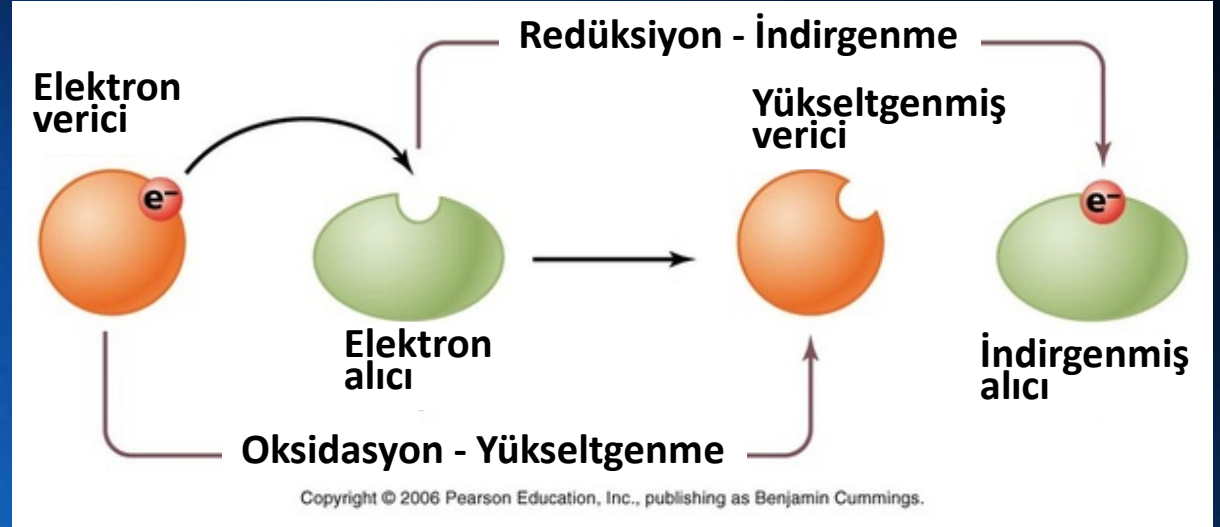
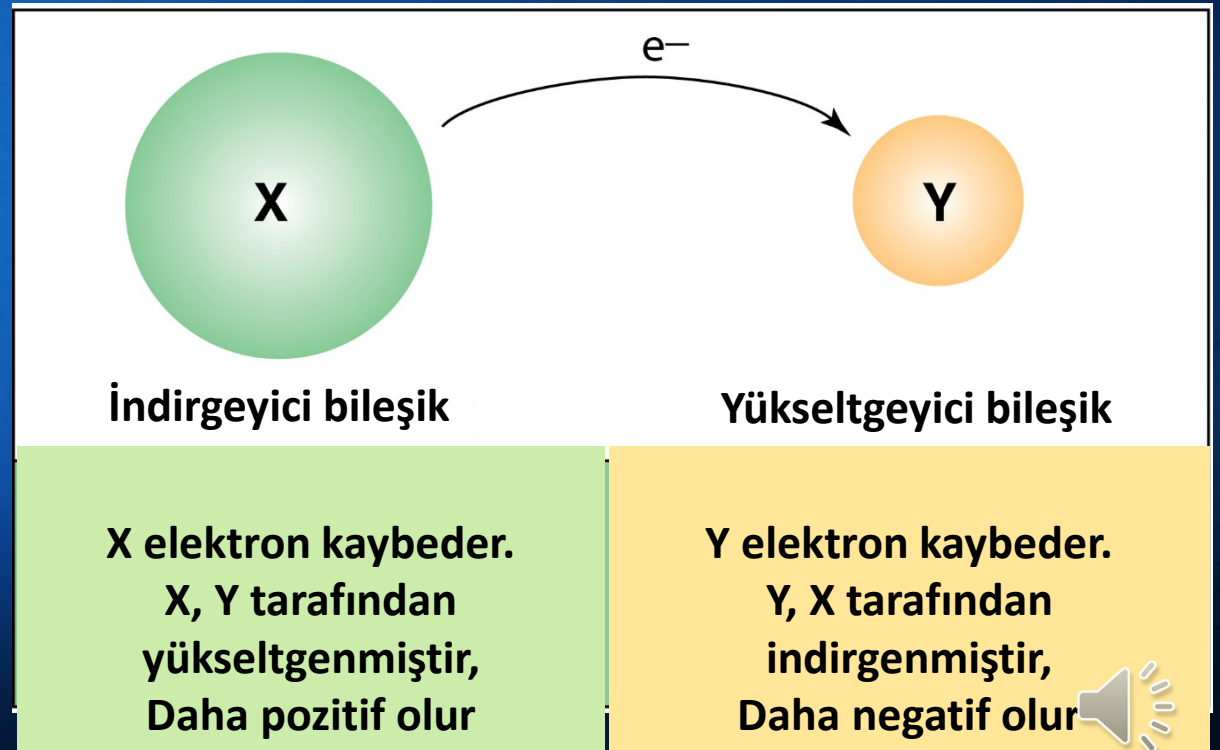


Redoks Süreçleri



Kaynak Kitap:
Geochemistry,
Groundwater
And Pollution
Second Edition,
C.A.J. Appelo &
D. Postma



Konu İçeriđi

- İndirgenme - Yükseltgenme nedir?
- Redoks reaksiyonlarının özellikleri nelerdir?
- Redoksa yatkın elementler hangileridir?
- Bakteriler redoks reaksiyonlarında neden önemlidir?
- Redoks yarı reaksiyonu nedir?
- Redoks potansiyeli (Eh) nedir, Eh-pe dönüşümü nedir?
- Eh nasıl ölçülür ve hesaplanır?
- Eh-pH diyagramı nedir, ne işe yarar?
- Eh-pH diyagramında suyun duraylılık bölgesi nasıldır?
- Sucul ortamda Berner redoks zonları nelerdir?
- Denitrifikasyon, nitrifikasyon, sülfat indirgenmesi, metanojenez nedir?
- Oksik, anoksik, anoksizma, aerob, anaerob terimlerinin anlamları?
- Asit kaya/maden drenajı nedir, neden olur, sonuçları nasıl kontrol edilir?
- Redoks reaksiyonlarının günlük yaşamımızdaki yeri?



Bazı terimler

Redoks

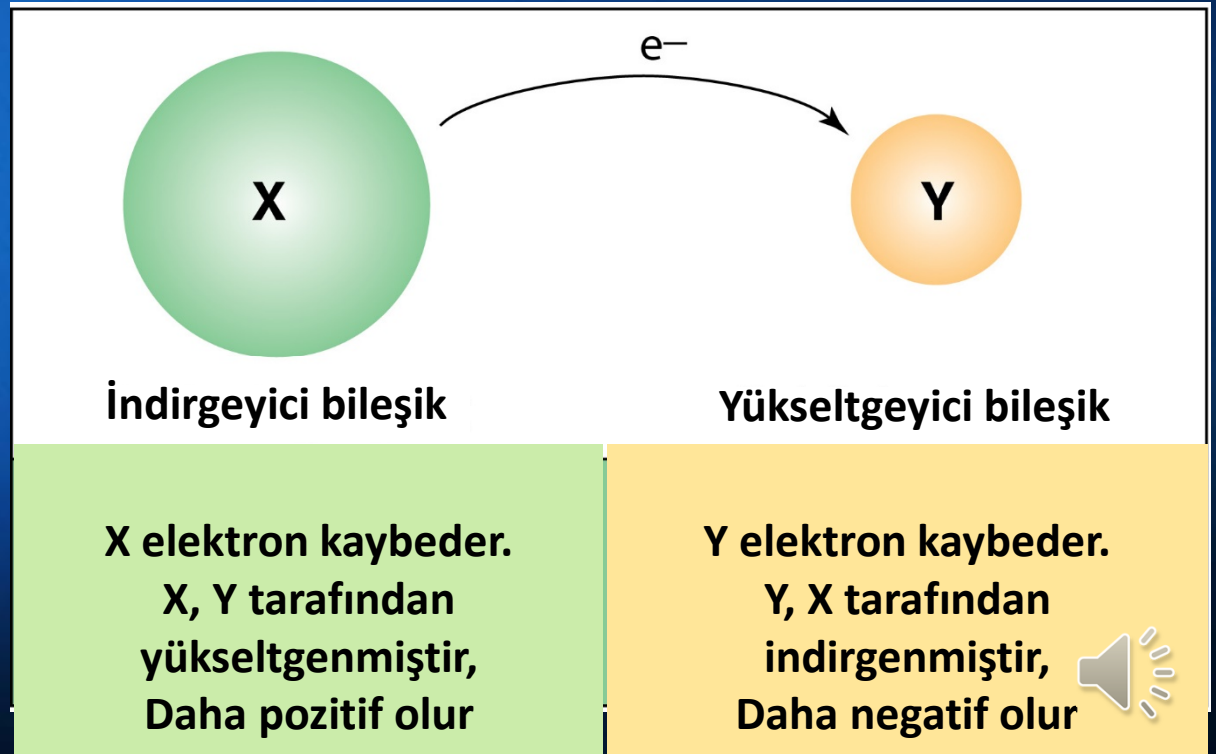
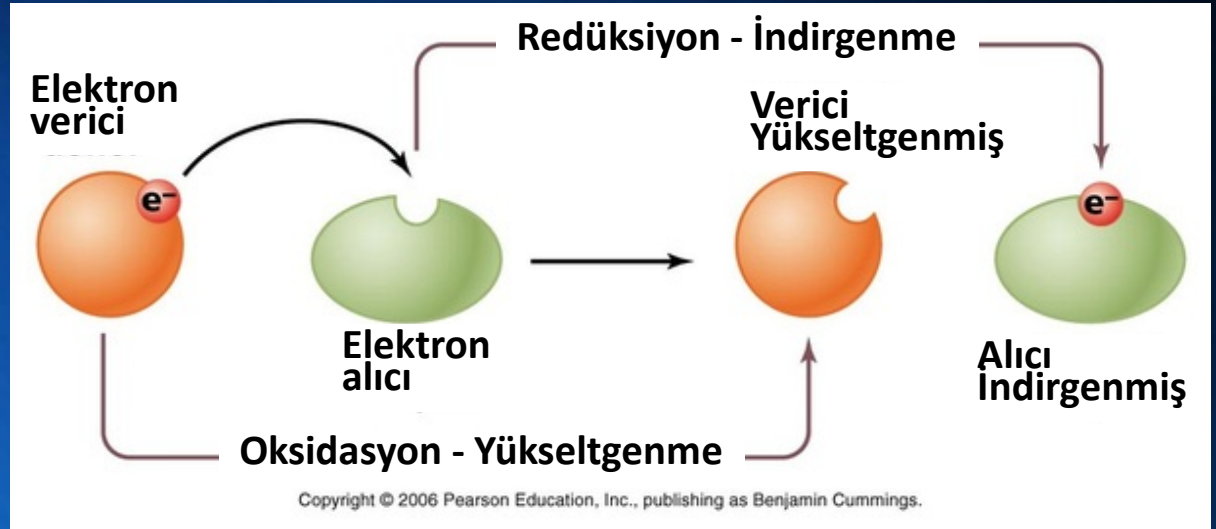
İng. Red Ox

Reduction – Oxidation

İndirgenme – Yükseltgenme

Redoks reaksiyonları
elektron transfer
reaksiyonlarıdır!

Elektronlar serbest halde
bulunamazlar, mutlaka
bir kimyasala bağlıdırlar!



Hangi Elementler Redoks'a Daha Eğilimli?

Railsback's *Some Fundamentals of Mineralogy and Geochemistry*

A periodic table of redox behavior

Atoms with **positive** charge (i.e. those with more electrons than protons) are chemically **oxidized** relative to their elemental condition.

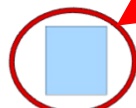
Atoms with **negative** charge (i.e. those with more electrons than protons) are chemically **reduced** relative to their elemental condition.

	H																	He
He	Li	Be																Ne
Ne	Na	Mg																Ar
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Xe	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U												



Elements that exist in nature in just one **positively** charged state

For example, K^+ and Ca^{2+} .



Elements that exist in nature in more than one **positively** charged state

For example, Mo^{6+} , Mo^{4+} , & Mo^{2+} .



Elements that exist in nature in elemental (uncharged) form and in at least one **positively** charged state

For example, Fe^{3+} , Fe^{2+} , & Fe .



Elements that exist in nature in states ranging from **positively** charged to **negatively** charged

For example, S^{6+} to S^{2-} .



Elements that exist in nature in elemental (uncharged) form and in at least one **negatively** charged state

For example, O_2 to O^{2-} .



Elements that exist in nature in just one **negatively** charged state

For example, F^- and Cl^- .



