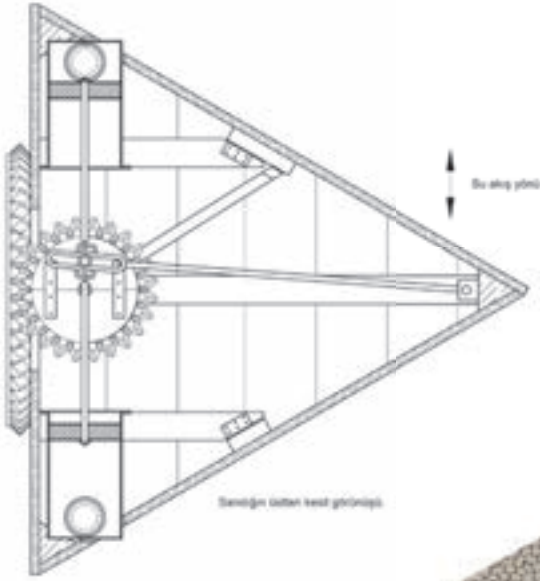
Cezerî'nin kitabında ilk makine olarak, kendisinin güneş saatine göre zamânın geçişini bildiren su saati şeklinde tanımladığı anıtsal bir saat bulunur. 4 metre yüksekliğinde büyük bir hacme sâhip olan ve bilim târihçileri tarafından Anıt Su Saati, Kale Su Saati veya Astronomik Su Saati olarak isimlendirilen bu düzenek, kitapta en çok yer verilen, bahsedilen diğer âletlerdeki birçok prensibi bünyesinde toplayan muhteşem bir mühendislik örneğidir.²⁵

Saatin fonksiyonlarını sıralarsak şunları söyleyebiliriz:

Saatin arka kısmında yılın hangi ayında olduğumuzu belirlediğimiz bir günler kadranı vardır. Bu bir nevi modern makinelerde alışık olduğumuz türden bir arabirimdir.

Saat seçilen târihe göre gün uzunluğunu bilir ve günün toplam uzunluğunu 12 eşit parçaya bölerek çalışır. Düzenek, günlerin uzunluğunu Cezerî'nin yaşadığı coğrafyayı baz alarak yapar. Örnek olarak yazın 14,5 saat olan bir günde, makinenin birim saati bizim dakîkamızla 72,5 dakîkaya eşit olur. 9 saatlik kısa bir günde ise makinenin birim saati

