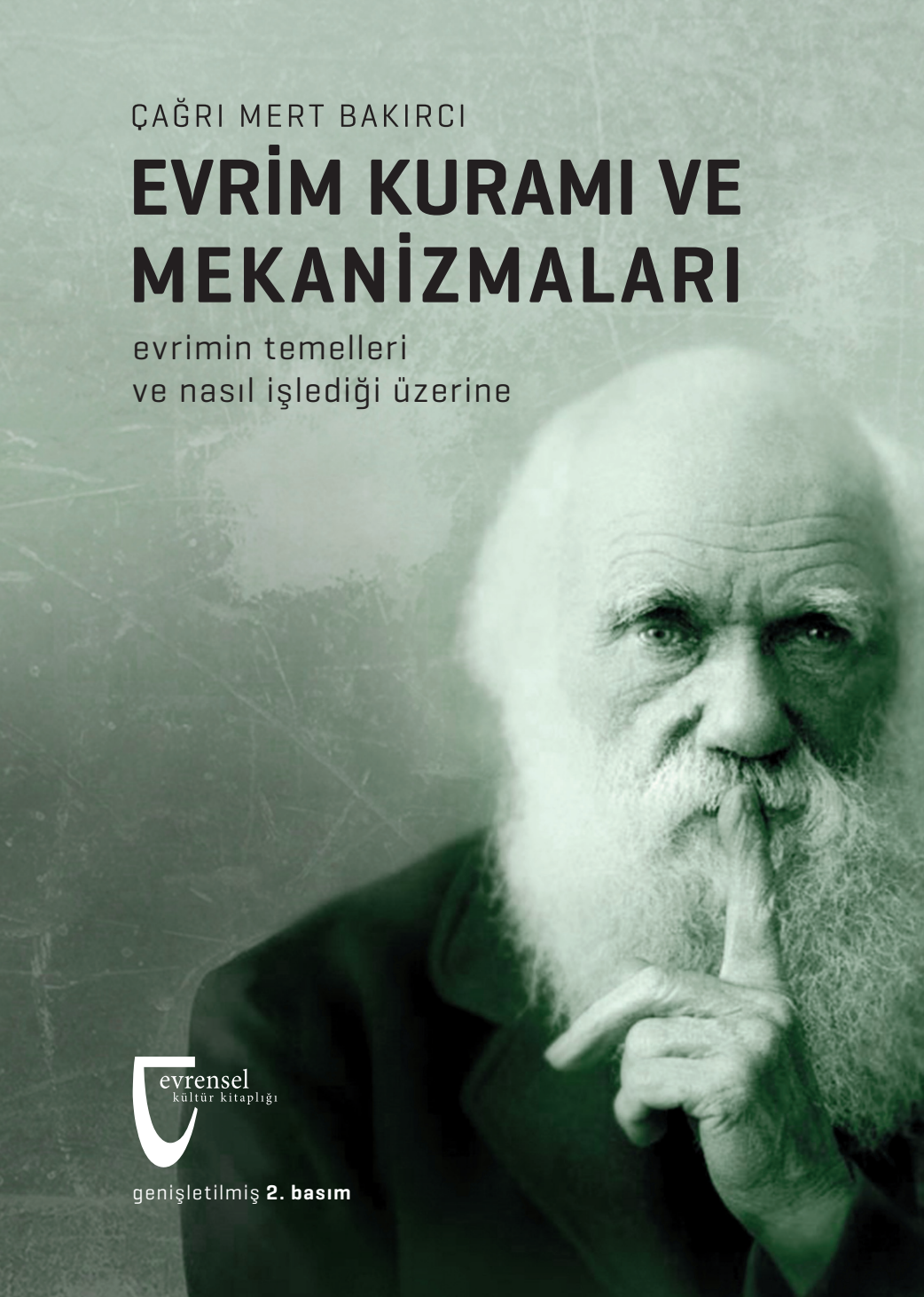
ÇAĞRI MERT BAKIRCI

EVRİM KURAMI VE MEKANİZMALARI

evrimin temelleri
ve nasıl işlediği üzerine



evrensel
kültür kitaplığı

genişletilmiş **2. basım**


evrensel
kültür kitaplığı

Çağrı Mert Bakırcı

Evrim Kuramı ve Mekanizmaları

–evrimin temelleri ve nasıl işlediği üzerine–

Bilim

Genişletilmiş İkinci Basım

DOĞA BASIN YAYIN
Dağıtım Ticaret Limited Şirketi
Tarlabaşı Blv. Kamerhatun Mah. Alhatun Sk. No: 25 Beyoğlu / İstanbul
T: 0212 255 25 46 F: 0212 255 25 87
www.evrenselbasim.com - info@evrenselbasim.com

Evrensel Basım Yayın **548**
Evrensel Kültür Kitaplığı **4**
Evrim Kuramı ve Mekanizmaları: Çağrı Mert Bakırcı

Kapak Uygulama: **Devrim Koçlan**

ISBN 978-605-4834-46-4
© Evrensel Basım Yayın **2013** - Sertifika No: **11015**

Birinci Basım **Aralık 2013** - İkinci Basım **Nisan 2014** • İstanbul

Baskı: Ezgi Matbaacılık Tekstil Pors. İnş. San. Tic. Ltd. Şti.
Sanayi Cd. Altay Sok. No: 14 Yenibosna / İstanbul • Sertifika No: 12142
T: 0212 452 23 02 - www.ezgimatbaa.net

Evrim Kuramı ve Mekanizmaları

–evrimin temelleri ve nasıl işlediği üzerine–

İÇİNDEKİLER

Kitabın Önemi: Ergi Deniz Özsoy'dan Bir Önsöz… 11

Yazarın Önsözü 13

2. Baskıya Önsöz 23

Bölüm 1:

Gerçeklerin Omzunda Yükselen Teoriler... 27

Bölüm 2:
Canlılığın Başlangıcına Bir Yolculuk... 54

Bölüm 3:
Evrim'in Çeşitlilik Yaratıcı Mekanizmaları 95

Bölüm 4:
İhtiyaca Bağlı Olarak Yaratılan Canlılar: Yapay Seçilim 147

Bölüm 5:
Doğa Bir Savaş Alanıdır: Doğal Seçilim 176

Bölüm 6:
Üreme İçin Bir Savaş: Cinsel Seçilim 228

Bölüm 7:
Kollamaya Cesaretin Var mı? Akraba Seçilimi 259

Sonsöz 273

Kaynaklar ve İleri Okuma 283

Her zaman yanımda olan
Seray'ıma,
Her şeyi mümkün kılan
canım aileme,
Yüzlerce bilim insanı
yetiştiren
merhum hocam
Prof. Dr. Aykut Kence'ye
ve
Doğanın ihtişamı karşısında
nefessiz kalan
herkese…

KİTABIN ÖNEMİ:
ERGİ DENİZ ÖZSOY'DAN BİR ÖNSÖZ…

Evrimsel biyoloji Charles Darwin'e çok şey borçlu kuşkusuz. Ancak *Türlerin Kökeni*'nin yayımlanması ardından geçen 150 yılı aşkın süre boyunca gelinen noktada, yüzyılın bilimi sıfatını hak etmesi yanında evrimsel biyolojinin uzman olmayanlarca anlaşılmasının güçleşmesinin yarattığı sıkıntılar da cabası. Evrimin anlaşılmasını güçleştiren temel neden ise, evrimsel biyolojinin popülerleştirilemeyecek denli karmaşık ve dağınık bir kuramsal yapısının bulunuşu değildir. Asıl sorun, evrimi bir anlatı olarak avamlaştıran iki görünüş itibarıyla zıt ancak sonuç itibarıyla aynı bilgi kirliliğine çıkan tarihsel çatışmadan kaynaklanmakta.

Bunlardan birincisi, evrimi anlatmak adına, biyolojik indirgemeciliği esas alan bir tür avam evrimcilik olup canlı çeşitliliğini esas alan evrimsel biyolojik argümanları *"dünya sahnesindeki pençeleri kanlı bir var olma savaşı"* şeklinde ilan eden hikâyeler toplamıdır. Diğeri ise, herhangi bir bilimsel tarafı bulunmayıp inancın kötüye kullanılmasını düstur edindiği açıkça görülen, tarihsel sosyolojik sebepleri açısından inceleme konusu olabilse de, bilim iddiası safsatalar toplamından ibaret evrim karşıtlığıdır. Birbirine zıt gözüken bu iki bilgi kirliliği kaynağının sonuç olarak yarattığı ise evrimin doğru şekilde anlaşılmasına ket vurmak olmuştur. Türkiye'de ise bu iki kutbun sözde duayenleri ve uzmanları da hayli bolca bulunmaktadır ne yazık ki.

Çağrı Mert Bakırcı'nın elinizde tuttuğunuz *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları: Evrimin Temelleri ve Nasıl İşlediği Üzerine* adlı kitabı ise, bu bulanıklığı aralamaya çalışan ve bunu yaparken de evrimsel biyolojinin pek çok yönünü başarıyla popülerize eden bir eser. Gündelik

hikâyeler üzerine kurulu başlangıçlarıyla Çağrı, evrimi yalın bir şekilde aktarmaya çalışıyor okura ve bunu da gayet başarılı bir şekilde yapıyor. Türkiye'de bilimin yaygınlaştırılması konusunda çok önemli çalışmalar yürüten Evrim Ağacı'nın da kurucusu olan bu genç bilim tutkununun ve bilim insanı adayının elinden çıkan bu güzel eser keyifle okunuyor. Kitabın Türkiye'deki evrimsel biyoloji yazını içinde müstesna bir yeri olacağına eminim.

Doç. Dr. Ergi Deniz Özsoy

YAZARIN ÖNSÖZÜ

Charles Robert Darwin; ilk olarak 24 Kasım 1859 tarihinde basılan kitabı *Türlerin Kökeni*'nde, bilim tarihinin günümüzdeki en güçlü kuramlarından biri olan Evrim Kuramı'nı ve mekanizmalarını detaylıca işleyip açıkladıktan sonra, sözlerini şu kelimelerle bitiriyordu: "*Bir ya da birkaç biçimde başlayan yaşamı böyle anlayan ve bu gezegen, çekimin değişmez yasasına göre dönüp dururken, böylesine basit bir başlangıçtan en güzel, en olağanüstü biçimlerin evrimleşmiş ve evrimleşmekte olduğunu kavrayan bu yaşam görüşünde gerçekten ihtişam vardır.*"

Darwin, doğanın ve buna bağlı olarak canlıların değiştiğini fark eden ne ilk bilim insanıydı ne de son olacaktı. Ancak Darwin'den önceki insanlar, bu değişim gerçeğini detaylandırılmamış bir düşünce seviyesinde bırakmış ve birçoğu, konunun özünü ve ana prensiplerini ıskalamıştır. Darwin, işte bu doğa gerçeklerini alıp, kendi gözlem ve keşifleriyle birleştirip zenginleştirmiştir ve yaptığı deneyler, incelemeler ve açıklamalarla sarsılmaz ve birçok farklı açıdan desteklenecek bir yapıya sokmuştur. Doğadaki gerçekler hakkında verdiği örnekler sayesinde kendi çağını aşacak bir başyapıt ortaya çıkarmıştır. Darwin, kuramını geliştirdiği süre zarfında sayısız başarılı keşfe imza atmış ve bunlar sayesinde çağının hep birkaç adım ötesinde yer almıştır. Genç yaşlarından itibaren her zaman doğanın ihtişamı karşısında heyecan duymuştur. Bu heyecan, onu Dünya'nın etrafını dolaşacağı ve sayısız canlı türü ve doğa koşuluyla karşılaşacağı, evrim kuramını geliştirmesini sağlayacak olan Beagle Yolculuğu'na itmiştir. Gerçeğe ulaşma merakı onu bilimin içerisine çekmiş ve sonunda, binlerce yıllık bir soru olan "*Biz nereden geldik?*" sorusuna ilk defa bilimsel cevap verebilmemizi sağlamıştır.

Darwin, canlılığın doğal süreçlerle başlayıp çeşitlenebileceğini, canlılığın nesiller içerisinde değişebileceğini fark eden son bilim insanı da değildir. Darwin'den sonra gelen yüzlerce, binlerce evrimsel biyolog, Darwin'in net bir şekilde ileri sürdüğü kuramı ele alıp geliştirmiş, hatalarından ayıklamış, eksik kısımlarını tamamlamış, fazla kısımlarını yontmuş ve hatta bilimin dört bir yanından, yüzlerce farklı disiplinle birleştiği noktaları ortaya çıkararak, modern bilimin hızla ilerlemesini ve güçlenmesini sağlamışlardır. Evrimsel Biyoloji'nin doğuşu, hiç şüphesiz ki modern bilimin gidişatını etkilemiş, günümüzdeki birçok bilimin temellerini atmış veya en azından zaten var olan bilimlere hiç edinemedikleri bir bakış açısı kazandırmıştır. Bu, dünya çapında çalışmalar yürüten yüz binlerce bilim insanının tutkulu emeklerinin bir ürünüdür.

Öte yandan fizik alanında yaşanan birçok gelişme sonucunda modern bilim, bir diğer koldan gelişmesini sürdürmüştür. Kuantum fiziğinin geliştirilmesi sonucu fizik kuralları ile ilgili bildiklerimizin altüst olması, insanın doğaya bakışını değiştirmiş, Evren'de akıl almaz bir karmaşıklığa sahipmiş gibi gözüken her olgu ve olayın bilimsel temelde açıklanabileceği gerçeği fark edilmiştir.

İşte bilimde, bu çağ değiştirecek nitelikteki keşifler ve icatlar yapılırken ne yazık ki zaten uzun yüzyıllardır bilimden gitgide kopan halk, artık bilimin ilerleyişine hiç yetişemez bir hale gelmiştir. Antik Yunan dönemine baktığımızda, felsefe ile bilimin birbirinden ayrılmaz bir bütün oldukları görülmektedir. Felsefe, yüzyıllar boyunca sadece kendi gelişimini sürdürmekle kalmamış, bilimsel düşünüşün halka erişebilmesi ve halk içerisinde yayılabilmesi için de önemli bir arayüz görevi görmüştür. Felsefenin bir alt dalı olarak doğan bilim, günümüzde çok hızlı gelişmektedir ve bu durum, filozofların bilimi kavrayıp değerlendirme imkânlarını ciddi miktarda kısıtlamaktadır. Uç düzeyde yapılan bilimsel araştırmaları, bırakın halkın ve filozofların takip etmesini, belli bir bilim dalında görev alan akademisyenlerin bile yakından takip etmesi güç bir hal almıştır. Genelde yıllık olarak düzenlenen bilimsel konferansların her birinde, bir önceki yıla göre çok daha fazla keşfe imza atıldığı görülür; ancak en azından bu

toplantılar sayesinde aynı sahada görev alan bilim insanları birbirleriyle sonuçlarını paylaşma, tartışma, yeni fikirler geliştirme ve sahadaki son gelişmelerden haberdar olma fırsatı bulurlar. Bu konferansları halkın ya da filozofların (ya da herhangi bir diğer aracının) takip etmesi pratik olarak mümkün değildir.

Bunu şöyle izah edebilirim: 2010 yılında *Scientometrics* dergisinde yayımlanan oldukça detaylı bir makaleye göre, en iyi tahminle günümüzde tüm bilim sahalarını kapsayacak biçimde, yaklaşık 24.000 adet bilimsel, hakemli makale dergisi (jurnal) bulunmaktadır. Bunların 4.000 civarı uluslararası yayın yapmaktadır. Üstelik bu sayılar, sadece "ciddi" dergileri kapsamaktadır (bunun tanımını yapmak biraz zor olsa da bu, makale içerisinde tartışılmaktadır). Bunlara konferans bildiri kitapları, bilim yıllıkları ve benzerleri dâhil değildir. Eğer her türlü bilimsel yayını hesaba katarsak, Dünya çapında 250.000 civarında bilim dergisi basıldığı düşünülmektedir. Hatta 2002 yılı itibariyle akademik basılı ürünlere verilen ISSN numarası miktarı 905.090 olarak ilan edilmiştir. Fakat bunların hepsi günümüzde yayın yapmayı sürdürmemektedir. 2013 yılı itibariyle, Dünya'nın en büyük bilimsel makale ve dergi veritabanlarından biri olan Web of Science'ta 100 ülkeden ve 5.600 enstitüden derlenen 46.1 milyon makale, 148.000 konferans bildiri metni, 30.000 bilimsel kitap, 12.000 makale dergisi yer almaktadır. Sadece 2012'nin ilk 8 ayında, *PLoS One* gibi meşhur bir dergide 14.000 makale yayımlanmıştır. Konumuzla ilgili olarak, *BMC Evolutionary Biology* gibi ortalama sayılabilecek bir evrimsel biyoloji odaklı makale dergisinde (etki değeri 3.26 civarıdır), sadece evrimsel biyolojiyle ilgili 2600 makale yayımlanmıştır. 3 Şubat 2014 itibariyle Web of Science'ta "evrimsel biyoloji" başlığı altında 84.589 makale bulunmaktadır. Şu anda var olan en saygın bilim dergileri olan *Science* ve *Nature* dergilerinde (etki değerleri sırasıyla 31.03 ve 38.59'dur), sadece 2010-2013 yılları arasında evrimsel biyoloji ile ilgili 500'den fazla makale yayımlanmıştır. Bu sayılar gerçekten baş döndürücüdür. Bilim inanılmaz bir hızla büyümekte, kendini geliştirmekte ve insanlığı ileriye götürmektedir; ancak insanlığın bu hıza yetişmesi zor görünmektedir, bu da kopukluğu yaratmaktadır. İşte bu

kopukluk, zincirleme olarak sıkıntılar doğurmakta ve halkın bilimden uzaklaşmasına neden olmaktadır. Eskiden bilim ile halk arasında bir nebze iletişim köprüsü görebilmiş olan felsefe, günümüzde bu görevini büyük oranda yitirmiştir ve ne yazık ki yerini dolduracak bir unsur henüz bulunmamaktadır. Elbette ki felsefenin halen bilimsel kuramların düşünce hayatımıza etkisi ve hatta bilimsel araştırmalara geri bildirim vermesi açısından önemi büyüktür. Ne var ki bu durum, halkın bilimden ziyade hurafelere daha fazla önem vermesinin önüne geçememekte, bilimsiz yetişen nesiller hayal güçlerini gerçek dışı olgularla tatmin edecek şekilde hayatlarını sürdürmektedir. İşte tam olarak bu sebeple Evrim Ağacı gibi popüler bilim oluşumlarının, halkın bilimsel gelişmelere erişebilmesi yolunda büyük öneme sahip olduğu kanısındayım.

Bu durumdan en ciddi şekilde etkilenen malum sebeplerden ötürü biyoloji olmuştur. Evren'in kökenlerini yeni yeni anlamaya başlayan fizik bir yana bırakıldığında, canlılığın ve insanın kökenlerini, gelişimini, dününü, bugününü, yarınını inceleyen bir bilim dalı olarak biyoloji, her zaman insanların ilgi odağı haline gelmiştir. Bunun sebeplerinden biri de biyolojinin fizik ve kimya gibi bilimlere göre biraz daha kolay anlaşılıp yorumlanabilir olması; en azından halklarda böyle bir algının oluşmuş olmasıdır. Bu hatalı yaklaşımın en kritik sonucu ise, konusunda uzman olmayan kimselerin, bilimsel kuramlarla ilgili yargılayıcı sonuçlara varması, bu çarpık düşüncelerini halkı ve bilimsel bilgiyi manipüle etmek için kullanmaları ve bilime olan saygının azalmasına neden olmalarıdır. Elbette ki bilim herkes tarafından öğrenilebilir ve herkese, her türlü sorgulamaya açık bir bilgi türüdür; ancak bilimsel bir tartışmanın yürütülebilmesinin ve bilimsel yargılara varılabilmesinin tek yolu bilim eğitimi almış olmaktan geçmektedir. Bilim, şimdiye kadar insanlığın geliştirdiği bilgi sistemleri arasında, gerçeklere en fazla yaklaşabilmemizi sağlayanı olmuştur. Bunun olabilmesinin en temel sebebi, bilimin diğer bilgi türleri aksine, güvenilir ve tekrar edilebilir, şahsi fikirlerden olabildiğince arındırılmış bilimsel metotları olmasıdır. Bilimsel yöntemlerin basamaklarının sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için, bireylerin

bu konuda eğitimli, deneyimli olmaları gerekmektedir. Yoksa her kafadan bir sesin çıktığı ve hiçbir sesin gerçekleri yansıtmadığı bir uğultuyla karşı karşıya kalırız ki bugün, ülkemizde ve dünyanın genelinde Evrim Kuramı ile ilgili olarak gördüğümüz de budur.

Hele ki halk arasından bazı "cengâverler" çıktığında ve açıkça bilim düşmanı olan bu insanlar Evrim Kuramı'nı (ve hatta bilimin geri kalan her alanını) tamamen anlamışlar gibi, bilim ile alakası olmayan iddialar üzerinden halka hitap ettiklerinde, bilimin anlaşılması konusunda çok daha ciddi sorunlar doğabilmektedir. Bu kişilerin konu hakkında hiçbir akademik deneyimi ve geçmişi olmaması bir yana, aynı zamanda sadece para ve ün peşinde olmalarından ve buna yönelik her çalışmayı yürütmelerinden ötürü halkın bilime ve gerçeklere bakış açısı çok daha farklı boyutlara ulaşmıştır. Öyle ki, bu bilim dışı kaynakların süslü ve edebi sözleri, dünyanın dört bir yanında araştırmalar yürüten, ömürlerinin yarısından fazlasını bilimin ufacık bir dalını, minik bir adım da olsa ilerletmeye çalışan, on binlerce farklı üniversite ve bilim kuruluşundan gelen, yüz binlerce bilim insanının sözlerinin ve açıklamalarının ikinci plana atılmasına sebep olmuş, bu bilgisiz yığının içi boş lafları, halkın gözünde, konunun uzmanlarının makalelerinden daha değerli bir konuma ulaşmıştır. Halkımız, ömrünü bilime adamış insanların sözlerine değer vermek yerine, insanlara duymak istediklerini söyleyen kişilerin sözlerine kanmış, inanmıştır. İşte bir toplumun cahilleştirilmesinin en kolay yolu budur. Bilimi, toplumları manipüle etmek için kullanan bu insanların çabaları o kadar uzun zamandır süregelmektedir ki, sadece bir nesle ait bireyler değil, kuşaktan kuşağa aktarılan çarpık bilgilerden ötürü birçok nesil bilimi hatalı, eksik ve çarpıtılmış olarak öğrenmiştir.

Hâlbuki bilimin kendi içerisindeki gelişiminin, yine kendisi içerisinde büyük devrimlere yol açması, bizlere bu yeni keşfedilen ve geliştirilen bilim dallarının gücünü açıkça göstermektedir. Bilim, her fırsatta halkın inatla, şartlandırılmış bir şekilde teptiği bilim dallarını kullanarak insanların sorunlarına çözümler üretmekte, her seferinde biraz daha iyisini başarmayı hedeflemektedir. İnsanlar bilimi, bilim dışı kaynakların sözlerinden öğrenmeye çalışmak yerine, bilimin

kalbinden gelen, bu işin eğitimini almış ve üzerinde çok uzun mesailer harcamış kişilerden öğrenmelidir. Bilimin içerisinden olmayan, akademik eğitim almamış kişilerin bilimle ilgili çıkarımlarına kulak asmamalı, en azından çok daha büyük ve güçlü bir şüpheyle yaklaşmalıdır. Bir birey, olabildiğince çok sayıda araştırmacı ve bilim insanını takip ederek, araştırmalarını okuyarak, çok yönlü bir biçimde kendisini geliştirmelidir. Hiçbir doğrulanmamış veya test edilmemiş ön kabulü "gerçek" olarak varsaymamalı, açık fikirli bir şekilde araştırmalarını sürdürmelidir. Tüm bunları yapabilen bir birey görecektir ki, bir insanın fiziği, kimyayı, biyolojiyi öğrenmesi, onun hayata bakışını değiştirecek, kendi özünü hatırlamasını ve kucaklamasını sağlayacak, insanın son birkaç yüz yıldır sürekli gökyüzünde gezen aklını yeryüzüne, gerçekte ait olduğu yere indirecek ve doğanın ihtişamı karşısında büyülenmesini, meraklanmasını sağlayacaktır.

Her bilimin insana kattıkları birbirinden farklı olmakla birlikte, benim bu kitabımda inceleyeceğim bilim dalı, uzun yıllarımı gerek popüler, gerekse akademik olarak adadığım Evrimsel Biyoloji olacaktır. Siz okurlarıma, bu konuda onlarca farklı şehir, lise ve üniversitede verdiğim birçok farklı eğitim seminerinde olduğu gibi ve "Evrim Ağacı" isimli internet sayfamız (Facebook, Twitter ve internet sitelerimiz) üzerinden her zaman yaptığım gibi, bir sohbet havasında Evrimsel Biyoloji'yi ve daha da önemlisi bu bilimin temellerini tanıtmaya çalışacağım. Bu süreçte, konuya yeni giriş yapmış kişilere bilimsel bir yol göstermeye çalışırken, konu hakkında deneyimli olan okurlarıma ise değişik bir bakış açısı kazandırmaya çalışacağım.

Kitabımın her bölümünün, o bölüm ile ilgili bir hikâye ile başladığını ve bu hikâye üzerinden geliştiğini göreceksiniz. Böylece sadece teorik bir şekilde bilgilerin aktarılmasındansa, pratik olarak bu bilgilerin doğadaki ve dolayısıyla gerçekteki uygulamalarını ve örneklerini görebileceksiniz. Burada belirtmek isterim ki, okuyacağınız bölüm başı hikâyeleri içerisinde anlatılan olay ve olguların bazıları gözlenmiş ve tamamen gerçektir, bazıları ise gözlenebilir olayların konu bağlamında örneklendirilmesiyle hazırlanmıştır. Bahsedilen kişilerin hepsi gerçektir, fakat başlarından geçenler birebir anlatıl-

dığı şekilde gerçekleşmemiş olabilir; konuyu örneklemesi için ufak tefek düzenlemeler yapılmıştır. Kitabın bölümlerinin başındaki hiçbir hikâye, yaşanamayacak veya tamamen hayal ürünü olan olaylara dayanmamaktadır; tamamen doğada var olabilen, gözlenmiş, kaydedilmiş, sınanmış olaylara dayanmaktadır. Benzer şekilde, bölüm başı hikâyelerinde bahsedilen tüm araştırmalar gerçektir ve bu alanlardaki sayısız makaleden alınan bilgilerden seçilip süzülerek derlenmiştir. Zaten bu hikâyeler, konuya ısınma amacıyla verilmektedir. Hikâyeler haricinde kalan her deney bilgisi, bizzat akademik literatürden seçilmiş araştırmaları anlatmaktadır. Dolayısıyla kitabın içerisindeki her konuyla ilgili olarak akademik yazın içerisinde sayısız makale bulmanız mümkündür.

Evrimsel Biyoloji'nin insanın hayata bakış açısını değiştirdiğinden, bu değişimi uzun yıllar önce deneyimlemiş biri olarak eminim. İnsanın ancak kendini üstün görmeyi bir kenara bırakıp, içerisinden kademe kademe, bin bir zorluktan geçerek ve nice kayıplar vererek geldiği doğayı kucaklamayı öğrendiği zaman özgürleşeceğine ve ancak o zaman hayata daha geniş, daha kontrollü, daha ayakları yere basan bir açıyla bakacağını düşünüyorum. Kitabımı, bundan 150 yıl önce Darwin'i, aradaki süreçte binlerce bilim insanını ve bugün de beni ve sayısız bilim insanını böylesine heyecanlandıran ve gerçeklere bir adım daha yaklaştığımızı hissettiren bakış açısını, bu ihtişamlı yaşam görüşünü tüm okurlarıma kazandırabilmek amacıyla kaleme alıyorum. Umuyorum ki hem Evrimsel Biyoloji için, hem Türkiye için, hem de bilime ilgi duyan bütün okurlar için faydalı bir yapıt olacaktır.

Kitabın ilk bölümünde, bugüne kadar hakkında milyonlarca tartışma yapılmış olmasına rağmen hâlâ tam olarak anlaşılamamış hipotez-teori-kanun üçlemesini açıklığa kavuşturmaya çalışacağım ve umarım artık bu konuda "Ama evrim sadece bir teori, neden doğru kabul edelim ki?" şeklinde gelen, artık bıkkınlık verecek kadar bayağı düzeydeki cümlelerden kurtulacağız. Uyarmakta fayda görüyorum: bu bölüm evrimden çok fizikle ilgili olacaktır. Bu bana kalırsa mantıklı ve işlevseldir. Çünkü temel bilimlerin çalışma alanları açısından

fizik, en temelde, her şeyin başlangıcını incelemektedir. Fiziksel olarak doğan ve çeşitlenen elementler, kimyayı doğurmuştur. Bu kimyasallar da nihayetinde biyolojik unsurların oluşumunu ve evrimini mümkün kılmıştır. Dolayısıyla evrime giriş yapmadan önce, bir bölümü fizikle ilgili konulara ayırmak faydalı olacaktır diye düşünüyorum. Belki bu bölümde anlatacaklarım doğrudan evrim mekanizmaları ile ilgili olmasa da bazı önemli kavramları açıklayabilmem açısından önemli birer araç olacaktır.

İkinci bölümde sizleri canlılığın tanımına götürecek ve modern bilimin canlı-cansız ayrımını (eğer öyle bir ayrım varsa) nasıl yaptığını izah etmeye çalışacağım. Böylelikle hayat görüşünüzde bazı önemli değişimler yaratabileceğime inanıyorum ve aynı zamanda bilimsel gerçekleri görmeniz de çok daha kolaylaşacaktır. Bu bölüm de ilk bölüm gibi evrimden bir miktar uzak olacaktır ve daha çok biyokimya içerecektir. Böylece ilk bölümdeki fizikle ilgili bilgilerden, üçüncü ve sonraki bölümlerdeki biyolojik bilgilere geçmeden önce, arada kimya dahilindeki köprüyü de atlamamış olacağız. Cansız yapıların, fizik ve fizikten doğan kimya yasaları etkisi altında nasıl canlı yapıları oluşturabildiğini bu bölümde kısaca izah edeceğim. Böylece canlıyla cansız arasındaki farklılıkları (farksızlığı) da açıklamış olacağım. Üçüncü bölümden itibaren ise kitabın kalbini oluşturan Evrim Mekanizmalarına girmeye başlayacağım.

Tabii ki, üçüncü bölümde ilk olarak gezegenimizde gördüğümüz muazzam canlı çeşitliliğini yaratan ve mümkün kılan genetik mekanizmaların birçoğunu ele alarak Evrim Mekanizmalarına giriş yapacağım ve üçüncü bölümün tamamını bu mekanizmalara ayıracağım. Bu kısımda, evrimi sadece mutasyonlara indirgeyerek aklı sıra çarpık evrim senaryoları yazıp çizen iddialara da son noktayı koyacağız. Bunları tamamen anladıktan sonra, dördüncü bölüme geçerek, evrimsel değişimi asıl mümkün kılan mekanizmalara değinmeye başlayacağım. Darwin'in Evrim Kuramı'nı geliştirirken izlediği adımları aynen siz okurlarıma takip ettireceğim ve önce yapay seçilimi tamamen algıladıktan sonra, onu nasıl doğaya uyarlayabileceğimizi beşinci bölümde anlatmaya başlayacağım. Böylece, Darwin'in

Doğal Seçilim Yasası'nı nasıl keşfettiğini de anlamış olacağız. Altıncı bölümde, canlıların olmazsa olmaz özelliği üreme ile doğrudan ilgili olan Evrim Mekanizmasına, yani cinsel seçilime değinecek ve birçok özelliğinden bahsedeceğim. Sonunda, yedinci bölüme geldiğimizde, genelde göz ardı edilen ve tam olarak anlaşılamayan, ancak oldukça önemli olduğunu düşündüğüm son Evrim Mekanizmasına, yani akraba seçilimine değineceğim ve kitabı bir sonsözle sonlandıracağım.

Böylece, Türkçe popüler bilim kitapları arasında ilk defa evrimin bilinen tüm mekanizmaları, halkın anlayabileceği bir dilde ve ders kitabı olmamasına rağmen geniş bir kapsamda verilmiş olacak. Bu açıdan, böyle bir kitabı kaleme aldığım için son derece heyecanlıyım. Umuyorum siz de bölümler içerisinde ilerlerken, benim yazarken tattığım heyecanı hissedersiniz. Aslında bölümleri sırasıyla okumanız gerekmiyor, ancak size bunu tavsiye ederim. Yine de, ola ki ileride başvurmak isterseniz, dilediğiniz mekanizmanın olduğu bölüme doğrudan gidebilir ve gerekli bilgileri alabilirsiniz.

Ayrıca kitap içerisinde bazı "değişim noktaları"na rastlayacaksınız. Bunlar, size kitap boyunca aktarmaya çalışacağım, Evrimsel Biyoloji'nin insana kattığı yaşam görüşü ile ilgili önemli köşe taşlarıdır (sonsöz kısmında bunların tam listesini bir arada bulabilirsiniz). Bu değişim noktalarını belirten cümleleri tam olarak anladıysanız, Evrimsel Biyoloji'yle ilgili önemli sayılacak düzeyde bir bilgi edinmişsiniz demektir. Bu yüzden, eğer o cümlelerin mantığını tam olarak kavrayamadığınızı düşünüyorsanız, lütfen ilgili bölümü tekrar okumayı deneyin ve halen tatmin olmadıysanız, bana Evrim Ağacı üzerinden ulaşarak sorularınızı yöneltin. Size yardımcı olmak için elimden geleni yapacağımdan emin olabilirsiniz.

Sizi Evrimsel Biyoloji'nin baş döndürücü dünyasına götürmeden önce, kısa bir süre durup, bu kitabın ortaya çıkış aşamalarında emeği olan herkese teşekkür etmek istiyorum. Başta beni hiçbir çalışmamda yalnız bırakmayan, can yoldaşım Seray Eren'e ve hiçbir koşulda desteklerini esirgemeyen, ellerinden geleni artlarına koymayan, benim tüm aykırı gibi görünen ama gerçek ve istikrarlı olan fikirlerime tamamen açık yaklaşan, gerek biyolojik gerek mesleki olarak bulun-

duğum noktada bulunmamın temel sebepleri olan anneme, babama ve kardeşime, bu kitabın yazılması konusunda bana ilk teşviki veren ve kitap basımıyla ilgili konularda bana yol gösteren Olcay Yılmaz'a, kitabın basılmasını mümkün kılan Evrensel Basım Yayın'ın çok değerli emekçilerine, kitabımı baştan sona okuyup değerlendiren ve görüşlerini ileten çok sevgili hocam Ergi Deniz Özsoy'a, 2010 senesinden beri aktif olarak benden Evrimsel Biyoloji konusunda eğitim alan, benimle tartışmalara giren, bana destek olan ODTÜ Biyoloji ve Genetik Topluluğu'ndan arkadaşlarıma, on binlerce kişilik dev bir aile olan Evrim Ağacı'nda benimle birlikte çalışan ekibime ve sosyal paylaşım sitelerindeki tüm okurlarıma sonsuz teşekkür ediyorum. Hepiniz iyi ki varsınız ve hepiniz iyi ki bilimin gücünü anlayabilecek kadar geniş bir algıya sahipsiniz.

Öyleyse başlayalım...

Çağrı Mert Bakırcı
24.02.2012, 01.12, Ankara

2. BASKIYA ÖNSÖZ

İlk baskının raflarda yerini almasından sonraki birkaç hafta içerisinde kitabım neredeyse tüm kitabevlerinde tükendi. Bu yoğun ilginiz için siz değerli okurlarıma sonsuz teşekkürü borç bilirim! Ancak itiraf etmeliyim ki, ilk baskının hazır olduğu günden itibaren o ilk baskıyı geliştirmenin yollarını aramaya başlamıştım bile! Çünkü biliyorum ki değişime direnen her ürün ve her fikir yok olmaya muhtaçtır. Dolayısıyla ikinci baskıda ilk baskıdakiyle aynı metni siz okurlarıma sunmak, açıkçası bana pek doğru gelmedi. Eğer kitabımı geliştirme imkânım varsa, neden bunu yapmayayım, değil mi?

Sizlerden ilk baskıyla ilgili olarak bol miktarda teşekkür ve tebrik aldım. Birçok okur bu kitabın, evrime dair soru işaretlerini gidermeye katkı sağlayan bir kitap olduğunu belirtti. Bazıları yeni soru işaretleriyle bana ulaştılar, ben de bu soru işaretlerine yönelik olarak ikinci baskıda düzenlemeler yaptım. Beni en çok mutlu edense, okurlarımın sadece kendileri için değil, hediye etmek üzere de birkaç kopya satın aldıklarını sayısız defa duymak oldu. Etraflarındaki insanların evrimi anlaması için çok temel bir kitap olduğunu düşünmeleri, ilk baskının amacına ulaştığını göstermektedir. Bu kadar büyük bir beğeniyle karşılanmış olmasının bende yarattığı mutluluğu sanıyorum ki kelimelere dökmem mümkün olmayacaktır. İşte tam olarak bu sebeple, zamanınızı ayırarak okuduğunuz kitabımı daha da geliştirip, daha fazla örnekle, daha detaylı anlatımlarla, daha düzenli bir yapıyla sizlere sunarak teşekkürlerinize bir nebze cevap vermeyi istedim. İkinci baskının bir "genişletilmiş baskı" olmasının sebebi budur.

Okurlarımdan büyük bir kısmı nezaket göstererek ve çaba sarf ederek bana geri bildirimlerde bulundular. İlk baskıda tespit ettikle-

ri yazım ve bilgi hatalarını ilettiler. Bunların hepsini, hiçbirini ayırt etmeksizin değerlendirdim ve gözden geçirdim. İlk baskıya özgü yazım hatalarının hepsini düzelttim. Ancak genişlettiğim yerlerde birçok yeni metin geldiği için, defalarca kontrol etmiş olmama rağmen gözden kaçırdıklarım olabilir. Bu yüzden affınıza sığınıyorum. Bilgi hatası olarak yapılan geri bildirimlerin ise hepsinin ya terimlerin ve tür isimlerinin Türkçeye çevrilmesi sırasında oluşan sorunlarla ya da belli bir konunun yeterince detaylı izah edilmemesinden ötürü doğan soru işaretleriyle, anlatım bozukluklarıyla ya da yazım hatalarıyla alakalı olduğunu gördüm. Bu kısımlarda daha detaylı açıklamalar yapma yoluna giderek, olası yanlış anlaşılmalardan arındırmaya çalıştım. Eğer ki yine şüpheli gördüğünüz noktalar olursa, lütfen tarafıma iletmekten çekinmeyiniz.

İlk baskıda bölümlerin alt başlıklara ayrılmamasından ötürü okuma zorluğunun oluştuğunu fark ettim. Bu sebeple, konu elverdiğince bölüm içi başlıklar yarattım. Umuyorum ki bu ufak duraklar, okumanız sırasında bilgilere boğulduğunuz noktalarda bir nefes alma şansı verecektir.

Ayrıca ilk baskıdaki örneklerimin yeterince çeşitli ve detaylı olmadığını fark ettim. Sahasında bir ilk olma iddiası taşıyan bu kitabımın daha fazla ve detaylı örneklerle desteklenmesi gerektiğini düşündüm. Bu nedenle her bir bölüme birçok yeni örnek dâhil ettim ve olabildiğince detaylı açıkladım. Tabii ki aşırıya kaçarak çok uzun örnekler vermekten elimden geldiğince uzak durmaya çalıştım. Umuyorum ki eklediğim örnekler konuyu kavramanızda katkı sağlayacaktır.

İkinci baskı için gecemi gündüzüme katarak 100 civarında yeni makale taradım, bunların yarısı kadarının içerisindeki bilgileri kitaptaki çeşitli noktalarda kullandım. Ara ara makale dergilerinin isimlerine de yer vererek, siz okurlarımda akademik dergilerin isimlerine yönelik bir kulak dolgunluğu yaratmayı istedim. Ayrıca devam etmekte olduğum doktora eğitimim sırasında aldığım *İleri Düzeydeki Öğrenciler İçin Organik Evrim (Organic Evolution for Advanced Students)* başlıklı derste, sayın hocam Dr. Matthew Olson tarafından bahsedilen örneklere, yaptığımız sohbetler ve tartışma seansları sıra-

sında bana anlattığı bazı önemli konulara da kitap içerisinde yer vermeye çalıştım. Bazı konuları yine çok sevgili hocalarımdan Prof. Dr. Kenneth Miller'a danışarak detaylandırdım. Umuyorum ki kitabımın amaçlarından biri olarak, bu gibi kitaplardan yola çıkarak sonunda akademik bir düzlemde konuyu araştırma ilgisini de sizlerde uyandırabilirim. Çünkü Dünya'nın daha fazla sayıda kaliteli bilim insanına ihtiyacı var.

Uzun lafın kısası, ikinci baskı için gerçekten en az ilk baskıda olduğu kadar emek harcadım. Umuyorum ki bu emeklerim, siz okurların merakı ve ilgisiyle buluşacak, bilimsel gerçeklerin toplumumuz içerisinde daha geniş kitlelere ulaşmasına katkı sağlayacak ve Evrim Ağacı'nın dallarının giderek daha yükseklere erişebilmesine imkân sunacaktır.

Ayrıca ben tüm bunlarla uğraşırken; beni, tüm Evrim Ağacı ailesini, Türkiye'deki bilim camiasını ve birçok bilim meraklısını derinden yaralayan bir ölüm haberi aldık. Evrim Ağacı fikrini ilk açtığımız akademisyenlerimizden olan, bize ve bizden önceki sayısız akademik nesle evrimsel biyolojiyi ve önemini öğretmiş olan, Türkiye'yi evrimle tanıştıran, Türkiye'de bilimsel algının yerleşmesi için ömrünü adayan, sayısız akademik makaleyle ülkemizde evrimsel biyoloji çalışılabileceğini binlerce öğrenciye gösteren çok sevgili hocamız Prof. Dr. Aykut Kence'yi 1 Şubat 2014 tarihinde kaybettik. Kendisinden hiç ders alma şansım olmadıysa da, birçok öğrencisine göre kendisiyle daha uzun süreler sohbet etme, fikirlerini alma ve karşılıklı tartışarak fikirler üretme imkânım olmuştu. Kence ailesini evinde ziyaret etme, bol bol sohbet etme, laboratuvarlarında bir süre çalışma ve araştırma yapma imkânım oldu. Evrimle ilgili derin bilgisi, en yorgun zamanlarında bile eksilmeyen güler yüzü, ömrünün son aylarına kadar görevinin başında olması, evrimsel biyoloji öğretimini ve bilimsel araştırmalarını sürdürmesi ile asla aklımızdan çıkmaması gereken bir idoldür Aykut Hoca! Kitabımın ikinci baskısını ona ve anısına armağan etmek, yapabileceklerimin en azı olsa gerek, boynumun borcudur... Huzur içinde uyu hocam, Türkiye'de yaktığın bilimsel aydınlanma

ateşi ve ilerleme hareketi emin ellerdedir! Tüm sevenlerine, özellikle de çok sevgili hocam Doç. Dr. Meral Kence'ye baş sağlığı dilerim.

Son olarak, kitabımın ikinci baskısının ilkinden yapısal olarak oldukça farklı olmasının yarattığı basım ile ilgili sorunlara ve tüm yoğunluklarına rağmen desteklerini benden bir an olsun esirgemeyen Evrensel Basım ve Yayın ailesine, özellikle de kitabı baskıya hazırlayan sevgili Didem Gerçek'e ve editör Onur Öztürk'e yürekten bir teşekkürü borç bilirim. Ayrıca ikinci baskıda, ilk baskıdaki ufak tefek yazım ve anlatım hatalarını tespit ederek düzeltmemi sağlayan tüm okurlarıma ve kitabımı geliştirmemi sağlayan arkadaşlarıma (özellikle Hakkı Özdenören'e ve Barış Dallı'ya) ve geri bildirimde bulunan herkese çok teşekkür ederim. İlginiz, destekleriniz ve kıymetli geri bildirimleriniz için tüm okurlarıma ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler.

Çağrı Mert Bakırcı

13.02.2014, 21:38, Ankara

Texas / ABD

BÖLÜM 1:

Gerçeklerin Omzunda Yükselen Teoriler...

Mete o gece yine eve geç gelmişti. Kapıyı arkasından kapatmasıyla bir süredir birlikte yaşadığı kız arkadaşı Özge hafif bir korkuyla uyanmıştı. Yatağından hafifçe başını kaldıran Özge başucu saatine baktı. Saat gece 2'yi biraz geçiyordu. Bu, son 3 haftada Mete'nin eve dördüncü geç gelişiydi ve Özge bu durumdan hiç memnun değildi. Geç geliyor olması çok sorun değildi ama Mete'nin sürekli gizemli ve endişeli hali onu üzüyor ve korkutuyordu. Geçen sefer geç geldiğinde kendisine ait olmadığından emin olduğu bir kadın parfümü kokusu yayılıyordu gömleğinden. Aynı kokuyu daha önceki seferlerde de belli belirsiz almıştı. Üstelik Mete'nin gömlek yakasının iç yüzünde, tıpkı filmlerdeki gibi, yayılmış ve kurumuş ruj izine benzer bir iz görmüştü. Hele ki Mete geçenlerde duştayken, oturma odasındaki telefonu çalmış ve "Feriha Hanım" diye biri aramıştı. Özge çekinip açmamıştı ama Mete genelde tüm tanıdıklarını kendisiyle tanıştırırdı. Bu Feriha Hanım da kimdi? Can sıkıntısıyla yastığına kafasını geri koydu ve huzursuz bir uykuya daldı.

Özge ertesi gün en yakın arkadaşı Ezgi ile buluştu ve içini kemiren bu konuyu ona açtı. Ezgi her ne kadar Mete'nin Özge'yi aldatacağına hiç ihtimal vermeyerek başka ihtimaller üzerinde durmuş olsa da, sonunda Özge, gergin, kaşları çatık ve yılgın bir şekilde şöyle söyledi: "Sanırım Mete'nin beni aldatmasıyla ilgili bir *teorim* var." Ezgi de işin bu düşüncelere geleceğini bilmesine rağmen, şaşırmış bir şekilde ona bakarak nasıl bir teorisi olduğunu sordu. Özge şöyle anlattı:

"Biliyorsun, Mete uzun bir süredir yamaç paraşütü yapıyor ve bu garip geç gelişleri başlamadan 1 hafta önce bir atlayışa gitmişti. Gitmeden önce Antalya'dan bir diğer grubun geleceğini söylemişti. Birkaç defa daha aynı gruptan bahsettiğini hatırlıyorum. Bana kalırsa bu ekipten bir kızla tanıştı ve onunla görüşüyor. Adı Feriha olabilir, çünkü öyle biri aradı geçenlerde. Üstelik gömleğinde tanımadığım bir kadın parfümü kokusu aldım ve ruj izleri olduğunu düşündüğüm lekeler gördüm. Daha ne olsun? Kesin bir başkası var!"

Gerçekleri Anlamak: Teoriler ile Hipotezler Arasındaki İlişki

Kesinlik... Teoriler... Hayatımıza aslında yakın zamanda girmiş olgulardır teoriler. Çünkü bundan birkaç yüz yıl öncesine kadar bilim dilinde sadece **hipotezler** (ön-tezler) ve onların ispatından doğan **kanunlar**dan bahsedilirdi, teoriler pek bilinmezdi, genelde günlük yaşantıda da seyrek olarak kullanılırdı. Hipotezler, çevremizde gördüğümüz sorunlara yönelik geliştirdiğimiz geçici, muhtemel, değişime ve yanlışlanmaya son derece açık cevaplardı. Kanunlar ise, bu hipotezlerin defalarca test edilip, her seferinde aynı sonucu vermesi sonucu artık değişemeyeceği, sonsuza kadar sabit kalacağı anlaşılan doğa yasalarıydı. Ancak bilim diline teorinin girmesiyle birlikte, günlük yaşantıda da bu kelimenin kullanımı arttı. Sonrasında ise garip bir şekilde bilim dilindeki teori sözcüğü ile günlük yaşantıda kullandığımız teori kelimesi zıt yönlere gitmeye başladı. Aslında bu kelime günlük yaşantıda ve bilimde zıt anlamlara gelmiyor; ancak insanlar üzerinde detaylı düşünmedikleri için teorileri yanlış anlıyorlar. Onlara öğretildiği şekilde ve bilimden uzak bir anlamda kullanıyorlar. Şimdi bu yanlış anlaşılmayı hikâyemiz üzerinden gidermeye çalışalım.

Özge, sevgilisinin kendisini aldatmasıyla ilgili gerçekten de bilimsel sayılabilecek bir *teori* geliştirdi. Teori kelimesini doğru anlamda kullanmasına rağmen, bunu bu şekilde kullanırken esasında kastettiği, ileri sürdüğü argümanın çok da güvenilir olmadığı, kendisinin

de bundan emin olamadığı, test etmenin bir yolu olmadığını düşündüğüdür. Bu şekildeki kullanım, sözcüğün çarpık anlamının süregelmesine neden olan ana unsurdur. Bu, genelde halk arasında "asılsız iddia" şeklindeki kullanımın aksine, kısmen doğru, kısmen yanlış bir kullanımdır, ilerleyen kısımlarda izah edeceğim.

Özge'nin yaptığı basitçe şuydu: Ortada var olan verileri/gerçekleri (paraşüt gezileri, eve geç gelme, parfüm kokusu, ruj izi gibi) toplamak... Bunlar Mete ile ilgili soruna ait olgulardır, verilerdir. Bunlar birer gerçektir. *"Ne"* sorusunun cevaplarıdır. Yani kimse Mete'nin eve geç geldiğini, yamaç paraşütüne gittiğini, Feriha isminde birinin aradığını, üzerinin parfüm koktuğunu yanlışlayamaz. Bunlar yalın gerçeklerdir, ortadaki verilerdir. Kimi zaman bulanık olabilirler; fakat yeterince gözlendiklerinde ortaya çıkacaklardır. Burada, Özge'nin tüm verileri net bir şekilde bildiğini ve gördüğünü varsayacağım. Ancak çözülmesi gereken sorun bunların hiçbiri değildir. Çözülmesi veya açıklanması gereken şey, yani *"Neden"* sorusunun cevabı, Mete'nin bunlara bağlı olarak geliştiği *düşünülen* garip ve alışılmadık davranışlarıdır. Bu davranışlar, Özge'nin *düşündüğü* sebeplerden ötürü olabilir veya garipliğinin altında tamamen farklı sebepler yatıyor da olabilir. Sebebi "ne" olursa olsun ortada sıra dışı, anlaşılamayan bir durum vardır. Açıklanması gereken sorun budur. Özge bu verileri kullanarak, Mete'nin bu garip, alışılmadık veya sıra dışı davranışlarına kapsamlı bir açıklama üretmeye çalışmaktadır ki bu açıklamayı basitçe şöyle isimlendirebiliriz: Aldatma. Bu açıklama, eldeki verilerin tümünü açıklamaya yarar bir argüman olarak karşımıza çıkıyor, bu konuda sanıyorum kimse itiraz etmeyecektir. Yani Özge, bu gerçekleri bir tür sosyal davranış tipi olan "aldatma" ile birbirine bağlıyor, bunlar arasındaki ilişkiyi bu şekilde kuruyor. Ancak burada can alıcı nokta şudur: Özge'nin elindeki veriler bir konudur (ve teorilerden bağımsız gerçeklerdir), Özge'nin bunlar arasında kurduğu ilişki sonucu gelişen açıklamalar (teoriler) ise bambaşka bir konudur... Bunların, yani gerçekler/veriler ile teorilerin (kuramların) iyi ayırt edilmesi gerekir. Zira aynı gerçek dizisini ya da o dizinin bir kısmını daha iyi açıklayan, başka teoriler geliştirilebilir, bunlara döneceğim.

Bilimde de yaptığımız temel olarak Özge'nin yaptığına benzemektedir: Öncelikle gözlemler yapar, **doğal gerçekleri/verileri** elde ederiz. Bu verilerin elde edilmesi sırasında sorulan soru şudur: *"Ne?"* Bu soruyu sorduğunuzda, ortada var olanı yalın haliyle öğrenmeyi hedeflersiniz. Bu sorunun cevabı size herhangi bir neden ya da yöntem vermez, sadece ortada olanı, gerçekleri gösterir. *"Mete ne yapıyor?"* diye sorduğunuzda, *"Eve geç geliyor"* veya *"Garip davranıyor"* cevaplarını alırsınız. Ancak asla geç kalmasının ya da garip davranmasının sebeplerine yönelik bilgiyi "ne" sorusu ile elde edemezsiniz. İşte bu veriyi elde ettikten sonra iki ihtimalden bahsedebiliriz: Ya bu veriye (ya da gerçeğe) *"Neden"* sorusunu yönelterek bir cevap ararız ya da daha önceden elde ettiğimiz ve neden o şekilde olduğunu bildiğimiz gerçeklerle arasındaki bağı kurmak için *"Nasıl"* sorusunu sorarız. Yani *"Ne"* sorusu **bize sadece gerçeği** verirken, "*Neden*" ve "*Nasıl*" soruları **bize gerçeklerin sebeplerini ve gerçeklerin birbirleriyle olan bağlantılarını verir**.

İşte bu soruları sorduğumuzda, cevap olarak ürettiğimiz argümanlara **hipotez** diyoruz. Çünkü bu argümanlar sadece kendi bilgi birikimimize dayanarak, olası bir cevabın ileri sürülmesinden ibarettir. Hipotezler, gerçeği yansıtmak zorunda değildir, ancak mutlaka verilerle, geliştireceğimiz teori arasında **köprü** görevi görmek durumundadır, yoksa amacına ulaşamamış bir hipotez geliştirmiş oluruz. Daha sonra, belki de en önemli adım, bu hipotezlerimizin defalarca, farklı yöntemlerle, farklı insanlar tarafından test edilmesidir. Bunun tüm detaylarına burada girmeyeceğim, çünkü bilimin ilgilenilen dalına bağlı olarak oldukça farklılık gösteren, sayısız yöntem kullanılabilir. Ancak bu test etme sonucunda, her seferinde aynı sonuçlara ulaşılırsa, bu durumda hipotezlerimizin **geçerli** olduğuna kanaat getirebilir ve doğada gördüğümüz gerçekler ile bu gerçekleri birbirine bağlamak için ileri süreceğimiz teorimiz arasındaki köprülerden en azından birini başarıyla kurduk diyebiliriz. Daha sonra, elimizdeki diğer gerçekler ile bu ilk bağlantımızı birbirine bağlayabilirsek, işte o zaman bir teori inşa etmeye başlamışız ve daha özel açıklamalardan, daha genel açıklamalara gitmeye başlamışız demektir. Sonrasında bu köprüler sınanarak, yeni köprüler inşa edilerek veya yanlış olduğu

anlaşılan bağlantılar çürütülerek teori gelişimini sürdürür. Yani bu süreçte, bir hipotez ispatlandığı için asla bir teoriye dönüşmemektedir, bu genel bir yanlış anlamadır. **Bir hipotez, ispatlandığı ya da yanlışlanamadığı zaman teori olmaz!** Teoriler, doğadaki gerçekleri birbirine bağlayarak ürettiğimiz genel açıklamalar iken, hipotezler bu gerçekler ile teoriler arasındaki köprüler, bağlantılardır.

Evrimleşen Teoriler: Güçlü Teori Ayakta Kalır

Buradan da net bir şekilde anlaşılabileceği gibi, teoriler neredeyse hiçbir zaman oldukları gibi kalmazlar. Çoğu zaman bir teori, o konuyla ilişkili başka gerçeklerin fark edilmesi ve bu gerçeklerin teoriye nasıl katkı sağlayabileceğinin açıklanması sonucu teoriler ile gerçekler arasında daha fazla köprünün kurulması ve böylece teorinin güç kazanması sağlanabilir. Tam tersi, ancak benzer bir şekilde ise, gerçekler ile teoriler arasında önceden kurulmuş köprüler, hipotezlerin yanlışlanması (yanlış olduğunun anlaşılması) sonucu yıkılabilir ve böylece o teori güç kaybederken bilim, gerçeğe bir adım daha yaklaşılmış olması bakımından güç kazanmış olur. Yani teoriyi genel bir küme olarak düşünebiliriz. Bir teori, kimi zaman çok geniş bir açıklama olmak yerine, tek bir doğa gerçeğinin nedenlerine yönelik olarak da geliştirilebilir. Bu durumda, teori çatısı altında çok daha az sayıda, hatta kimi zaman tek bir hipotez bile bulunabilir. Belki de, eğitim sistemimiz dâhilinde son derece hatalı olarak öğretilen "*Bir hipotez ispatlanınca teori olur*" bilgisinin kökeni bu gibi tek hipotezli veya daha dar konulu teorilerdir. Bir teorinin kapsamı ve gücüne az sonra yeniden döneceğim.

Örneğin Özge'nin ileri sürdüğü teori, birçok gerçeği içerisinde barındırmakta ve bunların, "Aldatma Teorisi" ile ilgili bağları, birçok farklı hipotezle kurulmaktadır. Örneğin bölümün başındaki hikâyede Mete'yi, Özge'nin tanımadığı bir kadının araması (ve diğer tüm anlatılanlar) bir gerçektir. Özge, Mete'nin davranışlarındaki genel garipliği, Aldatma Teorisi ile açıklamaktadır. Ve Özge, Mete'nin bir başkası tarafından aranması gerçeğine *"Neden"* sorusunu yönelterek, kendince *"Çünkü o kişi Mete'nin gizli ilişkisidir"* açıklamasını

yapmakta, henüz test edilmemiş olsa da bu yönde bir *hipotez* geliştirmektedir. Böylece aranıyor olma gerçeği ile anlaşılır olması "Aldatma Teorisi" olarak adlandırdığımız teorisini birbirine bağlamaktadır. Böylece, Mete'nin genel olarak son dönemde oluşan garip davranışlarının *neden* bu şekilde olduğu açıklanmaya çalışılmaktadır. Fakat Özge aynı teoriyi, örneğin Mete sadece eve geç geliyor olsaydı da ileri sürebilir, sadece bu gerçek ile bu test edilmemiş hipotez üzerinden yola çıkarak, doğrudan Mete'nin onu aldattığını iddia edebilirdi. Fakat bu durumda teorisi oldukça zayıf ve dayanaksız olacaktı; çünkü çok az gerçeğe ve hipoteze dayanıyor olacaktı (bu doğru olması için bir engel değil; ancak bilimsel doğruluk önündeki bir tehdittir). Ancak daha fazla sayıda gerçeğe dayanan ve bu gerçeklerin, daha fazla hipotez ile teoriye bağlandığı durumlarda teoriler çok daha güçlü ve sarsılması güç olacaktır. Burada, teorinin gücünü nereden aldığını da görmüş oluyoruz. Ayrıca Özge'nin ileri sürdüğü teorinin bir diğer sıkıntısı da, hipotezlerin düzgün bir şekilde test edilmemiş olmasıdır. Hatırlayacak olursanız Mete'nin geç gelmesi, ruj izi, parfüm kokusu ve benzeri durumların hiçbirinin gerçek nedenleri ortaya koyulmamıştı, sadece hipotezler ileri sürülmüştü. Özge, sadece bu verileri üstünkörü birbirine bağlayarak, kendi düşüncesi dâhilinde bir teori ileri sürdü. İşte tüm bu analizler ışığında, **teorinin gücü** olarak izah edebileceğim bir derecelendirme ile karşılaşırız.

Bir teorinin gücü birçok faktöre dayanır. Örneğin içerisinde barındırdığı doğa gerçeklerinin sayısı çok önemlidir. Sadece bir gerçeğe/veriye dayanarak çok kapsamlı bir açıklama ileri sürmek son derece hatalıdır. Ancak her zaman gerçekler arasındaki ilişkiler o kadar da kolay anlaşılır veya fark edilir olmayabilir, bu sebeple teorileri geliştirmek zordur. Bir diğer önemli nokta, teorinin içerisindeki verilerin gerçek nedenlerinin net bir şekilde ortaya konulmuş olmasıdır. Çünkü eğer ki bir gerçek ile ilgili açıklayıcı ve sınanabilir/test edilebilir bir hipotez ileri sürülmezse, bu gerçek ya da gerçekler kullanılarak yapılacak açıklama temelsiz olacaktır. Teorilerin gücüyle ilgili önemli noktalardan bir diğeri, eğer teori birden fazla gerçeği içeriyorsa, bu gerçeklerin birbirleriyle olan ilişkisinin açık bir şekilde ortaya konulmuş olmasıdır.

Yani teorinin içerisinde bulunan gerçekler, düşündüğümüz gibi birbirleriyle ilişkili mi, yoksa hatalı bir bağ mı kuruluyor, bunun tespiti çok önemlidir. Teorilerin gücüyle ilgili son olarak kilit derecede önem arz eden bir diğer durum da, ileri sürülen teorinin, bu teori içerisindeki dayanakların (gerçeklerin) ve bu gerçeklerin birbirine bağlanma yöntemlerinin sadece bir kişi tarafından değil, gerekirse onlarca, yüzlerce, binlerce kişi tarafından test edilmesidir. Çünkü sadece bir kişinin, bir olaya/olguya bakarak yapacağı açıklama, kendi yaşam görüşü ile sınırlı olabilir, bilimin **tarafsızlık ilkesi**ni farkında olmadan çiğneyebilir ya da basitçe gözünden kaçan noktalar olabilir. Bu sebeple bilimsel bir teorinin birçok kişi tarafından test edilmesi gerekmektedir.

Burada bilimsel teorilerle ilgili çok önemli bir özellikten daha bahsetmekte fayda görüyorum: **Yanlışlanabilirlik**. Bir kuramın veya hipotezin, bilimsel açıdan geçerli olabilmesi için, yanlışlanabilir olması bir *zorunluluktur*. Bir hipotezin ya da teorinin açıklamasının tekrar tekrar doğrulanmaya çalışılması çoğu zaman hiçbir anlam ifade etmez, zira doğrulamaya çalışmak, taraflı bir bakış açısını ister istemez beraberinde getirecektir. Bilim insanları, yeni bir hipotez ya da teori ile karşılaştıklarında onu desteklemeye değil, çürütmeye, eksik taraflarını ortaya çıkarmaya çalışırlar. Zaten bilimin itici gücü de budur. Eğer ki iddia "tüm kediler beyazdır" gibi bir argümansa, sürekli olarak beyaz kediler aramak ve bulduğumuzda argümanın doğru olduğunu görmek ve kendimizi tatmin etmek bilimsel açıdan anlamsızdır. Bir tane siyah kedi bulmak, argümanı çürütmeye yetecektir. İşte bilim insanları da önlerine gelen hipotezler veya kuramlar için aynısını yaparlar. Bu argümanların açıklarını bulmaya ve yapabiliyorlarsa bunları düzeltmeye, geliştirmeye çalışırlar. Dolayısıyla bir teori, farklı bilim insanları onu çürütemediği sürece güç kazanmayı sürdürür.

Kanunlar Bunun Neresinde?

İşte bilimsel anlamda bir teorinin özellikleri bunlardır. Peki ya şu meşhur "kanunlar"? Onların bilimdeki yeri neresidir? Gerçekten de, okullarımızda (özellikle lise düzeyinde) genelde öğretildiği gibi,

"teoriler *daha da* ispatlanınca kanun olurlar" mı? Elbette ki hayır! Bu, skolastik düşünceden ve eski dönemlerdeki bilimden kalma bir düşünüşün günümüzdeki yansımasından ibarettir. Kanunlar, insanların "değişmez ve her durumda geçerli kurallar" olarak gördükleri doğa ilkelerini izah etmek için yarattıkları bir terimdir. İnsan tarihi içerisinde, bir süre boyunca, bu tür değişmeyen, sabit, her koşulda geçerli olmak zorunda olan doğa yasaları olduğuna inanılmıştır. Hâlbuki modern bilim içerisinde "değişmez", "değişmeyen", "değişemeyecek" kanunlardan bahsedememekteyiz, çünkü Evren'de hiçbir şeyin değişmez gerçekler olmadığını veya ne zaman bir şeyin "değişmez" olduğunu iddia etsek, sonrasında onun da değişmiş, değişmekte veya değişecek olduğunu artık biliyoruz. Eskiden bilim, günümüzdeki kadar etraflıca bilinmezken, doğaya yönelik bazı açıklamalarımızın değişmez, aksi ispatlanamaz, sabit açıklamalar olduğunu sandık. İşte bu "çok güvenilir" açıklamalara kanun/yasa adını verdik ve bunların aksinin doğru olabileceğini ya da en azından bunlardan daha güçlü açıklamalar yapılabileceğini hiç düşünmedik. Ta ki temel bilimler alanında devrim niteliğinde keşifler yapılana kadar. Bu keşiflerle birlikte, yüzyıllardır açıklamalarından adımız gibi emin olduğumuz "kanunlarımızın" değişmesiyle, artık bilimsel hiçbir açıklamanın bir "kanun/yasa" olacak kadar değişmez olamayacağına ikna olduk.

Günümüzde kanun kelimesi kimi kaynakta tanımını önceki sayfalarda yaptığım doğa gerçekleri (doğal gerçekler veya bilimsel gerçekler de denebilir) ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır ve anlamı yumuşatılmıştır. Eğer tanımı ve açıklaması doğru yapılacak olursa, elbette doğa gerçeklerinden kanunlar, ilkeler veya yasalar olarak bahsedebiliriz; sonuçta bir şeye ne dediğimiz çok önemli değildir, ona neden o şekilde isim verdiğimizi yeterince iyi izah edebiliyorsak. Ancak bugün gördüğümüz salt gerçeklerin bile değişmez olamayabileceğini hatırlatmakta fayda var, buna tekrar döneceğiz. Ben de kitap boyunca "kanun (yasa)" ve yer yer "ilke" kelimelerini doğa gerçekleriyle eş anlamlı olarak kullanacağım.

Bu bağlamda şunu tekrardan ve net olarak ortaya koyabilirim ki, kanunlar "*Neden*" sorusuna cevap vermezler, ancak ve ancak "*Ne*" sorusunun cevabı olabilirler. Dolayısıyla kanun veya ilke olarak adlandırdığımız, gözleme dayalı gerçekler her zaman bilimsel açıklama açısından eksiktirler. O gözlemlerin neden ve nasıl o şekilde olduklarını anlamak için teorilere (kuramlara) ihtiyacımız vardır. Buradan da görebileceğimiz üzere doğal bir olay/olguya yaptığımız açıklamaların en güçlüsü ve en kapsamlısı teorilerdir. İşte bu noktada, Önsöz'de amaçlarından bahsettiğim üzere, kitabımın **birinci değişim noktası**nı vermeyi uygun bulmaktayım: **Hiçbir teori ispatlandığında kanun olmaz! Tam tersine teoriler, bazı kullanımlarda "kanunlar" olarak geçen "doğa gerçekleri"ni birbirine bağlayan ve daha geniş açıklamalar yapmamızı sağlayan bilimsel açıklamalardır. Teoriler, kanunların omuzlarında yükselir. Bir bilimsel açıklamanın, kapsam ve içerik olarak ulaşabileceği son nokta "teori" durumudur**. Şimdi biraz örnekler üzerinden gitmek istiyorum, anlaşılmanın kolaylaşması açısından.

Newton Üzerinden Kanunları ve Teorileri Anlamak...

Dalından kopan bütün elmalar (ve benzeri cisimler) Dünya'ya (yere) *doğru* hareket etmektedir. Bu bir doğa gerçeğidir, *"Ne"* sorusunun cevabıdır. Bir şeylere illa "kanun" diyecekseniz, cisimlerin bu hareket davranışına "kanun" demeniz, sanıyorum en isabetlisi olacaktır. Çünkü bunun haricindeki, daha kapsamlı olarak yapılacak her "kanun" tanımı, bilimsel terminolojide çelişkiler yaratacak, yanlış anlaşılmaları doğuracaktır. Dolayısıyla bir gözleme doğrudan "kanun" yaftasını yapıştırmak doğru olmayacaktır, bundan uzak durmanızı tavsiye ederim. Fizik yasaları (ki bunlar da diğer doğa gerçekleridir) sabit kaldığı sürece bahsettiğim bu "düşme hareketi" varlığını sürdürecektir. Ancak elmanın Dünya'ya *doğru* hareket etmesi, olayın ta kendisidir, olayla ilgili bir açıklama yapmamızı sağlamaz. Yani *"Ne"* sorusunun cevabı bir açıklama değil, bir durum bildirimidir: *"Cisimler Dünya'ya doğru hareket eder."* Bu gerçeğin nedenlerini öğrenmek için, adı üzerinde, *"Neden"* sorusunu sormak gerekir. Bernard

Baruch'un sözleri bu durumu net bir şekilde ortaya koymaktadır: "*Milyonlarca insan elmanın düştüğünü gördü; ancak sadece Newton 'Neden?' diye sordu.*"

İşte bu nokta, anlaşılması gereken en önemli noktadır. Elmanın yeryüzüne doğru hareket etmesi gerçeğini açıklayacak bir açıklamaya ihtiyaç duyarız. Bunu yapabilmemizin tek yolu, elmanın hareketi ile ilgili birçok veriyi toplayıp (tıpkı Mete ile ilgili verileri topladığımız gibi), bunları kullanarak bir cevap üretmekten geçer. Newton'un yaptığı da tam olarak budur: Öncelikle, cisimlerin hareketlerine yönelik yaptığı gözlemler sonucunda bazı doğa yasaları (ilkeler) tespit etmiş ve bunları ifade etmiştir. Newton'un bu yaptığı, sonradan geliştireceği teorisi için bazı temel gerçekleri keşfetme (gözlem yapma) ve onları açıklama (hipotezler geliştirme) evresidir. Çünkü cisimlerin yere doğru hareketini anlayabilmek ve açıklayabilmek için, öncelikle cisimlerin nasıl ve neden hareket ettiğinin açıklanması gerekmektedir. Şimdi, Newton'un bunu yaparken attığı adımlara bir göz atalım:

Newton, bir cismin üzerinde herhangi bir kuvvet olmadığı sürece hızının sabit kalacağını keşfetmiştir. Daha popüler tanımıyla, bir cisim üzerinde herhangi bir kuvvet yokken sabit olarak duruyorsa durmayı sürdürür. Eğer üzerinde kuvvet yokken hâlihazırda sabit hızla hareket ediyorsa, bu hızda hareketini sürdürür. Buna, **Eylemsizlik İlkesi (Gerçeği)** diyoruz ve günümüzde bu, **Newton'un Birinci Hareket İlkesi/Yasası** olarak bilinir. Bunun en bilinen uygulaması, hareket halindeki bir araba aniden frene basarsa, içerisindekilerin hızla ileriye doğru hareket etmesi, yani frene basmadan önceki hareketi sürdürme eğilimidir. Benzer şekilde, duran bir araba birden hızlanacak olursa, içerisindekiler hızla geriye doğru hareket edeceklerdir; çünkü hızlanmadan önceki durma hareketini, birer cisim olarak sürdürme eğilimindedirler. Bu bir doğa yasasıdır ve her zaman bu şekilde karşımıza çıkar.

Newton, sonrasında yaptığı her denemede, elmanın (veya herhangi bir diğer cismin) yeryüzüne doğru yaptığı hareket boyunca üzerine etkiyen kuvvet ile ivmesi (bir cismin ne kadar çabuk hızlandığı bilgisi) arasında, cismin kütlesi üzerinden bir doğru orantı oldu-

ğunu keşfetmiştir (aslında Newton doğrudan bunu keşfetmemiştir, cisimlerin doğrusal momentumlarının korunduğunu keşfetmiştir ama kafa karıştırmamak adına bunu burada anlatmayacak, bu konudaki klişe anlatıma sadık kalacağım). Bunu bugün **Newton'un İkinci Hareket İlkesi/Yasası** olarak anıyoruz ve meşhur "F=m*a" formülü ile ifade ediyoruz. Bunun uygulamasını da, ittiğimiz bir bebek arabasında kolaylıkla görebiliriz. Eğer ki bebek arabasını sabit bir kuvvetle iterseniz, kütlesi sabit olduğu sürece arabanın hızı giderek artar. Hızındaki bu değişime ivme denir. Bu basit gerçek, Newton tarafından, yukarıda verdiğim formülle ifade edilmiştir.

Son olarak Newton, birbiriyle etkileşim halindeki bütün cisimlere etki eden kuvvete karşı bir tepki kuvveti oluştuğunu keşfetmiştir. Buna da **Etki-Tepki İlkesi** veya **Newton'un Üçüncü Hareket İlkesi** diyoruz. Bunu da her anımızda hissederiz. Örneğin, Dünya üzerinde ayakta durabilmemizin tek sebebi bu ilkedir. Çünkü maddesel yapımızdan kaynaklı kütlemiz, yerçekiminin etkisiyle yere doğru bir kuvvet (ağırlık) yaratır. Bu ağırlık, eğer ki Dünya (veya üzerine bastığımız yer) tarafından eşit ve zıt yönlü bir kuvvetle dengelenmeseydi, ayakta durmamız mümkün olmazdı ve Dünya'nın merkezine doğru çekilirdik. Benzer şekilde, bir buz pistinde, duvarı var gücünüzle itecek olursanız, duvarın sabit olmasından ötürü meydana gelen eşit ve zıt yönlü bir kuvvetle geri kayacaksınızdır. Bu durumda duvar yerine sizin kaymanızın nedeni, duvara uyguladığınız kuvvetin, duvarı yerinden sökecek kadar güçlü olmamasıdır. Fakat sizi buz pistinde tutan kuvvetler çok küçük olduğundan, duvara uyguladığınız etki kuvvetine karşı duvardan aldığınız tepki kuvveti sizi kolayca geri itecektir. Ancak, eğer ki bir alışveriş arabasını aynı şekilde itecek olursanız, siz geriye gitmezsiniz, araba ileri gider, çünkü alışveriş arabası duvar gibi yere sabit değildir ve üzerine uyguladığınız kuvvet, arabayı sabit tutan sürtünme kuvvetini kolayca yenerek hareket etmesini sağlar. Bu sırada, araba da size, sizin ona uyguladığına eşit miktarda ama zıt yönde bir tepki kuvveti uygular. Fakat ayakkabılarınızla yer arasındaki sürtünme kuvveti, bu kuvvetten büyük olduğu için siz geri gitmez-

siniz (tıpkı siz ittiğinizde duvarın gitmemesi gibi). Kısaca, uygulanan etki-tepki kuvveti ile diğer kuvvetlerin ilişkisi, hareketi doğurur.

Dikkat edecek olursanız kanunlar, etrafımızdaki verilerin gözlenmesiyle edinilen doğal gerçeklerden ibarettir, daha fazla bir anlam ifade etmezler. İşte Newton, bu 3 ilkeyi keşfi sırasında bazı hipotezler ileri sürmüş, bunlardan doğru olduğuna sayısız deneme ve araştırma sonrası ikna oldukları, az önce bahsettiğim yasaların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak bunların hiçbiri *"Neden"* sorusuna cevap değildir, fark edecek olursanız. Bunların hepsi *"Ne"* sorusunun cevabıdır. Her biri, ortada olan bir gerçeği açığa çıkarmayı hedeflemektedir. Newton'un yapmak istediği ise bu gerçeklerin ortaya çıkarılmasından çok, bunların birbirine bağlanması sonucu cisimlerin hareketine yönelik yapmaya çalıştığı açıklamayı netleştirebilmektir. İşte burada, teori geliştirme devreye girer.

Newton bu ilkelerden yola çıkarak ve yaptığı bazı diğer gözlemleri kullanarak, cisimlerin hareketi ile ilgili bir teori geliştirmiştir: **Kütleçekim Teorisi (Kuramı)**. Bu, o zamana kadar cisimlerin Dünya'ya doğru hareketiyle ilgili yapılan tek açıklamadır ve hem o dönem için, hem de günümüzde bildiğimiz belli sınırlar ve koşullar dâhilinde (az sonra bahsedeceğim), gerçekten de son derece güçlü bir açıklamadır. Anlaşılır bir biçimde, 17. yüzyılın sonlarında teorisini ilan eden Newton, o dönemde bilimde bir çığır açmış ve cisimlerin bu hareketlerine yönelik yaptığı açıklama, bir bütün olarak "değişmez gerçeklik" olarak kabul görmüştür. İşte bu sebeple o zamanlarda Newton'un açıklamalarına **Kütleçekim Kanunu**, bu kanunun Dünya'dan bahsederken kullandığımız versiyonuna ise **Yer (Dünya) Çekimi Kanunu** denmiştir. O zamanlardaki insanların, eldeki bilim düzeyine bakarak bu açıklamaları değişmez kabul etmeleri ve birer kanun olarak görmeleri son derece doğaldır.

Newton basitçe, Evren'deki bütün cisimlerin birbirlerini eşit ve zıt yönlü kuvvetlerle *çektiğini* söylemektedir. Bu *çekim* kuvvetinden ötürü, sürtünmenin yenilebildiği durumlarda da cisimlerin birbirlerine *doğru,* çizgisel (doğrusal) bir rotada hareket ettiğini ileri sürmüştür. Yani Newton'a göre cisimlerin hareketlerinin arkasında yatan temel

prensip, cisimlerin birbirlerini çekiyor olmasıdır; bu iki cismin birbirine hareketi ise *doğrusal* biçimdedir. Örneğin aynı masa üzerinde yan yana duran iki elma, Newton'un Kütleçekim Kuramı'na göre birbirini çekmektedir. Ancak bu kuvvet o kadar küçüktür ki, sürtünme kuvvetini yenemez ve bu yüzden cisimler birbirine doğru hareket etmezler. Ancak çeken cisimlerden birisi Dünya gibi devasa bir cisimse, ona göre çok daha ufak olan her cisim kendisine *doğru* hareket edecektir.

Upuzun yıllar, hatta asırlar boyunca Newton'un cisimlere yönelik bu açıklaması bir kanun olarak kabul gördü. Bu açıklaması son derece işlevseldi de, zira Newton gerçekleri etrafına bakarak keşfetmişti ve insanlar artık onun bu keşfini kullanarak, etraflarındaki olayların gelişimine daha mantıklı ve bilimsel açıklamalar getirebiliyorlardı. Bu da bilimde ciddi bir gelişime sebep oldu. Günümüzde bildiğimiz tüm sıradan (aşırı ileri teknoloji olmayan) ev âletleri, telefonlar, bilgisayarlar, arabalar, uçaklar, uydular, gemiler ve daha nicesi Newton'un bu basit açıklaması ve sonrasında gelen bilim insanlarının bu açıklamalara yaptıkları katkılarla gelişen **Newton "Yasaları"** ile icat edilmiş ve geliştirilmiştir. İnsanlar bilimdeki bu açıklamaların, teknoloji üzerindeki olumlu etkisini gördüklerinde, Newton'un açıklamasına daha da sıkı sıkıya bağlanmışlardır ve Newton'un açıklamalarının değişmez kanunlar olduğuna daha da ikna olmuşlardır.

Bilimin En Kapsamlı Açıklamaları: Teoriler

Bu yaklaşım 19. yüzyılın ve belki de bildiğimiz tüm tarihin en parlak zekâlarından birinin doğumu ve keşifleri ile sona ermiştir: Albert Einstein. Einstein ömrü boyunca fizik üzerine sayısız çalışma yapmış ve sonunda bilime birçok ürün vermiştir. Bunların başında da **Görelilik Teorileri (Kuramları)** gelmektedir. İki alt teoriden (özel ve genel görelilik kuramları) oluşan bütünün, bilim tarihine birçok önemli etkisi olmuştur; ancak burada bizi ilgilendiren, Newton'un o zamana kadar sarsılmaz olarak görülen tahtının (açıklamalarının) sarsılmış olmasıdır. Einstein, Newton'un yaptığı açıklamayı yetersiz

ve hatta belli sınırlar haricinde hatalı bulmuştur. Çünkü Newton etrafında basit olarak gözlenebilir olaylardan yola çıkarak açıklamalarını yapmış, uzay ve zamanın birbirinden bağımsız işleyen olgular olduğunu varsaymış ve bunları birer gerçek olarak kabul ederek teorisini geliştirmiştir. Ancak Einstein, Newton'dan çok daha ileri düzeyde yaptığı hesaplamalar ve gözlemler ile Evren'de uzay ve zamanın birbirinden ayrılamaz bir ikili olduğunu ileri sürmüştür. Bu hipotezleri, günümüzde hem teorik, hem de pratik olarak ispatlanmıştır ve yeni gözlemlerle doğrulanmaya devam etmektedir. Bu sebeple, Einstein'ın uzay ve zamanın bir bütün olduğuna yönelik bu gözlemleri, günümüzde birer **doğa gerçeği** niteliği kazanmıştır. Bu durumda, Newton'un düşündüğü gibi uzay ve zaman birbirinden bağımsız unsurlar değildir; dolayısıyla, Newton'un cisimlerin zaman içerisinde hareketine getirdiği açıklamalar, özünde hatalı açıklamalardır. Fakat yine de Newton'un bu açıklamaları, günümüzde halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve son derece başarıyla işe yaramaktadır. Bunun nasıl olduğuna az sonra geleceğim. Burada anlamamız gereken, bir bilim insanının gözlem ve keşiflerinin, kendisinden önce gelen bilim insanlarının gözlem ve keşiflerini yanlışlayabileceği, değiştirebileceği ve geliştirebileceğidir.

Einstein, bu doğa gerçeğinden ve daha birçoğundan yola çıkarak, tıpkı Newton'un yaptığı gibi bazı ilkeler belirlemiş ve bu ilkeler üzerine teorilerini kurmuştur. **Einstein'ın Genel Görelilik Kuramı**'na göre cisimlerin birbirlerine "doğru" gibi gözüken hareketi, aslında Newton'un varsaydığı gibi doğrusal bir çekim kuvvetinden kaynaklanmamaktadır. Çok büyük kütleli cisimler (Dünya gibi), uzay-zaman düzlemini bükerek, yakınlarındaki cisimlerin durumlarını etkilerler. Örneğin Dünya, uzay-zamanı bükerek, Dünya'ya yakın konumda bulunan elmayı doğrudan etkiler. Einstein bu etkinin, *üzerine çekme* şeklinde değil, *yörüngeye girme* şeklinde tanımlanmasının doğru olacağını gösterir. Yani elma aslında "Dünya'ya doğru düşmez", bunun yerine Dünya etrafında bir yörüngeye girmeye çalışır; ancak bu yörüngenin çapı, elma ile Dünya arasındaki mesafeye göre o kadar büyüktür ki, bu yörünge hareketini biz, elma sanki düz bir şekilde dü-

şüyormuş gibi algılarız ve çarpmadan sonra da iki cismin (Dünya ile elmanın) dengede kalmasından ötürü "düşmenin tamamlandığı"nı sanırız.

Einstein'ın yaptığı bu açıklama fizik dünyasını kökünden sarstı ve bilim insanlarına Newton'un yüzyıllardır kanun olarak kabul edilen argümanlarının tam olarak geçerli olmadığını, en azından "değişmez sabit kanunlar" olmaktan çok uzak olduklarını gösterdi. Bu da hemen bilimin bu yeni duruma adapte olmasıyla sonuçlandı. Bilim literatüründen "kanun" kelimesi hızla çıkmaya başladı, çünkü en güvenilir olarak görülen bilgilerin bile daha iyi ve kapsamlı açıklamalarla değişebileceği görüldü. Bu noktada, teorilerin ispatlanmamış argümanlar değil, çok güçlü doğa gerçekleri üzerine kurulmuş, değişken kapsamdaki açıklama güçlerine sahip olan bilgi bütünleri olduğu anlaşıldı.

Burada önemli olan nokta, Einstein'ın açıklamalarından sonra Newton'un açıklamalarının çöpe atılmamış olmasıdır. Çünkü atılamazlar, o teoriler de doğa gerçekleri üzerine, tekrar tekrar denenerek ortaya konmuş veriler üzerine kuruludur. Bu açıklamaların tamamen yanlış olması mümkün değildir; doğa gerçeklerini çürütmek olanaksıza yakındır, neredeyse hiçbir zaman yapıları değişmez, bunların değişebilmesi için Evren'in dokusunun, yapısının kökünden değişmesi gerekir, zira doğa gerçekleri Evren'in yapısından ötürü oluşan, var olan gerçeklerdir. Einstein, Newton'un doğada keşfettiği eylemsizlik gerçeğini (1. yasayı) ya da etki-tepki gerçeğini (3. yasayı) çürütmemiştir. Sadece, Newton'un cisimlerin hareketine getirdiği açıklamadan çok daha isabetli bir açıklama ileri sürmüştür.

Burada anladığımız şudur: teoriler, gerçeğin bir yakınsamasıdır. Ortada bir gerçek vardır ve bilim insanları, geliştirdikleri teoriler ile bu gerçeğe en yakın açıklamayı yapmaya çalışırlar. İdeal olarak, geliştirilecek nihai bir teori, ortadaki gerçeği tam olarak anlamamızı sağlayan, o gerçeği tüm boyutlarıyla ele alıp açıklayabilen bir açıklama olacaktır. Ne var ki bilimde neredeyse asla bu ideal duruma ulaşamayız. Buna rağmen, bilim sayesinde geliştirdiğimiz her teori, bu nihai açıklamalara birer adım daha yaklaşmamızı ve evreni daha iyi tanımamızı sağlar.

Günümüzde, etrafımızda gördüğümüz birçok pratik uygulama, yapı, cihaz ve mekanizma sadece **Newton'un Kütleçekim Teorisi** kullanılarak üretilmektedir. Yani burada olan, bilimin amacına uygun olarak, gerçeğe adım adım yaklaşma çabasıdır. Geliştirilen her bir teori, daha öncekilerden güç alarak gerçeğe daha da yaklaşmayı hedefler, daha fazla doğa gerçeğinden destek alır. Kısaca yeni teorilerin, bir teorinin öncekilerin yerine geçmekten çok, onların kapsamını ve açıklama gücünü geliştirdiğini görürüz. Elbette, eğer ki yeni bulgular, önceki teorilerin temellerini oluşturan hipotezlerin (bağlantı köprülerinin) açıklamalarını yanlışlamayı başarıyorsa, önceki teorilerden tamamen vazgeçilebilir de... Ancak bu kadar köklü değişimler, bilim insanlarının titiz çalışmalarından ötürü, pek sık karşılaştığımız durumlar değildir. Her bir teori itinayla geliştirildiği için, belli bir güce ulaşabilen teoriler, bu şekilde köklü değişimlere pek uğramazlar. Tahmin edebileceğiniz gibi, köklü değişimleri veya çürütülmeleri genellikle zayıf teorilerde görürüz (örneğin insan atalarının suda yaşayabilecek şekilde evrimleştiğini çeşitli verilere dayanarak ileri sürmüş olan "Sucul Maymun Teorisi"). Güçlü teoriler, zaman zaman güncellenip geliştirilseler de neredeyse hiçbir zaman çöpe atılacak kadar sarsılamazlar. Bunun en güzel örneği Newton'un Kütleçekim Teorisi ve Evrim Teorisi'dir.

Teorilerin önemli bir özelliği de **ölçek/kapsam etmeni** olarak tanımlayabileceğim bir özelliktir. Örneğin Newton'un kuramı ışık hızından çok yavaş hızlarda hareket eden, yani genelde günlük yaşantımızda gördüğümüz tüm cisimlerin hareketlerini açıklamak için çok kullanışlıdır. Çünkü Newton cisimlerin hareketine yönelik teorisini geliştirirken, sadece büyük ölçekte görülebilen gerçeklerden dayanak almıştır, çok küçük (atomik) veya çok büyük (astronomik) boyutlara teknolojik yetersizliklerden ötürü erişememiş, bu alanlarda gözlemler yapamamış, dolayısıyla teorisine bu boyutlardaki gözlemlerini (doğa gerçeklerini) dâhil edememiştir. Bu sebeple Kütleçekim Teorisi, bugün genellikle birkaç milimetreden birkaç kilometreye kadar değişen büyüklükte görebildiğimiz cisimler için geçerlidir. Atomik boyutlara inip, astronomik boyutlara çıktığımızda Kütleçekim Teorisi'nin

düzgün çalışmadığını görürüz. Benzer şekilde, Newton'un cisimlerin hareketine getirdiği açıklamalar, hep günlük yaşantıda alışık olduğumuz hız aralıkları için geçerlidir. Bir kuşun uçuşu, yürüyüş hızımız, bir makinenin parçalarının çalışma hızları ve benzeri... Ancak bir cismin hızı arttıkça ve ışık hızına yaklaştıkça, Newton'un kuramının kullanılması sonucu yapacağımız hataları artmaya başlar ve sonunda bu teorinin öngördüğü Evren modelindeki hatalar göz ardı edilemeyecek kadar büyürler. Örneğin bir elektronun veya fotonun hareketini analiz ederken veya karadelikleri incelerken Newton Mekaniği'ni güvenli bir şekilde kullanamayız; hatta çoğu zaman hiç kullanamayız. İşte bu noktadan sonra, yani ışık hızına yakın hızlarda veya astronomik cisimlerin birbirleri üzerindeki etkileri söz konusu olduğunda Einstein'ın Görelilik Kuramı veya az sonra değineceğim Kuantum Mekaniği kullanılmak zorunda kalınır. Einstein'ın gözlemleri sayesinde, bu aşırı yüksek hızda hareket eden cisimlerin de hareketlerini açıklayabiliyoruz. Einstein'ın açıklamalarını, günlük yaşantımızdaki cisimler ve hızlar için kullanmaya gerek duymuyoruz, çünkü bir ev veya araba tasarlarken abartılı bir hassaslık değerine ihtiyaç duymayız; Newton'un Kütleçekim Teorisi gayet iyi sonuçlar verir. Yani burada anlaşılması gereken, teorilerin, burada örneklendiği şekillerde, cisimlerin farklı özelliklerine, farklı ölçeklerde ve kapsamlarda yaklaşımlar getirebildikleridir.

Değişmez görülen kanunların bilimden çıkarılmasının ne kadar yerinde olduğunu, Einstein'ın kuramının aldığı darbe bir kere daha gösterdi. Görelilik Kuramı'nın yeterince, hatta gereğinden fazla iyi olduğunu gören insanlar, bir daha bu gerçeğin değişmeyeceğini düşündüler. Yine de güvenli tarafta kalmak adına asla Einstein'ın açıklamalarına bir "kanun" olarak yanaşılmadı. Bu tarafsız ve güvenilir yaklaşımın meyveleri, **Kuantum Kuramı**'nın doğuşu ile toplanmaya başlandı. Kuantum Mekaniği ile Einstein'ın bile tam olarak doğru bir çıkarım yapmadığını gördük. Kuantum Kuramı'na göre Evren'de "boşluk" olarak bildiğimiz her yer "karanlık madde" ve "karanlık enerji" ile dolu olmalıdır, bunun sebepleri Kuantum Mekaniği'nin derinlerinde yatmaktadır, bu yüzden burada değinmeyeceğim. Kuan-

tum Mekaniği'nin getirdiği açıklamalar dâhilinde Görelilik Kuramı yeterince başarılı, isabetli ve kapsayıcı değildir. Bu yüzden kuantum fizikçileri, Kuantum Alan Teorisi isminde yeni bir teori geliştirmişler ve atom altı parçacıkların etkisi ile cisimlerin birbirine hareketini açıklamaya çalışmışlardır. Henüz bu sahadaki çalışmalar devam etmektedir ve Kuantum Mekaniği'nin, kendisinden önce gelen açıklamaları kapsayıcı bir hale getirilmesi üzerinde çalışılmaktadır.

Bu karmaşık gibi gelen fizik bilgileri aslında sizlere tek bir şeyi göstermek için anlattığım bir tarihsel olaylar silsilesidir: **Bilimde (ve doğada) değişmez gerçekler yoktur! Bilimde kanunlar yoktur!** Bilimde sadece geçici olarak, bildiğimiz Evren dâhilinde her seferinde aynı sonuçları veren *doğa gerçekleri* vardır ve bu gerçekler sayesinde geliştirdiğimiz hipotezleri bir araya getirerek kurduğumuz kuramlar (teoriler) vardır.

İşte bu açıdan bakıldığında, hayatımızdaki birçok bilimsel kuramın ne kadar güçlü olduğunu görebiliriz. Canlıların hücrelerden oluştuğuna dair argümanlar bütünü bile bir teoridir, **Hücre Teorisi** olarak geçer. Bir düşünün; eğer teoriler "daha da ispatlanınca" kanun olsaydı, incelediğimiz milyonlarca canlı türünün istisnasız hepsinin hücrelerden oluştuğunu görmüş olmamız, bu teoriyi "kanun" yapmaya yetmez miydi? Ancak canlılığın hücresel yapıda olduğunu açıklayan bilimsel yaklaşımın ismi Hücre Teorisi'dir; çünkü bu teori, canlılığın neden ve nasıl hücresel yapıda olduğunu, bu hücrelerin görevlerinin neler olduğunu ve nasıl çalıştığını açıklar. Newton'un cisimlerin hareketiyle ilgili açıklaması özellikle 1950'lerden sonra yayınlanan, yani Görelilik Kuramı ve Kuantum Kuramı'nın bilimde yaygınlaşmasından sonra yayınlanmış bütün bilimsel dergilerde **Newton'un Kütleçekimi Teorisi** olarak geçer. Sizce bütün cisimler yere düştüğü halde, bu teorinin bir "kanun" olarak anılmaması saçma değil mi? Gazların davranışlarıyla ilgili bilimsel açıklamalarımızın toplamına **Gazların Kinetik Teorisi** adı verilir. Elektronların çekirdek etrafındaki dönüşünü açıklayan güncel açıklamalar **Modern Atom Teorisi** olarak anılır. Evlerimizde kullandığımız ve birden fazla parçadan oluşan âlet edevatları üretmemizi sağlayan, gelmiş geçmiş en güçlü mühendislik açıklamalarına Makina Teorisi adı verilir. Sizce kolay-

lıkla gözleyebildiğimiz gazların hareketlerini açıklayan ve şu anda gazları kullanarak faydalandığımız her âleti üretmemizi sağlayan açıklamalar neden hâlâ "kanun" değildir? Yoksa gazların hacmi ile basıncı arasındaki ilişki *yeterince* ispatlanmamış mıdır? Yoksa *yeterince* yaygın olarak kabul görmemekte midir? Elbette bu soruların cevabı açıktır: Bunlar teoridir ve teori olarak kalacaklardır, çünkü teoriler bilimsel açıklama gücümüzün doruğudur. Teorilerden daha kapsamlı bir açıklama grubu bilinmemektedir. Eğer illa ki teoriler ile kanunlar arasında bir hiyerarşi kurulacaksa teoriler, kanunlar üzerine kurulan, onları kapsayan kalelerdir.

