

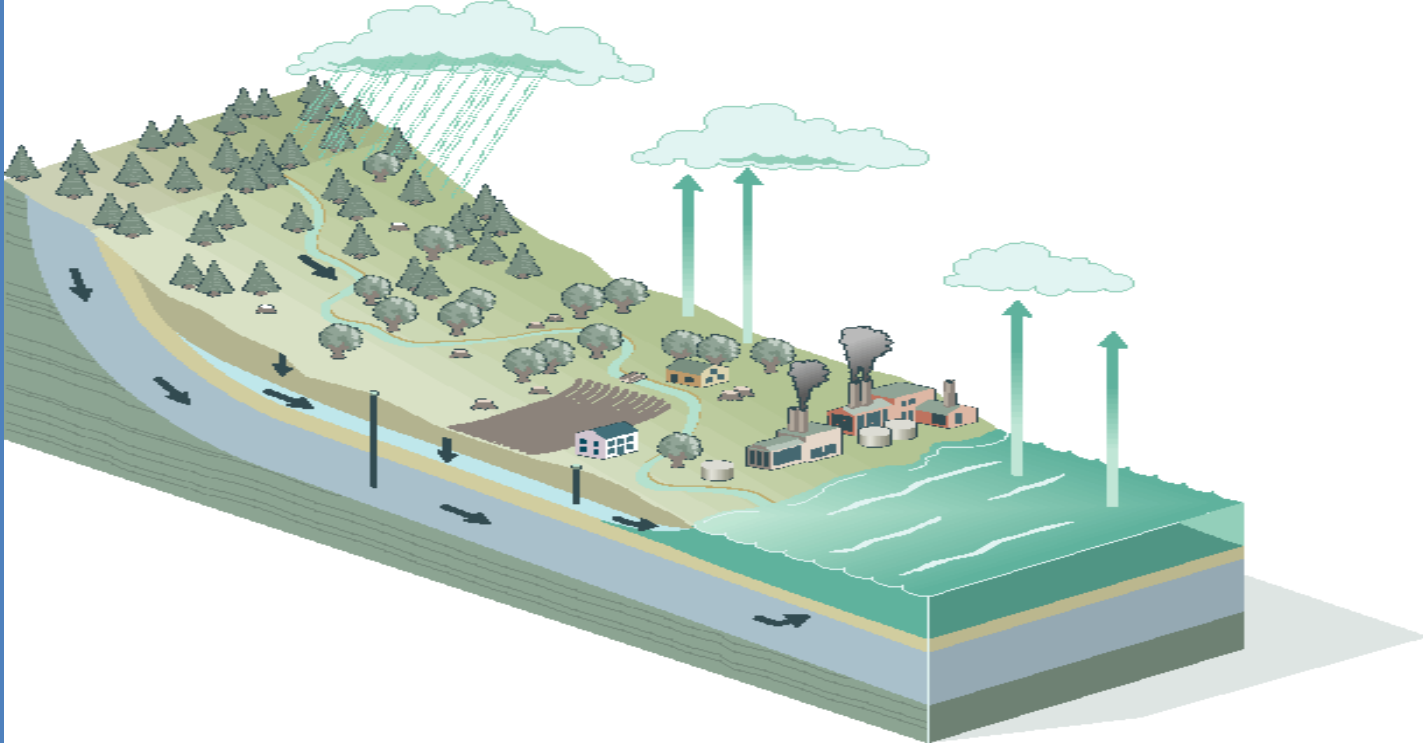
Su Döngüsü ve Yeraltısuları



Araş. Gör. Alaettin Tuncer

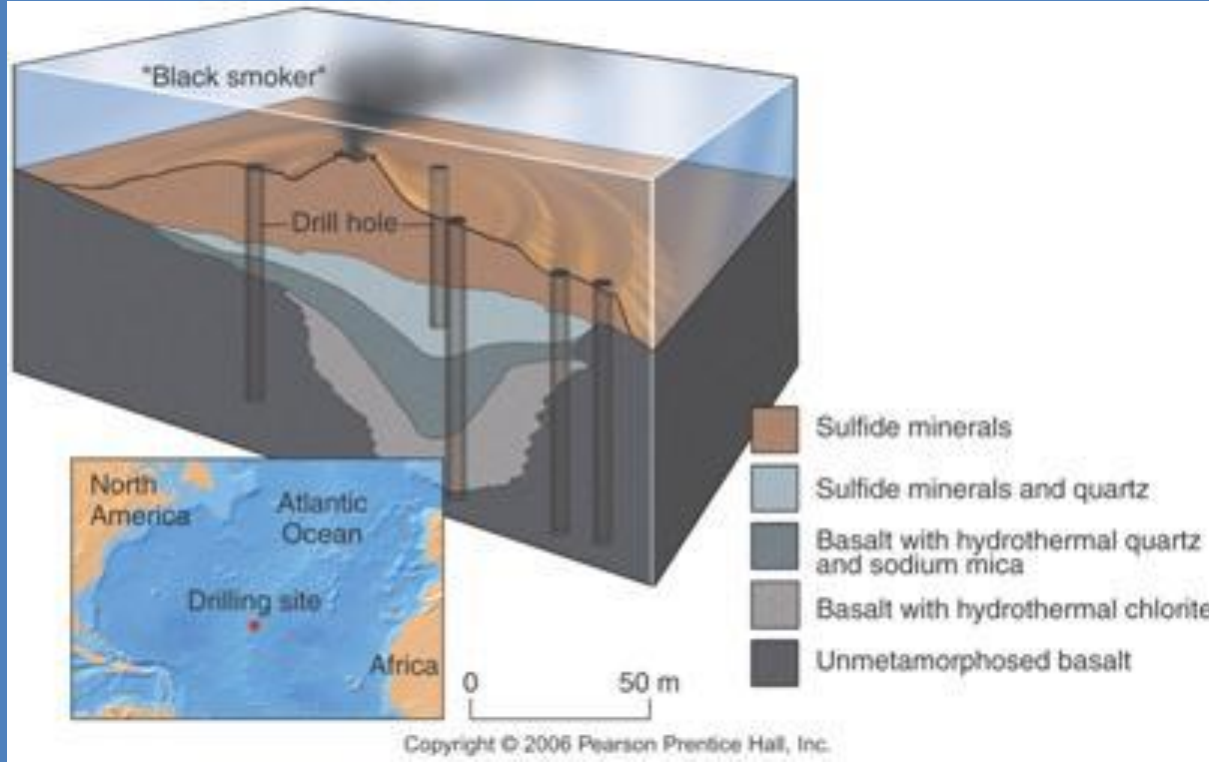
1. Giriş

- Su bilimi (hidroloji), karasal ortamın üzerinde ve içindeki suyun hareket ve özelliklerini inceleyen bilim dalıdır.



- Akarsularda hareket eden su ile buzullardaki buz, erozyonu yaratan ve karaları şekillendiren başlıca unsurdur.

- Kayaçların ve toprağın içindeki mineralleri eritmede ve çözünmüş maddeleri taşımada etken olan su, bozunmanın en önemli aktörüdür.
- Su birikerek depolanmakta, ve ayrıca kütle hareketlerinin tetiklenmesine kaydırıcı rolü ile neden olmaktadır.



- Magmatik kütleler veya okyanus ortası sırtlarda dolaşan sıcak sularla çeşitli hidrotermal maden yatakları oluşmaktadır.

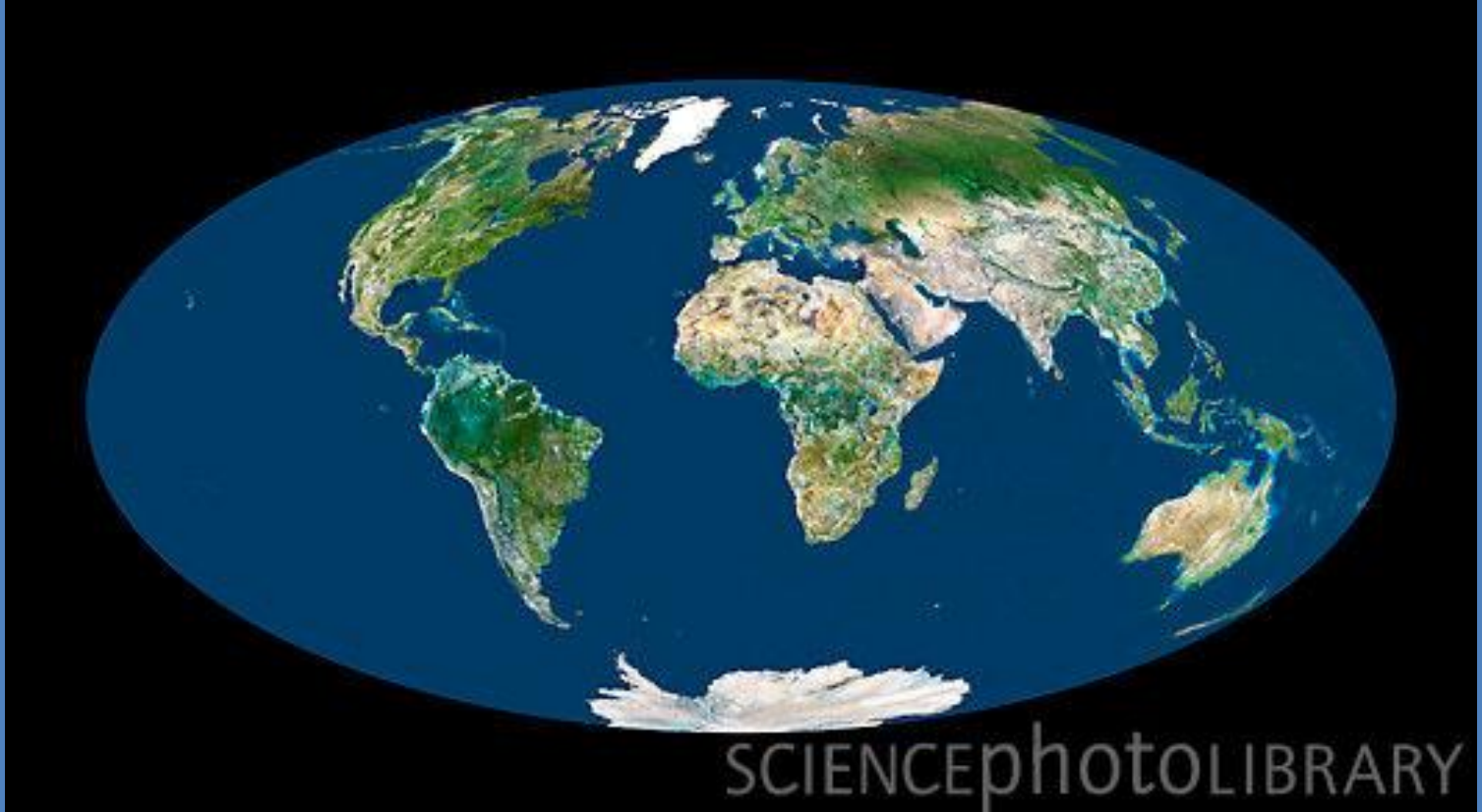
-Karasal alanlara sahip tüm gezegenler arasında, likit haldeki suya sahip olan tek gezegen Dünya' dır.

- Dünya yüzeyinin % 71' i su ile kaplıdır. Dünya atmosferi de az ancak önemli miktarda su buharına sahiptir.



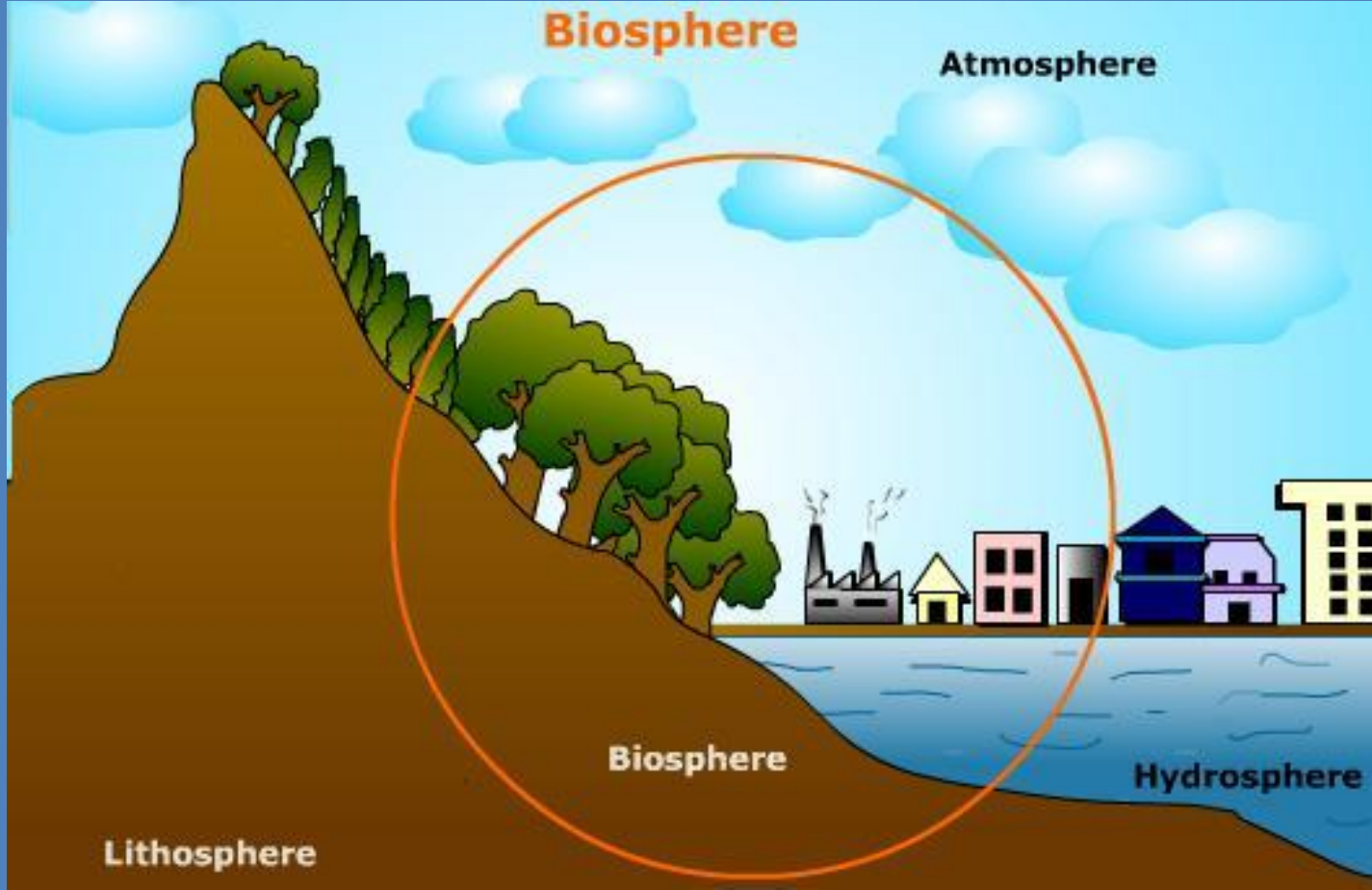
-Yeryüzünde 1,36 milyar km³ su bulunduğu tahmin edilmektedir.

- Yeryüzündeki suyun büyük bir kısmı okyanuslarda yer almaktadır.
- Okyanustaki suyun miktarı yeryüzündeki suyun % 97,2' si kadardır.

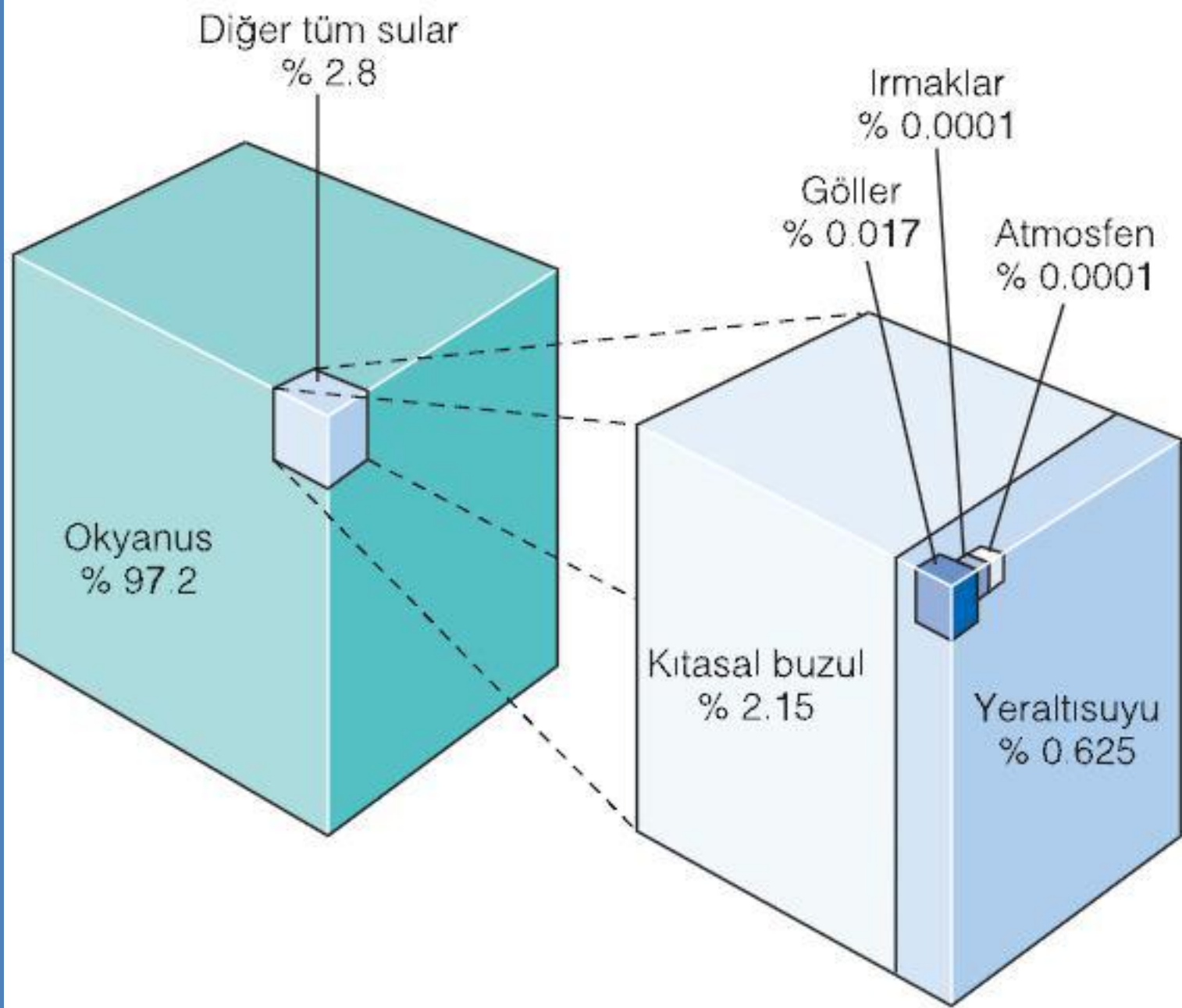


- % 2,15 kadarı başta Antartika ve Grönland olmak üzere karalardaki buzullarda donmuş haldedir.

- Geriye kalan % 0,65 ise büyük oranda atmosferdeki sular ile yeraltı suları, göller, bataklıklar ve sazlıklarda bulunur.



- Hidrosferdeki bütün suların yalnızca % 0,0001 kadarı ırmak ve nehir kanallarında yer almaktadır.

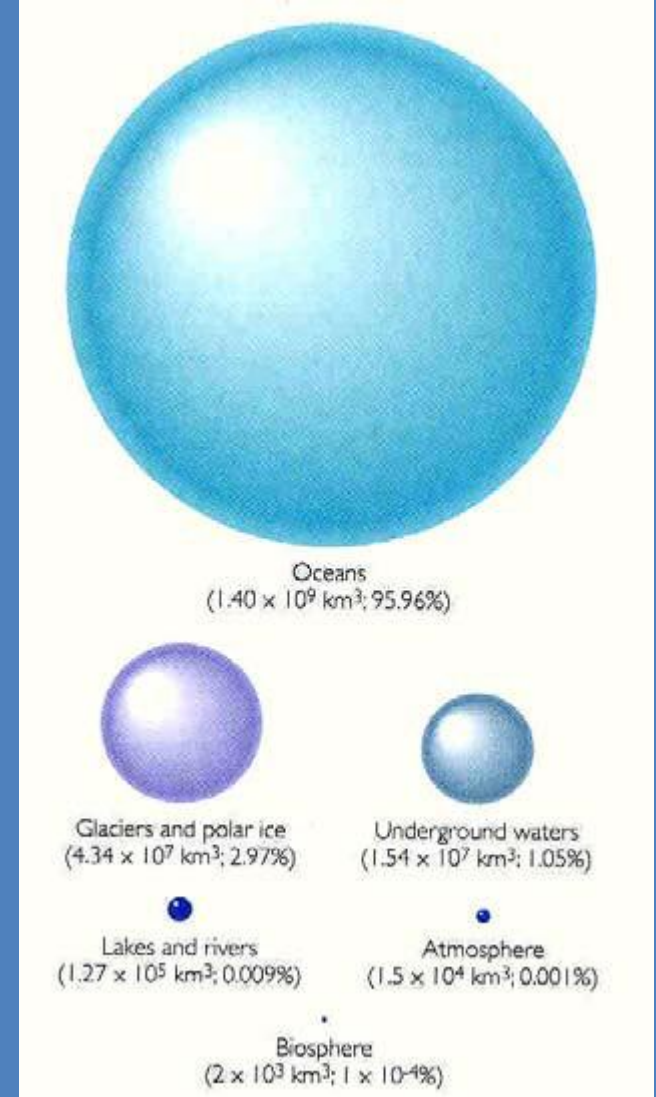


2. Akışlar ve Rezervuarlar

-Suyun birikebildiği her alan bir rezervuar olarak tanımlanır. Dünyadaki su rezervuarları:

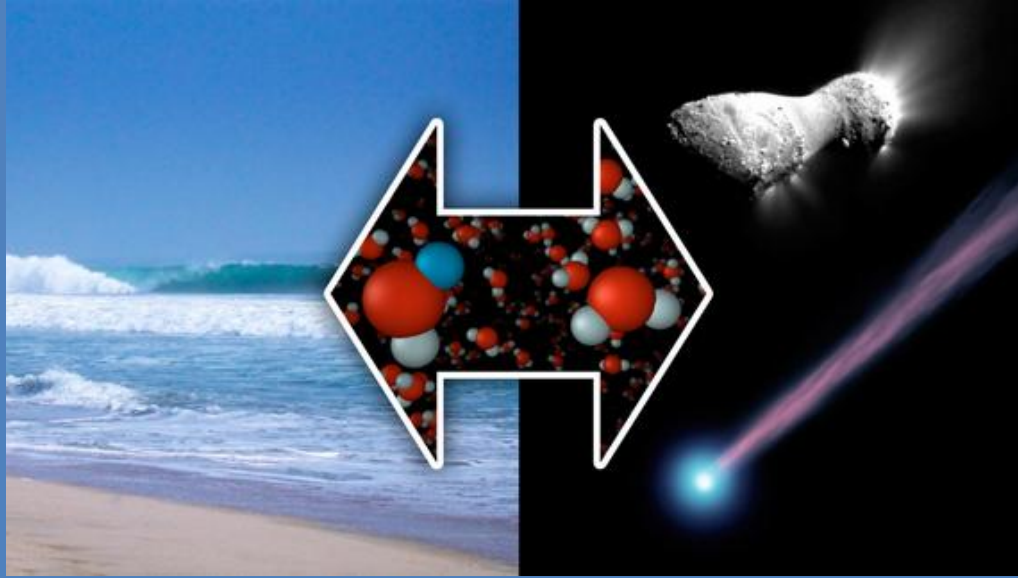
-Okyanuslar, Buzullar, Yeraltısuyu, Göller, Akarsular, Atmosfer ve Biyosferdir.

- Yeraltı suları, göller ve akarsulara göre çok daha fazla (100 kat) su bulundurmalarına karşın, çok sayıda çözünmüş madde içerdikleri için bu sular kullanışsızdır.



Ne kadar su mevcut?

