



INS 111 İnşaat Mühendisliği Giriş ve Etik Dersi
Hidrolik (Su) Mühendisliği

Doç. Dr. Necati Erdem ÜNAL

İTÜ İnşaat Fakültesi / Hidrolik Laboratuvarı

İnşaat Mühendisliğinde Su Mühendisliği Yapıları ;

- *Yatırım masrafları en yüksek olan,*
- *En kaliteli betonun kullanıldığı,*
- *En yüksek hacimde betonunun kullanıldığı, yapılarıdır.*

Tarihsel Süreçte Su

- Varlığı HAYAT, yokluğu ÖLÜM dür.
- Canlı barındıran bir ortamda mutlaka su olmalıdır.
- İlk yaşam alanları su kaynaklarına **yakın** olmuştur.
- Tehditler nedeniyle *veya* farklı nedenlerle sudan **uzak** olan yaşam alanlarına su mutlaka iletilmiştir (*Roma Dönemi İstanbul Su Kemeri*).



*AKARSU yun taşıdığı su miktarının mevsimsel değişimi ve su kullanım çeşitliliğinin artışı **Mühendislik Projelendirme** çalışmalarının başlamasına neden olmuştur.*

Karşılaşılan zorluklar

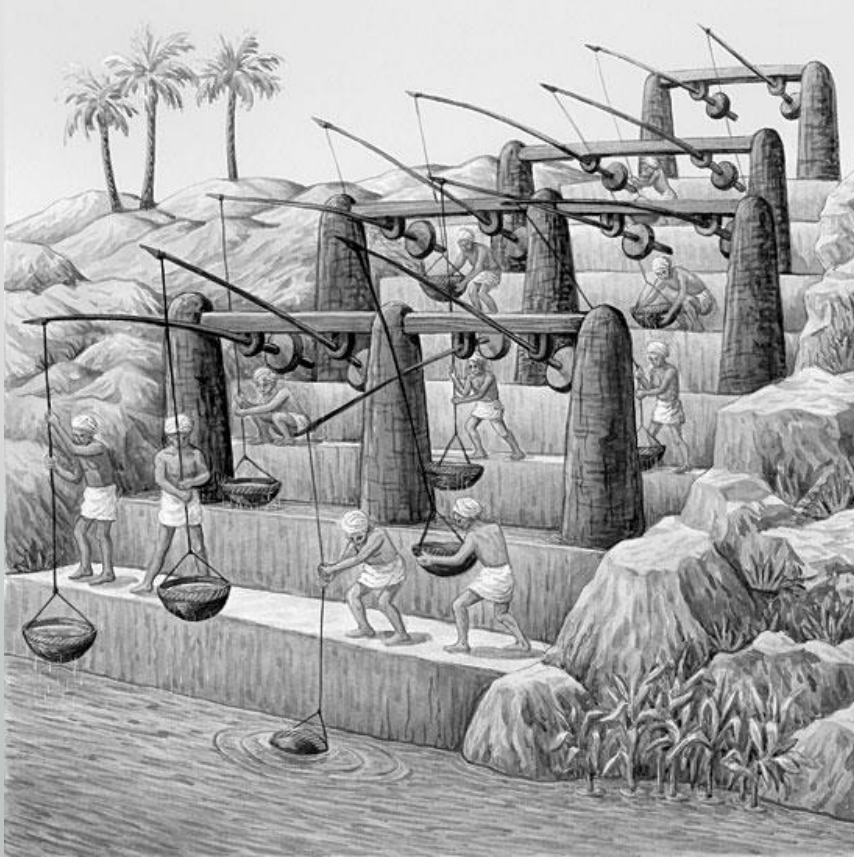
- Mevcut suyun uzak mesafelere iletilmesi
- Akarsuda su seviyesinin yükselmesi (*taşkın*)
- Akarsuda suyun azalması (*kuruma*)

Mühendislik Projeler

- *Kanal sistemleri*
- *Su kemerleri*
- *Taşkın koruma duvarları*
- *Depolama yapıları*
- *Derinlerden suyun çıkarılması için ilk çarklı pompa sistemleri*

Tarihi *Mühendislik Projeler*

Mısır su nakil sistemi kaldıraçların kullanımını gösteren gravür



Suriye – Hama şehrinde bulunan Asi (Orontes) Nehri üzerindeki dev su değirmenleri “Naûra”lar



Tarihi Mühendislik Projeler
Su Kemerleri



Sarniç (su depolamak üzere yapılmış üstü kapalı veya açık havuz)

Yerebatan Sarnıcı Bizans Dönemi



Tarihi Sarniçlar

Koca Sarniç - Denizli



Mecveddin Sarnıcı – Alanya (Alanya Kalesi alanında doğal su kaynağı olmadığı için su ihtiyacı yağmur suyunu toplayan sarniçlar vasıtasıyla karşılanıyordu, 13.yy yapısı)

