

# Türlerde Cüsse ve Ömür Bağıntılı mı? Yaşamın Ağır Adımları

Akvaryumu olanların dikkatinden kaçmamıştır. Japon balıkları 10-15 yıl yaşarken küçük, rengarenk lepisteslerince 1-1,5 yıllık ömürleri vardır. Bunu, japon balıklarının oburluklarına bağlayanlar olabilir. Tamam, japon balıkları lepisteslerden daha çok yem yerler. Öyle ki, kimi zaman çok fazla yemekten çatlarlar, hatta aç kaldıklarında lepistesleri bile yerler. Ancak, uzun süre yaşamalarının sırrı bu mu dersiniz?

Yalnızca akvaryumda değil doğanın birçok yerinde geçerli olan bir kural var: Boyca büyük olan türler daha uzun ömürlüdür. Bunun, “büyük balık küçük balığı yer” gibi besin zinciri kurallarından tutun da, korunma için geliştirilen stratejilere kadar pek çok nedeni var. Bu nedenlerin yanı sıra, özellikle farklı boyuttaki organizmalar incelendiğinde, başka şaşırtıcı veriler de elde ederiz. Kedinizi kucağınıza alıp kalp atışlarını hissettiğinizde, korkmuş ya da heyecanlanmış olduğunu düşünebilirsiniz. Oysa, kedilerin kalp atış hızı insanlarınkinden çok daha yüksektir. Ayrıca, farklı büyüklük ve biçimde olan türler arasında, metabolizma, soluk alıp verme ve benzeri yaşamsal belirtiler incelendiğinde, birbirinden farklı değerler bulunur. İşte tüm bunların büyüklükle artan

ölçüde değiştiği ve uzun yaşama olanak sağladığı ileri sürülüyor. Son günlerde ortaya atılan başka bir kurama göre bu ilişki büyüklükten çok içsel ağlarla ilgili.

Yerküre yüzeyine baktığımızda, 4 milyonun üzerinde farklı hayvan ve bitki türü olduğunu görürüz. Bu, hayatta kalmanın 4 milyon farklı biçimi anlamına da gelir. Canlılar farklı renk, yapı ve biçimlerle evrim süreci içerisinde değişmiş ve yaşamdaki yerlerini almışlardır. Küçük bakterilerden mavi balınaya değin birçok boyutta canlı vardır. Peki bu kadar farklı yapı ve biçim neden var? 0,3 mikrondan daha küçük bakteri ya da 30 metre uzunluğundaki mavi balınadan daha büyük bir canlı niçin yok? Bütün bunlar evrim, çevreye uyum ve doğal seçimle açıklanabilir. Ama bu yazıda başka bir gerçeğin peşindeyiz. Neden bir yusufluğun yaşam süresi 24 saatken bir fil 60-70 yıl yaşayabilmekte? Şöyle de sorulabilir: Boyutça büyük canlılar neden daha uzun yaşıyorlar?

## Başka Dünyalar

Canlıların yapılarını ve boyutlarını etkileyen çok fazla etken vardır. Bunların içinden en önemlilerinden biri Dünya’da etkili olan fiziksel kuvvet-

lerdir. Kütleçekimsel kuvvet, özellikle boyut üzerinde çok etkilidir. Ağırlığımız, hareket etmek için uzuvlarımızı kullanma biçimimiz bu kuvvetten etkilenir. İnsanoğlundan 6 kat hafif bir canlının ne hissettiğini anlamak için Ay’a gitmemiz yeterli. Ya da Dünya’dan kütlece daha büyük bir gezegende yaşasaydık çok daha kısa ve kaslı olmamız beklenirdi. Canlılar büyüdükçe yerçekimi kuvvetinin önemi artar. Bu büyüklük, aynı zamanda fizyoloji, anatomi, davranış ve ekoloji gibi süreç ve koşulları da etkiler. Ne kadar farklı yapılar ve biçim varsa o kadar farklı dünyalar ve yaşam çevresi olduğunu unutmamalıyız.