Evrim Teorisi

Modern bilime ait bu güncel bakış açısı, Evrim Kuramı'na bakışımızı da değiştirecektir. İşte Evrim Teorisi'nin bir "teori" olmasının sebebi de bu anlattıklarımdır. Basit bir dille, *"Evrim bir teoridir ve teori olarak kalacaktır, çünkü hiçbir bilimsel açıklama gibi, Kütleçekimi gibi, Görelilik gibi, hücre yapısına yönelik açıklamalar gibi, Evrim Teorisi de bir kanun olamaz."* **Evrim Teorisi'nin bir kuram olması onun ispatlanmamış, eksik, zayıf, öylesine ileri sürülmüş bir açıklama olduğu anlamına gelmez. Tam tersine Evrim Kuramı, 150 yıllık kuramsal tarihi, 2000 küsur yıllık fikirsel (fikrî) tarihiyle bilimin gördüğü en güçlü, en az hasar görmüş, en çok sayıda bilim insanı tarafından geliştirilmiş ve geliştirilmekte olan teorilerden biridir.** Evrim Kuramı'na baktığımızda, birçok doğa gerçeği üzerine kurulmuş, son derece sağlam temelleri olan, günümüze kadar ulaşan 150 yıllık tarihinde bir defa bile temellerini ya da içerisindeki güçlü bağlantıları tamamen sarsabilecek herhangi bir veriye ulaşılamamış, hayata bakış açımızı ve doğaya yönelik anlayışımızı değiştirebilecek, çok güçlü bir bilimsel açıklama görmekteyiz. İşte bu gerçek, bizi doğa olayları ile onlara yönelik geliştirilen kuramlar arasındaki bir diğer önemli bağlantıya götürür. Bu kitabın içerisinde ilerledikçe, bu kuramın üzerine kurulduğu doğa gerçeklerini yakından tanıyacak, teorinin bu gerçeklerle olan bağlantısını görecek ve bu kuramın neden "bilim tarihinin bilinen en güçlü teorilerinden biri" olarak tanımlandığını

anlayacaksınız. Şimdi gelin bu bölümü kapatmadan, kitabın ilerleyen kısımlarına bir giriş amacıyla evrimin ilk olarak nasıl fark edildiğini ve Evrim Kuramı'nın ilk olarak hangi gerçeklere dayanarak ileri sürüldüğüne bir bakalım:

Doğa değişir. Kayalar değişir, dağlar değişir, denizler değişir, sular değişir, okyanuslar değişir, hava değişir, her şey değişir. Daha da önemlisi, canlılar değişir. Bu bir doğa gerçeğidir. Bu tartışılmazdır. Doğada var olduğundan beri değişmeyen tek bir yapı bulunmaz, en azından şimdiye kadar hiç rastlanmamıştır. Sadece kendi soyağacındaki değişimleri inceleyen bir birey bile ailesinin ne kadar değiştiğini görecektir. Dedesiyle muhabbet eden bir birey *"Bu yeni nesil de pek uzun"* lafını mutlaka duyacaktır. İnternette gezinirken, 1 sene içerisinde her gün kendi fotoğrafını aynı pozisyondan çeken birinin videosuna rastlamışsınızdır belki. 1 sene içerisinde bile bir canlı tamamen değişebilir. Bir türün ortalama boy miktarının artması evrimsel bir değişimken, bir bireyin ömrü içerisindeki ya da 1 yıl içerisindeki değişimleri, gelecek bölümlerde açıklayacağım gibi, evrimsel değişimler değildir, ancak *değişim* vardır. Çünkü *her şey değişir*. Bunu ilk olarak keşfedip ifade eden filozof, Milattan Önce 500'lü yıllarda Anadolu'da, bugünkü Aydın'ın Milet bölgesinde yaşamış olan **Herakleitos**'tur (d: MÖ 535, ö: MÖ 475). Halk arasında bilinen çevirileriyle, "*Değişmeyen tek şey, değişimin kendisidir.*" demiştir. *"Aynı nehirde iki defa yıkanılmaz"* diye eklemiş, zamanın akışı içerisinde her şeyin değişmek zorunda olduğunu felsefi bir dille izah etmeye çalışmıştır.

İşte bugün modern bilimde, canlıların kendi ömürleri içerisindeki değişimlerine **gelişim (ontojenik değişimler)**, nesiller içerisinde gerçekleşen değişimlerine ise **evrim (filogenetik değişimler)** diyoruz. Yani yukarıda açıkladığım terminoloji dâhilinde bakıldığında evrim, tıpkı cisimlerin birbirine doğru hareket ediyor olması gibi bir **doğa yasasıdır/gerçeğidir** ve *"Ne"* sorusunun cevabıdır: "Canlılar, nesiller içerisinde değişmektedir." Bu gerçek, Evren'in temel dokusu değişmedikçe, Darwin'in önsözde verdiğim sözünde değindiği gibi, Dünya "çekim yasası" etkisi altında dönmeyi sürdürdükçe, varlıklar üzerine mutlaka etki edecektir. Eğer bir bölgede bildiğimiz –ve hat-

ta muhtemelen bilmediğimiz– bir canlılık varsa, zaman içerisinde mutlaka değişecektir, az ya da çok... Dolayısıyla "Evrim'i çürütmek", havada bırakacağınız bir meşrubat kutusunun normal şartlar altında yere doğru hareket edeceği gerçeğini çürütmek gibidir. Yapılabilirse ne âlâ...

Öte yandan **Evrim Kuramı**, bu bahsettiğimiz doğa gerçeğini, yani **evrimi** açıklamak üzere geliştirilmiş bir argümanlar bütünüdür. Bu argümanların tamamı, tıpkı Newton, Einstein ve diğer fizikçilerin geliştirdikleri kuramlarda olduğu gibi, diğer doğa gerçekleri, bunlardan doğan hipotezler ve bunlar arasındaki bağlantılar üzerine kurulmuştur. Öncelikle farklı doğa ilkeleri tespit edilmiş, sonrasında bunlar arasında birçok farklı bağ kurularak kuram inşa edilmiştir ki bu bağlantılar ve temeller, bu kitabın ilerideki bölümlerinin konusu olacaktır. Bu noktada, hayat görüşümüzde değiştirmemiz gereken, **ikinci değişim noktası**na ulaşmış olduk: **Evrim ile Evrim Kuramı aynı şey değildir! Evrim, canlıların değiştiği gerçeğini ortaya koyan, "*ne*" sorusunun cevabı olan bir doğa gerçeğidir. Evrim Kuramı ise, bu doğa yasasının nasıl işlediğine ve canlıların "*neden*" evrim geçirdiklerine yönelik açıklamalar bütünüdür.**

Evrim Kuramı bu açıdan bakıldığında, bilim tarihinin gördüğü en güçlü teorilerden biridir. Çünkü sadece kendi alanı olan biyoloji tarafından değil, ekonomiden siyaset bilimine, psikolojiye, tıp bilimlerine, mühendislik bilimlerine, antropolojiye, sosyolojiye, paleontolojiye, moleküler genetik bilimine, daha nice bilimler tarafından kullanılmakta ve geliştirilmektedir. Bu alanlarda çalışan yüz binlerce bilim insanı kendi alanlarındaki araştırmalarını sürdürürken, her seferinde Evrim Kuramı'nı farklı açılardan destekleyen verilere ulaşmışlardır ve ulaşmaktadırlar. Şimdiye kadar Evrim Kuramı'yla, Evrim Kuramı'nı anlamanın bize kattığı yaşam görüşüyle veya canlılığın nasıl çeşitlendiğine yönelik bilgilerimizle açıklanamayacak şekilde ters düşen tek bir veriye dahi ulaşılamamıştır, bunu rahatlıkla iddia edebilirim. Bilimin alanlarının sınırsızlığı düşünülürse bu durum, kuramın ne kadar güçlü olduğunu açık bir şekilde gösterecektir.

Elbette Evrim Kuramı kusursuz değildir; hiçbir zaman olmamıştır ve bugün de öyle değildir. Örneğin Darwin ilk ortaya attığında, kalıtımın nasıl gerçekleştiğini bilmiyordu ve "pangenez" adını verdiği bir hipotezi ileri sürdü. Bu açıklamaya göre, yavruların ebeveynlerine benzemesinin nedeni, ebeveynlerin tüm organlarından üreme öncesinde üreme organlarına doğru hareket ederek, spermlerde toplanan "bilgiler"di (bu bilgi taşıyan parçalara Darwin "gemül" adını vermişti). Yani her üreme öncesinde spermler, vücudumuzun her noktasından kan yoluyla taşınan yapıları (gemülleri) edinirdi ve bu sayede yavrulara bu bilgiler aktarılırdı. Günümüz modern bilimi dâhilinde bunun tamamen hatalı olduğu açıktır. Bu hatayı düzelten, elbette ki yine bilimin kendisi ve diğer bilim insanları oldu, bir başka bilgi türü değil. Darwin, kalıtım ile ilgili bu açıklamasından tam olarak emin olmadığı için (hipoteziyle ilgili yeterli test yapmadığı için, teorisi için zayıf bir açıklama olacağını düşündüğünden, teorisiyle arasındaki bağın zayıf olacağını fark ettiğinden) pangenez fikrini Evrim Kuramı'na asla dâhil etmedi (ki bu onun ne kadar dürüst bir bilim insanı olduğunu göstermektedir). Ama yine de Evrim Kuramı'nın sürekliliği için canlıların bilgileri nasıl gelecek nesillere aktardığını açıklamak gerekmekteydi. Bunu Mendel ve sonrasında gelen bilim insanları yaptı ve Darwin'in bu konudaki açıklaması yanlış olsa bile, kuramının bundan etkilenmediği görüldü. Çünkü Darwin, doğada kalıtımsal bir sürecin işlediğini görmüştü (bu doğa gerçeğini fark etmişti); ancak ona "*Nasıl*?" sorusunu yönelterek, açıklama geliştirmeye, teori üretmeye çalıştığı noktada hata yapmıştı. Neyse ki bu zayıf teorisini, Evrim Teorisi ile birleştirmeyecek kadar bilinçli ve zekiydi. Yeterince emin olmadığı bir şeyi kuramına dâhil etmek istememişti. Genetik yasalarının (ilkelerinin, gerçeklerinin) keşfi, Darwin'in Evrim Kuramı'nı desteklerken, pangenez fikrini çürüttü ve doğadaki kalıtım gerçeğinin "nasıl" işlediğini ortaya koydu. Kısaca ortaya atılan bir gerçek, kuramın bir parçasını geliştirdi ve güncelledi, onu yıkmadı. İşte bilimin güvenilirliği de buradan gelmektedir. Bilim, hata yapabileceğini kabul eden ve hatalarını düzeltip, bunlardan ders almayı bilen bir bilgi türüdür.

Einstein'ın ya da Kuantum Mekaniği'nin, Newton'un bulgularını tamamen çürütemediğini, dolayısıyla Newton'un teorisinin tamamen çökmediğini hatırlayınız. Aynı durum, Darwin'in Evrim Teorisi için de geçerlidir: Evrim Kuramı muhtemelen asla tamamen çökmeyecektir, çünkü bugüne kadar elde ettiğimiz sayısız veri, canlıların değişim sürecinden geçerek günümüze geldiğini ispatlamaya yetmektedir. Evrim, daha önce de dediğimiz gibi doğanın bir gerçeğidir (elmanın yere doğru hareketi gibi). Ancak Darwin'in bu gerçeğe yönelik açıklamaları (teorisi) güncellenip geliştirilebilir ve geliştirilmiştir de... Bu güncellemeler ve geliştirmeler, bir doğa yasası olarak evrimin gerçekliğini etkileyemez. İşte üçüncü değişim noktası burada karşımıza çıkmaktadır: **Bir kuramı tamamıyla çürütmek/yanlışlamak istiyorsanız, o kuramın dayandığı doğa gerçeklerini teoriye bağlayan, test edilmiş hipotezlerin her birini, tek tek çürütmeniz/yanlışlamanız gerekmektedir; yani gerçekler ile teori arasındaki bağı/köprüleri kırmanız gerekmektedir.** Benzer şekilde, Evrim Kuramı'nı çürütmek istiyorsanız, kuramın üzerine kurulu olduğu temelleri yıkmanız gerekir. Bu temeller, bu kitabın ana konusu olacak olan Evrim Mekanizmalarıdır. Bir diğer deyişle, Evrim Kuramı'nı çürütmek isteyen biri sadece bir doğa yasası olarak evrimi değil, diğer doğa yasaları olan seçilim ve genetik çeşitlilik gerçeklerini de yanlışlamak durumundadır. Bunların yapılması çok zordur, hatta pratik olarak neredeyse imkânsızdır. Tıpkı bıraktığımız cisimlerin yere düştüğü gerçeğini çürütmenin pratik olarak imkânsız olması gibi... Newton'un Kütleçekim Teorisi'ni çürütebilir veya geliştirebilirsiniz; ancak cisimlerin yere doğru hareket ettiği gerçeğini çürütmek imkânsıza yakındır. Ancak teorik olarak her zaman bunları yanlışlamaya çalışabilirsiniz, çünkü hatırlayabileceğiniz gibi, gerçek bilimsel teoriler ve hipotezler yanlışlanabilir olmalıdır. Evrim Kuramı için de bu aynen geçerlidir ve tüm dayanakları yanlışlanabilirdir. Ancak bunu yapmak, kuramın gücü ve bugüne kadar yapılan gözlemler, geliştirmeler ve düzeltmeler düşünüldüğünde olanaksızdır.

Bahsettiğim gibi, Evrim Kuramı da, kendi gelişimi sırasında birçok değişime uğradı. Darwin'e kadar zaten birçok bilim insanı tara-

fından çeşitli şekilde izah edilmişti; ancak mekanizmaları (yasaları, ilkeleri, doğa gerçekleri) net bir şekilde ortaya konmamıştı. Darwin, en temel mekanizmaları ortaya koyan bilim insanı olduğu için "Evrim'in Babası" olarak bilinmektedir. Hâlbuki Darwin de son değildir. Darwin'in yaptığı birçok hata, kendisinden sonra gelen bilim insanlarınca düzeltilmiştir (başta genetik ile ilgili hataları olmak üzere). Ancak Darwin'in çağının çok ötesinde bir başarı oranına ulaştığını görmekteyiz. Darwin'den sonra, Evrim Kuramı'nı kullanan, ancak Darwin'in açıklamalarını farklı açılardan ele alan birçok kuram geliştirilmiştir. Bu alternatif kuramların varlığı evrimin bir doğa yasası olmadığı anlamına gelmemektedir. Sadece nesiller içindeki değişime sebep olan doğa gerçekleri arasındaki bağlar farklı kurularak, evrime farklı açıklamalar elde edilmiştir (Gould ve Lewontin'in Sıçramalı Evrim Kuramı gibi). Canlıların değiştiği ve evrim geçirdiği gerçeği asla değişmemiştir, Evren'in ve Dünya'nın yapısı bu şekilde kaldığı sürece değişmeyecektir de. Olan tek şey, bu değişimin "nasıl" olduğuna dair sorunun cevaplarının belli sınırlar dâhilinde değişimidir, dayanak noktalarının birbirine bağlanma biçimlerindeki ve bu dayanakların önem sırasındaki değişimdir.

Mete Ne Yaptı? Bir Teorinin Dönüşümü...

Peki, bir kuram nasıl değişebilir? Eğer ki kuramı ortaya atan kişi, doğa gerçekleri ile bu gerçekler arasındaki bağlantıyı hatalı ya da eksik kurduysa, ondan daha iyi yapabilen biri ve/veya daha fazla gerçeği ortaya çıkaran biri bunu başarabilir, bir kuramı değiştirip geliştirebilir. Doğada herkes tarafından görülen gerçeklerin, açıklanmak üzere beklemekte olan sorun ile arasındaki bağlantılarını daha iyi kurarak (daha başarılı hipotezler geliştirerek), var olan teorilerden daha başarılı teoriler geliştirebilir. Ayrıca gözlem havuzuna eklenen yeni bilgiler ve gerçekler de, yeni bağlantılar kurulmasını ve kuramların geliştirilmesini sağlayabilir. Özge ve Mete'yi hatırlıyor musunuz? Hikâye sona ermemişti, sonunu merak ediyor olabilirsiniz, onların hikâyesine kulak verelim:

Özge, Mete'nin kendisini aldatmasından şüphelenerek ülkemizde bolca bulunabilecek bir ilişki dedektifi tutar, çünkü kendisine açıkça sormaya ve eğer Mete aldatmıyorsa, kendisini ve ilişkisini zor duruma düşürmeye hiç niyetli değildir. Dedektif, şehirde oldukça ün salmış, özellikle bu tip ilişki sorunlarını ortaya çıkarmakta uzman olan biridir.

Dedektifin araştırması yaklaşık 2 ay sürer. Mete'yi sürekli takip eder; yaptıklarını, yediklerini, içtiklerini, hareketlerini, her şeyini takip eder, *gözler.* Mete ile ilgili elde edebileceği bütün *verileri* ortaya dökmeye çalışır. Böylece bu verileri kullanarak bazı *gerçeklere* ulaşabilecektir. Sonrasında ise bu gerçekleri kullanarak, Mete'nin bu davranışlarını ve Özge'nin şüphelerinin kaynağını açıklayacak (*hipotezler* geliştirecek), davranışlarının neden garipleştiğini ortaya koyacak bir *teori* oluşturabilecektir. Bir diğer ihtimal de, diğer bütün hipotezleri ya da bir kısmını silecek bir diğer *gerçeğe* ulaşmak olabilir. Bu keşfedilen gerçek, Özge'nin daha önceki teorisini ve teorisinde kullandığı veriler arasında kurduğu hipotezleri yanlışlayabilecektir. Gerçekten de, uzun çabaları sonucunda elde ettiği veriler, Özge'nin sandıklarından tamamen farklı bir noktaya götürür onu:

Mete'nin sürekli kullandığı kuru temizlemecide çalışan genç kızın çok ciddi ailevi sorunları olduğunu keşfeder. Bu sorunları onun kafasını sürekli bulandırmakta ve işine odaklanmasına engel olmaktadır. Özge'nin gördüğü ruj lekeli gömlek, bu genç kızın dikkatsizliğinin bir ürünüdür. Aslında gömleğe dökülen ruj değil, kuru temizlemeci kızın küçük kuzeni için aldığı akrilik boyadır. Kızın dedektife söylediklerine göre; gömleği Mete'ye teslim etmeden 15 dakika kadar önce boyayı elinden düşürerek cam kabını çatlatmış ve çatlaktan gömleğin yakasına dökülen açık kırmızı boyayı zar zor, temizleyebildiği kadar temizleyip, dükkânın sert ve aksi sahibine (patronuna) rezil olmamak adına çaktırmadan gömleği lekeli teslim etmişti. Çünkü Mete'nin işinin önemini ve gömleğinde bir leke olduğunu bilerek onu iş yerinde giyemeyeceğini, dolayısıyla Mete'nin öfkeleneceğinden ve yine kendi başının yanacağından korkmuştu. Düşen boyanın bıraktığı iz yakanın iç kısmında olduğu ve pek görülmediği için Mete'nin boyanın farkına varmayacağını düşünmüştü ve gerçekten de öyle oldu. Ancak

Özge bunu görerek bir ruj izi olduğunu sanmıştı. Hele ki bir de aceleyle silinmeye çalışmış gibi gözükmesi, onu iyice şüphelendirmişti.

Araştırmaları daha ilginç bir diğer noktaya götürmüştür dedektifi. Mete'nin, Özge'nin dahi bilmediği, Cansu isminde küçük bir kız kardeşi vardır. Bu kardeşinin küçüklükten beri çok ciddi zihinsel sorunları bulunmaktadır ve bu sebeple yıllardır özel bir bakımevinde gözetim altında tutulmaktadır. Mete, sadece birkaç aydır tanıdığı Özge'nin ondan korkmasını istemediği, gelecekte olabilecek çocuklarında da bu tip zihinsel sorunlar olabileceğini düşünerek ondan uzak durmasını istemediği için Özge'den bunu gizlemiştir. Bu sebeple de işten çıkınca, aralıklarla toplantısı olduğunu söyleyerek veya başka bahanelerle kardeşini ziyarete gitmektedir. Ancak son zamanlarda Cansu'nun sorunları artmıştır ve bu sebeple daha sık ziyarete gitmek, daha uzun süreler yanında bulunmak zorunda kalmıştır. Kızın bakıcısının adı Feriha isminde yaşlı bir bakıcıdır ve Özge'nin telefonda adını gördüğü, tanımadığı kişi de odur. Dedektif, kız kardeşinin bakım gördüğü eve girdiğinde, bakıcının bolca sıktığı, ağır parfümün kokusunu hemen almıştır. Bu parfüm, Özge'nin ona koklattığı parfümle tıpatıp aynıdır. Muhtemelen Mete sıklıkla ve uzun saatler bu evde kaldığı için üzerine sinmektedir. Özge, Mete'nin üzerine sinen bu kokuyu, aldattığı kadın olduğunu düşündüğü Feriha'nın kokusu olduğunu sanmıştı.

Şaşırtıcı, değil mi? Gerçekler, baş döndürücü karmaşıklıkta karşımıza çıkabiliyor. Bunları görebilmek için çok detaylı araştırmalar, çok uzun yıllar süren eğitimler ve bu konuda derin bir deneyim gerekiyor. Bunlara sahip olmadan yapılan her yorum, günümüzde popüler medyada duyduğumuz, bilim insanları için içler acısı ve son derece gülünç olan, birçok cahil ve konudan uzak insanın yaptığı yorumlara benzeyecektir. Evrim Kuramı bu yüzden bu kadar güçlüdür. Üzerinde bugüne kadar yüz binlerce bilim insanı çalışmıştır, çalışmaktadır ve çalışacaktır. Bu bilim insanlarının verileri, tıpkı dedektifin, Özge'nin yüzeysel olarak elde ettiği verilerden kat kat fazla araştırmayla edindiği veriler gibi, kuramın gelişiminde, gerçeklerin ortaya çıkarılmasında rol oynayacaktır, oynamıştır. Kuram'ın bugü-

ne kadar, trilyonlarca, belki daha fazla veriyle destekleniyor olması, Evrim Kuramı'nın gücünü açıklamaya yeter de artar bile. Unutmayın, bahsettiğimiz evrim gerçeği değildir, bunun gerçekliğini tartışmıyoruz bile, canlılar, kabul etsek de, etmesek de değişirler; az veya çok. Önemli olan bu değişimin mekanizmalarıdır, nasılıdır, niçinidir. İşte Evrim Kuramı bunları görmeye, bunları ortaya çıkarmaya çalışır, tıpkı Özge'nin ve dedektifin, Mete'nin garip davranışlarıyla (ki bu gariplikler gözlenebilir, salt gerçeklerdir, evrim gibi) ilgili sonuçlara varmak amacıyla araştırmalar ve açıklamalar yapmaları gibi.

Eğer ki hipotezler ve teorilerin ne olduğu ve bunlar arasındaki ilişkiler anlaşılabildiyse, bu noktadan sonra sizlere öncelikle canlılığın başlangıcına yönelik bilimin en güçlü açıklamalarından ve ekollerinden biri olan Abiyogenez Kuramı üzerine bazı açıklamalar yapacağım. Sonrasında ise evrimin nasıl işlediğini, yani Evrim Kuramı'nın bir teori olarak dayandığı bilimsel gerçekleri aktarmaya başlayacağım. Eğer ki buraya kadar sizin hayat ile ilgili bilimsel bakış açınıza yönelik olarak bazı şeyleri değiştirebileceğime ikna edebildiysem, ilerleyen sayfalarda çok daha etkileyici gerçeklerden bahsedeceğimden emin olabilirsiniz. Sizi Evrim Kuramı'nın baş döndürücü dünyasından geçirerek, canlılığın bugüne kadar nasıl doğal süreçlerle gelebildiğini anlatacağım bir yolculuğa çıkaracağım. Böylece canlılık çeşitliliğine bakış açınızı tamamen değiştirebileceğimi ve Evrim Kuramı'nın ne olduğunu tam olarak anlayabilmenizi sağlamayı hedefliyorum. Hazırsanız, devam edelim.

BÖLÜM 2:

Canlılığın Başlangıcına Bir Yolculuk...

Özgün, önündeki hazneden kafasını kaldırdı. Elinde tuttuğu jöle kıvamındaki, küre şeklindeki malzemeyle oynamayı bıraktı. Hafifçe gülümsüyordu, çünkü 2 senedir üzerinde çalıştığı proje artık sona ermişti. Sonunda bilim dünyasının "akıllı malzemeler" olarak isimlendirdiği malzeme türlerinden birini kendi laboratuvarında üretmeyi başarmıştı. Önündeki ufak, küresel yapı olduğu gibi duruyordu. Ancak ne zaman etrafında insanın gözüyle ya da herhangi bir duyu organıyla tespit edemediği bir manyetik alan oluşacak olsa, madde bir anda şekil değiştiriyor, üzerinde binlerce küçük dikensi yapı oluşuyordu. Ufak bir topa benzeyen cismin bu dikenlenmesini sağlayan şey, manyetik alana duyarlı, jöle kıvamındaki malzemesiydi. Bu dikenlerin sayısı ve uzunluğu, manyetik alanın şiddetine bağlı olarak değişiyordu. Böylece, karmaşık bir fonksiyon kullanarak, topun şeklini ve dikenlerinin uzunluklarını bilgisayar üzerinden analiz ederek kürenin çevresindeki manyetik alanın şiddetini, yönünü, niteliklerini tespit etmek mümkün oluyordu. Daha da iyisi, ürettiği bu "akıllı" malzeme sıcaklığa da duyarlıydı, ancak farklı bir şekilde... Malzeme oda sıcaklığında normal bir şekilde duruyor ve eğer ortamda belli bir şiddetin üzerinde manyetik alan yaratılacak olursa, üzerinde dikenler oluşuyordu. Yani malzeme, manyetik alan değişimine dikenler üreterek tepki vermekteydi. Manyetik alan ortadan kalkınca da, eski küresel, pürüzsüz, dikensiz haline dönüyordu. Fakat Özgün, malzemenin sıcaklığını 45 santigrat derecenin üzerine çıkardığında, ortamda manyetik alan olmasa da,

malzeme en son manyetik alana verdiği tepkiyi "hatırlıyor" ve diken yapısını manyetik alan olmaksızın tekrar ediyordu. Yani Özgün, maddenin en son manyetik alan içerisinde aldığı şeklin aynısını, malzeme normal, dikensiz top şekline dönmüş olsa bile sadece sıcaklıkla oynayarak malzemenin yeniden oluşturmasını sağlayabiliyordu. Böylece bir nevi "akıllı, hafızaya sahip ve duyuları olan" bir malzeme üretmişti. Bu çalışması muhtemelen oldukça ses getirecekti. Bunun verdiği gurur göğsünü kabartırken, garip bir fikir de içini kapladı.

Önündeki ufak, kapkara topa baktı. Konsoldaki düğmeleri çevirdiğinde maddenin etrafında manyetik alan yaratabiliyordu. Birkaç düğmeye dokunarak bunu sağladı ve top anında buna tepki verdi. Küresel şeklin üzerinde farklı boyda binlerce diken oluşuverdi. Dikenler oldukları gibi kalmıyordu, o kadar hassaslardı ki, manyetik alandaki ufacık değişimlere boylarını ve yönlerini değiştirerek anında tepki veriyorlardı. Âdeta bir bilim-kurgu filminden fırlamış değişik bir cisme benziyordu. Dikenler, topun yarı-sıvı, yarı-katı olan yapısı sayesinde oluşuyordu ve oldukça dinamikti. Özgün, bilgisayarına dönerek bir tuşa bastı ve bilgisayarın üç boyutlu bir fotoğraf almasını sağladı. Sonra da, bir diğer tuşa basarak manyetik alanı kapattı. Dikenler anında kısalıp ufalarak kayboldu ve top eski düz, küresel haline geri döndü. Değişimleri ne kadar da ani, ne kadar "bilinçli" gibiydi. Ancak bu top, sadece çevresel değişime tepki veren kimyasallardan oluşuyordu.

Özgün bu defa bir diğer tuşa dokundu. Topun bulunduğu bölmenin altındaki ızgaralar kızıla döndü ve sıcaklık artmaya başladı. Sadece birkaç saniye içerisinde, sıcaklık 45-50 dereceye ulaştığında topta dikenler yeniden, yavaş yavaş gözükmeye başladı, büyüyüp uzadılar ve sıcaklık 60 dereceye ulaştığında, dikenler hemen hemen sabit bir hal aldılar. Özgün, diken boylarının artık neredeyse sabitlendiğine ikna olduğunda, bilgisayardan tekrar bir tuşa bastı ve bir fotoğraf daha aldı. Sonra bir diğer tuşa basarak bilgisayarın bu iki fotoğrafı 3 boyutlu olarak analiz etmesini sağladı. 15 saniye kadar süren işlem sonucunda bilgisayar, iki yapının birbirine %99 oranında benzediği bilgisini verdi. Bu mükemmeldi. Malzeme, en son aldığı şekli neredeyse tamamen "hatırlıyor" ve tekrar oluşturabiliyordu.

"Sanki canlıymış gibi..." diye düşündü Özgün. Sahiden, bir canlı ile cansızı ayırt eden neydi? Yaptığı işi bilinçli olarak yapması mı canlıların? Peki, gözümüze aniden bir cisim yaklaştırıldığında, gözümüzü hızla kapatmayı bilinçli mi yapıyoruz? Hayır, tıpkı önündeki şu topun manyetik alana otomatik olarak tepki göstermesi kadar otomatik bir şekilde yapıyoruz. Bu durumda biz cansız mıyız? Pek sayılmaz, oldukça canlı gibiyiz de... O zaman ayrım nerede? Özgün bu soruların cevabını merak etti, ancak bunlara cevap verilebileceğini sanmıyordu. Bu yüzden başından savdı ve önünde duran, zorluklarla elde ettiği zaferine gülümseyerek baktı.

Hâlbuki sorularının cevapları bulunuyordu. Hem de oldukça basit, oldukça anlaşılır cevaplardı bunlar. Özgün'ün cevap verilemeyeceğini düşünmesi, sadece şahsi önyargılarından ve bir mühendis olarak temel bilimlere olan uzaklığından kaynaklanıyordu. Az önce belki bir canlı yaratmamıştı, ancak bir canlı gibi "davranan", çevresindeki değişimlere aktif olarak "tepki verebilen" ve hatta bunları "hatırlayıp", başka çevresel etmenler altında tekrar "uygulayabilen" bir varlık var etmişti. Bu canlı değil miydi? Terminolojik olarak hayır, değildi. Ancak sınırları kim belirliyordu? Bilimsel olarak bir canlı ile cansızı nasıl ayırıyoruz? Ya da daha çarpıcı bir soru: *Gerçekte böyle bir ayrım var mı?*

Canlılığın Başlangıcına Seyahat

Bunlara cevaplar alabilmek için zaman içerisinde hızla geriye gitmemiz gerekiyor. Geriye giderken, yaklaşık 250.000 yıl kadar önce bize oldukça benzeyen ilk insanları geçiyoruz, 6 milyon yıl kadar öncesinde artık insanlara pek de benzemeyen atasal türlerin olduğu bir dünyaya varıyoruz. Sonra, 60 milyon yıl öncesinde artık primatlara (iri beyinli yüksek memeliler) dair neredeyse hiçbir iz kalmıyor. 280 milyon yıl öncesinde dünya üzerinde memeli hayvan bulabilmek imkânsızlaşıyor. 460 milyon yıl öncesinde karada hiçbir hayvanın uzun soluklu olacak şekilde henüz yaşayamadığını görüyoruz. 570 milyon yıl öncesine ulaştığımızda mantarlara dair görülen bütün izler

de ortadan siliniyor. 650 milyon yıl önce denizlerdeki hayvanların da henüz var olmadığını görüyoruz. 1100 milyon yıl (1.1 milyar yıl) öncesine vardığımızda, hayvanların evrimine sebep olacak olan dinoflagellalılar grubunun yeni yeni ortaya çıkmaya başladığını görüyoruz. 1800 milyon yıl (1.8 milyar yıl) öncesine vardığımızda, tek hücrelileri de, çok hücrelileri de içerisinde barındıran ve bunlar arasındaki geçişi görmemizi sağlayan âlem olan protistaların ilk defa evrimleşmeye başladığına şahitlik ediyoruz. 1.9 milyar yıl öncesine ulaştığımızda, Dünya'da sadece tek hücrelilerin olduğunu görüyoruz. 3.5 milyar yıl öncesinde atmosferde serbest halde oksijen bile yok, zira fotosentez yapabilen hiçbir canlı ortada yok. 4 milyar yıl kadar öncesinde ise bildiğimiz canlılığa dair hiçbir ize rastlamıyoruz. Kısaca, akıl almaz derecede uzun olan evrimsel sürecin kilometre taşlarını hızla geçerek, canlılığın başladığı zamanlara varıyoruz. Burada da durmuyoruz, 4.5 milyar yıl öncesine gidiyoruz. Güneş Sistemi'nin oluşumuna hemen hemen paralel olarak bugün evimiz olarak bildiğimiz, Dünya dediğimiz gezegen de oluşuyor. Ancak o zamanki gezegenimiz, bugünküyle pek kıyaslanabilir bir halde değil. Her şey çok daha farklı…

Hadean Dönemi'ndeyiz. Bu dönemde Güneş Sistemi içerisinde, bugün var olan 8 gezegenin aksine en az 14 gezegen olduğu düşünülüyor. Her yere inanılmaz bir kaos ortamı hâkim. Dünya'nın çekirdeğinin kütlesel oluşumunun büyük bir kısmı ilk 10-30 milyon yıl içerisinde tamamlanıyor. Dünya'daki kaosun en büyük sebeplerinden biri, oluşumunun ilk dönemlerinde, Mars boyutlarındaki Theia isimli bir ön-gezegenin (henüz oluşumu tamamlanmamış gezegen) Dünya'ya çarpması sonucu üzerinden dev bir parçayı koparmasıdır. Bu çarpma sonucunda belki çok daha erken dengeye ulaşabilecek Dünya, oldukça kaotik bir ortama sürüklenmiş ve ayrıca Dünya'dan kopan devasa kütleler, Dünya'nın çekim etkisi altında, günümüzde "Ay" ismini verdiğimiz uyduyu oluşturmuştur. Bu konunun detayları ve bu konudaki teoriler, kitabımın alanını aşacağından bu noktada fazla durmayacağım.

Bahsettiğim bu dönemde atmosfere dair hemen hemen hiçbir şey yok, çünkü Dünya yeterince çekim kuvvetine sahip değil ve gezegenimizin iç kısımlarından gelen gazlar, hızlı bir şekilde uzay boşlu-

ğuna kaçıyor, Dünya tarafından tutulamıyor. Tahminlere göre Theia ile çarpışmadan sonra Dünya'nın yüzey sıcaklığı 400-500 santigrat derece civarında ama hızla soğuyor. Henüz tam olarak katılaşmadığı, yarı-sıvı halde olduğu için çekirdeğindeki aşırı yüksek sıcaklıkta erimiş halde bulunan materyal rahatça yüzeye ulaşabiliyor. Bu da devasa volkanik patlamalara sebep oluyor. Aslında "volkanik dağlar"dan bahsetmek de zor, çünkü henüz Dünya'nın yüzeyinin tam olarak neresi olduğunu ve kara parçalarının nerelerde yoğunlaşacağını bilmek mümkün değil. Her yer erimiş plastik kıvamında bir karışım olan magma ile dolu. Magmadan oluşan okyanuslar! Ancak ısının sürekli uzaya dağılmasıyla soğumanın da hızla sürdüğü söylenebilir. Birkaç yüz bin yıl içerisinde sıcaklıklar 230 dereceye kadar düşüyor. Buna rağmen gezegen hâlâ çok sıcak ve yeni oluşmaya başlayan atmosferin içerisinde gaz halinde de olsa yoğun miktarda su buharı bulunuyor. Bu buharın, Dünya üzerinde o dönemde meydana gelen tepkimelerin yan ürünü olarak üretildiği gibi, Güneş Sistemi içerisindeki su yüklü kuyruklu yıldızların etkisiyle de Dünya'ya taşındığı düşünülüyor. İlerleyen dönemde ise yeraltından sızan yoğun karbondioksit gazının yarattığı basınç sebebiyle, normalde 230 derecede gaz halde bulunması beklenen su, sıvı hale geçmeye başlıyor.

Soğuma devam ediyor, hem de hızla. Başlangıçtan sonra birkaç on milyon yıl geçtiğinde, artık sıcaklıklar daha normal değerlere iniyor: birkaç on derece. Dünya'nın yüzeyi artık yoğunlaşıyor. Üstelik sürekli olarak aldığı meteor bombardımanlarından ötürü kütlesi artıyor ve bu sayede gazların artık uzaya kaçmasına engel olacak kadar yerçekimine sahip. Bu süreç içerisinde çok sık olarak Dünya meteorlar tarafından dövülüyor. Bu meteorlar aynı zamanda Dünya'ya birçok elementin taşınmasını sağlıyor. Organik, yani canlıların yapısında kullanılacak temel kimyasalların bir kısmı da bu şekilde Dünya'ya taşınmış olabilir. Bu meteor yağmuru ve madde taşınımı giderek seyrekleşmekle birlikte birkaç yüz milyon yıl daha sürüyor.

Süreç içerisinde, yüzeye ulaşan magmanın soğuması ve kayalaşmasıyla birlikte oluşan dev yüzey çukurları, Dünya üzerinde artan basınç ve soğumanın etkisiyle yoğunlaşmaya başlayan sıvı su

ile dolmaya başlıyor. Giderek çoğalan bu su, hızlı bir şekilde bütün Dünya'nın yüzeyini kaplamaya başlıyor. İşte bu süreç içerisinde hemen hemen tüm Dünya sular altında kalıyor. Okyanuslar her ne kadar her yeri kaplıyor olsa da, bu su kütlelerinin altlarında, Dünya'nın farklı noktalarına dağılmış şekilde yükselti alanları, yani kıtaların oluştuğu da görülüyor.

Okyanuslardan oluşan bir Dünya'nın canlılığın oluşumu açısından en önemli faydası, henüz atmosferin tam olarak oluşmamasından ötürü Güneş'ten gelen aşırı yüksek enerjili radyoaktif ışınımların su tarafından engellenmesi olmuştur. Çünkü yüksek düzeydeki radyoaktivite, karmaşık olmasına rağmen kararlı yapıda olabilen kimyasalların oluşmasına engel olan en önemli unsurlardan biridir. Öte yandan, günümüzde bilmekteyiz ki radyoaktif ışınlar, okyanus yüzeyinin ortalama 200 metreden daha derinlerine ulaşamamaktadır. Bu sebeple 200 metreden daha derin bölgelerde göreceli olarak daha düzenli alanlar oluşabilmiştir. Bugün biliyoruz ki canlılık, muhtemelen bu derin okyanus tabanlarındaki volkanik bacaların etrafında başlamıştır. Bunun haricinde suyun kimyasal yapısı sayesinde, suyun katı formu olan buz, sudan daha "hafiftir" ve bu sebeple suyun üzerinde yüzebilir. Bu da suyun dipten değil, yüzeyden donmaya başlamasını sağlar. Bu sayede canlılık okyanus tabanlarında zorlu koşullarda bile hayatta kalabilir. Bu kritik bir öneme sahiptir. Suyun bir diğer avantajı, ısı sığasının (kapasitesinin) yüksek olmasıdır; bu sayede bol miktarda ısıyı bünyesinde tutabilir, gezegenin dengeli bir iklime sahip olmasına katkı sağlar. Üstelik su, harika bir çözücüdür. Bu özelliği sayesinde birçok kimyasal tepkimenin su içerisinde gerçekleşebilmesi mümkündür. Son olarak su çözeltilerinin asidik veya bazik olabilmesi, çok geniş yelpazede bir kimyasal tepkime çeşitliliğini mümkün kılar. Bu açılardan bakıldığında, bir gezegende hayatın olması için suyun var olmasının önemi daha net olarak anlaşılabilecektir.

İlkin Dünya'nın yüzeyini kaplayan sular, elbette ki saf su değildir. Kaotik ortam içerisinde çözünen trilyonlarca kimyasal bu suyun içerisinde yüzmekte ve aynı zamanda hızla, okyanus tabanlarına doğru çökelmektedir. Bu kimyasallar arasında Dünya'da bugün bulunan

elementlerin neredeyse tamamı bulunmaktadır (kimi az, kimi çok bulunmaktadır). Canlılığın cansızlık içerisinden evrimleşmesinde kilit rol oynayacak olan organik moleküller de, işte bu elementlerin birbirleriyle olan etkileşimleri sayesinde oluşabilmektedir. Şimdi, hep birlikte okyanusun derinliklerine dalalım ve radyoaktivite açısından güvenli olan, çökelmiş kimyasallarla dolu ve sıcaklığın kimyasal tepkimeler için son derece uygun değerlerde olduğu bu volkanik bacaların etrafında olanlara yakından bakalım.

Okyanusların tabanlarında, tıpkı bugün kıtaların üzerinde gördüğümüz gibi volkanik bacalar bulunmaktadır. **Hidrotermal bacalar** olarak da isimlendirilen bu bacalar, özellikle Dünya üzerindeki plakaların birbirinden uzaklaştığı bölgelerde, magmanın yer altından yüzeye (okyanus dibine) ulaştığı alanlarda oluşmaktadır. Bu bacalar ilk olarak 1949 yılında Kızıl Deniz'in tabanında keşfedilmiş ve araştırmanın sonucunda "anormal derecede sıcak okyanus dibi aktivitesi" olarak geçmiştir. 1960 yılındaki bir diğer araştırmada, sıcaklığı 60 dereceye ulaşabilen bu bacaların varlığı doğrulanmıştır. Ancak bacaların varlığına dair en net ispatlara, 1979 yılında Oregon Eyalet Üniversitesi'nden Dr. Jack Corliss ve ekibinin Doğu Pasifik Okyanusu'nun dibine dalarak bu bölgede incelemeler yapmalarıyla ulaşılmıştır. Aynı yıl içerisinde yazılan makaleler, okyanus tabanlarında geniş bir canlılık çeşitliliğinin olduğunu, bacaların iç kısımlarının 400 dereceye kadar ulaşabildiğini, okyanusa açılan ağız kısımlarında sıcaklığın 150 dereceye kadar düştüğünü, bu sıcaklıkların canlılığın başlangıcındaki birçok tepkimenin hızlı bir biçimde gerçekleşebilmesine izin verdiğini bilim camiasına ilan etmiştir. Daha ilerleyen dönemlerde, bu bacaların yeraltından gelen hidrojen, metan, karbondioksit, hidrojen siyanid, nitrojen ve benzeri birçok kimyasalın zaman içerisinde çıkış noktaları etrafına yığılmasıyla oluştuğu anlaşılmıştır. Yani bacaların kendisi bile kimyasal yapı açısından son derece zengindir. Ancak daha önemlisi, bu bacaların içerisinde bulunan **mikro-odacık** adı verilen kapsüllerdir. Bu odacıkların yapısında bulunan pirit ve kalkopirit isimli kimyasallar, birçok diğer kimyasal tepkimeyi hızlandırıcı (katalize edici) etkiye sahiptir. Birbirine

ufak kanallarla bağlanan bu odacıkların her birinde, farklı kimyasal tepkimelerin oluşmasını sağlayabilecek sıcaklık, basınç ve kimyasal değerleri bulunmaktadır. Dolayısıyla bu hidrotermal bacalar, sadece yapıları sayesinde canlılığa giden yolda meydana gelen kimyasal tepkimelerin gerçekleşmesini sağlamış ve hızlandırmıştır.

Okyanus diplerine çökelen kimyasallar, okyanusun başka herhangi bir yerinde gerçekleştirmeyecekleri tepkimelerle bir araya gelmeye ve daha karmaşık yapılı kimyasalların oluşmasına neden olurlar. Üstelik bacaların etrafındaki yüksek sıcaklıklardan, okyanusun diğer bölgelerindeki çok düşük sıcaklıklara doğru yumuşak bir sıcaklık geçişinin olması, çok çeşitli tepkimelerin, kendilerine uygun olan sıcaklığın bulunduğu bölgelerde gerçekleştiğini göstermektedir. Ayrıca okyanus, uzaydan gelen yıkıcı etkilere (göktaşları, radyoaktivite, vb.) karşı kalkan görevi görmektedir. Son olaraksa okyanus tabanlarındaki aşırı yüksek basınç, yine canlılığın oluşması için önem arz eden birçok kimyasal tepkimeyi hızlandırıcı bir ortam sağlamaktadır. Tüm bu anlattıklarım bir araya geldiğinde, canlılığın ilk adımlarının tamamen doğal süreçlerle atılabilmesi işten bile değildir ki bu bölümün konusu da budur.

Canlılığın Yapıtaşları: Hayat Molekülleri

Bu nasıl olmaktadır? Nasıl olur da cansız yapılar, doğal süreçlerle bir araya gelerek canlılığa neden olabilirler? Bunu anlamaktaki güçlüğün başlıca sebeplerinden biri, canlı-cansız tanımlarımızdan kaynaklanmaktadır. İnsanlarda "canlı" kavramı son derece yüzeyseldir ve sadece "bilinçli hareket eden varlıklar" gibi düşünülmektedir. Bu, teknik bir tanımdan oldukça uzaktır. Bilimsel araştırmaların gösterdiği üzere günümüzde canlıları farklı kılan pek fazla bir özellik bulunmamaktadır. Ancak elbette ki etrafımızdaki varlıkları kategorize etme isteğimiz, belli başlı özellikler belirleyerek bunlara göre varlıkları birbirinden ayırma yoluna gitmemize sebep olmuştur. Unutmamak gerekir ki bizim bir varlığı diğerinden terminolojik olarak ayırıyor olmamız, o varlıkların gerçekten de birbirinden bağımsız oldukları anlamına gelmez. İşte canlı-cansız ayrımında gördüğümüz

budur. Bizim, insan türü olarak varlıkları canlı ya da cansız olarak ayırmamız, ilkin başlangıçlarının aynı olmadığı anlamına gelmez.

Canlılık, çok basit cansız moleküllerin bir araya gelmesiyle ilkin adımları atılmış bir varlık formudur. Bu formun ayırt edici özelliği ise, periyodik cetvelde tamamı "cansız" olan kimyasalların belli başlı bir grubunu ve bu elementlerden oluşan molekülleri, temel yapıtaşı olarak içeriyor olmasıdır. İşte esasında "cansız" ve kendi başlarına çok fazla bir anlam ifade etmeyen, ancak istisnasız her canlının yapısında çeşitli oranlarda bulunmakta olan (ki bu, tüm türlerin ortak bir kökene sahip olduğunu göstermektedir) bu kimyasallara ben Hayat Molekülleri adını vermekteyim. Bu moleküller, 4 grupta toplanır: **Lipitler (Yağlar), Nükleik Asitler, Proteinler, Şekerler.** Bu büyük molekül gruplarının altında birçok alt birim ve bunların farklı kombinasyonlarından oluşan birçok kimyasal yapı bulunmaktadır. Örneğin yağların oluşabilmesi için "yağ asitleri" ve "gliserol" molekülleri gerekmektedir. Nükleik asitlerin oluşabilmesi için "nükleotit", "fosfat grubu" ve başlı başına bir grup olan şekerlerin bazılarının bulunması gerekmektedir. Proteinlerin yapıtaşları olaraksa "aminoasit" dediğimiz birimleri görmekteyiz, bunların bir araya gelmesiyle proteinler oluşur.

Bu yapıların her birinin canlı hücrelerinde, dolayısıyla canlılıkta farklı rolleri bulunmaktadır. Bunları kısaca izah edecek olursam: Aslında lipitler, sadece "yağ" anlamına gelmez. Bünyemizde bulunan yağlar, balmumları, steroller, yağda çözünen vitaminler, monogliseritler, digliseritler, trigliseritler, fosfolipitler, vb. moleküllerin hepsine verilen genel bir isimdir. Ancak ben burada genel olarak yağ ile eşanlamlı olarak kullanacağım, böylelikle anlatım kolaylığı sağlamayı ve sizleri terime boğmamayı hedefliyorum. Yağların en temel görevleri arasında hücre zarlarının oluşumunu sağlamak (ki bu, canlılığın başlangıcı için olmazsa olmazdır, bölümün ilerleyen kısımlarında döneceğim) ve hücre içi iletişimi sağlamaktır.

Burada genel bir açıklama yapmak gerekirse, elbette ki kimyasallar, bu görevlerini "bilerek" ya da "düşünerek" yapmamaktadırlar. Göreceğimiz gibi canlılığın oluşumu, tıpkı domino taşlarının yıkılması gibi, kademeli olan ve her bir adımın, bir öncekine ve bir

sonrakine bağlandığı, çok uzun süreli bir süreçtir. Nasıl ki domino taşları, yıkılmaları gerektiği zamanı veya yıkılmaları "gerektiğini" bilmiyorlarsa ve fiziksel bir etki altında yıkılıyorlarsa, canlılığın oluşumunda moleküllerin görevler kazanması da aynı şekilde olmaktadır. Tamamen fiziksel ve kimyasal etkilerin altında devam eden sürecin içerisinde edinilen yapıların, yapısal uyumluluklarından ötürü kazandıkları görevlerdir bunlar... Şimdi, diğer hayat moleküllerinin görevlerine dönelim:

Nükleik asitler, belki de birçoğumuzun bildiği gibi, "yönetici moleküller" olarak da bilinmektedir. İki temel grubun, DNA ve RNA'nın genel adıdır (bilimin gelişmesiyle birlikte, sentetik nükleik asitler de bu gruba eklenmiştir). Temel görevleri, genetik bilgilerin, yani bir canlının ne olduğunun ve nasıl olduğunun bilgisinin kodlanması, iletimi ve bunların uygun biyokimyasal ortam sağlandığında ifade edilmesidir. Yani nükleik asitler, evrimsel süreç içerisinde az sonra göreceğimiz şekilde var olurlarken, canlının diğer moleküllerinin üretimi konusunda, özellikle proteinlerle işbirliği içerisinde, karşılıklı olarak evrim geçirmişlerdir. Bu sayede, diğer molekülleri yönetici bir rol üstlenmişlerdir.

Proteinler, geniş çeşitlilikleri (burada saymakta zorlanacağım kadar fazla kategoriye bölünebilirler) ve yüksek değişim/adaptasyon kabiliyetleriyle belki de canlılık içerisindeki en önemli yapıtaşlarındandır. Sözün tam anlamıyla, canlılığı sağlayan ve sürdüren *bütün* biyolojik faaliyetlerin içerisinde yer alırlar. Hücrenin "işçi molekülleri" olarak görülebilirler. Birçoğu, başka kimyasal tepkimeleri hızlandırıcı görevler alırlar, birçok farklı tipi hücredeki diğer yapıların oluşturulmasına katkı sağlarlar, bazıları hücre içi ve hücre dışı iletimde görev alırlar, bazıları hücrenin bölünmesindeki hareketlerden sorumludur ve daha nicesi... Kısaca proteinler, canlılığı sağlayan esas unsurlardan biridir diyebiliriz. Buna rağmen, az sonra göreceğimiz gibi, tamamen doğal süreçlerle oluşabilirler ve nükleik asitlerle olan ilişkileri sayesinde, gerektiği zaman, gerektiği kadar salgılanabilirler. Bu gereklilik de, çevresel şartların etkisiyle belirlenmektedir, herhangi bir üst bilinç ile değil.

Son olarak şekerler... Neredeyse bütün canlılarda ortak olarak tüketilen, enerji sağlayan moleküllerdir. Monosakkaritler (tekli şekerler), disakkaritler (çift şekerler) ve polisakkaritler (çoklu şekerler) olarak kategorize edilebilirler. Oluşumlarındaki kimyasal bağlardan ötürü yüksek enerjiye sahiptirler ve parçalandıklarında bu bağ enerjisi, kimyasal enerji olarak açığa çıkar ve biyolojik fonksiyonların sürdürülmesinde kullanılır. Özellikle de bu enerjinin sürekli tüketimi halinde, canlılığın varlığını koruyabildiğini görürüz. Şekerlerin önemini şöyle anlayabiliriz: Bir hücre, şeker tüketimi yapamıyorsa, ölmüş veya ölmek üzeredir diyebiliriz. Bunun haricinde, sadece tüketim amacıyla değil, aynı zamanda yapım amacıyla da şekerler hücre içerisinde görevlere sahiptir. Özellikle hücresel yapıların (hücre zarları, hücre duvarları gibi) içeriğine katılmaları dolayısıyla büyük öneme sahiptir.

Görüldüğü üzere her bir grubun, canlılık için önemli fonksiyonları vardır; ancak hiçbiri tek başına canlılık var edemez. Dolayısıyla canlılığın nasıl doğal süreçlerle var olabildiğini anlamak için, bu birimlerin her birinin doğal süreçlerle ve ayrıntılarıyla tanımlanmış kimyasal tepkimelerle var olabildiğini görmemiz ve daha sonrasında bunların birbirleriyle ilişkisini anlamamız gerekmektedir. Öyleyse şimdi, kısaca bunların nasıl var olduğuna bir bakalım:

Kimyasal Evrim: Cansızlıktan, Canlılığa...

Canlılığın ilk adımlarından birinin yağ moleküllerinin (lipitlerin) oluşumu olduğu düşünülmektedir. Çünkü lipitler, günümüzdeki bütün canlıların hücrelerinin de zar yapısını oluşturan, koruyucu ve canlılığın oluşumuna zemin hazırlayıcı moleküllerdir. Lipitlerin oluşumu için, ön yapılar olarak karşımıza çıkan yağ asitlerinin ve gliserolün oluşması gerekmektedir. Günümüz modern biyokimyası, bu yapıların okyanus bacaları içerisinde ve etrafında, tamamen doğal süreçlerle oluşabileceğini bizlere göstermektedir. **Fischer-Tropsch Tepkimesi** adıyla bilinen bir dizi kimyasal tepkime, demir sülfür ve bakır sülfür kimyasallarından yola çıkarak, metan, karbondioksit ve hidrojen gazlarının katılımıyla

yağ asitlerinin oluşumunun birinci basamağı olan karboksilin oluşabilmesini sağlamaktadır. Hidrotermal bacalardaki yüksek sıcaklıkların etkisiyle karboksil, bacaların civarında yüksek oranda bulunan metan gazıyla tepkimeye girerek **yağ asitleri**ni oluşturur. Öte yandan **Cross-Canizzaro Tepkimesi** olarak bilinen bir diğer süreç dahilindeyse, 30 santigrat derece sıcaklıkta, gliseraldehit ve formaldehit gibi okyanusta bolca bulunan kimyasallar, sodyum hidroksitin etkisi altında **gliserol** diye bilinen ve yağların yapısına doğrudan katılan çok önemli molekülleri oluşturabilmektedir. İşte bu iki tamamen doğal tepkime zinciri sonunda oluşan yağ asitleri ve gliseroller, bir araya gelerek **yağ (lipit)** moleküllerini oluştururlar.

Yağlar, canlılığın evrimi için birincil derece öneme sahiptir, çünkü kimyasal yapılarından ötürü "amfifatik" yapıdadırlar. Yani bu moleküllerin bir ucu suyu kendine çekerken, diğer ucu sudan kaçmaya çalışır. Bu zıt etkili kimyasal yapıdan doğan etkileşim sonucu yağ molekülleri su içerisinde içi su dolu küresel zırhlar oluştururlar. Bunu evinizde de denemeniz mümkündür. Kimi sıvı yağı suya döktüğünüzde ya yüzeyde film halinde birikir, ya da su içerisinde hızla küresel yapılara dönüşür. Bunun tek sebebi, yağların kimyasal yapısının, fizik yasaları etkisi altında, su molekülleriyle etkileşerek küresel forma geçmek zorunda oluşudur. Bu form, yağların en düşük potansiyel enerjiye sahip olmasına neden olur ki bu, bir kimyasalın en dengeli olabildiği haldir. İşte bu sebeple yağlar, canlılığın içerisinde gelişeceği küresel zırhlar olma bakımından çok büyük öneme sahiptir.

İşte zırh yapısı içerisinde sıkışan kimyasallar, çevrelerinden izole hale gelmişlerdir. Bunun en büyük getirisi, bu zırhın içinin, dışarıya göre daha düzenli ve sakin olmasıdır. Üstelik olası tepkimelerin gerçekleştiği hacmin küçük bir bölgeye sıkıştırılması, kimyasal tepkimelerin gerçekleşme ihtimalini ve hızını da arttırmaktadır. Böylece bu yağ zırhları içerisine hapsolan kimyasallar, çok daha yüksek hızlarda tepkimelere girebilir ve yeni, daha büyük, daha kararlı yapılar üretebilirler.

Bu yağ zırhı içerisinde hapsolmuş ve çevresine göre daha yoğun olarak kimyasal taşıyan, iç bölgesinde sürekli kimyasal tepkimelerin sürdüğü, ilkin hücre-benzeri yapılara günümüzde **koaservat**

ya da **ön-hücre** demekteyiz. Koaservatlar canlı mıdır? Canlılık tanımını nasıl yaptığınıza bağlıdır. Günümüzde lise düzeyinde canlılık, uyarana tepki verme, üreme, metabolizmaya sahip olma, vb. birkaç parametreyle tanımlanmaktadır. Ancak bu değişkenlerin tamamı kolayca "cansız" olarak tanımlayacağımız varlıklarda da bulunmaktadır. Örneğin kimyasallar uyaranlara tepki verebilir, bazı kimyasallar oto-katalizlenme etkisiyle "cansız" olmalarına rağmen "üreyebilirler" veya kimyasal tepkimeler canlılardaki metabolik faaliyetlerden yapıca farklı değildir. Üstelik "canlı" dediğimiz yapıları en ufak parçalarına, hücre altı parçalara böldüğümüzde, her şeyin "cansız" moleküllerce yürütüldüğünü görürüz. O zaman "canlılık" nerede başlamaktadır? Eğer hücrelerimizi meydana getiren her şey "cansız" ise, biz nasıl, hangi evrede canlı olabiliyoruz? Canlılık, sonradan eklenen bir özellik midir?

Günümüzde artık bu tanımın yapılması giderek kolaylaşmaktadır, çünkü bütün bilimsel veriler, canlılığın cansızlık içerisinden evrimleşen özel bir form olduğunu göstermektedir. Koaservat olarak adlandırdığımız yapıların en temel özelliği, bünyelerinde meydana gelen kimyasal tepkimeler sayesinde ürettikleri enerjiyi (veya kimyasal enerjiyi depolayan molekülleri) aktif olarak kullanarak, fiziki bir düzensizlik terimi olan entropiye karşı koymak için harcamalarıdır. Bu kimyasal tepkimeler zinciri, bir çakmağın yanmasında meydana gelen kimyasal tepkimelerden pek de farklı değildir ve tamamen doğaldır. Eğer bu tepkimeler bütünü, bir varlık içerisinde görülüyorsa ona "canlı" deriz. Özellikle düzensizliğe, yani düzenli sistemlerdeki "dağılma, düzensiz hale gelme" eğilimine (entropiye) karşı gelmek için enerji kullanılabiliyorsa, o varlık bizim aradığımız temel canlılık kriterlerini sağlamaktadır. Yani bir canlının "canlı" olmayı tercih etmesi, bir kayanın "kaya" olmayı tercih etmesi gibidir. Böyle bir tercih yoktur; canlılık, doğal sürecin aynı derecede doğal bir ürünüdür.

Bu sebeplerle, günümüz biliminde "canlı" tanımı, beslenme, üreme, metabolizmaya sahip olma gibi ilkel kategorizasyon yerine, daha temel ve kapsamlı iki temel üzerine oturtulmaktadır: Organizasyon ve aktivite. Canlı organizmaların tamamında belirli bir **organizasyon**

bulunmaktadır. Bu organizasyon, iç yapıyı dış ortamdan ayırmaya yarar. İşte koaservatlarda, yani en ilkin canlı yapılarında bu izolasyon görevini yağ zırhları yapmaktaydı. Bugün de, günümüzde var olan istisnasız her canlının hücrelerinin zarları temel olarak yağ yapılıdır. Bu da, tüm canlıların ortak bir atadan, ilkin bir canlı formundan (koaservatlardan) geldiklerinin net ispatlarından biridir; zira tek bir canlıda oluşan ve sabitlenen bu yapısal özellik, ondan evrimleşerek bütün bireylere aktarılmıştır. Ancak canlılığı tanımlamak için organizasyon tek başına yeterli ve anlamlı değildir, zira örneğin bir balonun da iç ortamıyla dış ortamını ayıran organizasyonu bulunur; ancak bu, ona bir "canlı" dememiz için yeterli değildir. Burada ikinci bir temele ihtiyaç duyarız.

Aradığımız bu ikinci temel, işlevsel bir **aktivite** veya bir diğer tanımıyla iç yapıdan kaynaklı bir **metabolizma**dır (aktivite ve metabolizma eş anlamlı kullanılabilir). Bu aktivite, belirttiğim gibi rastgele bir amaca sahip değildir, canlılık için olması gereken bir amaca hizmet eder: enerji üretimi ve tüketimi. Metabolik aktivite sırasında tamamen doğal, biyokimyasal tepkimeler sonucunda enerji üretilir ve bu enerji, canlılığın ikincil bir şartı olan "sürerliliğin" sağlanmasında kullanılır. İzah ettiğim gibi maddeler, entropi artışı sebebiyle bir fizik yasasına tabidirler ve sürekli olarak düzensizliklerini arttırmaya meyillidirler; bu yasa, Evren'in dokusundan ötürü böyledir (ilk bölüme atıf olarak: bu bir *doğa gerçeği*dir) ve Evren değişmedikçe değişmez. Ancak bu artışa, sürekli olarak enerji harcayarak, istikrarlı bir şekilde karşı konulabilmektedir. İşte canlı dediğimiz, özünde ve esasında "cansız" olan yapılar, bu entropiye enerji harcayarak karşı koyarlar. Bunu yapabiliyorlarsa, tarafımızdan "canlı" olarak nitelenirler. İşte canlı ile cansız arasındaki tek fark, bu etiketleme farkıdır. Bilimsel temelde ise hiçbir farkları yoktur; sadece biz de bu tanıma uygun bir varlık olduğumuz için, "canlılık" tanımı bize özel anlamlar ifade etmektedir. Doğa açısından ise bir anlamı bulunmamaktadır. Şimdi, yağ zırhı içerisine hapsolmuş bol kimyasal içerikli okyanus suyunun başından geçenlere geri dönelim ve Özgün'ün canlılığın nasıl cansızlıktan oluştuğuna dair sorularına cevaplar verelim.

Koaservatların evrimindeki yağ zırhının oluşumundan sonraki sürecin tam sırası bilinememektedir ve açıkçası bu sıra çok da önemli değildir. Ancak elimizdeki veriler, yağ zırhından sonra (ve hatta belki de önce), ilk olarak genetik materyalin oluştuğunu düşündürmektedir, zira entropiye dirençli bu yapıların sadece var olması yeterli değildir, gelecek nesillere var oluşlarına dair bilgileri aktarabilmeleri de gerekir. İşte bu yüzden, belki de yağ moleküllerinin sentezine yönelik kimyasalların üretilmesini sağlayabilecek bu genetik yapılar, diğer tüm **Hayat Molekülleri**'nden önce oluşmuştur. Her ne zaman oluşmuş olurlarsa olsunlar, günümüzde, sanki diğer biyomoleküllerden köklü bir biçimde farklıymış gibi sunulan ve değerleri aşırı miktarda abartılan bu genetik materyalin tamamen doğal süreçlerle var olabileceği bilinmelidir.

Genetik materyal olarak bildiğimiz DNA ve RNA'nın da tamamı, hücrenin geri kalanı gibi sadece cansız maddelerden oluşmaktadır. DNA, RNA, genler ve bunlardan üretilen aminoasitler ve proteinler ile diğer bütün yönetici moleküller, diğer tüm kimyasallar gibi yine cansız maddelerdir. Ancak bunların metabolizmaya katılması ve toplam aktiviteleri sonucu entropi artışına karşı koyabilecek ve sürekli olarak üretilebilecek yapılar (hücreler) oluşturulabilir. Yani genetik materyal olmaksızın, birey bazında sürerlilik belki sağlanabilir (koaservat ömrü boyunca varlığını koruyabilir); ancak yalnızca bu becerilerini sağlayan moleküllerin düzeninin gelecek bireylere aktarılabilmesi, nesil bazında sürerliği sağlayabilir. İşte üreme ve genetik materyalin aktarımının ilkel temellerinde yatan can alıcı nokta da budur.

Genetik Materyalin Evrimi

İlk DNA nasıl oluşmuştur? Genetik materyalin evrimi nasıl olmuştur? Bu soruların cevapları günümüzde büyük oranda verilebilmektedir. Elbette halen bu konuda bilmemiz gereken çok şey vardır; ancak yapılan araştırmalar, bir genetik materyalin doğal süreçlerle ve kendiliğinden nasıl oluşmuş olabileceğine dair umut vaat edici sonuçlar vermektedir. Esasında canlılığın başlangıcına yönelik olan açıklamalar birbirine zıt olarak görülebilecek iki grupta toplanabilir.

İlk grupta, genetik materyalden önce, diğer yapıların (metabolizmayı sağlayacak yapıların) oluştuğunu, sonrasında ise genlerin oluştuğunu ileri süren "**Önce Metabolizma Hipotezi**" yer alır. Diğer yanda ise genetik materyalin önce oluştuğunu söyleyen, bu sayede metabolik faaliyete katılacak olan kimyasalların da üretilebildiğini ileri süren "**Önce RNA Hipotezi**" yer alır. Bu konuda ben bir taraf belirtmeden, süreç odaklı olmak yerine olay odaklı açıklamalarda bulunacağım. Üstelik sıra önemli olsa da, daha önemli olan bu kimyasalların nasıl doğal süreçlerle var olabileceğini anlamaktır.

Birçok bilim insanı, genetik materyalin oluşumundaki en önemli adımın **ribozim** adı verilen bir enzimin (bir organel olan "ribozom" ile karıştırılmamalıdır), doğal süreçler içerisinde oluşması olduğunu düşünmektedir. Çünkü ribozim, ilk olarak basit bir RNA molekülü formundadır, yani RNA'nın atasal molekülüdür. Burada, RNA'nın iki ana genetik materyal grubundan biri olduğu hatırlanmalıdır (diğeri de meşhur DNA'dır; RNA, DNA'nın "yardımcı molekülü" konumundadır ancak canlılığın başlangıcını anlamak konusunda birincil öneme sahiptir). Daha da ilginci ribozim, bir "oto-katalizör"dür, yani etraftaki basit molekülleri kullanarak kendisinin kopyalarını oluşturabilir, hem de inanılmaz yüksek bir hızda! Dolayısıyla ribozim bir kere var olduktan sonra, kendisini hızla kopyalayarak okyanus tabanlarındaki ana genetik materyal haline gelebilir. Hele ki bu üretim sırasında oluşan hatalar sebebiyle yapısal değişimler meydana gelirse, ribozimin bir noktadan sonra tam bir RNA yapısına dönüşmemesi güçtür. Sonrasında ribozimden oluşabilecek RNA kullanılarak süreç içerisinde DNA'nın ortaya çıkmaması için de bir sebep yoktur. Uzun yıllar RNA'nın sadece DNA'dan sentezlenebileceği, dolayısıyla RNA'dan DNA'nın asla sentezlenemeyeceği düşünülmüştü ve buna **Biyoloji'nin Merkezi Dogması** denmişti. Fakat daha sonradan keşfedilen **retrovirüsler**in ana genetik materyalinin RNA olduğu, gerektiği zamansa RNA'dan DNA'yı sentezleyebildikleri keşfedildi. Bu, Merkez Dogma'yı yıkarak bilim dünyasında bir çığır açtı ve DNA'nın evrimsel süreçte nasıl oluşmuş olabileceğine ışık tuttu.

Üstelik yapılan modern incelemeler, ribozimin varlığına ihtiyaç duymaksızın da öncelikle genetik materyalin temellerini oluşturan **nükleotit** isimli moleküllerin, sonrasında ise bunlar kullanılarak RNA'nın oluşabileceğini bizlere göstermektedir. 2007 yılında Dr. Raffaele Saladino ve ekibinin yaptığı bir araştırmada, 140 derece sıcaklıkta (bacaların etrafındaki sıcaklığı hatırlayın), okyanus tabanında bolca bulunan formamid molekülleri tek başına kullanılarak, ortamda bulunan borat moleküllerinin hızlandırıcı etkisi sayesinde sadece 48 saatte bütün nükleotitler üretilebilmiştir. Bu müthiş keşif, o tarihten 10 sene kadar önce keşfedilen bir diğer tepkimeyle birleştirilince daha büyük anlam kazanmaktadır: 1997 yılında keşfedilen **Ferris-Orgel Tepkimesi** sayesinde sıvı formaldehit, sıvı formamid, suyla derişik amonyak ve yine okyanusta bolca bulunabilen kalsiyum fosfat kullanılarak 24 saat gibi kısacık bir bekleme süresi sonunda kısa bir RNA molekülü elde edilebilmiştir. Yani sadece okyanus tabanlarında bulunan kimyasallarla oynayarak ve çeşitli denemeler yaparak, genetik materyalin yapıtaşlarını üretmek, sonrasında ise bunların doğal süreçlerin etkisi altında RNA'yı üretebildiklerini görmek işten bile değildir.

Yağ zırhı içerisinde sıkışan RNA'lar, zaman içerisinde DNA'yı oluşturmuş ve böylece genetik aktarımı başlatmış olabilirler. Zira DNA, yapısı gereği bir hücre içerisinde üretilecek kimyasalları belirleyen moleküldür ve DNA'nın oluşmasıyla birlikte eskiden daha kaotik olan kimyasal tepkimeler bir düzene girmeye başlamış ve DNA tarafından yönlendirilmeye başlamıştır. Aynı zamanda, DNA'yı (ya da en azından RNA'yı) üretebilen koaservatlar, diğerlerine göre avantajlı konuma geçmişler ve kısa sürede bu yapıdaki koaservatlardan çoğalan yeni yapılar, okyanus tabanlarının hâkimi konumuna geçmişlerdir (buna "moleküler evrim" denir). Çünkü genetik materyalin varlığı, koaservatın sürerliliğine çok ciddi katkı sağlamıştır. Bu sayede genetik materyale sahip koaservatlar diğerlerinden daha uzun varlıklarını sürdürmüşler ve genetik materyallerinin sayesinde başarılı olmalarını sağlayan ilkin moleküler kombinasyonları, rastgele bölünmeleri (amitoz bölünme: ilkel bir bölünme tipidir) sırasında kendilerinden oluşan yeni koaservatlara aktarabilmişlerdir. Yani DNA'nın doğal süreçlerle oluşabilmesi

de, bu materyal sayesinde moleküler evrimin ve dolayısıyla canlılığın evriminin hız kazanabilmesi de gayet muhtemeldir.

Genetik materyalin ve canlılığın cansızlıktan farkının ne kadar önemsiz olduğunu bir örnekle izah etmeme izin verin. 20 Mayıs 2010 tarihinde, İnsan Genom Projesi'nin de en önemli araştırmacılarından biri olan büyük genetik bilimci Craig Venter ve ekibi *Science* dergisinde "*Kimyasal Olarak Sentezlenmiş Genom ile Yaratılan Bir Bakteri Hücresi*" başlıklı bir makale yayımladılar. Araştırmalarında, öncelikle kendi elleriyle, sentetik bir genom yarattılar. Bunu yapmak için, tüm canlıların genetik kodunda ortak olarak bulunan Adenin, Timin, Guanin ve Sitozin isimli nükleotitleri bloklar halinde bir araya getirdiler. Sonrasında, kendi genomu çıkarılmış bir bakteriye, bu yapay DNA dizilerini aktardılar. Normalde, eğer ki genler ile organizma, canlı ile cansız arasında madde-üstü bir ilişki olsaydı, bu yapının hayatta kalamaması beklenirdi. Ancak bakteri, genomunun değiştiğini fark bile etmeden hayata döndürüldü! Venter ve ekibi genlere öylesine hâkimlerdi ki, sırf eğlence olsun diye kendi yarattıkları bakteri genomuna kendi e-posta adreslerini, alfabeyi, bazı sayıları ve noktalama işaretlerini kodlayarak eklemişlerdi. Bu deney, genetik materyalin sıradanlığını ve canlılığın somut yapısını ortaya koyan, sayısız bilim insanı tarafından "Biyoloji tarihini değiştirecek buluş" olarak nitelendirilen bir araştırma oldu. Eğer ki yaşamın kurulduğu temellerin basitliğini anlayabildiysek, canlılığın oluşum basamaklarına geri dönelim:

Aminoasitlerin ve Proteinlerin Evrimi

Genetik materyalin oluşumundan kısa bir süre sonra, bu moleküller sayesinde üretilebilecek bir diğer hayat molekülü olan proteinlerin sentezi gerçekleşmiştir. Ancak proteinlerin DNA aracılığıyla sentezlenebilmesi için ilk olarak ortamda aminoasitlerin var olabilmesi gereklidir. Artık şaşırmayacağınızı tahmin ediyorum ancak bunların da doğal süreçlerle var olabilecekleri gösterilmiştir. Hem de bu, ilk olarak 1828 yılında Friedrich Wöhler tarafından sulu amonyum siyanat kullanılarak gösterilmiştir. Ancak daha önemli bir araştırma,

1850 senesinde Dr. Adolphe Strecker tarafından yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda asetaldehit, amonyak ve hidrojen siyanit kullanılarak 2 adet aminoasit, tamamen doğal süreçlerle üretilebilmiştir. Daha sonradan **Miller-Urey Deneyi** olarak bilinen meşhur deneyde, 1953 yılında, canlılığın yapısına katılan 22 aminoasidin tamamı doğal süreçlerle üretilebilmiştir. Üstelik aynı deneyde sadece aminoasitler değil, enerji üretiminin ana kaynağı olan şekerler, nükleik asitler ve gliserol gibi canlılığın oluşumunu sağlayacak kimyasalların çoğu, doğal süreçlerin taklit edilmesiyle sentezlenebilmiştir.

O zamanlardan bugünlere birçok deney yapılarak aminoasitlerin evrimi aydınlatılmıştır. 1961 yılında Joan Oró, Miller ve Urey'in varsayımlarını gözden geçirerek, gerçeğe daha yakın bir deney yapmış ve sadece aminoasitlerin tamamını değil, adenin gibi nükleobazları bile kısa sürede, tamamen doğal süreçlerle üretebilmişti. 1970'li yıllara yaklaşılan dönemlerdeyse proteinlerin bile doğal süreçlerle oluşabileceği, Sidney Fox tarafından gösterilmiştir. Yaptığı deneyinde ilkel dünya koşullarını tekrar eden Fox, kullandığı sodyum klorür, bikarbonat, amonyum klorür, karbonik asit, aspartik asit ve glutamik asit aracılığıyla, 150 santigrat derece sıcaklıkta, 2 hafta gibi bir süre sonunda 23 aminoasidin bir araya gelmesiyle bir proteinin oluştuğunu göstermiştir. 2002 senesinde Dawn Brooks ve ekibi tarafından yapılan bir çalışmada, yaşamın ilkin başlangıcında günümüzdeki kadar fazla aminoaside bile ihtiyaç duyulmadığı, öncül bazı aminoasitler genetik koda dâhil olduktan sonra, süreç içerisinde diğerlerinin canlıların yapısına katılmış olabileceği gösterilmiş, yaşamın temellerine güçlü bir ışık tutulmuştur.

Bugüne kadar en yoğun eleştiri alan abiyogenez (canlılığın cansızlıktan başlaması) deneyi şüphesiz Miller-Urey Deneyi'dir. İlk olarak 1953 yılında Stanley Miller ve Harold Urey tarafından yapılan bu deney, bilim tarihinde canlılığın temel yapıtaşlarının kendiliğinden oluşabileceğini gösteren ilk deney olmuştur. Deney, canlılığın cansızlıktan evriminin atmosferde olduğunu varsaymakta, bu sebeple de ilkel atmosfer koşullarını taklit etmekteydi. Ancak 20. yüzyılın ortasındaki bilgilerimiz, bu deneyin bazı hatalı tahminler üzerine

kurulmasına neden olmuştur. Örneğin bugün biliyoruz ki canlılık atmosferde ya da atmosfere doğrudan temas eden bir ortamda değil, okyanus tabanlarında başlamıştır. Benzer bir şekilde, Miller ve Urey'in düştüğü bir hata, o dönem atmosfer içerisinde karbondioksit, azot ve hidrojen sülfit gibi gazların bulunmadığıydı. Hâlbuki bugün bu gazların bulunduğunu bilmekteyiz. Miller ve Urey, bu gazları eklemeden yaptıkları deneyde, az önce de bahsettiğim gibi birçok temel yapıtaşını üretmeyi başarmışlardır. Ancak sonradan keşfedilen jeolojik veriler ışığında, Miller ve Urey'in göz ardı ettiği gazların da atmosferde bulunduğu anlaşılmıştır. Bu şekilde tekrarlanan deneyde, aminoasitlerin birçoğu ya hiç oluşmamış ya da çok yavaş oluşabilmiştir. Bunun sebebi, Miller ve Urey'in deneye dâhil etmediği bu gazların atmosfer yapısını değiştiriyor olmasıdır. Bu ve bunun gibi eleştiriler, son 50 yıldır Miller-Urey Deneyi'ni bombalamaya çalışan bilim karşıtları tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Hâlbuki akademik çalışmalar, deneyin tekrarlarında bu sorunları çözmüştür. Örneğin 2008 yılında, Stanley Miller ile 3 diğer bilim insanının yaptıkları bir diğer araştırmada, bu gazların varlığında bile aminoasitlerin yüksek verimlilikte oluşabileceği gösterilmiştir. Çünkü yapılan jeolojik çalışmalarda, ilkel Dünya koşullarında sadece bu saydığım gazların değil, aynı zamanda demir gibi metallerin bol miktarda bulunduğu anlaşılmıştır. Ortama, bu gazların olumsuz etkilerini yok eden metaller eklenince, deneyin normal bir şekilde, yüksek bir hızla aminoasitleri üretebildiği görülmüştür.

Canlılığın temel yapıtaşlarının oluşumuna yönelik yapılan en güçlü deneylerden biri olarak görülen Miller-Urey Deneyi'ne gelen bir diğer eleştiri de, bu deneyde sadece sağ-elli aminoasitlerin oluştuğu, ancak canlılığın yapısında baskın olarak sol-elli aminoasitlerin bulunduğu, dolayısıyla deneyin hatalı olduğudur. Aminoasitlerin tıpkı ellerimizin parmak diziliminin birbirinin ayna görüntüsü olması gibi, zıt görüntüde olan iki kopyası bulunur. Bu kopyalara "izomer" adı verilir ve "sol-elli" ile "sağ-elli" olarak isimlendirilir. Yapılan tüm araştırmalar, canlıların vücudunda görev alan proteinlerin ezici bir çoğunluğunun sol-elli aminoasitlerden oluştuğunu göstermektedir. Miller-Urey Deneyi'nde

ise bir sol-elli aminoasit yoğunluğu tespit edilmemiş, dolayısıyla hatalı olduğu, yaşamın başlangıcını modellemediği iddia edilmiştir. Hâlbuki bu iddianın temelsiz olduğu, deneyin ilk yapıldığı 1950'li yıllardan 55 sene sonra, Miller tarafından saklanan deney tüplerinin açılması sonucunda anlaşılmıştır. Miller-Urey Deneyi'nde, 55 yıllık bir beklemenin sonunda sol-elli ve sağ-elli aminoasitler eşit miktarda oluşmuştur. Zaten geçen bu süre zarfında, NASA ve bazı diğer kurumlar tarafından yapılan analizlerde, kuyrukluyıldızlar ve meteorlar gibi gök cisimlerinin dövdüğü bir ilkel Dünya'da, yüksek sıcaklık ve basınç altında sağ-elli aminoasitlerin sol-elli aminoasitlere dönüşebileceği gösterilmiştir. Benzer bir şekilde, Shosuke Komo ve ekibi tarafından 2004 yılında yapılan bir araştırmada, ilk başta sağ-elli aminoasitler oluşmuş olsa bile, sol-elli aminoasitlerin bu ilk aminoasitlerden evrimleşebileceği gösterilmiştir. Deneyin gösterdiğine göre hangi izomerin baskın geleceği, çözelti içerisinde başlangıçta bulunan izomer yoğunluğuna göre belirlenmektedir. Yani hangi izomer ilk başta diğerine göre daha fazla üretildiyse, ondan sonraki süreçte hep bu ilk üretilen izomerle aynı yapıda olan aminoasitler üretilmektedir. Dolayısıyla canlıların yapısında yoğun olarak sol-elli aminoasitlerin bulunuyor olması sanıldığı kadar gizemli bir konu olmayabilir.

Günümüzde bilim karşıtları, Evrim Kuramı'na saldırmak için Abiyogenez Kuramı'nı bir basamak, bir sıçrama taşı olarak görmektedirler. Bu sebeple, bildikleri tek abiyogenez deneyi olan Miller-Urey Deneyi üzerinden, hem de eski versiyonları üzerinden bu konuya saldırmaktadırlar. Hâlbuki abiyogeneze yönelik deneyler Miller-Urey Deneyi ile sınırlı değildir. Sayısız biyokimyager, yaşamın cansızlıktan başlangıcına farklı açılardan yaklaşarak müthiş sonuçlar elde etmektedirler. Canlılık, çok büyük bir ihtimalle cansızlıktan ve kendiliğinden oluşmuştur. Bunun neden ve nasıl olduğunu ise Abiyogenez Kuramı dediğimiz açıklamalar bütünü ele almaktadır. Miller-Urey Deneyi, bu kuramın ufacık bir parçasıdır. Örneğin Oró'nun monomer oluşumu deneyleri, Manfred Eigen ve Peter Schuster'in moleküler kaos ve kendini kopyalayan hiperdöngü hipotezleri, Spiegelman'ın Canavarı deneyleri, Geoffrey W. Hoffman'ın katalitik gürültü deneyleri, Günter Wächtershäuser'ın

demir-sülfür dünyası teorisi, Armen Mulkidjanian'ın çinko dünya hipotezi, Zachary Adam'ın radyoaktif sahil hipotezi, Karo Michaelian'ın mor ötesi ve sıcaklık kontrollü kopyalanma modeli, Cnossen'in Arkean dönemdeki mor ötesi ışın yoğunluğu teorisi, Pierre Noyes'in beta ışıması homokiralite yaklaşımı, Robert Hazen'ın monomerlerin makromoleküllere kristal yüzeyler üzerindeki dönüşümüyle ilgili deneyleri, Martin William, Stan Palasek, Eugene Koonin, Tatiana Senkevich, Valerian Dolja, Mark Nussinov, Vladimir Otroshchenko, Salvatore Santoli, Alexander V. Vlassov, Sergei A. Kazakov, Brian H. Johnston, Laura F. Landweber gibi isimlerin yaptığı kendi kendine organizasyon deneyleri, Martin Hanczyc'in ön hücre deneyleri, Peter Mitchell'in 1978 Nobel Kimya Ödüllü proton motif kuvvetinin keşfi ve ilişkili yaşam başlangıcı deneyleri, Alexei Sharov ve Audrey Bouvier gibi isimlerin koenzim dünya teorileri, Jack Szostak, Tracey Lincoln, Gerald Joyce gibi araştırmacıların RNA dünya teorileri, Anthonie Muller'in termosentez dünya modeli, Feng-Jie Sun ve Gustavo Caetano-Anollés'in tRNA temelli yaşam başlangıcı deneyleri, Fernando ve Rowe'nin otokatalitik ama enzimatik olmayan metabolizma yaklaşımı, Martin Brasier'in ponzataşı salları yaklaşımı, Stuart Kauffman'ın otokatalitik kimyasal ağ yaklaşımı, Graham Cairns-Smith'in kil hipotezi, Thomas Gold'un derin sıcak biyosfer modeli ve hatta burada detaylarına girerek konuyu dağıtmak istemediğim ancak yüzlerce bilim insanı tarafından geliştirilen, yaşamın uzayda bir başka gezegende başlayarak Dünya'ya kuyrukluyıldızlar ve meteorlarla taşınmış olabileceğini ileri süren Panspermia Teorisi, abiyogenezin farklı yaklaşımlarından sadece küçük bir kısmıdır.

Günümüzde, canlılığın cansızlıktan başladığına yönelik olarak yapılan abiyogenez deneylerine yöneltilmiş, yeterince güçlü veya bilimsel temellere dayanan hiçbir yanlışlama bulunmamaktadır. Elbette canlılığın başlangıcıyla ilgili olarak halen bilmediğimiz çok sayıda konu vardır. Ancak yaptığımız her abiyogenez deneyi, canlılığın cansızlıktan doğal yollarla başlayabileceğine işaret etmektedir. Bu da, yaşamın başlangıcının sır perdesini aralamak konusunda doğru bir yolda yürüdüğümüz fikrini vermektedir. Bu araştırmalardan gördüğümüz üzere doğal yollarla oluşabilecek olan aminoasitler ve

proteinler, yine doğal süreç içerisinde oluşmuş DNA ile kimyasal bir etkileşime girerek çok daha hızlı ve dengeli bir protein sentezi sürecini başlatmış olabilirler. Bu da, canlılığa giden sürecin giderek hızlanmasına neden olmuştur.

Bırakın aminoasitlerin kendiliğinden proteinleri üretmesini, yapılan son çalışmalarla aminoasitlerin "protein makinesi" adı verilen ve hücre içerisinde belirli işlevlerin yerine getirilmesini sağlayan karmaşık sistemleri bile kendiliğinden, hiçbir dış müdahale olmaksızın yapabildiği gösterilmiştir. Ekim 2013'te yayımlanan bir makalede, 83 aminoasitten oluşan protein makinelerinin her 1000 hücre benzeri yağ zırhından 5 tanesinin içerisinde kendiliğinden oluştuğu gösterilmiştir. Halbuki sıklıkla tekrar edilen abiyogenez karşıtı iddialara göre bırakın 1000'de 5 oluşum ihtimalini, güya evrendeki tüm parçacıklar ve bunların birbiriyle etkileşimi hesaba katılsa bile canlılık kendiliğinden başlayamazdı. Bilim camiasında zaten pek de ciddiye alınmayan bu şahsi kanaatlere karşın, yapılan deneyde protein makineleri öylesine yüksek bir oranla elde edilmiştir ki, bu durum araştırmacıları bile şaşırtmıştır. Bu araştırmanın sonucunda, aminoasitlerin proteinleri kendiliğinden oluşturmasına yönelik matematiksel hesapların hiçbirinin gerçeği yansıtmadığı gösterilmiş, henüz matematik/mühendislik modellemelerimizin doğadaki kendi kendine organizasyon ("self-organization") konusunu birebir göstermeye yetmediği anlaşılmıştır. Bu da demek oluyor ki, natüralizm karşıtlarının lise seviyesindeki matematikle yaptıkları olasılık hesapları kullanılarak canlılığın başlangıcına yönelik çıkarımlar yapmamız mümkün değildir. Hatta daha karmaşık matematiksel modellerimiz bile henüz doğanın işleyişinin perde arkasını aydınlatmaya yetmiyor olabilir. Doğadaki süreçleri henüz tam olarak matematiksel biçimde ifade edemiyor olabiliriz. Bu konuda atak çıkarımlar yaparak bilimi küçük göstermek ve kendi şahsi fikirlerimizi kitlelere empoze etmeye çalışmaktansa, araştırmaların sonuçlarını bekleyip değerlendirmek en isabetli karar olacaktır. Muhtemelen doğadaki birçok karmaşık gözüken süreç, kendi kendine organizasyon adı verilen ve birçok enstitü ve araştırmacı tarafından detaylıca araştırılan bu mekanizma sayesinde basit adımlarla mümkün

olabilmektedir. Bizzat ben bile Danimarka Teknik Üniversitesi'nde yaptığım stajımda, deniz kabuklularının kabuk üretimindeki kendi kendine organizasyon ile vücudumuzdaki iyileşme mekanizmalarının kendi kendine organizasyonu gibi konularda çalışmalar yürüttüm. Sorun, şu anda bu organizasyonun matematiksel arka planını bilemiyor oluşumuzdur (bu sebeple bu araştırmalarda keşifsel yöntemler kullanmaktayız). Abiyogenez, büyük oranda kendi kendine organizasyon konusuna dayanmaktadır ve araştırmacılar azimle bu konuyu aydınlatmaya çalışmaktadırlar. Bunu başardığımızda, birçok karmaşık sistemin nasıl kendiliğinden ama doğal bir süreç içerisinde, kademeli olarak var olabildiğini anlayabileceğiz. Şimdi ana konumuza geri dönelim:

Koaservatların oluşumu sırasında, enerjinin de giderek verimli üretimi ve tüketimi sayesinde bu ön hücreler her geçen nesilde daha başarılı bir hal alabilmişlerdir. Bu enerji verimliliğindeki artış, şekerin oluşumuyla hız kazanmıştır. Şekerler, günümüzde de enerji tüketim kaynaklarının ("besin"lerin) başında gelmektedir. 1989 yılında Dr. Egon T. Degens'in yaptığı deneyler, şekerlerin de diğer tüm hayat molekülleri gibi doğal süreçlerle var olabileceğini bizlere göstermektedir. Adından sıklıkla bahsettiğim formaldehit molekülü, okyanus tabanlarının da yapısına katılan kaolin isimli alüminyum silikat yapıdaki kilin hızlandırıcı etkisi altında 100 derece sıcaklıkta, ortama katılan ve okyanusun birincil kimyasallarından olan kalsiyum fosfat ile tepkimeye girmektedir. Bu tepkime sonucunda, 2 saat gibi kısa bir süre içerisinde 5 şekerli riboz yapısının oluşabildiği görülmektedir. Bu tepkimede ilk olarak ribozun oluşumu da ilginç bir diğer durumla benzerlik göstermektedir: Riboz, RNA'nın yapısına katılan şekerdir. Dolayısıyla bu daha basit şekerin erken oluşumu, RNA'nın oluşumuna hız kazandırmıştır. Deneyin sonucunda, 24 saat kadar sonra sadece şeker değil, nükleotitlerin ve yağların da oluşabildiği gösterilmiştir. Yani bir Hayat Molekülü tipini üretmek için yapılan neredeyse her deneyde, diğer moleküller de ister istemez oluşmaktadır. Bu durum, yaşamın temel moleküllerinin birbirleriyle ilişkisi konusunda bize önemli bilgiler vermektedir.

Yaşamın Başlangıcında Tesadüf ve Seçilim Etkisi

Görülebileceği gibi doğal süreçler ve tepkimeler, canlılık için gerekli bütün yapıtaşlarını üretmek için fazlasıyla yeterlidir. Bunların çeşitli sıralarda oluşumu ve bunun sonucunda birbirleriyle etkileşimleri nedeniyle canlılığa giden yolda çok önemli adımlar atılmıştır. Peki tüm bunlar ve çok daha fazlası bir seferde mi oldu? Yani her şey, "bir kasırganın bir hurdalığa girmesi sonucu rastlantısal bir şekilde bir Boeing-747'nin oluşması" gibi ya da "rastgele dökülen boyaların Mona Lisa tablosu oluşturması" gibi ya da "şempanzelerin rastgele tuşlara basarak Hamlet'i yazması" gibi bir anda mı oluvermiştir? Asla! Evrimsel Biyoloji asla böyle bir iddiada bulunmamıştır ve bulunmayacaktır da. Doğal yollarla karmaşık moleküllerin oluşumu bir seferde gerçekleşmemiş, Dünya çapındaki milyon çarpı katrilyon (10^{21} civarında) litre su içerisindeki sayılamayacak miktardaki molekül, muhtemelen sonsuz sayıda farklı şekilde birbiriyle tepkimeye girmiş ve sayısız ürün oluşturmuştur. Oluşan yağ zırhlı koaservatların çok büyük bir kısmı bu süreçte yok olmuştur. Bunun sayısız sebebi olabilir: koaservat içindeki moleküller dengesiz olabilir, moleküllerin tepkimesi sonucu aşırı büyük yapıların oluşmasıyla koaservatlar patlamış olabilir, koaservat içi moleküller yeterince tepkimeye giremeyerek sonunda koaservatın öylece kalmasına yol açmış olabilir ve daha milyarlarca farklı durum gerçekleşmiş olabilir. Ancak sadece birkaçının başarısı bile, günümüzdeki kadar geniş çeşitlilikteki canlılığa gidecek yolu açmak için yeterlidir.

Tüm bunlar sırasında moleküler evrimin izlerini görmemiz de mümkündür. Koaservatlar arasında, etraftaki enerji kaynaklarının kullanımına yönelik başlayan mücadele, yapılarını oluşturan kimyasal bileşimlerinin bu sürece en fazla katkı sağlayan kombinasyonlarının varlıklarını sürdürebilmelerini sağlamış, diğerlerinin ise daha önce bahsettiğim fiziksel sebeplerle yok olmalarına neden olmuştur. Bu da, hızlı bir seçme-eleme dönemini başlatmış, kimyasal süreçler içerisinde var olmuş olan sonsuz sayıdaki çeşidin sadece bir kısmının sürerliğini koruyabilmesini sağlamıştır. Dolayısıyla, yüksek bir rastgelelik faktörüyle gerçekleşen kimyasal tepkimelerden, sadece ortama en uygun yapıdaki ürünleri üretebilenler varlıklarını sürdürebil-

miş ve genetik yöntemlerle bu süreçlerin temelleri gelecek nesillere aktarılabilmiştir. Yani genetik materyalin oluşumuyla desteklenen bir yapının canlılığı oluşturması düşünüldüğü kadar zor bir süreç değildir, fiziksel yasaların da katkısıyla gerçekleşebilir.

Üstelik tüm bunlar az bir zaman değil, yaklaşık 600 milyon yıl gibi aşırı uzun süreler boyunca sürmüştür. Yani Dünya'nın tarihine baktığımızda, 4.5 milyar yıl önce gerçekleşen oluşumdan sonra, 3.9-3.8 milyar yıl öncesine kadar canlılığa ait hiçbir iz görmemekteyiz. Bu uzun süreçte canlılığın ilkin adımlarının atılabilmesi için bolca bir süre bulunmaktadır. Zaten bu süreden sonra gördüğümüz ilkin bakteri benzeri yapıların izleri de, evrimsel süreçte giderek karmaşıklaşmakta, bize basitten karmaşığa doğru bir geçiş olduğunu göstermektedir.

Koaservatların oluşup, uzun vadeli sürerliliklerini sağladıktan sonra, bugün gördüğümüz çeşitliliğe doğru evrimin başladığını görürüz. Yani çok ilkin, çok basit bir başlangıçtan, çok karmaşık yaşam formlarına doğru kademeli bir değişim görürüz. İşte evrim budur! Her basamak bilimsel olarak ve doğal süreçlerle açıklanabilir, laboratuvarda bu süreçler test edilip onaylanabilir veya yanlışlanabilir. Koaservatların doğal süreçlerle oluşabileceğine dair sayısız deney bulunmaktadır ve her biri, doğal süreçlerin cansızlıktan canlılığın oluşabileceğine dair veriler vermektedir. Bu sürecin gerçekleşmemesi için hiçbir neden tespit edilememiştir.

Sonuç olarak bu kitap içerisinde karşılaştığımız **dördüncü değişim noktası** şudur: **Doğada hiçbir karmaşık yapı son haliyle, bir anda, öylece hiçlik içerisinden var olmaz! Mutlaka basit bir başlangıçtan başlanır ve evrimsel süreç içerisinde, gelecek bölümlerde göreceğimiz yöntemlerle bir eleme/seçme sonucunda karmaşık yapılara kademeli olarak ulaşılır**. Evrimsel Biyoloji'nin "yoktan var olma" gibi bir iddiası olmamasına rağmen, kendi iddiaları bu tip bir var oluş sistemi olan kimseler, Evrimsel Biyoloji'yi böyle bir iddiaya sahip olmakla itham etmektedirler. Dikkat edilecek olursa, Evrimsel Biyoloji'nin karşıtı konumundaki kimseler, canlıların yoktan, bir anda, son halleriyle var olduğunu iddia ederler. Evrimsel Biyoloji'de böyle bir anlayışa yer yoktur. Bu üzücü, komik ve sinir bozucu bir ironiden öteye gidememektedir ve bilim karşıtlarının ikiyüzlü tutumuna bir örnektir.