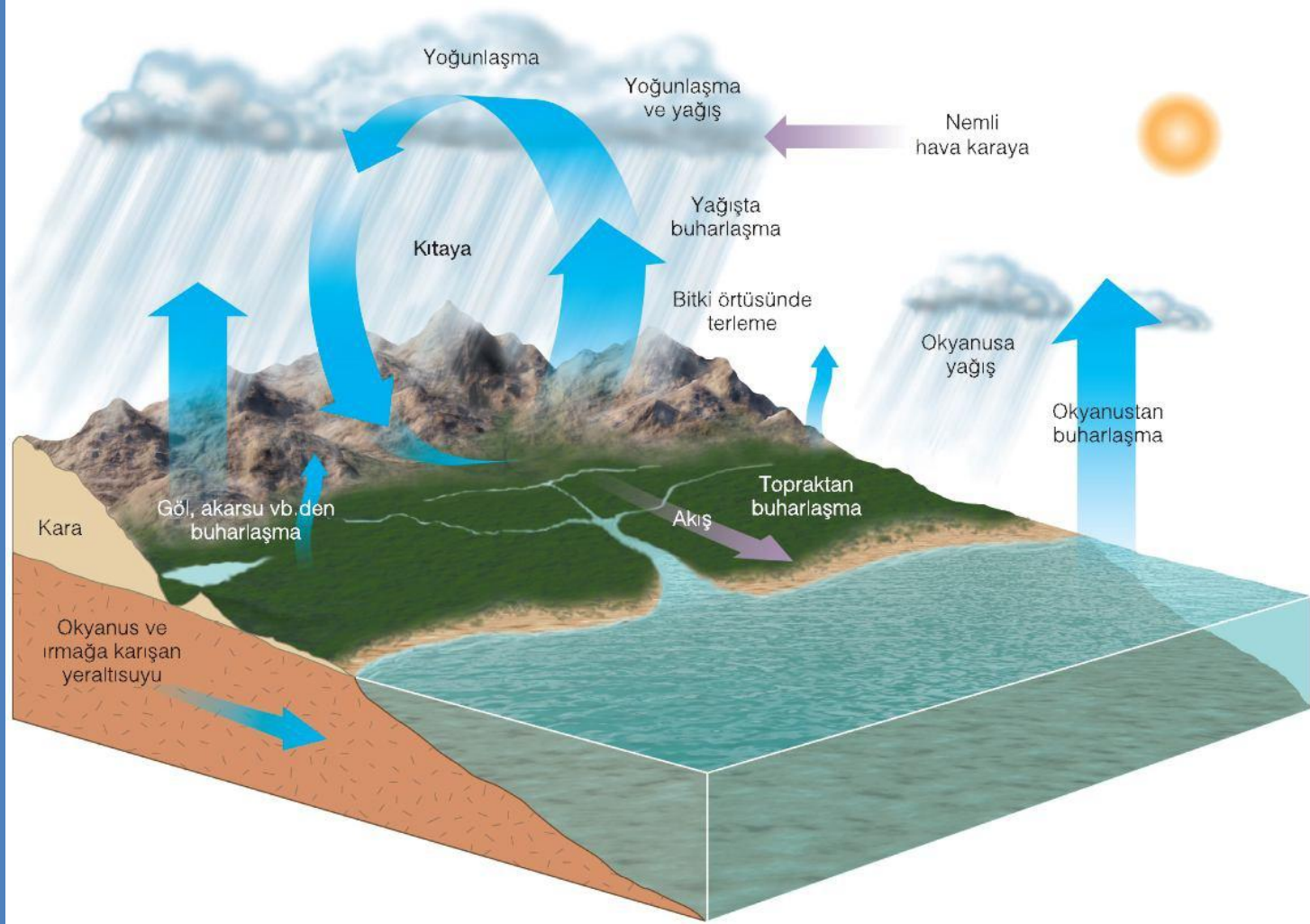
- Yeryüzünde toplam su rezervi 1,36 milyar km^3 kadardır.



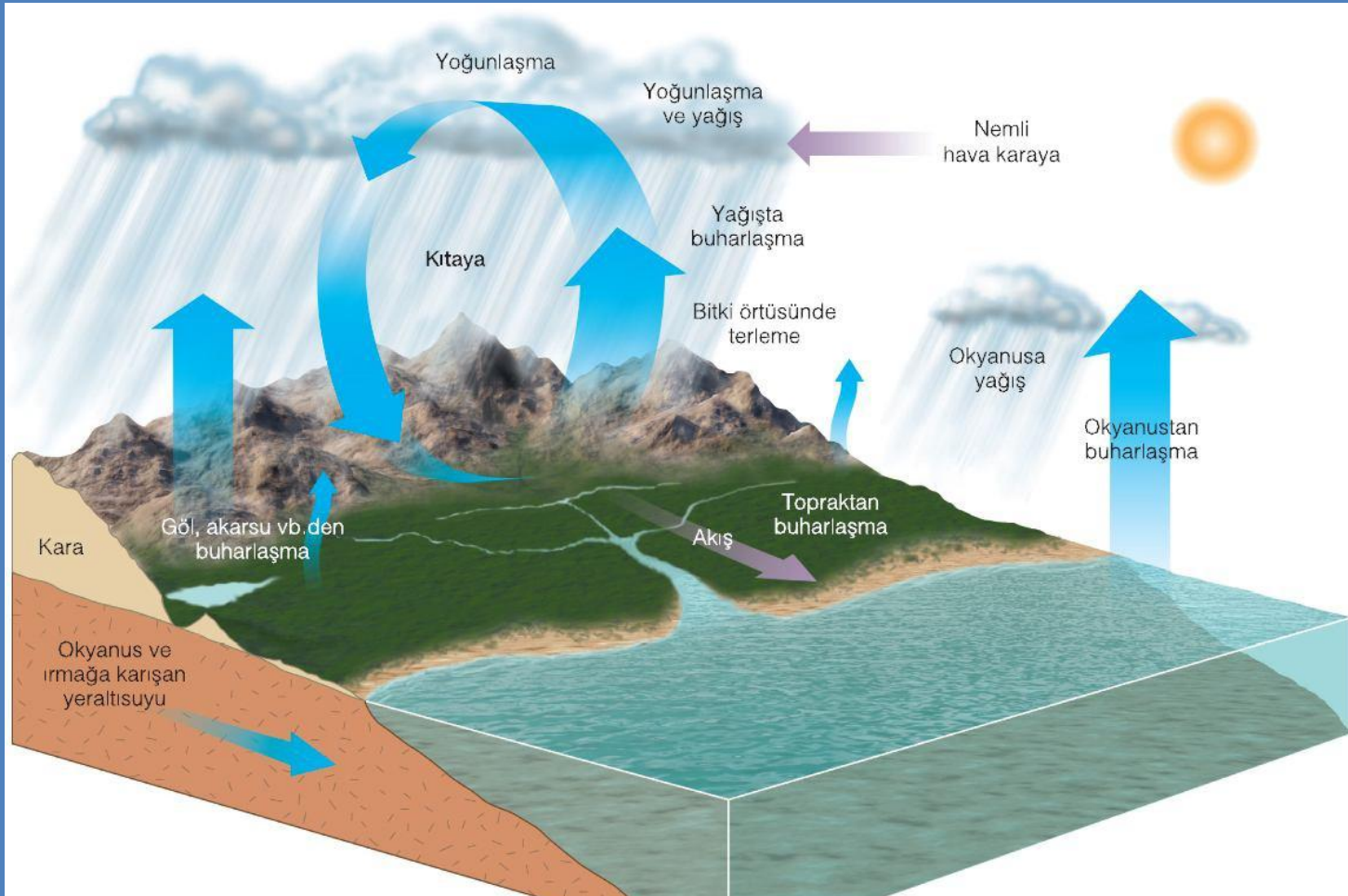
- Araştırmalar bu miktarın sabit olduğunu ve dünyadan uzaya giden yada uzaydan dünyaya gelen miktarların önemsiz olduğunu göstermektedir.

Su Döngüsü (Hydrologic Cycle)

- Yeryuvarının üzerindeki yada içerisindeki su, sürekli bir döngü içerisinde.

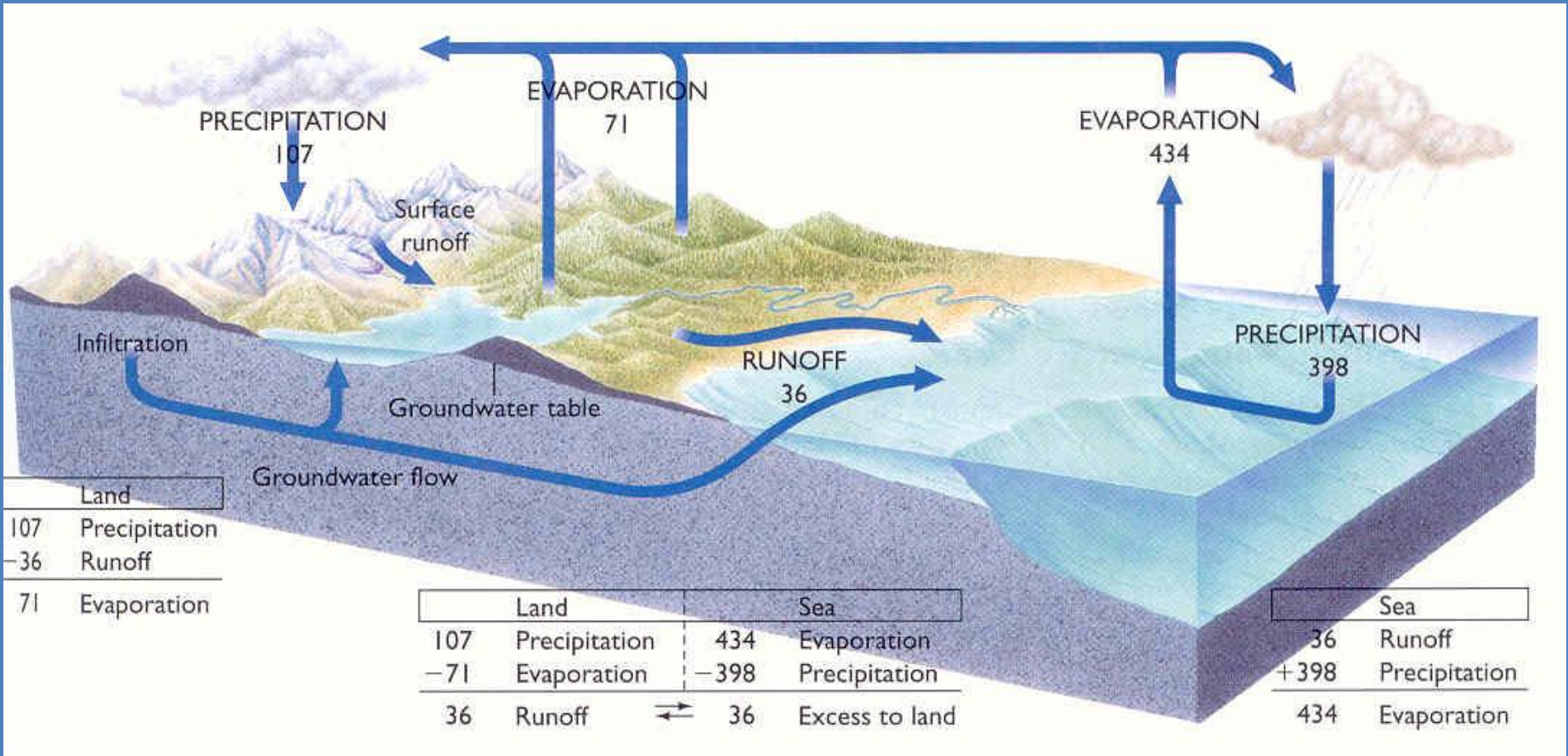


- Suyun okyanuslardan buharlaşma ile atmosfere, atmosferden yağışlar ile yeryüzüne, yüzeysel akış ve yeraltısuyu kaynakları ile nehirlere ve nehirler ile de yeniden okyanusa ulaştığı bu çevrimsel sürece **Hidrolojik Döngü, Hidrolojik Çevrim veya Su Döngüsü** adı verilmektedir.

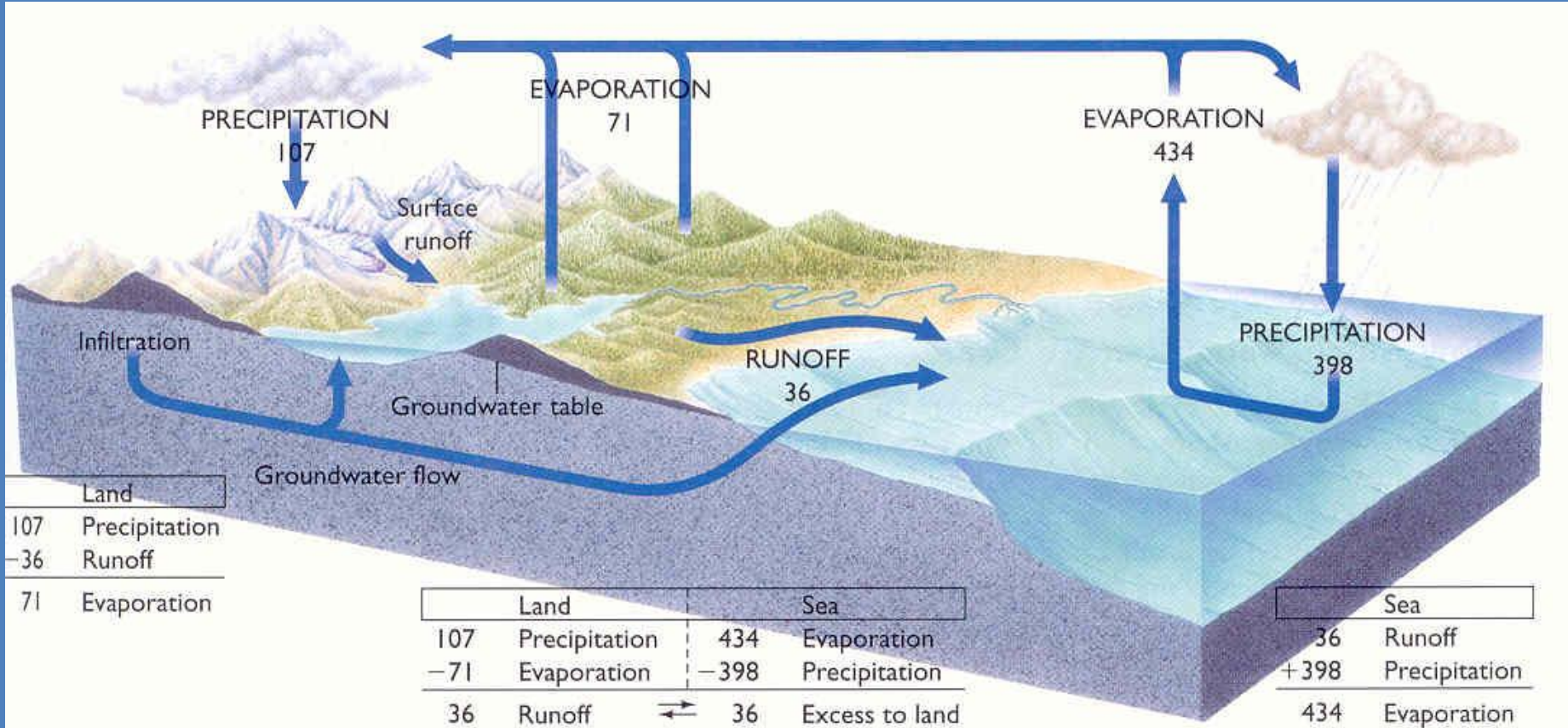


- Su sıcaklığın etkisi ile – büyük bir bölümü okyanus yüzeyinden olmak üzere – atmosfere doğru buharlaşmaktadır (evaporation).
- Buharlaşan suyun uygun koşullarda yoğunlaşması yağışı (precipitation) meydana getirmektedir.
- Karalar üzerine düşen yağışın bir kısmı yeraltına sızar/süzülür (infiltration).
- Bu suyun bir kısmı ise bitkilerin kökleri tarafından emilir ve bitkilerin yapraklarındaki gözenekler vasıtasıyla terleme (transpiration) ile buharlaşarak tekrar atmosfere iletilir.
- Geriye kalan su ise yeraltısuyu olarak kalır yada kaynaklar vasıtasıyla nehirleri ve gölleri oluşturur.

- Yağış şeklinde yeryüzüne ulaşan suyun tamamı yeraltına sızamaz, sızamayan su yeryüzeyinde bir akış (runoff) oluşturur. Bu akışın büyük bir miktarı tekrar denizlere ve okyanuslara ulaşır.



- Şekil, kara ve denizler arasındaki su alışverişinin dengeli olduğunu göstermektedir.
- Denizlerde (okyanuslarda) yağıştan daha fazla buharlaşma olur (36 birim).
- Bu karalardaki buharlaşmaya göre daha fazla olan yağışın yüzeysel akışla (runoff) denizlere ulaşan su miktarı ile (36 birim) dengelenir.



Ne kadar su kullanabiliriz ?

- Su döngüsü, kullanabileceğimiz su miktarı hakkında bize bilgi verir. Kullanma suyu, tuzlu olmayan, tatlı su olacaktır.

Orta Doğu'da tuzlu suyun tuzunun alınması ile tatlı su elde etme çalışmaları giderek artarak devam etse de, tatlı su teminimiz hala yağış, akarsular, bazı yeraltı suları, ve karadaki kar ve buzun erimesi ile oluşan sulardan olmaktadır. Tüm bu sular yağışla beslenmektedirler.

Bu durumda, pratik olarak kullanabileceğimiz su miktarının sınırı, karalara düşen devamlı yağış kadardır. Bu devamlılık aynı zamanda bu suyun yenilendiği anlamını da içerir.

Bu halde, kaynaklarımızı kirletsek dahi, yağış bu kirliliği zamanla ortadan kaldıracaktır. Fakat bunun yüzlerce hatta binlerce yıl zaman alabileceğini de düşünmek gerekir.

İnsanların Su Döngüsüne Etkileri:

- Kuru alanlarda sulama yapmak buharlaşmayı arttırır;



- Su, kanallarla bir yerden bir diğetine aktarıldığında, yüzeysel akış değişir;

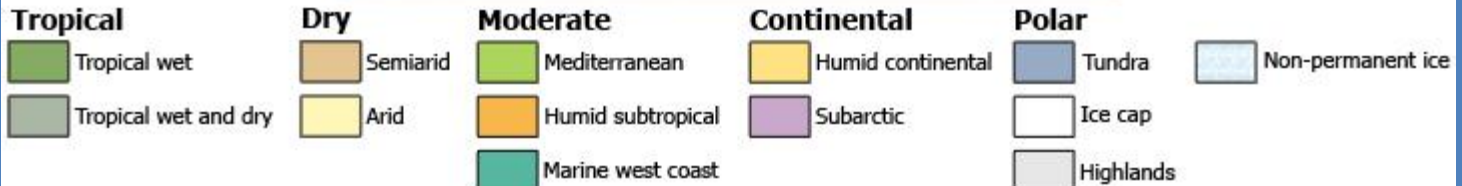
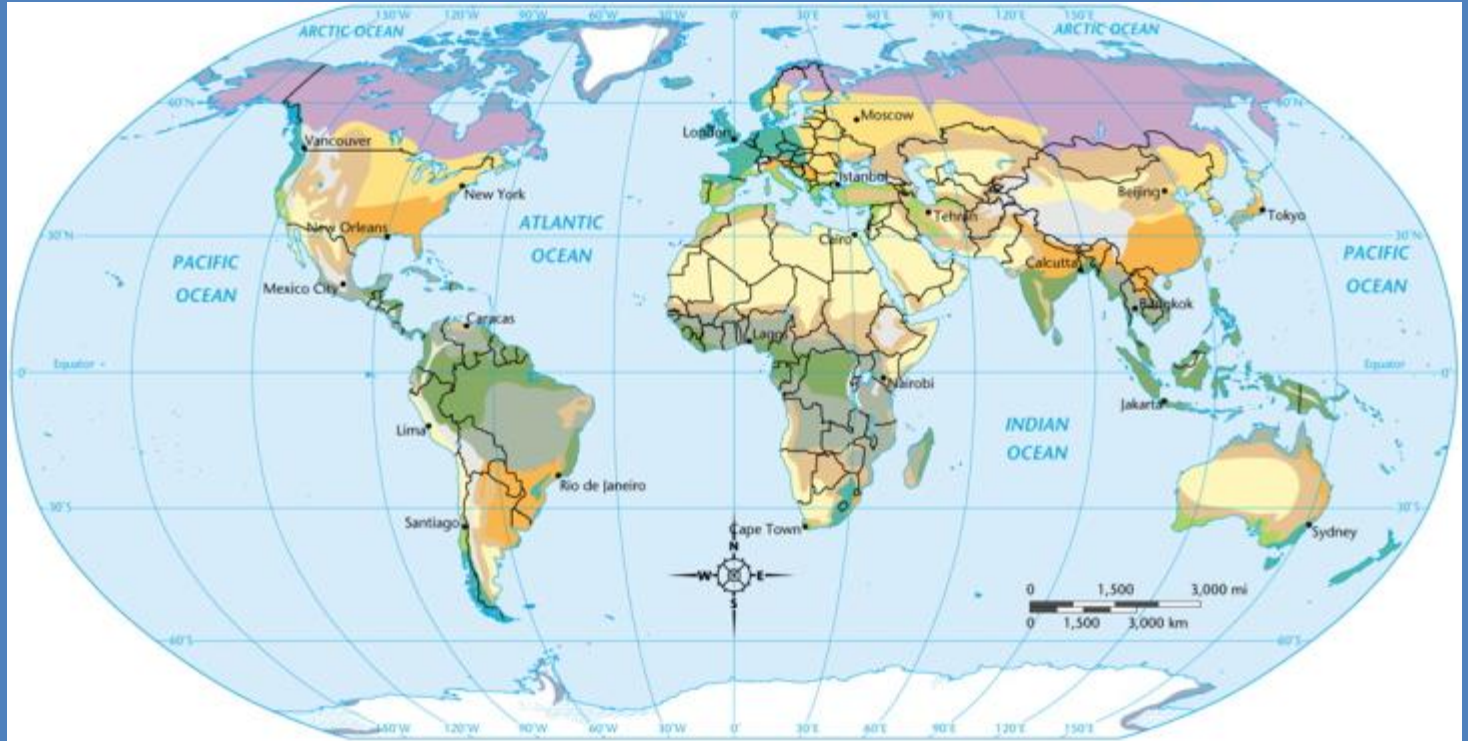


-Yerin yüzeyini karayolları, park alanları, ve binalarla örtmek süzülmeı engeller;



3. Su Bilimi ve İklim

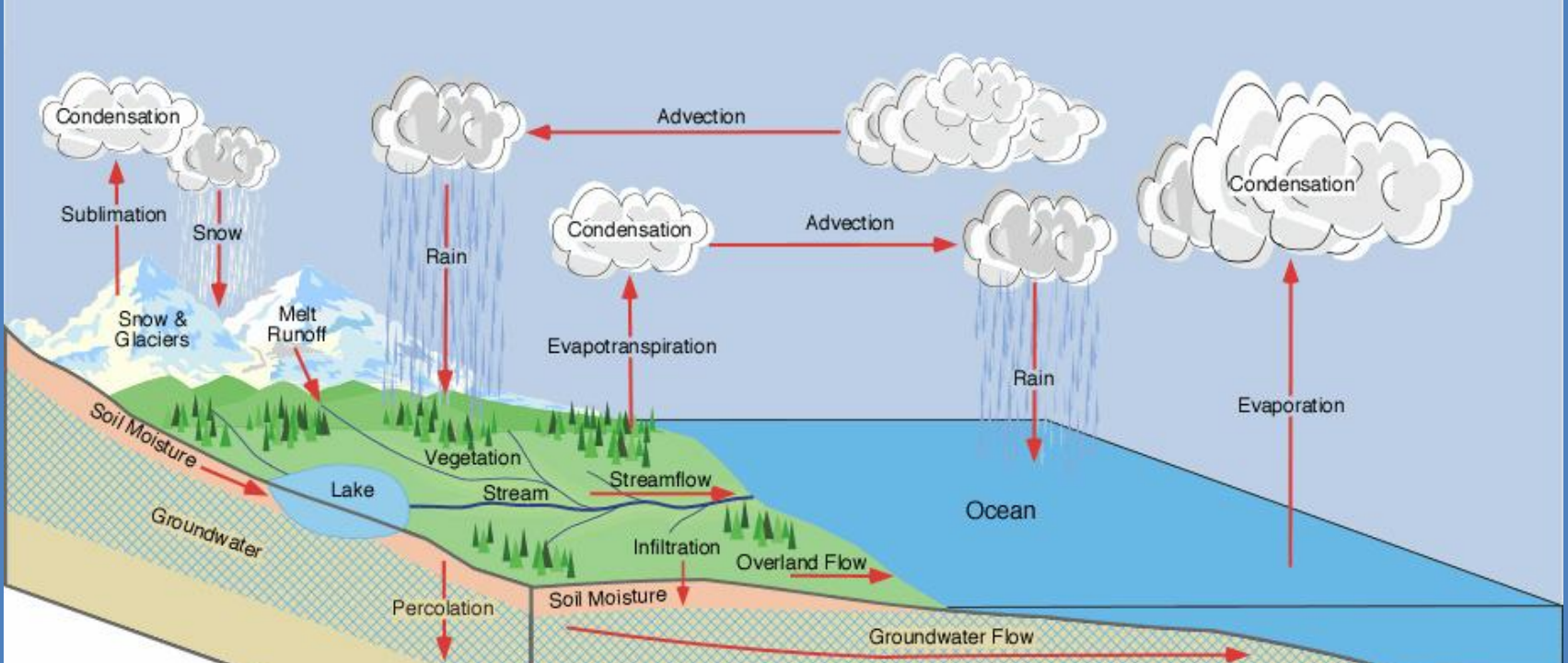
İnsanlar, sıcak ve yağışlı, sıcak ve kuru, veya sıcak ve bir dönem çok yağışlı diğer bir dönem çok kuru, ve yağışsız, soğuk ve buzlu ortamların hakim olduğu iklimlerde yaşarlar.