## Farklı Süreçler

Bir fare bin metre derinliğindeki bir kuyuya düşer; düştüğü yerin birazcık yumuşak olması koşuluyla küçük bir şok alır ama yoluna devam eder. Aynı yükseklikten düşen bir sıçan ve bu sıçanı kovalayan bir kedi ölür. Bir insan parçalanır ve bir filse tanınmayacak hale gelir.

5 ton ağırlığındaki bir filin derisi 500 kilo gelir. Vücudunun % 27’si kemiklerden oluşmuştur, bu da toplam ağırlığının 1/3’ü kadardır. Bir filin bir kedi kadar esnek olması için, vücudu-

nun % 85'i kemiklerden oluşmalıydı. Bu, iç organlara yer kalmaması anlamına gelir. Ama bırakın bin metrelik bir yüksekliği, bir metre yükseklikten düşen bir fil, kalsiyum ve kolajenden oluşan, çok da sert olmayan bacaklarını kırabilir.

Şimdi, bir de filin kalp atışlarına bakalım... Kulağınızı bu dev hayvana dayadığınızda kalbinin dakikada 30 kez attığını duyarsınız. Filden 10 000 kat küçük olan bir kedinin kalbiyse, dakikada neredeyse 300 kez atar. Memelilerin büyük bir kısmının 1-2 milyar kalp atışı kadar yaşadığı düşünülürse, bir filin bir kediden neden daha fazla yaşadığı ortaya çıkar.

Bir yıl yaşayan, fareye benzeyen ve köstebeklerle akraba olan sorexler, günlerinin büyük bir bölümünü yemek yiyerek geçirir. Günde tükettikleri besin miktarı, bedenlerinin yarısı ağırlığındadır. Bir filse, günde 75-150 kilo ot tüketir. Fillerin metabolizması bir sorexinki kadar olsaydı bu miktar 2,5 ton olacaktı. Günde 30-35 kilo yemek yediğinizi bir düşünün! Canlılarda beden boyutları büyüdükçe enerji kullanımı daha verimli hale gelir.

Büyük türler küçük türlerin doğrudan büyütülmüş halleri midir? Böyle düşünmek yanlış olur. Vücut boyutu arttıkça organizmaların içsel ve dışsal kimi süreçleri değişir. Büyük boyutlu türlerde kemikler kısalarak daha da genişler, metabolizmaları ve kalp atışları da yavaşlar. Dış süreçler bakımından oluşan değişiklikler deyse, büyük türlerin daha geç geliştiğini ve daha uzun yaşadığını görürüz. Daha az yavruları, daha düşük popülasyonları var-



dır ve yaşam alanları daha büyük ve geniştir.

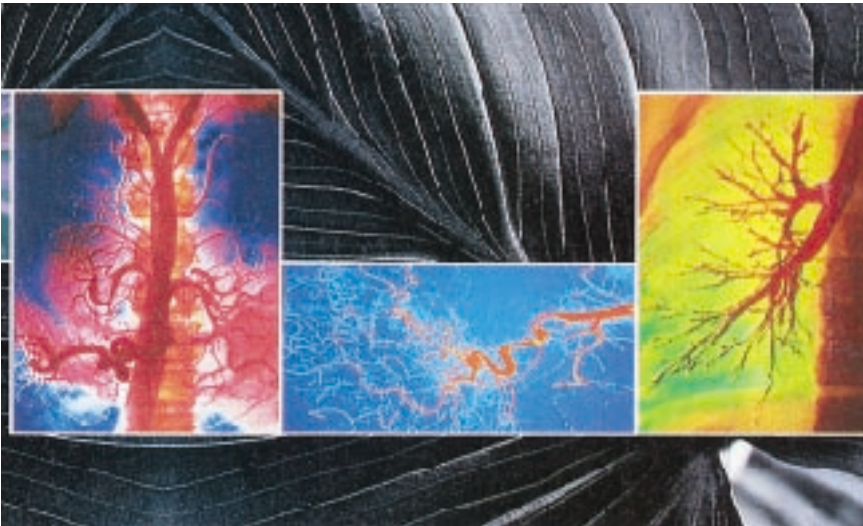
Bu gibi farklılıklardan yola çıkıp araştırma yapan bilim adamları, yüzyıllı aşkın bir süredir çeşitli kuramlar geliştirerek ileri sürüyorlar. Yaşlanma üzerine 300'ü aşkın kuram var. Bunların büyük bir çoğunluğu da metabolizma, kalp atışı gibi organizmanın iç süreçleriyle bağlantılı.

