

CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

-CANLILIK VE ENERJİ-

- Enerji Dönüşümlerine Giriş
- Metabolizma
- ATP

Osman KELEŞ



CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

-CANLILIK VE ENERJİ-

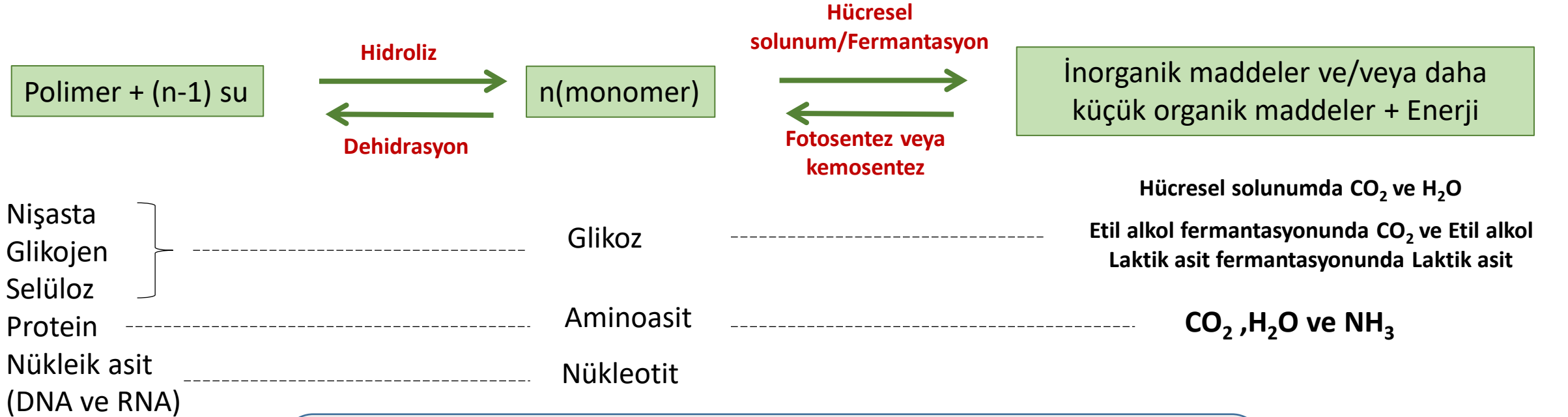
İş yapabilme yeteneğine**enerji**..... denir. Hareket eden nesnelerin açığa çıkardığı enerjiye**kinetik**..... enerji, durağan nesnelerin konumu ve yapısı nedeniyle sahip olduğu enerjiye**potansiyel**..... enerji, molekülleri oluşturan atomlar arasındaki bağların enerjine**kimyasal**..... enerji denir.

ENERJİ DÖNÜŞTÜREN YAPI	DÖNÜŞTÜRÜLEN ENERJİ ÇEŞİDİ	OLUŞTURULAN ENERJİ ÇEŞİDİ
Kloroplast	Işık	Kimyasal
Ateş böceğinin ışık organı	Kimyasal	Işık
Göz retinası	Işık	Elektrokimyasal
Beyin	Kimyasal	Elektrokimyasal
Kas	Kimyasal	Mekanik ve ısı
Dil ve Burun	Kimyasal	Elektrokimyasal
İç kulak	Ses	Elektrokimyasal



METABOLİZMA

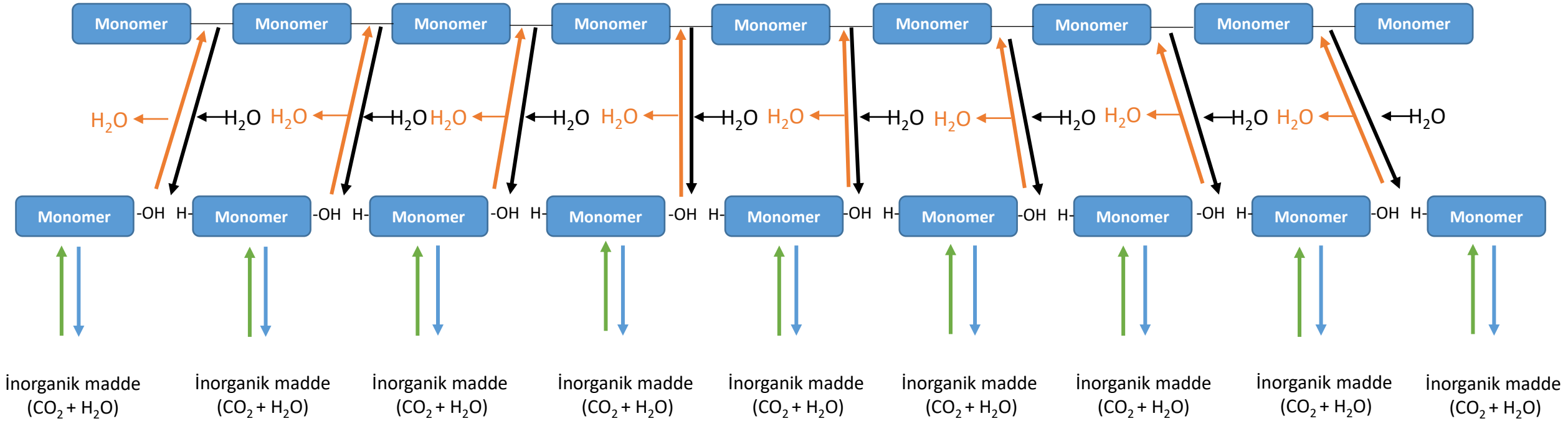
- Canlılarda meydana gelen yapım ve yıkım tepkimelerinin tümüne **metabolizma** denir.
- Yapım tepkimelerine **anabolizma (özümleme)**; yıkım tepkimelerine de **katabolizma (yadımlama)** adı verilir.



Birbirine benzeyen ya da aynı çeşit monomerlerin bir araya gelmesiyle oluşan makromoleküllere polimer denir. Bu durumda Trigliseritlerin yapı birimi olan yağ asidi ve gliserol molekülleri aynı çeşit ya da benzer moleküller olmadığı için Trigliseritler polimer olmayan kompleks yapıli moleküllerdir.



METABOLİZMA

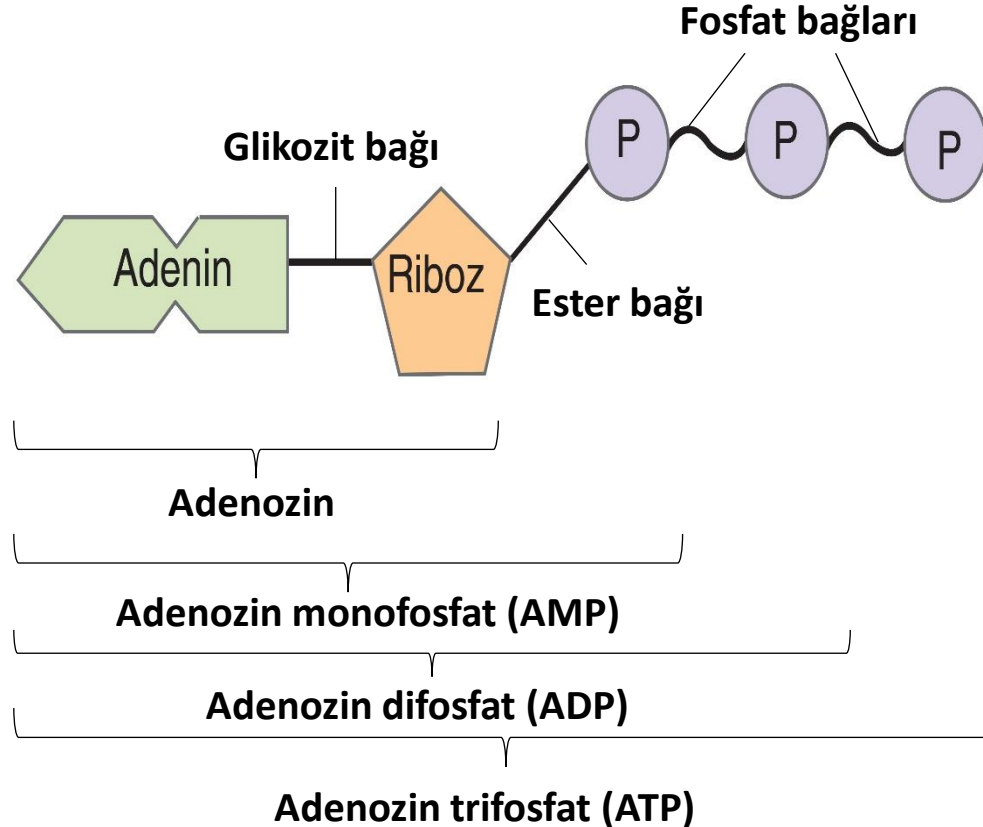


- Hidroliz
- Dehidrasyon
- Oksijenli solunum
- Fotosentez



ATP

- Canlıların temel enerji molekülü ATP' dir.
- ATP' nin yıkımı ekzergonik yani enerji açığa çıkaran bir olaydır. ATP' den serbest kalan bu enerji, hücrelerde endergonik yani enerji harcamayı gerektiren olaylar için kullanılır.
- ATP'deki enerjinin serbest kalmasına**defosforilasyon**....., yeniden depolanmasına**fosforilasyon**..... denir.
- Defosforilasyon**hidroliz**....., fosforilasyon ise**dehidrasyon**..... olayıdır.



Fosforilasyon Çeşitleri

Üç çeşit fosforilasyon bulunmaktadır:

1... **Substrat düzeyinde fosforilasyon** →

Organik besinlerde bulunan fosfatın sadece enzim etkinliğiyle ADP'ye aktarılması ile ATP sentezlenmesidir. Bu şekilde ATP sentezlemek bütün canlılarda ortaktır. Prokaryotlarda sitoplazma, ökaryotlarda ise sitoplazma ve mitokondride gerçekleşir.

2... **Oksidatif fosforilasyon** →

ETS elemanları ve enzimler kullanılarak ATP sentezlenmesidir. Bu olayda son elektron tutucusu olan moleküller değişkenlik gösterebilir. Prokaryotlarda hücre zarı kıvrımlarında, ökaryotlarda ise mitokondride gerçekleşir. Oksijenli solunum, oksijensiz solunum ve kemosentezde görülen bir fosforilasyon çeşididir.

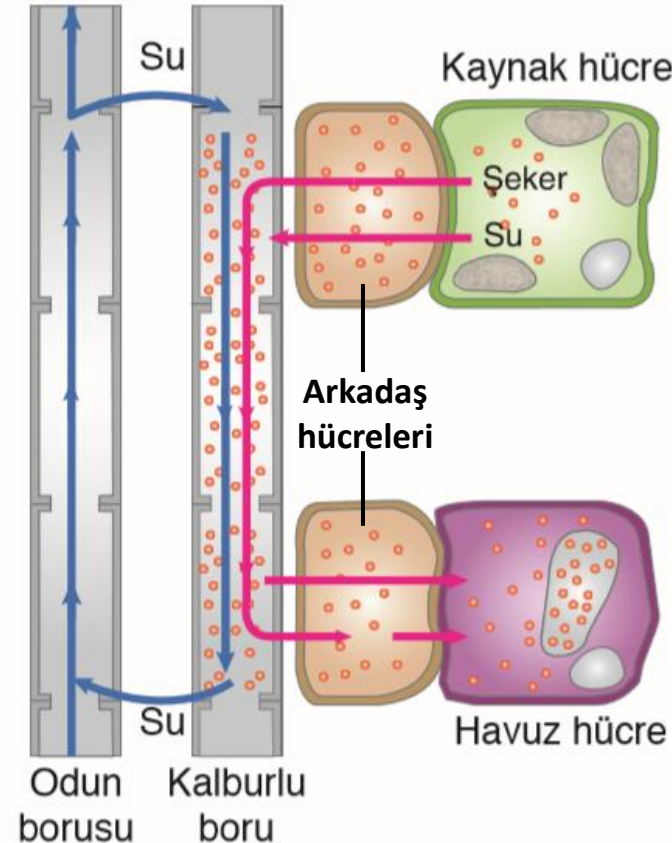
3... **Fotofosforilasyon** →

Işık enerjisi, klorofil, enzim ve ETS kullanılarak ATP sentezlenmesidir. Fotosentez sırasında gerçekleşir. Prokaryotlarda tiakoyit zarda, ökaryotlarda ise kloroplastta gerçekleşir. Bazı canlılar fotoheterotrof beslenir. Bu canlılar fotosentez yapmamalarına karşın fotofosforilasyonla ATP sentezleyebilmektedir.



NOT

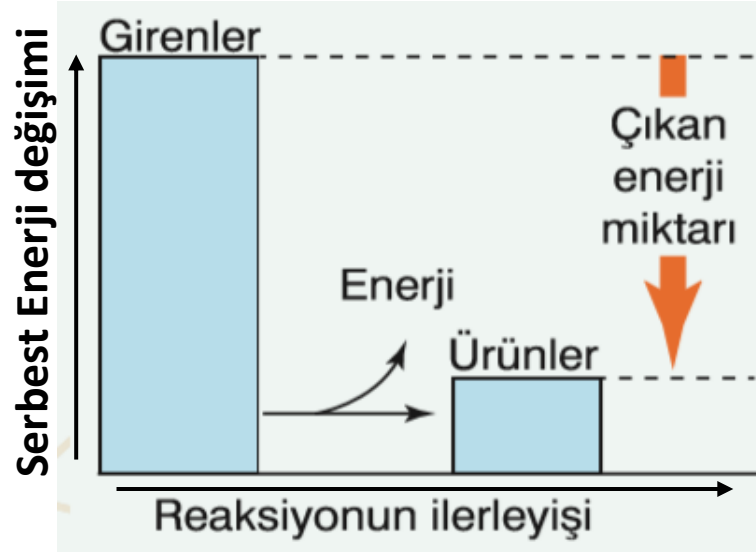
Bir hücrede sentezlenen ATP kural olarak yine o hücre içinde harcanır. Dolayısıyla her hücre kendi ATP'sini kendisi üretir. Bir başka hücreden ATP transfer edilemez. Ancak bazı hücreler birbirine ATP transferi yapabilmektedir. Floem dokusunda bulunan arkadaş hücrelerinden kalburlu boru hücrelerine ATP transferi yapılabilmektedir.



EKZERGONİK VE ENDERGONİK TEPKİMLER

EKZERGONİK TEPKİME

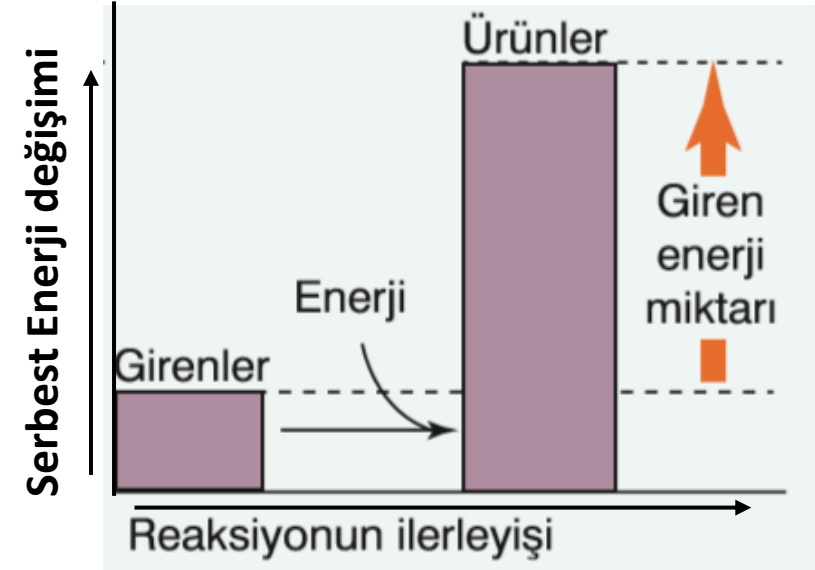
Gerçekleşirken kullandığından daha fazla enerji açığa çıkaran tepkimelerdir.