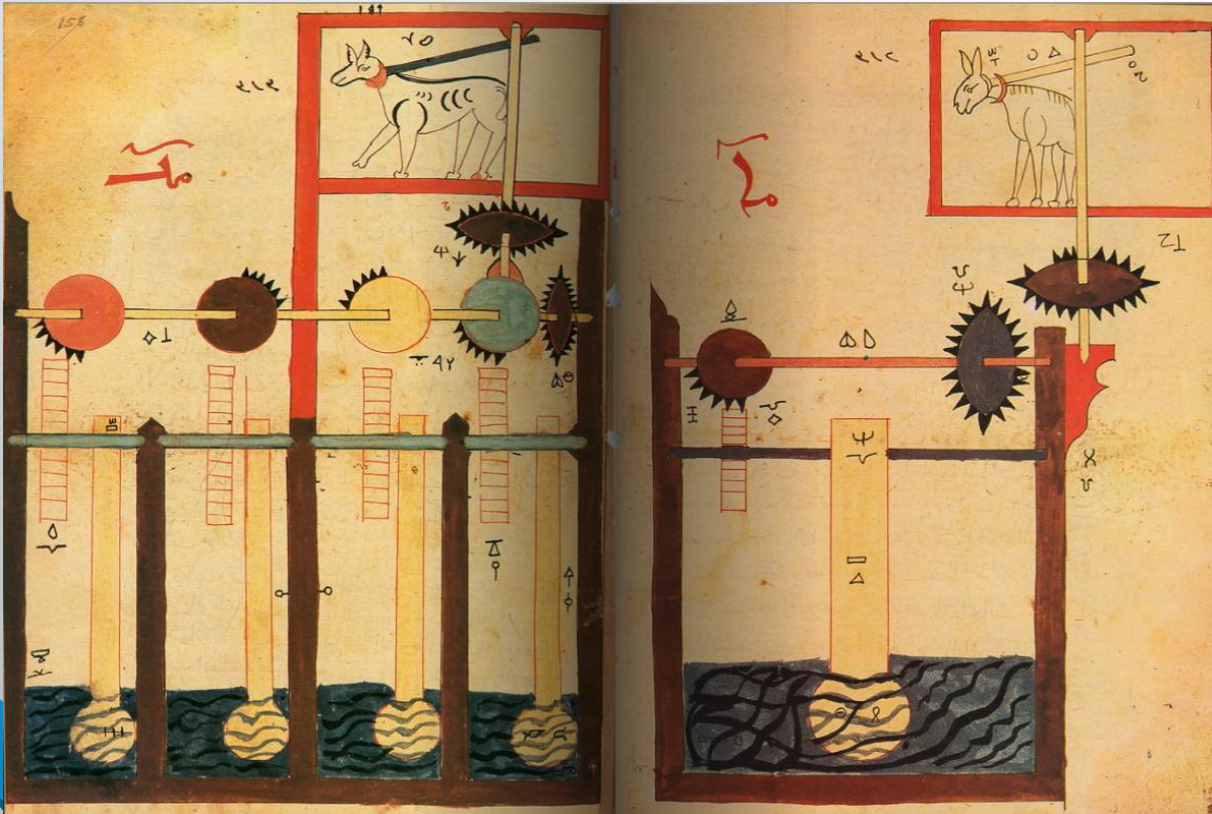


Tarihi *Mühendislik Projeler*

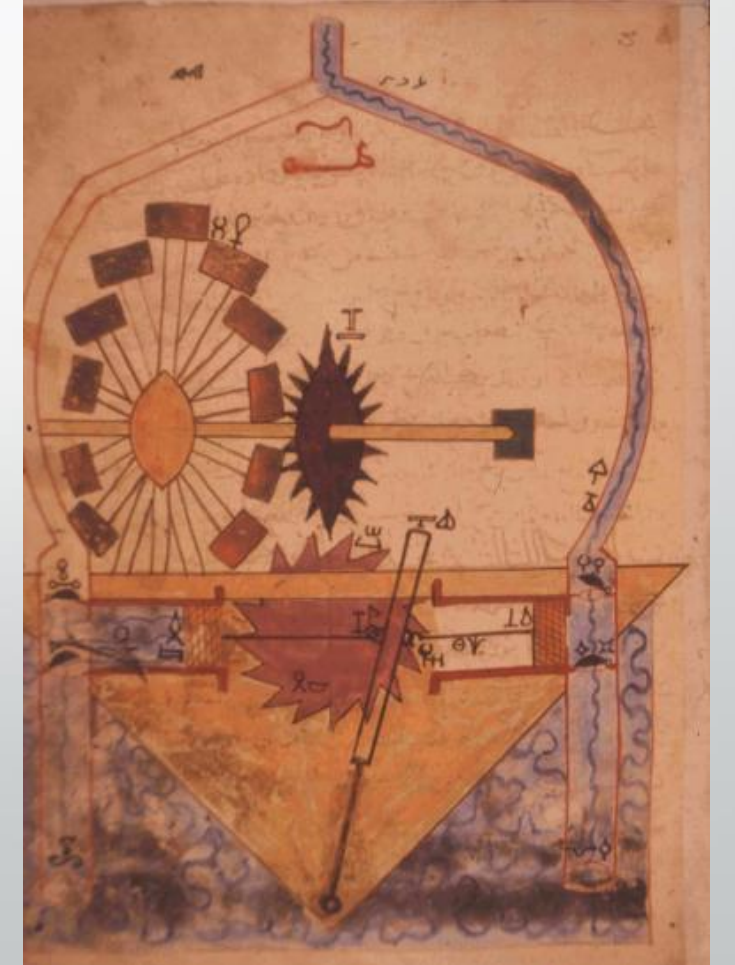
El Cezeri – Su Toplama Sistemleri ve Pompalar (<http://tarihvemedeniyet.org>)

Cizreli El Cezeri (Al Jazari)

Çok büyük miktarlarda suyu kaldırmak için tasarladığı bu dahiyane buluşuyla ilk defa krank sistemini kullanan mühendis (Krank Bağlantılı Çubuk Sistemi).



Cezeri'nin Kitab'ül Hiyel adlı yazma eserinden pistonlu pompa



Günümüzde Suyun Kullanım Çeşitliliği ve Biriktirmeli ve Biriktirmesiz Su Yapıları

