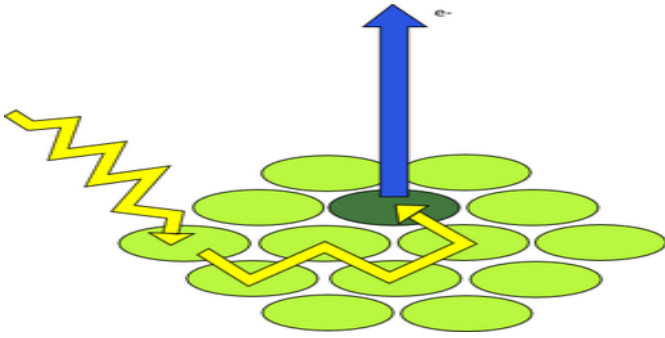


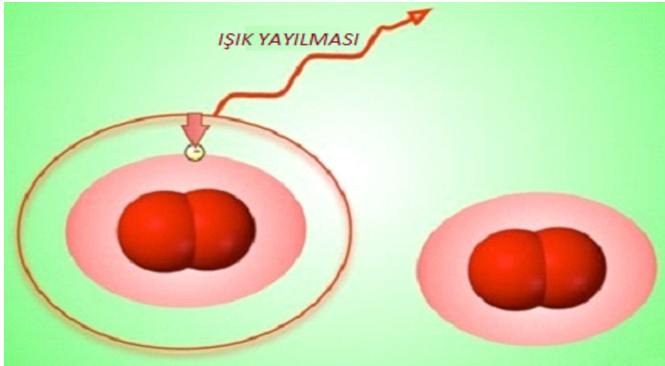
## Klorofilin Işık Tarafından Etkinleştirilmesi

Bir molekül, bir foton absorblayınca molekülün elektronlarından biri potansiyel enerjisinin daha yüksek olduğu bir yörüngeye yükselir. Elektron, normal yörüngesindeyken, pigment molekülünün temel durumda olduğu varsayılır.

Bir fotonun absorpsiyonu sonucunda elektronun daha yüksek enerjili seviyeye çıkmasıyla klorofil uyarılmış olur. Pigmentler tarafından sadece elektronun mevcut yörüngesi ile uyarılmış halde yükseleceği yörüngesi arasındaki fark kadar enerjiye sahip olan fotonlar soğurulur. Bu da demek olur ki, her pigmentin soğuracağı ışık farklı dalga boyundadır.



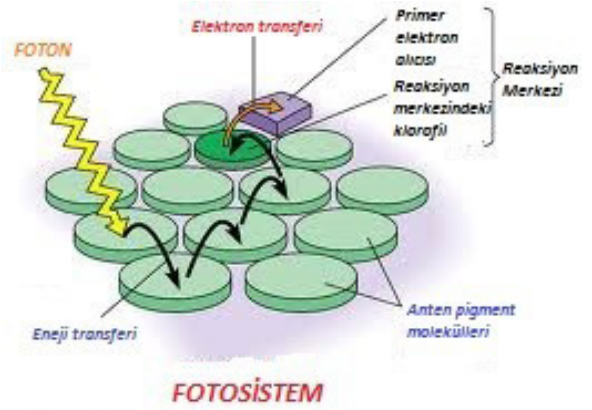
İzole edilmiş bir pigmentin foton enerjisini soğurması sonucu uyarılmasıyla üst enerji seviyesine yükselen elektron, normal seviyesine dönerken iki yörünge arasındaki enerji farkını ısı ve ışık olarak ortama salar.



Hücrede bulunan kloroplastlarda ışığın soğurulmasıyla enerjisi yükselen elektron, başlangıçtaki enerji seviyesine dönmeden farklı moleküller tarafından tutulur.

Bu şekilde ışık enerjisi fotosentezde kullanılabilir hale dönüştürülmeye başlanmış olur.

Tilakoid zarın doğal ortamında klorofil, proteinler ve daha küçük diğer organik moleküllerle birlikte fotosistemler şeklinde düzenlenmiştir.



Bir fotosistem, birkaç yüz adet klorofil - a, klorofil - b ve karotenoid molekülü içeren ve ışık toplayan bir anten kompleksine sahiptir.