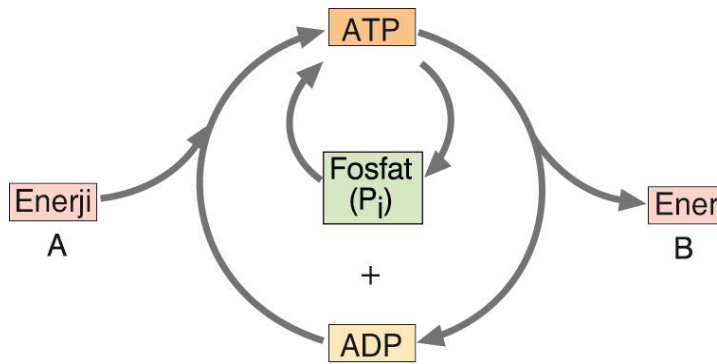
- Oksijenli solunum
- Oksijensiz solunum
- Fermantasyon
- Defosforilasyon

ENDERGONİK TEPKİME

Gerçekleşmesi için enerji harcanan tepkimelerdir.



- Kas kasılması
- Sinirsel iletim
- Biyosentez
- Aktif taşıma
- Pinositoz
- Fagositoz
- Ekzositoz
- Fosforilasyon



Serbest enerji, bir sistemin sıcaklık ve basıncının sabit olduğu durumda iş yapabilen enerjisidir. Canlılarda iş yapabilen bu enerji ATP molekülünde depolanır.



CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

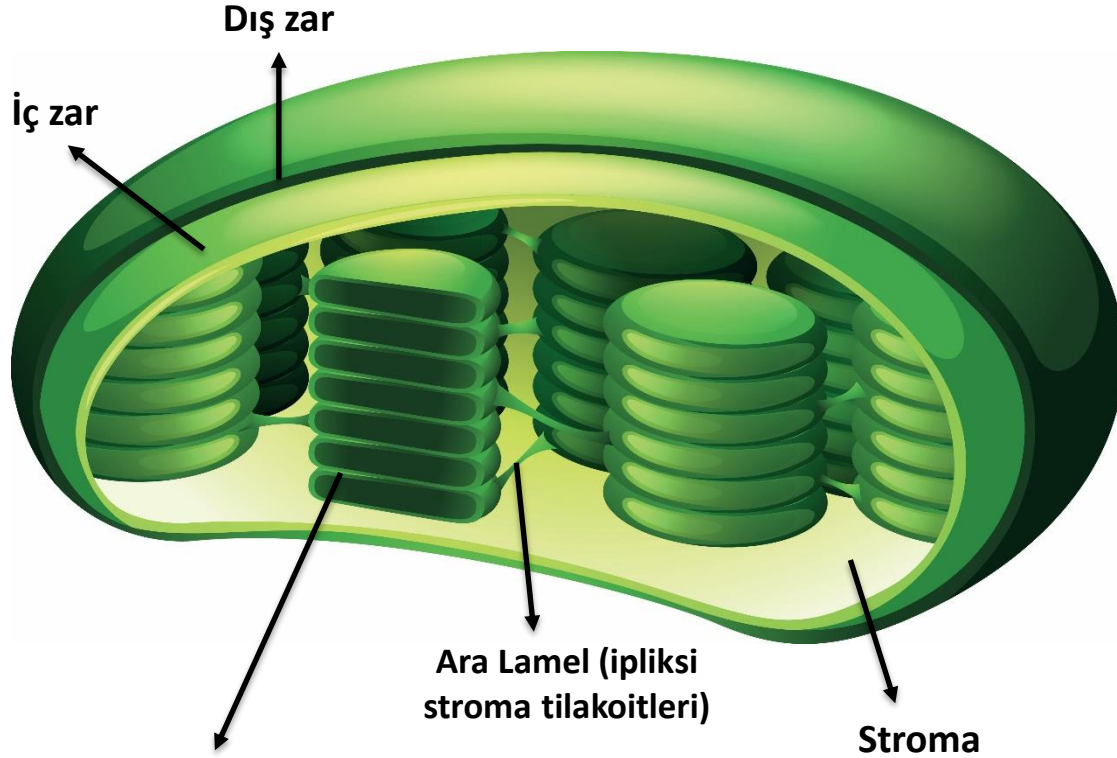
-CANLILIK VE ENERJİ-

- Fotosenteze Giriş
- Fotosentez Tepkimeleri
 - Işığa Bağımlı Tepkimeler
 - Işıktan Bağımsız Tepkimeler

Osman KELEŞ



KLOROPLASTIN YAPISI



**Tilakoit<Granum<Grana
(Etrafları tilakoyit zar ile çevrili)**

Klorofil pigmenti, ETS ve enzimler taşıyan kısımdır.

Işığa bağımlı tepkimeler burada gerçekleşir.
Fotofosforilasyon tilakoit zarında bulunan moleküller sayesinde gerçekleşir.

**Ara Lamel (ipliksi
stroma tilakoitleri)**

Stroma

Sitoplazmaya benzeyen sıvı kısımdır.
Enzimler, DNA, RNA ve ribozom burada bulunur.
Işıktan bağımsız tepkimeler burada gerçekleşir.
İnorganik maddeden basit organik madde sentezi burada gerçekleşir.

- Fotosentez, ışık enerjisi, klorofil, enzim, ETS elemanları sayesinde inorganik maddelerden basit organik maddelerin sentezlenmesidir.
- Prokaryotlarda hücre zarı kıvrımı olan tilakoyit zar ve sitoplazmada, ökaryotlarda kloroplastta gerçekleşir.
- Kendine ait DNA'sını replike ederek basitçe ikiye bölünmeyle çoğalabilir. Kendi DNA'sından aldığı şifre ile RNA ve ribozomlar aracılığıyla kendine ait proteinler üretebilir. Yani replikasyon, transkripsiyon ve translasyon olaylarını gerçekleştirir.



Fotosentezde Kullanılan Hidrojen ve Elektron Kaynakları

Fotosentezde kullanılan hidrojen ve elektron kaynakları H_2O veya H_2S olabilir.



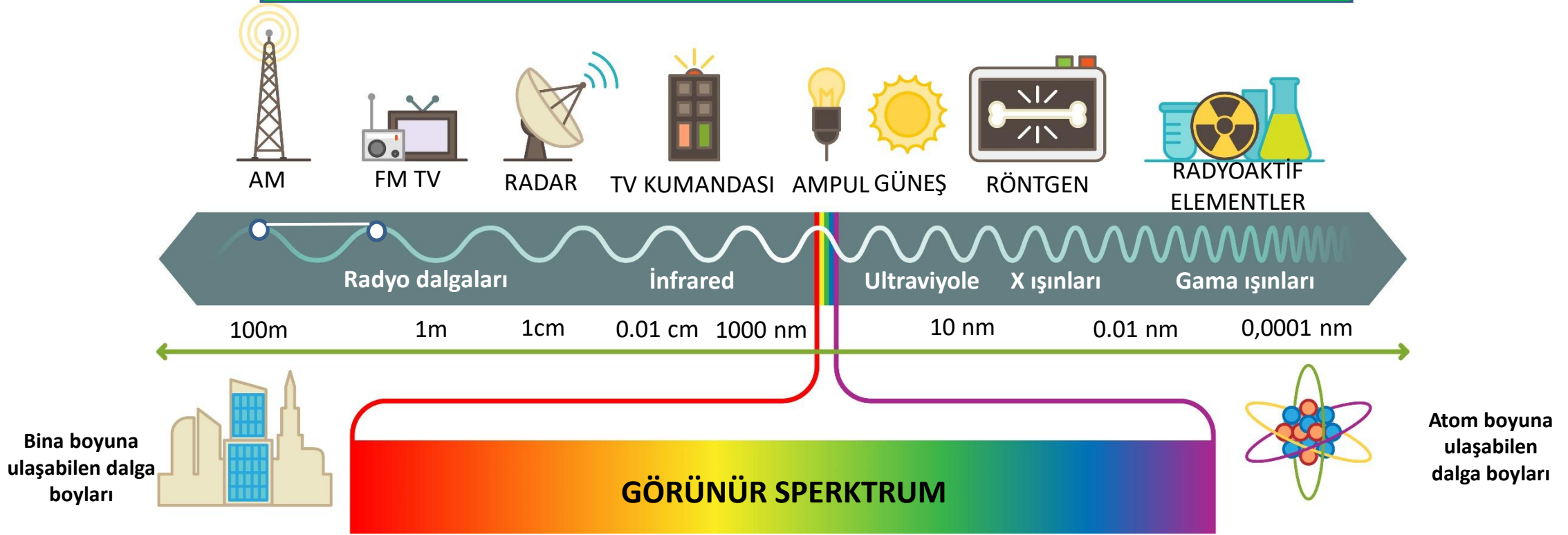
- Siyanobakteriler
- Öglena
- Algler
- Yeşil bitkiler



- Bazı bakteriler (Mor ve yeşil sülfür bakterileri)



Işık Enerjisi



Işık, bir elektromanyetik enerji biçimidir. Elektromanyetik ışıma (radyasyon), elektrik ve manyetik alanlardaki değişimlerden kaynaklanır ve ritmik dalgalar halinde yayılır.

Bir elektromanyetik dalganın birbirini takip eden iki tepe ya da çukur noktası arasındaki mesafeye **dalga boyu** denir. Işınlardan **dalga boylarına** göre sıralanması ile **elektromanyetik spektrum** elde edilir. 380-750 nm dalga boyu aralığı **görünür ışık** olarak adlandırılır.

Işık, **foton** adı verilen enerji paketlerinden oluşur. **Foton** enerjisi ile **dalga boyu** birbirine ters orantılıdır.



Klorofil Pigmenti



Yansıtılır
Fotosentez
olmaz



Soğurulur
Fotosentez
olur



Geçirilir
Fotosentez
olmaz

- Görünür ışığı soğurabilen moleküllere **pigment** adı verilir.
- Işık, fotonlar halinde cisimlerin üzerine düşer. Işığın soğurulup soğurulmaması fotondaki enerji miktarına ve karşılaştığı molekülün kimyasal yapısına bağlıdır.
- Fotonun enerjisi, ışığın dalga boyuna göre değiştiğinden her pigment belirli dalga boyundaki ışığı soğurabilir. Buna pigmentin **soğurma spektrumu** denir.
- Bitkide ışığı soğuran pigmentler **klorofil** ve **karotenoit** molekülleridir.
- Pek çok çeşidi olan klorofil pigmentinin yapısında C, H, O, N ve Mg atomları bulunmaktadır.



Aksesuar pigmentler

- Bitkilerde yeşil renkli klorofilden başka turuncu renkli **karoten** , sarı renkli **ksantofil** ve kırmızı renkli **likopen** pigmentleri bulunur. Bu pigmentlere **karotenoitler** denir.
- Karotenoitler çiçek ve meyvelere renklerini verirler.
- Ayrıca alglerdeki mavi renkli **fikosiyanin** ve kırmızı renkli **fikoeritrin** molekülü de ışık soğurur. Karotenoitler de dahil klorofil haricindeki bütün bu pigmentlere **aksesuar pigmentler** denir.

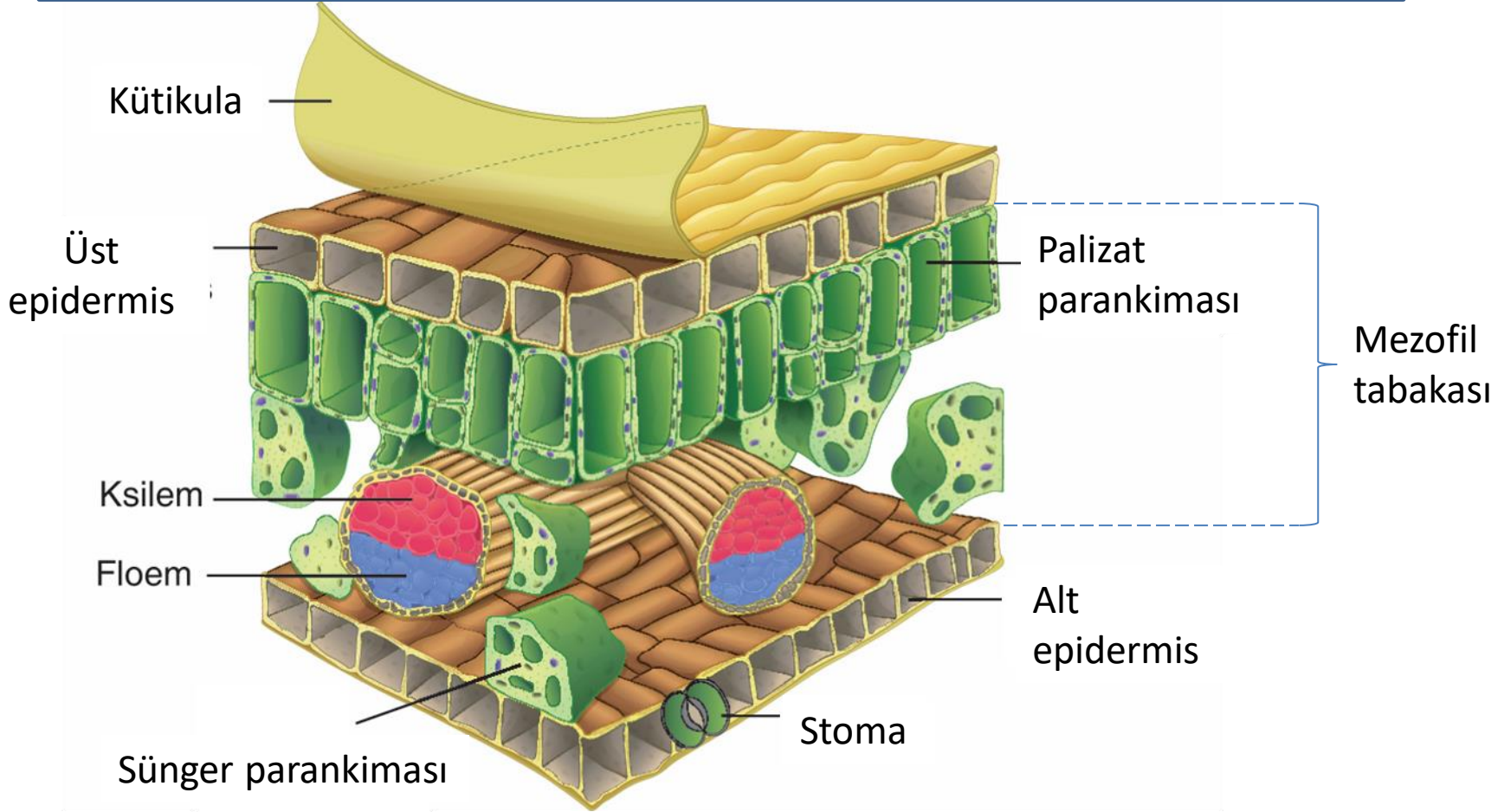


Aksesuar pigmentler,

- Canlıya renk verir.
- Farklı dalga boylarındaki ışınları soğurarak klorofile aktarır.
- Zararlı ışınları emerek klorofili korur.
- Ancak tek başlarına fotosentez yapamazlar.



Yaprak Kesiti



Kloroplast taşıyan hücreler,**palizat parankiması**.....,**sünger parankiması**..... ve**stoma**.....hücreleridir.