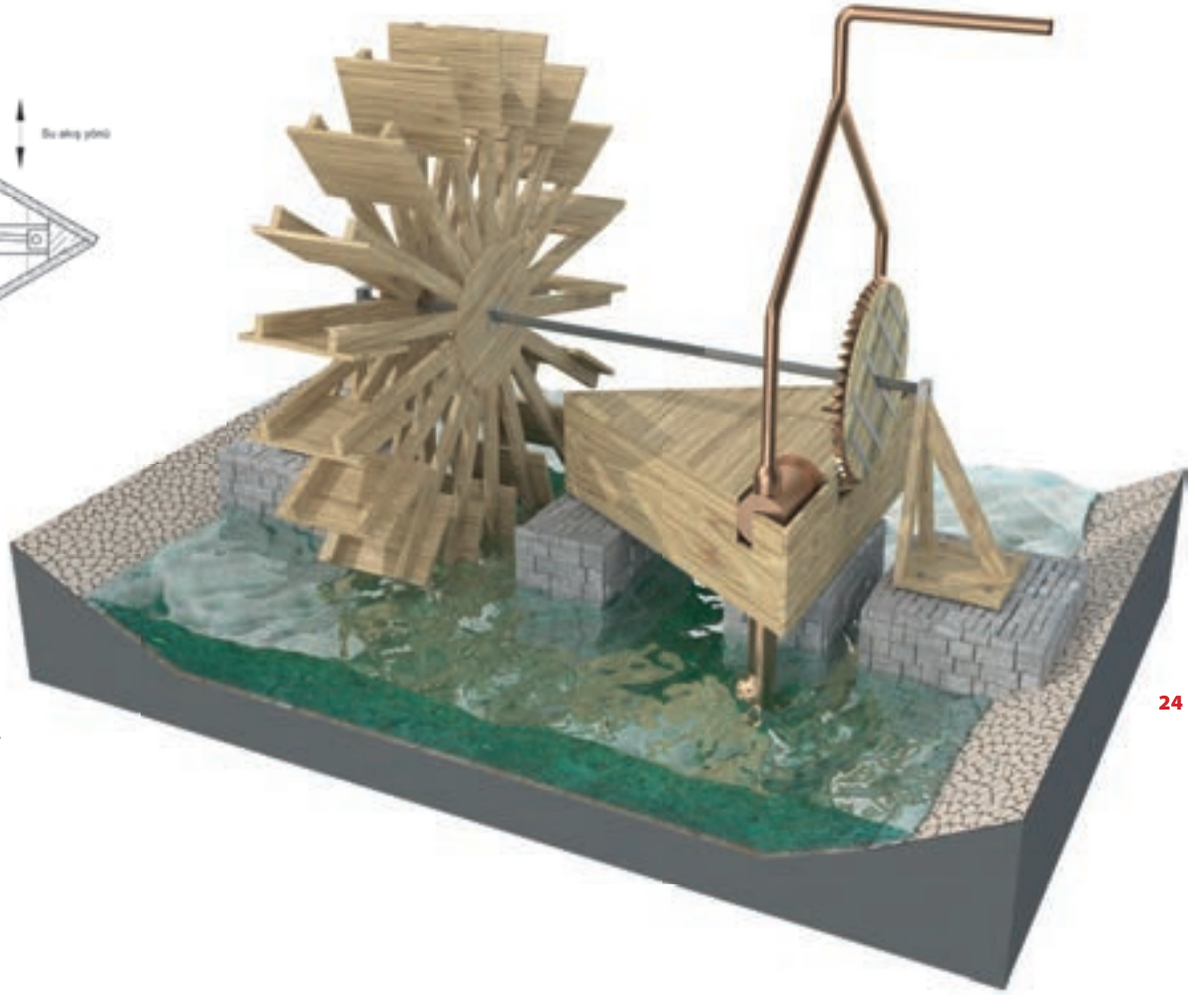




23

23 Cezerî'nin muhteşem su pompası. Su gücüyle çalışan araç, suyu 10 m yüksekliğe çıkarır. İki pompa ile çift etkili olduğu için bir yandan su emerken bir yandan su basabilir.

24 Cezerî'nin su pompasının teknik çizimi, göbekteki dişliye yerleştirilmiş kızak mekanizmasını da göstermektedir. Mekanizma ile dairesel hareket pompalarda emme-basma hareketine dönüştürülür.



24

bizim dakîkamızla 45 dakîkadır. Bugün ancak modern elektronik saatler ile geliştirebileceğimiz, astronomi ile bu derece uyumlu bir saat Cezerî'nin dehâsını göstermesi bakımından çok önemli bir örnektir.

Güneş saat sistemi, güneşin doğuşu ve batışı arasını 12 saat kabul eder; akşam ezânı saat 12'de, öğle ezânı saat 6'da, ikindi ezânı ise saat 9'da okunur. Cezerî'nin bu aracında, saat bu karmaşık gün uzunluğu sistemini dikkate alarak tam zamânında öğle, ikindi ve akşam ezanlarının vakitlerini önündeki müzisyen robotların animasyonu ile duyurur. Bu üç vakitte üç vurmali çalgıcı robotik hareketler ile çalgılarına vururlar, iki nefesli çalgıcının seslerini temsilen ise düzenek düdük sesi üretir.

Her bir saat geçtiğinde, yâni toplam günün 12 eşit parçasından biri için, saatin ön duvarında bir pencere açılır ve öznlü bir söz gösterilir, duvarda bulunan

şâhinlerden birisi eğilir ve ağzından piring bir küre bırakır.

Yukarıda anlatılan bütün fonksiyonlar zamâna bağlı olarak çalışan çeşitli otomatik kontrol tertibatlarıdır. Dolayısıyla bu saatte zamanlama çok önemlidir. Diğer saatlerinden farklı olarak bu saat güneş saati sistemine dayandığı için, düzenekte bir birim saat için zamanlama mekaniği her gün değişen miktarda bir süreyi esas alır. Cezerî'nin yukarıda değindiğimiz Destur regülatör motoru burada devreye girmektedir.

Destur düzeneği ile Cezerî, iki soruna çözüm geliştirmiştir. Öncelikle büyük silindir ve küçük silindir arasındaki su geçişini yöneten tıkaçlı şamandıra, geri besleme sistemi aracılığıyla sistemdeki debinin su yüksekliğinden etkilenmeyecek sâbit bir şekilde kalmaktadır. Tıkaçlı şamandıra, ikinci silindirdeki seviyeyi sâbit tutar; buradan su, sâbit bir debiyle boşalır. Eksilen su kadar büyük silindir-

den suyun akmasına izin veren tıkaçlı şamandıra hem ikinci silindirdeki su seviyesini hem de ana silindirden eksilen suyun debisini sâbitlemiştir.