## 1/3'üncü Kuvvet Kuramı

Metabolizma hızının büyük ve küçük türler arasında aynı hızda olmadığına değindik. Bu, basit geometrik kurallar yüzündendir. Organizmalar üç boyutludur. Organizma büyüklüğü arttıkça, geometrik özellikleri de değişir; ama bu değişim farklı oranlarda olur. Organizmanın yüzey alanı, büyümenin karesi kadar artar. Hacim ise üç

boyutta yer aldığı için, boyuttaki artışın küpü oranında artar. Organizmalar, metabolizmanın yarattığı ısıyı, yüzeyleri oranında atarlar. Büyük türler küçük türler kadar hızlı bir metabolizmaya sahip olsalardı, vücutlarının oluşturduğu ısıyı atamayıp ölürlerdiler. Bu, fillerin kulaklarının neden bu kadar büyük olduğunun da bir açıklaması olabilir. Bu kocaman uzuvlar, onların deri yüzey alanını artırır ve kulaklarını ileri geri sallayan filler dev vücutlarında oluşan ısıyı buradaki kılcal damarlar sayesinde atarlar.

Yukarıda anlatılanları, 1883 yılında Max Rubner adlı bir biyolog, şöyle ifade ediyordu: Eğer bir hayvan diğerinden boy ya da uzunluk olarak N defa büyükse, o zaman cilt yüzeyi  $N^2$  kadar, kütlesi M de,  $N^3$  kadar büyük olacaktır. Böylece N, kütlenin 1/3'üncü kuvvetiyle orantılıdır. Hayvanın bedeninden attığı ısı yüzeyiyle orantılı olduğundan,  $N^2$  ile, yani  $M^{1/3}$  ile orantılıdır. Bir saatte tükettiği enerji olan toplam metabolizma hızı da böylece  $M^{2/3}$  ile orantılı olmalıdır. Son olarak kalp atım hızını belirleyen, ve kütlenin her biriminin tükettiği enerji olarak açıklanan özgül metabolizma hızı, bu toplam oranın kütleye (M) bölünmesiyle elde edilir. Bu da bize  $M^{-1/3}$ 'ü verir. Rubner, özgül metabolizma hızının büyüklüğe göre kütlenin küp kökü oranında azalacağını ileri sürüyordu. Bu tez, eğer filler ve kediler küre olsaydı doğru olabilirdi. Yine de küp-kök kuralı, aynı ya da benzer türlerdeki metabolizma karşılaştırmasında işe yaramakta, ama farklı canlılar arasında bu kural işlemektedir.





## 1/4'üncü Kuvvet Kuramı

1932 yılında Max Kleiber adlı bir hayvanbilimci, büyüklük ve metabolizma arasındaki oranın kesin sonuçlarını ortaya koydu. Kleiber'in sunduğu ölçek, dördüncü köke hayli yakındı. Kleiber, toplam metabolizma hızı üssünü 0,74 ve özgül metabolizma hızı üssünü de - 0,26 olarak hesapladı.

Kuvvet kuramı genel olarak şöyle ifade edilebilir:  $Y=aM^b$ . Burada Y biyolojik bir değişkendir. Bu, yavru sayısından ciğer alanına, yaşam süresinden metabolizma hızına kadar pek çok şey olabilir. M kütedir. a bir sabit, b ise biyolojik değişkene göre değişen artı ya da eksi 1/4 veya 3/4 kuvvetidir. Örneğin bir kedi bir farenin 100 katı büyükken onun 3 katı ( $\sim 100^{3/4}$ ) kadar fazla yaşamaktadır. Yaşam süresi kütlelenin 1/4'üncü kuvvetiyle belirlenir. Diğer yandan kalp atış hızı  $-1/4$  kuvvetiyle belirlenir, böylece bir kedinin kalbi bir fareden 3 kat daha yavaş atmaktadır. Bir kedi bir fareden 32 ( $\sim 100^{3/4}$ ) kat daha fazla enerji üretir çünkü metabolizma hızı 3/4 kuvvetiyle hesaplanır. Bir organizmanın kütlesi ve yemesi, içmesi, metabolizması, yaşam süresi kısacası yaptığı herşey üzerinde bu kadar kesin bir matematiksel bağlantı olması birçok araştırmacıyı bu sırrı çözmeye yöneltti.