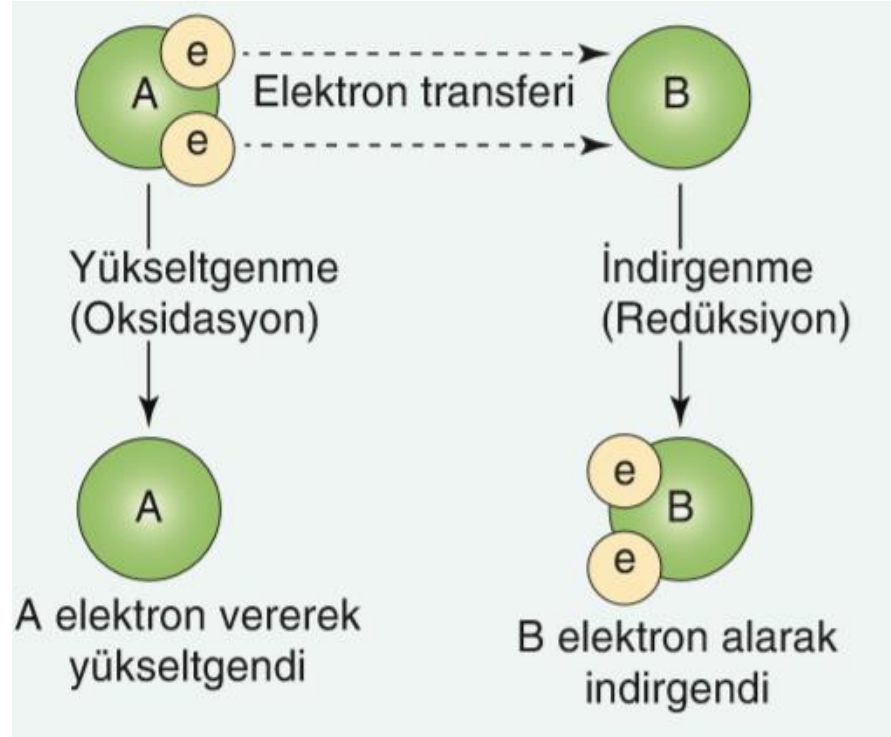
Yeşil bitkilerde, klorofil ve aksesuar pigmentler kloroplastın granularının etrafını saran tilakoyit zar üzerinde konumlanarak**fotosistemleri**..... meydana getirir.



İNDİRGENME VE YÜKSELTGENME

Elektronegatifliği daha düşük olan bileşikler daha yüksek olanlara doğru elektronlarını çok hızlı bir şekilde kaybeder. Elektron verip karşısındaki bileşiği indirgeyen bileşiklere indirgeyici (redükleyici) ajan denir.

Elektron alan bileşikler indirgenir. Elektron veren bileşikler yükseltgenir.



Elektronegatifliği çok yüksek olup, daha düşük olan bileşiklerden çok hızlı bir şekilde elektron kapıp onları oksitleyen (yükseltgeyen) bileşiklere oksitleyici ajan denir. Örn: oksijenin elektronegatifliği çok yüksek olduğu için oksitleyici ajandır.



Fotosistem Nasıl Çalışır?

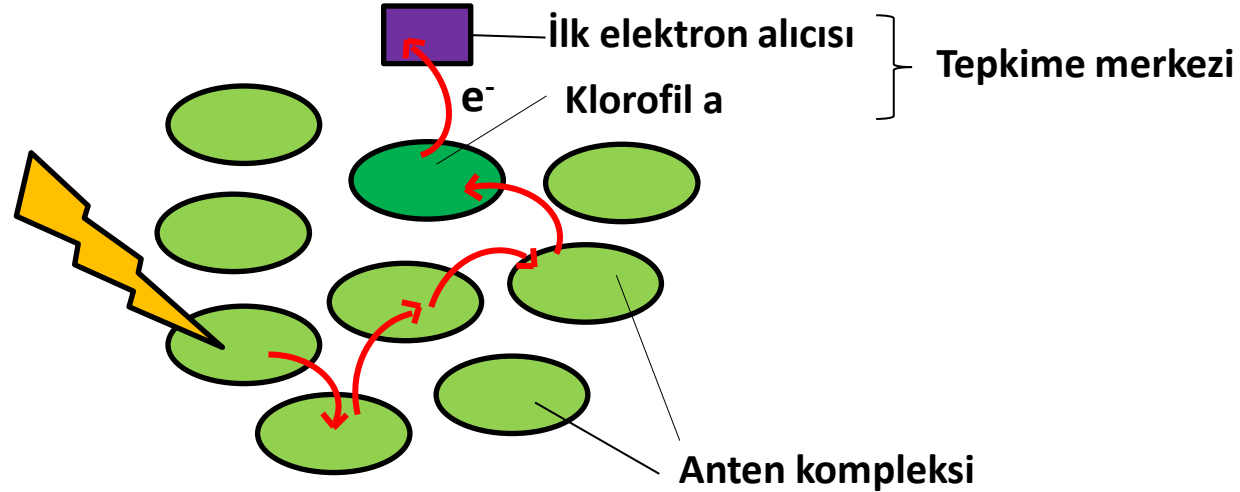
Tilakoit zarlarında fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde görev yapan iki tip fotosistem bulunur.

Bunlar,

- fotosistem I (FS – I 700 nm)
- fotosistem II (FS – II 680 nm)

olarak adlandırılır.

Her fotosistemde **anten kompleksi** ve **tepkiye merkezi** bulunur. Anten kompleksi çok sayıda **klorofil a ve b** , **karotenoyit** ve farklı çeşit **proteinleri** içerir. Bu kompleksteki pigmentler ışığı toplayıp tepkiye merkezine iletir. Tepkiye merkezinde ise **klorofil a** ve **ilk elektron alıcısı** vardır.

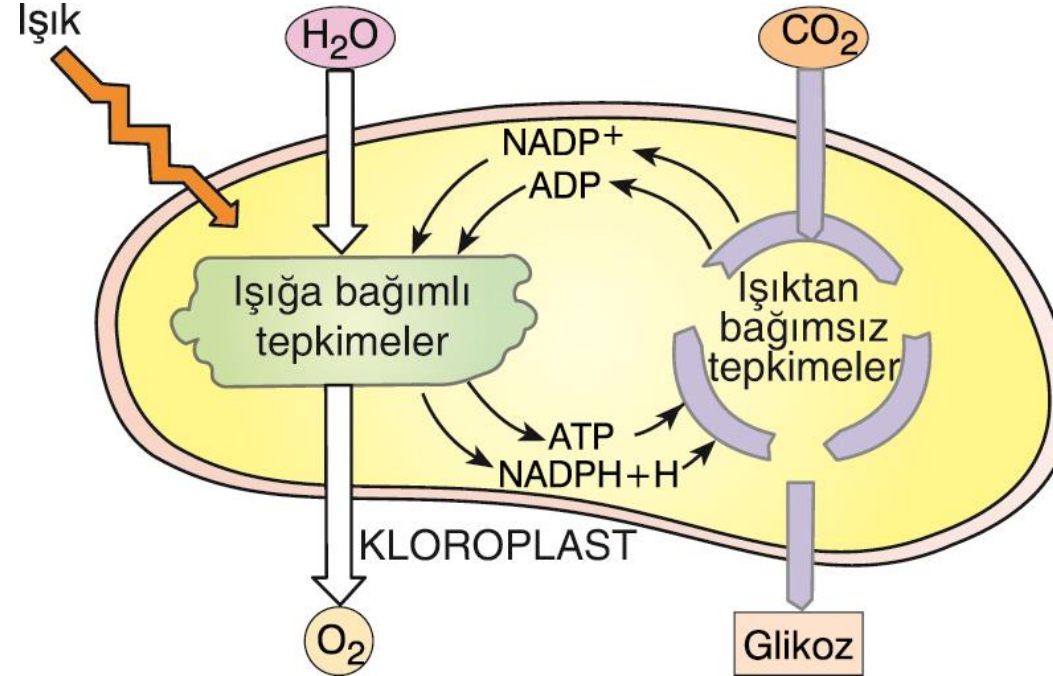


FOTOSENTEZ TEPKİMLERİ

Işığa Bağımlı Tepkimeler

Işıktan Bağımsız Tepkimeler

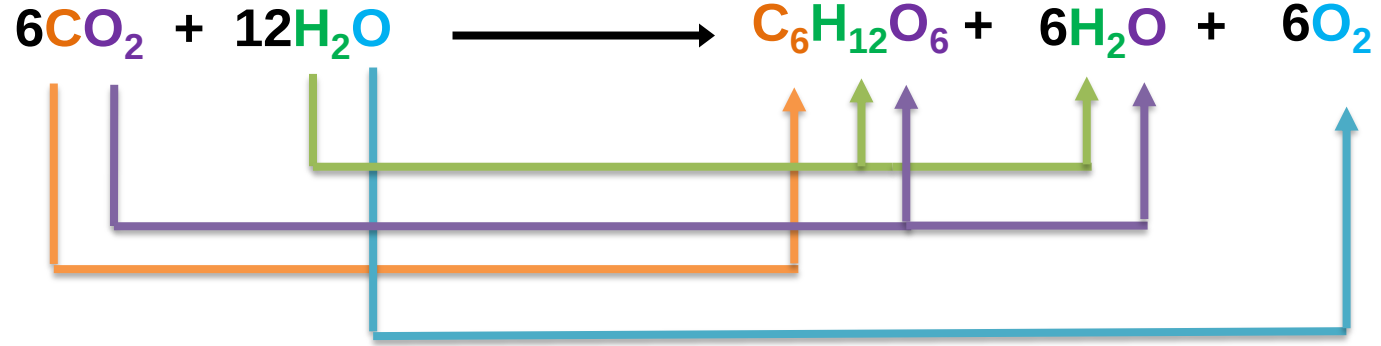
- Işık enerjisi önce elektrokimyasal enerjiye sonra kimyasal bağ enerjisine dönüşür.
- Fotosistemler (klorofil, karotenoit, farklı çeşit proteinler) ve ETS kullanılır.
- Su fotolize uğrar. Yani su, ışık enerjisi sayesinde elektron, hidrojen ve oksijene ayrışır.
- Fotofosforilasyon ile ATP sentezi gerçekleşir. NADPH üretilir.
- Kloroplastın granalarında gerçekleşir.



- Karbon tutma reaksiyonları ya da Calvin döngüsü olarak da adlandırılır.
- Işığa bağımlı tepkimelerden gelen ATP ve NADPH kullanılır.
- Atmosferden ya da kendi solunumundan gelen CO₂ kullanılarak basit organik madde sentezi yapılır.
- Kloroplastın stromasında gerçekleşir.



Fotosentezin Genel Denklemi



Açığa çıkan glikoz ve sudaki oksijenler, kullanılan CO₂ molekülünden gelirken, atmosfere giden O₂'nin kaynağı kullanılan H₂O molekülüdür.



IŞIĞA BAĞIMLI TEPKİMELELER

- Kloroplastın tilakoit zarında gerçekleşen bu tepkimelerle fotofosforilasyon ile ATP sentezlenmekte ve elektron ile hidrojenleri taşıyan NADPH üretimi yapılmaktadır.
- Suyun ışık enerjisi ile hidrojen, elektron ve oksijenlere ayrıştığı Hill reaksiyonları gerçekleşmektedir.

Fotofosforilasyonda su,

elektron kaynağı (fotosistem II için)

hidrojen kaynağı (NADP için)

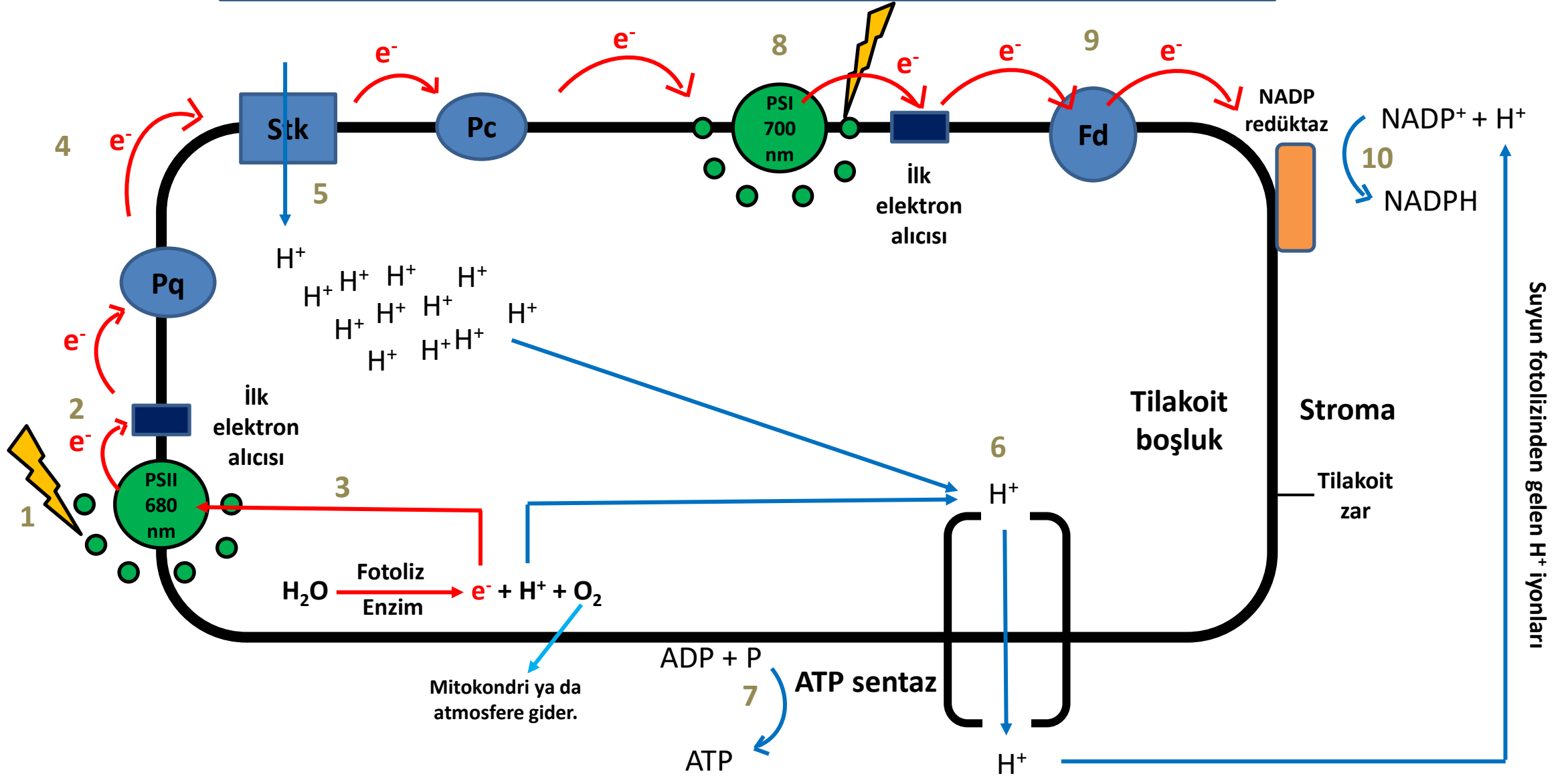
oksijenin kaynağıdır.

NADP; Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat, B3 vitamini türevi bir koenzimdir. DNA ve RNA yapısına katılmayan bir nükleotittir. 2 elektron, 1 hidrojen taşıma kapasitesi vardır.

- ETS'den aktarılan elektronlar sayesinde açığa çıkan enerji ile ETS elemanları tarafından pompalanan H^+ iyonlarının ATP sentaz aracılığı ile kullanılması sonucu ATP sentezlenmesi kemiozmotik hipotez ile açıklanmaktadır. Kemiozmotik yolla ATP sentezi Peter Mitchell adlı bilim insanı tarafından keşfedilmiştir.