Elements that exist in nature in no charged state at all (the noble gases)

Elements with ~~no redox chemistry in nature~~

Elements with at least some redox chemistry in nature

(and thus with multiple forms that can't be shown on a one-cell-per-element table like this one, but shown in their multiple forms on the Earth Scientist's Periodic Table of the Elements and Their Ions)

Elements with ~~no redox chemistry in nature~~

Redoks Reaksiyonları ve Bakteriler

Uçan balon örneği

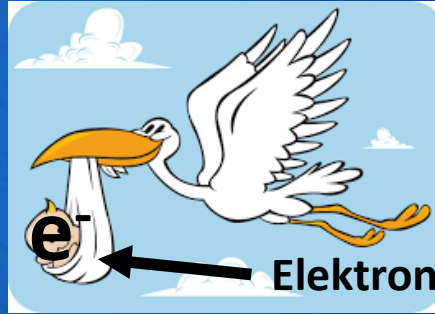
İndirgenen tür



Elektron transferi için türlerin/balonların birbirine yeterince yaklaşması gerekir. Bu koşul redoks reaksiyonlarının oldukça yavaş gerçekleşmesine neden olur!



Elektron taşıyıcı



Bakteriler türler/balonlar arasında elektron taşıyarak redoks reaksiyonlarının hızlanmasına (katalizlenmesine) neden olurlar.

Katalizör: reaksiyona girmeyen ama reaksiyonu hızlandıran unsur.



Yükseltgenen tür

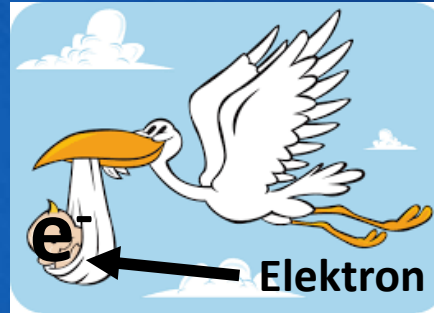


Redoks Reaksiyonları ve Bakteriler

İndirgenen tür



Burada elektronu kum torbası gibi düşünebiliriz. Elektron serbest halde bulunmaz, mutlaka bir balondadır! Kum torbasını alan balon ağırlaşır, alçalır = indirgenir, kum torbasını veren balon hafifler, yükselir = yükseltgenir.



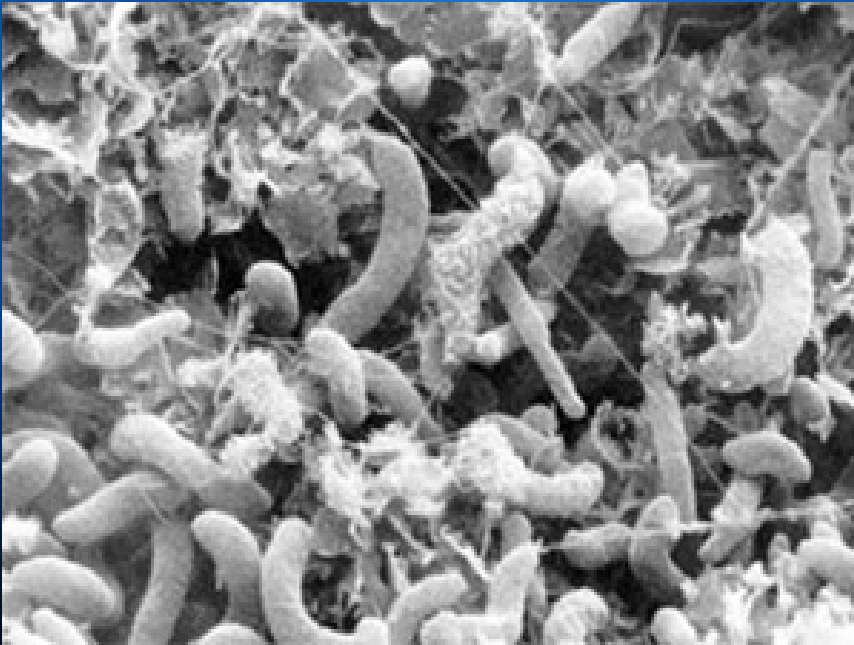
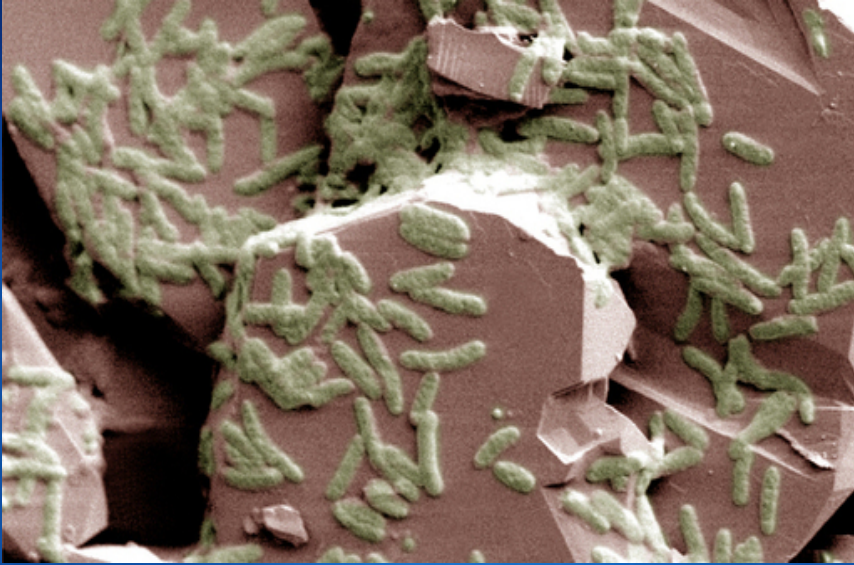
Karşı tarafı indirgeyene indirgen (indirgeyici), Karşı tarafı yükseltene yükseltgen (yükseltgeyici) denir. Enzimler (burada kuşla temsil edilen bakteriler) balonlar arasında elektronların daha hızlı ve yoğun taşınmasını sağlar.



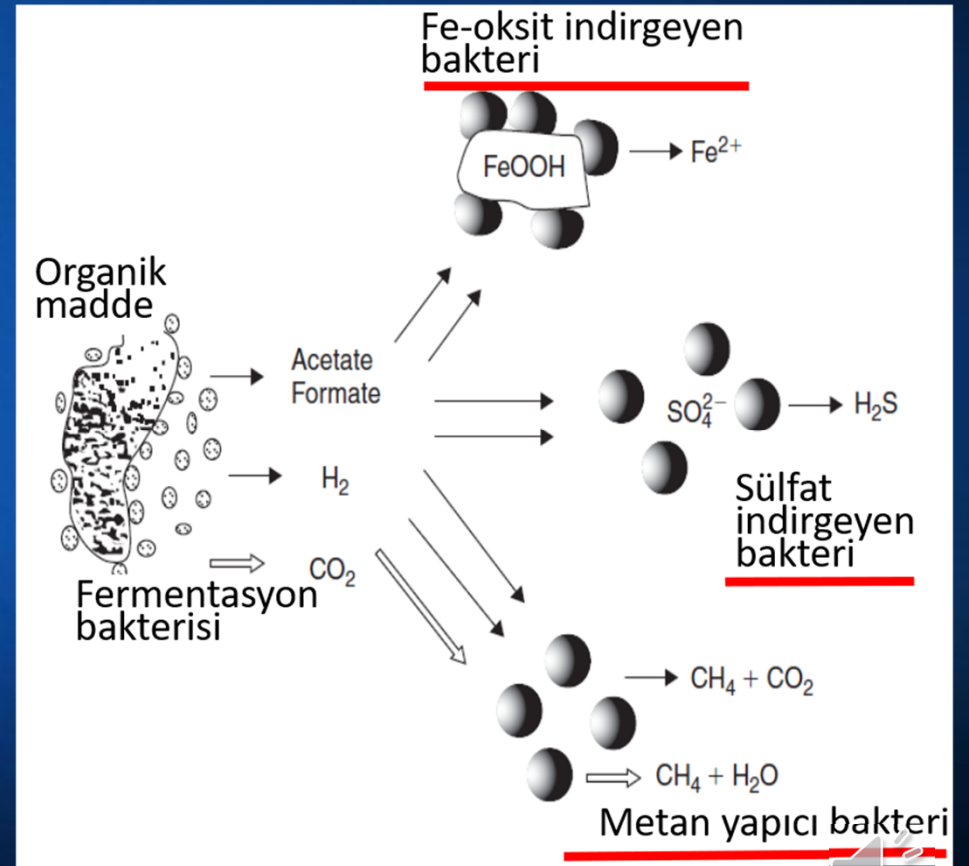
Yükseltgenen tür



İndirgenme reaksiyonlarında katalizör olarak bakteriler



Bakterilerin elektron taşımalarının nedeni sindirim sistemlerindeki indirgenme reaksiyonları için elektrona ihtiyaç duymalarıdır. İşleri bitince bu elektronu almak isteyene geri verirler.



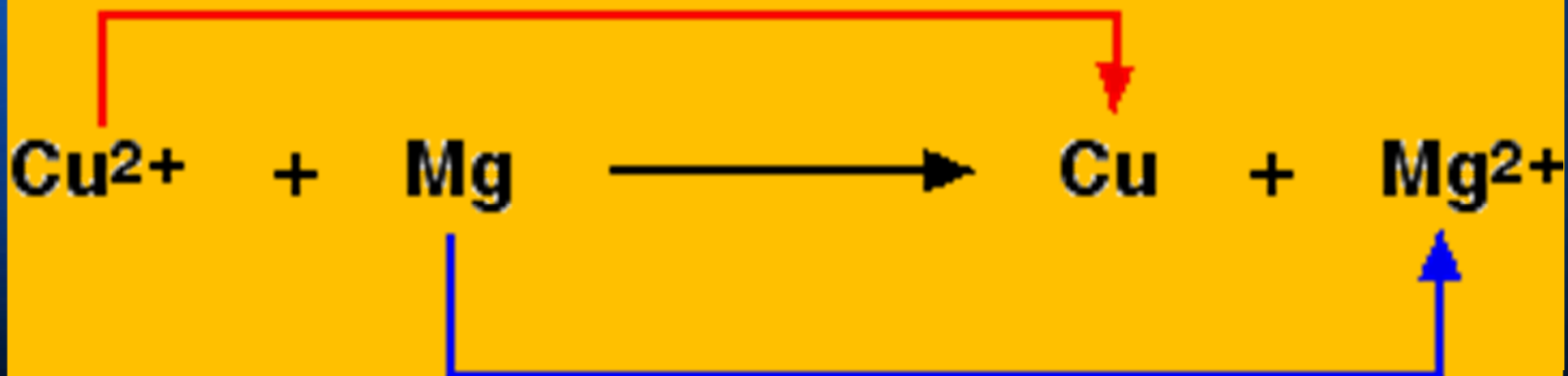
Redoks yarı reaksiyonları

Bir redoks reaksiyonu iki adet redoks yarı-reaksiyonundan oluşur. Bunlardan ilk yarı-reaksiyonda alıcıya elektron verilir. Çözelti ortamında elektronlar serbest halde bulunamayacaklarından diğer yarı-reaksiyonda bu elektron alınır.

Uçan balon benzeşiminden hareketle; elektron veren tür –hafifler- yükseltgenir, alan –ağırlaşır- tür indirgenir. Elektron vererek diğer türün indirgenmesine neden olan türe indirgeyici, bu elektronu alarak diğer türün yükseltgenmesine neden olan türe yükseltgeyici denir.



