

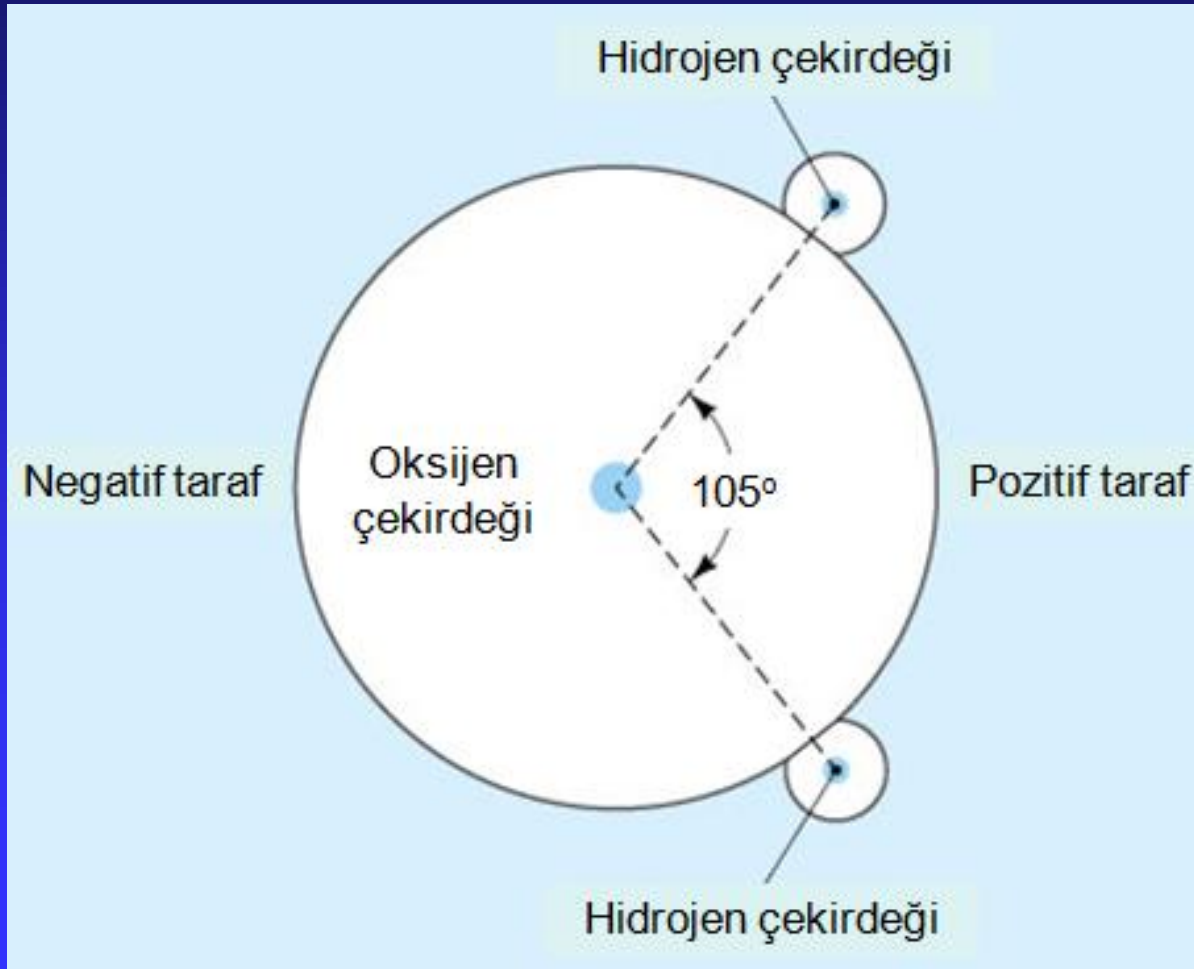
TOPRAK SUYU

Toprak Bilgisi Dersi

Prof. Dr. Günay Erpul
erpul@ankara.edu.tr

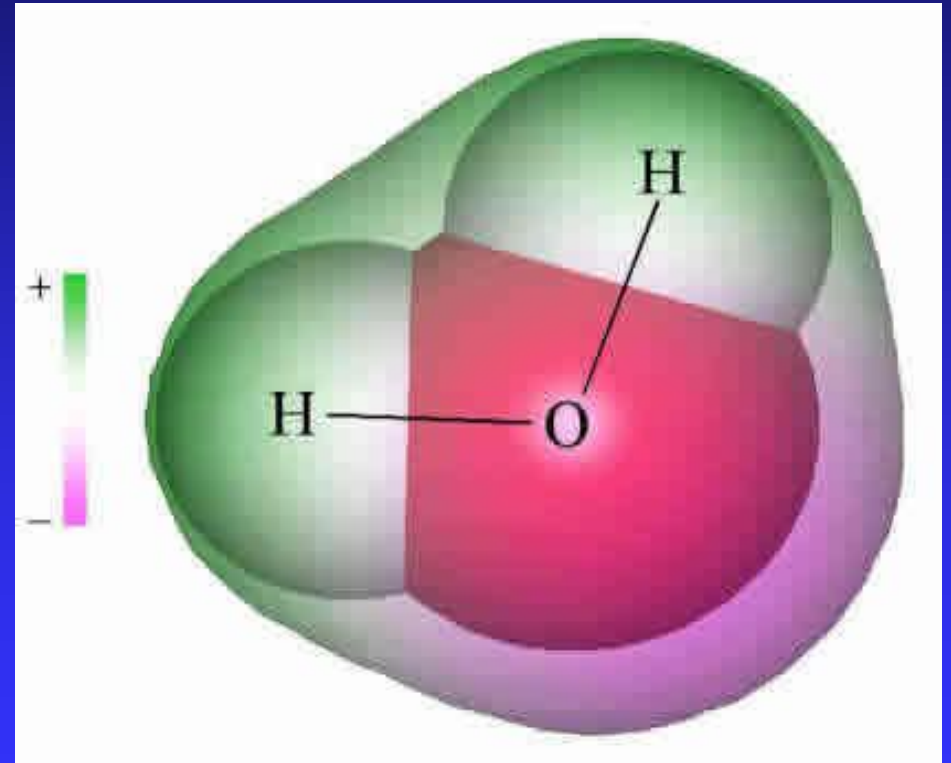
Toprak Suyu

Su molekülünün yapısı

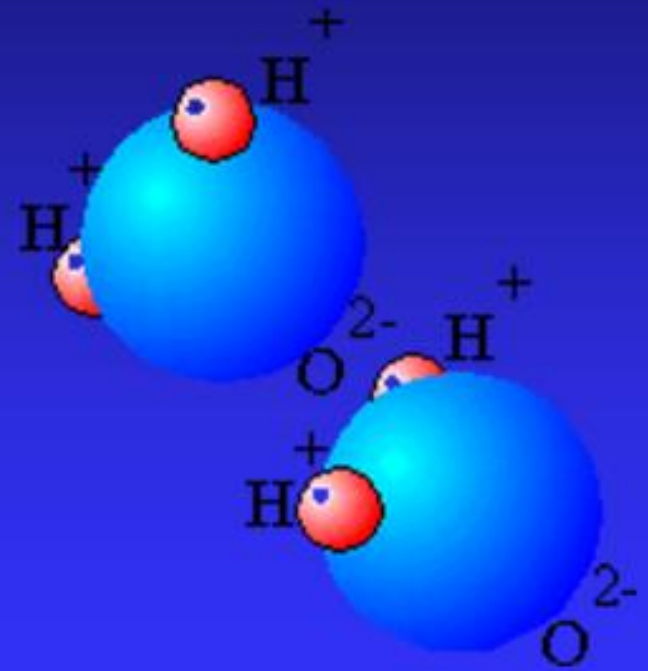
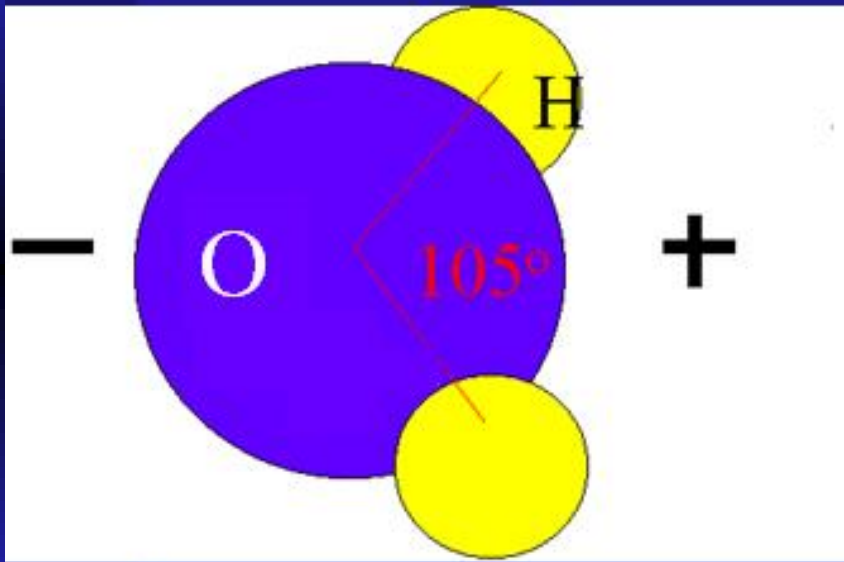


Toprak Suyu

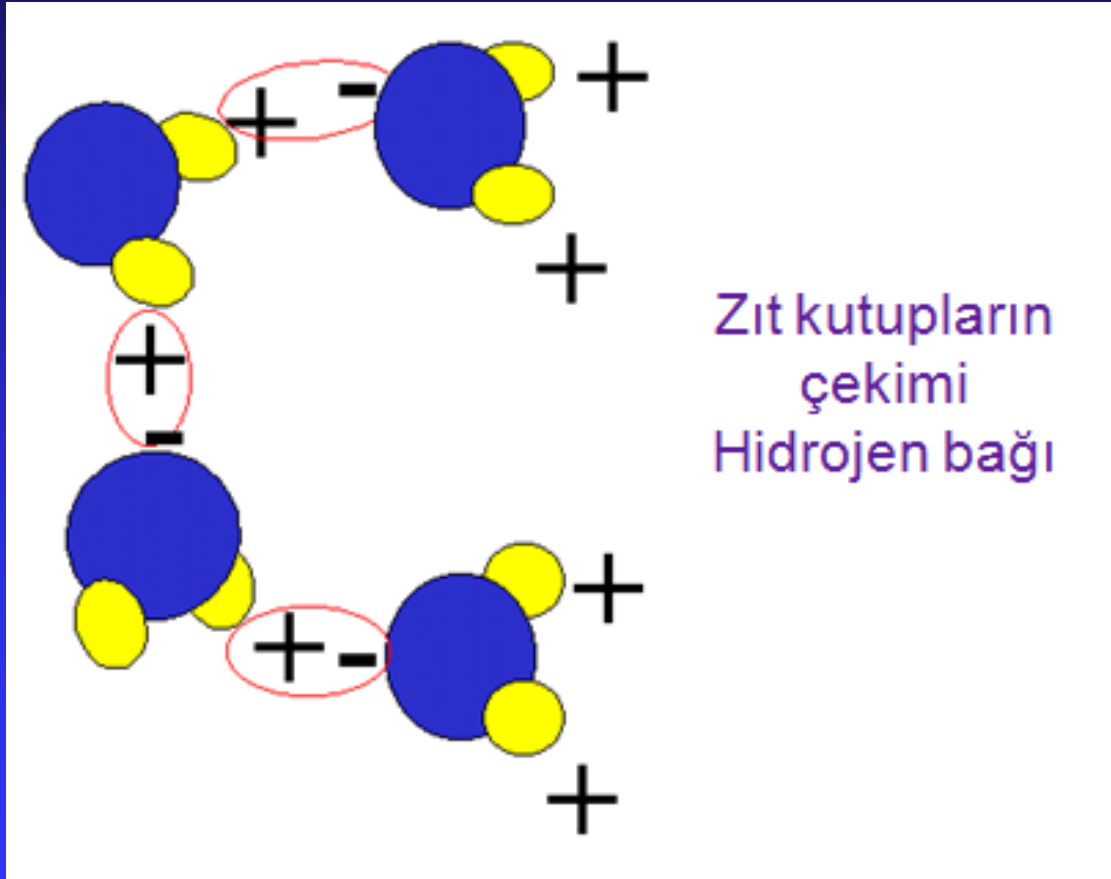
Su molekülünün yapısı

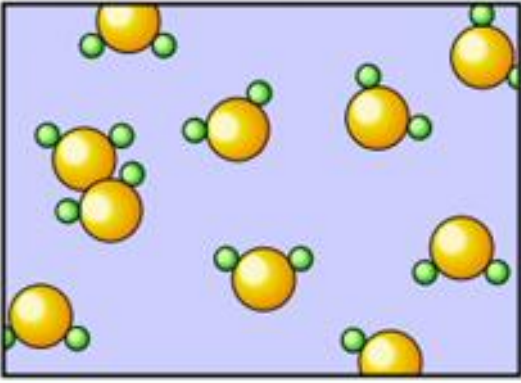


Polarite (kutupsallık) ve Hidrojen bağı



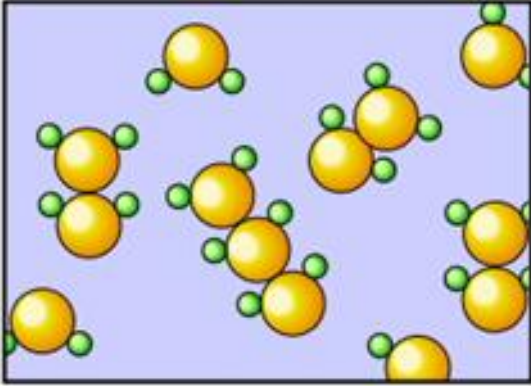
Polarite (kutupsallık) ve Hidrojen bağı





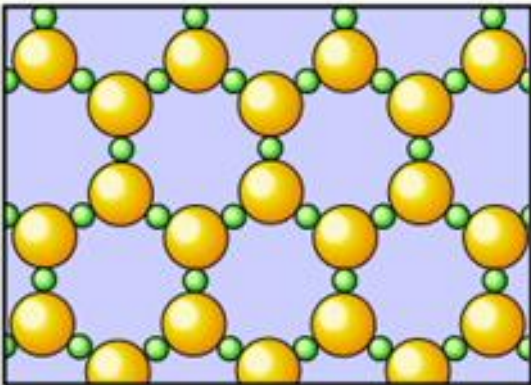
Rastgele
Moleküler
Buhar halde
suyun yapısı