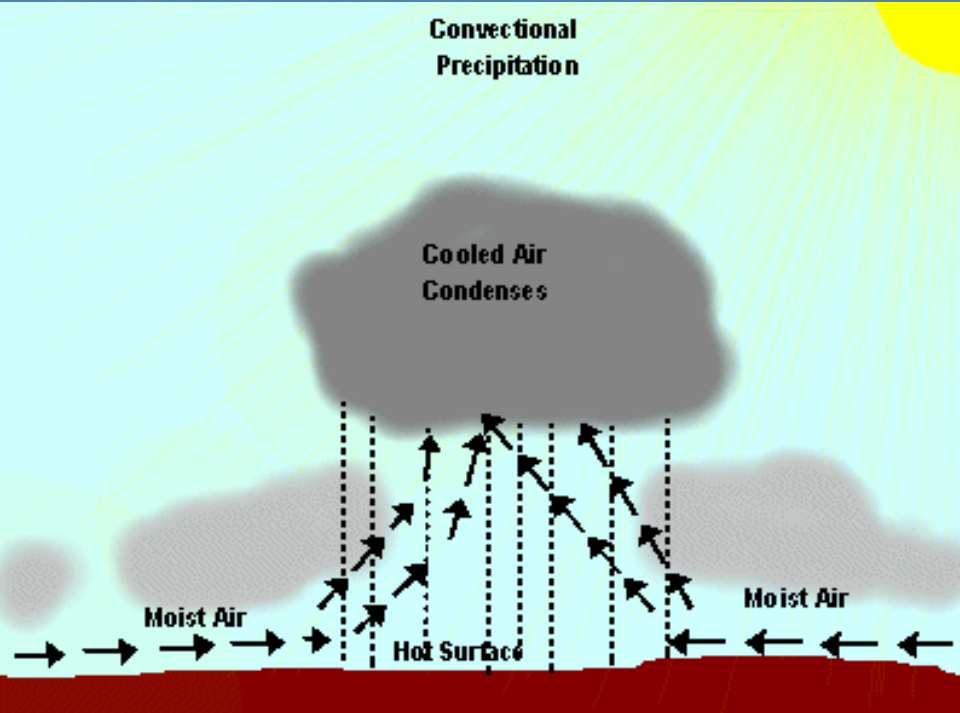
Nem ve Yağış

Nem ve yağış, büyük oranda havanın sıcaklığına bağlıdır. Denizlerin üzerindeki hava, buharlaşma ile gelen suyu buhar olarak taşır. Bu su miktarına bağlı nem denir.

Bağıl nem, belirli sıcaklıktaki havanın içerdiği su miktarının, havanın o sıcaklıkta doymun olarak taşıyabileceği en yüksek su miktarına oranıdır (yüzde olarak).

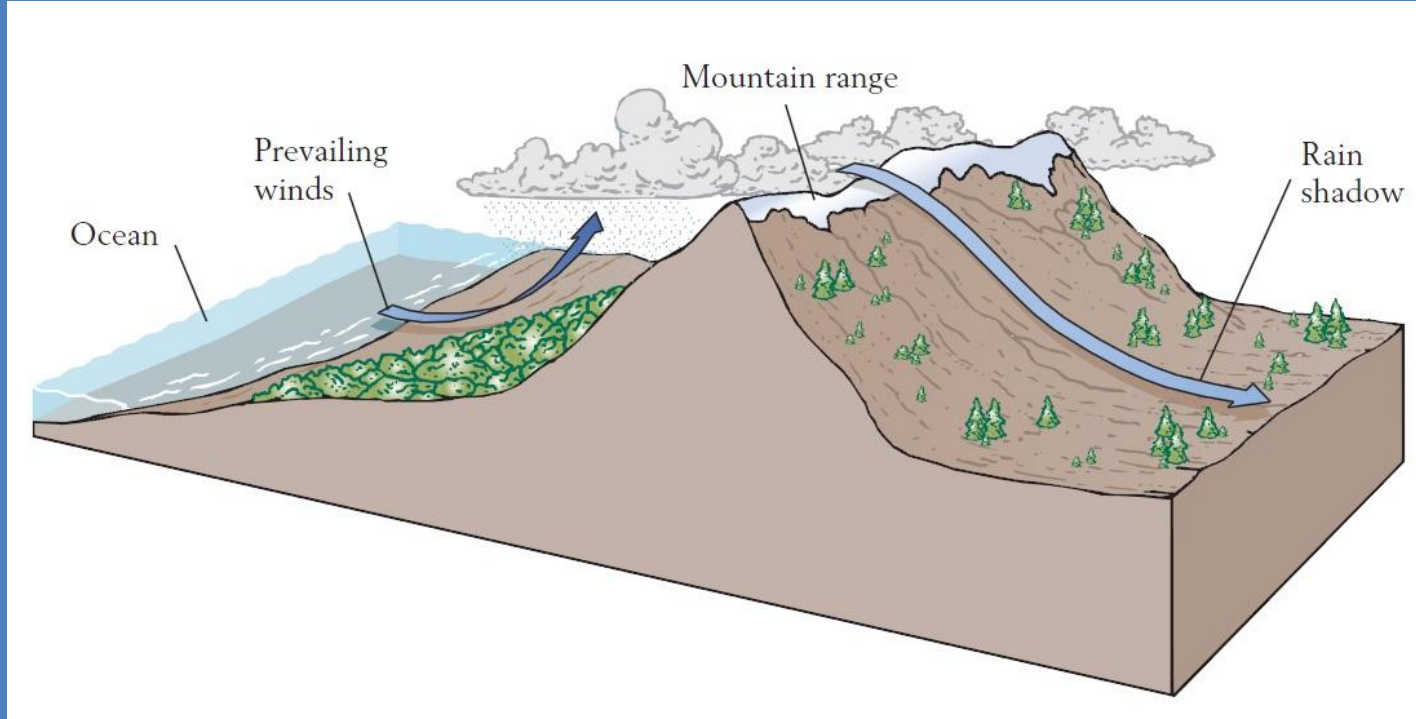


Sıcaklık arttıkça havanın taşıyabileceği su miktarı da artar. Suyu doymamış ve belirli sıcaklıkta bir hava kütlesi yeteri kadar soğursa, suya doygun hale gelir ve içerdiği buharın bir kısmı su taneleri haline geçer.



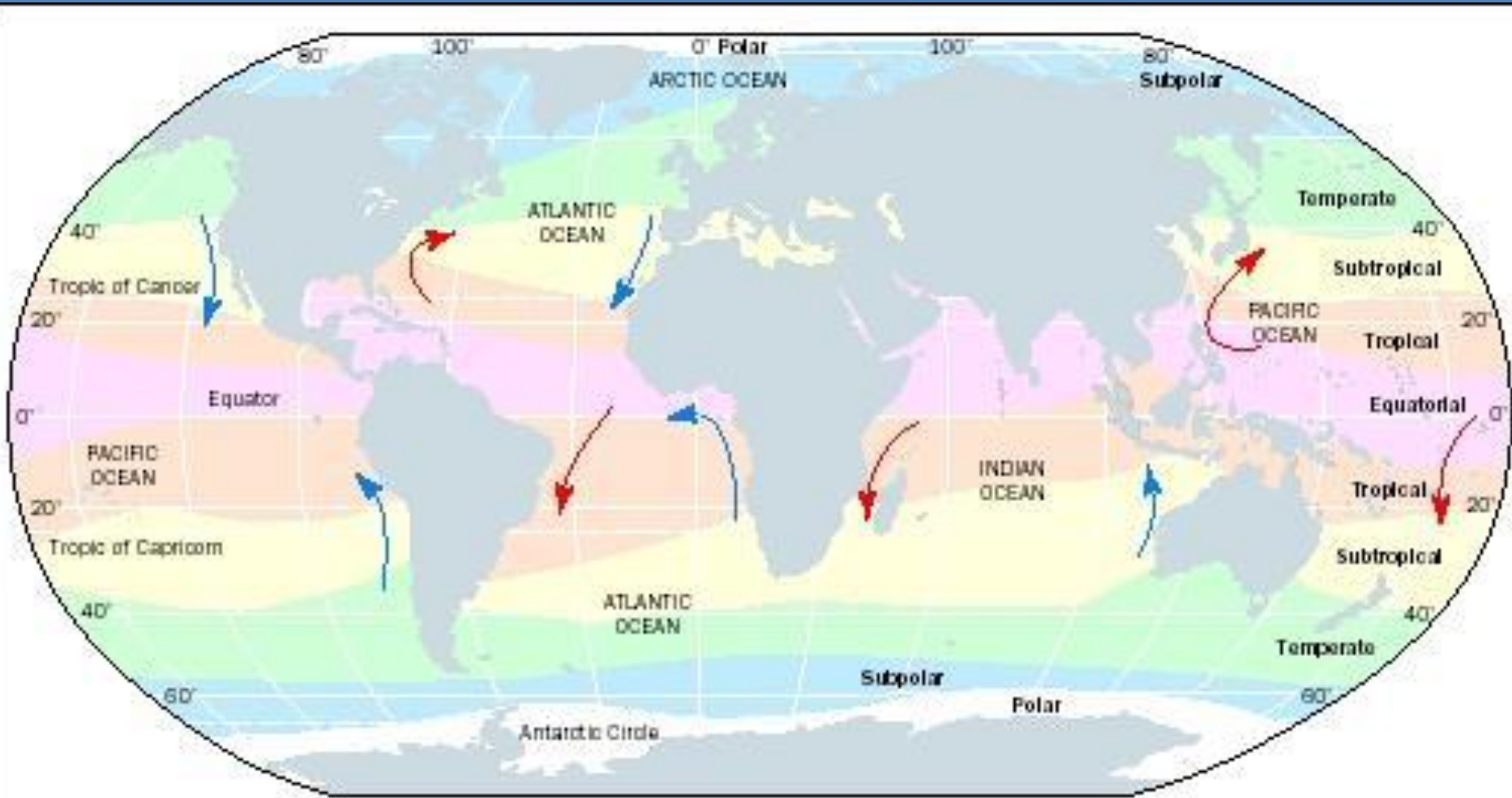
Bulutları görünür yapan bu su taneleridir yoksa su buharı içeren hava görünmez. Bu şekilde oluşan bulutlarda yoğunlaşan su miktarı artınca, ve bu su taneleri hava akımları ile askıda tutulamaz hale gelince, yağmur olarak yere düşerler.

Nemli sıcak hava kütleleri, denizden dağlara doğru sürüklendiklerinde, yükselirler ve soğurlar. Bu olay, bu kütlelerin bulutlanmasına ve yağış bırakmasına neden olur. Dağın denize bakan tarafında yağış yapan bu kütleler, su miktarlarınının bir kısmını burada bırakır ve dağın öteki taraflarına geçerler.



Bu kesimlerde alçalarak ısınırlar ve daha fazla su tutmaya hazır hale gelirler. Diğer bir deyiş ile bu kesimlerde yağmur bırakmazlar. Bu olaya, "yağmur gölgesi" (rain shadow) denir.

- Kutup Bölgeleri, tropikal bölgelere göre daha kuru olurlar.



4. Yüzeysel Akış

-Yağıştan yüzeysel akışa geçen miktar, kuru ve sıcak bölgelerde, nemli bölgelere göre daha azdır.

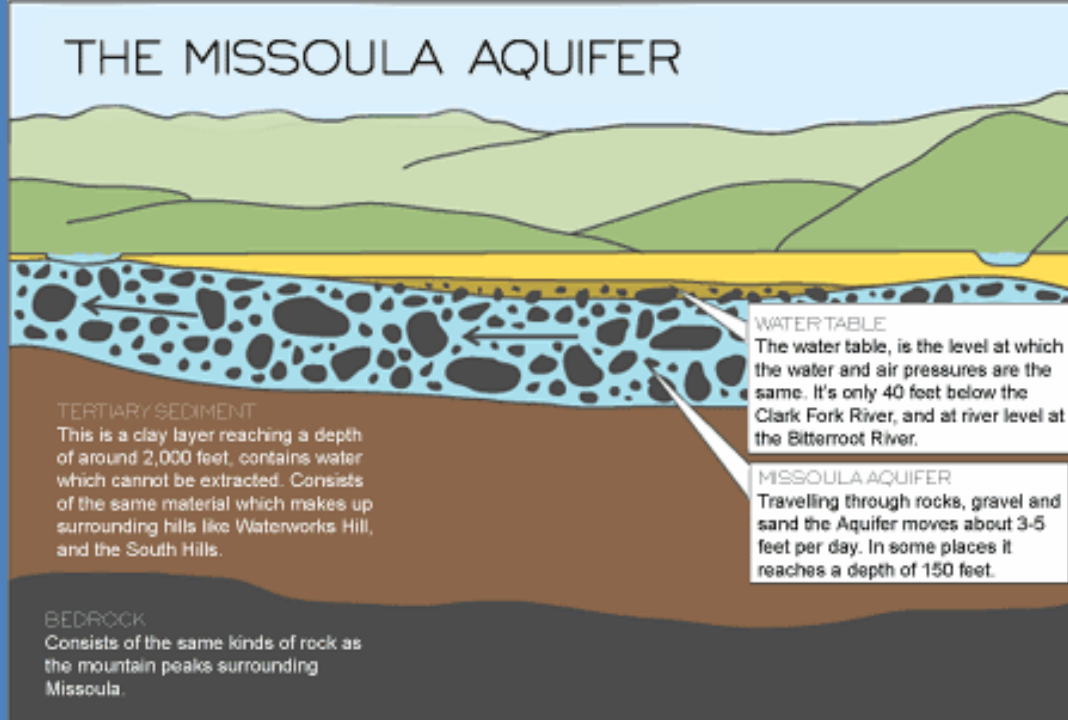


- Yüzeysel akış, doğal göller veya suni barajlarla toplanır. Havzalar ve bataklıklar da akışın depolandığı yerlerdir.

- Yüzeysel akışın hemen hemen yarısı, 70 büyük nehirle, geri kalanı ise, milyonlarca küçük akarsu ile gerçekleşmektedir.

5. Yeraltısuyu

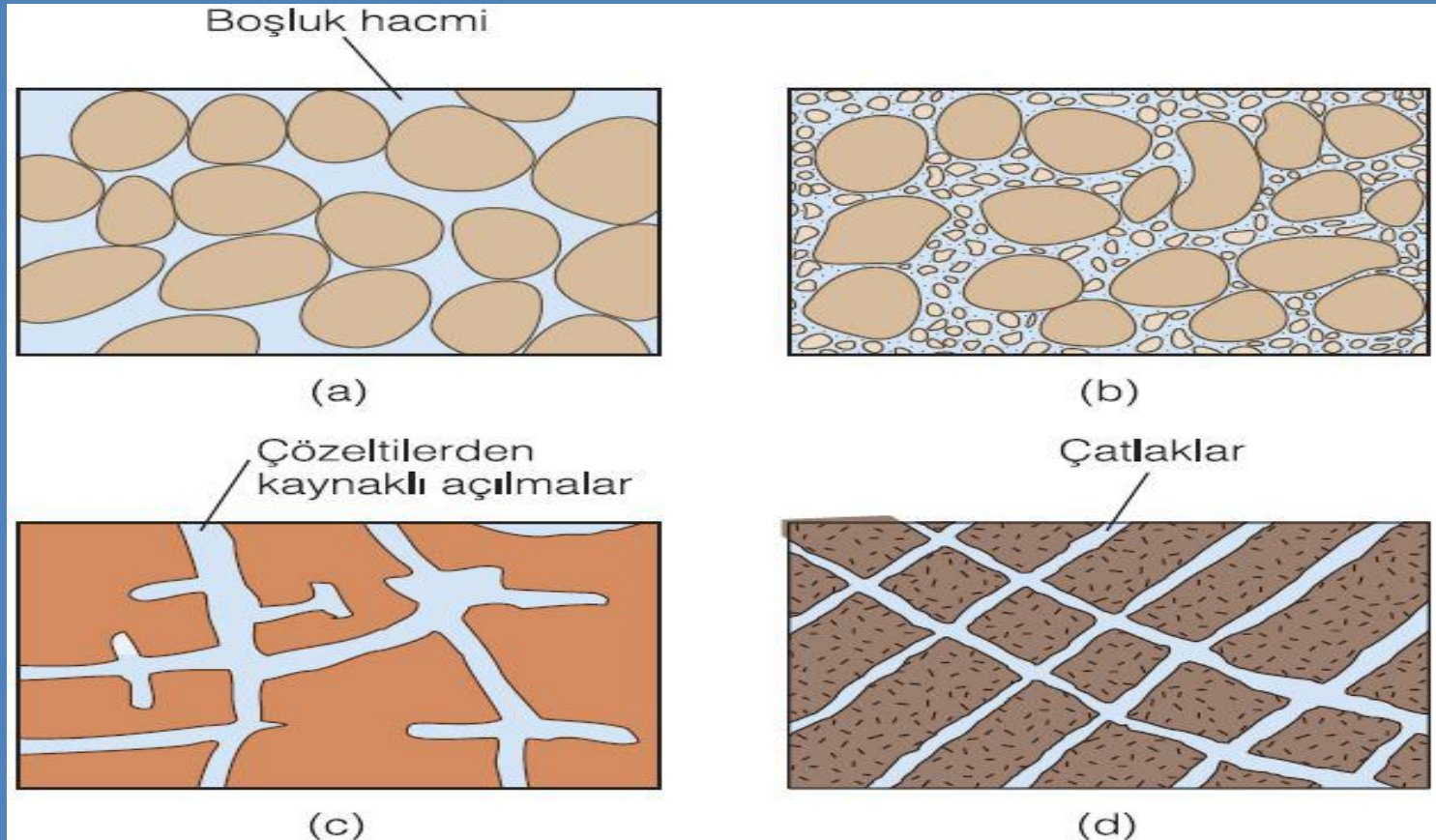
- Yağışın yeraltına süzülerek birikmesi ile oluşur.

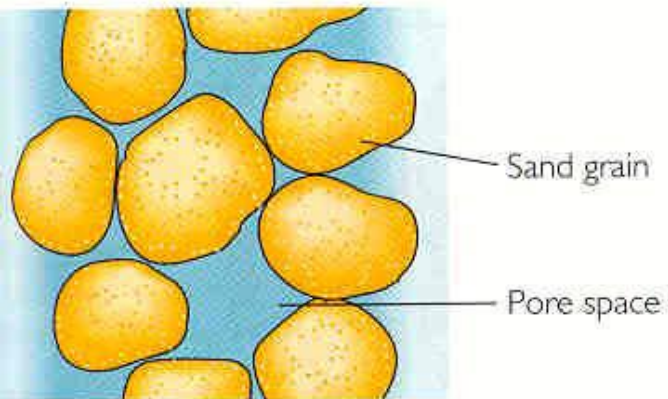


- Yeraltısuyunun depolanmasını ve taşınmasını (iletilmesini) sağlayan kayaç ortamlarına **Akifer** adı verilmektedir.

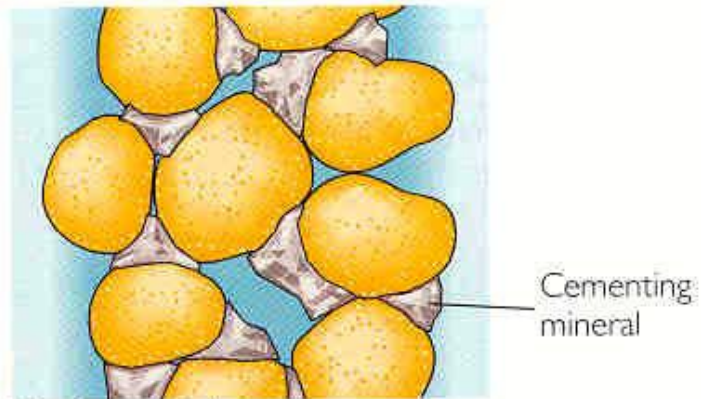
- Yeraltısuyu hareketi ve kuyularda eldesi, içinden geçtiği malzemelerin iki kritik özelliğine bağlı olarak değişir: **gözeneklilik (porozite) ve geçirgenlik (permeabilite)**.

- Kayaç içerisindeki boşlukların toplam hacminin, tüm kayaç hacmine oranına '**gözeneklilik**' adı verilmektedir.