Suyun Kullanım Amaçları

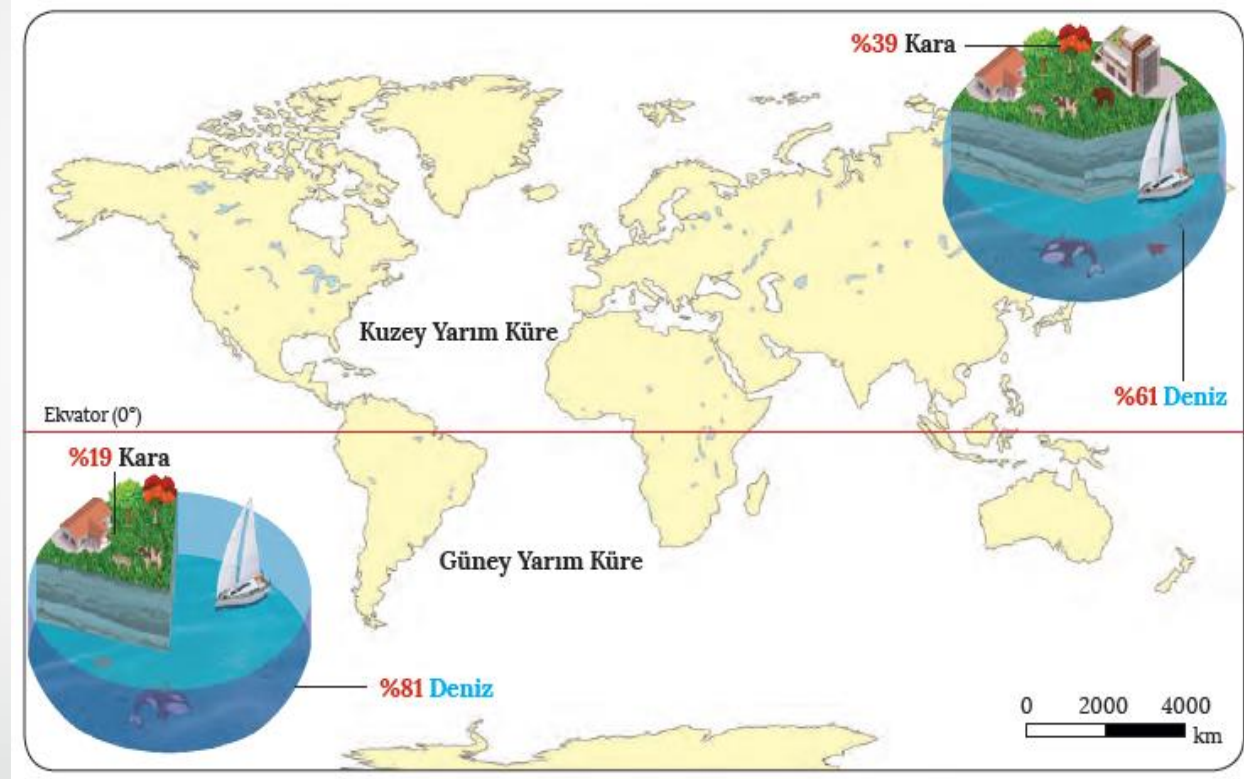
- İçme ve Kullanma Suyu Temini
- Taşkın Kontrolü
- Enerji Üretimi
- Tarımsal Sulama
- Su Ürünleri
- Mesire Yeri Oluşturma (Rekreasyon)

Su Yapısı

- **Baraj**, su biriktirmek amacı ile hazne oluşturmak üzere bir akarsu vadisini kapatarak akışı engelleyen yapıdır. Barajın su biriktirme yanında, su seviyesi yükseltme ve geniş su yüzeyi meydana getirme gibi iki önemli fonksiyonu daha vardır.
- **Bağlama** ise su seviyesini yükseltmek amacı ile akarsuyun iki kıyısını birbirine bağlayan yapıdır. Aralarındaki en önemli fark, esas olarak barajın su biriktirmek, bağlamanın ise su seviyesini yükseltmek amacıyla yapılmasıdır.
- Geçmişte her iki terim yerine **bent** kullanılmıştır.

Karaların ve Suların Yarım Kürelere Dağılımı

- Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'ini oluşturan suların yarım kürelere dağılışı birbirinden farklıdır. Kuzey Yarım Küre'nin %61'i, Güney Yarım Küre'nin de %81'i sularla kaplıdır
- **Su Fakirliği:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1000 m³ten daha az olmasıdır.
- **Su Azlığı:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 2000 m³ten daha az olmasıdır.
- **Su Zenginliği:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 8000 m³ten daha fazla olmasıdır.



Dünyadaki Su

Kaynaklarının Dağılımı

www.bilimteknik.tubitak.gov.tr

- Yeryüzündeki su kaynaklarının çok az bir kısmı içilebilir ve kullanılabilir durumdadır. Günümüzde dünya nüfusu hızla artmakta buna karşılık içilebilir ve kullanılabilir su kaynakları azalmaktadır. Bu durum, suya olan ihtiyacın her geçen gün daha da artmasına neden olmaktadır. Birçok ülke, şimdiden su sıkıntısıyla karşı karşıya kalmış vaziyettedir.
- Yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık %97,5'ini suları tuzlu olan deniz ve okyanuslar; %2,5'lik kısmını ise buzullar, yer altı ve yer üstü suları oluşturmaktadır. Tatlı suların yaklaşık %99,7'lik kısmı buzullar ve yer altı sularında bulunmaktadır. Dolayısıyla yeryüzündeki tatlı suların çok az bir kısmı yani %0,3'ü yüzey sularından oluşmaktadır



Hidrolojik Çevrim

(HİDROSFER ; SU DÖNGÜSÜ)