Destur'un ikinci fonksiyonu ise debiyi günün uzunluğuna göre ayarlamasıdır. Yâni gün içinde hep sâbit tutmaya çalıştığı debi, aslında her gün farklı bir debidir. Desturun ön kadrânı size kullanışlı bir arabirim sunar, yapmanız gereken hangi günde olduğunuzu sisteme bildirmektir. Aslında kadrânı çevirdiğinizde, ikinci silindirden suyu tahliye eden sifonun tahliye yüksekliğini belirlemiş olursunuz. Böylelikle bu yükseklik suyun toplam yüksekliğini etkilediği için o güne özel bir debi seçmiş olur. Böylece büyük silindirdeki bütün suyun tam olarak o günün gün uzunluğu kadar sürede boşalması sağlanmış olur.

Bundan sonrası bir mühendis için daha kolaydır. Silindirin su seviyesini

25 Cezerî'nin en gelişmiş âleti olduğuna dâir târihçi ve mühendislerin ittifak ettiği "Anıt Su Saati".



25

12 eşit birime bölerek gün içinde bütün saatlerin zamânını belirlemiş olur. Su seviyesi tam ortadayken saat 6'yı gösterir, müzisyenler öğle ezânı vaktini haber verirler. 1/4'lük seviyeye geldiğimizde saat 9'dur ve akşam ezânının vaktindeyiz. Su tam olarak tükendiğinde ise saat 12'dir ve vakit akşam ezânı vaktini gösterirken müzisyenler son gösterilerini yaparlar.

Zamânı ölçmek için kullanılan su, aynı zamanda robotların hareketini sağlar. Su seviyesi alçaldıkça hareket eden şamandıra saat içinde yürüttüğü bir araba mekanizması ile her bir saatte bir özlü söz penceresi açar ve şâhinleri harekete geçirir. Öte yandan Destur'dan akan su boşa gitmez, bir tepside birikir ve vakti geldiğinde bu su iki iş yapar; robot kollarını hareket ettirecek çark sistemine düşerek bunu döndürür ve bir sifonlu kap içine dolarak düdük sesi çıkaran sistemi çalıştırır.

SUKÜRE İLE GÖKKÜREYİ BİRLEŞTİREN DÂHİ

Günümüzden 8 asır önce neredeyse ömrünün tamâmını bilimsel çalışmalara vakfederek su ve zamanla ilgili olağanüstü makineler geliştirmiş olan Cezerî'nin makineleri hakkında artık her şeyi biliyoruz; nasıl îmal edildi, hangi malzeme kullanıldı, nasıl çalışır? Bütün bunlar, geçtiğimiz yüzyılın başından beri kitap üzerinde yapılan çalışmalarla aydınlanmış oldu.

Ancak Cezerî'nin kendisi hakkında yeterli bilgimiz yok; medrese sisteminden gelmediği, yâni bir icâzet sistemine bağlı olarak yetişmediği için yaşam öyküsü hakkında kaynaklarda bilgi geçmiyor. Ancak titiz bir bilim târihi çalışması ile Cezerî'yi yetiştiren, dehâsını bilgi ile buluşturan târihsel hikâye hakkında daha çok bilgi sahibi olabiliriz. Cezerî hakkında karanlıkta kalan bir diğer nokta ise onun Ortaçağ

ve Batı Rönesans mekaniğine etkisinin hikâyesi. Cezerî'nin âletlerinde ilk defa kullanılan çeşitli mekanik prensiplerin daha sonraki mekanikçilerde de görülmesinden yola çıkarak bir etkiden bahsedebiliyoruz, ancak yine titiz bir bilim târihçiliği ile Cezerî'nin kitabının nüshalarının dolaşımlarına ve bu nüshalara diğer dönem yazmalarından yapılan atıflara bakarak veya henüz ortaya çıkmamış diğer dillerde muhtemel çevirileri bularak Cezerî'nin modern mekaniğin oluşumundaki rolünün tam hikâyesini yazabiliriz.

Cezerî suküre ile gökküreyi birleştiren, gökyüzündeki burçların kadim rûhunu suyun rûhu ile temsil edebilen bir mühendis, sanatçı, dâhî ve aydınlanma adamı. 800 yıl önce Artuklu sarayında kurduğu bu olağanüstü dünyânın sonraki yüzyıllarda kimi nasıl etkilediğini tam olarak bilemesek de, onun renkli dünyâsının bu yüzyıldan seyreden bizleri ne kadar etkilediği açık.