Spontane Jenerasyon, Biyogenez ve Abiyogenez

Bu konuda evrimsel biyolojiye yöneltilen, hâlbuki evrimle doğrudan ilişkili olmayan bir diğer eleştiri de, **spontane jenerasyon (bir anda oluverme)** konusuyla ilgilidir. Antik Yunan'dan beri insanlar bazı canlıların, cansız maddelerden bir anda var oluverdiklerini düşünmüşlerdir. İşte buna "birdenbire var olma" anlamında "spontane jenerasyon" adı verilmiştir. Bu düşüncenin savunucuları, örneğin kitap kurtçuklarının kitap sayfalarından, deniz kabuklularının kaya parçalarından, timsahların nehirlerdeki odunlardan, sıçanların kilerlerde bırakılan kirli çamaşırlardan, sineklerin et suyundan bir anda oluşuverdiğini iddia etmişlerdir. Bu fikir, neredeyse 2000 yıl boyunca canlılığın başlangıcıyla ilgili en temel açıklama olarak insanların aklında yer etmiştir. 17. yüzyılda Jan Baptist van Helmont, William Harvey ve Francesco Redi tarafından bu düşünce testlere tabi tutulmuş ve nihayetinde (tahmin edebileceğiniz gibi) tamamen yanlışlanmıştır.

İddiaya en güçlü darbelerden biri Redi'nin yaptığı et suyu deneylerinden gelmiştir. Redi, hazırladığı 3 farklı kap içerisine et koydu. İlk kabın ağzını tamamen açık bıraktı, ikincisini içerisine hava giriş çıkışı olabilecek ince bir ağ ile örttü, üçüncüsünü ise dışarıdan mühürledi ve hava iletimini tamamen kesti. Redi, ilk kapta sineklerin oluştuğunu ve bu sineklerin et üzerine yumurta bıraktığını gözledi. İkinci kabın içerisinde sinek gözlenmedi; ancak sinekler ağın üzerine üşüştüler ve buraya yumurtladılar, içeriye giremeyecek kadar büyüktüler. Mühürlü kapta ise sinek oluşumu gözlenmedi. Böylece Redi, bozulmuş et parçasının sinek oluşumuyla hiçbir ilgisi olmadığını, sineklerin oluşabilmesi için dişilerin et üzerine yumurtlaması gerektiğini göstermiş oldu. Redi, bu bulgularını *Böceklerin Oluşumuna Yönelik Deneyler (Esperienze intorno alla generazione degl' Insetti)* başlıklı eserinde *omne vivum ex vivo*, yani "her canlı, canlıdan gelir" diyerek özetledi. Böylelikle **biyogenez** (canlılığın canlılıktan gelmesi) fikrini sağlam temellere oturtan ilk kişi oldu. Ayrıca bu deney, yapılan ilk kontrollü deneylerden biri olarak bilim tarihine de geçti.

Bu deneyden sonra canlıların bir anda cansızlıktan var olamayacağı neredeyse kesin olarak gösterilmişti ve bu düşüncenin savu-

nucuları uzun bir süre ses çıkaramadılar. Ancak sonradan, Redi'nin kaplarına oksijen girmediği, dolayısıyla canlılığın oluşamadığı, bu sebeple deneyin hatalı olduğu iddia edildi ve spontane jenerasyon fikri yeniden hortladı. 18. yüzyılda Pier Antonio Micheli, John Needham ve Lazzaro Spallanzani tarafından, 19. yüzyılda ise Charles Cagniard de la Tour, Theodor Schwann ve Louis Pasteur tarafından bu konu yeniden ele alındı. Tartışmalara son noktayı koyan, Pasteur'ün deneyleri oldu. Pasteur, yaptığı deneyde Redi'nin kaplarına oksijenin de girebilmesini sağladı ve yine aynı sonuçları elde etti: canlılığın cansızlıktan bir anda başlaması mümkün değildi. Günümüzde canlıların var olabilmesi için, ebeveynler veya önceki canlılar gerekiyordu.

Peki, modern dünyamızdaki abiyogenez karşıtlarının iddiaları doğrultusunda, bu deneyler canlılığın cansızlıktan evrimleşmiş olduğu fikrini çürütmekte midir? Azıcık dikkatli olan biri, şimdi sıralayacağım şu üç önemli noktayı görecek ve bu iddiaların neden asılsız olduğunu anlayacaktır:

İlk olarak, Redi ve Pasteur'ün deneyleri, Miller-Urey Deneyi gibi deneylerden yüzlerce yıl önce yapılmıştır. Stanley Miller ve Harold Urey gibi alanında uzman ve çığır açmış bilim insanları, önceden yapılan bu kadar meşhur bir deneyin sonuçlarıyla çeliştikleri zaman bunu fark edebilecek kadar konularına hâkimdirler. Miller-Urey Deneyi'ne ve tekrarlarına, spontane jenerasyon ile ilgili deneyleri göstererek karşı çıkmak, biyokimyagerlere ve alanlarında yaptıkları çalışmalara açık bir aşağılama olacaktır; buna cüret etmeden önce çok dikkat etmek, iddialarımızı tam olarak algıladığımızdan, konuya yeterince hâkim olduğumuzdan emin olmak gerekir. İkincisi, Redi ve Pasteur gibi araştırmacıların yaptıkları deneyler, **karmaşık yapılı** canlıların cansızlardan **bir anda** var olabilmesiyle ilgilidir. Miller-Urey Deneyi gibi deneylerse, canlılığın cansızlıktan başlamasından ziyade, canlılığı oluşturacak yapıtaşlarının inorganik moleküllerden evrimiyle ilgilidir. Yani konular birbirinden farklıdır. Üçüncüsü ve en önemlisi, Redi ve Pasteur'ün deneyleri, günümüzde var olan canlılarla ilgilidir, yaşamın başlangıcı ile ilgili değil. Karmaşık yapıların sınır koşulları ile ilgili deneyler, birbirleriyle aynı prosedürleri takip etmeyebilir ve aynı sonuçları vermeyebilir. Örneğin içinde yaşadığımız ev-

ren dâhilinde sayısız yapıyı ve süreci Newton Mekaniği ile açıklayabilmekteyiz. Ancak evrenin başlangıcına gittiğimizde, kullanmamız gereken fizik ve genel olarak yaklaşımlarımız tamamen değişmek durumundadır (Kuantum Mekaniği işin içine girmektedir). Benzer bir şekilde, günümüz soy hatları dâhilinde her zaman atasal bireylerin torun bireyleri doğurduğu, yani canlıların canlılardan geldiği söylenebilir, bunda bir sakınca yoktur. Ancak sınır koşullara gidip, başlangıcı incelediğinizde bu durum değişebilir ve değişmektedir de... İlkel formlarıyla canlılık, en başta cansızlıktan oluşmuş, sonrasında diğer tüm canlılar, bu ilk canlılıktan evrimleşmiştir.

İşte abiyogenez ile ilgili olarak konunun kısa özeti budur. Yani spontane jenerasyonu çürüten deneylerin modern Abiyogenez Kuramı ile bir alakası bulunmamaktadır. Eğer bir alakası varsa da, bu deneylerin, bu kuramı güçlendirmiş araştırmalar olduğu söylenebilir. Spontane jenerasyonu çürüten deneyler, canlılığın hiçbir zaman cansızlıktan evrimleşmediğini iddia etmez; karmaşık canlıların bir anda var olamayacağını gösterir. Dolayısıyla bu argümanı Abiyogenez Kuramı'na karşı ileri süren kişilerin, aslında kendi savunularını çürüten bir iddiada bulunup bulunmadıklarını düşünmelerini tavsiye ederim. Bu noktada, beşinci değişim noktasına ulaşmış bulunmaktayız: **Canlılığın başlangıcına kadar izleyeceğimiz soy hatlarında her zaman canlılık, kendisinden önceki canlılardan oluşmaktadır. Ancak canlılığın başlangıcına ulaştığımızda, cansızlık içerisinden evrimleşmiş olduğu görülecektir.**

Termodinamik Yasaları: Evrimle Çelişiyor mu?

Abiyogenez konusunu evrimsel biyolojiye bağlamanın en kolay ve bilgilendirici yollarından bir tanesi, fiziğin kalbinde yatan konulardan biri olan termodinamik yasalarını (*doğa gerçeklerini*) sunmaktan ve anlamaktan geçer. Evrimsel biyoloji ile ilgili bugüne kadar en bilgisizce ve temelsiz olarak ileri sürülen iddialardan bir tanesi, Termodinamiğin İkinci Yasası'nın evrim ile çelişiyor olduğu, dolayısıyla ev-

rimin gerçek olamayacağı iddiasıdır. Burada yeri gelmişken bunlara değinmenin ufuk açıcı olacağı kanısındayım.

Termodinamik çok geniştir ve başlı başına bir bilim dalı olarak görülebilir. Basitçe, isminden de anlaşılabileceği gibi, "ısının dinamiklerini" inceleyen bilim dalıdır. Hem fizik bilimi dâhilinde, hem de uygulamalı bilimler (özellikle makine mühendisliği) dâhilinde çok derince çalışılan ve çok kapsamlı olarak kullanılan bir konudur. Genellikle ısı transferi ve kullanılabilir enerji gibi konularda çok ciddi öneme sahiptir Ancak bunun haricinde, cisimlerin doğal dinamiklerini anlamak gibi genel konularda ve evrenin genişlemesi gibi kozmolojik çalışma konuları açısından çok büyük öneme sahiptir.

Termodinamiğin evrimle çelişiyor olduğu iddiasının ardındaki bilgisizlik, evrimsel biyoloji ile ilgili bilgisizlikten ziyade, termodinamik yasaları ile ilgili bilgisizlikten ileri gelmektedir. Dolayısıyla, bu konuyu anlayabilmek için öncelikle termodinamik yasalarının neler söylediği incelenmelidir.

Termodinamiğin temel olarak 4 ana yasası vardır: Sıfırıncı Yasa, Birinci Yasa, İkinci Yasa ve Üçüncü Yasa. Kısaca ne olduklarına bakacak olursak:

Termodinamiğin Sıfırıncı Yasası, temel olarak şunu söyler: Eğer A ve B cisimleri termal olarak dengedeyse (aralarında ısı alışverişi yoksa, dolayısıyla sıcaklıkları eşitse) ve eğer sıcaklığını bilmediğimiz bir C maddesini, önce A'ya, sonra B'ye (veya tam tersi) değdirdiğimizde, bu 3 cisim arasında da ısı transferi olmuyorsa, C'nin sıcaklığı da A ve B ile aynıdır. Bu ilk etapta kulağa anlaşılmaz gelse de, dikkatli okunduğunda ne demek istediği çok kolaylıkla anlaşılacaktır. Çok basit bir tabirle, arasında ısı transferi olmayan cisimlerin sıcaklıklarının birbiriyle aynı olduğunu söyler. Bu yasanın adının bu şekilde olmasının sebebi, birinci ve ikinci yasadan sonra ileri sürülmesidir. Ancak bilim literatürüne son derece yer etmiş olan 1. ve 2. yasaların sayılarını kaydırmak istemedikleri için, en başa koyarak Sıfırıncı Yasa adını vermişlerdir. Bu yasa, kulağa çok basit geliyor olsa da, bilimin tarihsel gelişimi içerisinde **sıcaklık** kavramının ve **termodinamik denge**nin ne olduğunun ifade edilmesi ve anlaşılabilmesi açısından önemlidir.

Aslında sıcaklığın tam olarak ne olduğu tartışması, oldukça derin ve ilgi çekici bir konudur. Ancak uzatmamak adına şimdilik bu konuyu burada bırakacağım; fakat dilerseniz sıcaklığın ne olduğunu tanımlamaya çalışarak hoş ve zorlayıcı düşünceler âlemine dalabilirsiniz. Bu âlemden sıyrılmayı başaranlar ile birlikte, yola devam edelim:

Termodinamiğin Birinci Yasası, özünde şu basit gerçeği ortaya koyar: ısı, bir enerji formudur. Dolayısıyla, tüm diğer enerji korunumlarında olduğu gibi, ısının da transferinde bir korunum söz konusudur. Bu sebeple, termodinamik bir sistemin iki denge durumu arasındaki iç enerji farkı (yani *değişim*), sisteme giren ısı ile sistemin yaptığı iş arasındaki farka eşit olmalıdır. Bunun dayandığı temel prensipse enerjinin korunumudur: bir cismin ısıl dengede olabilmesi için, o sisteme giren ve çıkan ısı enerjisi birbirine eşit olmak zorundadır; aksi takdirde denge sağlanamaz. Bu yasayı birçok farklı şekilde de ele almak mümkündür. Daha fazla teknik detaya girerek konuyu boğmak istemiyorum, sadece ne olduğunu bilmeniz için burada bırakacağım.

Evrimden anlamayan insanların buraya kadar pek sıkıntısı yoktur, çünkü zaten birçoğu, Termodinamiğin İkinci Yasası haricindeki yasaları tanımlayamaz ve bu konulardan bihaberdir. Çoğunlukla, bilimi çarpıtma amacıyla kurulmuş ve bundan prim elde etmeye çalışan yabancı grupların hazırladıkları materyallerin ezberlenmesiyle süregelen bu "termodinamikle çelişki argümanı", bunu savunan kişilerin şahsi bilgi ve eğitim düzeyinden oldukça bağımsızdır. Termodinamiğin İkinci Yasası'nın evrimle çeliştiğini söyleyen ve bunu ballandıra ballandıra anlatan insanlara, Sıfırıncı veya Birinci yasayı sorduğunuzda veya genel olarak termodinamiğin ne olduğunu sorduğunuzda, muhtemelen herhangi dişe dokunur bir açıklama yapamayacaklardır. Çünkü amaç bilimsel bir argüman geliştirmekten ziyade, evrime kör bir şekilde saldırma merakı ve bundan prim elde etme çabasıdır. Yine de, siz okurlarımızın tam bir kavrayışa erişmesini istediğim için, ilk 2 yasayı da vermek ve izah etmek istedim. Şimdi, güya evrim ile sorunu olduğu iddia edilen ikinci yasaya bir bakalım:

Termodinamiğin İkinci Yasası şunu söyler: Isı, asla daha soğuk ve düşük enerjili bir bölgeden, daha sıcak yani yüksek enerjili bir

bölgeye akamaz. Yani enerji, dışarıdan bir etki olmaksızın, her zaman yüksek enerjiden düşük enerjiye doğru akarlar. Burada kafanız karışmış olabilir. Birçoğunuzun aklından şunun geçtiğine eminim: "*İyi de bunun abiyogenez veya evrim ile ne alakası var?*" Hemen izah edeceğim; ancak konu bütünlüğü açısından üçüncü yasaya da değineyim kısaca:

Termodinamiğin Üçüncü Yasası, sıcaklık ile entropi (düzensizlik) ilişkisi üzerinedir ve şunu söyler: Bir sistemin sıcaklığı, mutlak sıfır sıcaklığına (-273 Santigrat derece veya 0 Kelvin) yaklaştıkça, sistemdeki tüm işlemler ve süreçler yavaşlar ve sonunda durur. Bu noktada entropi, sabit bir sayıya ulaşır ve değişmez. Bunun sebebi, mutlak sıfır noktasında artık iş üretebilecek hiçbir iç enerjinin kalmıyor oluşudur. Bir diğer tanımı ise, mutlak sıfır sıcaklığında kusursuz bir kristal yapının entropisinin sıfır olacağı şeklindedir. Bu tanımlar ve yasa şu anda konumuzla ilgili olmadığından, sadece kenarda dursun. Hemen ikinci yasaya dönerek konunun abiyogenez ve evrimle ilgisini irdeleyelim:

İkinci yasanın aslen ifade edilişi az önce açıkladığım gibidir. Ancak sonradan, aynı konunun farklı ifadeleri ve izahatı da gelişmiştir. Bunların başlıca olanı ise şu şekildedir: "*Hiçbir enerji akışı, düşük enerji konumundan yüksek enerji konumuna olamaz.*" Şimdi evrimle belki biraz daha ilişkilendirdiniz, ancak halen alakasız geliyor olabilir. Biraz daha ilişkilendirmek adına yeni bir tanım yapmadan önce, enerji ile düzen arasındaki ilişki öğrenilmelidir. Genellikle, karmaşık ve düzensiz sistemlerin enerjisi, organize ve düzenli sistemlerin enerjisine göre daha düşüktür. Yani düzensizlikten düzenin var olabilmesi için sisteme enerji transferi gerekmektedir. Bu durumda, ikinci yasayı şu şekilde ifade edebiliriz: "*Hiçbir enerji akışı, düzensizlikten düzene doğru olamaz*" veya "*Dışarıdan enerji almayan bütün sistemler, evrenin yapısı gereği düzensizliğe doğru gitmeye mahkûmdur*" veya "*Yapılar, her zaman düzenli bir halden, düzensiz bir hale doğru ilerler.*" İfade biçimi değiştikçe, orijinalden daha kapsamlı ve orijinal konudan daha bağımsız gibi gelen ifadelere ulaşmaktayız. Ancak aynı zamanda, yasanın özünden uzaklaştıkça, evrim ve abiyogenez ile alaka-

sı da ortaya çıkmaya başlamaktadır. Kısaca iddia şudur: "*Abiyogenez, düzensiz moleküllerin bir araya gelerek sistematik ve düzenli canlıların ortaya çıktığını söyler. Bu, ikinci yasa ile çelişmektedir.*" Bunun evrime uyarlanmış versiyonu da şöyledir: "*Eğer ki sistemler her zaman düzensizliğe doğru gidiyorsa, nasıl olur da evrimsel süreçler sonucunda, düzensiz ve daha basit yapılı canlılardan, düzenli ve daha karmaşık yapılı canlılar oluşur?*" Bu noktada, argümanın mantıklı olduğunu düşünmeye başlamış olabilirsiniz; eğer ki termodinamiğe ve enerji konusuna hâkim değilseniz. Şimdi, adım adım ilerleyerek konuyu irdeleyelim ve argümanın ne kadar bilgisizce inşa edildiğini görelim.

İlk olarak, ikinci yasanın en net örneklerinden birine bakalım: bir bardak, üzerine uygulanacak ufacık bir kuvvetle bile, bir masanın üzerinden düşebilir ve yüzlerce parçaya bölünebilir. Yani düzenli bir halden, düzensiz bir hale geçebilir. Ancak parçalanmış bir bardak, hiçbir zaman, ufak bir kuvvetle (ve hatta büyük bir kuvvetle bile), parçalanmış halden masanın üzerine çıkarak bir araya gelemez ve bütün bir bardağı oluşturamaz. İşte burada, entropi (düzensizlik) devreye girmektedir. Sistemler, genel olarak düzensizliklerini arttırmaya meyillidirler. Yani ne olursa olsun, yeterli zaman tanındığında, cisimlerin düzensizliği artacaktır, artmaya mahkûmdur. İşte bu sebeple, şu anda etrafımızda gördüğümüz her sistem ve yapı, yeterli süre geçtikten sonra kaçınılmaz olarak maksimum düzensizliğe doğru bozunacak ve dağılacaktır.

Eğer ki varlıkların düzensizliği artmaya mahkûmsa, nasıl olur da evrim ile daha düzenli yapılar oluşur? Hatta bunu bir adım öteye götürerek şu da sorulabilir: eğer evrenin düzensizliği artmak zorundaysa, nasıl olur da sistemler, galaksiler, yıldız kümeleri gibi düzenli yapılar var olabilir? İşte bu noktada devreye, bu yasaların geçerli olduğu veya genellenmesinden önce anlaşılması gereken 2 sistem türü girmektedir: **Kapalı sistemler** ve **açık sistemler**.

Kapalı sistemler, en basit tanımıyla, dışarısı ile kütle alışverişi yapamayan; ancak iş ve enerji alışverişi yapabilen sistemlerdir. Örneğin ağzı mühürlenmiş bir kabın içi kapalı bir sistemi teşkil eder. Bu kabın içerisine, ağzı mühürlü olduğu için kütle giremez veya dışarıya kütle

çıkamaz. Ancak bu sisteme ısı enerjisi girebilir. Çoğunlukla kapalı sistemler, belli tür enerji transferlerinin sistem üzerindeki etkisini incelemek için kullanılır. Eğer ki elinizde kapalı bir sistem varsa, yukarıda saydığımız yasaların ele alınışı ve sistemdeki değişimleri incelemek için yapılacak hesaplamalar kendine hastır ve şimdi izah edeceğim açık sistemlerden farklıdır.

Açık sistemlerde ise, dışarıdan iş, enerji ve kütle girişi ve sistem dışarısına iş, enerji ve kütle kaybı olur. Bu noktada, ilginç bir örnek olarak Dünya ele alınabilir. Aslında birçok basit analiz için Dünya bir *kapalı sistem* olarak ele alınır. Çünkü birçok pratik hesaplama için, gezegenimizin o hesaplama/analiz boyunca uzaydan aldığı ve uzaya verdiği kütle göz ardı edilebilir düzeydedir. Ayrıca gezegenimize evrenden ve özellikle Güneş'ten sürekli bir enerji girişi söz konusudur. Üstelik gezegenimiz de sürekli dışarıya enerji verir. Enerji akışı varken, kütle transferinin olmadığı varsayılırsa, Dünya'nın bir kapalı sistem olduğu söylenebilir. Ancak bir bütün olarak, yani bir gök cismi olarak gezegenimizi inceleyecek olursak, tartışma götürmez şekilde bir *açık sistem* olduğu görülecektir. Gezegenimize sıklıkla çeşitli büyüklüklerde meteorlar düşer, hatta yüz milyonlarca yıllık zaman dilimleri ele alınacak olursa, çok ciddi bir kütle girişi olduğu görülecektir. Üstelik gezegenimizden uzaya, atmosferin dış katmanlarından sürekli bir gaz kaçışı da söz konusudur. Bu kütle alışverişinin miktarı konusunda çok sayıda hesaplama olsa da, birçok bilim insanı gezegenimize yılda 40.000-60.000 ton civarında kütle girişi olduğunda hemfikir gibi. Ayrıca gezegenimiz kütle de kaybediyor: hesaplamalara göre her saniye uzaya 3 kilogram hidrojen gazı salınmaktadır; bu da yılda yaklaşık 95.000 ton kütle kaybına eşittir. Bu sayıların tam değerleri çok önemli değildir; hem günümüzde, hem de özellikle Dünya'nın ve Güneş Sistemi'nin ilk dönemlerinde, bu bölümün başlarında da anlattığım gibi yoğun bir kütle transferi söz konusudur. Dolayısıyla Dünya geniş bir ölçekten bakılacaksa mutlaka bir açık sistem olarak değerlendirilmelidir; hele ki ilkin ve kaotik başlangıç koşullarında...

Dünya'nın açık veya kapalı sistem olma konusunda bilim insanlarının dikkate aldığı farklı tutumları, ilk bölümde ele aldığım ve bir teorinin ölçek/kapsam etmeni olarak tanımladığım duruma benzetebilirsiniz. Bilimde, kolaylıklar sağlaması açısından, yapılan araştırmanın kapsamına göre belli varsayımlarda bulunulabilir. Örneğin son 10 yıllık zaman dilimindeki bazı çevre dengesi değişimlerini incelemek için Dünya bir kapalı sistem olarak değerlendirilebilir. Bu varsayıma göre hesaplar belli oranlarda basitleşecektir. Böylece birçok yorucu ve boşu boşuna hesapları karmaşık hale getiren ek yükten kurtulmuş oluruz. Fakat eğer ki gerçeğe en yakın analizi yapmak istiyorsak, varsayımlarımızı da olabildiğince azaltmalıyız. Son 500 milyon yıldaki gezegenimizin çeşitli dengelerini analiz edeceksek kapalı sistem varsayımı geçersiz olacaktır. Gezegenin ilk 1 milyar yılı içerisindeki canlılık sistemlerinin analizini yaparken de kapalı sistem varsayımını yapamayız. Sonuç olarak gezegenimiz ve canlılık ile ilgili şu söylenebilir: canlılık, açık bir sistem içerisinde var olmaktadır. Üstelik canlıların kendileri veya koaservat gibi başlangıç yapılarını *kapalı sistem* olarak kabul etmemiz imkânsızdır. Bu canlılar, bariz bir şekilde etraflarıyla kütle, ısı ve enerji alışverişi yapmaktadırlar. Dolayısıyla canlılığın başlangıcı her açıdan bir *açık sistem* olarak ele alınmalıdır.

Bu neden bu kadar önemlidir ve neden bu kadar üzerinde durdum? Çünkü canlılığın doğal süreçlerle oluşamayacağına yönelik argümanlar geliştiren ve çıkarımlar yapan insanlar hep aşırı basitleştirilmiş modeller, abartılı ve gerçek dışı varsayımlar üzerine iddialarını kurmaktadırlar. Bu basitleştirilmiş yaklaşımlar, zaten karmaşık olan sistemin değerlendirilmesini iyice olanaksız kılmaktadır. Canlılıkla ilgili bir analizi ne kadar karmaşıklaştırırsak, o kadar gerçeğe yakın sonuçlar elde ettiğimiz bilinmektedir. Örneğin Güney Danimarka Üniversitesi Fizik, Kimya ve Eczacılık Enstitüsü'nden Dr. Martin Hanczyc, canlılık ile cansızlık arasında hiçbir bariz farkın olmadığını anlattığı TED Konferansı (Teknoloji, Eğlence, Dizayn) konuşmasında, laboratuvar koşullarında canlılığın yeniden yaratılması konusunda yaptıkları çalışmalardan bahsetmektedir. Konuşmasına göre, mo-

dern canlıların hücrelerinde ortalama olarak 1 milyon farklı tip molekül görev almaktadır. Kendilerinin yaptıkları deneyde ise sadece 10 farklı molekül kullanmakta ve canlı benzeri yapıları doğal süreçlerin etkisi altında yaratmaya çalışmaktadırlar. Bu 10 moleküle bile, canlı benzeri yapıların laboratuvar koşullarında elde edilebileceği gösterilmiştir. Hanczyc konuşmasında, bu molekül sayısı ne kadar artırılırsa, canlılığa o kadar yakın sonuçların elde edilebileceğini belirtmektedir (tabii bu, başarıya ulaşılması için gereken süreyi de arttırmaktadır).

10 tane moleküle canlılığı modellemek, gerçek abiyogenez sürecinde var olan yüz binlerce molekülün var ettiği canlılıktan ve niteliklerinden elbette oldukça uzak olacaktır; ancak bunun mümkün olduğunu göstermek yolunda önemli bir adımdır. Aynı şekilde, açık bir sistemi, daha basit olduğu için kapalı bir sistem olarak modellemek de hatalı sonuçlar verecektir. Kapalı sistemler ile açık sistemler arasındaki fiziksel fark, fiziksel formüller incelendiğinde daha net olarak görülebilir. Fakat konuyu dağıtmamak ve çok karmaşıklaştırmamak adına, sadece bu farkın varlığından bahsedip devam edeceğim. Bilinmesi gereken, canlılığın oluşumundaki hem yerel, hem gezegensel koşulların, günümüzde abiyogenez karşıtlarının lanse etmeye çalıştığından daha farklı ve karmaşık olduğudur. Canlılığın açık bir sistem olması sayesinde, dışarıdan yoğun bir enerji ve kütle akışı söz konusudur. Bu sayede, enerji sarf edebilecek ve entropi artışına karşı koyabilecek mekanizmalar oluşabilmiştir. Bu mekanizmalar sayesinde canlılığın cansızlıktan evrimi mümkün olmuştur.

Bahsettiğim gibi, ikinci yasanın evrimle çeliştiği argümanının çıkış noktası, ikinci yasanın şu şekilde yorumlanmasından kaynaklanmaktadır: "*Kapalı bir sistemin entropisi (düzensizliği) asla azalamaz; her zaman artmak zorundadır.*" Bu iddianın temelini anlamak için, entropinin sadece düzensizlik olarak düşünülmemesi gerektiğinin de anlaşılması şarttır. Entropi, sıcaklık, ısı transferi ve enerji söz konusu olduğunda bir tür "kullanılamaz enerji" anlamına da gelmektedir (entropiyle sıcaklığın çarpımı, sistemdeki kullanılamaz enerjiyi verir). Yani sistemler varlıklarını sürdürdükleri müddetçe, kullanılamaz halde olan enerjileri artar; çünkü entropileri giderek artar. Bu ol-

dukça mantıklıdır da. Tıpkı kullanılan bir yakıtın zamanla tükenmesi gibi, sistemlerin enerjisi de zamanla azalmaktadır.

Bu argümanın en temel hatası, yaşamın kapalı bir sistem olarak yorumlanamayacak olmasıdır. Yaşamın başlangıcı sürecinde hem Güneş'ten gelen yoğun enerji, hem de sürekli gezegene dâhil olan yeni kütle (meteorlar ve kuyrukluyıldızlar) sebebiyle gezegen bir açık sistem olarak ele alınmalıdır. Benzer bir şekilde canlı sistemler de birer açık sistemdir. Bunun en basit göstergesi şudur: bir bitki tohumu içerisindeki kullanılabilir enerji miktarı, o tohumdan gelişen bitkideki kullanılabilir enerji miktarına göre çok daha düşüktür. Yani bitki, tohumundan büyüdükçe, kullanılabilir enerji miktarı da giderek artar. Bu durumda, domateslerin varlığı Termodinamiğin İkinci Yasası ile çelişmekte midir? Elbette hayır. Çünkü bir canlı türü, açık bir sistemdir ve etraftan enerji alarak düzensizlik artışına geçici olarak karşı koyabilir. Ancak burada anahtar kelime, *geçici* sözcüğüdür. Evrenin dokusundan ötürü, etrafımızdaki tüm varlık ve sistemler geçicidir. Bunların bazılarının düzensizliklerini, geçici olarak, dışarıdan enerji uygulayarak azaltmak mümkündür (zaten bunu yapan varlıklara "canlı" demekteyiz). Ancak nihayetinde, yeterince zaman geçtikten sonra, evrenin bütünüyle birlikte düzensizliğe mahkûm olacaklardır, ikinci yasanın söylediği budur.

Enerji kullanımının entropiye nasıl karşı gelebildiğini şöyle anlayabilirsiniz: masanın üzerinden yere düşen bardağı hatırlayınız. Hiçbir parçalanmış bardağın, yerdeki parçalarının birleşerek bütün haline dönüşmeyeceğini biliriz. Çünkü bunu sağlayabilecek doğal bir kuvvet yoktur. Ancak örneğin bir insan, gerekli enerjiyi bardak parçalarına vererek (yani iş yaparak), parçalanmış bir bardağı birleştirip, eski haline yakın bir forma döndürebilir. Benzer bir şekilde, kırılmış bardak parçalarını eritip yeniden, birebir aynı bardağı elde edebiliriz. Kısaca enerji sarf edilerek entropiye karşı gelinebilmektedir. Ancak tüm bu dönüşümlerdeki kritik nokta, bardağın bu durumda kapalı bir sistem olmaması, dışarıdan iş, enerji ve kütle alabiliyor olmasıdır. Doğaya baktığımızda, biyokimyasal moleküller, etraflarında bulunan ve sürekli olarak etkileştikleri kütleler ve enerji sayesinde daha kar-

maşık yapılara erişebilirler; bunu sağlayabilen sayısız kuvvet ve tepkime bulunur. İşte tam olarak bu sebeple entropiye enerji sarf ederek karşı koyabilen (ve bir yapısal organizasyon ile bu enerjiyi üretmesini sağlayan iç aktiviteye sahip olan) varlık formları "canlı" olarak isimlendirilirler. Üstelik canlılık, düzensizlikten doğal kuvvetler altında düzenin oluştuğunu gördüğümüz tek örnek değildir. Doğada, tıpkı galaksiler ve sistemler gibi, düzensizlikten düzenin oluştuğu birçok doğal süreç vardır: kar taneleri, kum tepeleri, hortumlar, sarkıt ve dikitler, kademeli nehir yatakları, yıldırımlar ve daha nicesi, kaotik ve düzensiz yapıların, düzenli yapılara dönüşümü ile oluşmaktadır. Bunların var olabilmesinin tek nedeni, entropi artışı sırasında, enerji akışı ve fiziksel etkileşimler sonucunda yerel düzenliliğin oluşabiliyor olmasıdır.

Bu noktada, evrimin aslında ikinci yasa ile ne kadar uyumlu olduğunu bir örnekle görebiliriz: evrim, hiçbir zaman bir anda devasa değişimleri öngörmez, böyle bir değişimin var olamayacağını söyler. Örneğin iki bacaklı bir canlı, bir anda dört bacaklı bir canlıya dönüşmez. Bir dinozor, bir anda kanatlar oluşturarak uçmaya başlamaz. Yani düzenlilik bir anda var oluveremez. Evrim, devasa yapıdaki canlıların içerisindeki ufacık atomlardan oluşan moleküllerdeki ufacık değişimlerin, nesiller içerisinde ufak ufak birikimiyle olur. Bunun hiçbir noktasında, düzensizliği ciddi bir biçimde etkileyecek bir sıçrama yoktur. Evrim, popülasyon içerisindeki genlerin dağılım sıklıklarındaki değişimdir. Evrimi, düzensiz yapıların düzenli yapılara dönüşümü olarak tanımlamak, oldukça indirgeyici ve gerçek dışı bir tanım olacaktır. Evrimde illa daha karmaşık yapıların evrimleşmesi şart değildir. Önemli olan, var olan varyasyonların, var olan çevre koşullarına göre hayatta kalması veya elenmesi, böylece kendini tanımlayan genleri daha fazla aktarması veya aktaramamasıdır. Tüm bunlara ilerleyen bölümlerde detaylı bir şekilde döneceğim.

Bir diğer önemli yorum ise, kapalı sistemlerde bile zaman zaman yerel (lokal) bazı bölgelerde, daha düşük entropili sistemlerin var olabileceğidir. Yani bir sistemin boyutu ve karmaşıklığı da önemlidir. Büyük ve karmaşık bir sistem içerisindeki yerel noktalar, sistemin

geneline göre daha düzenli olabilirler. Örneğin evrenin galaksilerin bulunduğu bazı noktaları, geneline göre daha düzenli olabilir. Ancak bir bütün olarak sistem, düzensizliğe doğru ilerlemektedir.

Termodinamiğin İkinci Yasası'nın abiyogenezle çelişmek bir yana dursun, aralarındaki güçlü uyumluluk şöyle anlaşılabilir: Buraya kadar olan kısımdan öğrendiğimiz üzere, canlılığı zaten "canlı" yapan özellik, kendi düzensizliğini aktif olarak azaltma çabasıdır. Bunu yapmanın tek yolu beslenmedir (dolayısıyla enerji üretimi ve tüketimidir) ve tüm canlılar, öyle veya böyle, etraflarından besin ve enerji almak zorundadırlar. Aksi takdirde, düzensizliğe yenik düşer ve ölürler. Zaten tam olarak bu sebeple, ölmüş canlıların bedenleri bozunur ve ayrışır. Benzer şekilde, zaten bu sebeple enerji almayan canlılar ölürler. Ölü bir birey artık aktif olarak enerji tüketemediği için, yapısal bütünlüğünü ve düzenini koruyamaz. İç aktivitesi sonlanmıştır, canlılık niteliği yitirilmiştir. Bahsettiğimiz geçici düzenlilik halini yitirmiş, zamanının sonuna ulaşmıştır. Canlılar, aslında Termodinamiğin İkinci Yasası'nı ihlal edemezler ve etmemektedirler de: çünkü canlılar, etraflarını zaten sürekli düzensiz hale getirerek, kendi düzenlerini korumaktadırlar. Bir düşünelim: Bir aslanın avlanması ve sonunda, düzenli haldeki avını parçalaması, bir bakterinin etraftaki düzenli şeker moleküllerini parçalayarak (düzensiz hale getirerek) kendi düzenini koruması, hücrelerimizin enerjiyi benzer bir şekilde etrafındaki düzensizliği arttırarak üretmesi bunun birkaç örneğidir. Kısaca canlılar, "ölüm" adını verdiğimiz "çevre ile mutlak denge haline ulaşma" konumuna düşmemek için, sürekli olarak çevrelerinde düzensizlik ve dengesizlik yaratmaktadırlar. Bu, genellikle hücresel ve moleküler ölçektedir; ancak toplam etkisi kayda değer büyüklüktedir. Bu dengesizlik sayesinde, ömürleri boyunca düzenlerini geçici olarak koruyabilirler. Bu süreçte de üreyerek, varlıklarını genetik bir biçimde sürdürülebilir kılmayı hedeflerler.

Uzun lafın kısası, termodinamiğin herhangi bir yasası ne evrimle çelişir ne de abiyogenezle... Bilimin bu farklı dalları arasında tam bir uyum bulunmaktadır. Zaten bu sahalar bu yüzden günümüzün en güçlü bilimsel araştırma sahaları arasında yer almaktadır. Bu kısmı

bitirirken, 1965 yılında enzim ve virüs sentezinin genetik kontrolüyle ilgili çalışmasından ötürü Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü'ne layık görülen Jacques Monod'un sözlerine kulak verelim:

"*Biyosferimiz içerisindeki evrim, zaman içerisinde bir yön belirleyen, tersinmez bir süreçtir. Bu zaman yönü, entropi artışı yasası, yani Termodinamiğin İkinci Yasası'nın gösterdiği ile aynı yöndür. Bu, sıradan bir kıyaslamadan çok daha ötedir: ikinci yasa, evrimin tersinmezliği ile birebir aynı gözlemler üzerine kuruludur. Aslında, evrimin tersinmezliğini, biyosfer içerisindeki Termodinamiğin İkinci Yasası'nın bir ifadesi olarak görmemiz gerekir*."

Sonuç

Bana kalırsa doğada her şeyin bilimsel bir açıklaması vardır. Henüz keşfedilmemiş olabilir, çok karmaşık gibi görünebilir ama öyle ya da böyle, her şeyin somut bir açıklaması yapılabilecektir. Görülebileceği gibi kimi kavramlar, birçok farklı bilim dalının ortak çalışması sonucunda analiz edilebilmektedir ve tek boyutlu olarak ele alınamazlar. Bu bölümde size çok kısa bir şekilde canlılığın nasıl cansızlıktan başlamış olabileceğini, Abiyogenez Kuramı'na dayanarak, adım adım açıkladım. Bunun binlerce detayı, anlatılanların mümkün olduğunu gösteren yüzlerce deney, on binlerce biyokimyasal tepkime ve çok daha fazlası da bulunmaktadır; fakat burada hepsine değinmemin bir yolu ve anlamı ne yazık ki yok; çünkü bu hem asıl konumun da dışına çıkmamı gerektirir, hem de kitabımı bir biyokimya ders kitabına çevirir. İlgilenenler, kitabımın sonundaki geniş kaynaklar ve ileri okumalar kısmına göz atabilir ve konuyla ilgili bilimsel kaynaklara erişebilirler. Ancak bu kitap içerisinde, sizde uyandırmak istediğim fikir, bunların detaylarını öğrenme merakının önemidir. Okurlarım, meraklarını gidermek için sorgulamaya ve araştırmaya başladıkları anda canlılığın nasıl cansızlığın bir formu, biçimi olduğunu görecek, evrimsel süreçlerin canlılığın ilkin oluşumuna da uygulanabileceğini anlayacaklardır.

Unutmamak gerekir ki canlılığın başlangıcı esasen Evrim Biyolojisi'nin konusu değil, Abiyogenez Kuramı'nın konusudur. Ancak Evrimsel Biyoloji'nin temel bilimleri birleştirici yapısı nedeniyle ister istemez bu alanlarda da evrimi, moleküler düzeyde düşünmemiz gerekmektedir. Zaten yapılan deneyler (bkz: Miller-Urey Deneyi, Fox Deneyleri ve yüzlerce diğer deney) canlılığın yapıtaşlarının cansızlıktan evrimleşerek oluşacağını göstermekte, üstelik kimyasalların çeşitli şekillerde bir araya getirilmesinin, canlılık benzeri yapıları oluşturabileceğini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Evet, henüz laboratuvar koşullarında sıfırdan, tüm yapıtaşları bir araya getirilerek bir canlı var edilememiştir; ancak bu demek değildir ki canlılık doğada kendiliğinden başlamış olamaz veya gelecekte bunu başaramayacağız. Bu bölümde verdiğim örneklerden de (özellikle de Craig Venter'in yaptığı çalışmalardan) görebileceğiniz gibi, bilim insanları canlılık ile cansızlık arasındaki silik farkları gün geçtikçe ortadan kaldırmakta, bu iki yapının birbiriyle aynı öze sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla canlılığın cansızlık içerisinden doğal süreçlerle başlamadığını düşünmek için şu anda elimizde hiçbir neden yoktur. Bilimin bize bugüne kadar gösterdiği üzere, bu tür zor problemlerin bile er ya da geç doğal ve somut cevapları bulunabilmektedir. Çok büyük ihtimalle, canlılığın cansız yapılardan, kendiliğinden başlamış olduğu gelecek yıllarda tüm dinamikleriyle açık bir şekilde gösterilecektir. O zamana kadar sabırla beklemek ve araştırmaları takip etmek gerekmektedir. Bu konudaki tüm bilimsel yaklaşımlara eşit derecede dikkatle yaklaşmak ve bilim ile bilim olmayan açıklamaların birbirlerinden tamamen ayrı tutulmaya çalışılması gerekmektedir.

Artık canlılığın, cansızlık içerisinden farklılaşarak oluştuğunu ve esasında cansızlık içerisinde sıradan bir form olduğunu anladığımıza göre, bu canlılığa şekil veren mekanizmalara giriş yapalım. Çünkü bu ilkin yağ zırhları içerisine hapsolmuş, ilkin yapılardan; insan, balina, okaliptüs ağacı, örümcek maymunu gibi karmaşık canlıların kademeli evrimini sağlayan süreçleri görmemiz, evrimi anlamakta kilit önem taşımaktadır.

BÖLÜM 3:

Evrim'in Çeşitlilik Yaratıcı Mekanizmaları

Nefes nefeseydi. Bacakları artık iflas etmek üzereydi ama yılmamalıydı. Azimle, arka arkaya kararlı adımlar atıyor, ayağının altından kayıp giden çamuru ve ufak taşları umursamıyordu. Son 3 saattir hızlı tempoyla yürüyor ve tırmanıyor olmasına rağmen hâlâ dinçti. Bir ara ayağı kayar gibi oldu, çamur dik tepeyi tırmanmasını zorlaştırıyordu ama yılmadı, kendini toparladı. Sıcak güneş vücudunu kavuruyordu. Bütün bedeni terlemişti. Yine de Babür'ün sevdiği buydu. Terlemek, yorulmak, mücadele etmek hoşuna gidiyordu. Bu defa biraz zorlanmıştı ancak bundan büyük keyif alıyordu. Yüzünde şu anda keyif ifadesinden çok kararlılık vardı. Adımlarını, zirveye yaklaştıkça hızlandırdı. Artık bir ceylan gibi, seke seke, taşların ve çamur içerisinden görünen kayaların üzerine basarak engebeli tepede ilerledi. Attığı her adımda sırtındaki ağır çanta sallanıyor ve değişik sesler çıkarıyordu. Sonunda, nefesi artık iyice hızlanmışken tepeye ulaştı ve son bir adım atarak tırmanışı tamamladı.

Güçlü bir şekilde nefes vererek gülümsedi. Manzara muhteşemdi. Gözün alabildiğine, girintili çıkıntılı bir göl, neredeyse her tarafını sarıyordu. Ankara'da bulunan Eymir Gölü, Temmuz'un sıcağında öylece, sessizce yatıyordu. Gölde yüzen sakar mekeler, gölün etrafındaki restoranlarda balık ekmek yiyen insanlardan paylarına düşeni alabilmek için birbirleriyle yarışıyordu. Yeşilbaş ördekler, elmabaş patkalar ve bahri kuşları... Kimi sürüler halinde, kimi tek tek başının üzerinden geçiyordu. Bulunduğu tepede etrafına bakındı. Onlarca farklı

kelebek bir o yana bir bu yana uçuşuyordu. Ayağının dibinden geçen karınca kolonisini gördü. Azimle çalışıyor, boylarının katlarca fazlası yükü yuvalarına taşıyorlardı. Biraz yanlarından irice bir hamamböceği hantal hantal geçiyordu. Tepenin aşağısında bir ailenin 3 köpeği birbiriyle oynuyordu. Köpeklerin hepsi birbirinden farklıydı ve hepsi çok tatlı gözüküyordu. Az ötede Eymir Gölü'nün meşhur tavşanları, bir yandan otları hızla kemirmeye çalışıyor, bir yandan da kendilerini sevmeye çalışan insanlardan uzak duruyorlardı. Zaten ağaçlardan ve çeşitli bitkilerden söz etmeye bile gerek yoktu, binbir çeşit çiçek yazın sıcağında, en fazla güneş ışığını almak için yarış halinde gibiydiler. Ve insanlar... Diğer hayvanlardan pek de farklı gözükmeyen, hayvanlar açısından bakacak olursak tuhaf giysileri içerisinde bir garip gözüken bu canlılar da, kendilerince besleniyor, sosyalleşiyor ve hayatlarını sürdürüyorlardı. Öbek öbek göl kenarında yerleşmişler, kimi yanında getirdiği sandalyesine oturmuş tavla oynuyor, kimisi ise yere uzanmış gazete okuyordu.

Babür derin bir nefes alarak gevşedi. Tepede bulunan büyük kayanın üzerine oturdu, çantasından su şişesini çıkardı ve bir dikişte yarısından fazlasını içti. Yaklaşık 10 yıldır doğayla iç içe yaşıyordu. Türkiye'nin dört bir yanında, sürekli yeni canlılar görmeye çalışıyor, her birinden ayrı bir heyecan duyuyordu. Gördüğü birçok canlıyı fotoğraflayarak bilgisayarında saklıyordu. Son 10 yıl içerisinde birbirinden farklı 5000'in üzerinde canlı türü görmüş ve fotoğraflamıştı. Sayı, her arazi gezisine çıktığında artıyordu.

Bu sayının nereye gideceğini kestiremiyordu. O kadar farklı canlılar vardı ki doğada... Hem de bu sadece gördükleriydi. Bir de görmediği ve belki de asla göremeyeceği canlılar vardı. Acaba bunların sayısı neydi?

Eskiden şu soru hep kafasını kurcalardı: Bu canlılar nereden geliyordu? Neden bu kadar fazla sayıda ve birbirinden bu kadar farklı canlı vardı? Bunlar nasıl var olmuşlardı? Bu soruların hepsine okuduğu üniversitede cevap bulmuştu. Belki bilimsel araştırmalara girmeseydi birçokları gibi kestirip atacaktı. Başından beri bu canlıların oldukları gibi bulunduklarını söyleyecekti. Ancak dünyanın dört bir

yanındaki profesörlerin araştırmalarını okudukça, araştırdıkça ve yeni mezun olduğu Biyoloji Bölümü'nde bizzat laboratuvara girip kendi gözleriyle canlıların özelliklerini ve değişimlerini gördükçe, onların nasıl var olduklarını öğrendi ve özümsedi. Bunları öğrenmek ona güç vermişti. Çünkü etrafında gördüğü yüzlerce değişik canlıdan hiçbir farkı yoktu. Onlarla birdi, bir bütündü ve kendisi de dahil olmak üzere bütün canlıların kökeni aynıydı! Bunu bilmenin verdiği mutluluk ve huzurla, tepenin dibinde oynamayı sürdüren köpeklere bakıp gülümsedi...

Evrimin Temel Kaynağı: Biyoçeşitlilik

Gerçekten de, doğada inanılmaz bir çeşitlilik görmekteyiz. Bilim insanları, doğada, sadece şu anda var olan türlerin sayısının 100 milyondan fazla olduğunu tahmin etmektedirler. Gezegenimizdeki canlıları iki büyük gruba ayırmak, sayı tahminini daha iyi anlamamızı sağlayacaktır: **prokaryotlar** (çekirdeksiz, daha basit yapılı hücreler) ve **ökaryotlar** (çekirdekli ve karmaşık yapılı hücreler ve bu hücrelerden oluşan canlılar). Prokaryotların sayısı çok daha fazladır, çünkü ilerleyen bölümlerde göreceğimiz gibi çok daha hızlı evrimleşebilirler ve ökaryotlara göre çok daha uzun bir süredir Dünya üzerinde bulunmaktadırlar. Bir önceki bölümde ele aldığım ön hücrelerden (koaservatlardan) evrimleşmiş ilk canlıların tamamı prokaryotik yapılıydı. Günümüzde, prokaryotlar içerisinde **bakteriler** ve **arkeler** bulunmaktadır. Prokaryotlar, canlılığın evriminden sonra yaklaşık 1.5 milyar yıl boyunca Dünya'da bulunabilen tek hücre türüdür. Günümüzde var olan prokaryotların sayısını tahmin etmek çok zordur, çünkü çok az bir kısmından haberdarız. Ancak yapılabilecek en geniş tahminler, Dünya'da 10.000 ila 100.000.000 arasında prokaryot türü yaşadığını göstermektedir. Bu aralık çok geniş olduğu için çoğunlukla güvenli tarafta kalmak adına alt sınır dikkate alınsa da, uzmanların büyük bir kısmı iyimser bir tahminle en azından on milyonlarca prokaryot türünün Dünya'da bulunduğu konusunda hemfikirdir. Bir diğer deyişle, gezegenimizi oluşturan canlıların çok büyük bir kısmı gözle göremeyeceğimiz kadar küçüktür.

Evrimsel süreç içerisinde ökaryotlar, prokaryotlardan Endosimbiyoz Teorisi'nin açıkladığı şekilde evrimleşmiştir ve hızlı bir şekilde çeşitlenerek günümüzdeki çok hücreli, karmaşık yapılı canlıların neredeyse tamamını oluşturmuştur. Bu teoriye göre, prokaryotik yaşam devam ederken ve çeşitlenirken, diğerlerinden daha büyük olan hücreler, küçükleri yutarak beslenmektedir (ki bunu bugün de görürüz). Ancak bu "yutma" işlemi ("fagositoz" adı verilir), her zaman başarıyla gerçekleştirilemez. Tıpkı bizim yediğimiz bazı besinleri parçalayamamamız gibi, bu canlılar da yedikleri mikroorganizmaları bazen sindiremezler. Ancak bizden bir farkı, bu başarısız sindirim işlemi sonucunda tek hücreli basit yapıların iç içe, birlikte yaşayabilecek halde kalabilmeleridir. Çünkü tek hücreliler daha basit yapılıdır ve bu büyük değişimleri kaldırabilirler. Bizde ise sindiremediğimiz bir yapı asla bir parçamız haline gelemez. Dolayısıyla, evrimsel süreç içerisinde sindirilemeyen küçük mikroorganizmalar, tıpkı bir sığınak içerisinde hapsolmuş gibi, kendisini yiyen büyük prokaryotun içerisinde sıkışır kalır. Daha sonradan, bu iki yapı birbiriyle karşılıklı olarak faydacı bir ilişki geliştirebilir: küçük olan korunaklı bir ortamda yaşarken, büyük hücrenin bazı fonksiyonlarına katkı sağlayacak işler yapabilir. Böylece büyük hücre de enerji açısından tasarruf sağlamış olacaktır. İşte bu şekilde farklı organizmaların evrimsel süreç içerisinde ilişkili hale gelmesine **simbiyoz** adı verilir.

Endosimbiyotik Teori de, bir diğer hücreyi yutmaya çalışan büyük bir prokaryotun, avladığı küçük prokaryot ile ortak bir yaşam kurması temeline dayanır. Daha ufak olan prokaryot, evrimsel süreç içerisinde özelliklerinin büyük bir kısmını yitirerek, büyük hücrenin bir parçası haline gelir. İşte günümüz hücreleri içerisindeki organellerin en önemlileri olan mitokondri (enerji üretmekle görevlidir) ve kloroplastlar (fotosentez ile görevlidir) bu şekilde evrimleşmiştir. Eskiden bağımsız canlılarken, sonradan başka hücrelerin içerisine hapsolmuş ve milyarlarca yıldır kopyalanarak günümüze kadar aktarılmış organellerdir. Bu şekilde zarlı organellere sahip olan canlılara da **ökaryotlar** denmektedir. Yaygın olarak kabul edilen sınıflandırmaya göre günümüzde ökaryotlar içerisinde Hayvanlar Âlemi, Bit-

kiler Âlemi, Mantarlar Âlemi ve Prokaryotlar Âlemi bulunur (güncel çalışmalar bu sınıflandırmayı daha da detaylandırmaktadır; ancak o kadar detayı gerekli görmüyorum). Örneğin insan, ökaryotik bir hayvan türüdür. Günümüzde Endosimbiyotik Teori'yi destekleyen o kadar fazla sayıda bulgu vardır ki, bunların hepsine burada değinmek başlı başına bir bölüm tutacaktır. O yüzden sadece temel bilgileri aktardım; şimdi de biyoçeşitliliğe geri dönmek istiyorum:

2011 yılında PLoS One dergisinde yayımlanan bir makalede, günümüzdeki ökaryotik tür sayısının 7.4-10 milyon arası olduğu hesaplanmaktadır. Prokaryotlara göre sayı oldukça azdır; ancak yine de devasa bir sayıdan söz etmekteyiz. Bunu şöyle izah edeyim: son 500 yıldır sürekli olarak bu türleri teşhis etmeye çalışıyoruz ve binlerce, on binlerce bilim insanı bu uğurda ömürlerini harcıyor. Buna rağmen bugüne kadar tanımladığımız tür sayısı, tanımladığımız prokaryotları bile sayarsak 1.9 milyon civarında. Yani ortalama bir tahminle Dünya'daki türlerin %3 gibi ufacık bir kısmını biliyoruz. Ökaryotlar hakkındaki bilgilerimiz biraz daha fazladır. Günümüzde karalar üzerinde var olan 298.000 civarındaki bitki türünün %72'sini biliyoruz. Kara hayvanlarının ise sadece %12'sini, karada yaşayan mantarların sadece %7'sini tanımladık. Toplamda kategorize ettiğimiz ökaryotik tür sayısı 1.2 milyon civarındadır. Kabaca bir sayı vermek gerekirse, tüm ökaryotik canlıların sadece %15'ini tanımaktayız. Bu bir yandan gezegenimizi ne kadar az tanıdığımızı gösterip üzülmeme neden olurken, bir yandan da keşfedilecek daha ne kadar fazla canlı olduğunu hatırlatarak heyecanlandırmaktadır.

Dahası da var... Yapılan hesaplamalara göre günümüzde yaşamını sürdüren bütün türlerin sayısı, Dünya üzerinde şimdiye kadar yaşayıp yok olmuş bütün türlerin sayısının %1'i civarındadır. Yani eğer ki Dünya'da şu anda toplamda ortalama 60 milyon tür bulunuyor ise, bugüne kadar 6 milyar civarı tür var olmuş demektir. Bir diğer deyişle var olmuş bütün türlerin %99'u evrimsel süreç içerisinde yok olmuştur. Bu sayılar gerçekten de baş döndürücü. Peki, bu kadar tür nereden geliyor? Ayrıca türlerin içerisindeki canlılar neden bu kadar

farklı? Neden bu kadar az sayıda günümüze ulaşabildi? Çoğu yok olacak canlılar neden en başından var oldu?

Geçmişten Bugüne Çeşitliliğe Yaklaşımlar

İlk olarak bu kadar türün nereden geldiğine bakalım. Günümüzden birkaç yüz yıl öncesine kadar, türlerin oldukları gibi, bugünkü halleriyle var oldukları ve hiçbir zaman değişmediklerine inanılıyordu. Hepsinin, bir anda, bilinmeyen bir şekilde, tıpkı peri masallarındaki sihirli değneğin yaptığı gibi "puf" diye var olduğu sanılıyordu. Varlıkla ilgili düşünceler tarihini Antik Yunan'da Plato ve Aristo'ya kadar takip edebilecek olsak da, daha modern zamanlarda bu konuda en kapsamlı (ve pek de bilimsel sayamayacağım) yaklaşımları 17. yüzyılın başlarında James Ussher getirmiştir. Türlerin ayrı ayrı yaratıldığını söyleyen ve Antik Yunan filozoflarından gücünü alan Ussher, canlıların hiçbir zaman değişemeyeceğini ileri sürmüş, Dünya'nın yaşının ise 6000 yıl kadar olduğunu iddia etmiştir. Hatta Ussher yaptığı hesaplara öyle güvenmektedir ki, Dünya'nın tam olarak milattan önce 4004 yılında, 23 Ekim'de, Pazar günü var olduğunu ileri sürmüştür. İlk insanlar olarak Âdem ile Havva'nın ise yine milattan önce 4004 yılında, 10 Kasım'da bir Pazartesi günü var edildiğini açıklamıştır. Bu açıklamalar, o dönem için sistematik olarak var oluşa yönelik yapılan ilk kapsamlı yaklaşımı temsil etmektedir. Elbette ki modern bilim dâhilinde bu açıklamaların kabul edilmesi imkânsızdır; ancak yine de, kendisinden sonra gelecek bilim insanları için bir başlangıç noktası olması açısından Ussher'ın çabalarını kıymetli bulmaktayım.

Ussher'dan sonra 17. yüzyılın son dönemlerinde İngiliz doğa bilimci John Ray tarafından ilk defa "tür" kelimesi kullanılarak canlılara sistemli bir yaklaşım getirilmiştir. Örneğin bitkiler ilk defa birbirlerine benzerliklerine göre kategorize edilmeye başlamıştır. Ondan sonra ise 18. yüzyılın büyük bilim insanı Carl von Linneaus (Linne), canlıları titiz bir şekilde gruplandırmaya başlamıştır. Her ne kadar günümüz biyolojisine büyük katkıları olsa da, Linne de canlıların değişemeyeceğini ve hep oldukları gibi kalacaklarını düşünmekteydi.

Ancak sonradan bilimin güç kazanması ve doğayı anlamaya başlamamızla, Taksonomi (Sınıflandırma Bilimi), Evrimsel Biyoloji, Moleküler Biyoloji gibi alanların gelişmesiyle, canlılığın tek bir noktadan, cansızlığın özel bir formu olarak gelişmesinden başlayarak, günümüzdeki envai çeşitliliğe doğru kademeli olarak değişerek ilerlediği keşfedildi ve anlaşıldı. Bu düşüncelerin temelini atanlar arasında bulunan Thomas Malthus, 19. yüzyılın başlarında canlı popülasyonlarının, kaynakların yenilenme hızından çok daha hızlı çoğaldığını ortaya koydu. Bu durum, her canlının hayatta kalmak konusunda eşit şansa sahip olamayacağı fikrinin temellerini attı. Malthus ile hemen hemen aynı dönemde yaşayan Jean Baptiste Lamarck, canlıların ömürleri içerisinde kazandıkları karakterleri gelecek nesillere aktardığını, dolayısıyla Antik Yunan'dan beri kabul gören "canlıların değişmezliği" fikrinin hatalı olduğunu ileri sürdü. O zamana kadar türler içerisindeki çeşitliliğin çok sınırlı olduğu ve herhangi bir anlam ifade etmediği düşünülmekteydi. Dolayısıyla türlerin dikkate değer miktarda değişemeyeceği, her türün başlangıçtan beri aynı olduğu fikri hâkimdi.

Yine aynı dönem bilim insanlarından Georges Cuvier, yaptığı fosil incelemeleri sonucunda geçmişte var olmuş, ancak günümüzde var olmayan canlılar bulunduğunu keşfetmiştir. Cuvier'e kadar hiçbir canlının "tamamen yok olacağı" hayal dahi edilememekteydi. O dönemki fosillerin, bugün yaşayan canlıların eski popülasyonlarından kalma olduğu düşünülmekteydi. Günümüzdeki canlılara pek benzemeyen fosillerin ise, Dünya'da henüz keşfedilmeyen canlılara ait olduğu iddia edilmekteydi. Dolayısıyla bu fosillerin yok olmuş türlere ait olduğunun keşfinin, insanların hayata bakış açısını ne kadar değiştirdiğini hayal edebilirsiniz. Cuvier, yaptığı çalışmalar ve araştırmalar sonucunda, en az 32 farklı fosil türünün artık günümüzde yaşamadığını o dönemin bilim camiasına kabul ettirmeyi başardı. Her ne kadar koyu bir evrimsel değişim karşıtı olsa da, Cuvier'in bu keşfi bilim tarihini değiştirecek bir öneme sahipti. Üstelik bu bulgusu (türlerin yok olabildiği gerçeği), kendisinin asla kabul etmediği Evrim Teorisi'nin en güçlü temellerinden biri oldu (ne yazık ki Cuvier bunu

görecek kadar yaşayamadı). Kendisinden önce gelen bu bilgi birikimi üzerine Charles Robert Darwin, kendi yaptığı devasa genişlikte bir araştırmalar dizini sonucunda, yine ilerleyen bölümlerde göreceğimiz temeller üzerine Evrim Kuramı'nı inşa etti ve gelmiş geçmiş en güçlü teorilerden birini bizlere kazandırmış oldu. Alfred Russell Wallace ile eş zamanlı olarak keşfettikleri değişim yasaları, günümüzdeki hiçbir canlının bu halleriyle var olmadığını, her türün kendisinden önceki türlerden evrimleştiğini ve yeryüzünde var olmuş ve var olan tüm türlerin birbiriyle akraba olduğu gerçeklerini bizlere gösterdi.

Günümüzde, Dünya üzerindeki bu alanlarda uzman bilim insanlarının oransal olarak bir elin parmaklarını geçmeyecek kısmı haricindeki tamamı, canlılığın daha önceki bölümde anlattığım gibi, koaservatlarla başlayıp, ilerideki bölümlerde değineceğim Evrim Mekanizmaları sayesinde günümüzdeki çeşitliliğine ulaştığını kabul etmektedir. Zaten artık günümüzde, canlılığın evrim geçirdiği laboratuvar ortamında gözlenmiş bir gerçektir. Deneysel Evrimsel Biyoloji olarak bilinen alan, modern bilime ışık tutmaktadır.

Çeşitliliğin ve Değişimin Temelleri

Günümüzde, ne yazık ki evrimsel değişimlerle ilgili olarak yanlış bir algı yaratılmaya çalışılmaktadır. Bir türün kendi ömrü içerisinde geçirdiği değişimleri (ki bunlara "gelişim" diyoruz ve "Gelişim Biyolojisi" denen alanda inceleniyorlar), evrimsel biyologlar "evrimleşme" olarak değerlendiriyorlarmış gibi lanse edilmektedir. Ayrıca, yine kasıtlı ve art niyetli olarak evrimleşme, bir ceylanın bir anda bir ayıya dönüşmesi gibi çarpık bir hayal gücüyle anlatılmaya çalışılmaktadır. Hâlbuki Evrimsel Biyoloji'nin bu tip iddiaları hiçbir zaman olmamıştır ve olmayacaktır. Bir türün herhangi bir bireyinin, kendi ömrü içerisinde geçirdiği değişimlerin hiçbiri evrim değildir! Ayrıca evrim, bir türün kendisine hiç benzemeyen bir diğer türe bir anda dönüşmesi de demek değildir. Kitabımın bu noktasında, **altıncı değişim noktası**na geliyoruz: **Evrim,** hiçbir zaman **tek bir bireyde meydana gelmez, nesiller içerisinde meydana gelen değişimdir! Evrimden**

söz edebilmek için mutlaka**, en azından 1 neslin geçmesi gerekir.** Kaldı ki çoğu gözlenebilir evrimsel değişimler (makroevrim), ortalama 1000 nesil gibi uzun süreçlerde gerçekleşir. Dolayısıyla Evrimsel Biyoloji'yi anlamak için, "nesil" kavramını anlamak gerekir.

Tahmin edeceğiniz üzere bir nesil, bir canlı türünün, bir popülasyonunun doğumundan üremesine kadar geçen süre olarak değerlendirilebilir. Örneğin bir bakteri için 1 nesil 20 dakika kadar kısa olabilir. Yani her bir bakteri, 20 dakika içerisinde çoğalarak yeni bir nesil üretir. İnsan türü içinse bir nesil 20-40 yıl civarı olabilir. Yani bir birey doğduktan ortalama olarak yaklaşık 30 yıl sonra üreyecek olursa, 1 nesil atladığı düşünülebilir. Yani her bir insan nesli içerisinde, yeterli besinin bulunduğu ortamda yaşayan bakteriler yaklaşık 657.000 nesil, en kötü koşullarda bile on binlerce nesil atlarlar! Bu sebeple bakteriler gibi prokaryotik, yani zarlı organelleri olmayan, ilkin yapılı canlılar evrimsel sürece çok daha açıktır ve çok daha hızlı evrim geçirebilirler. Bu yüzden evrimsel süreçleri gözlemenin en iyi yolu, bakteriler gibi hızlı üreyen canlılar üzerinde çalışmalar yapmaktır. Bu alandaki bilimsel araştırmalar incelendiğinde, evrimin laboratuvar koşullarında nasıl gözlenebildiği çok daha net anlaşılacaktır.

Evrimsel değişimler, Lenski gibi birçok bilim insanının da laboratuvarlarında gözlemledikleri üzere (bu deneyden Doğal Seçilim bölümünde bahsedeceğim), genellikle bir seferde, dev sıçramalar şeklinde olmamaktadır. Her nesil, kendi atasal nesillerinden belli bir miktar farklı doğmaktadır ki biz bu farklılıkların toplamına **çeşitlilik (varyasyon)** adını veriyoruz. Çeşitlilik, türün içerisindeki bireyler arasındaki farklılıkların tamamıdır, toplamıdır. Nesil sayısı arttıkça, daha sonra göreceğimiz seçilim etkisinin altında bu ebeveyn-yavru farklılıkları sayıca ve biçimce o kadar artar ki, atasal bireylerle aynı kefeye koyamayacağımız kadar değişmiş nesiller meydana gelir. İşte bu çeşitliliğin her bir nesilde sağlanabilmesi, evrimsel süreçlerin işleyebilmesi için taban oluşturmaktadır ve evrimin gerçekleşebilmesi açısından çok büyük öneme sahiptir.

Ne yazık ki günümüzde evrimsel değişimler, bir ceylanın bir anda bir ayıya dönüşmesi, bir ördeğin günaşırı sürede bir timsaha dönüş-

mesi gibi algılanmakta veya bu şekilde bir algının oluşması, art niyetli bir şekilde istenmektedir. Hâlbuki evrimsel değişimler asla bu şekilde gerçekleşmezler. Bu çarpık hayal gücü yetisine dayalı benzetimler, varyasyonları anlayamamaktan kaynaklı sorunlardır. Hiçbir nesil, kendisini oluşturan ebeveynlerden tamamen farklı değildir; ancak arada farklılıklar olduğu kimse tarafından inkâr edilemez. İşte bu göreceli olarak küçük farklılıklar, eğer ki hayatta kalma ve üreme konusunda avantajlar veya dezavantajlar sağlıyorsa, nesiller içerisinde birikerek çoğalabilir ya da giderek yok olabilir. Bu farklılıklarımızı sağlayan genler de, bireyler ile birlikte yok olduğundan veya hayatta kalanlarla birlikte üreme sonucu çoğaldığından, popülasyonun geleceğini belirlerler. İşte bu yüzden tür içerisindeki varyasyonlar çok değerlidir. Yani anlaşılması gereken şudur: **varyasyonlar, evrimsel sürecin ham maddesidir.**

Kısaca, günümüzde artık net olarak bildiğimiz bir gerçek, bu kitabın ilerleyen kısımlarında göreceğimiz çeşitli mekanizmalarla, ilkin türlerden yeni türlerin oluşabileceği gerçeğidir. Bu oluşuma bilim dilinde **türleşme** diyoruz ve türleşme, evrimsel süreç içerisinde meydana gelen sayısız dönüm noktaları olarak görülebilir. Bu bölümde sizlerle türleşmeye sebep olan mekanizmaların nasıl çalıştığına kısaca bir bakış atacağız. Umuyorum ki bu bölümün sonunda, bir canlı türünden, yeni canlı türlerinin nasıl evrimleşebileceklerini anlamış olacaksınız.

Evrim Mekanizmaları'na Giriş: Irklar, Türler ve Türleşme

Bilimde, **Evrimin Mekanizmaları**nı iki gruba ayırabiliriz: **Çeşitlilik Mekanizmaları** ve **Seçilim Mekanizmaları.** Bu bölümde ele alacağımız çeşitlilik mekanizmalarıdır, çünkü evrimin ilk adımı olan türleşmenin başlangıcı, doğrudan bunlarla ilgilidir. Çeşitlilik oluşmadan evrimden bahsetmek mümkün değildir.

Genel olarak **Evrim'in Çeşitlilik Mekanizmaları** olarak adlandırabileceğim mekanizmalar, bir canlı türü içerisindeki çeşitliliğe sebep

olan doğa yasalarıdır. Bu olguların sonucunda canlıların genetik yapıları değişir. Şimdi, genlerin nasıl değiştiğine bakalım.

Bir gen nasıl değişir? Bunun için onlarca farklı yol saymak mümkündür ve bunların her biri, birer Evrim Mekanizmasıdır. Bu bölümde, sadece en önemli ve güçlü etkiye sahip olduğu bilinen şu genetik mekanizmalara göz atacağız: **Eşeyli Üreme/Mayoz Bölünme ve Çaprazlanma (Crossing-Over), Gen Akışı (Göçler), Genetik Sürüklenme, Mutasyonlar, Transpozonlar, Virüsler, Plazmidler, Yatay Gen Transferi**. Görebildiğiniz üzere sadece burada bahsedeceklerimin sayısı bile bir hayli fazladır, kaldı ki bunlar, evrime katkı sağlayan genetik mekanizmaların yarısı bile değildir!

Burada önemli bir noktanın daha farkına varmakta fayda var: Günümüzde, insanlar evrimi sadece mutasyonlardan ve doğal seçilimden ibaret bilmektedirler. Hâlbuki modern bilim, Evrim'in 20'den fazla farklı mekanizmasını keşfetmiştir ve bunların hepsi, farklı ortamlarda, farklı canlılar üzerinde, farklı miktarlarda etki ederler. Bu sebeple evrimi sadece bir iki mekanizmaya indirgemek, konudan uzak olunduğunun göstergesidir.

Peki, neden bu kadar fazla sayıda mekanizmayı tek bölüme aldım ve ayrı bölümler halinde hazırlamadım? Çünkü genellikle çeşitlilik mekanizmalarına yönelik olan örnekler, mikro düzeydedir, yani genlerle ilgilidir. Aslında çeşitliliğin nasıl doğal süreçlerle yaratıldığına dair inanılmaz fazla sayıda örnek vardır ve ben de burada bol miktarda örneği siz okurlarıma sunacağım. Ancak aslında çok önemli olsalar da, örneklerin genetik detaylarına pek fazla girmeyeceğim, çünkü muhtemelen konu hakkında uzman olmayan birçok okurum için, bu genetik terimler ve isimler pek de anlam ifade etmeyecektir. Dolayısıyla eğer ki her biriyle ilgili çok fazla sayıda örnek vermeye kalkacak olursam, bir noktadan sonra can sıkıcı miktarda gen isminden ve teknik terminolojiden bahsetmem gerekir. İşte çeşitlilik mekanizmalarının örnekleri çok uzun olmayacağı için ayrı bölümler oluşturma ihtiyacı duymadım. Vereceğim örnekler çok sayıda ancak gelecek bölümlerde anlatacağım seçilim mekanizmalarındaki örneklere göre daha kısa olacaktır. Umuyorum ki bu hassas dengeyi tutturabilirim.

Bu bölümleri anlayabilmek için izolasyon, ırk, tür tanımları ve türleşmeyi anlamak gerekiyor. Bu sebeple mekanizmaların detaylarına girmeden önce bunlara bir bakalım. İlk olarak izolasyon ile başlayalım: biyolojik anlamıyla izolasyon (ya da daha bilimsel tabiriyle "zigot öncesi üreme bariyerleri"), belli canlı gruplarının birbirleriyle çiftleşmelerini engelleyen her türlü unsurdur. Bilimsel isminden de anlaşılabileceği gibi bu bariyerler, popülasyonların zigot üretmesine, yani yavrular yaratmasına engel olur. Temel olarak 5 farklı üreme öncesi izolasyon tipi vardır: **habitat izolasyonu** (dağlar ve nehirler gibi coğrafi bariyerler sebebiyle oluşur), **zamansal izolasyon** (üreme zamanlarının/döngülerinin birbirinden farklı olmasından ötürü oluşur), **mekanik izolasyon** (üreme organlarının birbirine uymaması dolayısıyla oluşur), **davranışsal izolasyon** (üreme davranışlarının uyumsuz olması sebebiyle oluşur) ve **gametik izolasyon** (sperm ve yumurtanın uyumsuz olması sebebiyle oluşur). Parantez içerisindeki açıklamalardan görebileceğiniz gibi canlı çeşitliliğinin özellikleri veya bulundukları konumlar, kimi zaman popülasyon içi bariyerler yaratabilir. Bu durumda, bu bariyerler aşılana kadar (eğer aşılabilirse tabii), bu izole gruplar birbiriyle çiftleşemez. Fark edebileceğiniz gibi bu, gen havuzunun, yani popülasyonda bulunan genlerin bölünmesi ve birbirine karışmaması anlamına gelir.

İzole olmuş bir popülasyon, sadece kendi grubuyla çiftleşebildiği için ve üzerindeki çevresel baskılar da diğer izole popülasyonlara göre farklı olduğu için, farklı yönlere doğru evrimleşebilir. Çünkü çeşitlilik bölünmüştür ve sonradan göreceğimiz seçilim mekanizmalarının etki ettiği gen dağılımları artık iki (veya daha fazla) alt parçaya bölünmüştür. İşte aslında aynı türden olmalarına rağmen, birbirinden herhangi bir şekilde izole olmuş canlı popülasyonlarının her birine **ırk** adını vermekteyiz. Bu tanımdan da görebileceğiniz gibi, biyolojik açıdan bakıldığında ırklardan söz edebilmemiz için mutlaka izole toplumlar gerekmektedir. Irk tanımı, oldukça dinamik bir kavramdır; çünkü izolasyonlar çoğu zaman dinamik bir biçimde oluşup, ortadan kaybolabilirler. Birkaç yıl önce izole olduğu için ayrı ırklar olarak söz ettiğimiz canlı grupları, birkaç sene sonra bu bariyerlerin kalkması

sonucu tek bir ırk olabilirler. İşte insan popülasyonlarına baktığımızda, modern zamanlar dâhilinde ırklardan söz etmemiz mümkün değildir. Çünkü günümüzde birkaç ufak kabile haricinde hiçbir insan popülasyonu, diğer insan toplumlarından izole halde yaşamaz. Genlerimizin her an karışabilme potansiyeli bulunmaktadır ve bu da, ırklardan bahsedememize neden olur. Elbette insan evrimi sırasında bazı erken dönemlerde ırklaşmalar olmuştur. Örneğin *Homo sapiens* türünün ataları Afrika'dan çıkmaya ve Avrupa ile Asya'ya dağılmaya başladıkları dönemlerde, günümüz teknolojisinden (uçaklar, trenler, arabalar, devasa toplumlar, vs.) yoksun oldukları için izolasyona uğramışlardır. Bu süreçte, bulundukları ortama adapte oldukları için bazı yerel özellikler (çekik gözlülük, beyaz tenlilik, sarışınlık, düz saç, vs.) evrimleşmiştir. Bugünkü coğrafi farklılıklara bağlı gözlediğimiz biyolojik farklılıkların tamamı, bu atalarımızdan ve onların ırklarından kalma özelliklerdir. Ancak özellikle Sanayi Devrimi'nden itibaren artık biyolojik olarak insan ırklarından söz etmek mümkün değildir. Günümüzde, insan ırkları üzerinde yapılan çalışmalar (haplogrup çalışmaları gibi), aslında atalarımızdan kalan ve artık birbirimize karıştığımız için yok olmakta olan özelliklerimizin tespiti ile ilgilidir. Yeri gelmişken bu konuya da açıklık getirmek istedim.

Bu çerçevede bir diğer önemli tanım ise **tür** tanımlarıdır. Tür tanımlarının tarihi çok eskilere gitmektedir ve bugüne kadar 30'dan fazla farklı tür tanımı yapılmıştır (her biri birbirine oldukça yakın olsa da). Bunun sebebi evrimsel sürecin kademeli ve yumuşak olmasından ötürü, türleri keskin sınırlarla birbirinden ayırt edemiyor oluşumuzdur. Burada tüm tür tanımları tarihine girerek konuyu dallandırmak istemiyorum. Sadece önemli bir iki noktanın altını çizmeme izin verin: ilk olarak, türlerin var olabilmesinin tek sebebi, ilerleyen bölümlerde de göreceğimiz üzere evrimdir. Az önce bahsettiğim izolasyonlardan ötürü ırklar, kendi içerisinde sürekli çiftleşerek ve sürekli bulundukları ortama nesiller içerisinde adapte olarak birbirlerinden farklılaşırlar. Bir noktadan sonra bu farklılıklar o kadar büyük boyutlara ulaşır ki, artık eskiden tek canlı grubunda saydığımız bu popülasyonları, aynı tür olarak görmemiz mümkün olmaz. İşte tür-

leşme de budur. Eski bir türden, yeni türlerin oluşması... Bunun nasıl olduğunu, seçilim mekanizmalarını okuduğunuzda daha net olarak anlayacaksınız.

Peki, burada şunu sorabilirsiniz: birbirinden izole olmuş iki canlı grubunun artık yeni türler olduğuna nasıl karar vereceğiz? İşte bilim insanlarının ortak bir paydada buluşmasını güçleştiren soru da budur. Çünkü her bilim dalı farklı bir canlı grubuyla çalışmaktadır ve farklı canlı gruplarının özellikleri bambaşka olabilmektedir. Yani bakteriler, bitkiler ve omurgalı hayvanlar üzerinde çalışan 3 ayrı biyoloğun aynı tür tanımını kullanması, en azından evrimsel biyolojinin keşfine kadar çok zordu. Belki lise biyolojisinden bileceğiniz gibi, genellikle tür tanımları canlıların birbirleriyle çiftleşebilmeleri üzerinden yapılmaktadır. Neredeyse bütün üniversite adaylarına ezberletildiği üzere, birbiriyle çiftleşebilen ve verimli döller verebilen canlılar aynı türken, birbiriyle çiftleşemeyen veya doğurgan yavrular üretemeyen canlılar ayrı türlerdir. Buna **Biyolojik Tür Tanımı** demekteyiz. Ancak biyoloji ile biraz yakından ilgilenen herkes, bu tanımın o kadar kolay yapılamayacağını bilir: örneğin birbirinden çok farklı görünen bitkiler, kolaylıkla birbiriyle çiftleşip verimli yavrular üretebilmektedir. Hatta Darwin'in *Türlerin Kökeni* isimli kitabında ortaya koyduğu gibi, bambaşka bitki türlerinin özel koşullarda üretilen yavruları, iki ebeveyninden daha bile doğurgan (üretken) olabilmektedir! Bu durumda bambaşka canlılar oldukları bariz olan bitki türlerini aynı tür mü kabul etmeliyiz? Peki ya eşeysiz üreyen canlılar? Örneğin çiftleşmeden üreyen bakterileri bu tanıma göre nasıl sınıflandırabiliriz? İşte evrimsel biyolojinin keşfine kadar bu sorular her zaman cevapsız kalmıştı.

Burada kitabımın **yedinci değişim noktası**na gelmiş bulunmaktayız: **Günümüz modern tür tanımı, sadece çiftleşebilmeye bağlı olarak değil, başta genetik analizler olmak üzere, morfolojik, davranışsal, fizyolojik, ekolojik analizlere dayanarak, türlerin evrimsel ilişkileri üzerinden yapılmaktadır**. Bu şekilde yaptığımız modern tür tanımı olan **Evrimsel (Filogenetik) Tür Tanımı**'na göre, eskiden kullanılan Biyolojik Tür Tanımı'nın aksine, birbiriyle çiftleşebilen

canlılar aynı türden olmak zorunda değildirler; daha doğrusu bu çiftleşme durumu, türlerin tanımlanmasındaki tek kriter olamaz. Canlı gruplarının birbiriyle çiftleşemeyecek kadar farklılaşmaları, günümüzde türleşmeyi tanımlamak için başvurulan özelliklerden sadece bir tanesidir. Evrimsel biyoloji sayesinde tüm bu değişimleri çok daha somut temellere oturtmayı başardık; bu sayede Taksonomi'den Filogenetik bilimine kadar birçok bilim dalı güç kazanmış oldu.

Dolayısıyla, izole olmuş bir popülasyonun türleşip türleşmediğini sadece üreme başarılarına göre belirlememekteyiz. Çok daha detaylı analizler ve çok yönlü bir bakış açısıyla bu kararları almakta, farklı bilim insanlarının bilimsel platformlarda tartışmaları sonucu en uygun teşhisleri yapmaya çalışmaktayız. En nihayetinde, doğanın gözlerinden bakacak olursanız, aslında "tür" diye bir şeyin olmadığını göreceksinizdir. Her canlı, kesintisiz bir sürecin parçalarından biridir. Canlılar arasında keskin geçişler bulunmaz, bu sebeple hiçbir canlının "ilk bireyi" yoktur. Herhangi bir canlının, herhangi bir türünün, herhangi bir popülasyonunun, herhangi bir bireyinden başlayarak tüm soy hattını geriye doğru takip edecek olursanız, hangi bireyden, hangi türden başlarsanız başlayın aynı ortak ataya, 3.8 milyar yıl öncesine ulaşacağınızı unutmayınız. Zaman içerisinde geriye doğru yaptığınız bu yolculukta, hiçbir zaman bir türün bitip, diğer türün başladığı keskin çizgilerle karşılaşmazsınız; her zaman uzun zaman dilimlerine ve nesillere yayılmış yumuşak ve kademeli geçişler görürsünüz.

Tüm bunları anladıysak, artık çeşitlilik mekanizmalarına bakabilir, etrafımızdaki bu canlı çeşitliliğinin evrimin hangi mekanizmalarıyla var edildiğini öğrenebiliriz.

Eşeyli Üreme ve Kromozomal Çaprazlanma Mekanizması

Çeşitlilik mekanizmalarından ilki olan **Eşeyli (Cinsiyetli) Üreme**'nin evrime olan katkısını anlamanın ilk adımı **Mayoz Bölünme** olarak isimlendirilen hücresel bölünme tipini anlamaktır. İlkin yapılı tek hücreli canlılar, **Amitoz Bölünme** denilen bir üreme tipiyle

çoğalırlar. Bu tip bölünmede, genler herhangi bir şekilde birbirine karışmaz, doğrudan kopyalanarak gelecek nesillere aktarılır. Dolayısıyla ata bireylerde meydana gelen genetik değişimler, yavrulara doğrudan aktarılır. Bu yöntemin, ökaryotik canlılara geldiğimizde, biraz daha gelişip karmaşıklaşarak **Mitoz Bölünme** adını verdiğimiz bölünme tipine evrimleştiğini görürüz. Bu bölünmede de ata birey konumundaki hücreler genlerini olduğu gibi yavrularına aktarır. Çeşitliliğe katkı sağlayan özel bir mekanizma bulunmaz. Elbette ki amitoz bölünmede de, mitoz bölünmede de genetik çeşitliliği sağlayan bazı nedenler vardır. Örneğin ileride göreceğimiz mutasyonlar, transpozonal sıçramalar, plazmidler ve viral enfeksiyonlar genetik çeşitliliği yaratabilmektedir. Ne var ki bunlar, (mutasyonlar haricinde) istikrarlı olarak gerçekleşmeyen, aralıklarla etki edebilen, dolayısıyla düşük miktarda çeşitlilik yaratabilen mekanizmalardır. Buna rağmen, eşeysiz üreyen mikroorganizmalarda bu mekanizmalar geniş bir çeşitlilik yaratabilir, çünkü bu daha basit yapılı canlıların genetik düzeltme mekanizmaları oldukça zayıftır. Genlerin diziliminde veya yapısında bir değişim olduğunda, bu değişimleri düzeltme ihtimalleri eşeyli üreyen ve genel olarak ökaryot olan canlılara göre çok daha düşüktür. Yani doğa, öyle ya da böyle, çeşitliliği yaratacak yöntemler geliştirebilmektedir.

Evrimsel süreçte daha gelişmiş canlıların vücutlarındaki hücreler mitoz bölünme ile çoğalırken, üreme hücrelerinde **Mayoz Bölünme** olarak adlandırılan daha gelişkin bir bölünme tipini görürüz. Üreme biçiminin evrimsel süreçte neden değiştiğini ve neden tüm canlılarda tek bir tip olmadığını sorabilirsiniz. Bunun sebebi, canlı çeşitliliği arttıkça ortaya çıkan yeni üreme tiplerinin birbirlerine avantajları ve dezavantajları olmasıdır. Zaten bu yarar-zarar dengesinden ötürü her canlıda aynı üreme tipi görülmez. Örneğin eşeysiz üremenin en büyük avantajları, çok hızlı bir bölünme tipi olması, kısa sürede çok kopya üretilebilmesi, işlemin oldukça düşük enerjiye gereksinim duymasıdır. Öte yandan bu bölünme tipinde ebeveynler (ata hücreler) hangi özelliklere sahipse, yavrular da neredeyse tıpatıp aynı özelliklere sahip olacaktır. Bu da, popülasyon içerisine bir tane canlıyı

bile öldürebilecek bir unsurun (örneğin virüsün) girmesi durumunda, tüm popülasyonun hızla yok olması anlamına gelecektir. Çünkü çeşitlilik dardır, yeni tehditlere karşı direnç düşüktür. Bu sebeple, evrimsel süreç içerisinde eşeyli üreme ve buna bağlı olarak mayoz bölünme gibi daha karmaşık ama çeşitliliğe katkı sağlayabilecek hücresel bölünme tipleri kısmen avantajlı konuma geçmiştir.

Bu sürecin yapısı gereği her bölünme sırasında genetik çeşitliliğe katkı sağlanmaktadır. Eşeyli üremenin en temel avantajı da zaten budur: iki farklı bireyin genleri, dolayısıyla özellikleri karışarak yeni yavrular oluşur. Genetik çeşitliliğe yapılan en büyük katkı ise, çiftleşme öncesinde mayoz bölünme aracılığıyla üretilen sperm ve yumurta gibi üreme hücrelerinin oluşumu sırasında, kromozomlar arasında meydana gelen, ilk olarak 1931 yılında Harriet Creighton ve Barbara McClintock tarafından fiziksel olarak gösterilen **Kromozomal Çaprazlanma (Crossing Over)** adını verdiğimiz genetik bir karışma nedeniyle olmaktadır. Bu karışımın sebebi, yavru hücrelere gidecek kromozom çiftlerinin yan yana gelmesi sırasında, kimyasal etkileşimlere bağlı olarak gen parçalarının karşılıklı olarak değişilmesidir. Yani burada bilinçli bir karışım yoktur, tamamen fiziksel ve kimyasal etkileşimlerden bahsetmemiz gerekmektedir. Bu çaprazlanma hem dişinin üreme hücrelerinde, hem de erkeğin üreme hücrelerinde meydana gelir. Sonrasında ise, iki cinsiyetin de özelliklerini tam olarak taşımayan bu üreme hücreleri döllenme sırasında bir araya gelerek yeni nesli oluştururlar. Bu sebeple, yavruya aktarılan bilgiler, yavrunun asla tam olarak anneye ya da tam olarak babaya benzememesine sebep olur. Döllenme sonrasında oluşan yavru, ebeveynlerinin genetik bir karışımı olacaktır ve bu süreçte hem annede hem de babada görülmeyen bazı özellikler ortaya çıkabilecektir. Bu da, çeşitliliğin her nesilde giderek artmasına neden olur.

Kromozomal çaprazlanma mekanizmasına tekil bir örnek vermek çok güçtür. Çünkü eşeyli olarak üreyen, yani çiftleşen her canlının yavrularının ebeveynlerinden farklı olmasının en temel sebebi bu mekanizmadır. Dolayısıyla, etrafınıza baktığınızda gördüğünüz çeşitliliğin neredeyse tamamını eşeyli üremeye ve crossing-over meka-

nizmasına borçluyuz. Elbette burada şu ilişki görülmelidir: bu mekanizma, var olan çeşitliliği birbirine karıştırmaya yaramaktadır. Ancak popülasyon içerisine yeni karışımları dâhil etmesi oldukça güçtür ve nadiren gözlenir. Popülasyonun içerisine düzenli olarak çeşitlilik ekleyen en temel evrim mekanizması, birkaç sayfa sonra anlatacağım mutasyonlardır. Bu iki mekanizma arasında şöyle bir ilişki kurabiliriz: mutasyonlar, popülasyon içerisine çok küçük ama istikrarlı, genelde etkileri uzun vadede ortaya çıkan varyasyonlar (çeşitlilik) katarlar. Bir mutasyonun çeşitliliğe katkısı neredeyse hiçbir zaman bir anda gözlenemez. Fakat mutasyonlar, uzun zaman zarfında, ufak ufak çeşitlilik yaratmayı sürekli sürdürürler; tıpkı bir nehrin çok yavaş bir şekilde bir vadiyi kazması gibi. Ancak kromozomal çaprazlanma, var olan çeşitliliği çok hızlı bir şekilde karıştırır. Böylece sadece 1 nesilde bile (ebeveynlerden yavrulara geçerken) gözle görülür bir çeşitlilik oluşabilir. Dolayısıyla bu iki mekanizma, çeşitliliğin kalbinde yatmaktadır; fakat ikisi de tek başına bu kadar geniş çeşitliliği yaratmakta yeterli değildir. İşte bu sebeple bir daha yeni doğan bir bebek gördüğünüzde, evrimin çeşitlilik mekanizmalarının iş başında olduğunu ve gözlerinizin önünde yeni bir varyasyon yarattığını hatırlayınız.

Gen Akışı (Göçler) Mekanizması ve Türleşme

Tıpkı eşeyli üreme sırasında gördüğümüz bu çaprazlanma mekanizması gibi işleyen, ancak daha büyük ölçekte gözlemleyebildiğimiz bir diğer Çeşitlilik Mekanizması ise, birçoğumuzu belki de şaşırtacak şekilde, **Göçler** ya da bilimsel adıyla **Gen Akışı**'dır. Tanımsal olarak hepimizin bildiği gibi göç, bir canlı grubunun coğrafi bir konumdan bir diğerine doğru yer değiştirmesidir. İnsanlık tarihinde göçlere sıklıkla rastlanmaktadır; ancak evrimsel açıdan analiz edeceğimiz göçler, bundan biraz daha farklıdır.

Bu bölümün başlarında anlattığım gibi izolasyon etkisi altında canlılar birbirlerinden ayrılarak farklı ortamlara adapte olmaya başlayabilirler. Irklaşma seviyesinde, henüz türleşme gerçekleşmemiş-

ken, kimi zaman bu izolasyona neden olan bariyerler ortadan kalkabilir. Ancak bu bariyerlerin ortadan kalkmasına kadar, izole olmuş türler kendi ortamlarında bir miktar değişmiş, gen havuzlarına farklı farklı çeşitlilik unsurları dâhil olmuş, dolayısıyla artık o atasal grup, iki eşit grup olarak görülemeyecek kadar farklılaşmıştır. Ancak ırklar düzeyinde henüz üremeye engel olacak kadar ciddi bir farklılaşma da yaşanmamıştır. Dolayısıyla bu bariyerler ortadan kalktığında, bir miktar değişmiş olan ve kendine has genetik çeşitliliğe kavuşmuş olan bireyler, yeniden birbirleriyle karışmaya başlayacaklardır. İşte bu durumda, normalde bu bariyer hiç oluşmasaydı belki de asla gelişemeyecek olan çeşitlilik bu popülasyonların ayrılıp yeniden karışması ile oluşabilmektedir.

Bu noktada dikkatli birinin fark edeceği en önemli nokta, gen akışının bir yerde evrimi engelliyor olmasıdır. Çünkü eğer ki bariyer ortadan kalkmasaydı veya bariyerler duruyorsa bile göçler yoluyla, izole olmuş popülasyonlar birbirine karışmasaydı, belki de türleşme gerçekleşecek, yeni türler evrimleşecekti. Ancak göçler sebebiyle bu türleşmenin hızı kırılmış, izole olan genler yeniden birbiriyle karışmaya başlamış olacaktır. Dolayısıyla göçlerin veya gen akışının kimi zaman evrimi yavaşlatıcı etkisi olduğu söylenebilir. Bu, en azından kısa vadede geçerlidir. Ancak uzun vadede, bu izolasyon ve yeniden karışma sayesinde yaratılan çeşitlilik ve bu çeşitliliğin seçilmesi düşünülecek olursa, muhtemelen göçler de çoğu zaman evrime katkı sağlayan mekanizmalar olarak karşımıza çıkarlar. Bunun haricinde, tabii ki her bir evrim mekanizmasını olduğu gibi, gen akışlarını da her bir vakaya özgü olarak değerlendirmek gerekir. Yani genellemeler yapmak, hataya düşmemize neden olabilecektir. Göçleri her zaman evrimi yavaşlatan ya da her durumda evrimi hızlandıran unsurlar olarak görmek tehlikeli bir yaklaşımdır. Benzer şekilde, evrimin yavaşlaması veya hızlanmasını, evrime "katkı sağlamak" veya evrimi "engellemek" olarak düşünmek de hata olacaktır. Kimi zaman evrimin yavaşlaması, türlerin o şekilde etrafına daha fazla uyum sağlamasına neden olabilir, dolayısıyla türün evrimine katkı sağlanmış olur.

Gen Akışı'nın (göçlerin) tür içi çeşitliliğe katkısına yönelik en yaygın bilinen örnek, insanların inşa ettikleri yolların, eskiden bir arada yaşayan popülasyonları izole etmesi sonucu oluşan ayrımdan kaynaklanır. Eskiden bir bütün olan bir tarla, büyük bir otoyolun inşasıyla birlikte ikiye bölünebilir. Otoyolun iki tarafındaki koşullar, yine insan etmeninden ötürü birbirinden tamamen farklı olabilir ve bu sebeple, iki tarafta yaşayan bitkiler, tamamen farklı çevresel etkenlerin etkisi altında farklı gen gruplarına bölünebilir ve evrimleşebilir; böylece birbirinden belli bir miktarda farklı koşullara adapte olmuş gruplar oluşabilir. Ancak bu bitkiler, eğer ki rüzgâr ile tozlaşıyorlarsa, aralıklarla otoyolun bir tarafından, diğer tarafına polenler uçabilir. Böylece, otoyolun bir tarafındaki özelliklere adapte olmuş canlıların genleri, "gen akışı" olarak adlandırabileceğimiz göç sayesinde diğer tarafa taşınır. Bu sayede, o tarafta bulunmayan veya o taraftaki adaptasyona belli bir katkısı olmayan genler de taşınabilmiş olur.

Daha net bir örnek olaraksa, insanın evrimsel tarihinden örnekler verilebilir. Bildiğimiz anlamıyla modern insanın (*Homo sapiens* türünün) evriminden önceki basamakta bulunan, günümüzden 500.000 yıl kadar önce yaşamış, Heidelberg İnsanı olarak bilinen *Homo heidelbergensis* türü, Kuzeydoğu Afrika'da yaşayan bir popülasyona sahipti. Bu türün içerisindeki bir grup, Avrupa'ya doğru göç ederek buranın soğuk ve zorlu koşullarına adapte olacak şekilde değişmeye başladı ve bugün, insanın en yakın –yok olmuş– akrabası olan Neandertal İnsanı'na (*Homo neanderthalensis*) evrimleşti. Afrika'da kalan grupta meydana gelen bazı izolasyonlardan ötürü ise bir grup, bulunduğu koşullar altında nesiller içerisinde değişerek, *Homo sapiens* türüne, yani bizlere evrimleşti. Sonradan Afrika'dan göç etmeye başlayan bizler, Avrupa'da Neandertal kuzenlerimizle karşılaştık ve bu türler ile aramızdaki türleşme tam olarak tamamlanmadığı için, çiftleşme şansımız oldu. Biz, yaptığımız göç sebebiyle Avrupa şartlarına uyum sağlamış Neandertallere kendi genlerimizi taşıdık ve onların popülasyonundaki gen dağılımını, yani çeşitliliği (varyasyonu) değiştirmiş olduk (tabii onlar da bizimkini değiştirdi). İşte bu, göçlerin evrimsel çeşitliliğe katkısının en güzel örneklerinden biridir.