Herhangi bir anten molekülü tarafından soğurulan enerji, reaksiyon merkezindeki klorofil - a molekülüne ulaşana kadar bir molekülden diğerine aktarılır. Reaksiyon merkezi, fotosentezde ışık tarafından gerçekleştirilen ilk kimyasal reaksiyonun olduğu yerdir.

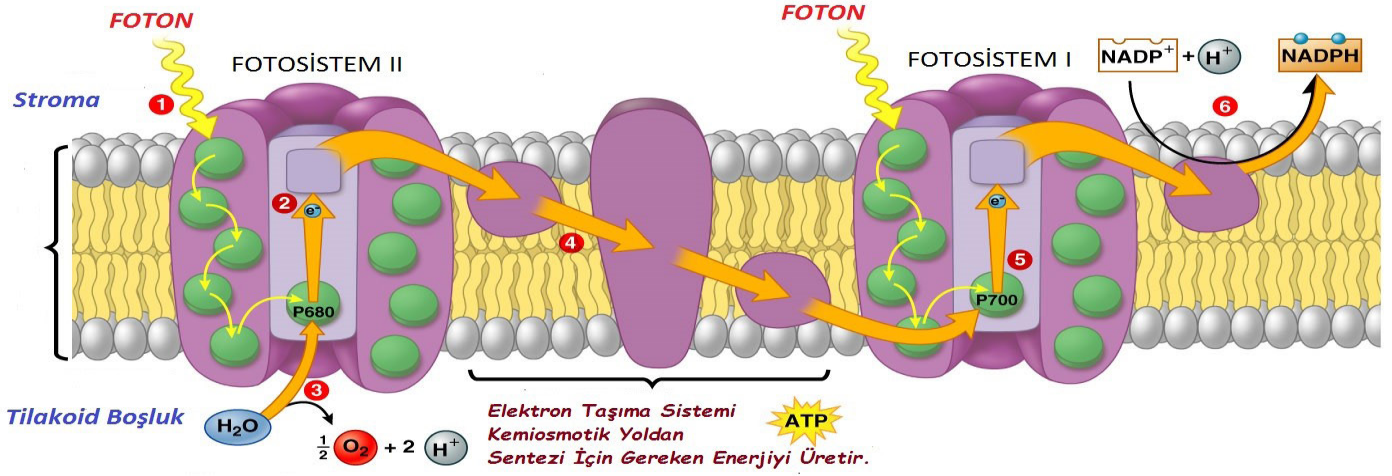
Tilakoid zarında, fotosentezin ışık reaksiyonlarında işbirliği yapan ve keşfedilme sıralarına göre adlandırılan fotosistem I ve fotosistem II olmak üzere 2 tip fotosistem yerleşmiştir.

Fotosistem I ve fotosistem II'nin her ikisinde de kendine has bir reaksiyon merkezi vardır.

Reaksiyon merkezlerinin her ikisinde de çeşitli proteinlerle birlikte klorofil - a molekülü bulunmaktadır. Reaksiyon merkezlerindeki proteinlerin farklı olması bu fotosistemlerin farklı dalga boylarındaki ışıkla uyarılmalarının altında yatan sebeptir.

Fotosistem I dalga boyu 700 nanometre olan ışığı en iyi şekilde absorbe edebildiğinden buradaki klorofil P700, fotosistem II ise dalga boyu 680 nanometre olan ışığı en iyi şekilde absorbe edebildiğinden buradaki klorofil de P680 olarak adlandırılır.

Fotosistem I ve fotosistem II'den ışık etkisiyle fırlatılan elektronların akışıyla fotosentezin ışık reaksiyonları safhası başlamış olur.



## Işık Reaksiyonları Safhası

Işık reaksiyonları safhası kloroplastın granullarında meydana gelir ve ışık olmadan gerçekleşmez.

Bu evre, güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülüp ATP şeklinde depolandığı reaksiyon basamaklarından oluşur.

Ayrıca klorofil tarafından soğurulan ışık sayesinde su molekülleri parçalanır (fotoliz).