Gaz →



Yarı-düzenli
Moleküler
Sıvı halde
suyun yapısı

Sıvı



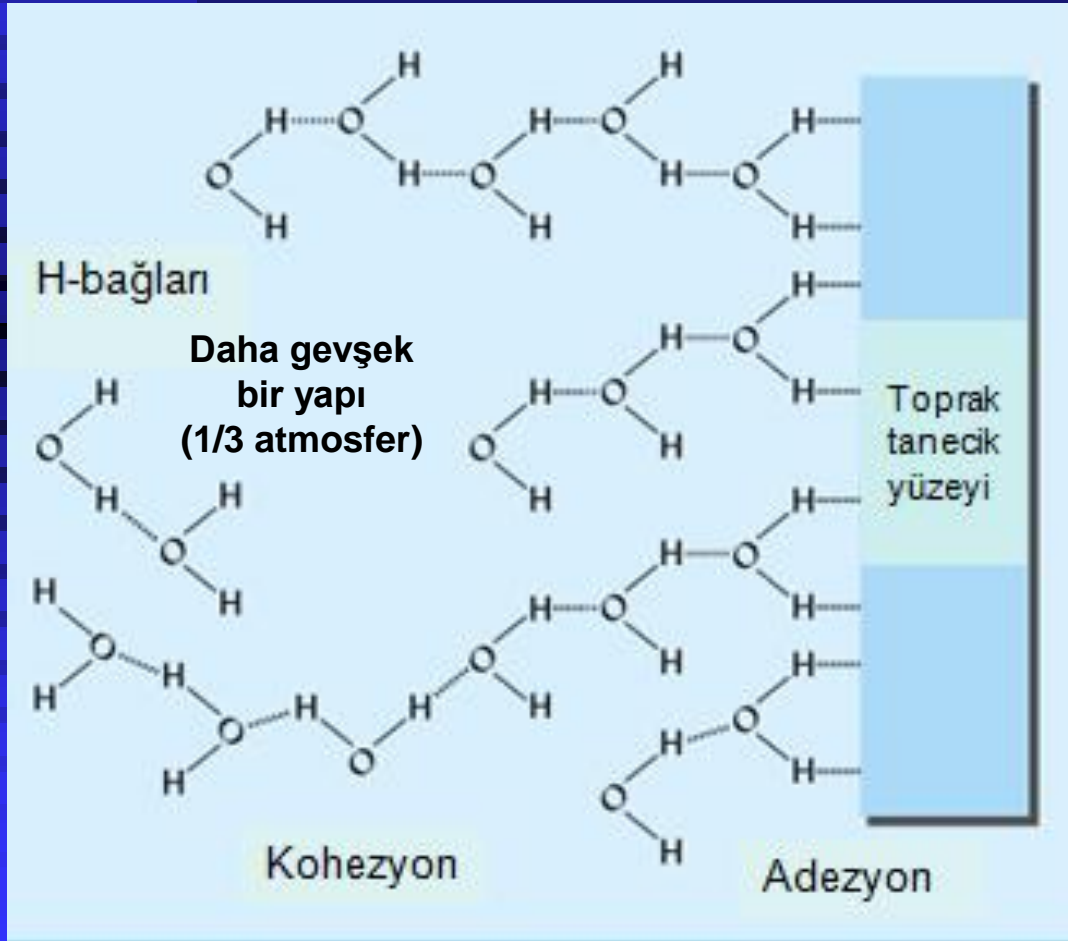
Düzenli
Moleküler
Kıta halde
suyun yapısı

Kıta →



Toprak Suyu

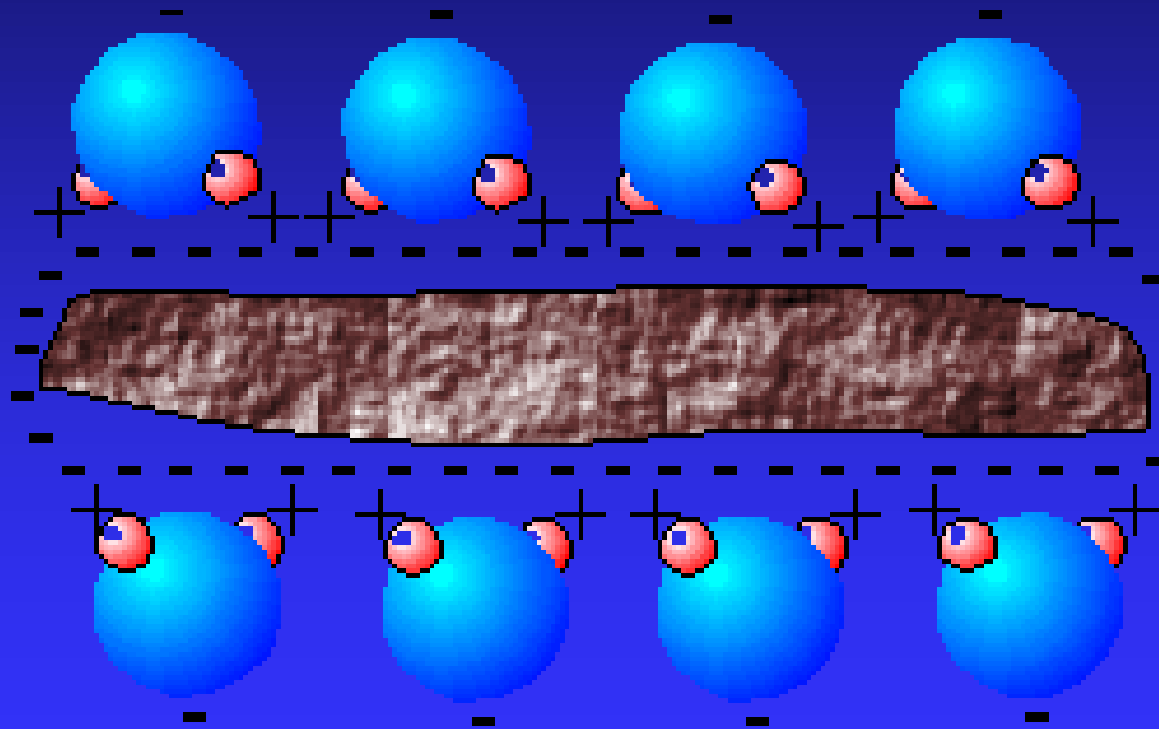
Adezyon ve Kohezyon



Bir toprak su sisteminde kohezyon (su molekülleri arasında) ve adezyon (su ve katı yüzey arasındaki) kuvvetler. Kuvvetler büyük oranda H-bağlarının bir sonucudur. Adeziv veya yüzeyde tutucu (adsorptif) güç katı yüzeyden uzaklaştıkça hızla azalır.