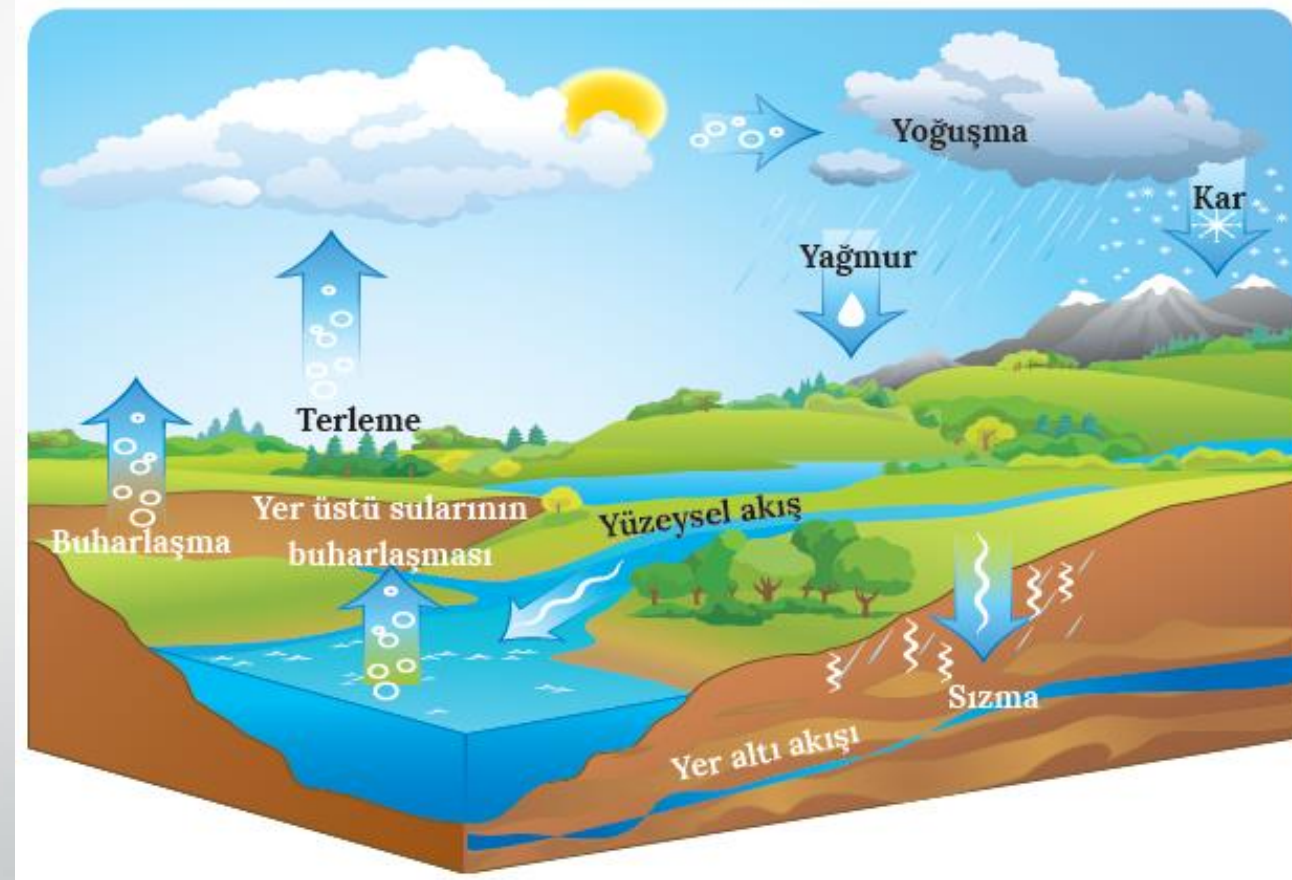
Su döngüsü, suyun okyanus ve denizlerden buharlaşarak atmosfere, atmosferden çeşitli şekillerde yağışlarla yeryüzüne ve tekrardan okyanus, deniz ve göllere ulaşması şeklindeki genel turuna verilen isimdir.

- *Dünya'daki su sürekli hareket eder; su, buhar ve buz şeklinde sıvı, gaz ve katı hallerden geçerek farklı şekillerde biçim değiştirir, bitkiler ve hayvanlar tarafından kullanılır, ancak kesinlikle asla yok olmaz.*
- *Buharlaşma ve terleme yoluyla havaya yükselir ve gaz halini alır; bulutları oluşturur ve yağışa dönüşür (Atmosfer).*



Hidrolojik Çevrim

- Karalara inen yağışların bir kısmı, yer altına sızarak **yer altı sularını** oluştururken bir kısmı da **yüzeysel akışa** geçerek akarsularla göllere ve denizlere ulaşır.
- **Su döngüsü yoluyla dünyanın mevcut su potansiyeli, mükemmel bir şekilde sürekli yenilenmektedir.** Ancak aşırı tüketim ve kirlenme, kullanılabilir su kaynaklarının günden güne azalmasına neden olmaktadır.



Hidrolojik Döngüdeki Tanımlar

- **Nem** : Atmosferde bulunan su buharına denir.
- **Yoğuşma** : Havadaki subuharının sıvı ya da katı hale dönüşmesine yoğuşma denilir. Yoğuşmanın oluşabilmesi için havanın nem bakımından doyma noktasını aşması gerekir, bu aşıldığında hava subuharının fazlasını taşıyamaz ve fazla olan subuharı sıvı veya katı hale dönüşür. Yani yerçekiminin etkisiyle soğuma derecesine göre yağmur, kar, dolu şeklinde yeryüzüne geri döner.
- **Süblimleşme** : Sıcaklık 0°C 'nin altına düşünce su, donarak sıvı halden katı hale geçer. Bazen de ani sıcaklık değişimleri ile katı halden doğrudan gaz haline ya da gaz halinden katı hale geçer ki bu olaya süblimleşme (=süblimasyon) denir.
- **Erime** : Tatlı suların katı halden 0°C derecenin üzerine çıkarak sıvı hale dönüşmesine erime denir. Tuzlu sularda bu değer -4°C 'dir.

Hidrolojik Döngüdeki Tanımlar

Buharlaşma : Genel anlamda bir sıvının (örneğin suyun) sıvı halden gaz haline geçmesi olayına evaporasyon (buharlaşma) denilir. Yeryüzünde varolan okyanus, deniz, göl, akarsu, buzul, buz örtüsü, sürekli kar ve bataklık gibi su kütlelerinin yüzeyinden, zaman, süre ve miktarı yerden yere göre değişen ve ısınan suların sıvı halden gaz haline geçmeleri olayına buharlaşma (evaporasyon) denir.

Evapotranspirasyon (Terleme) : Suyun büyük su haznelerinin yüzeyinden buharlaşmasına evaporasyon; bitkilerin özellikle yaprakları gibi bitki yüzeyinden olan buharlaşmaya ya da terlemeye ise **evapotranspirasyon (=terleme)** adı verilir.