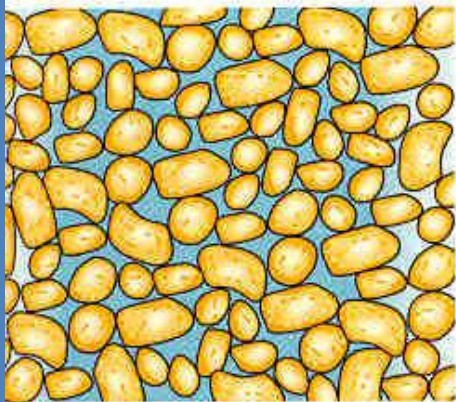




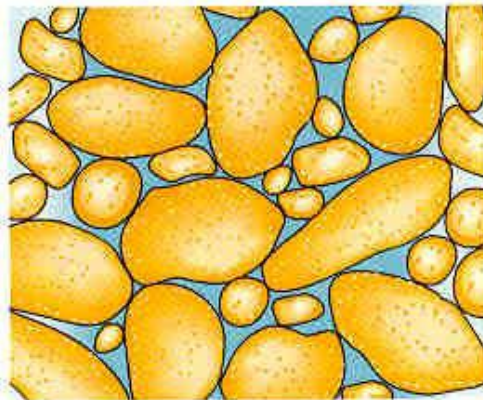
(a) Porous sandstone



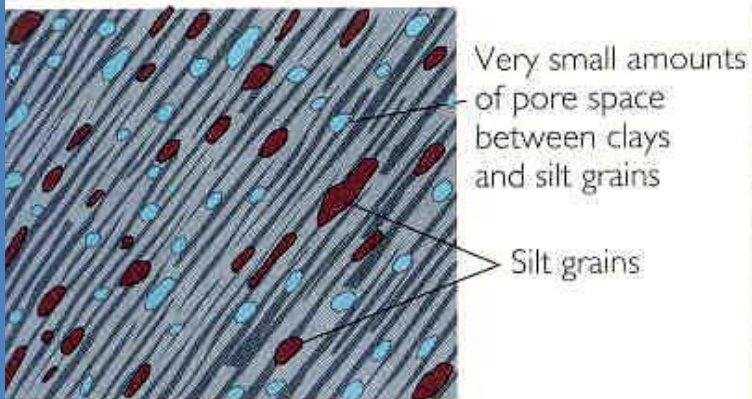
(b) Cemented sandstone



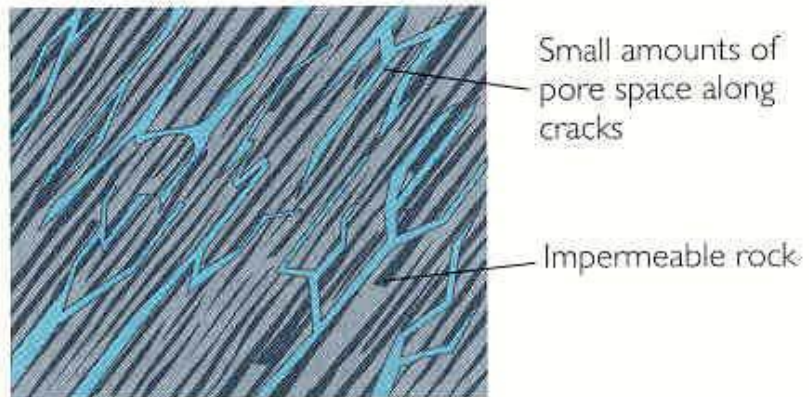
(c) Fine-grained sandstone



(d) Sandstone with irregular shapes



(e) Unfractured shale



(f) Fractured shale

Malzeme**Gozeneklilik (%)**

Pekişmemiş çökeller

Toprak

55

Çakıl

20–40

Kum

25–50

Silt

35–50

Kil

50–70

Kayaçlar

Kumtaşı

5–30

Şeyl

0–10

Boşluklu kireçtaşı ve dolomit

10–30

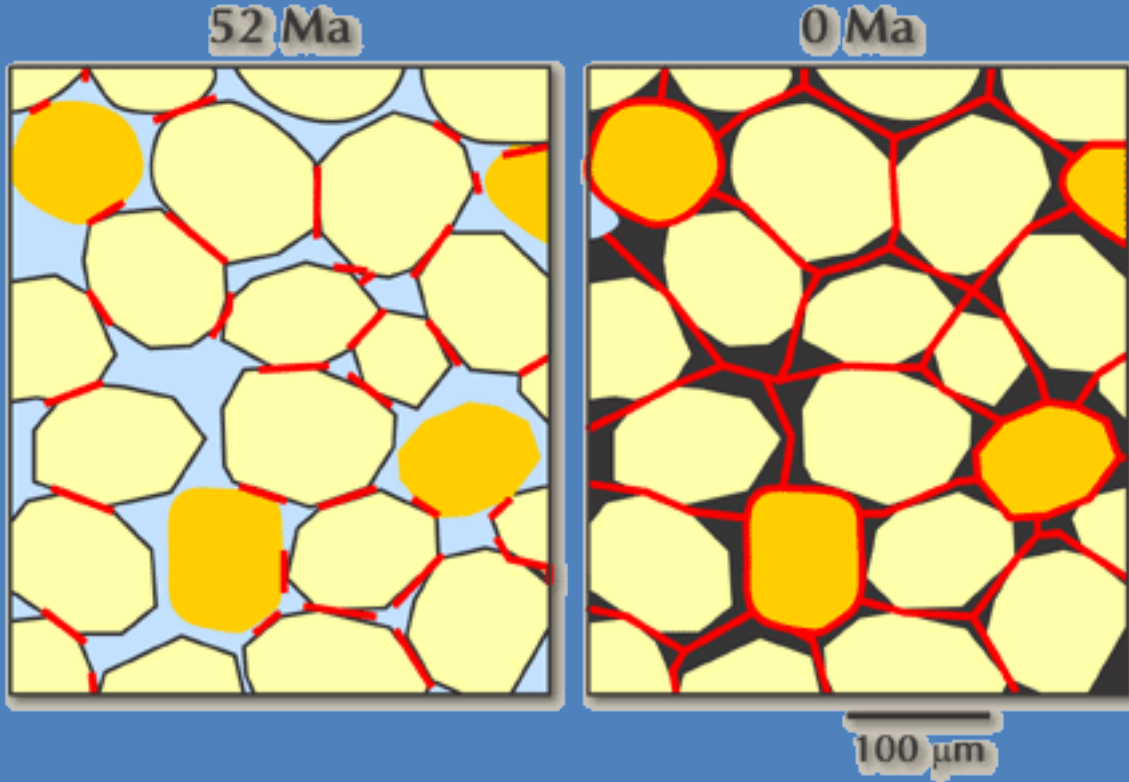
Çatlaklı bazalt

5–40

Çatlaklı granit

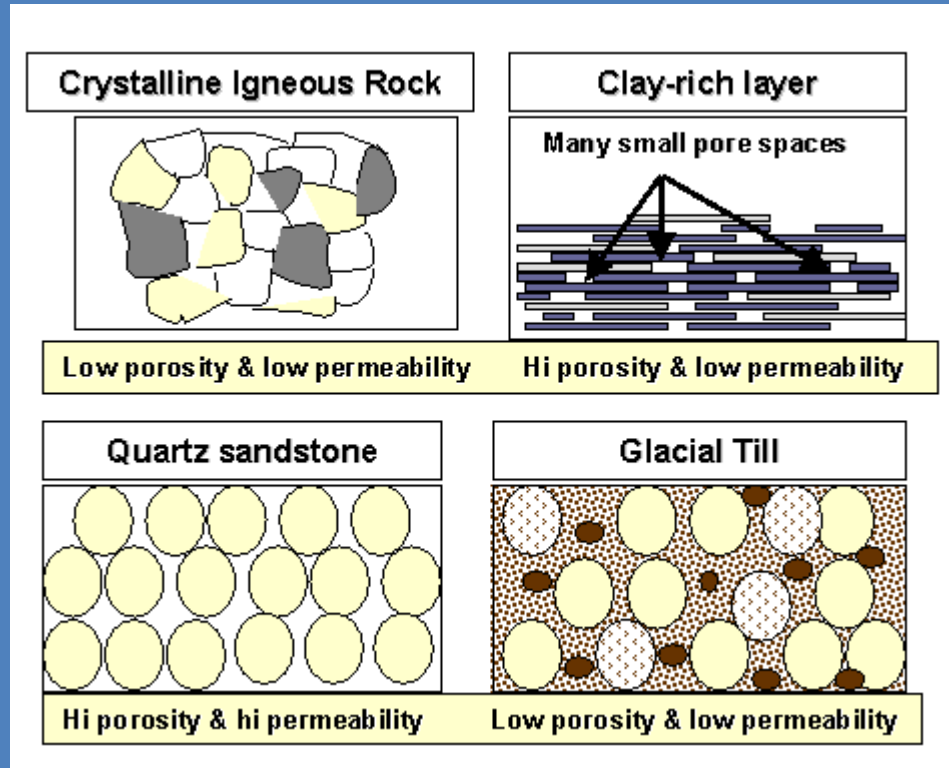
10

- **Geçirimsizlik** (permeabilite) de yeraltısuyunun hareketinde ve eldesinde oldukça önemlidir.



- Geçirimsizlik, yer malzemelerinin (kayaç, toprak vb.) suyu iletebilme özelliğidir.

- Kil ve silt, çakıl ve kumdan daha gözeneklidir. Ancak, taneler arasındaki boşluklar çok küçük olduğundan ve taneler ile su molekülü arasındaki çekim kuvveti suyun hareketini önleyecek ölçüde büyük olduğundan dolayı düşük geçirimsizliğe sahiptirler.

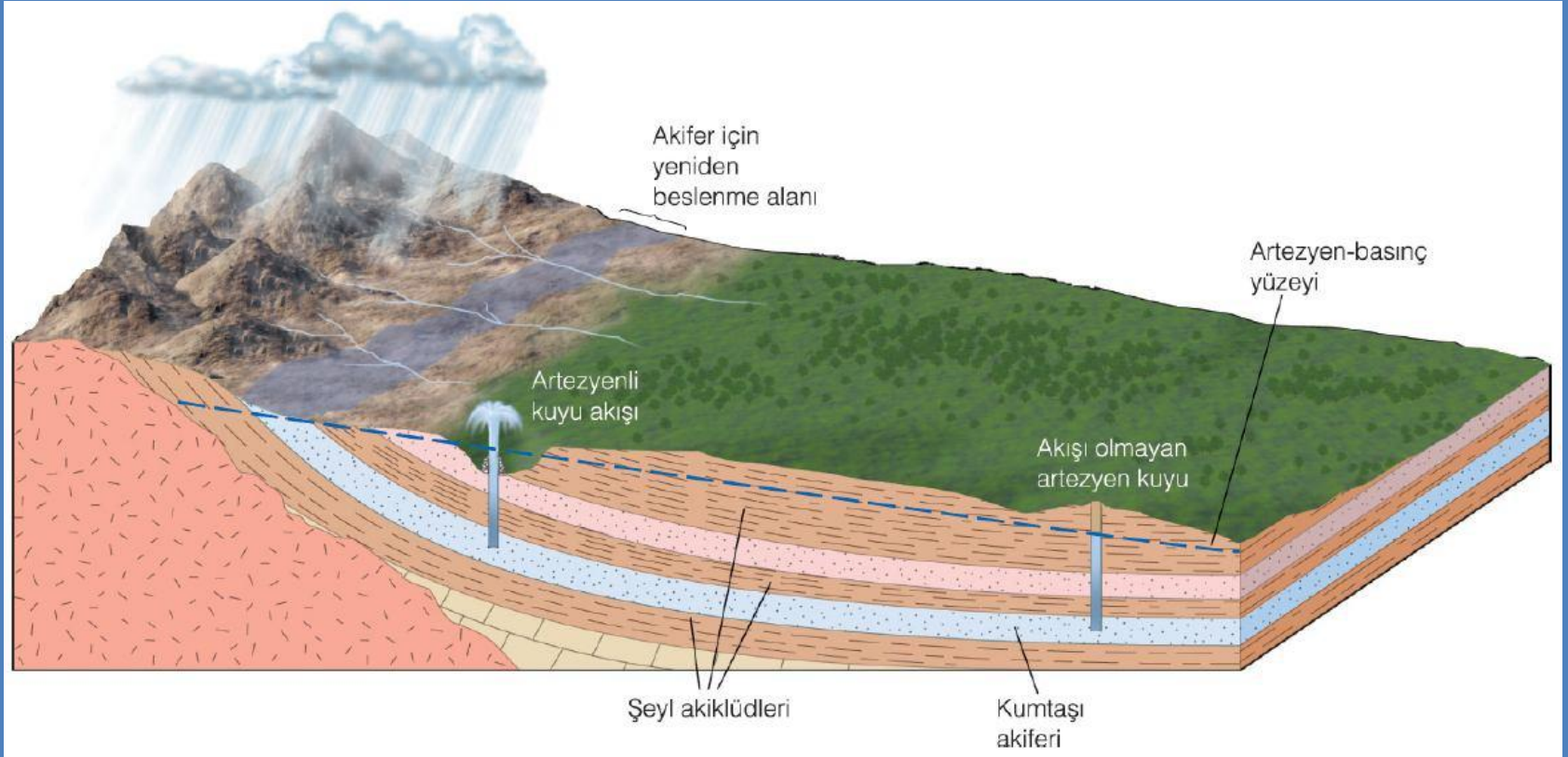


Bol çatlaklı Kireçtaşı, dolomit, magmatik ve metamorfik kayalarda çatlaklar bağlantılı ise geçirgenlik yükselir.

TABLE 17.1 Porosity and Permeability of Sediments and Rocks

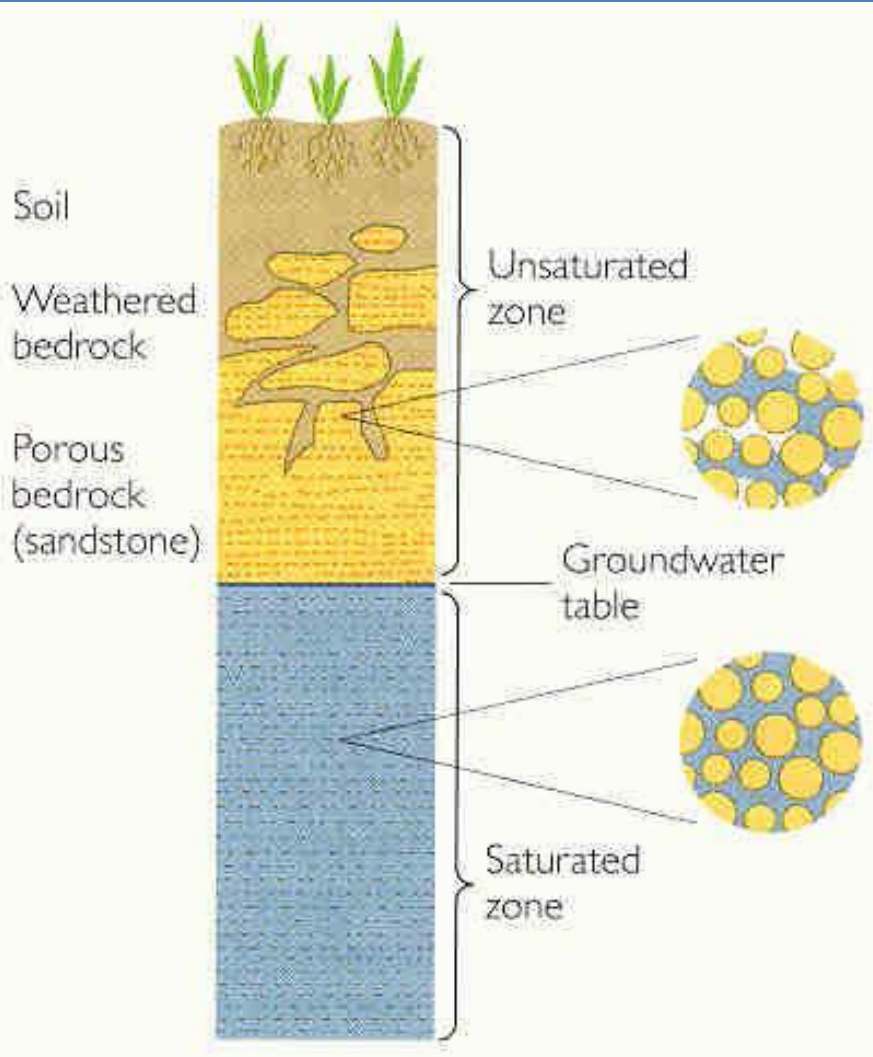
Sediment	Porosity (%)	Permeability
Gravel	25 to 40	Excellent
Sand (clean)	30 to 50	Good to excellent
Silt	35 to 50	Moderate
Clay	35 to 80	Poor
Glacial till	10 to 20	Poor to moderate
Rock		
Conglomerate	10 to 30	Moderate to excellent
Sandstone		
Well-sorted, little cement	20 to 30	Good to very good
Average	10 to 20	Moderate to good
Poorly sorted, well-cemented	0 to 10	Poor to moderate
Shale	0 to 30	Very poor to poor
Limestone, dolomite	0 to 20	Poor to good
Cavernous limestone	up to 50	Excellent
Crystalline rock		
Unfractured	0 to 5	Very poor
Fractured	5 to 10	Poor
Volcanic rocks	0 to 50	Poor to excellent

Yeraltısuyunu taşıyan geçirgen katmana **akifer** denir. Taneleri iyi boylanmış ve yuvarlaşmış olan kum ve çakıl çökelleri en iyi akiferlerdir. Çatlakları ve tabaka arası yüzeyleri çözünme ile genişleyen kireçtaşları da iyi akifer özelliği gösterirler.

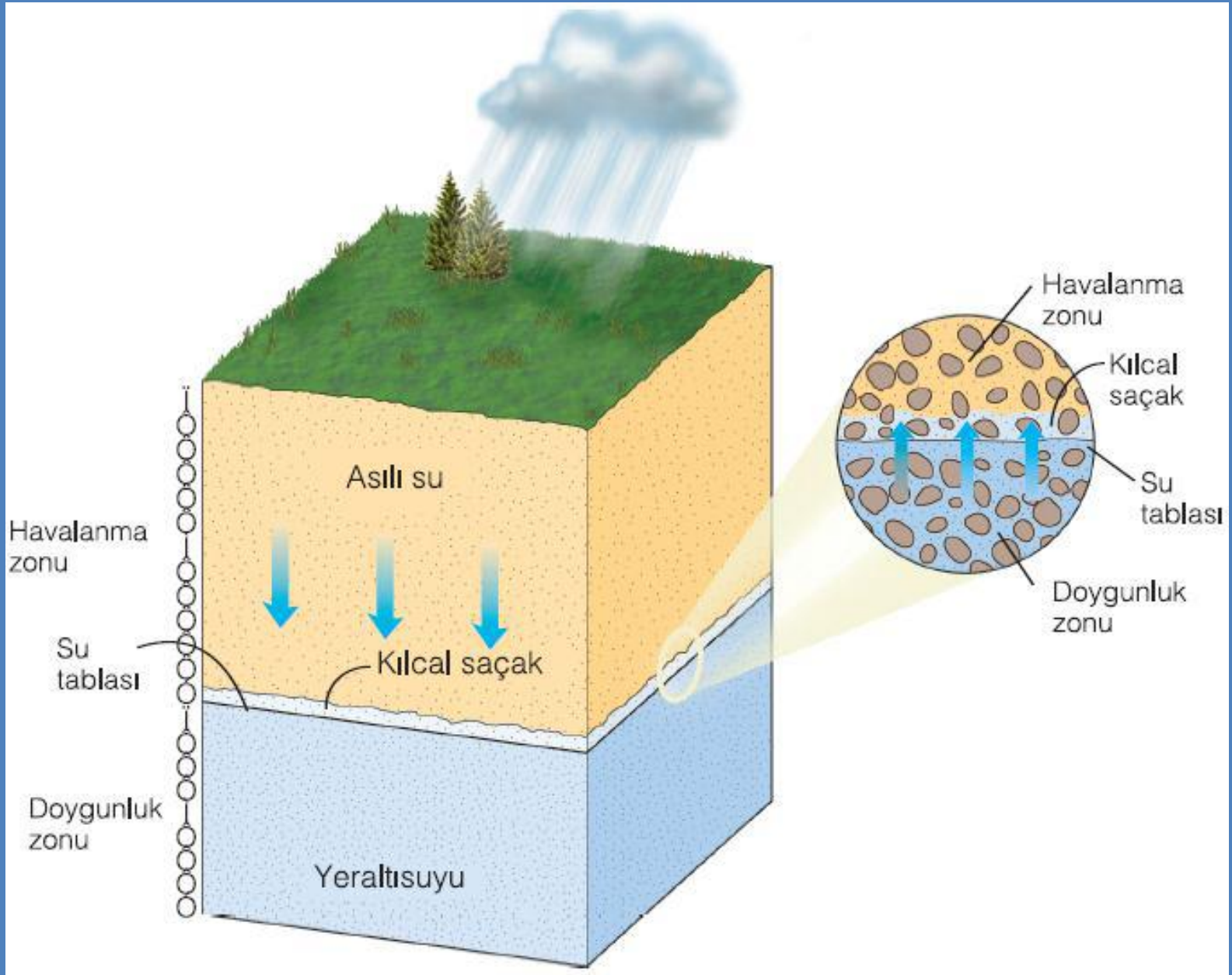


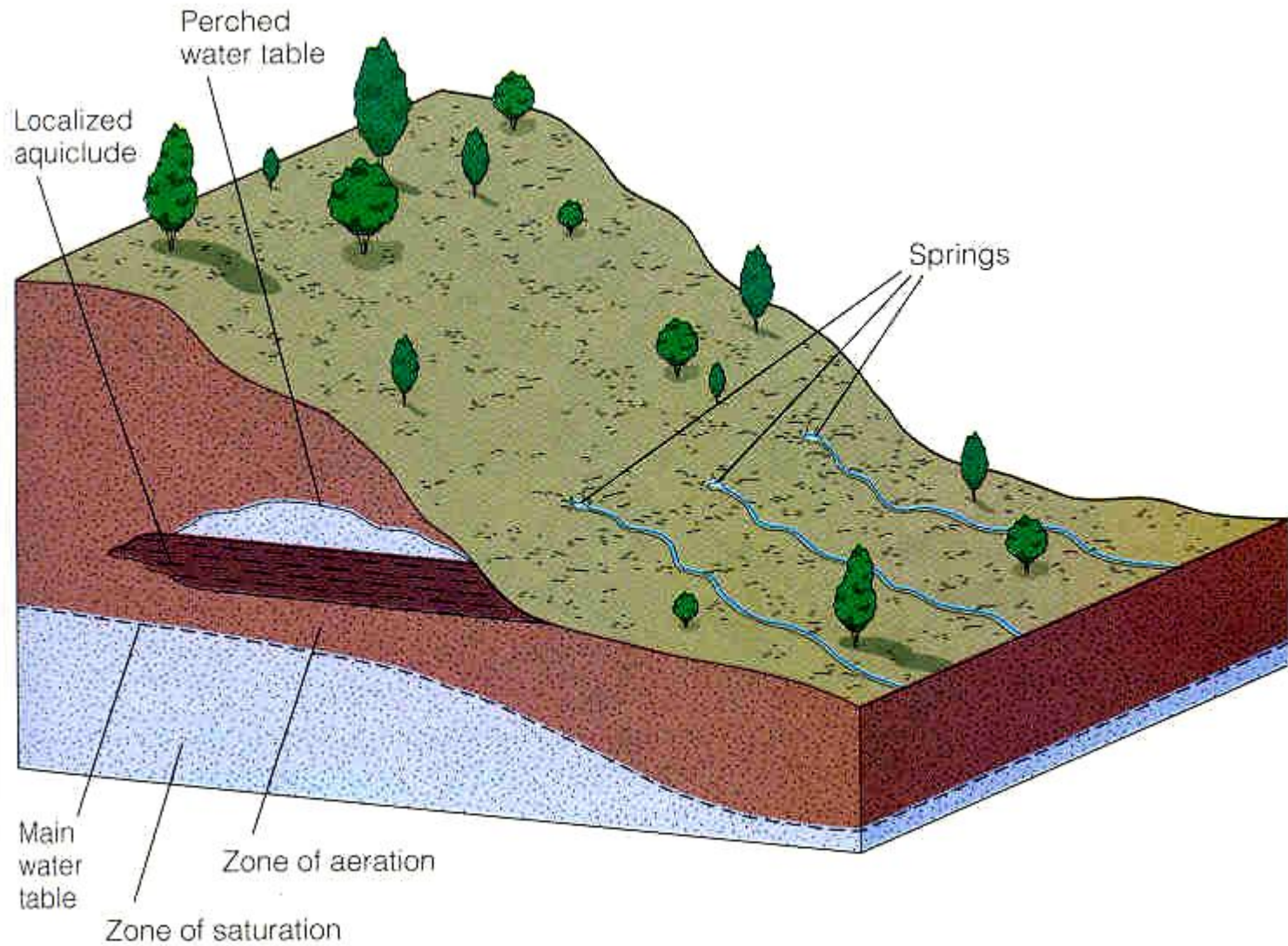
Şeyller ile birçok magmatik ve metamorfik kayaç ise çatlaklı olmadığında geçirimsiz olduğundan ötürü kötü akiferlerdir. Bu tür kayaçlar ve yeraltısuyunun hareketini engelleyen diğer malzemelere **akiklöd** denir.

Su Tablası

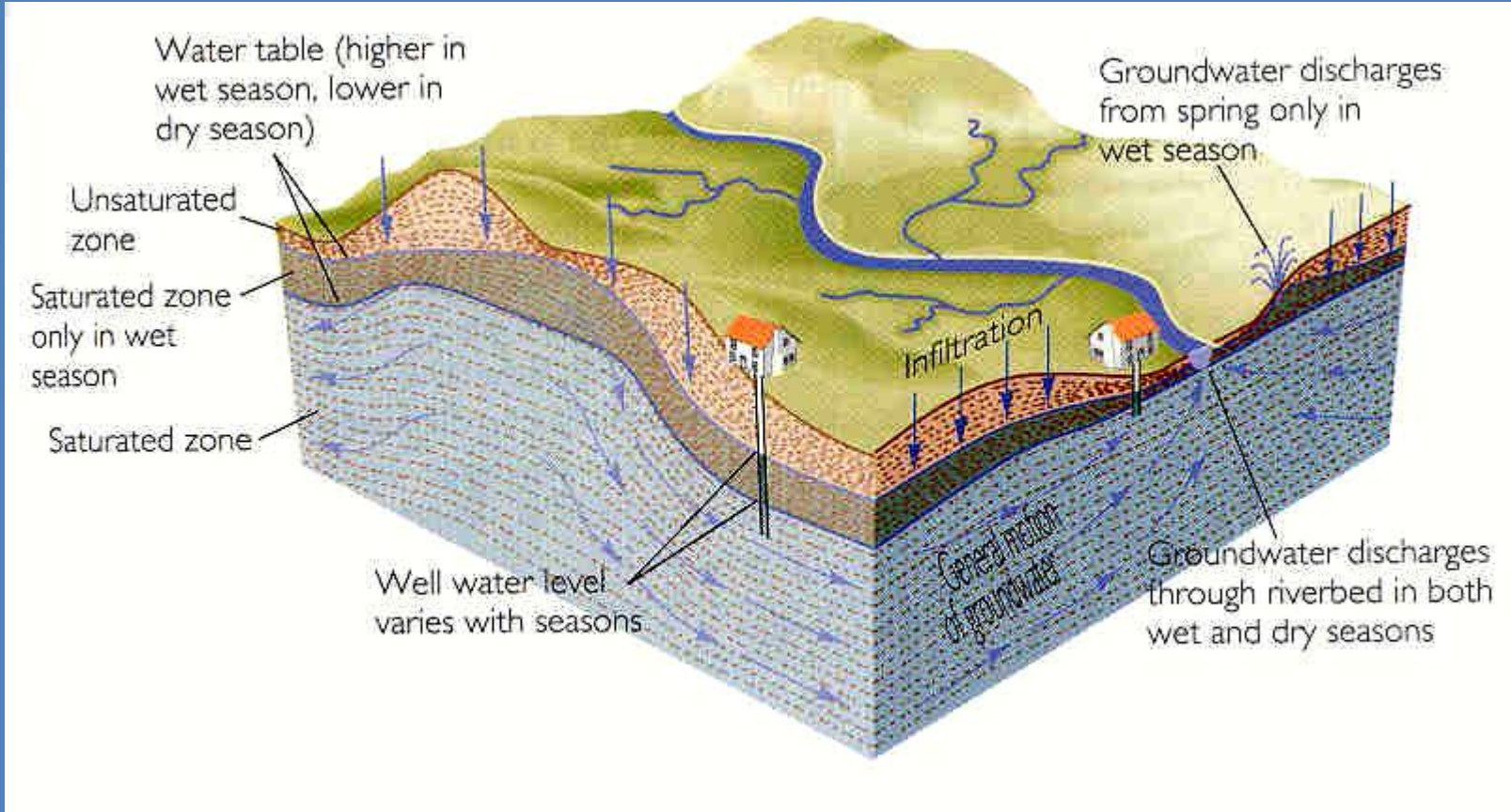


Karaya düşen yağmurun bir kısmı buharlaşır, bir kısmı da ırmaklar aracılığı ile okyanuslara yüzeysel akışla taşınır; geriye kalanı ise toprağın içine süzülür. Yerin altında hareket eden bu suyun küçük bir miktarı, içinde hareket ettiği malzeme tarafından tutulur ve aşağı doğru ilerlemesi durur. Bu sulara **asılı su** denilir. Geriye kalanı ise daha aşağıya doğru süzülür ve erişebildiği tüm gözenek boşlukları doluncaya değin birikir. Bu şekilde boşlukları büyük ölçüde havadan oluşan **havalanma kuşağı ile altındaki su ile dolu doygunluk kuşağı** tanımlanır. Bu iki kuşağı ayıran yüzeye **su tablası denir. Doygunluk kuşağının** taban derinliği bölgeden bölgeye değişimler gösterse de genelde, altında geçirimsiz tabakaya rastladığı derinliğe ya da piezometrik basıncın tüm boşlukları kapattığı derinliğe kadar uzanırlar.