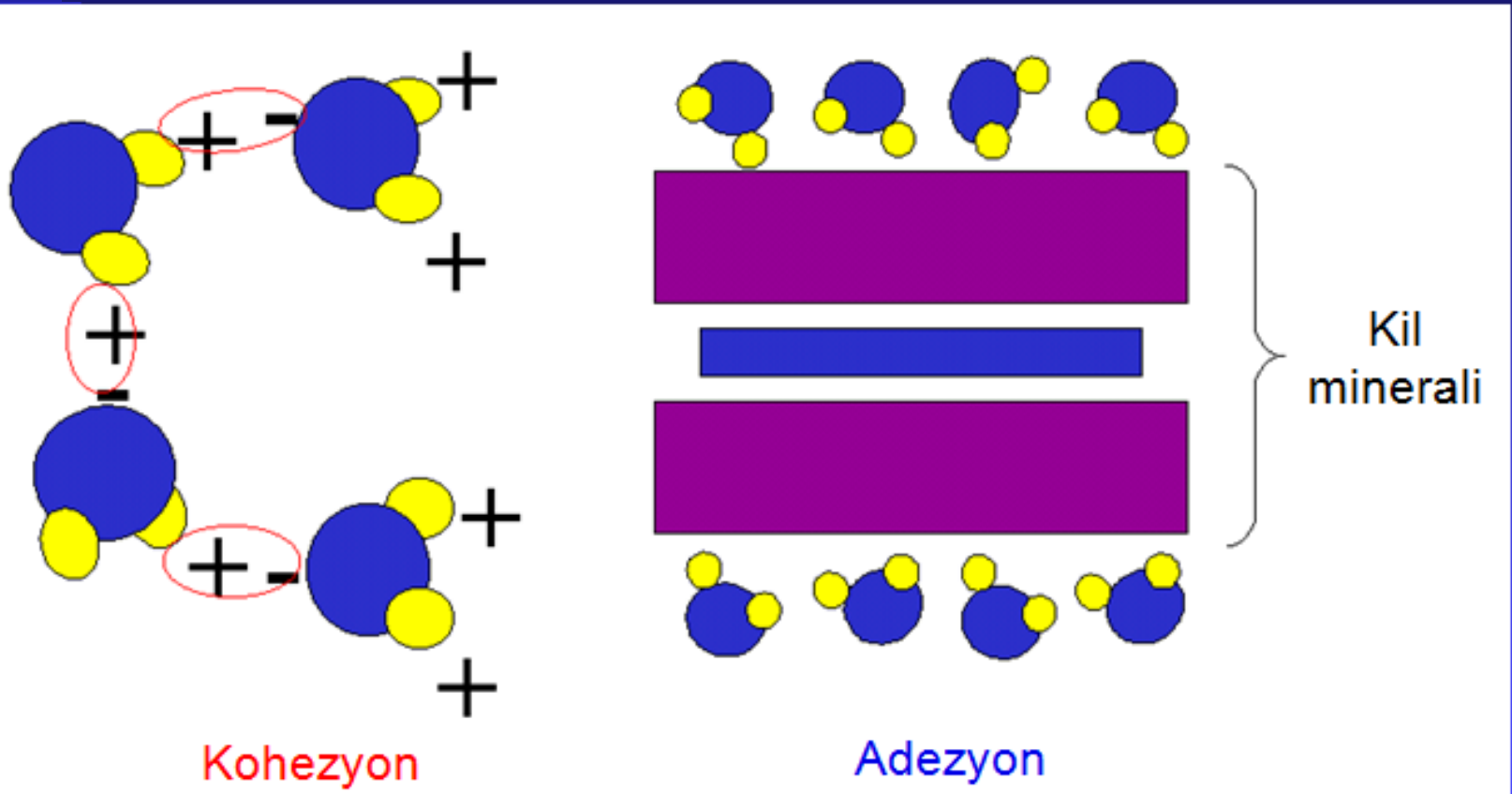
Toprak Suyu

Adezyon



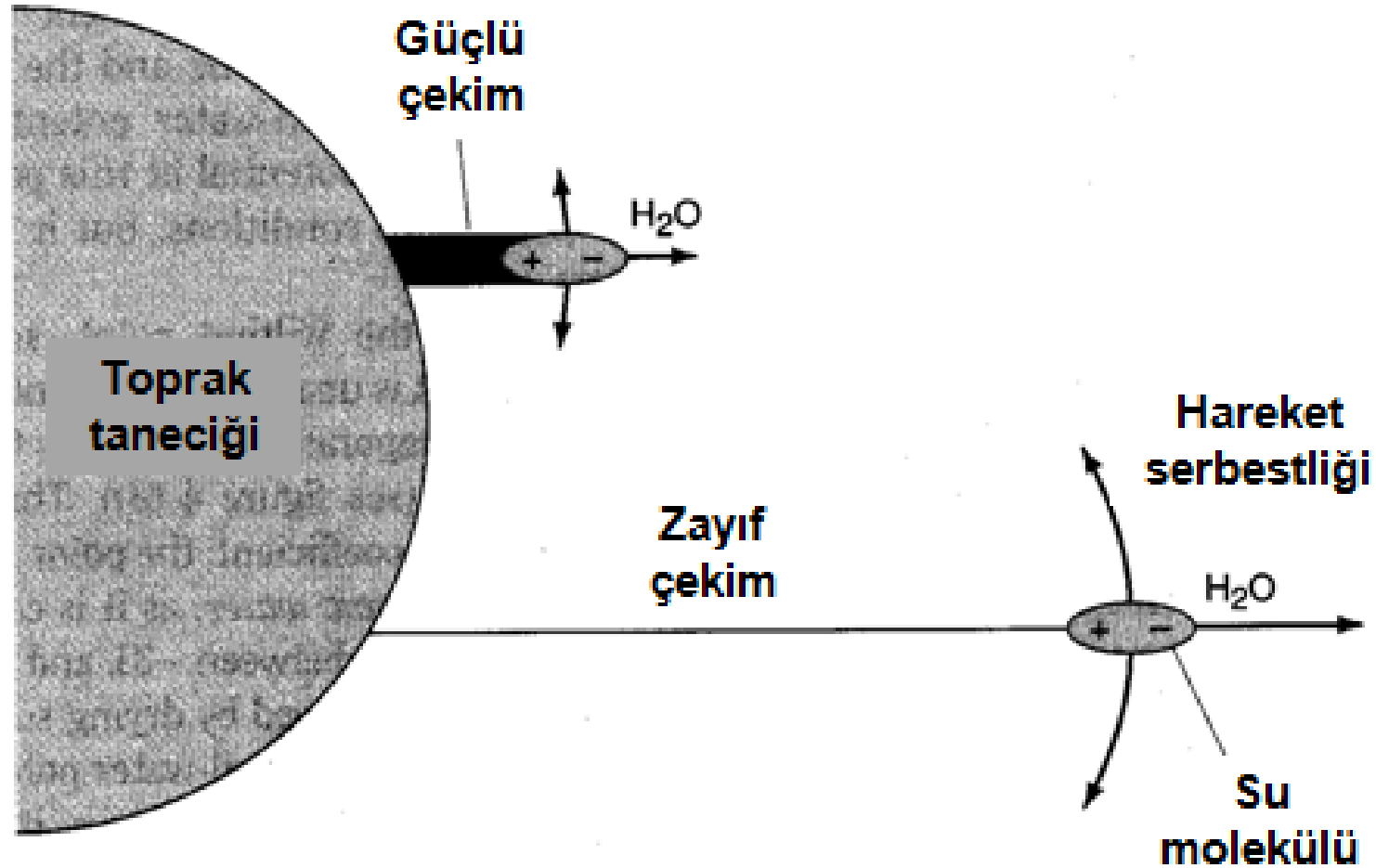
Toprak Suyu

Adezyon ve Kohezyon



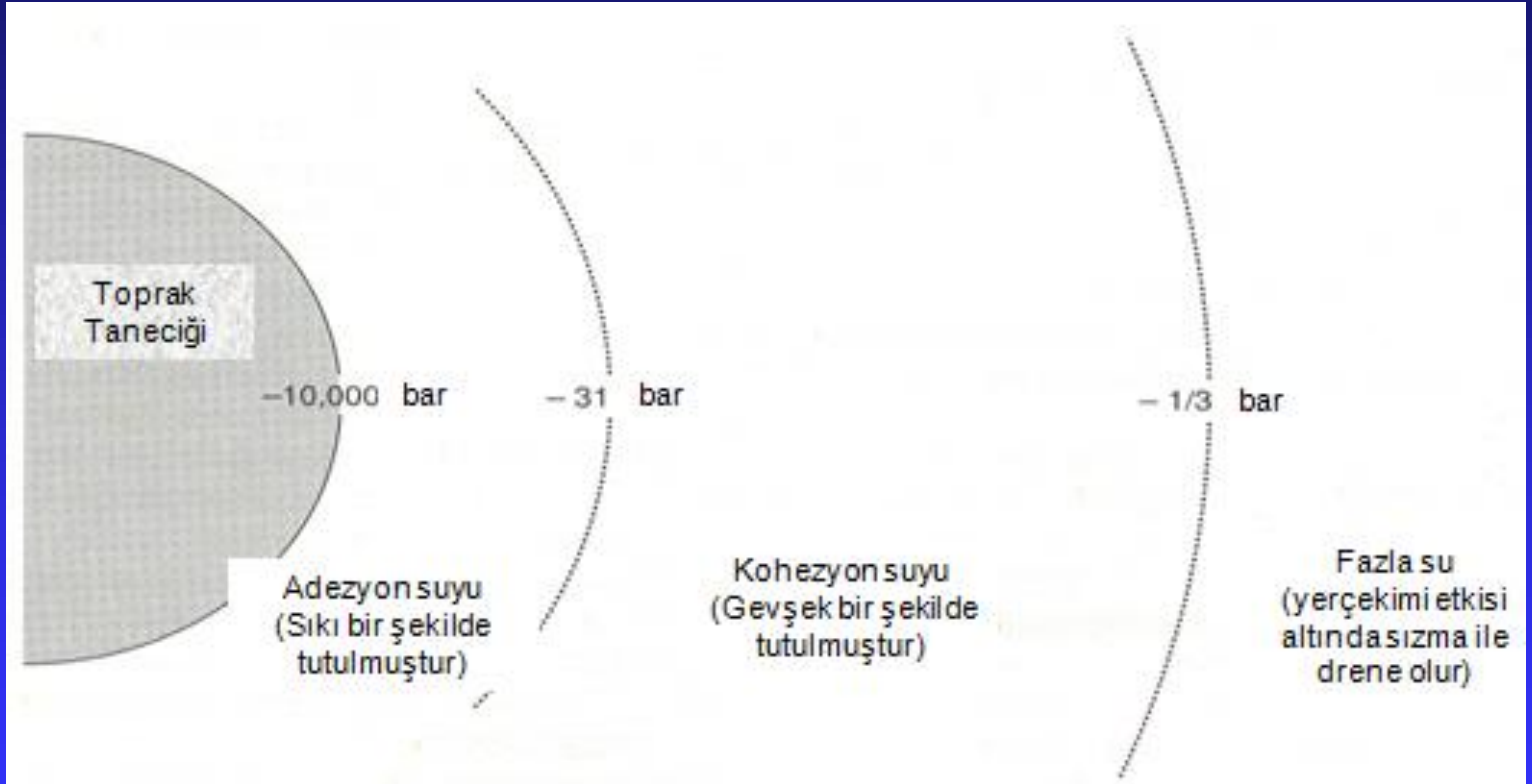
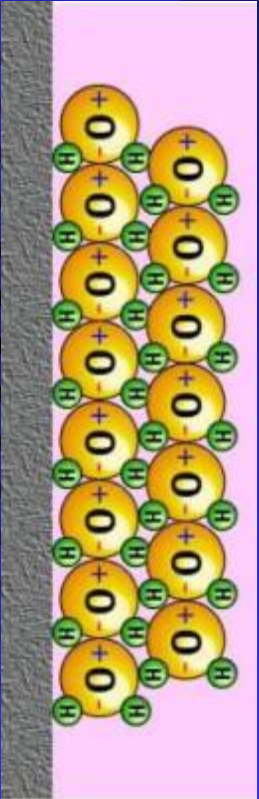
Toprak Suyu

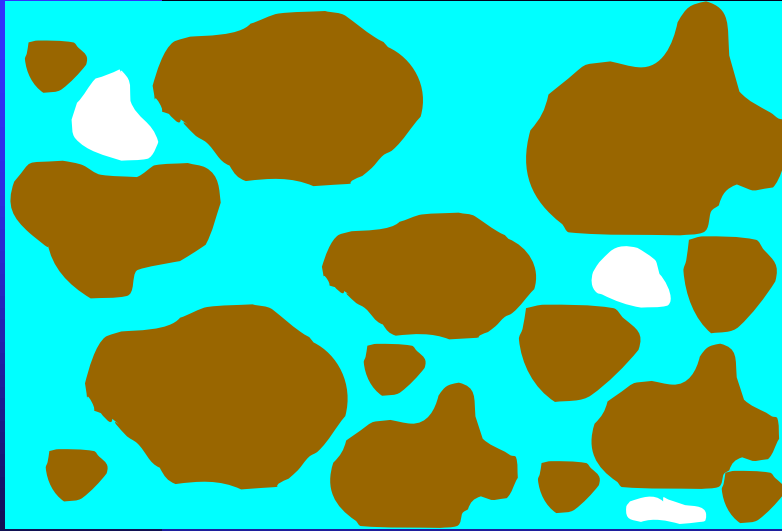
Adezyon ve Kohezyon



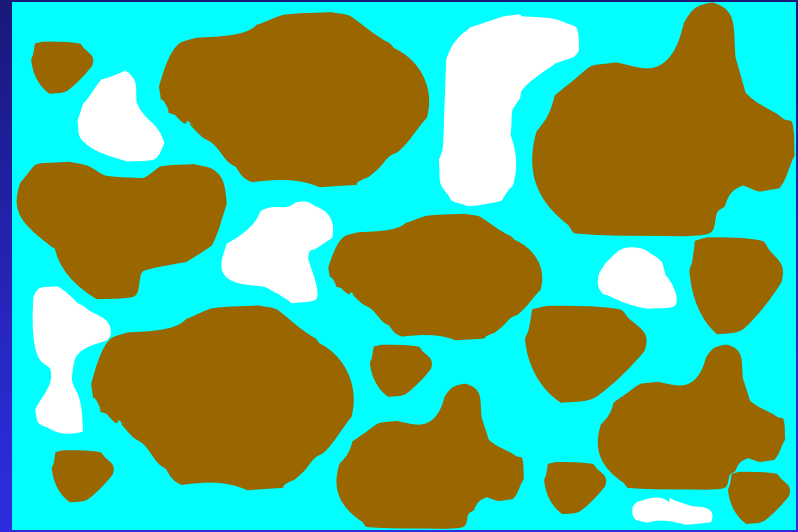
Toprak Suyu

Adezyon ve Kohezyon

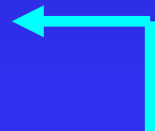
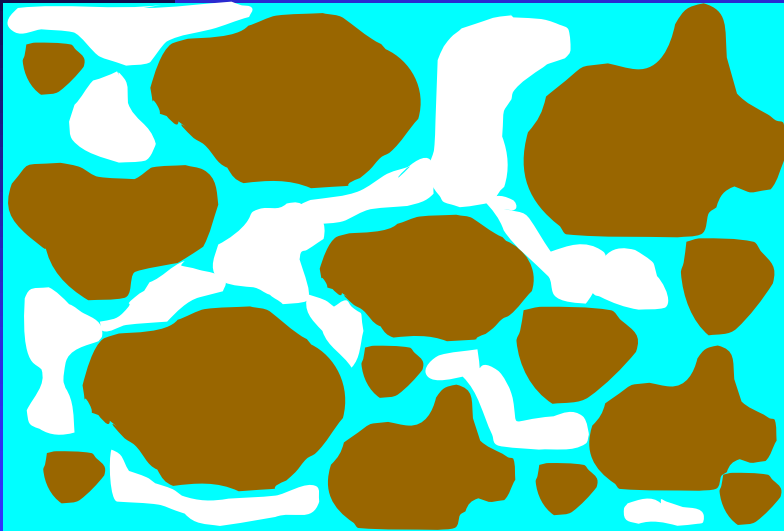




Yerçekimi suyu (sızma)