Evrimin bir mekanizması olarak gen akışının gözümüzün önünde meydana gelen örneği, yine Sanayi Devrimi'nden beri karışmakta olan insan popülasyonları ve bu gruplarda meydana gelen değişimlerdir. Örneğin Afrika'da yaşayan insanların deri ve göz renkleri ile saç yapıları bu kavurucu sıcaklara adapte olmuştur. Ancak Afrika'dan çıkan ve Dünya'nın dört bir yanına dağılan insanlarda bu bölgelere has özellikler evrimleşmiştir. Daha önceden de saydığım gibi, soğuk-buzlu bölgelerdeki çekik gözlülük, kuzey enlemlerdeki açık deri ve saç rengi, sarı ve kızıl deri renkleri ve daha nicesi... Günümüzde ise, eskiden var olan bariyerlerin teknoloji sayesinde yok olmasından ötürü müthiş bir karışma söz konusudur. "Melez" olarak isimlendirdiğimiz insanlar, biyolojik açıdan sadece zenci ve beyazların çiftleşmesi sonucu oluşmaz. Yani Rihanna, Giancarlo Esposito, Halle Berry gibi insanların deri rengi, biyolojik açıdan tek "melezlik" unsuru değildir. Her ne kadar "melezleşme" terimi daha çok farklı türlerin çiftleşmesi sonucu oluşan canlılar için kullanılsa da, böyle farklı coğrafi adaptasyonların karışması için de kullanılmasında ciddi bir sakınca görmemekteyim. Örneğin günümüzde melez bir deri rengine sahip olduğu halde çekik gözlü olan, zenci olmasına rağmen mavi gözlü ve sarışın olan insanlar görülmeye başlanmıştır. Anektodal bir anlatım olacak ama, ABD'nin Kaliforniya eyaletinde rastladığım beyaz tenli bir erkekle zenci bir kadının çocukları siyaha yakın bir ten rengine, masmavi gözlere ve düz saçlara sahipti. Bu, doğal koşullarda asla göremeyeceğimiz bir kombinasyondur. Bunun tek sebebi, giderek yok olan bariyerlerin farklı gen havuzlarının birbiriyle karışmasına izin veriyor olmasıdır. Belki şu anda anlam ifade etmiyor; ancak halen vahşi yaşam içerisinde bulunuyor olsaydık, bu çeşitliliğin ne kadar kritik olabileceğini anlamak daha kolay olurdu. Dolayısıyla genetik göçlerin evrimsel etkilerini çok kapsamlı olarak analiz etmek gerekmektedir.

Bir diğer örneği ise, bir göç sırasında büyük bir dağ sebebiyle izole olan iki kuş popülasyonu üzerinden verebilirim. Bildiğiniz gibi birçok kuş mevsimsel olarak göç etmektedir ve bu göçler kimi zaman çok uzun mesafelerde olabilmektedir. Bu süre zarfında göç eden kuş popülasyonları her zaman bir bütün olarak kalamaz, doğa bu kadar

kusursuz değildir. Göç boyunca karşılaşılan sorunlardan ötürü kimi zaman popülasyonlar farklı coğrafyalara varırlar ve buralarda geçici olarak hapsolurlar. Bu kısıtlanmış hapis dönemlerinde mecburen kendi grupları içerisinde çiftleşerek varlıklarını sürdürürler ve yaşadıkları ortama adapte olmaya başlarlar; yeni gen havuzları oluştururlar. Kimi zaman, bu şekilde izole olan kuş sürüleri, yeniden birbirlerine kavuşma imkânına erişirler. Örneğin büyük bir dağın iki tarafına yerleşen aynı türden kuşlar, kimi zaman uygun koşullarda yeniden bir araya gelirler. Bu gibi durumlarda, kendi bölgelerinde evrimleşen genleri bu popülasyonlara taşıyabilirler ve belki de aksi takdirde asla oluşamayacak genetik kombinasyonların var olmasına sebep olurlar.

Bu konuda verilmesi şart olan bir diğer örnek, evrimsel biyolojide **halka türler** olarak bilinen canlılardır. Halka türler, her biri yaşam alanı açısından göçler dolayısıyla "komşusu" olarak yaşayan diğer popülasyonlarla çiftleşip yavrular verebilen, ancak komşuluk ilişkisi arttıkça türleşmenin de artmasından ötürü çiftleşmenin ve verimli döller vermenin hem potansiyel, hem aktif olarak gerçekleşemediği türlerdir. İlk etapta kafa karıştırıcı bir tanım gibi gelebilir, ancak aslında özü çok basittir: bazı türler, göçleri sırasında kademeli olarak birbirini takip eden coğrafyalara yerleşirler (tıpkı az önce verdiğim kuş örneğinde olduğu gibi; ancak sadece iki tane değil, daha fazla sayıda birbirini takip eden popülasyon olması gerekiyor). Bu yerleşim kademeli bir sırayla olduğu için, her bir popülasyon bir önceki coğrafyadaki popülasyon ile komşu olabilir. Ancak bu şekilde 8-10 farklı popülasyon, her biri sadece 1-2 diğer popülasyon ile komşu olacak şekilde yerleşirse, çok ilginç bir evrim örneği yaşanır. Popülasyonlar arasındaki gen akışı, birbirine komşu popülasyonların türleşmesine sürekli olarak engel olur. Fakat birbirinden uzak olan, birbirine ancak birden fazla komşu popülasyon ile birbirine bağlanan gruplar, birbirleriyle çiftleşemeyecek kadar farklılaşabilirler.

2004 yılında *Proceedings of National Academy of Sciences* dergisinde, birçok meşhur halka tür örneğinin evrimsel analizinin yapıldığı ve ders kitaplarına bile girmiş örneklerden bazılarının halka türleri pek de düzgün temsil etmediğini iddia eden kışkırtıcı bir makale ya-

yımlanmıştır. Makalede, Kuzey Kutup Dairesi civarında yaşayan *Larus* cinsi martıların veya *Evrimsel Analiz* (Freeman ve Herron, 2004) gibi ders kitaplarında görebileceğimiz *Ensantina* cinsi kertenkelelerin halka türlere çok doğru örnekler olmadığı, evrimsel bir analizle ortaya konmaktadır. Makale, halka türlere daha doğru bir örnek olarak *Phylloscopus trochiloides* adı verilen ve Himalayalar'da yaşayan bir kuş türü olan yeşilimsi çalıbülbülü popülasyonlarını göstermektedir. Bu türe ait alt türlerin ortak atası, Himalaya Dağları'nın güneyinden Tibet Platosu'nun doğu ve batısına kadar olan alana yerleşmiştir. Bu geniş alanda çeşitli aralıklarla izole olmuş ve günümüze kadar ulaşmış popülasyonlar vardır; ancak bunlar adım adım takip edildiğinde, başlangıç noktasına dönülebilecek şekilde bir halka oluşturdukları görülür. Halkanın her bir basamağı önceki ve sonraki basamaktaki popülasyonlarla çiftleşebilir. Ancak halkanın kapandığı noktada, yani halkanın iki zıt ucunda bulunan türler birbirleriyle çiftleşemeyecek kadar farklılaşmış ve evrimleşmişlerdir. Bu farklılaşmanın temel sebebi sadece coğrafi izolasyon değil, aynı zamanda kuşların çiftleşme şarkıları arasındaki farklılıklardır. Yani birbiriyle komşu olan popülasyonlar, her bir komşu popülasyonun birbirinden birazcık daha farklılaşmasından ötürü artık uç noktalarda, birbirleriyle çiftleşemeyecek kadar evrimleşmişlerdir. Aslında diğer meşhur örneklerin eleştirisi de, o örneklerde halkanın tam olarak kapanmamış olması sebebiyledir. Makaleye göre, ilerleyen bir zamanda bu martılarda veya kertenkelelerde halkanın birbiriyle çiftleşemeyecek kadar farklılaşmış uçları coğrafi olarak aynı noktada birleşirlerse, o zaman bunlar da çalıbülbülleri gibi halka tür sayılabilecektirler. Yani eleştiri teknik bir noktadadır; ders kitaplarındaki bu örnekler hâlâ genel anlatım amacıyla kullanılabilir. Ben kitabım çerçevesinde en güncel ve en doğru örneği seçmeyi tercih ettim ve o örneklerin detaylarına girerek konuyu uzatmak istemiyorum.

Umuyorum ki gen akışının (göçlerin) tür içi çeşitliliğe nasıl katkı sağladığını anlatabilmişimdir. Şimdi anlaması bir miktar daha zor olmasına rağmen bilinen en güçlü evrim mekanizmalarından birine geçelim.

Genetik Sürüklenme

Bu noktada değinmemiz gereken belki de en önemli çeşitlilik mekanizması, Evrimsel Biyoloji'nin bir bilim olarak gidişatını değiştiren mekanizma olan **Genetik Sürüklenme**'dir. Günümüzde, bu mekanizmanın şimdiye kadar tespit edilmiş en güçlü ve etkili Evrim Mekanizması olan Doğal Seçilim'den bile güçlü ve etkili olduğunu iddia eden bilim insanları bulunmaktadır. Üstelik kimi bilim insanları, Genetik Sürüklenme'yi Çeşitlilik Mekanizmaları arasında değil, Seçilim Mekanizmalarından bile ayrı, tamamen bağımsız bir kategoride değerlendirmektedir. Ben, bu kitabın amaçları dahilinde kalarak, konuyu basit kılmak adına Çeşitlilik Mekanizması olarak tanıtacağım ve konunun özünü size kazandırmaya çalışacağım.

Genetik Sürüklenme genellikle büyük bir popülasyondan, aynı türe ait **çok küçük** bir popülasyonun ayrılarak izole olması sonucu oluşur. Bu durumda, eskiden büyük popülasyonda birçok farklı genetik özelliğe, geniş çeşitliliğe rastlanırken ve bunlar rahatlıkla birbiriyle karışabilirken, yeni durumda küçük ve izole olan popülasyonda çok sınırlı sayıda genetik çeşitlilik kalır ve genetik kombinasyonlar sınırlanmış olur. Bu ayrılma sonucu oluşan küçük popülasyondakiler, ancak kendi aralarında çiftleşerek sayılarını arttırabilirler. Bu süreçte, küçük popülasyonu oluşturan ilkin bireylerdeki genler, eskiden büyük grup içerisinde çok yoğun olarak görülmezken, küçük grubun hep kendi içerisinde çiftleşmesi ve çoğalması sonucu ortaya çıkmaya başlar. İşte böylece, eskiden var olan büyük popülasyonda son derece sınırlı sayıda görülen özellikler, "sürüklenme" yoluyla ortaya çıkmış ve çoğalmış olur. Genetik çeşitlilikteki bu artış tipine Genetik Sürüklenme demekteyiz.

Genetik Sürüklenme'nin en net olarak görüldüğü zamanlar ise, popülasyondaki bireylerin sayısındaki kritik azalmaların olduğu zamanlardır. Bir zamanlar yüz binlerce bireyden oluşan bir popülasyon, çevresel bir etmenin etkisi altında, birkaç on veya birkaç yüz birey kalacak kadar azalabilir. İşte bu durumda, genel popülasyondan ayrılan bireyler yerine, popülasyon içerisindeki rastgele belirlenen bireylerin hayatta kaldığını görürüz. Çünkü ani çevresel değişimlerin

hangi bireyleri yok edeceği öngörülemezdir. İşte türlerin başlarından sıklıkla geçen, bu sayıca aşırı azalma dönemlerine **darboğaz** denmektedir. Kimi zaman türler veya türlere ait popülasyonlar bu darboğazdan çıkamazlar ve tamamen yok olurlar. Kimi zamansa bu az sayıda birey, birbirleriyle çiftleşerek çoğalır ve yeni, büyük bir popülasyon kurabilirler. Bu süreçte, yine genetik sürüklenmeden kaynaklı olarak, yeni oluşan büyük popülasyon içerisinde, o eski ve içerisinde az sayıda birey kalmış popülasyonun genetik özellikleri bolca görülür. İşte bu nadir özelliklerin, darboğaz arkasından gelen büyümeyle popülasyona yayılmasına **kaşif etkisi** adını veriyoruz.

Buraya kadar anlattıklarım, genetik sürüklenmenin bir nevi "resmi tanımıdır". Ancak ilk bakışta bunlar size pek anlam ifade etmemiş olabilir veya nasıl bir evrim mekanizması olduğunu anlayamamış olabilirsiniz. Dolayısıyla ben bunu biraz kendi tarzımla anlatmak istiyorum: genetik sürüklenme, en net tanımıyla "şans" unsurunun evrimdeki karşılığıdır. "Genetik sürüklenme mekanizması" değil de "şans mekanizması" dense de çok fazla bir anlam kaybı olmayacağını düşünmekteyim (yine de siz bilimsel terminolojiye uygun olarak, "genetik sürüklenme" olarak bilin tabii). Nedir bu "şans etkisi"? Bildiğiniz gibi evren ve gezegenimiz içerisinde bol miktarda şans ve tesadüf bulunmaktadır. Her şeyin sebebi tesadüflerdir demiyorum, zaten öyle diyor olsam bu kadar detaylı bir kitap kaleme almaz, "*Şans işte*" der geçerdim. Burada anlatılanların hiçbiri sadece şans faktörüne dayanmamaktadır. Daha sonraki sayfalarda göreceğimiz gibi, canlılığın evrimini ciddi ve net olarak tanımlanmış, öngörülebilir ve tesadüfi olmayan bir yasalar bütünü yönlendirmektedir. Ancak yer yer evrim içerisinde de, doğada olduğu gibi şans faktörüne rastlanabilir.

Bunu şöyle izah etmeme izin verin: örneğin bir fırtına bir kasabaya girdiği zaman, spesifik olarak hangi evleri yok edeceğini bilmenin bir yolu yoktur. Çünkü fırtınanın yıkıcı etkisi tamamen kaotiktir (öngörülemezdir). Çok fazla sayıda değişkenden etkilenir ve tam olarak izleyeceği yolu bilmenin bir yolu yoktur. Bu sebeple, yoluna çıkan canlılardan hangilerinin öleceğini ve hangilerinin hayatta kalacağını da bilmek mümkün değildir. Örneğin belki çok atletik yapıda olan ve

kolayca fırtınadan uzaklaşabilecek biri, 3 gün önce bacağını kırdığı için kaçamayacak ve ölebilecektir. Benzer bir şekilde, bir tarlaya bir buldozer rastgele girecek olursa, hangi kurbağaları ezeceğini kimse bilemez. Belki ölenler arasında, aslında çok kolay hayatta kalabilecek genlere sahip bireyler bulunacaktır. Belki de bulunmayacaktır. Yanlış zamanda yanlış yerde bulunmak ölümü getirebilecektir. İşte genetik sürüklenme, evrimin bu şekilde öngörülemez doğa faaliyetleri sırasında rastgele bir biçimde elenip seçilen canlılar üzerine etki eden mekanizmasıdır.

Sadece bu şekilde "rastgele ölümler" üzerinden bakmak kısıtlı bir yaklaşım olacaktır. Örneğin üreme açısından da konuya bakılabilir: belki de sizin genlerinizle en uyumlu olan birey şu anda Moğolistan'da yaşamaktadır. Ancak Moğolistan'a yolunuz düşmeyecek olursa, bu çiftleşme asla gerçekleşmeyecektir. Aslında o en uyumlu bireyle çiftleşip, en uyumlu yavruları oluşturma şansınız potansiyel olarak vardır. Ancak bunun gerçekleşmiyor oluşu ve sizin, yaşadığınız coğrafi alanda şans eseri denk geldiğiniz (ve 6. Bölüm'de göreceğimiz cinsel seçilim dâhilinde seçtiğiniz) herhangi biriyle çocuklar yapmanız nedeniyle, genleriniz evrimsel süreçte rastgele sürüklenmektedir. Kısaca, karşınıza çıkacak potansiyel eşleri seçme şansınız yoktur, bu tamamen rastgele olur. Hayatınız boyunca karşınıza çıkan potansiyel eşler arasında –kısmen– seçme şansınız vardır; ancak bu olasılıklar havuzunu belirleyemezsiniz. Dolayısıyla genleriniz, insanlığın tüm gen havuzunun sizinle en uyumlu olan genleriyle karışamayıp, belli bir çerçevede şans faktörü etkisi altında, öngörülemez bir yöne doğru, nesiller boyunca "sürüklenmektedir". İşte "genetik sürüklenme" tabiri de buradan gelmektedir.

Şimdi, bu açıklamalardan sonra resmî tanıma geri dönecek olursak... Darboğaz etkisi, tıpkı bir fırtınanın veya yangının bir canlı popülasyonunu biçmesi gibi, yıkıcı bir yok olma sürecidir. Bu etki süresince popülasyonların sayısı büyük oranda azalır, kimi zaman birkaç milyon bireyden geriye sadece birkaç tane birey bile kalabilir! Bu yok oluş sürecinde illa ki en uyumsuzlar elenecek diye bir şey yoktur. Kimi zaman darboğazlar o kadar şiddetli meydana gelir ki, evrimsel

uyum başarınıza (ortama ne kadar uyumlu olduğunuza) bakmaksızın yok olabilirsiniz. Ancak darboğazın yok oluştan farkı, tüm bireylerin yok olmaması, dolayısıyla türün devam edebilme şansının olmasıdır. Yani darboğazları yok oluşlardan bir önceki adım olarak düşünebilirsiniz. Bu popülasyonlar yeterince şanslılarsa yok olmadan önce üreyerek sayılarını yine artırabilirler. Ancak geriye kalan az sayıda bireyden oluşan popülasyon, eskiden daha büyük olan popülasyon içerisinden tamamen rastgele hayatta kalan bireyleri barındıracaktır. Bu bireylerin çiftleşmesi sonucunda popülasyon yeniden büyüyebilir ve eski genişliğine kavuşabilir. Ancak artık elde bulunan genler, o yıkıcı darboğazda şans eseri hayatta kalabilen bireylerin gen havuzuna aittir. Bu genler arasında normalde çok uyumsuz olanlar olabileceği gibi, uyum başarısı son derece yüksek genler de bulunabilir. Yani bir nevi, darboğaz sırasında genler "sürüklenmiştir".

Kimi zamansa illa yıkıcı olaylar olmadan da genetik sürüklenme tetiklenebilir. Örneğin büyük popülasyonların karmakarışık dinamikleri dolayısıyla bazı genler herhangi bir avantaj sağlamamalarına rağmen sürüklenerek popülasyon içerisinde artabilirler. Bazı genler ise herhangi bir dezavantaj sağlamamalarına rağmen popülasyon içerisinde şans eseri giderek azalabilirler. Bunun sonucunda tür içi çeşitlilik değişir. İşte bu sebeple genetik sürüklenmeyi bir çeşitlilik mekanizması olarak ele almaktayım. Ancak eğer ki çok küçük popülasyonlar ya da çok yıkıcı (katastrofik) durumlar söz konusuysa, doğrudan evrimin ana mekanizması olarak da karşımıza çıkabilir. Bu konuya, ileride tekrardan kısaca döneceğim.

Evrim tarihinde genetik sürüklenme ve alt başlıklarından kaynaklı çeşitlilik değişimini sıklıkla görürüz. Örneğin, 18. yüzyılda dünya çapında başlayan fok avı çılgınlığı, Kuzey Fil Foku olarak bilinen *Mirounga angustirostris* isimli türün kıyımına neden olmuş, 1884 yılında soylarının tükendiği ilan edilmişti. 1892 yılında türün 8 bireyi Guadalup Adası'nda keşfedildi. Ancak bu hayvanları yeniden keşfeden gezginler, bu 8 bireyin 7 tanesini koleksiyonları için öldürdüler. 1890'lı yılların sonlarından 1920'ler arasına kadar olan süre zarfında, türün 20 bireyi daha keşfedildi. Meksika ve ABD başta olmak üzere

ülkelerin el birliğiyle bu türü koruma altına alması sonucunda 21. yüzyılın başlarında türün sayısı 30.000 civarına ulaştı. Şu anda ise 100.000 civarında bireyi bulunuyor ve bu foklar, soyu en az tehlike altında olan türler arasında yer alıyor. Bu süreç sonucunda üretilen 100.000 fokun tamamı, kendilerinin atası konumunda olan o 20 fokun genlerini taşımaktadır. Elbette süreç içerisinde, az önce bahsettiğim Evrim Mekanizmalarının etkisiyle genler değişmiş ve farklı kombinasyonlar da oluşmuştur. Ancak eskiden sayıları yüz binleri bulan aynı tür fokların genetik çeşitliliği, darboğaz etkisi sonucunda sadece 20 fokun genetik çeşitliliğinin yayılmasıyla sınırlandırılmıştır. Görülebileceği gibi bu, genetik çeşitliliği etkileyen önemli bir unsurdur. Yapılan analizler türün bu darboğaz sonucunda kâşif etkisiyle yeniden kurulması nedeniyle hastalıklara çok daha açık olduğunu göstermektedir. Bu etkiyi kırabilmek için araştırmacılar canlıları sürekli gözetim altında tutmakta, özellikle de farklı coğrafyalarda izole olan grupların gen havuzunu diğerleriyle karıştırmayı ummaktadırlar. Yani bir önceki mekanizma olarak gördüğümüz gen akışının etkisiyle, genetik sürüklenmenin olumsuz izleri ortadan kalkabilecektir. Fakat şimdilik türün gayet güçlü bir biçimde çoğaldığı söylenebilir.

Yine, insan türünün evrimsel geçmişinde de genetik sürüklenmenin izlerini görebilmekteyiz. Örneğin Amerika'da yaşayan ve Dunkers adı verilen bir Amiş kabilesi üzerinde yapılan genetik analizler, çok ilginç verileri ortaya koymaktadır. İnsanlık tarihinde görülen en son darboğaz dönemi, günümüzden 60.000 yıl kadar önce sonlanan buzul çağı sırasında ve sonrasında yaşanmıştır. Bu dönemde insanların sayısının yüz binlerden, sadece 10.000'e kadar düştüğü düşünülmektedir. Her ne kadar bu hipoteze uyumsuz olan bazı genetik veriler bulunsa da, 2000 yılında yayımlanan bir makalede, en azından Sahra Altı Afrika'da, en azından 100.000 yıl boyunca sadece 2.000 civarında insanın kaldığı genetik verilerle ortaya konmuştur. Bunun ne kadar kritik bir dönem olduğu anlaşılabilir. İncelemelere göre bu ufak popülasyon, Taş Devri'nden itibaren yeniden çoğalmaya ve genişlemeye başlamış, bu ufak popülasyonun gen havuzu diğer popülasyonlar ile karışmıştır. Bu süreç içerisinde Asya'dan, donmuş Bering Boğazı

üzerinden geçerek Amerika'ya göç eden gruplar içerisinden bazıları, küçük kabileler kurarak kendilerini dış dünyadan izole etmişlerdir. Bu küçük gruplar daha sonradan yayılarak, daha büyük popülasyonlar inşa etmişler; ancak dış dünyadan olan kopukluklarını korumuşlardır. Bu kabilelerden biri olan Dunkers kabilesindeki herkesin kan grubu B tipidir. Bunun tek sebebi, kabileyi kuran az miktarda kişinin kan grubunun B olması ve bunun, bir rastlantı eseri bu şekilde denk gelmesidir. Kabileyi kuranlar kan gruplarına göre ayrılmamışlardır ki bu yüzden genetik sürüklenmede yüksek bir rastlantısallık faktörü bulunmaktadır.

Konuyla ilgili bir diğer örneği dilimizde Avrupa Bizonu ya da Yaban Öküzü olarak bilinen *Bos primigenius* türünden verebilirim. Aslında her evcilleştirme sürecinde ciddi bir genetik sürüklenme etkisi görmek mümkündür. Bizonların başından geçen de bu olmuştur. Avrupa Bizonu'nun evcilleştirilmesi sırasında, bu işlemi nesiller boyunca sürdüren çiftçilerin elinde çok küçük popülasyonlar bulunmaktaydı. Dolayısıyla bu küçük popülasyonların kendi içerisinde çoğaltılması, genetik sürüklenmeye de davetiye çıkarmış olmaktadır. Orta İtalya'daki popülasyonlar üzerinde yapılan analizler, bu evcilleştirme süreci sırasında elde edilen tüm popülasyonların, küçük bir bizon popülasyonuna dayandığını, yani bir darboğaz etkisine uğradığını göstermektedir. Bu büyük popülasyonları kurmak için şans eseri ve rastgele elde edilen ilk bireyler ve onların genleri, evcilleşecek bireylerin gen havuzunu oluşturmuştur. En nihayetinde evcilleştirme işlemini başlatacak olan insanlar, gen analizi yaparak bu tercihleri yapmamışlardır. Rastgele, o sırada önlerine çıkan bizonları zapt ederek evcilleştirme sürecini başlatmışlardır. İşte çeşitlilik, bu şans faktörüne bağlı olarak belirlenmiştir.

Genetik Sürüklenme ile ilgili olarak söylemem gereken son nokta ise, evrime olan katkısının ve bir mekanizma olarak gücünün, popülasyonun büyüklüğü ile doğrudan ilişkili olduğudur. Bunu hem az önce verdiğim örneklerden, hem de bilgisayar analizlerinden görmek mümkündür. Örneğin bir popülasyon içerisinde, eşit frekansa sahip genleri (daha doğrusu alelleri, bir genin farklı versiyonlarını) doğal

hallerine bırakarak zaman içerisinde nasıl değiştiklerini yazılımlar aracılığıyla gözleyebiliriz. Eğer ki genetik sürüklenmenin etkisi, başlangıçta 20 bireye sahip bir popülasyon ile gözlenecek olursa, daha 10 nesil geçmeden bazı alellerin tamamen şans eseri popülasyon içerisinde %100 sabitlendiği, bazılarının ise tamamen yok olduğu gözlenecektir. Eğer aynı sürüklenme etkisini 200 bireylik bir popülasyonda gözleyecek olursak, yine şans faktörüne bağlı olarak dalgalanmalar görürüz, ancak 50 nesil geçse bile halen hiçbir alel %100 sabitlenmeye ulaşmaz ya da popülasyondan tamamen silinmez. Eğer ki başlangıç popülasyonumuz 2000 bireyden oluşacak olursa, 50 nesil sonunda alel frekanslarının (popülasyon içerisinde bulunma sıklıklarının) neredeyse hiç değişmediğini görürüz (eğer ki simülasyonumuzda sadece genetik sürüklenmenin etkisi varsa). Bunun en temel sebebi şudur: popülasyon büyüdükçe, şansa bağlı olarak sürüklenecek genleri etkileyen faktörlerin zıt etkileri birbirini dengeleyecektir. Bir popülasyon ne kadar küçükse, şans faktörünün alelleri sürükleme gücü o kadar yüksek olacaktır. Çünkü az sayıda bireyin şansa bağlı faktörlerden etkilenme ihtimali daha fazladır. Üzerinde biraz düşündüğünüzde, genetik sürüklenmenin küçük popülasyonlar üzerindeki çeşitlilik yaratıcı, hatta doğrudan evrime neden olan etkisini anlayacağınızdan eminim. Başta da dediğim gibi, genetik sürüklenmenin, daha doğrusu belli bir düzeni olmayan şans faktörünün popülasyonlar üzerindeki etkisini anlamak ilk etapta biraz zorlayıcıdır. Fakat örnekler üzerinden düşündüğünüzde, kısa sürede bunu kavrayacağınızı düşünüyorum.

Mutasyonlar

Gerek kromozom çaprazlanması sürecinde, gerek göçler sonucundaki üreme sırasındaki gen karışımından ötürü, gerekse de genetik sürüklenme sebebiyle canlıların niteliklerinin nesiller içerisinde yeni çeşitler (varyasyonlar) yaratabileceğini anladıysak, şimdi de genlerin kombinasyon açısından değil ama, tekil olarak nasıl değişebileceğine bir göz atalım. Bunun için, halk arasında en yaygın şekilde bilinen Çeşitlilik Mekanizması olan **Mutasyonlar**'dan bahsetmekte

fayda var. Mutasyonları meşhur yapan muhtemelen yüksek rastlantısallık faktörleridir, çünkü Evrimsel Biyoloji'yi çarpıtmak isteyen kaynaklar mutasyonların yüksek rastlantısallık özelliğini ön plana çıkararak her şeyin rastgele, karman çorman bir şekilde var olduğunu iddia ettiğimizi sanmanızı isterler. Elbette ki bu, yine çarpık bir zihniyetin sancılı bir yanılgısından ibarettir. Örneğin Genetik Sürüklenme de eşit derecede şans faktörüne bağlı bir mekanizmadır, hatta mutasyonlardan daha bile rastlantısaldır; ancak evrime karşıt kişilerden bu mekanizmayı pek duymayız. Sanıyorum ki bunun sebebi genetik sürüklenmenin tam olarak nasıl çalıştığını kendilerinin de anlamamış olması, evrim hakkında bu kadar donanıma sahip olmamalarıdır. Anlasalar, eminim ki evrimin bu mekanizmasını, memnuniyetle evrime karşı bir "silah" olarak kullanmaktan çekinmeyeceklerdir. Tıpkı mutasyonları kullandıkları gibi... Doğada belli oranlarda rastlantı her zaman vardır; Evrimsel Biyoloji'de de, doğada ne kadar rastlantı varsa, o kadar rastlantı bulunmaktadır.

Etrafımızda bulunan kimyasallar ve radyoaktif ışınlar sürekli olarak ve rastgele bir biçimde genetik yapımızı değiştirmektedir. Anlık olarak meydana gelen bu genetik değişimlere mutasyon diyoruz. Hatırlatmakta fayda var: Mutasyonlar, diğer Çeşitlilik Mekanizmalarının da olmadığı gibi, evrimin kendisi değildir; sadece çeşitliliğe katkı sağlarlar! Evrim, bu kitapta bahsedeceğimiz tüm mekanizmaların (ve daha fazlasının) toplamı sonucu oluşan değişimdir, bir süreçtir.

Mutasyonlar, türlerdeki genetik çeşitlilik açısından oldukça değerlidir. Canlı bireylerinin genlerinde, az önce saydığım çevresel etmenlerden ötürü sürekli genetik değişimler meydana gelmektedir. Evrimsel süreç açısından genlerin değişimi ve çeşitliliği her ne kadar faydalı bir unsur olsa da, genlerin rastgele değişimi oldukça tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Bu sebeple evrimsel süreç içerisinde, genlerimizdeki hataları ve mutasyonları düzelten bazı mekanizmalar gelişmiştir. Bu mekanizmaların çalışma biçimi ve mekanizmaların kendilerinin evrimi bile kademeli bir süreçtir. Yani prokaryotik, ilkin yapılı canlılarda bu mekanizmalar çok daha hatalı ve basit işlerken, ökaryotik, yani gelişkin hücre yapılı canlılarda çok daha kapsamlı ve

etkili çalışmaktadır. Ancak ökaryotik canlılarda bile hata payı oldukça yüksektir ve genlerdeki hataları düzelten mekanizmalar sıklıkla hata yapabilir.

Mutasyonların etkisini anlamak için, öncelikle ne sıklıkla gerçekleştiklerine ve gerçekleşen mutasyonların ne sıklıkla tamir edilebildiğine bakmak gerekir. **Mutasyon oranı** olarak bilinen sayılar, bir türün genomundaki tek bir nükleotitte, tek bir nesil içerisinde meydana gelebilecek ve o soy hattında sabitlenebilecek mutasyonların sayısı olarak belirtilmektedir. Bu sayılar genellikle 10^{-5} veya 10^{-8} gibi çok küçük sayılardır. Bunun sebebi, az sonra anlatacağım gibi, canlıların genomlarındaki baz (nükleotit) sayısının milyarlarla ifade ediliyor olmasındandır. Mutasyon oranları, bu milyarlarca baz dizisinden sadece 1 tanesinde meydana gelebilecek ve daha önemlisi tamir edilemeyecek, dolayısıyla sabitlenecek mutasyon oranlarını belirtmektedir. Bu mutasyon oranlarını, canlının genomu içerisindeki baz sayısı ile çarparak, her bir nesilde tek bir bireyin genlerinde kaç mutasyonun sabitlendiğini bulabiliriz. İşte benim burada vereceğim mutasyon oranları, bireyin genomunu (tüm genlerini), bir bütün olarak ilgilendiren sayılardır.

Bu noktada, meydana gelen mutasyon sayısı ile sabitlenen mutasyon sayısı da ayırt edilmelidir. Tek bir gün içerisinde bile, tek bir canlıda milyonlarca mutasyon meydana gelebilir. Örneğin Tom Strachan ve Andrew Read tarafından yazılan, ufuk açıcı bir kitap olan *İnsan Moleküler Genetiği* kitabının 9. bölümünde birçok ilginç sayıya yer verilmektedir. Bunlardan en ilginç ikisi şöyle: ortalama bir insanın ömrü boyunca 10^{16} adet (100 kuantilyon: 10 çarpı katrilyon) mitoz bölünme gerçekleşmektedir. Dolayısıyla yapılan analizlere göre, ortalama bir insanın ömrü boyunca her bir gende 10^{8} ila 10^{10} (100 milyon ila 10 milyar arası) mutasyon meydana gelir. Elbette, düzeltme mekanizmaları sayesinde hücreler, neredeyse her seferinde bu mutasyonları tespit edip düzeltebilmektedir. Ancak bu sayılar, mutasyonların sandığımızdan ne kadar sık hayatımızda yer aldığını göstermektedir. Az sonra anlatacağım gibi, bu mutasyonlar yine sandığımızdan sık

olarak düzeltilemezler ve gelecek nesillere aktarılırlar. İşte bu düzeltilemeyenler, sabitlenen mutasyonlardır.

Canlıların soy hatlarında düzeltilemeyerek sabitlenen mutasyonlar üzerinde yapılan birçok araştırma, bize daha da ilginç veriler sunmaktadır. Bildiğimiz en yüksek mutasyon oranlarını RNA virüslerinde (retrovirüslerde) görürüz. Yaklaşık 10.000 baz dizisinden oluşan ufak genomlara sahip bu "cansız" varlıklardaki mutasyon oranı, gen başına ve nesil başına 0.1 ila 7 mutasyon arasında değişir. Bu ondalıklı sayılar toplam mutasyon sayısı tek bir bireye indirgendiği için çıkmaktadır. Örneğin mutasyon oranı nesil başına 0.1 ise, her 10 nesilde 1 mutasyonun sabitlendiği düşünülebilir. Örneğin, virüslerin dakikalar içerisinde çoğalabildikleri düşünüldüğünde, bu sayıların ne kadar fazla olduğu anlaşılabilir. Günde 10.000 defa bölünebilen bir virüste tek bir gün içerisinde 1.000-70.000 mutasyon sabitlenebilir. Bu da virüslerin aşırı hızlı evrim geçirebilmesinin nedenini açıklamaktadır. Bu yüzden viral hastalıklarla savaşmak çok zordur.

Daha karmaşık, ökaryotik hücre yapısına sahip canlılara bakalım: araştırmalara göre bir *Escherichia coli* bakterisinin her 300 ila 1.000 nesilde 1 mutasyonun kalıcı hale geldiği görülmektedir. Yani uygun koşullarda bulunan bir *E. coli* bakterisinin soy hattında her 6-14 günde 1 mutasyon sabitlenir. Unutmayınız ki *E. coli* tek hücreli bir bakteridir, dolayısıyla genomu ve mutasyon oranları oldukça sınırlıdır. Belki de her nesilde milyonlarca mutasyon meydana gelir, ancak tıpkı insanda olduğu gibi bunların büyük bir kısmı tamir edilebilmektedir. Tamir edilemeyenler ise gelecek nesillere aktarılır ve çeşitliliğe katkı sağlar. Peki ya durum çok hücreli canlılarda nasıldır? *Nature Genetics* dergisinde 1998 yılında yayımlanan bir makaleye göre, her bir eşeyli üreme arasında her bir insanda 0.04-0.16 arasında mutasyon sabitlenmektedir. Bir diğer deyişle, modern çağda her beş nesilde bir defa, 1 adet mutasyon her bir bireyin soy hattında sabitlenmektedir. Üstelik bu hesaba üreme hücrelerinin üretilmesi için gereken bölünme sayısı da dâhil edilmelidir: 30 yaşından genç bir erkeğin sperm oluşumu öncesi vücudunda meydana gelen bölünme sayısı 400 civarındadır. Bu durumda, her bir erkeğin, her bir sperm hücresinin or-

talama olarak 1.6-6.4 arasında mutasyon taşıdığı söylenebilir (benzer bir durum dişiler için de geçerlidir). Toronto Üniversitesi Biyokimya Profesörü Dr. Laurance Moran'ın 2013 yılında yaptığı detaylı bir analize göreyse her bir insan neslinde, her bir bireyde toplamda (tüm hücrelerinde) 56-160 arasında mutasyon sabitlenmektedir. (Şimdilik) 7 milyar insandan oluşan popülasyonun üremesi düşünülürse, mutasyonların çeşitliliğe katkısı anlaşılacaktır.

Benzer şekilde, az önce bahsettiğim mutasyon oranlarının popülasyondaki birey sayısıyla çarpılması gerekmektedir. Örneğin tipik bir *E. coli* bakterisi kültürü içerisinde her bir mililitre içerisinde 100 milyon bakteri bulunur. Yani bir ufak şişe su hacmindeki *E. coli* kültürü içerisinde 50 trilyon bakteri bulunacaktır. Bunların 20 dakikada bir bölündüğü düşünülürse, nasıl bir mutasyon birikim hızından bahsettiğimiz anlaşılabilecektir. Sanıyorum ki bu örnekler, mutasyon oranlarının nasıl kullanılabileceğine ve türlerde mutasyonların ne kadar sık sabitlendiği konusunda bir fikir verecek, çeşitliliğe neden bu kadar fazla katkı sağladığını anlamanıza yardımcı olacaktır. Her ne kadar farklı araştırmalar farklı sayılar verse de, hepsi mutasyonların canlılarda ne kadar yaygın olduğunu göstermektedir ve sayısal farklılıklar kabul edilebilir aralıktadır. Kitabımın bu kısmından alınması gereken ders, mutasyonlardan o kadar da korkmamamız gerektiğidir. Siz bu satırları okurken, ben bu satırları yazarken vücutlarımızdaki hücrelerde sürekli hatalar meydana geldiği ve bunların çoğu zaman düzeltildiğidir. Düzeltilemeyenler de, az sonra detaylarına değineceğim gibi, neredeyse hiçbir zaman ekstra kafa, fazladan kol falan çıkarmazlar. Bunlar hayal ürünüdür, evrimsel biyoloji ile alakası yoktur. Bunu söyledikten sonra, mutasyonların fayda-zarar sağlama durumlarına göz atabiliriz.

Popüler kültür içerisinde mutasyonların tamamının zararlı olduğuna dair saplantılı bir kanı yaratılmaya çalışılmaktadır. Eğer ki burada bahsettiğim kadar sıklıkla mutasyon meydana geliyorsa ve bu mutasyonlar evrim karşıtlarının iddia ettiği kadar zararlıysa, ortalıkta hiçbir canlının kalmaması gerekirdi. Fakat açıktır ki gördüğümüz bu değildir. Zaten son 50 yılda yapılan bilimsel araştırmalar, bize mu-

tasyonların yarar/zarar durumlarıyla ilgili oldukça net ve evrim karşıtlarının iddialarına taban tabana zıt sonuçlar vermektedir. Evrimsel Biyoloji'nin matematiksel analizlerle bütünleşmesi, günümüzde birçok biyolojik kuramın matematiksel ifadesini mümkün kılmıştır. Buna değinmeden önce, mutasyonların faydalı mı, yoksa zararlı mı etkileri olduğuna dair konuya genel bir bakış atalım:

"Fayda" ve "zarar" sözcükleri, durumdan duruma, canlıdan canlıya, zamandan zamana değişebileceği için son derece tehlikeli sözcüklerdir. Örneğin, vücudunuzun savunma sisteminden ötürü bir bakteriye karşı tam koruma altında olduğunuzu düşünelim. Bu bakteride meydana gelebilecek mutasyonlar sonucu, sizin savunma sisteminizden kurtulmanın bir yolunu bulan varyasyonlar meydana gelebilecektir. Bunların Doğal Seçilim ile desteklenmesi sonucunda, vücudunuz kolayca bakteriye esir olabilecek ve ölüme kadar giden bir zincir başlatılabilecektir. Şimdi soru şudur: Bu mutasyon, faydalı mıdır, zararlı mı? Açıktır ki, mutasyon bakteri açısından son derece faydalıdır; çünkü yayılıp üremesini sağlamış, yepyeni bir konağa yayılmasına yardımcı olmuştur. İnsan içinse son derece zararlıdır; çünkü insanı ölüme götürebilecek bir zinciri başlatmıştır. Yani mutasyonlara tek açıdan bakmak mümkün değildir. Mutlaka geniş bir açıdan, mutasyonun meydana geldiği canlı, etkilenen diğer canlı, zaman, koşullar gibi durumlar göz önüne alınarak incelenmelidir.

Ancak genel kullanıma uygun olarak, mutasyonun faydalı olmasının, meydana geldiği canlının (herhangi bir canlı olabilir) hayatta kalma veya üreme başarısına olumlu etki sağladığını varsayacağım. Zararlıların etkisi ise tam tersi olacak. Yine de bir üst paragraftaki açıklamamı unutmamakta fayda vardır.

Prof. Dr. Motoo Kimura, yaptığı matematiksel analizler sonucunda, 1968 yılında mutasyonların yarar-zarar dengesiyle ilgili en net ve bilimsel açıklamalara ulaşmıştır. Bu açıklama, mutasyonlarla ilgili şaşırtıcı bir gerçeği, insanlığın yüzüne vurmaktadır.

Kimura'nın yaptığı analizler ve bundan yola çıkarak yapılan güncel çalışmalar bizlere göstermiştir ki, canlılarda meydana gelen mutasyonların çok büyük bir kısmı (günümüz analizlerine göre %70-

90'ı) etkisiz mutasyonlardır. Yani mutasyonun meydana geldiği dönem ve bu dönemden sonra, belirli bir ortam değişimi olana kadar geçen dönemde herhangi bir **fayda ya da zarar sağlamazlar.** Nötr mutasyonlardan geriye kalan mutasyonların (%10-30'luk dilim) büyük bir kısmı zararlıdır ve popülasyondan derhal elenir (bu mutasyona sahip canlılar kısa sürede ölür). Ancak geriye kalan bu dilimin küçük bir kısmı da (genelde %1-10 olarak ifade edilir) doğrudan faydalı etkilere sebep olabilir. Yani mutasyonların fayda-zarar dağılımında en büyük pay, etkisiz mutasyonlarındır. Tabii ki bu oranlar her tür için aynı değildir; ancak bir ortalama alındığında bu değerlere ulaşılmaktadır. Bazı sayılar vereyim: 1999 yılındaki bir çalışmaya göre, insanda her bir nesilde meydana gelen 128 mutasyondan ortalamada 1.3 tanesi zararlıdır. Geri kalanları nötr veya nötre yakın faydalı mutasyonlardır. 2000 yılında yapılan bir çalışmaya göre, insanların her bir neslinde meydana gelen 175 farklı mutasyonun sadece 3 tanesi zararlıdır, geri kalanları ise nötrdür. Aynı durum meyve sineklerinde de (*Drosophila melanogaster*) geçerlidir. 2007 tarihli bir çalışmaya göre her nesilde meydana gelen 37 mutasyondan ortalama sadece 1.2 tanesi zararlıdır. Zaten evrimsel süreçte bu sebeple silinme tipi mutasyonlara karşı mekanizmalar evrimleştiği düşünülmektedir. Yine 2007 tarihli bir araştırmaya göre meyve sineklerindeki tüm mutasyonların %58'i nötrdür. Bu çerçevede, halk arasında çok yaygın olarak yapılan bir hata olmasından ötürü kitabımın **sekizinci değişim noktası**nı mutasyonlara ayırmak istiyorum: **mutasyonların çoğu zararlı değildir; çok büyük bir kısmı nötr (etkisiz) ya da nötre yakın etkilidir, dolayısıyla ani değişimler yaratmaz. Bunlar genellikle uzun vadede, kademeli etki göstererek türe fayda sağlayabilirler.** Geriye kalan ve ani değişimler yaratabilen daha az sayıdaki **mutasyonların büyük bir kısmı zararlıdır, ufak bir kısmı ise faydalıdır.**

Peki bu durumda, mutasyonların geneline baktığımızda, büyük bir kısmı kaplayan nötral mutasyonların etkisi nedir? İşte bu etki, yukarıda açıkladığım gibi ortama, zamana, canlıya ve bakış açısına göre değişebilmektedir. Bir canlı için faydalı sonuçlar doğuran bir mutasyon, bir diğer canlı için olumsuz etkili olabilir. Daha önemli-

si, belli bir dönemde nötr olan mutasyon, çevrenin değişimi ve başka mutasyonların etkisiyle olumlu veya olumsuz bir etki yaratabilir. Böylece anlık değişimler olan mutasyonların etkisi yavaşlatılmış ve uzun bir değişim sürecine yayılmış olur. Çevre değişimi süresince bu mutasyonun etkisi adaptif ve yavaş olarak çıkar, canlıya zarar vermez. Ya da evrim tarihinde ve uzun dönemli laboratuvar araştırmalarında sıklıkla gördüğümüz üzere, nötral olan bir mutasyon bir diğer nötral mutasyon ile (ve hatta bazen daha fazlasıyla) bir araya gelerek evrimsel değişime katkı sağlayabilir. Bu durumda da sıçramalı bir değişim yerine, kademeli ve canlının adapte olabileceği bir süreçte değişim gözlenir. Bu da mutasyonların zararlı etkilerini hiçe ya da çok aza indirgemektedir. Bunların anlaşılması, mutasyonların yarar/zarar durumunun anlaşılması ve genel olarak mutasyonların etkilerinin değerlendirilmesi açısından son derece önemlidir.

Mutasyonların çoğunun zararlı olduğuna yönelik yanlış anlaşılma, bilimsel dergilerdeki makalelerin düzgün okunmamasından, bazı çevrelerce çarpıtılmasından ve insanların mutasyonlara olan önyargısından kaynaklanmaktadır. Yapılan bir araştırmada, *Drosophila melanogaster* isimli meyve sineğinde meydana gelen mutasyonların, protein yapısını değiştirmeleri ve bu değişimin nötral etkiye sahip olmaması durumunda, meydana gelen mutasyonların %70 ihtimalle zararlı etkilere sebep olduğunu ortaya koymaktadır. Burada bilimden uzak kimselerin düştüğü tuzak, makalenin düzgün okunmamasından kaynaklanmaktadır. Altı çizili yerlere dikkat edilecek olursa, nötral olmayan mutasyonların büyük bir kısmının zararlı olduğundan bahsedilmektedir; genel olarak mutasyonların tamamından değil. Üstelik bu veri türden türe değişebilmektedir. Örneğin maya mantarında meydana gelen nötral-dışı mutasyonların sadece %7'si zararlıdır. Dolayısıyla "*Mutasyonların çoğu zararlıdır*" önermesi **yanlıştır** çünkü birçok türden elde edilen veriler sonucu geliştirilen matematiksel hesaplamaların ispatladığı şekliyle, mutasyonların çoğu **nötraldir.** "*Nötral olmayan mutasyonların çoğu zararlıdır*" önermesi bile koşullu olarak yanlıştır çünkü canlıdan canlıya bu oran olduk-

ça değişmektedir. Uzun lafın kısası, böyle bir genellemeye kalkışmak hatalı olacaktır.

Doğada, mutasyonlardan kaynaklı çeşitlilik artışına yönelik sayısız örnek mümkündür. Burada anlamamız gereken en önemli nokta, mutasyonların evrime katkısının çoğunlukla karşımıza çıkan etkisiz mutasyonlar üzerinden olmasıdır. Bunlar, her ne kadar "etkisiz" olarak adlandırılsa da, evrimsel sürece çeşitli şekillerde etki ederler. "Etkisiz" denmesinin sebebi, mutasyonun meydana geldiği canlı üzerinde ani bir değişim yaratmaması veya evrimsel uyum başarısını değiştirmemesidir. Ancak nesiller içerisinde bu mutasyonlar yavrulara aktarıldığında ve bu yavrularda da başka etkisiz mutasyonlar meydana geldiğinde, bu birkaç etkisiz mutasyon ilerleyen nesillerde bir araya gelebilir ve bunların bir araya gelmesi sonucu oluşan yavrularda, atalarında olmayan özellikler ortaya çıkmaya başlayabilir. Unutmayın ki genellikle özelliklerimizi belirleyenler tekil genler değil, gen gruplarının ortaklaşa etkisidir. Bu sebeple, farklı noktalardaki nötr mutasyonlar bir araya geldiğinde, beklenmedik sonuçlar doğurabilir. Dolayısıyla mutasyonlar, aslında düşünüldüğü kadar hızlı etki etmeyen, uzun vadede evrimsel sürece önemli katkılar sağlayan, yavaş bir Çeşitlilik Mekanizmasıdır. Halk arasındaki çarpık mutasyon anlayışı ise, fazla Marvel çizgi romanı okuyup, aşırı X-Men çizgi filmleri izlemekten kaynaklanmaktadır; bilimsel bir arka planı yoktur!

Mutasyonların türe fayda sağlamasının bir diğer yolu da *nötre yakın mutasyonlar* olarak bilinen mutasyon tipleridir. Kimura'nın Nötral Teorisi'nden yola çıkan Tomoko Ohta, 1973 senesinde Moleküler Evrim'in Neredeyse Nötral Teorisi ismiyle bir teori ileri sürmüştür. Bu teoriye göre türlerin genlerinin değişiminden sorumlu olan başlıca unsurlar, ne zararlı, ne yararlı, ne de nötr olan mutasyonlardır. Değişimi sağlayan, nötre yakın mutasyonlardır. Yani bu mutasyonlar tam olarak etkisiz değildir, canlının uyum başarısını azıcık da olsa etkiler. Bu ufacık etki, uzun vadede ve birden fazla nötre yakın mutasyonun bir araya gelmesi ve sonucun sürekli olarak seçilmesiyle ciddi anlamda değişimler yaratabilir. Bu teori sayesinde evrimin mutasyonlar ile genetik sürüklenme mekanizmaları birbiriyle ilişki-

lendirilebilmiştir (tıpkı fizikte Genel Görelilik Teorisi ile Kuantum Teorisi'nin birleştirilmeye çalışılması gibi).

Mutasyonların tür içi çeşitliliğe katkısına dair o kadar fazla örnek vardır ki, sadece bununla ilgili ciltlerce kitap yazılabilir. Bunun sebebi, mutasyonların nötral etkisinden ötürü, farklı kombinasyonların hiç beklenmedik çeşitliliğin var olmasına katkı sağlayabilmesidir. Örnek verecek olursak, *Science* dergisinde Eylül 2008'de yayınlanan bir makaleye göre köpeklerin 17. kromozomu üzerinde bulunan *FOXI3* isimli bir genin 7 farklı noktada mutasyona uğraması, günümüzdeki kılsız köpeklerin var olmasına neden olmaktadır. Görüldüğü üzere birden fazla mutasyon bir araya gelerek bir değişim yaratmaktadır. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta şudur: Elde edilen bir genetik çeşitliliktir, varyasyondur. Bu yeni özelliğin faydalı, zararlı veya nötr olmasına ancak çevresel etmenler ve bunlar sonucu oluşan seçilim süreçleri karar verecektir. Bu sebeple evrim karşıtlarının "*Varyasyonlar evrim değildir*" iddiası doğrudur. Tabii ki onların bu söylemi art niyetlidir; fakat bu bölümde anlattığım çeşitlilik mekanizmalarının hiçbirinin evrime tek başına neden olamayacağı da anlaşılmalıdır. Bu mekanizmalar çeşitlilik (varyasyon) yaratır, evet. Ancak evrim, yalnızca bu çeşitliliğin seçilmesi sonucu olur ki bu mekanizmalara ilerleyen bölümlerde tüm detaylarıyla değineceğim.

Bir diğer örnek, *E. coli* bakterisindeki beta galaktosit geninde meydana gelen bir faydalı mutasyondur. Normalde *E. coli* bakterisi, laktozu sindiremeyen bir bakteridir ve glikoz ile beslenmek zorundadır. Ancak Boston Üniversitesi'nden Prof. Dr. John Cairns ve ekip arkadaşlarının yaptıkları araştırma sonucu, bahsettiğim bu gende meydana gelen bir mutasyon, bakterinin laktozu sindirebilmesini sağlamıştır. Bu sayede mutant *E. coli* bireyleri, süt şekeri olarak bilinen laktozu sindirerek daha kolay enerji kaynağı bulabilirler ve bunu yapamayan türdeşlerine göre avantajlı bir konuma geçmiş olurlar.

Mutasyonların kuşkusuz en bilinen örneği insan bağışıklık yetmezliği virüsüne (HIV) karşı bazı popülasyonların direnç kazanmasını sağlayan, *CCR5* geni üzerinde meydana gelen 32 adet silinme tipi mutasyondur. Evet, yanlış okumadınız! Bir gen üzerindeki tam

32 nükleotiti silen bir mutasyon HIV'e karşı direnç kazanmamızı sağlamaktadır. Bu mutant gene sahip bireylerin hücrelerine HIV girememektedir, dolayısıyla AIDS oluşmamaktadır. Bu mutant geni homozigot baskın olarak taşıyan bireylerde, yani genin iki baskın alelini taşıyan bireylerde HIV neredeyse hiç görülmez. Heterozigotlarda, yani genin sadece 1 adet baskın kopyasını taşıyan bireylerde ise HIV'in neden olduğu AIDS belirtileri gecikmeli olarak gözükür. Şu anda Avrupa'daki insanların %9'unda bu mutasyon bulunmaktadır. Asya ve Afrika'da ise bu mutasyona hiç rastlanmaz. Belli bir grupta bu mutasyonun bu kadar fazla bulunmasının nedeni tam olarak bilinmemektedir; ancak evrimsel süreçte hıyarcıklı veba ya da çiçek hastalığı gibi çeşitli hastalıkların etkisiyle bu mutasyonun oluşmuş olabileceği üzerinde durulmaktadır. Bir diğer olasılık ise, önceki sayfalarda bahsettiğim genetik sürüklenmedir.

Örnekleri sayısız olarak arttırmak mümkündür: Orak hücre anemisine neden olan mutasyonun sıtma gibi çok daha ölümcül bir hastalığa direnç kazandırması, *E. coli* bakterilerinde farklı sıcaklıklara adaptasyon deneylerindeki faydalı mutasyonlar, *Chlamydomonas* cinsi fotosentetik alglerin birkaç yüz nesil içinde faydalı mutasyonların seçilimi sayesinde karanlık ortamlara adapte olacak şekilde evrim geçirmeleri, aynı tür alglerin filtrelenmesi sırasında büyük olmalarına neden olan mutasyonların seçilimi sonucunda 40 nesil içerisinde 2 kat büyük hücrelerin evrimleşmesi, *Saccharomyces cerevisiae* türü maya mantarlarında 180 nesilde meydana gelen mutasyonlar sayesinde permeaz enziminin değişerek fosfatı sindirebilecek popülasyonların evrimi, tüm bakterilerde görülebilen antibiyotik direnci, tarım zararlılarında DDT gibi ilaçlara karşı direnç, Hudson Nehri'nde bulunan *Microgadus tomcod* türü Atlantik tomkot balıklarında mutasyonlara bağlı olarak gözlenen poliklorinatlı bifenil (PCB) direnci, verem mikrobu olan *Mycobacterium tuberculosis* türünde GidB geninde meydana gelen mutasyonlara bağlı olarak 16 kata varan antibiyotik direnci akla gelebilecek yüzlerce örnekten sadece birkaçıdır. Ancak mutasyonlar hakkındaki bu açıklamalarım yeterli olacaktır diye düşünüyorum.

Toparlamak gerekirse, mutasyonlar evrimin en önemli mekanizmalarından birisidir; ancak en önemlisi değildir, tek mekanizması da değildir. Mutasyonlar olmasaydı muhtemelen günümüzdeki çeşitliliğin var olması imkânsız olacaktı; bu sebeple mutasyonlar birçok araştırmacı tarafından "çeşitliliğin nihai kaynağı" olarak kabul edilir. Ancak etkileri abartılarak evrimin yegâne unsuru haline getirilmeleri büyük bir hata ve ayıp olacaktır. Daha fazla uzatmadan, ilginç bir diğer mekanizmaya geçelim.

Transpozonlar

Transpozonlar, genetik materyalimizde bulunan, zaman zaman, durup dururken kromozomlar üzerinde bulunduğu bölgeden bir diğer bölgeye sıçrayabilen DNA dizilimleridir. Transpozonal Sıçramalar, transpozonal bölgelerin önce kendilerini kopyalayıp, sonra bu kopyaların sıçraması şeklinde olabileceği gibi (bilgisayardaki "Kopyala/Yapıştır" işlemi gibi düşünebilirsiniz); gen parçalarının olduğu gibi, bulundukları yerden koparak yeni bir yere yerleşmeleri şeklinde de olabilir (bilgisayardaki "Kes/Yapıştır" işlemi gibi düşünebilirsiniz). Tahmin edebileceğiniz üzere, genlerimizdeki parçaların rastlantısal olarak yer değiştirmeleri, genlerimizin sürekli karışması anlamına gelmektedir ve çeşitliliğe büyük oranda katkı sağlamaktadır. Yapılan araştırmalar, 100 milyondan biraz fazla baz çiftine ve 21.000 civarında gene sahip olan *Caenorhabditis elegans* türü toprak solucanlarının genlerinin %13'ünün bu şekilde sıçrayan gen parçalarından oluştuğunu göstermektedir. 3 milyar baz çiftine ve yine 21.000 civarında gene sahip olan *Homo sapiens* (insan) türünün genlerinin de %40'ının transpozonlardan oluştuğu keşfedilmiştir. Bu oran, mısır ve buğday gibi zirai bitkilere bakıldığında %50-90 arasına ulaşabilmektedir. Bu sayıların büyüklüğü oldukça açıktır. Genlerinin büyük bir kısmı kromozomlar üzerinde hareket eden bir canlının, gelecek nesillere her seferinde farklı gen kombinasyonları aktarması ve bu sayede çeşitliliği arttırması kaçınılmazdır. Üstelik bu sıçrayan parçacıklar sadece kendi yerlerini değiştirmezler; aynı zamanda değişimleri sırasında yapıştıkları bölgedeki diğer genleri de koparak, farklı

bir bölgeye taşıyabilirler. İşte bu sebeple, hiçbir mutasyon ya da başka bir etken olmaksızın da genlerimiz değişebilmektedir.

Transpozonlardaki değişimler ve sıçramalar sırasında bunlara yapışan genlerin analizi, evrimsel sürecin nasıl gerçekleştiği hakkında önemli bilgiler vermektedir. Pek çok türde, yüzlerce farklı transpozonal gen keşfedilmiştir. Bunların hepsine burada girmenin anlamı olmayacaktır. Ancak bir fikir vermesi adına, *Zea mays* (mısır) türünde Ac/Dc transpozonları; *Drosophila melanogaster* (meyve sineği) türünde P elementleri ve Mariner-benzeri elementler; *Homo sapiens* (modern, düşünen insan) türünde *Alu* dizilimleri; Mu fajının kendisi; *Saccharomyces ceravisiae* (maya mantarı) türünde Ty1, Ty2, Ty3, Ty4 ve Ty5 transpozonları bunlara birkaç örnektir. Örneğin insanın transpozonlarından en meşhuru olan *Alu* dizilimi isimli yapının sıçrama hareketi, evrimsel süreç içerisindeki birçok hastalığın (hemofili, nörofibramatoz, diyabet, vb.) ve kanser türünün (meme kanseri, akciğer kanseri, mide kanseri, vb.) oluşmasından doğrudan veya dolaylı olarak sorumludur. Yine de bu yapının analizleri sayesinde, insanların primatlar içerisindeki evrimini gösteren çok değerli verilere ulaşılabilmektedir. Transpozonlardaki değişimler ve türler arası benzerlik/farklılık analizleri, evrimsel süreci destekleyen ve netleştiren sonuçlar vermektedir.

Transpozonların evrimsel süreçte nasıl oluştukları hâlâ bir merak konusudur; ancak gün geçtikçe çözülmektedir. Yapılan araştırmalara göre, transpozonların tıpkı retrovirüsler gibi, tüm canlıların ortak atası olan koaservatlardan itibaren var oldukları düşünülmektedir. Kimi bilim insanı ise, en baştan beri var olan bu yapıların, evrimsel süreçte bağımsız olarak birkaç defa daha evrimleştiğini düşünmektedir. Çoğu transpozon, bilim insanları tarafından "bencil DNA parazitleri" olarak değerlendirilmektedir. Yani transpozonlar, DNA'yı kullanarak kendilerini çoğaltırlar ve hücrenin kaynaklarını kullanırlar; ancak çoğu zaman bulundukları hücreye zarar verirler. Öte yandan çok güçlü bir varyasyon yaratıcısıdırlar. Transpozonların etkisi gün geçtikçe daha iyi anlaşılmaktadır. 2012'de yayımlanan bir *Science* makalesinde dikkat çekildiği üzere, transpozonların "parazit" olarak

kategorize edilmemesi gerektiğini savunan bilim insanlarının sayısının arttığı görülmektedir. Makalede, transpozonların bu sıçramaları sırasında genetik çeşitliliğe ciddi anlamda katkı sağladığı, özellikle bitkilerdeki genetik çeşitliliğin başlıca sorumlularından birinin transpozonlar olduğu açıklanmaktadır.

İlginç bir şekilde, doğada bazı canlılar, özellikle de bazı bakteriler, transpozonların genomlarını bozmalarını engelleyecek bazı mekanizmalar evrimleştirmişlerdir. Örneğin birçok canlı, RNAi (RNA Interference) isimli bir gen ifadesi baskılama yöntemi sayesinde sıçrayan transpozonlara engel olurlar. İnsan genomundaki transpozonların bir kısmı uyku halindedir ve hücrenin salgıladığı enzimler sayesinde hareket etmeleri engellenir. Bilimde buna "Uyuyan Güzel transpozon sistemi" denmektedir. Ne var ki, insan da dahil olmak üzere her canlı evrim geçirdiği için, kimi durumda bu "uyuyan" transpozonlar uyanmakta ve yeniden aktif olmaktadır. Örneğin insanda Tc1/mariner-benzeri transpozonunun milyonlarca yıllık bir uykudan sonra yeniden aktif olduğu keşfedilmiştir.

Transpozonların faydalı evrimsel değişmelere yol açtığını gösteren en güçlü deneyler arasında Lenski ve arkadaşlarının uzun dönemli *E. coli* deneylerini sayabilirim. Lenski ve arkadaşları 1 bakteri hücresinden kurulan 12 popülasyonu laboratuvar ortamında evrimleşmeye yönelttiler. Yıllar sonra yapılan bir analizde, 12 popülasyonun da riboz şekerini sindirme yeteneğini ciddi oranda kaybettiğini gözlemlediler. Atasal hücreler, -80 derecede saklandığı yerden yıllar sonra çıkarıldı ve onların riboz şekerini sindirme hususunda başarılı oldukları ispatlandı. Dolayısıyla riboz sindirimi, nesiller içerisinde körelerek, evrimsel süreçte yok olmuştu. Bunun sebebini bulmak için bakterilerin riboz sindiren enzimleri üreten Ribose operonlarının DNA incelemesini yapan Lenski ve ekibi, bütün hepsinin sorumlu genlerinde büyük miktarda silinmeler tespit ettiler. Bunun sebebi ya mutasyonlardı ya da transpozonlar... Öncelikle mutasyon olasılığı üzerinde durdular: yaptıkları incelemede, riboz operonunu yitirenlerin daha hızlı ürediği ve popülasyon içinde bu avantajlı bireylerin sayısının kısa sürede arttığı görüldü. Yani ortada bir faydalı mutasyon

durumu söz konusuydu. Ancak halen bu mutasyonları her seferinde tetikleyen unsuru keşfedememişlerdi. Bu yüzden transpozonları incelemeye başladılar. Kısa sürede, riboz operonunu silen mutasyonların hepsinin IS isimli bir transpozonal genin (bir genetik eklemenin) yanında durduğunu fark ettiler. Daha sonradan evrimlerini gözledikleri bakterilerin atasal popülasyonlarını inceleyen Lenski ve ekibi, bu transpozona bağlı olarak meydana gelen mutasyonlara sahip bakterilerin üreme hızının %2 dolaylarında arttığını ve bu transpozonal sıçramanın yaklaşık 2000 nesilde ortaya çıktığını gördüler. Yani transpozonlar, mutasyonlar ile karşılıklı bir etkileşim halinde çeşitlilik yaratıyor ve seçilim mekanizmalarına malzeme sunuyordu!

Görülebileceği gibi baskın evrim mekanizmalarından biri olmasa da, transpozonlar da genetik çeşitliliğe ve dolayısıyla evrime katkı sağlayabilen önemli unsurlardır. Çok fazla uzatarak kafa karıştırmamak adına transpozon konusunu burada bırakacağım ve bir diğer ikincil önemdeki ama yine de etkisi hissedilebilen çeşitlilik mekanizmasına geçeceğim.

Plazmidler

Transpozonlara benzer bir diğer Evrim Mekanizması, **Plazmidler** olarak isimlendirdiğimiz halkasal gen parçalarıdır. Genellikle bakterilerde bulunurlar; ancak çok nadir olarak *Saccharomyces cerevisae* gibi ökaryotik hücrelerde de bulunabilirler (mitokondri ve kloroplast gibi organellerde bulunanlar hariç). 1.000 ila 1.000.000 baz çifti uzunluğu arasında olabilirler. Plazmidler, 1952 yılında Joshua Lederberg tarafından keşfedilmiştir. Plazmidler, ökaryotlarda bulunan doğrusal gen yapısının aksine hücre dışarısında da varlıklarını sürdürebilirler ve kimi zaman, diğer canlıların hücre yapılarına katılıp genlerine yapışarak kendilerindeki bilgiyi onlara aktarabilirler. Böylece bir hücre, kendisinde daha önceden bulunmayan genleri dışarıdan gelen genlerdeki bilgilerle edinebilir veya kendi yapısında bulunan bilgiler, bu genlerin katılımı sebebiyle bozulabilir. Bu sürekli gen aktarımı süreci, çeşitliliğin aktif olarak artmasını sağlar. Plazmidler aracılığıyla kaza-

nılan bu genler, gelecek nesillerde değişimlere sebep olabilmektedir. Günümüzde de genetik bilimciler, laboratuvar ortamında doğada hiçbir zaman var olmamış canlıları veya canlı özelliklerini plazmidler aracılığıyla yaratabilmektedirler. Basitçe, kendi tasarladıkları plazmidleri başka canlılara enjekte ederek bu canlıların genlerine yapışmasını ve bu sayede genlerini değiştirmesini sağlarlar. Bu noktadan sonra plazmid bulaştırılmış gen, bilim insanlarının istedikleri ürünleri üretir veya onların istediği görevleri gerçekleştirir. Yani Evrimsel Biyoloji sayesinde açığa çıkardığımız mekanizmalar (*doğa gerçekleri*), günümüzde insana fayda sağlamak için kullanılmaktadır. Eskiden çok zor şartlarda üretilen ve çok pahalı olan insülin gibi birçok kimyasal, Evrimsel Biyoloji'nin güçlenmesinden sonra önem kazanan plazmidler sayesinde kolaylıkla üretilebilir hale gelmiş ve oldukça ucuzlamıştır. Öte yandan doğada bulunan plazmid yapıları sebebiyle türlerin genlerinde sürekli değişimler olmakta, dışarıdan edinilen bu genler sebebiyle genetik çeşitlilik sürekli artmaktadır.

Plazmidlerin evrimsel çeşitliliğe katkı sağladığını gösteren en iyi verilerden biri, 2011 yılında *BMC Evolutionary Biology* dergisinde yayımlanan bir makalede, Dr. Fabian Svara ve Dr. Daniel Rankin'in yaptığı bir deneyin sonuçlarından alınmaktadır. Bu deneyde kullanılan plazmidlerin bir kısmı, bakteriyi öldürmek amacıyla kullanılan bir antibiyotiğe karşı dirençliliği sağlayan genleri taşımaktadır; bir kısmı ise bu genlere sahip değildir. Yapılan araştırma sonucunda, bu plazmidlerin birbirleri arasında bir evrimsel mücadeleye girdikleri ve bağışıklık genlerini taşıyan plazmidlerin, daha kolay konak bularak varlıklarını sürdürdüğü ve kendilerindeki genleri, bünyesine girdikleri popülasyona yaydıkları gösterilmiştir. Yani plazmidler, açık bir şekilde genlerin değişiminde ve çeşitlenmesinde rol oynamaktadır.

Plazmidlerin evrime katkısının bir diğer ilgi çekici örneği ise "süper-hızlı bakteri evrimi" olarak bilinen bir süreçtir. Şimdi bu örneğe bakarak plazmidlerin çeşitliliğe ve evrime nasıl katkı sağladığına bir göz atalım: MRSA olarak bilinen metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* türü bakteriler, 2008 yılı itibariyle ABD'de HIV'den daha fazla can almaktadır. MRSA bulaşan insanların derilerinde kabarma

ve yırtılmalar görülmekte, sonrasında da bu yaralar giderek şişerek ölümcül sonuçlara neden olmaktadır. Çoğunlukla bir örümcek ısırığı gibi gözüken ve sonrasında giderek büyüyen yara, iltihaplara da son derece açıktır. Büyüyen yaranın içerisinde apseler de oluşur. MRSA'nın son dönemde bu kadar ön plana çıkmasının tek bir nedeni var: evrim.

MRSA, sadece metisilin içerikli antibiyotiklere değil, aynı zamanda bildiğimiz birçok diğer ilaca karşı da dirençlidir. Bu sebeple de salgınlarının önüne geçmek neredeyse imkânsızdır. Modern MRSA, elbette bir anda, yoktan var olmamıştır. 1940'ların başlarında ilk defa penisilin bakteriyel hastalıkların tedavisinde kullanıldığında, henüz *S. aureus* türü bakterilerin penisiline direnç kazanabileceği ve böyle soy hatlarının evrimleşebileceği bilinmiyordu. Penisilin, uygulandığı anda olumlu sonuçlar veriyordu. Ancak sadece 10 yıl içerisinde, 1950'lerden itibaren *S. aureus* bakterisinden doğan hastalıkları penisilin ile tedavi etmek çok zor bir hal almıştı. 1960'lara geldiğimizde ise neredeyse hiçbir *S. aureus* vakası tedavi edilemez olmuştu. 1961 yılında ilk defa metisilin geliştirildi. Birkaç ay içerisinde *S. aureus* sebepli hastalıklara karşı çok ciddi bir başarı sağlandı. Ancak evrimin de eli armut toplamıyordu: sadece 1 sene içerisinde, metisilin dirençli *S. aureus* soyları (MRSA) tespit edilmeye başlandı. Evrimin, insanın bakterilerin üremesi ve yaşaması üzerine koyduğu çevresel baskıya karşı bakterilerde yeni özellikler geliştirmesi günümüze kadar sürdü. Günümüzdeki MRSA, sadece penisilin ve metisiline karşı değil, aynı zamanda antibakteriyel mücadelenin "son aşaması" olarak kabul edilen vankomisin içerikli antibiyotiklere karşı da direnç kazanacak şekilde evrimleşti. Sıradan bir deri enfeksiyonu problemi, nasıl küresel bir korku kaynağı haline geldi? Her ne kadar medya kaynaklarını dinleyecek olursanız, son zamanlarda "ortaya çıkan" bakterilerin direnç "geliştirdiğini" veya dirençli olmayı "öğrendiğini" duyacak olsanız da, işin dolandırmadan söylenen açık nedeni evrimdir. Günümüzde, medya kaynaklarının bir sözcükten bu kadar korkuyor olması, gülünç olduğu kadar üzücüdür de...

Bunun plazmidlerle alakası nedir? Bakteriler, zaten çok kısa sürede, çok fazla sayıda bölünerek çoğalabilmektedirler. Bu da, onların evrim hızını katlayarak arttırmaktadır. Ama bu evrimi daha da arttıran ufak bir nokta vardır: yatay gen transferi. Bu terimin ne anlama geldiğine, birkaç sayfa sonra geleceğim. Çok kısaca, yatay gen transferinin normalde çiftleşemeyecek, dolayısıyla genleri karışamayacak canlılar arasında plazmidler ve virüsler sayesinde genetik aktarım anlamına geldiğini aklınızda tutmanız yeterli olacaktır.

Normalde, bir bakteri soy hattının ya da genel olarak bir canlı türünün, çevresel bir baskıya karşı direnç geliştirecek şekilde evrimleşmesi için, öncelikle popülasyona konuyla ilgili fayda sağlayacak bir varyasyonun girmesi gerekir, sonra da bunun sürekli seçilimiyle türün değişmesi gerekir. Bu, doğada neredeyse her zaman ve sanılandan çok daha hızlı şekilde gerçekleşebilir. Ancak MRSA gibi bakterilerin evrimleşme hızı, evrimsel süreç açısından "normal" olanın kat kat üzerindedir. Nasıl olur da evrimsel sürecin uzun ve kademeli değişimlerini beklemeksizin bu kadar hızlı bir evrim meydana gelebilir? İşte bunun sebebi, yatay gen transferidir: bakteriler, kendi soy hatlarına –genellikle rastgele mutasyonlar yoluyla– yeni bir varyasyonun girip de sonrasında seçilmesini beklemek zorunda değillerdir. Eğer ki dirençli bir soy hattı bir noktada evrimleştiyse, bu bakterilerin birbirlerine yatay gen transferi yoluyla bu dirençli genleri aktarması çok muhtemeldir. Bu sayede, dirençsiz soy hatları da çok kısa sürede direnç kazanabilecektir. Bu da, evrimin âdeta bir "kısa yol" yöntemidir.

Gerçekten de yapılan tüm araştırmalar, bu tür bir evrimi doğrulamaktadır. Hatta 1992 yılında yapılan bir çalışma, sadece *S. aureus* türünün kendi içerisinde değil, *Enterococcus faecalis* türünden *S. aureus* türüne de vankomisin direncine ait genlerin aktarılabildiğini göstermiştir. *E. faecalis* normalde sindirim kanalında bulunur. Buradaki hastalıkları tedavi etmek için kullanılabilen vankomisine karşı direnç kazanan soy hatları, sadece kendi türünden olan bireylere değil, plazmid etkileşimi sayesinde bambaşka bir bakteri türüne de bu genleri aktarabilmiştir.

Plazmidlere bir diğer örnek olarak mutasyonlarla ortak yarattıkları evrimsel değişimleri verebilirim. Kimi zaman mutasyonların etkilerini anlamak adına plazmidleri inceleyebiliriz. Mutasyonlarla ilgili kısımda birkaç kelimeyle üzerinden geçtiğim gibi tüberküloz mikrobu olan *Mycobacterium tuberculosis* türünde *GidB* geninde meydana gelen silinme tipi mutasyonlar, bakterilerin streptomisin içerikli antibiyotiklere direncini tek bir seferde tam 16 kat arttırmaktadır. Eğer ki ortamda *GidB* genini taşıyan plazmidler bulunuyorsa, bu gen parçaları mutant bakterilerin genomuna girerek silinmiş kısmı tamamlayabilmektedir. Bu durumda, tam da beklendiği gibi, mutantların 16 katlık avantajı bir anda ortadan kalkmaktadır.

Görülebileceği gibi plazmidler, evrimsel sürecin ufak ama yeri geldiğinde önemli olabilen parçalarıdır. Şimdi son çeşitlilik mekanizmasına geçelim ve bu bölümü sonlandıralım.

Virüsler ve Yatay Gen Transferi

Kimi zaman da çok yakından bildiğimiz olgular, Evrim Mekanizması olarak karşımıza çıkabilmektedir. Bunların en iyi örneği **Virüsler**'dir. Virüsler, "cansızlıktan canlılığa geçişin eşiğinde" olarak tanımlanan, teknik olarak cansız olan varlıklardır. Virüsler bilimsel olarak cansızdır; çünkü önceki bölümde izah ettiğim canlılık tanımına uymazlar. Hatırlayacak olursanız bir varlığı, "canlı" olarak tanımlayabilmemiz için kendine ait bir organizasyonu ve aktivitesi (metabolizması) olması gerekmektedir. Virüslerin konak hücrelerin dışındayken belli bir organizasyonları vardır; ancak kendi başlarına hiçbir organizasyon içi aktivitesi (metabolizması) yoktur. Ne zaman ki bir konak hücreye tutunur (bu bizim hücrelerimiz olabildiği gibi bir bakteri, bitki, vs. de olabilir), o zaman içerisinde bulunan genetik materyal aktive olur ve bu konak hücreye geçer. Ancak bu noktadan sonra, bir aktivite görülse de, artık virüsün kendisine ait bir organizasyonu yoktur. Sadece virüs genetik materyali aktiftir ve kendisini dış ortamdan soyutlayan bir zırhı kalmamıştır. Bu sebeple, aynı anda organizasyon ve aktivitesi bir arada bulunmadığından, canlı olarak

sayılmazlar. Bu, gerçekten baş döndürücü bir gerçektir. Çünkü canlılık ile cansızlık arasındaki çizginin ne kadar belirsiz olduğunu bize göstermektedir. Genetik materyali olan, evrim geçirebilen, canlılar üzerinde aktif etkileri olan, çevresine belli ölçüde tepki veren bir varlık, kendine ait bir metabolizması olmamasından, enerjiyi aktif olarak kullanarak entropi artışına karşı koyamamasından ötürü canlı sayılamamaktadır. Bu örnek de, bir önceki bölümdekileri anlamamız için faydalı olacaktır.

Ancak virüslerin bu sayılanlardan daha önemli bir özelliği, tıpkı bakterilerin genetik materyali olan plazmidler gibi, başka hücrelere genler taşıyarak biyolojik çeşitliliğe katkı sağlamalarıdır. Bir virüs, ilk konağına bulaştığında, genlerini ona aktararak, onun genlerini kendi bölünmesi için kullanmaya başlar. Ancak biyokimyasal süreçler, kusursuz işleyebilen süreçler değildir. Bu süreçte, ister istemez konağının genlerinden bazı parçalar, yeni üretilen virüslere aktarılır. Bu yeni üretilen, genetik yapısı değişmiş virüsler bir diğer konağa bulaştığında, ilk konaktan "çalınan" genler bu yeni konağın genlerine yapışabilir. Bunun sonucunda, yepyeni genetik kombinasyonlar vücut içerisinde meydana gelir. İşte bu şekilde, aslında aralarında ebeveyn-yavru ilişkisi olmayan, hatta aynı tür bile olmayan, birbiriyle çiftleşemeyecek canlılar arasında bile gen aktarımı olabilmektedir. İşte plazmidler ve virüsler tarafından gerçekleştirilen bu genetik olaya **Yatay Gen Transferi** diyoruz.

Burada, ilki Darwin tarafından çizilen ve yaşamış, yaşayan ve yaşayacak tüm türleri Evrimsel Biyoloji'nin aydınlatıcı ışığı altında birbirine bağlayan Evrim Ağacı'na da kısaca değinmekte fayda görüyorum. Bildiğiniz gibi normalde genler, ebeveynden yavrulara aktarılır ve bu nesiller boyunca hep böyle sürer. Buna, bilim dilinde "dikey gen transferi" demekteyiz. Evrim Ağacı üzerinde, türleşmenin gerçekleşmesiyle birlikte çatalların oluştuğu, dalların farklı yönlere doğru ilerlediği görülür. Bu, evrimin kaçınılmaz bir sonucudur. İşte özellikle virüslerin etkisi sonucunda, bu farklı dallar, yani farklı türler arasında gen aktarımı söz konusu olabilir. Normalde farklı türler bir araya gelecek olsa genellikle üreyemezler ve aralarında bir gen ak-

tarımı olamaz. Fakat virüslerin bulaşıcı etkileri ve farklı konaklarda varlıklarını sürdürebilme yetileri sayesinde bu aktarım gerçekleşir. Evrim Ağacı üzerinde, ebeveynden yavruya değil de, türler arasında olan bu genetik aktarıma Yatay Gen Transferi adını veriyoruz.

Bu mekanizmanın evrimsel çeşitliliğe katkısına birçok örnek verilebilir. Örneğin prokaryotlarda, bazı bakteriler bir grup antibiyotiğe dirençliyken, diğer bir bakteri bir diğer grup antibiyotiğe dirençli olabilir. Virüslerin bulaşması sonucunda, normalde aralarında hiçbir şekilde gen aktarımı olamayacak olan bu iki bağımsız bakteri türünden biri, diğerine genlerini istemeden de olsa aktarabilir. Bunun sonucunda diğer grup, kendisinin dirençli olmadığı antibiyotiğe karşı direnç sağlayan genleri edinebilir. Bu da, evrimsel süreçteki çeşitlilik açısından büyük önem arz eder.

Yatay Gen Transferi'nin çeşitlilik açısından önemini gösteren başka örneklerden biri de, âlemler arası gen aktarımıdır. Örneğin Arizona Üniversitesi'nden araştırmacıların gösterdiği üzere, bezelye biti olarak bilinen *Acyrthosiphon pisum* türünün genleri arasında, bu türe ait olmayan, tamamen farklı bir âlem olan Mantarlara ait genler tespit edilmiştir. Aktarılan bu gen sayesinde bu bit türü, aslında bitkiler veya mantarların üretebildiği renklendirici kimyasallardan olan karotenoidlerin biri olan "torulen" pigmentini üretebilmeye başlamıştır. Bu bit, Hayvanlar Âlemi içerisinde bunu yapabilen tek hayvan türüdür. Benzer şekilde, insanlarda sıtmaya neden olan *Plasmodium vivax* türünün de, insanın genlerinden bir kısmını çaldığı Şubat 2011 yılında ileri sürülmüştür. Bu konulardaki araştırmalar kapsamlı bir şekilde sürmektedir.

Değişen Genlerin Yerlerinin Önemi ve Sonuç

Tüm bu mekanizmaların genel hatlarıyla özetlenmesinden dahi kolayca görülebileceği gibi, günümüzde, çeşitliliğe etki eden birçok Evrim Mekanizması, detaylarıyla ve sayısız örnekleriyle beraber bilinmektedir. Bu mekanizmalar, yönetici kimyasallar olarak bilinen genetik materyallere sahip her canlıya, her an etki etmektedir. Bu mekanizmaların

etkisi altında canlıların genleri sürekli olarak değişmektedir ve bu da gelecek nesillerde yeni özellikteki canlıların oluşabilmesini sağlamaktadır. Tüm bu mekanizmalar, sizlerin ve bizlerin birbirimizden ve ebeveynlerimizden farklı olmamızı sağlayan mekanizmalardır. Ancak unutulmamalıdır ki, tüm bunlar evrimin sadece ilk adımıdır. Asıl olan, daha sonradan değineceğimiz Seçilim Mekanizmaları ve bunlara bağlı olarak canlıların nesiller içerisindeki değişimidir.

Burada önemli bir noktaya daha değinmekte fayda görüyorum. Elbette ki vücudumuzda meydana gelen her genetik değişim, evrimsel değişimlere katkı sağlamaz. Zira karaciğerimizde meydana gelen bir genetik değişim, gelecek nesillere aktarılmayacaktır ve bu yüzden evrime doğrudan katkı sağlayamaz (karaciğerinizde meydana gelecek bir değişim, size fayda veya zarar sağlayarak, nesiller bazında olmasa da, bireysel bazda, dolaylı yoldan evrimsel sürece katkı sağlayabilir belki ama bu noktayı basitlik amacıyla göz ardı ediyorum). Ancak üreme hücrelerimizde ve üreme organlarımızda meydana gelen değişimler, doğrudan nesilleri etkileyecek kadar önemlidir. Üstelik, özellikle üreme hücrelerimiz, genetik yapıları gereği değişimlere daha müsaittir. Sadece üreme organları ve hücreleri değil, aynı zamanda döllenme sonucu oluşan, tek bir hücreden oluşan **zigot** ve bu zigottan oluşacak ilkin birkaç hücrede meydana gelen genetik değişimler de, bireyde ve nesillerde kalıcı değişimler yaratabilir. Zira zigot oluştuktan sonra birkaç hafta boyunca dokular ve organlar oluşmaz, sadece oluşumun ön basamakları gerçekleşir. Bu süreçte meydana gelen genetik değişimler, diğer tüm organlarla birlikte, üreme organlarının yapısını ve dolayısıyla üretebildikleri üreme hücrelerinin niteliğini değiştirecektir. İşte bu kadar farklı şekillerde, farklı zamanlarda meydana gelen genetik değişimler, evrimsel sürecin üzerinde çalışacağı malzemeyi sağlamaktadır. Bu genetik değişimler, çevremizdeki sonsuz çeşitliliğin hammaddesini oluşturmaktadır.

Tüm bu sebeplerle, Babür'ün heyecanı son derece anlaşılırdır. Canlılığın çeşitlenebilirliğinin bildiğimiz herhangi bir sınırı bulunmamaktadır. Çok ilkel bir tek hücreli olarak, cansızlık içerisinden başlayan canlılık, milyarlarca yıl içerisinde, milyarlarca dönemeçten

geçerek bugünkü karmaşık yapılara ulaşabilmiştir. Gelecek bölümlerde bunun nasıl başarıldığını göreceğiz.

Bu bölümü toparlamak adına, kitabımın **dokuzuncu değişim noktasını** burada vermek istiyorum: **Canlılardaki evrimsel değişimlerin hammaddesi, genetik malzemedeki sürekli ve durdurulamaz değişimdir. Evrim'in Çeşitlilik Mekanizmaları, Evrim'in Seçilim Mekanizmalarının çalışabileceği bir alan, bir çeşitlilik yaratır. Çeşitlilik olmaksızın seçilim düşünülemez.**

Şimdi, eğer ki çeşitliliğe sebep olan mekanizmaları anladıysak, bu çeşitlilik içerisinden seçilimin nasıl gerçekleştiğini ve Evrimsel Biyoloji'nin ana değişim unsurlarının hangi doğa gerçekleri üzerine kurulduğunu ele almaya başlayacağız. Bu noktadan itibaren hayata bakış açımız daha da değişecektir. Umuyorum ki bu noktaya kadar anlattıklarım, sizin doğaya bakışınızı daha bilimsel ve gerçekçi bir temele oturtmanıza katkı sağlamıştır.

BÖLÜM 4:

İhtiyaca Bağlı Olarak Yaratılan Canlılar: Yapay Seçilim

Sezai, sıcak Temmuz güneşinin altında, yorgun bir şekilde sallanan sandalyesine çöktü ve 8 yaşındaki küçük kızı Seray'ın ineklerle, öküzlerle, atlarla ve koyunlarla dolu geniş çiftliğin bahçesinde bir o yana bir bu yana koşturmasını, ineklerin kuyruğunu tutarak tırmanmaya çalışmasını ve ineklerinin homurdanarak Seray'dan kurtulma denemelerini hafif bir gülümsemeyle izledi. Bu sırada yorgunluğun üzerine çöktüğünü hissediyor, sandalyesinin sallanmasıyla çıkan gıcırtılar onu düşüncelere sürüklüyordu.

Bir süre aklından birçok düşünceyi geçirdikten sonra, sandalyesinde sallanmayı bırakarak tek bir düşünceye odaklandı. Seray birkaç saat önce ineklerinin nasıl bu kadar çok süt taşıdığını sormuştu. O kocaman memeleriyle (Seray onlara "memicik" diyordu) bu kadar çok sütü nasıl taşıdıklarını merak ediyordu. Haklıydı da, merak edilmeyecek gibi değildi. Fakat Sezai'nin kafasını kurcalayan bu değildi, çünkü ineklerinin nasıl bu kadar çok süt verebildiğini, bunun yöntemlerini zaten çok iyi biliyordu. Babası sağ olsun, okuyamamış olsa da kendisini elinden geldiğince geliştirmiş, oğlunu da imkânlarını zorlayarak liseye kadar okutmuştu. İlkokuldan ve ortaokuldan pek hoşlanmamıştı Sezai belki ama lise çok ilgisini çekmişti. Özellikle de gördüğü biyoloji derslerini asla unutmuyordu. Liseyi daha çok sevmişti çünkü lise, hayata bir adım daha yakındı. Babasının on yıllardır köylerindeki çiftliklerinde hayvanları ve bitkileri üzerine uyguladıkları tekniklerin benzerlerini okulda öğretiyorlardı. Okulda, koskoca

öğretmeninin anlattığı şeyleri zaten biliyor olmak Sezai'ye hep gurur vermişti. Ancak Sezai, elbette ki anlatılan her şeyi bilmiyordu. Babasından hayvanlarla, bitkilerle ilgili sayısız şey öğrenmişti, buna şüphesi yoktu; ancak babası asla ona hayvanları ve bitkilerinde uyguladıkları yöntemlerin neden ve nasıl işe yaradığını anlatmamıştı. Muhtemelen kendisi de bilmiyordu ya, kullanıp gidiyordu işte, öğretebildiği her şeyi de Sezai'ye öğretmişti.

İşte lisede gördüğü bazı bilgiler, Sezai'nin kendi çiftliklerinde, 48 yaşına kadar uyguladığı her şeyi tamamlayıcı nitelikteydi. Sezai'nin aklına kızının sorusu geldi yine: "Baba, neden inekler bu kadar çok süt veriyor, biz içelim diye değil mi?" Doğrusunu söylemek gerekirse içinden "Evet kızım, inekler biz sütlerini içelim diye bu kadar çok süt veriyorlar" demek gelmişti, çok kolaydı bunu söylemek çünkü, arkasından soru gelmeyeceği belliydi. Ancak liseyi bırakmak zorunda kaldığı dönemden bu yana özellikle biyolojiye duyduğu ilgi, bu alana yönelik elinden geldiğince okudukları ve bu konuda araştırmalar yapıp, bu basit cevaba sığınmayan on binlerce bilim insanına duyduğu saygıdan ötürü, kızının hayal gücüne hitap edip, kolayca "Ne güzelmiş!" deyip içinden sıyrılacağı bir cevap veremedi. Çünkü cevabın bu olmadığını biliyordu. O yaşına kadar doğada gördüğü ve insan için var olduğunu iddia ettiği ne olduysa, eğitimi ve küçük çaplı araştırmaları sırasında hiçbirinin insan için var olmadığını, insanın sonradan doğada var olanları kendi hayatına adapte ettiğini öğrenmişti.

"Neden insan için olsun ki?" diye düşündü. İnsan da sıradan bir türdü bu dünya üzerinde, milyonlarcasından sadece biri... Beyin konusunda diğer hayvanlardan ileri olmamız, bizi farklı bir canlı tipi yapmıyordu. Geri kalan bütün özelliklerimiz hayvanların hemen hepsinin gerisindeydi: onlar gibi hızlı koşamıyoruz, uçamıyoruz, saklanamıyoruz, avlanamıyoruz, kaçamıyoruz. Bunlardaki eksikliklerimizi beynimizin bir ürünü olan zekâ ile hallediyoruz, ancak bu bizi farklı bir canlı yapmıyor. En küçük moleküllerimizden, en devasa organlarımıza kadar her parçamızı milyonlarca diğer canlı türüyle ortak olarak paylaşıyoruz. Sezai'nin aklına biyoloji dersinde gördüğü sınıflandırmalar geliyordu; ancak kafasını sallayarak bu karma-

şık konuları kafasından uzaklaştırdı. İnsanın da Hayvanlar Âlemi içerisinde sıradan bir tür olduğunu öğrendiği günü ve hissettiklerini çok iyi hatırlıyordu. O günleri gülümseyerek hatırlıyordu. İlk başta şiddetle karşı çıkmış ve insanın bir hayvan türü olamayacağını, hepsinden üstün olduğunu iddia etmişti öğretmenine. Öğretmeni de, sinirlenmek yerine, aynı şu anda Sezai'nin bu düşünceye acıyarak ve ne kadar çocukça, saf ve cahilce olduğunu bilerek gülümsemesi gibi gülümsemişti ve detaylıca insanın hayvanlardan tek bir farkının dahi olmadığını anlatmıştı. Sezai bunu kolayca kabullenememiş olsa da, üzerinde düşündüğü haftalar ve aylar sonunda gerçekten de öğretmeninin haklı olduğunu anlamıştı.

Sezai, babası, dedesi ve hatta dedesinin babası bu çiftlikte büyümüştü. Daha gerisini bilmiyordu, muhtemelen onlar da burada büyümüştü. Ailelerinde çiftçilik ve besi hayvancılığı babadan oğula geçen bir meslekti ve ilk defa dedesinin babasının, komşulardan aldığı ucuz ve niteliksiz inekler ve öküzlerle başlamıştı. Şimdiyse Zonguldak'ın Çaycuma ilçesinin en meşhur, en kaliteli, en yüksek düzeyde süt ve et üreten çiftliği kendilerininkiydi. Bu işte oldukça iyilerdi ve herkes işlerini aksatmadan yapardı. İşlerden kaçış yoktu ama kaçmak isteyen de yoktu pek. Sezai, üniversite okusa kendisi için daha iyi olacağını düşünüyordu tabii ama artık olan olmuştu.

Çiftlik evlerinde, Sezai'nin dedesinin babasından beridir, yani besi hayvancılığına girdikleri ilk günlerden beridir tutulan eski defterler bulunurdu. Bu defterlerde çiftlikten aylık ve yıllık olarak ne kadar süt çıktığı, hangi ineğin yaklaşık ne kadar süt verdiği, bu sütün o dönemin parasıyla ne kadara satıldığı, ineklerin çiftleştirilme zamanları, ömürleri, verdikleri yavru sayısı, bu yavruların hangilerinin satılıp, hangilerinin büyütüldüğü gibi çiftlik hayvanlarına dair hemen her şey not edilirdi. Garip bir gelenekti bu, ailesinin titizliğinden kaynaklanıyordu belki ama kimse aksatmamıştı bu işi bugüne kadar. En az 20, belki 30 tane kalın defter, son 140 yıldır muntazam bir şekilde tutulmuştu. Aslında Sezai otomatik bir şekilde tutuyordu kendi defterini, babası öyle öğrettiği için. Ancak lisede gördükleri ve son birkaç aydır, yıllar önce okulda öğrendiklerini garip bir şekilde yeniden,

yoğun olarak düşünmeye başlaması, bu defterlere farklı bakmasına sebep olmuştu. Başını yana çevirdi ve sallanan sandalyesinin yanında duran, 120 yıl öncesinden, yani dedesinin babasından kalma, Osmanlıca harflerle yazılmış deftere baktı. 20-30 defterin içerisinden rastgele 5 tanesini seçmişti ve son günlerde yanından ayırmıyordu. Birçoğunu detaylıca incelemişti zaten ama uzun bir zaman dilimine, yaklaşık 120 yıla yayılan bu 5 defteri özellikle seçmişti... Sehpadaki defterlerin en eskisini aldı ve Osmanlıca yazıyı okumaya başladı:

"Hicri: 14 Ramazan 1309" yazmıştı dedesinin babası. Kafasından kabaca bir hesap yaptı Sezai. 1890'lı yıllara denk geliyor olmalıydı. "Kınalı: 2 batmandan biraz fazla" yazıyordu. O devirde kullanılan ağırlık ölçülerinden olan 1 batman, yaklaşık 7-8 kilogram yapmaktaydı. Yani zamanında yaşayıp ölmüş olan, dedesinin babasının ineği olan Kınalı, o gün için yaklaşık 15 kilo süt vermişti. Sezai sayfaları karıştırdı ve Kınalı'nın yaşadığı zaman dilimi boyunca hep bu civarlarda süt verdiğini gördü. Bu miktar, Sezai'nin ineklerininkine göre bayağı düşüktü; ancak Sezailerin bugünkü durumlarıyla, o zamanki durumları kıyas dahi edilemezdi. Sezai bunu her gördüğünde garipserdi ama pek umursamazdı; sonuçta inek, inekti. Ancak son zamanlarda, özellikle çiftliklerindeki inek ve öküz (genel adlarıyla sığır) soylarının, dışarıdan alınan hayvanlarla çiftleştirmek suretiyle güçlendirilmek yerine, daha çok çiftlik içi hayvanların çiftleştirilmesi ve soylarının yakından takibi yoluyla korunduklarını görmesi, kafasında bazı şimşekler çakmasına neden olmuştu Sezai'nin. Eğer ki dışarıdan, çok sağlıklı hayvanlar alınıp da çiftliğin başarısı arttırılmadıysa, o zamanki inekler ile bugünkü inekler nasıl bu kadar farklı olabiliyordu?