- Bir arazi parçasının değişik yerlerindeki kuyularından (pompalama yapılmayan) su seviyelerini ölçersek o arazi parçasının su tablasının haritasını çıkarabiliriz.



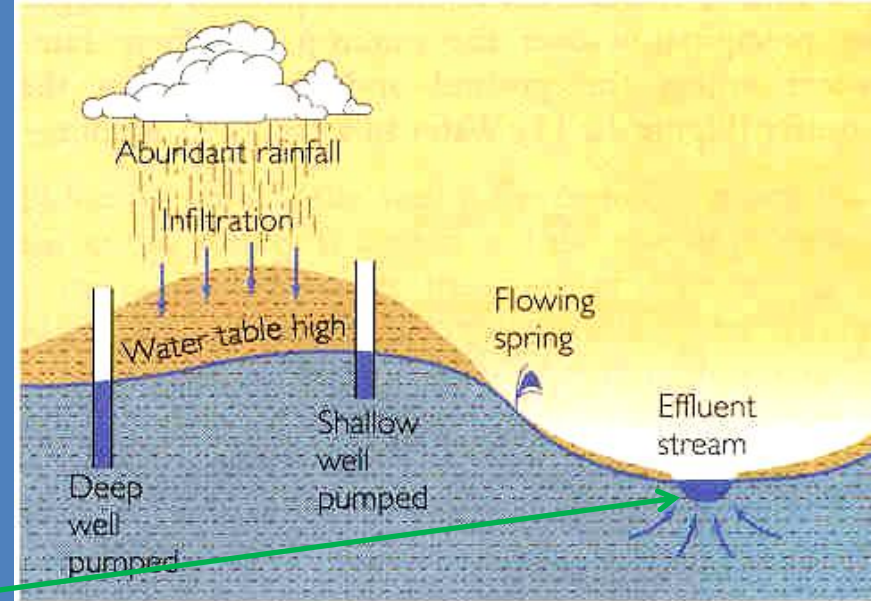
- Genellikle, su tablasının şekli üzerindeki yüzeyin kopyası gibidir.

Su tablasına su, beslenme (recharge) ile gelir ve boşalma (discharge) ile çıkar.

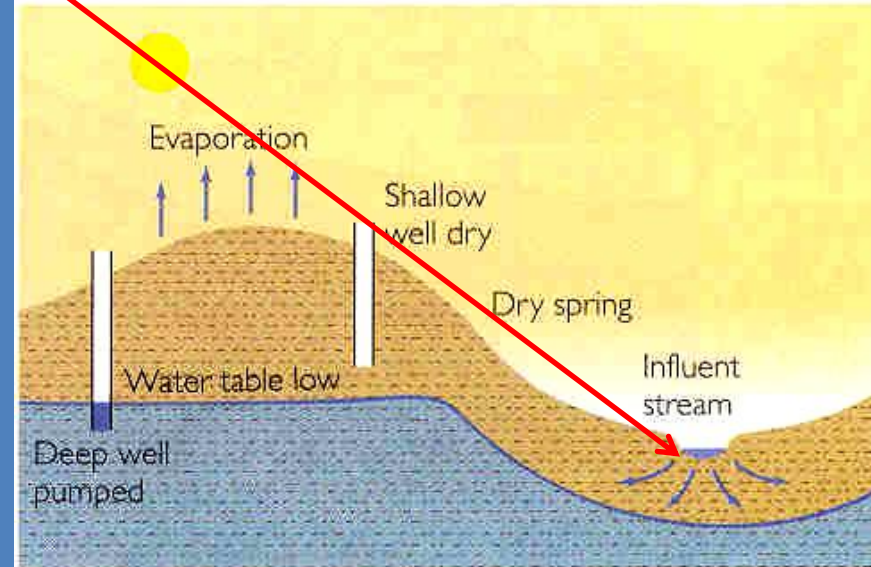
Beslenme, süzülen yağmur veya kar sularının yüzeyden aşağıya doğru, kaya ortamı içine hareketidir. Bu bazen bir nehrin taşıdığı suyla da olabilir. Bu şekilde, YST seviyesinin üzerinden akan ve yeraltısuyuna doğru besleme yapan nehirlere **influent nehir** adı verilmektedir.

Boşalma ise su tablasının suyunun bir akarsuyla karşılaştığı yerde olur. Su, tabladan akarsuya doğru hareket eder ve akarsunun yüzeysel olarak akan suyunun miktarını artırır. Bu şekilde, yeraltısuyunun beslediği nehirlere **effluent nehir** adı verilmektedir.

During wet period

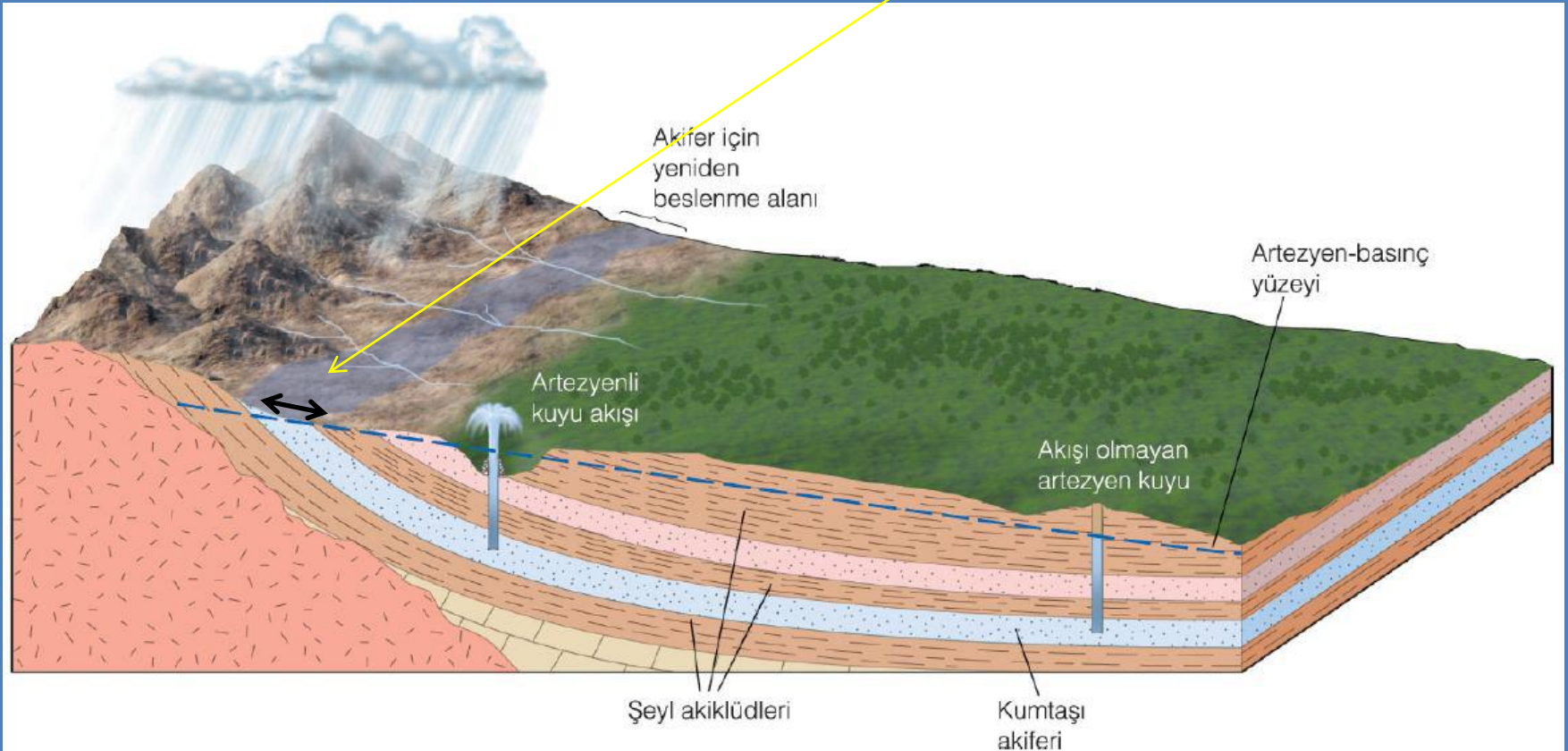


During dry period



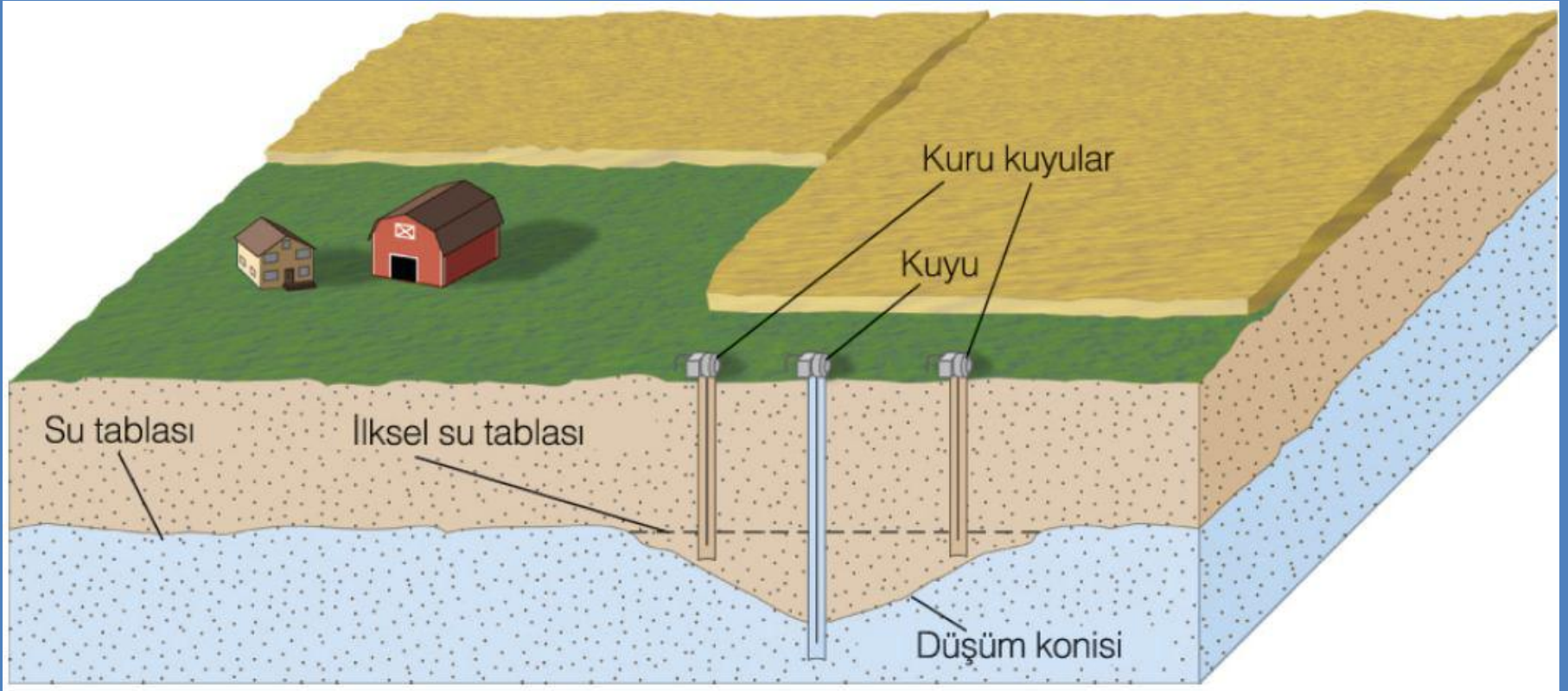
Artezyen Akışları

Bir akifer, suyu daha az geçiren veya hemen hemen geçirmeyen kayaç ortamları (akiklöd, aquiclude) arasında kalırsa, **basıncı bir akifer** adını alır. Böyle bir akiferin eğimli olduğu yerlerde ve beslenme alanının altında açılacak kuyulardan çıkan su, kendi kendine ve fişkirarak akar (**artezyen kuyu**).



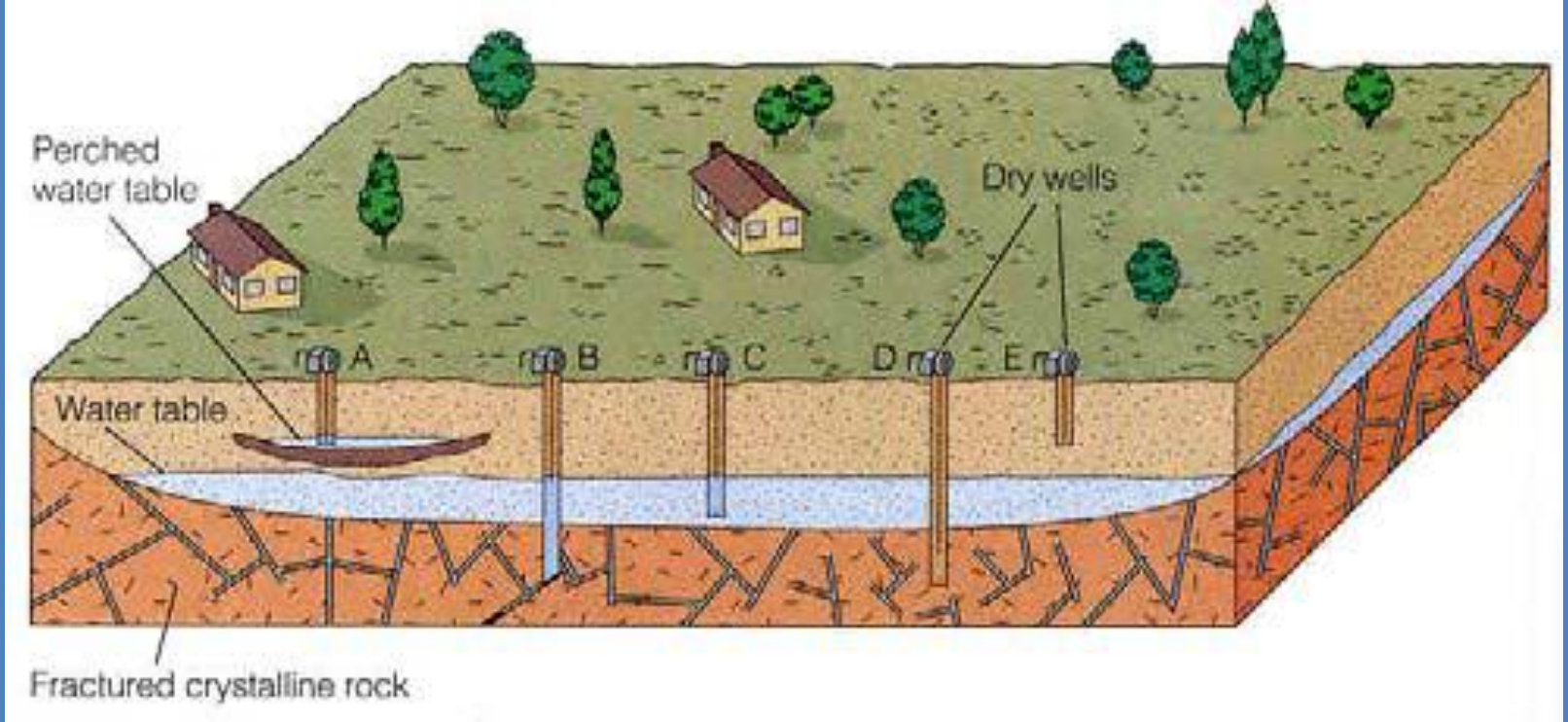
Beslenme – Boşalma Dengesi

Eğer su tablasına gelen ve çıkan su miktarları eşitse su tablasında bir değişiklik olmaz. Bu değişiklik, genelde yağışlı mevsimde tablanın yükselmesi, ve kuru mevsimde ise azalması şeklinde ve düzenli olarak olur. Kuraklık halinde bu seviye iyice düşebilir.



Bir kuyudan su çekilmeye başlandığı zaman bir **düşüm konisi oluşur**. Eğer su, beslenebildiğinden daha hızlı çekilirse, düşüm konisinin derinliği ve çevre uzunluğu büyüyecektir. Dolayısıyla bölgedeki su tablası alçalacak ve hemen yanında açılan sığ kuyuların kurumasına neden olacaktır.

Daha fazla su çekilmesi, ve/veya beslemenin azalması ile kuyu kuruyabilir. Bu sorun, kuyu tabanının daha aşağılara çekilmesi ile çözümlenebilir.

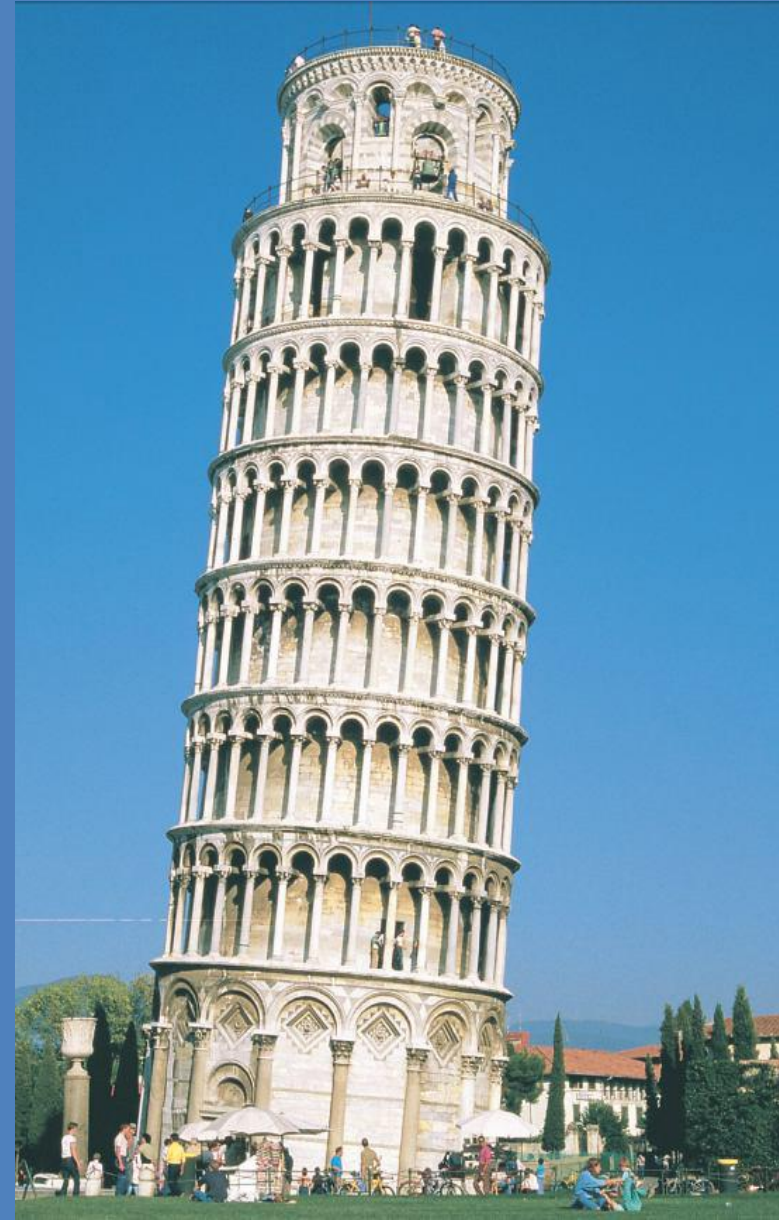


Daha fazla su çekilmesi ise akiferin tamamen kuruması ile sonuçlanabilir. Çok su çekilen havzalarda oluşabilecek bu olayın geriye dönülemez sonuçlarından biri, suyun çekilmesi ile ortamda susuz kalan akifer kayaç tanelerinin sıkışması, ve boşluklarının azalmasıdır. Bu, sözkonusu ortama tekrar su "basma" ile de çözülemeyecek bir durumdur.

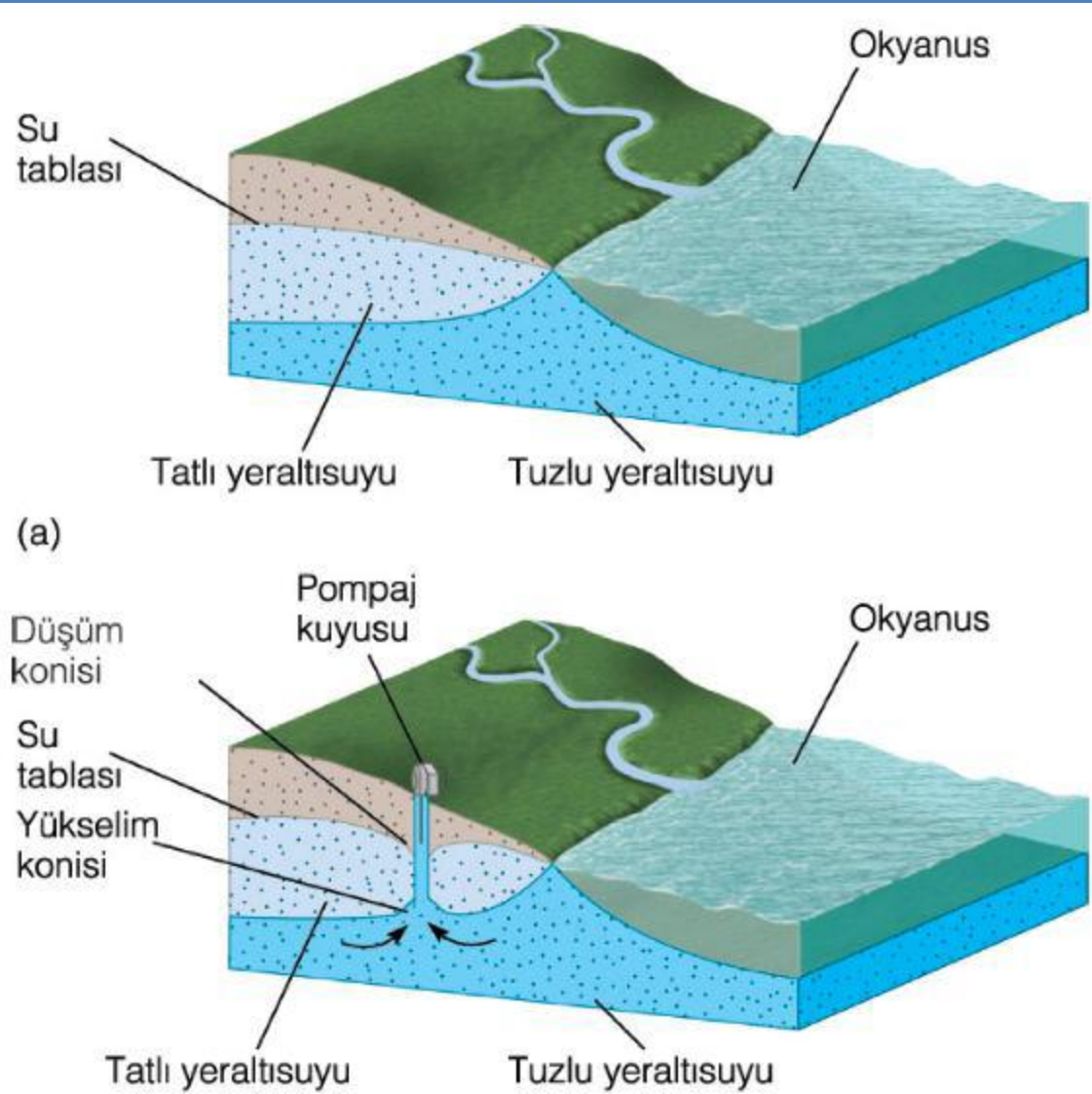
Bu tür havzalarda ayrıca, boşluk azalması ile önemli miktarlarda zemin oturması (metreler boyutunda) ve zeminde büyük çatlakların oluşmasıdır. Böyle durumlara düşmemek için pompaj miktarlarının azaltılması gerekir.