Yarayışlı su →



Yarayışsız su

→ hava

→ katı

Toprak Suyu

Farklı nem seviyeleri



Doygunluk

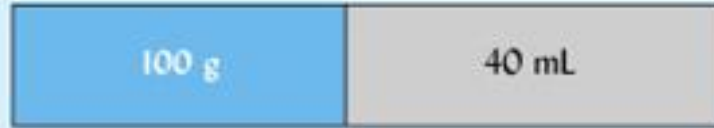


Tarla kapasitesi



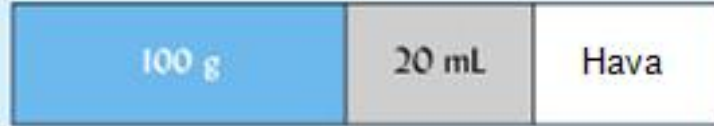
Solma noktası

Doygun toprak



■ Kati
■ Su

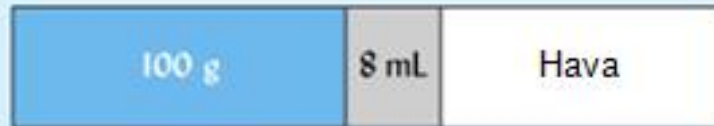
Tarla kapasitesi



Solma noktası



Higroskopik su

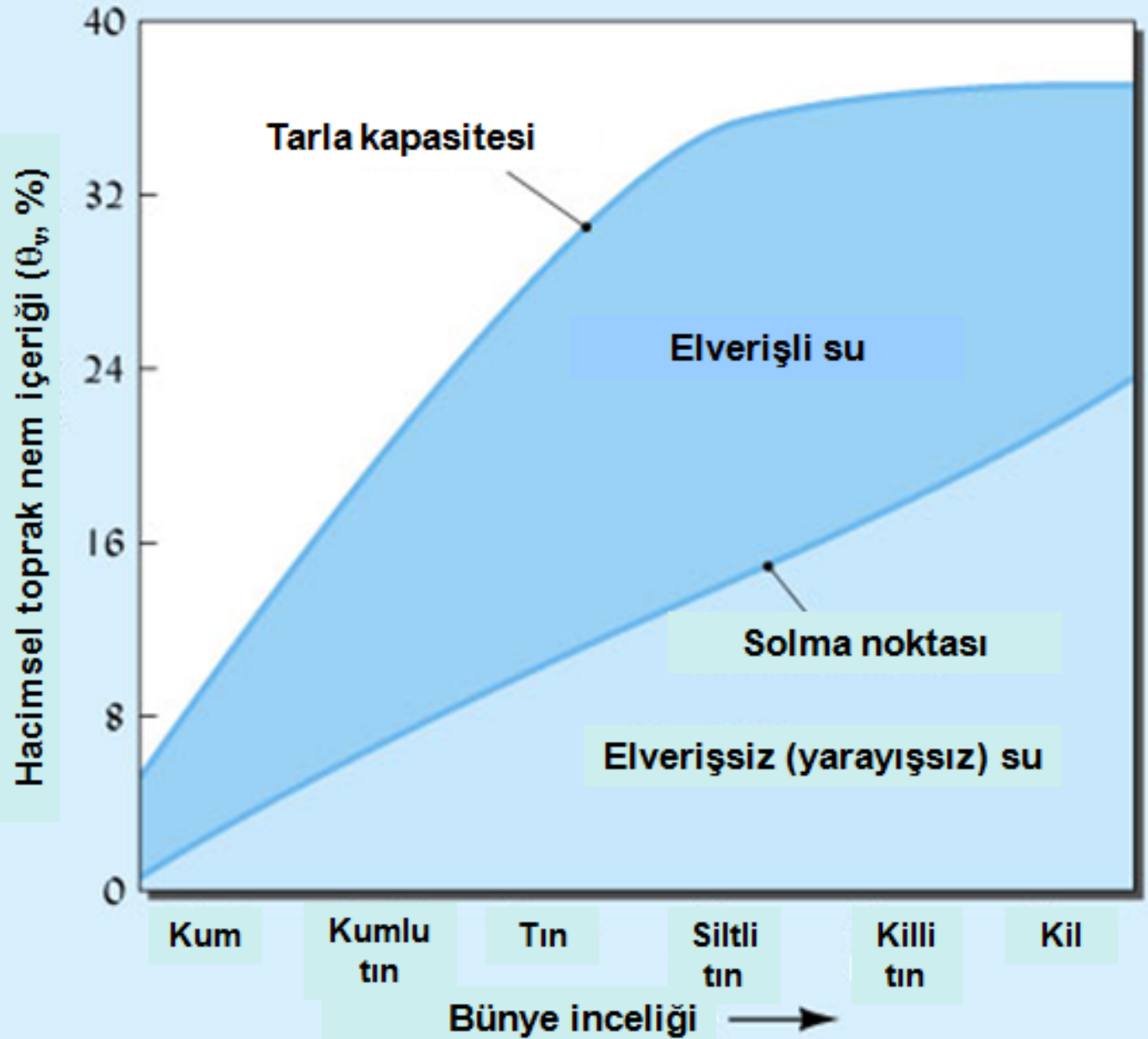


Kati

Boşluk

Toprak Suyu

Bünye ve yarayışlı (elverişli) su



Toprak-Su Potansiyeli
Su ile dolu boşluklar %'si

-31 bar -15 bar -1/3 bar

0

0% 15% 25% 50% 100%

Su türü

Higroskopik su

Elverişli su

Yerçekimi suyu

Kohezyon suyu

Nem sabiteleri

Higroskopik katsayı

(A)

Fırın kuru

Toprak

Solma noktası

Tarla kapasitesi

Doygunluk

Boşluk oranı



(E)

(D)

(C)

(B)

Su filmleri



Higroskopik katsayı

Solma noktası

Tarla kapasitesi

Doygunluk

(F)

Toprak Suyu

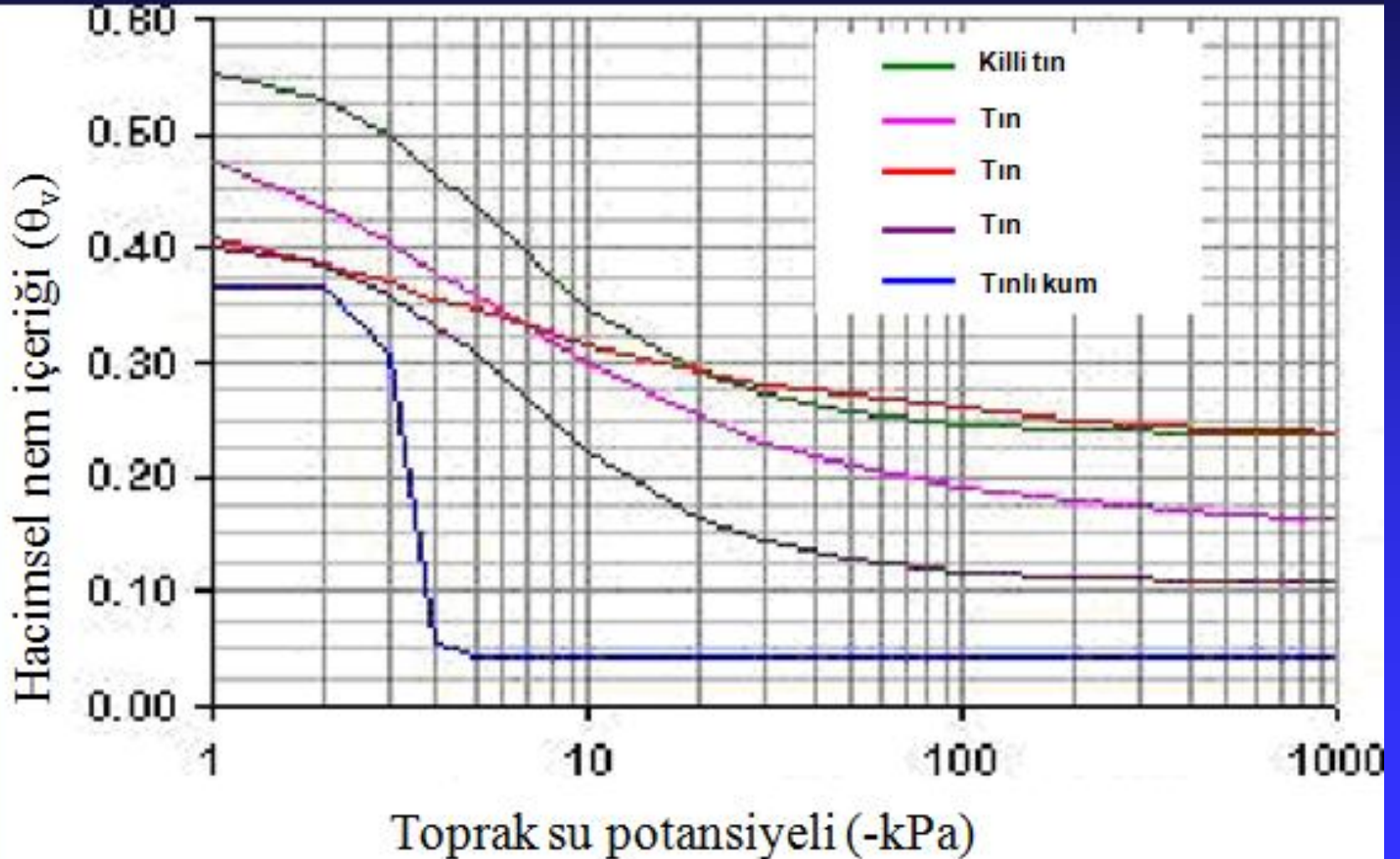
Toprak su potansiyelinin yaklaşık eşdeğerleri

Su sütunu yüksekliği (h, cm)	Toprak su potansiyeli (bar)	Toprak su potansiyeli (kPa)
0	0	0
10,2	-0,01	-1
102	-0,1	-10
306	-0,3	-30
1.020	-1,0	-100
15.300	-15	-1.500
31.700	-31	-3.100
102.000	-100	-10.000

$$\text{kPa} = 0,01 \cdot \text{bar} = 0,01 \cdot \text{atm} = 10,2 \cdot \text{cmH}_2\text{O} = 0,75 \cdot \text{cmHg}$$