Elektron KAZANIMI nedeniyle İNDİRGENME



Elektron KAYBI nedeniyle YÜKSELTGENME



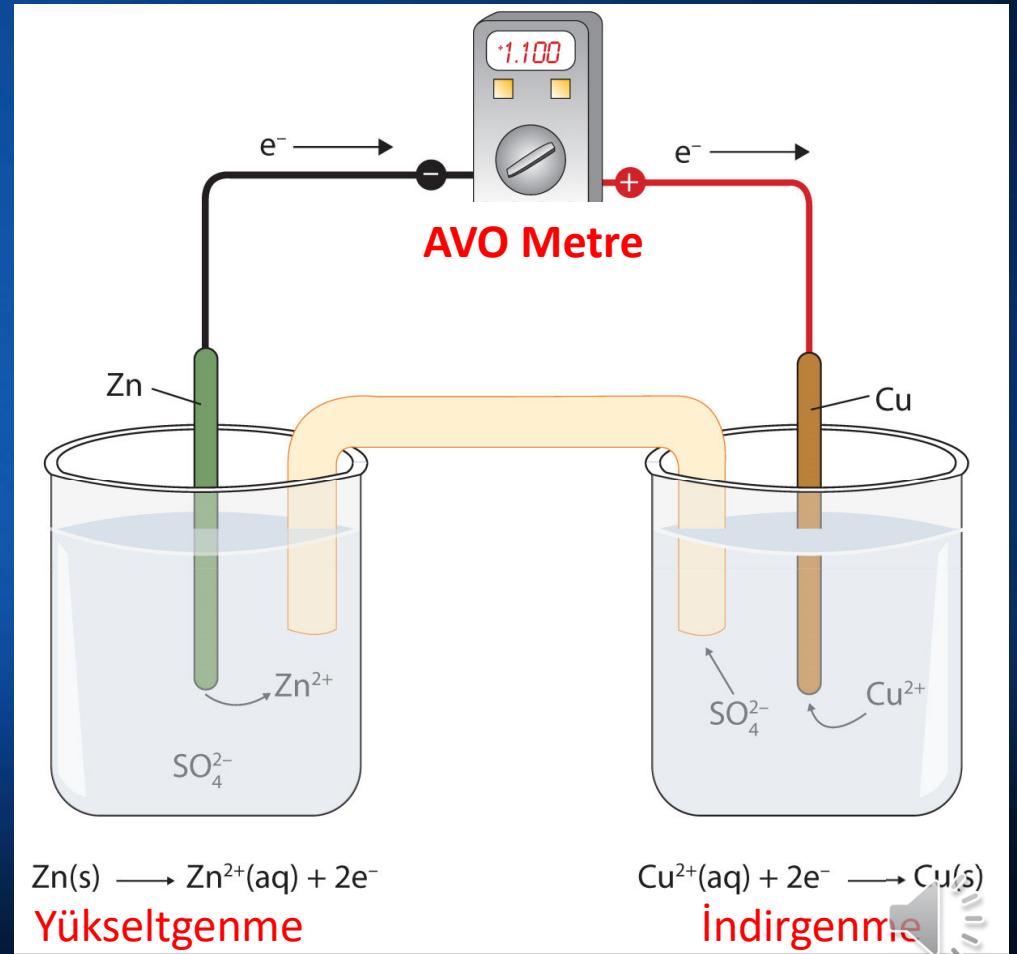
Elektron taşınımı (akısı) = Elektrik akımı

1 amper = 1 **coulomb** ($\sim 6.241 \times 10^{18} e^-$ / saniye)

Redoks reaksiyonlarındaki elektron taşınımı elektrik akımına neden olur. Redoks türleri arasındaki voltaj/gerilim farkı, “Redoks potansiyeli” olarak anılır. Redoks potansiyeli’ne Yükseltgenme-İndirgenme Potansiyeli de denir. Eh ile gösterilir, birimi Volt’tur.

Eh değeri **+** ise ortam Yükseltgendir.
Eh = + 10 ile +500 millivolt aralığındadır.
Ortam çözünmüş oksijen içerir.

Eh değeri **-** ise ortam İndirgendir.
Eh = -10 ile -500 millivolt aralığındadır.
Ortam çözünmüş oksijen içermez.



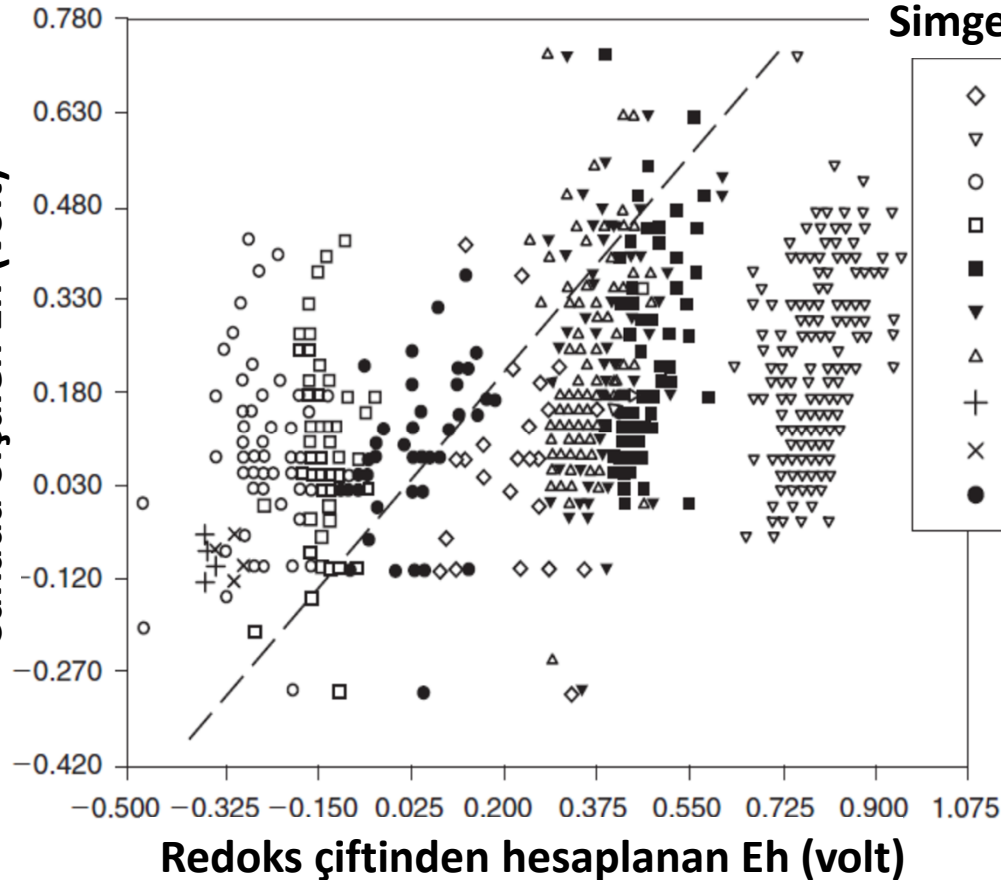
Redoks Potansiyeli (Eh) Ölçümleri

Eh sahada ya da laboratuvarda ölçülebilir. Fakat, elektrod teknolojisindeki yetersizlikler ve redoks reaksiyonlarının yavaşlığından dolayı Eh ölçümleri +/- 200 millivolt'a ulaşan hatalar içerir. Bu nedenle saha ölçümlerinde ölçülen değerden çok değerın işareti (+ yükseltgen ortam ya da - indirgen ortam) dikkate alınır.

Doğru Eh değerleri çözeltide mevcut redoks çiftlerinin (yarı-reaksiyon çiftlerinin) derişimleri üzerinden hesaplanabilir.



Sahada ölçülen Eh (volt)



Simge Redoks çifti

- ◇ $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$
- ▽ $\text{O}_2(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}$
- $\text{HS}^-/\text{SO}_4^{2-}$
- $\text{HS}^-/\text{S}_{\text{rhombic}}$
- $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$
- ▼ $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$
- △ $\text{NH}_4^+/\text{NO}_2^-$
- +
- × $\text{CH}_4(\text{aq})/\text{HCO}_3^-$
- × $\text{NH}_4^+/\text{N}_2(\text{aq})$
- $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$

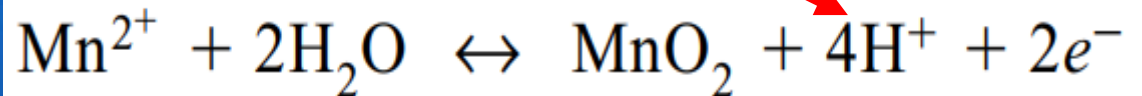
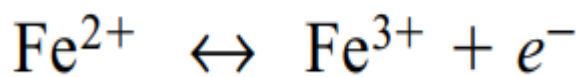


Redoks yarı ve tam reaksiyonlarında Eh değeri



Fe²⁺ ile Mn⁴⁺ arasındaki elektron transferini içeren bu reaksiyonda MnO₂'deki Mn (4+)’ü Mn (2+)’ye indirgemek için Fe (2+)’den iki elektron transfer edilir. Fe(2+) indirgeyici görevi görür ve Mn(4+)’ü Mn (2+)’e indirger. MnO₂ yükseltgeyici görevi görür Fe(2+) Fe(3+)’e yükseltgenir. Diğer bir deyişle, Fe(2+) elektron vericisi, Mn (4+) ise elektron alıcısıdır. Bu eşitlikte olduğu gibi redoks reaksiyonları çözelti pH’ına önemli ölçüde etkirler.

O²⁻
H¹⁺
Fe²⁺
Fe³⁺
Mn²⁺
Mn⁴⁺
N⁵⁺
N³⁺
S⁻
S²⁻
Cu³⁺
Cr³⁺
Cr⁶⁺



Redoks yarı reaksiyonu

E° (Volt)



+0.77



+1.23

$$E^0 = 0.77 - 1.23 = -0.46 \text{ Volt.}$$



Bazı redoks yarı reaksiyonlarının Standart potansiyel (E^0) değerleri

E^0 tüm türlerin 25°C, 1atm'de birim aktiviteye sahip oldukları koşuldaki redoks potansiyeli. (Gr^0 , serbest enerji tanımında olduğu gibi).

Table 9.2. Standard potentials for a few reactions at 25°C, 1 atm.

Reaction	E^0 , Volt
$Fe(s) \leftrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	-0.44
$Cr^{2+} \leftrightarrow Cr^{3+} + e^-$	-0.41
$H_2 \leftrightarrow 2H^+ + 2e^-$	0.00
$Cu^+ \leftrightarrow Cu^{2+} + e^-$	+0.16
$S^{2-} + 4H_2O \leftrightarrow SO_4^{2-} + 8H^+ + 8e^-$	+0.16
$As(s) + 3H_2O \leftrightarrow H_3AsO_{3(aq)} + 3H^+ + 3e^-$	+0.25
$Cu(s) \leftrightarrow Cu^+ + e^-$	+0.52
$H_3AsO_{3(aq)} + H_2O \leftrightarrow H_3AsO_{4(aq)} + 2H^+ + 2e^-$	+0.56
$Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+} + e^-$	+0.77
$Fe^{2+} + 3H_2O \leftrightarrow Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^-$	+0.98
$2H_2O \leftrightarrow O_{2(g)} + 4H^+ + 4e^-$	+1.23
$Mn^{2+} + 2H_2O \leftrightarrow MnO_2 + 4H^+ + 2e^-$	+1.23

İndirgeyicilik artar

Oksitleyicilik artar



Termodinamik Açıdan REDOKS Yarı Reaksiyonu

Terimler / Değişkenler:

E^o: Standart potansiyel (Volt)

R: Evrensel gaz sabiti (8.314E-3 kJ/°K/mol)

T: mutlak sıcaklık (°K)

n: transfer edilen elektron sayısı

F: Faraday sabiti (96.4 kJ/Volt_gram)

$$E = E^o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[D_{\text{ox}}]^d [G_{\text{red}}]^g}{[B_{\text{red}}]^b [C_{\text{ox}}]^c}$$

Redoks reaksiyonu



Redoks yarı reaksiyonu



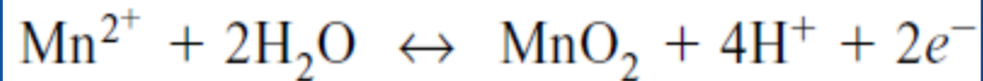
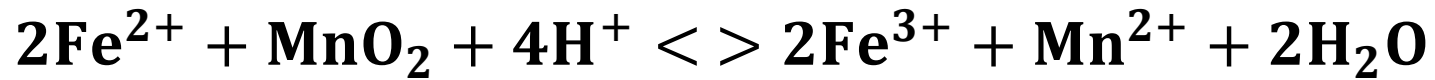
**Redoks
yarı reaksiyonunun
Redoks potansiyeli, E_h= ?**

$$\begin{aligned} E_h &= E^0 + \frac{RT}{1F} \ln \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} \\ &= 0.77 + \frac{(8.314 \times 10^{-3})(298.15)(2.303)}{96.42} \log \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} \\ &= 0.77 + 0.059 \log \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} \end{aligned}$$

Nernst Eşitliği



Termodinamik Açıdan REDOKS Yarı Reaksiyonu

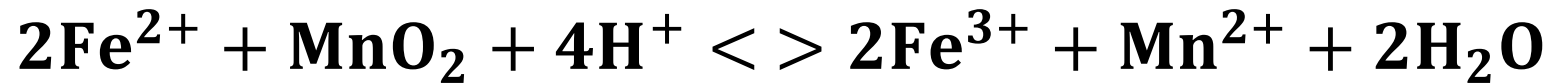


$$\begin{aligned} Eh &= E^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[\text{H}^+]^4}{[\text{Mn}^{2+}]} \\ &= 1.23 + \frac{(8.314 \times 10^{-3})(298.15)(2.303)}{2 \times 96.42} \log \frac{[\text{H}^+]^4}{[\text{Mn}^{2+}]} \\ &= 1.23 + 0.03 \log \frac{[\text{H}^+]^4}{[\text{Mn}^{2+}]} \end{aligned}$$

Birim aktiviteye sahip olduklarından eşitlikte H_2O (çözücü) ve MnO_2 'e (ideal kristal) yer verilmediğine dikkat ediniz !!!



Termodinamik Açıdan REDOKS Tam Reaksiyonu



$$\begin{aligned} E &= E^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[\text{Fe}^{3+}]^2 [\text{Mn}^{2+}]}{[\text{Fe}^{2+}]^2 [\text{H}^+]^4} \\ &= -0.46 + 0.03 \log \frac{[\text{Fe}^{3+}]^2 [\text{Mn}^{2+}]}{[\text{Fe}^{2+}]^2 [\text{H}^+]^4} \end{aligned}$$

Birim aktiviteye sahip olduklarından eşitlikte H_2O (çözücü) ve MnO_2 'e (ideal kristal) yer verilmediğine dikkat ediniz !!!