9 m

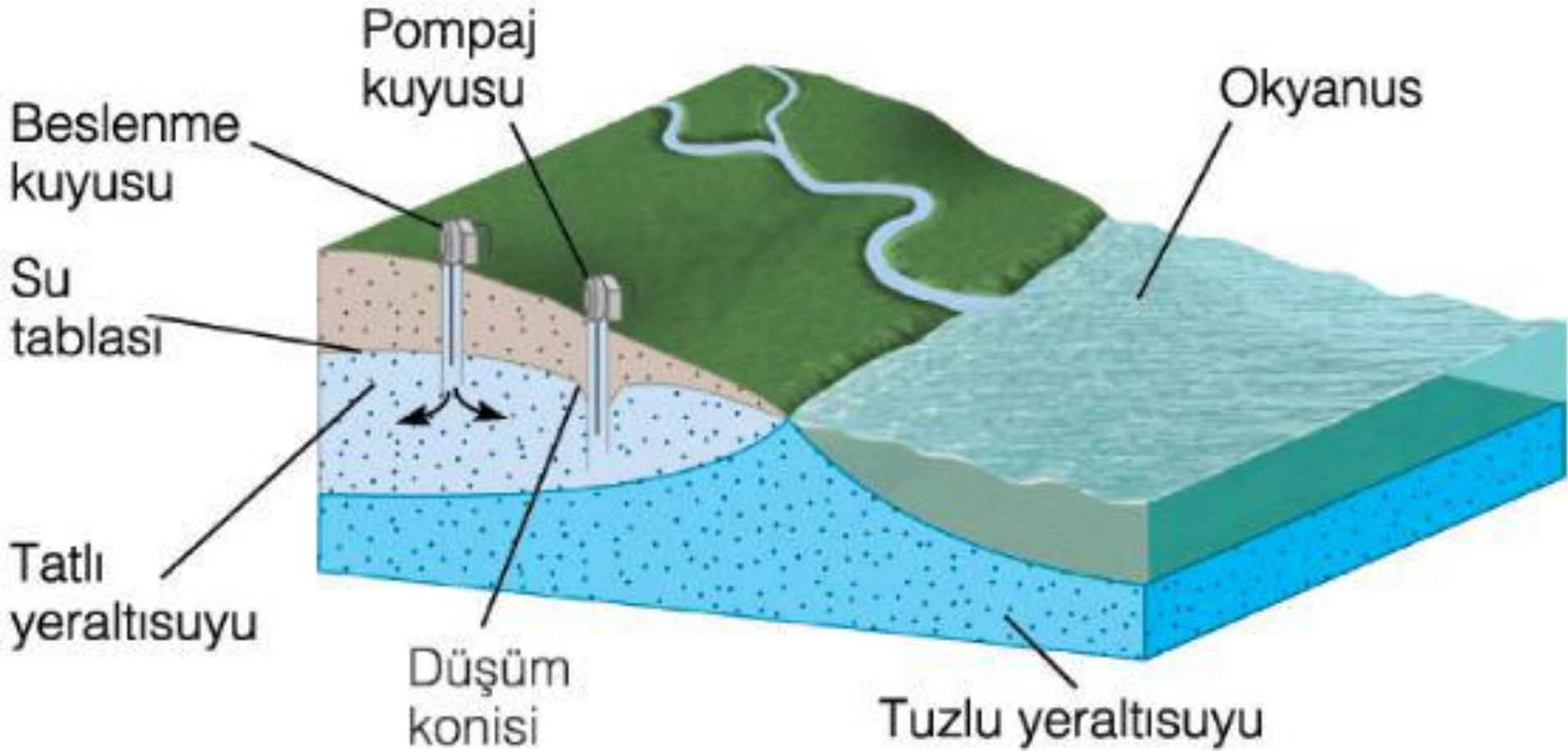


Deniz kenarlarında ve adalarda yapılan su pompajlarında da sık karşılaşılan bir diğer sorun da, beslemeden daha fazla su çekme yapıldığında, tatlı suyun çekildiği akifer ortamına tuzlu suyun yerleşmesidir. Bu, düşüm konisinin yaratıldığı tatlı su ortamına tuzlu suyun yaptığı ilerleme ile ortama tuzlu suların yerleşmesidir. Böylece eskiden tatlı su çeken bir kuyu daha sonra tuzlu su çekecektir.



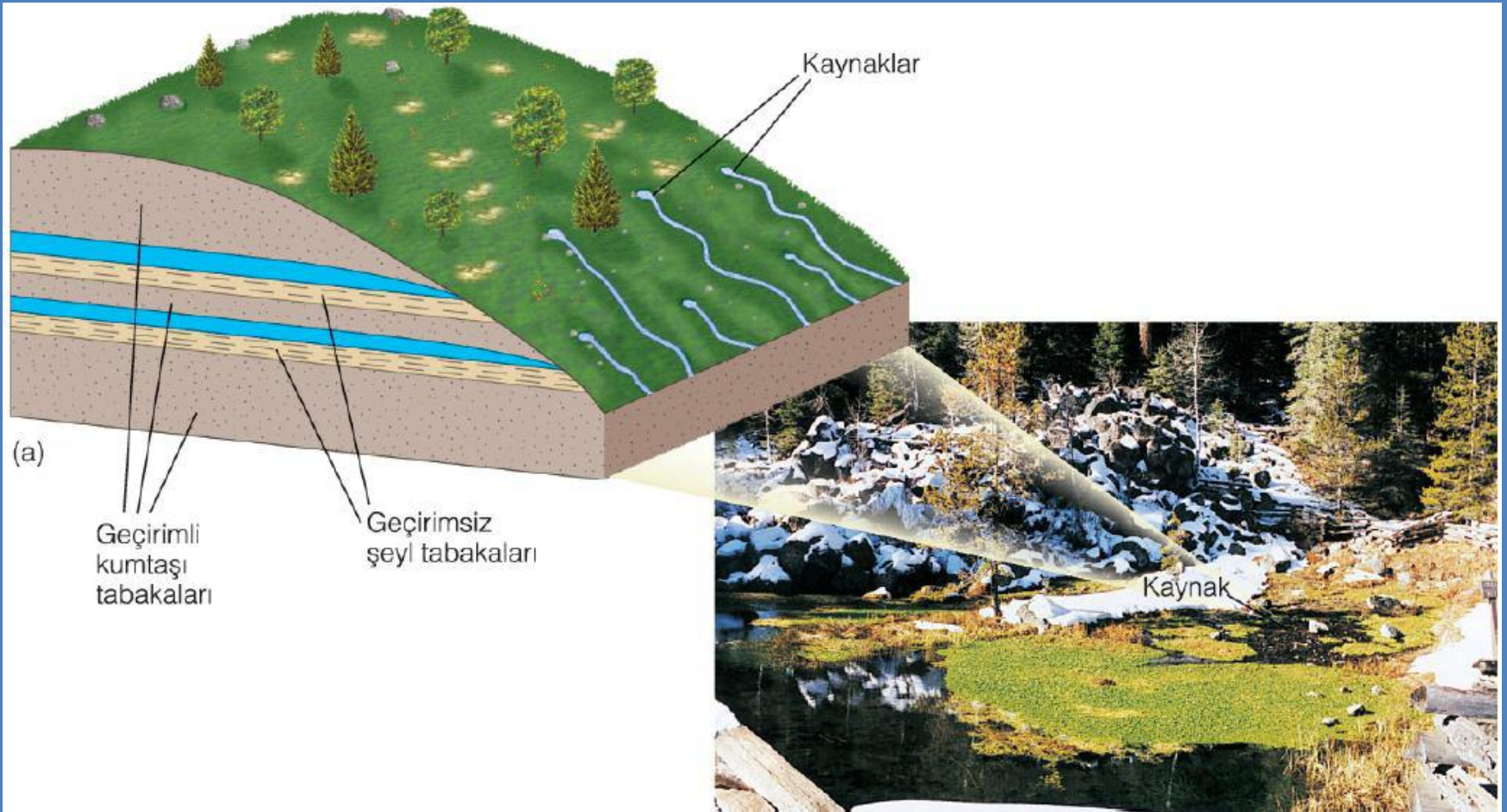
Bunu oluşturacak bir diğer olgu da, küresel ısınma sonucu deniz seviyesinin yükselmesi, ve kıyılarda tuzlu suyun kullanılan akiferlere girerek buradaki tatlı suyu tuzlu haline getirmesidir.

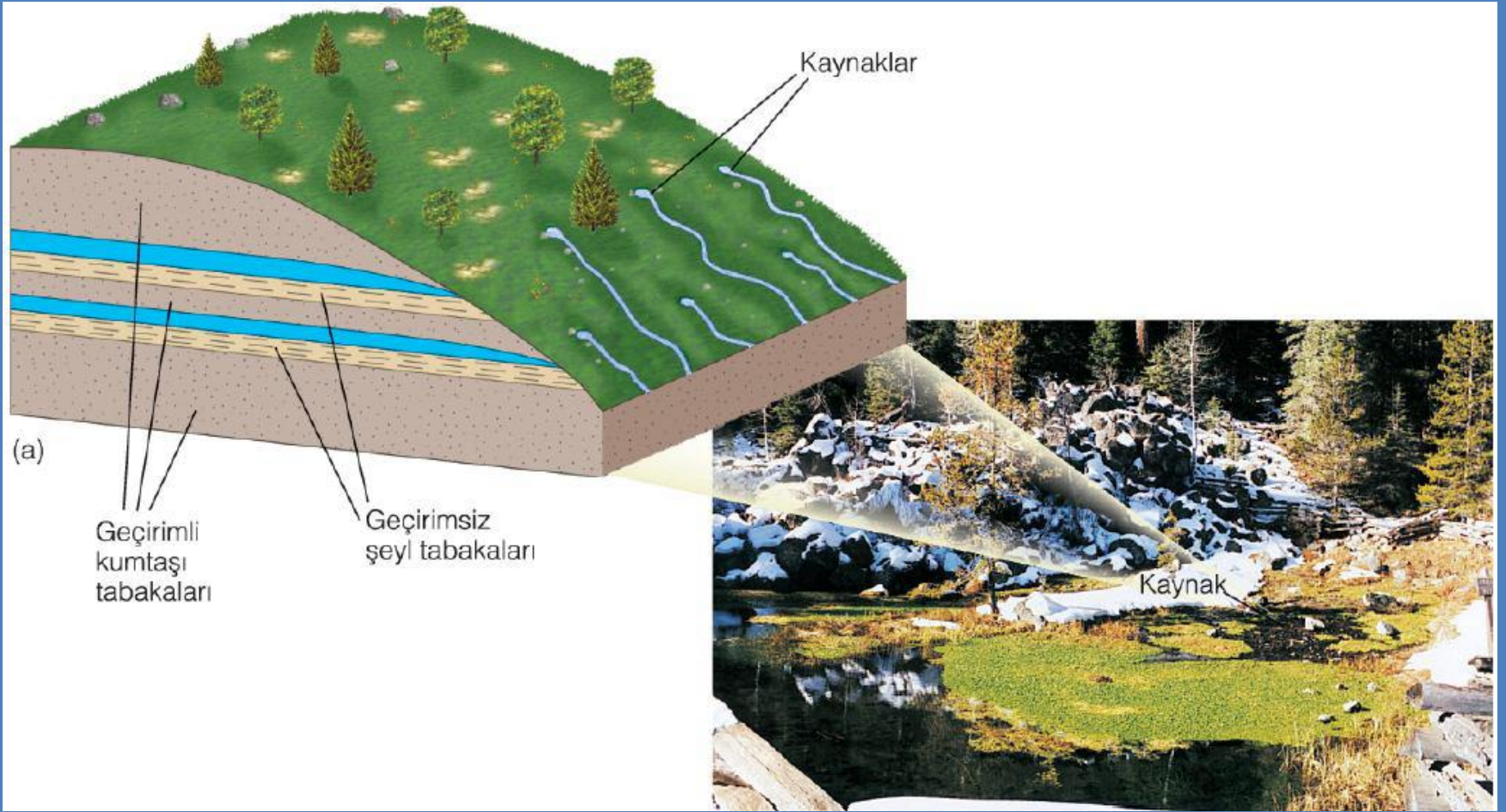
Suyun beslenme kuyularından pompalanma ile tekrar yeraltısuyu sistemine verilmesi, tatlı yeraltısuyu ile tuzlu yeraltısuyu arasındaki ara yüzeyi daha aşağı indirir ve böylece tuzlu suyun girişi azalır.



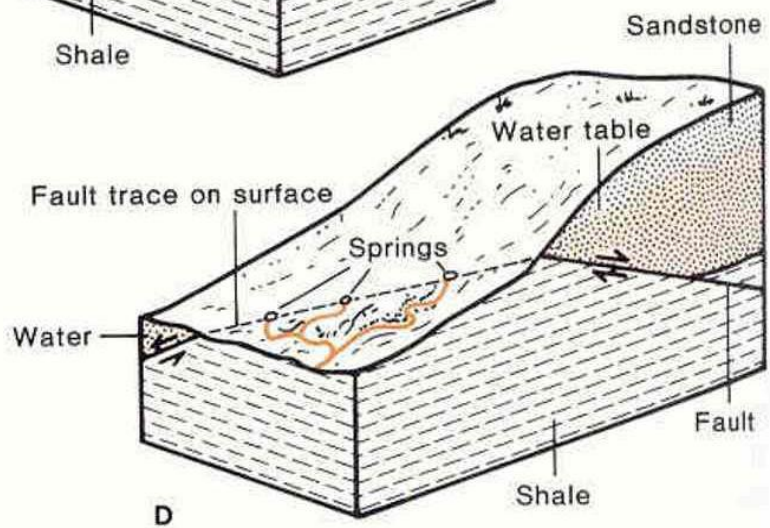
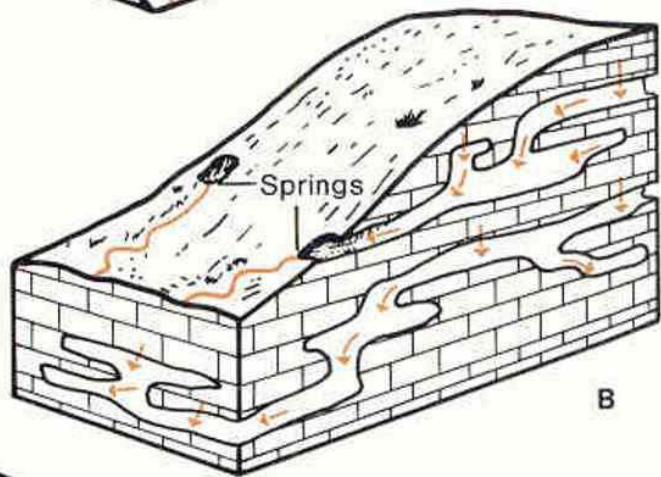
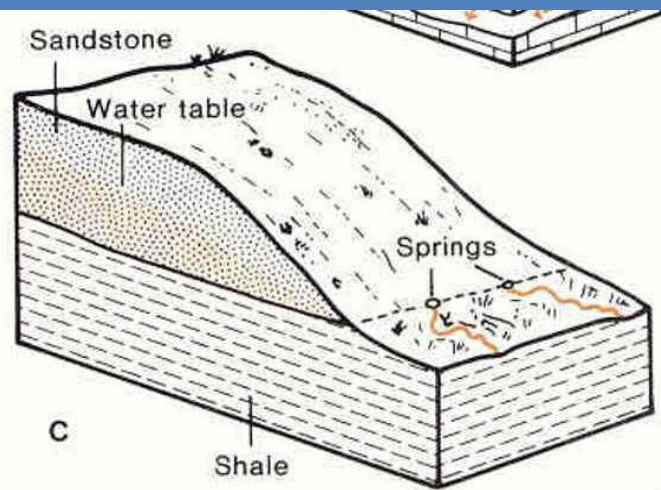
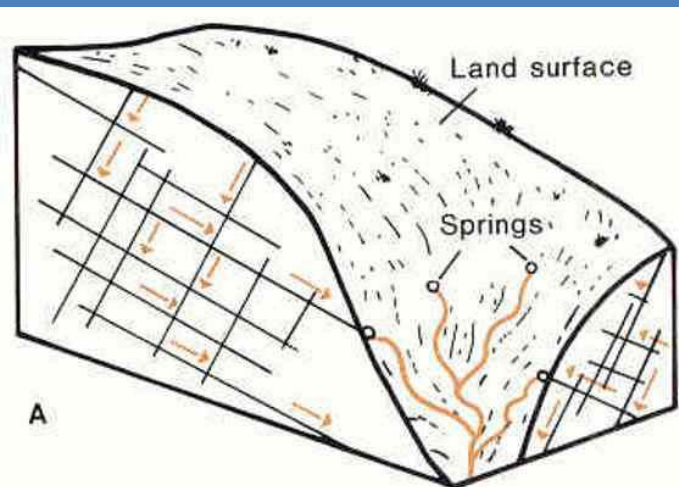
Kaynaklar

Yeraltısuyunun topoğrafya üzerinde akışa geçtiği ya da süzüldüğü yerlere **kaynak** denir.





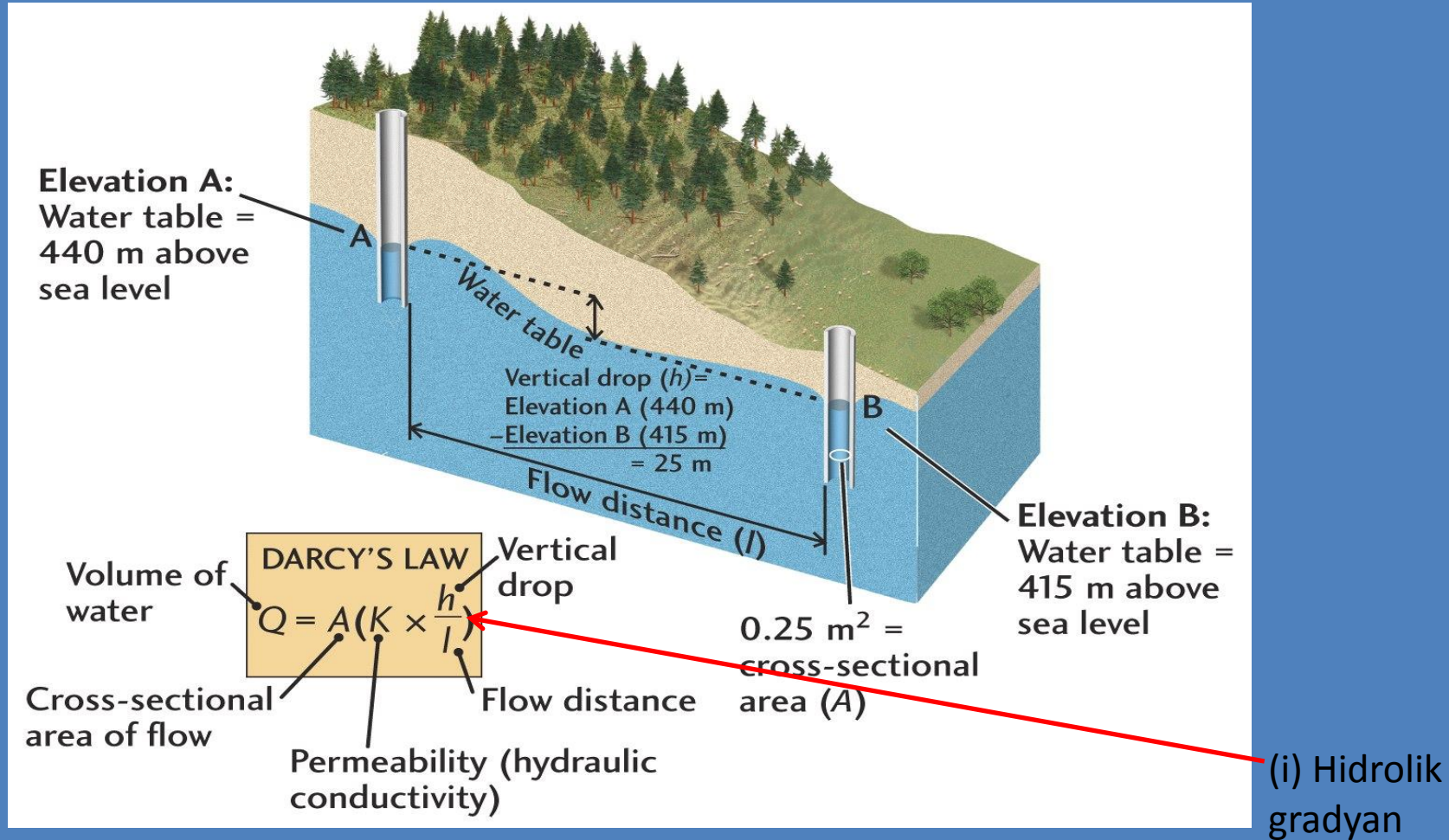
Kaynaklar, yatay olarak hareket eden yeraltısuyunun Yer yüzeyini kestiği yerlerde oluşur. a) Kaynaklar en yaygın biçimde süzülen suların geçirimsiz tabakaya ulaştığı ve hareketine yatay olarak devam ederken yüzeyden boşalır. b) Bu kaynak geri plandaki dağın eteğinde yer alan kayalardan çıkmaktadır.



Sandstone



Darcy Yasası



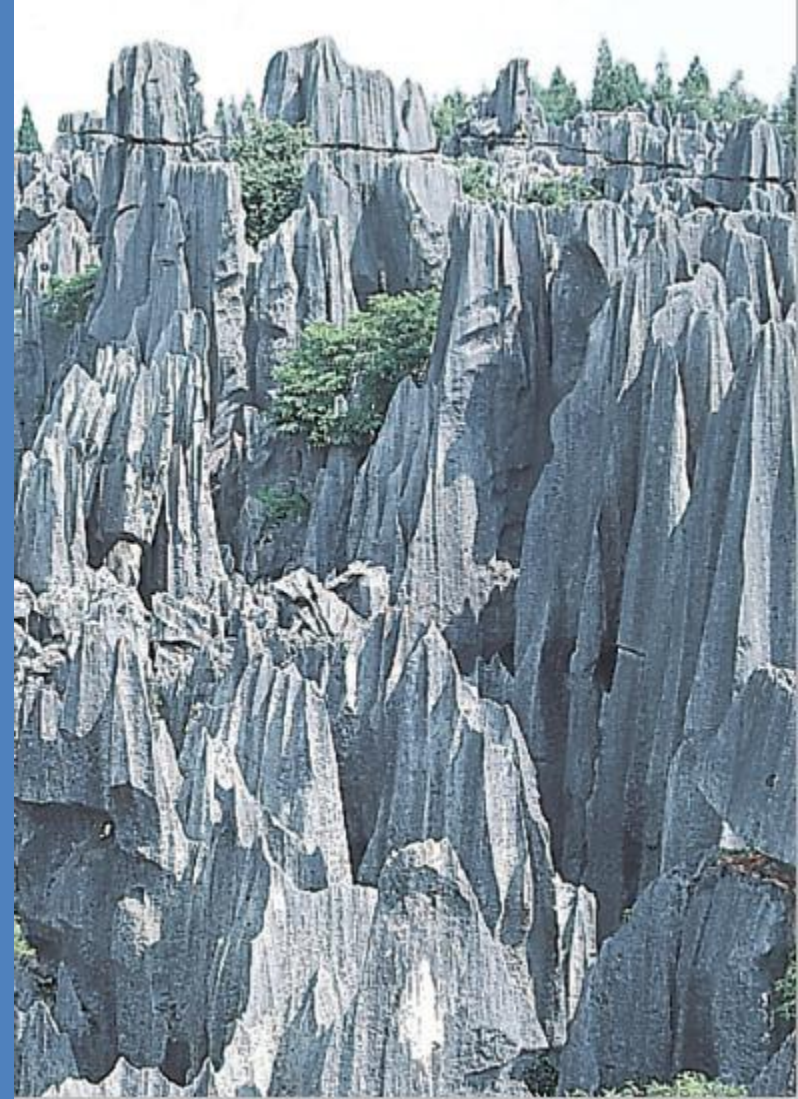
Yeraltıdaki su, yerüstünde hareket ettiğinden çok daha düşük hızlarda hareket eder. 19 yy' ın ortalarında Fransız bilim adamı Henry Darcy yeraltı suyunun hareketlerini incelemiştir.