FOTOFOSFORİLASYON ve KEMİOZMOTİK HİPOTEZ



FOTOFOSFORİLASYON ve KEMİOZMOTİK HİPOTEZ

1. Işık enerjisi fotosistem II tarafından soğurulur.
2. Tepkime merkezindeki klorofil a'nın elektronu koparak ilk elektron alıcısına aktarılır.
3. Su tilakoit boşluk içinde fotolize uğrayarak elektron, hidrojen ve oksijene ayırır. Elektronlar fotosistem II'nin elektron ihtiyacını karşılar. Hidrojen iyonları tilakoit boşlukta birikir. Oksijen kloroplasttan çıkıp mitokondri ya da atmosfere geçer.
4. İlk elektron alıcısındaki elektronlar ETS elemanlarına aktarılır.
5. Bu aktarım sırasında açığa çıkan enerji ile stromadaki hidrojen iyonları ETS elemanları aracılığı ile tilakoit boşluğa geçer. Tilakoit zar hidrojen iyonlarına karşı geçirgen değildir. Bu nedenle bu geçiş ETS elemanları aracılığı ile yapılır.
6. Tilakoit boşlukta biriken hidrojen iyonları zarın iki yüzeyi arasında elektriksel yük farkı oluşturur. Buna proton motiv güç denir. ATP sentaz bu gücü kullanarak hidrojen iyonlarını stromaya pompalar.
7. ATP sentaz hidrojen iyonlarını stromaya geçirirken açığa çıkan enerji ile ATP üretir. Buna fotofosforilasyon denir.
8. Fotosistem II'nin ETS elemanlarından geçen elektronlar fotosistem I'e ulaşır. Fotosistem I'in soğurduğu ışık enerjisi ile tepkime merkezindeki klorofil a'dan kopan elektronlar ETS elemanlarından geçer.
9. Elektronlar NADP molekülüne ulaşır. Bu esnada suyun fotolizinden gelen hidrojen iyonları da NADP'ye ulaşır.
10. NADP redüktaz katalizörlüğünde ETS'den gelen elektronlar ve fotolizden gelen hidrojenler NADP'ye aktarılarak NADPH üretilir.



SONUÇ

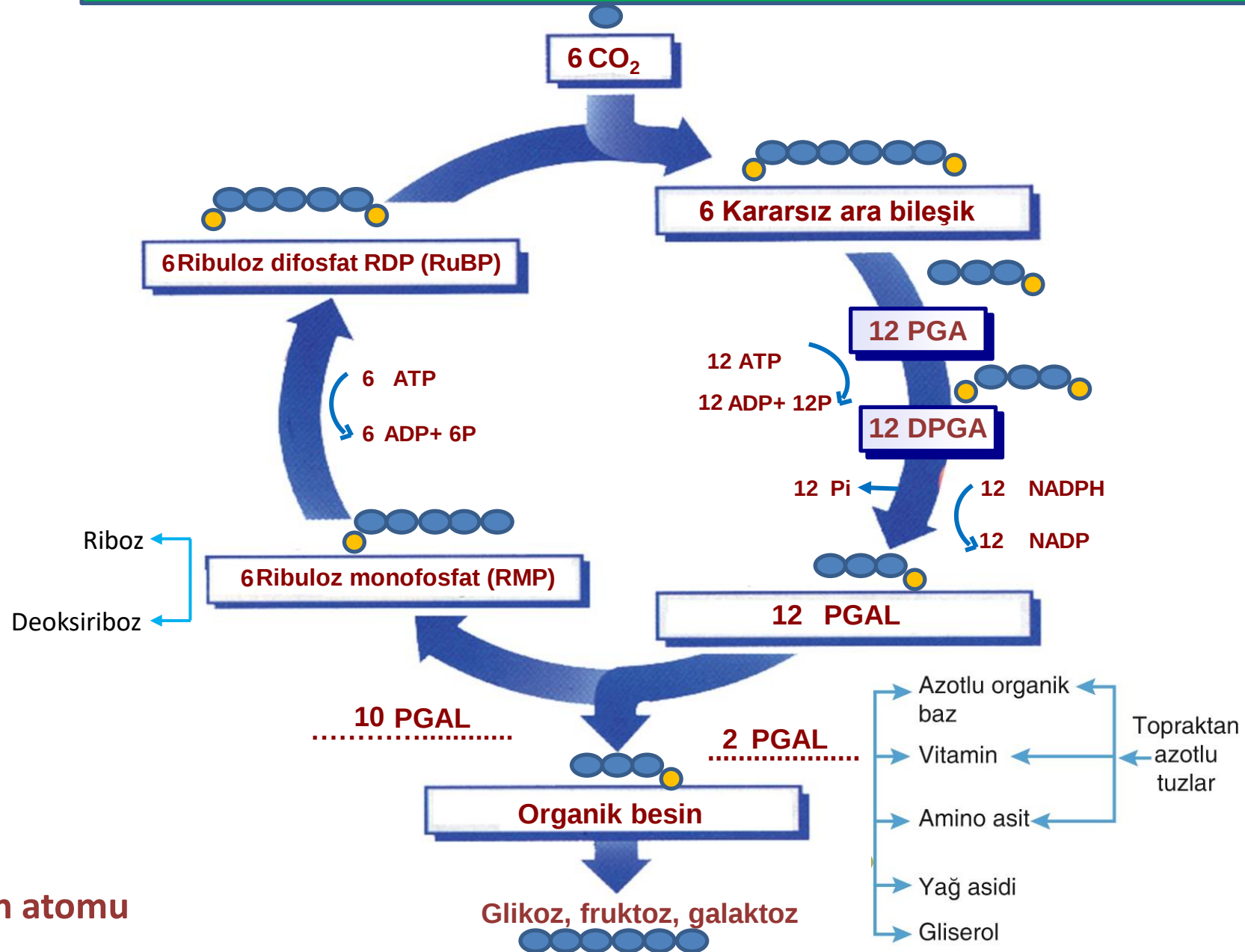
Sonuçta karbon tutma reaksiyonlarında 1CO_2 bağlayabilmek için ışığa bağımlı tepkimelerde 3 ATP, 2NADPH üretilir. 1 glikoz sentezlemek için karbon tutma reaksiyonlarında 6CO_2 bağlamak gerekir. Yani Calvin döngüsünün 6 kere gerçekleşmesi gerekir. O zaman ışığa bağımlı tepkimelerde 1 glikoz için,

$$6 \times 3 = 18 \text{ ATP}$$

$$6 \times 2 = 12 \text{ NADPH üretilir.}$$



İŞIKTAN BAĞIMSIZ TEPKİMELER (CALVIN DÖNGÜSÜ, KARBON TUTMA REAKSİYONLARI)



CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

-CANLILIK VE ENERJİ-

- Fotosentez Hızına Etki Eden Faktörler
- Kemosentez

Osman KELEŞ



FOTOSENTEZ HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Klorofil taşıyan bir hücrenin birim zamanda ürettiği O₂ veya tükettiği CO₂ miktarı fotosentez hızını gösterir.

Fotosentez Hızına Etki Eden Faktörler

Çevresel (dış) Faktörler

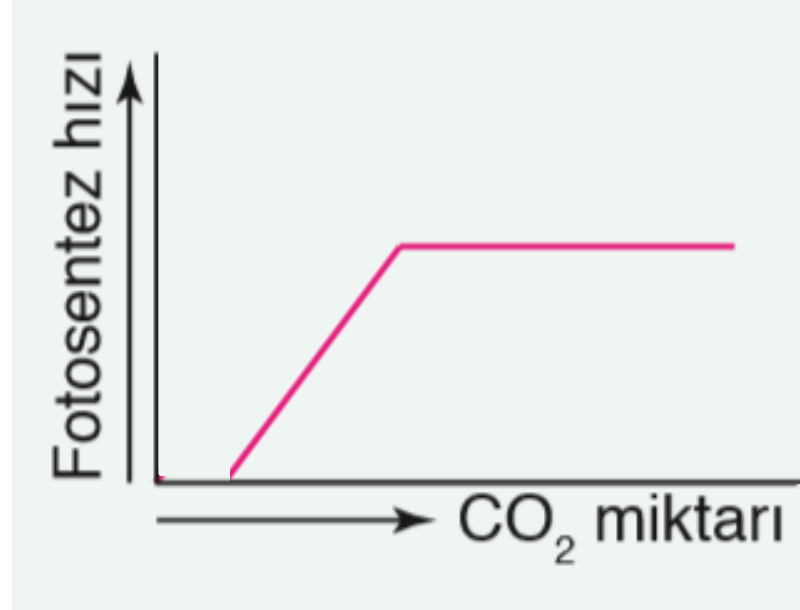
- CO₂ miktarı
- H₂O miktarı
- Işık Şiddeti
- Işığın Dalga Boyu
- Sıcaklık
- Mineraller
- pH
- Oksijen

Kalıtsal (iç) Faktörler

- Yaprak genişliği ve sayısı
- Klorofil miktarı ve kloroplast sayısı
- Kloroplasttaki su miktarı
- Enzim miktarı
- Stoma sayısı
- Stoma yeri
- Kütikula kalınlığı
- Yapraktaki tüy miktarı



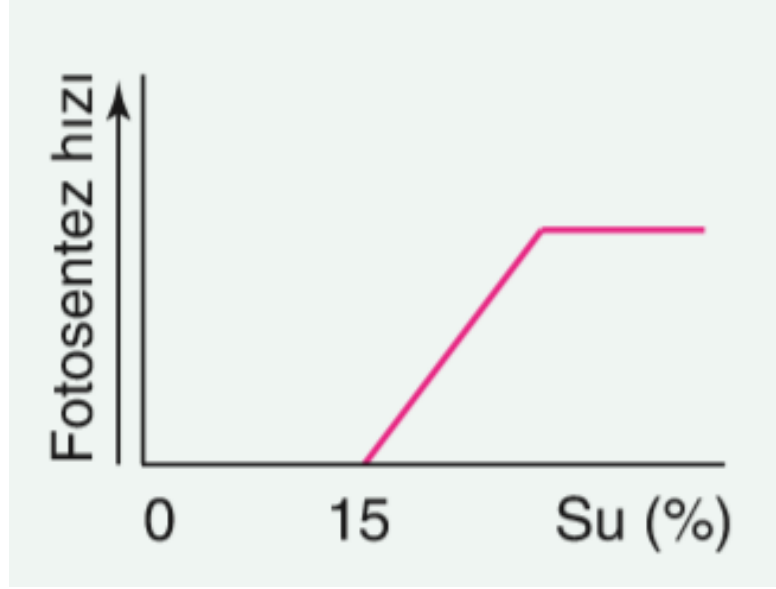
CO₂ Miktarı



- CO₂, fotosentezde besinlerin karbon ve oksijen kaynağıdır. Bu nedenle CO₂'nin olmaması fotosentezin karbon tutma tepkimelerinin durması anlamına gelir. Atmosferdeki CO₂ miktarı arttıkça fotosentez hızı artar. Ancak Bir süre sonra sabit hızla devam eder.
- Bazlardan kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂), potasyum hidroksit (KOH) ve sodyum hidroksit (NaOH) karbon dioksit tutucu maddeler olduğundan, bu maddelerin bulunduğu ortamda CO₂ tutulacağından fotosentez hızı olumsuz etkilenir.



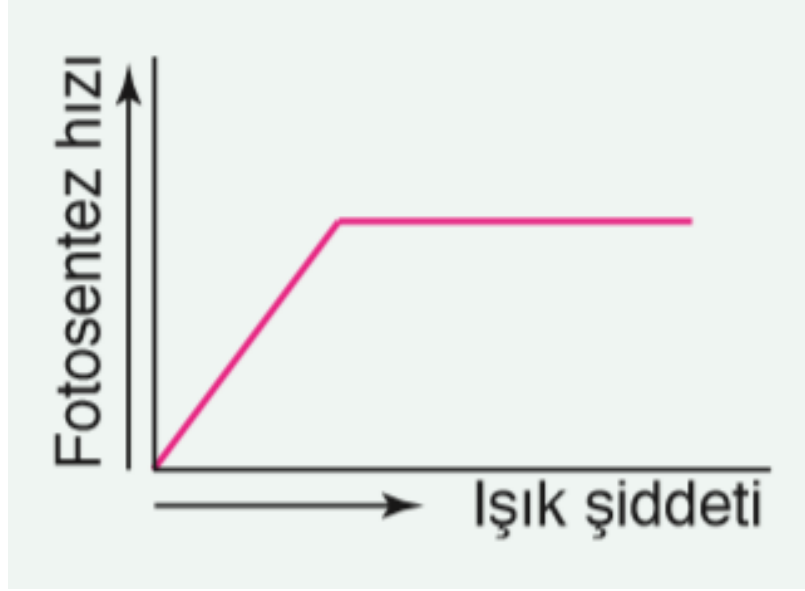
H₂O Miktarı



- Ortamdaki su miktarının artışı belirli bir değere kadar fotosentez hızında artışa neden olur. Ancak belli bir değerden sonra fotosentez hızını etkilemez.
- Su oranı %15'in altına düştüğünde ise enzimler çalışamaz hale gelir ve fotosentez gerçekleşmez.
- Su ayrıca ışığa bağımlı tepkimelerin devamlılığı için çok önemlidir. Hem elektron hem proton hem de O₂ kaynağı olduğu için su olmazsa fotosentez tepkimeleri durur.



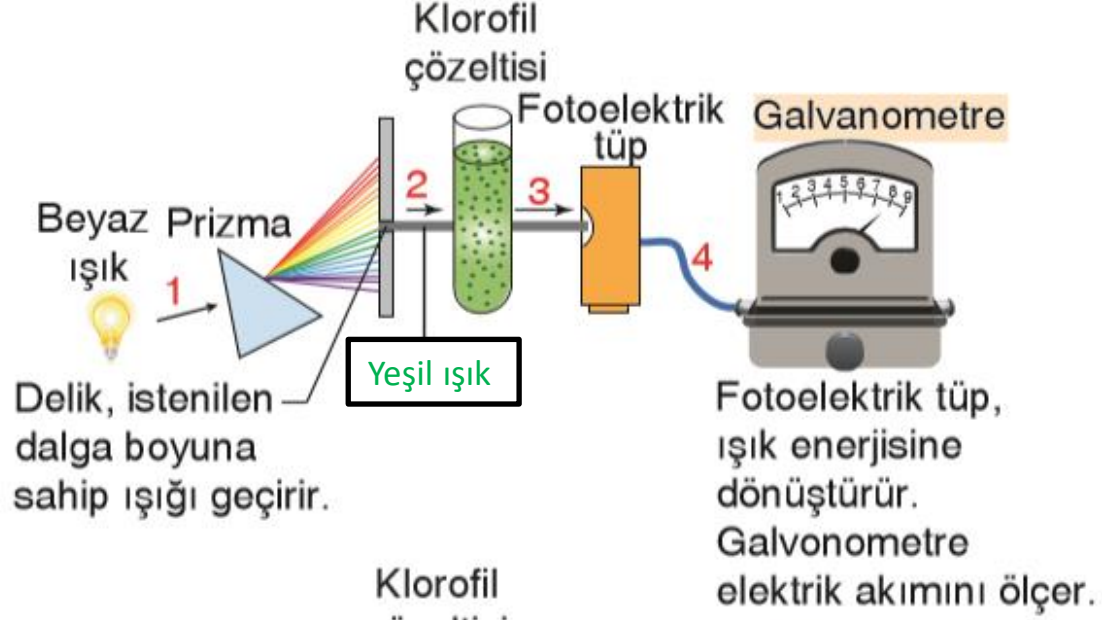
Işık şiddeti



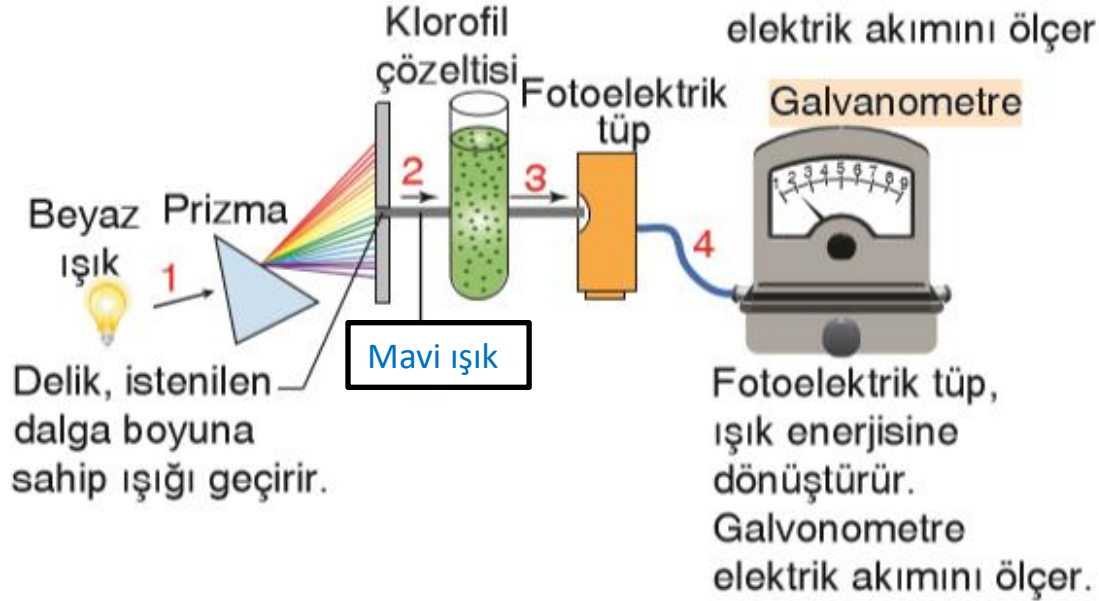
- Bitkiler ışıksız ortamda fotosentez yapamazlar.
- Işık şiddetindeki artışa bağlı olarak fotosentez hızı önce artar. Ancak belli bir değerden sonra fotosentez sabit hızla devam eder.