Suyun fotolizinden açığa çıkan hidrojenler, NADP<sup>+</sup> koenzimi tarafından NADPH şeklinde ileriki kademelerde kullanılmak üzere taşınırken, oksijen ise atmosfere verilmektedir.

O halde H<sub>2</sub>O, fotosentezde fotolize edilerek,

- ✓ NADP<sup>+</sup> koenzimleri için proton (H<sup>+</sup>)
- ✓ Fotosistem II için elektron (e<sup>-</sup>) ve
- ✓ Atmosfer için oksijen

sağlamaktadır.

Işık, kloroplastların tilakoid zarlarına gömülmüş olan iki fotosistemi enerjilendirerek NADPH ve ATP sentezlenmesini sağlar.

Işık, kloroplastların tilakoid zarlarına gömülmüş olan iki fotosistemi enerjilendirerek NADPH ve ATP sentezlenmesini sağlar.

Bu kademede gerçekleşen olaylar sırasıyla şöyle özetlenebilir.

Fotosistem II tarafından ışık absorblanınca, reaksiyon merkezinde yer alan klorofil molekülündeki uyarılmış elektron, primer elektron alıcısı tarafından yakalanır.

Yükseltgenen klorofil molekülünün elektron açığının kapatılması gerekir. Bunun için H<sub>2</sub>O, molekülündeki elektronlar bir enzim tarafından açığa çıkarılır ve bu elektronlar fotosistem II deki elektron açığının kapatılmasında kullanılır.

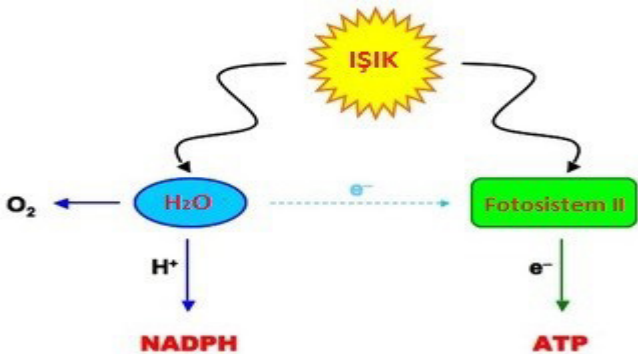
Bu reaksiyon sonucunda bir su molekülü, iki H<sup>+</sup> iyonu ve bir oksijen atomuna ayrışır. Oksijen atomu süratle bir diğer oksijen atomu ile birleşir ve O<sub>2</sub> molekülünü oluşturur. Oluşan oksijen atmosfere bırakılır.