6. Yeraltısuyunun Oluşturduğu Erozyon

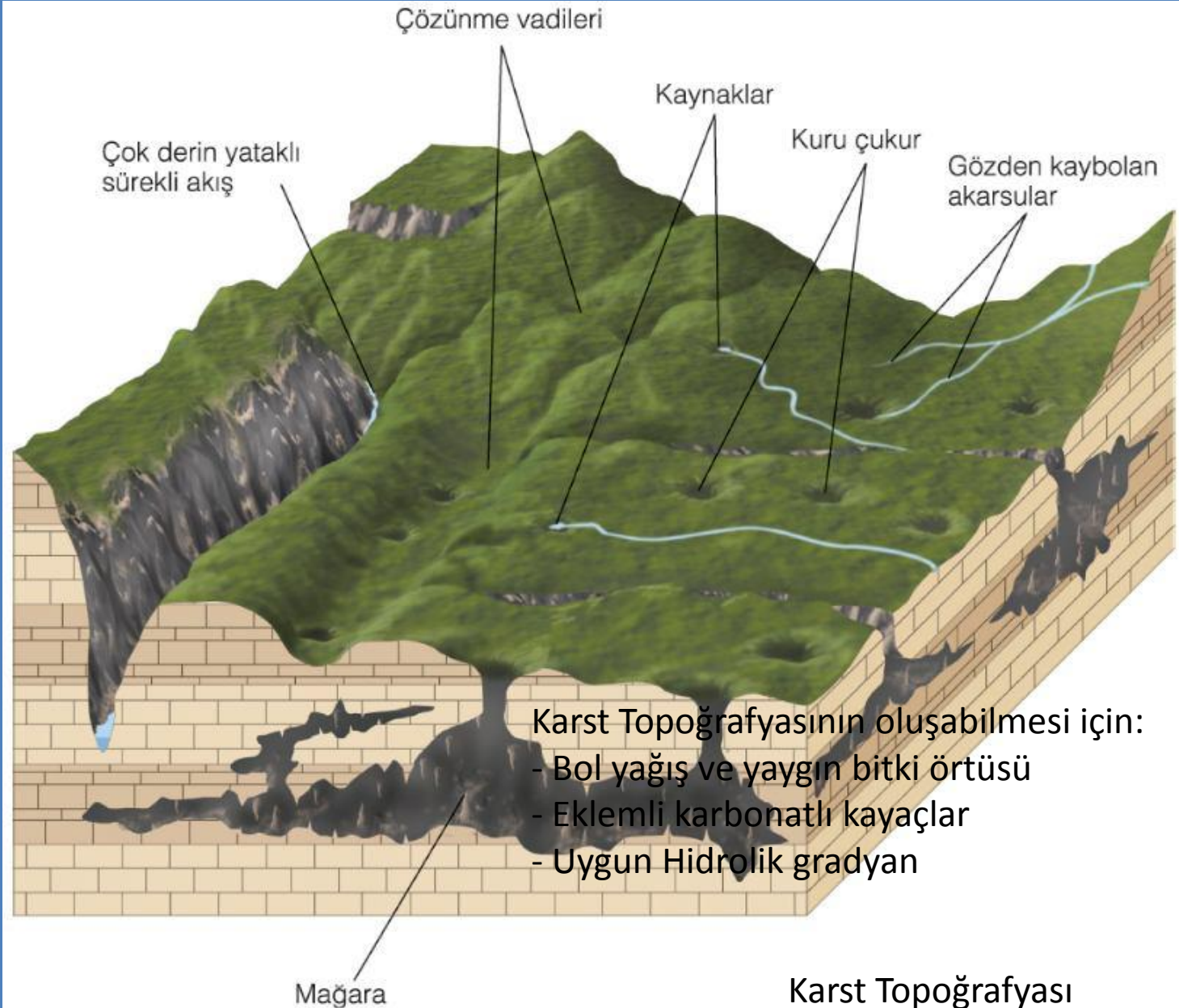
Yeryüzünde geniş alanlarda yayılan kireçtaşları, temelde kalsit (CaCO_3) mineralinden oluşmuş çökel bir kayadır.

Kireçtaşı saf suda çözünmediği halde, ortamda çok az bir miktar asit bulunduğunda hemen çözünür.

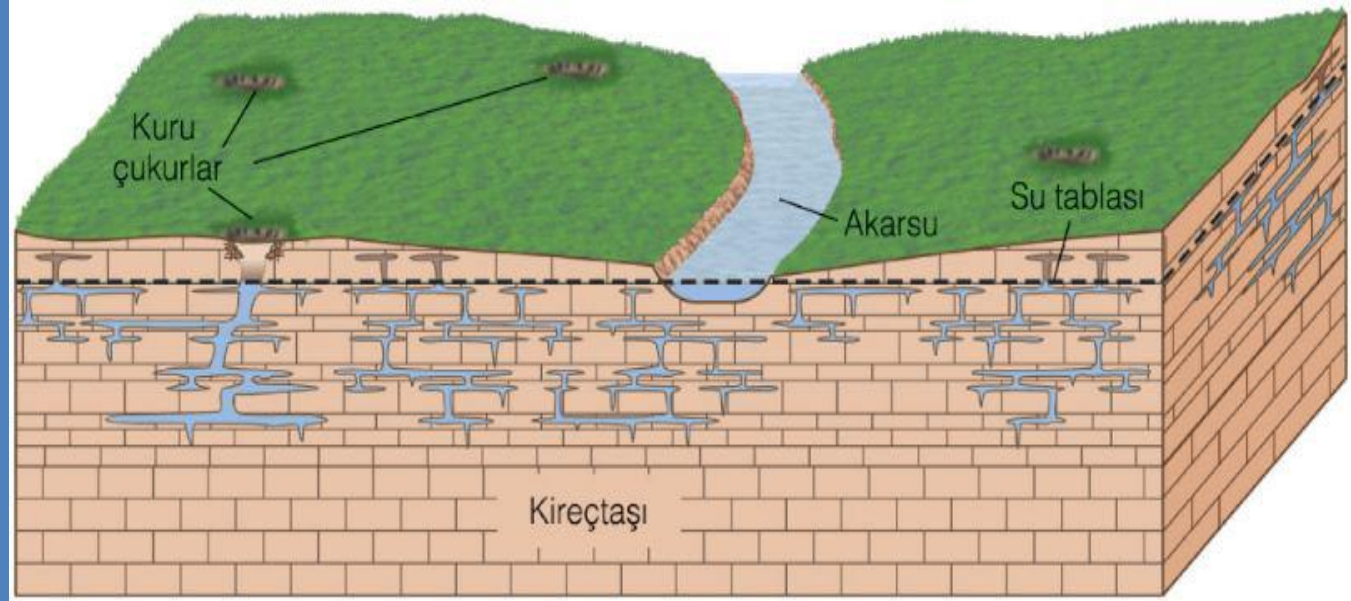
Karbondiyoksit, su ile birleştiğinde zayıf bir asit olan karbonik asit oluşur.



Çözünbilir kayaçların bulunduğu bölgelerde yeryüzü, boyut ve şekilleri çeşitlilik gösteren çok sayıda çöküntüyle doludur.

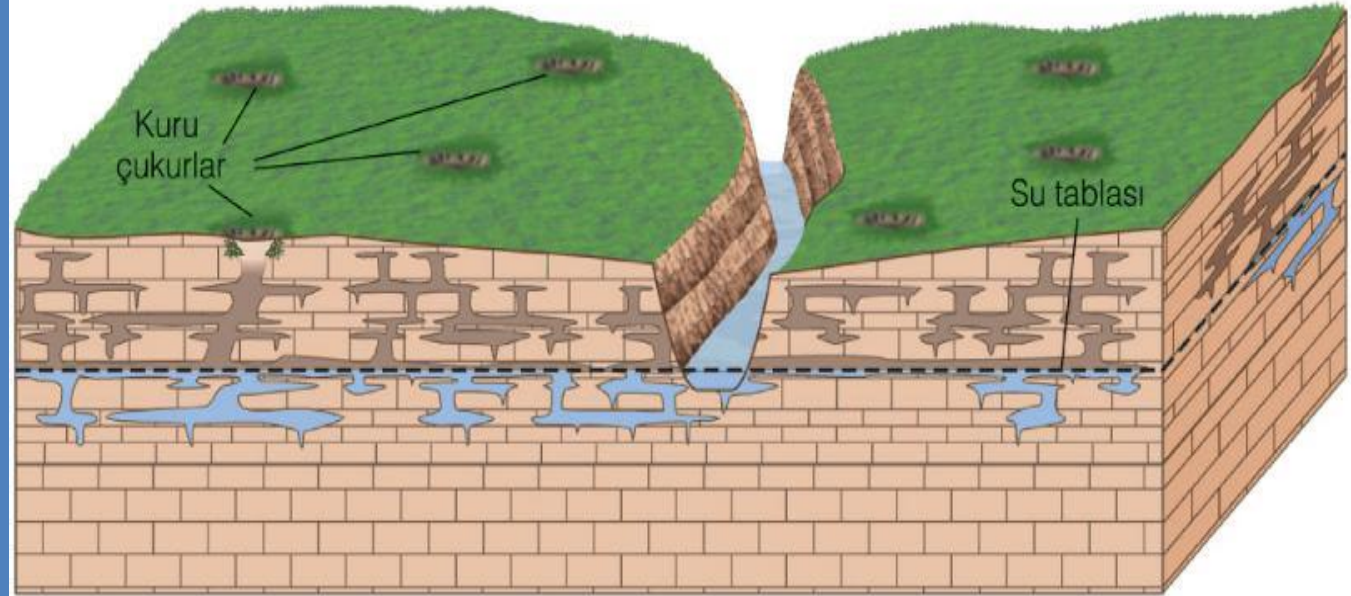


Mağaraların oluşumu.
(a) Yeraltısuyu havalandırma kuşağına süzülüp doygunluk kuşağına doğru hareket edince kayacı çözer ve dereceli olarak bir galeriler sistemi meydana getirir.

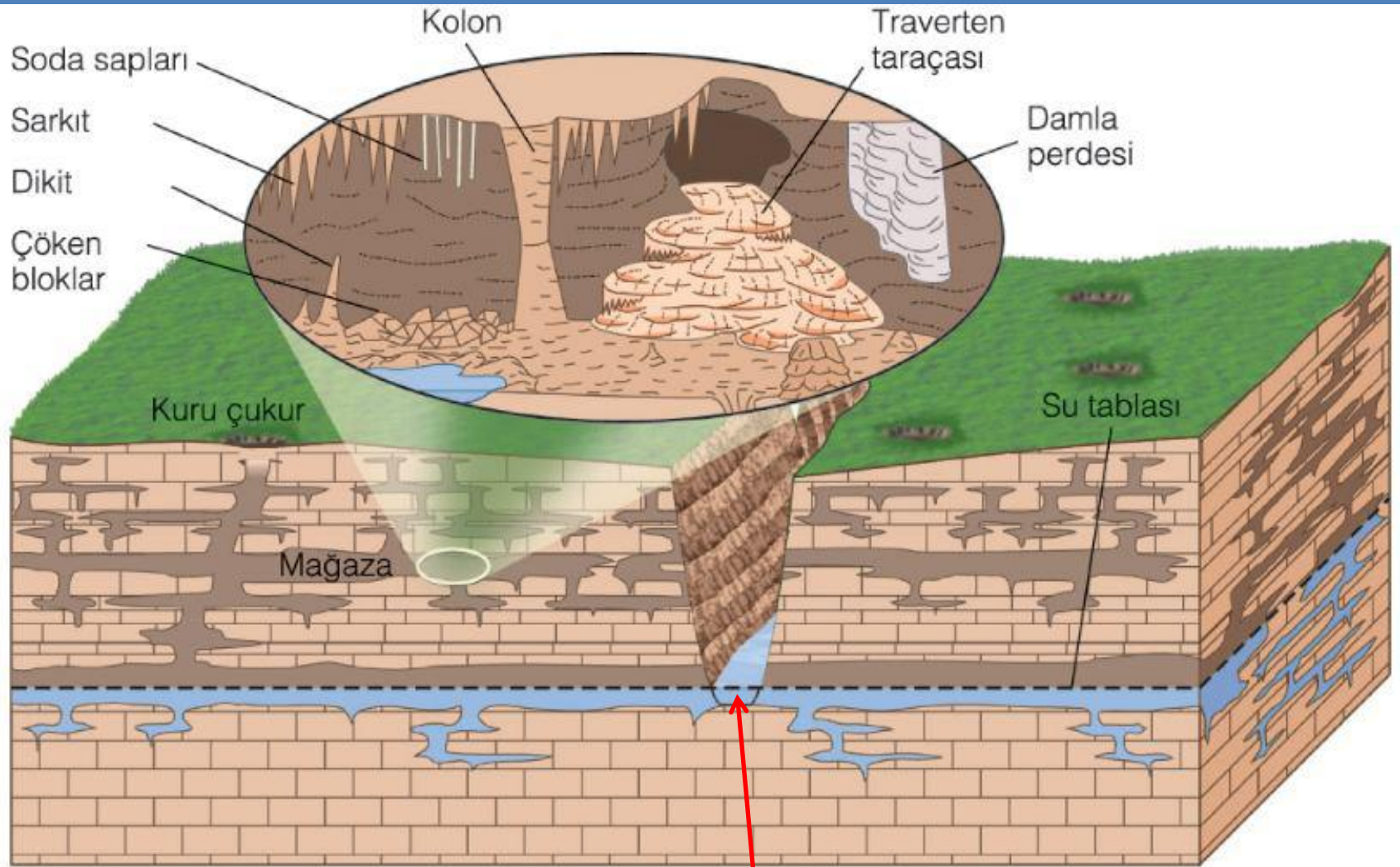


(a)

(b) Su tablası yüzeyi boyunca hareket eden yeraltısuyu, çözülmüş kayacın çözelti olarak yüzeydeki ırmaklara taşındığı bir yatay galeri sistemi oluşturur ve böylece galeriler genişlemeye başlar.



(b)



(c)

Yüzeydeki ırmaklar derin vadileri aşındırdıkça su tablası düşer ve terkedilen galeriler birbiri ile bağlantılı mağaralar sistemini oluşturmaktadır.

6. Su Kalitesi

Evlere gelen suyun kalitesi genellikle bakteriyolojik ve kimyasal olarak kontrol edilse de bir çok insan tarafından beğenilmemektedir.

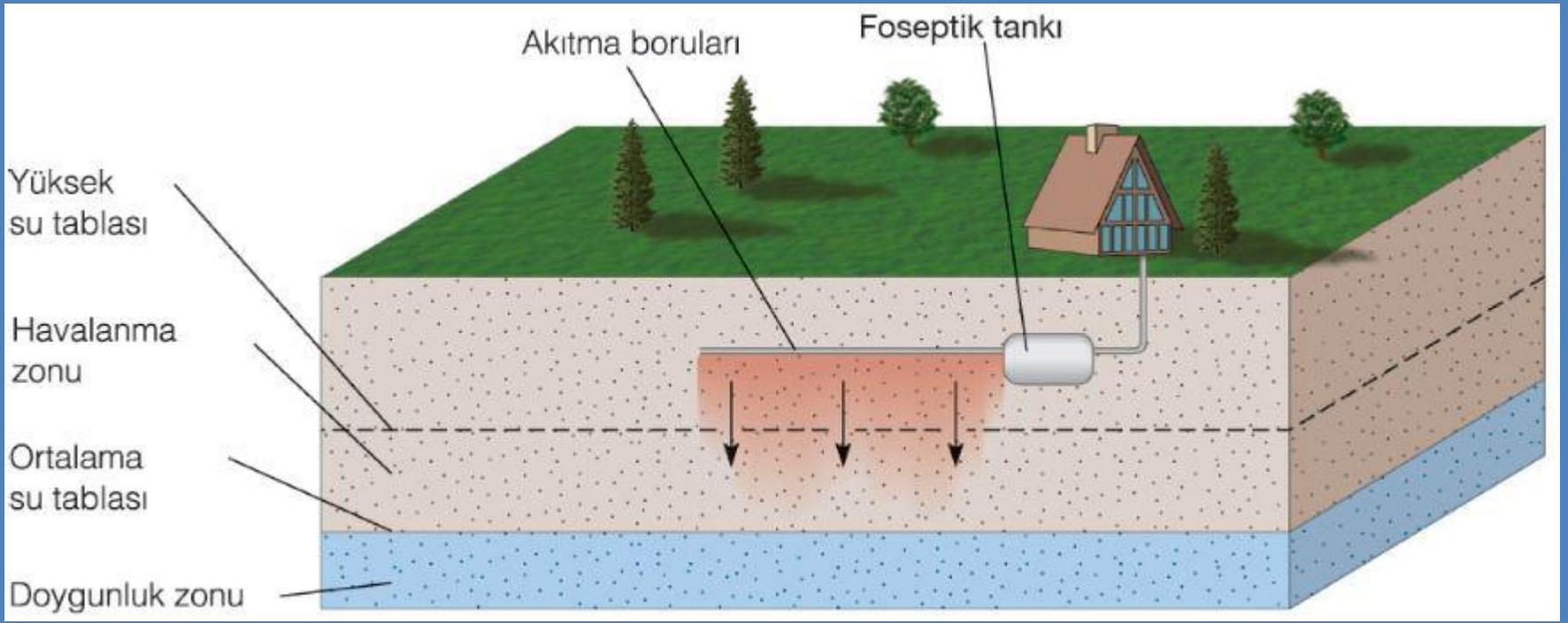
Diğer taraftan, hala eski evlerde kullanımda olan kurşun borulardan suya zehirli olan kurşun elementi karışmaktadır.

Bir önemli sorun (belki henüz ülkemiz için geçerli değil), radyoaktif maddelerin saklandığı yeraltı depolama tesislerinden olabilecek sızıntılardır.

Bazen de herhangi bir kirliliğe sahip olmasa da suların kalitesinin içmeye - kokulu, kötü tadı olan sular - uygun olmamasıdır. Bazı sular da içilebilse bile, örneğin çamaşır yıkamaya elverişli olmayan karbonatlı sulardır.

Tadı uygun olan ve sağlığa aykırı olmayan sulara içme suyu adı verilir. Genellikle, sular geçtikleri kayaa ortamından eriterek aldıkları çözünmüş maddeler içerirler. İyi bir su için bu miktar 150 ppm (part per million, milyonda bir parça) olabilir.

Suyun sert ya da yumuőaklıđını çözünmüş kalsiyum (Ca^{+2}) ve magnezyum (Mg^{+2}) miktarı belirler. 60 mg/L'den az sular **yumuőak su**, **61-120 mg/L** arası **orta sertlikte sular**, **121-180 mg/L** arası **sert sular** ve **180 mg/L** den **daha fazlası çok sert sular**dır.

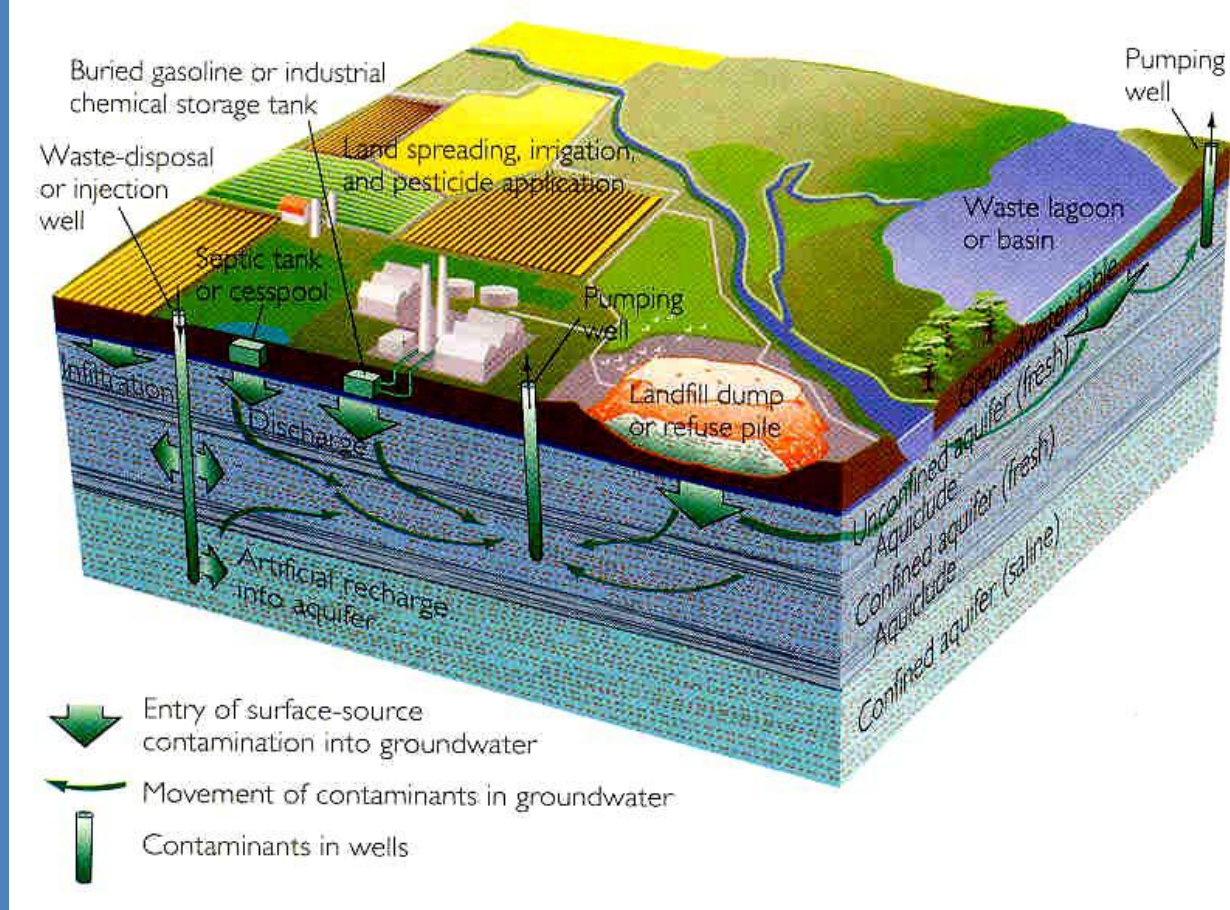


Septik sistem lağımı yavaş yavaş havalandırma kuşağına bırakır.

Yükseltgenme, bakteri indirgenmesi ve çökellerin süzgecinden geçen sular genellikle su tablasına erişmeden önce kirleticilerden arındırılır.

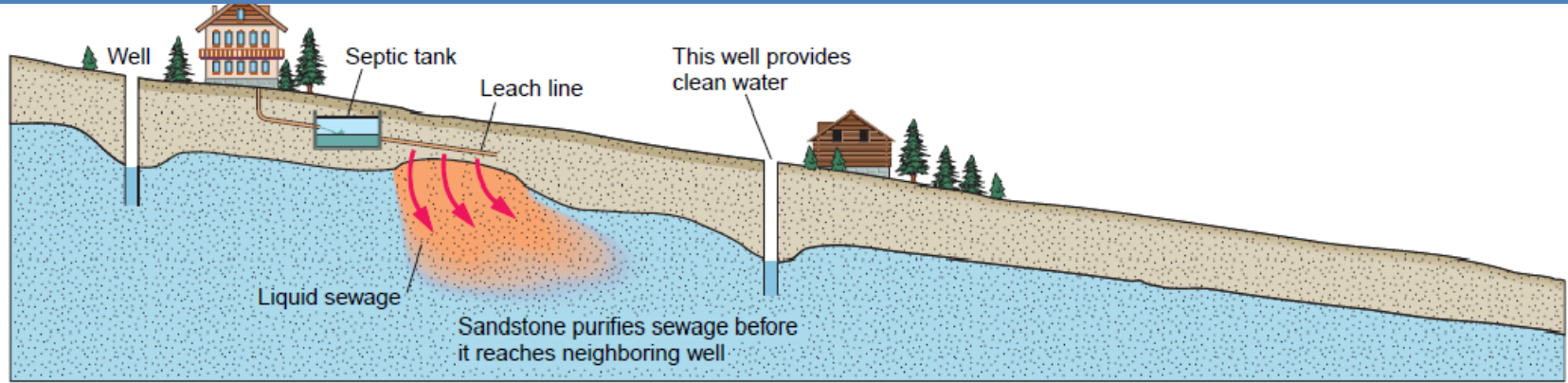
Bununla birlikte, kayalar çok geçirimli ya da su tablası lağım sistemine çok yakın konumdaysa, yeraltısuyu kirliliği meydana gelir.

Waste disposal: atık su
Land spreading: ziraat işleri
Pesticide: asalak yok edici ilaç
Septic tank: lağım tankı
Cesspool: lağım çukuru
Chemical storage tank: kimyasal
madde saklama tankı
Contaminant: kirletici madde
Discharge: boşaltma
Landfill dump, refuse pile: çöplük

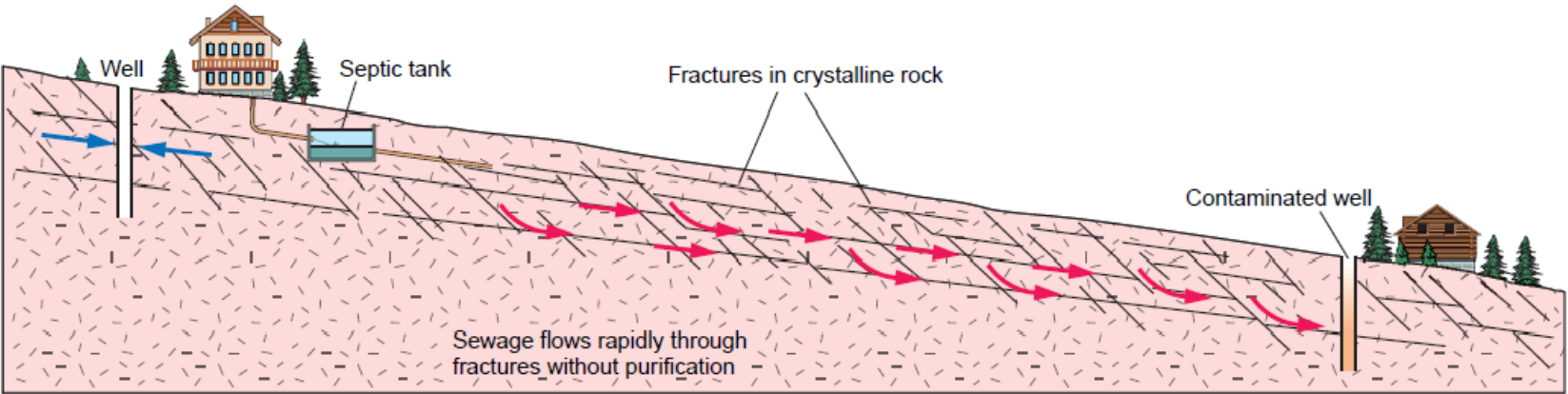


Bakteriyel kirlenme genellikle kuyu başındaki pompa malzemesinden veya kuyuya yakın çöplük veya lağım çukuru gibi unsurlardan kaynaklanır

Genellikle kum veya kumtaşından geçen sular, taşıdıkları katı madde, kil, bakteri ve hatta büyük çaplı virüslerden, geçtikleri bu kumlu ortamın filtrelemesi sayesinde arınırlar. Bu anlamda, büyük karstik boşluklardan su alan kireçtaşı akiferleri, daha kirli sular içerebilirler.