Klorofil Pigmentinin Soğurma Spektrumunun Belirlenmesi



Galvanometredeki değer yüksek çıktığına göre yeşil ışık, klorofil çözeltisi tarafından daha az soğurulup daha çok yansıtılan bir dalga boyudur.

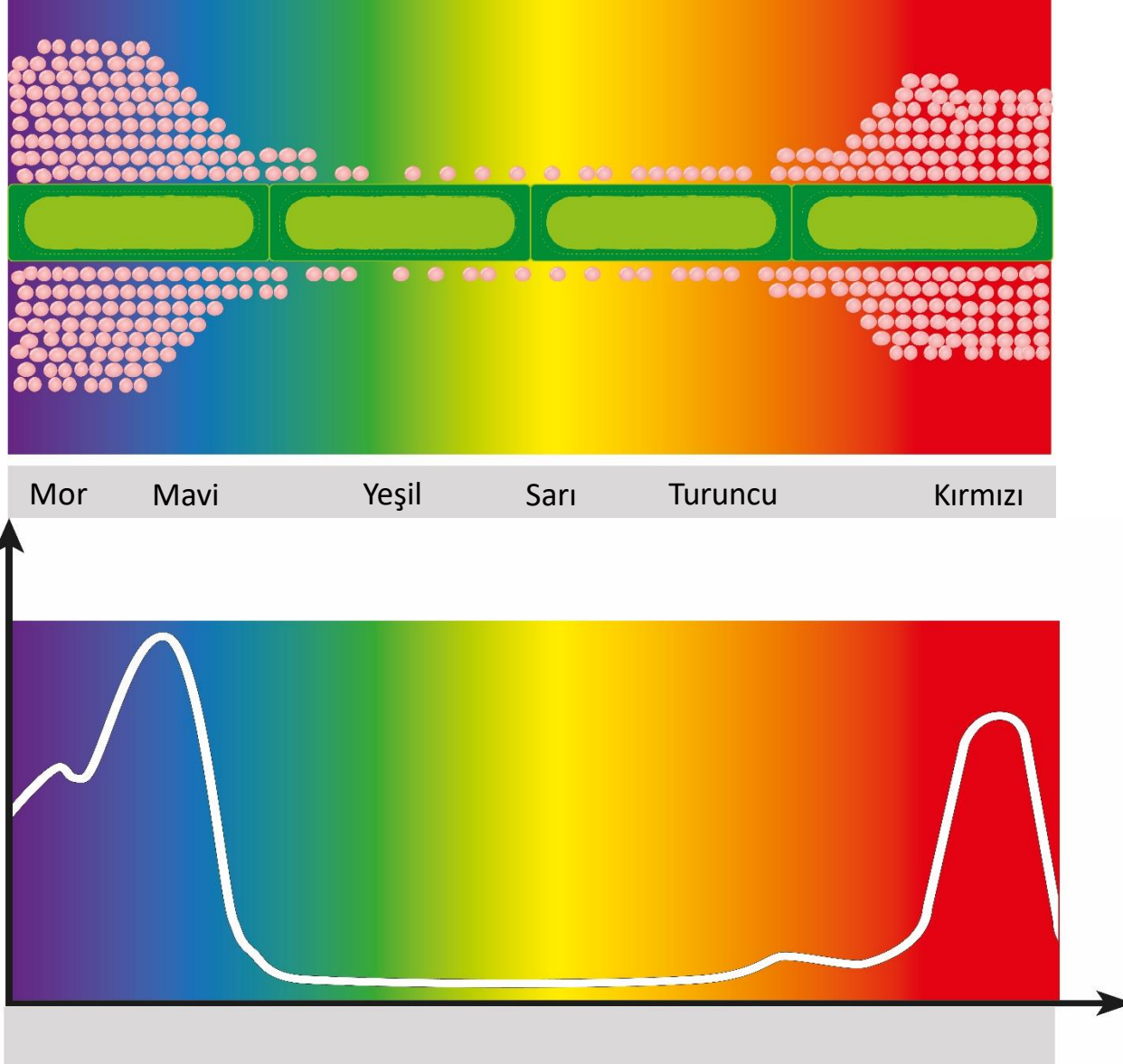


Galvanometredeki değer düşük çıktığına göre mavi ışık, klorofil çözeltisi tarafından daha çok soğurulup daha az yansıtılan bir dalga boyudur.



Işığın Dalga Boyu

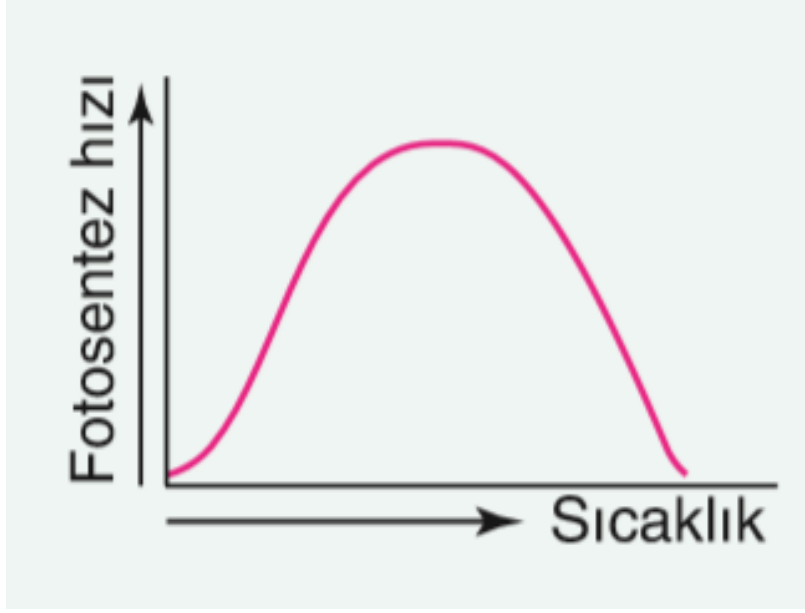
Engelmann'ın Deneyi



- Fotosentez reaksiyonları görünür ışıkta meydana gelir.
- İnsan gözü ile görülebilen ışığın dalga boyları 380 nm ile 750 nm arasında değişir.
- Fotosentez hızı, mor, mavi ve kırmızı ışıkta çok iken yeşil ışıkta azdır.



Sıcaklık



- Sıcaklık yükseldikçe fotosentez hızı artar ancak belli bir değerin üstüne çıkıldığında önce yavaşlar daha sonra da durur. Bunun nedeni enzimlerin yüksek sıcaklıkta denatürasyona uğramasıdır.

Soğuk iklimlerde yaşayan bitkiler düşük sıcaklıklarda ılıman iklimlerde yaşayan bitkilere nazaran daha hızlı fotosentez yapar. Bunun nedeni nedir?

Soğuk iklimlerde yaşayan bitkiler bulundukları çevre şartlarına en iyi şekilde adaptasyon yapmışlardır. Bu adaptasyonlardan biri de soğuk iklim bitki enzimlerinin düşük sıcaklıklarda maksimum olarak çalışabilme yeteneğidir. Bu nedenle soğuk ve ılıman bölge bitkileri düşük sıcaklığa maruz bırakıldıklarında ılıman bölge bitkilerinin enzim çalışma hızı yavaşlarken soğuk bölge bitkilerinin enzimleri maksimum hızla çalışmaktadır.



Mineraller

Mineraller,

- canlının yapısına katılma,
- bazı moleküllerin yapısına katılma,
- enzimler için kofaktör olarak kullanılma,
- hücre iç ve dış ortamındaki sıvıların ozmotik basıncını, turgor basıncını ve pH'sini ayarlama

gibi görevlere sahiptir.

Fe, bazı ETS elemanlarının yapısına katılırken, fotosentez tepkimelerinde çalışan enzimler için de bir kofaktördür.

Mg, klorofilin yapısına katılır.

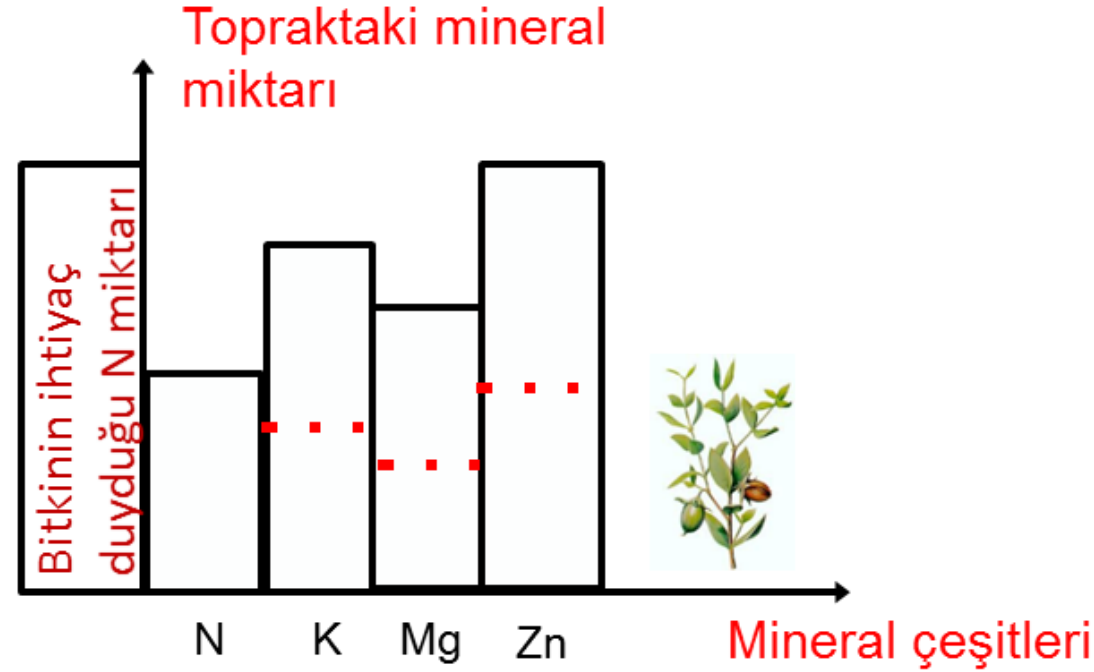
P, ATP, nükleik asitlerin hücre zarının yapısına katılır.

N, amino asitler, nükleik asitler ve vitaminlerin yapısına katılır.

Mn, K, Ca, Zn, Mo gibi bazı mineraller ise enzimler için kofaktör olarak kullanılırlar.



Minimum Yasası

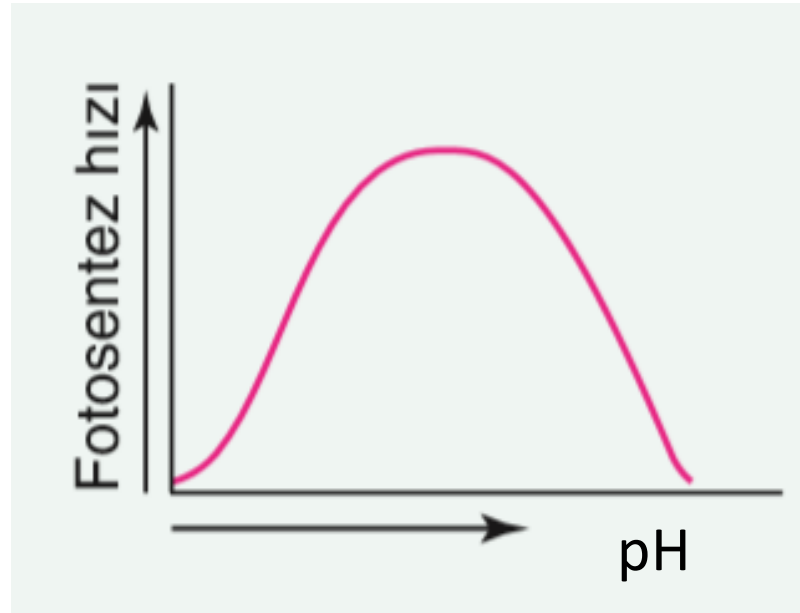


- Bitkinin gelişimi, bitkinin ihtiyacına göre ortamda miktarı en az olan faktör tarafından sınırlandırılır. Diğer faktörlerden bol miktarda olsa dahi tek bir faktörün ihtiyaçtan az bulunması durumunda bitkinin gelişimi olumsuz yönde etkilenir. Bitki az olan faktörü hangi oranda kullanıyorsa diğer faktörleri de ancak o oranda kullanabilir. Buna **minimum yasası** denir.
- Mesela; Toprakta bulunan azot, bitkinin ihtiyaç duyduğundan az ise diğer minerallerin çok olmasının bir önemi yoktur. Bitki azotu hangi oranda kullanıyorsa diğer mineralleri de ancak o oranda kullanabilecektir.



pH

- Enzimler ortamın pH değişimlerinden etkilenirler.
- Bu nedenle fotosentezdeki enzimatik reaksiyonların gerçekleşebilmesi için bitkinin pH' sinin belirli bir düzeyde tutulması gerekir.



Oksijen

- Ortamdaki oksijenin artması fotosentezi yavaşlatır. Hatta durdurabilir.
- Bunun sebebi oksijenin Calvin döngüsündeki bir enzimin (Rubisco) inhibitörü olmasından kaynaklanır. Bu durum oksijenin ket vurucu etkisi olarak bilinir.
- Ortamın tamamen oksijensiz hale getirilmesi fotosentez hızını % 20 oranında arttırabilir.

Fotosentez Ürünleri

- Fotosentez ürünlerinin ortamda aşırı artması, fotosentez hızını yavaşlatır. Bu durum yalnızca fotosentez için geçerli değil tüm enzimatik biyokimyasal tepkimelerde ürün artışı enzimler üzerine inhibisyon etkisi yapar.
- Öyle ki fotosentezde glikozun aşırı artışını engellemek için oluşan glikoz kloroplastta geçici olarak özümleme nişastasına çevrilir.