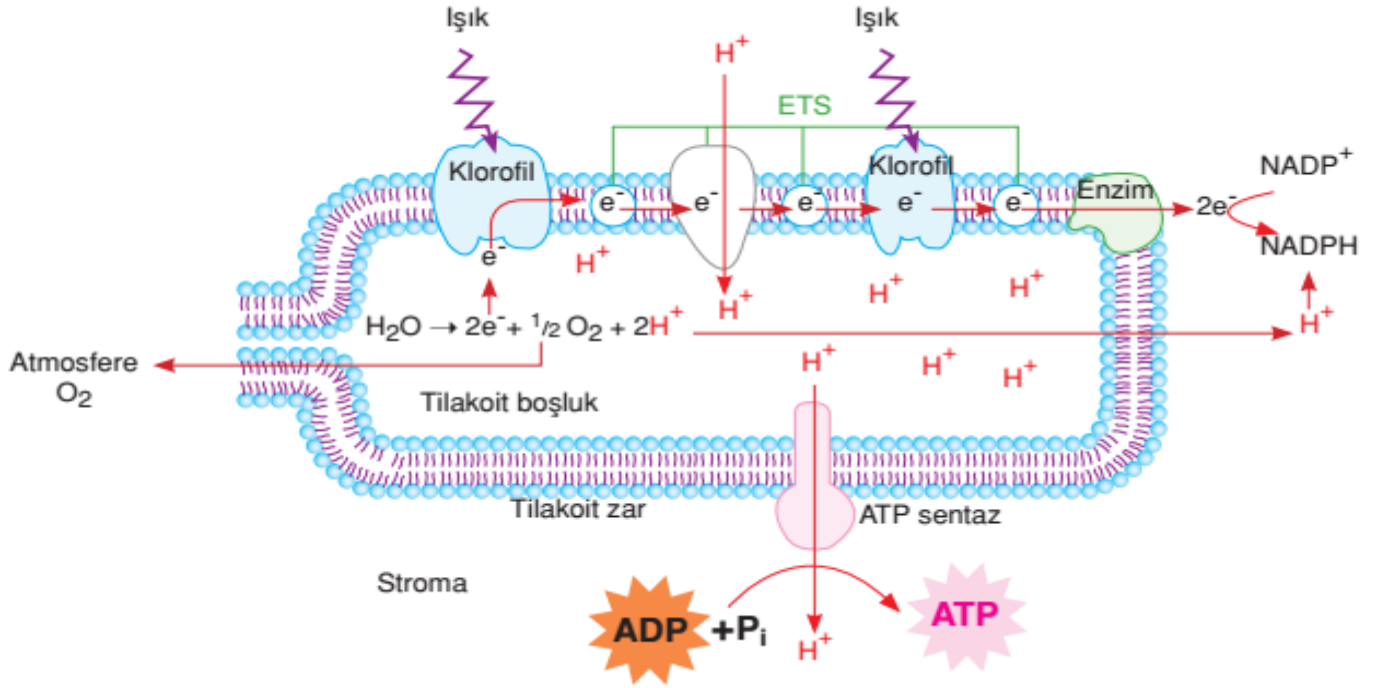
Işık etkisiyle fotosistem II' den ayrılan elektronlar, bir elektron taşıma zinciri tarafından fotosistem I'e aktarılır. Buradaki elektron taşıma zinciri, solunumda görev yapan elektron taşıma sistemine büyük benzerlik gösterir.

Fotosistem II'den koparak bu elemanlar üzerinden ilerleyen elektronlar, gittikçe daha düşük enerji seviyelerine doğru ekzergonik olarak aktarılırlar.

Elektronların bu şekilde ilerlemesi esnasında serbest kalan enerji tilakoid zarda ATP sentezlenmesinde kullanılır.

Burada ATP sentezi için gereken enerji ışıktan sağlandığı için bu olay **fotofosforilasyon** olarak adlandırılır.





Işık reaksiyonlarında üretilen bu ATP molekülleri fotosentezin ileriki aşamalarında oluşacak enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılır. Özetle belirtilecek olursa, fotosentez kendi ATP molekülünü üreten ve bu molekülleri ileriki reaksiyon basamaklarında tüketen bir kimyasal olaydır.

Elektronların gittikçe düşük enerji seviyesine doğru hareket etmesi neticesinde açığa çıkan enerji, tilakoid zarın protonları iç kısıma pompalamasında kullanılır.

İç kısımda biriken  $H^+$  iyonları neticesinde tilakoid zarın iç kısmı ile stroma arasında yaklaşık bin katlık bir derişim farkı ortaya çıkar. Bu esnada tilakoid zarın içinde pH değeri 5, stroma sıvısında ise 8'dir.

Protonlar stromaya akabilmek için tıpkı oksijenli solunumda olduğu gibi **ATP sentaz** enziminin oluşturmuş olduğu kanalı kullanırlar. Protonların bu akışı sayesinde ATP sentezlenmiş olur.

ATP sentezi için gereken enerji elektronların düşük enerjiye doğru akmasından, bu elektronların yüksek enerji seviyesine çıkması da ışık tarafından sağlandığından bu şekildeki ATP üretim metoduna fotofosforilasyon denir.

Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde 3 ATP ve 2 NADPH molekülü üretilir. Bu moleküller fotosentezin ileriki aşamalarında 1 molekül  $CO_2$ 'in kullanılabilmesi için kullanılacaktır.

Işığa bağımlı reaksiyonlarda ayrıca atmosfere suyun hidrolizinden oluşan  $O_2$  gazı da yan ürün olarak verilir.

O halde ışığa bağımlı reaksiyonlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