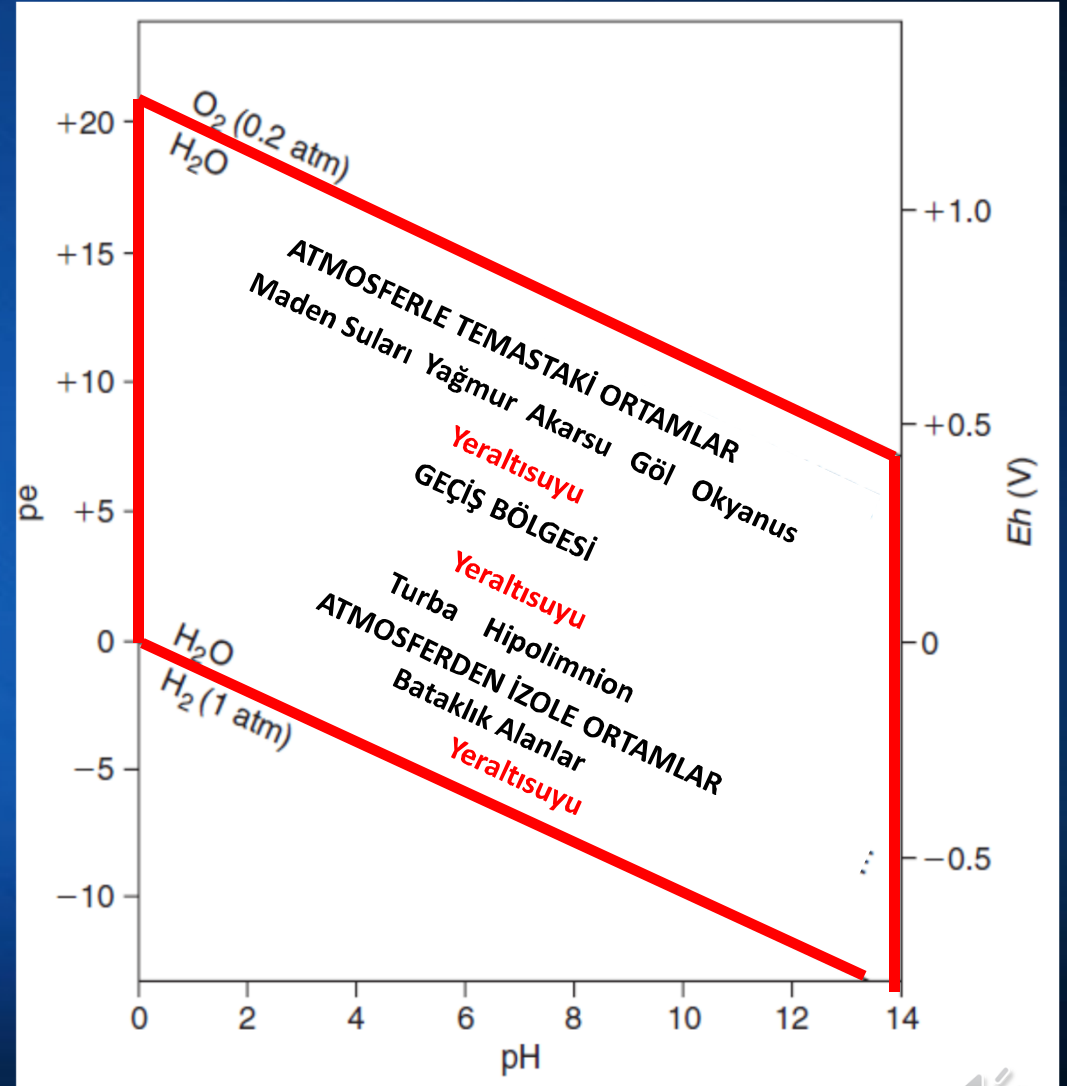


Eh-pH ya da Duraylılık Diyagramları (İng. Stability Diagrams)

Suyun duraylılık bölgesi !!!
Redoks ortamlarında suyun (H_2O) var olabileceği koşulların sınırları vardır . Buna suyun duraylılık bölgesi denir. H_2O bu bölge dışında var olamaz.

Aşırı oksitleyici ortamlarda (artan pozitif Eh, pe değerleri) O_2 gazına parçalanır.

Aşırı indirgeyici ortamlarda (artan negatif Eh, pe değerleri) H_2 gazına parçalanır.



$$pe = -\log[e^-]$$

25°C'de >>>>>>

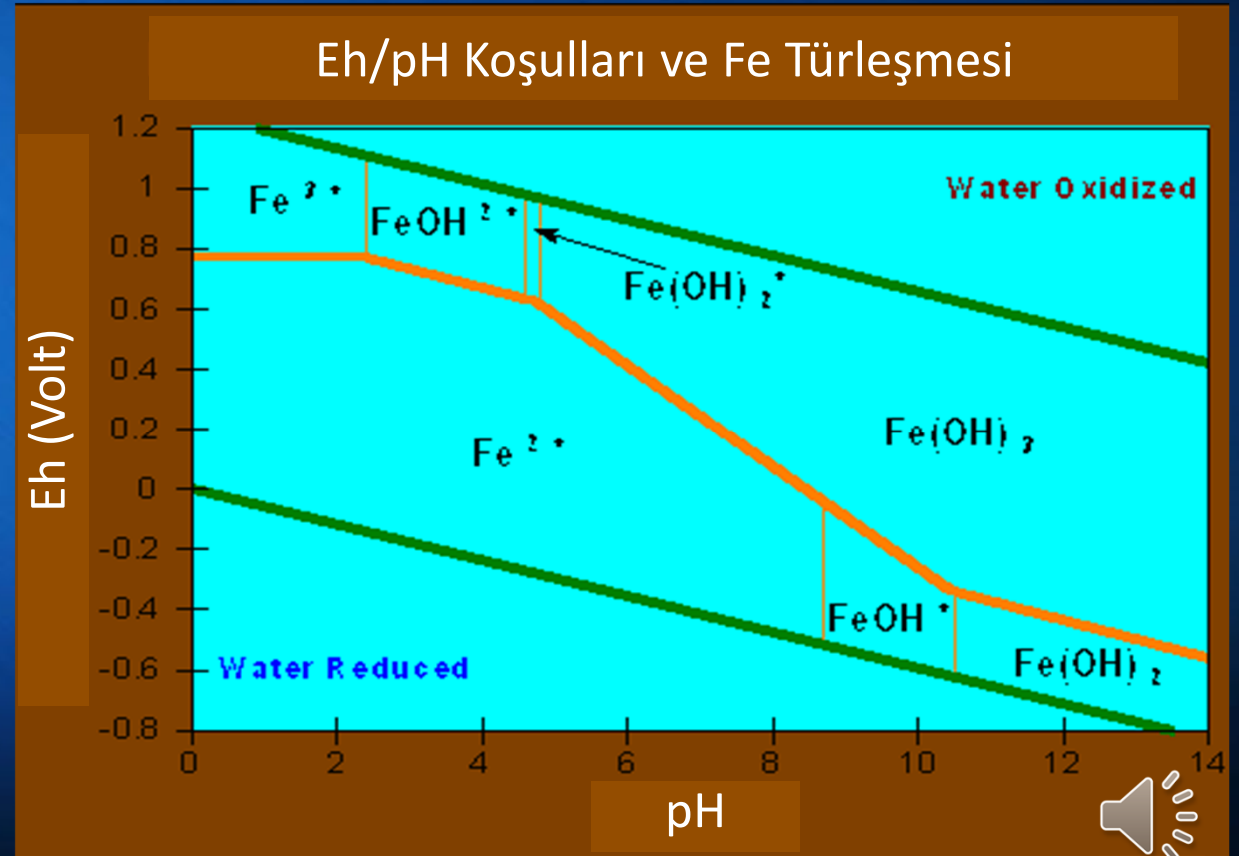
$$Eh = 0.059pe \text{ (Volt)}$$

Eh-pH (Duraylılık) diyagramları

Redoks reaksiyonlarına katılan türlerin belirli pH ve Eh koşullarında mevcut olabilecekleri sınırları tanımlayan diyagramlara Eh-pH, duraylılık ya da stabilite diyagramı denir. Kimyasal türler kendi sınırları içinde duraylıdır. Ortamdaki Eh ve pH değerlerinin çeşitli nedenler ile değişmesi türlerin duraylılık alanlarının da değişmesine neden olur. Bu durumda, bir kimyasal tür yeni koşullarda duraylı olan başka bir kimyasal türe dönüşür.

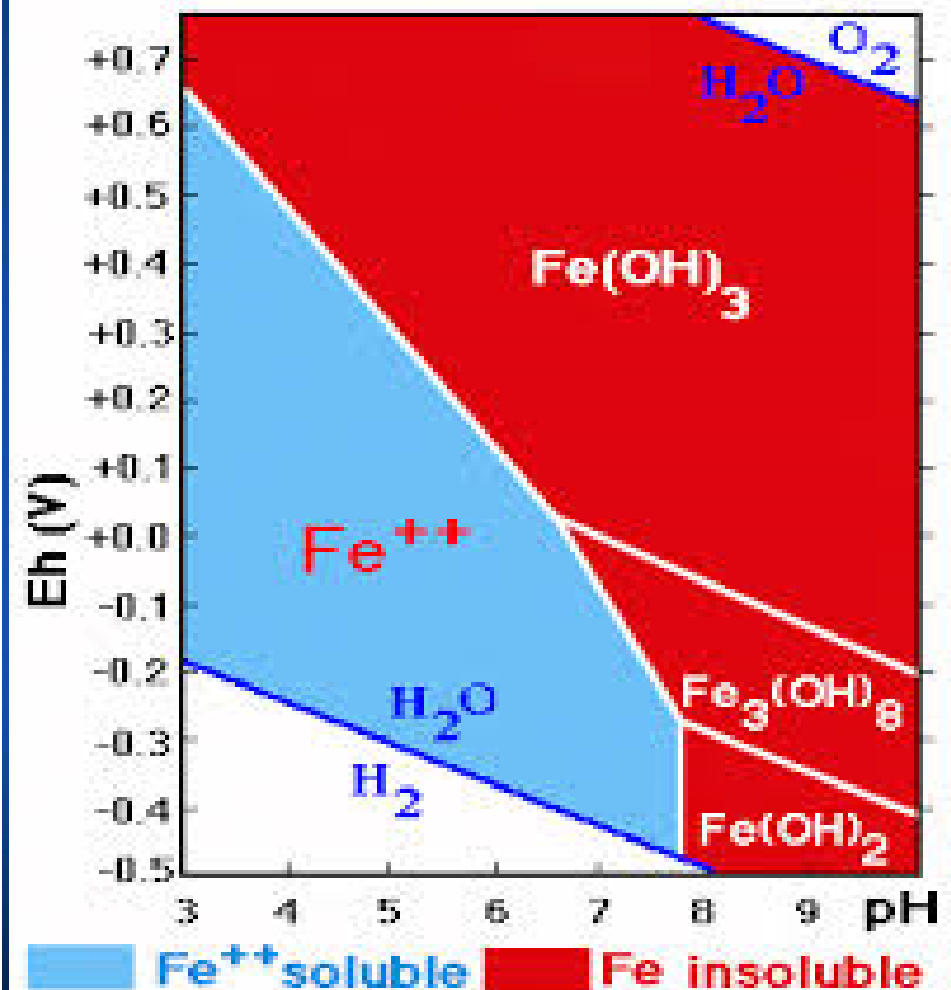
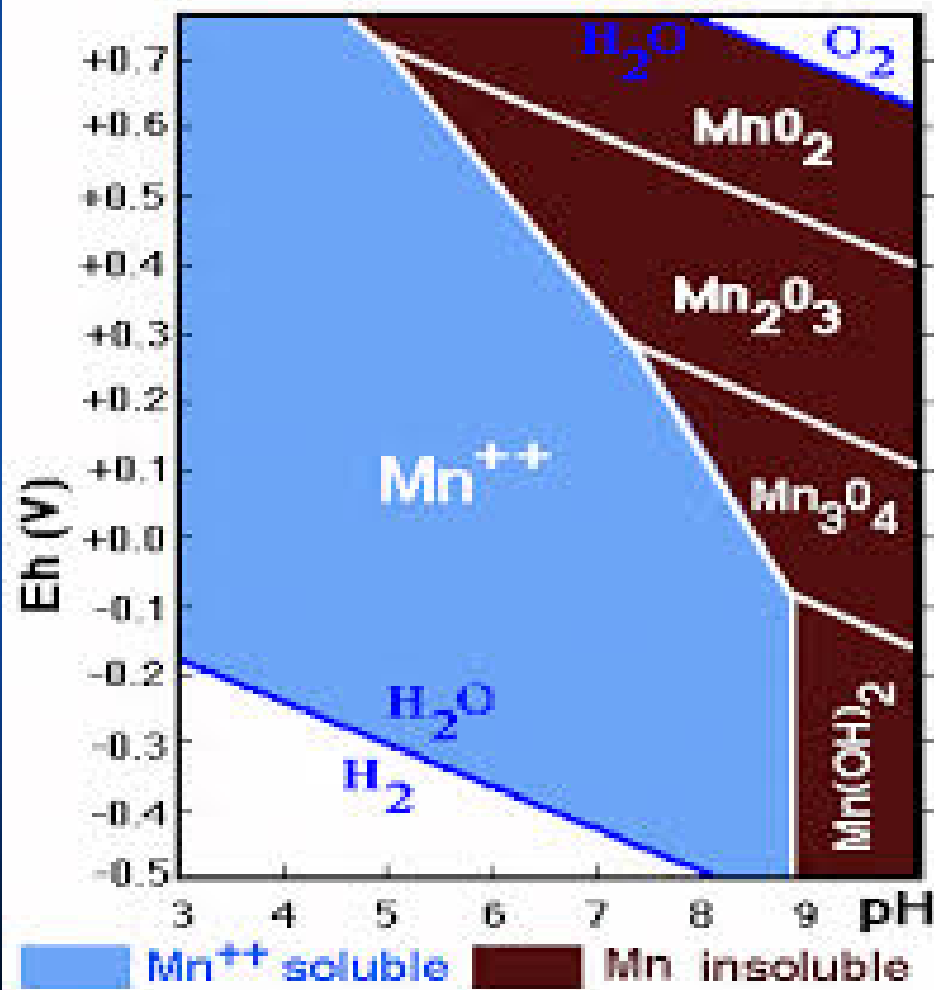
Örneğin,
pH < 2.5, Eh > 0.8 Volt
koşullarında duraylı olan
 Fe^{3+} (ferric demir)