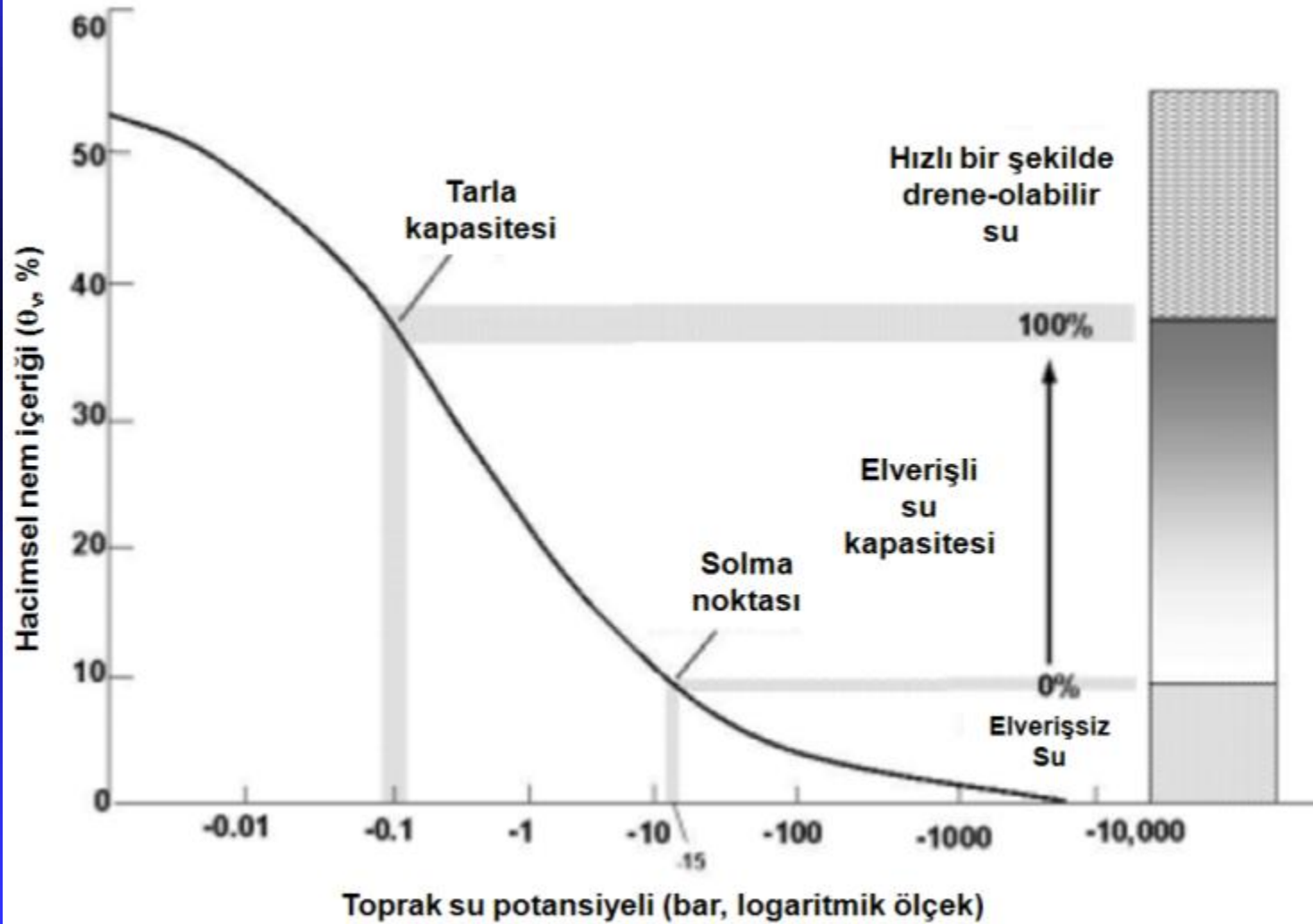
Toprak Suyu

Toprak su potansiyeli



Toprak Suyu

Toprak su potansiyeli

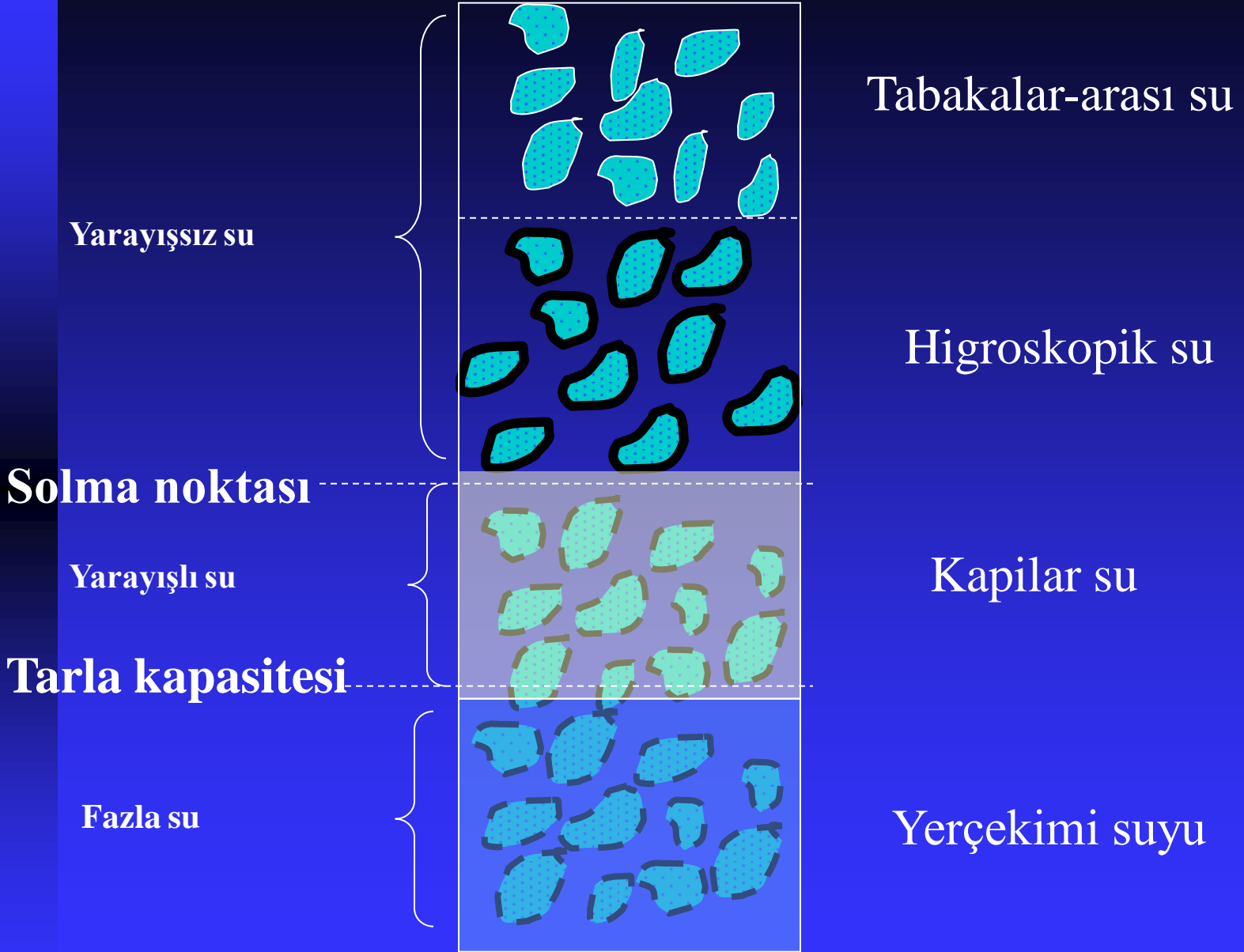


Toprak Suyu

Toprak su potansiyeli (pF)

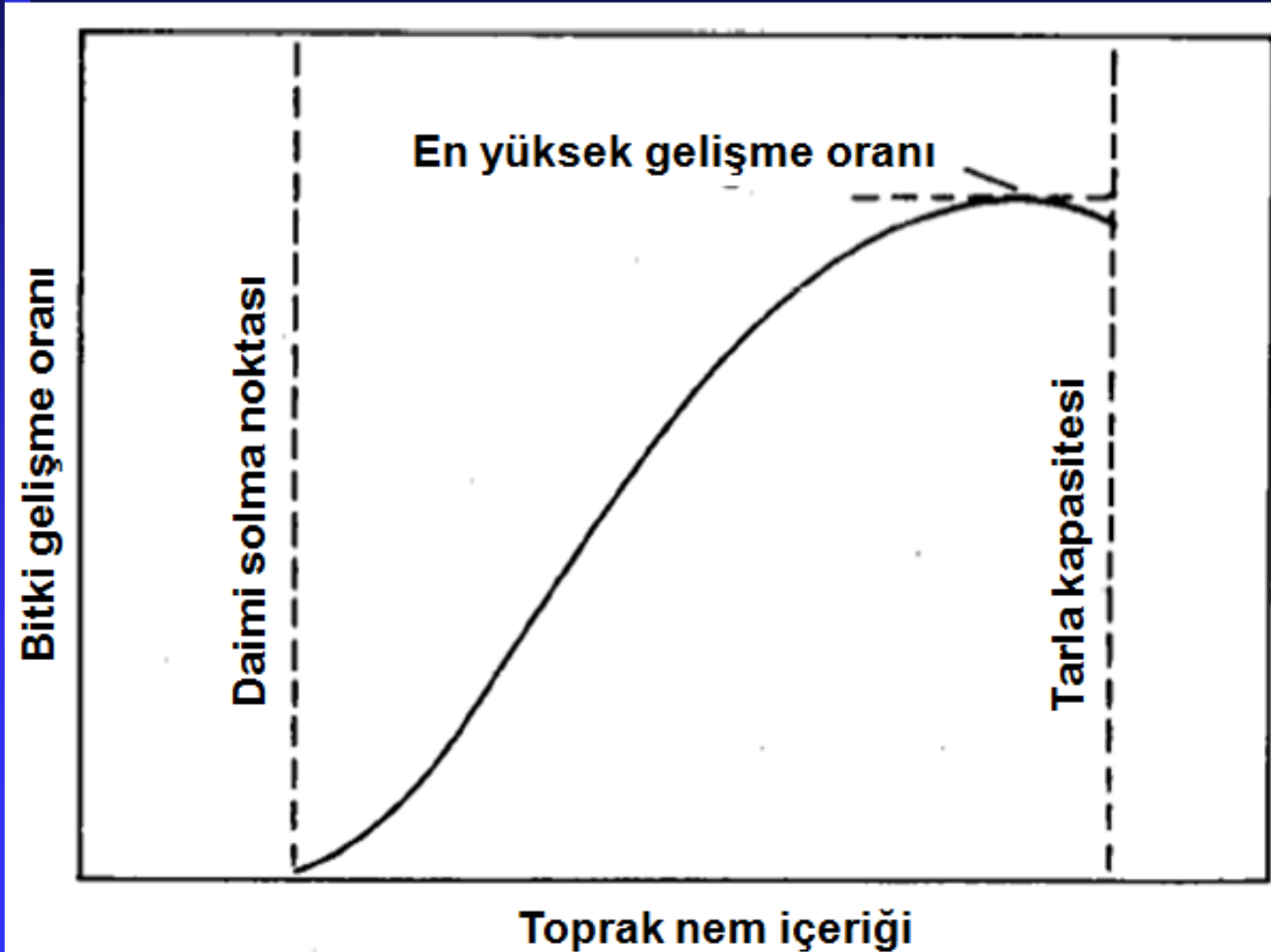
Toprak Nemi	pF
Tabakalar-arası veya yapıya ait su	7
Higroskopik su	7 – 4.5
Kapilar su	4.5 – 2.5
Yerçekimi etkisindeki su	2.5 – 0.0
Taban suyu	Serbest tansiyon

$$pF = \log h$$



Toprak Suyu

Yarayışlı su



Adezyon ve Kohezyon (Yüzey Gerilimi)



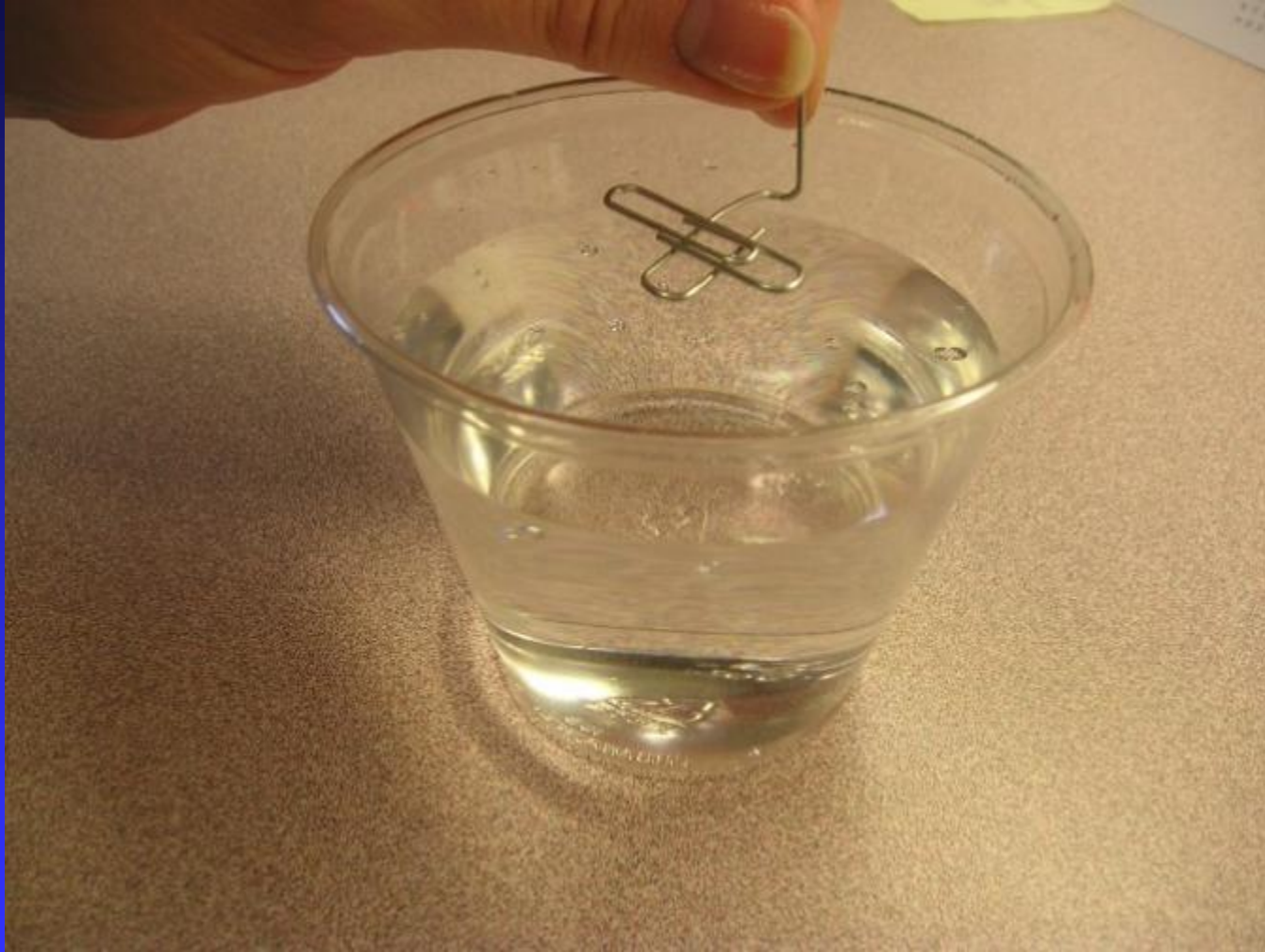
Günlük yaşam deneyimleri: iki parmak arasında bir su damlasının tutulması

Adezyon ve Kohezyon (Yüzey Gerilimi)