A



B

7. Yer kabuğunun Derinlerindeki Sular

- YST' nin altında bulunan tüm kayalar suya doygunur.

-Petrol arama amacı ile açılan çok derin (~ 9 km) sondajlarda bile – geçirimli formasyonlar içinde - suya rastlanılmaktadır.

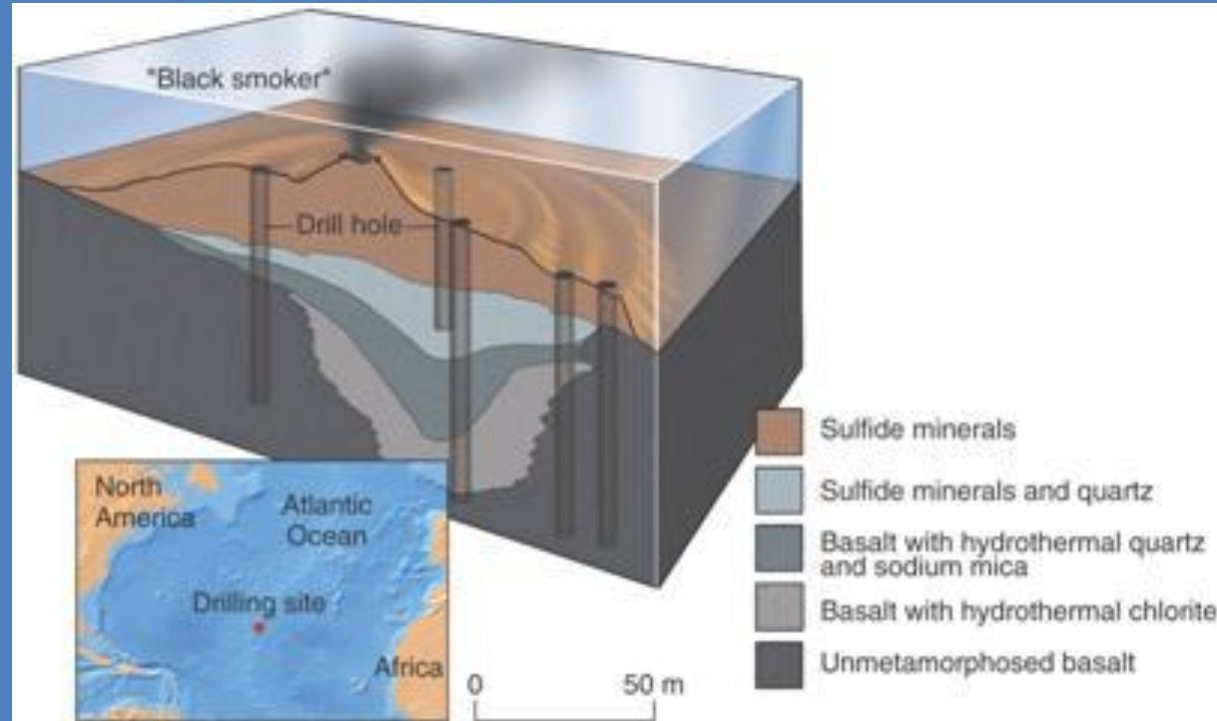
-Belirtilen derinliklerde yeraltısuyu çok yavaş hareket etmekte ve böylece içinde geçtiği kayalarda bulunan çözülebilir mineralleri kolaylıkla çözebilmektedir. Bu yüzden bu derinlikteki sularda bol miktarda çözünmüş malzeme içerirler.

Hidrotermal Sular

Yerin derinliklerinde ısınan sular hızlı bir şekilde yükselerek yeryüzüne çıkarlar ve bu sıcaqsular **hidrotermal suları** meydana getirirler. Hidrotermal sular, sıcaklığın artmasıyla suyun çözme kapasitesinin artması sayesinde bol miktarda çözülmüş malzeme içerirler.

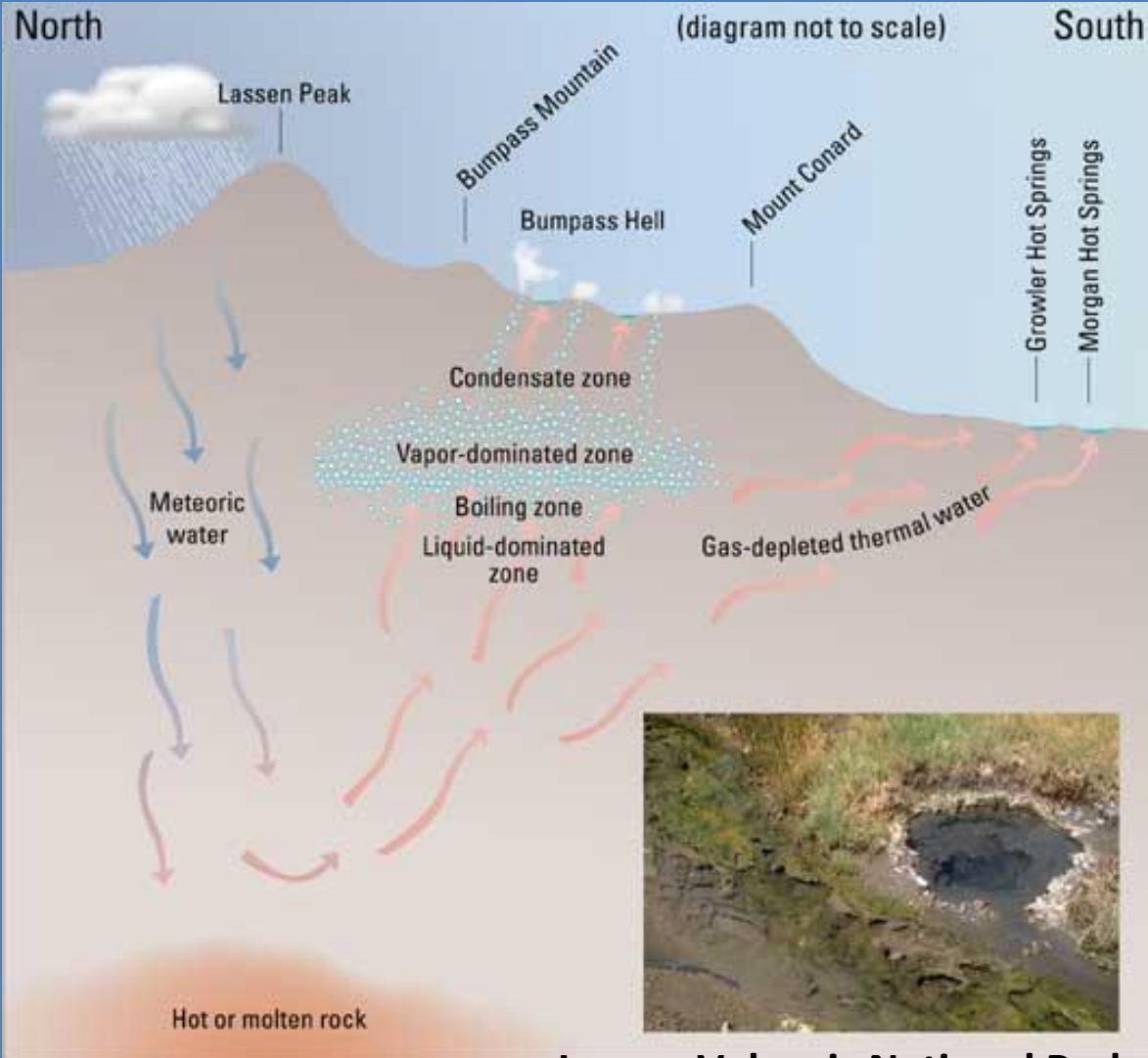
Su, sıcaklığı azaldıkça bu malzemeyi çökeltecek ve çeşitli minerallerin belirli bölgelerde birikmesini sağlayacaktır.

Yani değerli mineral ve maden yataklarını oluşturacaktır.



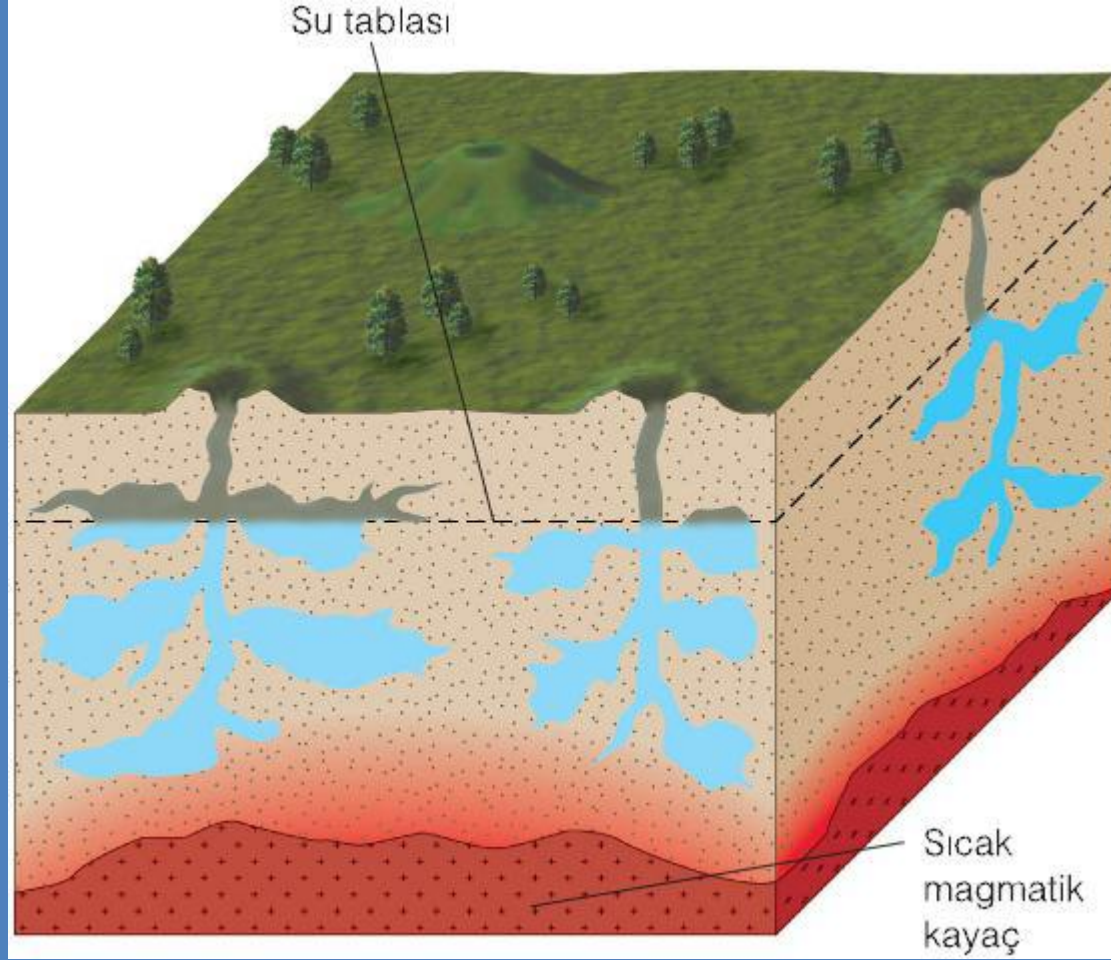
Hidrotermal sular iki şekilde oluşabilmektedir:

- Atmosferden kaynaklardan suların (meteorik sular) yeraltına sızması
- Soğumakta olan magmadan ayrılan sular.



Lassen Volcanic National Park

Hidrotermal terimi sıcak sularla ilgili bir terimdir. Yalnızca magmanın ısıttığı sularla sınırlamakla birlikte, suyun boşalımından gelen herhangi bir yer altı suyu ya da yüzey etkinliği olarak kullanacağız. Etkin ya da tarihsel dönemlerde etkin volkanik alanlarda fümerol olarak bilinen bacalarda gazların, çoğunun da buhar olarak çıkması hidrotermal etkinliğin bir göstergesidir.



Sıcak su kaynakları ya da kaynarcalar (gayzerler) olarak yer altı suyunun yüzeye çıkışı bizim için daha önemlidir. Yer'in derinlerinde dolaştığından yeraltısuyu magmaya olan yakınlığı ya da Yer'in jeotermal gradyanı ile ısıtılır.

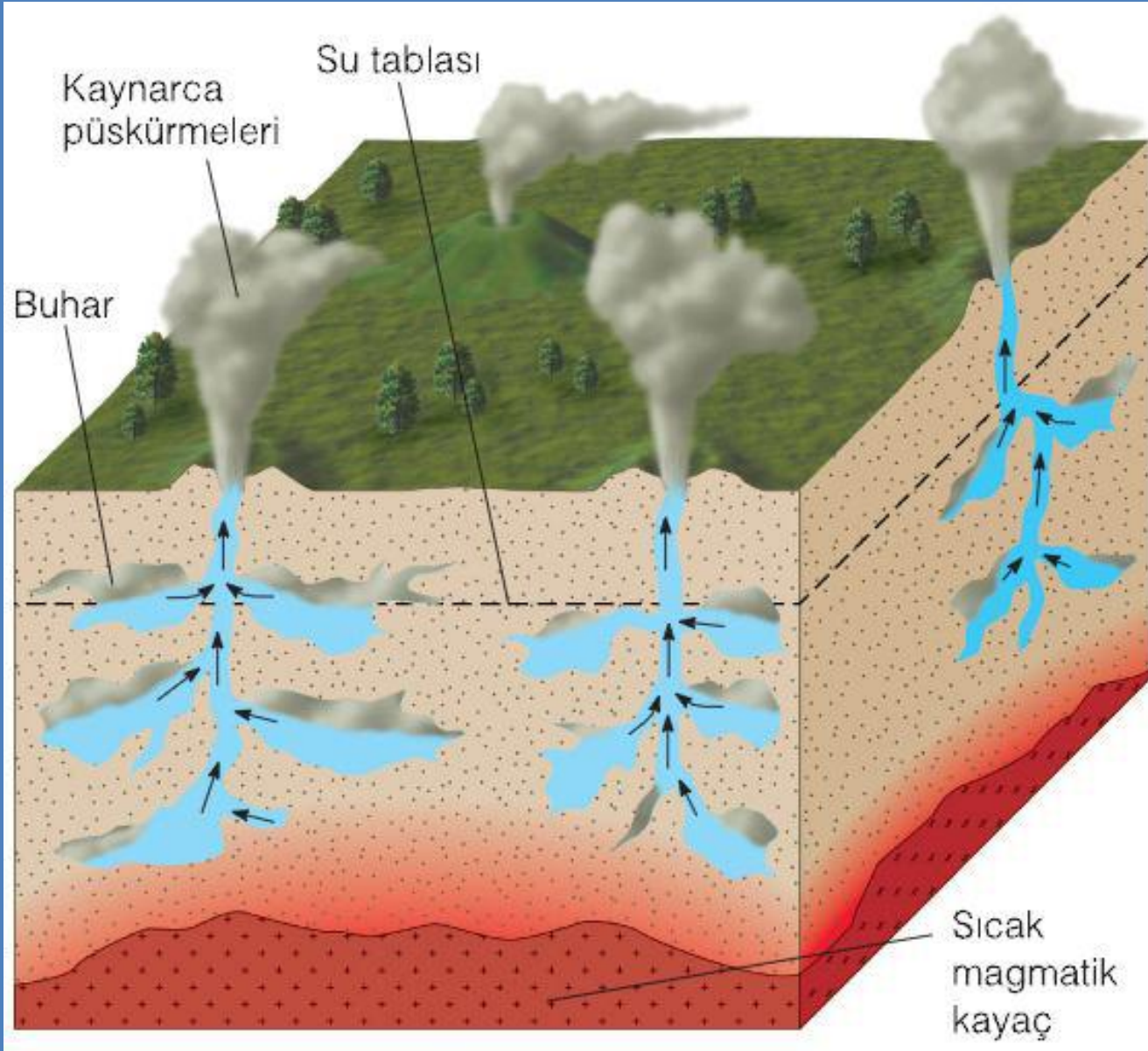
Sıcak Su Kaynakları

İnsanın vücut sıcaklığı olan 37°C den daha yüksek su sıcaklığına sahip bir kaynağa **sıcak su kaynağı** (***termal kaynak ya da sıcak kaynak da denilir***) denir.



Kaynarcalar (Gayzerler)

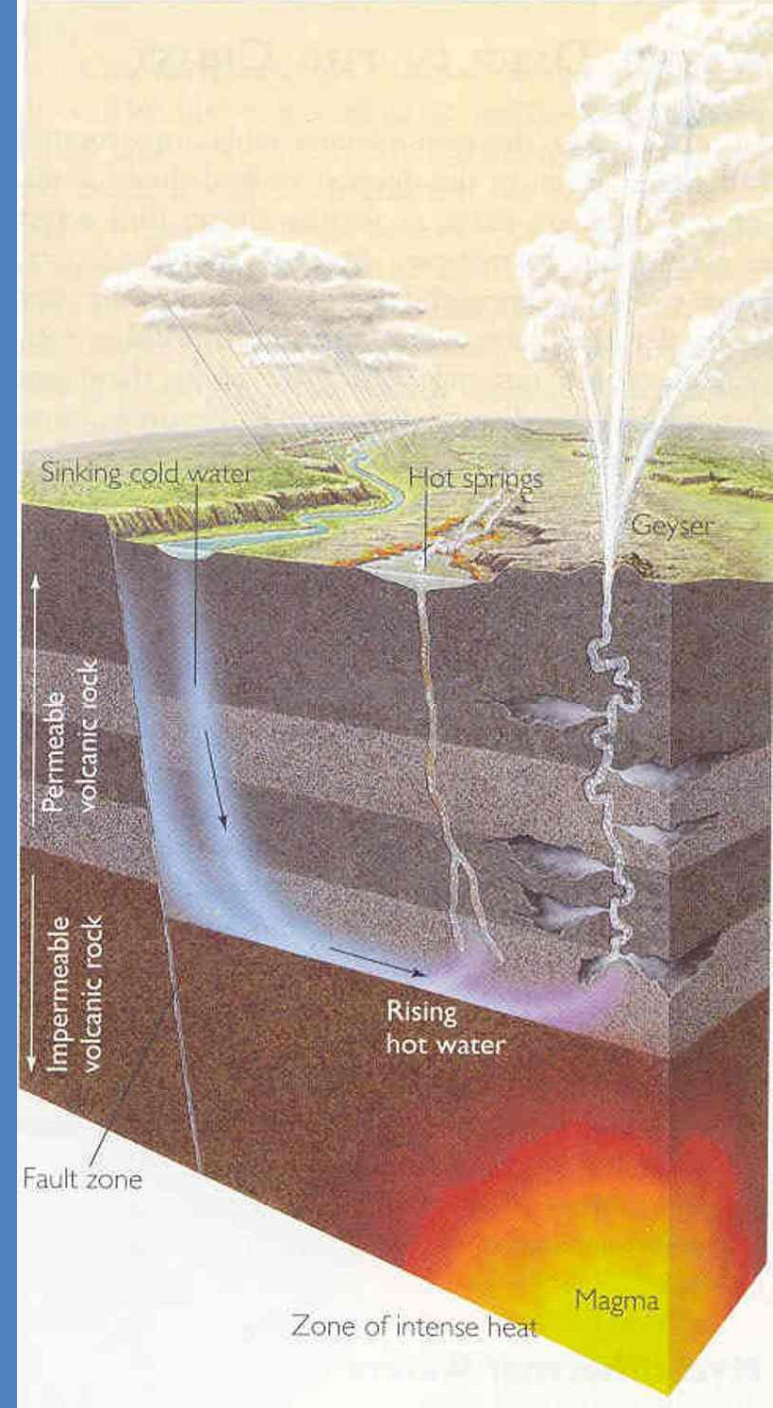
Belirli aralıklarla muazzam bir güçle sıcak su ve buhar püskürten sıcak su kaynaklarına **kaynarcalar** (***gayzerler***) denir.



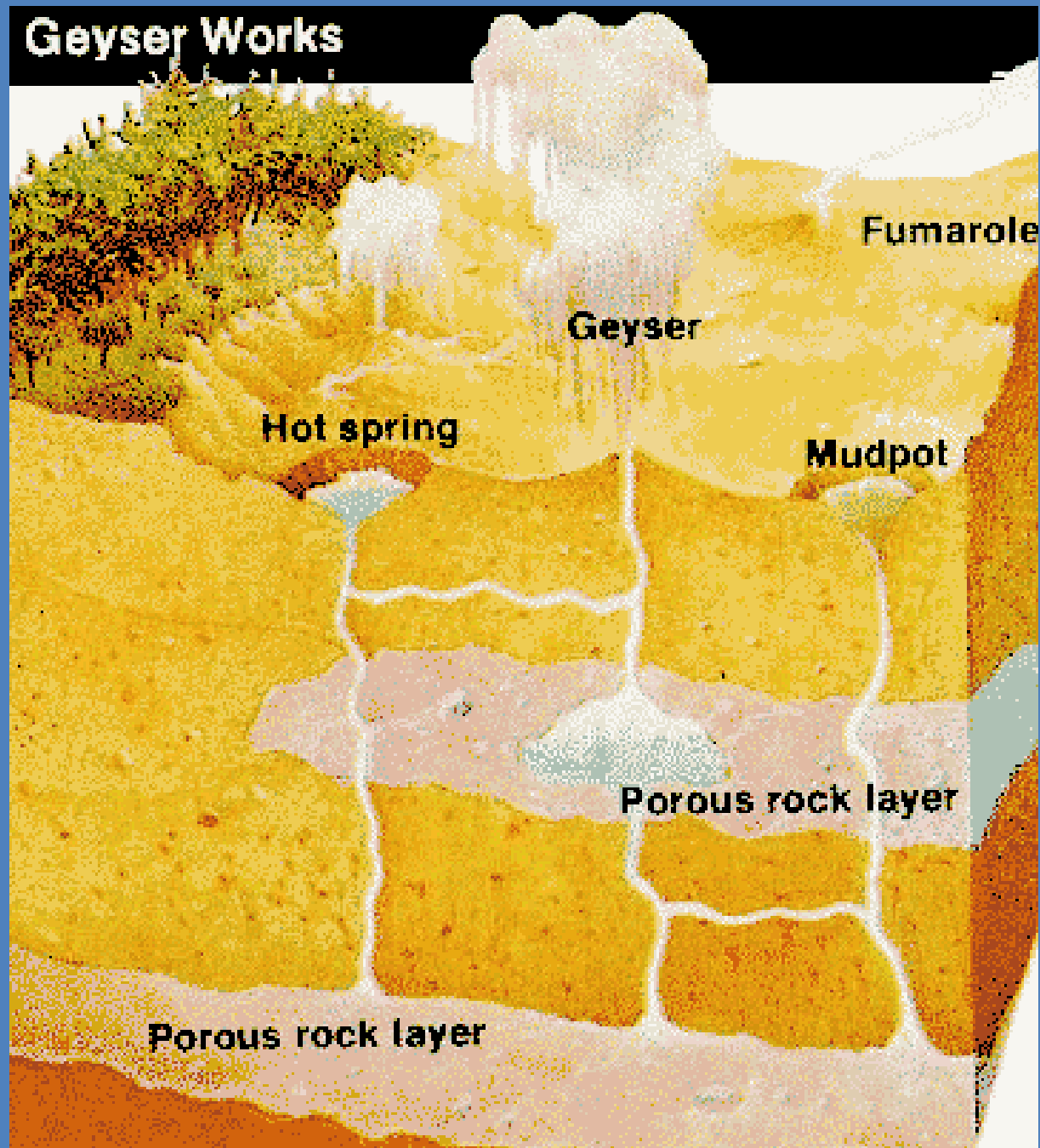
Çatlak sisteminin tabanındaki suların aniden buhara dönmesiyle, genleşen buhar üzerindeki su kütesini yukarıya doğru ittirerek, dışarıya püskürmesine neden olur.

Sıcak Su Kaynakları

İnsanın vücut sıcaklığı olan 37°C den daha yüksek su sıcaklığına sahip bir kaynağa **sıcak su kaynağı** (*termal kaynak ya da sıcak kaynak da denilir*) denir.



Geyser Works



Yararlanılan Kaynaklar

- Fiziksel Jeoloji 2 Ders Notları, Prof. Dr. Cemal Tunođlu
 - Fiziksel Jeoloji, Yeryuvarı'nın Araştırılması, James S. Monroe.
 - Physical Geology, Earth Revealed Seventh Edition, Diane H. Carlson.
- Ders Anlatımını kolaylaştırmak için hazırlanmıştır, ayrıntılı atıf yapılmamıştır.