Ortam koşullarının
pH > 2.5, Eh < 0.8 Volt'a
değişmesi durumunda
daha duraylı olan Fe^{2+} ye
(ferröz demir) dönüşür



Eh-pH (Duraylılık) diyagramları

(Insoluble= çözünmez= katı Mn ve Fe O ve OH mineralleri hangi Eh-pH koşullarında varlıklarını koruyabilir/oluşur?)



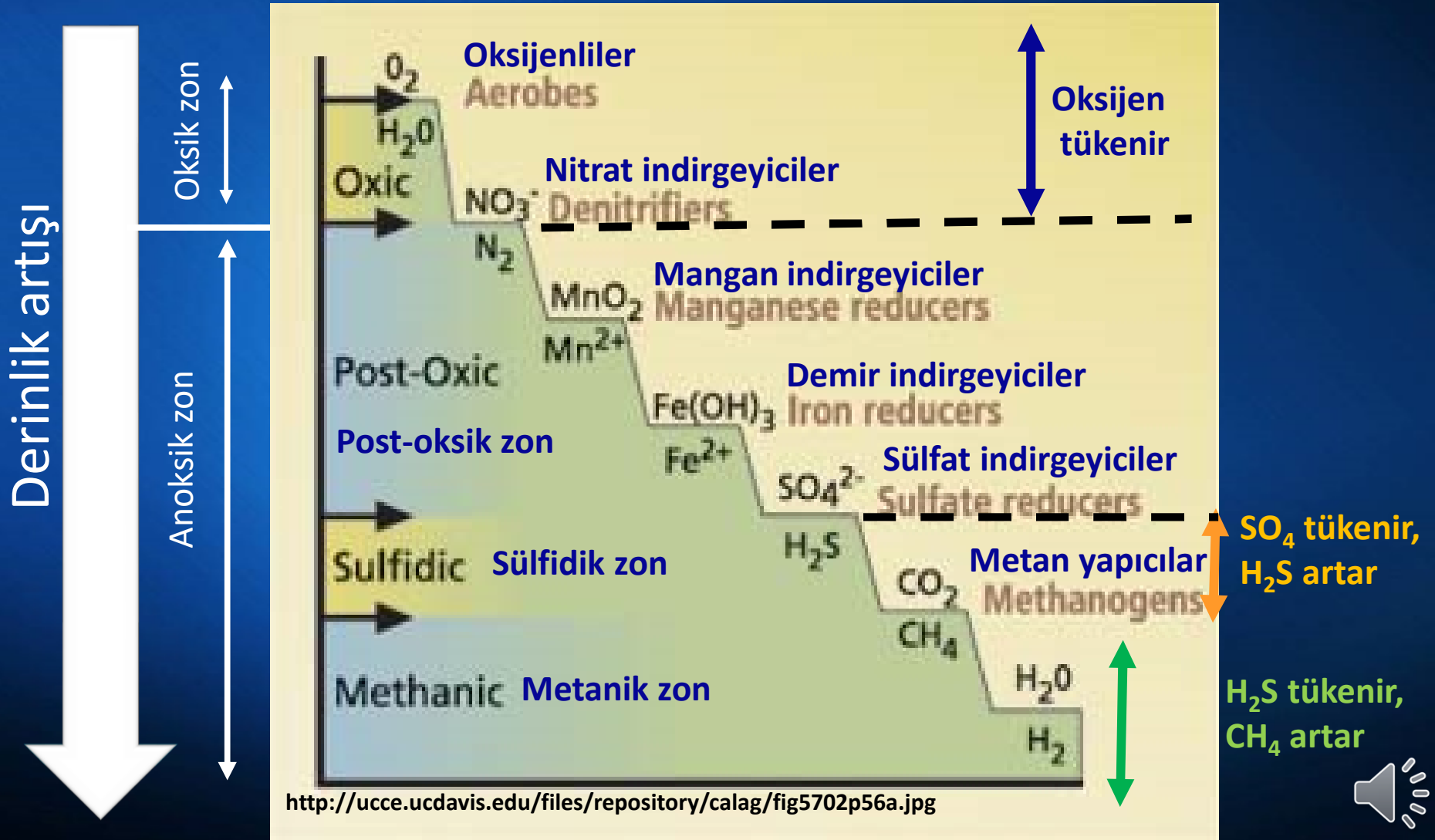
https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:AND9GcQLrpq_ciVTiezgDpnegUD0VvQwdzxQjCoI0pIIfrfNd1zXVWJW

https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:AND9GcTMLEN_EOHUgVC9mmzLARJ6XozOg9_SjAUW-MTyDADQqKuPGscs

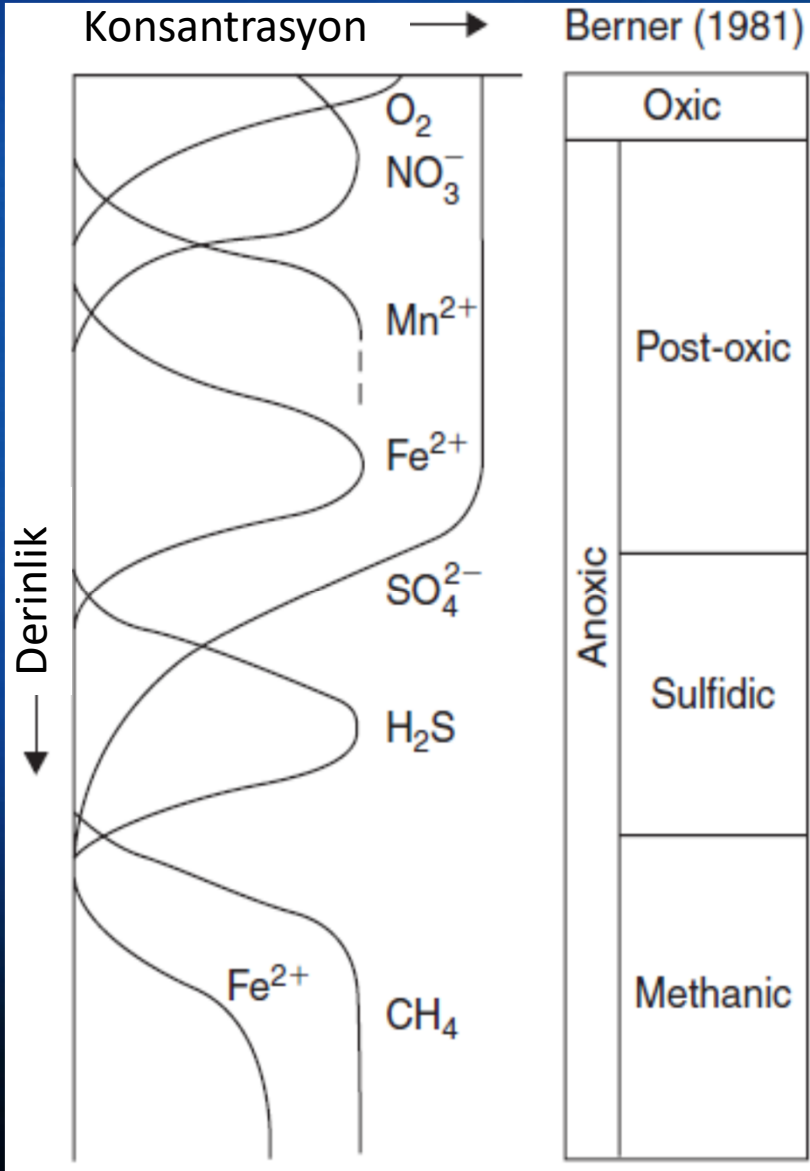


Sucul Ortamda Redoks Zonları

(İndirgenme reaksiyonlarında elektron verme eğilimi sırası)

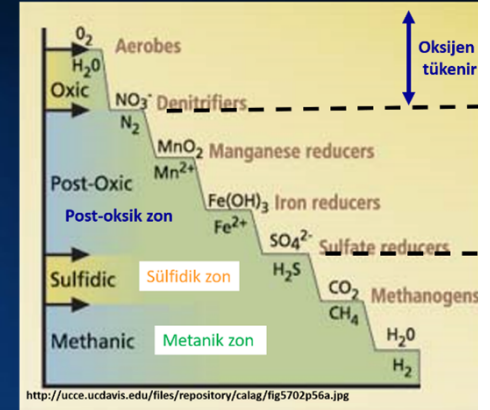
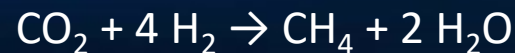


Berner Redoks Zonları Sınıflaması



Biyolojik yaşam desteği sona erince organik moleküller parçalanmaya başlar. Bu sindirim (indirgenme) sürecidir.

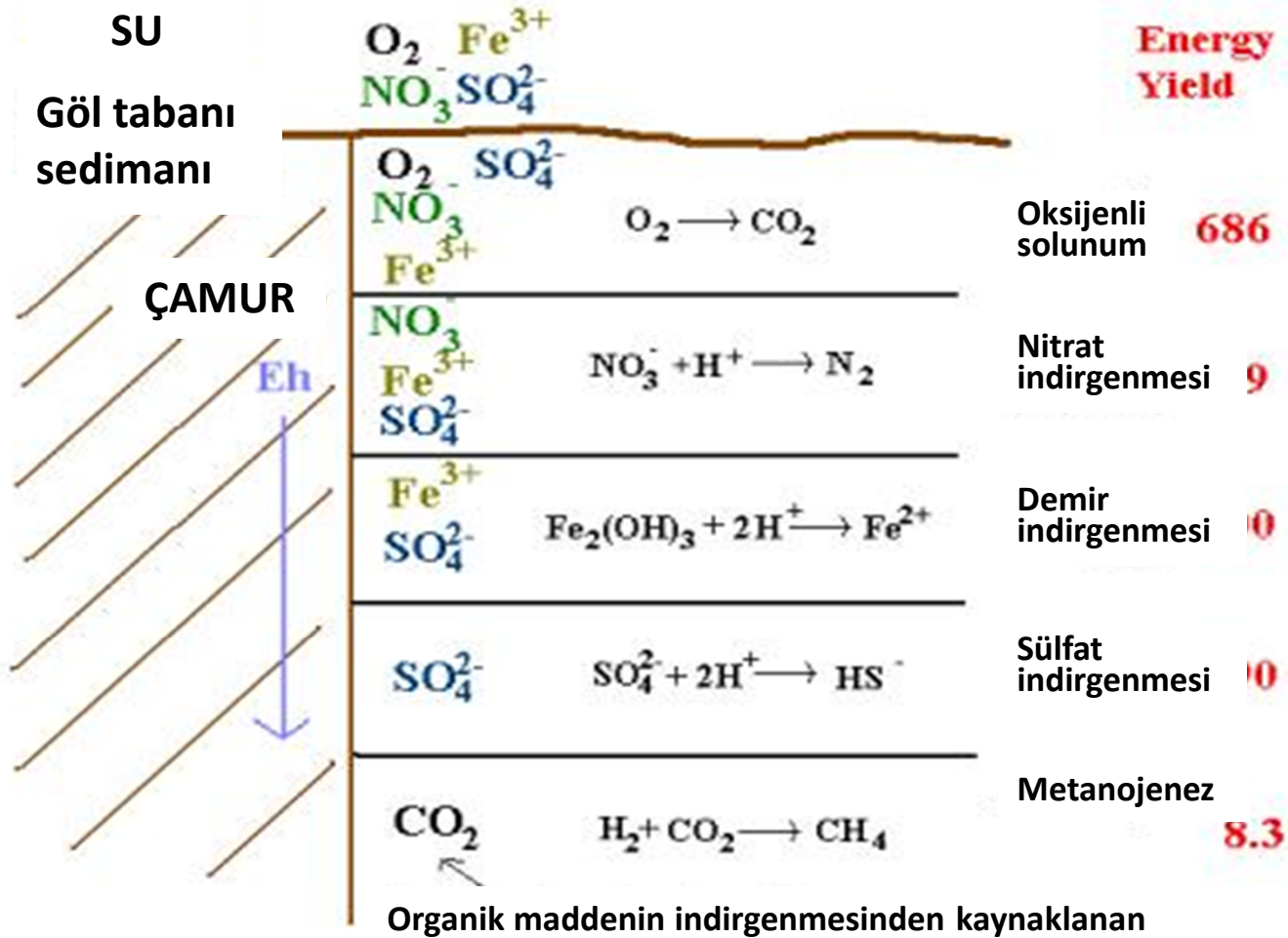
Organik maddenin parçalanması (indirgenmesi) için elektron gerekir. Elektron bağışçısı içinde (İng. electron donors) ilk sırada oksijen (O₂) yer alır. Elektron verildikçe bağışçı miktarı tükenir ve sıradaki bağışçı elektron verir. Bu nitrat (NO₃⁻). Tüm nitrat elektron verip tükendikçe elektron bağışçısı olarak sıra Mn-oksit ve sonra Fe-oksit minerallerine gelir. Bunlar elektron verip çözüldükçe su da mangan (Mn²⁺) ve demir (Fe²⁺) derişimi artar. Bu mineraller tükenince elektron bağışlayıcısı olarak sıra sülfata (SO₄²⁻) gelir. Bu aşamada sülfat indirgenerek hidrojen sülfür (H₂S) gazı oluşumuna neden olur. Sülfat tükenince elektron bağışçısı olarak ortamda hidrojen (H₂) kalır. Elektron alıcısı karbondioksittir (CO₂), metan (CH₄) gazı oluşur.