Günlük yaşam deneyimleri: bir böceğin (sineğin) su üzerinde batmadan yürümesi

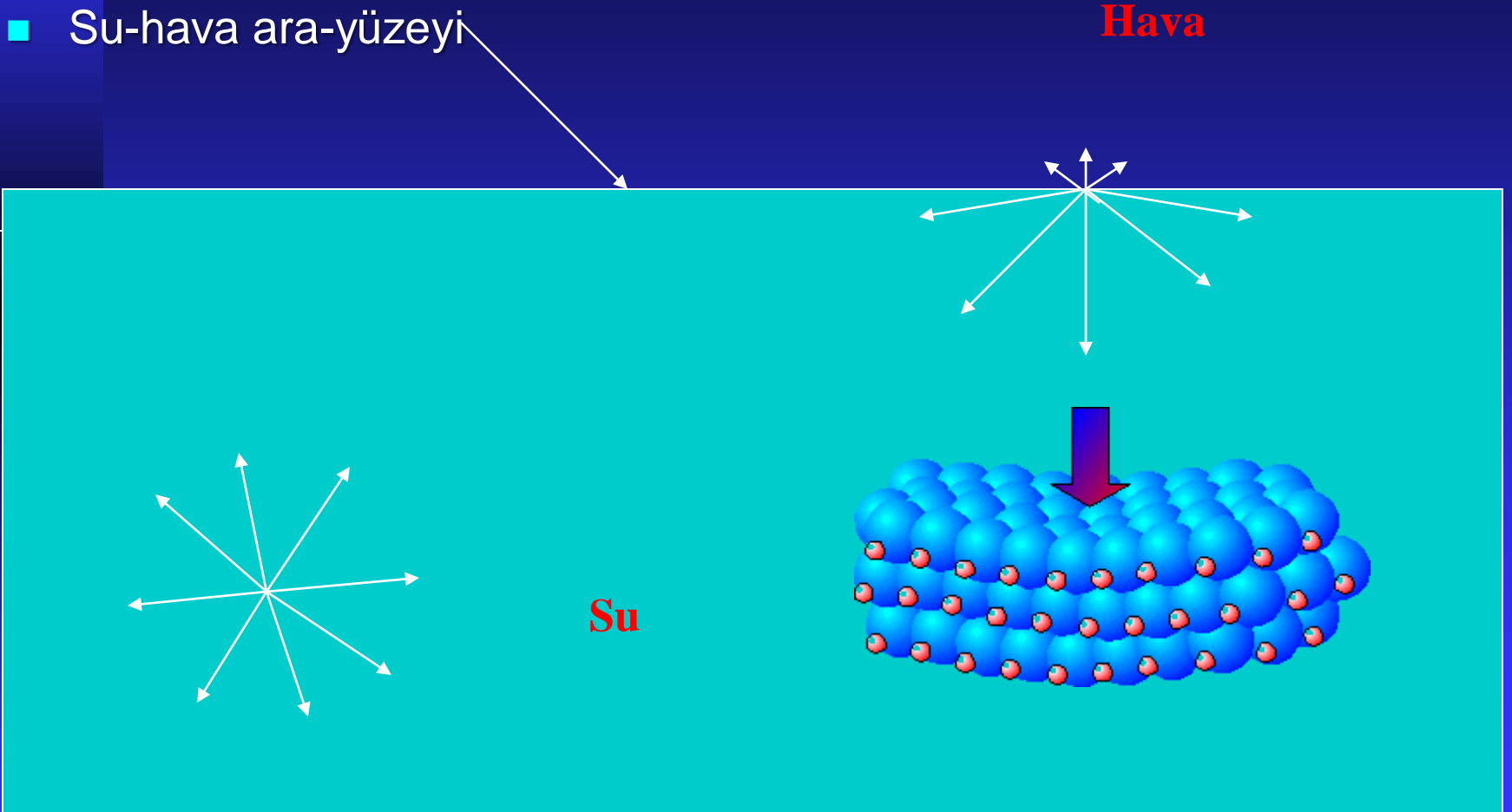
Adezyon ve Kohezyon (Yüzey Gerilimi)



Günlük yaşam deneyimleri: metal tel su etkileşimi

Toprak Suyu Yüzey Gerilimi

- Su-hava ara-yüzeyi

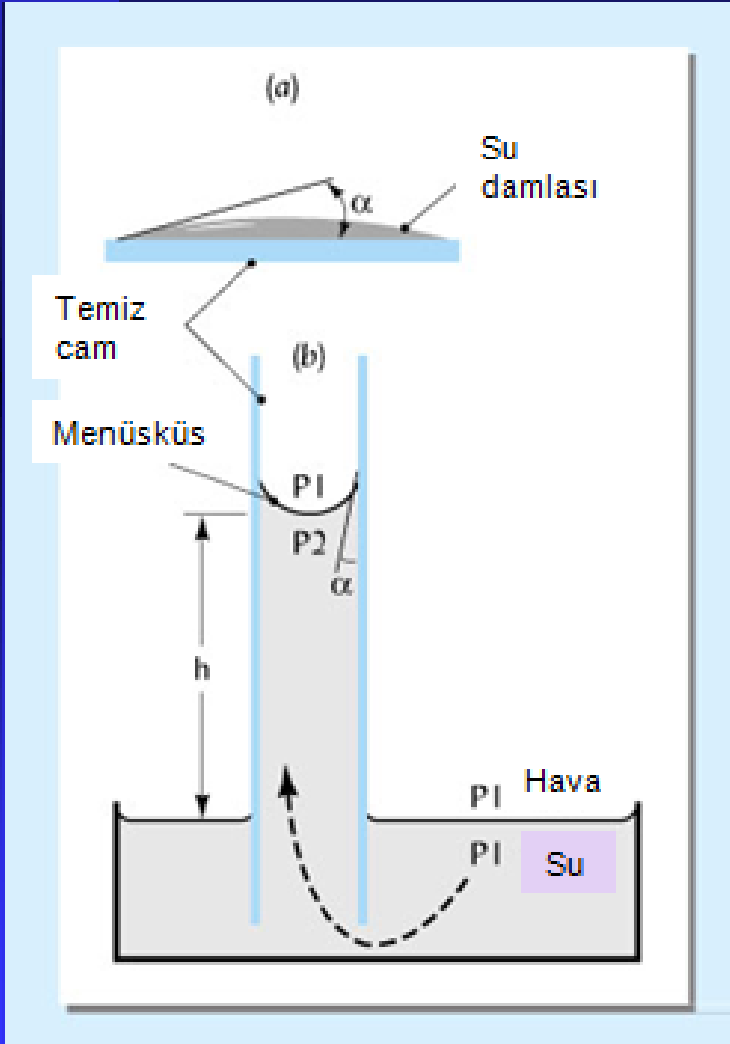




Suyun
özellikleri bir
silindirde
menüsküs
oluşmasına
neden olur

Toprak Suyu

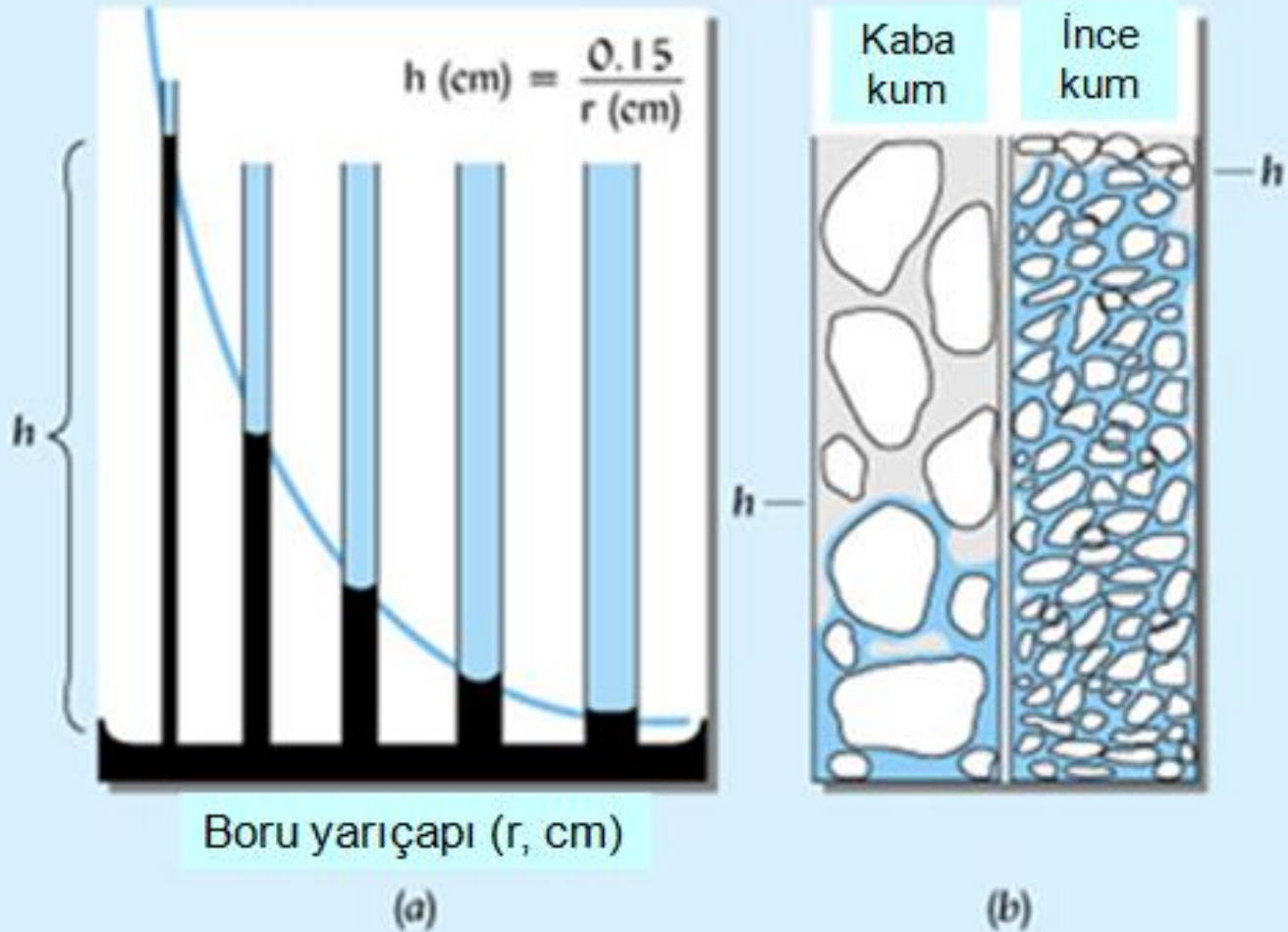
Kapilar su (Kapilla [Lat.]: kıl-saç)



Su sever veya çeken bir yüzey ile suyun karşılıklı etkileşimi a) karakteristik bir temas açısı oluşur b) Eğer hava ve su kıvrık veya kavisli bir menüsküsde etkileşirlerse (karşılaşırlarsa), eğimin dış-bükey tarafında oluşan basınç, iç-bükey tarafta olduğundan daha küçüktür b) ince bir cam boruda kapilar yükselme oluşur, çünkü menüsküs altındaki basınç (P_2) serbest su yüzeyindeki basınçtan (P_1) daha küçüktür.

Toprak Suyu

Kapilarite ile su hareketi



Toprak Suyu

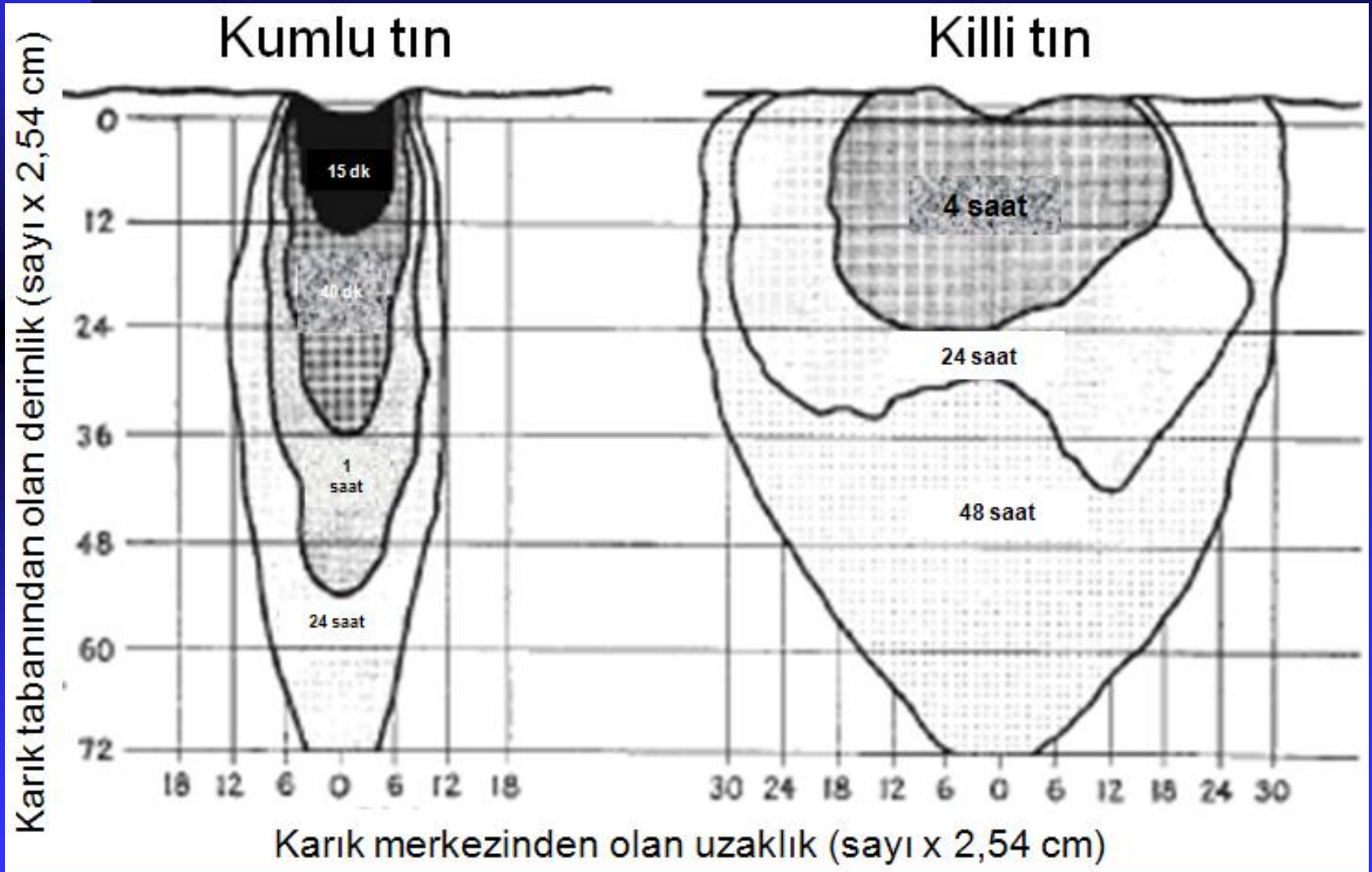
Kapilarite ile su hareketi



Sulama kariğından suyun karık tepsine kapilarite ile hareketi (sol foto); sağ tarafta ise yine suyun yatay hareketi görülmektedir.

