



# Not Defteri

V u r a l A l t ı n

## Sera Gazları - I

Gerçi Dünya'mız, içindeki radyoaktif çekirdeklerin bozunması nedeniyle bir miktar enerji üretiyor ve hala soğuma sürecinde. Fakat diğer gezegenler gibi, asıl enerji kaynağı Güneş. Güneş ışınlarının atmosferin hemen dışına ulaştırdığı 'enerji akısı'na veya 'yüzeysel güç yoğunluğu'na, yani ışınlar dik birim alandan saniyede geçen enerji miktarına, 'Güneş sabiti' deniyor. Dünya'nın yörüngesinin ve dönme ekseninin yalpalarından kaynaklanan 'Milankoviç döngüleri' kapsamında değişken olan bu sabit, günden güne binde birkaç, uzun vadede daha fazla değişebilmekte. Değeri şimdilik, ince atmosferin hemen dışında  $I_0=1350$  watt/m<sup>2</sup>. Bu rakam yalnızca görünür ışığı değil, Güneş'ten gelen tüm frekansları içeriyor. Kesiti ( $\pi R^2$ ) 127.400.000 km<sup>2</sup> olan Dünya için bu, toplam  $1,74 \times 10^{17}$  Watt'lık bir Güneş enerjisi gücü demek.

### Görünür ışık tayfındaki renkler



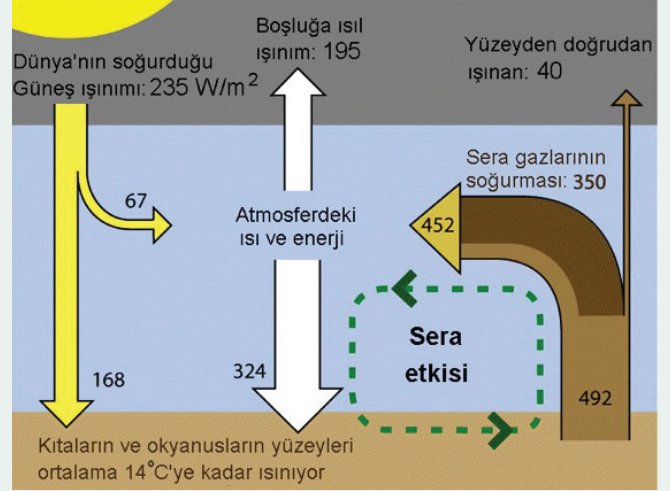
Renk	Dalgaboyu aralığı	Frekans aralığı
kırmızı	~ 625–740 nm	~ 480–405 THz
portakal	~ 590–625 nm	~ 510–480 THz
sarı	~ 565–590 nm	~ 530–510 THz
yeşil	~ 500–565 nm	~ 600–530 THz
camgöbeği	~ 485–500 nm	~ 620–600 THz
mavi	~ 440–485 nm	~ 680–620 THz
mor	~ 380–440 nm	~ 790–680 THz

Atmosfere giren ışınlar, küre yüzeyine her yerde dik değil. Yüzeyin normaliyete, 0 ile  $\pi$  arasında değişen bir  $\phi$  açısı yapıyorlar. Dolayısıyla enerji akısı, genelde  $I=I_0 \cos \phi$ .  $\cos \phi$ 'nin bu aralıktaki ortalama değeri 1/2. Öte yandan, Güneş gündüz var, gece yok. Bu da ek bir 1/2 çarpanı getiriyor. Farklı bir şekilde ifade edecek olursak; Dünya'nın  $\pi R^2$ 'lik kesitinin yakaladığı enerji, eksen etrafındaki dönmesi nedeniyle, sonuç olarak  $4\pi R^2$ 'lik toplam yüzeyine yayılıyor. Bu yüzden, atmosfere giriş yapan ortalama enerji akısı  $I_0/4$  kadar, yani 337,5 w/m<sup>2</sup>. Bu miktara 'güneşlenme' de ('insolation') deniyor. Işınlar ağırlıklı olarak, görünür ışık aralığında. Bir miktar da 'mor ötesi' ('ultraviyole') bileşen içeriyorlar. Görünür ışınların enerjisi, atmosferi oluşturan gazların atomlarındaki yörünge elektronlarıyla etkileşemeyecek kadar düşük, molekül bağlarının enerji düzeylerini değiştirmek içinse fazla yüksek. Dolayısıyla, bu ışınlar atmosferde soğurulmaksızın ilerleyebiliyor. Sadece yansıtılmaları ya da saçılmaları mümkün. Nitekim; %6

kadarı atmosferde her daim asılı duran toz parçacıkları, %20 kadarı bulutları oluşturan su ve buz zercikleri, %4 kadarı da yere ulaştıktan sonra yerkabuğu tarafından gelişigüzel yönlere saçılıyor. Toz parçacıklarının boyutu çoğunlukla 0,5  $\mu$ m (mikrometre= $10^{-6}$ m) civarında ve parçacıklar kendi boyutlarıyla uyumlu dalgaboyuna sahip ışınları saçabilmekte. Dolayısıyla, atmosferde