Berner Redoks Zonları Sınıflaması

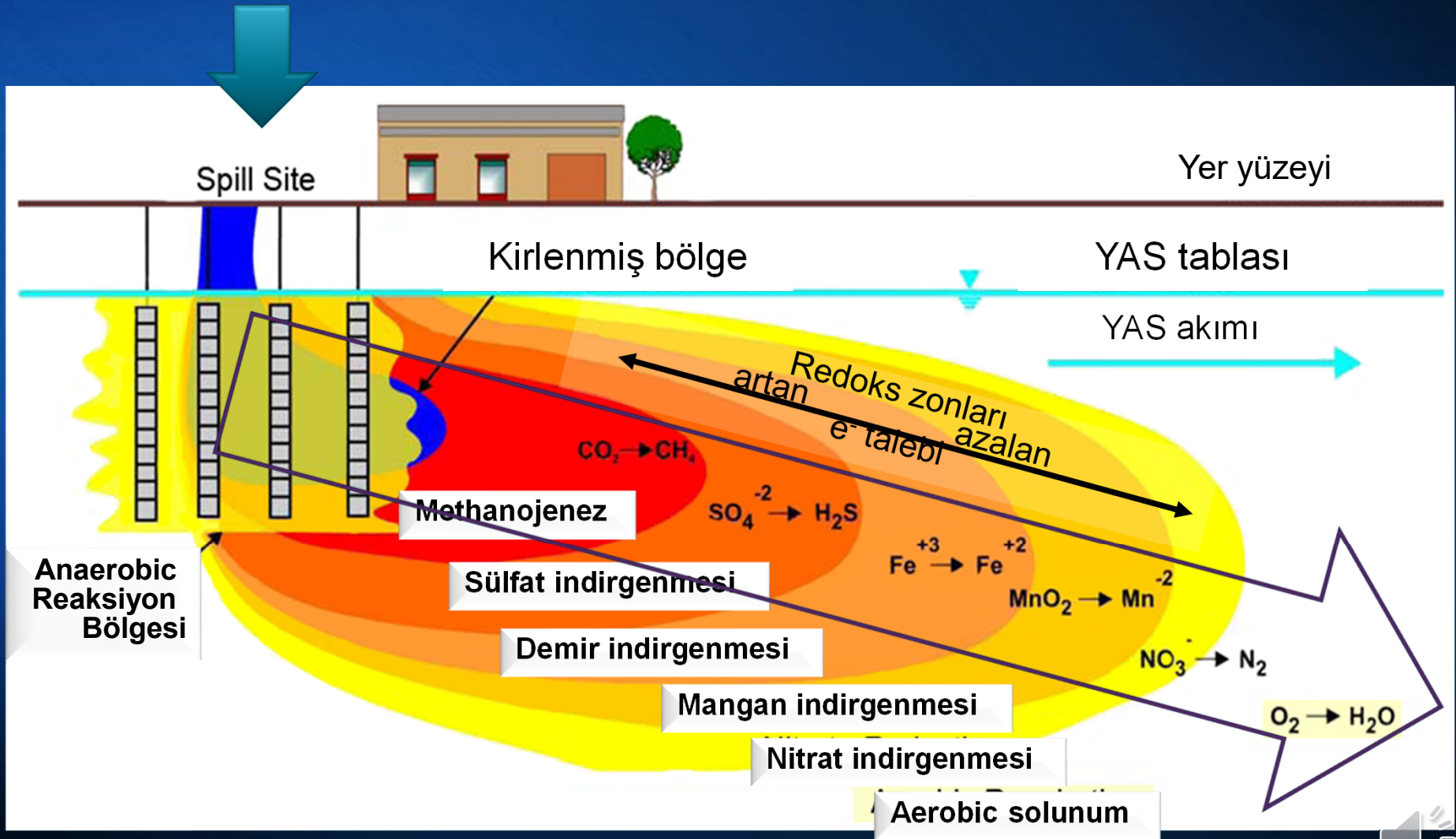
O₂ (oksijen gazı) doğada e⁻ vermeye en eğilimli kimyasal tür.

Oksijensiz ortam: anoksik ortam, Oksijenli ortam: oksik ortam, O₂ tükenmesi : anoksizma.



Yeraltısuyunda redoks zonları

Organik kirleticinin
döküldüğü yer

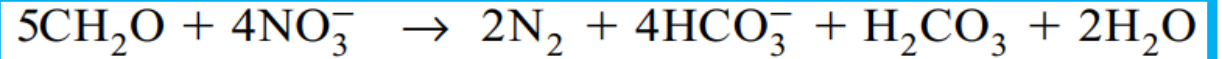


Tipik Redoks Reaksiyonları: Denitrifikasyon

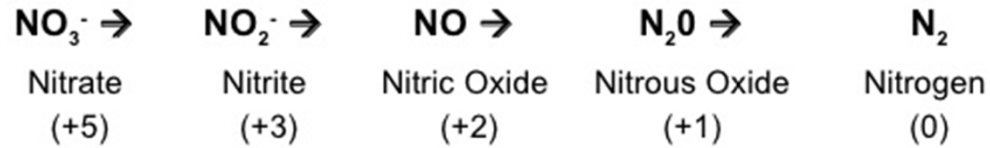
Denitrifikasyon

Nitrat'ın Azot gazına indirgenme sürecidir.

Başlangıçta nitrat formunda +5 değerlikte olan azot (N) elementi süreç sonunda sıfır değerlikli azot gazına İNDİRGENİR!



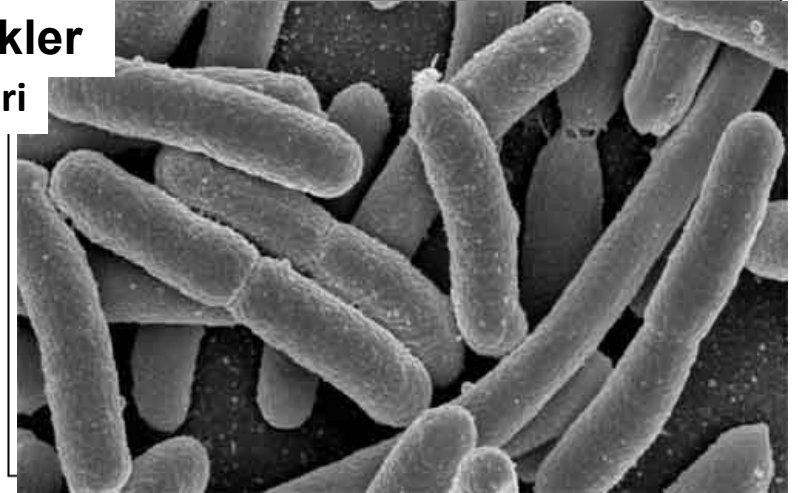
Denitrifikasyon nitrat molekülünü azot gazına dönüştüren mikrobiyal bir redoks reaksiyonudur.



Nitrat $\xrightarrow{\hspace{10em}}$ Azot gazı

Denitrifikasyon için gerekler

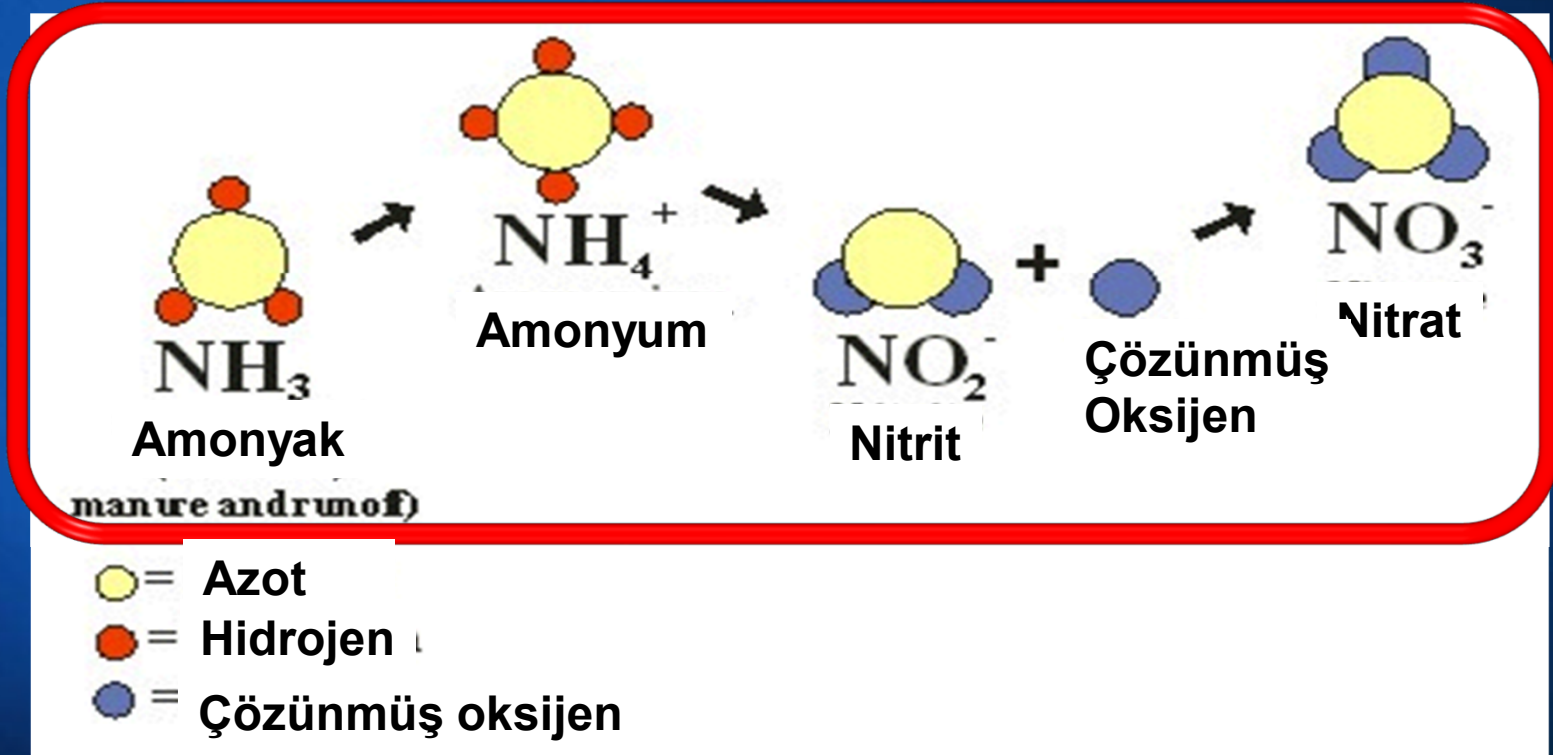
- ☐ Denitrifikasyon bakterileri
- ☐ Elektron verici
- ☐ Düşük oksijenli ortam (< 0.6 mg/L)



Tipik Redoks Reaksiyonları: Nitrifikasyon

Nitrifikasyon

Amonyak gazının (NH_3) nitrat iyonuna (NO_3^-) yükseltgenme sürecidir. Amonyak, amonyum ve nitrit bileşiklerindeki N sürekli e^- vererek nitrat a YÜKSELTGENİR!