O güne ait tüm verileri okudu Sezai. Dedesinin ve babasının da birçok ineği varmış o dönemler, tıpkı Sezai'nin olduğu gibi. Her birinin süt kapasitesi farklı ama üç aşağı beş yukarı hep 15 kilogram ve civarında süt vermişler zamanında. Birkaç tane de boğaları varmış damızlık, olabildiğince güçlü, bunlar tek tek işlenmiş deftere.

Sezai şöyle bir göz gezdirdi defter üzerinde. Kendisinin de yapmayı sürdürdüğü gibi, hangi ineğin hangi boğa ile çiftleştiği, kaç yavru

doğduğu, yavrular arasında hayatta kalanlar, geçirdikleri hastalıklar, başka çiftliklere satılan ve daha nice bilgi de defterlere detaylıca işlenmişti. Sezai bunlara da dikkatlice göz attı. Her inek yaklaşık 13 aylık olduğunda hamile kalmış ve normal bir şekilde, hormon takviyesi yapılmadığı için (Sezailerin çiftlik anlayışını farklı kılan da bu doğal ama çok daha zahmetli olan üretimdi) yılda sadece 1 tane yavru doğurmuş. Dedesinin babası bolca inek üretebilmek için her sene yavrulamasına izin vermiş ineklerinin. Günümüzde de uygulandığı gibi, her bir ineğin, yaklaşık 13-14 ayda bir yavrulamasını sağlamış. İnekler ve yavruları, yüksek para getirisi olan besi hayvanları. Dolayısıyla sağlıklı ve bol yavrulamaları çok önemli… O zamanlar da dedesinin ineklerinin yeterince sağlıklı ve oldukça doğurgan olduğu notlardan görülebiliyordu. Ancak Sezai'nin dikkatini çeken asıl olarak şuydu: Tıpkı şu anda Sezai'nin de yaptığı gibi, çiftlikteki her yavru ineği 1 yaşına gelecek kadar büyütüyorlardı, çünkü bir yavru, üreme yaşına gelip üremeden süt üretimine başlayamamaktadır. Bunu başarabildikten sonra, artık yetişkin olan yavrunun 2-3 defa üremesine izin verip yaklaşık ne kadar süt ve ne kadar sağlıklı yavru verebileceğini görüyor, ancak ondan sonra satıyorlardı. Böylece ineğin yavrularının gelecekte ne kadar süt vereceği, işlerine ne kadar yarayacakları az çok kestirilebiliyordu. Aynı şey, erkek yavrular için de geçerliydi; ancak sağlıklı ve üreme potansiyeli yüksek olan öküzler bulmak, süt bakımından verimli inekler yaratmaktan çok daha kolaydı, bu yüzden erkek hayvanlar bulmak çok fazla dert olmuyordu. Yeni yetişkin olan dişilerin belki daha fazla doğurmasını ve daha çok dönemde süt vermelerini beklemek daha net sonuçlar verirdi; ancak çiftliğin giderleri düşünüldüğünde, fazladan doğan yavruların bakımı gereksiz masraf demekti ve bir an önce bir karar verilip bazı ineklerin ve yavrularının satılması gerekirdi. İşte bu yüzden birkaç sefer üremeye izin verip, sonucu görüp, sonrasında hangi ineklerin satılacağına karar veriyorlardı.

Sezai, dedesinin ve onun babasının tuttuğu verileri şöyle bir alt alta değerlendirdi ve elde ettiği sonuç çok ilginçti: Tek bir inekten yaklaşık 20 yıllık ömrü içerisinde ortalama 18 adet yavru elde ediyor-

lardı. Dedesinin babası zamanında bu yavruları doğuran anne inekler (örneğin Kınalı), yaklaşık 13-16 kilogram süt veriyordu. Ancak yavrularının süt verme oranları farklılık gösteriyordu: Ömür boyunca tek bir ineğin verdiği 18 civarı yavrunun genelde 10-12 tanesi anneleriyle hemen hemen aynı miktarda süt verebiliyordu. Ancak üreme çağına gelen bu yavrulardan bazıları, örneğin 3-4 tanesi yaklaşık 18-19 kilo süt verebiliyorlar ve annelerinden daha "başarılı" oluyorlardı. Yavruların bazılarıysa, örneğin 3-4 tanesi, üreme çağına eriştiklerinde, annelerinden daha az, yaklaşık 8-9 kilo süt verebiliyordu.

"Bu ilginç" diye düşündü Sezai. "Nasıl ki biz anne-babamızdan görünüş, yapı, davranış olarak farklı doğuyorsak, bu inekler de ebeveynlerinden farklı doğuyor" diye mırıldandı. Sonra bir anda içini bir heyecan kapladı, çünkü az önce defterlerde okuduğu süt verme farklılığının arkasında yatan temel mantığı, o güne kadar hiç olmadığı kadar net bir şekilde fark etti: "Yeni doğanlar üreme yaşına gelince üremelerine izin ver, onun doğuracağı yavruların süt verme miktarını test et ve yeterince iyiyse onları damızlık olarak sakla. Diğerlerini test et, süt verimliliklerini not al ve diğerlerinden az ise doğrudan sat." Çok basit ve düz bir mantıktı, ancak yüzyıllardır işe yarıyordu.

Tüm sülalesi, kendilerini bildiklerinden beri bu yöntemle yüksek miktarda süt veren inekleri kendilerine saklayıp, daha az verenleri doğrudan satarak hayatlarını geçindirmektelerdi. Bu sayede yörenin en sağlıklı, en fazla süt veren, en doğal hayvanlarını yetiştirmeyi kendilerine görev bilmişlerdi. Ancak Sezai hiç detaylıca bu işi neden bu şekilde yaptıklarını düşünmemişti. Lisede "gen" diye bir şey öğrendiklerini hatırlıyordu. Kimi zaman televizyon ve gazetedeki haberlerde de gördüğü bu şeyler, anne ve babamıza benzememizi sağlayan; ancak aynı zamanda belli miktar onlardan farklı olmamıza sebep olan, ufacık yapılardı. Bunlar hücrelerimizde gizliydi, hücre çekirdeğinde bulunuyorlardı ve hücreyi yönetiyorlardı. Üreme sırasında da kendilerini eşliyorlardı, anneden gelen bir grup gen ile babadan gelen bir diğer grup gen birleşip yavruyu oluşturuyordu. Yani anne ve babanın bir karışımı oluşuyor; ancak ne tam olarak anne oluyor, ne de tam olarak baba oluyordu. Genler, yavruların her birinin birbi-

rinden ve ebeveynlerinden farklı olmasına sebep oluyordu. Bu genler ineklerin bazılarının daha fazla süt verebilmesini, bazılarının daha az süt vermesini, bazılarının anneleriyle hemen hemen eşit miktarda süt vermesini sağlıyordu.

Sezai daha da heyecanlandı. Bir keşfin eşiğinde gibi hissetmişti kendini! Eğer ki genlerle bu özellikler gelecek nesillere aktarılabiliyorsa, sadece hayvan besiciliğiyle uğraşan çiftlik sahiplerinin istediği özellikleri sağlayan genler yavrulara geçebiliyordu. "İstediğimiz gibi olmayanların neslini sürdürmüyoruz ve genelde kasaplara satıyoruz veya kendimiz kesiyoruz; bu yüzden de onların hücrelerinde bulunan, anne-babalarından aldıkları, annelerinden daha az süt vermelerine sebep olan genler, gelecek nesillere ulaşmayı başaramıyor. Yani yavrulara geçemeden eleniyor" diye düşündü Sezai. Öte yandan çok süt verenlerin üremesine izin verdikleri ve hatta daha fazla üremeye teşvik ettikleri için her yavruya çeşitli kombinasyonlarda genler geçiyor, her yeni nesilde daha çok süt veren yavruların doğması sağlanabiliyordu. Elbette daha çok süt veren inekten üretilen her yavru, üreme çağına geldiğinde aşırı çok süt vermiyordu. Yine bir dağılım vardı: Çoğu annesi kadar ama kimi daha az, kimi daha çok... Fakat yine bunlar arasından en çok süt vereni seçtikleri için, dolaylı olarak en fazla süt vermeyi sağlayan genleri yeni nesillere aktarmış oluyorlardı!

İçerisinde bir heyecan dalgası yükselerek sandalyesinde doğruldu Sezai ve hemen defterleri eline aldı, sayfaları hızla çevirmeye ve sayılara bakmaya başladı. Gerçekten de sadece dedesinin babasının tuttuğu defterlerden, dedesinin tuttuğu defterlere geçtikçe, süt verme oranının o nesil için giderek, 1'er 2'şer litre arttığı görülmekteydi. Kimi zaman şanssızlıktan ötürü yüksek süt veren hiçbir yavru doğmuyordu; ama azimle o soy sürdürülüyor ve sonunda gelişim kaydediliyordu. Bazı ineklerin soyları, bu şekilde, bugüne kadar gelebilmişti. Kimi zamansa civar çiftlikler ve köylerden kendilerininkinden bol süt veren inekler bulup satın almışlardı, bunların soyunu sürdürmüşlerdi. Kimi zamansa hiçbir şekilde başarılı olunamamış ve soyun son üyeleri de satılarak o soya son verilmişti. Sadece 40 yıl içerisinde

elde edilen nesillerde, süt verme oranı günlük ortalama 15 litreden 21 litreye kadar çıkmıştı. Dedesinin defterlerinden babasınınkilere geçtiğinde, aynı ineğin soyunu takip ettiğinde, bu oranın 24 litreye ulaştığını gördü. Kendi defterlerinden birini alıp aynı ineğin soyunu inceledi. Büyüleyiciydi: 26-28 litre civarı. Yani 140 yıl öncesinde başlayıp, Sezai'nin zamanına kadar ulaşabilen bir ineğin nesli, bir buçuk asır civarı bir sürede, 15 litreden 27 litreye kadar çıkmıştı, 2 kat!

Sezai kalbi üzerinde bir heyecan dalgası hissetti. Hayatında ilk defa pratikte sürekli uyguladığı bir kuralı, yani ineklerin fazla süt verenlerinin sürekli, nesil nesil seçilmesiyle daha yüksek süt verebilen ineklerin üretilebileceği gerçeğini net bir şekilde, hem de bilimsel verilerle, bilimsel bilgileriyle açıklayabilmişti. Şöyle bir durup gülümsedi Sezai. Lisedeki Felsefe dersi hocasının sözleri geldi aklına:

"Hep 'Neden' diye sorun arkadaşlar. Etrafınızda bir şeylerin olup bittiğini bilirsiniz ve her birine açıklamanız olduğunu sanırsınız. Ancak 'Neden' diye bir sormaya başlasanız, neredeyse hiçbir şey bilmediğinizi göreceksiniz. Ancak bu sorulara cevap vermeyi başarabilirseniz, işte o zaman bilimden, düşünmekten heyecan duyduğunuzu, keyif aldığınızı hissedeceksiniz. Daha önemlisi, var olduğunuzu hissedeceksiniz!" Böyle demişti hocası. Tam şu anda bu hocasının ne yapıyor olduğuna dair düşüncelere dalacakken, aklını bir diğer düşünce bıçak gibi yarıp geçti: "İyi de, süt verme miktarı ineğin sadece, tek bir özelliği ve biz, ihtiyaç duyduğumuz ürün süt olduğu için bu özelliğe göre seçim yapıyoruz" diye düşündü. "Peki ya ineğin ya da herhangi bir diğer hayvanın geri kalan onlarca, yüzlerce özelliği? Bunlara göre, bunların farklı kombinasyonlarına göre seçim yaparsak ne olacak?"

Sezai boğazının kuruduğunu, alnının terlediğini hissediyordu. Kalbi daha hızlı atıyor, düşünceler onu bir o yana, bir bu yana çekiştiriyordu. Sandalyesini artık sallamıyor, tamamen dik ve sabit bir şekilde oturuyordu. Gözleri yerdeki otlara kilitlenmişti. "Ne olacak, sadece garip inekler elde edersin; yine de elde edeceğin bir *inek* olur" dedi bir ses içinden. Pek tatmin edici bulmadı bu cevabını Sezai: "Neden garip? Nasıl garip?" Bunlara cevap bulmalıydı. Düşüncelerini sürdürdü:

"Eğer ki inekleri karmakarışık şekilde seçecek olursak, örneğin aynı anda sadece koyu renklilerini, saldırgan olanlarını, bacakları en kısa olanlarını seçecek olursak bir süre sonra, belki 100 yıl içerisinde elde edeceğimiz yavrular çoğunlukla koyu renkli, saldırgan ve kısa bacaklı olacaklar" dedi. Bu garip düşünce aklını başka bir düşünceye bıraktı: "Koca Oğlan, yani boğamız, böyle bir inekle çiftleşmek ister mi?" Bu ilginç bir soruydu; çünkü boğalarından her birinin farklı özelliklerdeki ineklerle daha kolay çiftleştiğini görüyordu. Bazılarının daha asi ve saldırgan olanları tercih ettiğini, bazılarının daha uzun boyluları tercih ettiğini görüyordu. Bunu şimdilik açıklayamayacağını düşündü, çünkü aklına birçok soru geliyordu ve sorular içerisinde kaybolduğunu fark etti. "Odaklan!" diye mırıldandı.

Derin bir nefes almak için başını kaldırdı ve uzaktan çiçek toplayan Seray'ın kendisine el salladığını gördü. Hafifçe ve gergince gülümseyerek, düşünceler içerisinde o da el salladı. Sonra dalgın dalgın ufka baktı. Kendi elleriyle yaptıkları canlı seçimi, birkaç on veya birkaç yüz nesilde yepyeni görünümlü canlılar yaratabilirdi, belki aşırı değişimi kendisi görmezdi ama mutlaka kendi defterlerini okuyan torunu veya torununun torunu, eğer yeterince meraklı olursa, görecekti! Bunu her zaman yapıyorlardı, sadece süt için yapıyorlardı ama yapabileceklerinin sınırı yoktu. Başka çiftliklerden insanların aynı yöntemle dövüş boğaları elde ettiğini duymuştu. Bazıları ise bol yağlı öküzler, koyunlar üretiyor, böylece yüksek kâr elde ediyorlardı. Bunların hiç bu şekilde seçme ile olduğunu düşünmemişti. Hep bu şekilde bir üretim yapılabileceğini biliyordu, bu onun için ve tüm çiftçiler için bir normdu âdeta ama hiç nedenlerini sorgulamamıştı. Şimdi, hayatında ilk defa bunu detaylıca sorguluyordu ve cevaplar baş döndürücüydü. Canlılar, insanların yaptıkları seçimle değişiyordu. O anda aklına gelen soru, gerçekten nefesini kesti, bir an boğulacağını sandı, sonra derin bir nefes alarak kalbinin sakinleşmesini bekledi. Soru şuydu: "Eğer böyleyse, canlılar değişebiliyorsa, bundan binlerce yıl önce yaşamış canlılar da değişmiş olamaz mı?"

Sorusunu giderek artan bir heyecanla irdelemeye çalıştı Sezai: "Yani benim şuracıkta yaptığım, dedelerimin yaptığı basit bir seçim

bile yeni niteliklere sahip canlılar yaratmaya yetiyor. Tamam, belki ineklerim yine inek görünümlü kalıyor ama kısa bacaklı, zebralar gibi şeritli renkte derisi olan, bol kıllı, küçük memeleri olan, saldırgan, hızlı koşabilen bir hayvana inek demekte zorlanırdım sanırım. Kuşlar arasında da öyle ahım şahım farklar olmayanlar var ama birçok kuş, birbirlerinden son derece farklı. Bir kere birbirleriyle üreyemiyorlar, ben kendi çiftliğimdeki kuşlardan biliyorum. E bunlara, sırf ikisi de uçabilen, az çok birbirine benzeyen varlıklar oldukları için aynı canlı demek doğru mu? Bir insanla bir şempanze de ne kadar benziyor birbirine ama bu ikisi aynı canlı mıdır? Yarasa da, kuş da uçabiliyor diye bunlara 'kuş' mu diyeceğiz? Elbette hayır. Ama peki ya... Ya eskiden yaşamış canlıların bu şekilde farklılaşmasıyla bugünkü çeşitli canlılar var olduysa? Ya benim çiftliğimde yaptığım gibi seçmede olduğu gibi, canlılar gıdım gıdım farklılaşarak değişiyorlarsa? Ve belki de bu değişim bir noktadan sonra o kadar ciddi bir miktara ulaşıyor ki, artık baktığımızda, aynı canlıdan başlayan, fakat farklı seçimlerle farklı yönlere doğru nesiller geliştiren bireyler, artık birbirinden tamamen farklı gözüküyorsa?"

Kaşları bu defa sertçe çatıldı. Dedelerinden, babalarından canlıların bu şekilde var olduğunu öğrenmemişti. Öğrendiği, her canlının binlerce yıl önce, bir anda var olduğuydu. Bu düşünceye inancı tamdı, buna şüphesi yoktu. Ancak canlılığın nasıl başladığı, canlıların değişebilirliği açısından çok da önemli değildi. Bir noktada, bir şekilde başladıktan sonra değişmiş olamaz mıydı? Onca zaman geçmişti, ne canlılar yaşayıp yok olmuştu dünyada? "Mutlaka böyle olmuş olmalı" dedi Sezai şaşkınlıkla. Hayata bir anda bakışının değiştiğini hissediyordu. Doğaya hiç bu kadar yalın ve gerçek, somut, sade bir gözle bakmamıştı. Aklına lise üçüncü sınıfın sonlarında "Evrim" başlıklı ders konusu geldi ve o günlere dair silik anılarını hatırlamaya başladı. "Buna ne yazık ki zamanımız kalmadığı için işleyemiyoruz arkadaşlar, ancak bilin ki evrim, ilk canlıların var olmasından bu yana canlılıkta meydana gelen kademeli ve yavaş değişimi inceleyen bilim dalıdır. Hiçbir canlı eskiden bugünkü gibi değildi, hepsi farklıydı. Bunlar, değişerek, farklılaşarak, evrimleşerek, nesiller içerisinde gü-

nümüzdeki halini aldılar." Hocası böyle demişti zamanında, Sezai o zamanlar hocasının ne demek istediğini anlamamış ve üzerinde pek de düşünmemiş olsa da... Şu anda Sezai'nin kendi düşünceleriyle vardığı sonuç da aynıydı. "Evrim ile ilgili araştırma yapmalıyım" diye mırıldandı Sezai kararlı bir şekilde. Gözlerinin önünden bir perdenin kalktığını, doğa içerisinde ilk defa somut bir yerinin olduğunu hissetti. Düşünebildiğini, sorgulayabildiğini, araştırabildiğini ve öğrenebildiğini hissetti. *İnsan* olduğunu hissetti.

Fakat tüm bu düşünceleri, küçük kızı Seray'ın topladığı çiçeklerle kendisine doğru koşmasıyla dağıldı. Kucağına atlayıp sıkıca sarılması ve "Baba bak, annişime çiçek topladım!" demesiyle tamamen yok oldu. Sezai, tüm bu düşünce seansı boyunca, kendisinden yaklaşık 140 sene önce doğmuş bir doğa bilgininin geçtiği yollardan neredeyse aynen geçtiğinin farkında bile değildi. Az önce yaptığı kısacık düşünceler silsilesi, insanlık tarihinin en güçlü kuramına giden kapının eşiği idi ve Sezai'nin yaşadığı zamandan 150 yıl kadar önce, İngiliz doğa bilimci, jeolog ve biyolog Charles Robert Darwin tarafından benzer bir şekilde geçilmişti.

Yapay Seçilime Giriş ve Bitkilerden Örnekler

Sezai'nin bu yeniden keşfettiklerine ve babadan öğrenerek uyguladıklarına bilimsel terminolojide **Yapay Seçilim** diyoruz. Adından da kolaylıkla anlaşılacağı üzere bu, bir canlının belli özelliklerine göre seçilmesi ve bu canlının hayatta kalmasına ve üremesine izin verilirken, kendi soyundan olan kardeşleri ya da türdeşlerinin hayatta kalmalarına veya en azından üremelerine engel olmak demektir. Başlı başına Evrim Mekanizmaları arasında yer almaktadır ve bu kitap içerisinde göreceğimiz ilk Seçilim Mekanizmasıdır. Yapay Seçilim sayesinde, Sezai'nin detaylıca irdelediği gibi, bir türe ait nesillerin kademe kademe değişmesi yapay yollarla sağlanabilir.

Açıkçası bu yöntem hemen her çiftçi, her besi hayvancılığıyla uğraşan insan, her ziraatçı tarafından bilinmekte ve yüz yıllardır uygulanmaktadır. Son derece etkili olan bu yöntem, kimi zaman gıda

ürünlerinin besin değerlerini yükseltmek için kullanılmış (sürekli daha etli domatesleri seçip üretmek gibi), kimi zaman yepyeni bitkilerin yaratılmasını sağlamış (karnabahar, brokoli, lahana gibi bitkilerin vahşi lahanadan evrimleştirilmesi gibi), kimi zamansa insana asırlarca dostluk edecek hayvanların yaratılmasını (evcil köpeklerin vahşi kurtların en sakin, ağırbaşlı, cana yakın olanlarının seçilmesiyle var edilmesi gibi) sağlamıştır.

Gerçekten de herhangi bir ziraatçılık ya da genel biyoloji kitabını açarsanız karşınıza çıkan ilk örnek bir tür hardal bitkisi olan ve "vahşi lahana" veya "yabani lahana" bitkisi olarak bilinen *Brassica rapa* türünden evrimleştirilen, günlük yaşantımızda bolca yer bulan bitkilerdir: karnabahar, brokoli, lahana, mangır ve alabaş bitkileri, bundan birkaç bin yıl önce doğada rastlamadığımız bitkilerdi. Yani bundan 10.000 yıl kadar önce, yerleşik yaşama yeni geçmiş insan grupları akşam yemeğinde brokoli pişirip yiyemezdi, çünkü doğada böyle bir canlı bulunmuyordu. Nesilden nesle aktarılan botanik bilgisi ve biliminin gelişmesiyle, farklı canlıların çaprazlanması ve doğada hükmettiği keşfedilen seçilime bağlı değişim yasalarının fark edilmesinden sonra bu canlıları evrimleştirmek mümkün oldu.

Yapılan araştırmalar, doğada kendi atalarından evrimleşerek doğal olarak bulunan vahşi lahana bitkisinin farklı özellikteki çeşitlerinin (varyasyonlarının) çiftleştirilmesi ve elde edilenlerin, tıpkı Sezai'nin ve dedelerinin inekler için yaptıkları gibi, istenilen özelliktekilerinin üremesine izin verilip diğerlerinin üremesinin engellenmesinin sonucunda yukarıda saydığım bitkilerin ortaya çıkması sağlanmıştır. Örneğin vahşi lahana bitkisinin sarı renkli çiçeklerinin daha gür ve öbekler halinde oluştuğu bireylerinin bireylerinin birbirleriyle sürekli çaprazlanması (çiftleştirilmesi) ve her seferinde elde edilen yeni bireylerden sadece çiçekler bakımından daha gür ve öbeklenmiş olanlarının seçilmesi sonucunda nesiller sonunda bugün *Brassica oleracea italica* alt türü olarak bilinen "brokoli" canlısı elde edilmiştir. Antik Yunan ve Antik Roma'dan öncesinde *Brassica* cinsine ait neden böyle bir seçilim uygulandığına veya bunun tam olarak ne zaman başladığına dair net bir bilgi yoktur. Ancak bu antik topluluklarda

bilinçsizce yapılan seçilimin nedenlerini, M.Ö. 371-287 yılları arasında yaşamış ve Plato ile Aristo'dan ders almış olan Theophrastus'un *Deipnosophistae* isimli kitabından görebiliyoruz. Daniel Zohary tarafından yazılan *Eski Dünya'da Bitkilerin Ehlileştirilmesi* başlıklı kitapta aktarıldığı üzere ve Theophrastus'un anlattığına göre o dönemin insanları, şarap yapılan üzüm sarmaşıklarının yanında büyüyen vahşi lahana bitkisinden tiksiniyorlardı; çünkü şarabı yapacak üzümlerin tadının bozulmasına neden olduğunu düşünüyorlardı. Bu da, dönem insanlarının istemsiz bir seçilim yapmalarına neden olmuş olabilir. İnsanın hoşuna gitmeyen popülasyonları elemesi ve üzümlerin yanında büyümeyenlere izin vermeleri, nesillerin birbirinden farklılaşmaya başlamasına neden olmuş olabilir. Yani Yapay Seçilim, illa bilinçli ve hedefli bir şekilde de yapılmak zorunda değildir, içinde belli bir "istek" olması yeterlidir.

Benzer şekilde vahşi lahananın çiçek yapılarının üremeye daha elverişsiz olanlarının sürekli birbiriyle çiftleşmeye zorlanması, birkaç nesil içerisinde bugün **karnabahar** dediğimiz türün evrimleşmesine sebep olmuştur. Aynı vahşi lahananın ilkin bireylerinin dal bağlantılarının kısa olanlarının birbiriyle çaprazlanması nesiller içerisinde bildiğimiz lahananın ortaya çıkmasını, yapraklarının daha geniş olanlarının birbiriyle çaprazlanması mangır bitkisinin (*Brassica oleracea acephala*) evrimleşmesini ve vahşi lahananın yan meristemlerinin daha üretken olanlarının sürekli birbiriyle çaprazlanması ise nesiller içerisinde alabaş bitkisinin (*B. o. gongylodes*) evrimleşmesini sağlamıştır. Kısaca tek bir ata türden, alt tür grubu elde edilmiştir. Burada önemli olan nokta, seçimi insanın yapmasıdır. Bu seçilim günümüze kadar devam etmiştir. Öyle ki, günümüzdeki birçok botanikçi, bu vahşi lahanadan elde edilen yeni canlıların aynı tür, hatta aynı cins olarak sayılmasına bile karşı çıkmaktadırlar. Canlıların ayrı cinsler olarak ayrılabilecek kadar farklılaştıklarını söylemektedirler. Ancak evrimsel genetik alanında en azından bugüne kadar yapılan çalışmalar, bu türler yapay seçilim sonucunda ne kadar farklılaşmış olurlarsa olsunlar, halen aynı türün alt türleri olduğunu göstermektedir. Genler yalan söylemez.

Bir diğer örnek günümüz mısır bitkisinden verilebilir. Bilimsel ismi *Zea mays* olan mısır türü, aslında MÖ 7500 yıllarından daha öncesinde doğada yetişen bir bitki değildi. Atasal bir tür olduğu düşünülen ve oldukça sınırlı sayıda taneciği bulunan **teosinte**lerin, tanecik yapısının fazlalığına göre yapılan bir yapay seçilimin, birkaç yüz nesil içerisinde bildiğimiz, bol taneli mısırların evrimleşmesini sağladığı düşünülmektedir. Teosinte, tanecik açısından fakir; ancak çorak ortamlarda bile başarıyla yaşayabilen bir bitki alt türüdür. Bu alt türün seçilim sonucu farklılaşması sonucunda öncelikle daha bol taneciklere sahip bir ara basamağın, sonrasında ise bu tanecik yapısının seçiminin sürdürülüp, sadece daha fazla tanecikli bireylerin üremesinin sağlanmasıyla günümüz mısır bitkisinin evrimleştiği düşünülmektedir. Günümüzde, mısır ile atası olduğu düşünülen teosintelerin çiftleşmeye zorlanması durumunda tanecik bakımından ikisinin arasında bir melez canlı ortaya çıkmaktadır, bu da türleşmenin tamamen sonlanmadığını, evrimin sürdüğünü göstermektedir.

Kısaca bitkilere baktığımızda, yapay seçilimin envai çeşit örneğini görmek mümkündür. İnsanlık, uzun yıllardan beridir işlerine gelen bitkileri üretebilmek adına, doğal yollarla öğrendikleri bu "seçerek üretme" yöntemini kullanmış ve deneme yanılmalar sonucunda istedikleri ürünü elde edebilmişlerdir. Üstelik bunu sadece bitkilerde değil, hayvanlarda da uygulamış ve örneğin, günümüzdeki köpeklerin sayısız çeşitliliğine bu şekilde ulaşılmıştır.

Köpeklerin Evrimi ve Yapay Seçilim

Günümüz evcil köpeklerinin hepsinin atası **vahşi gri kurt** olarak bilinen *Canis lupus* türüdür. Bizlerin de içinde bulunduğu, anatomik olarak modern olan insan türü, yani *Homo sapiens* türü günümüzden ortalama olarak 300.000 yıl kadar önce evrimleşmiştir ve bugüne kadar gelmeyi başarmıştır. Bu süreçte birçok canlı ile doğrudan ya da dolaylı olarak etkileşime girmiş ve hatta bazılarının evrimsel gelişimlerini etkilemiştir. Bunların başında da hiç şüphesiz köpekler gelmektedir. Köpeklerin evcilleştirilmeye başlamasının günümüzden

10.000 yıldan bile öncesine kadar dayandığı düşünülmektedir. Ancak bu erken zamanlarda ortada tek bir evcil köpek dahi bulunmamaktaydı ve insanlar da henüz yeni yeni yerleşik yaşama geçmekteydiler. İşte bu süreç içerisinde, sıklıkla insanların kurdukları geçici kamplara yemek bulmak amacıyla gelen vahşi kurtlar ile insan atalarımız arasında çeşitli etkileşimler olmuştur.

Zorlu koşullarda kurtların insanları zaman zaman koruyabilmesi, insanların da yiyeceklerini kurtlarla paylaşması, belki bütün kurtlarla değil ama kurtlar arasında genetik farklılıklardan ötürü daha evcil, daha uysal, daha sakin, daha ağırbaşlı olanlarıyla aralarında bir bağ kurulmasına neden olmuştur. Bu bağın kurulmasından sonra kurtlarla daha da yakın etkileşime giren insanlar, onların sadece en sakin ve uysal olanlarını besleyip, diğer saldırgan ve hırçın olanlarını ister istemez yaşadıkları bölgelerden uzak tutmuşlar, vahşi hayatın içerisinde bırakmışlardır. Sürekli en uysalların beslenip korunması, en vahşilerin ise vahşi doğaya itilmesi ile insan kamplarında tutulan uysalların sürekli kendi aralarında çiftleştirilmesi sonucu sadece birkaç nesilde giderek daha uysal ve ağırbaşlı yavrular doğmaya başlamıştır. Bunun sebebi, kolayca görülebileceği gibi anne-babası en uysal olanların hayatta kalıp üremiş olması, diğerlerininse hayatta kalma ve üreme şanslarının düşmüş olmasıdır. Bu sayede hayatta kalanlar, kendilerini daha uysal yapan ya da buna yönelten genleri yavrularına daha sık aktarabilmişlerdir.

İnsanın yaşam biçiminin gitgide karmaşıklaşıp değişmesiyle, bu giderek uysallaşan kurtlarla olan etkileşimi de farklılaşmaya başlamıştır. Aradan yüzlerce nesil geçtikten sonra, artık bu kurt benzeri, ancak kurtlardan çok daha ufak, uysal, sakin olan bireylerden doğan yavrular, atasal kurtlara gitgide daha da az benzemeye başlamışlardır. Sonunda, yeterince evrimsel değişim yaşandıktan sonra ortaya çıkan canlı grubu, bugünkü bütün köpeklerin de dahil olduğu *Canis lupus familiaris* alt türüdür. Evcil köpekler, kurtlardan henüz tamamen türleşmemişlerdir, çünkü vahşi doğada halen bu iki canlı grubunun en azından bir kısmının çiftleşmesi mümkündür. Aralarındaki yüzlerce farka rağmen, farklı köpek çeşitleri de ayrı türler sayılmamaktadır,

çünkü sadece üreyip üreyememe türlerin tanımlanması için yeterli değildir; morfolojik, filogenetik (evrimsel), genetik, ekolojik, fizyolojik, anatomik, vb. birçok özelliğin analiziyle türler birbirinden ayrılmaktadır. Birçok köpek çeşidi artık birbiriyle çiftleşememektedir (bir Danua ile bir kanişi düşünün); ancak yine de bu, onların evriminin tamamen farklı türlere ayrılmaları için yeterli bir sebep değildir. Ne var ki çiftleşemiyor olmaları, aralarındaki evrimsel mesafenin sürekli açılmasına destek olan bir unsurdur ve gelecekte, birden fazla köpek türüyle bir arada yaşayacağımızı garanti edebilirim. Öte yandan, köpeklerin türleşmesine engel olan bir diğer unsur, köpek besleyicilerinin sürekli olarak farklı çeşitleri birbirleriyle çiftleştirerek canlılar arası izolasyon bariyerlerini yıkmalarıdır. Bu sürekli olan karışım, farklı yönlere doğru gidebilecek evrimi kısıtlamakta ve bireylerin genlerinin birbirinden farklılaşması yerine, birbirine karışmasına sebep olmaktadır (izolasyona engel olmaktadır). Bir önceki bölümde anlattıklarım, bu örnekte de karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzdeki bu köpek çeşitliliğin var olmasının sebebi, insanların dünyanın dört bir yanına dağılıp, kültürlerinin ve görsel zevklerinin birbirinden farklılaşması sonucu köpekler üzerinde uyguladıkları yapay seçilimin de yön değiştirmesidir. Kimi insan ufak köpeklerden hoşlandığı için köpek besicilerini ufak köpekler üretmeye teşvik ederken, kimi sert ve güçlü, büyük köpekleri sevdikleri için bu tip köpekler istemişlerdir. Köpek yetiştiricileri de, doğal yollarla öğrenilen ve babadan oğula aktarılan yapay seçilim bilgisi ile bir köpek neslinde her seferinde küçük boyutlara ulaşabilen bireyleri seçerek ve çiftleştirerek, daha küçük ebatlarda köpeklerin oluşmasına sebep olan genlerin sürdürülmesini sağlamışlardır. Böylece Chihuahua (Çivava) gibi ufacık köpeklerden, Danua ve Dalmaçyalı gibi devasa köpeklere kadar geniş bir çeşitlilik elde edilmiştir. Bu boyut farklılıklarının zaman içerisinde çiftleşmeye tamamen engel olacağı düşünülmektedir Bir Chihuahua ile bir Danua'nın çiftleşmesini hayal etmek bile gariptir ki doğal ortamlarında çiftleşmeleri mümkün değildir, cinsel organları uyumlu değildir, yani türleşmenin önemli bir adımı çoktan tamamlanmıştır. İşte buna, yine bir önceki bölümde

anlattığım konu çerçevesinde mekanik izolasyon adını veriyoruz. Bu izolasyon sonucunda sadece tek bir köpek alt türü değil, onlarca yeni köpek türünün evrimleşmesi beklenmektedir Şu anda bile, yukarıda da örneğini verdiğimiz üzere, artık birbiriyle çiftleşemeyecek kadar farklılaşan, ancak ataları aynı tür olan alt türler bulunmaktadır ve türleşme, dolayısıyla evrim, hızla sürmektedir. Öte yandan giderek birbirinden farklı yönlere evrimleşen türlerin, bazı insanların görsel zevklerinden ötürü çiftleşmeye zorlanması sonucunda (yani türleşmeye giden iki kol arasında *gen akışı* olduğunda), evrimleşme hızı azalacak, türleşme yavaşlayacaktır. Yani evrimsel süreç analizi, tek bir bakış açısıyla değil, çok geniş bir yelpazede yapılmalıdır.

Köpeklerin evrimi konusunda verebileceğim son bir bilgi, 16 Ocak 2014'te *PLoS Genetics* dergisinde yapılan son derece güncel bir evrimsel analizle ilgilidir. Adam Freedman ve John Novembre önderliğinde geniş bir ekip tarafından yürütülen (ve ekip içerisinde Bilkent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmakta olan Dr. Can Alkan'ın da bulunduğu) çalışmada, günümüz modern köpeklerinin evrimleştiği düşünülen 3 ana coğrafi bölgede (Avrupa, Doğu Asya ve Ortadoğu) bugün yaşamakta olan kurtların genomları dizilenmiş ve filogenetik bir analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları oldukça ilginçtir ve kitabımın ele aldığı konularla yakından ilgilidir. Örneğin analize göre, köpeklerin evcilleştirilmesi sırasında bir darboğaz yaşanmış, evrimleştirilen kurt popülasyonu en az 16 kat küçülmüştür. Dolayısıyla, daha önce de bahsettiğim gibi genetik sürüklenmenin köpek evrimindeki etkisinin daha kritik olduğu düşünülebilir. Bu ufak popülasyonun genleri ve bunlar üzerindeki yoğun seçilim baskısı, evrim hızını kat kat arttırmış olabilir. Bir diğer ilginç bilgi, köpeklerin 16-11 bin yıl önce evrimleştiği gösterilmiş, böylece yakın dostlarımızı tarımın bile ortaya çıkmasından önce evcilleştirdiğimiz netleşmiştir. En ilginç sonuç ise yine evrimle ilgilidir: günümüzde yaşayan hiçbir kurt popülasyonunun, artık modern köpeklerin ortak atası olan kurtlarla aynı popülasyondan olmadığı tespit edilmiştir. Yani kurtlar ile köpeklerin son ortak atasına ait popülasyonların doğrudan torunu olan hiçbir canlı grubu artık günümüzde yaşama-

maktadır. Bu da, türleşmenin hızı ve gücü konusunda önemli bilgiler vermektedir. Yapay seçilimin etkisiyle ilgili evrimsel analizler, her geçen gün daha da ilginç sonuçlar edinmemizi sağlamakta, bizler için vazgeçilmez hale gelen türlerin evrimini, dostlarımızı, onlarla olan evrimsel ilişkilerimizi daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır. En nihayetinde kendimizi anlamak, bizi bugünlere getiren tüm olayları anlamaktan geçmektedir. İşte evrimin çalışılması ve anlaşılması bu yüzden önemlidir.

İnsan Harici Hayvanlarda Yapay Seçilim

İnsan doğadaki zekâ bakımından en ileri tür olabilir; ancak zekâya sahip olan tek tür değildir. Hatta bu özelliğe sahip olmaktan çok uzaktır, çünkü sinir sistemi evrimleşmiş olan her hayvan türünün zekâya sahip olduğunu artık biliyoruz. Bunu gerek nörobiyolojik olarak, gerekse de etolojik (davranışsal) olarak görmek mümkündür. Fakat bir örnekle, yapay seçilim gibi sadece insanın kullanabileceği düşünülen bir doğa yasasının bile diğer canlılar tarafından uygulanabildiğini görebiliriz:

Atta colombica, yaprakkesici karıncaların 41 türünden biridir ve Guatemala'dan Kolombiya'ya kadar geniş bir alanda bulunur. Bu tür, Attini oymağına ait bir türdür ve bu oymakta yer alan 230'dan fazla tür gibi, bu tür de **mantar çiftlikleri** kurmaktadır. Evet, yanlış duymadınız! Karıncalara ait tam 230 tür, yuvaları içerisinde bazı mantarlar yetiştirmektedir, tıpkı bizim inekler yetiştirip süt almamız ya da mısır yetiştirip yememiz gibi... Karıncaların yuvalarında sayısız mantar türüne ve grubuna rastlamak mümkündür, çünkü nemli, karanlık ve bol leşli bir ortam, mantarların sevdiği ve sporlarının yayılabileceği bir ortamdır. Ancak karıncalar, evrimsel süreçte bu mantarlarla karşılıklı bir evrim geçirerek bazı mantarlarla mutualist (çift taraflı, iki tarafın da fayda gördüğü) bir ilişki geliştirmişlerdir. Bu karıncalar, sadece basidiyomiket şubesine ait mantarları hayatta bırakırken, diğer türlere ait bütün mantarları söküp yuvanın dışarısına atarak ölüme terk etmektedirler veya doğrudan parçalayarak öldürmektedirler.

Yuvada bıraktıkları mantarların ise sadece yaşamasına izin vermekle kalmazlar, aynı zamanda besleyerek ve koruyarak gelişmelerini sağlamaya çalışırlar. Bunun sebebi, basidiyomiket şubesine ait mantarların ürettikleri kimyasalların, karıncaların avcısı olan hayvanların bazılarını yuvalarından uzak tutmakta olduğu gerçeğidir. Salgılanan bu koku, karınca avcısı bazı türlerin hoşuna gitmemekte ve bu kokunun yayıldığı yuvalardan uzak durmaktadırlar. Yani mantar, karınca yuvasından kolaylıkla besin bulup, karıncalar tarafından kollanırken, ürettiği kimyasal sayesinde karıncaların yuvasını koruyarak yuvaya fayda sağlar. Böylece karıncalar, Yapay Seçilim'i kullanarak kendilerine fayda sağlayan canlıların hayatta kalmasını kolaylaştırır ve evrimlerine destek olur, diğerlerini ise elerler.

Karıncalar bunu yapmayı nereden bilir? Elbette oturup, hesap kitap yapıp da bu sonuca ulaşmazlar. Bu davranışın kökenlerinin 40 milyon yıl kadar önceye gittiği düşünülmektedir. Muhtemelen bu davranışın ilk evrimleştiği dönemde, karıncalar sadece basidiyomiket şubesini değil, başka mantarları da korudular. Aynı zamanda birçok karınca türü kendi eğilimlerinden ötürü hiçbir mantarı korumadı. Ancak bunlar arasında, sadece basidiyomiket grubundan olan mantarları koruyanlar, kendi bölgelerindeki avcıların koku ve tat eğilimlerine de bağlı olarak, avantajlı konuma geçtiler. Çünkü sadece bu mantarın salgıları, o dönemdeki (ve bu döneme kadar evrimleşerek gelen) karınca avcılarını uzak tutabiliyordu. Hatta bazı karıncalar, belli tip bazı diğer mantarları koruyarak, o dönemin şartlarından ötürü geçici olarak avantaj sağlamış olabilir; sonrasında çevresel koşulların değişmesiyle dezavantajlı konuma geçerek yok olmuş olabilirler veya bu koruyucu niteliklerinden uzaklaşmış olabilirler.

Sonuç olarak, her karıncanın eğilimleri birbirlerinden farklıdır ve bu sebeple farklı mantarlarla etkileşime girmeye meyilli olabilirler. Karıncaların o dönemdeki atalarından bir grup, belki şans eseri, belki de o bölgede basidiyomiketlerin daha fazla bulunmasından ötürü onları korudu ve gerçekten bu şubenin mantarlarının ürettikleri salgı, onları korumaya yetti. Böylece nesiller içerisinde, bu şubeye ait mantarları koruyan karıncalar avantajlı konuma geçtiler ve bu davranışa

sebep olan genler, nesiller içerisinde seçilerek geldi. Burada yapay seçilim, sadece karıncaların mantar türlerinin bazılarını seçip bazılarını elemesi şeklinde değil, aynı zamanda basidiyomiket şubesi içerisindeki mantarlardan sadece avcıları uzak tutan kimyasalı en yoğun olarak salgılayanları hayatta bırakmaları şeklinde olmaktadır. Buna ihtiyaç duyarlar ve bundan fayda sağlarlar. Tıpkı insanların ineklerin daha fazla süt verenlerine ihtiyaç duyması ve onlardan fayda sağlaması gibi… Arada hiçbir fark yoktur.

Darwin ve Yapay Seçilim: Mikroevrim ve Makroevrim

Tüm bunlar alt alta konulduğunda ve sayısız örnekle çeşitlendiğinde, Sezai'yi heyecanlandıran gerçekleri keşfetmenin, Darwin'i de zamanında nasıl heyecanlandırdığını anlayabiliriz. Darwin, sadece bu örneklerde anlatılanları değil, kendi evinde yaptığı denemeler ve deneyler sonucunda kuşlarda da bu şekilde bir evrimin, değişimin gerçekleşebileceğini gördü. Zaten Viktoryen Dönem İngilteresi'nde kuş yetiştiriciliği yaygın bir hobiydi ve Darwin de bu hobiden geri kalmamıştı. Doğada tek bir tür olarak bulunan kaya güvercininin (*Columba livia*), paçalarının fazla tüylülüğü, takla atma davranışına olan yatkınlığı, boyun bölgesindeki tüylerin kabarıklığı, göğüs kafesi kemiklerinin sayısındaki farklılıklar gibi özelliklere göre yapılan seçilim, evrimsel sürecin uzunluğuna kıyasla sadece birkaç on nesil içerisinde bu özellikleri daha fazla gösteren, yeni canlıların ortaya çıkmasına, evrimleşmesine sebep olmaktaydı. Darwin, yaptığı analizler sayesinde, kaya güvercininin bu farklı özelliklerine göre uygulanan yapay seçilimin sonucunda, birkaç nesil sonunda kuyruk sokumundaki ve kalçadaki omur sayısında, kaburga kemiklerinin sayısı ve genişliğinde, lades kemiğinin iki ucu arasındaki açıklık miktarında, uçuş ve ses çıkarma biçimlerinde ve hatta erkekle dişi arasındaki farklılıklarda bile değişimler olduğunu gördü. Daha sonradan gelen bilim insanlarının yaptıkları analizler, gerçekten de son 5000 yıldır evcilleştirilmekte olan güvercinlerin, yapay seçilim sonunda birçok yeni özellik kazandığını doğruladı.

İşte bunu gören Darwin, derin düşünme seansları ve araştırmaları sonucunda canlıların en azından yapay olarak değiştirilebileceğini ve var oldukları gibi kalmalarının pek zor olduğunu gördü ve buna kısa sürede ikna oldu. Ancak onu bir adım öteye götüren nokta, yapay seçilim gibi bir mekanizmanın doğada benzer bir şekilde işleyip işlemediğini sorgulamak oldu. Fakat bu soru, bu bölümün konusu değil, bir sonraki bölümde ele alacağım.

Şöyle bir toparlarsak, bu bölümden edinmemiz gereken bazı önemli ve hayata, bilime, evrime bakış açımızı değiştirecek, yaşam görüşümüzü etkileyecek, dolayısıyla bu kitabı amacına ulaştıracak fikirler şunlardır:

İlk olarak doğada sadece türler arasında değil, türler "içerisinde" de çeşitlilik vardır. Bu çeşitlilik, bir bölüm önce değindiğim mekanizmalardan kaynaklanır. Tıpkı bir insan bebeğinin, anne babasından farklı özellikler taşıması; ancak onu andırıyor olması gibi, doğadaki hemen hemen bütün canlılarda bu şekilde bir varyasyon (çeşitlilik) oluşmaktadır. Bu çeşitlilik, canlıdan canlıya değişmekle birlikte, sayısız özelliği etkileyebilir: boy, ağırlık, uzunluk, genişlik, saç rengi, saç teli kalınlığı, kıllılık, göz rengi, yaprak genişliği, belli bir hormonu üretebilme miktarı, kas gelişimi, sinirsel bağlantıların tipi, köklerin sağlamlığı, köklerin saçaklılık oranı, besin depolama kapasitesi, çiçek geliştirme kapasitesi, yaprak sayısı ve belki yüz binlerce başka değişken... Hepsi, bu genetik çeşitlilikten etkilenmektedir. Canlılar, bu çeşitlilik içerisinden evrimsel süreçte edindikleri yetenekler ve bağlı bulundukları evrimsel zorunluluklardan ötürü bazı seçimler yapabilirler. Bu seçimler, türlerin evrimsel değişimiyle sonuçlanır.

İkinci olarak, kitabımın **onuncu değişim noktası** olarak tanımlayabileceğim şu gerçeği görebiliriz: **tür içerisinde yeterli çeşitlilik var olduğu müddetçe, uygulanacak her türlü seçilim baskısı, nesiller içerisinde canlı soy hatlarının öncelikle genetik yapısının, sonrasında da ister istemez fiziksel görüntüsünün değişmeye başlamasına neden olacaktır. İşte gen havuzunda meydana gelen bu kademeli değişime evrim deriz. Evrimden söz edebilmemiz için illa gözle gö-**

rülür fiziksel değişime ihtiyaç yoktur; gen dağılımlarının nesiller içerisinde değişimi de evrimin ta kendisidir!

Eğer ki evrimsel süreç içerisinde, çeşitlilik üzerine etki eden seçilim baskısının nesiller boyunca canlıları nasıl değiştirdiği takip edilecek olursa, son derece kademeli ve yumuşak bir geçiş görülecektir. Hiçbir kara hayvanı bir anda kanatlar geliştirip uçmaya başlamaz, hiçbir deniz canlısı karalara çıkıp koşmaya başlamaz. Evrim bu değildir. Evrimin iki boyutu bulunmaktadır: **mikroevrim** ve **makroevrim**. Mikroevrim dâhilinde tür popülasyonlarının genetik yapısı seçilim baskısı altında değişir. Yani, dışarıdan fiziksel olarak görülemeyen, fosil kayıtlarına işlenemeyen, ancak yalnızca genetik analizler yaptığımızda gözleyebileceğimiz evrim mikroevrimdir. Daha önceden de bahsettiğim gibi, eğer ki popülasyonda belli bir çeşitlilik varsa ve öyle ya da böyle bir seçilim baskısı bulunuyorsa, türün genetik yapısı kademeli olarak mutlaka değişecektir. Hatta seçilim baskısı olmasa bile, önceki bölümden hatırlayabileceğiniz genetik sürüklenme ve gen akışı gibi çeşitlilik mekanizmalarının etkisi altında popülasyonun genetik yapısı farklılaşacaktır. İşte bu moleküler değişimlere mikroevrim adını veririz. Yine önceki bölümle bağ kurabilmek açısından, birbirinden izole olmuş popülasyonlarda ilk olarak gördüğümüz mikroevrimdir. Yani öncelikle genetik yapı farklılaşmaya başlar. Dışarıdan bakan biri, bu aşamada evrimi gözleyemez, çünkü henüz genlerdeki değişimler fiziksel farklılıklar yaratabilecek kadar birikmemiştir.

Ancak eğer ki bu çeşitlilik ve seçilim sürecini yeterince uzatırsanız, ister istemez bazı genetik değişimler, öncelikle proteinlerin yapısını, sonrasında da fonksiyonların ve organların yapısını değiştirmeye başlayacaktır. İşte dışarıdan bakıldığında, morfolojik analizler yapıldığında, en azından uzman gözler tarafından tespit edilebilir değişimlere **makroevrim** adını veririz. Makroevrimi gözleyebildiğimiz başlıca kaynak fosiller ve laboratuvarlardır. Fosiller, bizlere yaşam tarihinden bazı kesitler sunarlar. Fosiller asla eksiksiz evrimsel kayıtlar değildirler; tam tersine, son derece kesintili ancak evrim sürecindeki kritik noktalarda bizlere bilgiler verebilen kalıntılardır. Çıkarılan fosillerin birbirleriyle ilişkileri ve evrimsel analizi uzmanlar tarafından

yapılır ve makalelerle ilan edilir. Uzman olmayan gözlerin fosilleri analiz edip sınıflandırması mümkün değildir. Üstelik sadece fosillere bakarak evrimi yargılamak da hatadır; zira fosiller olmaksızın da evrimin gerçekliğini anlayabileceğimiz sayısız yöntem vardır (moleküler kanıtlar başta olmak üzere). Günümüzde toplamda 250.000 farklı fosil türü bilinmektedir ve en iyimser hesaplara göre bu, tüm fosil türlerinin %0.006'sı (yüz binde 6'sı) kadardır. Bunun sebebi, fosilleşmenin çok zor bir süreç olmasıdır. 1999 yılında yayımlanmış ve birçok farklı fosilleşme istatistiğini analiz eden bir makalede, tüm türlerin sadece %25-30 arasına ait bireylerin fosilleştiği belirtilmektedir. Eğer ki omurgalı hayvanlar dikkate alınacak olursa, bugüne kadar yaşamış olan omurgalıların %85-97 arasının asla fosilleşmeyeceği öngörülmektedir. Bu sayılar gerçekten baş döndürücüdür. Üstelik bu az sayıda fosilleşmiş türlerin ve bireylerin de çok çok küçük bir miktarı bilim insanları tarafından keşfedilebilmektedir. Dolayısıyla elimizdeki fosiller, evrimi bir bütün olarak gösteremez. Ancak tıpkı bir film şeridinin farklı noktalarından ekran görüntüleri almak gibi, fosiller de bize uzun bir sürecin kısa kesitlerini sunabilirler. Bilim insanları, detaylı metotlar kullanarak bu kesitler arası boşlukları doldurmaya ve evrimsel tarihi ortaya çıkarmaya çalışırlar. Bu son derece zahmetli ve uzmanlık gerektiren bir iştir.

Bu şekilde yapılan analizlerde, bugüne kadar evrimsel sürecin öngördükleriyle çelişen hiçbir örneğe rastlanmamış; tam tersine evrimsel biyoloji sayesinde ileri sürdüğümüz fikirleri sayısız defa fosillerle test ederek doğrulama imkânımız olmuştur. Örneğin sularda yaşayan omurgalıların karada yaşayabilecekleri şekilde evrim geçirdiklerini evrimsel biyoloji sayesinde keşfettik. Zaten elimizde bu geçişi gösteren bazı fosiller bulunmaktaydı. Ancak sonrasında, Dr. Neil Shubin ve ekibi, bu sudan karaya çıkışın olabileceği coğrafi konumları belirleyip (günümüzde Kanada olarak bilinen bölgede), bu bölgelerde yaptıkları kazılarda gerçekten de *Tiktaalik* gibi sudan karaya geçiş özelliği gösteren türlerin fosillerini keşfetmişlerdir. Benzer şekillerde kafadanbacaklıların, böceklerin, örümceklerin, kertenkelelerin, kaplumbağaların, atların, kemirgenlerin, maymunların deniz memelile-

rinin, uçan sürüngenlerin (teruzorlar), yüzen sürüngenlerin, insanların evrimine ait sayısız fosil tür keşfedilmiştir. Ayrıca omurgasızların kıkırdaklı balıklara, kıkırdaklı balıkların kemikli balıklara, balıkların dört ayaklılara (Tetrapoda), semender benzerlerinin gerçek amfibilere, sürüngenlerin yılanlara, arkozorların dinozorlara, dinozorların kuşlara, sürüngenlerin memelilere, maymunların (Simiiformes) insana evriminde birkaç "ara basamak" görevi gören fosil gün yüzüne çıkarılmıştır. Bunların hepsi, makroevrimin fosil kayıtlarına dayanan gözlemlerinin sayısız örneğinden birkaçıdır.

Makroevrimi gözlemenin bir diğer yolu ise laboratuvarlarda yapılan deneylerdir. Örneğin mutasyonlarla ilgili kısımda bazı alglerin boyutlarının değiştiğini görebileceğimiz kadar evrimleştiklerinden bahsetmiştim. Daha sonraki bölümlerde de bol bol laboratuvar deneyi örneği görecek ve detaylarını inceleyeceğiz. Bunlar haricinde doğada makroevrimi göremiyor olma sebebimiz, ömrümüzün evrimsel değişimleri algılamaya yetmeyecek kadar kısa olmasıdır. Nasıl ki kıtaların hareketini veya iklimlerin değişimini anlık olarak algılayamıyorsak; ancak jeolojik ve meteorolojik verilerden bu yavaş değişimlerin varlığını anlayabiliyorsak, evrimsel sürecin yavaş etkisini de çok uzun zaman aralıklarında bize kayıtlar sunan fosiller ve laboratuvar deneylerinden anlayabiliriz. Uzun lafın kısası mikroevrim de makroevrim de insanlar tarafından gözlenmiş *doğa gerçekleridir*.

Burada, Sezai'nin hikâyesinden de çıkarabileceğiniz **on birinci değişim noktası**na geliyoruz: **Evrim, bir canlının tamamen farklı bir canlıya, bir anda dönüşüvermesi demek değildir. Örneğin bir insanın bir kuşa dönüşüp uçmaya başlaması, bir kedinin timsaha dönüşüp suya dalması demek değildir!** Bu abartılı örneklerde anlatmak istediğimiz, evrimsel süreçler sonucunda, göreceli olarak kısa bir zaman diliminde evrimleşen bir tür, atasal türünden çok da farklı olmayacaktır. Örneğin bir bitkinin ya da bir kuşun evrimi gözlendiğinde, bu kuşun kendisinden bir önceki atasının, kendisinden aşırı farklı olmadığı; ancak bilim eğitimi almış kişilerce kolayca görülebilecek belirgin farkları bulunduğu görülecektir. Ancak nesiller takip

edilirse görülür ki, zaman içerisinde ilerledikçe canlıların birbirlerine olan benzerlikleri azalmakta, farklılıkları ise artmaktadır. Sonunda, aynı kuş türünün 100.000 nesil sonraki bireyi ile 100.000 nesil önceki bireyi arasındaki fark, ciddi miktarda olacak ve bu fark kimi zaman denizel bir canlının artık karada yaşayabilir adaptasyonlar geçirmiş olmasıyla, karasal bir canlının uçma yetisini kazanmasıyla, görme yetisine sahip bir canlının gözlerinin tamamen işlevsiz hale gelmesiyle, vs. sonuçlanabilecektir. Yani evrim çok yavaş gelişen bir süreçtir ve ömrü 70-80 yıl olan bir canlı tarafından gözlenemez. Ancak ömrü 1 milyon yıl olan zeki bir canlı var olsaydı, birçok türün evrimsel değişimini tek bir ömür içerisinde gözleyebilirdi.

Maymun Meselesi: İnsanlar ve Maymunlar

Bazı okurlarımın aklının az önceki anlatımımda kalmış olduğunu ve kullandığım "maymundan insana evrim" örneğinin içlerini kemiriyor olabileceğini tahmin ediyorum. Bu yüzden bu çok yanlış bilinen örneği de bu kitapta açığa kavuşturmak gerektiğini düşünüyorum. İçinize kurt düşürüp açıklamadan bırakmayayım.

Konuyu anlayabilmek için öncelikle bazı terimleri temizlemeliyiz: Maymunlar, şu anda yaygın olarak kabul edilen tanımlarına göre evrimsel açıdan parafiletik (ortak bir ataya ait tüm torun türleri içerisine almayan taksonomik grup) bir gruptur. Maymun, biyolojik olarak Eski Dünya Maymunları (Cercopithecoidea) ile Yeni Dünya Maymunları'na (Platyrrhini) hep birlikte verilen isimdir. Eski Dünya Maymunları, Afrika ve Asya'da evrimleşmiş olan maymunlardır. Yeni Dünya Maymunları ise Orta ve Güney Amerika'da evrimleşmiş olan maymunlardır. Afrika'da evrimleştiği bilinen türümüzün (*Homo sapiens*) ataları, Eski Dünya Maymunları'ndan ayrılmıştır. Ancak bu ayrım yaklaşık olarak 34-29 milyon yıl önce gerçekleşmiştir. Bu, insana gidecek ana evrimsel kolun evrimleştiği 6 milyon yıl öncesinden çok öncesine dayanmaktadır.

Çok fazla terimin olması, konuyu da karıştırmaktadır. Olabildiğince yalın bir şekilde anlatmaya çalışacağım: Genellikle "maymun"

dediğimiz zaman, kuyrukları olan primatları kastederiz (aslında primatları da kuru burunlular ve ıslak burunlular diye ayırmak ve maymunları kuru burunlu primatlar altında incelemek gerekir; ancak konu zaten yeterince karışık olduğu için bu ayrımı göz ardı edeceğim). Kimi kaynakta "İnsansılar", kimi kaynakta "İnsansı Maymunlar", kimi kaynakta ise "İnsaymunlar" olarak çevrilen, İngilizcesi "Ape" olan Hominoidea süperailesi şu canlıları kapsar: insanlar, şempanzeler, bonobolar, goriller, orangutanlar, gibonlar ve tüm bunların son 30 milyon yıl içerisinde yaşamış olan ataları... Bu primat türlerinin tamamının ortak bir noktası vardır: kuyrukları bulunmaz. Dolayısıyla klasik "maymun" tanımına uymazlar. Biz her ne kadar bir şempanzeye düşünmeden "maymun" diyor olsak da, halen yaygın olarak kabul edilen bilimsel terminoloji açısından şempanze de, tıpkı insan, orangutan ya da goril gibi bir maymun değildir! Bunlar "insansı maymun" olarak bilinirler. Daha doğru bir tanım ise "Kuyruksuz Maymun" demek olacaktır.

Öte yandan Yeni Dünya Maymunları arasında bulunan marmosetler, tamarinler, kapuçin maymunları, sincap maymunları, baykuş maymunları, titiler, saki maymunları, uakariler, örümcek maymunları, bağıran maymunlar; Eski Dünya Maymunları arasında bulunan babunlar, makaklar, vervetler, kolobus maymunları, lutunglar, surililer, langurlar, doklar, proboskisler, domuz-kuyruklu maymunlar isimlerinden de anlaşılabileceği üzere birer maymundur, çünkü hepsinin kuyrukları vardır. Bunlardan başka onlarca maymun türü bulunmaktadır, burada sadece birkaç örneğini vermek istedim.

Sahi, insan ve yakın akrabalarını neden "kuyruksuz maymun" olarak niteliyoruz da, bambaşka bir isim vermiyoruz? Çünkü filogenetik (evrimsel) ve taksonomik analizler, insan ve akrabalarının "maymunlardan" farklı bir grup olarak isimlendirilemeyecek kadar maymunlarla yakın akraba olduklarını göstermektedir. Dolayısıyla burada karşımıza ilginç bir gerçek çıkmaktadır: insan ve yakın akrabaları, aslında "maymun" olmalıdır. Çünkü hem "*İnsan kuyruksuz maymundur*" deyip, hem de "*İnsan maymun değildir*" demek çelişki yaratacaktır. Evet, kuyruksuz oldukları için geleneksel "maymun"

tanımına uymamaktadırlar (geleneksel tanıma göre bir primatın maymun olması için kuyruğu olması gerektiğini hatırlayın); ancak filogenetik ve taksonomik olarak, dilimizdeki kelimelerin elverdiği doğrultuda insana ve tüm yakın akrabalarına da "maymun" demek zorundayız. İngilizce ve taksonominin dili olan Latince, bunu kolayca çözebilmektedir: Simiiformes infratakımı... Simiiformes, Türkçe karşılığı bulunmayan bir sözcüktür. Genel olarak, kuyruklu ve kuyruksuz maymunların tamamını kapsar. Dolayısıyla Simiiformes'in tam Türkçe karşılığı, "maymunlar" olmalıdır. Dolayısıyla az önce bahsettiğim geleneksel "maymun" tanımı, "kuyruklu maymun" kalıbı ile karşılanmak zorundadır. Hepsine birden ise "maymun" denmelidir. Bu durumda kuyruksuz maymunlar da birer "maymun" olarak sınıflandırılmalıdır.

Bilim insanları da elbette bunun farkındadır. Zaten son birkaç on yıldır bu şekilde isimlendirmeye yönelik adımlar atılmaktadır. Dediğim gibi İngilizcede birçok farklı teknik kelime olduğu için bilim camiası içerisinde çok sorun yaşanmamaktadır; dolayısıyla bilim insanları da bunun üzerine çok fazla gitmemektedir. Ancak Türkçe gibi dillerde, bu teknik terimlerin karşılıklarının bulunmaması, evrimin de hatalı aktarılmasına neden olmaktadır. Fakat artık eski korkularımızdan sıyrılıp, modern bilimin gerçeklerini kucaklamamız şarttır.

İşte bu sebeple ben, şunu gönül rahatlığı ile söyleyebilirim: artık evrim karşıtlarına "cici" gözükmek için insanın maymundan evrimleşmediğini söylemeye çalışmayınız. **İnsanlar, maymunlardan evrimleşmiştir! Hatta bırakın insanların maymunlardan evrimleştiği gerçeğini, insanın kendisi halen bir maymun türüdür!** İnsan, Simiiformes infratakımı içerisinde yer alan bir hayvan türüdür. Simiiformes, belirttiğim gibi, tüm maymunları kapsayan bir gruptur. Bu grup içerisinde, insanın en yakın akrabalarından en uzak primat akrabalarına kadar tüm türlerin ortak ataları bulunmaktadır. Bu ataların hepsi maymundur. Bize gelen soy hattındaki tüm türler maymundur. "Maymun" sözcüğünün bir hakaret ve aşağılama ifadesi olarak kullanılmasından vazgeçilmesi şarttır. Tabii ki burada art niyetli şahısların

özellikle bunu hakaret olarak kullanmaya çalışması, Önsöz'de izah ettiğim gibi bilimin halka ulaşması önüne set çekmektedir. Bunlar, derhal aşılmalıdır.

İnsan türü olarak, kendimizi diğer hayvanlardan ve maymunlardan dışlamaya çalışmanın anlamı yok. İnsanı bilimsel olarak tanımlamamı isterseniz size şöyle bir tanım yapabilirim: Modern insanlar (*Homo sapiens* türü), ökaryotlar (Eukarya) içerisinde yer alan, Hayvanlar Alemi (Animalia) içerisinde bulunan, Gerçek Dokulular (Eumetazoa) alt âleminin, çift yanlı simetrikler (Bilateria) kladının, ikincil ağızlılar (Deuterostomia) üst şubesinin, kordalılar (Chordata) şubesinin, omurgalılar (Vertebrata) alt şubesinin, gerçek çeneliler (Gnathostomata) infra şubesinin, dört üyeliler (Tetrapoda) üst sınıfının, memeliler (Mammalia) sınıfının, doğuran memeliler (Theriiformes) alt sınıfının, primatlar (Primata) takımının, kuru burunlu primatlar (Haplorrhini) alt takımının, maymunlar (Simiifromes) infratakımının, kuyruksuz maymunlar (Hominoidea) üst ailesinin, büyük kuyruksuz maymunlar (Hominidae) ailesinin, insanların (*Homo* cinsinin) içerisinde yer alan canlılardır. *Homo* cinsi içerisinde tanımlanmış türlerin hepsi insandır; biz tek insan türleri değiliz. Ancak bizler, hayatta kalan son insan türüyüz. Bu açıdan bakıldığında, bu kısaltılmış sınıflandırmada alınacak, darılacak, bozulacak bir taraf bulunmamaktadır ve bulunmamalıdır da. Türümüzün maymunlardan gelmesine tepki göstermekteyiz; ancak memeliler olduğumuz konusunda pek bir sıkıntımız yok gibidir (memelerimizin olup olmadığını kontrol etmenin daha kolay olmasından olabilir). Bunun tek sebebi, "maymun" kelimesinin argolaştırılmasıdır. Muhtemelen evrimsel süreçte aslanlardan ya da kaplanlardan evrimleşmiş olsaydık ya da onlarla yakın akraba olsaydık bu sorunları bu kadar yaşamayacaktık. İnsanlar, duygularının kırılmasının veya sözcüklerden rahatsız olmalarının, gerçekleri değiştiremeyeceğini anlamalıdır.

Bu konuyu da, Yapay Seçilim ile doğrudan bir alakası olmasa da, anlatımın ilerleyişi içerisinde vererek netleştirmeyi istedim.

Sonuç

Darwin, insanlar tarafından uygulanan Yapay Seçilim'in yeni türler yaratma gücü olduğunu gözlediğinde, ilk olarak üzerinde durduğum bu sonuçlara ulaşmıştı. Fakat bunlar yepyeni bir bilimin doğuşunun daha ilk adımlarıydı. Darwin'in ve kendisinden sonra gelen yüzlerce bilim insanının daha keşfedeceği birçok Evrim Mekanizması bulunmaktaydı. Şimdi, bu bölümü Sezai'nin heyecan duyduğu sorular zincirini yeniden gündeme getirerek bitirelim:

"*Acaba insanın ya da diğer canlıların uyguladığı yapay seçilime benzer bir mekanizma, doğa içerisinde, doğal yollarla, hiçbir canlının tercihine bağlı olmaksızın bulunuyor olabilir mi? Türler, doğal tarihleri içerisinde bu mekanizmaya bağlı olarak, nesiller içerisinde, ister istemez değişiyor, farklılaşıyor ve evrimleşiyor olabilir mi? Kısaca, insanın yapabildiğini, doğa da yapıyor olabilir mi?*"

Bu soruların cevabının Darwin tarafından net bir şekilde verilmesi, onun günümüzde "Evrim'in Babası" olarak bilinmesine neden olacak ve aynı zamanda bilimde yeni bir çağın açılması demek olacaktı.

BÖLÜM 5:

Doğa Bir Savaş Alanıdır: Doğal Seçilim

Bunaltıcı bir sıcak... Yerden, katman katman buhar kalkıyor. Toprak çatlamış, susuz. Kupkuru, damarlı toprak içerisinden fışkıran sarı ve yeşilimsi otlar birkaç santimetre uzunluğunda ve göz alabildiğine bir alanı kaplıyor. Uçsuz bucaksız bir yer burası: Kalahari Çölü, Güney Afrika. Yarı çöl olan bu savana, yani kurak, otlar ve kısa ağaçlardan oluşan düzlük ufka doğru uzanıp gidiyor.

Bölgede en azından son 2000 yıldır varlıklarını sürdüren San kabilesinden 3 kişi, 45 santigrat dereceyi geçen sıcakta, sessizce yürüyor. Yaklaşık 30 kişilik grubun içerisinde avcı olarak yetiştirilmiş olan bu üçlü, geride onların getireceği yemeği bekleyen yaşlılar, kadınlar ve çocuklar için avlanmak zorundalar. Av yoksa, yemek de yok. Dolayısıyla oldukça vahşi bir yaşam sürüyorlar, sürmek zorundalar. Avcılar, oldukça zayıf ve çelimsiz yapılı görünüyor olsalar da, aslında son derece dirençli kişilerden oluşuyor. Bu sıcakta, saatlerce yürüyüp koşabilecek kadar dinamik ve güçlüler. Günün ilk ışıklarıyla başlayan ve yaklaşık 45 dakikalık sessiz bir yürümenin ardından, sonunda av sürüsünün toprak üzerinde bıraktığı ilk izlere ulaşıyorlar. İzlerin sıklıklarına ve yönelimlerine bakarak, sürünün nerede olduğunu tespit etmeye çalışıyorlar.

Avcıların peşinde oldukları *Tragelaphus* cinsi antiloplardan olan Kudu sürüsünde de sessiz bir bekleyiş var. Sürüdeki 15 civarı birey, gergin bir şekilde kafasını kaldırıp indiriyor ve zar zor yetişebilmiş, kısacık, yeşil otlarla besleniyorlar. Bu arada her lokma arasında hızlı-

ca etraflarını kontrol edip, sayısız avcılarından birinin civarda olmadığından emin olmaya çalışıyorlar. Her biri hızla önündeki otları tüketip, bulundukları bölgeden uzaklaşmayı hedefliyor. Çünkü her biri biliyor ki, bu çölde bir noktada uzun süre kalmak demek, kaçınılmaz bir şekilde ölüm demek...

Sürü içerisinde aileler yok. Kudular, sınırlı miktarda bulunan otlaklarda beslenme zamanları ve çiftleşme dönemleri haricinde çoğunlukla tek başlarına yaşayan hayvanlar. Erkekler, sadece üreme dönemlerinde dişilerle bir araya geliyor. Normalde, diğer bütün hayvanlar gibi Kudular da üreyebildikleri kadar üremek ve nesillerini sürdürmek peşindeler. Ancak şu anda hiçbirinin aklında üremek yok, çünkü bulundukları bölgeye yayılan koku çok net! Onlar, buradalar. Sinsice ilerliyorlar ve adım adım Kudu sürüsüne yaklaşıyorlar. Her bir Kudu, keskin burunları ve hassas kulakları sayesinde avcılarının yaklaştığını hissedebiliyor.

Kudular kadar keskin bir buruna ve en ufak sesleri bile duyabilen kulaklara sahip olmasalar da, oldukça keskin gözlere ve çok yüksek bir zihinsel algı düzeyine sahip üç *Homo sapiens* (insan) avcı da, sürüdeki hareketlenmeyi görüyor, hissediyor. Aralarındaki mesafenin iyice kapanması ve ayaklarının altındaki otların ezilmesi sırasında çıkan hışırtı ve nefes alış veriş seslerinin Kudulara ulaşmasıyla birlikte sürü bir anda, hızla koşmaya başlıyor. Avcılar da zaten bunun olmasını bekliyordu. Sürünün hareket etmesi demek, sürüye onları korkutacak kadar yaklaşabildikleri sırada tespit ettikleri bireyi (hedef olarak seçtikleri avlarını) sürüden ayırabilmeleri demek. Avcıların gözlerine kestirdikleri, büyük bir ailenin akşam yemeği için fazlasıyla yeterli olabilecek olan, sürünün en büyük boynuzlu erkek bireyi. Normalde, uzun boynuzlar erkek Kuduların dişilerini etkilemesine ve dişileri kapabilmek için diğer erkeklerle mücadele etmesine yarıyor. Ancak şu anda, bir erkek Kudu'nun dişileri nasıl etkilediği, diğer erkeklerle nasıl mücadele ettiği Sanları ilgilendirmiyor. Onları ilgilendiren tek şey, büyük boynuzlara sahip olan Kudu'nun az sonra başlayacak ve belki de saatlerce sürecek olan kovalamacada, daha küçük boynuzlu bireylere göre çok daha kolay yorulacağı gerçeği...

Günümüzde yaşayan San insanları, bilim insanlarının bildiği en eski avlanma yöntemini kullanıyorlar: avın peşinden koşuyorlar, yeterince yaklaşana kadar hiçbir silah veya tuzak kullanmıyorlar. Av yorulup yere yığılana kadar peşini bırakmıyorlar. Buna "**direnç avı**" deniyor. Adından da anlaşılabileceği gibi sadece dirence dayanıyor. Daha doğrusu avın mı, yoksa avcının mı direncinin daha önce kırılacağına... Ve San avcıları, sürünün hareketlenmesiyle birlikte bu vahşi avın başladığının farkındalar.

Kudular dört bir yana doğru dağılıyor. Uçsuz bucaksız ve aşırı sıcak savanayı bir anda Kuduların ayaklarının kaldırdığı toz bulutu kaplıyor. Kudular, kısa sürede saatte 50-60 kilometre hıza ulaşabilen, hızlı koşucular. Bir diğer hayvan türü olan insanın, yani bu durumda San halkı avcılarının hızı ise saatte ortalama 40 kilometreyi zar zor geçiyor, o da en yüksek hızda koştuklarında... Normalde, saatte ortalama 25 kilometre hızla koşabiliyorlar. Dolayısıyla bu av, hiçbir zaman kolay olmadı ve olmayacak.

Kudular, hızlanmaya başlıyor. Avcılar da hemen harekete geçiyor ve gözlerine kestirdikleri iri erkeği bir taraftan kıstırarak ve üzerine koşarak sürüden ayırıyorlar. Böylece az sonra gözden kaybolacak olan Kudu'nun izlerinin diğerleriyle karışmamasını sağlıyorlar. Gerçekten de sürü, çok kısa bir sürede arayı açıyor ve her biri savana içerisinde gözden kayboluyor. Fakat avcılar, çoktan hedeflerini sürüden ayırdılar ve tek başına, diğerlerinden farklı bir yöne doğru kaçmasını sağladılar. Dolayısıyla endişelenmelerini gerektirecek bir durum yok. Büyük boynuzlu Kudu'nun attığı her adım, avcılara yerini bildirecek. Zaten avcılar bunun için buradalar: Avı takip etmek, izini sürmek ve zamanı geldiğinde... Öldürmek. Bunu yapmak zorundalar, yoksa kendileri ölecek. Bu yüzden aralarında hep bir savaş var, hep bir mücadele var. Bir taraf, hayatta kalmak için diğerini alt etmek zorunda...

Avcılar düşük bir tempoda yarı yürüyor, yarı koşuyorlar çünkü erken yorulmamalılar. Büyük boynuzlu Kudu'nun gittiği yönü gayet net bir şekilde gördüler; artık tamamen gözden kaybolmuş olsa da... Zaten göz teması kurmaları gerekmiyor. Kafaları sürekli yerde, hayvanların bıraktığı ayak izlerini gözlüyorlar. Ellerini ileri doğru, yarı yumruk

yapmış bir şekilde, havada ufak daireler çizerek koşuyorlar, bu şekilde hayvanın havada bıraktığı sıcak izleri daha iyi hissedebileceklerine inanıyorlar. Ayrıca bu avın hiçbir şakası yok. Tam konsantrasyon gerekiyor. Avcılar bu sırada, tamamen avına kilitlenmiş aç bir hayvan konumundalar. Aslında bu avda, avcı olmak değil, "av" olmak gerekiyor. Avın beyninde olmak, her hareketini takip edebilmek ve gideceği yeri öngörebilmek... Bu yüzden avcıların hiçbiri konuşmuyor, sadece hedeflerine odaklanmış bir şekilde, düşük tempoda ilerliyorlar.

Bu düzenli ve orta tempolu koşu aralıksız 2 saat boyunca, sessiz ve kararlı bir şekilde sürüyor sürüyor. Henüz avcılar, avlarına yaklaşmış bile değiller! Fakat izleri halen görebiliyorlar ve hızla oldukları yerden uzaklaşan Kudu'nun peşini bırakmıyorlar. Güneş, bu sırada tepeye yükselmeye devam ediyor ve bunaltıcı bir şekilde etrafı kavuruyor. Giderek sıcaklaşan havayla birlikte, dirençlerinin kırılmaması adına tempoyu biraz düşürüyorlar. Ne de olsa av, nereye giderse gitsin arkasında avcıların takip edebileceği bir iz bırakmak zorunda. Avcılar, aralıklarla yere eğilerek avın bıraktığı izleri kontrol ediyorlar, sıcaklığına, avın yere basış biçimine, şiddetine, yönüne bakıyorlar. Sadece tek bir ayak izinden, avın yorulup yorulmadığını, gittiği yönü, hızını anlayabiliyorlar. Takip bu şekilde, 2.5 saat kadar daha sürüyor. Bu sürenin sonunda artık avcılar, âdeta transa geçmiş bir şekilde, tam konsantrasyon halinde, avlarının izini sürüyorlar.

Avın başlangıcından itibaren 5 saat geçtikten sonra, çölün dış kısımlarında, göreceli olarak daha sık ağaçlık alana ulaşıyorlar. İzler, onları buraya kadar getiriyor. Ve artık yerdeki izler giderek daha silik hale geliyor çünkü zemin sert ve kupkuru, iz oluşumuna elverişli değil. Ancak avcılar, bunun için de hazırlıklılar. Yıllardır babalarından ve dedelerinden bu işin nasıl yapılacağının tüm detaylarını bu yüzden öğrendiler. Av ile "bir" olabilmek için... Avın nerede olduğunu, nasıl olduğunu, ne şekilde olduğunu hissedebilmek için...

Ağaçlıkların arasında sessizce yürürken, izini artık tamamen yitirdikleri avın aynı yerlerden geçerken nerelere dönüp, nerelerden sapabileceğini hayal ediyorlar. İnsanın diğer türlerden tek üstünlüğü olan zekâlarını kullanıyorlar. Etraftaki her veriyi değerlendi-

rerek, avın yerini saptamaya çalışıyorlar. Önlerine çıkan bir ağacın konumundan, orta uzunluktaki çalıların bükümünden, hafif esen rüzgârın yönünden ve şiddetinden yola çıkarak, farklı noktalarda yön değiştiren Kudu'nun yolundan gitmeye çalışıyorlar. Bu sırada, güneş de etkisini iyice arttırıyor. Bedenleri sıcaktan yanıp kavruluyor, ancak siyah derileri, bu güneşin kavurucu ve tehlikeli etkisini azaltıyor. Eğer ki beyaz derili bir insan, aynı avı deneyecek olsa, muhtemelen ilk saatin sonuna ulaşamadan sıcaktan şoka girerdi. Fakat San insanlarının doğal ortamı bu: çöl ve bu sıcaklar... İnsanın evrimsel süreçteki atalarından kalan bu koyu renkli derileri sayesinde çöl ortamının yakıcı güneşi altında hayatta kalabiliyorlar.

Bu yoğun sıcak altında aradan 1 saat daha geçtikten sonra, artık giderek yorulduğunu tahmin ettikleri ava yaklaşıyorlar ve bir anlığına da olsa, kısa ağaçların arasında durup dinlenen hayvanla göz teması kurabiliyorlar. Bütün adımları doğru atabilmeyi ve yeni ortamda, arkasında fiziksel pek bir iz bırakmayan Kudu'nun yerini doğru tespit etmeyi başarıyorlar. Avcısını hisseden ve muhtemelen gören Kudu, korku içerisinde geriye bakıyor ve aksi yönde kaçmaya devam ediyor. Artık Kudu yeterince yorulduğuna ve durma riskini göze alabilmeye başladığına göre, avın ilk kısmı olan "takip evresi" bitiyor ve yeni bir kısmı başlıyor: "kovalama". Avcılardan biri, bir ucunda içerisinde çölün kutsal saydıkları kumlarının bulunduğu ufak bir torbanın asılı bulunduğu uzun sopayı avı gördükleri yöne doğru, havaya fırlatıyor. Bu, San insanlarının avlanma ritüeli içerisinde, avcıların koşmaya başlamasını bildiren bir işaret. 3 avcıdan sadece 1 tanesi bu kovalamayı gerçekleştirecek: *Coroje*, yani "koşucu". Havada taklalar atan sopanın yere düşmesiyle, koşucunun ekipten ayrılarak avın olduğu yöne doğru atılması bir oluyor. Bir anda, hızlı bir deparla diğer avcılardan ayrılıyor ve av ile arasındaki farkı kapatmak üzere koşuyor. Çalıların ve kısa ağaçların arasında rüzgâr gibi ilerliyor. Yerdeki dikenli otlara aldırmadan, keskin ağaç dallarına takılmadan, yerde aralıklarla serilmiş çalı çırpıların üzerinden atlayarak, sanki son 5 saattir avı takip edip de yorulmamış gibi, durmadan koşuyor.

Hedefinden sapmamalı, yorulmamalı, bıkmamalı ve daha önemlisi... Düşmemeli, pes etmemeli. Bundan sonrası, bir direnç sınavı gibi:

Hangisi daha önce yorulacak ve çökecek? Av mı, avcı mı? Kudu mu, insan mı? Bu süreç, kasaba giderek kolaylıkla et aldığımız, arabamıza atlayarak kilometrelerce ötedeki alışveriş merkezlerine 10 dakikada ulaşmamızdan çok eski zamanları, günümüzden binlerce yıl önceki doğal yaşantımızı temsil ediyor. Günümüzde Kalahari Çölü'nde yaşayan bu insanlar halen, ilk bakışta "insan" bile demekte zorlanabileceğimiz kadar eski atalarımızın, *Homo sapiens* olarak isimlendirilen "modern insan"dan yüz binlerce ve milyonlarca yıl önce yaşamış diğer insan türlerinin yaşadığı dönemlerdeki yaşantıyı sürdürüyorlar. Bu yaşantıda teknolojiye ait hiçbir silah, araç, yapı yok. Tek silah, insanın kendi direnci, kasları, kemikleri ve zekâsı... Ödülünü de sadece bunlarla alabilecek.

Av ile avcı arasındaki ölümcül mücadeleyi, birçok fiziksel özellik şekillendiriyor. Bu direnç avının sonucunu, milyonlarca yıldır farklı yönlere doğru evrimleşen nitelikler, bu özellikler belirliyor. Avcının ayakları her yere bastığında sıcak toprağa gömülüyor. Uzun mesafeler kat etmek hesaba katıldığında, iki ayak üzerinde koşmak, dört ayak üzerinde koşmaya göre çok daha verimli. Bu yüzden, bu avda insanın geçirdiği evrim, ona avantajlar sağlıyor. Daha doğrusu, bu şekilde iki ayak üzerinde koşmak bir avantaj olduğu için evrimsel süreçte bu yapı gelişebilmiş, insan bu yönde farklılaşabilmiştir. Kudularda ise genelde kısa mesafelerde çok yüksek hızlarda koşarak kaçabildiği için, ekstra bir direnç katan ve kısa mesafe koşularda daha fazla enerji harcamayı gerektiren iki ayak üzerinde hareket etme (bipedalizm) evrimleşmemiştir.

Ayrıca insan, geçirdiği evrim sırasında vücudundaki kılların birçoğunu kaybetmiştir ve bunlar yerine sıcaklığı ayarlamak konusunda daha etkili olan ter bezleri evrimleşmiştir. Bu sayede sürekli olarak, yoğun bir biçimde terleyerek aşırı sıcak ortamda vücudunu çok daha kolay serinletebilir. Ancak vücudu kıllarla kaplı bir Kudu, insana göre çok daha az terleyebilir ve vücudu çok daha çabuk ısınır. Buna karşılık kıllar, vücut sıcaklığını sabit tutmak açısından avantajlıdır, hava soğuduğunda bile, bir yere sığınmaksızın, dışarıda uyuyabilirler, yaşayabilirler. Dolayısıyla avcıdan kaçılan zamanlar haricinde durgun bir yaşam süren Kudular için kıllara sahip olmak çok daha avantajlı-

dır. Ancak bu koşu ve kovalama sırasında, Kudu eğer serinlemek istiyorsa, gölgeye girmek ve dinlenmek zorundadır. İnsansa terleyerek, koşu sırasında bile serinleyebilir.

Son olarak insan, iki ayak üzerinde yaşayan bir hayvan türü olduğu için, elleri (ön uzuvları) boştadır ve bu eller, bu zorlu ve uzun koşuda su taşıyabilir, vücudun sorunlarıyla ilgilenebilir (vücuda bir şey yapıştığında kurtulmak, ağrıyan bir yeri koşu sırasında bile ovalayabilmek gibi). Koşu halinde bile su içerek, ter ile kaybedilen vücut sıvısını geri alabilir. Üstelik insan, koşu sırasında suyu vücuduna dökerek serinleyebilir. Tüm bunlara karşılık, dört ayak üzerinde koşan ve boşta hiçbir uzvu bulunmayan bir Kudu, tüm bunları başarmak için durmak zorundadır. Bir su kenarında durarak su içmek, vücudunu rahatsız eden bir unsurdan (saplanan bir diken gibi) kurtulmak için koşuyu sonlandırması gerekmektedir. Ancak bunlara karşılık Kudular, insandan kat kat hızlı koşabilmekte, bu hızlı koşuyu çok daha uzun sürdürebilmekte, çok daha hızlı ve atik manevralar yapabilmekte, çok daha uzağa sıçrayabilmektedir.

Kısaca son 6 saattir gözlenen, evrimsel süreçte kazanılmış birçok özelliğin çatışmasından ve çarpışmasından ibarettir. İşte vahşi doğadaki **evrimsel uyum başarısını (fitness)** belirleyen bu unsurlar ve burada saymaya yer bulamadığımız daha onlarcasıdır. Doğadaki bütün evrimsel süreçlerin temelinde, bu **hayatta kalma mücadelesi** yatmaktadır. Bu mücadele her zaman avcıdan kaçmak ya da avı kovalamak kapsamında olmak zorunda değildir. Kimi zaman yeni bir ortama adapte olmak, kimi zaman bir organın yapısal evrimi, kimi zaman bir davranışın evrimi bile hayatta kalma mücadelesinin bir parçası olabilir. Bu konuya az sonra geri döneceğim. Her canlı türü evrimsel süreçte bu mücadeleyi kazanabilmek için nesiller içerisinde farklı adaptasyonlar geçirmiştir. Bu adaptasyonlar, daha önce de değindiğim gibi hiçbir zaman tek bir bireyde, tek bir ömür içerisinde edinilmemiş, aktarılan genlerin etkisi ve çevrenin şekillendirmesiyle nesiller geçtikçe edinilmiş, canlılar binlerce, milyonlarca yılda farklılaşarak bu özellikleri kazanabilmiştir. Avımıza geri dönelim:

Koşucu, yanında taşıdığı bidonun içerisindeki suyun bir kısmını içiyor ve diğer kısmını vücuduna döküyor. Su, teniyle buluştuğu anda bir buhar dalgası kalkıyor. Hava gerçekten çok sıcak ve bu sıcakta av da, avcı da, son 6-7 saattir aralıksız koşuyor veya yürüyor. Biraz serinledikten sonra avcı tekrar hızlanıyor. Gözü bir yerdeki izlere gidiyor, bir etrafı kolluyor. Avı ile göz temasını sağlamaya çalışıyor ve koşusunu sürdürüyor. Zaman geçtikçe, avına daha da yaklaşıyor. Aralıklarla ufukta avının koştuğunu görebiliyor. Bu kovalamaca, ta ki Kudu yüksek çalılar ve ağaçlarla çevrili bir alana girene kadar sürüyor.

Kudu'nun bu alana girmesiyle birlikte, görüş alanı bir anda birkaç metreyle sınırlanıyor ve koşucu, avın izini yeniden kaybediyor. İzler tamamen yok oluyor! Koşucu, konsantrasyonunu arttırarak kendisini avın beynine sokmaya çalışıyor: "O olsaydım ne yapardım?" Bu noktadan sonra avının izini sürebilmesinin tek yolu bu... Kısa bir süre sonra, bir ağacın altına varıyor ve ağacın gölgesinde dinlenmiş olduğunu tahmin ettiği Kudu'nun yaptıklarını, yapabileceklerini taklit etmeye, hayal etmeye çalışıyor. Nerede, ne yöne bakarak durdu, ne kadar durdu, ne tarafa hareket etti, nereye doğru koştu? Bunların hepsini yeniden canlandırmaya çalışıyor. Gözlerini kısarak düşüncelerini toparlamaya çalışıyor, önceki deneyimlerini hatırlamaya çalışıyor. Babasının, dedesinin küçükken öğrettiklerini... Akrabalarıyla ava çıktığı zamanlarda gözlediği Kudu davranışlarını... Etraftaki çalıları inceliyor, eğik dallara bakıyor, kan izleri arıyor, kısaca işine yarayabilecek her bilgi kırıntısını işliyor. Hepsini değerlendiriyor ve karar vermeye çalışıyor. Bunu yapmak zorunda, yoksa saatlerdir süren koşusu hüsranla ve daha fenası, ailesinden birçok kişinin bir gün daha aç kalmasıyla sonuçlanacak. Ancak koşucu hiçbir şekilde konsantrasyonunu dağıtmıyor ve hedefine kilitlenmiş bir şekilde avının beynine girmeye çalışıyor. Eli sürekli havada daireler çiziyor ve avın havada bıraktığı sıcak akımı hissetmeye çalışıyor.

Yaklaşık 15 dakika sonra, sonunda gittiği yönü tahmin ediyor ve o yöne doğru, kesin bir kararlılıkla harekete geçiyor. Aradan çok geçmeden, tahmininin tamamen doğru olduğunu anlıyor. Kudu, çok yakında. Yaklaşık 80 metre ötede, gölgede dinlenmek zorunda kalan, derin ve kesik bir şekilde nefes alan avını görüyor. Avın yorgunluktan

tükendiğini hissediyor. Ava bu kadar yaklaşmanın rehavetiyle, bir anda bacaklarının ne kadar ağrıdığını fark ediyor. Ancak konsantrasyonunu bozmadan hedefine kilitli kalmayı sürdürüyor. Çok ağır adımlarla, hiç ses çıkarmadan yaklaşmayı deniyor. Sırtında asılı duran, ucunda keskin metal bir uca sahip mızrağını yavaşça eline alıyor. Mızrağı, başının yanından yukarıya kaldırmış ve her an fırlatmaya hazır bir şekilde, adım adım avına yaklaşıyor. Bu mızrak uzun mesafelerde fırlatılmaya uygun yapıda değil, sadece ava son darbeyi vurmaya yarıyor.

Tam 8 saatlik kovalamanın sonunda avına, aralarında sadece birkaç metre kalacak kadar yaklaşabiliyor. Av da, avcı da, artık güçlerinin sonlarına yaklaşıyorlar. Kovalamaca biraz daha sürecek olursa, ikisinden biri kas krampları ve belki de kalp krizi sebebiyle yığılacak. İkisi de daha fazla devam edemez.

Avcı, sessizce avına yaklaşmayı sürdürüyor. 50 metre... 40 metre... 20 metre... Kudu yavaş yavaş uzaklaşmaya çalışsa da, artık yaklaşan sonunu kabullenmiş gibi, olduğu yerden pek fazla ilerleyemiyor. 10 metre... 5 metre... Yaklaşık yarım saat süren, ağır kovalamacanın ardından, avcının birkaç metre ötesindeki Kudu, çalıların arasında daha fazla dayanamayarak yere yığılıyor. Bu yığılmanın tek sebebi, bitkinlik... Kaslarının yoğun olarak çalışmasıyla biriken laktik asit, kasların daha fazla kasılıp gevşemesine izin vermiyor. Artık kasları kendi ağırlığını bile taşıyamıyor. Vücut sıcaklığı, kalbinin ve diğer iç organlarının dayanamayacağı kadar artmış vaziyette. Koşucu da, tamamen bitmiş olmasına rağmen, ödülünü almak üzere olmanın verdiği güçle avına yaklaşıyor. Artık 1-2 metre ötesinde, yere yığılmış vaziyette yatan Kudu, ölüme çok yakın.

Koşucu, mızrağını başının arkasına kadar çekiyor ve olanca gücüyle, Kudu'nun kalbinden çıkıp tüm organlarına dağılan ve aşırı çalışması sebebiyle şişerek dışarıdan kolaylıkla görünebilir hale gelmiş ana atar damarına doğru fırlatıyor. Mızrağın sivri ucu, damara girer girmez Kudu acıyla kasılıyor. Olduğu yerde kıvranan antilobun yanına gelen avcı, boynuzlarından tutarak onu sakinleştirmeye ve huzurlu bir şekilde ölmesini sağlamaya çalışıyor. Sadece bir dakika içerisinde Kudu ölüyor. Koşucu, San halkının geleneklerine uygun olarak, ce-

sareti ve gücü için ölü Kudu'yu kutsuyor ve üzerine çölün kumlarından serpiyor. Böylece, hayvanlarda var olduğuna inandığı, Kalahari Çölü'nün verdiği ruhunun, yine çöle dönmesini sağlamayı umuyor. Ölü hayvanın can çekişmesi ve ölümü süresince yanında kalıyor ve başka hiçbir şeyle, kendi acıları, ağrıları ve yorgunluğuyla dahi ilgilenmeden, avının acısını paylaşıyor. Çünkü bu Kudu, avcının yaşadığı süre zarfında onunla aynı bölgede yaşadı, aynı topraklarda koştu, aynı havayı soludu. Bunlara derin saygı duyuyor. Aralarında bir "av-avcı" ilişkisinden çok, doğal bir döngüden kaynaklanan kaçınılmaz bir "doğa bağı" olduğuna inanıyor. Doğayla "bir" olduğunu biliyor. Avından edineceği yiyeceğin ve bundan gelecek enerjinin, kendisinin ölümüyle birlikte diğer canlılara besin ve enerji olacağını biliyor. Ömrü boyunca çölden aldıklarını, ölümüyle birlikte tamamen çöle bırakacağının farkında... Kudu'nun ölümünden sonra, nefessiz yatan hayvanın dışarı sarkmış dilinden sıyırarak aldığı tükürüğü, dizlerine ve bacaklarına sürerek yanan kaslarını dinlendirmeye çalışıyor. Bu süreçte, aldığı can için doğaya teşekkürlerini sunuyor. Çünkü bu can sayesinde, kendisinin ve kamplarında bekleyen ailesinin karnı doyabilecek ve hayat mücadelesini sürdürebilecek... Döngü, türler var olduğu müddetçe bu şekilde sürüp gidecek.