Sızma : Yağışlarla yeryüzüne düşen suların bir kısmı akışa geçer, bir kısmı buharlaşır, bir kısmı bitkiler tarafından tutulur, bazen de bir kısmı insanlar tarafından yapılan barajlar vb. mühendislik yapılarında sulama, içme, kullanma amaçlı tutulabilir. Yüzey sularının bir kısmı da kayaların yarık, çatlakları vasıtasıyla yeraltına geçerek hazne kayalarda akiferlerde toplanır. Suyun bu yeraltına geçme olayına sızma (sızıntı, filtrasyon) adı verilir.

Akifer : Yeraltısuyu içeren tabakalara veya haznelere akifer denir.

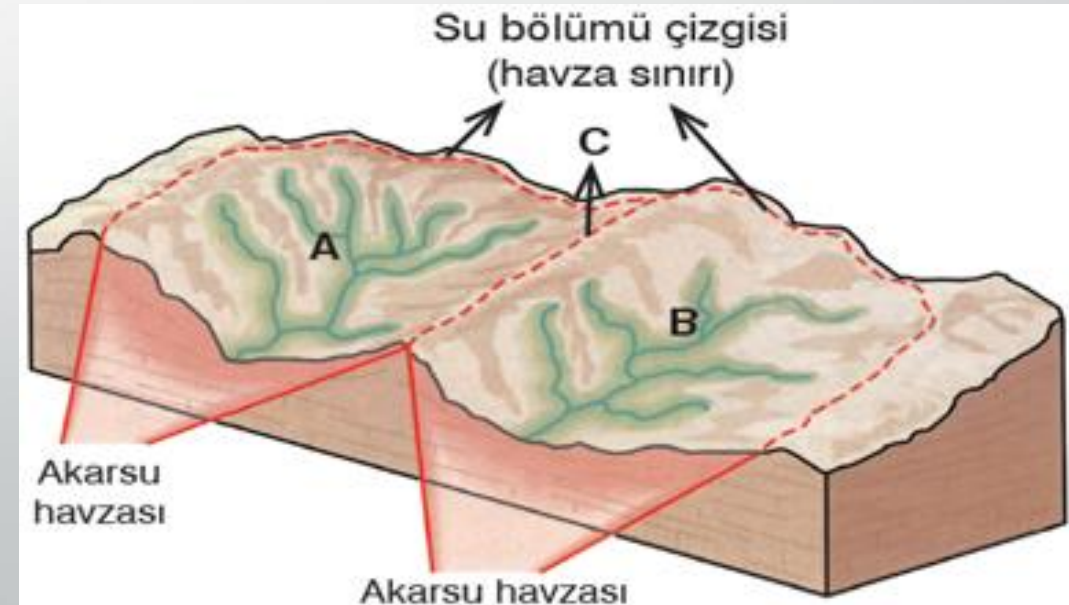
- Eriyen kar ve buzların yanı sıra yağışlarla veya kaynak suları ile beslenen, bir yatak boyunca eğime bağlı olarak sürekli veya belli bir dönem akan sulara **akarsu** denir. Akarsular, yeryüzündeki tatlı yüzey sularının %2'sini oluşturur.
- Akarsu yatağının herhangi bir kesitinden bir saniyede geçen su miktarına **debi** denir. Akarsuların debisi; iklim, yağış türü ve miktarı, buharlaşma, yatak eğimi, kar ve buz erimeleri, kaynakların etkisi, toprak ve kayaçların geçirimsizlik durumu, yeryüzü şekilleri ve insan etkisi gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir.
- *Yüzeysel ve Yeraltı su kaynaklarıyla beslenebilir.*
- *Akarsular belirli bir miktarda sediment (katı madde) taşır.*

Akarsular



Akarsu Havzası

- *Üzerine düşen yağışı aynı çıkış noktasına getiren belirli büyüklükteki arazi parçasıdır .*
- *Her akarsu belirli bir su ayırım çizgisi içinde kalan havzadan beslenir.*



Yıllık ortalama yağış	643	mm/yıl
Türkiye'nin yüzölçümü	783.577	km ²
Yıllık yağış miktarı	501	milyar m ³
Buharlaşma	274	milyar m ³
Yer altına sızma	41	milyar m ³
<i>Yüzey Suyu</i>		
Yıllık yüzey akışı	186	milyar m ³
Kullanılabilir yüzey suyu	98	milyar m ³
<i>Yer Altı Suyu</i>		
Yıllık çekilebilir su miktarı	14	milyar m ³
Toplam Kullanılabilir Su (net)	112	milyar m ³

Gelişme Durumu

DSİ Sulamalarında Kullanılan	32 milyar m ³
İçmesuyunda Kullanılan	7 milyar m ³
Sanayide Kullanılan	5 milyar m ³
Toplam Kullanılan Su	44 milyar m ³