Genetik Faktörler

Yaprak genişliği ve sayısı ↗ Fotosentez hızı ↗

Klorofil miktarı ve kloroplast sayısı ↗ Fotosentez hızı ↗

Kloroplasttaki su miktarı ↗ Fotosentez hızı ↗

Enzim miktarı ↗ Fotosentez hızı ↗

Stoma sayısı ↗ Fotosentez hızı ↗

Stoma yeri { Yaprak üst epidermisinde ise Fotosentez hızı ↗
Yaprak alt epidermisinde ise Fotosentez hızı ↘

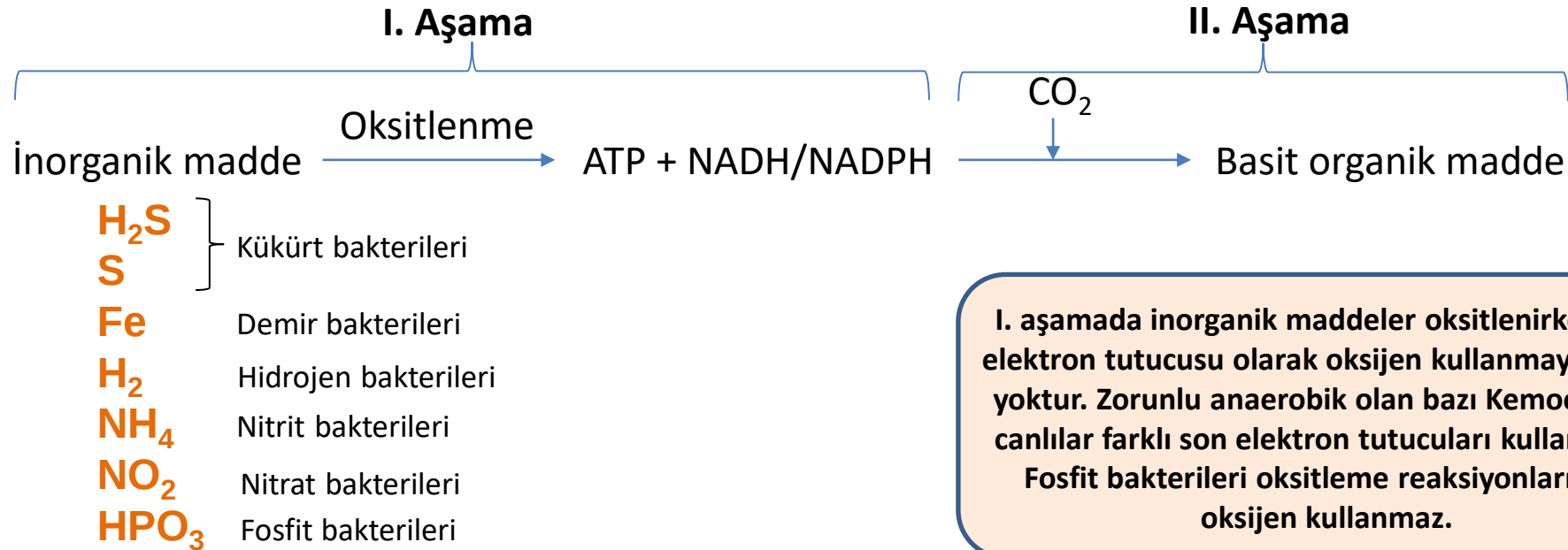
Kütikula kalınlığı ↗ Fotosentez hızı ↘

Yapraktaki tüy miktarı ↗ Fotosentez hızı ↘



KEMOSENTEZ

- Bazı bakterilerin ve arkelerin güneş enerjisi yerine, inorganik maddelerin oksidasyonu ile açığa çıkan kimyasal enerjiyi kullanarak, inorganik maddelerden basit organik madde sentezlemesine**kemosentez**....., böyle canlılara da**kemoototrof canlılar**..... denir.
- Bilinenin aksine kemosentez tepkimelerinde hidrojen ve elektron kaynağı olarak su kullanılmaz. Bu nedenle tepkimeler sonucunda oksijen gazı da açığa çıkmaz. Kemosentezde enerji kaynağı olan inorganik maddeler ayrıca hidrojen ve elektron kaynağı olarak kullanılır. Böylece kemosentezin I. aşamasında inorganik maddelerin oksidasyonunda gelen enerji ile ATP sentezlenirken, gelen hidrojen ve elektronlar NADH ya da NADPH üretiminde kullanılır. ATP ve NADH/NADPH molekülleri kullanılarak kemosentezin II. aşamasında inorganik maddelerden basit organik madde sentezlenir.
- Kemoototrof canlıların etkinliği sonucu doğada birçok canlı için zehir özelliği taşıyan bazı maddelerin zehirsiz hale getirilmesi ve bazı elementlerin doğada devirli olarak kullanılması sağlanmış olur.**



HÜCRESEL SOLUNUM VE FERMANTASYON

- Hücresel solunum
 - Oksijenli Solunum
 - Oksijensiz Solunum
- Fermantasyon
- Fotosentez-Oksijenli Solunum İlişkisi

Osman KELEŞ



HÜCRESEL SOLUNUM

Oksijenli Solunum

- Aerobik solunum olarak da bilinir.
- Basit organik maddelerin, oksijenli ortamda inorganik maddelere kadar parçalanması sonucu ATP üretilmesi olayıdır.
- ETS kullanılır. Son elektron tutucusu O_2 'dir.
- Prokaryot canlılarda sitoplazma ve hücre zarı kıvrımlarında gerçekleşirken, ökaryot canlılarda sitoplazmada başlar ve mitokondride devam eder.
- Glikoliz, krebse hazırlık, krebs döngüsü ve ETS aşamalarından oluşmaktadır.
- Bazı prokaryot ve ökaryot canlılar oksijenli solunum yapar.

Basit organik maddelerin, ETS kullanılarak hücrede yıkımıyla enerji elde edilmesine hücresel solunum denir.

Fermantasyon hücresel solunum değildir.

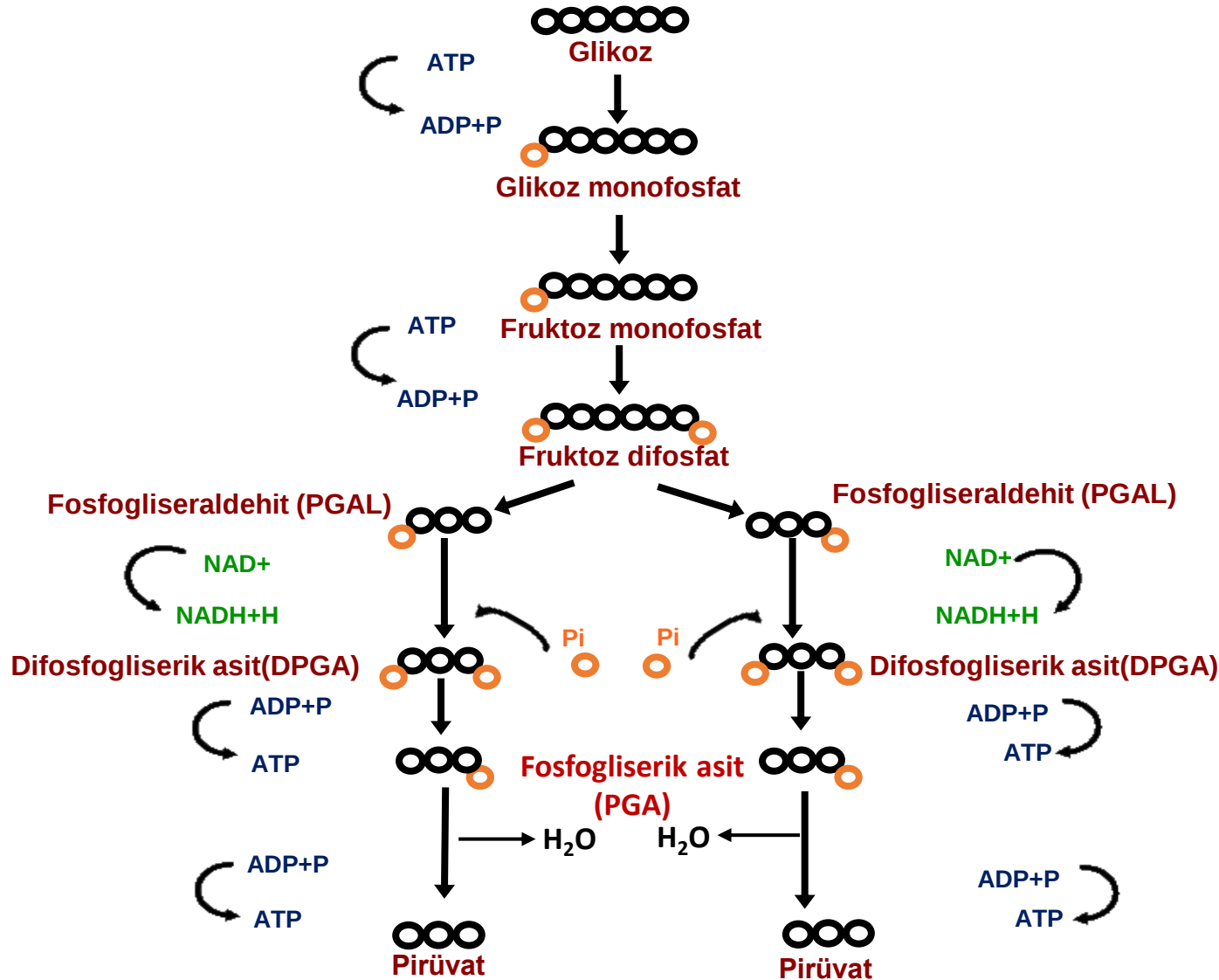
- **Oksijensiz ortam koşullarında ETS kullanmaksızın basit organik besinlerden enerji elde etmenin alternatif yoludur.**
- **Etil alkol ve laktik asit fermantasyonu en yaygın fermantasyon çeşitleridir.**
- **Glikoliz ve son ürün oluşum aşamalarından oluşmaktadır.**
- **Bazı prokaryot ve ökaryot canlılar fermantasyon yapar.**

Oksijensiz Solunum

- Anaerobik solunum olarak da bilinir.
- Basit organik maddelerin oksijensiz ortamda parçalanması sonucu ATP üretilmesi olayıdır.
- ETS kullanılır. Ancak son elektron tutucusu elektronegatifliği O_2 'den daha düşük olan bir molekül olmalıdır.
- Örnl: Sülfat (SO_4), Kükürt (S), Nitrat (NO_3), Nitrit (NO_2), CO_2 , Fe, Fumarat, Potasyum nitrat, sodyum nitrat, karbonat.
- Azot döngüsünde görev alan bazı bakteriler toprakta ve suda bulunan nitratı (NO_3) oksijensiz solunumda kullanarak moleküler azot (N_2) şeklinde atmosfere gönderir. Bu olaya denitrifikasyon denir.
- Glikoliz, krebse hazırlık, krebs döngüsü ve ETS aşamalarından oluşmaktadır.
- Bazı prokaryot canlılar oksijensiz solunum yapar.



GLİKOLİZ



- Bir molekül glikozun 2 pirüvat molekülüne yıkılması olayına glikoliz denir.
- Sitoplazmada gerçekleşen bu olayda glikozu aktifleştirmek için 2 ATP tüketilir, substrat düzeyinde fosforilasyonla 4 ATP sentezlenirken 2 NADH+H⁺ üretilir.
- Tepkimelerin başında 2 ATP harcadığı için net 2ATP kazancı vardır.

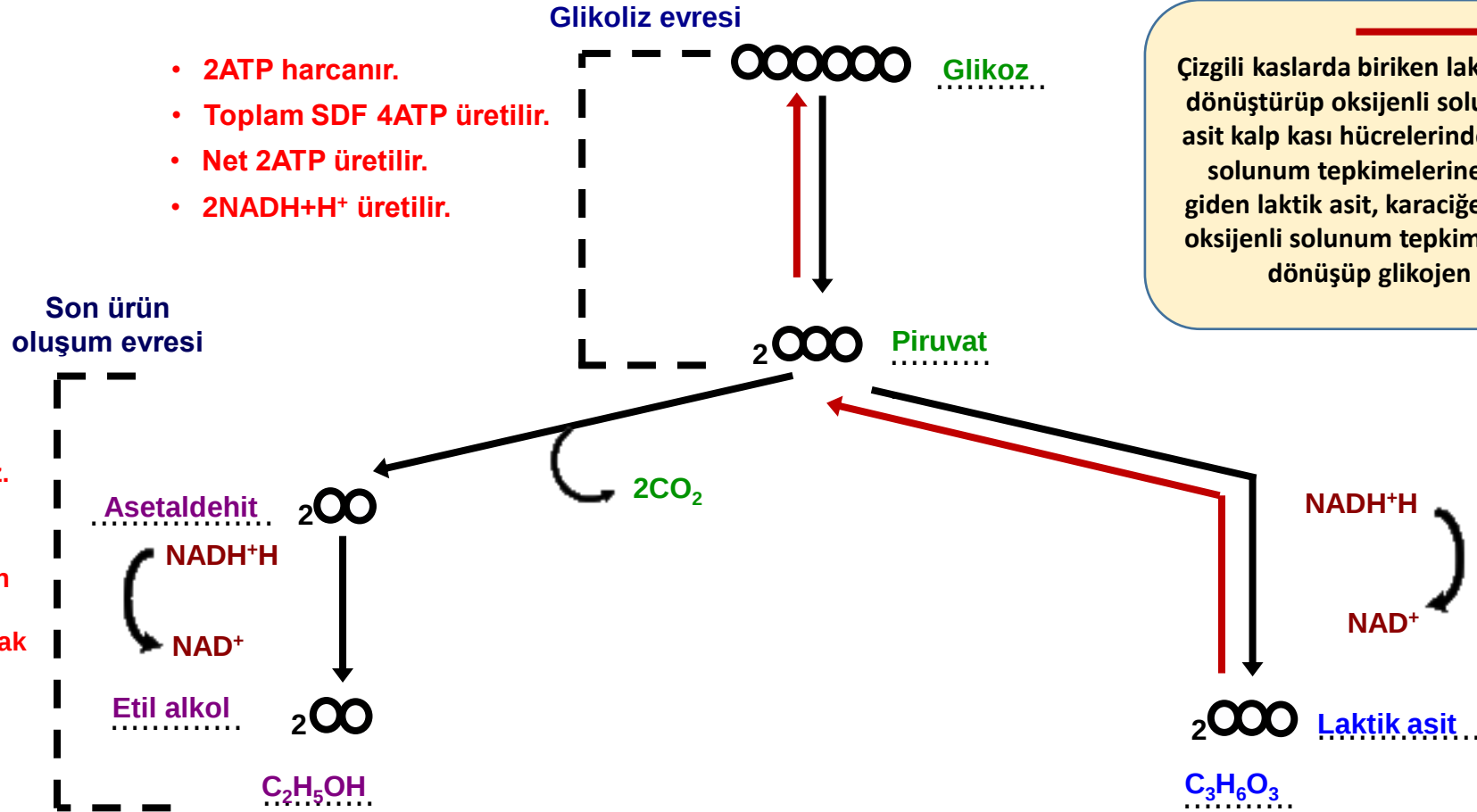
NAD NEDİR?

Nikotinamid Adenin Dinükleotit. DNA ve RNA' da bulunmayan bir nükleotittir. B3 vitamininin bir türevidir. Yani bir çeşit koenzimdir. Organik besinlerdeki 2 eletron ve 1 protonu (H⁺) alarak NADH+H şeklinde indirgenir.

- Aslında PGA'den pirüvata dönüşüm esnasında 2 molekül H₂O açığa çıkar. Hücresel solunum ve fermantasyon olayları için glikoliz tepkimeleri ortak olduğundan bu olaylar sırasında H₂O açığa çıkması ortaktır.