<http://www.dnr.state.md.us/bay/monitoring/eco/nitrification.gif>

AZOT ÇEVİRİMİ video: <https://www.youtube.com/watch?v=LbBgPekjiyc>

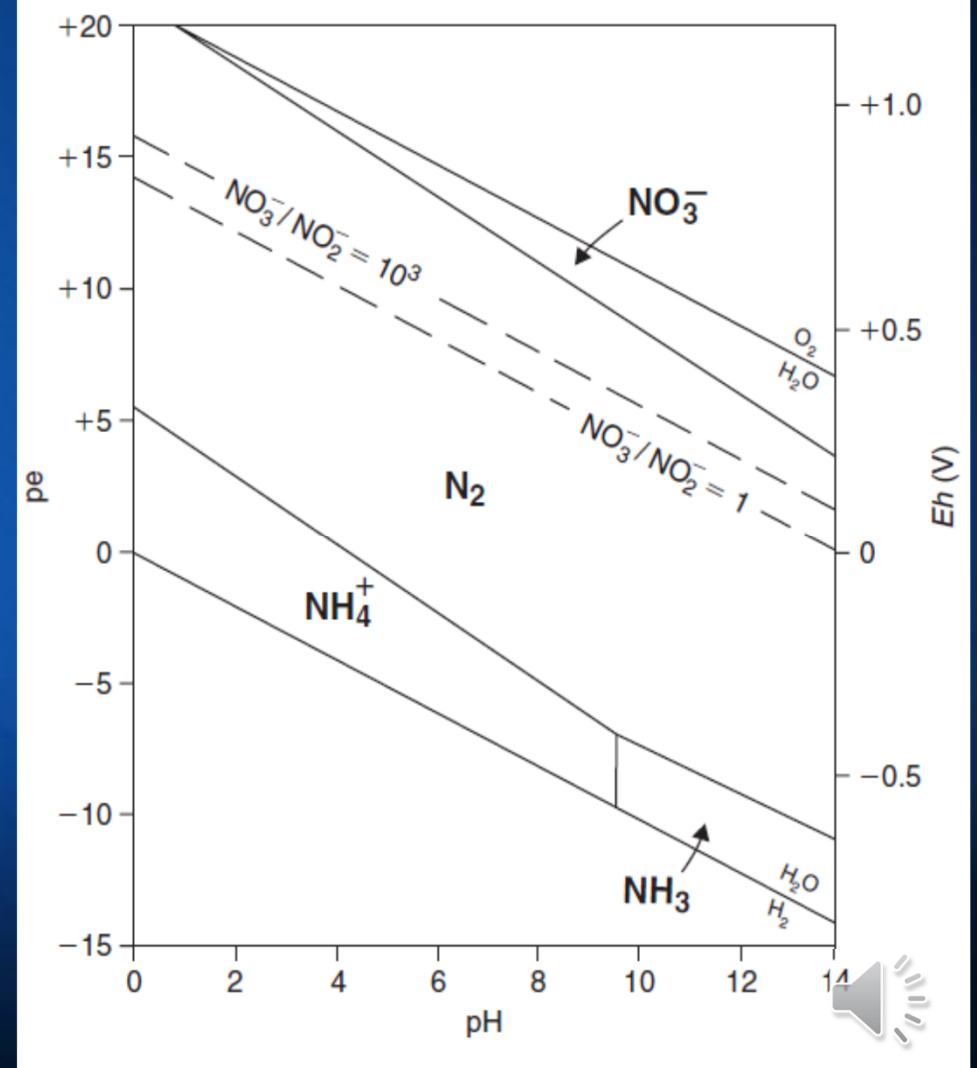


Azot (N) türleri duraylılık diyagramı

Eh/pH duraylılık diyagramları sadece çizildikleri koşullar için geçerlidir.
(Örğ. $P_{N_2} = 0.77 \text{ atm}$, 25°C , $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$ oranı = 10^{-3} mol/L)

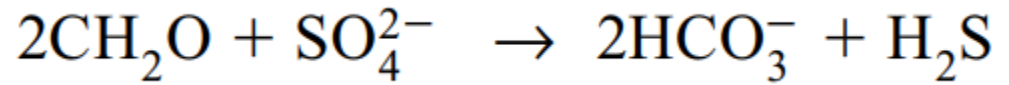
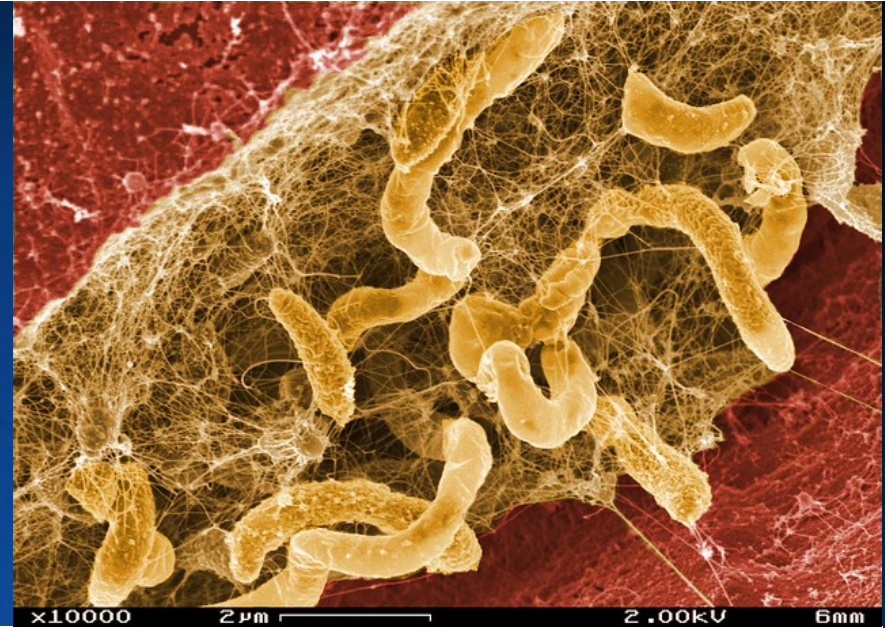
Sorular:

- 1) pH=7'de indirgen ve yükseltgen ortamlara özgü azot (N) bileşikleri nelerdir ?
- 2) Tuvalet neden amonyak (NH_3) kokar?
- 3) Tuvalatteki amonyak (NH_3) kokusunu gidermek için ne yaparsınız ?



Sülfat indirgenmesi

Sülfat indirgeyen bakterilerin
(örğ. Desulfovibrio sp)
Elektron mikroskop
görüntüsü.
Renkler yapaydır.



Sülfat
(SO_4^{2-})



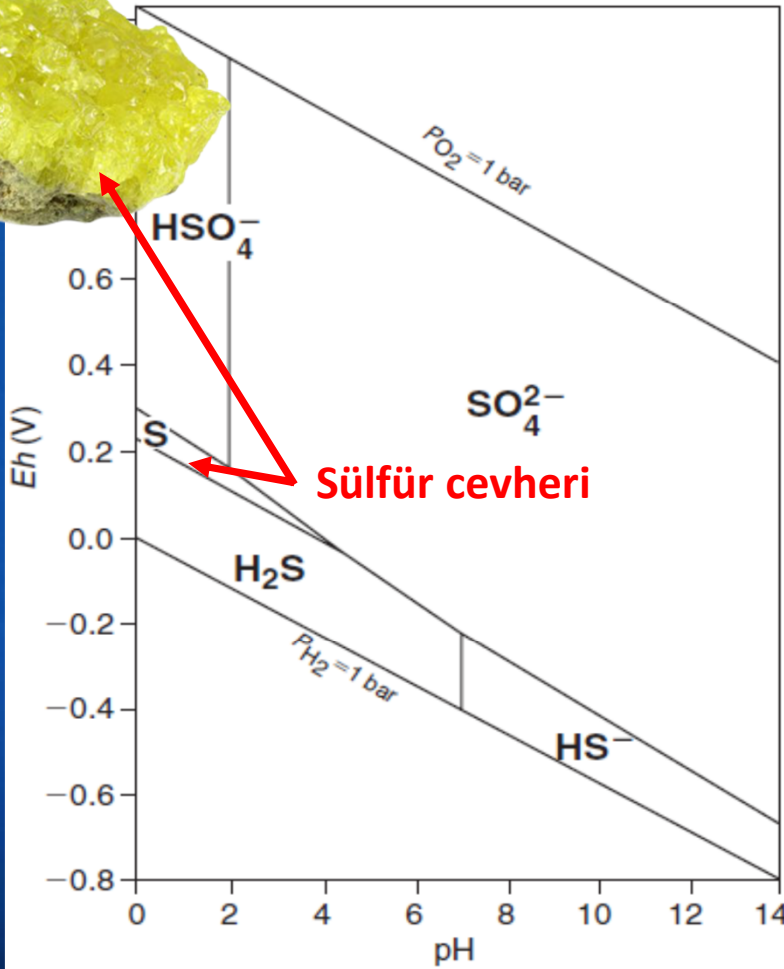
Sülfat indirgeyen
Anaerobik bakteri



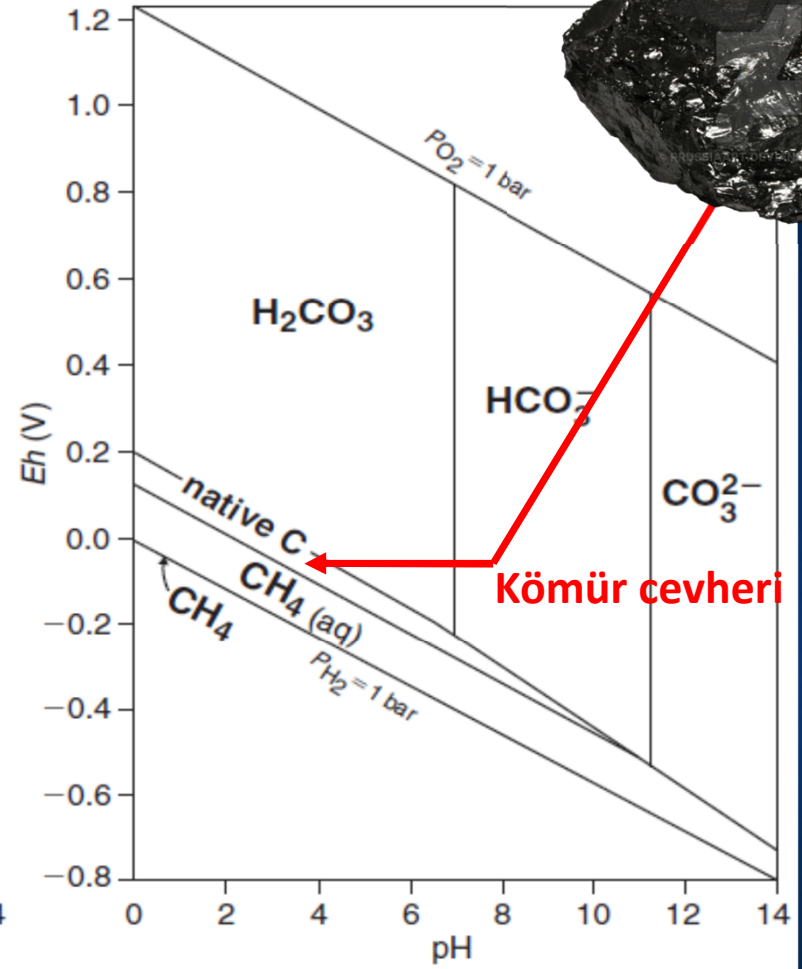
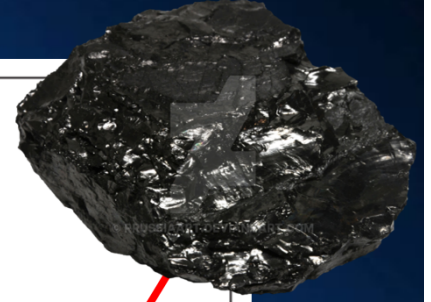
Hidrojen Sülfür
(H_2S)

Sülfat indirgenmesi ve Metan Oluşumu

Sülfür ve Karbon duraylılık diyagramları (25°C)