Türkiye'nin SU KAYNAKLARI POTANSİYELİ

Türkiye Akarsuları



■ Türkiye'de doğup yurtdışına akan akarsularımız

■ Kaynağını yurtdışından alıp Türkiye'de denize dökülen akarsularımız

Türkiye'nin Akarsu Havzaları

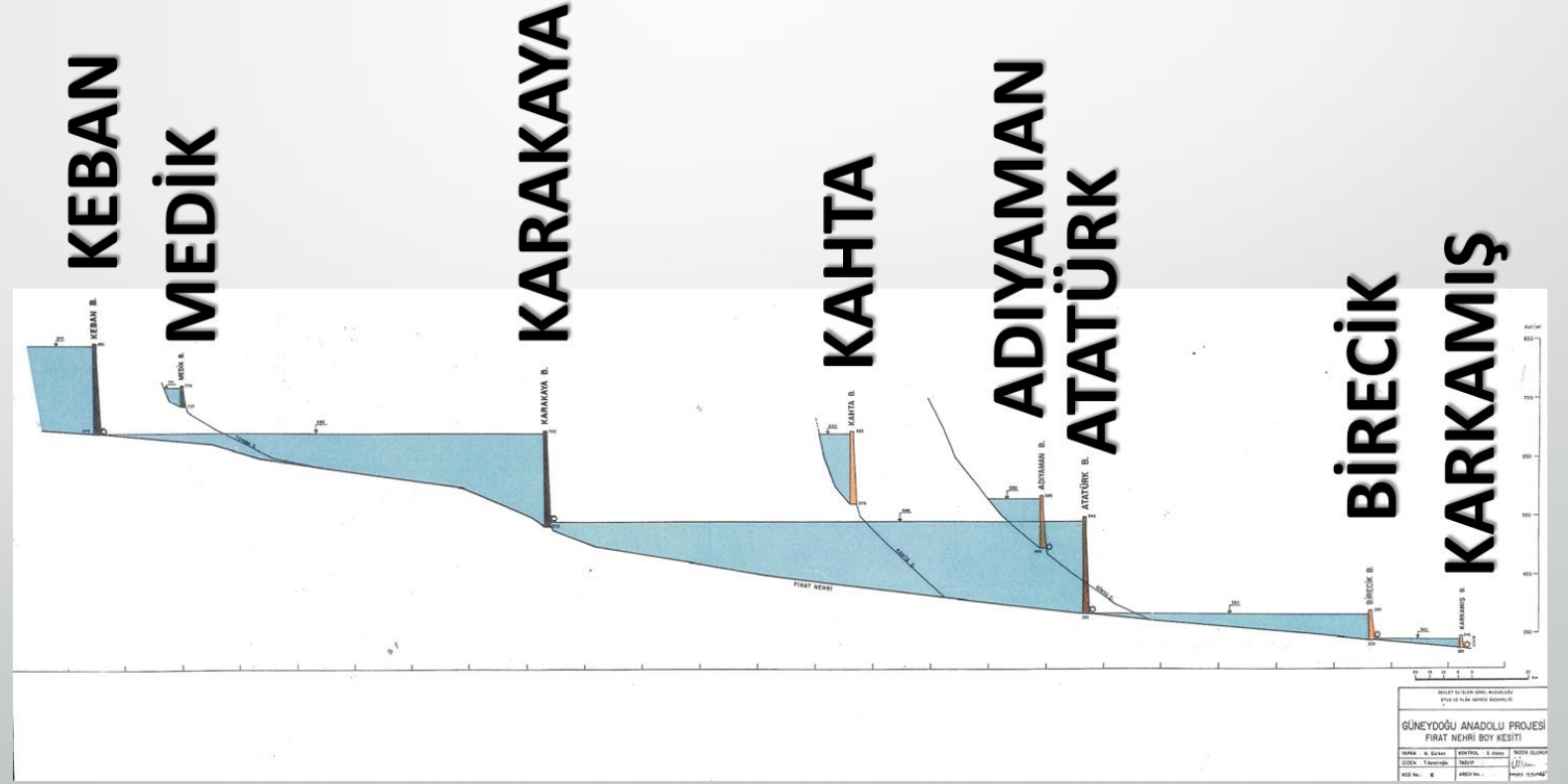


Türkiye'nin Büyük Akarsu ve Havzaları

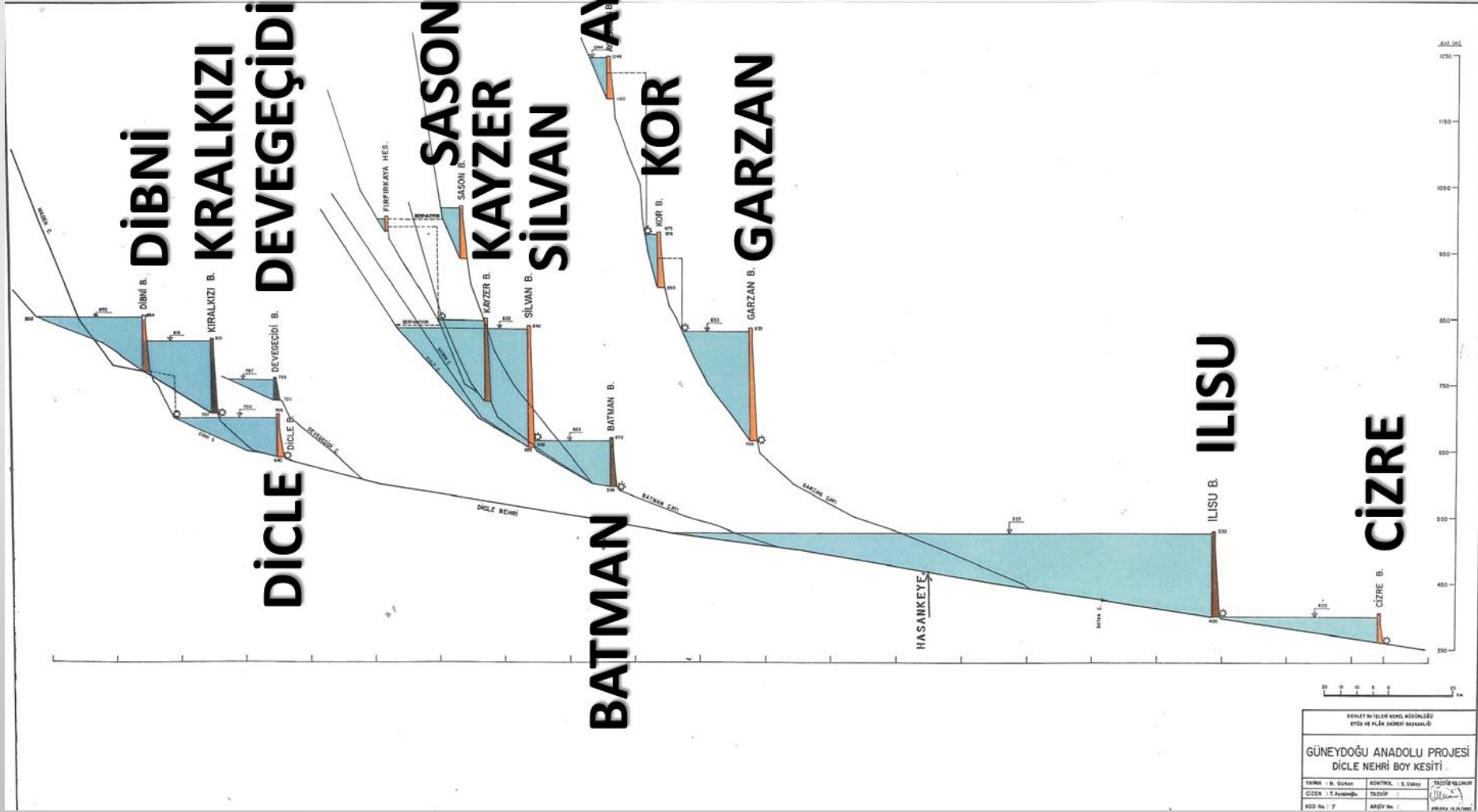


FIRAT NEHRİ

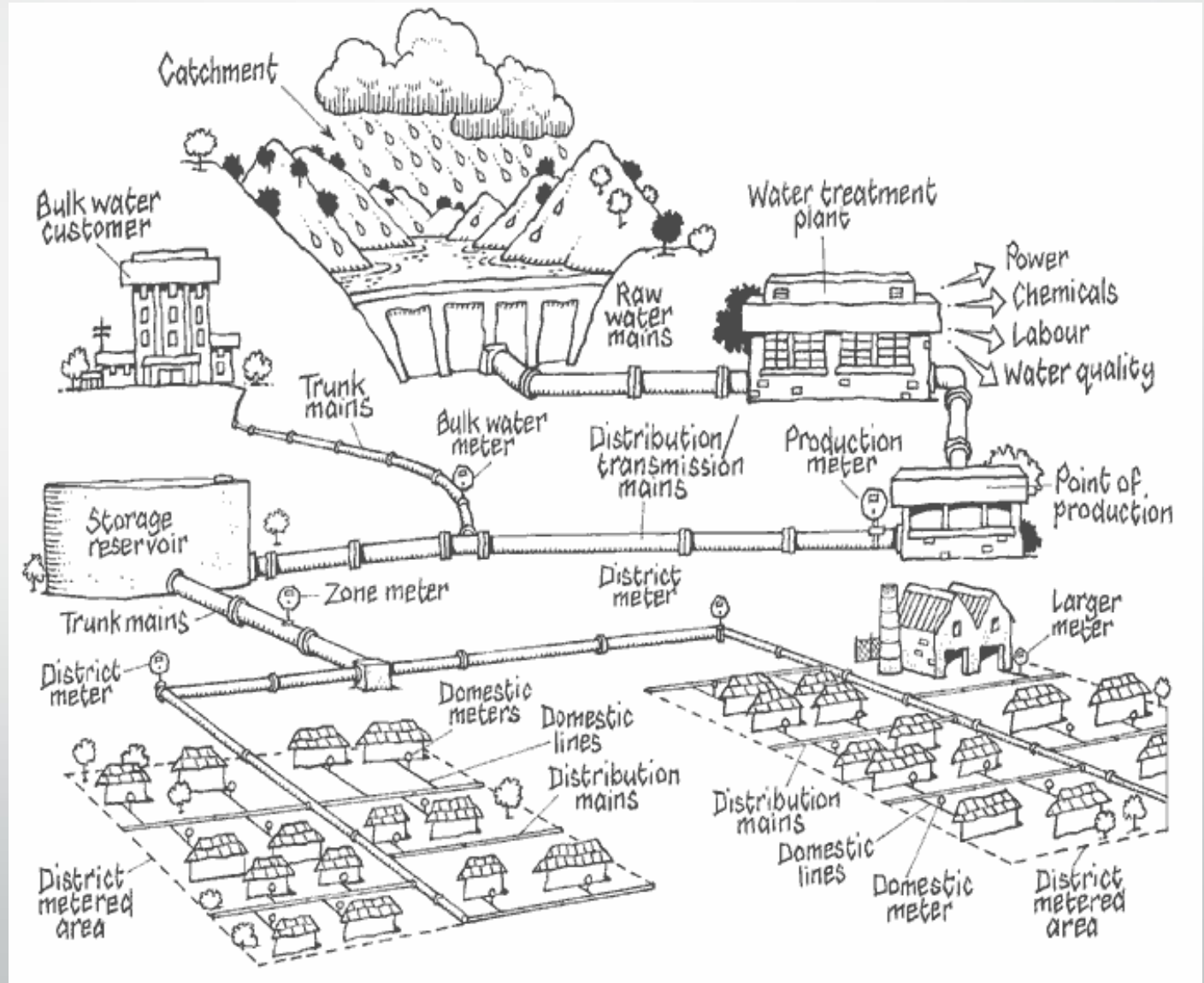
Fırat-Dicle Havzası Ortadoğu'nun karla beslenen iki önemli nehirlerine ev sahipliği yapar. Su kaynaklarını oluşturan havza ülkeleri Türkiye, Suriye, Irak ve İran'dır. Her iki nehirin sularından hidroelektrik enerji üretimi, tarımsal sulama ve içme suyu temini için faydalanılır. Fırat'ın akışının %90'ı ve Dicle'nin akışının % 46'sı Türkiye kaynaklıdır.