Hemen belirtelim ki dördüncü kuvvet kuramı biyoloji ve tıpta uzun süreden beri kullanılmaktadır. Kullandığımız ilaçların denemelerinde kobaylara bu kuramdan yararlanılarak yapılan ölçümler kadar ilaç verilmekte buradan elde edilen verilere göre de ilaçlar insanların kullanımı için piyasaya sürülmektedir.

Peki ama bu kadar farklı tür ve farklı yapıdaki canlılar yaşam süresi bakımından nasıl tek bir kurala bağlı kalır?

## 1/4'üncü Kuvvetin Çözümüne Doğru

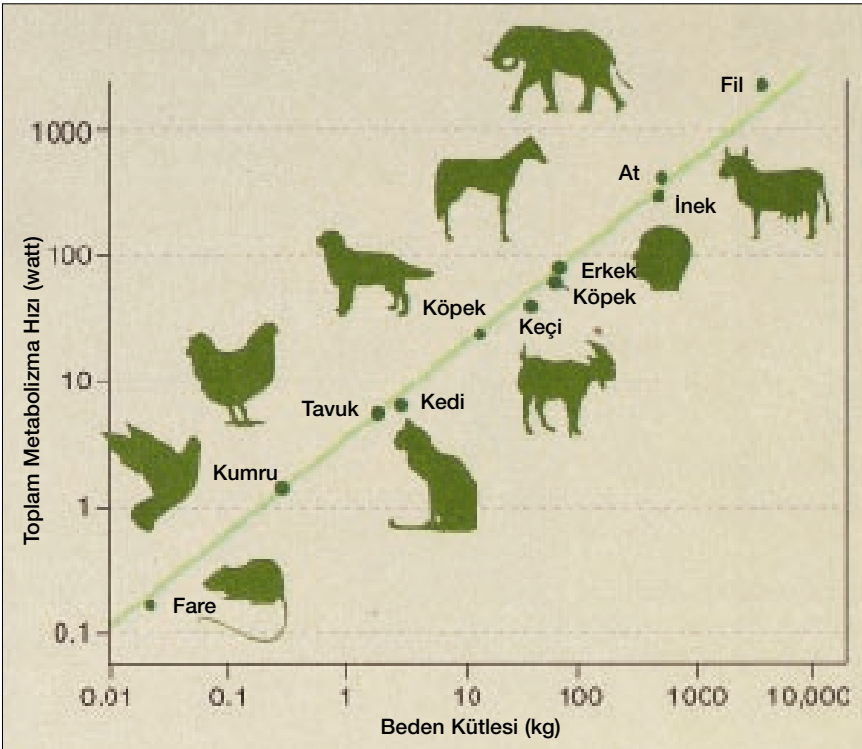
Bu beklenmedik bağlantı üzerine çalışmalarını sürdüren bilim adamları, üç boyutlu geometri kurallarına uymayan dördüncü kuvvetin nedeninin ardında başka bir boyut olabileceği düşüncesiyle çalışmalarını hayvanlar aleminden bitkiler alemine çevirdi. Bu araştırmanın temelinde canlıların boyutu yerine vücutlarındaki besin taşıma süreci yatıyordu. Bu amaçla bitkiler üzerinde çalışmalar yapan bilim adamları metabolizma oranı ve boyla ilgili olarak 0,733 rakamını buldu bu neredeyse 3/4 kuvvetiyle aynıydı. Bitkiler de hayvanlar gibi aynı kurala uyuyorlardı. Çok hücreli organizmaların hepsi vücutlarının her böl-

gesine gıda taşımak için bir ağ kullanır. Bu, bitkilerde özsuyu damarı, böceklerde trekal sistem ve omurgalılarda kan damarları olarak görülür. İşte bunların yapısı ve hidrodinamiğini inceleyen bilimadamları dördüncü boyutun burada gizli olduğunu ileri sürüyorlar.