Sülfür cevheri



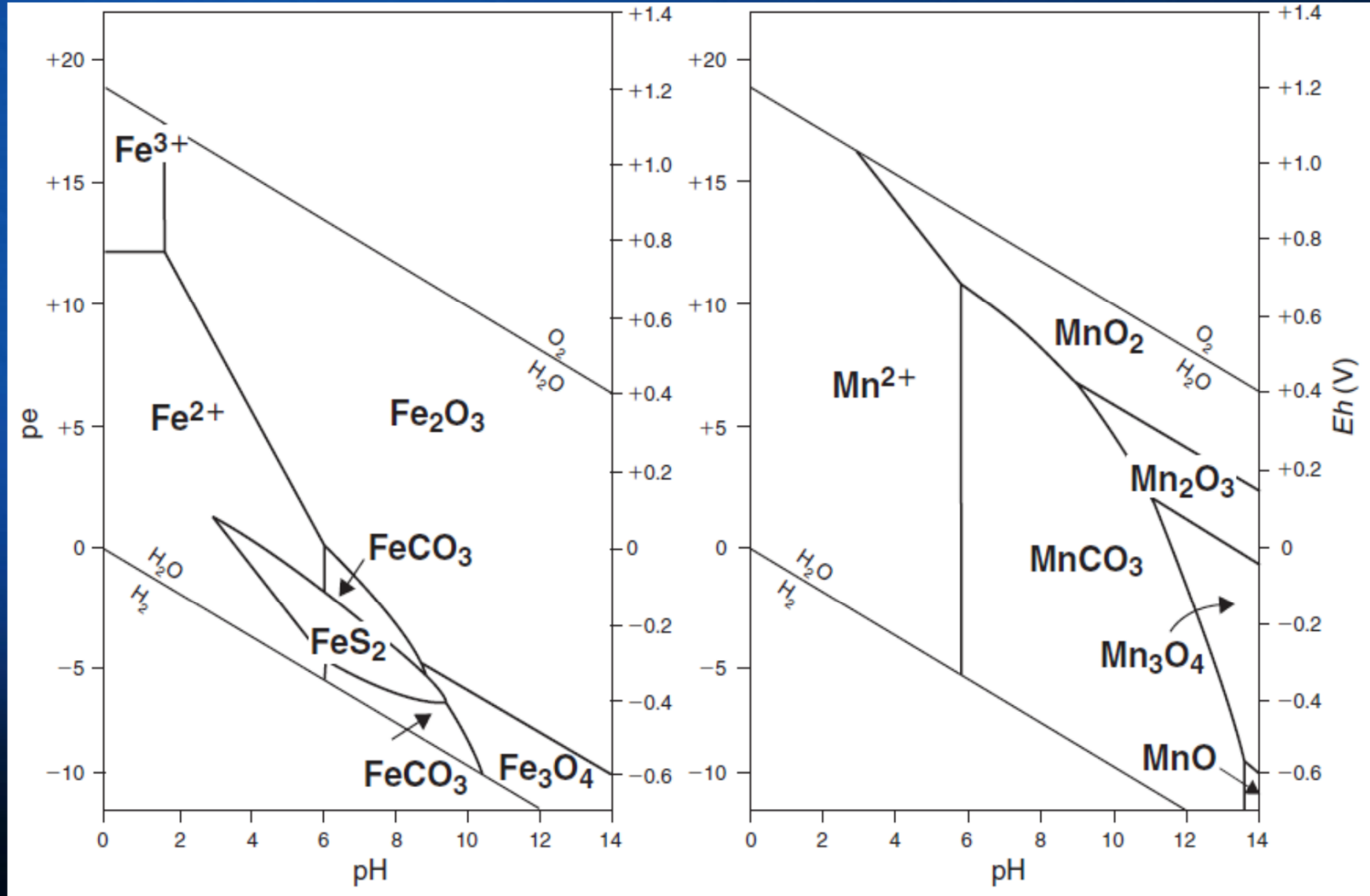
Kömür cevheri

H_2S (hidrojen sülfür) gazı çürük yumurta gibi kokar. Zehirlidir. CH_4 (metan) gazı da aşırı indirgen koşullar da oluşur. Her iki gazla da bataklık, kömür madeni, termal sular gibi ortamlarda karşılaşılır. CH_4 (metan) gazı havadaki oranı % 5-15'e ulaşınca grizu patlamasına neden olur.



Fe ve Mn Türlerinin Duraylılık Diyagramları

Demir ve mangan iyonları hangi pH/Eh koşullarında çözeltide bulunabilir ?
Demir/mangan oksit ve karbonat çökelleri hangi koşullarda duraylıdır?

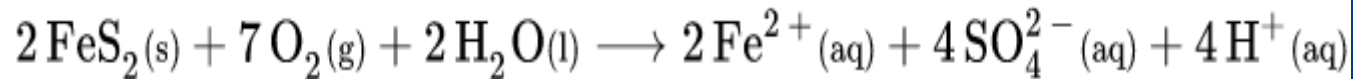


Sülfürlü Mineral Oksidasyonu

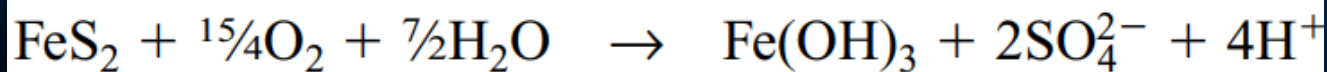
Asit Kaya/Maden Drenajı (Acid Rock/Mine Drainage)

Yeraltısuyu kimyasında önemli redoks süreçlerinden birisi de sülfürlü (= İng. sulfidic) cevher yataklarında indirgen koşullarda oluşmuş sülfürlü cevherlerin (örğ. pirit FeS_2) yeraltısuyunda çözünmüş oksijen (O_2) tarafından oksitlenerek çözeltiye asidik bir karakter vermesidir.

Pirit oksidasyonu sonucunda çözeltiye yüksek miktarda SO_4^{2-} , H^+ iyonu geçer. Reaksiyonu yüksek miktarda çözünmüş oksijen (O_2) tüketmekte ve önemli düzeyde asit (H^+) üretmektedir. Aşırı oksidasyon koşullarında eksi pH değerleri ile karşılaşılması da olasıdır. Sıklıkla pH= 1-2 değerleri ile karşılaşılabilir.



Asit Kaya Drenajının gerçekleştiği yörelerdeki derelerde gözlenen turuncu renk Piritin oksidasyonu reaksiyonu sonucunda oluşan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (ferric hidroksit, ferrik= Fe^{3+}) çökeliminden kaynaklanmaktadır.



Sülfürlü Mineral Oksidasyonu

Asit Kaya/Maden Drenajı (Acid Rock/Mine Drainage)

Sülfürlü cevherlerin oksidasyonu sonucunda suya As: arsenik, Cu: bakır, Zn: çinko gibi pek çok diğer metalik element de suya geçer. Suyun asidik karakteri bu elementlerin çökelim oluşturmaksızın suda kalmalarına ve su ile birlikte hareket etmelerine neden olur. Sonuçta sudaki sıradışı yüksek düzeydeki metal derişimleri önemli bir çevre sorunu oluşturur.

Bu sorunun çözülmesi için asidik maden/kayaç drenaj sularının doğal ortamlara salınmadan önce nötralize edilmeleri gerekmektedir. Nötr koşullarda suda mobil (hareketli) halde bulunan metal iyonları çeşitli oksit (-O) ve oksî-hidroksit (O-OH) bileşikleri şeklinde çökelmektedir.

Asidik maden/kayaç drenaj sularının nötralizasyonu için –bol bulunması ve ucuz olması nedeniyle- çoğunlukla karbonatlı mineraller (örğ. kalsit) kullanılmaktadır.



Günlük yaşamda redoks reaksiyonları

Tekirdağ'ın Muratlı İlçesi'ne bağlı Ballıhoca Köyü'nde tıkanan su borusunu açmak için 12 metre derinlikteki kuyuya inen aynı aileden 3 kişi metan gazından zehirlenerek öldü.

Muğla'nın Milas İlçesi, Güllük Beldesi'ndeki bir atık su terfi istasyonunda, atık su dolu 7 metre derinliğindeki depoya bakım yapmaya giren işçiler ile dışarı çıkmaması üzerine merak edip aşağı inen çalışma arkadaşlarından oluşan toplam 6 kişi metan gazından zehirlenerek öldü. Gazdan etkilenen işletmenin müdürü ise kaldırıldığı hastanede kurtarılamayarak hayatını kaybetti.

Üsküdar Bulvar Caddesi üzerinde sabah saatlerinde, kanalizasyon çukurunda aniden bir patlama meydana geldi. Patlama nedeniyle kanalizasyon kapakları metrelerce havaya fırladı. Olay yerine bomba imha uzmanları gelirken, yapılan incelemede, patlamaya kanalizasyondaki gaz sıkışmasının neden olduğu anlaşıldı.

İstanbul, Ümraniye çöplüğünde patlama, 28 Nisan 1993 tarihinde İstanbul'un Ümraniye ilçesi Hekimbaşı çöplüğünde biriken metan gazının patlaması sonucu meydana gelen facia. Olayda 27 kişi öldü, 12 kişi kayboldu. Kaybolan 12 kişinin cesedi ise bulunamamıştır. Patlama yaklaşık 4.5 yıl süresince çöplerin kontrolsüz bir şekilde biriktirilmesi nedeniyle meydana geldi. Çöp alanları çevre ve halk sağlığı için zararlı olsalar da bir diğer tehlikeli yönü depolanan çöplerin içinde oluşan gaz birikmeleridir. Bu gazların birikmemesi için gaz uzaklaştırma bacaları yapılması gerekir.



Günlük yaşamda redoks reaksiyonları

KONYALILAR MENSUCAT SU DEPOSU PATLAMASI

08.08.1992 tarihinde Çorlu da Konyalılar Mensucat (Şahinler Holding) fabrikasında elim bir kaza sonucu 32 kişi iş kazasında can vermiş 84 de yaralanmıştı. Olay öğle saatlerinde işçilerin yemek yediği esnada yemekhanenin altında bulunan 1500 tonluk su deposunda meydana gelen patlama sonucu yemekhane tabanının çökerek işçilerin su deposuna düşmeleri neticesinde 10 kişi boğulma diğerleri ise kafa travması neticesinde ölmüşlerdi. Doğalgazın bulunmadığı fabrikada BOTAŞ ve TPAO 'dan gelen uzmanlar araştırma yapmışlar nasıl olmuştaki bu patlama meydana gelmişti. Sabotaj yoktu. Nasıl oluyordu bu 20 kişi kafa travması geçirerek ölmüştü. Olay aydınlatıldığında yemekhanenin altında yer alan su deposuna giren işçilerin ağızlarında sigara vardı. Ve büyük bir patlama meydana gelmişti. Peki madem fabrikada henüz doğalgaz yoktu patlamayı ne tetiklemişti. İşte sorunun püf noktası buradaydı. Artezyenden beslenen bu 1500 tonluk su deposuna gelen suda metan bulunmaktaydı. Suyu birlikte depoya gelen metan -CH₄ -yeterli havalandırması olmayan depoda birikerek patlamaya neden olmuştu. 250 metre derinden gelen artezyen suyu metanı da yukarı taşımıştı. Bu olaydan sonra yemekhaneler gibi insanların yoğun olarak bulunduğu sosyal mekanların su depoları ve patlayıcı kimyevi madde depoları yakınlarına inşaatlarından vazgeçildi ve bu tür su depoları havalandırmalarına dikkat gösterildi.

Bu konuda neler öğrendik?

- İndirgenme - Yükseltgenme nedir?
- Redoks reaksiyonlarının özellikleri nelerdir?
- Redoksa yatkın elementler nelerdir?
- Bakteriler redoks reaksiyonlarında neden önemlidir?
- Redoks yarı reaksiyonu nedir?
- Redoks potansiyeli (Eh) nedir, Eh-pe dönüşümü nedir?
- Eh nasıl ölçülür ve hesaplanır?
- Eh-pH diyagramı nedir, ne işe yarar?
- Eh-pH diyagramında suyun duraylılık bölgesi nasıldır?
- Sucul ortamda Berner redoks zonları nelerdir?
- Denitrifikasyon, nitrifikasyon, sülfat indirgenmesi, metanojenez nedir?
- Oksik, anoksik, anoksizma, aerob, anaerob terimlerinin anlamları?
- Asit kaya/maden drenajı nedir, neden olur, sonuçları nasıl kontrol edilir?
- Redoks reaksiyonlarının günlük yaşamımıza etkileri nelerdir ?





Örnek sorular?

- Bu konu kapsamında öğrendiğiniz on terimi listeleyiniz ve açıklayınız.
- Yükseltgenme, indirgenme nedir, neden olur?
- Bakteriler redoks reaksiyonlarında neden önemlidir?
- Redoks potansiyeli (Eh) nedir, Eh-pe dönüşümü nedir?
- Bir redoks reaksiyonu için Eh değerini hesaplayınız.
- Eh = 10 milivolt değeri için pH değerini hesaplayınız.
- Bir Eh-pH diyagramında Eh ve pH değerlerinin değişimi sonucunda neler olacağını açıklayınız.
- Sucul ortamda Berner redoks zonları nelerdir? İndirgenme devam ettikçe elektron bağışçılarının sırası nasıl değişir açıklayınız.
- Neden suda metan ve çözünmüş oksijen aynı anda bulunamaz açıklayınız.
- Size verilen denitrifikasyon, nitrifikasyon, sülfat indirgenmesi, metanojenez eşitlikleri üzerinde bu süreçleri açıklayınız.
- Asit kaya/maden drenajı nedir, neden olur, sonuçları nasıl kontrol edilir?
- Pil nasıl akım üretir?