Dicle Nehri

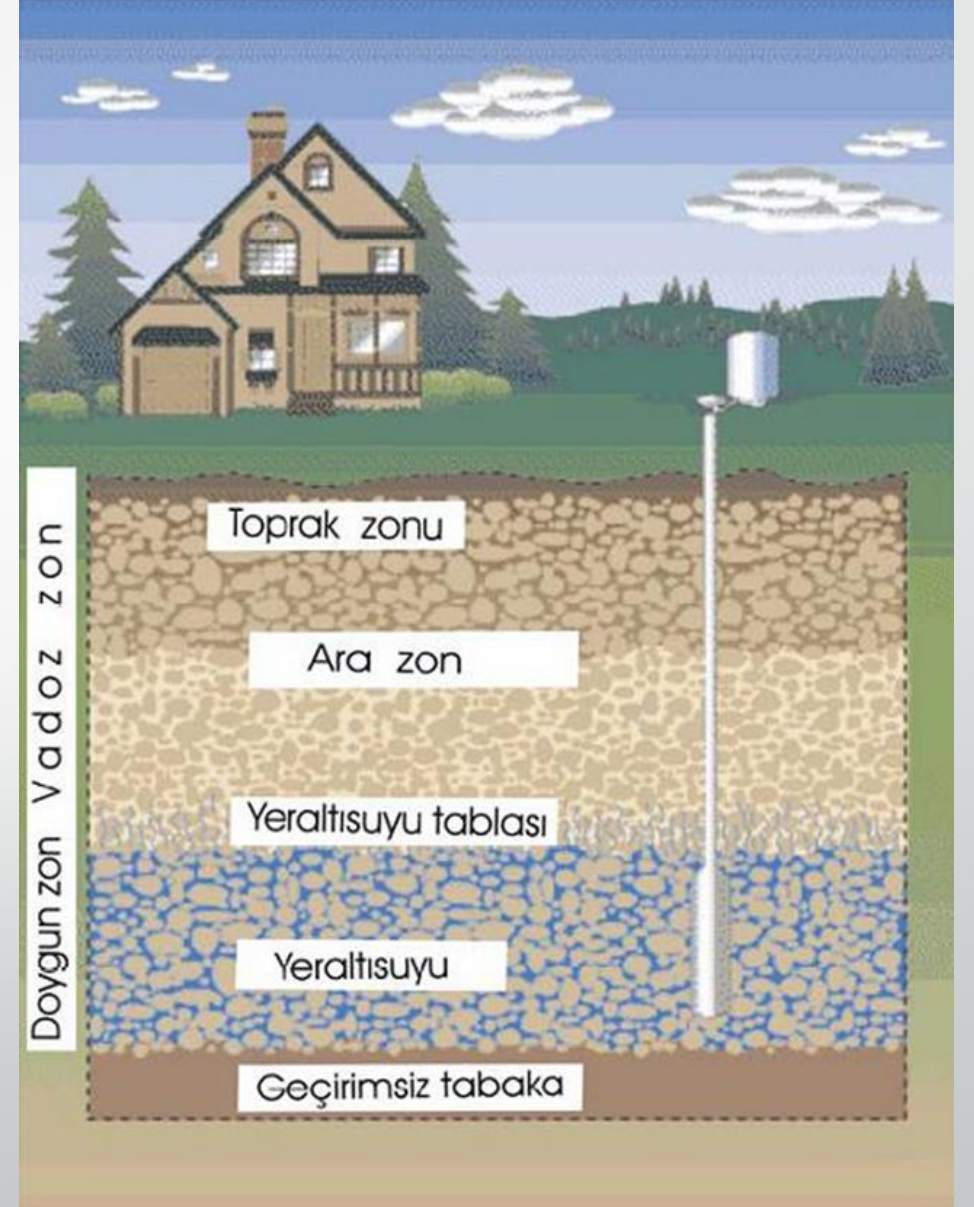


Su Dağıtım Sistemi



Yeraltı Suyu

- **Doymamış bölge;** boşluklarında su ve hava birlikte bulunur.
- **Doymuş bölge;** Zemin boşlukları suyla doludur.
- **Yeraltına sızan suyun geçirimsiz bir formasyon üzerinde birikmesi ve hareketi ile yeraltı suyu akımı oluşur.** Akifer adı verilen doymuş bölgeden su kuyular açılarak yüzeye çıkarılır.



Suyun İletilmesi (Basıncılı Akım; TamDolu Kesitli Akım)



Suyun İletilmesi (Serbest Yüzeyle Akım)



Deriner Barajı

(Hidro-Elektrik Santrali)

- *Artvin'de Çoruh Nehri üzerinde yer alan Deriner Barajı'nın 249 metre gövde yüksekliği ile Türkiye'nin en yüksek, Avrupa'nın 4'üncü ve dünyanın da 6'ncı en yüksek barajı olma özelliğini taşıyor*
- *Deriner Barajı'nda depolanan su ile İstanbul'un 2 yıllık su ihtiyacının karşılanabiliyor.*
- *Deriner'in santralinde üretilen elektrik enerjisi ile 750 bin nüfuslu şehrin 1 yıllık enerji ihtiyacı karşılanabilir.*
- *Baraj gövdesinde kullanılan beton ile Edirne'den Ardahan'a 12 metre genişliğinde beton yol yapılabilir.*



Atatürk Barajı

Atatürk HES'i 2400 MW gücüyle yıllık 8 900 GWh elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. Atatürk Barajı, Türkiye'deki hidroelektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjinin yüzde 20'sini tek başına karşılayacak miktarda enerji sağlamaktadır.



Su Nedir?

- https://www.youtube.com/watch?v=-yAG5pp_8eA

Türkiye'nin Büyük Su Projeleri

<https://www.youtube.com/watch?v=69nboCUcvU>

Türkiye'nin En Yüksek 10 Barajı

- <https://www.youtube.com/watch?v=m3smPQreqqE>

KKTC Su Temini Projesi

- www.youtube.com/watch?v=cyHvs4Nd2IY

Türkiye'nin Büyük Su Projeleri

Türkiye'nin En Yüksek Barajı Artvin Deriner Barajı

- <https://www.youtube.com/watch?v=gZahExOILJE>

Yusufeli Barajı

- **Baraj İnşaatında Bir Gün - Yusufeli Barajı**
- <https://www.youtube.com/watch?v=fHtr4v-dOJ0>
- **Yusufeli Barajı ve HES Animasyon**
- <https://www.youtube.com/watch?v=zkLOAD3DjMQ>
- **Yusufeli Barajı ve HES Projesi Animasyonu - Barajın Merkezine Seyahat**
- <https://www.youtube.com/watch?v=ntFh5pDc0is>

Türkiye'nin Büyük Su Projeleri

Hangi Baraj ve HES, kaç il aydınlatabilir?

- <https://www.youtube.com/watch?v=CSIVLZYywg4>

Keban Barajı Dolusavak Deşarjı

- <https://www.youtube.com/watch?v=nXBHen6dLLU>
- <https://www.youtube.com/watch?v=UDtfmgMsLho>