Doğal Seçilimin Evrimi: Jean Baptiste Lamarck, Charles Robert Darwin ve Alfred Russell Wallace

Çok net bir şekilde görülebileceği gibi, her ne kadar sadece son birkaç bin yıldır bu sürecin oldukça dışına çıkmış olsak da, doğada çok sert, çok acımasız, çok vahşi bir mücadele vardır. Elbette sadece vahşi yaşayan insanlarla avları arasında değil, doğadaki türlerin tamamına yakını bu mücadelenin içerisindedir. Gerek av olarak, gerek avcı olarak, gerek iki görevi de zaman zaman üstlenerek. Bu mücadelenin tek amacı hayatta kalmayı sürdürebilmek ve mümkünse, üreyerek soyunu devam ettirmektir. Bunu başarabilenler varlıklarını korur. Başaramayanlarsa... Yok olurlar. Bu mücadelenin amacı elbette "vahşet yaratmak" değildir. Canlılar birbirlerine acı çektirmek, eziyet etmek için saldırmazlar, bunun için avlanmazlar. Buna mecburdur-

lar. Doğanın dengesi, bu acımasız mücadele üzerine kuruludur. İnsani duygularımıza ne kadar çirkin geliyor olsa da, doğa için normal olan budur. Her av, avcısından kaçmaya çalışır, kendi besinini kendi avladığı canlılardan edinmeye çalışır. Bu av kimi zaman hayvan, kimi zaman bitki, kimi zaman diğer canlılar olur; ancak ne olursa olsun "canlı" ölümlerinden beslenmek zorundadırlar. Bu, sıradan bir hayvan türü olan insan için de aynen geçerlidir. İster otçul, ister etçil, ister karışık besleniyor olun, mutlaka canlar alarak, başka canlıları yiyerek hayatta kalabilirsiniz. Doğanın kanunu budur.

Her av ve her avcı bir şekilde besin bulmaya çalışır. Bu besinleri elde edebilecek şekilde evrim geçirmişlerdir. Bir sebeple, bunu yapmasına engel olan veya sınırlandıran bir genetik kombinasyona sahipse (daha önce anlattığım sebeplerle ebeveynlerinden bu genetik kombinasyon, gerek şans eseri, gerek evrimsel süreçte gelişen planlı mekanizmalarla geçtiyse), diğerlerine göre daha kolay ölür, daha çabuk elenir. Ancak tam tersine, birazcık bile daha başarılı olmasını sağlayacak genetik yapıya sahipse ve çevresel unsurların durumu, bu genleri destekliyorsa, diğerlerine göre daha avantajlı konuma geçecek, kendisindeki çevreyle daha uyumlu, daha başarılı olmasını sağlayan bu genleri gelecek nesillere daha kolay aktarabilecektir. İşte doğada gördüğümüz ve ilk defa, tüm detaylarıyla Charles Darwin tarafından 1859 yılında yayınladığı *Türlerin Kökeni Üzerine* isimli kitabında tanımlanan **Doğal Seçilim Yasası (İlkesi)** budur.

Doğal Seçilim'in keşfi de kendisi kadar ilginç bir hikâyeye sahiptir. Darwin'den öncesinde hâkim olan görüşlerden, özellikle spontane jenerasyon fikrinden ve türlerin değişmezliğinden 2. Bölüm'de detaylıca bahsetmiştim. Burada ise, türlerin değişmezliği ve spontane jenerasyon düşüncelerinin darbe alması sonucu 19. yüzyılın başları ve ortalarından itibaren giderek güçlenmeye başlayan *değişim* fikrinin tarihsel gelişimine şöyle bir göz atabiliriz.

Aslında evrim ve değişim fikri, Darwin'in ileri sürdüğü bir fikir değildi. Tıpkı bir anda yaratılma fikri gibi evrimin de düşünsel temellerini Antik Yunan'a kadar takip etmek mümkündür. Antik Yunan düşünürlerinden milattan önce 6. yüzyılda yaşayan Anaksimander,

her şey gibi canlıların da zaman içerisinde değiştiği fikrini ilk defa ortaya koyduğu bilinen düşünürdür. İlk hayvanların sularda yaşadığını, karaların sonradan işgal edildiğini ileri sürerek son derece isabetli bir evrim fikri geliştirmiştir. Hatta insanların bile farklı hayvanlardan değişerek günümüze ulaştığını iddia edecek kadar ileri görüşlüydü. Tabii ki bunun nasıl ve neden olduğunu bilemiyordu, ancak yaşadığı çağ ve kendisinden bir asır kadar sonra hâkim olmaya başlayacak türlerin sabitliği fikri göz önüne alınacak olursa, döneminin kat kat ilerisinde bir düşünür olduğu anlaşılabilecektir. Ondan sonra gelen Herakleitos (Heraklitus) "*Her şey akar, hiçbir şey sabit kalmaz*" ve "*Değişmeyen tek şey değişimdir*" diyerek evrendeki değişim gerçeğine işaret etmiştir. Plato'nun değişmezlik fikirlerinin insanlık üzerine çökmeye başladığı zamanla aynı dönemlerde, Empedokles de milattan önce 5. yüzyılda canlıların "bir bütünün sonradan ayrışmış parçaları" olduğunu söylemiştir. Bu, "ortak ata" fikrini aklımıza getiren ilk düşüncelerden biridir. Ne yazık ki Plato ve Aristo'nun –en azından bu alanda– bilimsel gerçekleri yansıtmayan fikirleri, bu diğer düşünürlerin görüşlerinin unutulmasına neden olmuş ve binlerce yıl boyunca canlıların hep var oldukları fikri hâkim kalmıştır. Ondan sonraki 2000 yılda, özellikle de spontane jenerasyon fikrinin bilimsel şüphecilik dâhilinde test edilmeye başlamasından sonra olanlara zaten 2. Bölüm'de detaylıca yer vermiştim.

Değişim fikrini ilk defa doğabilimsel bir çerçevede ve sistematik olarak ele alan, bir "bilim" niteliği kazandıran kişi ise Jean Baptiste Lamarck olmuştur. Elbette konunun bilimsel arka planında Charles Lyell veya Georges Cuvier gibi jeologların, Richard Owen, Erasmus Darwin (Darwin'in dedesi) gibi biyologların da bulgu, keşif ve iddialarının bulunduğunu belirtmeliyim. Ancak değişime "*Neden*?" ve "*Nasıl*?" sorularını sistemli bir biçimde yöneltmesi ve sonuçları teorileştirmesi bakımından Lamarck, elbette birkaç adım öne çıkmaktadır. Lamarck'ın gözlemleri sonucu değişim sorusuna yönelik olarak elde ettiği cevap şuydu: canlıların dokuları arasında dolaşmakta olan *sinir sıvısı* adını verdiği bir sıvı, bir organın veya dokunun kullanıldığı süre miktarına ve kullanım sıklığına bağlı olarak, o organın gelişmesini sağlıyordu. Yani Lamarck'a göre bir organın uzun süreler

boyunca belli bir şekilde çalışmaya zorlanması, bu sıvı aracılığıyla o organın o işi daha iyi yapacak şekilde farklılaşmasına ve o göreve uyum sağlamasına neden oluyordu. Buna zıt bir şekilde, eğer ki bir organ işe yaramıyorsa veya çok az kullanılıyorsa, aynı sebepten ötürü giderek küçülüyor ve köreliyordu. Her iki durumda da, bireylerin ömürleri içerisinde kazandıkları özellikler (karakterler) gelecek nesillere aktarılıyor, bu sayede türler zaman içerisinde değişiyordu. Böylece türler, ihtiyaçlarına uygun özellikler geliştirebiliyorlardı. Lamarck, kendisinden önce gelen veya çağdaşları olan Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, Robert Knox, Robert Edmund Grant, Robert Jameson ve Comte de Buffon gibi bilim insanlarının düşüncelerini bir adım öteye taşıyacak bu fikirlerini 1809 yılında kısa adıyla *Zooloji Felsefesi* (*Philosophie Zoologique*) olarak bilinen kitabında yayımladı.

Elbette Lamarck'ın bu görüşlerini bugün kabul etmemiz mümkün değildir. Az sonra yeniden değineceğim gibi, bu şekilde ömür içerisinde kazanılan özelliklerin evrimsel pek bir anlamı yoktur; üstelik sırf zorlandığı veya çok kullanıldığı için bir organ evrimleşmez. Kullanılmayan organlar, yine ilerleyen sayfalarda göreceğimiz gibi, zamanla körelir, bu doğrudur; ancak bunun Lamarck'ın iddia ettiği şekilde olmadığı bugün bilinmektedir. Bunlara da ilerleyen kısımlarda yeniden değineceğim.

Lamarck ile ilişkilendirilen en tipik örnek zürafaların boylarının uzun dallara erişmek için kendilerini "zorlamaları" sonucunda uzamasıdır. Bir diğer örnek ise, kaslı bir babanın yavrularının da ilerleyen yaşlarında kaslı olmaya daha yatkın olduğu iddiasıdır. Ancak bu iki örnek de tamamen hatalıdır. Bugün zürafaların boyunlarının, Darwin'in tanımladığı ve bu bölüm göreceğimiz Doğal Seçilim ve bir sonraki bölümde göreceğimiz Cinsel Seçilim etkisi altında, nesiller içerisinde, zorlamayla tamamen ilgisiz olarak evrimleştiğini biliyoruz. Benzer bir şekilde, kaslı bir babanın çocuklarının kaslı olmayacağını, bronz tenli bir annenin çocuklarının bronz tenli olmayacağını da biliyoruz. Dolayısıyla karakterlerin aktarımıyla ilgili Lamarck isabetli bir tespitte bulunamamıştır. Ancak o dönemde genetiğe dair hiçbir bulgunun bilinmiyor oluşundan ötürü, bu isabetsizlik kabul edilebilir bir seviyededir. Üstelik Lamarck'ın cesur görüşleri, Darwin'in daha gerçekçi sonuçlara ulaşmasına ilham vermiştir.

Daha sonradan bu Lamarckçı görüşler, kademeli olarak toplumda yayılmaya başlamış, bilim insanları arasında tartışmalara neden olmuştur. Lamarck'ın kuramını geliştirirken bilgilerinden faydalandığı kişilerden biri olan ünlü İskoç doğa bilgini ve mineral bilimci Robert Jameson, 1829 yılında yayımladığı makalesinde Lamarck'ın düşüncelerini övmüş ve onun bulgularından yola çıkarak yüksek yapılı hayvanların daha basit yapılı solucanlardan *evrimleştiğini* yazarak bilimsel literatüre, bugün bildiğimiz anlamıyla *evrim* sözcüğünü katan ilk isim olmuştur. Lamarck'ın görüşlerinden güç alan Robert Chambers, 1844 yılının Ekim ayı içerisinde, *Yaratılışın Doğal Tarihinin İzleri* (*Vestiges of the Natural History of Creation*) başlıklı bir kitap yayımlamış ve "transmutasyon" (değişme) fikrini savunmuştur. Böylece ilk defa değişim fikri halka bilimsel olarak inmeye başlamış, akademinin sınırlarını aşmıştır. Bu kitabı okuyan Darwin, yazarın üslubunu oldukça beğense de, jeolojik ve fizyolojik açıdan "berbat" olduğunu düşünmüştür. Bu kitabın basımından birkaç ay önce Darwin, zaten çoktan *Makale* adını verdiği, 189 sayfalık bir yazıyı kaleme almış ve canlıların nasıl değiştiğiyle ilgili fikirlerini derlemeye, son birkaç yıldır yaptığı gezinti, gözlem ve deneylerden edindiği bulgularını ortaya koymaya başlamıştı. Bu makalesini 1847 yılında, Joseph Dalton Hooker gibi yakın dostlarına okutarak geri bildirimler almıştı. *Makale*, bilim tarihinin gidişatını değiştirecek bir kitabın temelleri olacaktı.

Darwin tüm bu bilimsel gelişmeler sırasında birçok dert ile boğuşuyordu: bunların başlıcası sağlık problemleriydi. Sürekli olarak hastalanıyor, kusuyor, elleri titriyor, ateşleniyordu. 2011 yılında Tarihi Klinikopatoloji Konferansı'nda ortaya konulan bazı araştırmalar, Darwin'in bu hastalığının sebebinin 25 Mart 1835 günü *Beagle* ile Arjantin'de bulunurken kendisini sokan *Reduvius* cinsi bir "suikastçı böcek" olduğunu ileri sürmüştür. Günümüzde 7000 türü bulunan bu canlılar, 4 ila 40 milimetre boyunda olabilirler ve Chagas hastalığı denen ve o zamanlarda ölümcül olabilen bir hastalığın parazitini taşırlar. Günümüzde ise bu hastalık genellikle kolayca tedavi edilebilmektedir. Darwin, binbir uğraş ile bu hastalıkla ileri yaşlarına kadar mücadele etmiş ve erkenden ölmemeyi başarmıştır.

Darwin 1847'den sonra özellikle kaya kabukluları üzerinden giderek evrime yönelik sayısız bulgu toplamış, bunları derleyerek fikirlerini olgunlaştırmıştır. Ancak hastalığının aralıklarla şiddetlenmesi ve 23 Nisan 1851 gününde çok sevdiği kızı Annie Darwin'in ölmesi sonucu hayatı alt üst olmuştur. Bu ölümden, birinci dereceden kuzeni olan Emma Wedgewood ile evlenmiş olmasından ötürü kendisini sorumlu tutan Darwin, evrime yönelik çalışmalarını sonlandırdı (Darwin'in toplamda 10 çocuğu olmuş, bunların 3'ü erken yaşta hastalanarak ölmüştür). Kendisini toprak solucanlarına vererek meşgul tutan ve evrimi görmezden gelen Darwin, tam 8 sene boyunca bu hayvanların toprak ile ilişkisini inceleyerek günümüzde bile halen kullanılmakta olan ve birçok bilim insanı tarafından "gelmiş geçmiş en detaylı ve eşit derecede sıkıcı toprak solucanı kitabı" olarak tanımlanan bir kitap yayımladı.

Darwin'in evrim fikrinden uzak durmaya çalışmasının bir diğer nedeni de toplumsal yapıyı zedelemekten korkmasıdır. Çünkü Darwin, ömrü boyunca bir Hıristiyan olarak yaşamış ve dini değerlerin önemini çok iyi bir şekilde kavramıştır. Eşi Emma Darwin, dini inançları çok güçlü olan biriydi ve evrimle ilgili çalışmalarının, onları "ölümden sonraki yaşamda" ayrı tutacağından korkuyordu. Darwin de eşinin görüşlerine önem veren biri olarak bu çalışmaları inatla erteliyordu. Evrim düşüncesinin "birdenbire yaratılış" fikri ile çeliştiğinin farkındaydı ve insanların inançlarına saldırmak istemiyordu. Her ne kadar *Beagle* seyahatine hocası Adam Sedgwick'in isteği ve tavsiyesi üzerine, İncil'deki Yaratılış Efsanesi'ni ispatlayan ilk bilim insanı olmak amacıyla çıkmış olsa da, bulguları onu bambaşka bir noktaya getirmişti. Canlılar şu anda oldukları halleriyle var olmamışlardı ve her zaman, her nesilde değişiyorlardı, bu çok açıktı. Onlarca yıl boyunca yaptığı araştırmalar, onu 1849 yılı civarında kiliseden tamamıyla uzaklaştırmış olsa da, eşinin ve toplumun düşüncelerine fazlasıyla değer veriyordu.

Öte yandan büyük bir gözlemci ve bilim insanı olarak, aklı sürekli keşfettiğini düşündüğü yeni doğa yasasındaydı. 1855 yılında Kırım Savaşı başladığında, insanlar için olduğu gibi, diğer tüm hayvanlar için de doğanın bir savaş alanı olduğu fikri kafasında yer etmeye başlamıştı. Her canlı farklı özelliklerle doğuyordu; hatta genellikle aslında yaşayabilecek olandan daha fazla sayıda yavru üretiliyordu. Bunların büyük

bir kısmı ölerek eleniyor, sadece ufak bir kısmı hayatta kalıp üreyebiliyordu. Böylece sadece belli özellikler gelecek nesillere aktarılıyordu. Tıpkı insanların belli bitki ve hayvanları, belli özelliklerine göre seçiyor ve farklılaştırıyor olması gibi, doğa da canlıları hayatta kalabilme başarılarına göre seçiyordu. Bu da, nesiller içerisinde her türün farklılaşmasını zorunlu kılıyordu. Çünkü doğa ve tür içi çeşitlilik değiştikçe, avantajlı olan bireylerin dağılımı da sürekli olarak değişiyordu.

Toplumsal kaygılar ve bilimsel gerçekler arasında gidip gelirken ve kızının ölümünden dolayı çok uzun bir süre boyunca yas tutarken, 1856 yılının baharında yakın dostu Charles Lyell'e Asya'da bulunan Borneo'dan 12 sayfalık bir makale ulaştı. **Alfred Russell Wallace**'ın yayımlanan makalesinin başlığı *Yeni Türlerin Oluşumunu Düzenleyen Yasa Üzerine* (*On the Law which has Regulated the Introduction of New Species*) olarak atılmıştı ve *Annals and Magazine of Natural History* başlıklı bir dergide yayımlanmıştı. Makale tam olarak evrimle ilgili değildi; ancak sonradan o noktaya varacak olan temelleri anlatıyordu. Lyell bu makaleyi Darwin'in de okumasını tavsiye etti; ancak Darwin buna pek önem vermeyerek okumadı. Makale, Darwin'in de savunduğu evrime en azından o zamana kadar şüpheyle yaklaşan Lyell'in, bu konudaki düşüncelerini gözden geçirmesini sağlayacak kadar başarılıydı. Büyük bir bilim insanı olan Lyell, Wallace'ın Darwin'den bağımsız olarak aynı sonuçlara varmak yolunda ilerlediğini hissetmiş olabilir. Belki de bu sebeple, giderek artan bir baskıyla Darwin'in fikirlerini yayımlaması konusunda (Darwin'in diğer yakın arkadaşları Joseph Dalton Hooker ve Thomas Huxley gibi) ısrar etmeye başlamıştır.

Arkadaşlarının ısrarları ve Emma Darwin'in, sonucu ne olursa olsun eşinin gerçekleri (bulgularını) ilan etmesi konusunda ona tam destek olacağını belirtmesi üzerine Charles Darwin, 14 Mayıs 1856 tarihinde evrimle ilgili düşüncelerini artık kapsamlı bir şekilde yayımlama kararı almıştı. Bu kolay bir iş değildi ve hazırlığı uzun yıllar sürecekti. Kolları sıvayarak tüm bulgularını *Makale* olarak derlediği yazıtının içerisinde toplamaya başladı. 1857'nin ortalarına geldiğinde Darwin, toplamda 14 bölümden oluşacak kitabının 6. bölümü olan *Doğal Seçilim* kısmına daha yeni ulaşmıştı. Yapay Seçilim'den başlayarak, doğadaki seçilim mekanizması olarak tanımladığı Doğal Se-

çilim yasasını tüm detaylarıyla anlattı. İnanılmaz fazla sayıda tespit ve bulguya yer verdi. Dünya'nın dört bir yanından araştırmacıların makalelerinden ve bulgularından faydalandı.

Bu sırada, aralıklarla bulgularına denk geldiği Alfred Wallace'tan 18 Haziran 1858 tarihinde yeni bir mektup aldı ve bu mektubun yarattığı şok ile işler değişmeye başladı. Mektup, Darwin'in o güne kadar yüzlerce sayfada anlattığı ve bizzat, hiç kimseden yardım almadan keşfettiği gerçekleri sadece 20 sayfada özetliyordu! Wallace, Darwin'den tamamen bağımsız olarak, Doğal Seçilim'i keşfetmişti! Bu, her ne kadar keşfin ne kadar isabetli olduğunu gösteriyor olsa da, Darwin daha çok Wallace'ın kendisiyle aynı sonuçlara varması ve bunu bu kadar kısa bir şekilde özetleyebilmesinden etkilenmişti. Darwin, bu durum karşısında yaşadığı şoku "*Wallace ancak benim bugüne kadar yazdığım metinlerden birini görmüş olsaydı, makalesinin ana cümlelerini benim attığım başlıklara bu kadar benzeyecek şekilde seçebilirdi*" şeklinde anlatmıştı. Elbette Wallace, binlerce kilometre ötesinde olan Darwin'in hiçbir metnini görmemişti. Her ne kadar Wallace doğal seçilimin genel şablonunu net bir şekilde özetlemişse de, bu doğa yasasının içini doldurmayı başaramamış, yeterince örnek ve açıklamayla bulgularını destekleyememişti. Hele ki Darwin'in yaptığı kapsamlı çalışmayla kıyaslanacak olursa...

Burada, fark edebileceğiniz gibi bilimsel keşfin kredisinin kime gideceği konusunda bir soru işareti doğmaktaydı. Darwin, bu konu üzerinde 1830'lardan beri çalışmaktaydı. Ancak önce çalışmaya başlamak, kredinin kazanılmasını sağlamaz. Bunun ispatlanması da gerekir. Gerçi Darwin'in üste çıkmak gibi bir derdi yoktu; zira Wallace, kendi bulgularının henüz çok ham olduğunu, bu sebeple yayımlanmasını istemediğini mektubunda açıkça belirtmişti. Fakat Darwin, ahlaka büyük önem veren biri olarak, her ne kadar Wallace'tan çok öncesinden beri bu alanda çalışıyor ve çok daha geniş bir bulgu hazinesine sahip olsa da, iki çalışmanın aynı anda yayımlanması gerektiğini düşünüyordu. Bunu, Hooker'a yazdığı bir mektupta "*Böylesine* [sadece kendi bulgularını yayımlayacak ve Wallace'a yer vermeyecek kadar] *alçak ruhlu davranmaktansa, bütün kitabımı yakarım daha*

iyi" diyerek anlatmıştı. Sonuç olarak, 1 Temmuz 1858 tarihinde iki bilim insanının bulguları, Linnean Bilim Cemiyeti'ne bir arada sunuldu ve keşif birlikte ilan edildi. Böylece iki büyük araştırmacı, bu devasa keşfin kredisini paylaştılar. Bu iki büyük isme ithafen Doğal Seçilim Teorisi, Darwin-Wallace Teorisi olarak da anılmalıdır.

Sonrasında, 24 Kasım 1859 tarihinde Darwin, *Doğal Seçilim Yoluyla Oluşan Türlerin Kökeni Üzerine veya Yaşam Mücadelesinde Avantajlı Irkların Korunumu* başlığı ile (ya da kısa ve meşhur adıyla *Türlerin Kökeni* ismiyle) tüm bulgularını kitaplaştırdı. Böylece bilim camiasını kökünden sarsan Doğal Seçilim, halk arasına da inmiş oldu. Kitabın ilk baskısı 1250 adet basılmıştı ve yayımlandığı gün tükendi. Kurama çok karışık tepkiler geldi; özellikle de halk arasında konu ciddi anlamda yankı uyandırdı. Bu tartışmaların büyük bir kısmını Türkiye'de halen yaşamaktayız. Ancak kitabın basımından sadece 10 yıl sonra, bilim camiasının neredeyse tamamı evrim fikrini kabul etmişti; çünkü Darwin'in bulguları çok açık ve netti. 20. yüzyıla girerken, evrime karşı olan bilim insanı bulmak çok zordu. Günümüzde de durum büyük oranda aynı şekilde devam etmektedir. Yapılan tüm araştırmalar, günümüz biyologları arasında evrimin kabul edilme oranlarının %98'den fazla, biyoloji ve ilgili bilim dallarındaki bilim insanları arasında evrimin kabul edilirliğinin %95-98 arasında, tüm bilim insanları arasında evrimin kabul edilme oranınınsa %90-95 arasında olduğunu göstermektedir. En kötü tahminle bile her 100 bilim insanından 85'ten fazlasının günümüzdeki canlı türlerinin evrim sonucunda var olduğunu kabul ettiğini düşünebiliriz. Buradan, halk arasındaki evrim karşıtlığının bilimsel bir temelden ziyade konu hakkındaki bilgisizliğe bağlı olduğunu anlayabiliriz.

Değişim: Varyasyon, Modifikasyon ve Adaptasyon

Doğal Seçilim, evrende tıpkı cisimlerin birbirini çekmesi gibi gördüğümüz bir doğa yasasıdır. Evren'in dokusu, canlılığın tanımı, var oluş biçimi kökünden değişmediği sürece bu ilke her zaman var olacaktır. Çeşitliliğe sebep olan yasalar ve sadece bu seçilim yasası bile

var olmayı sürdürdükçe, canlılar nesiller içerisinde kaçınılmaz bir şekilde değişecek, farklılaşacak, evrimleşeceklerdir. Bu süreçte yeni türler oluşacak, var olan türler yok olacaktır. Doğanın tüm dengesi, bu yasaların karşılıklı çalışması üzerine kuruludur.

Daha önceki bölümlerde anlattığım gibi, en azından eşeyli olarak üreyen hiçbir canlı ebeveynlerinin aynısı olarak doğmaz. Mutlaka bir genetik farklılık, dolayısıyla fiziksel farklılık bulunur. Ama mutlaka. Popülasyon içerisinde bulunan bu farklılıklara **varyasyon** (çeşitlilik) adını vermekteyiz. İşte bu varyasyonlar sebebiyle, her bir yavru farklı üstünlüklere ve zayıflıklara sahiptir. Bu üstünlükler ve zayıflıklar, bireyin ömrü boyunca hayatta kalıp kalamayacağını belirleyen en temel unsurlardır.

Çevre, şimdilik önceden kestiremeyeceğimiz kadar fazla sayıda değişkenin etkisi altında, oldukça rastlantısal bir şekilde sürekli değişmektedir. Örneğin bir göktaşının Dünya'ya beklenmedik bir şekilde çarpması, şu anda bize "tıkır tıkır işliyormuş" gibi gelen bu sakin Dünya'nın tüm dengelerinin altüst olmasına neden olabilecektir, 65 milyon yıl önce koskoca bir dinozor süper-ailesini neredeyse tamamen yok edecek kadar değiştirdiği gibi... İnsanın zekâsı bile bu kaotik sürecin üstesinden gelmeye yetmeyebilir ve bu hızlı değişen süreçte, insan türü bile tamamen yok olabilir. Üstelik bu çevresel değişimler her zaman bu kadar ciddi miktarlarda olmak zorunda değildir. Çoğu zaman çevre, türlerin ve bireylerinin hissedemeyeceği kadar yavaş bir şekilde değişir. Besin değerleri ve miktarları hissedilmeyen bir şekilde değişir. Hava sıcaklığı ve basıncı fark edilmeyecek şekilde değişir. Avların ve avcıların nitelikleri ve popülasyon içerisindeki özellik dağılımları nesiller içerisinde yavaş yavaş değişir. Kıtalar her sene birkaç santimetre bulundukları yerden kayar. Sular yükselir, alçalır, buzullar erir, havadaki gaz derişimi değişir. Bunun gibi katrilyonlarca fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmen sürekli olarak değişir.

Canlılar bu değişimlere çoğu zaman birey bazında tepki verebilirler. Örneğin çok klasik bir örnek olarak, deniz seviyesinden yüksek dağların tepelerine çıkıp buralarda yaşamaya başlayacak olursanız, atmosfer basıncı düşeceğinden akciğer hacminiz birkaç sene içerisinde artar.

Ancak yeniden deniz seviyesinde bir yere taşınırsanız, akciğerlerinizin kapasitesi eski haline dönecektir. Ayrıca yüksekliğin artmasıyla havada bulunan serbest oksijen miktarının azalmasından ötürü de, kanınızda bulunan ve oksijenin vücudunuzda taşınmasını sağlayan hemoglobin isimli kimyasalların sayısı birkaç senede, hatta birkaç ayda artacaktır. Fakat deniz seviyesine dönülmesiyle, aylar içerisinde bu fazladan oluşan hemoglobin yitirilir ve vücut eski haline döner. Benzer bir şekilde, normalde alışık olduğunuzdan fazla miktarda güneş altında kalacak olursanız, güneş ışınları derinizdeki kimyasalların yapısını değiştirerek derinizin bronzlaşmasına neden olur. Güneşten bir müddet uzak durduğunuzda ise, günler içerisinde deriniz eski rengine dönecektir. Bir diğer klasik örnek, vücut çalışan bireylerin kaslarının giderek büyümesi ve genişlemesidir. Ancak spordan uzak durulacak olursa, birkaç ay içerisinde kaslar yeniden zayıf ve çelimsiz, sarkık hallerine dönecektir. Bir bebeğin 1 aylıkken 40 santimetre, 18 yaşında ise 180 santimetre olması evrimsel bir değişim değildir. Bunların hepsi geçici değişimlerdir ve gelecek nesillere aktarılmazlar. Evrim, popülasyonlarda, nesillerde meydana gelen değişimdir. Yani bir soyun tamamını, nesilden nesile takip ettiğinizde evrimi görebilirsiniz. Örneğin, bir önceki bölümden hatırlayabileceğiniz gibi, tek bir ineğin süt verebilirliği kendi ömrü içerisinde çok dar aralıkta artsa ya da azalsa da bu evrim değildir. Evrim dediğimiz, nesiller içerisinde ineklerin süt verebilme kapasitesindeki genel artıştır. Yani atasal bir popülasyonun ortalama süt miktarı günde 15 kilogram iken, sonradan ortaya çıkan, torun popülasyonun ortalama süt verimi günde 20 kilogram ise, bu nesillerde evrimsel bir değişim yaşanmış demektir. Bu değişim kalıtsaldır ve değişimin boyutu, türleşmeyle belirlenir.

İşte kasların ömür içerisinde gelişmesi ve gevşemesi, deri renginin koyulaşması ve açılması ve benzeri gibi, çevresel değişimlere birey bazında verilen geçici tepkilere **modifikasyon** adı verilmektedir. Bu değişimlerin hiçbiri genlerinizi etkilemez. Burada ufak bir not düşeyim: aslında son zamanlarda yapılan araştırmalarda, modifikasyonların bile evrime gözlenebilir düzeyde katkı sağladığı keşfedilmiştir, bunu merak edenler, daha teknik bir alan olan epigenetik alanını in-

celeyebilirler, bu kitabın basit dili sebebiyle bu konuya girmeyeceğim. Şimdilik, henüz tam olarak nasıl çalıştığı ve evrime katkısının boyutu anlaşılamamış bu konuyu görmezden geleceğim. Elbette gelecekte yapılacak keşifler doğrultusunda, yeni baskılarda bu konuyu da detaylandırabilirim. Öyle ki, epigenetiğin yeni bir evrim mekanizması olarak literatüre dâhil olma ihtimali bile bulunmaktadır!

Kısaca, burada şimdilik bilmemiz gereken, bir bireyin sırf kas çalışmış olmasından ötürü ondan doğan yavruların kaslı olmayacağıdır. Dolayısıyla kitabımdaki **on ikinci değişim noktası**na gelmiş bulunuyoruz: **Evrim hiçbir zaman birey düzeyinde meydana gelmez; evrimleşenler popülasyonlardır, bireyler değil! Birey bazında geçici olarak meydana gelen, kalıtımsal olmayan değişimler (modifikasyonlar) evrim değildir!** Elbette kaslarını daha çok geliştiren bir bireyin doğada hayatta kalma şansı, belki biraz daha fazla olabilir. Benzer bir şekilde, örneğin bronzlaşmış bir birey, duruma bağlı olarak bir ihtimal vahşi doğada biraz daha iyi kamufle olabilir. İşte modifikasyonların Doğal Seçilim Mekanizması üzerindeki bu zayıf etkilerine dolaylı uyumluluk diyebiliriz. Çoğu zaman bunlar evrimsel süreçlere, diğer mekanizmalarla pek kıyaslanmayacak kadar az katkı sağlarlar.

Öte yandan ebeveynlerden rastgele aldığımız genlerimiz, bizim ne olduğumuzu belirleyen en önemli unsurlardır. Canlıların hemen hemen tüm özellikleri, birden fazla genin farklı kombinasyonları ile belirlenir. Dolayısıyla bu kombinasyonların sonsuz farklı şekillerde bir araya gelmesiyle, çok çeşitli özelliklerde yavrular doğabilir. Bu çeşitli özellikler belli bir ortamda o bireye avantajlar ve dezavantajlar sağlayabilir. Benzer şekilde, çevrenin değişmesiyle birlikte bir özelliğin canlıya kattığı avantaj/dezavantaj durumu değişebilir, tamamen tersine dönebilir. Örneğin kahverengi bir fare, çıplak toprak üzerinde genetik yapısından ötürü beyaz olan bir bireye göre çok daha başarılı kamufle olabilir (avantajlıdır). Ancak toprağın üzerine kar yağmasıyla birlikte (veya o toprakta pamuk gibi alanı beyaza bürüyecek bir bitki yetişecek olursa), beyaz renkliler bir anda avantajlı konuma geçebilir. Dolayısıyla çevresel değişimler, bir türün

tüm dengelerini altüst edebilir. İşte bu şekilde, nesiller içerisinde bir popülasyonun ortamına uyum sağlamasına neden olan özellik değişimlerinin her birine **adaptasyon** adını vermekteyiz. Örneğin post renginin değişmesi bir adaptasyonken, bacak uzunluğunun farklılaşması bir başka adaptasyon olarak belirlenebilir. Adaptasyonların bir araya gelmesi sonucu bir türün farklılaşmasına, yani adaptasyonların toplamına ise **evrim** adını veririz. Unutmayınız ki evrim, mikro düzeyde olabileceği gibi, makro düzeyde de olabilir. Bir evrimsel değişimin dışarıdan gözle fark edilememesi, evrimin gerçekleşmediği anlamına gelmez.

Yani buraya kadarki kısmı toparlamak gerekirse: canlılık içerisinde geniş bir biyoçeşitlilik vardır. Bu biyoçeşitliliğin temelinde tür içerisindeki varyasyonlar bulunur. Varyasyonlar ve miktarları her nesilde popülasyon içerisinde değişebilir. Bu varyasyonlar, evrimin Çeşitlilik Mekanizmaları aracılığıyla var olur. Daha sonradan bu varyasyonlar, evrimin Seçilim Mekanizmaları aracılığıyla seçilerek belli yönlerde birikirler. Bu yön, tamamen çevre ve organizma ilişkisine bağlı olarak belirlenir. İşte bu seçilim sonucunda, türlerin popülasyonları içerisinde çeşitli adaptasyonlar meydana gelir. Her bir adaptasyon, evrimin ufak bir parçasıdır ve bunlar bir araya gelerek, bir türün genetik ve fiziksel değişimine neden olurlar. Genetik boyutta meydana gelen değişimlere mikroevrim, organizma boyutunda meydana gelen değişimlere makroevrim adını veririz.

Organizma, Dış Yapı, Genler ve Çevre İlişkisi

Doğal Seçilim'de anlaşılması gereken en önemli nokta ve bu kitapta göreceğimiz **on üçüncü değişim noktası** şudur: **Fiziksel ve genetik yapılarıyla bir bütün olarak organizmalar (canlılar), çevrelerinden bağımsız olarak düşünülemezler! Organizmayı oluşturan genler ile bu genlerin, çevre etkisiyle dışavurumu olan fiziksel görünüm (dış yapı), çevre ile sürekli ilişki içerisindedir ve bu ilişki, evrimi tetikleyen ana unsurdur.** Evrimsel Biyoloji'nin en önemli kollarından biri olan ekolojik analizler bize göstermektedir ki, canlılar mutlaka çevre-

leriyle sıkı bir ilişki içerisindedirler. Hatta evrimsel geçmişi inceleyen bir insanın göreceği, türlerin her birinin temel amacının çevrelerine ayak uydurmak olduğu hissine kapılacaktır. Bu, sınırlı olmakla birlikte, oldukça doğru bir çıkarımdır. Canlıları değişmeye iten güç, çevredeki değişimdir. Ancak bu çevresel değişime cevap olarak canlı popülasyonlarının nesiller içerisindeki değişimi (evrim) bilinçli bir şekilde, isteklere, arzulara, dileklere bağlı olarak gerçekleşmez. Varyasyon içerisinde, çevre koşullarının etkisi altında bazı bireyler hayatta kalır, bazıları elenir. Evrim bu şekilde gerçekleşir.

İnsan türü, kendisini üstün görmesinden ötürü çevresinde mutlak bir hâkimiyeti olduğu inancını besler, böyle olmasını ister. Ne var ki birkaç saat sonraki hava durumunu bile net olarak belirlemekten aciz insan teknolojisinin, esasında çevre ve doğa olayları üzerinde son derece kısıtlı bir etkisi bulunmaktadır. İnsan türü, çevresini kontrol etmekte beceriksiz olduğu gibi, korumak ve kollamak konusunda da son derece sıkıntılı bir türdür. Dolayısıyla, bütün modern ihtişamına rağmen insan türünün de vahşi doğadaki âcizane hayvan türlerinden pek de bir farkı olmadığını, büyük binalarımızın ve uzaya giden araçlarımızın esasında insanın biyolojik becerilerinden çok, zihinsel ürünlerinin bir gösterisi olduğunu görmek çok da zor değildir. Ancak kitabımın ana odağı, insan türü değildir. Görüleceği üzere canlılığı, bir bütün olarak ele almaktayım. Ancak gerektiği zaman, insanın Doğal Seçilim'den nasıl etkilendiğine de örnekler vereceğim.

Bu anlatımlarımdan görülebileceği gibi çevre, bir türün istek ve arzularından bağımsız olarak değişmekte olan, son derece kapsamlı ve bir o kadar da kaotik bir sistemdir. İçerisinde yüz milyarlarca unsuru bir arada bulundurur ve bu unsurların birbirleriyle olan ilişkilerini basitçe belirlemenin bir yolu yoktur. Etrafımızda sürekli değişmekte olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik unsurlara bakacak olursak, listenin sonunu getirmekte zorlanacağımız görülür. Örneğin çevrenin fiziksel unsurları her an değişmektedir. Fiziksel olarak var olan her varlık, her an karmaşık bir biçimde değişen basınç, sıcaklık, nem, titreşim frekansları, yönelim, kütleler, hacimler, yoğunluk, opaklık, esneklik, gerilim, ses, direnç, akışkanlık gibi yüz binlerce

değişkenden etkilenirler. Benzer şekilde her fiziksel unsur, kimyasal özellikler taşıdığı için, bunlardaki her değişim de canlıları doğrudan etkiler. Çevremizdeki unsurlar, kimyasal yapılarından ötürü sürekli olarak oksidasyon miktarı, tepkimeye girme yatkınlığı, yanabilirlik, koordinasyon numaraları, kimyasal kararlılık, manyetik geçirgenlik, termal geçirgenlik, faz değişim sıcaklıkları, yanma ısısı, bağ tipleri gibi yine sayısız değişkenden her an etkilenirler. Tıpkı fiziksel değişkenler gibi, bunların da ne yönde, nasıl, ne hızda değişeceğini öngörmek oldukça zordur. Ayrıca etrafımızdaki her canlı unsurun, her an değişmekte olan biyolojik özellikleri de bulunur. Bu değişim sadece evrimsel değildir. Varlığın, biyolojik olmasından kaynaklı sahip olduğu nitelikler, öngörülemez bir biçimde değişmektedir. Bu nitelikler arasında hücre geçirgenliği, iletim miktarı ve hızı, biyoçözünürlük, katalizlenme hızı, protein üretim oranı, mikrotüp dağılımı ve daha nicesi... Tüm bu değişkenler bir araya getirildiklerinde, belki milyonlarla ifade edilebilecek kadar özelliğin, tamamen rastlantısal bir biçimde etrafımızda değişmekte olduğunu görürüz.

Üstelik sadece bunlar da değil. Her canlı organizma, etrafındaki diğer canlılarda meydana gelen değişimlerden de her an etkilenmektedir. **Ekoloji** isimli bilimin incelediği bu önemli etkileşimler, bir türün çevresindeki değişimlerin, tür üzerinde birçok etki doğurmaktadır. Bunun en güzel örneği, **av-avcı ilişkisi** olarak bilinen, doğanın en temel olgularından biridir –ki bölümün girişinde okuduğunuz hikâye, bu durumu örneklemektedir. Avın özelliklerindeki her bir değişim, avcıyı doğrudan etkilemektedir. Benzer şekilde avcının özelliklerinin değişimi de, avın özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu ekolojik ilişkileri yalnızca av-avcı olarak görmek de doğru olmayacaktır. Örneğin türlerin birbirleriyle kurduğu karşılıklı faydacı (mutualist), tek taraflı faydacı (komensalist), tek taraflı zararcı (parazitik) gibi ilişkiler, türlerin var olma mücadelesi içerisinde aynı ortamda yaşamak için girmek zorunda oldukları mücadeleci ilişkiler, tür içerisinde ebeveyn ile yavru arasındaki, eşler arasındaki ilişkiler gibi sayısız etkileşim, canlılar arasında karmakarışık ve her an değişebilir bir ekolojik ağ oluşmasına neden olur.

Uzun lafın kısası, burada **on dördüncü değişim noktası**ndan bahsetmemiz gerekir: **Bir canlının içerisinde bulunduğu çevre, onun istek ve arzularından bağımsız olarak, her zaman ve genellikle kaotik (karmaşık) bir şekilde değişir. Dolayısıyla evrimin ne yöne doğru gideceğini kestirebilmemiz için, doğanın o anda bulunduğu koşulların değişmeyeceğini varsaymamız gerekir. Ancak doğa koşulları, er ya da geç, öngörülemez bir şekilde değişecektir. Bu yüzden çok uzun vadede evrimsel analizler yapmak oldukça güçtür.** Bunu biz (ve diğer canlılar) her zaman hissetmeyiz, çünkü çoğu zaman bu değişim oldukça yavaştır (tıpkı evrimsel değişimler gibi, kıtaların hareketi gibi, vs.). Ancak dikkatli bir şekilde inceler, doğru yerlere bakar ve doğru biçimde ölçersek, çevrenin değiştiğini görmememiz imkânsızdır. İşte ekolojik analizler, bu değişimlerin canlılar üzerindeki etkisini görmeyi hedefler.

En Güçlü veya En Zeki Değil, En Uyumlu Hayatta Kalır

Daha fazla ilerlemeden önce, Doç. Dr. Ergi Deniz Özsoy'un da bu kitabın önsözünde net bir şekilde belirttiği gibi, bir noktanın altını önemle çizmekte fayda görüyorum: Doğal Seçilim, av-avcı ilişkilerinden ibaret bir yaşam mücadelesi ilkesi <u>değildir</u>! Ben bölüm başında bu çarpıcı örneği vermek istedim, çünkü bu sayede bu kitabı rahat koltuklarınızda okurken, sizinle birebir aynı türden olup, av peşinde ölümüne koşmak zorunda olan ve evrimsel bir yaşam mücadelesi veren bireyler olduğunu görebilin istedim. Yani her ne kadar insan büyük oranda Doğal Seçilim'in dışında kalmayı başarmışsa da, bu her insan bireyi için aynı düzeyde geçerli olmak zorunda değildir. Üstelik okurların kendi hayal güçleri ve doğa bilgileriyle, insan dışı avcıların da avlarıyla olan ilişkilerini, bu örnekten yola çıkarak görebilecekleri ne inanıyorum. Ancak Doğal Seçilim, o kadar kapsamlı, o kadar güçlü bir doğa yasasıdır ki, onu istisnasız olarak her canlının çeşitli yapı, organ ve sistemlerinde, çeşitli derecelerde görebiliriz. Örneğin farklı genetik yapılara sahip aynı bakteri türünün, zorlu koşullarda besin elde edebilmeye yönelik evrim geçirmesinin nedeni, Doğal Seçilim'dir. İşlevini yitirmiş bir organın, farklı bir yapıda kullanıla-

rak bulunulan ortama uyum sağlamasını mümkün kılan doğa yasası, Doğal Seçilim'dir. Örneğin penguenlerin kanatları, bir kuş türü olmalarına rağmen körelmiştir ve uçmalarına yarayamaz; ancak Doğal Seçilim sebebiyle evrimsel süreç içerisinde bu kanatlar tamamen yok olmamış, farklı özellikler edinerek bulundukları yeni ortama adapte olmalarını sağlamıştır. Günümüzde, kanatlarla birebir anatomik benzerliğe sahip organlar, yüzgeç olarak kullanılmaktadır. Yine benzer şekilde, yaşam koşullarının çok zor olduğu çöllerde, bitkilerin en az düzeyde su kaybederek varlıklarını sürdürmelerini sağlayan birçok adaptasyonu, Doğal Seçilim mümkün kılmıştır. Bu örnekleri milyonlarca sayıda arttırmak mümkündür. Dolayısıyla Doğal Seçilim'i sadece vahşi bir av-avcı ilişkisinden ibaret olarak görmek hata olacaktır. Her ne kadar Doğal Seçilim, yaşamın "hayatta kalma" gayesini vurgulayan bir doğa yasası olsa da, bunun illa bir av ile avcı arasındaki mücadeleden ibaret olmadığının altını çizmekte fayda görüyorum. Bunu göstermek için de, bölüm içerisinde size bazı ek örnekler vererek olabildiğince ufkunuzu genişletmeye çalışacağım.

İlk örneğim, halk arasında sıçan yılanları, bilim camiasında ise Colubridae ailesi olarak bilinen ve Kuzey Yarımküre'de bulunan bir boğucu yılan ailesinin renk açısından dağılımı ile ilgili olacak. Kimi yılan türleri ve hatta aileleri, Dünya'nın çok belirli bölgelerinde yaşamaktadır ve o bölgeler haricinde yaşamaları mümkün değildir (veya zorlu evrimsel değişimler gerektirir). Bu yılanların yapılarına baktığımızda, özellikle renk ve hareket kabiliyeti olarak bulundukları bölgelere olabildiğince adapte olduklarını görürüz. Bu sebeple görünümleri hemen hemen hep aynıdır. Öte yandan, sıçan yılanları gibi Kuzey Yarımküre'nin geniş bölgelerine yayılmış yılan türlerinde, siyahtan turuncuya, yeşilden beyaza kadar birçok farklı tür bulmak mümkündür. Ancak bu türlerin renklerinin dağılımına baktığımızda, bulundukları coğrafi koşullarla tam bir uyum içerisinde oldukları görülür. Bu türlerin genetik analizleri incelendiğinde, her birinin ortak bir atayı paylaştığını, dolayısıyla bir zamanlar tek bir bölgede yaşayan bir yılan türünden evrimleşerek bu geniş coğrafyaya yayıldıkları görülür. Ancak bu yayılım sırasında, bulundukları ortama ka-

deme kademe adapte olarak, atalarında görülen ortak özelliklerin bir kısmını yitirmişlerdir ve kendilerine has, ayırt edici özellikler evrimleşmiştir. Tıpkı Darwin'in meşhur ispinoz evrimi örneğinde olduğu gibi, sıçan yılanlarının da yarımküre içerisindeki dağılımı ve bu dağılımla uyumlu olarak geçirdikleri evrimleri, Doğal Seçilim'in gücünü güzel bir şekilde göstermektedir.

Darwin'in ispinozlarına değinmişken, bu örneği anlatmadan geçmek ayıp olacaktır. Darwin, Beagle seyahati sırasında 1835'in Eylül ayı içerisinde ziyaret ettiği meşhur Galápagos Adaları'ndan her birinde, adaya özgü özelliklere sahip olan ispinoz kuşları olduğunu fark etmiştir. Bu kuşlar her ne kadar kabaca birbirine benziyor olsa da, gaga büyüklükleri gibi belli başlı özellikler çerçevesinde onları kolaylıkla ayırmak mümkündür. Yaptığı incelemeler sonucunda, birbirinden belli başlı farkları olan bu kuşların her birinin aslında çok yakın akraba olduklarını, ancak ayrı türler olarak sınıflandırılabilecek kadar birbirlerinden farklılaştığını keşfetti. Fakat bulduğu kuşların ayrı türler olduğundan emin olmak istiyordu. Bu bulgularını 4 Ocak 1837'de Londra Jeoloji Cemiyeti'ne sundu. Cemiyet tarafından görevlendirilen İngiliz kuş bilimci John Gould, yaptığı analizler sonucunda gerçekten de toplanan örneklerin 12 ayrı ispinoz türü olduğunu ilan etti. İspinozları ilginç kılan özellikse, elbette ki birbirlerine bu kadar yakın adalarda yaşamalarına rağmen, gaga yapılarının bu kadar farklılaşmış olmasıdır. Eğer ki bu canlılar bulundukları adalara sonradan adapte olmadılarsa, bu yakın akraba türler arasındaki bariz farklılıkların nedeni neydi? Bunun bir cevabı yoktur, çünkü gerçekten de ortak bir atadan gelen ispinozlar, bulundukları adanın besin koşullarına göre evrimleşmişlerdir. Bugün, Darwin'in örneklediklerinden biraz daha fazla, 14'ü Galápagos Adaları'nda, 1 tanesi Cocos Adası'nda yaşayan 15 ispinoz türü olduğunu bilmekteyiz. Hepsinin ortak atası, yerde yaşayan, tohumlarla beslenen ve günümüzden 2.3 milyon yıl kadar önce Galápagos Adaları'na göç etmiş bir ispinoz türüdür. Bu atasal türün popülasyonu, farklı adalar içerisinde izole olarak bulunduğu ortamın koşullarına adapte olmuş, sonunda tek bir türden toplamda 15 farklı tür evrimleşmiştir. 2004 yılında, ömürle-

rinin neredeyse tamamını Galápagos Adaları'ndaki canlıları ve evrimlerini incelemeye adamış Rosemary ve Peter Grant tarafından yayımlanan bir araştırma, gerçekten de *BMP4* isimli bir gen üzerinde meydana gelen mutasyonlar sonucu oluşan çeşitliliğin seçilmesiyle bu kuşların farklı gaga yapılarının tek bir ortak atadan evrimleştiğini gösterdi. Böylece, Darwin'in yüzlerce yıl önceki bulguları genetik olarak da doğrulanmış oldu.

Bir diğer örnek olarak zirai ilaçlara karşı evrim geçirerek bu ilaçlara dirençli hale gelen böcekler verilebilir. Bu örnekte anlaşılması gereken bir nokta, Doğal Seçilim'in bir popülasyon üzerinde işleyebilmesi için o popülasyon içerisinde yeterli miktarda genetik çeşitlilik (varyasyon) bulunması gerekiyor olmasıdır. Yani eğer ki bir popülasyon yeterince çeşitli değilse ve sınırlı olan genetik dağılım, farklı koşullarda hayatta kalmak için yeterli değilse, türün veya o popülasyonun tamamen yok olması mümkündür. Ancak genellikle, daha önce izah ettiğim genetik mekanizmalar sebebiyle tür ve popülasyonlar içerisinde dışarıdan kolay kolay fark edilemeyecek; ancak detaylı analizlerle baş döndürücü miktarda olduğu anlaşılabilecek kadar çeşitlilik bulunur. Yani bir tarlada, zararlı böcekleri toplayıp inceleyecek olursanız, gözle görülür ciddi farklılıklar görmeniz mümkündür; ancak gözle göremediğiniz çok daha fazla çeşitliliğin o canlı grubunda bulunduğunu unutmamalısınız. İşte bu böcekler üzerine belirli kimyasallar sıkıldığında, o böceklerin büyük bir kısmı ölür. Neden mi? İnsanlar genelde bunun nedenleri üzerinde durmazlar. Hâlbuki duracak olsalar, evrimin ne kadar net bir şekilde, gözümüzün önünde işlediğini görebilecekler: zararlılara karşı üretilen zirai ilaçlar, tıpkı her sene olduğumuz grip aşıları gibi, o sene tarlalarda (veya vücudumuzda) bulunan en yoğun böcek çeşitlerini (varyasyonlarını) yok etmeyi hedefleyecek şekilde üretilir. Yani tarlalardan alınan böcek örnekleri analiz edilir ve en çok bulunanları yok etmeyi sağlayacak kimyasallar üretilir. İşte tam olarak bu sebeple, genetik çeşitlilikten ötürü bazı böcekler bu kimyasaldan etkilenmez. Yani burada olan, gaz sıkıldığı için bir anda mutasyon geçirip birdenbire dirençli hale geçiveren canlılar değil, halihazırda var olan genetik çeşitlilikten ötü-

rü hayatta kalabilen bireylerin üreyip çoğalmasıdır. Bu sayede, geriye kalan az sayıda birey bütün yıl boyunca üreyerek, bir sonraki senenin "zararlı canlı" grubunu oluşturur. Peki öyleyse, birkaç sene düzenli olarak ilaçlandığında, neden var olan tüm böcek gruplarını yok edemiyoruz? Cevabı çok net: evrim… Çünkü o süre zarfında, yeni genetik kombinasyonlar oluşup, popülasyon içerisinde yayılıyor da ondan… Bu genetik kombinasyonlar gerek mutasyon, transpozonal sıçrama, crossing-over gibi doğrudan genlerdeki değişimlerden ötürü oluşmaktadır, gerekse de o tarlaya dışarıdan gelen diğer gruplarla olan çiftleşme sonucu yeni genetik bileşimlerin oluşmasından ötürü… Ne olursa olsun, biz evrimle mücadele ettikçe, genetik çeşitliliğe bağlı evrim de bir nevi bizimle "mücadele etmektedir". Elbette bu, bilinçli bir mücadele değildir; ancak bunun sonucunda evrimsel değişimler gözlenir.

Doğal Seçilim sonucu yeni çevreye adapte olmanın, yani evrimin örneklerinden en çarpıcı bir diğeri ise, "savaşçı karıncalar" olarak bilinen ve yaklaşık olarak 200 civarında karınca türü için kullanılan bir grubun evrimidir. Savaşçı karıncalar, başka kolonilere saldırarak onların ürünlerini çalabilir ve kendi hayatlarını sürdürebilirler. Bu bile başlı başına bir evrim örneğidir; ancak benim burada bahsetmek istediğim, bu karıncaların biraz daha farklı bir özelliği… Bu savaşçı karıncalar, normalde kendi aralarında belli sinyaller ileterek, birbirlerine "Ben dostum, bana saldırma" mesajı verebilirler. Bu sayede, kendi gruplarını diğerlerinden ayırt edebilirler. Ancak bu savaşçıların bazıları, evrimsel süreçte farklılaşarak diğer kolonilerin kendi içlerinde kullandıkları sinyalleri de üretebilecek bir hale gelmiştir. Dolayısıyla, bu şekilde diğer bir grubun sinyallerini taklit edebilen bir savaşçı karınca grubu, taklit edebildikleri gruba saldıracak olursa, bu sinyali kullanarak onların kendilerine karşı koymasına engel olabilmektedirler. Böylece, sadece onların sinyallerini taklit ederek, bu koloni içerisindeki savaşçı karıncaların, işgal altında olduklarını fark etmeksizin çalışmaya ve besin toplamaya devam etmelerini sağlayabilirler. Böylece, kolay yoldan hayatta kalmış olurlar. Bu, evrimsel adaptasyonun en müthiş örneklerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bazı zamanlardaysa, ciddi çevresel değişimlerden ötürü evrimin çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştiğini görürüz. Örneğin, Kambriyen Dönemi sırasında bildiğimiz bütün hayvan şubelerinin 20-30 milyon yıl gibi jeolojik olarak "kısa" bir sürede evrimleşmiş olmaları bunun bir örneğidir. Yeri gelmişken bu konuya da kısaca değinmekte fayda görüyorum. Günümüzden 580 milyon yıl önce başlayarak 542 milyon yıl öncesine kadar geçen sürede olan ve Kambriyen Patlaması olarak bilinen evrim tarihinin hızlı çeşitlenme dönemi, çeşitli çevre koşulları nedeniyle bildiğimiz tüm hayvan şubelerinin yarısının atalarının evrimleştiği bir jeolojik zaman dilimidir. "Patlama" sözcüğünden kasıt fiziksel bir patlama değil, tür çeşitliliğindeki yüksek hızlı artıştır. Genellikle, diğer evrimsel süreçlerin gözlendiği zaman aralıklarına göre daha kısa bir sürede gerçekleştiği için, evrim karşıtları tarafından bu türlerin bu kadar kısa sürede evrimleşemeyeceği söylenerek argüman olarak kullanılır. Hâlbuki sorun, ortalama 20 milyon yıl sürdüğü düşünülen bu çeşitlenme döneminin "bir an" olarak nitelendirilmesi ve 20 milyon yıl gibi devasa bir zaman diliminin öneminin azaltılmaya çalışılmasıdır. Evet, 20 milyon yıl jeolojik tarihe göre kısa bir süredir; ancak gerekli koşullar sağlandığında, hızlı bir evrimsel değişim görmemiz işten bile değildir. İşin garip tarafı, yine evrimsel süreçle çeşitlendiği bilinen bu ilkin hayvan atalarının evriminin, Evrim Kuramı'na karşı bir argüman olarak kullanılmasıdır. Londra Doğa Tarihi Müzesi ile Adelaide Üniversitesi'nden araştırmacıların 12 Eylül 2013 tarihinde yayımladıkları bir makale, bu hızlı evrimin gizemini çözmüştür: ataları o dönemde evrimleşmiş olan eklembacaklıların evrim ağacını oluşturan araştırmacılar, ağacın her bir dalı üzerindeki değişim hızlarını hesaplamışlardır. Ortaya çıkan sonuç, oldukça çarpıcıdır: Kambriyen Dönemi boyunca meydana gelen evrimin ve değişimin hızı, günümüzdeki ortalama evrim hızının yaklaşık olarak 5 katıdır. Oksijen düzeylerindeki dalgalanma, Dünya'nın buzullarla kaplandığı bir Buz Devri'nin yaşanması, *HOX* genleri gibi hayvan gelişim biçimini belirleyen genler üzerinde yoğun seçilim baskısının oluşması, ekolojik dengelerin hızla değişmesi gibi sebeplerle tetiklendiği düşünülen bu hızlı evrimleşme sürecinde, bu kadar fazla şubenin oluşmasında herhangi bir "açıklanamaz nok-

ta" bulunmamaktadır. Üstelik bazı diğer araştırmacılar, Kambriyen Dönemi'nin temellerini atacak atasal türlerin kökenini 650 milyon yıl öncesine kadar takip etmeyi başarmışlardır; bu durumda bu hızlı çeşitlenmenin temelleri çok daha öncesinden atılmış olabilir

Ancak bu hızlı evrim örnekleri için illa 540 milyon yıl öncesine gitmek gerekmez. Sadece birkaç bin yıl içerisinde ciddi değişimler geçiren canlılar da tespit edebilmekteyiz. Bunlardan bir tanesi, *Peromyscus* olarak bilinen geyik faresi cinsidir. Normalde geniş olarak ABD'nin Nebraska bölgesinde yaşayan geyik fareleri koyu kahverengi bir renge sahiptir. Bu renk, cins için son derece uygundur, çünkü yaşadıkları bölgede bol miktarda odun ve ağaçlık alan bulunur, kolayca kamufle olabilirler. Ancak bir diğer bölgede, Sand Hills'de yaşayan geyik fareleri, sadece 8000 yıl içerisinde tamamen farklı bir renge, açık bir kum sarısı rengine evrimleşmişlerdir. Yapılan analizler, tek bir gende meydana gelen mutasyonun, bu renk değişimini sağladığı ve bu avantajlı rengin Sand Hills bölgesinde kuvvetli bir şekilde seçilmesi sonucu, birkaç bin yıl içinde yepyeni renkli bir geyik faresinin evrimleştiğini göstermiştir. Bu, hızlı evrim örneklerinden biridir. Bu konuya paralel bir diğer örneği süper-hızlı bakteri evrimi olarak verdiğimi hatırlayınız.

İşte Darwin'i bu kadar büyük bir bilim insanı yapan, doğadaki bu sade ama son derece güçlü gerçeği görmüş olmasıdır. Nasıl ki Yapay Seçilim Mekanizması sayesinde bir tür, bir diğerini belli özelliklerine göre, belli bir bilinç dahilinde seçiyorsa ve bu nesiller içerisinde evrimsel farklılaşmalara neden oluyorsa, doğanın da sürekli değişen çevresel unsurlarının, nesillerin genetik dağılımlarını etkilemesi sonucu oluşan elenme ve seçilme, nesiller içerisinde evrimsel değişimlere neden olmaktadır. İşte Darwin'in ileri sürdüğü esas teori olan **Doğal Seçilim'e Bağlı Meydana Gelen Değişim Teorisi** budur. Yukarıda verdiğim örneklerden görebileceğiniz gibi doğada bir mücadele bulunsa da, bu mücadele sadece kanlı bir vahşet olarak düşünülmemelidir. Çevresel herhangi bir değişime uyumlu olarak oluşan her adaptasyon, türün hayatta kalması konusunda belirleyici özellikte olabilir. Şu sözler Doğal Seçilim yasasını net bir şekilde

özetlemektedir: "*Ne en güçlü olan türler hayatta kalır, ne de en zeki olanlar. Hayatta kalanlar her zaman değişime en uyumlu olanlardır. Yaşam mücadelesi içerisinde en uyumlu olanlar rakiplerini harcarlar; çünkü çevreye en uygun şekilde adapte olabilenler onlardır.*" Bu sözleri Darwin'in söylediği iddia edilse de, buna dair hiçbir güvenilir belgeye ulaşılamamıştır. Ancak sözlerin içeriği, modern evrimsel biyolojinin bulgularını birebir yansıtmaktadır ve son derece açıklayıcı ve isabetlidir. Bu da ufak bir not olarak kenarda dursun.

Darwin, evrimsel bir değişimin doğanın çok net bir gerçeği olduğunu görmekle kalmadı (zaten bunu görenlerin tarihinin Antik Yunan'a kadar gittiğini hatırlayınız), ayrıca bu değişimlerin nasıl meydana geldiğine dair mekanizmaları da (en azından bir kısmını) keşfetti ve ortaya koydu. İşte bu yüzden Evrim Kuramı, Darwin ile bütünleştirilmektedir ve Darwin bu yüzden "Evrim'in Babası" olarak anılmaktadır.

Darwin'den Sonrası: Farklı Kuramlar, Karşıtlar, Modern Sentez

Unutulmamalıdır ki Darwin, bilimde bir devir açmış olsa da, Evrim Kuramı'nın her şeyi değildir. Darwin'den sonra yüz binlerce bilim insanı Evrim Kuramı'nı elden geçirmiş, hatalarını ayıklamış ve yeni mekanizmalar keşfetmiştir. Darwin, bundan sonraki bölümlerde değineceğim 2 diğer seçilim mekanizmasına kısaca değinmiş olsa da (*Türlerin Kökeni* daha çok Doğal Seçilim üzerinde dursa da, diğer mekanizmalara farklı kitaplarında daha detaylı değinmiştir), en çok Doğal Seçilim üzerinde durmuştur ve doğada, Doğal Seçilim sonucu oluştuğunu fark ettiği sayısız örneği ortaya çıkarmıştır. Ondan sonra gelen bilim insanları ise diğer seçilim mekanizmalarının detaylarını ortaya çıkarmışlardır ve Darwin'in teknik hatalarını düzeltmişlerdir.

Burada anlaşılması çok önemli olduğundan ve artık yeterince mekanizma tanıdığımızdan, kitaptaki **on beşinci değişim noktası**ndan da bahsetmek istiyorum: **Evrim Kuramı olarak isimlendirdiğimiz kuramlar bütünü, sadece "Darwin'in Doğal Seçilim'e Bağlı Meyda-**

na Gelen Değişim Teorisi" ile sınırlı değildir. Darwin'den sonra gelen birçok büyük bilim insanı, doğadaki evrimsel değişim gerçeğine açıklamalar getiren farklı evrim teorileri ileri sürmüştürler ve bunlar da, Darwin'in Teorisi gibi son derece önemlidir. Örneğin 1972 yılında ileri sürülmüş ve günümüzde halen yaygın olarak kabul görmekte olan, evrimsel değişimlerin sürekli olan kademeli bir farklılaşmadan çok, doğada evrimsel açıdan yavaş ilerleyen, büyük doğal felaketlerle kesilen bir dengenin olduğunu söyleyen ve bu felaketlerden sonra gerçek ve hızlı evrimsel değişimlerin gerçekleştiğini söyleyen **Sıçramalı Evrim Teorisi** (veya **Kesintili Denge Teorisi**), canlılığın nasıl değiştiğini ve evrimleştiğini açıklayan teorilerden bir diğeridir. Aklı başında bilim insanları tarafından ileri sürülen her kuram gibi, Kesintili Denge Kuramı da evrimsel değişim gerçeğini dışlamaz; sadece Darwin'in aksine, ana mekanizmanın Doğal Seçilim'den çok Genetik Sürüklenme olduğunu ileri sürer. 1960 ile 1980 arasında geliştirilen bir diğer teori olan **Bencil Gen Teorisi** ise, evrimsel süreçlerin organizmalar bazında değil, sadece genler bazında incelenmesi gerektiğini, canlıların esasında yalnızca kendilerini kopyalamak amacıyla var olan genlerin kullandığı bir köle olduğunu ileri sürer. Bu teori, canlılara ait her özelliğin genlerle açıklanabileceğini iddia eden bir diğer teoridir. Yine, evrim gerçeğini dışlamaz, tam tersine onun nasıl olduğunu açıklar. Bir diğer teori olan **Kızıl Kraliçe Kuramı** da, Darwin'in Doğal Seçilim Teorisi gibi, evrimsel süreçlerin sürekli olması gerektiğini, çünkü çevrenin sürekli değiştiğini ve canlı nesillerinin buna sürekli bir adaptasyon halinde kalması gerektiğini ileri sürer. Bunlar haricinde U-Üçgeni Teorisi, Evrim'in Nötral Teorisi, Evrim'in Neredeyse Nötral Teorisi, Hardy-Weinberg Teorisi, Endosimbiyotik Teori ve daha nicesi, Evrim Teorisi olarak bildiğimiz daha genel bir çatının alt başlıkları gibidir. Yani birçok kuram vardır; hiçbiri evrim gerçeğini yanlışlamaz, sadece onun nasıl olduğunu açıklamaya çalışır.

Günümüzde ise genel olarak kabul gören açıklama, benim **İkinci Modern Sentez** olarak isimlendirdiğim, bu farklı kuramların güçlü yanlarından oluşan açıklamalardır –ki kitabımın da üzerinde durduğu budur. Bu görüşe göre, herhangi bir mekanizmanın ön plana çıka-

rılması doğru değildir; her birinin, farklı ortam ve koşullarda farklı etkisi vardır. Dolayısıyla her canlının evrimi, bu koşullara göre, farklı mekanizmaların farklı şiddetlerdeki etkisiyle açıklanmalıdır. Genler de, çevre de, canlının evrimsel değişimi açısından değişen miktarlarda öneme sahiptir ve hiçbiri göz ardı edilemez. Tek bir etki dağılımını bütün türlere uyarlamak doğru olmayacaktır. Bu yüzden bu kitabın bölümleri, tüm mekanizmaları mümkün olduğunca basit bir şekilde tanıtmayı hedeflemektedir.

Hazır Modern Sentez'den bahsetmişken, bu konuda da birkaç önemli bilgi vermeme izin verin: daha önce de anlattığım gibi, Darwin'in zamanında genetik bilinmiyordu; daha doğrusu Gregor Mendel genetik yasalarını ortaya koymuş olsa da, Mendel Genetiği henüz anlaşılmamış ve popüler hale gelmemişti. Bunun nedenleriyle ilgili olarak çok kapsamlı incelemeler bulunmaktadır; ancak en kısa ve öz nedeninin Almancanın o dönemde bilimsel çalışmalarda çok yaygın olarak kullanılmıyor oluşu ve Mendel'in çalışmalarının pek de saygın bir dergi olmayan *Proceedings of the Natural History of Brünn* dergisinde yayımlaması olduğu düşünülmektedir. Mendel'in 1865 yılında 2 ayrı toplantıda sunulan ve 1866'da basılı olarak yayımlanan *Bitki Hibridizasyonu Üzerine Deneyler* başlıklı makalesi 35 senede sadece 3 tane atıf alabildi, neredeyse kimse çalışmanın önemini fark edemedi. Neyse ki 1900 yılında Mendel'in genetik yasaları Hugo de Vries ve Carl Connens tarafından yeniden keşfedildi ve bilim dünyası kökünden çalkalanmaya başladı. Çünkü 20. yüzyıla girildiğinde, türlerin değiştiği ve evrimleştiği fikri zaten bilim camiasında genel geçer olarak kabul görmeye başlamıştı. Ancak bu yeni keşfedilen ve özelliklerin kalıtımıyla ilgili yasaların evrimle uyumlu olup olmadığı merak konusuydu. Sadece birkaç ay içerisinde, genetiğin evrim ile müthiş bir uyum içerisinde olduğu, Darwin'in teorisinin tüm noktalarının genetik bir temelde açıklanabildiği anlaşıldı. İşte bu, **Modern Sentez** (benim açımdan **Birinci Modern Sentez**) olarak bilinen, genetik ile evrimsel biyolojinin bütünleşmesi sürecini başlatan keşif oldu. Sonrasında, 1918 ile 1932 yılları arasında özellikle Ronald Fisher, J.B.S. Haldane ve Sewall Wright gibi mühendis, matematikçi ve biyologların çalışmalarıyla evrimsel bi-

yoloji matematiksel bir altyapı kazanmaya başladı. Burada benim için çok büyük anlam ifade eden ve idolüm olarak gördüğüm isimlerden biri olan John Maynard Smith'e de değinmeden geçemeyeceğim. Kısaca JMS olarak bilinen Smith, 2. Dünya Savaşı sırasında uçak mühendisliği yapmıştır. Ancak savaş sonrasında biyoloji alanında yaptığı matematiksel çalışmalarla aynı zamanda evrimsel biyolojinin gidişatını değiştirmiştir; matematiksel evrimin babaları arasında sayılmaktadır. Benim gibi bir mühendis temelli olan Smith'in evrimsel biyolojinin matematiksel temellerini atmış olması, benim için çok anlamlıdır ve bana fazlasıyla ilham vermektedir.

1937 yılında ünlü evrimsel biyolog Theodosius Dobzhansky, yayımladığı *Genetik ve Türlerin Kökeni* başlıklı kitabında popülasyon genetiğini, evrimsel biyolojiye güçlü bir şekilde bağlamayı başardı. Daha sonradan gelen Edmund Brisco Ford, Ernst Mayr, George Gaylord Simpson ve Ledyard Stebbins gibi isimler, evrimin farklı mekanizmalarını genetik temelinde açıklamayı başardılar. Bu isimlerin birçoğu, evrimsel biyolojide bugün kullandığımız sayısız terimi geliştirdi ve tanımladı. Bu konuda anılması gereken çok fazla sayıda bilim insanı bulunuyor; ancak daha fazla uzatarak konuyu dağıtmak istemiyorum. Sanıyorum ki Dobzhansky'nin 1973 yılında yayımladığı ikonik makalesinin başlığı her şeyi özetlemeye yetecektir: "*Evrimin ışığı olmaksızın biyolojide hiçbir şeyin anlamı yoktur*."

Böylesine büyük isimlerin bilimin gidişatını değiştirmesi, elbette tüm bilim dallarını zincirleme olarak etkiledi. Öyle ki evrimsel biyoloji, sayısız yeni bilim dalının doğmasını sağladı, önceki bilim dallarının eksik yanlarını kapattı, bazı anlam verilemeyen konulara anlam kattı. Süreç içerisinde sayısız yeni teori geliştirildi, matematiksel evrimin temelleri güçlendirildi ve evrimsel biyoloji, günümüzdeki sağlam konumuna kavuştu. Bugüne kadar geliştirilen açıklamaların bir bütün olarak Evrim Teorisi çatısı altında toplanmasına ve farklı teorilerin birbiriyle büyük oranda ilişkilendirilmiş olmasına, farklı canlıların evrimlerinin aynı bütünün farklı parçaları olan teoriler çerçevesinde açıklanabilir hale gelmesine ben **İkinci Modern Sentez** adını veriyorum. Bilimin farklı dallarının sentezlenmesi, burada da

durmuyor. Örneğin daha önce de kısaca bahsettiğim epigenetik sahasının doğuşuyla, bazı kalıtsal olmayan özelliklerin de yavrulara aktarılabileceğinin keşfi ve bunun evrimsel biyolojiye kattığı bakış açısı, Lamarck-benzeri bir evrim görüşüyle (epigenetiği "Lamarkçı" olarak tanımlamak hatalıdır), modern evrim teorisinin birbirine bağlanabilme ihtimalini ortaya çıkarmıştır. Bu alanda çalışmalar sürmektedir. Bazı bilim insanları bunu yeni bir sentez olarak görmektedir. Bu kitap dâhilinde bu sentez, **Üçüncü Modern Sentez** olarak anılabilir. Aslında epigenetiğin kökenleri 1942 yılına kadar gitmektedir; ancak modern epigenetik çalışmaları 1990'lü yılların sonlarına doğru başlamıştır ve yeni yeni hız kazanmaktadır. Eğer ki kalıtsal olmayan karakterlerin kalıtımı ve hücre içi bazı kimyasalların, çevresel faktörlerin ve benzerlerinin genler ile kalıtım üzerindeki etkileri daha net anlaşılacak olursa, bu üçüncü sentez de tamamlanabilecektir. Hatta ben, temelleri şu anda atılmaya başlayan ve bundan birkaç on sene sonra yaygın olarak konuşmaya başlayacağımızı düşündüğüm bir diğer sentezi ileri sürebilirim: evrimin açtığı yol, teknolojimizi de kökünden değiştirmiştir ve artık evrimsel biyoloji; mühendislik, ekonomi, mimari gibi temel bilimler harici sahalarda da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle mühendislik alanında, yapay zekânın geliştirilmesi ve etrafına adapte olabilen robotların geliştirilmesi açısından evrimin önemi tartışılmazdır. Bu sebeple, robotik alanındaki keşifler ile evrimsel biyolojinin bütünleştirilmesinin, **Dördüncü Modern Sentez**'e neden olacağı kanısındayım. Hele ki bu senteze biyomühendislik sahasında yapılan sayısız çalışma eklenebilirse, evrimsel sürecin biyolojik bir temelden mekatronik bir temele doğru meyletmemesi için herhangi bir neden göremiyorum. Bu tabii ki kendi görüşümdür; sadece yeri geldiği için belirtmek istedim. Şimdi ana konumuza, Doğal Seçilim'e geri dönelim:

Doğal Seçilim, muhtemelen anlaması en kolay olan Evrim Mekanizmasıdır. Evrim'i sorgulayan ve tam olarak kabul etmeyen çok az miktardaki bilim insanı ile bağnaz bir şekilde Evrim Kuramı'na dair doğru düzgün tek bir bilimsel bilgiye sahip olmayan, çoğunlukla bilim düşmanlığından prim yapan kişiler dahi doğadaki seçilim/

eleme mekanizmasını, yani genel olarak **yaşam mücadelesini** kabul ederler. Bu mücadele dahilinde türlerin genetik dağılımlarının nesiller içerisinde değişebileceğini de kabul ederler (dolayısıyla Yapay Seçilim yasasını da kabul ederler). Bu kişilerin kabul edemediği, bir türün bir diğerine dönüşebildiği gerçeğidir. Basit bir koaservattan, bu kadar geniş bir çeşitliliğe kademeli değişimlerle ulaşılabileceği gerçeğini kabul edemezler. Oldukça karmaşık yetiler olan zekâ, düşünce, algı gibi olguların, seçilimsel bir şekilde evrimleşebileceği gerçeğini kabul edemezler. Son hallerine bakıldığında son derece karmaşık görünen beyin, göz, kanat gibi yapıların kademeli olarak evrimleşebileceği gerçeğini kabul edemezler. Çünkü bu yapı ve özelliklerin tam gelişmemiş hallerinin işe yaramaz yapılar olacağını düşünürler veya türlerin birdenbire bir diğerine dönüştüğü bir evrim sistemi hayal ederler. Bu sebeplerle, tamamen bilgisizliklerinden doğan "İndirgenemez Karmaşıklık" gibi bilim dışı yaklaşımların ardına sığınırlar ve canlıların nesiller içerisinde değişebileceğini kabul edip, türlerin farklı türlere evrimleşemeyeceklerini iddia ederler (buna bilimde "indirgenemez karmaşıklık safsatası" adı verilir). İşte bu kişilerin yanılgıya düşmelerinin birkaç temel sebebi vardır ki bunlar, kitabımın önemli değişim noktalardır:

İlk olarak bu insanlar, türlerin birbirine evrimini bir farenin bir file bir anda dönüşüvermesi, bir ceylanın bir kaplana değişmesi, bir kurbağanın kanatlanıp uçması gibi düşünmekte, bu şekilde anlamak istemektedirler. Kitabımın bir önceki bölümünde, on birinci değişim noktasında izah ettiğim gibi, evrimsel süreçlerde asla böyle sıçramalar görülmez. Eski bir fare türü eğer ki evrim geçiriyorsa, muhtemelen yine kemirgen olan, fare benzeri bir diğer türe evrimleşecektir; bir kuşa, ata, file, ayıya, balığa değil. Ancak her ne kadar birbirlerine oldukça benzer olsalar da, nesiller geçtikçe bu iki yakın/benzer canlı arasında birbirleriyle çiftleşmelerine engel olacak kadar farklılık birikebilir. Çünkü her bir nesilde, iki farklı evrimsel süreçte oluşan değişimler, birikerek canlıların birbirinden giderek farklılaşmasına neden olur. Dolayısıyla eskiden tek bir türe ait popülasyonlar, nesiller içerisinde farklı iki (ya da daha fazla) türe evrimleşebilirler. Bu, kademeli

olarak değişimler yaratan Doğal Seçilim ile ilgili anlaşılması gereken en önemli noktalardan biridir.

Bu kişilerin Doğal Seçilim'i anlayıp ve kabul edip, evrimin bir doğa yasası olduğunu reddetmelerinin ikinci bir sebebi de, son derece karmaşık olarak gördükleri organlar ve yapılar hakkında bilimsel/akademik bir arka plana sahip olmamalarına rağmen, bilimin en güçlü kuramlarıyla ilgili ileri geri açıklamalar yapmaya cüret edebilmeleridir. Burada anlaşılması gereken **on altıncı değişim noktası** şudur: **Canlılık tarihinde olan bir değişimin, gelişen bir yapının, evrimleşen bir özelliğin nasıl olabildiğini henüz anlamıyor olmamız, bu özelliklerin evrimsel süreçlerle var olmadığı anlamına gelmez. Olsa olsa, bizim bu konudaki bilgisizliğimizi veya konu hakkında yeterli bilimsel araştırmanın yürütülmediği anlamına gelir.** Zaten güncel araştırmalar takip edilecek olursa, günümüzdeki bir bilim insanı, gözün yapısal olarak daha ilkel versiyonlarının canlıya nasıl avantaj sağlayabileceğini tüm detaylarıyla anlatabilecektir. Bir göz, işlevsel olabilmesi için illa bugünkü halinde bulunmak zorunda değildir. En basit bir ışık algılayıcı bile, hiç ışık algılayamayan bir yapıdan daha avantajlı olabilecektir. Günümüzdekine göre %10 başarıyla çalışan bir göz, %8 başarıyla çalışan bir gözden daha fazla avantaj sağlayacaktır. Benzer şekilde beyin, bakteri kamçıları, vb. yapıların her birinin, daha basit, daha ilkel ve kademeli değişimin görüldüğü bir geçmişi bulunmaktadır. Bunlar, konuyu çok derinleştireceği ve uzatacağı için açıklamalarını bir diğer kitabıma sakladığım konulardır.

Takas İlkesi ve Evrim Ekonomisi

Bu şekilde karmaşık yapıların evrimini analiz etmenin bir diğer yolu da **evrim ekonomisi ilkesi**ni anlamaktır. Bir adım geri atarak, evrimsel tarihin geneline baktığımızda, aslında tüm değişimlerin basit bir enerji verimliliği ilkesi çerçevesinde gerçekleştiğini görürüz. Bir bireyin yaşadığı ortama ne kadar uyumlu olduğunu genel toplam olarak gösteren unsur, o bireyin ömrü boyunca sahip olduğu enerjiyi nasıl kullandığıdır. Düşünecek olursanız, bizi oluşturacak sperm ile

yumurta birleştiği andan, öldüğümüz ana kadar geçen süre zarfında belli miktarda bir enerji üretebiliriz. Bu enerji, ömrümüz boyunca sahip olduğumuz hücrelerin toplam olarak üretebildiği enerjidir. Benzer bir şekilde, yaptığımız her davranış, attığımız her adım, aldığımız her nefes bu enerjiyi tüketir; kısaca her an bu üretilen enerji binbir farklı şekilde tüketilir. Dolayısıyla enerjinin ömür içerisinde nasıl harcandığı çok önemlidir. Bir türün bir bireyi, sahip olduğu enerjiyi diğerlerinden daha verimsiz olarak kullanıyorsa, nesiller içerisinde onun soy hattı elenecektir. Çünkü popülasyon içerisinde aynı miktarda enerjiyi daha verimli kullanabilen bireyler, bu verimlilikleri sayesinde hayatta kalma ve üreme mücadelesinde daha avantajlı olabilecektirler. Bunun en tipik örneğini ilerleyen sayfalarda yeniden ele alacağım körelmiş organlarda görürüz. Çevrenin değişimine bağlı olarak bazı organlar eski önem ve işlevlerini yitirebilirler. Bu organların işlevsizleşmelerine rağmen vücutta barındırılmasında ilk etapta bir sorun görünmeyebilir. Ancak eğer ki bu organların ömür içerisinde tükettikleri enerji hesaplanırsa, önemli bir miktar enerjinin bu işlevsiz organın üretimine, sağlığına, korunmasına ve tamirine harcandığı görülecektir. Eğer ki popülasyon içerisinde bu organları üretmeyen ya da daha körelmiş, daha ufak şekilde üretebilen bireyler varsa (ki neredeyse her zaman vardır), bu bireyler daha az enerji sarf edecekler ve daha avantajlı konuma geçecektirler. Avantajlı konuma geçme nedenleri, bu işlevsiz organa harcayacakları enerjiyi başka şekillerde kullanabilecek olmalarıdır. Bu açıdan düşünüldüğünde, bazı organların neden köreldiği çok net bir biçimde anlaşılabilecektir.

Bunun tam tersi, yeni bir organın evrimleşmesi konusunda karşımıza çıkar. Örneğin insanlar neden kanatlara sahip değildir? Neden gece görüşümüz yoktur? Neden suda nefesimizi saatlerce tutamıyoruz? Bunların ilk ve en temel sebebi, daha önce de önemini vurguladığım gibi, evrim tarihinde bu tür adaptasyonları sağlayacak varyasyonların popülasyonumuz içerisinde hiç bulunmamış olmasıdır. Hatırlayacak olursanız çeşitlilik olmadığı sürece seçilim olamaz. Dolayısıyla kanatlara doğru evrimleşecek bir yapımız yoksa veya bu evrimi mümkün kılacak yönde çeşitlilik bulunmuyorsa, böyle bir özel-

liğin evrimleşmesi de mümkün değildir. İkinci bir neden, üzerimizde bu yönde bir seçilim baskısının asla oluşmamış olmasıdır. Yani eğer ki popülasyonumuz içerisinde bu tür bir evrimi sağlayacak kadar, en azından böyle bir evrimin ilk adımlarının atılmasını sağlayacak kadar çeşitlilik bulunuyorsa bile, bu yönde bir seçilimin olmaması, o çeşitliliğin asla çoğalmamasına neden olmuş olabilir. Bu durumda, yeni organın evrimi de asla mümkün olamayacaktır. Tabii ki bu konu sadece insan için geçerli değildir, doğadaki her canlı için geçerlidir.

Ancak hepsinden önemli olan üçüncü neden, **takas ilkesi (trade-off)** adını verdiğimiz bir doğa yasasıdır. Az önce izah ettiğim gibi, enerji verimliliği evrimin ana hedeflerinden birisidir. Bu, pek çok farklı şekilde başarılabilir. Ancak ne olursa olsun, en verimli bireyler en nihayetinde avantajlı olacaklardır. Bu durumda, yeni bir organın evrimleşmesi için, o organın uzun vadedeki faydalarının, organın evrimi boyunca harcanacak enerjiden her zaman fazla olması gerekmektedir. Fayda ile harcanacak enerjiyi kıyaslamak her zaman kolay olmayabilir. Ancak zaten evrimsel süreç de, bu hesabı bilinçli olarak yapmaz. Süreç içerisinde bu dengeyi sağlayabilen bireyler avantajlı konumda kalacaktır. Tıpkı bir filtreden süzülen su içerisindeki bazı parçacıkların filtrenin üzerinde kalması, ancak bunu bilinçli olarak yapmamaları gibi... Dolayısıyla, bir organın, yapının veya davranışın evrimleşebilmesinin tek yolu, bu yeni özelliğin türe yeterince fayda sağlayabilecek olmasıdır. Tabii ki evrimsel süreç açısından düşündüğümüzde, sadece organın "son halinin" değil, o hale ulaşana kadar geçeceği her basamağın da yeterince avantajlı olması gerekmektedir. Bu noktada kitabımın **on yedinci değişim noktası**na ulaşıyoruz: **Türlerin evrimsel değişimleri, her zaman ve mutlaka enerji dengesi üzerine kuruludur.** Eğer ki enerji kaybı (ki bu kayıp, hayatta kalmak ve üremek amacıyla kullanılacak enerjiden kayıp demektir), edinilecek faydadan büyükse, o davranışı sergilemek, o evrimsel sürece girmek, o yöne doğru evrimleşmek başarısızlıkla sonuçlanacaktır. Ancak eğer ki harcanacak enerji, o enerjinin harcandığı değişimin türe kazandırdıklarından çok daha fazlasını türe katacaksa, o yönde giden bireyler diğerlerine göre avantajlı olacaktır.

İşte bu bakış açısıyla karmaşık organları analiz ettiğimizde, neden bu yapıların evrimleştiğini anlayabiliriz. Çünkü süreç içerisinde bu organları mümkün kılan her bir basamak, önceki basamaklara göre avantajlı olduğu gibi, aynı zamanda bu yapının evrimi sırasında harcanacak enerjiye de değecek kadar önemlidir. Bu dengeyi sağlayabilen bireyler Doğal Seçilim tarafından seçilirler ve kendilerindeki özellikleri gelecek nesillere aktarma konusunda daha başarılı olabilirler.

Körelmiş Organlar

Takas ilkesini anlayan birisi, kullanılmayan organların da neden köreldiğini kolayca anlayacaktır. İşte bu farklı sebepten ötürü Lamarck'ın kullanılmayan organların körelmesi konusunda da yanıldığını söyleyebiliriz. Evet, bazı organlar eski işlevlerini yitirebilirler ve bu, körelmeye neden olur. Ancak bunun sebebi, bu organların "birey tarafından kullanılma sıklığının azalması" değil, o organın popülasyon içerisinde tutulmasının evrim ekonomisi dâhilinde dezavantaj sağlayacak olmasıdır.

Körelmiş organlarla ilgili birçok yanlış anlaşılma söz konusudur. Bu yanlış anlaşılmaların başında, körelmiş organ olarak nitelenmesine rağmen bazı işlevleri olduğu anlaşılan organların bulunması gelmektedir. Örneğin insanlarda bulunan apandiks (veya apandis) organının körelmiş bir organ olduğu yaygın bir biçimde bilinir. Fakat evrime karşı olan insanlar, apandiksin savunma sistemine katkı sağlayan bazı özellikleri olduğunun keşfedilmesi sonucu evrimin çöktüğü sanrısına kapılmaktadır. Elbette ki böyle bir durum söz konusu değildir. Burada, kısaca neden böyle olduğunu anlatmak istiyorum:

Çevrenin veya koşulların değişmesine bağlı olarak eski işlevini yitiren bir organ ile ilgili 3 seçenek vardır:

1) Körelen organlar yok olurlar. Bu yok oluş bir anda meydana gelmez. Kademeli olarak gerçekleşir ve her nesilde popülasyon içerisinde organın görülme sıklığı biraz daha azalır. En nihayetindeyse artık popülasyon içerisinde bu organlara hiç rastlanmaz. Bu organ-

ların izleri kimi zaman embriyolojik evrelerde görülür (insanların kuyrukları gibi), kimi zamansa genetik yöntemlerle tespit edilebilir.

2) Körelen organlar vücut içerisinde kalırlar. Bazı durumlarda henüz yok olma işlemi tamamlanmadığı için, uzun zaman aralıkları boyunca işlevi olmadığı bariz belli olan organlar vücut içerisinde kalabilirler. Buna verilebilecek temel örnekler dört üyeli memelilerden evrimleşmiş olan denizel memelilerin (özellikle balinaların) arka bacaklarında bulunan pelvis ve bacak kemiği kalıntılarıdır. Muhtemelen milyonlarca yıl sonra bu kemikler tamamen yok olacaktır; ancak halen vücut içerisinde tespit etmek mümkündür.

3) Körelme sırasında organlar yeni işlevler kazanırlar. Dediğim gibi bir organın körelmesi bir anda oluvermez. Bu süre zarfında tür her çeşit koşulun etkisi altında kalabilir. Bu durumda, süreç içerisinde bazı körelen organlar yeni özellikler kazanabilirler. Örneğin eskiden ot ve meyve temelli bir diyete sahipken bitkisel selülozu sindirmemizi sağlayan apandiksimiz, artık o kadar yoğun olarak ot (özellikle de bitki gövdesi ve yaprağı) tüketmediğimiz için körelmiştir. Diğer tüm ot ağırlıklı diyete sahip kuzenlerimizde oldukça iri ve işlevsel olan apandiks, bizde ufak bir yapıdadır ve sıklıkla sorun çıkarır (apandisit, apandiks iltihabıdır). Süreç içerisinde sindirim kanalının savunma sistemine katkı sağlayacak birkaç bakterinin konağı konumunda olan bu organımız, halen vücudumuz içerisinde bulunmaktadır. Evet, eğer zorlanırsa apandiksin yeni işlevleri tespit edilebilir; bunda evrimsel açıdan hiçbir sıkıntı yoktur. Ancak hiçbir keşif, apandiksin asıl görevi olan selüloz sindirimini artık günümüzde yapamadığı gerçeğini değiştirmeyecektir. Dolayısıyla apandiksin körelmiş bir organ olduğu gerçeği de değişmeyecektir.

Görülebileceği gibi Doğal Seçilim sırasında birçok farklı etken işin içine girmektedir. Basit tanımlamalarla tüm canlıları kapsayan genellemeler yapmak hatalıdır. Her bir tür ve her bir yapı için yapılacak ayrı ve detaylı bir analiz, konunun evrimsel geçmişini aydınlatacaktır. İşte bilim insanlarının yaptığı da tam olarak budur.

Körelmiş organlara birçok örnek verebilirim. Şimdi bu örneklerden bazılarını sayarak, az önce sıraladığım, körelen organların da-

hil edilebileceği 3 seçenekten hangisine örnek teşkil ettiklerini parantezler içerisinde belirtmeme izin verin: Kuşlar sınıfında (Aves) bulunuyor olmasına rağmen uçamayan kuşların kanatları, körelmiş organların en bariz örneklerindendir. Penguenler gibi bazı kuşlarda bu kanatlar yüzmeye uygun olacak şekilde evrim geçirmiştir (3. seçenek). Ancak dodo veya tavuskuşu gibi kuşlarda bu kanatlar neredeyse tamamen işlevsizdir (2. seçenek). Uçamamalarına rağmen kanatlara sahip olma durumu geyik böcekleri olarak bilinen Lucanidae ailesinde de görülmektedir. Bu böceklerde kanatlar üretilir, ancak böcekleri havalandırmaya yetecek kadar güçlü ve donanımlı değildir. Bu durum, bu körelme sürecinin henüz yakın bir geçmişte başladığını düşündürmektedir.

Benzer bir şekilde, dört uzuvlu sürüngenlerden evrimleşen yılanlar, tüm uzuvlarını kaybetmişlerdir. Bazı yılanlarda kalça kemiğinin halen vücut içerisinde bulunduğu görülür (2. seçenek). Bazılarında ise zaman zaman arka bacak benzeri çıkıntılar bile görülebilir (2. seçenek)! Örneğin bu çıkıntıların üreme sırasında kısmen fayda sağlayabildiği, bu yüzden bu bacak kalıntılarının halen seçilim ile korunduğu ileri sürülmektedir (3. seçenek).

Benzer bir şekilde, körelme sürecinde olan bir diğer yapı, Meksika tetrası olarak bilinen *Astyanax mexicanus* türünün gözleridir. Bu hayvanların açık sularda yaşayan bireyleri normal biçimde gözlere sahiptir. Ancak derin su altı mağaralarında yaşayacak şekilde özelleşmiş olan bazı popülasyonlarında, gözlerin köreldiği ve üstlerinin bir deri tabakası ile kaplandığı tespit edilmiştir. Yani evrimsel süreçte, zifiri karanlık içerisinde işlevsiz kalan gözler giderek körelmekte ve yok edilmektedir (2. seçenek). Benzer durumlara *Typhlotriton spelaeus* ve *Proteus anguinus* gibi semender türlerinde de rastlamaktayız.

Bitkiler âleminde de körelmiş organlar bulunmaktadır. Bazı karahindiba türleri apoksimis adı verilen bir yöntemle, döllenme olmadan üreyebilmektedirler. Buna rağmen vücutlarında halen üreme organları olarak çiçekler bulunur ve işlevsiz olan polenler üretilir.

İnsanlarda da bolca körelmiş organ örneği görülebilir. Örneğin 20 yaş dişleri, yine ot temelli diyetten, et ağırlıklı diyete geçmemiz ve

beynimizin evrimi sırasında küçülen çene yapımızdan dolayı körelen organlar arasında yer alır. Bazı insanlarda 20 yaş dişleri hiç oluşmaz, bazılarında oluşur ama çıkmaz, çoğu insanda oluşur ve sancılı bir şekilde çıkar, çok nadir ve şanslı bir grupta ise bu dişler oluşur ve sancısız bir şekilde çıkar. Dolayısıyla körelen bir organda dahi geniş bir varyasyon olduğunu görmek mümkündür. Zaten bu varyasyon olmasaydı, seçilimden de söz edemezdik. Bu tür varyasyonlar, tüm diğer örnekler için de geçerlidir. İnsanlardaki bir diğer körelmiş organ ise kuyruk sokumunda bulunan kemiklerdir (coccyx olarak bilinirler). Bu kemikler, kuyrukları olan maymun atalarımızda ve kuyruklu maymun kuzenlerimizde, kuyruğu destekleyen ve vücuda bağlayan yapılardır. Ancak 22 milyon yıl kadar önce insana gelecek soy hattında kuyruklar işlevsizleşmiş ve yitirilmeye başlanmıştır. Kuyruğumuzun içerisindeki tüm kemikler de, kuyruğumuzla birlikte yok olmuştur (1. seçenek). Ancak bu bağlantı noktasındaki kemikler, günümüze kadar körelerek ulaşabilmiştir. Bu kemiklerin, günümüzde birtakım kasların tutunabilmesi için yüzey alanı oluşturduğu düşünülmektedir (3. seçenek). Ancak kuyruğumuzun kendisinin körelerek tamamen yok olmuş bir organ olduğunu söyleyebiliriz (1. seçenek). Soy hattımızda kuyruğun bulunduğu gerçeğini ise genomumuzda bulunan ve artık işlevini yitirmiş olan, kuyruk üretiminden sorumlu sahtegenlerden ve kimi zaman tam gelişmemiş kuyruklarla doğan bireylerin varlığından anlayabiliyoruz.

Örnekleri çok daha fazla sayıda arttırmak mümkündür: bazı insanların kulaklarında bulunan ve eskiden yüksek frekanslı sesleri toplamak için kullanıldığı düşünülen Darwin Yumrusu isimli çıkıntı; gözlerimizde bulunan ve sürüngen atalarımızda su altında görebilmeyi sağlayan, bizde ise hiçbir işe yaramadan bulunan üçüncü göz kapağı; ayaklarını da elleri gibi kullanabilen atalarımızdan kalan ve halen ayaklarımızda büyük oranda işlevsiz bir biçimde bulunan plantaris kası (ki insanların %9'unda bu kas hiç oluşmaz); kulaklarını geniş açılarda hareket ettirebilen atalarımızdan kalma Auriculares kasları; tüm canlıların genomlarında değişen miktarlarda bulunan işlevsiz sahtegenler; kıllı atalarımızdan kalma bir uyarı davranı-

şı olan "kılların ürpermesi" davranışı; Boagiller'den (Boaidae) olan bazı yılanlarda sağ akciğere göre %3 ila %75 oranında körelmiş olan sol akciğer; bazı yengeçlerde bulunan ve kuyruklu atalarından kalma kuyruklar ve daha nicesi seçilim sürecinde körelen organ, yapı ve davranışlara örnektir.