FERMANTASYON



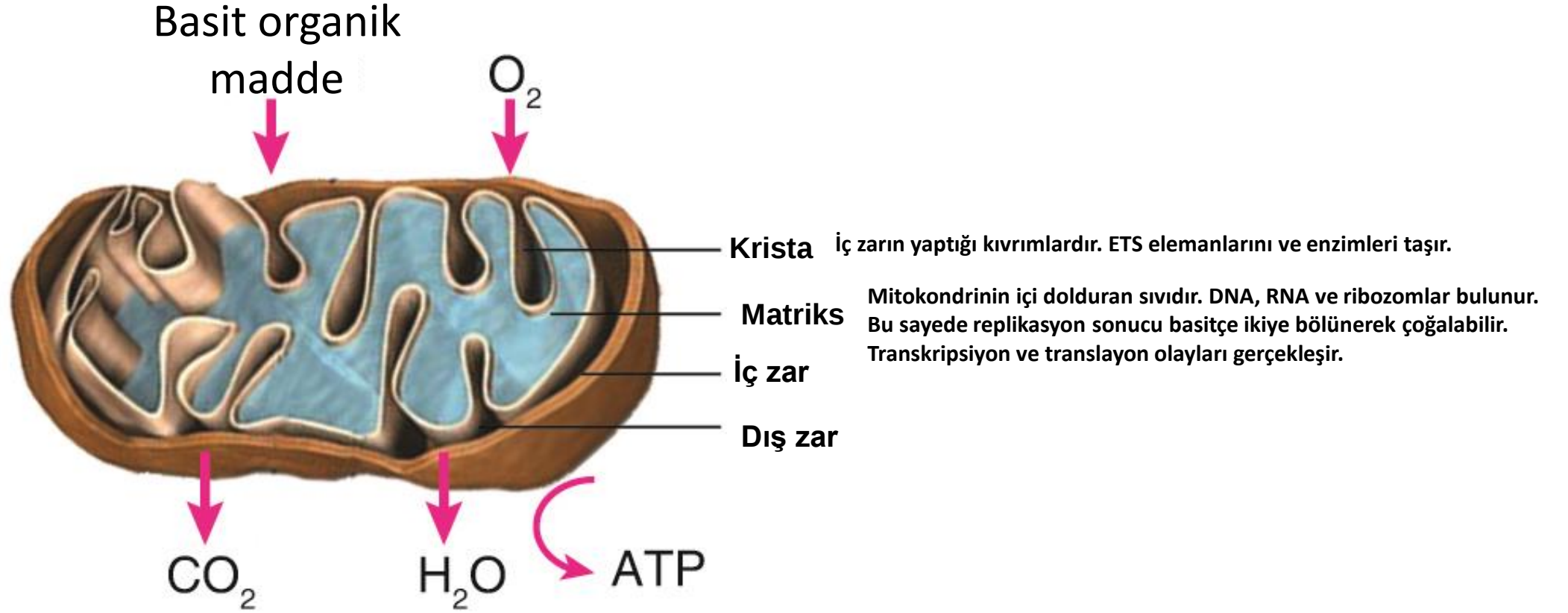
- Bazı prokaryot ve ökaryot hücrelerde etil alkol fermantasyonu görülür.
- Hamurun mayalanmasında, bira yapımında kullanılan maya mantarları etil alkol fermantasyonu yapar.
- Şarap, soya sosu, sirke yapımında kullanılan bakteriler etil alkol fermantasyonu yapar.
- Bazı bitki tohumları ve bataklık bitkilerin köklerinde bulunan hücreler etil alkol fermantasyonu yapar.

- Bazı prokaryot ve ökaryot hücreler laktik asit fermantasyonu yapar.
- Sütten yoğurt ve peynir eldesinde kullanılan bakteriler laktik asit fermantasyonu yapar.
- Turşu, salamura zeytin yapımında kullanılan bakteriler laktik asit fermantasyonu yapar.
- Omurgalıların olgun alyuvar hücreleri, çizgili kas hücreleri ve damar tıkanıklığı sonucu oksijensiz kalan kalp kası hücreleri laktik asit fermantasyonu yapar.

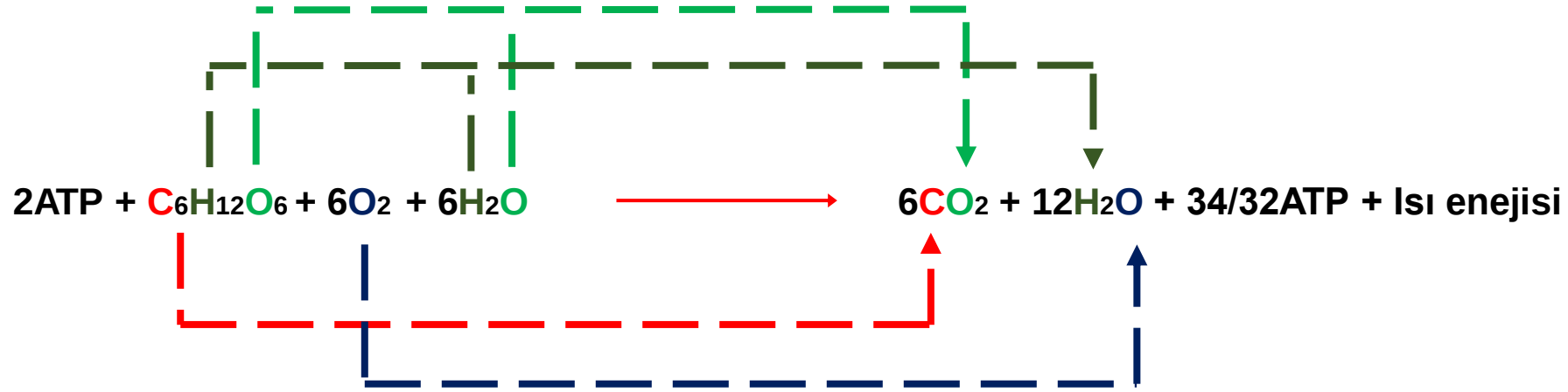


OKSİJENLİ SOLUNUM

- Ökaryot canlılarda oksijenli solunum tepkimeleri**sitoplazmada**..... başlar**mitokondride**.... devam eder.
- Prokaryot canlılarda ise**sitoplazmada**..... başlar**hücre zarı kıvrımında**..... devam eder.



OKSİJENLİ SOLUNUMUN GENEL DENKLEMİ VE BASAMAKLARI



Oksijenli solunum;

- Glikoliz
- Krebse hazırlık evresi ve Krebs Döngüsü
- ETS

olmak üzere üç evrede gerçekleşir.

Glikoliz

Prokaryotlarda Ökaryotlarda

Sitoplazmada Sitoplazmada

**Krebse hazırlık evresi
ve Krebs Döngüsü**

Prokaryotlarda Ökaryotlarda

Sitoplazmada Matrikste

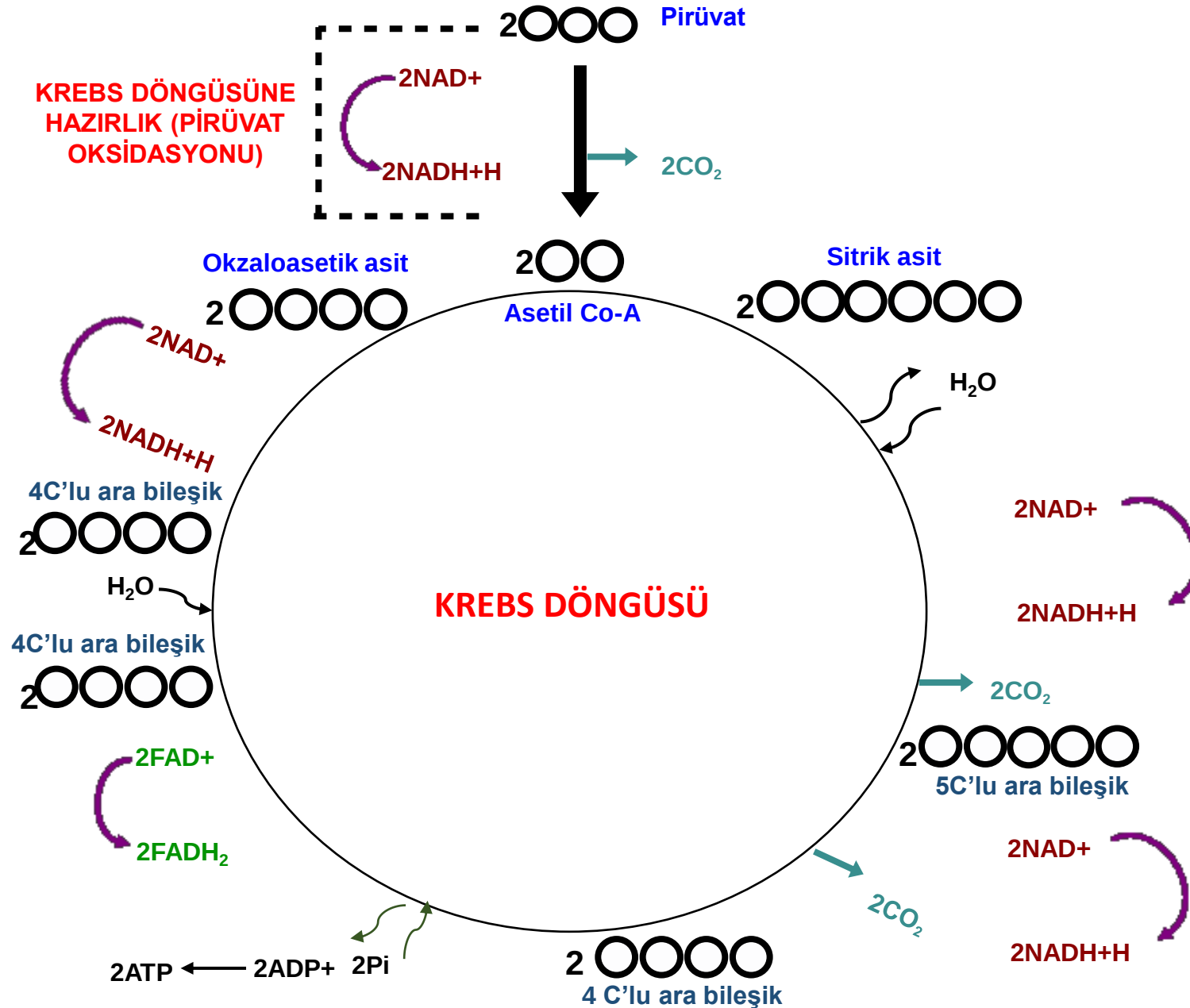
ETS

Prokaryotlarda Ökaryotlarda

Hücre zarı kıvrımında Kristada



KREBS DÖNGÜSÜNE HAZIRLIK VE KREBS DÖNGÜSÜ

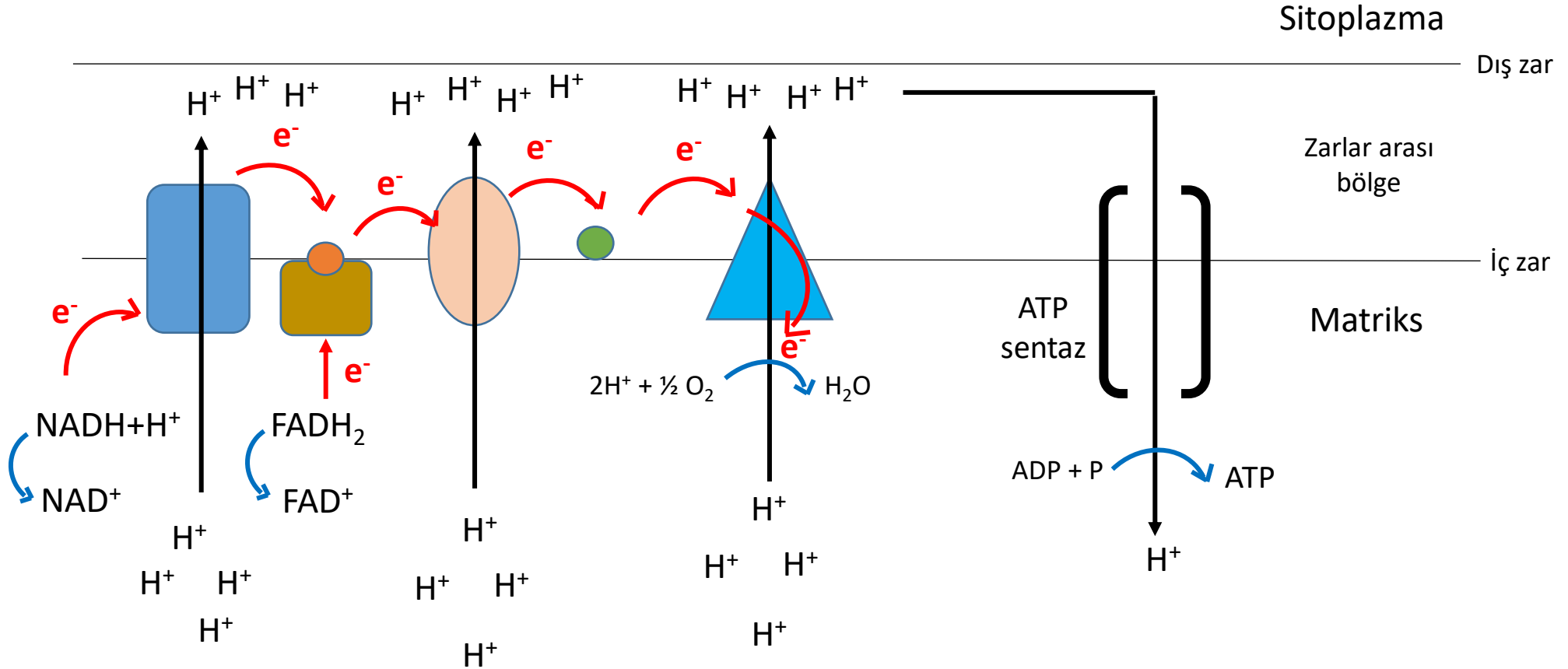


- Sitrik asit döngüsü olarak da bilinen krebs döngüsü tepkimeleri Hans Krebs tarafından keşfedilmiş olup Krebs, bu çalışma sayesinde nobel ödülü kazanmıştır.
- Krebse hazırlık ve krebs döngüsünde meydana gelen tepkimeler sayesinde organik bileşiklerdeki elektronlar ve hidrojenler NAD ve FAD moleküllerine aktarılır.
- Krebse hazırlık aşamasında 2 NADH+H⁺ ve 2 CO₂ üretilir.
- Krebs döngüsünde ise 6 NADH+ H⁺, 2 FADH₂, 4 CO₂ ve substrat düzeyinde fosforilasyonla 2 ATP üretilir.

FAD Nedir?

FAD⁺ ; Flavin Adenin Dinükleotit. DNA ve RNA'da bulunmayan bir nükleotittir. B2 vitamini türevidir. Yani bir çeşit koenzimdir. Organik besinlerdeki 2 elektron ve 2 protonu (H⁺) alarak FADH₂ şeklinde indirgenir.

ETS (ELEKTRON TAŞIMA SİSTEMİ)



- Oksijenli solunumun glikoliz, krebse hazırlık ve krebs döngüsünden gelen $\text{NADH} + \text{H}^+$ molekülleri ile krebs döngüsünden gelen FADH_2 molekülleri ETS elemanlarına elektron verirken matrikse hidrojen iyonlarını bırakır.
- Elektronlar ETS elemanları arasında indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ile aktarılırken açığa çıkan enerji ile matriksteki hidrojen iyonları ETS elemanları aracılığıyla zarlara arası bölgeye pompalanır.
- Zarın iki yüzeyi arasında oluşan elektriksel yük derişim farkı proton motiv güç oluşturur. ATP sentaz, zarlar arası bölgede biriken hidrojen iyonlarını matrikse pompalarken açığa çıkan enerji ile ATP sentezler. Bu şekilde ATP sentezlenmesine oksidatif fosforilasyon, bu mekanizmayı açıklayan hipoteze kemiozmotik hipotez denir.
- Son elektron tutucusu olan oksijen molekülüne aktarılan oksijen ve matrikse dönen hidrojen iyonları bir araya gelerek su üretilir.