Bu şaşırtıcı ölçek değeri üzerine araştırma yapan bilim adamları, bu olguyla bağlantısı olduğunu düşündükleri bazı ağların evrensel sayılabilecek özellikleri üzerine çalışmalar yaptılar. Sonuç olarak üç özellik buldular. Bunlardan ilki, bu ağların organizmanın her bölümüne ulaştığıydı. Doğada bunun aksini düşünmek olanaksız. Besinin ulaşmadığı organizmanın o bölümü ölüdür. Böylece organizmalar ne kadar farklı olursa olsun bu ağlar tüm vücudun ya da yapının "içini doldurmakta"dır. İkinci özellik, ağlarda bulunan en küçük damarın çap değerinin neredeyse tüm canlılarda aynı olduğuydu. Bu da, ortaya şu sonucu çıkarıyor; büyük küçük tüm türlerde hücre boyu aynıdır. Üçüncü özellik biraz sezgisel olsa da, evrimin, ağ içinde dolaşan sıvıda kaybedilen enerjiyi en aza indirdiği idi.

Bilim adamları bu özellikleri, geometri ve hidrodinamik kurallarını kullanarak ortaya bir model koydu. Bir ağ olarak tasarlanan bu modellerde, ilki damarların elastik olması ikincisiyse kalbin sürekli bir akıştan çok periyodik atmalarla kan pompalaması nedeniyle kimi düzenlemeler yapıldı. Oluşturulan model, memeli kan dolaşım sistemiyle ilgili dördüncü kuvvet özelliklerini tam bir kesinlikte veriyor. Aynı şekilde metabolizma hızı da 3/4'üncü kuvvet oranı doğruluğunda alınabiliyor.

Tasarlanan model, basit kurallarla işleyen ve ortaya koyduğu sonuçlar açısından doğaya şaşırtıcı bir biçimde uyan bir sistem şeklinde çalışıyor. 1/4'üncü kuvvet kuralının tamamen matematikten ortaya çıktığını ileri süren bilim adamlarının modeli, temel olarak organizmalarda kaynak dağıtımını yapan tüm ağların fraktal gibi olduğu üzerine dayanıyor. Bu, bilim adamlarının sezgisel olarak ulaştıkları üçüncü özellikten gelen bir tasarım. Fraktaller hiyerarşik olarak tekrarlanan dallanmalar olduğu için tüm ölçeklerde organizmanın herhangi bir





yerindeki ağ tıpkı diğerine benzemektedir. Fraktal benzeri ağların özelliği ise diğer hiç bir ağın yapamayacağı şekilde en yüksek verimlilikle organizmanın her yerine besini ulaştırmasıdır.

Model, memeliler için tasarlanmış olsa da diğer hayvan ve bitkiler için de kullanılabilir. Bunun nedeni  $1/4$ 'üncü kuvvet ölçeğinin, tek hücreliler ve hatta hücre organelleri için bile geçerli olmasıdır. Biyologlar hücredeki enerji üretimi üzerine geniş bir bilgiye sahipler. Ancak enerjinin taşınım sistemiyle ilgili bilgiler henüz yeterli seviyede değil. Hücrelerin taşınım sistemleri de fraktal benzeri bir yapıda olabilir. Hatta mitokondrielerde fraktal benzeri bir ağa benzer moleküler damarların olduğunu ön belirtileri bulunduğunu ileri sürüyorlar. Bilim adamları bunu "yayınım yüzeylerinin hiyerarşisi" olarak ifade ediyorlar.