Lenski Deneyi ve Evrim

Şimdi, Doğal Seçilim'in yeni türler yaratma gücünü gösteren bir örnek üzerinden giderek bu bölümü noktalayalım. Esasında Doğal Seçilim dendiğinde, akla ilk gelen örnekler Sanayi Devrimi'nden sonra evrimleşen *Biston betularia* türü kelebekler ya da Darwin'in meşhur Thraupidae ailesine ait ispinoz kuşları gelir. Bense burada daha farklı, daha az bilinen, ancak belki de hepsinden daha önemli bir örneği vermek istiyorum: **Lenski Deneyi**'ni...

Richard Lenski, 13 Ağustos 1956 yılında doğmuş Amerikalı bir Evrimsel Biyolog'tur. Babası Gerhard Lenski, din sosyolojisi, sosyal eşitsizlik ve ekolo-evrimsel sosyal teoriye katkılarıyla bilinen ünlü bir sosyologdur. Richard Lenski, Oberlin Koleji mezunudur ve doktorasını University of North Carolina'dan almıştır. Günümüzde ise "Hannah Ayrıcalıklı Profesör" unvanıyla Michigan Eyalet Üniversitesi'nde akademisyenlik yapmaktadır. 1996 yılında prestijli bilim ödülü MacArthur Fellowship'i kazanmış, 2006 yılında ise Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilimler Akademisi'ne girmeye hak kazanmıştır. 17 Şubat 2010 tarihinde Ulusal Bilimler Akademisi Evrimi Gözleme Araştırmaları Bilim ve Teknoloji Merkezi'ni kurmuştur.

Lenski ve ekibi (bundan sonra sadece Lenski olarak bahsedeceğim), başlangıçta aynı popülasyona ait *Escherichia coli* bakterilerinden ele alıp, bunları 12 gruba ayırmışlardır. Böylece başlangıçta birbiriyle tamamen aynı, 12 farklı bakteri popülasyonu elde edilmiştir. Deney, 24 Şubat 1988 tarihinde başlatılmıştır.

Deneyde *E. coli* bakterilerinin kullanılma amacı, bu bakterilerin bölünme hızının 20 dakika olmasıdır. Yani bu bakteriler, yaklaşık olarak her 20 dakikada 1 defa bölünürler, dolayısıyla evrimsel süreçte

1 nesli sadece 20 dakikada atlayabilirler. Kıyaslama olması açısından, insanların ömrünün 80 sene olduğunu ve bu sürede ortalama 25 yaşına ulaştıklarında üreditklerini, böylece 1 neslin aşılmasının 25 sene kadar sürdüğünü ve bu sebeple bir insanın ömründe en fazla 2 veya 3 (şanslıysa 4) insan nesli görebileceğini söylemek isterim. Öte yandan eğer ki bir insan doğduğu anda gözlem yapmaya başlayabilseydi, 80 yaşına geldiğinde 2 milyondan fazla *E. coli* nesli görebilecekti. 2 ila 4 arası nesle kıyasla 2 milyon nesil! Bunun daha fazla anlam ifade etmesi açısından bir diğer bilgiye yer vereyim: tüm türler arasında bilinen türleşme hızlarının ortalaması alındığında, bir türden yeni türlerin evrimleşebilmesi için geçmesi gereken nesil sayısı, ortalama olarak yaklaşık 1.000 nesildir. 1.000 nesil, odaklanılan tür insan ise 250.000 yıl, odaklanılan tür *E. coli* bakterisi ise 333 saat civarı, yani 14 gün (2 hafta) kadardır. Dolayısıyla evrimin gözlenebilmesi için türlerin üreme hızlarının ne kadar önemli olduğunu ve türler arasındaki farkı görebileceğinizi umuyorum.

Şimdi, devam edelim:

Lenski, ürettiği bu 12 bakteri grubunu (hepsi aynı popülasyona aitti ve birbirinin kopyalarıydı) alarak sürekli çoğalmalarına izin verdi. Her bir grubu, minimal büyüme ortamında (bir canlının yaşamını sürdürmesi için gereken minimum koşullarda) tutmaya başladı. Yani ortamda bol miktarda besin yoktu, sadece popülasyona yetecek minimum miktardaydı. Her yeni günde, büyüyen popülasyonun %1'lik kısmını yeni bir kap içerisine alarak, "1 nesil" olarak işaretledi. Çünkü Lenski'nin kullandığı bakteriler, ortamda bol besin bulunmadığı için bahsettiğimden daha yavaş ürüyorlardı, her 150 günde 1.000 nesil vermekteydiler (ki bu yaklaşık her 4 saatte 1 nesil demektir).

Lenski, evrimsel geçmişi inceleyebilmek için "fosil kanıtlar"a sahip olmalıydı, zira büyük çaptaki değişimi gözlemenin en kolay yolu, fosillere bakmaktır. Bunun için, bu şekilde her gün nesilleri kaydederken, 500 nesilde bir, yani 75 günde bir elde ettiği son nesilden birkaç üyeyi kriyoprotektan (biyolojik yapıları dondurarak saklayan bir kimyasal) içerisinde gliserol ile birlikte "dondurdu" ve böylece, tıpkı fosillerde olduğu gibi kesintili ama sürekli bir kayıt elde edebilmeyi

başardı. Kriyoprotektan ve gliserol içerisinde saklanan bakteriler, istenildiği zaman tekrar "çözülerek" yaşamlarına devam ettirilebilmektedir, bu da bakterilerde meydana gelen değişimleri incelemek için iyi bir yöntemdir.

Lenski, sürekli olarak bakterilerin ortalama uyum başarısını (mean fitness) takip etti ve nesillerden aldığı örnekler üzerinde ek deneyler yaptı, ancak ana nesle asla dokunmadı ve bir evrimsel süreci izleyecek şeklinde takip etti ve kaydetti.

Şubat 2010 tarihine gelindiğinde, bakteriler çoktan 50.000 nesil atlamıştı ve bölünmeye devam etmekteydi. Bu miktar, istatistiki olarak *E. coli* genomunda bulunan tüm tekil nükleotitlerin (DNA'yı oluşturan parçacıklar olduğunu hatırlayın) geçirebilecekleri mutasyonları birden fazla defa geçirebileceği kadar yeterli süre demektir. Kısaca, genetik çeşitliliğin yaratılması ve bunların seçilmesi için yeterince zaman geçmişti.

Gözünüzden kaçmış olabilecek bir detaya dikkatinizi çekmek istiyorum: Deney, sizin de görebileceğiniz gibi toplamda 22 sene sürdü! Bu sürede olanları bir düşünün! Pek çok bilimsel devrim yaşandı: internet insanların yaşamına yeni yeni tam olarak girmeyi başardı, televizyonlar, radyolar, arabalar gelişti, uzaya defalarca mekik gönderildi. Ancak bunların yanında çok ilginç ve benim bu kitabım için çok daha önemli sayılabilecek bir olay yaşandı: **Evrim, laboratuvarda, insanların kendi gözleriyle gözlendi!** İzah edeyim:

Deneyin başlangıcında, Lenski'nin popülasyonları ayırt etmek için kullandığı ve deney prosedürlerine etkisi olmayan genetik işaretleyiciler haricindeki bütün özellikler 12 farklı koloni tarafından paylaşılmaktaydı. Lenski'nin yaptığı gözlemlere göre, ilk yıllarda her bir popülasyonun ortalama başarısı hızla arttı, ancak 20.000'inci nesilden sonra bu artış yavaşladı. Ata türe kıyasla hepsi daha büyük hücre hacimlerine ulaştılar ve popülasyondaki bireylerin yoğunluğu azaldı. Yani bol besinli ortamda olduğunun aksine, hücreler daha büyük yapılı bir hale değiştiler ve popülasyon içerisindeki bireylerin sayısı azaldı. Ayrıca her bir koloni, glikoz kullanma konusunda atalarına göre çok daha başarılı hale geldi. Bunlar gerçekleşiyordu, çünkü

gerçekte, doğal ortamlarında *E. coli* bakterileri bolca yiyecek bulabilmekte ve özgürce yayılabilmektedir. Ancak kısıtlı besin ortamında ve alanda, bunlar olamaz ve farklı yönde evrimsel süreçler başlar. Bunların her biri, evrimsel değişimlerdir, zira daha önce var olan özelliklerin gücü, şiddeti, yoğunluğu, biçimi değişmekte, popülasyon içi dağılımı farklılaşmaktadır. Fakat Lenski'nin peşinde olduğu, var olan özelliklerin gelişmesinden çok, yepyeni bir özelliğin popülasyon içerisinde evrimleştiğini görmekti. Çünkü var olan özelliklerin evrimleştiğini artık bütün bilim camiası net olarak kabul etmekte ve izah etmektedir.

Yapılan diğer gözlemler gösterdi ki, 12 nesilden 4'ünde DNA tamiri konusunda sorunlu mutasyonlar meydana geldi. Bu da, bu nesillerde çok daha fazla mutasyon meydana gelmesine sebep oldu. Lenski, 20.000 nesil sonunda, 12 soy hattındaki tüm bireylerde toplamda yüz milyonlarca nokta mutasyonu meydana geldiğini; ancak bunların 10 ila 20 tanesinin popülasyon içerisinde fayda sağladığı için sabitlendiğini tespit etmiştir. Buna rağmen, belirlediği nötr (etkisiz) mutasyonlarla birlikte kolonilerde 100 adet mutasyonun sabitlendiğini (popülasyon için norm haline geldiğini) tespit etmiştir. Yani meydana gelen mutasyonların bir kısmı, gerek faydalı oldukları için, gerekse de etkisiz yapılarından ötürü popülasyon içerisinde yaygın hale gelebilmektedir.

Lenski, aradığını sonunda, 2008 yılında buldu. İnceledikleri kaplarda çok daha ciddi, önemli ve heyecan verici bir adaptasyon keşfettiler. Bu adaptasyon, 12 popülasyondan sadece 1'inde meydana gelmişti: *E. coli* bakterileri, daha önce hiç sahip olmadıkları bir özellik kazanmışlardı: sitrat moleküllerini oksijenli ortamda hücre içerisine alıp sindirerek enerji üretmeyi başaracak şekilde evrimleşmişlerdi! Bunun ne demek olduğunu açıklayayım:

Vahşi doğada bulunan *E. coli* bakterileri sitrat molekülünü bırakın sindirmek, hücre içerisine bile alamamaktadır, çünkü oksijenin varlığında bu molekülü hücre içerisinde taşıyabilecek hiçbir taşıyıcı protein üretilemez. Bu şekilde sitratı sindiremeyen *E. coli* nesillerine *Cit(-)* adı verilir. Hatta bu durum, *E. coli*'nin hastalık yapıcı bir bakte-

ri olan *Salmonella*'dan ayırt edilebilmesi için kullanılmaktadır. Ancak deney sırasında, 33.127'nci nesil civarında bir yerde, 12 popülasyondan birinde inanılmaz ve hiç görülmedik bir sayı artışı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, bunun sebebini incelediklerinde, minimal büyüme ortamı dahilinde bulunan sitrat moleküllerinin, o popülasyona ait bakteriler tarafından oksijenli bir ortamda bulunuyor olmalarına rağmen sindirilebilmeye başladığını keşfetmişlerdir. Bu da, diğer popülasyonlara göre bakterilerin hayatta kalma şansını arttırmaktadır, çünkü daha fazla besin demektir; diğer kolonilerin aksine hem glikozu hem sitratı besin olarak kullanabilmeye başlamışlardır. Bu, var olmayan ve hatta daha önce doğadaki *E. coli* bakterilerinde de hiç görülmemiş bir özelliğin evrimleşmesi demektir!

Lenski, hemen elinde bulundurduğu kriyonik fosillere bakarak, hangi noktada bu özelliği kazandıracak mutasyonların elde edildiğini bulmaya çalışmıştır. Bu araştırması sonucunda, 31.000 ile 31.500'üncü nesiller arasında bir mutasyon meydana geldiğini ve bu mutasyon sayesinde sitratın sindirilebilmeye başlandığını keşfetmiştir. Ayrıca, sitratı sindirebilen *E. coli* bakterilerinin dışarıdan gelmediğinden emin olmak için pek çok genetik işaretleyici ile sonuçları test etmişler ve bakterilerin *Ara* operonu ile işaretli olan orijinal bakterilerin neslinden olduğundan emin olmuşlardır.

Lenski'nin ilginç keşifleri burada da bitmemiştir: 31.000'inci nesilden önceki birkaç bin nesilden bakteriler alıp, bunları başka kaplarda üretmeye devam ettiklerinde, sitrat sindiriminin spontan olarak (hızlı bir şekilde) yeniden evrimleştiğini görmüşlerdir. Ancak 20.000 nesilden önce aldıkları hiçbir bakteri, bu özelliği hızlıca, yeniden evrimleştirememiştir. Daha ayrıntılı yaptıkları araştırmalar sonucunda bunun sebebinin, 20.000'inci nesilden sonraki birkaç nesilden birinde meydana gelen bir "ön-faydalı-mutasyon"dan kaynaklandığını bulmuşlardır. Bu, şu demektir: Bu mutasyon, sitratı sindirebilmeye sebep olacak ikinci mutasyonun gerçekleşme şansını arttırmaktadır. Dolayısıyla bu ilk mutasyonu geçiren bireyler, kolayca sitratı sindirebilmelerine sebep olacak mutasyona da açık olmaktadırlar. Ancak bu ilk mutasyona sahip olmayan bireylerin,

tek seferde bu ana mutasyona ulaşmaları o kadar düşük bir ihtimaldir ki, muhtemelen hiçbir zaman gerçekleşmez. Ancak bir kere o ilk mutasyon gerçekleşti mi, evrimsel açıdan her şeyi değiştirebilecek, devasa önemdeki bir olayın gerçekleşmesini sağlayan ikinci mutasyon kolayca gerçekleşebilmektedir.

Ayrıca, bir diğer genel evrim de her bir popülasyonun, daha önce de dediğimiz gibi, çok daha yuvarlak ve iri hücrelere sahip olacak şekilde evrimleşmesidir. Bunu da incelediklerinde, sebebini bulabildiler: Bir diğer mutasyon, Penisilin Bağlayıcı Protein isimli bir proteini sentezleyecek genin ürününü değiştirmiştir. Bu keşif de başka bir keşfe götürmüştür: Bu proteinin değişimi hücre büyüklüğünü ve yuvarlaklığını arttırmıştır; ancak aynı zamanda osmotik strese karşı dayancını düşürmüştür. Yani suyun hareketinden kaynaklı basınca daha zayıf hale gelmişlerdir. Dolayısıyla bu bakteriler, atasal türlere göre sabit çevresel koşullarda daha kısa süreler yaşayabilmektedirler. Bu da, daha küçük bir popülasyonu ve o popülasyon içerisinde daha iri bireylerin bulunabilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu örneği seçmemin nedeni, Evrim Mekanizmalarından 3 tanesinin ortaklaşa kullanımını ve sadece 3 tanesiyle bile evrimin gerçekleşebileceğini göstermesidir. Mekanizmaların deneyle ilişkisini analiz ederek bir özet çıkarmış olalım ve bölümü sonlandıralım:

Deney adım adım incelenecek olursa, birkaç önemli nokta fark edilecektir. İlk olarak, deneyin prosedürü dahilinde her neslin belli bir kısmı gelecek popülasyonu yaratmak üzere seçilmektedir. Ancak bu seçim tamamen rastlantısal olarak yapılmaktadır. Dolayısıyla yeni popülasyonu belirleyecek şekilde alınan binlerce bakterinin genetik dağılımı bilinmemektedir. Rastgele seçilen bireyler, ana popülasyondan ayrılmakta ve yeni gittikleri ortamda, sıfırdan bir koloni kurmaktadır. Bu süreçte, belki önceki büyük popülasyondaki gen dağılımından çok daha farklı bir genetik dağılım, yeni popülasyonun genlerini belirlemektedir. Çünkü eski, büyük popülasyonun bütün genetik dağılımını temsil edecek bireyler özellikle seçilip, yeni nesil buna göre oluşturulmamaktadır. Dolayısıyla, eski popülasyondaki

gen dağılımı, her 12 kapta da rastgele dağıtılmaktadır. Kısaca genler, bu bireylerle birlikte yeni ortama "sürüklenmektedir".

Daha sonra gelen, daha bariz nokta ise **mutasyonlar**dır. Mutasyonlar her an, her daim olmaktadır ve olacaktır. Bunların bir kısmı düzeltilebilir, bazıları düzeltilemez ve kalıcı hale gelir. Ancak ne olursa olsun, burada iki nokta çok önemlidir: Birincisi, mutasyonlar genetik çeşitliliğe sürekli katkı sağlamaktadırlar. Ne olursa olsun genler, mutasyonlar sayesinde değişmektedir. Burada kritik olansa, mutasyonların doğrudan evrime sebep olmaması, sadece genetik çeşitlilik yaratmasıdır. İkincisi ise her bir kaptaki bireylerde meydana gelen mutasyonlar, birbirlerinden belli ölçüde farklıdır. Yani esasında büyük oranda aynı ortamlarda yaşayan canlıların genleri, tamamen farklı mutasyonlar geçirebilirler. Bu da, evrimsel sürecin üzerine etkiyeceği malzemenin tamamen farklı yönlere değişmesi demektir.

Son olaraksa, **Doğal Seçilim** devreye girmektedir. Meydana gelen mutasyonlar, belli bir çeşitlilik yaratmaktadır, evet. Ancak bu çeşitliliğin baskın hale gelmesi ve popülasyona yayılması, Seçilim Mekanizmaları sayesinde olmaktadır. Eğer ki özellik, aynı popülasyondaki diğer bireylere göre avantaj sağlamasaydı, muhtemelen asla yaygın hale gelemeyecekti. Burada, Doğal Seçilim'in kritik rolü budur.

Görüldüğü gibi Lenski Deneyi, muhteşem sonuçlara imza atılmış, son derece öğretici bir deneydir. Bu deneyde Lenski ve arkadaşları, açık bir şekilde bir türün, daha önce hiç sahip olmadığı ve hiç de önemsiz olmayan, devasa bir değişimi başarabildiğini göstermiştir. Zaten evrim de, bu ufak değişimlerin zaman içerisinde sayıca ve değerce birikmesi sonucu, yavru türlerin atalarıyla çiftleşemeyecek kadar, biyolojik açıdan kıyaslanmayacak kadar farklılaşması, türlerin birbirlerinden bu farklı özelliklerin birikimiyle ayrılması demektir. Lenski Deneyi'nin halen düzenli olarak alınmaya devam edilen sonuçlarını küçümseyenler, evrimsel biyolojiyi anlamamış demektir. Lenski Deneyi sadece mutasyonların seçilimi sonucu türlerin farklılaşabileceğini değil, birçok genetik mekanizmanın işlevlerinin ve bu mekanizmalardaki değişimlerin evrime etkisinin anlaşılması açısından da büyük öneme sahiptir. Örneğin daha önceki bölümlerde

de anlattığım gibi, Lenski Deneyi'nde transpozonlar gibi diğer evrim mekanizmalarının da etkisi birebir gözlenebilmiştir. Muhtemelen Lenski Deneyi, deneysel evrim tarihinin merkezinde yer alan deneylerden biri olarak tarihe geçecektir.

İşte bu şekilde, doğadaki istisnasız her özelliğin, kademeli bir şekilde oluşabileceğini anlayan ve doğada çeşitliliğe sebep olan ve bu çeşitlilik içerisinden seçime/elemeye yarayan mekanizmalar olduğunu kavrayan bir birey, her canlının kimyasal bir evrim sonucunda var olmuş ilkel koaservatların farklılaşmasıyla oluştuğunu anlayabilecektir. Canlılık, bir sefer, doğal süreçlerle başladıktan sonra, bu geniş çeşitliliğin Evrim Mekanizmaları ile (hatta onlardan sadece birkaçının etkisiyle bile) var olmaması için hiçbir fiziksel, kimyasal ve biyolojik engel bulunmamaktadır. Bu da bizi bu bölümdeki son, kitaptaki ise **on sekizinci değişim noktası**na getirmektedir: **Genetik çeşitliliğin ve Doğal Seçilim'in varlığını kabul eden biri, otomatik olarak evrimsel değişimlerin varlığını kabul etmek durumundadır. Çünkü sadece bu ikisi aracılığıyla bile evrimsel değişimler sağlanabilir, kaldı ki diğer onlarca mekanizmanın varlığı unutulmamalıdır.**

Doğada, insan haricinde hiçbir türün karşı koyamadığı, insanınsa sadece kısmen engel olabildiği değişim yasalarının temelinde, Doğal Seçilim ilkesi yatmaktadır. Genetik çeşitliliğin Doğal Seçilim sonucu elenmesi veya seçilmesi, evrime neden olmaktadır. Bu, kimsenin karşı çıkamayacağı, doğada kolaylıkla gözlenebilen ve laboratuvar deneyleriyle de gözlenmiş bir doğa yasasıdır.

Bu noktadan sonra, Doğal Seçilim ile yakından ilişkisi olan, uzun bir süre Doğal Seçilim'in içerisinde bir mekanizma olarak görülen, sonrasında ise başlı başına önemi anlaşılmış olan, yine Darwin tarafından tanımlanmış ve detaylandırılmış bir diğer Seçilim Mekanizmasını tanıyacağız. Evet, cinsiyetlerin birbiri üzerinde uyguladığı seçilim baskısından doğan, Doğal Seçilim'den sonraki en güçlü mekanizmalardan biri olan Cinsel Seçilim ile tanışacağız.

BÖLÜM 6:

Üreme İçin Bir Savaş: Cinsel Seçilim

Güneşin doğuşundan hemen sonra, ağaçların içerisinden çıkan bir çift göz, biraz ürkekçe, etrafını kolaçan etti. Hafifçe nemli olan burun delikleri genişleyip daralarak havayı kokluyor, tehlikenin olup olmadığını hissetmeye çalışıyordu. Tehlikeye dair hiçbir iz yoktu; öte yandan burnuna gelen başka bir koku, kendisini ağaçların ilerisindeki açık alana çekiyordu. Koku, havada yoğun değildi, fakat hissetmemek imkânsızdı. Bir değil, birden fazla güzel koku vardı havada. Bu iyiye işaretti, ne kadar fazla, o kadar iyi...

Ağır kafasını çeşitli boydaki ağaçların dallarına çarpmadan, onlara takılmadan ilerlemesini sürdürdü. Alana yaklaştıkça, vücudundaki değişimleri hissedebiliyordu. Böbreklerinin üzerinden vücuduna yavaşça verilen adrenalin, onu hazırlıklı tutuyor ve kalp atışlarının hızlanmasına, vücudunun ısınmasına neden oluyordu. Adımlarını sıklaştırarak, dikkatlice ilerleyişini sürdürdü.

Sık ağaçların arasında bulunan, göreceli olarak dazlak ve açık olan alana otuz metre kadar kaldığında, ağaçlar seyreldi ve gökyüzünde yavaşça yükselen güneşin ışınları daha parlak bir şekilde gözüne ulaşmaya başladı. O anda, havadaki hoş kokuların haricinde burnuna gelen yeni kokular, beynine şimşek gibi sinyallerin gitmesine neden oldu. Beyni, bu sinyalleri değerlendirdikten birkaç milisaniye sonra vücuduna hızla birçok uyarı göndermeye başladı. Göğüs kasları sertleşti ve vücudundaki kıllar hızla dik bir konuma geldi. Böbreküstü

bezlerinden salgılanan adrenalin, bir anda katlanarak arttı ve bu yüzden kalp atımı hızlandı, gözbebekleri büyüdü, ağzı kurumaya başladı.

Güçlü boyun kasları, yeni kokunun etkisiyle kasılarak, kafasını daha dik bir konuma getirmesini sağladı. Kendine güveni tamdı, son yılların en başarılılarından biriydi çünkü. Ancak yine de, her yeni sene, yeni sürprizleri beraberinde getiriyordu. Bu sene neler olacağını öngörmenin pek bir yolu yoktu. Genellikle gençler, çok ateşli, çok hırslı oluyorlardı. Bu, onlara kısmi bir avantaj sağlasa da, aynı zamanda deneyimli, sakin ve emin adımlarla ilerleyenler karşısında şanslarını yitirmelerine de sebep oluyordu. Ancak her bireyin özellikleri, davranışları, eğilimleri birbirinden farklıydı. Dolayısıyla her sene, bu alana her şeye hazırlıklı olarak gelmek gerekiyordu.

Açıklık alana yaklaştıkça, burnundaki kokuların sayısı da artmaya başladı. Hoş kokular haricinde yaklaşık 8 farklı tehlike sinyali veren koku alabiliyordu. Koku, bireyler hakkında birçok bilgi verse de, yine de kesin bilgilere ulaşmak ancak onları gördükten sonra mümkün olabiliyordu. Bir anlığına durdu ve derin derin nefes alarak, havadaki kokuların kendisinde ne gibi etkiler yaratacağını bekledi. 1-2 koku, beyninin derinliklerindeki amigdala bölgesini uyarıyordu. Bu da vücudunu korkunun kaplamasına neden oluyordu. Ancak yine de bu korkunun şiddeti, geri adım atmaya veya *kaçmaya* değecek kadar kuvvetli değildi. *Dövüşmek*, bu durumda çok daha avantajlı gözüküyordu. Burnuna gelen diğer kokular ise oldukça zayıftı ve kendisinde pek bir etki yaratamıyordu. Bu, iyiye işaretti aslında. 1-2 tane rakip, önceki senelere göre daha iyiydi. Bundan birkaç sene önce, 6-7 farklı rakiple mücadele etmesi gerektiğini hatırlıyordu. Her biri kanlı, ölümcül ve vahşi mücadelelerdi. Yine de, o seferlerde de kazanmasını bilmişti. Şans, önemli bir faktördü ama mücadelede kullanılan beceriler, şanstan çok daha kritik bir öneme sahipti.

Vücudunda yükselen korkuyu görmezden gelerek, artık ağaçların iyice seyrelerek bittiği noktaya doğru son adımlarını attı. Ufukta yükselen güneş bir anlığına gözlerini aldı, sonra hemen alıştı. Arenaya çıkan bir gladyatör edasıyla, başını yerden göğe doğru sertçe kaldırarak açıklık alana vardı. Bütün vücudu ve ihtişamıyla alana çıktığı anda,

alanda bulunmakta olanların bakışları hızla ona doğru döndü. Rakiplerinin gözlerine hızlı bir bakış attı, çoğundan yükselen korkunun belirtileri, önce gözlerine, sonra burnuna ulaştı. Bu, yine iyiye işaretti. Daha önceden kendisinde korku uyandıran kokuların sayısı da bire indi. Bu daha da iyiydi, demek ki alana çıkmasıyla rakiplerine verdiği görsel bilgi ve yaydığı koku, dişli rakiplerinin bile ondan korkmasına ve geri durmalarına neden olabiliyordu. Hâlâ, eskisi kadar iyiydi.

Vücuduna korku salan o tek bireyin gözlerine dikti gözlerini. Bakışların üzerine kilitlendiğini gördüğü anda, rakibin kılları da, kendisininkiler gibi hızla dikleşti, göğsü kabardı, vücudu daha dik konuma geldi ve tıpkı kendisi gibi, başı gökyüzüne doğru yükseldi. Bunların hepsi beklenen davranışlardı. Onu endişelendiren ise, kafasının üzerindeki boynuzların büyüklüğü ve aşırı çatallı yapısı idi.

1.2 metreyi aşan uzunluktaki, yaklaşık 20 farklı dala ayrılan, toplamda 18 kilogramı aşabilen boynuzları, hemen hemen kendisininkiler kadar büyüktü. Her gün 2.5 santimetre artacak şekilde büyüyebilen kemiklerin farklılaşmasıyla oluşan bu boynuzlar, *Cervus canadensis* türü geyiklerin (**elk** olarak bilinirler) kafalarının bu kadar ağır olmasının en temel sebebiydi. Ancak onlar olmaksızın, amaca ulaşmanın hiçbir yolu yoktu. Tehlikeli rakibinden sonra, hızla alandaki diğer rakip erkeklere baktı. Her biri, kendisinden daha ufak boynuzlara sahip, sıradan elklerdi ve bir tehlike oluşturmayacaklardı. Sonrasında ise, burnuna gelen güzel kokuların sahibi olan, az ileride sakince otlayan dişilere baktı. Her biri birbirinden farklı özelliklerdeydi. Kimisi uzun, kimisi kısa, kimisi ağır, kimisi hafif, kimisi sert görünümlü, kimisi çelimsiz, kimisinin renkleri parlak, kimisininki solgundu. Yaklaşık 40 farklı dişi olduğunu görebiliyordu, gerisi de ağaçların arasında ve henüz alana gelmek üzere olmalıydı. Bunlardan sadece 10 civarı, arzulayacağı dişilerdi ki hedefinde de onlar vardı. Ancak önce, önündeki engeli aşması gerekiyordu.

Yaklaşık yarım saatlik bir bekleyiş ve alanın giderek kalabalıklaşmasından sonra, böğürmeler başladı. Kükremeyi andıran bu böğürmeler, aynı zamanda bir borazan ötüşünü de anımsatıyordu. İlk böğürüşlerle birlikte dişiler de otlamayı keserek erkeklere bakmaya

başladı. Böğürmeler giderek yükseliyor ve öfkeli bir hale dönüşüyordu. Erkekler artık birbirlerini süzmeyi ve rakiplerini belirlemeyi tamamlamıştı. Alandaki gerginlik kolaylıkla hissedilebiliyordu.

Alanın en yaşlı ve baskın elki olarak, ağır adımlarla alanın ortasına doğru yürüdü. O bunu yapmaya başladığı anda, karşısındaki daha genç ama en az kendisi kadar güçlü görünen elk de alanın ortasına doğru adım atmaya başladı. Birbirlerine yaklaştıkça, kılları daha da kabardı, boyunları daha da dikleşti. Aralıklarla böğürerek rakibini ürkütmeyi denese de, en az onunki kadar şiddetli gelen cevap nedeniyle bunun o kadar da kolay olmayacağı cevabını aldı.

Birbirlerine yeterince yaklaştıklarında, artık nefes alış verişlerini de duyabiliyordu. Bu öfkeli mücadele, mutlaka birinin kaybıyla sonuçlanacaktı. Öteki tarafın zaferi, diğerinin kısa sürede vazgeçmesi sonucu basit bir şekilde olabileceği gibi, uzun süren mücadele sonucunda ölüm ile de belirlenebilirdi. Kimin kazandığını, rakiplerin inatçılığı belirleyecekti.

Ölüm, bu mücadelenin muhtemel bir sonucu olduğundan, ölüme sebebiyet verecek bir mücadele, başvurmak isteyeceği son yöntemdi. Karşısındaki genç ve inatçı rakibi de aynı şekilde *düşünüyor* olmalıydı. Bu sebeple, kısa bir süre karşılıklı durup, boynuzlarını birbirlerine yeterince gösterdikten sonra, hâlâ tarafların uzaklaşmaması, iki tarafın da kolay kolay caymayacağını gösteriyordu. Bu durumda, bir diğer aşamaya geçmeliydi. Hemen rakibinin yanına geldi ve olabilecek en dik pozisyona geçti. Rakibi de buna cevap vererek dikleşti, kaslarını kastı, kıllarını kabarttı. Bu şekilde, bir ileri bir geri yürümeye başladılar. Buradaki mesaj çok açıktı: "Benimle baş edemezsin, ben daha güçlüyüm! Vakit varken vazgeç!" Ancak iki taraf da, üreme içgüdüsünün kendilerine verdiği motivasyonla, rakibine üstün gelmeyi istiyordu. Üstelik, yapılarının birbirine oldukça yakın olmasından ötürü, kaçmaları için de bir neden yoktu.

Boy ölçüşme faslı, saatlerce sürebiliyordu. Yaşlı ve güçlü elk, bir defasında 8 saat boyunca rakibiyle boy ölçüşmüş ve herhangi kanlı bir mücadeleye gerek kalmadan, rakibinin caymasını sağlamıştı. Bu

defa da öyle olabilirdi, ancak buna pek ihtimal vermiyordu. Her zamanki gibi daha genç olan elkler, çok daha inatçı oluyorlardı.

Alandaki diğer elkler de, boy ölçüşebilecekleri rakiplerle yan yana dizilerek, aynı davranışları sergiliyorlardı. Arada bir itişmeler, hafif boynuz darbeleri olsa da, kimse hemen kanlı mücadeleye girmekten yana değildi. Alandaki erkeklerin sayısı giderek artıyordu ve yaklaşık 10 elk, rakipleriyle dişiler için mücadele etmekteydi.

Bu şekilde geçen 3 saat sonunda artık yorulmaya başladığını hissedebiliyordu. Ancak durması doğru olmazdı. Bu noktada, bir taktik değişikliğine giderek, yan yana yürümeyi bıraktı ve hızla, ayaklarını kullanarak bir çukur kazmaya başladı. Rakibi, ne yapmak istediğini hemen anlamış olacak ki, o da aynısını yapmaya başladı. Bu, kısa sürede dişilerin dikkatini çekti ve ara ara yerdeki otlardan yiyen dişilerin gözleri onlara dikildi. Çukurun kazımı kısa bir sürede bitti ve sonrasında, hafifçe çömelerek çukurun içerisine idrarını bıraktı. Bu işlemi tamamladıktan sonra, sertçe çukurun içerisine kendisini bıraktı ve bir o yana, bir bu yana yuvarlanarak vücudunu kendi idrarına buladı. Bu güçlü koku, çok kısa sürede dişilerin burnuna ulaştı ve hemen ardından, birkaç dişi alandaki diğer erkekler arasındaki mücadeleden uzaklaşarak, onların bulunduğu yere doğru yaklaştı. Zaten bu da beklediği davranıştı, çünkü bu genç ama ısrarcı erkekle daha fazla zaman kaybetmeye niyeti yoktu. Yorgunluğu artacak olursa, vahşi mücadelede dezavantajlı olacaktı. Bir an önce bu işi bitirmeliydi. Bu yüzden idrarında bulunan kimyasalların kokusu ile yeterince dişinin dikkatini üzerine çektikten sonra, hâlâ yılmayan rakibine yönelik gerekli hamleyi yapması gerektiğini anladı. Kendinden emin bir şekilde, idrara bulanmış vücuduyla ayağa kalktı, şöyle bir silkindi ve boynuzlarını yere paralel gelecek şekilde önce yere eğdi, sonra göğe kaldırdı. Alandaki herkesin net bir şekilde duyabileceği şekilde böğürdükten sonra, rakibinin tam karşısına geçti ve boynuzlarını tekrar yere, sivri uçlarını rakibine doğrultacak şekilde eğdi.

Bu noktadan sonra olacaklar, genelde daha belirli bir sona işaret etmekteydi. Taraflardan biri mutlaka yaralanacaktı, belki de ölecekti. Geriye kalan ise, etkilemeyi başardığı dişilerin tamamını alacaktı. Bu,

üzerindeki en güçlü motivasyonlardan biriydi. Çok fazla oyalanmadan, bir iki böğürmeden sonra, ağır kafasını öne doğru eğdi. Boynuzları neredeyse yere değecekti. Bu, "Saldırmaya hazırım" demekti. Rakibi de aynı pozisyonu aldı. Güçlüce nefes alıp verdikten sonra hamlesini yaptı.

Güçlü bacakları anında kasılarak, aralarındaki 7-8 metrelik mesafeyi kısa sürede almasını sağladı. Saatte yaklaşık 60 kilometrelik bir hızla rakibinin kafasına boynuzlarını geçirdi. Çarpışan boynuzlardan ve kemiklerden çıkan ses, kulakları sağır ediciydi. İlk hissettiği, sert çarpmanın etkisiyle duyduğu acıydı. Sonrasında, kafasından akan sıcak kanı da hissetti. Ancak rakibinin de çarpmanın etkisiyle afalladığını görebiliyordu. Bu, iyi bir fırsattı. Hemen yeniden geriledi ve hızla saldırıya geçti. Rakibi de hemen toparlandı, hafifçe kenara çekerek çarpmanın etkisini hafifletti ve boynuzlarıyla karşıladı. Her bir çarpmadan sonra, boynuzlarının uzun ve karmaşık çatalları birbirine takılıyor, biraz çabayla kurtuluyordu. Bu sırada birbirine sürtünen boynuzlar, aşınmaya ve hafif kırılmalara sebep oluyordu.

Yaklaşık 10-12 defa birbirlerine çarptıktan sonra, iyice yorulduğunu hissetti. Artık çarpmaların etkisi de azalmıştı. Rakibi, hızla üzerine geldi ve vurmaya çalıştı. Olabildiğince hızlı bir şekilde geriledi ve boynuzlarıyla karşıladı. Boynunu hızla yukarı kaldırarak, boynuzlarının rakibinin boğazına girmesini sağlamaya çalıştı ama başaramadı. Bu sırada rakibi, azıcık gerileyip tekrar saldırdı. Boynuzlarının derisine battığını ve deldiğini hissetti. Canı acıyordu ama durması mümkün değildi. Kafasını hızla sağa sola sallayarak boynuzlardan kurtuldu. Boynunu hafifçe yana eğerek, var gücüyle boynuzlarını bu defa rakibinin gözüne saplamayı denedi; ancak yine başaramadı. Genç rakibi oldukça atikti ve hızlı bir hareketle yana sıçradı. Rakibi, yine sertçe vurarak, vücudunda yeni yaralar açtı. Buna da aldırmadan bir saldırı daha denedi. Bu defa daha aşağıdan ve daha sert... Göğüs bölgesine sertçe sapladığı boynuzlarıyla, rakibinin acıyla böğürmesine neden oldu. Artık birçok dişi, onları izliyordu.

Mücadeleyi bitirme şansı vardı. Son darbesi, rakibini oldukça yıldırmıştı. Hemen ileriye atıldı ve kafasına boynuzlarını saplamayı

denedi. Pek başarılı olamadı ve boynuzlar, tebeşirin tahtada çıkardığı o tiz sese benzer bir ses çıkararak birbirine sürtündü. Kafasını yine sağa sola sallayarak, uzun boynuzlarındaki daha küçük çatalların rakibinde yaralar açmasını sağladı. Artık başarıya çok yakın olduğunu hissediyordu, rakibi saldırıya geçmiyordu bile. Bunu fırsat bilerek, hızla geriye adım atmaya ve yeni bir saldırı daha denemeye yeltendi. Ancak bir sorun vardı. Geri gidemiyordu, çünkü boynuzları, rakibinin boynuzlarına takılmıştı.

İçini hızla bir korku kapladı. Vücudunun artan ısısı ve yaraların verdiği acı hissi, korkuyla birleşince ona bir anlık güç verdi. Sertçe geriye gitmeye çalıştı, ancak boynuzlarını kurtaramıyordu. Rakibi de bu durumdan korkmuş olacak ki, panikle kendisinden uzaklaşmaya çalışıyordu. Ancak boynuzları kurtarmak imkânsız gibiydi. Çatallar, öyle bir noktada birleşmişlerdi ki, ayırmak çok güçtü. Ne yapacağını bilemeden, kafasını bir o yana bir bu yana sallayarak rakibinden kurtulmayı denedi. Hiçbir başarıya ulaşamadı. Az önceki cinsellik amaçlı mücadele, bir anda hayatta kalma mücadelesi haline dönüşmüştü.

Boynuzlarını ne kadar kurtarmayı denediyse de, başarılı olamadı. Âdeta rakibiyle kilitlenip kalmışlardı. Üstelik bu süreçte, diğer erkeklerin de mücadeleleri sona ermekteydi, artık dişilere çok yakınlardı. Bunun korkusu ve motivasyonu, boynuzlarını daha da güçlü çekmeyi denemesine neden oluyordu. Ancak ne kadar zorlarsa zorlasın, gerilen boynuzlarının kafasına verdiği acıyı hissetmekten fazlasını başaramıyordu. Rakibi de korkuyla uluyor, kendisinden kurtulmak için aralıklarla ileri geri gidiyordu. Bu süreçte boynuzları batıyor, vücudunda yeni yaralar açılıyordu.

Bu şekilde kurtulma mücadeleleri, 1.5 saat kadar sürdü. Artık dişileri umursamıyorlardı bile, zaten birçok erkek alanı terk etmiş, başarılı erkekler dişilerden kuracakları haremleri oluşturmaya başlamış, bazıları bunu bile bitirerek alanı terk etmişlerdi. O ise halen kilitli boynuzu ve vücudundan akan kanlarla, rakibiyle alanın orta yerinde kalakalmıştı. Hava artık kararıyor ve soğuyordu.

Aradan 4 saat daha geçtikten sonra, artık kurtulmak için bile mücadele vermeyi bırakmışlardı. Rakibi de, kendisi de, ölümü kabullen-

miş gibiydi. Kararan ağaçlık alandan kurt ulumaları ve çatırtılar geliyordu. Artık pek şansları kalmamıştı, zira boynuzları kurtulsa bile, avcılardan bu yorgunlukla kaçmaları imkânsızdı. Boynuzlarını son bir kere kurtarmak için zorladı, ancak herhangi bir sonuç alamadı. Rakibi, umutsuzluk içerisinde yere çöktü ve onu da çökmeye zorladı. Artık ağaçların arasındaki hırıltılar duyuluyordu ve gececi avcıların kokusu burunlarına geliyordu.

Ağaçlar arasından 5 kurt, hırlayarak ve ağızlarından sular akarak çıktığında, zaten çoktan vücudu ölümle sarılmaya başlamıştı. Oradan yaklaşık 50 kilometre ötedeki yuvalarındaysa, cinsel mücadeleyi başarıyla geçen erkekler, yeni yavrular üretmek için girişimlere başlamıştı bile.

Bir yanda sessiz ölüm çığlıkları atılırken, diğer yanda yeni yaşamlar başlamak üzereydi...

Biyolojik Amaçlar: Hayatta Kalmak ve Üremek

Bu "hüzünlü" hikâyeden alacağımız birçok ders var aslında. Bu bölümde, bunlar üzerinden giderek sizlere evrimin en güçlü mekanizmalarından biri olan Cinsel Seçilim'i tanıtmaya çalışacağım. Bunu yaparken birçok örnek kullanacağım ve diğer bölümlerde de olduğu gibi, bunların insan üzerindeki etkilerine kabaca değineceğim.

İlk olarak, hikâyeden de anlaşılabileceği gibi **Cinsel Seçilim**, eşeyli (farklı cinsiyetlere sahip bir şekilde) üreyen türlerin içerisinde bulunan cinsiyetlerin, üremeyi gerçekleştirebilmek adına kendi cinsiyetlerinden bireylerle mücadele etmesi veya bir şekilde karşı cinsiyeti kendisiyle üremeye ikna etmesi çabasıdır. Bu, çoğu zaman bilinçli bir şekilde değil, evrimsel süreçlerin türlere kazandırdığı davranışsal mekanizmalar dahilinde yapılabilmektedir. Dolayısıyla Cinsel Seçilim söz konusu olduğunda, bilişsel davranışlardan çok içgüdüsel davranışlar ön plana çıkmaktadır.

İlk defa Charles Darwin tarafından ileri sürülen, 1859 yılında yayınlanan *Türlerin Kökeni*'nde tarif edildiği biçimiyle "*Türlerin başarısı yalnızca yaşam mücadelesi ile değil, aynı zamanda erkeklerin dişilere sahip olmak amacıyla girdikleri mücadele ile de belirlenmektedir. Bu*

mücadele, başarısız olanın ölümüne değil, bireyin daha az yavru üretebilmesine veya belki de hiç yavru üretememesine neden olmaktadır."

Bu tanım, bazı eksikler içermekle birlikte, Cinsel Seçilim'in ana unsurlarının birçoğunu içermektedir. Şimdi bu cümle üzerinden giderek, bölümün başındaki ufak hikâyemizi de unutmadan, Cinsel Seçilim'i irdelemeye çalışalım. Darwin'in yaptığı tanımda göze çarpan ilk nokta, türlerin başarısının sadece yaşam mücadelesi ile belirlenmediğidir. Bu noktayı biraz açmak istiyorum:

Biyolojik bilimlerde canlıların nasıl var oldukları, nasıl varlıklarını sürdürdükleri ve nasıl yok olduklarını incelerken, ister istemez, benim **biyolojik amaç** olarak isimlendirdiğim bir kavram ileri sürmemiz gerekmektedir. Bu amaç, sanılabileceği gibi önceden belirlenen ve daha üst bir kuvvet tarafından canlılara bahşedilen amaçlar değil, evrimsel süreç içerisinde canlılığın devamlılığı için gerekli bileşenlerin sürdürülme çabasıyla ortaya çıkan amaçlardır.

Özellikle insan türünü incelediğimizde, birey bazında herkesin farklı **yaşam amaçları** olduğunu görürüz. Kimi yaşamının amacı olarak bilimi görürken, kimi yaşamını "başarılı" olarak görmek için sanata yönelir, kimi din ile uğraşır, kimi müzik yapar, kimi gezer ve daha çok yer görmeye çalışır, vs. Bunların tamamı, bizler için çok kıymetli olan amaçlardır ve belki de, eğer bu alanlarda başarılı olamazsak "amacımızı gerçekleştirememiş" veya "başarısız" olarak nitelendiririliz veya kendimizi başarısız görürüz. Öte yandan bu saydıklarım, yani bilim, felsefe, din, sanat, müzik, gezi, sosyallik, vb. unsurların her biri çok kıymetli veya en azından birey bazında insanlar için önemli amaçlar olmakla birlikte, hiçbiri **biyolojik amaç** olma niteliği taşıyamamaktadır.

Bunu bir düşünelim... Bildiğiniz gibi, türlerin varlığının sürdürülebilmesi, birey bazında değil, tüm popülasyon bazında incelenmesi gereken bir unsurdur. Türün içerisinde bireylere tekil olarak olan olaylar, türün genelini pek de fazla etkilemez. Öte yandan, eğer ki meydana gelen bir gelişme veya alınan bir karar türün bir bütün olarak geleceğini etkileyecek olursa, bu kararların ya da meydana gelen olayların, türlerin biyolojik amaçlarını ve bu amaçlara ulaşma

başarılarını etkilediğini söyleyebiliriz. Bu sebeple bir biyolojik amaç belirlerken bireyleri değil, toplumun tamamını göz önüne almamız gerekmektedir.

İşte bu şekilde incelediğimizde, bireyleri de geçtim, toplumun tamamı, bir bütün olarak bilimi, sanatı, dini, felsefeyi, müziği veya kendinize "yaşam amacı" olarak biçtiğiniz her neyse onu bıraktığında, türümüz yine de varlığını sürdürebilir. Elbette ki sanatsız, müziksiz, felsefesiz, bilimsiz bir hayat, sıkıcı ve boş bir hayat olabilecektir, bunu kabul ediyorum ve böyle bir hayatı desteklemiyorum. Ancak bu bölümün amacı, benim bu konudaki düşüncelerimi anlamanız değil, Cinsel Seçilim'in, bir doğa yasasının evrime nasıl ve neden yön verdiğini algılayabilmenizdir. Dolayısıyla tarafsız olarak düşünüldüğünde kabul edilecektir ki, bizler için ne kadar değerli olurlarsa olsunlar, insan türü olarak biyolojik varlığımız, bu sayılanlar olmaksızın da sürdürülebilir.

Bu durumda, öyle amaçlar belirlememiz gerekir ki sadece insan değil, bütün türler, evrensel olarak bu amaçlara ulaşmaktan vazgeçecek olursa veya bunları gerçekleştiremeyecek konuma düşerse, yok olacak olsun. İşte bu nokta üzerinde biraz düşünüldüğünde, karşımıza bütün türleri istisnasız etkileyen, iki temel biyolojik amaç çıkar. Bu noktada, kitabımın **on dokuzuncu değişim noktası**na da gelmiş bulunuyoruz: **Dünya üzerindeki bütün türlerin ortak iki adet biyolojik amacı bulunmaktadır: hayatta kalmak ve üremek.** Türler, bunlar haricindeki bütün amaçlarından vazgeçseler veya yapamayacak konuma düşseler dahi tür bazında varlıklarını sürdürebilirler, bunda artık hemfikiriz. Ancak herhangi bir türün, bütün bireyleri, hayatta kalmaktan veya üremekten vazgeçtikleri andan itibaren, belirli bir süre sonra tür tamamen yok olacaktır. Örneğin bütün insanlar, eğer ki bugün hayatta kalmaktan vazgeçerler ve kendilerini öldürecek olurlarsa, tür aynı gün içerisinde tamamen yok olacaktır (ciddiyim). Benzer bir şekilde bütün insanlar, üremekten bugün vazgeçecek olursa, bugün doğan bebeklerin doğal bir şekilde ölümüyle birlikte, Dünya üzerinde bir süre sonra hiçbir insan kalmayacaktır. Dolayısıyla

tür, biyolojik olarak başarısız olmuş olacaktır. İşte "biyolojik amaç" dediğim, budur.

Bir önceki bölümden hatırlayacağınız üzere, **hayatta kalma mücadelesi** ile ilgili olan seçilim, **Doğal Seçilim**'di. Bu amaç dahilinde türler, birbirleriyle ister istemez mücadele ederek çevresel ortama en uygun hale gelmeye çalışmakta, genetik ve fiziksel unsurlar bakımından yetersiz olanlar Doğal Seçilim dediğimiz mekanizma dahilinde elenmekte, başarılı olanlar ise hayatta kalmalarını sürdürebilmekteydiler. Dolayısıyla başarılı olan bu bireyler, genlerini de kendileriyle birlikte *potansiyel olarak* başarılı kılmış olmaktaydı.

"Potansiyel olarak" kalıbını vurguladım, çünkü biyolojik bir başarı için hayatta kalmak tek başına yeterli değildir. Hayatta kalmayı başarabilen bireylerin, aynı zamanda üreyerek, kendilerini başarılı kılan genleri yavrularına da aktarması gerekir. Canlılığın sürdürülebilirliği, canlılığın ilk başlangıcından beridir bu iki yöntem (hayatta kalma ve üreme) sayesinde çözülmüştür. Günümüzdeki tüm türlerin biyolojik amaçlarının tıpatıp aynı olması, biyolojik kökenlerinin de ortak olduğu fikrini desteklemektedir.

Cinsel Seçilim'in Başlaması: Cinsel Çiftbiçimlilik

İşte söz konusu olan şey, Darwin'in de belirttiği gibi hayatta kalmak değil ama üreme olduğunda, türlerin bireylerinin başarılı veya başarısız olarak nitelendirilmesini sağlayan süreç, **Cinsel Seçilim**'dir. Bu süreç de, diğer hiçbiri gibi bilinçli bir müdahale ile sürmemektedir. Tamamen doğal süreçlerin bir ürünüdür ve bu şekilde devam etmektedir. Tıpkı Yapay Seçilim ve Doğal Seçilim gibi, yine genetik farklılıkların neden olduğu fiziksel çeşitliliğe (varyasyonlara) bağlı olarak süregelen bir süreçtir. Şimdi biraz bunu irdelemekte fayda görüyorum.

Her canlı bireyin, daha önce açıkladığım genetik mekanizmalardan ötürü, birbirinden farklı sayısız özelliği bulunmaktadır. Bu genetik özellikler, tür içerisinde bireyden bireye farklı şekillerde dağılmıştır. Ancak popülasyonu incelediğimiz zaman, bu dağılımın tamamen rastgele olmadığını görmekteyiz. Özellikle aynı tür içerisindeki farklı

cinsiyetlere baktığımız zaman, belli başlı özelliklerin cinsiyetlerde toplandığını görebiliriz. Yani bir türün erkekleri ile dişileri, çoğu zaman birbirlerinden görsel olarak ayrılabilecek kadar farklıdır. İşte bu şekilde, morfolojilerine (dış görünüşlerine) bakarak cinsiyetlerini birbirinden ayırabildiğimiz türlere **cinsel çiftbiçimli türler** demekteyiz. Tahmin edebileceğiniz gibi, böyle bir tanım yaptığımıza göre, cinsiyetlerin birbirinden görsel olarak ayrılamadığı türler de bulunmaktadır. Bunlara da, **cinsel tekbiçimli türler** deriz.

Esasında cinsel çiftbiçimlilik, Cinsel Seçilim sürecinin başlamasındaki ana unsurlardan biridir. Cinsiyetler genler bazında birbirlerinden ayrılmaya başladığı dönemlerden itibaren, belli başlı özellikler bu cinsiyetler üzerinde toplanmıştır. Bu sürecin en önemli adımlarından birinin, örneğin XY kromozom sistemine sahip türlerde, cinsiyet kromozomlarının yapısal olarak birbirinden ayrışması olduğu bilinmektedir. Bu ayrışma sırasında, genetik bazı özellikler erkekliğe sebep olan kromozom üzerinde toplanırken, bazı diğer genetik özellikler dişiliğe sebep olacak kromozom üzerinde toplanmıştır. Genlerdeki bu simetrik olmayan dağılım, bu genlerden kaynaklı cinsiyetlerin yapılarının ve davranışlarının da birbirlerinden farklı olmasına neden olmaktadır. Bu da, hem hayatta kalma mücadelesi, yani Doğal Seçilim açısından, hem de üreme mücadelesi, yani Cinsel Seçilim açısından, üzerine etkiyecek birçok yeni malzeme oluşturmaktadır. İşte 3. Bölüm içerisinde anlattığım Eşeyli Üreme'nin evrime katkısını burada bir kere daha anlamaktayız: Cinsiyetlerin oluşumu, yepyeni genetik çeşitliliklerin oluşmasına neden olmuştur.

Bu genetik çeşitlilik, cinsiyet içerisinde de eşit olarak dağılmamaktadır. Erkekler arasında birçok özellik farklılık göstermekte olduğu gibi, dişiler arasında da geniş bir çeşitlilik dağılımı görmekteyiz. Bu, cinsel tekbiçimlilikten cinsel çiftbiçimliliğe geçiş sırasında bu kadar belirgin değildi ve günümüzde, cinsiyet bazında genetik olarak ayrılsa da, fiziksel olarak ayrılamayan cinsel tekbiçimli canlılarda bu durumu halen görmekteyiz. Öyleyse burada, cinsiyetler arası özelliklerin bu kadar ciddi biçimde ayrılmasını destekleyecek bir süreç olmalıdır. İşte bu sürecin adı, Cinsel Seçilim'dir.

Genlerimiz, bizim ne olacağımızı büyük ölçekte belirlemektedir. Çevre de bu genler üzerine etki ederek detayları oluşturmakta ve netleştirmektedir. Dolayısıyla bir yavrunun ne olacağını, tamamen olmasa da büyük ölçekte genlerine bakarak görebiliriz. Bu durumda ebeveynler için, kendi genlerini de taşıyacak yavruları oluşturmak açısından en uygun eşleri seçmek şart olmaktadır. Dolayısıyla Cinsel Seçilim dediğimiz bu seçim süreci, cinsiyetlerin ayrılması sırasında, ilk başlarda muhtemelen daha az etkiliyken, zaman geçtikçe daha güçlü bir mekanizma halini almıştır.

Bu nasıl olabilir? Burada gördüğümüz, bir seçilim türünün, bir diğerini pekiştirmesidir. Cinsiyetlerin ayrımı sırasında, günümüzden yüz milyonlarca yıl öncesinde, Cinsel Seçilim çok fazla etkili değildi diye belirtmiştim, çünkü bu tip seçilimin etki edebileceği kadar cinsel farklılık bulunmuyordu. Dolayısıyla, cinsiyetlerin oluşumundan sonraki dönemde, farklı cinsiyetten bireyler birbirlerini halen rastgele seçiyorlardı. Ancak süreç ilerledikçe, bazı tercihler genetik kombinasyon bakımından daha verimli yavrular üretmeye başlarken, bazıları daha başarısız yavrulara neden oluyordu. Bunun sebebi ise cinsiyetlerin oluşumuyla birlikte farklılaşan genetik dağılımdı. İşte Doğal Seçilim (ve hatta muhtemelen Genetik Sürüklenme), bu noktada Cinsel Seçilim'i tetiklemeye başladı diye düşünebiliriz. Yani en doğru eşleri seçmeyi başarabilenler, bunu her ne şekilde başarıyorlarsa, Doğal Seçilim sayesinde bu seçimin sonuçları desteklenmiş olabilir. Bu durumda, bu ebeveynlerden oluşan yavrular da, üreme çağına geldiklerinde benzer bir başarıyla eşlerini seçmiş olabilirler. Bu sürecin devamı sonucundaysa giderek farklılaşan cinsiyetleri ve giderek güçlenen Cinsel Seçilim'i görmemiz işten bile değildir.

Cinsiyetlerin ve Cinsel Organların Evrimi

Burada şu soru sorulabilir: Peki neden cinsiyetler oluştu ve birbirlerinden ayrıldılar? Bu evrimi anlamanın ilk adımı, eşeyli üreyen canlılarda görülen mayoz bölünmenin evrimsel avantajlarını anlamaktan geçmektedir. Eğer ki 3. Bölüm içerisinde bahsettiğim bu

hücresel bölünme tipi evrimini tam olarak anlayabildiyseniz, neden farklı cinsiyetlerin oluşmasının da evrimsel açıdan avantajlı olduğunu kolaylıkla anlayabilirsiniz.

Yapılan araştırmalar, eşeyli üremenin eşeysiz üremeden evriminin günümüzden 1.2 milyar yıl öncesinde ilk olarak *Bangiomorpha pubescens* türü ökaryotik canlılar olan kırmızı alglerde başladığını düşündürmektedir. Bu dönemde, Dünya halen prokaryotların hükümdarlığındadır; ancak ökaryotlar da artık evrimleşmiştir ve giderek yayılmaktadır. Bu evrimsel süreç içerisinde bir noktada, ökaryotik bir atada eşeyli üremenin evrimleştiği düşünülmektedir. Sonrasında, o atadan gelen bütün ökaryotlarda üreme sırasında bu durum görülür. Öte yandan eşeyli üremenin evrimi, cinsel çiftbiçimliliğin hemen ortaya çıkmasını sağlamamıştır. Bunun ortaya çıkması, günümüzden 550-400 milyon yıl kadar önce olabilmiştir. Burada bir nevi **karşılıklı evrim** söz konusudur. Genellikle karşılıklı evrim terimi, birbirleriyle ilişkili olarak evrim geçiren farklı türler için kullanılır. Örneğin orkidelerin çiçekleri ile arıkuşlarının gagaları karşılıklı olarak uyumlu olabilecek bir şekilde evrimleşmiştir. Ben bu tanımı bu konu çerçevesinde, evrimsel süreç içerisinde birbirleriyle ilişkili olarak oluşan farklı yapı, organ ve özelliklerin de evrimi için kullanacağım. Bu durumda mayozun avantajlı olmasından ötürü seçilmesi, cinsiyetlerin birbirinden ayrılmaya başlamasına neden olmuştur. Buna karşılık olarak cinsiyetler birbirinden ayrılmaya başladıkça etkisi hissedilmeye başlayan Cinsel Seçilim, mayoz bölünmenin de popülasyonlar içerisindeki etkisini arttırmaya başlamıştır. Dolayısıyla mayoz, çiftbiçimlilik ve Cinsel Seçilim arasında karşılıklı bir ilişki olduğu görülebilir.

Şu anda bu alanda halen araştırmalar sürmektedir; ancak cinsel çiftbiçimliliğin evriminin, cinsel organların evrimiyle aynı döneme denk geldiği düşünülmektedir. Hayvanlarda gördüğümüz cinsel organların ilk olarak 570 milyon yıl kadar önce, *Funusia dorothea* isimli, serbest hareket edemeyen bir hayvan türünde evrimleştiği düşünülmektedir. Muhtemelen cinsiyetler, cinsel organlardan daha önce evrimleştiler. Çünkü biliyoruz ki bu organların evriminden

önce cinsiyete sahip olan hayvanlar, *dış döllenme* denen bir yöntemle üremekteydiler. Yani sperm ve yumurtalarını oldukça kaotik olabilen okyanus ortamı içerisine bırakıyorlardı ve eğer ki spermler tamamen şans eseri olarak, yumurtalara denk gelebilirse yeni yavrular oluşuyordu. Elbette bu şansı arttırmaya yönelik bazı evrimsel değişimler yaşanmıştır; örneğin erkekler ile dişilerin bir araya gelmeleri ve ortak bir çukur kazmaları, üreme hücrelerini bu çukura boşaltmaları gibi... Ancak tahmin edilebileceği üzere yine de dış döllenme oldukça riskli ve düşük verimliliğe sahip bir yöntemdir. Çünkü dış döllenmenin bir diğer sıkıntısı, "kurnaz dölleme" olarak tanımlanabilecek çiftleşmelerdir. Karşı cinsiyeti yoğun bir çabayla üremeye hazırlayan bir bireyin yerine, bir diğer birey üreme hücrelerini boşaltarak emeğini çalabilir. Üstelik işin içinde kurnazlık olmasa bile, örneğin birden fazla erkek aynı yumurtaların üzerine spermlerini boşaltarak üremeyi tamamen rastgele hale getirebilirler. Her ne kadar bu tip üreme ekonomik açıdan avantajlı olsa da, riskleri çok yüksektir.

Dış döllenmedeki şans faktörünü en aza indirebilmenin en kolay yolu, erkeklerin üreme hücrelerini, doğrudan dişilerin üreme hücreleriyle buluşabileceği bir yere bırakmalarıdır. Çünkü bu iki cinsiyet açısından da avantajlıdır: erkekler rastgele çiftleşmenin önüne geçmiş olurlar, dişiler ise kimi durumda bu özenle seçilmiş spermleri aylarca saklayarak, gerektikçe yumurtalarını dölleyip yavrular üretebilir. Ancak her şeyden öte, karmakarışık bir ortam içerisinde üreme gibi hayati bir fonksiyon şansa bırakılmamış olur. Cinsel organların sağladığı avantajı bir tür "kanca-delik" ilişkisine benzetebiliriz. "Kanca" görevini üstlenen erkek üreme organı, "delik" görevini üstlenen dişi üreme organını yakalayarak spermlerin yumurtaları bulma şansını kat kat arttırır. İşte spermlerin doğrudan dişinin içerisine bırakıldığı bu üreme yöntemine *iç döllenme* adı verilir. Örneğin, hareket edebilen hayvanlardan olan ve 410 milyon yıl kadar önce yaşamış ilkin bir zırhlı balık olan *Materpiscis attenboroughi* türüne ait fosillerde penis oluşumu gözlenmektedir. 1990'larda yapılan bazı çalışmalar, balıklardaki penisin anal yüzgecin farklılaşmasıyla oluştuğunu düşündürmektedir. Her nasıl evrimleşmiş olursa olsun, uçsuz bucaksız okya-

nuslarda bu tür bir adaptasyon sayesinde üreme şansının arttırılmasının ne kadar önemli olduğu kolaylıkla anlaşılabilir. Daha sonradan bu üreme organları, birçok diğer hayvana da aktarılmıştır. Omurgalıların ezici bir çoğunluğunun erkeklerinde (ve dolayısıyla türümüzün de erkeklerinde) bulunan penisin, ilk olarak bir balık yüzgecinin farklılaşmasıyla oluştuğunu düşünmek gerçekten ilginçtir. Ancak hayvanlar haricinde, bitkilerde de üreme organlarının bulunması, bu organların ya birden fazla defa evrimleştiğini ya da bu organlara sahip en eski ortak atayı henüz bulamadığımızı düşündürmektedir. Bu konudaki çalışmalar da devam etmektedir.

Cinsel organların evrimini bir kenara bırakacak olursak, cinsiyetlerin evrimiyle ilgili ilgi çekici noktalardan bir diğeri ise, ara basamaklara dair güçlü fikirlerimiz olmasıdır. Örneğin eşeysiz üremeyle çoğalan, dolayısıyla cinsiyetsiz olan canlılardan, cinsiyetli canlıların evrimleşmesindeki ara basamakta **çift cinsiyetli (hermafrodit)** canlıların bulunduğu düşünülmektedir. Yani öncelikle cinsiyetsiz olan canlılar, eşeyli üremenin evrimi sebebiyle öncelikle iki cinsiyeti de tek bünyede barındıran hermafroditler olacak şekilde evrimleşmişlerdir. Sonrasında ise bu cinsiyetlerin birbirinden ayrı bireylerde özelleşmeye başlamasıyla tek cinsiyetli yapıya evrimleşmiş olabilirler. 2008 yılında Pittsburgh Üniversitesi tarafından *Heredity* dergisinde yayımlanan bir araştırmada, çilek bitkisinde cinsiyetlerin evrimi incelenmiştir. Araştırma sonucunda, gerçekten de hermafrodit canlılarda meydana gelen bazı mutasyonlar sonucunda tek ve ayrı cinsiyetli nesillerin evrimleşebileceği gösterilmiştir. Bu, basit bir şekilde aynı vücutta bulunan iki cinsiyetten birisinin baskılanması şeklinde olmaktadır. Eğer ki türün farklı popülasyonlarında ya da popülasyon içi öbeklerinde, farklı cinsiyetler baskılanacak olursa, nesiller içerisinde erkekler ve dişiler şeklinde iki ayrı cinsiyetin evrimleşmesi mümkündür.

Cinsiyetlerin evrimiyle ilgili ikinci bir yaklaşımsa, **partenogenez** adını verdiğimiz bir üreme tipinin ara basamak olabileceği yönündedir. Partenogenez, aslında eşeyli olan canlıların, ikinci cinsiyete ihtiyaç duymaksızın üreyebilmesi demektir. Hayvanlar Âlemi'nde

oldukça sık gördüğümüz üreme tiplerinden birisidir. Yaprakbitlerinde, dafniyalarda, yuvarlak solucanlarda, kertenkelelerde, yılanlarda, kuşlarda, köpekbalıklarında ve benzeri hayvanlarda çeşitli seviyelerde partenogenez yoluyla, tek cinsiyetli biçimde üreme görülebilmektedir. En meşhur örneklerinden birisi *Cnemidophorus* cinsi kırbaçkuyruklu kertenkelelerdir. Partenogenezin tüm detaylarını burada tartışmaya gerek yok; ancak şu temel bilgileri akılda tutmakta fayda var: partenogenez sırasında genellikle tür içi çeşitlilik azalır, çünkü tek cinsiyet üzerinden üreme gerçekleştiği için diğer cinsiyetin katkısı ortadan kalkar. Ancak özellikle zor koşullar altında, cinsel üreme gibi zahmetli ve yüksek enerjili bir yöntemi kullanmak hayatta kalma şansını düşürecekse, partenogenez ile kolay bir şekilde üreyebilmek ve "günü kurtarmak" avantaj sağlayabilecektir. Partenogenez, eşeysiz üreme ile eşeyli üreme arasındaki bir basamak gibidir: kertenkelelerde, gerekli görüldüğünde uygun hormonlar salgılanarak popülasyon içerisinde yeniden erkek bireyler üretilir. Böylece, zorlu koşullar atlatıldığında veya çeşitlilik tehlike yaratacak boyutta azaldığında, yeniden iki cinsiyetli üreme tipine geçilebilir. Yani evrimsel süreçte belki de iki ayrı cinsiyet, partenogenez gibi bir ara basamaktan geçerek evrimleşmiş olabilir. Ancak bu konuda henüz güçlü yargılara varmak için erken, gelecekteki araştırmaların sonuçlarının beklenmesinde fayda görüyorum.

Eşey (Ebeveyn) Katkısı

Cinsiyetlerin birbirinden ayrılmasından sonraki süreçte Cinsel Seçilim giderek güç kazanmış ve Evrim Mekanizmaları arasında çok önemli bir yer edinmiştir. Günümüzde, Doğal Seçilim ile Cinsel Seçilim arasında sıkı sıkıya bir ilişki görürüz. Bu noktaya girmek amacıyla, Darwin'in birkaç sayfa önce verdiğim tanımının analizine geri dönelim.

Hatırlayacak olursanız Darwin, tanımında "*...erkeklerin dişilere sahip olmak amacıyla girdikleri mücadele...*" şeklinde bir ifade kullanmaktadır. Tanımsal olarak bunun tamamen doğru olmadığını söyle-

yebilirim çünkü günümüzde, dişilerin de erkeklere sahip olmak amacıyla mücadeleye girdiği birçok örnek tespit edilmiştir. Fakat türlerin çoğunluğunda gördüğümüz, daha çok erkeklerin dişileri etkilemek için kur yapan konumunda kaldığıdır ve dişilerin ise seçici taraf olduğudur. Bunun sebebi ne olabilir? İşte önceki bölümde bahsettiğim evrim ekonomisi ve takas ilkesi, burada bir kez daha karşımıza çıkmaktadır.

Evrim ekonomisi ilkesini Cinsel Seçilim'e uyguladığımızda, yapbozun parçalarının birbirine tam olarak oturduğunu görebiliriz: Cinsiyetlerin özelliklerinin ayrışması sırasında, cinsel organların, üreme hücrelerinin, farklı cinsiyetlerin yavrulara yaptıkları katkıların da birbirinden farklılaşmaya başladığını görürüz. Örneğin erkek üreme hücresi olan sperm, genellikle aşırı fazla sayıda üretilirken ve üretimi, türler açısından genel olarak pek de zor değilken, dişi üreme hücresi olan yumurta, genellikle çok az sayıda üretilir ve o az sayıdaki yumurtanın üretimi oldukça güçtür. Çünkü yavru, bu yumurtadan beslenerek varlığını sürdürür ve bu yüzden yumurta, yüksek besin değeri olan, oldukça korumalı bir yapı olmak durumundadır. Üstelik, evrimsel süreçte farklılaşan davranışlardan ötürü, dişi konumunda olan bireylerin yavruların bakımına daha fazla katkı sağladıkları da görülmektedir. Bunun tam sebepleri bilinmemekle birlikte, yumurtanın evrimiyle bir ilişkisi olabileceği düşünülmektedir. Ancak ne olursa olsun, **eşey katkısı** olarak isimlendirdiğimiz, ebeveynlerin yavrularına olan katkılarındaki farklılık, enerji dengesini bozmaktadır. Ancak evrimsel süreçte bu denge bir başka şekilde yeniden sağlanmaktadır: Daha fazla eşey katkısı sağlayan, daha nadir bulunan üreme hücrelerini üreten taraf, yani dişiler, seçici ve daha az enerji harcayan konumda kalırken; daha az eşey katkısı sağlayan ve daha kolay bulunan üreme hücrelerini üreten taraf, yani erkekler, seçilen ve seçilmek için çok daha fazla enerji harcayan tarafta olmaktadırlar. Bu, tüm türler için evrensel olarak geçerli olmasa da, hangi cinsiyetin seçilimde ne kadar rolü olduğunu belirleyen, işte bu enerji dengesidir.

Darwin'in sözündeki tek taraflı yaklaşım, modern bilimde pek de kabul görmemektedir. Çünkü bu seçimin ciddi biçimde taraflı oldu-

ğu, yani yoğun bir şekilde dişilerin seçip, erkeklerin seçildiği türlerde bile, seçilen tarafın da karşı cinsiyette bazı özellikleri seçtiği, her önüne gelenle çiftleşmediği görülmektedir. Dolayısıyla iki cinsiyet de birbirine seçilim uygular diyebiliriz. Böyle bir tanım, daha evrensel ve gerçekçi olacaktır.

Doğal Seçilim ve Cinsel Seçilim Çatışması

Doğal Seçilim ile Cinsel Seçilim arasındaki bu enerji bazındaki ilişkinin, yine algılarımızı açacak bir diğer sonucu vardır: Dengelenme ve en uyguna ulaşma. Bölümün başındaki elkleri hatırlayacak olursanız, devasa boynuzlu hayvanlar olduğundan bahsetmiştim. Boynuzların büyük olması, şüphesiz ki üreme başarısı için gereklidir, çünkü hem diğer erkekler egale edilmelidir, hem de dişiler büyük boynuzlardan etkilenmektedir. Öte yandan büyük boynuzların çok ciddi bir sıkıntısı vardır: Avcılardan kaçma sırasında, hayvanı yavaşlatmaktadır. Bu durumdaysa küçük ve hafif boynuzlular avantajlı olacaktır. İşte bu bize, çok net bir gerçeği gösterir: Tür üzerindeki avcı baskısı arttıkça, yani Doğal Seçilim güçlendikçe, boynuzlar küçülecektir, çünkü boynuzların büyük olması üreme açısından avantaj sağlasa da, Doğal Seçilim'in etkisinden ötürü büyük boynuzlu bireyler daha kolay ölecek ve üremeyi deneyemeyeceklerdir bile. Ancak Doğal Seçilim'in etkisi azalıp, Cinsel Seçilim'in etkileri arttıkça, üremek daha önemli hale gelecek, avcı baskısının azalmasından ötürü büyük boynuzlular seçilecektir. İşte bu dengelenme sürecinde, belli bir ortam için en uyguna ulaşma gerçekleşebilir. Yani Doğal Seçilim ile Cinsel Seçilim arasındaki dans, türlerin adaptasyonunda büyük bir öneme sahiptir.

Darwin, çok yakın arkadaşı olan Asa Gray'e yazdığı bir mektubunda *"...bir zamanlar gözün evrimi fikrinin beni nasıl üşüttüğünü hatırlıyorum, ama şimdi bunu aştım. Şimdi ise, bazı ıvır zıvır yapılar beni rahatsız etmekte. Ne zaman bir tavuskuşunun kuyruğundaki tüylere bakacak olsam, her seferinde midem bulanıyor!"* şeklinde anlatmıştı. Çünkü 1860 yılında, bu mektup yazıldığı zamanlarda, evrimin bilinen tek mekanizması olan Doğal Seçilim ile tavuskuşunun kuyruk

yapısının açıklanması mümkün değildi. Bunun sebebi ise, tavuskuşunun kuyruğu büyüdükçe ve parlak hale geldikçe, avcıların dikkatini çekmesini kolaylaştırması ve avcılardan kaçmasını zorlaştırmasıydı. Bu durumda nasıl olurdu da Doğal Seçilim, böyle bir yapının evrimleşmesini sağlardı?

Ancak Darwin, üzerine düşeni yaptı ve bu soruların üzerine giderek, Cinsel Seçilim'in, bir diğer Evrim Mekanizması olarak türlerin üzerine etkidiğini keşfetti. Eğer ki bu rahatsızlığından kaçacak olsaydı, belki de bir doğa gerçeğini keşfetmemiz çok daha uzun zamanlar alacaktı. Darwin'in yaptığı açıklamadan sonra görüldü ki, tavuskuşlarının dişileri, solgun ve küçük kuyruklu erkekleri çok daha az tercih etmekteydi. Bu yüzden, Doğal Seçilim ile Cinsel Seçilim arasında kurulan denge sayesinde tavuskuşunun parlak, büyük ve katlanabilir kuyruğu evrimleşmişti: hem dişileri etkileyebilecek kadar büyük ve parlak, hem de avcılarından az çok kaçabilecek kadar küçük...

Bu konuda Darwin'in keşfinden onlarca yıl sonra yapılan bir çalışma örneği olarak 1991 senesinde Marion Petrie, Halliday Tim ve Sanders Carolyn tarafından yapılan tavuskuşu araştırmasını verebilirim. Araştırmalarında erkeklerin kuyruklarındaki parlak noktaları kesen bilim insanları, gerçekten de dişilerin bu erkeklere olan ilgisinin azaldığını ve daha fazla sayıda parlak noktaya sahip erkeklere çekildiklerini gösterdiler. Dahası, aynı dişileri kuyruklarında çok sayıda ve az sayıda benek bulunan erkeklerle çiftleştirdiler. Yine, tam da Darwin'in öngördüğü biçimde çok miktarda beneği olan erkeklerin yavruları, araştırma boyunca serbestçe yaşadıkları vahşi yaşam parkında hayatta kalmak konusunda daha başarılıydılar. Yani dişiler benek sayısına bakarak daha yüksek uyum başarısına sahip erkekleri seçebiliyorlardı. 2008 yılında Mariko Takahashi önderliğindeki bir ekip tarafından *Animal Behavior* dergisinde yayımlanan bir makalede, tavuskuşlarının dişilerinin sadece benek büyüklüğüne göre tercih yapmadığı, bunun evrensel bir tercih olmadığı ve beneklerin büyüklüğüyle parlaklığının her zaman erkeğin gücünü yansıtmadığı ileri sürüldü. Takahashi ve ekibinin sonuçlarına göre tavuskuşlarının kuyrukları dişilerin tercihini etkileyen tek faktör değildi. Dişiler, er-

kekleri çiftleşme çağrılarının niteliğine, uyarıcı işaretlere, erkeklerin genel görünümüne ve çiftleşme alanının özelliklerine göre seçmektedir. Yani ilk bölümde anlattıklarıma da bir örnek olarak şuna dikkat çekebilirim: Darwin'in ileri sürdüğü ve Petrie gibi sayısız bilim insanı tarafından test edilerek doğrulanan Cinsel Seçilim, Takahashi ve ekibi tarafından daha da kapsamlı ve isabetli bir noktaya getirilmiştir. 2008 yılının sonlarına doğru yine aynı dergide yayımlanan makalelerinde Adeline Loyau ve ekibi, Takahashi'nin sonuçlarını değerlendirerek önceki çalışmalarla çelişen bir yapıda olmadığını göstermiştir. Dolayısıyla bu kısımdan çıkarmamız gereken derslerin en önemlisi, popüler tartışmalarda sıklıkla kullanılan örneklerin akademik camiada çok daha derin bir şekilde incelenip araştırıldığıdır. Tavuskuşunun meşhur kuyruğu, evrimsel biyoloji ve hayvan davranışları alanında halen kapsamlı bir şekilde araştırılmakta olan bir konudur.

Öte yandan, Cinsel Seçilim ile Doğal Seçilim arasındaki "dans", birçok türün evrimsel sürecini yakından ve köklü bir biçimde etkilemektedir. Eğer ki Cinsel Seçilim ile Doğal Seçilim'in pozitif etkisi aynı yönde olacak olursa, çok hızlı bir evrimsel değişimin yaşanacağı görülecektir. Ancak eğer ki bu iki doğa yasası bir türün belli bir özelliği açısından birbiriyle çelişecek olursa, ikili arasındaki hassas denge türün kaderini belirleyecektir.

Cinsel Seçilim ve Tercih Mekanizması

Peki dişiler veya erkekler, bu tercihleri nasıl yapıyor? Bir dişi, bir erkeğe bakıp, "Hmm, ne kadar da güzel, parlak tüyleri var, en iyisi bununla çiftleşeyim!" mi diyor? Elbette ki hayır, bunu algı düzeyi en yüksek hayvan olan insan türü bile yapmıyor. Karşı cinsiyetten birini gördüğümüz anda, herhangi bir bilinçli değerlendirme yapmadan etkilenebiliyoruz ya da etkilenmiyoruz. Bu, tamamen bilinçaltımızdaki süreçlerle, otomatik olarak gerçekleşiyor. Dolayısıyla burada, genetik yapımızın bize kazandırdığı eğilimleri analiz etmek gerekiyor. Bir tercih yaparken, her ne kadar büyük oranda ömrümüz içerisinde edindiğimiz deneyimlerden yola çıkarak bu tercihleri yapıyor olsak

da, bunların bilinçaltı analizinde genlerimizin büyük bir önemi bulunuyor. Genlerimiz, beynimizde sürecek olan biyokimyasal aktivitenin tipini, diğer bireylerden olan farklılıklarını ve yöntemlerini belirliyor. İşte bu genler, ebeveynlerimizden aldığımız genler olduğu için, ister istemez onların tercihlerine belirli oranda yön veren bu yapılar, bizlere de geçiyor. Bu sayede, evrimsel süreçte en isabetli tercihleri yapabilen bireylerin yavruları da, bu şekilde başarılı tercihler yapmaya meyilli olabiliyor. Bu sadece insan türünde değil, her türünde bu şekilde bulunuyor. Bu nokta size garip gelebilir, çünkü tercihlerinizi bilinçli olarak yaptığınızı, genlerinizin bunda az etkili olacağını düşünebilirsiniz. İnsan türü olarak bizlerin de eğilimlerini, büyük oranda genlerin etkilediğini söyleyebilirim. Elbette bizler, zeki türler olarak neden-sonuç ilişkileri kurmakta daha becerikliyiz; bu sebeple de genlerimizin tercihlerimiz üzerindeki etkisi çok daha kısıtlı. Ancak zekâ düzeyi daha düşük canlılara gidildikçe, yapılan tercihlerin genlerden çok daha fazla etkilendiğini görmek mümkündür.

Dolayısıyla, evrimsel süreç içerisinde birçok canlı türünde, farklı birçok tercih yapılmıştır ve yapılmaktadır. Örneğin dişi tavuskuşları, evrim tarihi içerisinde her zaman özellikle mavi-yeşil renkteki, büyük kuyrukları seçmemiş olabilirler. Erkek tavuskuşları ise (evet, erkekler de tercih yapar, bundan bahsetmiştim), daha parlak boyun tüyleri olan, ibikleri daha uzun dişileri her zaman tercih etmemiş olabilirler. Ancak bir noktada, farklı genetik dağılımdan/varyasyondan, farklı tercihler doğmuştur ve bunlardan birisi, daha başarılı seçimlerin yapılabilmesini sağlamıştır. Bunun Doğal Seçilim ve Cinsel Seçilim tarafından desteklenmesi sonucunda bugünkü torun bireyler, atalarının tercihlerini belirli çerçevede sürdürmektedir. Yani davranışlarımız da, evrimsel süreçte ciddi bir biçimde şekillenmektedir.

Son olarak bir soru daha: Neden parlak renkler, büyük boynuzlar, ışıltılı bir cilt? Bunun da arkasında yatan sebep çok basittir: Görsel veri aktarımı, önünde bazı engeller olmakla birlikte (karanlıkta yapılamaması gibi) bilinen en hızlı bilgi aktarımlarından biridir. Dolayısıyla karşı cinsiyete bir bilgi verilecekse, bunun görsel yolla yapılması en kolayıdır. İşte eğer ki seçilen taraf erkeklerse, dişilere "Ben sağ-

lıklıyım, ben güçlüyüm!" demelerinin en kolay yolu, parlak renklere sahip olmaları, büyük boynuzlar veya yapılar evrimleştirmeleridir. Çünkü parlak renkleri sağlayan, bazı pigmentler ve proteinlerdir. Bunların üretimi ise, DNA sayesinde, yani genetik materyal aracılığı ile olmaktadır. Dolayısıyla, parlak renklerin görülmesi, genler hakkında doğrudan ve tam bilgiler vermese de, dolaylı ve büyük ölçekte isabetli bilgiler edinilmesini sağlar. Yani parlak renkleri, güçlü boynuzları bir noktada seçmeye başlayan bireyler, avantajlı konuma geçecek ve daha başarılı yavrular üretebileceklerdir.

Bu konudaki bir örneği yine Darwin ve ondan sonra gelen araştırmacılardan verebilirim. Afrika'da oldukça geniş bir alanda yaşayan *Euplectes progne* türü kuşlarda çok güçlü ve belirgin bir cinsel çiftbiçimlilik bulunur. Erkekler siyah-beyaz-kırmızı renklerdedir. Upuzun bir kuyruğa ve çoğunlukla pırıl pırıl tüylere sahiptir. Erkeklerin kendi boyları 30-45 santimetre arasında değişirken, sadece kuyrukları 51 santimetreye kadar uzayabilir. Dişiler ise sözün tam anlamıyla "hiçbir şeye benzemezler"; sıradan, serçe benzeri bir görünümleri vardır. Tüylerinde kırçıllı bir renk dağılımı olsa da, neredeyse hiçbir alımlı tarafları yoktur. Ancak üreme sırasında tercihi yapacak ve üreme sonrası yavrulara bakımı yapacak olan da onlardır. Erkekler, genelde Şubat'tan Temmuz'a kadar süren çiftleşme dönemlerinde dişilerin inşa ettiği yuvaların üzerinde uçarak kur yaparlar. Tabii ki bu uçuş erkekler için son derece zahmetli ve tehlikelidir: avcılar, bu dev kuyruklu kuşları kolayca yakalayabilirler. Yani tavuskuşunda gördüğümüz sorun, uzun kuyruklu dulkuşlarında da karşımıza çıkmaktadır.

Bu konuyu aydınlatmak isteyen Malte Andersson ve ekibi, 36 erkeğin üreme bölgesini işaretledi. Daha sonra bu erkekleri 4'erden 9 ayrı gruba ayırdı. Her gruptaki kuşlardan rastgele seçilmiş bir bireyin kuyruğunu 14 santimetreye kadar kısalttı. Daha sonra kuyruğunu kısalttığı kuşlardan aldığı tüyleri, grup içerisinde rastgele seçilmiş bir başka erkeğe yapıştırdı. Böylece onların kuyruk uzunluğunu 20-30 santimetre arasında uzatmış oldu. Her gruptaki diğer 2 kuşu ise kontrol grubu olarak tuttu. Yapıştırma işleminin bir etkisi olup olmadığını anlamak için, bu kontrol kuşlarından birinin kuyruk tüylerini

kesip yerine geri yapıştırdı. Diğer kuşa ise hiç dokunmadı. Yani kuyruğu yapay olarak uzatılmış 9, yapay olarak kısaltılmış 9, uzunluğu değişmemiş 18 adet (ama 9'unun kesip geri yapıştırılmış olduğunu hatırlayın) kuş elde etti. Sonrasında hepsini serbest bıraktı ve çiftleşme başarılarını gözledi. Sonuç, kuşkuya yer bırakmayacak kadar netti: dişiler, yapay yolla kuyruğu uzatılmış olan erkekleri daha fazla tercih ediyordu. Kuyruğuna dokunulmamış olanları (ve kesilip geri yapıştırılanları) daha az, kuyruğu kısaltılmış olanları ise en az tercih ediyorlardı. Cinsel Seçilim, gerçekten de işe yarıyordu. Ancak normal şartlarda bu kuyruklar belli bir sınırın üzerine uzayamıyordu. Bunun sebepleri genetik (yeterli çeşitliliğin bulunmaması) olabileceği gibi, Doğal Seçilim'in kısıtlayıcı baskısı da olabilir. Ne olursa olsun, dişilerin tercihi olmaksızın erkeklerin uzun kuyruklar evrimleştirmesinin hiçbir anlamı olmayacaktır. Yani türlerin evrimi, cinsiyetlerin tercihlerinden birebir etkilenmektedir.

Yani Cinsel Seçilim'in her adımı, tıpkı diğer doğa gerçekleri gibi genetik ve çevresel olarak takip edilebilirdir. Bu adımları izleyen biri, Cinsel Seçilim'in türler üzerindeki etkisini net bir şekilde görebilecektir: Darwin'in tanımının sonunda gördüğümüz gibi, Cinsel Seçilim açısından başarısız olan bireyler ölecek olmasalar da, üreyemeyecekleri için kendilerindeki genleri gelecek nesillere aktaramayacaklardır. Bu da, bölümün ortalarında tanımladığım biyolojik amaçlar açısından başarısızlık demektir. Çünkü unutmayın: Türün (veya bireyin) başarısı için sadece hayatta kalmak değil, üreyebilmek de bir zorunluluktur.

Cinsel Seçilim Tipleri

Günümüzde yapılan analizler, iki temel Cinsel Seçilim türü olduğunu göstermektedir: Cinsiyetler Arası Mücadele (İnterseksüel Seçilim) ile Cinsiyet İçi Mücadele (İntraseksüel Seçilim). Bunlardan ilki, doğrudan doğruya eşey katkısı dolayısıyla oluşan seçilimdir. Bu ilk tür seçilimde, bölüm başı hikâyesinde anlattığım gibi bir kavga gözlenmez. Daha ziyade bu tip cinsel seçilim sonucunda cinsiyetlerin

birbirini etkilemek için yaptıkları davranışlar ve yapılar evrimleşir. Örneğin tavuskuşlarının erkeklerinin o Darwin'i hasta edecek şekildeki parlak ve büyük yapısı, interseksüel seçilimin örneklerinden birisidir. Yani bir cinsiyette, karşı cinsiyete yönelik olarak gelişen her özelliğin bu tür cinsel seçilim sonucu oluştuğunu söyleyebiliriz.

Örneğin kuşlarda bu şekildeki seçilim sonucu birçok özellik evrimleşmiştir. Bu özelliklerin başında parlak renkler gelse de, bunun haricinde karşı cinsiyeti etkilemek için geliştirdikleri şarkı söyleme yetenekleri, uçuş ve dans tipleri, yuva yapma davranışları ve daha nicesi, interseksüel seçilimin bir ürünüdür. Benzer bir durumu sürüngenlerin ve amfibilerin birçoğunda bulunan ve gerektiği zaman dişiler için kabartılarak şişirilebilen boyun keselerinde görürüz. Bunlar haricinde bazı böceklerin karşı cinsiyeti etkilemek için biyolojik ışık saçabilecek şekilde özelleşmesi de ilginç örnekler arasındadır (bunlara biyolüminesan canlılar denir).

Konuyla ilgili bir diğer örnek *Uca* cinsi yengeçlerde görülmektedir. Bu yengeçlerin bir kıskacı diğerinden bariz bir şekilde iri ve uzundur; yani yengecin kıskaçları asimetriktir. Yapılan incelemeler, bu yengeçlerin dişileri etkilemek için kayalıklar arasından çıkarak kıskaçlarını salladıklarını göstermektedir. Fakat yengeçler yan yan yürüdükleri için ve avlanmaktan korktukları için, bu cinsel kur sırasında sadece bir kıskaçlarını kayalıklardan çıkarırlar. Diğeri ise kayalıkların arasında, güvende kalır. Dişiler tarafından en iri kıskaçlar tercih edildiği için, evrimsel süreçte de bu dışarı çıkarılan kıskaçlar giderek irileşmektedir. Fakat bazı soy hatlarında tamamen rastlantısal veya davranışsal temelli sebeplerle sol taraftan, diğerlerinde ise sağ taraftan kayalıklardan çıkılıyor olmasından ötürü, kimi soy hattının sol kıskacı, kimisinin sağ kıskacı diğerinden daha iridir. Dişilerinse neredeyse her zaman iki kıskacı da birbiriyle aynı büyüklüktedir.

İnsanlar da her ne kadar evrimsel sürecin dışında olduklarını düşünseler de, cinsel seçilime boyun eğmektedirler. Örneğin karşı cinsiyeti etkilemek için geliştirdiğimiz davranışlar, vücut yapımızın buna uygun olarak değişmesi, belli bölgelerimizde halen kılların bulunup diğer bölgelerimizde seyrelmiş olması, hatta günlük yaşantımızda

kendimizi süsleme gibi kültürel davranışlarımız bile interseksüel seçilimin uzun vadeli bir sonucudur. İnsanlar, her ne kadar "kendileri için" süslendiklerini iddia etseler de, dolaylı bir biçimde de olsa, daha sağlıklı ve güçlü olduklarını parlak ciltler, ışıltılı renkler (boyalar) ve vücudun cinsel bölgelerinin vurgulanması gibi yollarla karşı cinsiyete bildirmektedirler. Tüm bunlar, bireylerin cinsel tercihlerini etkilemekte ve dolayısıyla seçilimin devam etmesine neden olmaktadır.

Öte yandan cinsiyet içerisinde, karşı cins için verilen de bir mücadele vardır. İntraseksüel seçilim olarak bilinen bu cinsel seçilim türünde, vahşi bir kavga ve mücadele görülür. Genellikle erkekler, dişileri etkilemek için mücadeleye girerler. Bu mücadeleler kimi zaman, bölüm başı hikâyesinde de gördüğümüz gibi ölümle sonuçlanabilir. Çoğu zamansa daha dirençli ve güçlü olanın dişiler tarafından tercih edildiği görülür. Bu tür seçilimi her yerde görmek mümkündür. Kangurular, geyikler, deniz aslanları, kuşlar, böcekler ve daha nice tür bu şekilde bir mücadeleye, dolayısıyla seçilime tabidirler. Türümüz içerisinde de, özellikle gençlik grupları arasında bu tür mücadelelere rastlamak mümkündür. Her ne kadar toplumumuz tarafından uygunsuz bulunuyor olsa da, karşı cinsiyet için mücadele veriyor olmanın beyinlerimiz ve genlerimiz içerisinde son derece derin ve eski kökenleri olduğunu görmek mümkündür. Tabii ki insan toplumlarıyla ilgili bir analiz, sadece biyolojik olarak değil, sosyokültürel olarak da yapılmalıdır.

Endler'in Lepistes Deneyi

Tıpkı Doğal Seçilim'in laboratuvar ortamında yarattığı evrimsel değişimleri göstermek amacıyla verdiğim örnek gibi, Cinsel Seçilim'in de yarattığı evrimi nasıl gözleyebileceğimizi gösteren bir deneyle, bu bölümü noktalandırmak istiyorum:

Prof. Dr. John Endler, Avusturalya'da bulunan Deakin Üniversitesi'nde görev yapan bir Duyusal Ekoloji ve Evrim profesörüdür. 1986 yılında yazdığı *Vahşi Hayatta Cinsel Seçilim* isimli kitabıyla ün kazanmıştır. Ancak onu büyük bir bilim insanı yapansa,

Endler Deneyi olarak bilinen, Cinsel Seçilim'in evrimsel değişimler yaratabileceğini gösteren deneyleridir.

Endler, gupi ya da lepistes olarak bilinen *Poecilia reticulata* isimli balıklar üzerinde bir araştırma yürütmüştür. Lepisteslerin erkekleri, dişilerinden çok daha parlak renklidir. Bunun iki sebebi vardır: İlki, akvaryumcuların balıkları satabilmek için en parlak olanları birbiriyle çiftleştirmeleri, yani Yapay Seçilim'in etkisi, ikincisi ise dişilerin en parlak renkli erkekleri seçmesi, yani Cinsel Seçilim'dir. Ancak bu deneydeki amaç, bu ikinci basamağı ele almak ve Cinsel Seçilim'in evrimsel süreçlerdeki rolünü, ne kadar etkili olduğunu, değişim yaratma gücünün olup olmadığını anlamaktır.

Endler'in lepistesler üzerinde yaptığı incelemelerde fark ettiği ilk şey, vahşi hayattaki bireyler arasında, cinsiyetler içerisinde ciddi bir çeşitlilik olduğuydu. Özellikle erkeklerde, kimi çok parlak renklere sahipken, kimi sıradan ve daha solgun, mat renklere sahipti. Esasında Endler'in gördüğü bu gerçek, bildiğimiz her türde olduğu gibi, lepisteslerde de var olan çeşitliliktir (varyasyondur). Ancak Endler'in aklını kurcalayan soru şudur: "Mademki dişiler parlak renkli erkekleri seçiyor, nasıl oluyor da bazı bölgelerde yaşayan solgun ve daha mat renkli bireyler de varlıklarını sürdürebiliyor?"

Bu sorusuna cevap bulabilmek adına, lepisteslerin çevresel unsurlarını ve ekolojisini inceleyen Endler, çok ilginç bir gerçekle karşılaşmıştır: Yaşadıkları çakıllı dere tabanlarında, avcılarından kamufle olabilme konusunda mat renkli balıklar çok daha avantajlıdır. Parlak renkliler ise, avcılar tarafından kolaylıkla seçilip avlanabilmektedir. Bu sebeple, her ne kadar dişiler en parlak renkli erkekleri tercih ediyor olsalar da, ortama kamufle olup hayatta kalabilme, yani Doğal Seçilim'in baskısı, bu bölgelerdeki bireyler için daha üstün gelmektedir.