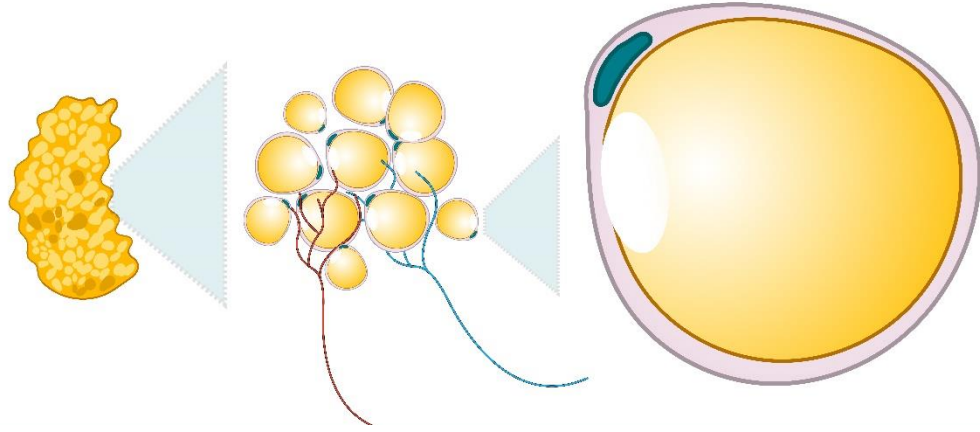


NOTLAR

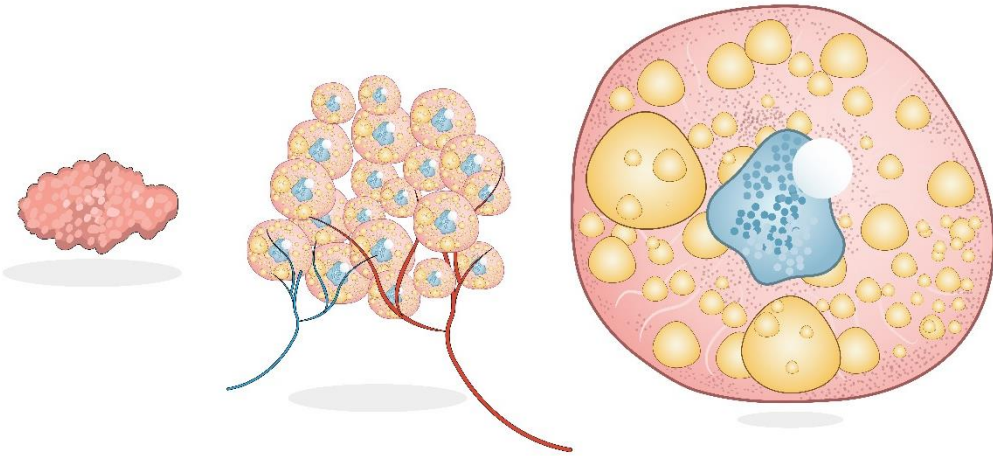
- Kristada bulunan ETS elemanlarının birincisinden sonuncusuna doğru ETS elemanlarının elektronegatiflik özellikleri artar. Yani elektronegatifliği en fazla olan molekül oksijendir. Elektronlar ETS'den geçerken enerjileri kademeli olarak azalır. Yani elektronegatifliği en fazla olan oksijen, en az enerjisi olan eletronları almış olur. Bu sayede hücre, elektronların sahip olduğu enerjiden zarar görmeden faydalanabilmektedir. Elektronların aktarımından çıkan enerji, H pompalamak için ve mitokondriye bazı moleküllerin alınması için kullanılırken enerjinin bir kısmı da ısı olarak yayılır. Biraz önce bahsettiğimiz nedenlerden dolayı bir glikoz molekülündeki enerjinin tamamı ATP'ye aktarılamaz. Enerjinin yaklaşık %34'ü ATP sentezlenmesi için kullanılır.
- $1\text{NADH}+\text{H}^+$ molekülünün getirdiği elektronlar ETS'den geçtiğinde 2,5 ATP sentezlenirken 1FADH_2 molekülünün getirdiği elektronlar ETS'den geçtiğinde 1,5 ATP sentezlenir. Bunun nedeni $\text{NADH}+\text{H}^+$ moleküllerinin ilk ETS elemanına elektron aktarıp zarlar arası bölgeye daha fazla hidrojen pompalattırmasıdır. FADH_2 ise ikinci ETS elemanına elektron transferi yaptığı için zarlar arası bölgeye daha az hidrojen pompalanır.
- Bir glikoz molekülü karaciğer hücrelerinde oksijenli solunumda kullanılırsa beyin hücrelerine göre oksidatif fosforilasyonla daha fazla ATP sentezlenmesine neden olur. Bunun nedeni ise karaciğer ve beyin hücrelerinin sahip olduğu mitokondrilerde, mekik sistemlerinin farklı olmasıdır. Karaciğer hücresindeki mitokondrilerin mekik molekülleri glikolizden gelen $\text{NADH}+\text{H}^+$ moleküllerinin elektronlarını matriksteki NAD moleküllerine, beyin hücrelerinin mitokondrilerindeki mekik molekülleri ise matriksteki FAD molekülüne aktarmasıdır. Glikolizde üretilen $\text{NADH}+\text{H}^+$ molekülleri, sitoplazmadan mitokondri matriksine geçemez. Bu nedenle bu molekülün taşıdığı elektronlar mekikler sayesinde matriksteki NAD ya da FAD moleküllerine aktarılması gerekir.
- Oksijenli solunumda en fazla ATP üretimi ETS aşamasında oksidatif fosforilasyonla gerçekleşir.



KAHVERENGİ YAĞ DOKUSU



SARI YAĞ DOKUSU

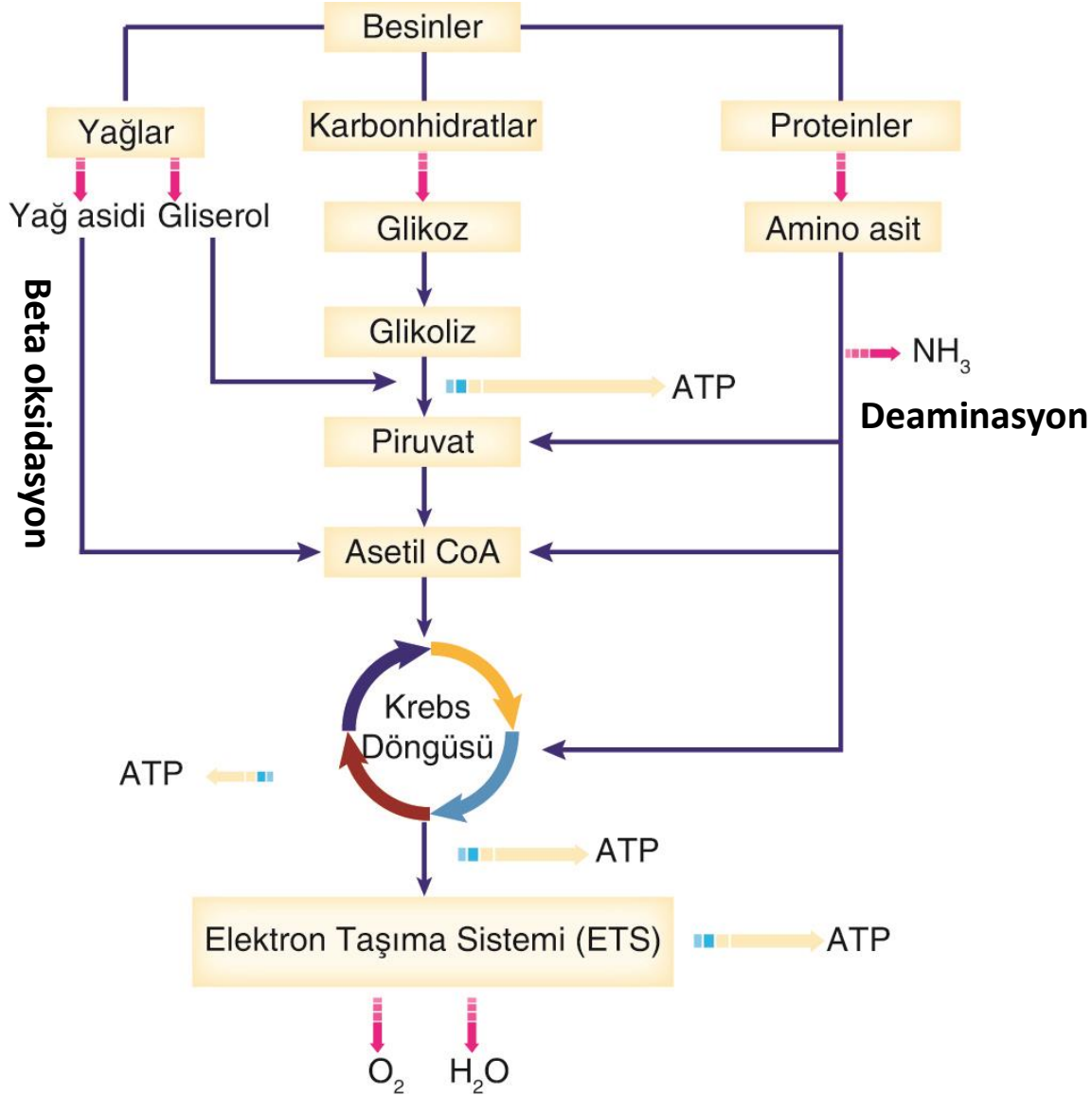


KAHVERENGİ YAĞ DOKUSU

Kahverengi yağ dokusundaki mitokondrilerin iç zarında termogenin adı verilen bir kanal proteini bulunur. Bu protein zarlar arası bölgeden gelen hidrojenleri matrikse pompalayabilme özelliğine sahiptir. Bu hidrojenler ATP sentaz yerine termogenin proteini aracılığıyla matrikse pompalandığında ATP yerine ısı enerjisi üretimi gerçekleşir. Bu olay sayesinde açığa çıkan ısı, vücut sıcaklığını düzenlemede kullanılmaktadır. Yeni doğan çocuklarda ve kış uykusuna yatan hayvanlarda bu mekanizma devreye girmektedir. İnsanlarda bebeklikten itibaren yaş ilerledikçe vücudundaki kahverengi yağ dokusu oranı azalıp sarı yağ dokusu oranı artmaktadır.



FARKLI BESİNLERİN OKSİJENLİ SOLUNUMA KATILIM YOLLARI



Gliserol, fofogliseraldehite dönüştürülerek, yağ asitleri ise beta oksidasyon tepkimeleri sonucu asetil CoA'ya dönüştürülerek oksijenli solunuma girer.

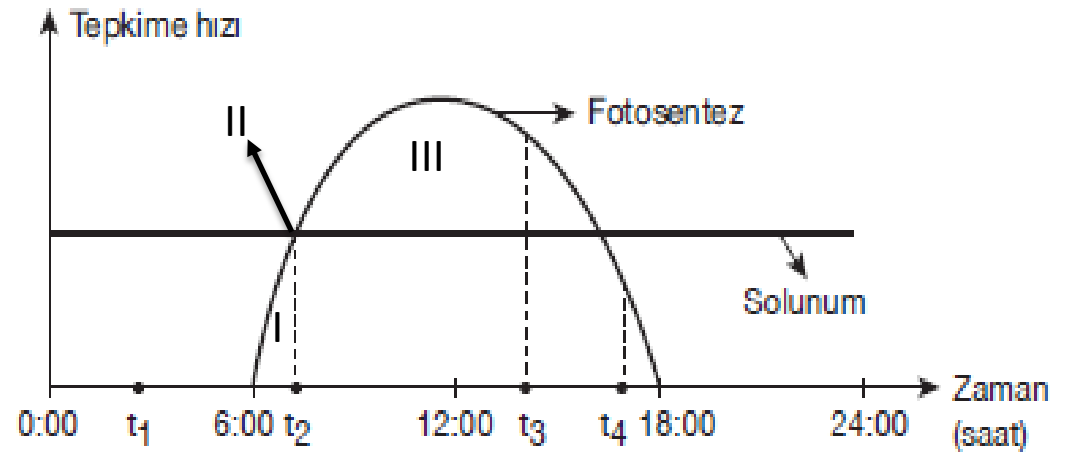
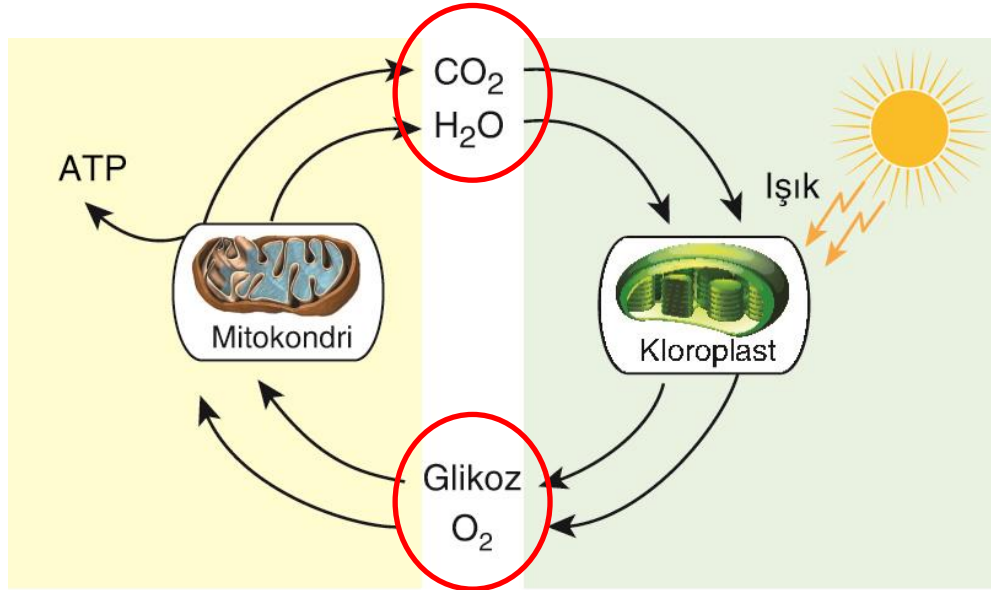
Amino asitler ise taşıdıkları C atom sayısına göre, pirüvat, asetil Co-A'ya ve krebs çemberinde görevli farklı ara ürünlere dönüştürülerek oksijenli solunuma katılırlar.

Hücre solunumunda en çok enerjinin yağ yapı birimlerinden sağlanmasının nedeni yağların yapısında çok miktarda H atomu bulunmasıdır. Ancak 1. dereceden enerji kaynağı olarak kullanılmamalarının sebebi ise parçalanmalarının güç oluşu ve yapı malzemesi olarak kullanılmalarıdır. Yapılarında çok miktarda H atomu bulunması sebebiyle parçalanmaları sonucu metabolik su oluşumu en fazla olan besindir.

FOTOSENTEZ-OKSİJENLİ SOLUNUM İLİŞKİSİ

Fotosentez ürünleri, mitokondri için substrat iken, solunum ürünleri de kloroplast için substrat olarak kullanılır.

Bitkiler gündüz ve gece boyunca solunum yaparlar. Ancak fotosentezi sadece gündüzleri yapar.



- I Fotosentez hızı < Solunum hızı ➡ Atmosfere O₂ verilmez. Hatta O₂ alınarak CO₂ verilir.
- II Fotosentez hızı = Solunum hızı ➡ Atmosfere O₂, CO₂ verilir alınmaz. Solunum ürünleri fotosentez için, fotosentez ürünleri solunum yapmak için yeterlidir.
- III Fotosentez hızı > Solunum hızı ➡ Atmosfere O₂ verilir. Atmosferden CO₂ alınır.