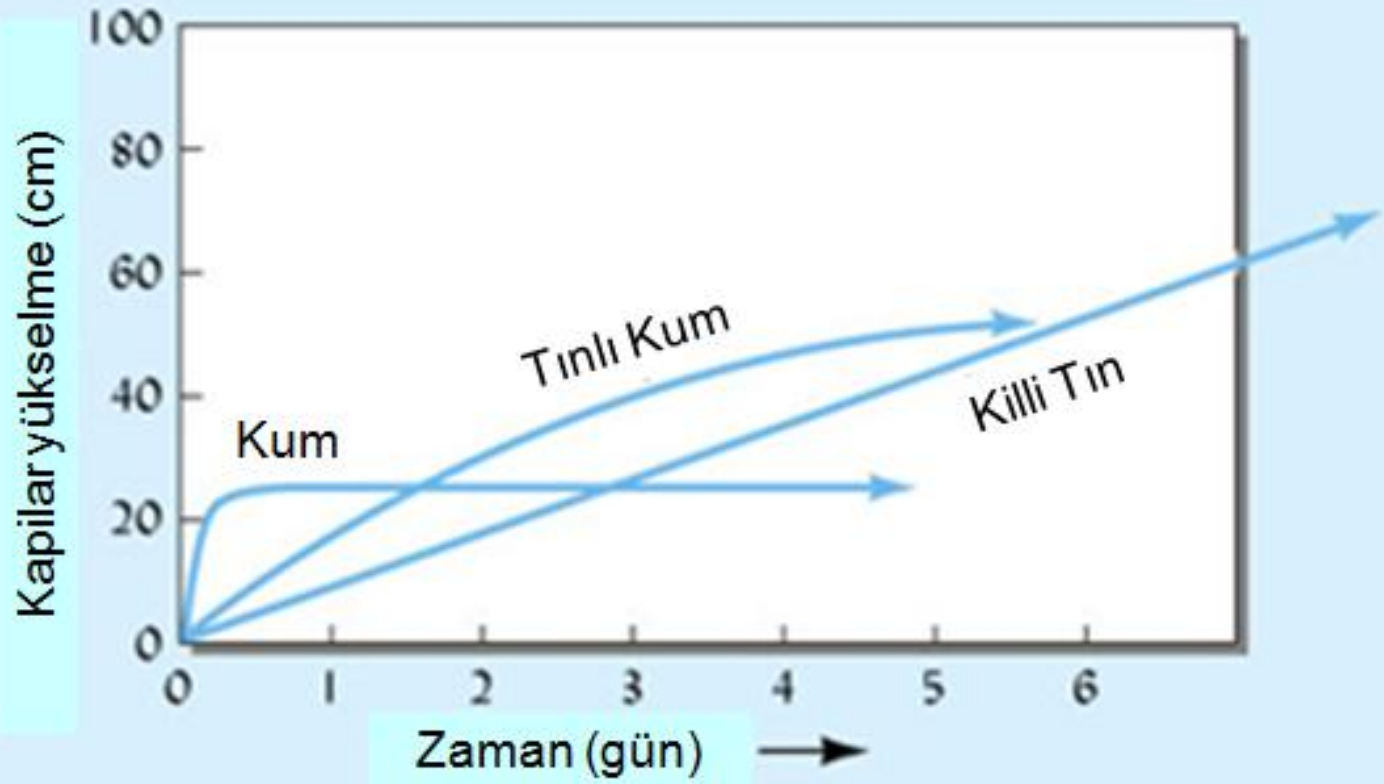
Toprak Suyu

Kapilarite ile su hareketi



Toprak Suyu

Kapilarite ile su hareketi

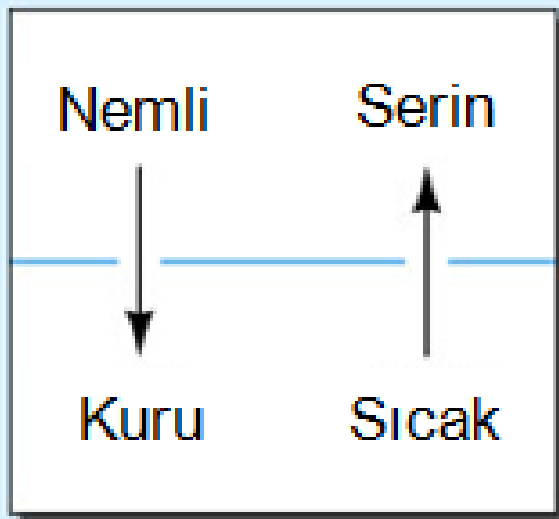


(c)

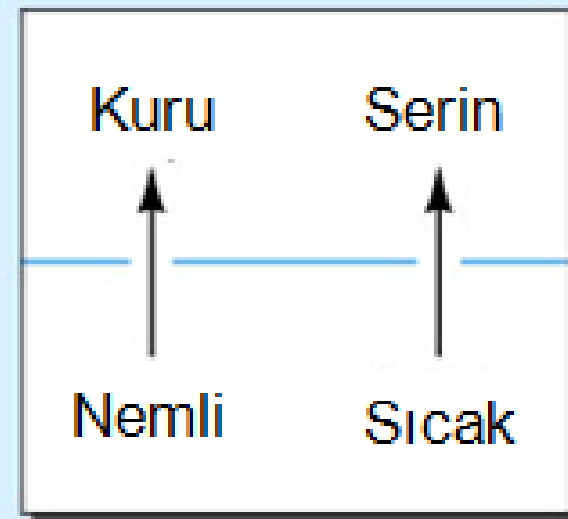
Toprak Suyu

Su buharı hareketi

Toprak horizonları



(a)



(b)

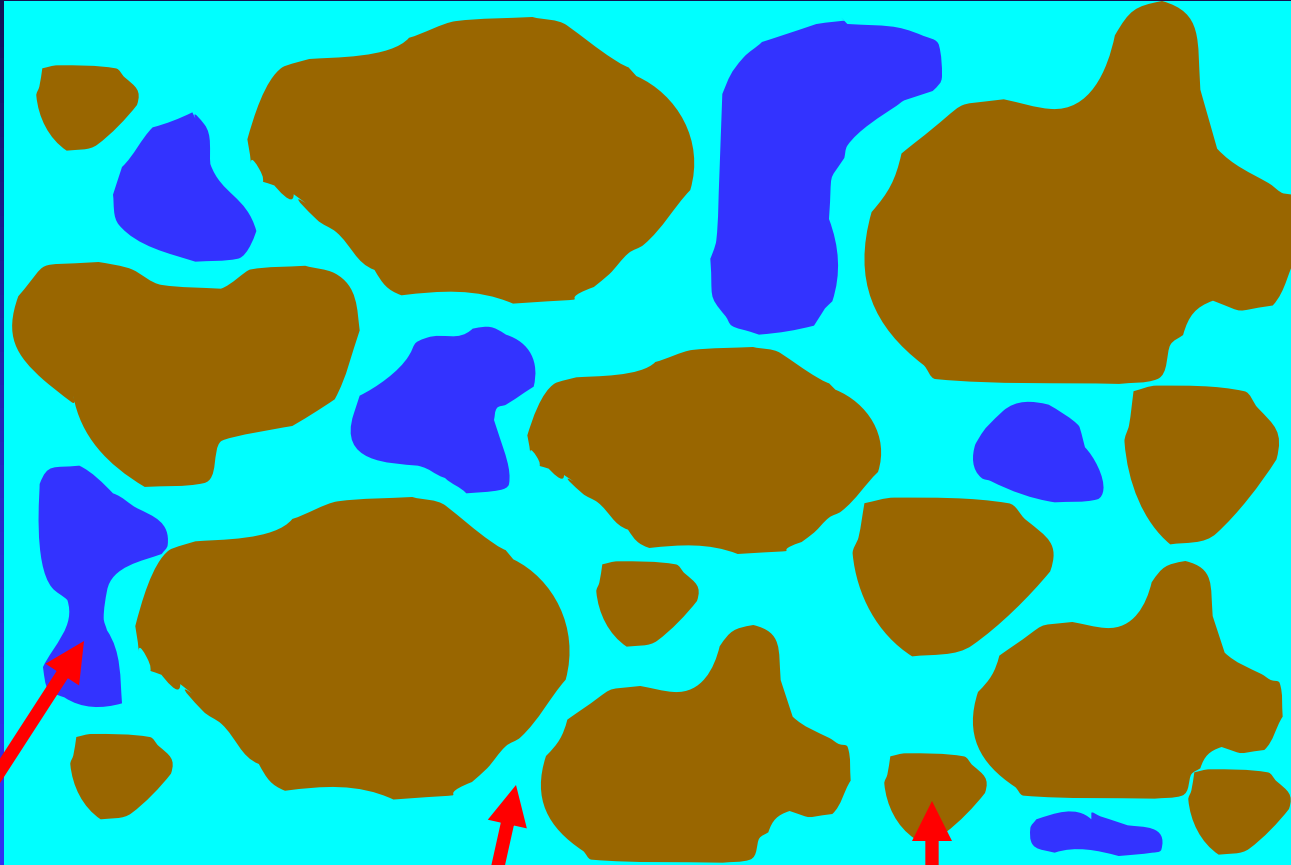
Toprak Suyu

- Kütlesel nem içeriği (θ_m)

$$\theta_m = \frac{W_s}{M_{ds}}$$

- ◆ θ_m : kütlesel nem içeriği (oran)
- ◆ W_s = toprak su miktarı, g (24h, 105 °C)
- ◆ M_{ds} = kuru toprak ağırlığı, g

Toplam toprak hacmi, V_b



Hava, V_a

Su, V_w

Toprak tanecikleri, V_p

Toprak Suyu

- Hacimsel nem içeriği (θ_v)

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b}$$

- ◆ θ_v = hacimsel nem içeriği (oran)
- ◆ V_w = su hacmi (cm^3)
- ◆ V_b = toplam toprak hacmi (cm^3)

Toprak Suyu

Hacimsel nem içeriği

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b}$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b} = \frac{V_w}{V_p + V_{a+w}} = \frac{V_w}{V_p + V_a + V_w}$$

Toprak Suyu

- Kütlesel (θ_m) ve hacimsel nem içeriği (θ_v) arasındaki ilişki

$$\theta_v = \theta_m \frac{\rho_{ds}}{\rho_w}$$

- ◆ θ_v : hacimsel nem içeriği (oran)
- ◆ θ_m : kütlesel nem içeriği (oran)
- ◆ ρ_{ds} : toprak hacim ağırlığı (g cm^{-3})
- ◆ $\rho_w = \text{su yoğunluğu} = 1 \text{ g cm}^{-3}$

Toprak Suyu

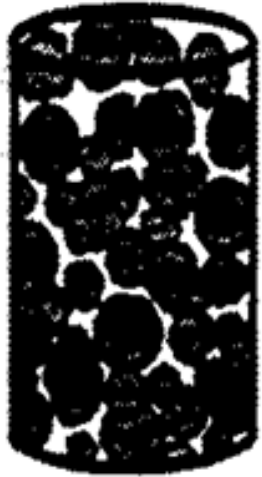
- Eşdeğer su derinliği (d)
 - ◆ Birim yüzey alanındaki suyun hacmidir.

$$d = \frac{\theta_v \times A \times L}{A} = \theta_v \times L$$

- ◆ d = herhangi bir toprak katmanındaki eşdeğer su derinliği
- ◆ L = toprak katmanının derinliği

Toprak Suyu

Islak Toprak
Örneği



Islak Toprak
Ağırlığı (gr)

Kuru Toprak
Örneği



Kuru Toprak
Ağırlığı (gr)

Su



Su Hacmi
(cm³)

Toplam
Toprak
Hacmi

Eşdeğer derinlik (d)

Hacimsel Nem İçeriği & Eşdeğer Derinlik

Tarım Topraklarının Tipik Değerleri

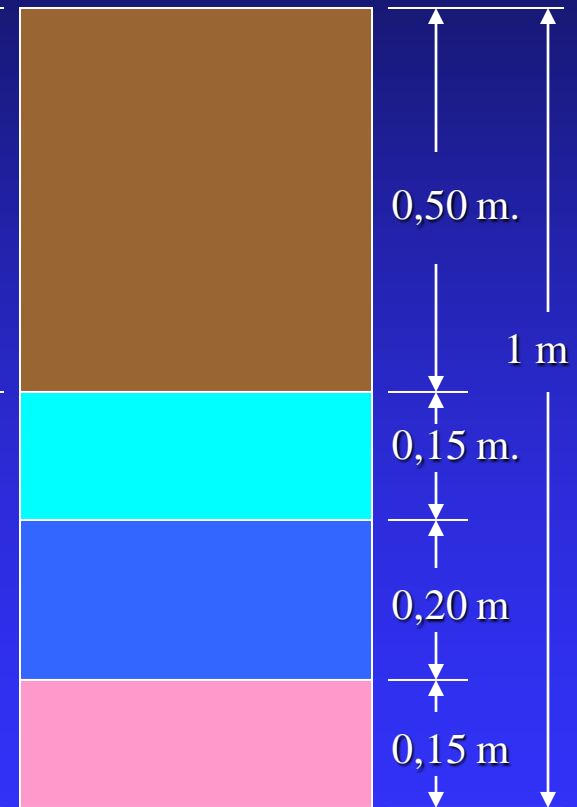
Toprak Katı Fazı (Tanecikler): 50%

Toplam
Boşluk Oranı:
50%

Çok büyük gözenekler:
15% (Yerçekimi kuvvetleri)