Bu gerçekten yola çıkan Endler, ekolojik araştırmalarını sürdürdü ve daha genel gerçeklerle karşılaştı: Avlanmanın daha az olduğu bölgelerde erkekler çok daha parlak renklere sahiplerdi, büyük ve gösterişli kuyrukları vardı ve kolaylıkla, farklı renklerde vücut yapıları evrimleşebiliyordu. Yani bu bölgelerde, avlanma baskısı (Doğal Seçilim), dişilerin erkekler üzerinde kurduğu eşeysel baskıdan (Cin-

sel Seçilim) daha zayıftı, bu sayede dişilerin tercihlerinden kaynaklı evrimsel değişimler daha kolaylıkla gerçekleşebiliyordu. Bazı diğer bölgelerde ise, özellikle avcıların sayısı fazlaysa, dişilerin tercihleri daha az etkili oluyordu, çünkü parlak renkliler, her ne kadar daha kolay üreme şansına sahiplerse de, çok daha kolay avlanarak belki de üreme çağına erişemeden ölüyorlardı. Bu yüzden Doğal Seçilim'in daha kuvvetli olan baskısı, parlak renklerin evrimleşmesine izin vermiyordu.

Endler, her ne kadar sonuçlarına ikna olmuş olsa da, bu gözlemlerini bilimsel hale sokabilmek adına bazı deneyler geliştirdi. **Endler Deneyleri** olarak bilinen bu deneylerin amacı, daha önce bahsettiğim gibi, Cinsel Seçilim ile Doğal Seçilim arasındaki ilişkiyi kurabilmek ve Cinsel Seçilim'in yeni türler yaratma gücü olup olmadığını anlamaktı.

Endler, bunu başarabilmek için büyük seralar inşa etti ve bunların içerisine 10 adet büyük havuz kurdu. Doğal ortamdaki farklılığı yaratabilmek adına, bu 10 havuzdan 5 tanesinin dibine büyük taşlar yerleştirirken, kalan 5 tanesine oldukça ufak çakıl taşları yerleştirdi. Bunun sonucunu öngörmek artık sizler için çok zor olmamalıdır: Lepistesler, avcılarından korunmak adına bulundukları ortamın zemin renklerine adapte olacak, bu şekilde 5 tanktaki lepistesler büyük kayalarla uyumlu bir hale evrimleşecek, diğer 5 tanktakiler ise küçük çakıl taşları üzerinde kamufle olabilecek bir yapıya evrimleşecektir. Ancak Endler'in görmek istediği bu değildi, evrimin bu şekilde yeni türler yaratabileceğini zaten artık biliyoruz. Merak edilen, avcı baskısı ile eşey baskısı arasındaki ilişkiydi.

Bunu görebilmek için Endler, 10 havuzdan biri büyük taşlı, diğeri küçük taşlı havuzlar olacak şekilde 2 tanesine hiçbir avcı koymadı ve kontrol grubu olarak belirledi. Burada göreceği, sadece Cinsel Seçilim'in etkileriydi (zira hiç avcı bulunmuyordu). Kalan 8 havuzdan 4 tanesine (2'si büyük taşlı, 2'si küçük taşlı olacak şekilde), Cichlidae ailesinden Turna Sihlidi (Cikleti) adı verilen, lepistes avlama konusunda son derece vahşi olan bir tür yerleştirdi. Böylece bu tanklarda, yoğun bir şekilde avcı (Doğal Seçilim) baskısı oluşacaktır. Geriye kalan 4 tanka ise (yine 2'si büyük, 2'si küçük taşlı olacak şekilde),

Turna Sihlidi'ne göre oldukça zararsız olan, ancak yine de lepistesleri avlayabilen Dev Rivulus (*Rivulus hartii*) türünden balıklar koydu. Bu şekilde güçlü ve zayıf avcıların etkisini test etmek istemesinin amacı, doğal yaşamda avcısız ortamda yaşayan lepisteslerin bulunmaması, ancak doğada kimi yerde yaşayan lepisteslerin güçlü avcılarının, kimi yerde yaşayanlarınsa zayıf avcılarının bulunmasıdır (ki bu yüzden farklı renklerde ve yapılarda lepistesler evrimleşmiştir).

Bu 10 tanktaki lepistesler, doğal koşulları birebir tekrar eden bu deneyde, öncelikle avcılar hiçbir tanka dahil edilmeden 6 ay boyunca ürediler ve çoğaldılar. 6 ayın sonunda ise, yukarıda açıkladığım şekillerde avcılar havuzlara dahil edildi. Böylece 6 aydan sonra, tanklarda doğadakine benzer bir ekosistem kurulmuş oldu. Endler, deneyin başlangıcından öncelikle 5 ay sonra (avcıların dahil edilmesinden 1 ay önce), daha sonra ise 14 ay sonunda (avcıların dahil edilmesinden 8 ay kadar sonra) birer yoklama yaptı ve her bir tanktaki, her bir lepistes bireyinin benek sayısını, renk dağılımını, iriliğini, davranış özelliklerini ve tabii ki, eğer olduysa, bunlardaki evrimsel değişimi not etti.

Sonuçlar, tahmin edilebileceği gibi, son derece ilgi çekiciydi: Havuzlara konulan lepistesler, deney başlamadan önce oldukça geniş bir varyasyona sahiplerdi. Her havuzda, büyük benekli veya küçük benekli, büyük yapılı veya küçük yapılı, parlak renkli veya mat renkli, vb. birçok farklı lepistes bireyi bulunuyordu. Avcıların tanklarda bulunmadığı ilk 5 ayın sonunda, beneklilik miktarı en üst düzeylere ulaştı. Her tanktaki, hemen hemen her birey, inanılmaz bir benek sayısına ulaştı. Çünkü Doğal Seçilim'in hiçbir etkisi yoktu ve erkeklerden her nesilde en benekli doğan bireyler dişileri, avlanma baskısı olmaksızın, etkileyebiliyorlardı. Ayrıca daha iri bireyler evrimleşebilmişti, çünkü nesiller üzerinde kamufle olma baskısı bulunmuyordu. Böylece, sadece Cinsel Seçilim'in etkisi altında, canlıların farklılaşabileceği, boyutlarının ve şekillerinin değişebileceği ispatlanmış oldu. Kısaca evrimin, sadece Cinsel Seçilim Mekanizması sayesinde bile yeni türler yaratabileceği gösterilmiş oldu. Ancak deney burada bitmiyordu.

14. ayın sonundaki sayımlar, daha da ilginçti: Tehlikeli avcıların (Turna Sihlidlerinin) koyulduğu havuzlarda, benekler neredeyse yok

olmuşlardı, parlak renkler neredeyse tamamen yok olmuştu, mat renkli bireyler hâkim hale gelmişti! Bununla da kalmayarak bu yoğun avcı baskısı altındaki lepistesler, bulundukları ortamdaki taş büyüklüğüne uygun bir şekilde evrim geçirmişlerdi. Yani daha ufak taşların bulunduğu tanklarda sadece bu koşullarda kamufle olabilen, küçük benekli varyasyonlar hayatta kalabilmiş, daha iri taşların bulunduğu tanklarda ise tam tersi bir durum görülmüş ve daha iri benekliler hayatta kalabilmişlerdi. Elbette tür içerisinde, her zaman olduğu gibi varyasyonlar görülüyordu: biraz daha az/fazla benekli, biraz daha ufak/iri benekli, farklı yapılı, çok başarılı kamufle olamayan bireyler de bulunuyordu. Ancak 5. ayın sonundaki sayımlarla kıyaslanacak olursa, aradaki fark inanılmazdı.

Daha da ilginci, avcıların olmadığı 2 tanktaki bireylerle, zayıf avcıların bulunduğu tanktaki bireyler, neredeyse hiçbir şey değişmemiş gibi yüksek benek sayısını ve parlak renklerini korumayı sürdürüyorlardı. Yani Cinsel Seçilim, halen Doğal Seçilim'den daha baskın haldeydi. Üstelik tüm bu evrimsel değişimler ve çok daha fazlası, yalnızca **15 nesilde** meydana gelmişti! Endler, bu deneyini uzun yıllar sürdürmüş ve değişimleri kaydetmiştir: Deneyin başlangıcından 9 yıl sonra (ilk/ata lepisteslerden yaklaşık 120 nesil sonra), farklı tanklardaki farklı lepisteslerde parlaklılık, üreme davranışları, eşeysel olgunluğa erişme yaşı, vücut büyüklüğü, yavrulama sayısı, yavrulama sıklığı gibi birçok özellik değişmiş ve farklı yönlere doğru evrimleşmiştir. Eğer ki süreç devam ettirilecek olursa, bu farklı yönlerde evrimleşen nesiller o kadar farklılaşacaklardır ki, artık bu canlıları aynı tür altında isimlendirmek mümkün olmayacaktır. İşte evrim, budur. Endler de, Cinsel Seçilim'in evrimsel değişimleri nasıl sağladığını net bir şekilde ortaya koyabilmiştir.

Dolayısıyla bu bölümü sonlandırmadan, kitabımın **yirminci değişim noktası**na gelmek istiyorum: **Evrimsel değişimler, farklı Evrimsel Mekanizmaların birbirine bağımlı etkisi sonucu oluşmaktadır. Dolayısıyla evrimsel süreçleri, farklı Evrimsel Mekanizmaların bağımsız etkilerinden ayrı olarak düşünmek mümkün değildir. Bir**

türün evrimi, hiçbir zaman tek bir mekanizma açısından değerlendirilemez!

Bu nokta anlaşıldığı zaman, esasında evrimin ne kadar kapsamlı bir konu olduğu da anlaşılabilecektir. Kitabımın başından beri, canlılar üzerine etkiyen birçok farklı değişkenden bahsettim. Bu değişkenlerin, farklı mekanizmalardan farklı yönlerde ve şekillerde etkilenmesi olasılıkları da hesaba katıldığında, bir türün evrimsel değişimine katkı sağlayan sonsuz sayıda faktör olduğu gerçeği ile yüzleşilecektir. Bu sebeple, en basit yapılı türün evrimi bile analiz edilirken, çok kapsamlı ve açık fikirli bir yaklaşım geliştirmek bir zorunluluk olmaktadır.

Bölümün başında anlattığım hikâyemdeki elkler gibi, doğadaki her canlı, her hayvan, her bitki, her mantar, her protista, her bakteri ve her arke, iki aynı, temel motiv (güdü) etkisi altında yaşamlarını sürdürmektedir: Hayatta kalmak ve üremek. Sadece bu basit görünümlü, ancak esasında son derece karmaşık olan güdü bile, türlerin basit bir başlangıçtan, bu muhteşem çeşitliliğe erişebilmesini sağlayabilecek güçtedir. Hele ki bu iki güdüden doğan Doğal Seçilim ile Cinsel Seçilim'in üzerine, daha önceki bölümlerde anlattığım Genetik Sürüklenme ve bir sonraki bölümde anlatacağım yeni mekanizma da eklenecek olursa, türleri nesiller içerisinde değişime zorlayan faktörlerin fazlalığı daha da net anlaşılacaktır.

Böylece, kitabımın son bölümüne ve tanımlanmış olan son Evrim Mekanizmasına geçebiliriz. Sanıyorum ki artık kafanızda, evrimsel süreçlerin büyük resmi oluşmaya başladı. Bu son mekanizma ile, bunun daha da oturacağına ve artık evrimle ilgili tam bir algılayışa erişeceğinize inanıyorum.

BÖLÜM 7:

Kollamaya Cesaretin Var mı? Akraba Seçilimi

Kalahari Çölü'nde av olan Kudu'nun birkaç bin kilometre kuzey doğusunda bulunan Somali'de, Kismayo bölgesinde Hint Okyanusu'na dökülen Jubba Nehri'nin etrafında, gün yavaş yavaş doğuyordu. Bu bölgede her yer verimli olmasa da, Etiyopya'nın yüksekliklerinden başlayıp Hint Okyanusu'na kadar ulaşabilen bu nehrin civarı, birçok ilginç türün yuvasıydı. Güneş, yarı kurak bölgeyi yavaş yavaş ısıtmaya başladığında, türler de yeni bir güne başlamanın telaşıyla hareketlenmişti. Bu türlerden biri, bir *Homo sapiens* bireyi olan Mehmet Arif'ti. Arif, esasında kıtanın kuzeyinde, Turkana Gölü çevresinde fosil kazıları yapan ve tarihin gizemlerini ortaya çıkaran bir arkeolog ve paleontologdu. Ancak işlerin duraklamasını fırsat bilerek, Afrika'nın derinliklerinde çekilecek bir belgesel ekibine katılmış ve buradaki çalışmalara katkı sunuyordu. Ekip, onu Somali'ye kadar getirmişti.

Günün ilk ışıklarıyla birlikte devasa kameralar, uzun ipler, kuvvetli halatlar, arazi araçları, vb. âlet ve edevatlar hazırlanmış, yeni günde yakalanacak yeni belgesel kareleri için heyecanlı bekleyiş başlamıştı. Aslında hedefleri bir *Loxodonta africana*, yani Afrika Çalı Fili yakalayabilmekti, ancak bir süredir pekiyi görüntü alamamış oldukları için, herhangi bir ilgi çekici tür veya olay için gözlerini dört açıyorlardı. Seyrek ağaçlar ve kurak çalılar arasında etrafı gözleyerek ilerliyorlardı.

Etrafı merakla inceleyen gözler, sadece *Homo sapiens*'e ait değildi. Olabildiğince sessiz bir şekilde ilerleyen araçlarından birkaç yüz metre ötedeki çalıların arkasında, genişçe bir *Chlorocebus pygerythus*, yani vervet maymunu ailesi yaşıyordu. Bu çevik maymunlar, genelde çalılardan ve ağaçlardan buldukları meyveler ve otlarla besleniyorlardı. İnsanlara oldukça benzer davranış kalıpları bulunan vervet maymunlarının, kimi zaman tıpkı insanlar gibi hipertansiyon veya anksiyete hastalıklarına yakalandığı, hatta insanların yaşam alanlarında barındırılan bireylerinin alkol bağımlılığı geliştirdiği bile biliniyor. Yaklaşık 45 santimetre uzunluğundaki bu ufak Eski Dünya Maymunları, çalıların arkasından sessizce, ilerleyen arabayı ve içindekileri gözlüyorlardı.

Arabanın gözden kaybolmasından birkaç dakika sonra, elindeki yabani muz yaprağını bitiren, toplamda hayatta olan 4 çocuğa ve 11 toruna sahip olan yaşlı vervet maymunu, ağır bir şekilde yakındaki kısa ağacın üzerine tırmandı ve oradan etrafı izlemeye başladı. Yaklaşık yarım saat boyunca etrafı kolaçan eden büyükanne maymun, yine ağır bir şekilde ağaçtan inip, başka besin kaynakları bulmak üzere ailesinden uzaklaştı.

Birkaç dakikalık bir yürüyüş sonrasında, daha önce varmadığı bir bufalo çalısına vardı. Bu çalılıklarda bulacağı meyveler için heyecanlanarak, hızla çalıların arasına daldı. İşte o anda, kendi türünden olduğuna emin olduğu bir bireyin zayıf ciyaklamalarını duydu. Gözüne kestirdiği meyvelerin yerini ezberlemeyi ihmal etmeyerek, hızla sesin kaynağına döndü ve çalılar arasında 3 metre kadar ilerledi. Bu noktada, kokusundan ve görünümünden kendi ailesinden bir birey olmadığına emin olduğu, yaklaşık 2.5 aylık ufak vervet maymununu, ayağına ve bileğine dikenler batmış bir şekilde buldu.

İkinci bir defa düşünmeksizin yavruyu kucakladı ve dikkatli bir şekilde çalılardan çıkardı, hızla ailesinin yanına götürdü. Ailesinin gizlendiği çalılıklara vardığında, elindeki yavruyu yavaşça yere bıraktı. Kısa sürede etrafını ailenin diğer bireyleri doldurdu ve her biri, dikkatlice kendi türünden olan ancak kendi ailelerine ait olmayan yavruya baktı. 3-4 tanesinin ilgisi kısa sürede kayboldu ve çalılar arasında meyve ye-

meyi sürdürmek üzere geri döndüler. Birkaç tanesi ciyaklayan yavruya yanaştı, biraz kokladı, birkaç yerine dokundu, sonrasında ürkerek geri çekildi. Büyükanne ise onların tepkilerini bir miktar izledikten sonra, yavruya usulca yanaşarak elleriyle, ayağına batmış dikenleri toplamaya başladı. Bunu gören dişi vervetlerden biri, diliyle yavrunun gözlerini ve burnunu yalayarak temizledi. Yavru vervet, 20 dakika içerisinde tüm dikenlerinden arınmış ve iyice temizlenmişti.

Aradan 15 gün geçmişti ve besin bulmanın güç olduğu, kurak dönemde, obur yavruya aile itinayla bakmış ve toparlanmasını sağlamıştı. Kısa sürede ailenin tüm bireyleri, yavruya alışmış ve kendilerinden biri olarak görmeye başlamıştı. Artık yabancı yavru, yeni yavrularla oynuyor, anneler ve özellikle büyükanne, ufaklıkla yakından ilgileniyordu. Vervetler, kendi besin ve alanlarından fedakârlık ederek, tamamen yabancı bir yavrunun bakımını üstlenmişlerdi.

Tüm bu olaylara tanıklık eden, sadece vervetler değildi. Ariflerin ağaçlar arasına kurdukları gizli kameralar, tüm bu yaşananları kaydetmiş ve depolamıştı. Kısa süre sonra birçok önemli bilim dergisinde, vervetlerin bu fedakâr davranışı, "Maymunlarda İnsan Benzeri Fedakârlığa Yeni Örnek" başlığıyla sunulacaktı…

Akrabaların Kayırılması: Aile ve Evrim İlişkisi

Gerçekten de, doğayı incelediğimizde çok net bir gerçekle karşılaşırız: Doğada sadece türler, popülasyonlar, bireyler yoktur. Doğadaki en önemli sosyal gruplardan bir tanesi, ailedir. Genelde insanların aklına "aile" denince gelen, 1. dereceden akrabalardır, yani anne, baba, kardeşler ve çocuklar. Ayrıca gözümüzün önünde canlanan "aile" figürü, sıcak bir odanın içerisinde oturan insanlardır. Hâlbuki doğaya baktığımızda, örneğimizde gördüğümüz gibi, aile kavramının çok daha ucu açık olduğunu ve hiç de rahat bir ortamda gelişmediğini görürüz.

Doğadaki türlerde kimi zaman aileler olabildiği gibi, kimi zaman bireyler tek başlarına yaşarlar. Fakat hayvanların büyük çoğunluğunda, öyle veya böyle bir aile kavramının olduğunu görürüz. Örneğin

fillerde ve aslanlar gibi birçok kedigilde, aile yapısı çok önemlidir. Benzer bir şekilde, en yakın yaşayan kuzenlerimiz olan şempanzeler ve bonobolarda, ilginç aile yapılarına rastlarız. Kimisinde aile bağları sıkıdır, kimisinde daha gevşektir. Üstelik aynı türün içerisindeki ailelerde bile, birbirinden farklı bağlılık seviyeleri görürüz.

Ancak burada daha ilginç olanı, çeşitli durumlarda canlıların aldığı kararların ve sergiledikleri davranışların, grup içerisinde bulunan akrabaların sayısına, onlara olan yakınlığa ve koşullara göre değişiyor olmasıdır. Yani grup içerisinde bir aile üyemizin bulunduğu zamanlar sergilediğimiz davranışlarla, bulunmadığı zamanlar sergilediğimiz davranışlar birbirinden farklıdır. Benzer şekilde, bir grubun içerisindeki bireylerin birbirinden farklı eğilimleri, akrabalık ilişkilerinin etkilenmesine neden olabilmektedir. Yazının başında aktardığım hikâyede, ailenin genç bir bireyi o yavruyu bulmuş olsa, sahiplenmeyebilirdi. Ancak yavruyu bulan, ailenin en yaşlısı olan birey olunca, işler değişmekte ve o birey grubunun (ailenin) evrimsel başarısı olumlu ya da olumsuz olarak etkilenebilmektedir. Evrimsel açıdan bakıldığında, bu farklılığın önemi özellikle türün veya bireylerin devamlılığına etki edecek durumlarda ön plana çıkmaktadır. Bu örneğimizde, kendi alan ve yiyeceklerinden fedakârlık ederek, türlerinden bir diğer bireyi sahiplenen bir aileyi sizlere sundum. Az sonra ise, akrabalarını kayıran bazı tür örneklerini size anlatacağım. Fakat önce, Akraba Seçilimi'nin ne olduğuna bir bakalım.

Akraba kavramının seçilimsel bir anlamı olabileceğini fark eden ilk bilim insanı, yine Charles Darwin olmuştur. *Türlerin Kökeni* isimli kitabında türlerin yaptıklarının ailelerinden etkilendiğine değinmiş, bununla ilgili inek türleri üzerinden örnekler vermiştir. Ancak bugün bizlerin **Akraba (Kin) Seçilimi** adını verdiğimiz ve detaylandırdığımız Seçilim Mekanizmasına, bütün detaylarıyla girmemiş ve yüzeysel olarak değinebilmiştir. Bu sebeple, Darwin'den sonra gelen evrimsel biyologlar, bu konuda ön plana çıkmaktadır. Bu arada belirtmekte fayda görüyorum: "kin" kelimesi, biyolojik olarak "aynı soydan gelen bireylerin oluşturduğu grup" anlamında kullanılmakta, evrimsel biyoloji açısından ise "akraba" ile eşanlamlı olarak kullanılmaktadır.

Akraba Seçilimi'ne yönelik matematiksel çalışmalarıyla ünlü olan biyologlar arasında, 1930 yılında yayınladığı *Doğal Seçilim'in Genetik Teorisi* isimli kitabıyla Ronald Fisher, 1932 yılında yayınladığı *Evrimin Nedenleri* isimli kitabı ve 1955 yılında yayınladığı *Popülasyon Genetiği* başlıklı makaleleriyle John Burdon Sanderson Haldane ve son olarak, muhtemelen bu alandaki en ünlü evrimsel biyologlardan olan, 1964 yılında yayınladığı *Sosyal Davranışların Genetik Evrimi* başlıklı makalesiyle William Donald Hamilton bulunmaktadır. Bu ünlü evrimsel biyologlar, evrimin Doğal, Cinsel ve Yapay Seçilim haricinde, kendisinden önce gelenlerin araştırmalarından yola çıkarak 1964 yılında yazdığı *Grup Seçilimi ve Akraba Seçilimi* başlıklı makalesinde ünlü evrimsel biyolog John Maynard Smith'in ilk defa adını koyduğu Akraba Seçilimi isimli dördüncü bir etmenden etkilendiğini keşfetmişlerdir. Smith, kitabında Akraba Seçilimi'ni *"çevresel baskılardan etkilenen bireylerin, yakın akrabalarının hayatta kalma başarısını destekleyen karakterlerin evrimi"* olarak tanımlamaktadır.

Tanım, oldukça açıklayıcı ve nettir: Türlerin içerisindeki bireyler, kendilerinin yakın akrabalarını (ve hatta türdeşlerini) korumak için, normalde Doğal Seçilim tarafından desteklenmeyecek davranışlar sergileyebilir, nesiller içerisinde buna yönelik özellikler evrimleştirebilirler. Bu, ilk bakışta mantıksız gözükmektedir, çünkü kitabımın bu noktasına kadar bir nevi canlılığın ne kadar bencil, vahşi ve hayatta kalma/üreme odaklı olduğundan bahsettim. Ancak biliyoruz ki doğada, özellikle Memeliler Sınıfı içerisinde, birçok "şefkat", "kardeşlik", "dayanışma" duyguları bulunuyor. Canlılar, kendilerinden fedakârlık ederek, cömertçe akrabaları için hayatlarını tehlikeye atabiliyorlar. Peki, bunlar nasıl oluyor da bu vahşi hayatta kalma ve üreme mücadelesi içerisinde evrimleşebiliyor? Doğal Seçilim ile Cinsel Seçilim, bunların evrimine nasıl müsaade ediyor?

Burada, tekrar evrimin genetik boyutuna dönmekte fayda görüyorum. Bir süredir genlerden bahsetmiyordum. Bu sebeple, bu noktadaki dönüşün, kitabımın bu noktasına kadar olan konuların bir toparlaması olacağına inanıyorum.

Bildiğimiz ve artık öğrendiğimiz şekilde Evrimsel Mekanizmalar esasında genlerdeki çeşitliliği seçmeye yönelik olarak işlemektedir. Çevre şartlarının öngörülemez bir biçimde değişiminden ötürü, canlılar üzerinde oluşan seçilim baskıları, nesiller içerisinde evrimsel değişimlere neden olmaktadır, çünkü sadece genetik yapıları çevreye uyumlu olan bireyler hayatta kalabilmekte, geri kalanlar elenmektedir. Hayatta kalanlar genlerini gelecek nesillere aktarmayı sürdürebilirken, elenenler genleriyle birlikte yok olmaktadırlar.

Bu süreç içerisinde gördüğümüz ilginç bir nokta vardır: Canlıların davranışsal eğilimlerine doğumlarından ölümlerine dek katkı sağlayan genler, yakın akrabalarda birbirine daha yakın nitelikte, uzak akrabalarda ve çok uzak akrabalarda (akraba sayılamayacak bireylerde), birbirinden oldukça uzaktır. Çünkü örneğin kardeşlerin ebeveynlerinden aldıkları genler büyük oranda birbirine benzerken, sokaktan rastgele seçeceğimiz iki insanın genlerinin birbirine benzerliği daha az olacaktır. Bu durumda karşımıza çıkan şudur: Sadece seçilimsel açıdan avantajlı bireylerin değil, aynı zamanda bu avantajlı bireylerin yakın akrabalarının da hayatta kalma şansı arttırılabilirse, başarılı olan daha fazla gen varlığını koruyabilecek ve gelecek nesillere aktarılabilecektir. Bunu başarabilen türler, toplam başarı değerlendirildiğinde, başaramayanlara göre daha da uyumlu olacaklardır. Dolayısıyla, evrimsel süreç içerisinde yakın akrabaların korunması, bir nevi kendi genlerimizin korunması anlamına gelmektedir. Bu sebeple, evrim tarihinde, akrabaların korunmasını sağlayacak süreçler, hem Doğal Seçilim, hem Cinsel Seçilim tarafından desteklenecektir. İşte canlıların üzerinde bulunan ve akrabalarını, daha uzak yakınlıktaki bireylere göre daha fazla kollamalarına zorlayan seçilim baskısına, Akraba Seçilimi denmektedir.

Hamilton Kuralı

Bu karmaşık gibi gözüken anlatımın temelinde, çok basit bir özet yatmaktadır: Bir türe ait bireyler, hayatta kalma ve üreme konusunda akrabalarını, türün diğer bireylerine karşı *kayırırlar*. Konu, esasında bu kadar basit ve açıktır. Doğanın bu sade gerçekliğinin matematik-

sel olarak ifade edilebileceğini düşünen W. D. Hamilton, günümüzde kendi adıyla anılan **Hamilton Kuralı**'nı (kitabımın ilk bölümüne referans olarak: Hamilton İlkesi'ni, Hamilton Gerçeği'ni) keşfetmiştir. Bu kurala girmeden önce, yine hatırlamamız gereken ve kitabımın bu noktasına kadar olan kısımlarını toparlamanızı sağlayacak bir noktaya değinmemde fayda görüyorum:

Hatırlayacak olursanız daha önceki bölümlerde takas (trade-off) ilkesinden bahsetmiş, evrim tarihinin tamamının esasında enerji dengesi üzerine kurulu olduğunu anlatmıştım. Burada, bu gerçeği, tamamen farklı bir konuda yeniden görüyoruz: koruyuculuk yapmak amacıyla kaybedilecek enerjinin, koruduğumuz bireyden veya gruptan türün veya bireyin elde edeceği avantajdan fazla veya az olması durumu... Bunu biraz açayım: Bir türün herhangi bir bireyi, akrabalarını koruyucu bir davranışa girecekse, Doğal Seçilim tarafından bu "gereksiz olabilecek" enerji sarfiyatının elenmemesi için, türün bu koruyuculuktan fazlasıyla fayda etmesi gerekmektedir. Çünkü koruyuculuğun sonucu, vahşi doğada ölüm olabilir. Bir aslanın bir geyiğe şefkat duyması, kendisinin ve çocuklarının ölümü demektir. Bir kartalın avına merhamet etmesi, soyunu tüketebilecek bir yaklaşım olabilir. Çünkü avcıların varlığı, avlarından beslenmelerine bağlıdır. Sadece av-avcı ilişkisi olarak düşünmek de doğru değil: bir annenin, bir yavruya şefkat gösterip, onu kollaması bile, kendisinin yok olma riskini arttırmakta, gelecekte vereceği muhtemel yavruları tehlikeye atmaktadır. Bu, Doğal Seçilim açısından kabul edilmez bir sarfiyattır; ancak az sonra göreceğimiz sebeplerle, Akraba Seçilimi'nin kattığı faydalarla dengelenmektedir.

İşte Hamilton Kuralı, bir türün fedakâr/koruyucu/şefkatli/merhametli davranışlarının ne zaman Doğal Seçilim'in eleyici etkisinden üstün geleceğini matematiksel olarak yalın bir şekilde göstermektedir:

$$r \times B > C$$

Basit, yalın, sade... İki kavramın matematiksel çarpımı, bir üçüncüsünden büyük ise, fedakârca (altruistik) yaklaşmak evrimsel açıdan avantajlıdır; küçük ise, dezavantajlıdır. Elbette doğadaki türler

bu matematiği bilerek, buna uygun olacak şekilde çalışmazlar; bu, doğada gördüğümüzün matematiksel bir ifadesinden ibarettir. Doğanın türler üzerinde dikte ettiğini, matematiksel bir şekilde izah ederiz, birbirimize aktarır, analiz ederiz. Zaten matematik de bunun için vardır. Peki bu denklem bize ne anlatır?

Buradaki "r" ifadesi, tür içerisindeki bir bireyin, bir diğerine olan genetik yakınlığıdır. Yani "akrabalık ilişkisi"dir. Bunu matematiksel olarak ifade etmek için, kesirli bazı sayılar kullanırız. Örneğin, bahsettiğim Hamilton İlkesi içerisinde, ikizlerin genetik yakınlığı 1'dir. Çünkü ikizlerin genetik benzerlikleri birebir aynıdır. Fakat söz konusu iki öz kardeş ise, bu ikilinin genetik yakınlığı 0.5 olarak ifade edilir. Çünkü iki kardeşin, ebeveynlerinden alabilecekleri genlerin benzerliği dikkate alınacak olursa birbirine yaklaşık %50 oranında benzediği görülür. Bu benzerlik, bir ebeveyn ile yavrusu arasında da aynıdır, yani 0.5'tir. Esasında bu sayıların hesabıyla ilgili de matematiksel formülasyonlar söz konusudur; ancak burada detaylarına girmeyeceğim. Basitçe, bu yüzdelerin çiftleşen bireylerin birbiriyle yakınlık düzeyi ve nesil sayısına bağlı bir formülle bulunduğunu söyleyebilirim. Burada bilmeniz gereken, akrabalık düzeyi arttıkça, "r" sayısının da giderek küçüldüğüdür. Örneğin aynı büyükbaba ve büyükannelerin torunları arasındaki genetik yakınlık %25'tir. Kuzenlik derecesi arttıkça, bu değer %0.2'ye kadar düşebilir. Bu noktadan sonra ise pratik olarak akrabalık bağının olmadığı görülür. Elbette, unutmamak gerekiyor ki evrimsel ölçekte bireyler arasında mutlaka "evrimsel akrabalık" ilişkisi bulunmaktadır. Sadece bu akrabalık derecesi, fedakârlıkla ilgili hesaplarda dikkate alınmayacak kadar küçüktür.

"B" çarpanı ise, Akraba Seçilimi'nin ana unsuru olan fedakârlığın, bireye getireceği ek katkıdır. Genellikle, üreme başarısındaki artış ile ifade edilir. "C" terimi ise, yapılacak olan bu fedakâr davranış sonucunda, bireyin üreme başarısındaki düşüşü temsil etmektedir. Örneğin yapılacak olan davranış, eğer bireyin ölümüne sebep olacaksa, üreme başarısı %100 düşecektir diyebiliriz.

Bu terimler dâhilinde, matematiksel ifadeyi analiz edecek olursak: genetik yakınlığın, fedakâr davranışın katkısıyla çarpım değeri, bu fedakâr davranışın mal olabileceklerinden fazlaysa, fedakâr davranış sergilemek Akraba Seçilimi tarafından desteklenecektir. Eğer daha düşükse, bu davranışı sergileyen bireyler, elenecektir. Dolayısıyla bu yalın matematiksel ifade, bize çok net bir şekilde Akraba Seçilimi'nin nasıl işlediğini göstermektedir (benzer matematiksel ilişkiler diğer seçilim türlerinde de görülür; ancak en kolay anlaşılanı ve basiti bu olduğu için, kitabımda buna yer vermek istedim).

Göreceğiniz üzere, bu ifadeye göre, genetik yakınlık 1'e yaklaştıkça (tek yumurta ikizlerinde olduğu gibi), fedakâr davranışların sergilenme ihtimali artar. Eğer ki genetik yakınlık 1'den çok düşükse, muhtemelen kaybedilecek şeylerin miktarı çok daha fazla olacak ve altruistik davranış sergilemek, bireyin elenmesine neden olacaktır.

Tutuklu İkilemi: Bencillik, Fedakârlık ve Cömertlik

Bencillik ile fedakârlık arasındaki ilişki çok uzun yıllardır ekonomistler, matematikçiler, sosyologlar, evrimsel biyologlar ve psikologlar tarafından çalışılmıştır. Bu konuda bilinen en meşhur yaklaşım, hayali bir örnek olan Tutuklu (Mahkûm) İkilemi'nin analizidir. Tutuklu İkilemi, bireylerin birbiriyle işbirliği yapıp yapmamayı nasıl seçtiklerini inceleyen bir yöntemdir. Bu düşünce deneyinde, aynı çeteden iki kişinin (A ve B kişilerinin) tutuklandığı düşünülür. Bu iki kişinin birbiriyle hiçbir şekilde iletişim aracı bulunmamaktadır. Polis, ayrı hücrelerde tuttuğu ve aralarında iletişim olmayan bu iki tutukluya şu opsiyonları sunar:

1. Eğer hem A, hem B birbirine ihanet ederse, ikisi de 10'ar yıl hapis yatacaktır.

2. Eğer sadece A, B'ye ihanet eder ve suçu onun işlediğini söyler, B ise sessiz kalırsa, A tutuklusu serbest bırakılacak, B ise 20 yıl hapis yatacaktır (tam tersi de geçerlidir).

3. Eğer hem A, hem de B sessiz kalırsa, ikisi de 1'er yıl hapis yatacaktır.

Bu durumda A'nın ve B'nin nasıl davranması makul ve mantıklıdır? Diyelim ki A kişisi biziz. B'ye ne kadar güvenebiliriz? Eğer sessiz kalacak olursak ve B de sessiz kalacaksa, sorun yoktur. 1 yıl gibi göreceli olarak kısa bir süre hapis yatarak kurtuluruz; hem de çeteye (gruba, "kin"e) ihanet etmemiş oluruz. Ancak ola ki sırf çeteyi korumak adına sessiz kalırsak ve B de suçu bizim üzerimize atarsa, bu hatalı kararımız 20 yıl hapis cezasına mal olacaktır. Öte yandan hemen suçu B'ye atabiliriz. Eğer ki B sessiz kalmayı seçerse, kurtuluruz. Ama B de sessiz kalmayıp, suçu bize atmaya çalışırsa, sırf kurtulma şansını denemek için ikimiz de 10 yıl hapis yatmak zorunda kalırız. Nasıl bir karar vermeliyiz? İşte Oyun Teorisi, Tutuklu İkilemi dâhilinde bu soruyu inceler.

2 Eylül 2013 tarihinde Pennsylvania Üniversitesi'nden Alexander Stewart ve Joshua Plotkin, *PNAS* dergisinde yayımladıkları bir makalede, bu sorunun tekrar tekrar uygulandığı bir versiyonu analiz ettiler. Yaptıkları analizde, daha önceki çalışmaların aksine bireyleri bir popülasyon içerisinde ele aldılar ve her seferinde bireylerin birbirleriyle karşı karşıya gelmesini sağladılar. Ne kadar deneme yaparlarsa yapsınlar, her seferinde cömertliğin yaygın olduğu popülasyonların, bencilliğin yaygın olduklarına göre avantajlı olduğunu gördüler. Yani cömertliğin bencilliğe karşı başarısı matematiksel olarak da gösterilmiş oldu.

Her ne kadar bu sonuçlar oldukça iddialı olsa da, tek bir koşul etkisi altında yapılan analizler elbette ki doğayı birebir temsil etmiyor olabilir. Çünkü doğada her canlı, her an tutuklu ikileminin etkisi altında değildir. Fakat bu tür çelişkili durumların da popülasyonlar içerisinde sıklıkla doğduğu bir gerçektir. Bu durumlarda, fedakâr olmaya daha yatkın olan popülasyonlar, diğerlerine göre avantajlı konumda kalacaktırlar. Bunun haricindeki durumlardaysa tüm seçilim mekanizmalarının etkisi ayrı ayrı ve detaylı bir şekilde analiz edilmelidir.

Doğadan Akraba Seçilimi Örnekleri

Şimdi doğadan bir diğer Akraba Seçilimi örneğini ele alalım. Benim en hoşuma giden, Cornell Üniversitesi'nden Dr. Paul W. Sherman'ın "Belding Yer Sincabı" olarak bilinen *Urocitellus beldingi*

türü üzerinde yaptığı Akraba Seçilimi deneyleridir. Şimdi, bu deneylere bir göz atalım ve Akraba Seçilimi'nin önemini ve Hamilton İlkesi'nin nasıl çalıştığını anlayalım:

Uzun yıllar boyunca sincapların, avcılarının yaklaşması sırasında çıkardıkları uyarı çığlıklarının Akraba Seçilimi ile alakası olabileceği düşünülmekteydi; ancak 40 yılı aşkın bir süre için kimse bunu nasıl ispatlayabileceğini bilemedi. Dr. Sherman ve 10 kişilik alan ekibi, bunu gösterebilmek adına 1977 yılında kolları sıvadılar ve yıllar boyunca Amerika'nın Kaliforniya eyaletinde bulunan Sierra Nevada'daki yer sincaplarının soy ağaçlarını çıkardılar. Yaklaşık 2 yıl boyunca, toplamları yüzlerle ifade edilebilecek kadar sincabın birbirleriyle olan akrabalık ilişkilerini tespit ettiler. Alanda, 3000 saatten fazla zaman geçiren Sherman ve ekibi, aynı zamanda sincapların karadan saldıran avcılarını da denetleyip takip ettiler. Gözlem boyunca inceledikleri popülasyon 67 defa sansarlar, 11 defa porsuklar ve 24 defa diğer avcılar tarafından saldırıya uğradı. Bunca saldırı, farklı bireylerin verdikleri tepkiyle ilgili detaylı analizler yapabilmelerini sağladı. Her saldırıda mutlaka, bazı bireyler (hepsi değil!) saklanacakları yerde dik konuma geçerek çığlıklar atmaktaydı. Ancak bunun neden olduğu, asıl araştırma konusuydu.

Sherman ve arkadaşları, öncelikle bu çığlıkların avcıyı yanıltma, korkutma, şaşırtma gibi amaçlarla yapılmadığını gösterdi. Hiçbir saldırıda avcı, bu çığlıklar sebebiyle herhangi bir davranış değişikliği göstermiyordu. Üstelik yaptığı istatistiki çalışmalarda bu çığlık atan bireylerin, atmayanlara göre avcının dikkatini çekme ve saldırıya uğrama, dolayısıyla ölme şansının daha da arttığını gösterdi. Böyle bir durum, ne Doğal Seçilim tarafından desteklenir, ne de Cinsel Seçilim'in desteğini alabilir (zira üreme amaçlı bir davranış değildir). Demek ki bu çığlıkların bambaşka bir sebebi vardı, bu bulunmalıydı.

Özellikle akrabaların bir arada bulunduğu ve bulunmadığı gruplarda yapılan daha detaylı gözlemler, çok ilginç bir sonucu ortaya çıkardı: avcının yaklaştığını gören bireyler, eğer ki yakınlarında, yakın akrabalarının sayısı fazlaysa çok yüksek frekanslı, arka arkaya alarm çığlıkları atmakta ve kendilerini ekstra riske atmak pahasına akraba-

larını uyarmaktaydı. Ancak aynı bireyler, eğer ki çevrelerinde çok az akrabaları bulunuyorsa veya bu akrabaların yakınlık derecesi fazla değilse, daha düşük frekanslı, daha seyrek alarm çığlıkları atıyordu. Hele ki etrafta hiç yakın akrabası bulunmuyorsa, tamamen sessiz kalıyor ve kendisini hiç riske atmıyordu.

Sherman ve arkadaşlarının yaptıkları bu keşif, çok net bir şekilde Akraba Seçilimi'ni, yani bir nevi "akrabaları kayırma ve destekleme ilkesi"ni ortaya koydu. Sonrasında, diğer canlılar üzerinde yapılan incelemelerin de aynı sonuçları vermesi, Akraba Seçilimi'nin bir Evrim Mekanizması olduğunu gösterdi. Burada, bireyin evrimsel uyumluluk kabiliyetini belirleyen **doğrudan uyum başarısı (direct fitness)** yerine, **kapsayıcı uyum başarısı (inclusive fitness)** kavramı geliştirilmiştir. Bu kavram dâhilinde, sadece bireyin evrimsel başarısı değil, aynı zamanda akrabalarının bireye bağlı olan evrimsel başarıları da değerlendirilir. Bu, Evrimsel Biyoloji'nin doğayı kavramamıza yaptığı devasa katkılardan bir diğeridir.

Bu araştırma sonuçlarını destekleyen bir diğer çalışma, Kansas Üniversitesi'nden Dr. Kenneth B. Armitage tarafından yapılan uzun soluklu bir deneyden gelmiştir. 35 yılı aşkın bir süredir sarı karınlı dağ sincaplarını (*Marmota flaviventris*) inceleyen Armitage, eğer ki etrafta bir tehdit unsuru varsa, yalnızca yakınlarında kardeşleri olan bireylerin uyarı çığlığı attıklarını tespit etmiştir. Yalnız Armitage'ın çalışmalarında görülmüştür ki, dağ sincapları kuzenlerini ve diğer akrabalarını pek de korumaya yanaşmamaktadır. Bu durum, türden türe aile bağlarının değişikliğine bağlanmaktadır. Yani birkaç sayfa önce verdiğim Hamilton İlkesi'nde, B teriminin değeri, türden türe oldukça değişebilmektedir.

Hikâyenin başındaki örnek tamamen bencillik karşıtı geliyorken, bu örnek kulağa biraz bencil geliyor olabilir. Ancak doğa, bencillik, şahsi düşünceler, vb. kavramlara takılmaz. Biz, doğayı gözler ve gerçekleri ortaya koyarız. Daha sonra bu gerçekleri, kendi değer yargılarımıza göre isimlendirebiliriz. Eğer ki bu koruyucu içgüdü, bencil bir davranış ise, yapacak bir şey yoktur, doğa bizim düşüncelerimiz ve duygularımız ile ilgilenen bir sisteme sahip değildir. Her ne kadar

insani duygularımız, kardeşimizi kollamamızın "tamamen duygusal" bir olay olduğuna inanmak istiyor olsa da, en azından mantıklı aklımızın bir kenarında, bunun evrimsel ve genetik kökenleri olduğunu hatırlamakta fayda görüyorum.

Akraba Seçilimi ile ilgili olarak az önce saydıklarımdan başka bugüne kadar birçok farklı araştırma yapılmıştır. Bunun sonucunda sadece Akraba Seçilimi'nin nasıl işlediği değil, aynı zamanda doğanın nasıl çalıştığı ve doğanın içerisindeki önemli bazı yapıların ve davranışların nasıl evrimleştiği anlaşılabilmiştir. Örneğin hayvanlardaki sosyal yapının ve türümüzdeki sosyal duyguların büyük oranda Akraba Seçilimi'nin bir ürünü olduğu düşünülmektedir. Ancak bu çok geniş bir konu olacağından, burada işlemeyi uygun görmüyorum.

Bunun yerine, daha belirgin örneklerden biri olarak **sperm rekabeti**ni verebilirim. Erkeklerin çilesi ne yazık ki sadece dişileri etkilemekle bitmemektedir. Aynı zamanda eğer ki dişi çok eşli olarak ürüyorsa, yani bir çiftleşme sezonu boyunca birden fazla erkekle çiftleşebiliyorsa, bu durumda farklı erkeklerin spermlerinin de birbirleriyle mücadele etmesi gerekir. Çünkü dişi içerisinde sınırlı sayıda yumurta vardır ve sadece birkaç tane sperm bu yumurtaları dölleyebilir. Çiftleşme dönemi boyunca bu dişinin vücudunda birden fazla erkeğin spermleri bulunabilir. Bu durumda, bunların hangisinin sperminin yumurtayı dölleyeceği büyük öneme sahiptir. Normalde sperm rekabeti ilginç bir doğal seçilim örneği olarak karşımıza çıksa da, *Apodemus sylvaticus* isimli tahta farelerinde akraba seçilimiyle ilgili çok ilginç bir durumla karşılaşmaktayız. 2002 yılında yapılan bir araştırmaya göre, bu farelerin spermlerinin baş bölgesinde kancalar evrimleşmiştir. Bu kancalar sayesinde birbirlerine tutunan aynı bireye ait spermler, onlarca ila binlerce spermden oluşan koloniler kurabilirler. Bu sperm kolonileri, tekil yüzen spermlere göre çok daha hızlı ilerleyebilirler. Esasında tek bir bireyin spermleri arasında bile rekabet varken, böylesi bir dayanışma sayesinde diğer bireyin spermlerini geçmek hedeflenmektedir. Elbette diğer bireyin spermleri de kendi içerisinde böyle bir dayanışma sergileyebilir. Ancak bunu en başarılı şekilde yapan, avantajlı olacak ve üreyecektir. Yani karşımıza

yine yirminci değişim noktası çıkmaktadır: bir özelliğin evrimi tek bir seçilim mekanizması ışığında değerlendirilmemelidir.

Üstelik spermlerle ilgili hikâye sadece bu kadar da değildir! İşin içine fedakârlık da girmektedir. Bu bahsettiğim sperm kolonileri içerisindeki bir spermin yumurtayı dölleyebilmesi için kolonin zamanı gelince dağılması gerekmektedir. Fakat koloni bir defa kurulduğu zaman, kolay kolay birbirinden ayrılamaz. Eğer ki kolonin ayrılması isteniyorsa, sperm başlarının eriyerek, spermin dağılması gerekir. Fakat normalde bu işlem, yumurtaya ulaşınca başlamalıdır. İşte burada akrabalar arası fedakârlık devreye girmektedir. Sırf daha hızlı ilerleyebilmek için koloni kuran spermlerin bazıları, bu kolonin dağılmasını sağlamak için akrozom erime reaksiyonu denen bu tepkimeyi başlatır ve kendilerini feda eder. Bu fedakârlık sayesinde, eğer ki yeterince şanslı ve uyumlularsa koloni içerisindeki spermlerden biri, yumurtayı diğer erkeklerin spermlerinden daha erken dölleyecektir.

Akraba Seçilimi'nin evrimsel değişime katkısı sanıyorum ki bu örneklerden sonra oldukça açık hale gelmiştir. Türler içerisindeki bireyler, yakın akrabalarını korudukları zaman, onların kapsayıcı uyum başarılarını arttırırlar. Bu sayede, kendilerinde de büyük oranda bulunan birçok gen yapısının da korunmasını sağlarlar. Eğer ki korunan bu bireyler üreyecek olurlarsa, onların yavruları, koruyan bireyin genlerini de temsil edecektir. Böylece, evrimsel süreç içerisinde, koruyuculuğu sağlayan yapıların evrimine doğru bir yönelim olacak; ancak bu yönelim, çevresel durumların sağladığı enerji dengelerine bağlı olarak değişebilecektir. Yani çevre değiştikçe, ne oranda altruistik davranış sergilemenin faydalı olacağı durumu değişecek, türler de Akraba Seçilimi'nin etkisi altında buna uyum sağlayacak şekilde değişeceklerdir. İşte nesiller içerisinde oluşan bu değişime, evrim diyoruz.

Böylece, Akraba Seçilimi konusunun, bilinen temel Evrim Mekanizmalarının ve kitabımın sonuna gelmiş olduk. Şimdi tüm bu anlattıklarımı kafanızda oturtabilmeniz adına, toparlayıcı bir sonsöz ile sözlerimi noktalayacağım. Böylece, umuyorum ki modern Evrim Kuramı'nın tam olarak ne olduğunu sizlere aktarabilmiş olacağım.

Sonsöz

Evrim Ağacı, sadece sıradan bir bilim imgesi değildir. Aynı zamanda, felsefemizi, hayata bakışımızı ve hayatın kendisini algılayışımızı değiştirmiş bir ağaçtır. Bu ağaç, sadece yakın akrabaları değil, hayatın bu gezegende 4 milyar yıl kadar önce başlamasından günümüze kadar geçen akıl almaz sürede yaşamış, yok olmuş veya yaşamakta olan istisnasız her canlı türünü birbirine bağlayan, müthiş bir gerçekliktir. Var olan her bir canlı türünün, uzak veya yakın olarak, bir şekilde diğer bütün türler ile akraba olduğu gerçeğinin sürerliliğini sağlayan doğa yasası, evrimdir. Bu yasayı anlamak için bilim insanlarının yönelttikleri "Neden" sorusunun cevabı, bize Evrim Teorisi'ni vermiştir. Dünya çapındaki on binlerce bilim insanı, ömürlerini bu teoriyi bir gıdım olsun geliştirebilmeye adamışlardır. Bilim, özveri isteyen, müthiş enerji gerektiren, azmin ve çok çalışmanın ürünü olarak gelişen bir bilgi türüdür. Kendi hatalarını görüp, kabullenip, düzeltebilen veya önceki açıklamalarını geliştirebilen tek bilgi türüdür. Şahsi düşüncelerden arındırılabilmiş tek bilgi türüdür. Bunlar, bilimin hayattaki tek gerçek yol gösterici olmasını sağlamaktadır.

Evrim gerçeğinin fark edilmesinin, neredeyse bilim kadar eski bir tarihi vardır. Antik Yunan'da oldukça yüzeysel bir şekilde fark edilen bu gerçeğin, öncelikle çeşitli coğrafyalardan bilim insanlarınca daha belirgin tanımlarla önü açılmış, sonrasında, 1859 yılında Charles Robert Darwin sayesinde büyük ölçekte tanımlanmıştır. Bundan sonra ise, 150 yılı aşkın bir süredir, bu bilim dalı hatalarından ayıklanmakta, geliştirilmekte, güçlendirilmektedir. Bu sebeple, kitabımdaki örneklerden de anlamış olacağınız gibi, Evrim Kuramı'nı yalnızca Darwin ile özdeşleştirmek, yapılabilecek en büyük hatalardan biri olacaktır.

İnsanoğlunun kibri, ne yazık ki bilimsel tarafsızlığının önüne geçmiş ve geçmektedir. "Nereden geldik?" sorusuna, bugüne kadar verilmiş bilim dışı ve doğaüstü cevapların kökten hatalarının gösterilmesi ve tamamen yıkılmış olması, birçok insanı tedirgin etmekte ve bilimi, düşman ya da tehdit olarak görmelerine neden olmaktadır. Bu, yalın bir şekilde saçmalıktır. Zira bilim, herhangi bir şekilde düşmanımız olamaz. Bilim, doğayı anlama sanatıdır. Bilim, doğayı anlamlandırma felsefesidir. Bilim, doğanın olabildiğince yalın bir edebiyatla anlatılması işidir. Bilim, şahsi inançların tarafsızlığın önünden tamamen çekildiği bir araştırmalar bütünüdür. Bu yapısıyla bilim, bizim düşmanımız olabilecek son alandır. Bu yüzden hastalandığımızda kendimizi gözü kapalı bilime teslim ederiz. Arabamıza bindiğimizde, bilim ile üretilmiş bir aracın çalışmasına güveniriz. Bu kitabın yazımında, bilimin bir ürününü, ona duyduğum tam güven ile kullanmaktayım. Evren'in dokusunu anlamak konusunda, tek güvenebileceğimiz alan bilimdir. Canlıları, doğayı anlamada ve anlamlandırmada, bilimsel çıkarımlara, araştırmalara güveniriz. Sağlığımızla, kendimizle, yaşantımızla ilgili bir sorun söz konusu olduğunda, en bilimsel kaynaklara ulaşmaya çalışırız, mümkün olduğunca başka kaynaklardan medet ummayız. Çünkü biliriz ki bilim, gerçeğe giden yoldaki en güçlü ışıktır. Bilim, en güvenilir, en güçlü, en tarafsız bilgi türüdür.

İşte bu sebeplerle, sırf şahsi inançlarının zedelenebilecek olmasından ötürü insanların bilimden ve bir bilim dalı olan Evrimsel Biyoloji'den korkmaları, son derece anlamsızdır. Bilim, yalnızca ve yalnızca gerçekleri bulmayı hedeflemektedir. Bu gerçeklerin, bizim şahsi inanç ve görüşlerimize tamamen uyumlu olmasını beklemek anlamsız olacaktır. Çünkü bilim, doğası gereğiyle 7 milyar insanın her birinin potansiyel olarak farklı olabilecek ihtiyaçlarına, doğrularına, inançlarına uyamaz, uymaya çalışmaz, uymaz da zaten... Tam tersine, bu her bir şahsi inanç ve düşünce, eğer gerekiyorsa, bilimsel gerçeklere adapte edilmelidir, uyarlanmalıdır. Bilimle, şahsi inanç sistemlerinin arasındaki çatışma, yalnızca bu şekilde çözülebilir. Bilimin inançlara göre manipüle edilmeye çalışılması, hiçbir şeyi çözmemiştir ve asla da çözemeyecektir. Hiçbir zaman başarıya ula-

şamamıştır ve asla da ulaşamayacaktır. Adapte edilmesi ve çağa ayak uydurulması gereken, bireylerin şahsi görüşleri ve inançlarıdır. Bu, tarih boyunca her daim böyle olmuştur ve sonsuza dek böyle olacaktır. Bilime, teknolojiye, özgür düşünceye, tarafsızlığa yeterli önemi veremeyen toplumlar, tarih sahnesinden silinmeye mahkûmdurlar. Bunu, Anadolu coğrafyasının tarihinde de görmek pek kolaydır.

İnsanlarımız, biraz daha açık fikirli bir şekilde bilime yaklaştıklarında göreceklerdir ki, esasında hem herhangi bir bilim dalı içerisinde, hem de Evrimsel Biyoloji dâhilinde korkulacak, çekinecek, sakınılacak hiçbir unsur yoktur. Tam tersine, bilimin amacı korkularımızla yüzleşmek, gerçekleri açığa çıkarmak, böylece yersiz yere korktuğumuz unsurları ortadan kaldırmaktır. Zira birçokları, evrimi var oluşun baş döndürücü bir yöntemi olarak görmekte ve bu "güzelliği" (ki doğal bir süreci, insani bir sıfatla nitelendirmek ne kadar doğrudur, tartışılır), şahsi inanç sistemlerinin bir parçası olarak görmektedirler. Ben, şahsi olarak, bireysel inançlar ile bilimin bir arada bulunmaması gereken alanlar olduğunu düşünsem de, az önce de belirttiğim gibi, toplumsal bütünleşmenin tarafların bilimsel çerçevede barışmasıyla mümkün olacağına inanıyorum. Zaten kitabımın amacı da, Evrim Kuramı'nın *ne* olduğunu tam olarak bilmeyen okurlarımın bu konuya sağlam temellere dayanarak giriş yapabilmesini sağlamak, hâlihazırda Evrim Kuramı hakkında bilgisi olan diğer okurlarımın ise bilgilerini tazelemek ve güncellemek, temellerini güçlendirmekti. Umarım bir nebze faydası olabilmiştir.

Kitabımın 7 bölümünde özetlediğimden görebileceğiniz gibi, evrim artık tartışılmaz bir doğa yasasıdır ve Evrim Kuramı, artık tamamen çürüyeceğini göremeyeceğimiz kadar kapsamlı ve güçlüdür. Bu noktadan sonra bize düşen, bu kuramın temelinde yatan doğa yasalarını daha iyi tanımak ve buna paralel olarak, mümkünse Evrim Kuramı'nı daha da geliştirmek ve kuramı tam olarak anlamaktır. Bunun için çok fazla okumalı, araştırmalı ve zihnimizi açmalıyız. Sadece bir bilimin değil, birçok bilimin alanına girmeliyiz. Zaten bunu yaptığınızda göreceksiniz ki, her bilim dalında evrim, kendisine uygulama alanı bulabilmekte ve o bilime güç katmaktadır. Tabii ki bili-

min doğası gereği, Evrimsel Biyoloji de diğer bilim dallarından güç almakta ve önündeki engelleri bir bir kaldırmaktadır.

Kitabımda, 20 farklı değişim noktasından bahsettim. Bunlara "değişim noktası" adını vermemin sebebi, şu anda yaşadığımız hayata dair görüşlerimizi, Evrimsel Biyoloji'nin bize gösterdiği gerçekler dâhilinde değiştirdiğimizde görebileceğimiz ihtişamını anlayabilmenizi sağlamak ve sizi, bu gerçeklere alıştırmaktı. Tekrar göz atmak isteyenler için, bu 20 maddelik değişim noktaları listesini burada tekrar sunacağım. Bunları bağımsız olarak da okuduğunuzda göreceksiniz ki, esasında bu 20 madde, evrimin tam olarak anlaşılabilmesi ve en temel hatalara düşülmemesi için kavranması gereken önemli noktalardır:

1) Hiçbir teori ispatlandığında kanun olmaz! Tam tersine teoriler, bazı kullanımlarda "kanunlar" olarak geçen "doğa gerçekleri"ni birbirine bağlayan ve daha geniş açıklamalar yapmamızı sağlayan bilimsel açıklamalardır. Teoriler, kanunların omuzlarında yükselir. Bir bilimsel açıklamanın, kapsam ve içerik olarak ulaşabileceği son nokta "teori" durumudur.

2) Evrim ile Evrim Kuramı aynı şey değildir! Evrim, canlıların değiştiği gerçeğini ortaya koyan, "*ne*" sorusunun cevabı olan bir doğa gerçeğidir. Evrim Kuramı ise, bu doğa yasasının nasıl işlediğine ve canlıların "*neden*" evrim geçirdiklerine yönelik açıklamalar bütünüdür.

3) Bir kuramı tamamıyla çürütmek/yanlışlamak istiyorsanız, o kuramın dayandığı doğa gerçeklerini teoriye bağlayan, test edilmiş hipotezlerin her birini, tek tek çürütmeniz/yanlışlamanız gerekmektedir; yani gerçekler ile teori arasındaki bağı/köprüleri kırmanız gerekmektedir.

4) Doğada hiçbir karmaşık yapı son haliyle, bir anda, öylece hiçlik içerisinden var olmaz! Mutlaka basit bir başlangıçtan başlanır ve evrimsel süreç içerisinde, gelecek bölümlerde göreceğimiz yöntemlerle bir eleme/seçme sonucunda karmaşık yapılara kademeli olarak ulaşılır.

5) Canlılığın başlangıcına kadar izleyeceğimiz soy hatlarında her zaman canlılık, kendisinden önceki canlılardan oluşmaktadır. Ancak canlılığın başlangıcına ulaştığımızda, cansızlık içerisinden evrimleşmiş olduğu görülecektir.

6) Evrim, hiçbir zaman tek bir bireyde meydana gelmez, nesiller içerisinde meydana gelen değişimdir! Evrimden söz edebilmek için mutlaka, en azından 1 neslin geçmesi gerekir.

7) Günümüz modern tür tanımı, sadece çiftleşebilmeye bağlı olarak değil, başta genetik analizler olmak üzere, morfolojik, davranışsal, fizyolojik, ekolojik analizlere dayanarak, türlerin evrimsel ilişkileri üzerinden yapılmaktadır.

8) Mutasyonların çoğu zararlı değildir; çok büyük bir kısmı nötr (etkisiz) ya da nötre yakın etkilidir, dolayısıyla ani değişimler yaratmaz. Bunlar genellikle uzun vadede, kademeli etki göstererek türe fayda sağlayabilirler. Geriye kalan ve ani değişimler yaratabilen daha az sayıdaki mutasyonların büyük bir kısmı zararlıdır, ufak bir kısmı ise faydalıdır.

9) Canlılardaki evrimsel değişimlerin hammaddesi, genetik malzemedeki sürekli ve durdurulamaz değişimdir. Evrim'in Çeşitlilik Mekanizmaları, Evrim'in Seçilim Mekanizmalarının çalışabileceği bir alan, bir çeşitlilik yaratır. Çeşitlilik olmaksızın seçilim düşünülemez.

10) Tür içerisinde yeterli çeşitlilik var olduğu müddetçe, uygulanacak her türlü seçilim baskısı, nesiller içerisinde canlı soy hatlarının öncelikle genetik yapısının, sonrasında da ister istemez fiziksel görüntüsünün değişmeye başlamasına neden olacaktır. İşte gen havuzunda meydana gelen bu kademeli değişime evrim deriz. Evrimden söz edebilmemiz için illa gözle görülür fiziksel değişime ihtiyaç yoktur; gen dağılımlarının nesiller içerisinde değişimi de evrimin ta kendisidir!

11) Evrim, bir canlının tamamen farklı bir canlıya, bir anda dönüşüvermesi demek değildir. Örneğin bir insanın bir kuşa dönüşüp uçmaya başlaması, bir kedinin timsaha dönüşüp suya dalması demek değildir!

12) Evrim hiçbir zaman birey düzeyinde meydana gelmez; evrimleşenler popülasyonlardır, bireyler değil! Birey bazında geçici olarak meydana gelen, kalıtımsal olmayan değişimler (modifikasyonlar) evrim değildir!

13) Fiziksel ve genetik yapılarıyla bir bütün olarak organizmalar (canlılar), çevrelerinden bağımsız olarak düşünülemezler! Organizmayı oluşturan genler ile bu genlerin, çevre etkisiyle dışavurumu olan fiziksel görünüm (dış yapı), çevre ile sürekli ilişki içerisindedir ve bu ilişki, evrimi tetikleyen ana unsurdur.

14) Bir canlının içerisinde bulunduğu çevre, onun istek ve arzularından bağımsız olarak, her zaman ve genellikle kaotik (karmaşık) bir şekilde değişir. Dolayısıyla evrimin ne yöne doğru gideceğini kestirebilmemiz için, doğanın o anda bulunduğu koşulların değişmeyeceğini varsaymamız gerekir. Ancak doğa koşulları, er ya da geç, öngörülemez bir şekilde değişecektir. Bu yüzden çok uzun vadede evrimsel analizler yapmak oldukça güçtür.

15) Evrim Kuramı olarak isimlendirdiğimiz kuramlar bütünü, sadece "Darwin'in Doğal Seçilim'e Bağlı Meydana Gelen Değişim Teorisi" ile sınırlı değildir. Darwin'den sonra gelen birçok büyük bilim insanı, doğadaki evrimsel değişim gerçeğine açıklamalar getiren farklı evrim teorileri ileri sürmüştür ve bunlar da, Darwin'in Teorisi gibi son derece önemlidir.

16) Canlılık tarihinde olan bir değişimin, gelişen bir yapının, evrimleşen bir özelliğin nasıl olabildiğini *henüz* anlamıyor olmamız, bu özelliklerin evrimsel süreçlerle var olmadığı anlamına gelmez. Olsa olsa, bizim bu konudaki bilgisizliğimizi veya konu hakkında yeterli bilimsel araştırmanın yürütülmediği anlamına gelir.

17) Türlerin evrimsel değişimleri, her zaman ve mutlaka enerji dengesi üzerine kuruludur.

18) Genetik çeşitliliğin ve Doğal Seçilim'in varlığını kabul eden biri, otomatik olarak evrimsel değişimlerin varlığını kabul etmek durumundadır. Çünkü sadece bu ikisi aracılığıyla bile evrimsel de-

ğişimler sağlanabilir, kaldı ki diğer onlarca mekanizmanın varlığı unutulmamalıdır.

19) Dünya üzerindeki bütün türlerin ortak iki adet biyolojik amacı bulunmaktadır: hayatta kalmak ve üremek.

20) Evrimsel değişimler, farklı Evrimsel Mekanizmaların birbirine bağımlı etkisi sonucu oluşmaktadır. Dolayısıyla evrimsel süreçleri, farklı Evrimsel Mekanizmaların bağımsız etkilerinden ayrı olarak düşünmek mümkün değildir. Bir türün evrimi, hiçbir zaman tek bir mekanizma açısından değerlendirilemez!

Bunlar, elbette ki evrimin tamamını anlamaya yeterli olmaktan çok uzaktır; ancak yine de kafalarımıza yerleştirilen temel yanlışları çözmek için önemli birer adım olacaklardır diye düşünüyorum. Unutmayın ki her bir maddenin detaylı açıklaması, kitabımın içerisinde bulunmaktadır, dolayısıyla bilgi almak için ilgili kısımlara yeniden gidebilir ve buraları okuyabilirsiniz.

Darwin, 5 yıl süren Beagle gezisinin sonunda, bu kadar güçlü bir gerçeği keşfedeceğini hiç düşünmemiştir. Canlıların nasıl yaratıldığını ispatlamak üzere bindiği kraliyet gemisi, 5 yılın sonunda onu tamamen farklı bir gerçekle, canlıların kendilerinden önceki türlerden, kademeli ve çok yavaş bir biçimde değişerek var oldukları gerçeğiyle yüzleştirmiştir. Darwin, sırf toplumsal normlara ve inançlara ters düşmemek için, gezisinde gördüklerini yayınlamak konusunda yıllarca çekingen davranmış, toplumsal yapıya duyduğu saygısı bilime duyduğu aşka baskın gelmiştir. Ancak bilim ve gerçekler, her zaman olduğu gibi yolunu buldu ve Darwin, birçok sebepten ötürü ömrü boyunca keşfettiği gerçekleri yayınlama kararı aldı. Bu kitabımın son satırlarını yazdığım 24 Kasım 2012 tarihinden tamı tamına 153 sene önce, 24 Kasım 1859 gününde basılan kitabı tüm dünyada ses getirdi ve bilim tarihinin gidişatını tamamen değiştirdi. Günümüzde halen devam etmekte olan bu bilimsel devrim de, onun açtığı yol sayesinde sürmektedir.

Kitabımda, size birçok Evrim Mekanizmasından bahsederek, evrimsel sürecin nasıl işlediğini ve esasında "evrim" olarak isim-

lendirdiğimiz gerçeğin, ne kadar basit doğa yasalarına bağlı olarak meydana geldiğini anlatmaya çalıştım. Darwin'in kitabının sonunda belirttiği "ihtişama sahip yaşam görüşü"nü, modern veriler ışığında, bir bütün olarak size aktarmaya çalıştım, olabildiğince fazla mekanizmaya kitabımda yer vermeye çalıştım, ancak belki bir bu kadar daha mekanizmadan bahsetmemiz gerekiyor. Bu sebeple en önemlilerini ve en kolay anlaşılabilir olanları seçmeye çalıştım. Ancak lütfen, bu bahsettiklerimin her bir tanesi ve hatta alt başlıkları üzerine, en az şu an elinizdeki bu kitap kalınlığında birçok kitap yazıldığını ve yazılabileceğini unutmayınız. Elbette bu kitap, bu mekanizmaların hepsinin, bütün derinliklerine tam olarak girememiştir; ancak popüler bilim camiasındaki çok önemli bir eksiği, temel evrim bilgisine yönelik çalışmalardaki eksiği kapatmayı hedeflemiştir.

Popüler bilim dünyasında bulabileceğiniz birçok kitap, ne yazık ki okurun temel evrim bilgisine sahip olduğu varsayımıyla yola çıkmaktadır. Bu kitapta ise bu varsayımı görmezden gelerek, sizlere sıfırdan ve çok sayıda farklı açıdan yaklaşarak bir temel oluşturmaya çalıştım. Çünkü inanıyorum ki, Evrim Mekanizmalarını ve nasıl işlediklerini tam olarak anlamış bir birey, kafasını karıştıran bütün doğa olaylarını çözebilecek ve canlıların özelliklerinin nasıl evrimleştiğini, herhangi bir kaynağa başvurmaksızın bile, kendi başına çözebilecektir. Siz okurlarıma kitabımda katmaya çalıştığım temel, tam olarak budur. Öte yandan, evrim biliminin akademik olarak öğrenilmesinin tek yolunun üniversite eğitiminden geçtiği, bu kitabın size, piyasadaki diğer tüm kitaplar gibi yalnızca popüler bir anlayış kattığı gerçeği asla unutulmamalıdır.

Tüm bunlarla birlikte, eğer ki burada izah ettiğim ve detaylandırdığım mekanizmalar ve evrim anlayışı ile ilgili olarak, hayata bakış açınıza bir nebze katkı sağlayabildiysem ne mutlu bana!

Bana da soracak olursanız, 19. yüzyılın en büyük bilim insanlarından Charles Darwin'in sözlerini, onun da katılacağını düşündüğüm şekilde değiştirerek ve modern bilim ışığında geliştirerek şöyle sunabilirim: "*Dünya'mız bu şekilde sabit gibi görünen fizik yasaları etkisi altında dönmeyi sürdürdükçe ve canlılık, geçmişte olduğu gibi*

günümüzde de basit doğa yasalarına bağlı olarak varlığını sürdürdüğü müddetçe, Evrimsel Biyoloji'nin hayatımıza kattığı bakış açısında, yani çok basit bir başlangıçtan, bu kadar çeşitli, bu kadar güzel sayısız türün evrimleşmiş ve evrimleşmekte olduğunu gösteren **bu yaşam görüşünde ihtişam var!**"

Ve bilimin bu ihtişamı, düşünen, sorgulayan, araştıran, merak eden, soru soran beyinler var olduğu sürece, karanlık dünyamızı aydınlatan bir mum ışığı olarak kalmaya devam edecek.

Önüne çekilen bütün engellere rağmen, bilimin ve yaşamın daima yolunu bulacağına hiç şüphem yok.

Çünkü karanlığı, yalnızca bilim ile fethedebiliriz.

Teşekkürler.

Çağrı Mert Bakırcı
24.11.2012, 02:01
Ankara / Türkiye

Son Düzenleme:
08.04.2014, 15:42
Texas / ABD

Kaynaklar ve İleri Okuma

Burada vereceğim kaynaklar, benim evrimsel biyoloji alanında yaptığım araştırmalarda bana yol gösteren makaleler ve kitaplardan derlenmiştir ve bu kitabın çıkmasında her birinin büyük önemi bulunmaktadır. Bu alanda belli bir düzeye ulaşmak isteyen her kişinin, öncelikle piyasadaki sıradan popüler bilim kitaplarıyla başlayıp, sonrasında belli bir olgunluğa eriştikten sonra değerli hocalarımız tarafından Türkçeye kazandırılmış ders kitaplarına geçip, sonrasında makaleleri okumaya başlaması gerekmektedir. Bilimin basamaklarını bu şekilde tırmanabilir ve konuyla ilgili detaylı bir kavrayışa erişebilirsiniz diye düşünüyorum.

Aşağıdaki kaynaklar yazarın soyisim sırasına göre dizilmiştir.

Abzhanov, A., vd. (2004). Bmp4 and morphological variation of beaks in darwin's finches. *Science*, 305, 1462-1465. doi: 10.1126/science.1098095

Akademiler Arası Panel (IAP) Üyesi Akademiler. (2006, Haziran 21). *Iap statement on the teaching of evolution*. Alındığı site: http://www.interacademies.net/10878/13901.aspx

Anderson, J. T., vd. (2013). The evolution of quantitative traits in complex environments. *Nature Heredity*, 1-9.

Andersson, M. (1982). Female choice selects for extreme tail length in a widowbird. *Nature*, 299, 818-820. doi: 10.1038/299818a0

Attenborough, D. (Writer) (2002). Human mammal, human hunter [Belgesel Serisi]. In Salisbury, M. (Baş Yapımcı), *Life of Mammals*. United Kingdom: BBC Natural History Unit & Discovery Channel.

Austin, J., Szalanski A.L., Uva P., Bagneres, A. & Kence, A. (2002). A comparative genetic analysis of the subterranean termite genus reticulitermes (isoptera: Rhinotermitidae). *Annals of the Entomological Society of America*, *95*(6), 753-760.

Beccaloni, G., Berry A. (Anlatıcı). (2013, Kasım 05). *A. R. Wallace: The Other Guy to Discover Natural Selection - Op-Docs* [İnternet videosu]. Alındığı site: http://www.youtube.com/watch?v=uo-BxHWtGNQ

Bahcall, O. (2013). Pigeon genome. *Nature Genetics*,*45*(233)

Barrick, J. E., vd. (2009). Genome evolution and adaptation in a long-term experiment with escherichia coli. *Nature*,*461*, 1243-1247.

Bennett, A.F., Lenski, R.E., & Mittler, J.E. (1992). Evolutionary adaptation to temperature I. Fitness responses of Escherichia coli to changes in its thermal environment. *Evolution*, 46:16-30

Bodner Research Web (Purdue University). *Energy, enthalpy, and the first law of thermodynamics.* (Tarih bilinmiyor). Alındığı site: http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch21/chemical.php

Brooks, D. J., vd. (2002). Evolution of amino acid frequencies in proteins over deep time: Inferred order of introduction of amino acids into the genetic code. *Molecular Biology and Evolution*, 19(10), 1645-1655.

Brown, W. M. (2001). Natural selection of mammalian brain components. *Trends in Ecology & Evolution*, *16*(9), 471-473.

Buffum, Burt C. Arid Agriculture; *A Hand-Book for the Western Farmer and Stockman*, sf. 232

Busch, B. C. (1987). *The war against the seals: A history of the north american seal fishery*. (1. baskı, sf. 187). McGill-Queen's Press.

Butterfield, N. J. (2000). Bangiomorpha pubescens n. gen., n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity, and the mesoproterozoic/neoproterozoic radiation of eukaryotes. *The Paleontological Society*, 26(3), 386-404.

Camilo, M. (2011). How many species are there on earth and in the ocean?. *PLoS One*, 9(8), doi: DOI: 10.1371/journal.pbio.1001127

Campagna, C. (IUCN SSC Pinniped Specialist Group) 2008. Mirounga angustirostris. In: *IUCN 2013*. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. İnternet sitesi: www.iucnredlist.org

Carletti, T., vd. (2008). Sufficient conditions for emergent synchronization in protocellmodels. *Journal of Theoretical Biology*, *254*(4), 741-751.

Chalub, F. A. C. C., & Souza, M. O. (2009). From discrete to continuous evolution models: A unifying approach to drift-diffusion and replicator dynamics. *Theoretical Population Biology*, *76*(4), 268-277.

Chambers, H. F. (2001). The changing epidemiology of Staphylococcus aureus? *Emerging Infectious Diseases* 7(2):178-182.

Chapela, I. H., vd. (1994). Evolutionary history of the symbiosis between fungus-growing ants and their fungi. *Science*, 266(5191), 1691-1694. doi: 10.1126/science.266.5191.1691

Cezilly, F. (2010). Behavior adaptation and selection. *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience*, 127-132.

Cleaves, H. J., vd. (2008). A reassessment of prebiotic organic synthesis in neutral planetary atmospheres. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 38(2), 105-115.

Cogito 60-61 – Darwin Devrimi: Evrim, (İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2009).

Conner, J. K. (2001). How strong is natural selection?. *Trends in Ecology & Evolution*, *16*(5), 215-217.

Crouch, J. A., vd. (2008). The evolution of transposon repeat-induced point mutation in the genome of colletotrichum cereale: Reconciling sex, recombination and homoplasy in an "asexual" pathogen. *Fungal Genetics and Biology*, *45*(3), 190-206.

Culotta, E., & Hines, P. (1998). The evolution of sex. *Science*, 281(5385), doi: 10.1126/science.281.5385.1979

Dale, K., & Collett, T. S. (2001). Using artificial evolution and selection to model insect navigation. *Current Biology*,*11*(17), 1305-1316.

Daniel, G., vd. (2010). Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *Science*, 329(5987), 52-56. doi: 10.1126/science.1190719

David, R. (2012). Symbiosis: Ants and fungi stay faithful.*Nature Reviews: Microbiology*, *10*(442)

Darwin, C.R. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. (1. Baskı). Londra, İngiltere: John Murray.

Darwin, C.R. İnsanın Türeyişi ve Evrim Üzerine, çev. Orhan Tuncay (İstanbul: Gün Yayıncılık, 2001).

Darwin, C.R. (1859). *Türlerin Kökeni*, çev. Öner Ünalan (İstanbul: Evrensel Basım Yayın, 2009).

Darwin, C.R. *Seksüel Seçme*, çev. Öner Ünalan (İstanbul: Onur Yayıncılık, 1977).

Dawkins, R., *Ataların Hikâyesi: Yaşamın Kökenine Yolculuk*, çev. Ahmet Fethi (Adıyaman: Hil Yayınları, 2008).

Drake, J. W., vd. (1998). Rates of spontaneous mutation. *Genetics*, 148(4), 1667-1686.

Drogemuller, C., vd. (2008). A Mutation in Hairless Dogs Implicates FOXI3 in Ectodermal Development. *Science* 321, 1462.

Duret, L. (2008). Neutral theory: The null hypothesis of molecular evolution. *Nature Education*, *1*(1),

Dünü ve Bugünüyle Evrim Teorisi (İstanbul: Evrensel Basım Yayın, 2009).

Eddleman, H. (1999, Eylül 29). *How to count bacteria*. Alındığı site: http://www.disknet.com/indiana_biolab/b038.htm

Edelaar, P., & Bolnick, D. I. (2012). Non-random gene flow: an underappreciated force in evolution and ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, *27*(12), 659-665.

Emeline, A. V., vd. (2003). Abiogenesis and photostimulated heterogeneous reactions in the interstellar medium and on primitive earth: Relevance to

the genesis of life. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, *3*(3), 203-224.

Etterson, J. R., & Shaw, R. G. (2013). Evolution in response to climate change. *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*, 385-391.

Ewens, W. J. (2013). Fundamental theorem of natural selection. *Brenner's Encyclopedia of Genetics (Second Edition)*, 126-128.

Ewens, W. J. (2013). Shifting-balance theory of evolution. *Brenner's Encyclopedia of Genetics (Second Edition)*, 423-425.

Fedoroff, N. V. (2012). Transposable elements, epigenetics, and genome evolution. *Science*, 338(6108), 758-767.

Ferber, D. (2003). Triple-threat microbe gained powers from another bug. *Science* 302(5650):1488.

Fernando, C., & Rowe, J. (2007). Natural selection in chemical evolution. *Journal of Theoretical Biology*,*247*(1), 152-167.

Forterre P, Filée J, Myllykallio H. Origin and Evolution of DNA and DNA Replication Machineries. In: Madame Curie Bioscience Database [Internet]. Austin (TX): *Landes Bioscience*; 2000-. İnternet sitesi: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK6360/

Francis, J.E., & Hansche, P.E. (1972) Directed evolution of metabolic pathways in microbial populations. I. Modification of the acid phosphatase pH optimum in Saccharaomyces cervisiae. *Genetics*, 70: 59-73.

Francis, J.E., & Hansche, P.E. (1973) Directed evolution of metabolic pathways in microbial populations. II. A repeatable adaptation in Saccharaomyces cervisiae. *Genetics*, 74:259-265.

Freedman, A. H., vd. (2014). Genome sequencing highlights the dynamic early history of dogs. *PLoS Genetics*, 10(1), doi: 10.1371/journal.pgen.1004016

Futuyma, D.J., *Evrim* (1'inci baskı), çev. Aykut Kence, A. Nihat Bozcuk (Ankara: Palme Yayıncılık, 2008).

Gardner, A. (2013). Group selection. *Brenner's Encyclopedia of Genetics (Second Edition)*, 362-364.

Geissman, T. A. 2011. *The Cannizzaro Reaction*. Organic Reactions. 94–113.

Giannelli, F., vd. (1999). Mutation rates in humans. ii. sporadic mutation-specific rates and rate of detrimental human mutations inferred from hemophilia b. *The American Journal of Human Genetics*, 65(6), 1580-1587.

Gibson, J. M. (1989). Simulated evolution and artificial selection. *Biosystems*, *23*(2-3), 219-228.

Gishlick, A. D. (2008, October 19). *The miller-urey experiment*. Alındığı site: http://ncse.com/files/pub/creationism/icons/gishlick_icons1.pdf

Gould, C.G. & Gould, J.L., *Hayvan Zihni: Hayvanlarda Akıl Yürütme ve Problem Çözme Becerisi*, çev. Deniz Yurtören (Ankara: TÜBİTAK Yayınları, 2001).

Gould, S.J., *Pandanın Başparmağı: Doğa Tarihi Üzerine Düşünceler*, çev. Ülkün Tansel (İstanbul: Versus Kitap Yayınları, 2010).

Gould, S.J., *Yaşamın Tüm Çeşitliliği: İlerleme Mitosu*, çev. Rahmi Öğdül (İstanbul: Versus Kitap Yayınları, 2010).

Gottdenker, P. (1979). Francesco redi and the fly experiments. *Bulletin of the History of Medicine*, 53(4), 575.

Grether, G. F. (2010). Sexual selection and speciation. *Encyclopedia of Animal Behavior*, 177-183.

Griffiths A. J. F., Miller J. H., Suzuki D.T., vd. *An Introduction to Genetic Analysis*. 7. baskı. New York: W. H. Freeman; 2000. Prokaryotic transposons. İnternet sitesi: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21818/

Haag-Liautard, C., vd. (2007). Direct estimation of per nucleotide and genomic deleterious mutation rates in drosophila. *Nature*, 445(7123), 82-85.

Hanczyc, M. (Konuşmacı). (2011, Mayıs). The line between life and not-life [İnternet Videosu]. Alındığı site: http://www.ted.com/talks/martin_hanczyc_the_line_between_life_and_not_life.html

Hansche, P.E. (1975) Gene duplication as a mechanism of genetic adaptation in Saccharaomyces cervisiae. *Genetics*, 79: 661-674.

Hawks, J., vd. (2000). Population bottlenecks and pleistocene human evolution. *Molecular Biology and Evolution*, 17(1), 2-22.

Heffernan, J. M., vd. (2002). The effects of genetic drift in experimental evolution. *Theoretical Population Biology*, *62*(4), 349-356.

Hernandez-Jimenez, A., & Rios-Cardenas, O. (2012). Natural versus sexual selection: predation risk in relation to body size and sexual ornaments in the green swordtail. *Animal Behaviour*, *84*(4), 1051-1059.

Herron, J.C. & Freeman, S.C., *Evrimsel Analiz* (4'üncü baskı), çev. Battal Çıplak, Hasan H. Başıbüyük, İslam Gündüz, Süphan Karaytuğ (Ankara: Palme Yayıncılık, 2009).

Honnay, O. (2013). Genetic drift. *Brenner's Encyclopedia of Genetics (Second Edition)*, 251-253.

Jablonka, E., & Lamb, M., *Evrimin Dört Boyutu*, çev. Mehmet Doğan (İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 2011).

Jaschke, A. (2000). Evolution of dna and rna as catalysts for chemical reactions. *Current Opinion in Chemical Biology*, *4*(3), 257-262.

Jones, S., *Neredeyse Bir Balina: Türlerin Kökenine Güncel Bir Bakış*, çev. Levent Can Yılmaz (İstanbul: Evrensel Basım Yayın, 2006).

Kandemir, I., Kence, M., & Kence, A. (2005). Morphometric and electrophoretic variation in different honeybee (apis mellifera l.) populations. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *29*, 885-890.

Kence, A., & Bryant, E. H. (1978). A model of mating behavior in flies. *The american naturalist*, *112*(988), 1047-1062.

Kence, M., & Kence, A. (1993). Control of insecticide resistance in laboratory populations of house fly (diptera: Muscidae) by introduction of susceptibility genes. *Journal of Economic Entomology*, *86*(2), 189-194.

Kence, M., vd. (2006). Mitochondrial dna variation in honey bee (apis mellifera l.) populations from turkey. *Journal of Apicultural Research, 45*(1), 33-38.

Kimura, Motoo. 1983. *The neutral theory of molecular evolution.* Cambridge

Koonin, E. V. (2009). The origin at 150: is a new evolutionary synthesis in sight?. *Trends in Genetics*, *25*(11), 473-475.

Kojo, S., vd. (2004). Racemic d,l-asparagine causes enantiomeric excess of other coexisting racemic d,l-amino acids during recrystallization: a hypothesis accounting for the origin of l-amino acids in the biosphere. *Chemical Communications*, 19, 2146-2147.

Lamarck, J. B. P. A. M. (1830). *Philosophie zoologique ou exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux*. (3. Baskı). J. B. Baillière.

Lari, M., vd. (2011). The complete mitochondrial genome of an 11,450-year-old aurochsen (bos primigenius) from central italy. *BMC Evolutionary Biology*, 11(32), doi: doi:10.1186/1471-2148-11-32

Larsen, P. O., & Ins, M. (2010). The rate of growth in scientific publication and the decline in coverage provided by science citation index. *Scientometrics*, 84(3), 575-603. doi: 10.1007/s11192-010-0202-z

Leakey, R. İnsanın Kökeni, çev. Sinem Gül (İstanbul: Varlık Yayınları, 1998).

Lee, H., vd. (2012). Rate and molecular spectrum of spontaneous mutations in the bacterium escherichia coli as determined by whole-genome sequencing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(41), 16416-16417.

Lee, M. S. Y., vd. (2013). Rates of phenotypic and genomic evolution during the cambrian explosion. *Current Biology*, 23(19), 1889-1895. doi: 10.1016/j.cub.2013.07.055

Lenormand, T. (2002). Gene flow and the limits to natural selection. *Trends in Ecology & Evolution*, *17*(4), 183-189.

Lenski, R. (Konuşmacı). (2010, Kasım 15). *Experimental Evolution: 50,000 Generations in the Life of E. coli* [İnternet Videosu]. Alındığı site: http://www.youtube.com/watch?v=AxdEjjkqhjY

Lenski, R. E., vd. (2011). Chance and necessity in the evolution of a bacterial pathogen. *Nature Genetics*, *43*, 1174-1176.

Liebers, D. (2004). The herring gull complex is not a ring species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 271(1542), 893-901. doi: 10.1098/rspb.2004.2679

Liu, Y., vd. (2013). Consequences of gene flow between oilseed rape (brassica napus) and its relatives. *Plant Science*,*211*, 42-51.

Loyau, A., vd. (2008). Do peahens not prefer peacocks with more elaborate trains?. *Animal Behavior*, 76(5), e5-e9. Alındığı site: http://www.adeline-loyau.net/publications/Loyau_etal_AnimBehav2008.pdf

Ma, W., vd. (2010). The emergence of ribozymes synthesizing membrane components in rna-based protocells.*Biosystems*, *99*(3), 201-209.

Mayr, E., *Biyoloji Budur: Canlı Dünyanın Bilimi*, çev. Afife İzbırak (Ankara: TÜBİTAK Yayınları, 2008).

Melendez-Hevia, E., Montero-Gomez, N., & Montero, F. (2008). From prebiotic chemistry to cellular metabolism—the chemical evolution of metabolism before darwinian natural selection. *Journal of Theoretical Biology*, *252*(3), 505-519.

Mendel, G. (1865). Experiments in plant hybridization. *Proceedings of the Natural History of Brünn*, Alındığı site: http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/gm-65.pdf

Meyer, A., & Lydeard, C. (1993). The evolution of copulatory organs, internal fertilization, placentae and viviparity in killifishes (cyprinodontiformes) inferred from a dna phylogeny of the tyrosine kinase gene x-src. *Proceedings of the National Academy of Sciences: Biological Sciences*, 254(1340), 153-162. Alındığı site:7 http://www.jstor.org/stable/49676

Miller, G., *Sevişen Beyin: Eş Bulma Süreci İnsan Doğasını Nasıl Belirledi?*, çev. M. Asım Karaömeroğlu (İstanbul: NTV Yayınları, 2010).

Moran, L. (2013, Mart 22). *Estimating the human mutation rate: Direct method*. Alındığı site: http://sandwalk.blogspot.com/2013/03/estimating-human-mutation-rate-direct.html

Mwangi, M. M., vd. (2007). Tracking the in vivo evolution of multidrug resistance in Staphylococcus aureus by whole-genome sequencing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(22):9451-9456.

Myers, P. Z. (2006, Haziran 18). Ann coulter: *No evidence for evolution?*. Alındığı site: http://scienceblogs.com/pharyngula/2006/06/18/ann-coulter-no-evidence-for-ev/

NASA Glenn Research Center. *What is thermodynamics?*. (2010, Eylul 02). Alındığı site: http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/thermo.html

Ohta, T. (2002). Near-neutrality in evolution of genes and gene regulation. *PNAS*, *99*(25), 16134-16137.

Orgel, L. E. (2004). Prebiotic chemistry and the origin of the rna world. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, *39*, 99-123.

Örs, Y., *Süreç Kuram ve Kavram Olarak Evrim* (İstanbul: Kaynak Yayınları, 2001).

Özsoy, E.D., Erkmen B., Özeren, S.C. & Kolankaya D. (2012). Detection of Aquatic Pollution in Meric River by a Measure of Developmental Instability, Fluctuating Asymmetry in the Fish, Common Carp, *Cyprinus carpio* L., 1758. *Journal of Animal and Veterinary Advances, 11(8),* 1213-1216.

Özsoy, E.D., *Evrimsel Biyoloji Yazıları* (Ankara: Bilgesu Yayıncılık, 2013).

Parker, J. (2013). Genome-wide signatures of convergent evolution in echolocating mammals. *Nature*, *502*, 228-231.

Parvinen, K., & Dieckmann, U. (2013). Self-extinction through optimizing selection. *Journal of Theoretical Biology*,*333*, 1-9.

Petrie, M., vd. (2008). Peahens prefer peacocks with elaborate trains. *Animal Behavior*, 41(2), 323-331. doi: 10.1016/S0003-3472(05)80484-1

Pittalwala, I. (2008, Mart 20). *Research shows earth's earliest animal ecosystem was complex and included sexual reproduction*. Alındığı site: http://newsroom.ucr.edu/1796

Platon. (MÖ. 360). *Cratylus*. Alındığı site: http://classics.mit.edu/Plato/cratylus.html

Rebecca, J. S., vd. (2013). Contributions of natural and sexual selection to the evolution of premating reproductive isolation: a research agenda. *Trends in Ecology & Evolution*, *28*(11), 643-650.

Reece, J. B., vd. (2013). *Campbell biology*. (10. Baskı). Benjamin Cummings.

Remold, S. K., Lenski R. (2001). Contribution of individual random mutations to genotype-by-environment interactions in escherichia coli. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11388-11393. doi: 10.1073/pnas.201140198

Ridley, M., *Kızıl Kraliçe: Cinsellik ve İnsan Doğasının Evrimi*, çev. Erhun Yücesoy (İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2010).

Robertson, H. M. (1997). Molecular evolution of the second ancient human mariner transposon, hsmar2, illustrates patterns of neutral evolution in the human genome lineage. *Gene*, *205*(1-2), 219-228.

Saladino, R., vd. (2012). Formamide in non-life/life transition.*Physics of Life Reviews*, *9*(1), 121-123.

Sato, A., vd. (2001). On the origin of darwin's finches. *Molecular Biology and Evolution*, 18(3), 299-311.

Sawyer, S. A., vd. (2007). Prevalence of positive selection among nearly neutral amino acid replacements in drosophila. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(16), 6504-6510.

Shubin, N., İçimizdeki Balık: İnsan Vücudunun 3.5 Milyar Yıllık Tarihi, çev. Aysun Yavuz (İstanbul: NTV Yayınları, 2010).

Shurkin, J. (2011, Mayıs 09). *What killed charles darwin?*. Alındığı site: http://www.newscientist.com/blogs/shortsharpscience/2011/05/charles-darwin-may-have-sacrif.html

Singer, R. (1999). Fossil record. *Encyclopedia of Paleontology*, 490-492. Alındığı site: http://www.donaldprothero.com/files/47440594.pdf

Smith, J.M.S. *Evrim Teorisi*, çev. Hüsen Portakal (İstanbul: Evrim Yayınevi, 2002).

Snyder, W. D., vd. (1975). A model for the origin of stable protocells in a primitive alkaline ocean. *Biosystems*,*7*(2), 222-229.

Sole, R. V. (2009). Evolution and self-assembly of protocells.*The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, *41*(2), 274-284.

Spigler, R. B., vd. (2008). Genetic mapping of sex determination in a wild strawberry, fragaria virginiana, reveals earliest form of sex chromosome. *Heredity*, 101, 507-517. doi: 10.1038/hdy.2008.100

Stano, P., vd. (2013). A remarkable self-organization process as the origin of primitive functional cells. *Angewandte Chemie*, 52(50), 13397–13400. doi: 10.1002/anie.201306613

Stillwell, W. (1976). Facilitated diffusion of amino acids across bimolecular lipid membranes as a model for selective accumulation of amino acids in a primordial protocell. *Biosystems*, *8*(3), 111-117.

Strachan, T., & Read, A. P. (1999). *Human molecular genetics*. (2nd ed.). New York: Wiley-Liss.

Sznajd-Weron, K., & Pekalski, A. (1998). Evolution under stabilizing selection through gene flow. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*,*252*(3-4), 336-344.

Takahashi, M., vd. (2008). Peahens do not prefer peacocks with more elaborate trains. *Animal Behavior*, 75(4), 1209-1219. doi: 10.1016/j.anbehav.2007.10.004

Takao K., vd. "Coal Liquefaction", Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2001, Wiley-VCH, Weinheim.

Viegas, J. (2010, Ekim 11). *Fish had sex first, fossils suggest*. Alındığı site: http://news.discovery.com/animals/dinosaurs/copulation-fish-sex-fossil.htm

Wallace, A. R. (1855). On the law which has regulated the introduction of new species. *The Annals and Magazine of Natural History*, 16(2), 184-196. Alındığı site: http://spot.colorado.edu/~friedmaw/Early_Evolution/Wallace_files/Wallace, 1855.pdf

Wang, G., vd. (2013). The genomics of selection in dogs and the parallel evolution between dogs and humans. *Nature Communications*, *4*(1860)

Ware, M., & Mabe, M. (2012). *The stm report: An overview of scientific and scholarly journal publishing*. (3. Baskı). Hague: International Association of

Scientific, Technical and Medical Publishers. Alındığı site: http://www.stm-assoc.org/2012_12_11_STM_Report_2012.pdf

Weaver, T. D. (2007). Were neandertal and modern human cranial differences produced by natural selection or genetic drift?. *Journal of Human Evolution*, *53*(2), 135-145.

Weber, J. N. (2013). Discrete genetic modules are responsible for complex burrow evolution in peromyscus mice. *Nature*, *493*, 402-405.

Weibull, J. W., & Salomonsson, M. (2006). Natural selection and social preferences. *Journal of Theoretical Biology*, *239*(1), 79-92.

Wilner, E. (2006). Darwin's artificial selection as an experiment. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, *37*(1), 26-40.

Winston, R., İnsan İçgüdüsü: İlkel Dürtülerimiz Modern Yaşamlarımızı Nasıl Biçimlendiriyor?, çev. Sinan Köseoğlu (İngiltere: Say Yayınları, 2011).

Woese, C. (1999, Ekim 21). When did eukaryotic cells (cells with nuclei and other internal organelles) first evolve? what do we know about how they evolved from earlier life-forms?. *Scientific American*, Alındığı site: http://www.scientificamerican.com/article/when-did-eukaryotic-cells/

Yiğit, V., *Evrimin Öyküsü*, (İstanbul: Evrim Yayınevi, 2008).

Zohary, D., & Hopf, M. (2000). Domestication of plants in the old world. (3. Baskı). New York: Oxford University Press. Alındığı site: http://oregonstate.edu/instruct/nutr216/ref/nutr216_ref/zohary-hopf.pdf