Bu modeli tasarlayan bilim adamları daha da ileri giderek metabolizma hızı ve vücut kütlesi ölçeğinin doğal çeşitliliği de etkilediğini ileri sürüyorlar. Bu çıkarıma ulaşmalarını sağlayan soru şu: Eğer bu ölçek olmasaydı Dünya nasıl bir yer olurdu? Ya da vücut boyundan bağımsız olarak metabolizma hızı tüm türler için aynı olsaydı bu kadar doğal çeşitlilik olur muydu? Eğer büyük olan türlerde metabolizma hızı küçük türlerle aynı olsaydı enerji kullanımları da aynı olurdu. Ama büyük olan türlerin metabolizma hızları daha düşük ve enerjiiyi daha verimli kullanıyorlar. Böylece daha düşük kaliteli besinler yiyerek hayat-

ta kalabiliyorlar. Bu da farklı türlerin ortaya çıkmasına neden oluyor. Arıkuşu buna iyi bir örnek. Dünya'da geri uçabilen ve bir böcek büyüklüğünde olan bu kuşların kanat çırpmalarını görebilmek için belgesel çeken kişiler filmi normal bir yavaş gösterimden çok daha fazla yavaşlatmaktadır. Bu kadar hızlı kanat çırpma için inanılmaz bir hızda metabolizmaya sahip olan bu kuşların farklı türleri farklı kaloriye gereksinir. Bu da türüne göre günde 6 000 ile 12 400 kalori arasında değişmektedir.

Doğal çeşitlilik gibi işin içine doğal seçim de giriyor. Bilim adamlarına göre doğal seçim sonucu bir türün en verimli enerji kullanan bireyleri kalıyor. Bu aynı zamanda dokulara enerji ve besin sağlayan iç ağların alanını da genişletiyor.

## Dördüncü Boyut Var mı?

Her ne kadar bilim adamları elde ettikleri sonuçlardan bir kurama varsalar da, doğa üzerinde pek çok şeyi açıklayan bir kurama kuşkuyla yaklaşanlar da var. Aslında burada sunulan kuramın bir çok bilim adamını şaşırttığı söylenebilir. Bunların çoğu, getirilen bu teorinin, şimdiye kadar boy ve metabolizma, yaşama süresi gibi süreçler arasında kurulan bağlantının en iyisi olduğunu ve çok güçlü görüldüğünü söylüyor. Diğer yandan bu açıklamaya karşı çıkanlar da var. Onların ileri sürdükleri ilk nokta, tek hücrelilerde bu sürecin nasıl işlediği.

Ayrıca besin taşınımının fraktal benzeri bir yapıda olmasından da kuşku duyanlar var. Bir de genel anlamda  $3/4$ 'üncü kuvvet kuramının işlemediği yerleri belirtenler var. Bunlar şu noktalar üzerinde duruyor. Büyüklüğü 1 kilogramın altında olan memelilerde beden boyu ve yaşam süresi bağlantısı işlemiyor. Memeliler üzerine yapılan ölçümlerde bazı türler hesaplanan yaşama süresinin yedi katı fazla yaşarken bazıları yarı yaşa gelmeden yitip gidiyorlar. Başka bir örnek mutant cüce kobayların normal kobaylardan daha uzun yaşamasıdır. Kargalar ve papağanlar da kuşlar aleminin en yaşlıları olarak karşımıza çıkıyor. Bir fil ve bir karga 70 yıl arkadaş olabilirler.

Bütün bunların dışında yaşam süresini etkileyen dış faktörler de var. Bu, türün dış koşullara uyum sağlaması, genlerin mutasyona uğraması, dış koşulların metabolizmada yaptığı değişiklikler olarak sıralanabilir. Tüm bu süreçler yaşam süresini, metabolizmayı, kalp atışını farklı şekillerde etkileyebilir.

Yine de bilim adamlarının doğanın bu çok gizli sırlarını çözmek için uğraştıklarını düşünmek insanı heyecandırıyor. Şimdilik doğru sonuçlara yanlış yollardan ulaşıyor gibi görünsek de bu doğa anayı anlamaya başladığımız ilk adımlar olarak görülüyor.

Özgür Tek

Kaynaklar  
Mackenzie, D., New Clues to Why Size Equals Destiny, Science, 4 Mayıs 1999  
Ruling Passion, New Scientist, 3 Nisan 1999  
Carwardine, M., Animal Records, Londra 1995  
www.zo.utexas.edu/courses/zoo453/sizeshape.html  
www.calgary.shaw.wave.ca/~johansen/jill/  
www.bbc.co.uk/education/darwin/10e