ağırlıklı olarak, dalgaboyu 0,5  $\mu$ m=500 nm (nanometre= $10^{-9}$ m) civarındaki ışınlar dağınık ('diffuse') halde. Bu dalgaboyu mavi ışığa karşılık geldiğinden, gökyüzü mavi. Aksi halde, toz parçacıkları olmasaydı, siyah görünürdü. Sonuç olarak; 337,5 w/m<sup>2</sup>'lik 'güneşlenme'nin %30 kadarı, 180°'lik açıyla geri yansıtıldığından, boşluğa geri kaçmakta. Geride kalan, yaklaşık 235 w/m<sup>2</sup>. Dünya'nın ve atmosferinin soğurduğu 'Güneş ışınımı gücü' bu kadar. Bu 235 w'lık gücün, 67 w'lık morötesi ağırlıklı kısmı, yolda ozon katmanı tarafından soğuruluyor. Kalan 168 w görünür ışık aralığında. Atmosferle etkileşimsiz yeryüzüne kadar ulaşıyor ve atmosferi değil, yeryüzünü ısıtıyor.

Isınan yeryüzü, temasta bulunduğu havayı ısıtmaktadır. Isınan hava yükselip atmosfere karşı ve yeryüzünden atmosfere, 'taşınım' ('konveksiyon') yoluyla ısı aktarır. Ayrıca, yeryüzünden buharlaşan su, buharlaşma ısısını atmosfere taşımaktadır. Yeryüzünden atmosfere bir de ışınım yoluyla enerji aktarımı var. Çünkü yeryüzü, ısınan her cisim gibi 'siyah cisim' ışımada bulunmakta ve kısmen de atmosfere doğru, kızılaltı bölgede ışınlar yaymaktadır. Bu üç sürecin birlikte, yeryüzünden atmosfere enerji aktarım hızı 492 w/m<sup>2</sup>. En büyük bileşen, 390 w/m<sup>2</sup> ile kızılaltı ışımaya. Bu ışınlar atmosferin büyük bir kısmını oluşturan oksijen, nitrojen ve argon molekülleriyle etkileşemezken, 'sera gazları' tarafından güçlü bir şekilde soğurulabilmekte. Öyle ki; 390 w/m<sup>2</sup>'in 40'ı atmosfer ötesi boşluğa kaçarken, 350'si sera gazlarına yakalanarak atmosferin ısınmasına yol açıyor. Isınan atmosferin de siyah cisim ışımaya var: 195 w/m<sup>2</sup>'si boşluğa, 324 w/m<sup>2</sup>'si yeryüzüne doğru. Bu dengeleri yandaki şekilde görmek mümkün. Sonuç olarak, Dünya'nın so-



ğurduğu 235 w/m<sup>2</sup>'lik Güneş ışınımı gücünün, 195 w/m<sup>2</sup>'si atmosfer tarafından dolaylı olarak, 40 w/m<sup>2</sup>'si de yeryüzü tarafından doğrudan boşluğa geri ışınmakta. Yani, gelen ve giden enerji miktarları, olması gerektiği gibi dengede. 'Sera etkisi' diye bu döngünün; yeryüzünün toplam 492 w/m<sup>2</sup>'lik enerji kayıp hızının, Güneş'ten yeryüzüne doğrudan ulaşan 168 w/m<sup>2</sup>'lik görünür ışık gücü ile, atmosferin yeryüzüne ışıdığı 324 w/m<sup>2</sup>'lik kızılaltı ışınım gücünün toplamı tarafından dengelenen kısmına deniyor. Neydi 'sera gazları'?

Bir gazı oluşturan moleküller, ışık fotonlarıyla üç farklı tür etkileşime girebilir. Birincisi, molekülü oluşturan atomların yörünge elektronlarından birinin, bir foton soğurarak, bulunduğu enerji düzeyinden bir üst enerji düzeyine geçmesi veya tersine, zaten uyarılmış halde iken, bir foton ışıyarak, alt enerji düzeylerinden birine inmesi. Bunlara 'elektron geçişleri' diyebiliriz. Bir de, molekülü oluşturan atomların birbirlerine göre salınım veya dönme hareketleri var. Bu hareketlerin ikisi de, farklı biçim veya 'mod'lara sahip. Molekülün fotonlarla etkileşmesinin diğer iki yöntemi, bu salınım veya dönme hareketi biçimlerinden herhangi birine ait farklı enerji düzeyleri arasındaki geçişler. Elektron geçişleri, x ışınlarının düzeyinde yüksek enerjiler gerektirmekte. Dolayısıyla, kızılaltı ışınların enerji düzeyi, bu tür etkileşim için yetersiz. Dönme modları arasındaki geçişler içinse, fazla yüksek. Halbuki, moleküllerin salınım modlarından birine ait farklı enerji düzeyleri arasındaki geçişlerden bazılarını uyarmak açısından uygun. Dolayısıyla, kızılaltı fotonlar ancak, molekül salınımlarını uyurabilir veya salınım biçimleri arasındaki geçişler sırasında ışınlabilirler.