Orta-büyükteki gözenekler:
20% (Bitkiye elverişli su)

Çok küçük gözenekler:
15% (Elverişsiz su)



Toprak Su Tutma Kapasitesi

Toprak Bünyesinin Etkisi

Kaba Kum

Siltli Kil Tın



Toprak Neminin Ölçülmesi

■ Ağırlıksal (Gravimetrik)

- ◆ Kütleesel su içeriği ölçülür (θ_m)
- ◆ Arazi örnekleri alınır → tartılır → kurutulur (24h, 105°C) → yeniden tartılır
- ◆ Avantajları: doğru; birçok yerden alınan örnekler ile ölçüm yapılabilir
- ◆ Dezavantajları: iş gücü; zamansal gecikme

■ His etme ve görünüm

- ◆ Toprak örneği alınır ve el ile nem hissedilmeye çalışılır
- ◆ Avantajları: düşük maliyet; birçok yerden alınan örnekler ile ölçüm yapılabilir
- ◆ Dezavantajları: deneyim gerektirir; çok doğru değildir

Toprak Neminin Ölçülmesi

- Nötron saçılması yöntemi (nötron yavaşlaması)
 - ◆ Hacimsel nem içeriğini ölçer (θ_v)
 - ◆ Hidrojen atom çekirdekleri ile yüksek enerjili nötronların zayıflatılması
 - ◆ Avantajları:
 - ☞ görelî olarak daha büyük bir toprak alanını örnekler
 - ☞ devamlı olarak aynı sahadan birçok farklı derinlikten ölçüm alınabilir
 - ☞ doğru-kesin (hassas ve güvenilir)
 - ◆ Dezavantajları:
 - ☞ yüksek maliyetli ölçüm aleti
 - ☞ radyo-aktif lisans ve güvenlik gerekliliđi
 - ☞ toprak yüzeyine yakın sığ ölçümler için güvenilir değildir

Toprak Neminin Ölçülmesi

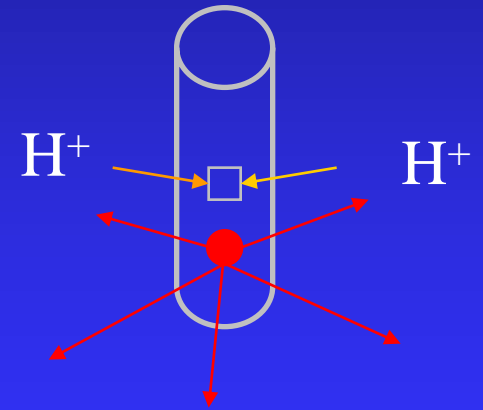
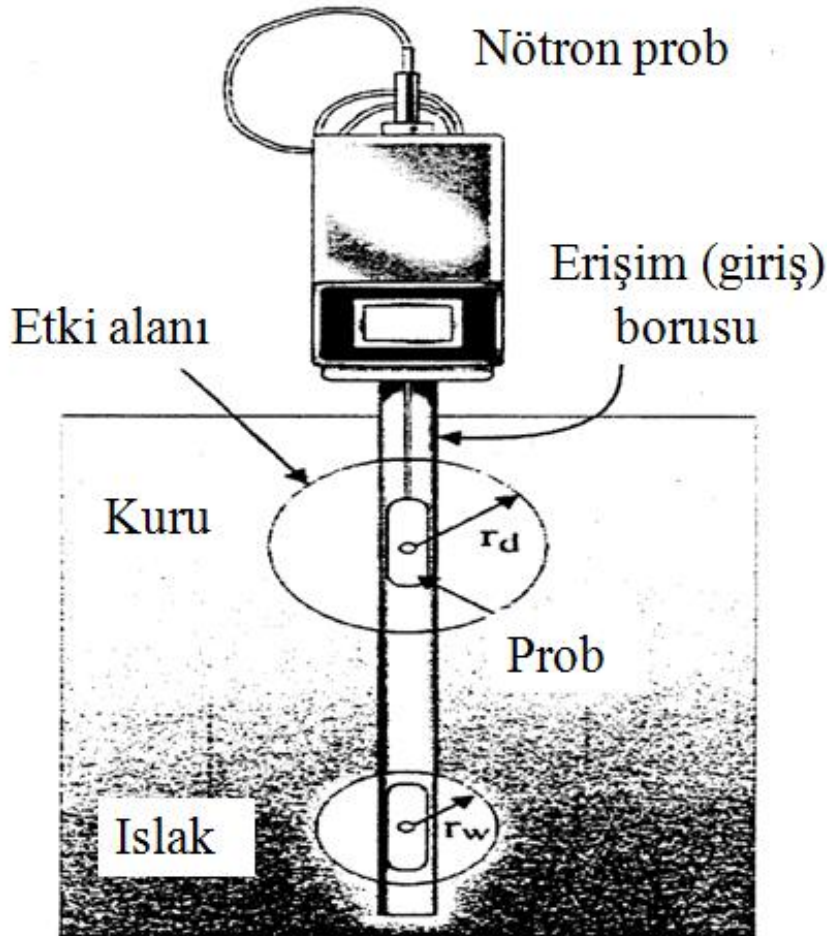
Nötron-prob



Toprak Neminin Ölçülmesi

Nötron-prob

Hızlı nötron kaynağı: radyum + berilyum



Toprak Neminin Ölçülmesi

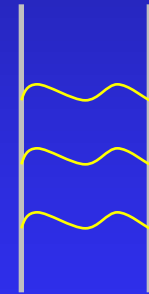
- Dielektrik katsayısı (Yalıtkanlık sabiti)
 - ◆ Bir toprağın yalıtkanlığı toprak nemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir
 - ◆ Zaman ayarlı yansımaya ölçümü [Time domain reflectometry (TDR)] (θ_v)
 - ◆ Frekans bazlı yansımaya ölçümü [Frequency domain reflectometry (FDR)] (θ_v)
 - ◆ Öncelikli olarak araştırma amaçlı kullanılmaktadırlar

Toprak Neminin Ölçülmesi

TDR (Dalga yayılım zamanı)



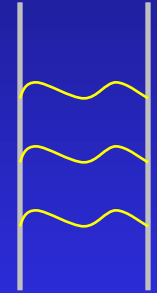
Taşıma (iletim) hattı boyunca elektrik dalgalarının yayılım zamanının belirlenmesi



10 – 30 cm uzunluğunda iki metal çubuk (iletim hattı)

Toprak Neminin Ölçülmesi

TDR (Dalga yayılım zamanı)



Toprak Neminin Ölçülmesi

FDR (Dalga yansıma sıklığı)



Dalga yayıcı
dişler

Elektromanyetik dalgaların üretilmesi ve dişler aracılığı ile toprakta yayılması ve bu dalgaların toprak tarafından tekrar dişlere yansıtılma sıklığının değerlendirilmesi esasına göre çalışmaktadır.

Toprak Neminin Ölçülmesi

Tansiyometreler



Toprak nemi azaldığında, toprak tansiyometreden su almaya başlar; tansiyometredeki su yüksekliğinde veya hidrostatik basıncınca düşme meydana gelir. Bu basınç bir manometre ile ölçülür.

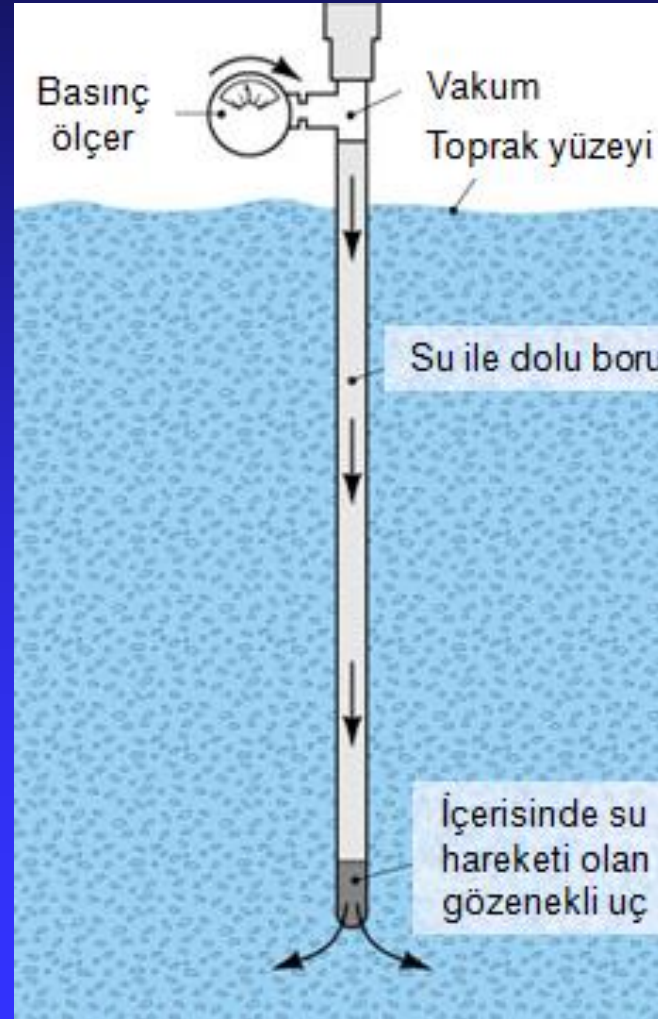
Toprak Su Potansiyelinin Ölçülmesi (Tansiyometreler)



1 bar = 10,19716213 metre su basıncı
1 atm=1kg/cm² =1,01325 bar

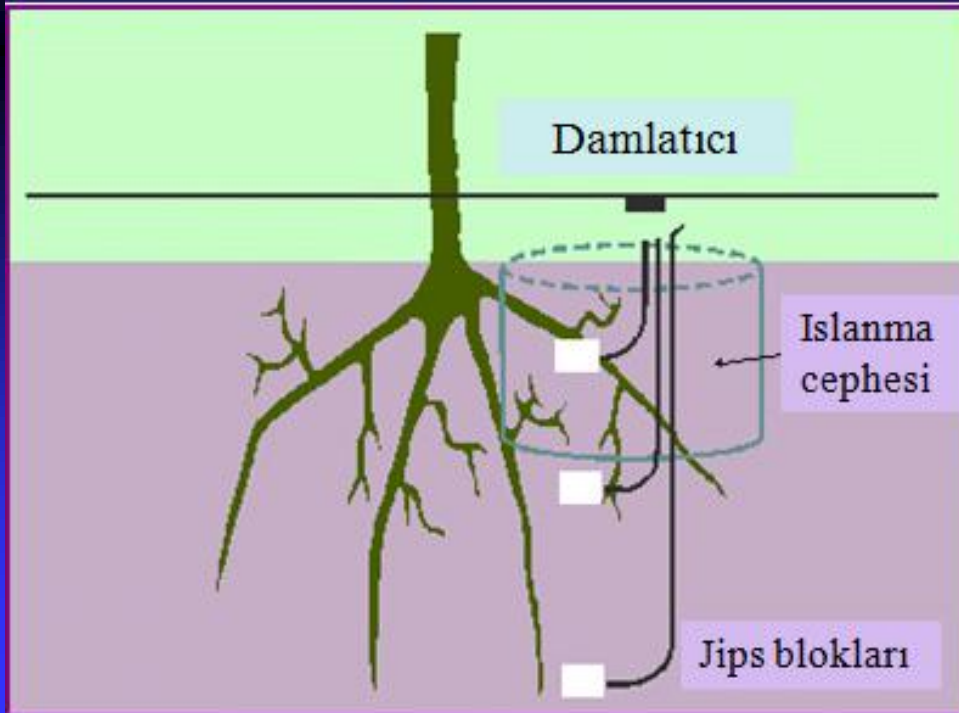
Toprak Neminin Ölçülmesi

Tansiyometreler



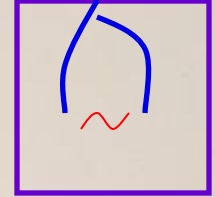
Toprak Neminin Ölçülmesi

Elektriksel Direnç Blokları



Toprağa yerleştirilmiş ve toprak nemi ile dengeye bırakılmış gözenekli ortamların elektriksel direncinin, su miktarına karşı kalibre edilmesi esasına dayanır. Diğer bir deyişle, toprak ne kadar ıslak olursa, toprağa yerleştirilen elektrotlar (jips blokları) arasında o kadar az direnç ortaya çıkacaktır.

Elektriksel Direnç Yöntemleri



Jips Blokları

